

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



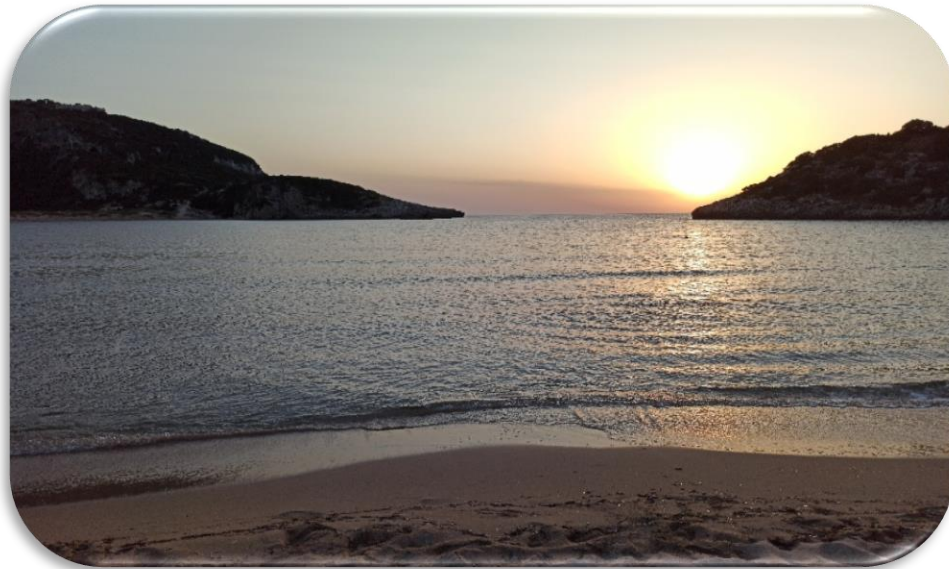
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**« ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΛΙΩΝ ΤΩΝ
ΔΥΤΙΚΩΝ ΑΚΤΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ »**



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΔΡΟΣΙΝΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ-ΜΑΡΙΑ

A.M.: 1114201700027

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΟΥΛΟΣ ΣΕΡΑΦΕΙΜ

ΑΘΗΝΑ, 2022

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

ΑΘΗΝΑ, 2022

Εγώ, η Δροσινού Γεωργία-Μαρία του Νικολάου με Α.Μ.: 1114201700027 και προπτυχιακή φοιτήτρια του τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος ΕΚΠΑ, δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο « **Υδροδυναμική και Ιζηματολογική Μελέτη των Παραλιών των Δυτικών ακτών του Νομού Μεσσηνίας** » αποτελεί προϊόν προσωπικής εργασίας και οι βιβλιογραφικές αναφορές – πηγές που έχουν χρησιμοποιηθεί έχουν δηλωθεί τόσο κατά την διάρκεια της συγγραφής όσο και στην τελική βιβλιογραφία. Απαγορεύεται η αντιγραφή, η αποθήκευση και η διανομή της συγκεκριμένης εργασίας εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, η αποθήκευση και η διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό είτε εκπαιδευτικής είτε ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Η Δηλούσα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες

Περίληψη

Abstract

1. Εισαγωγή

1.1 Σκοπός Εργασίας

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Παράκτιο σύστημα

2.2 Παράκτια υδροδυναμική

2.3 Παράκτια μορφοδυναμική

2.4 Ισοζύγιο των ιζημάτων της παράκτιας ζώνης

2.5 Παράκτια διάβρωση

3. Περιοχή μελέτης**3.1 Φυσικά Χαρακτηριστικά**

3.1.1 Γεωγραφική θέση

3.1.2 Γεωλογία – Τεκτονική

3.1.3 Γεωμορφολογία

3.2 Κλιματολογικά – Μετεωρολογικά χαρακτηριστικά

3.2.1 Θερμοκρασία

3.2.2 Υετός – Βροχόπτωση

3.2.3 Άνεμος

4. Μεθοδολογία στην Ύπαιθρο**4.1 Συλλογή δεδομένων πεδίου παραλιών**

4.1.1 Συλλογή δεδομένων για την τοπογραφική αποτύπωση των χερσαίων τμημάτων

4.1.2 Συλλογή δεδομένων για την τοπογραφική αποτύπωση των υποθαλάσσιων τμημάτων

4.2 Επεξεργασία δεδομένων υπαίθρου

4.2.1 Κοκκομετρική ανάλυση

4.2.2 Επεξεργασία κυματικών δεδομένων

4.2.3 Εκτίμηση της μεταβολής των θέσεων των ακτογραμμών, βάσει της μελλοντικής ανόδου της θάλασσας στάθμης λόγω της κλιματικής αλλαγής

5. Αποτελέσματα**5.1 Μορφολογικά – Ιζηματολογικά χαρακτηριστικά**

5.1.1 Παραλία Λαγκούβαρδος

5.1.2 Παραλία Costa Navarino

5.1.3 Παραλία Βοϊδοκοιλιά

5.1.4 Παραλία Ντιβάρι

5.1.5 Παραλία Γιάλοβα

5.1.6 Παραλία Μεθώνη

5.1.7 Παραλία Φοινίκη (Λάμπες)

5.1.8 Παραλία Ανεμόμυλος

5.1.9 Παραλία Τσαπί

5.2 Κυματικά χαρακτηριστικά των παραλιών

5.2.1 Κυματικά χαρακτηριστικά ανοικτής θάλασσας

5.2.1.1 Παραλία Λαγκούβαρδος

5.2.1.2 Παραλία Costa Navarino

5.2.1.3 Παραλία Βοϊδοκοιλιά

5.2.1.4 Παραλία Ντιβάρι

5.2.1.5 Παραλία Γιάλοβα

5.2.1.6 Παραλία Μεθώνη

5.2.1.7 Παραλία Φοινίκη (Λάμπες)

5.2.1.8 Παραλία Ανεμόμυλος

5.2.1.9 Παραλία Τσαπί

5.2.2 Κυματικά χαρακτηριστικά της παραλιακής ζώνης

5.2.2.1 Παραλία Λαγκούβαρδος

5.2.2.2 Παραλία Costa Navarino

5.2.2.3 Παραλία Βοϊδοκοιλιά

5.2.2.4 Παραλία Ντιβάρι

5.2.2.5 Παραλία Γιάλοβα

5.2.2.6 Παραλία Μεθώνη

5.2.2.7 Παραλία Φοινίκη (Λάμπες)

5.2.2.8 Παραλία Ανεμόμυλος

5.2.2.9 Παραλία Τσαπί

5.3 Εκτίμηση της μελλοντικής οπισθοχώρησης της ακτογραμμής λόγω κλιματικής αλλαγής

6. Συμπεράσματα

6.1 Γεωμορφολογικά Χαρακτηριστικά

6.2 Ιζηματολογικά Χαρακτηριστικά

6.3 Κυματικά Χαρακτηριστικά

6.4 Εκτίμηση της μελλοντικής οπισθοχώρησης της ακτογραμμής

7. Βιβλιογραφία

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ:

Εικόνα 2.1: Σχηματική απεικόνιση της παράκτιας ζώνης

Εικόνα 2.2: Σκαρίφημα των χωρικών ορίων των επιμέρους ενοτήτων της παράλιας ζώνης (χερσαίας και υποθαλάσσιας) σε σχέση με τη θέση της ακτής, τις επικρατούσες υδροδυναμικές και μορφοδυναμικές συνθήκες (τα σύμβολα και οι ορισμοί δίνονται στο κείμενο που ακολουθεί)

Εικόνα 2.3: α) Σχηματική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ της κλίσης και της κοκκομετρικής της σύστασης του μετώπου της παραλίας στις περιπτώσεις υψηλής και χαμηλής κυματικής ενέργειας, β) Σκαρίφημα που δείχνει την αλλαγή της κάθετης στην ακτογραμμική διατομής (προφίλ) της παραλίας σε συνθήκες ήπιου κυματισμού (θερινό προφίλ) και κυμάτων καταιγίδας (χειμερινό προφίλ)

Εικόνα 2.4: Σχηματική απεικόνιση των τύπων κυμάτων στην ζώνη θραύσης

Εικόνα 2.5: Σχηματική απεικόνιση της ανάκλασης των κυμάτων

Εικόνα 2.6: α) Σχηματική απεικόνιση της σύγκλισης και της απόκλισης των κυμάτων, β) Σχηματική απεικόνιση της διάθλασης των κυμάτων

Εικόνα 2.7: Σχηματική απεικόνιση της περίθλασης των κυμάτων με φυσικό εμπόδιο (νησί)

Εικόνα 2.8: Θαλάσσια ρεύματα διαφυγής (Rip Current)

Εικόνα 2.9: α) Ισοζύγιο ιζημάτων (προσφορά και απομάκρυνση ιζήματος) στην παράκτια ζώνη, β) Παράγοντες που επηρεάζουν το ισοζύγιο ιζημάτων, καθώς με μαύρα βέλη απεικονίζονται οι διεργασίες που οδηγούν στην διάβρωση της ακτογραμμής και με κόκκινα βέλη απεικονίζονται οι διεργασίες που συμβάλλουν στην προέλαση της ακτογραμμής

Εικόνα 2.10: Επίδραση παράκτιας διάβρωσης στην Ευρώπη

Εικόνα 2.11: Χαρακτηρισμός της Ελληνικής ακτογραμμής, καθώς με πορτοκαλί χρώμα αποτυπώνονται οι ακτογραμμές που έχουν υποστεί παράκτια διάβρωση, με πράσινο χρώμα αποτυπώνονται οι ακτογραμμές που έχουν υποστεί προέλαση, με μπλε χρώμα αποτυπώνονται οι περιοχές που βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας, ενώ με γκρι χρώμα αποτυπώνονται οι περιοχές που δεν έχουν μελετηθεί

Εικόνα 3.1: Χάρτης περιοχής μελέτης – Δυτικές ακτές νομού Μεσσηνίας

Εικόνα 3.2: α) Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας που απεικονίζει τα όρια των Εξωτερικών και των Εσωτερικών Ελληνίδων β) Τεκτονικός χάρτης που απεικονίζει τις Ελληνίδες, το Ελληνικό τόξο και την Ελληνική τάφρο

Εικόνα 3.3: Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας που απεικονίζει τις θέσεις εμφάνισης της γεωτεκτονικής ενότητας Γαβρόβου – Πύλου (πράσινο χρώμα)

Εικόνα 3.4: Γεωλογικός χάρτης της ΝΔ Μεσσηνίας που απεικονίζει την θέση των γεωτεκτονικών ενοτήτων στην περιοχή (1: αποθέσεις Ολοκαίνου, 2: Ηπειρωτικές αποθέσεις, 3: Λημναίες αποθέσεις, 4: Θαλάσσιες αποθέσεις, 5: Κροκαλοπαγή Μεσσηνίας (μόλασσα), 6: Ενότητα Πίνδου, 7: Ενότητα Γαβρόβου – Πύλου, 8: Ενότητα Άρνας ή Φυλλιτών – Χαλαζιτών, 9: Ενότητα Μάνης, 10: Επώθηση ή Εφίπλευση, 11: Ριξηγενείς ζώνες, 12: Ρηξιγενείς ζώνες Αποκόλλησης)

Εικόνα 3.5: Νεοτεκτονικός χάρτης της ΝΔ Πελοποννήσου (1: Ολοκαινικές αποθέσεις, 2: θαλάσσιες αποθέσεις Ανώτερου Πλειοκαίνου – Κατωτέρου Πλειστοκαίνου, 3: Πλειο – Πλειστοκαινικές χερσαίες αποθέσεις, 4: Πλειο – Πλειστοκαινικές λημναίες αποθέσεις, 5: Αλπικό Υπόβαθρο, 6: Κυρίαρχη βύθιση των αλπικών αξόνων των πτυχών, 7: Άξονας περιστροφής, 8: Νεοτεκτονικές ρηξιγενείς ζώνες, 9: Νεοτεκτονικός άξονας πτυχών, 10: Επώθηση ή Εφίπλευση)

Εικόνα 3.6: Οι κύριες ριξηγενείς ζώνες και οι μικρότερης τάξης δομές στην χερσόνησο της Πυλίας (1: κέρας Αγίου Νικολάου, 2: βύθισμα Πύλου – Μεθώνης, 3: κέρας Κυνηγού, 4: λεκάνη Πήδασσου, 5: μορφοτεκτονική δομή Λυκόδημου, 6: κέρας Μαυροβουνίου, 7: βύθισμα Φαλάνθης)

Εικόνα 3.7: α) Γεωφυσικός χάρτης του Νομού Μεσσηνίας, β) Γεωφυσικός και Τοπογραφικός χάρτης της χερσονήσου της Πυλίας

Εικόνα 3.8: Χάρτης που απεικονίζει την γεωμορφολογία της δυτικής Μεσσηνίας. Στην περιοχή Α λαμβάνουν χώρα οι θαλάσσιες αναβαθμίδες, ενώ στην περιοχή Β λαμβάνουν χώρα οι προσχωσιγενείς πεδιάδες και οι αμμόλοφοι

Εικόνα 3.9: Το υδρογραφικό δίκτυο της Χερσονήσου της Πυλίας (1: Ανατολικός τομέας, 2: ΝΔ τομέας, 3: ΒΔ τομέας)

Εικόνα 3.10α: Κατανομή μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας κατά τις χρονικές περιόδους 1961 – 1990 (K24.net), 1971 – 2000 (EMY) και 1991 – 2021 (meteo-blue)

Εικόνα 3.10β: Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τις χρονικές περιόδους 1: 1961 – 1990 (K24.net), 2: 1971 – 2000 (EMY) και 3: 1991 – 2021 (meteo-blue)

Εικόνα 3.11α: Κατανομή μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας κατά τις χρονικές περιόδους 1961 – 1990 (K24.net), 1971 – 2000 (EMY) και 1991 – 2021 (meteo-blue)

Εικόνα 3.11β: Μέσο ετήσιο ύψος νετού κατά τις χρονικές περιόδους 1: 1961 – 1990 (K24.net), 2: 1971 – 2000 (EMY) και 3: 1991 – 2021 (meteo-blue)

Εικόνα 3.12: Μέση μηνιαία ένταση ανέμου κατά τις χρονικές περιόδους 1: 1961 – 1990 (K24.net) και 1992 – 2022 (meteo-blue)

Εικόνα 4.1: α) Αποστασιόμετρο τύπου Leica (Laser Distance Meter), β) Συσκευή GPS, γ) Πινακίδα Στόχευσης (συλλογή συγγραφέα)

Εικόνα 4.2: (α) Βυθόμετρο χειρός τύπου HONDEX PS-7, β) Βαθμονομημένη μετροταινία σε εκτυλίστρια (συλλογή συγγραφέα)

Εικόνα 4.3: (α) Δοκιμαστικά δοχεία κατά την διάρκεια της έκπλυσης των ιζημάτων με γλυκό νερό (συλλογή συγγραφέα) και β) Φούρνος ξύρασης των δειγμάτων σε θερμοκρασία 60°C (συλλογή συγγραφέα)

Εικόνα 4.4: Κάθετη διάταξη των κοσκίων στην συσκευή δόνησης (συλλογή συγγραφέα)

Εικόνα 4.5: Κοκκομετρική διαβάθμιση των ιζημάτων κατά Wentworth

Εικόνα 4.6: Ταξινόμηση των ιζημάτων κατά Folk, όπου G: Gravel, S: Sand, M: Mud, S: Silt και C: Clay, m: muddy, g: gravelly, sg: slightly grevelly, s: sandy, z: silty, c: clayey

Εικόνα 4.7: Θέσεις κυματικών δεδομένων P_1 και P_2 (κόκκινες πινέζες)

Εικόνα 4.8: Σκαρίφημα που αποτυπώνει την μεταβολή του παραλιακού προφίλ λόγω της αύξησης της θαλάσσιας στάθμης

Εικόνα 4.9: Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου του Bruun (1962) κατά την οπισθοχώρηση (RE) του μετώπου της παραλίας λόγω της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (Wh είναι η οριζόντια απόσταση του βάθους κλεισίματος dc από την οριογραμμή του αιγιαλού, dc είναι το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα, a είναι η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας και B είναι το ύψος του χερσαίου αναβαθμού (berm), db είναι το βάθος στην ζώνη θραύσης, Wb είναι η οριζόντια απόσταση του βάθους στην ζώνη θραύσης db)

Εικόνα 4.10: Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου του Edelman (1972) κατά την διάβρωση του ανώτερου τμήματος της παραλίας με αποτέλεσμα την οπισθοχώρηση της ακτογραμμής (RE) και την απόθεση του ιζήματος στον παρακείμενο πυθμένα (Wb είναι η οριζόντια απόσταση του βάθους db στην ζώνη θραύσης, db είναι το βάθος στην ζώνη θραύσης, B₀ είναι το αρχικό ύψος του χερσαίου αναβαθμού (berm) και a(t) είναι η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, B(t) είναι το στιγμιαίο συνολικό ύψος του ενεργού προφίλ της παραλίας πάνω από την στιγμιαία στάθμη της θαλάσσιας επιφάνειας)

Εικόνα 5.1: α) Χάρτης που απεικονίζει τις θέσεις των παραλιών της υπό μελέτης περιοχής (Google Earth)

Εικόνα 5.2: Χάρτης που απεικονίζει τις θέσεις των πλωτήρων του συστήματος ΠΟΔΕΙΔΩΝ (Google Earth)

Εικόνα 5.3: Παραλία Λαγκούβαρδος (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.4: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Λαγκούβαρδος που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια

Εικόνα 5.5: Ημισελινοειδείς σχηματισμοί καλυμμένες με φύκια (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.5: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Εικόνα 5.6: Παραλία στην ξενοδοχειακή μονάδα Costa Navarino (Ιούλιος 2021)

Εικόνα 5.7: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας στο Costa Navarino που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια

Εικόνα 5.8: Ημισελινοειδείς μορφές φυκιών και ξύλων που υποδηλώνουν την μεγάλη αναρρίχηση του κύματος (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.9: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Εικόνα 5.10: Παραλία Βοϊδοκοιλιά (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.11: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Βοϊδοκοιλιά που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια

Εικόνα 5.12: Χερσαίο σκαλοπάτι καλυμμένο με φύκια (Ιούλιος 2021)

Εικόνα 5.13: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Εικόνα 5.14: Παραλία Ντιβάρι (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.15: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Ντιβάρι που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια

Εικόνα 5.16: Ημισελινοειδείς σχηματισμοί και χερσαίο σκαλοπάτι (αναβαθμός) καλυμμένα με φύκια (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.17: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Εικόνα 5.18: Παραλία Γιάλοβα (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.19: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Γιάλοβα που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια

Εικόνα 5.20: Ημισελινοειδείς δομές και χερσαίο σκαλοπάτι με φύκια και διάσπαρτες κροκάλες και μικρές θίνες με βλάστηση (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.21: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Εικόνα 5.22: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Μεθώνη που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια

Εικόνα 5.23: Παραλία Μεθώνης (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.24: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Εικόνα 5.25: Παραλία Φοινίκη (Λάμπες) (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.26: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Φοινίκη (Λάμπες) που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια

Εικόνα 5.27: α) Θίνες με βλάστηση στην οπισθοπαραλία, κάποιες από τις οποίες είναι μπαζωμένες (Οκτώβριος 2020), β) Διάσπαρτα φύκια και κροκάλες στην επι – παράλια ζώνη (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.28: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Εικόνα 5.29: α) άμμος με διάσπαρτες κροκάλες στην επι – παράλια ζώνη (Οκτώβριος 2020), β) θίνες με βλάστηση, κάποιες από τις οποίες είναι κατεστραμμένες (Οκτώβριος 2020) και (γ) η εκβολή του το Μιναγιώτικου ρέματος (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.30: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Ανεμόμυλος που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια

Εικόνα 5.31: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Εικόνα 5.32: Παραλία Τσαπί (Οκτώβριος 2020)

Εικόνα 5.33: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Τσαπί που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια

Εικόνα 5.34: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Εικόνα 5.35: Θέσεις σημείων πλωτήρα, που επιλέχθηκαν για τον καθορισμό των κυματικών συνθηκών και οι διευθύνσεις των προσερχόμενων κυμάτων (Google Earth)

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ ΠΙΝΑΚΩΝ:

Πίνακας 4.1: Κοκκομετρικός χαρακτηρισμός για την διαβάθμιση ή ταξινόμηση ή ταξιθέτηση των ιζημάτων σε μονάδες φ

Πίνακας 4.2: Κοκκομετρικός χαρακτηρισμός για την γραφική λοξότητα των ιζημάτων

Πίνακας 4.3: Κοκκομετρικός χαρακτηρισμός για την κυρτότητα των ιζημάτων

Πίνακας 5.1: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων παραλίας Λαγκούβαρδος

Πίνακας 5.2: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων παραλίας στο Costa Navarino

Πίνακας 5.3: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων παραλίας Βοϊδοκοιλιά

Πίνακας 5.4: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων παραλίας Ντιβάρι

Πίνακας 5.5: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων παραλίας Γιάλοβα

Πίνακας 5.6: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων παραλίας Μεθώνη

Πίνακας 5.7: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων της παραλίας Φοινίκη (Λάμπες)

Πίνακας 5.8: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων της παραλίας Ανεμόμυλος

Πίνακας 5.9: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων της παραλίας Τσαπί

Πίνακας 5.10: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Λαγκούβαρδος

Πίνακας 5.11: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Costa Navarino

Πίνακας 5.12: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Βοϊδοκοιλιά

Πίνακας 5.13: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Ντιβάρι

Πίνακας 5.14: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Γιάλοβα

Πίνακας 5.15: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Μεθώνη

Πίνακας 5.16: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Φοινίκη (Λάμπες)

Πίνακας 5.17: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Ανεμόμυλος

Πίνακας 5.18: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Τσαπί

T_a : περίοδος του κύματος, d_b : βάθος στην ζώνη θραύσης, $R_{2\%}$: μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων, d_c : μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, H_b : ύψος κύματος στην ζώνη θραύσης, γ_b : κριτήριο θραύσης)

Πίνακας 5.27: Φυσικά χαρακτηριστικά κύματος σε συνθήκες βαθιών νερών και στην ζώνη θραύσης και διαβροχής (C : ταχύτητα του κύματος, L : μήκος του κύματος, H : ύψος του κύματος, T_a : περίοδος του κύματος, d_b : βάθος στην ζώνη θραύσης, $R_{2\%}$: μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων, d_c : μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, H_b : ύψος κύματος στην ζώνη θραύσης, γ_b : κριτήριο θραύσης)

Πίνακας 5.28: Εκτιμώμενες τιμές οπισθοχώρησης της ακτογραμμής για τρία πιθανά σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (SLR : άνοδος στάθμης της θάλασσας, RE : οπισθοχώρηση, W_h : απόσταση του βάθους κλεισίματος από την ακτογραμμή, B_o : ύψος χερσαίου αναβαθμού, W_b : απόσταση του βάθους θραύσης από την ακτογραμμή)

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου και να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξη και την ενθάρρυνση που έδειξαν προς εμένα σε κάθε μου βήμα κατά την διάρκεια των προπτυχιακών σπουδών μου τόσο σε κάθε εξεταστική περίοδο όσο και κατά τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επιπλέον, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Σεραφείμ Πούλο που μου ανέθεσε το συγκεκριμένο θέμα της διπλωματικής εργασίας και με βοήθησε να εξελίξω τις γνώσεις μου. Επίσης, θέλω να τον ευχαριστήσω ιδιαίτερα για την καθοδήγηση, την υπομονή, την εμπιστοσύνη και για την συνεχή βοήθεια που μου προσέφερε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Ακόμα, θέλω να ευχαριστήσω την επίκουρη καθηγήτρια του τμήματος Διαχείρισης Λιμένων και Ναυτιλίας του Ε.Κ.Π.Α. Κατερίνα Καρδितσά, η οποία με καθοδήγησε και μου προσέφερε πολύτιμες συμβουλές και γνώσεις από την αρχή της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, καθώς και τον Δρ. Γεωλόγο - Ωκεανογράφο Στέλιο Πετράκη, ο οποίος μου προσέφερε σημαντική βοήθεια. Η συμβολή και των τριών τόσο κατά τη διάρκεια της συλλογής δεδομένων στο πεδίο όσο και κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας ήταν καθοριστική και τους ευχαριστώ πολύ.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά το εργαστήριο Ιζηματολογίας του τομέα Φυσικής Γεωγραφίας και Κλιματολογίας του τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του ΕΚΠΑ, το οποίο μου έδωσε τη δυνατότητα να διεξάγω τις εργαστηριακές αναλύσεις.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την καταγραφή και την κατανόηση του γεωμορφολογικού, ιζηματολογικού και υδροδυναμικού καθεστώτος που υφίστανται οι παραλίες της ΝΔ Πελοποννήσου, τόσο στον χερσαίο όσο και στον υποθαλάσσιο χώρο και με την εκτίμηση της οπισθοχώρησης της ακτογραμμής των παραλιακών ζωνών ως επίπτωση στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας για το έτος 2100, σύμφωνα με τα τελευταία σενάρια SSP για την κλιματική αλλαγή (IPCC, 2021). Η περιοχή μελέτης έχει μήκος περίπου 49 km και περιλαμβάνει 9 παραλίες. Σε κάθε παραλία έγινε δειγματοληψία χερσαίων και υποθαλάσσιων ιζημάτων, καθώς και συλλογή μορφολογικών και κυματικών δεδομένων, τα οποία αναλύθηκαν εργαστηριακά. Η ανάλυση έδειξε ότι η οπισθοχώρηση που παρατηρείται στις παραλίες για SLR = 0,28 m ποικίλλει από 7 m έως 25 m, για SLR = 0,60 m από 12 m έως 53 m, ενώ για το ακραίο σενάριο SLR = 1,01 m από 21 m έως 91 m. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε ελάχιστη μείωση του μέγιστου πλάτους παραλίας κατά 9%, 20% και 33,5%, αντίστοιχα. Έτσι, οι 5 από τις 9 παραλίες μπορεί να παρουσιάσουν συνολική απώλεια για το χειρότερο σενάριο SLR = 1,01 m (παραλίες Βοϊδοκοιλιά, Ντιβάρι, Γιάλοβα, Φοινίκι, Τσάπι), ενώ η παραλία Βοϊδοκοιλιά και Ντιβάρι μπορεί να διαβρωθούν πλήρως ακόμη και στην περίπτωση του μέτριου σεναρίου.

Λέξεις κλειδιά: Ιόνιο Πέλαγος, οπισθοχώρηση, κλιματική αλλαγή, άνοδος της στάθμης της θάλασσας, υδροδυναμικό και ιζηματολογικό καθεστώς

Abstract

This dissertation investigates the geomorphological, sedimentological and hydrodynamic regime of the subaerial and subaqueous part of the beaches, located along the coastline of the SW Peloponnese in order to assess shoreline retreat in response to the sea level rise for the year 2100, according to the latest SSP scenarios of climate change (IPCC, 2021). The study area has a length of 49 km and includes 9 beaches. At every beach, terrestrial and submarine samples, as well as morphological and wave data were collected and elaborated. The analysis showed that beach retreat for SLR = 0,28 m varies from 7 m up to 25 m, for SLR = 0,60 m from 12 m to 53 m and for the worst scenario SLR = 1,01 m from 21 m to 91 m. These values correspond to a minimum reduction of the maximum beach width of 9%, 20% and 33,5%, respectively. Thus, 5 from 9 beaches may experience a total loss for the worst scenario (SLR = 1,01 m) (Voidokoilia, Divari, Gialova, Foiniki (Lampes), Tsapi beaches), whilst Voidokoilia and Divari beaches may be totally eroded even in the case of the moderate scenario (SLR=0,6 m).

Keywords: Ionian Sea, retreat, climate change, sea level rise, hydrodynamic and sedimentological regime

1. Εισαγωγή:

Ο παράκτιος χώρος αποτελεί μια πολύ σημαντική περιοχή, καθώς περιλαμβάνει ένα χερσαίο και ένα υποθαλάσσιο τμήμα, συνεπώς θεωρείται ένα σύνθετο περιβάλλον. Τόσο στα χερσαία όσο και στα υποθαλάσσια τμήματα της παράκτιας ζώνης δρα ένα σύστημα φυσικών διεργασιών, το οποίο βρίσκεται σε ισορροπία και περιέχει τις ατμοσφαιρικές, τις θαλάσσιες και τις χερσαίες διεργασίες. Ειδικότερα, οι ατμοσφαιρικές διεργασίες αποτυπώνουν τις κλιματικές μεταβολές και τις μετεωρολογικές συνθήκες (θύελλες, καταιγίδες), οι θαλάσσιες διεργασίες περιλαμβάνουν την δράση των κυμάτων, των ρευμάτων και του φαινομένου της παλίρροιας, ενώ οι χερσαίες διεργασίες δηλώνουν την δράση της αποσάθρωσης, της μετακίνησης και της διάβρωσης των πετρωμάτων και των ιζημάτων (Καρύμπαλης, 2010). Ο ρυθμός επέμβασης των παραπάνω διεργασιών οδηγεί στην μεταβολή της ακτογραμμής (προέλαση ή οπισθοχώρηση) και γενικότερα στην μεταβολή της μορφολογίας του υποθαλάσσιου και χερσαίου τμήματος, καθώς η προσφορά και η απομάκρυνση ιζήματος συμβάλλει στην αλλαγή των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της εκάστοτε παραλίας. Ταυτόχρονα, μεταβολή στην παράκτια ζώνη εκτός από τις φυσικές διεργασίες, δημιουργούν και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Τεχνικά έργα όπως κατασκευή υδροηλεκτρικών φραγμάτων, λιμενοβραχιόνων και παράκτιων δρόμων, αντιδιαβρωτικά έργα, όπως η τοποθέτηση κυματοθραυστών και προβόλων, η οικιστική και τουριστική ανάπτυξη στον παράκτιο χώρο, όπως οι οργανωμένες παραλίες και κυρίως η έντονη αστική ανάπτυξη σε παράκτιες και ορεινές περιοχές διαταράσσουν το ισοζύγιο των ιζημάτων. Συνεπώς, η παράκτια ζώνη αποτελεί ένα τεράστιο οικοσύστημα και συγκεκριμένα ο Ελληνικός χώρος διαθέτει πληθώρα ακτών με συνολικό μήκος ακτογραμμής τα 20.800Km (Γιαγκάκης, 2020)

Συγχρόνως, στην μεταβολή της μορφολογίας της ακτογραμμής συμβάλλει και η αύξηση της θαλάσσιας στάθμης λόγω της κλιματικής αλλαγής με ρυθμό ανόδου μικρότερου του 1mm/year (Πούλος & Καρδισιά, 2020a). Ωστόσο, η Διακυβερνητική Επιτροπή για την κλιματική αλλαγή (IPCC: International Panel for Climate Change) ανακοίνωσε το 2021 ότι η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης σε παγκόσμιο επίπεδο είναι μεγαλύτερη των 3mm/year, σε αντίθεση με την φυσιολογική άνοδο η οποία ήταν μικρότερη των 1mm/year (IPCC, 2021) και περιέγραψε 5 πιθανά σενάρια εκτίμησης της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης για το 2100:

- α) σενάριο SSP1a – 1.9 → άνοδος 0.42m με εύρος 0.28m – 0.55m,
- β) σενάριο SSP1b – 2.6 → άνοδος 0.47m με εύρος 0.32m – 0.62m,
- γ) σενάριο SSP2 – 4.5 → άνοδος 0.60m με εύρος 0.44m – 0.76m,
- δ) σενάριο SSP3 – 7.0 → άνοδος 0.73m με εύρος 0.55m – 0.84m και
- ε) σενάριο SSP4 – 8.5 → άνοδος 0.82m με εύρος 0.63m – 1.01m.

Συνεπώς, η αύξηση της θαλάσσιας στάθμης θα επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στον παράκτιο χώρο, καθώς η οπισθοχώρηση των ακτογραμμών θα οδηγήσει στην καταστροφή των παράκτιων γεωμορφολογικών σχηματισμών, στην διάβρωση των πετρωμάτων και κατ' επέκταση στην

εξάλειψη του παράκτιου οικοσυστήματος αλλά και κοινωνικό – οικονομικές επιπτώσεις, όπως η αύξηση των πλημμυρών από θαλάσσιες καταιγίδες και η δύσκολη διαχείριση του πόσιμου, εξαιτίας της δράσης του φαινομένου της υφαλμύρυνσης στους παράκτιους υδροφορείς.

1.1 Σκοπός της Εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των παραλιών των Δυτικών ακτών της ΝΔ Μεσσηνίας για την εκτίμηση της οπισθοχώρησης της ακτογραμμής βάσει των υδροδυναμικών και ιζηματολογικών διεργασιών των εκάστοτε παραλιών. Οι παραλιακές ζώνες που μελετήθηκαν είναι οι εξής:

- α) παραλία Λαγκούβαρδος,
- β) παραλία στην ξενοδοχειακή μονάδα Costa Navarino,
- γ) παραλία Βοϊδοκοιλιά,
- δ) παραλία Ντιβάρι,
- ε) παραλία Γιάλοβα,
- στ) παραλία Μεθώνη,
- ζ) παραλία Φοινίκη (Λάμπες),
- η) παραλία Ανεμόμυλος και
- θ) παραλία Τσαπί.

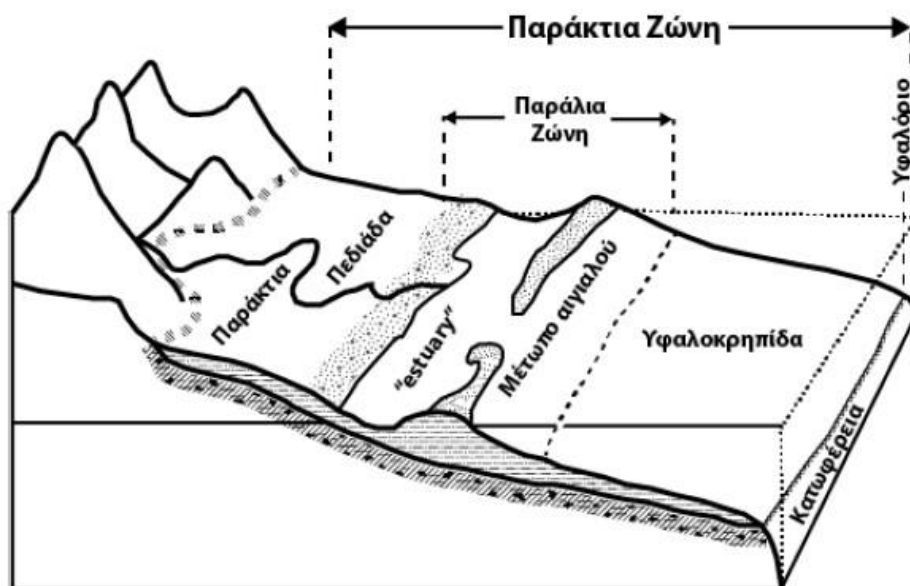
Αρχικά, έγινε καταγραφή των χαρακτηριστικών της κάθε παραλιακής ζώνης (μήκος, κλίση, ιζηματολογικά χαρακτηριστικά) και συλλογή των ιζηματολογικών δειγμάτων τόσο στο χερσαίο όσο και στο υποθαλάσσιο τμήμα. Στην συνέχεια, για την εκάστοτε παραλία της υπό μελέτη περιοχής έγιναν οι εργαστηριακές αναλύσεις των ιζηματολογικών δειγμάτων, οι υπολογισμοί των υδροδυναμικών τους χαρακτηριστικών και κατ' επέκταση ο υπολογισμός της οπισθοχώρησης, βάσει της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής για το 2100 (σενάρια εκτίμησης της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης – SLR). Συνεπώς, η παραπάνω μελέτη αποσκοπεί στην προσπάθεια διερεύνησης της συμπεριφοράς της ακτογραμμής και των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών των παραλιών με την πάροδο των χρόνων.

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1. Παράκτιο σύστημα – διαίρεση της παράκτιας ή παραλιακής ζώνης

Ως παράκτιο σύστημα θεωρείται η ευρύτερη γεωγραφική ενότητα, η οποία περιλαμβάνει την μεταβατική ζώνη μεταξύ της ξηράς και της θάλασσας, ενώ επηρεάζεται τόσο από τις χερσαίες, τις θαλάσσιες – ωκεάνιες και τις ατμοσφαιρικές διεργασίες όσο και από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Ειδικότερα, οι χερσαίες διεργασίες περιλαμβάνουν το τμήμα της ενδοχώρας που ορίζεται από τον υδροκρίτη της παράκτιας ζώνης και αφορά την προσφορά ιζημάτων, οι θαλάσσιες – ωκεάνιες διεργασίες υποδηλώνουν το τμήμα της ανοικτής θάλασσας από την ηπειρωτική κατωφέρεια έως την βαθιά ωκεάνια λεκάνη με την δράση των κυμάτων, των ρευμάτων και της παλίρροιας και οι ατμοσφαιρικές διεργασίες αφορούν το υπάρχον κλίμα (θερμοκρασία) (Πούλος, 2016). Αντίθετα, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες οδηγούν στην καταστροφή των παράκτιων συστημάτων, καθώς έχει αυξηθεί το ποσοστό των ανθρώπων που διαμένουν σε απόσταση 100Km από την ακτή (Masselink et al., 2021). Η γεωμορφολογία του συστήματος καθορίζεται από τις παραπάνω διεργασίες (ιζηματολογικές και δυναμικές), καθώς επιδρούν σε ένα αρχικό ανάγλυφο, το οποίο είχε διαμορφωθεί από τους τοπικούς γεωτεκτονικούς παράγοντες, τις αυξήσεις – μειώσεις της θαλάσσιας στάθμης κατά την τελευταία θαλάσσια επίκλιση (Πούλος & Καρδισιά, 2020b) (Augustinus, 2003). Συνεπώς, το παράκτιο σύστημα θεωρείται συγχρόνως ιζηματολογικό και μορφοδυναμικό και επηρεάζεται από την κυματική ενέργεια και την παροχή ιζημάτων (Prentice, 2008).

Το παράκτιο σύστημα περιλαμβάνει την παράκτια ζώνη, η οποία εκτείνεται από το χερσαίο τμήμα που περιλαμβάνει τις παράκτιες γεωμορφές που δημιουργήθηκαν μέσω των χερσαίων, θαλάσσιων – ωκεάνιων και ατμοσφαιρικών διεργασιών έως την υφαλοκρηπίδα (Εικόνα 2.1). Το υποθαλάσσιο τμήμα εκτείνεται από την ακτογραμμή έως την ισοβαθή καμπύλη των – 10m, το οποίο είναι εμπειρικό βάσει των υψών των κυμάτων και της μορφολογικής κλίσης του πυθμένα (Καρύμπαλης, 2010). Μέσα στην παράκτια ζώνη παρατηρείται η παράλια ζώνη, η οποία εκτείνεται από κάποιο φυσιογραφικό σημείο της χέρσου (παράκτιες θίνες) που μπορούν να φτάσουν τα κύματα θύελλας έως την χαμηλότερη θαλάσσια στάθμη. Ουσιαστικά, η παραλία ή αιγιαλός (beach) αποτελεί μια ζώνη που δημιουργείται λόγω της συσσώρευσης ασύνδετων ιζημάτων (υλικά χερσαίας διάβρωσης) κατά μήκος της ακτογραμμής. Τόσο το χερσαίο όσο και το υποθαλάσσιο τμήμα συνθέτουν την παράλια ή αιγιαλίτιδα ζώνη (beach zone), καθώς το τελευταίο διαμορφώνεται βάσει του υδροδυναμικού καθεστώτος, όπως η δράση των κυμάτων, των παραλιακών ρευμάτων και της παλίρροιας (Πούλος & Καρδισιά, 2020b).



Εικόνα 2.1: Σχηματική απεικόνιση της παράκτιας ζώνης (Πούλος & Καρδitsά, 2020b)

Το φυσικό όριο μεταξύ του χερσαίου και του υποθαλάσσιου χώρου της παράκτιας ζώνης αλλά και της ατμόσφαιρας αποτελεί η ακτογραμμή (coast line), η οποία επηρεάζεται τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς διεργασίες (Βελεγράκης, 2015). Η θέση της ακτογραμμής μεταβάλλεται χωρικά και χρονικά λόγω υδροδυναμικών διεργασιών, όπως η δράση των θαλάσσιων κυμάτων, της παλίρροιας, των θαλάσσιων ρευμάτων, των καταιγίδων και των μετεωρολογικών συνθηκών, λόγω ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, όπως η κατασκευή παράκτιων τοίχων, παράκτιων δρόμων και η δημιουργία φραγμάτων στους ποταμούς, λόγω γεωμορφολογικών διεργασιών, όπως η διάβρωση και η προέλαση των παραλιών, καθώς και λόγω των διακυμάνσεων της θαλάσσιας στάθμης από την δράση ευστατικών, ισοστατικών και τεκτονικών αιτιών (Καρύμπαλης, 2010). Ουσιαστικά, αποτελεί μια γραμμή επαφής του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος, ενώ σε αυτή παρατηρείται η συσσώρευση ασύνδετων χαλαρών ιζημάτων (άμμος, βότσαλα και ψηφίδες), τα οποία έχουν προέλθει μέσα από την διαδικασία της αποσάθρωσης και της διάβρωσης (Πούλος & Καρδitsά, 2020b).

Η **παραλία** (ή **αιγιαλός**) (beach or shore) δημιουργείται από τη συσσώρευση ασύνδετων (χαλαρών) ιζημάτων (κυρίως άμμο, ψηφίδες και βότσαλα). Οι παραλίες είναι γεωμορφές που συναντώνται σε όλες τις προαναφερόμενες γεωμορφές. Είναι δυναμικά μεταβαλλόμενες με βάση την παράκτια υδροδυναμική μεταβάλλοντας συχνά τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους, ενώ φιλοξενούν και μια σειρά από ιδιαίτερες γεωμορφές, οι οποίες παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα. Το **χερσαίο (εναέριο)** (subaerial) τμήμα της παραλίας εκτείνεται από τη χαμηλότερη στάθμη της θάλασσας μέχρι κάποιου ορίου, το οποίο καθορίζεται από τις **μέγιστες αναβάσεις (αναρρίχηση)** των μεγαλύτερων κυμάτων (κύματα θύελλας) και που συνήθως συμπίπτει με κάποιο χαρακτηριστικό φυσιογραφικό σημείο της χέρσου (π.χ. πόδας κρημού, βάση εμπροστοθίνας, ζώνη έντονης βλάστησης). Το **υποθαλάσσιο** (subaqueous) τμήμα της παραλίας

εκτείνεται μέχρι το βάθος εκείνο όπου μπορούν επίσης τα κύματα θυέλλης να κινητοποιήσουν τα ιζήματα του πυθμένα, άρα να διαμορφώσουν το υποθαλάσσιο ανάγλυφο.

Συνεπώς, τα υδροδυναμικά όρια της παραλίας ορίζονται ως εξής: το χερσαίο (υπαίθριο) όριο δίνεται από την εξίσωση αναρρίχησης του κυματισμού, η οποία υπολογίζεται από την εξίσωση του Stockdon et al. (2014) (εξίσωση 2.1), ενώ το υποθαλάσσιο όριο δίνεται από το **μέγιστο βάθος της κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα** ή εν συντομία βάθος κλεισίματος (dc: closure depth), το οποίο υπολογίζεται από την εξίσωση 2.2. του Hallermeier (1981):

$$R_{2\%} = 1,1 \cdot \left\{ 0,35 \cdot \beta_f \cdot (H_o \cdot L_o)^{1/2} + \frac{[H_o \cdot L_o (0,563 \cdot \beta_f^2 + 0,004)]^{1/2}}{2} \right\} \quad (2.1)$$

$$dc = 2,28 \cdot H_e - 68,5 \cdot g \cdot \left(\frac{H_e}{T_e} \right)^2 \quad (2.2)$$

όπου, (H_e) είναι τα σημαντικό ύψος κύματος θυέλλης και (T_e) η αντίστοιχη περίοδος τους, πριν τη θραύση τα οποία εμφανίζονται τουλάχιστον 12 ώρες ετησίως.

Υδροδυναμικά η παραλία ή καλύτερα η παραλιακή ζώνη διακρίνεται στις παρακάτω επιμέρους ενότητες (βασισμένο σε CEM-US 2002) (Εικόνα 2.2):

- **Θαλάσσια οριογραμμή παραλίας (ή αιγιαλού)** (shoreline) είναι η γραμμή που ορίζεται ως το ίχνος της μέσης ανώτερης θαλάσσιας στάθμης στο μέτωπο της παραλίας (ή αιγιαλού) (shoreface or beachface),
- **Οπισθοπαραλία** (backshore) είναι το τμήμα του αιγιαλού ή της παραλίας που βρίσκεται μεταξύ της θαλάσσιας οριογραμμής του αιγιαλού και της ακτογραμμής. Στην περίπτωση που η θαλάσσια οριογραμμή του αιγιαλού ταυτιστεί με την ακτογραμμή, τότε η οπισθοπαραλία είναι μεταξύ της ακτογραμμής και της οριογραμμής των μέγιστων αναβάσεων των κυμάτων και ορίζεται υδροδυναμικά από την αναρρίχηση (R: wave runup). Αποτελεί δηλαδή το τμήμα της παραλίας που χρησιμοποιείται για την αναψυχή και εάν υπάρχει άμμος υπόκεινται σε αιολική μεταφορά,
- **Μέτωπο της παραλίας** (foreshore or beachface) είναι η περιοχή της παραλίας που φιλοξενεί τη θαλάσσια οριογραμμή του (shoreline), η οποία εκτείνεται από τη μέση χαμηλή θαλάσσια στάθμη, που συχνά συνοδεύεται και από ένα υποθαλάσσιο σκαλί (beach step), μέχρι την κορυφή της πρώτης ανύψωσης της παραλίας, λόγω της παρουσίας παραλιακού αναβαθμού (berm) ή παραλιακών ραχών (beach ridge). Είναι ουσιαστικά η κεκλιμένη επιφάνεια (γωνία β_f ως προς το οριζόντιο επίπεδο) που υπόκειται στην παλινδρομική κίνηση (ανάβαση-κατάβαση) των συνήθων κυμάτων. Σημειώνεται ότι με βάση την κορυφή της 1ης ανύψωσης (κορυφή μετώπου) η παραλία χωρίζεται σε κατώτερη (lower beach) που αντιστοιχεί στο ενεργό μέτωπο («βρεγμένο») της παραλίας και σε ανώτερη (upper beach), που είναι το «στεγνό» μέρος της παραλίας για συνήθεις κυματικές συνθήκες,
- **Ενδο-παραλία ζώνη** (inshore or shoreface or littoral zone) είναι η ζώνη που εκτείνεται από τη χαμηλότερη μέση θαλάσσια στάθμη μέχρι και πέρα από τη ζώνη θραύσης. Στην

ενδοπαράλια ζώνη λαμβάνει χώρα η επιμήκης παράλληλη και η κάθετη στην ακτογραμμή (ή τη θαλάσσια οριογραμμή παραλίας) στερεομεταφορά. Καθώς στην περιοχή αυτή τα ιζήματα κινητοποιούνται από τις επικρατούσες υδροδυναμικές (κυρίως κυματικές) συνθήκες ως απώτατο θαλάσσιο όριο της θα μπορούσε να εκληφθεί το (εξωτερικό) όριο κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα από τα μεγαλύτερα προσερχόμενα κύματα (closure depth, d_{coul}). Ακολούθως, κάνοντας χρήση του εσωτερικού ορίου του βάθους κλεισίματος (d_{cin}) η ενδοπαράλια ζώνη διακρίνεται σε εσωτερική (upper) (προς την ακτή) και εξωτερική (lower) (προς την ανοικτή θάλασσα) υποπεριοχή. Η μέση κλίση της ενδοπαράλιας ζώνης είναι η γωνία (β) που σχηματίζει η επιφάνεια του πυθμένα από το σημείο της κατώτερης θαλάσσιας στάθμης μέχρι το βάθος του εσωτερικού ορίου κλεισίματος (d_{cin}) θεωρώντας ότι ο πυθμένας δεν αλλάζει ουσιαστικά κλίση μέχρι και το απώτερο όριο της (d_{coul}),

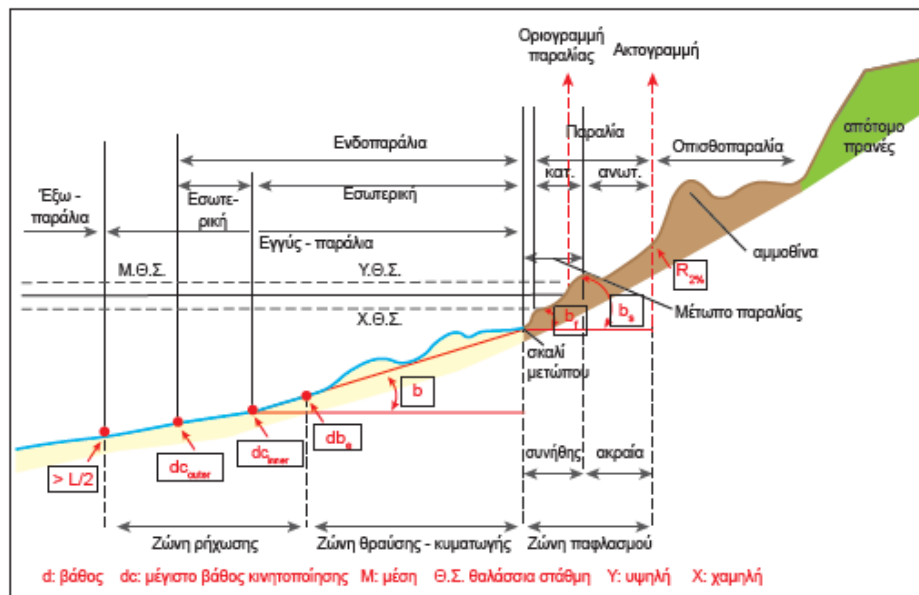
➤ **Εγγύς-παράλια ζώνη** (nearshore zone) είναι η κοντινή, η πλησίον της ακτογραμμής υποθαλάσσια ζώνη, η οποία εκτείνεται από τη μέση χαμηλότερη θαλάσσια στάθμη αρκετά μακρύτερα από τη ζώνη θραύσης, περιλαμβάνοντας ουσιαστικά και την προαναφερόμενη ενδοπαράλια ζώνη, έχοντας όμως ασαφές (βιβλιογραφικά) το προς τη θάλασσα όριο της. Στην περίπτωση που θεωρήσουμε το εξωτερικό βάθος κλεισίματος (d_{coul}) ότι είναι το απώτατο θαλάσσιο όριο της τότε ταυτίζεται με την ενδοπαράλια ζώνη, ενώ εάν δεχθούμε ότι είναι σε επαφή με τη πέραν της παράλιας ζώνης περιοχή (offshore zone) τότε μπορεί να τεθεί ως όριο της το βάθος ($d_{\text{off}} = L/2$), δηλαδή το βάθος μετάβασης από τις συνθήκες διάδοσης των κυμάτων σε βαθιά νερά σε συνθήκες διάδοσης ενδιάμεσου βάθους και

➤ **Εξω-παράλια ζώνη** (offshore zone) είναι η περιοχή εξωτερικά (προς την ανοικτή θάλασσα) περιοχή, η οποία επίσης δεν έχει σαφές όριο. Όμως, είναι γενικά ότι αφορά βάθη στα οποία τα κύματα διαδίδονται σε συνθήκες βαθιών νερών άρα θα μπορούσε να τεθεί επίσης ως όριο της το βάθος ($d_{\text{off}} = L_0/2$). Προς την ανοικτή θάλασσα θεωρείται ότι εκτείνεται μέχρι το απώτατο όριο της υφαλοκρηπίδας (shelf break), περιλαμβάνοντας δηλαδή τα λεγόμενα παράκτια νερά (coastal waters).

Στη συνέχεια, με βάση αποκλειστικά το επικρατών κυματικό καθεστώς και ακολουθώντας την κίνηση του κύματος προς την ακτή, διαμορφώνονται οι εξής ζώνες μέσα στην ενδοπαράλια ζώνη (inshore zone) (Εικόνα 2.2):

➤ **Ζώνη ρήχυνσης** (shoaling zone), η ζώνη αυτή ουσιαστικά εκφράζει τις συνθήκες διάδοσης των κυμάτων σε ενδιάμεσα και ρηγά νερά, δηλαδή την περιοχή αλληλοεπίδρασης με τον πυθμένα. Το εξωτερικό της όριο είναι το βάθος μετάβασης από τις συνθήκες βαθιών σε νερά ενδιάμεσου βάθους ($d_{\text{off}} = L_0/2$), ενώ το εσωτερικό της όριο είναι το βάθος θραύσης, το οποίο βέβαια εξαρτάται κατά περίπτωση από το ύψος των προσερχόμενων κυμάτων. Ως μοναδική θέση θα μπορούσε να εκληφθεί το βάθος θραύσης των κυμάτων θυέλλης, κατ' αντιστοιχία της χρήσης του βάθους κλεισίματος ($d_{b,e}$) και μέχρι τη θραύσης τους. Άρα, το προς τη θάλασσα (εξωτερικό) όριο της ταυτίζεται με το $d_{\text{off}} = L_0/2$ και προς την ακτή (εσωτερικά) με τη γραμμή θραύσης των μεγαλύτερων κυμάτων ($d_{b,max}$). Στη ζώνη αυτή λαμβάνουν χώρα οι διεργασίες της ρήχυνσης (shoaling) και της διάθλασης (defraction). Ο Komar (1978) είχε αρχικά ορίσει το βάθος αυτό ως το $d_{\text{off}} < L_0/4$,

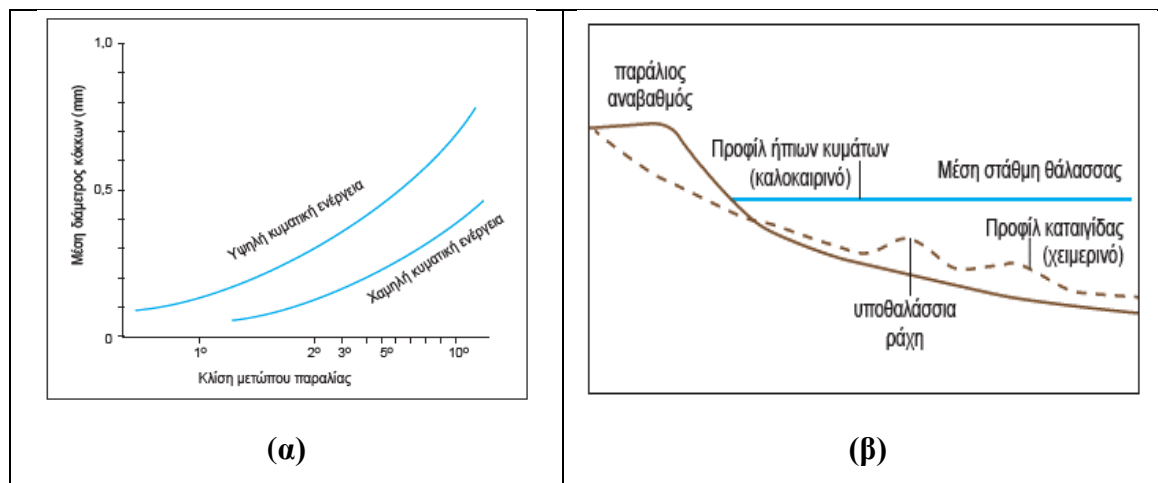
- **Ζώνη κυματαγωγής - θραύσης των κυμάτων** (surf - breaking zone) είναι η συνέχεια της ζώνης ρήχυνσης, φθάνοντας μέχρι τη βάση (στο σκαλί) του μετώπου της παραλίας, το οποίο σχεδόν ταυτίζεται με το ίχνος της μέσης χαμηλότερης θαλάσσιας στάθμης επί του μετώπου της παραλίας (beachface). Ο αρχικός διαχωρισμός του Komar (1978) σε δυο ζώνες, δηλαδή στη ζώνη θραύσης και στη ζώνη κυματαγωγής, δεν είναι υδροδυναμικά ορθή, καθώς τα κύματα διαφορετικού ύψους θραύονται σε διαφορετικά βάρη, ενώ ανάλογα με το αρχικό ύψος τους και την υποθαλάσσια κλίση μπορεί να θραύονται επανειλημμένα (π.χ. 3-4 φορές ή και παραπάνω), με αποτέλεσμα οι ζώνες θραύσης και κυματαγωγής να μεταβάλλουν το εύρος τους αλλά και τη θέση τους, αναλόγως και
- **Ζώνη παφλασμού ή διαβροχής** (swash zone) είναι μια ζώνη που υδροδυναμικά ταυτίζεται με το χερσαίο τμήμα της παραλίας ή του αιγιαλού (beach) καθώς ουσιαστικά εκφράζει την αναρρίχηση επί της παραλίας είτε των συνήθων, είτε των κυμάτων θυέλλης. Έτσι, με βάση την αναρρίχηση των συνήθων κυματισμών (normal uprush) και των μεγίστων αναβάσεων (extreme uprush) των κυμάτων, η παραλία διακρίνεται σε **κατώτερη** (lower beach) και **ανώτερη** (upper beach), αντιστοίχως.



Εικόνα 2.2: Σκαρίφημα των χωρικών ορίων των επιμέρους ενοτήτων της παράλιας ζώνης (χερσαίας και υποθαλάσσιας) σε σχέση με τη θέση της ακτής, τις επικρατούσες υδροδυναμικές και μορφοδυναμικές συνθήκες (τα σύμβολα και οι ορισμοί δίνονται στο κείμενο που ακολουθεί) (Πούλος & Καρδιτσά, 2020a)

Η κλίση του μετώπου της παραλίας εξαρτάται από την κοκκομετρία και την προσερχόμενη κυματική ενέργεια. Έτσι παραλίες με λεπτόκοκκο ίζημα (άμμου) σε συνδυασμό με χαμηλή κυματική ενέργεια παρουσιάζουν μικρές κλίσεις (1-2 μοίρες), σε αντίθεση με τις παραλίες που συνίστανται από κροκάλες και είναι εκτεθειμένες σε υψηλή κυματική ενέργεια και παρουσιάζουν μεγάλες κλίσεις (>5 μοίρες) (Εικόνα 2.3α). Επίσης, οι παραλίες παρουσιάζουν και μεταβολές που

έχουν ένα εποχιακό χαρακτήρα δηλαδή παρουσιάζουν δύο διατομές (προφίλ): ένα χειμερινό (ή θύελλας) που διαμορφώνεται από κύματα μεγάλης κλίσης και ενός καλοκαιρινού (ήπιων κυματισμών) που διαμορφώνεται κάτω από ήπιες κυματικές συνθήκες (κύματα μικρής κλίσης, π.χ. κύματα αποθαλασσιάς ή ρεστιάς) (Εικόνα 2.3β).



Εικόνα 2.3: α) Σχηματική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ της κλίσης και της κοκκομετρικής της σύστασης του μετώπου της παραλίας στις περιπτώσεις υψηλής και χαμηλής κυματικής ενέργειας (Pethick, 1984), β) Σκαρίφημα που δείχνει την αλλαγή της κάθετης στην ακτογραμμή διατομής (προφίλ) της παραλίας σε συνθήκες ήπιου κυματισμού (θερινό προφίλ) και κυμάτων καταιγίδας (χειμερινό προφίλ) (Πούλος & Καρδitsά, 2020a)

2.2. Παράκτια υδροδυναμική

Η υδροδυναμική της παράκτιας ζώνης περιλαμβάνει την δράση των θαλάσσιων κυμάτων, της παλίρροιας που είναι αμελητέα στην Ελλάδα και των παραλιακών ρευμάτων που προκύπτουν από τη θραύση των κυμάτων. Τα κύματα ανοικτής θάλασσας χωρίζονται: α) στα ανεμογενή κύματα (wind waves), τα οποία είναι σχετικά απότομα και ακανόνιστα και με πολλές διευθύνσεις, ενώ διαδίδονται με ταχύτητα ίση και μικρότερη από την τοπική ταχύτητα του ανέμου και β) στα κύματα αποθαλασσιάς (swell), τα είναι ομαλότερα, κανονικοποιημένα μιας κατεύθυνσης, ενώ η διάδοσή τους γίνεται με ταχύτητα μεγαλύτερη από την τοπική ταχύτητα του ανέμου (Πούλος & Καρδitsά, 2020a).

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των θαλάσσιων κυμάτων είναι::

α) το μήκος κύματος (wave length), το οποίο αποτελεί την οριζόντια απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών του κύματος,

β) την περίοδο του κύματος (wave period), η οποία αποτελεί το χρονικό διάστημα διέλευσης δυο διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών του κύματος από το ίδιο σημείο,

γ) την συχνότητα του κύματος (wave frequency), η οποία αφορά τον αριθμό των κυμάτων που διέρχονται από ένα σημείο στην μονάδα του χρόνου και

δ) το ύψος του κύματος (wave height), το οποίο αποτελεί την κάθετη απόσταση από την υψηλότερη κορυφή έως την χαμηλότερη κοιλία του κύματος. Ειδικότερα το σημαντικό ύψος κύματος υπολογίζεται ως ο μέσος όρος του 1/3 των υψηλότερων κυμάτων,

ε) η ταχύτητα του κύματος (wave velocity), η οποία είναι ανάλογη με το βάθος των νερών της θάλασσας που διαδίδεται.

στ) η ομαδική ταχύτητα

ζ) η ενέργεια και

η) η ροή της ενέργειας

Τα επιφανειακά θαλάσσια κύματα ανεμογενούς προέλευσης, τα οποία δημιουργούνται μέσω της τριβής που προκαλείται όταν ο άνεμος πνέει πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και εξαρτώνται από:

α) την διάρκεια πνοής του ανέμου

β) την ταχύτητα του ανέμου

γ) την απόσταση στην οποία αναπτύσσεται ο κυματισμός (fetch) και

δ) την αρχική κατάσταση της θαλάσσιας επιφάνειας.

Συνεπώς, όταν η απόσταση που αναπτύσσονται τα θαλάσσια κύματα είναι επαρκής με σταθερή ταχύτητα ανέμου, ο οποίος πνέει για μεγάλο χρονικό διάστημα, παρατηρείται η ύπαρξη ισορροπίας μεταξύ της ενέργειας που μεταφέρεται από τον άνεμο προς την θάλασσα και της ενέργειας που καταναλώνεται από την θραύση των κυμάτων και καθορίζεται βάσει της σχέσης 1, η οποία υποδηλώνει το πηλίκο του καθορισμένου ύψους του κύματος (H_0) προς το μήκος κύματος (L_0) σε βαθιά νερά:

$$\frac{H_0}{L_0} \approx \frac{1}{7} \quad (1)$$

Οι συνθήκες διάδοσης των κυμάτων καθορίζεται από τη σχέση βάθους και μήκους κύματος και περιλαμβάνει τρεις περιπτώσεις:

α) Συνθήκες βαθιών νερών ($d > L/2$). Δεν υπάρχει αλληλεπίδραση των κυμάτων με τον θαλάσσιο πυθμένα και τα σωματίδια του νερού κινούνται σε κυκλικές τροχιές,

β) Συνθήκες ενδιάμεσου βάθους ($L/2 > d > L/20$). Παρατηρείται αλληλεπίδραση μεταξύ των κυμάτων και του θαλάσσιου πυθμένα με τα σωματίδια του νερού να διαγράφουν ελλειπτικές τροχιές.

γ) Συνθήκες ρηχών νερών ($d < L/20$). Τα χαρακτηριστικά των κυμάτων διαμορφώνονται από τον πυθμένα της θάλασσας και τα σωματίδια του νερού διαγράφουν τροχιές σε σχεδόν ευθεία γραμμή με παλινδρομική κίνηση.

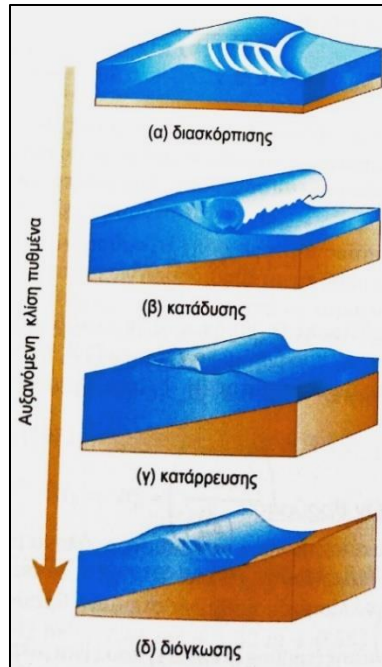
Ειδικότερα, τα θαλάσσια κύματα κατά την διάδοσή τους στην περι-παράλια ζώνη κινούνται από τα βαθιά στα ρηχά νερά προς την ακτογραμμή και λόγω της αυξημένης κλίσης τους “σπάνε”. Αυτό το σπάσιμο οφείλεται στην αύξηση της ταχύτητας της κορυφής των κυμάτων σε σχέση με την ομαδική τους ταχύτητα, με αποτέλεσμα να προσδιορίζεται η ζώνη θραύσης των κυμάτων (breaker zone) (Πούλος & Καρδισά, 2020b). Τα κύματα στην ζώνη θραύσης χωρίζονται στις εξής κατηγορίες (Εικόνα 2.4):

(α) στα κύματα διασκόρπισης (spilling breakers), τα οποία εμφανίζονται σε ακτές μικρών κλίσεων ($<3^\circ$) και διασπείρονται με μεγάλη ποσότητα αφρού εξαιτίας της αναταραχής που δημιουργείται όταν η ταχύτητα της κορυφής του κύματος είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα του κύματος καλύπτοντας το μέτωπο του κύματος,

(β) στα κύματα κατάδυσης (plunging breakers), τα οποία παρατηρούνται σε ακτές μικρών κλίσεων ($3^\circ - 7^\circ$), δημιουργούνται όταν η ταχύτητα της κορυφής του κύματος είναι πολύ μεγαλύτερη από τη ομαδική ταχύτητα του κύματος και λίγο πριν σπάσει εμφανίζεται μια τοξοειδής δομή με κοίλο μέτωπο και κυρτή πλευρά, ενώ όταν σπάσει η κορυφή του κύματος καταδύεται καταναλώνοντας το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειάς τους,

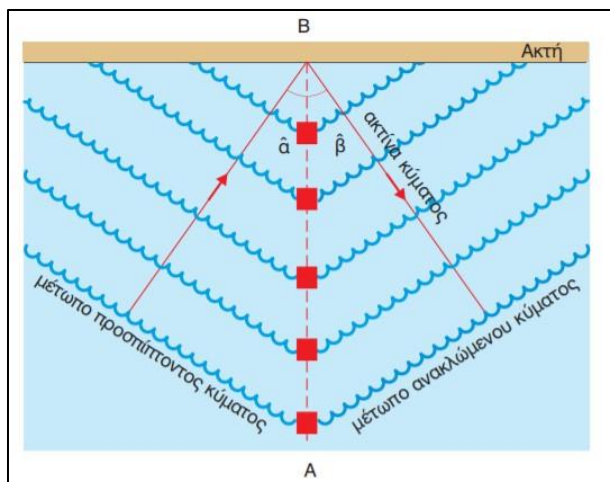
(γ) στα κύματα κατάρρευσης (collapsing breakers), τα οποία εμφανίζονται σε ακτές απότομων κλίσεων ($7^\circ - 15^\circ$) και δημιουργούνται όπως τα κύματα κατάδυσης με την διαφορά ότι η κορυφή του κύματος στην ζώνη θραύσης δεν υπερβαίνει το υπόλοιπο κύμα και

(δ) στα κύματα διόγκωσης (surging breakers), τα οποία είναι ομαλά, μακρινής προέλευσης και παρατηρείται η διόγκωσή τους χωρίς να επέλθει θραύση, διότι η κορυφή τους δεν προλαβαίνει να υπερβεί την βάση λόγω της μεγάλης κλίσης του θαλάσσιου πυθμένα ($>15^\circ$).



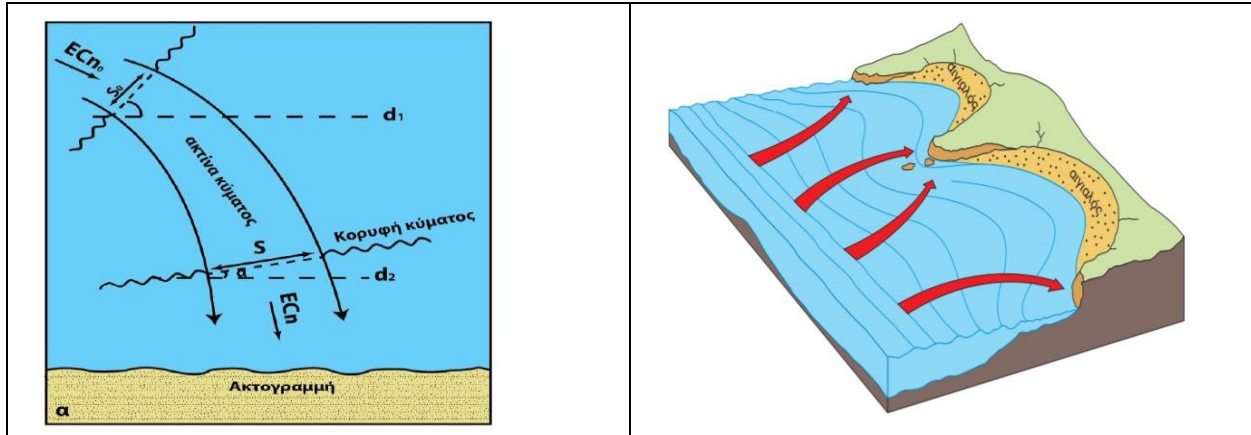
Εικόνα 2.4: Σχηματική απεικόνιση των τύπων κυμάτων στην ζώνη θραύσης (Πούλος & Καρδitsά, 2020a)

Κατά τη διάδοση των κυμάτων από τα βαθειά προς τα ρυχά νερά και μέχρι τη θραύση τους υφίστανται τις διεργασίες της ανάκλασης, της διάθλασης και της περίθλασης. Η ανάκλαση των κυμάτων (wave reflection) (Εικόνα 2.5) περιλαμβάνει την μετατροπή των κυμάτων που προσπίπτουν στην ακτογραμμή σε ανακλώμενα κύματα, η διάδοση των οποίων γίνεται από την ακτογραμμή προς την ανοικτή θάλασσα. Οι κορυφές των κυμάτων είναι παράλληλες μεταξύ τους και η κυματική ακτίνα διάδοσης έχει διεύθυνση κάθετη σε αυτές. Συνεπώς, σχηματίζει μια γωνία α και β με το ευθύγραμμο τμήμα AB που είναι κάθετο στην ακτογραμμή και ονομάζεται γωνία πρόσπτωσης και γωνία ανάκλασης, αντίστοιχα. Η κυματική ενέργεια των προσπιπτόντων κυμάτων είναι ίση με την ενέργεια των ανακλώμενων κυμάτων.



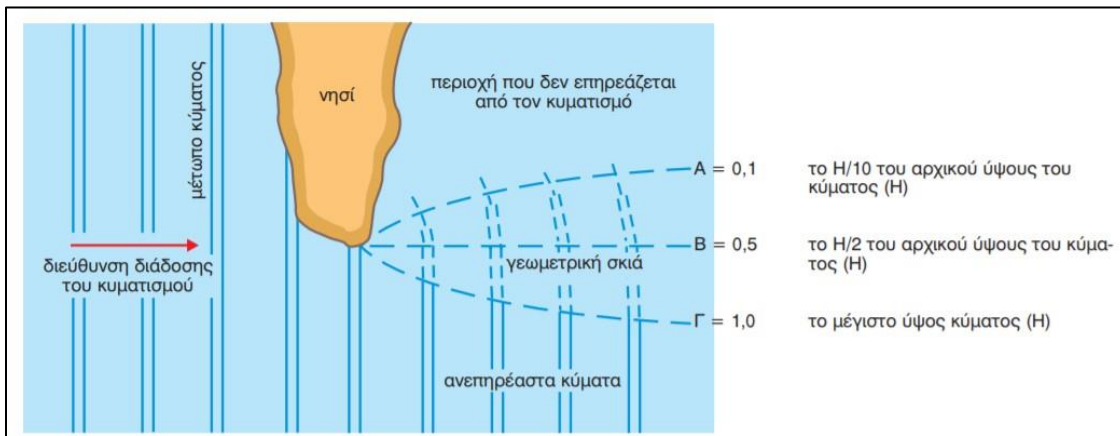
Εικόνα 2.5: Σχηματική απεικόνιση της ανάκλασης των κυμάτων (Καρύμπαλης, 2010)

Η διάθλαση των κυμάτων (wave refraction) (Εικόνα 2.6) περιλαμβάνει την μετατροπή των χαρακτηριστικών του κύματος που επηρεάζει την διανομή της κυματικής ενέργειας κατά μήκος της ακτογραμμής. Κατά την διάρκεια της προσέγγισης των κυμάτων στην ακτογραμμή, η ταχύτητά τους μειώνεται λόγω της μείωσης του βάθους του θαλασσινού νερού, ενώ οι κορυφές τους τείνουν να γίνουν παράλληλες με τις ισοβαθείς καμπύλες και την ακτογραμμή (Πούλος & Καρδισά, 2020b). Ουσιαστικά, όταν τα κύματα πλησιάζουν τις ακτές υπό γωνία, το τμήμα του κύματος που βρίσκεται σε ρηγά νερά θα κινείται πιο αργά σε σχέση με το τμήμα του κύματος που βρίσκεται σε βαθύτερα νερά και η διαφορά στις ταχύτητές τους οδηγεί στην καμπή του κύματος, το οποίο τείνει να γίνει παράλληλο με την ακτογραμμή. Ακόμα, οι καμπύλες γραμμές με διεύθυνση κάθετη στα μέτωπα των κυμάτων ονομάζονται ακτίνες διάδοσης των κυμάτων και συγκεκριμένα, όταν οι ακτίνες διάδοσης συγκλίνουν γίνεται συγκέντρωση της ενέργειας στην ακτογραμμή ενώ όταν αποκλίνουν, παρατηρείται διασκόρπιση της κυματικής ενέργειας. Συνεπώς, τα κύματα που διαθλώνται είτε αποκλίνουν όταν η μορφολογία του πυθμένα περιλαμβάνει υποθαλάσσιες κοιλάδες, είτε συγκλίνουν όταν η μορφολογία του πυθμένα περιλαμβάνει υποθαλάσσιες ανυψώσεις (υβώματα).



Εικόνα 2.6: α) Σχηματική απεικόνιση της σύγκλισης και της απόκλισης των κυμάτων (Καρύμπαλης, 2010), β) Σχηματική απεικόνιση της διάθλασης των κυμάτων (Πούλος & Καρδitsά, 2020b)

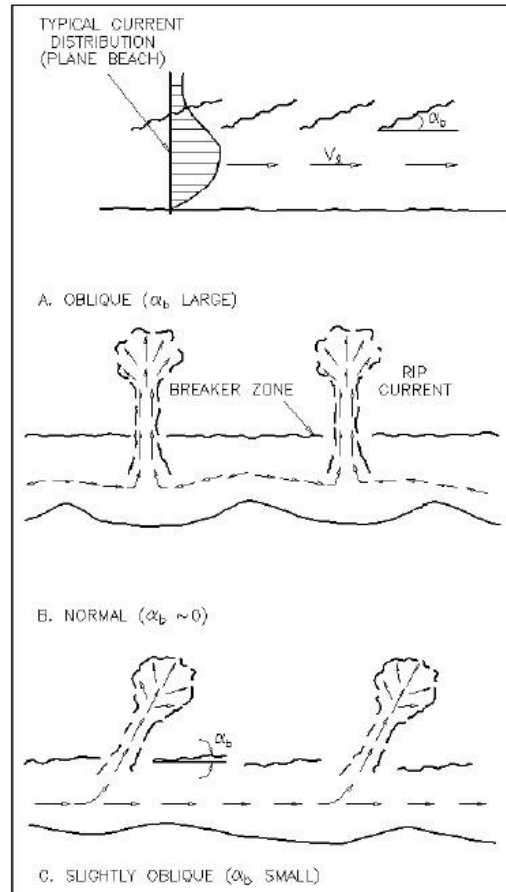
Η περίθλαση των κυμάτων (wave diffraction) (Εικόνα 2.7) περιλαμβάνει την μετατροπή των χαρακτηριστικών του κύματος, καθώς κατά την προσέγγιση των κυμάτων σε μια χερσόνησο, σε ένα νησί (φυσικό εμπόδιο) ή σε έναν κυματοθραύστη (τεχνητό εμπόδιο), ο κυματισμός διαδίδεται και στην προστατευόμενη πλευρά της χερσονήσου, του νησιού ή του κυματοθραύστη (Καρύμπαλης, 2010). Η μεταφορά ενέργειας γίνεται με πλάγια διεύθυνση κατά μήκος της κορυφής του κύματος και με κάθετη διεύθυνση κατά μήκος των ορθογώνιων κυμάτων.



Εικόνα 2.7: Σχηματική απεικόνιση της περίθλασης των κυμάτων με φυσικό εμπόδιο (νησί) (Καρύμπαλης, 2010).

Στην παράκτια υδροδυναμική ανήκουν και τα ρεύματα που αναπτύσσονται στην ζώνη κυματογής και ειδικότερα αυτά που προκύπτουν από τη θραύση τους. Τα παραλιακά ρεύματα είτε κινούνται με διεύθυνση παράλληλη στην ακτογραμμή και ονομάζονται επιμήκη παράκτια ρεύματα (longshore currents) είτε με κατεύθυνση προς την ανοικτή θάλασσα και ονομάζονται ρεύματα διαφυγής (rip currents) (Εικόνα 2.8). Τα συγκεκριμένα παραλιακά ρεύματα εξαρτώνται από την γωνία πρόσπτωσης των κυμάτων στην ακτογραμμή, από τα μορφολογικά

χαρακτηριστικά τόσο της ακτογραμμής όσο και του θαλάσσιου πυθμένα, ενώ είναι σε θέση να κινήσουν και να μεταφέρουν παράκτια ιζήματα τόσο προς την ακτή όσο και από την ακτή (Καρύμπαλης, 2010).



Εικόνα 2.8: Θαλάσσια ρεύματα διαφυγής (Rip Current) (Komar, 1978).

2.3. Παράκτια μορφοδυναμική

Η παράκτια μορφοδυναμική περιλαμβάνει τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της αιγιαλίτιδας ή παράκτιας ζώνης, η οποία δέχεται την ενέργεια που μεταφέρεται από τα θαλάσσια κύματα. Βάσει των υδροδυναμικών συνθηκών (θαλάσσια κύματα και ρεύματα, παλίρροια) και την θέση των κυμάτων ως προς την ακτογραμμή, οι παραλίες χωρίζονται στις εξής κατηγορίες (Πούλος & Καρδισιά, 2020b):

α) στις παραλίες που είναι εφαιπόμενες της ακτογραμμής (shoreline beaches), οι οποίες σχηματίζονται στο τμήμα εκείνο που συγκεντρώνονται παράκτια ιζήματα κατά μήκος μιας σταθερής ακτής και ο προσανατολισμός τους είναι παράλληλος προς το μέτωπο του κύματος, που

φτάνει μετά την διαδικασία της διάθλασης στα ρηγά νερά της παραλίας ζώνης. Επιπλέον, οι συγκεκριμένες παραλίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

i) στις ανοικτές παραλίες (open beaches), οι οποίες δέχονται αλλά και αποβάλλουν ιζήματα τόσο προς την ανοικτή θάλασσα όσο και σε πλευρική διεύθυνση,

ii) στις εγκιβωτισμένες παραλίες (rocket beaches), οι οποίες θεωρούνται απομονωμένες λόγω της μειωμένης πλευρικής τροφοδοσίας ιζήματος (παραλίες σε κόλπους και όρμους),

β) στις παραλίες που είναι μη επαπτόμενες της ακτογραμμής (detached beaches), οι οποίες δημιουργούνται με κατεύθυνση προς την ανοικτή θάλασσα (αμμώδεις γλωσσοειδείς σχηματισμοί – spits, κυρτές χερσαίες προχώρες – cuspsate forelands, νησιωτικά φράγματα – barrier islands).

Ειδικότερα, στις παράκτιες γεωμορφές απόθεσης λόγω της κυματικής δράσης ανήκουν:

α) τα νησιωτικά φράγματα (barrier islands), αποτελούν επιμήκεις γεωμορφές που εκτείνονται παράλληλα στην ακτογραμμή και έχουν δημιουργηθεί λόγω της μικρής παλιρροϊκής ενέργειας και της κινηματικής δράσης. Χωρίζονται από την ξηρά μέσω λιμνοθάλασσας και αβαθών κόλπων, ενώ περιλαμβάνουν την ύπαρξη άμμου η οποία συσσωρεύτηκε πάνω από την στάθμη της πλημμυρίδας και σταθεροποιήθηκε με την βλάστηση (Πούλος & Καρδitsά, 2020b) (Καρύμπαλης, 2010),

β) οι ημισελινοειδείς σχηματισμοί (beach cusps) αναπτύσσονται στα μέτωπα των αιγιαλών μέσω της ανάκλισης των κυμάτων και περιλαμβάνουν άμμο, χαλίκια ή κροκάλες στην ακτογραμμή ή λίγο υψηλότερα από αυτή. Ως γεωμορφές εμφανίζονται στη ζώνη θραύσης των κυμάτων σε περιοχές με πολύ μικρό εύρος παλίρροιας. Επιπλέον, σε αυτές διακρίνονται δύο δομές που ονομάζονται κέρατα, τα οποία αποτελούνται από χονδρόκοκκο υλικό και κόλποι, οι οποίοι αποτελούνται από λεπτόκοκκο ίζημα (Καρύμπαλης, 2010),

γ) οι αμμορυτίδες (ripple marks) παρατηρούνται στο θαλάσσιο πυθμένα αβαθών και μεγάλου βάθους νερών και έχουν κυματοειδή μορφή. Η δημιουργία τους προκύπτει μέσω της διαδικασίας της ταλάντωσης των κόκκων της άμμου λόγω της κίνησης του νερού από την δράση των κυμάτων ή των παράκτιων ρευμάτων, ενώ αποτελούνται από λεπτόκοκκο αμμώδες υλικό. Ως ιζηματογενείς γεωμορφές χωρίζονται σε μεγάλες (σχηματισμός σε αδρόκοκκη άμμο) και σε μικρές (σχηματισμός σε λεπτόκοκκη άμμο) (Καρύμπαλης, 2010),

δ) οι παράκτιες αμμώδεις και χαλικώδεις ζώνες (berm) αποτελούν χερσαίους παραλιακούς αναβαθμούς που αναπτύσσονται παράλληλα στην ακτογραμμή (Πούλος & Καρδitsά, 2020a). Ως γεωμορφές έχουν τοξοειδή μορφή σαν ένα φυσικό σκαλοπάτι πάνω στην ακτογραμμή, ενώ το μέτωπό τους αποτελείται από χονδρόκοκκα ιζήματα (κροκάλες, χαλίκια και άμμους), ενώ η απόθεση τους γίνεται στο ανώτερο σημείο που φτάνει ο κυματισμός (δείκτες μέγιστης αναρρίχησης των κυμάτων) (Καρύμπαλης, 2010).

2.4. Ισοζύγιο των ιζημάτων της παράκτιας ζώνης

Το ισοζύγιο των ιζημάτων αποτελεί σημαντικό παράγοντα, διότι συντελεί στην διαμόρφωση και στην εξέλιξη της παράκτιας ζώνης. Γενικά, τα ιζήματα που οδηγούν στον σχηματισμό των παράκτιων γεωμορφών προκύπτουν από την αποσάθρωση των χερσαίων περιοχών και μέσω της διάβρωσης, της μεταφοράς και της απόθεσης καταφθάνουν στην ακτογραμμή. Συγχρόνως, τα ποτάμια, οι άνεμοι, οι χείμαρροι και οι παγετώνες βοηθούν στην μεταφορά των ιζημάτων από την ανάντη περιοχή προς την κατάντη μέσω της δράσης του νερού και του ανέμου (Καρύμπαλης, 2010). Παράλληλα, οι κόκκων των ιζημάτων συμβάλλουν στην καθοριστική δημιουργία της παράκτιας ζώνης, διότι το μέγεθος τους διακρίνεται σε χονδρόκοκκο, μεσόκοκκο και λεπτόκοκκο. Τα χονδρόκοκκα ιζήματα περιλαμβάνουν τους ογκόλιθους και τις κροκάλες με μέγεθος κόκκων μεγαλύτερο των 2mm, τα μεσόκοκκα ιζήματα περιλαμβάνουν τις άμμους με μέγεθος κόκκων μικρότερο των 2 mm και μεγαλύτερο των 62,5 μm, ενώ τα λεπτόκοκκα ιζήματα περιέχουν τις ιλύες με μέγεθος κόκκων μικρότερο των 62,5 μm και μεγαλύτερο των 4 μm και τις αργίλους με μέγεθος κόκκων μικρότερο των 4 μm. Η αποσάθρωση που διεξάγεται στις ανάντη περιοχές περιλαμβάνει χονδρόκοκκα ιζήματα, τα οποία κατά την διάρκεια της μεταφοράς τους γίνονται λεπτόκοκκα (γωνιώδεις κροκάλες → στρογγυλεμένες κροκάλες).

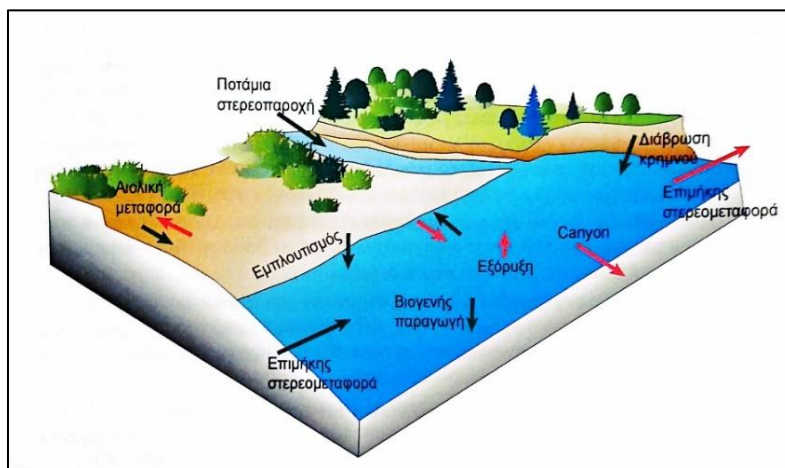
Επιπλέον, το ισοζύγιο ιζημάτων διαμορφώνεται μέσα από χερσαίες και θαλάσσιες διεργασίες, οι οποίες χωρίζονται σε (Καρύμπαλης, 2010) (Εικόνα 2.9):

α) εκείνες που εισάγουν ίζημα και

β) εκείνες που απομακρύνουν ίζημα από την παραλία.

Ανάλογα με την επικράτηση της εκάστοτε διεργασίας οδηγείται η παραλιακή ζώνη (ακτογραμμή) είτε σε διάβρωση είτε σε υποχώρηση είτε σε σταθερότητα της ακτογραμμής (Εικόνα 2.11). Ωστόσο, όταν οι παραπάνω διεργασίες δρουν ισοδύναμα, τότε δεν παρατηρείται ούτε διάβρωση ούτε προέλαση της ακτογραμμής, καθώς παραμένει σταθερή. Παράλληλα, μετακίνηση ιζημάτων παρατηρείται και στον υποθαλάσσιο χώρο είτε στα ρηχά – αβαθή νερά μέσω των κυμάτων και των παράκτιων ρευμάτων είτε στα βαθιά νερά προς την ακτή μέσω των παλιρροϊκών ρευμάτων ή των κυμάτων καταιγίδας είτε σε μεγάλη απόσταση από την ακτή (offshore zone) κατά την διάρκεια καταιγίδων ή σε διεύθυνση κάθετη στην ακτογραμμή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μετακίνηση ιζήματος μέσω των υποθαλάσσιων φαραγγίων (canyons) από την ακτογραμμή προς την ανοικτή θάλασσα. Ταυτόχρονα με τις φυσικές διεργασίες, διάβρωση προκαλούν και οι συνεχείς ανθρωπογενείς δραστηριότητες, διότι η κατασκευή τεχνικών έργων (φράγματα στα ανάντη των ποταμών, λιμενοβραχίονες) οδηγεί στην μειωμένη προσφορά ιζήματος και κατ' επέκταση στην οπισθοχώρηση της ακτογραμμής.

Εισαγωγή ιζημάτων	Απομάκρυνση ιζημάτων
<ul style="list-style-type: none"> • Παράκτια μεταφορά • Ποτάμια στερεοπαροχή (μεταφορά ιζημάτων με τη δράση ποταμών και χειμάρρων) • Διάβρωση παράκτιων κρημνών • Μεταφορά ιζημάτων από τη θάλασσα • Μεταφορά ιζημάτων προς την παραλία με τη δράση του ανέμου (αιολική μεταφορά) • Βιογενής απόθεση • Δράση ανθρωπογενών διεργασιών (π.χ. τεχνητός εμπλουτισμός με ιζημα) 	<ul style="list-style-type: none"> • Παράκτια μεταφορά • Μεταφορά ιζημάτων προς την ανοικτή θάλασσα • Μεταφορά ιζημάτων μακριά από την παραλία με τη δράση του ανέμου (διεργασία σχηματισμού παράκτιων θινών) • Παγίδευση και απομάκρυνση ιζημάτων μέσω των υποθαλάσσιων canyons • Δράση ανθρωπογενών διεργασιών (π.χ. εξόρυξη ιζημάτων, αμμοληψίες)



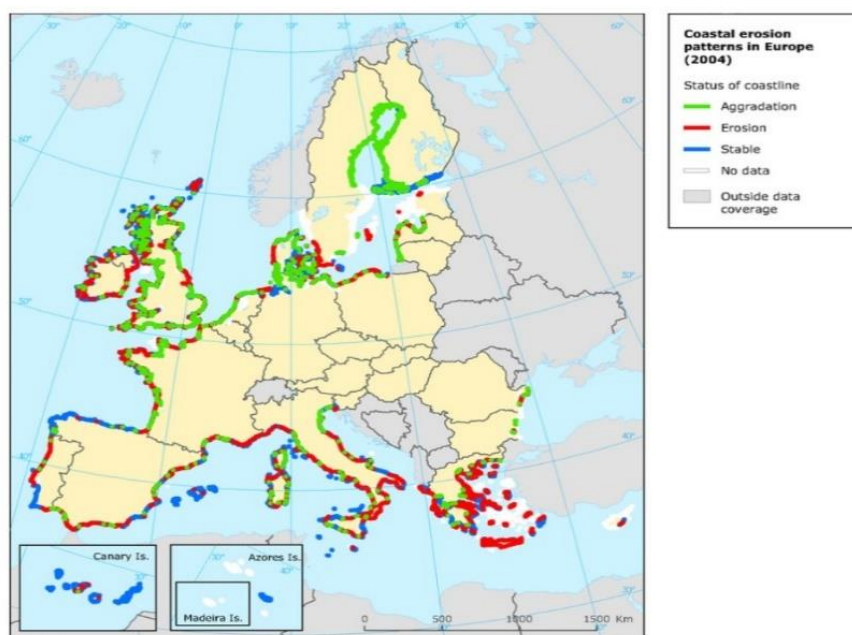
Εικόνα 2.9: α) Ισοζύγιο ιζημάτων (προσφορά και απομάκρυνση ιζημάτων) στην παράκτια ζώνη (Καρύμπαλης, 2010), β) Παράγοντες που επηρεάζουν το ισοζύγιο ιζημάτων, καθώς με μαύρα βέλη απεικονίζονται οι διεργασίες που οδηγούν στην διάβρωση της ακτογραμμής και με κόκκινα βέλη απεικονίζονται οι διεργασίες που συμβάλλουν στην προέλαση της ακτογραμμής (Πούλος & Καρδitsά, 2020a)

2.5. Παράκτια διάβρωση

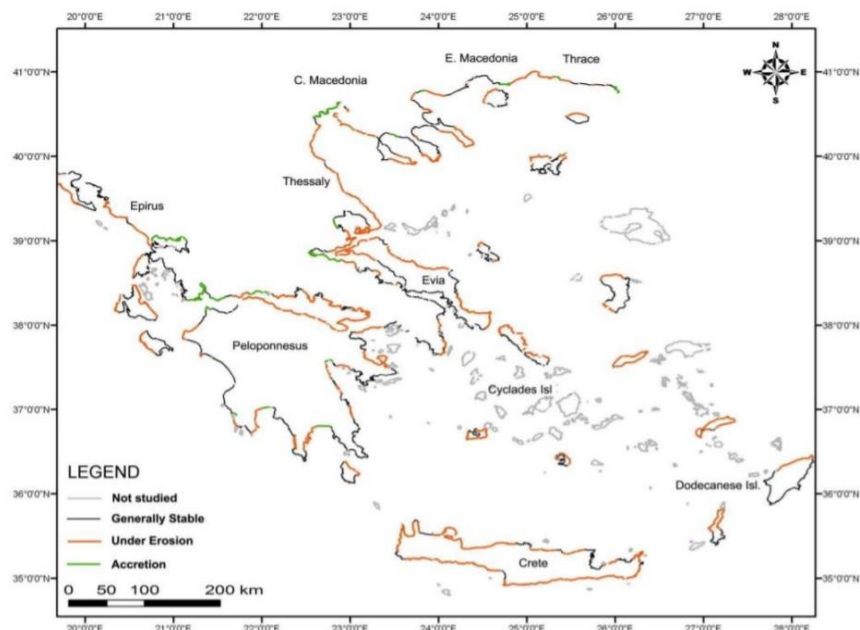
Ως παράκτια διάβρωση καλείται το φαινόμενο της οπισθοχώρησης της ακτογραμμής και κατ'επέκταση της καταστροφής των παράκτιων γεωμορφών και μετρείται βάσει του υπολογισμού του μέσου όρου της οπισθοχώρησης κατά την διάρκεια μιας περιόδου, η οποία θεωρείται αρκετά μεγάλη, με στόχο να εξαλειφθούν οι επιπτώσεις των καιρικών συνθηκών, των καταγίδων και της δυναμικής των ιζημάτων (Eurosion, 2001). Ειδικότερα, η παράκτια διάβρωση θεωρείται μια φυσική – γεωλογική διεργασία που επιδρά στον παράκτιο χώρο και εξελίσσεται είτε με αργό ρυθμό (από mm έως cm/έτος) είτε με πολύ γρήγορο και επεισοδιακό ρυθμό (m/έτος) σε συνδυασμό με την δράση γεωλογικών φαινομένων (σεισμοί, κατολισθήσεις, τσουνάμι) (Πούλος et al., 2020)(Πούλος, 2021).

Ως φαινόμενο μπορεί να προκαλέσει κοινωνικό – οικονομικά και περιβαλλοντικά προβλήματα, ενώ προκαλείται από διεργασίες που λαμβάνουν χώρα τόσο στις παράκτιες περιοχές όσο και στις εσωτερικές ηπειρωτικές περιοχές. Οι πρώτες διεργασίες είναι φυσικές και υποδηλώνουν την δράση του ανέμου, των θαλάσσιων κυμάτων και ρευμάτων και την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, ενώ οι δεύτερες διεργασίες αφορούν τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, οι οποίες περιλαμβάνουν την κατασκευή φραγμάτων στα ανάντι των ποταμών, αντιδιαβρωτικών έργων για τις υδρολογικές λεκάνες (διευθέτηση χειμάρρων), παράκτιων τοιχών, τις εντατικές καλλιέργειες, τις αναδασώσεις και την οικιστική και τουριστική ανάπτυξη (Καρύμπαλης, 2010). Συνεπώς, οι παραπάνω δραστηριότητες οδηγούν στην μειωμένη προσφορά ιζήματος στον παράκτιο χώρο διαμέσου των κοιτών των ποταμών και κατ'έπείτα στην οπισθοχώρηση της ακτογραμμής.

Στην σημερινή εποχή, η συνεχής αύξηση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων τόσο στις παράκτιες περιοχές όσο και στις εσωτερικές ηπειρωτικές περιοχές έχουν προκαλέσει εκτεταμένη διάβρωση στις ακτογραμμές. Ειδικότερα, στην Ευρώπη η συνολική παράκτια έκταση που καταστρέφεται λόγω της παράκτιας διάβρωσης αγγίζει τα 15 km²/year, ενώ το κόστος για την κατασκευή μέτρων αντιμετώπισης του φαινομένου είναι περίπου ίσο με 3 δισεκατομμύρια ευρώ τον χρόνο (Van Rijn, 2011). Επίσης, έχει εκτιμηθεί ότι το 20% των ακτών της Ευρώπης οπισθοχωρούν με ρυθμό από 0,5 έως 2 m/year, ενώ σε εξαιρετικές περιπτώσεις ο παραπάνω ρυθμός αγγίζει τα 15 m/year (Eurosion, 2004).



Εικόνα 2.10: Επίδραση παράκτιας διάβρωσης στην Ευρώπη (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/coastal-erosion-patterns-in-europe-2004>)



Εικόνα 2.11: Χαρακτηρισμός της Ελληνικής ακτογραμμής, καθώς με πορτοκαλί χρώμα αποτυπώνονται οι ακτογραμμές που έχουν υποστεί παράκτια διάβρωση, με πράσινο χρώμα αποτυπώνονται οι ακτογραμμές που έχουν υποστεί προέλαση, με μπλε χρώμα αποτυπώνονται οι περιοχές που βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας, ενώ με γκρι χρώμα αποτυπώνονται οι περιοχές που δεν έχουν μελετηθεί (Alexandrakis et al., 2010).

Σύμφωνα με τις εικόνες 2.10 και 2.11, η Νότια και Δυτική Ευρώπη και συγκεκριμένα οι χώρες Ελλάδα, Ιταλία, Νότια Γαλλία, Νότια Ισπανία και Πορτογαλία πλήττονται σε μεγαλύτερο ποσοστό από την παράκτια διάβρωση (κόκκινο χρώμα). Στην Βόρεια Ευρώπη, στην Βόρεια Γαλλία καθώς και στις Μεγάλη Βρετανία, Βέλγιο, Ολλανδία και Γερμανία παρατηρείται στις περισσότερες περιοχές προέλαση της ακτογραμμής (πράσινο χρώμα), σε αντίθεση με την Ιρλανδία, την Δανία και την Πολωνία, οι παραλίες των οποίων διαβρώνονται (κόκκινο χρώμα). Το μεγαλύτερο ποσοστό της ακτογραμμής των παραλιών της Βόρειας Ισπανίας και των νήσων Πάλμα ντε Μαγιόρκα και Ίμπιζα βρίσκεται σε σταθερή κατάσταση.

Για την εκδήλωση της παράκτιας διάβρωσης συντελούν παράγοντες, οι οποίοι χωρίζονται στις δύο παρακάτω κατηγορίες (Πούλος & Καρδितσά, 2020a):

α) στους φυσικούς παράγοντες, οι οποίοι διακρίνονται σχετικά με την χρονική τους διάρκεια και την χωρική έκταση της επίδρασής τους σε τρεις χωρο – χρονικές κλίμακες:

(i) την υδροδυναμική χωρο – χρονική κλίμακα (hydrodynamic spatio – temporal scale), η οποία περιλαμβάνει τις παραμέτρους: (1) της παλίρροιας, από την οποία εξαρτάται ο χρόνος έκθεσης της ακτογραμμής στην παράκτια διάβρωση των θαλάσσιων εργασιών και είναι σημαντική όταν το εύρος παλίρροιας είναι μεγαλύτερο των 4 m (μακροπαλιρροιακά περιβάλλοντα), (2) του ανέμου, ο οποίος εμφανίζεται στα μικροπαλιρροιακά περιβάλλοντα διότι μεταφέρει ποσότητες ιζημάτων από τον αιγιαλό προς την ενδοχώρα και αντίστροφα (αιολική μεταφορά), δημιουργεί τα θαλάσσια

κύματα, ενώ προκαλεί την διάβρωση των παράκτιων κρημνών μέσω της διεργασίας της αιολικής τριβής και (3) των κυμάτων, τα οποία οδηγούν στην κινητοποίηση των ιζημάτων του θαλάσσιου πυθμένα λόγω της θραύσης τους στην ζώνη θραύσης των κυμάτων (ζώνη διαβροχής), ενώ υποσκάπτουν την βάση τον παράκτιο κρημνών προκαλώντας τη διάβρωση και την οπισθοχώρηση τους. Επιπλέον, τα παλιρροιακά ρεύματα που παρατηρούνται στον θαλάσσιο χώρο προκαλούν και εκείνα διάβρωση απομακρύνοντας ποσότητες ιζημάτων,

(ii) την μηχανική χωρο – χρονική κλίμακα (mechanical spatio – temporal scale), η οποία περιλαμβάνει: (1) τις θαλάσσιες καταγίδες που οδηγούν στην διάβρωση λόγω της ικανότητας τους να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ιζημάτων σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, καθώς αποτελούν ακραία κλιματικά επεισόδια που προκαλούν θυελλώδεις ανέμους, (2) τα παραλιακά ρεύματα, η δημιουργία των οποίων παρατηρείται λόγω της θραύσης των θαλάσσιων κυμάτων είτε παράλληλα είτε κάθετα στην ακτογραμμή, με αποτέλεσμα να αιωρούν και να μεταφέρουν ιζήματα τόσο της χέρσου όσο και της θάλασσας και στο τέλος να προκαλούν την οπισθοχώρηση της παραλίας και (3) τις διεργασίες παράκτιου πρανούς (slope processes), δηλαδή τις διεργασίες αλληλεπίδρασης τη σχέση σου με τη θάλασσα που οδηγούν στην κατάρρευση, στην ολίσθηση ή στην ανατροπή του παράκτιου πρανούς. Οι συγκεκριμένες διεργασίες αφορούν τόσο χερσαίες εξωγενείς διεργασίες (πάγος, βροχόπτωση, αιολική διάβρωση μετώπου πρανούς) όσο και υδροδυναμικές διεργασίες (υποσκαφή της βάσης του πρανούς λόγω κλιματικής δραστηριότητας),

(iii) την γεωλογική χωρο – χρονική κλίμακα (geological spatio – temporal scale), η οποία χωρίζεται στις παρακάτω κατηγορίες: 1) στην ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης (sea level rise), η οποία προκαλείται μέσω του ευστατισμού και συγκεκριμένα βάσει των δεδομένων τις αλτιμετρίας και της θαλάσσιας στάθμης από λυμένες ο ρυθμός ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας στην Ανατολική Μεσόγειο είναι της τάξης των $3,51 \pm 0,62$ mm/year, ενώ στον ελληνικό χώρο παρατηρείται ρυθμός αύξησης 1 mm/year (6.000 χρόνια), (2) στις κατακόρυφες κινήσεις της παράκτιας χέρσου αφορούν την ισοστατική ανύψωση, τις τεκτονικές κινήσεις και τις διεργασίες της καθίζησης λόγω της συμπύκνωσης των υποκειμένων στρωμάτων (τεκτονική ανύψωση του ΝΔ άκρο της Κρήτης λόγω μεγάλου σεισμού), (3) στην διεργασία της αποσάθρωσης (weathering), η οποία χωρίζεται σε χημική, μηχανική και φυσική αποσάθρωση και οδηγεί στην διάβρωση του μετώπου των παράκτιων σχηματισμών, σε αντίθεση με την λειτουργία της κατά την οποία παρατηρείται μεταφορά ιζήματος προς την ακτογραμμή (4) στις υποθαλάσσιες παράκτιες κατολισθήσεις (submarine slides), οι οποίες αποτελούν παράκτιους χώρους αυξημένης κλίσεις με έντονη ιζηματογένεση και σεισμική δραστηριότητα (Κορινθιακός κόλπος), (5) στην κλιματική αλλαγή (climate change), η οποία αποτελεί σοβαρότατο πρόβλημα με το πέρασμα των χρόνων λόγω της μεταβολής του κλίματος. Οι χρονικές περιόδους ιδιαίτερης σημασίας είναι η θερμή και υγρή περίοδος (4.000 – 5.000 χρόνια π.Χ.), οι Ρωμαϊκή θερμή και υγρή περίοδος (2.200 – 1550 χρόνια π.Χ.), η ψυχρή περίοδος της σκοτεινής περιόδου (1.550 – 1.000 π.Χ.), η θέρμη περίοδος του μεσαίωνα (1.000 – 6.000 χρόνια π.Χ.) και η μικρή παγετώδης περίοδος (600 – 100 χρόνια π.Χ.), διότι λόγω της μεταβολής της θερμοκρασίας της βροχόπτωσης και της υγρασίας αλλά και των διαφοροποιήσεων των διεργασιών της αποσάθρωσης και τις αυξομειώσεις της στάθμης της θάλασσας,

β) στους ανθρώπινους παράγοντες, καθώς οι συνεχείς ανθρώπινες δραστηριότητες προκαλούν σοβαρά προβλήματα στην παράκτια ζώνη και χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

(i) στην παράκτια μηχανική (coastal engineering), η οποία περιέχει σταθερές κατασκευές (κυματοθραύστες, παράκτιους τοίχους, λιμενοβραχίονες, τουριστική και βιομηχανική ανάπτυξη) επιζήμιες για το υδροδυναμικό καθεστώς και την τροφοδότηση ιζήματος, με αποτέλεσμα να προκαλούν διάβρωση είτε παγιδεύοντας ποσότητες ιζήματος στα ανάντη των τεχνικών κατασκευών είτε λόγω της ανάκλασης των κυμάτων που προσέρχονται στην ακτογραμμή σε σταθερές κατασκευές απότομο προφίλ,

(ii) στον έλεγχο της ροής των λεκανών απορροής (river basin regulation works) μέσω της κατασκευής φραγμάτων (αρδευτικά, υδροδοτικά, παραγωγή ενέργειας), τα οποία διακόπτουν την στερεομεταφορά,

(iii) στην ανάκτηση της παράκτιας γης (land claim), που πραγματοποιήθηκε κατά την περίοδο του 19^{ου} και το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα και οδήγησε στις αλλαγές του παράκτιου αναγλύφου (αλλαγές στο υδροδυναμικό καθεστώς),

(iv) στην εξόρυξη (dredging) των αδρανών ιζημάτων (άμμος, χαλίκι) τόσο από τον θαλάσσιο πυθμένα όσο και από τις κοίτες των ποταμών επηρεάζει την στερεομεταφορά και οδηγεί στην διάβρωση της παράκτιας ζώνης,

(v) στην εξόρυξη φυσικού αερίου ή υπόγειου νερού (gas mining/water extraction), η οποία συμβάλλει στην συμπύκνωση των ιζημάτων λόγω της αφαίρεσης του αερίου ή του νερού του πορώδους και προκαλεί καθίζηση του εδάφους,

(vi) στην τεχνητή αλλαγή του παράκτιου φυσικού τοπίου (coastal artificialization), διαδικασία η οποία πραγματοποιείται από τον άνθρωπο διαφοροποιώντας την μορφολογία του είτε για οικιστική ανάπτυξη είτε για εκμετάλλευση των παράκτιων πόρων,

(vii) στην εκκαθάριση της βλάστησης (vegetation clearing), η οποία επηρεάζει παράκτιες γεωμορφές μειώνοντας την αντοχή τους στην διάβρωση (αμμοθίνες, μέτωπα των παράκτιων κρημνών). Η παρουσία της βλάστησης στους σχηματισμούς εμποδίζει την διείσδυση του νερού στην κορυφή των κρημνών μειώνοντας την εσωτερική αποσάθρωσή τους και σταθεροποιεί με τις ρίζες των φυτών τα πρανή και

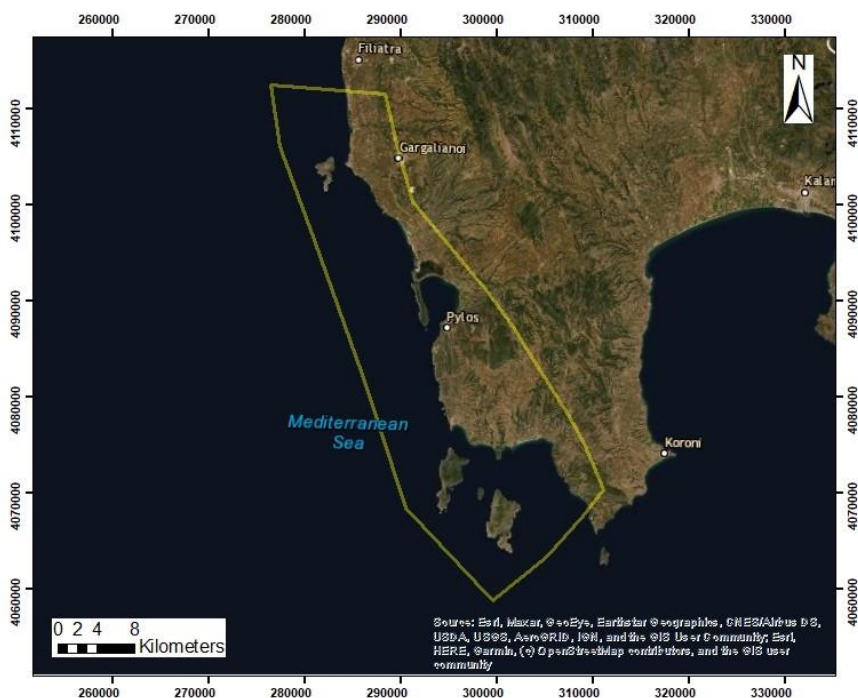
(viii) στην κλιματική αλλαγή ή στην μεταβλητότητα (climate change or variability), η οποία οφείλεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή στην αυξημένη έκκλιση ποσοτήτων CO₂ στην ατμόσφαιρα. Σύμφωνα με την IPCC, το παραπάνω φαινόμενο συμβάλλει στην διάβρωση των παραλιών είτε άμεσα μέσω της επιταχυνόμενης αύξησης της στάθμης της θάλασσας (μεγαλύτερη των 3 mm/year) είτε έμμεσα μέσω της αύξησης της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και την τροποποίηση της βροχόπτωσης.

3. Περιοχή μελέτης

3.1. Φυσικά χαρακτηριστικά

3.1.1 Γεωγραφική θέση

Η περιοχή μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας βρίσκεται στις ΝΔ παρυφές του Νομού Μεσσηνίας. Ο Νομός Μεσσηνίας ανήκει στο ΝΔ άκρο της Πελοποννήσου με πρωτεύουσα την Καλαμάτα, ενώ συνορεύει Β με τον νομό Ηλείας, ΒΑ με τον νομό Αρκαδίας και Α με τον νομό Λακωνίας. Επιπλέον, ΒΔ, Δ, ΝΔ και Ν βρέχεται από το Ιόνιο Πέλαγος, ΝΔ από τον Μεσσηνιακό κόλπο, ενώ στον συγκεκριμένο νομό ανήκουν τα νησιά των Οινουσσών (Βενετικό, Σχίζα, Αγία Μαριανή, Σαπιέντζα, Αρνάτσι, Πετρόκαβος). Βόρεια παρατηρείται και η νησίδα Πρώτη στην περιοχή της Μαραθόπολης και στην περιοχή της Πύλου παρατηρείται η νησίδα με το όνομα Σφακτηρία μαζί με τον ιστορικό όρμο του Ναυαρίνου. Από το έτος 2011 διαθέτει έξι δήμους βάσει του προγράμματος Καλλικράτης (Δήμος Δυτικής Μάνης, Δήμος Καλαμάτας, Δήμος Μεσσήνης, Δήμος Οιχαλίας, Δήμος Πύλου – Νέστορος, Δήμος Τριφυλίας), έχει έκταση ίση με 2.991 Km² (Μαντάγαρης & Γεργακέλλος, 2008), ενώ κατά την διάρκεια της απογραφής του ίδιου έτους ο πληθυσμός της περιφερειακής ενότητας Μεσσηνίας καταγράφηκε σε 159.954 κατοίκους (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, 2011).



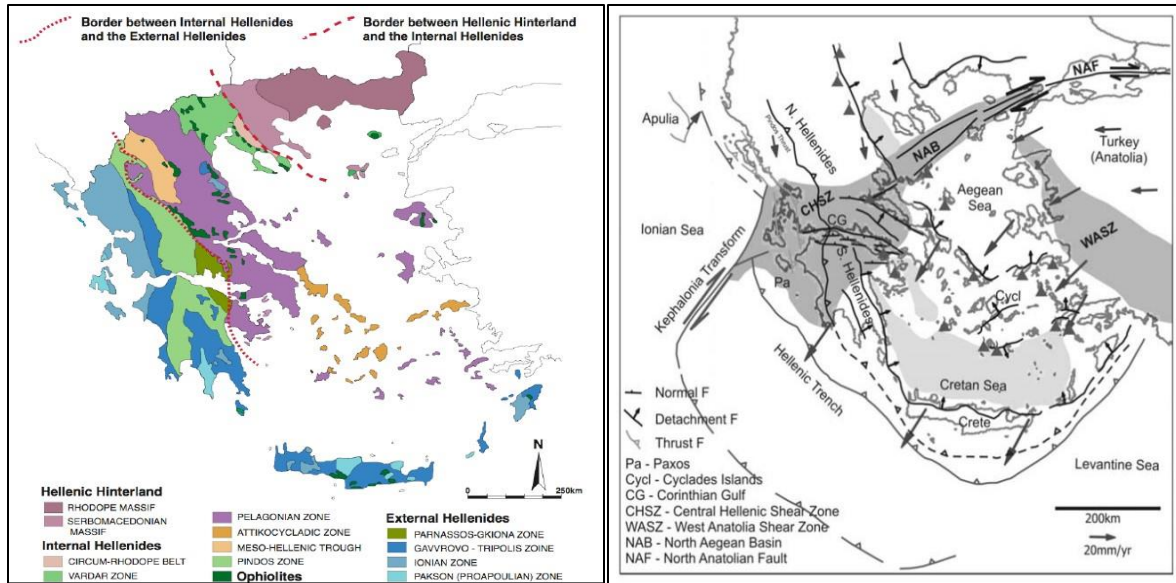
Εικόνα 3.1: Χάρτης περιοχής μελέτης – Δυτικές ακτές νομού Μεσσηνίας

3.1.2 Γεωλογία

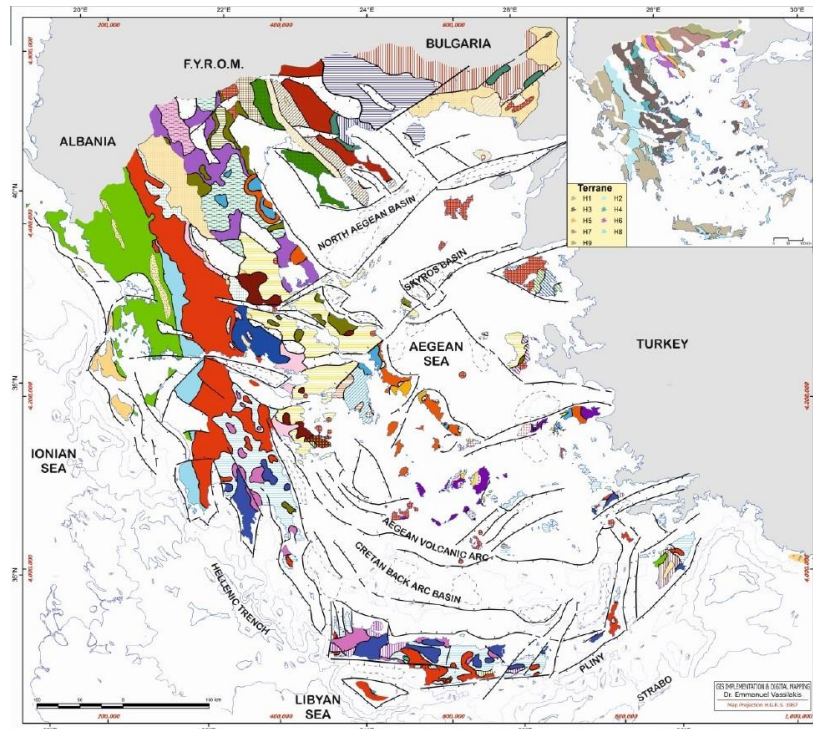
Η περιοχή της Μεσσηνίας στην ΝΔ Πελοπόννησο είναι μια από τις πιο δραστήριες σεισμοτεκτονικά περιοχές του Ελληνικού τόξου (Ladas & Mariolakos, 2004), καθώς αποτελεί τμήμα της Ηπειρωτικής Ελλάδας που απέχει λίγες δεκάδες χιλιόμετρα από την Ελληνική τάφρο και την Μεσογειακή ράχη. Συγκεκριμένα, απέχει 60 Km από την Ιόνια τάφρο, στην οποία λαμβάνει χώρα η σύγκλιση της Ευρασιατικής με την Αφρικανική λιθοσφαιρική πλάκα (Mariolakos & Spyridonos, 2017). Η έντονη σεισμικότητα παρουσία κανονικών ρηγμάτων και η ανύψωση του φλοιού είναι μερικά από τα γεωδυναμικά φαινόμενα της περιοχής (I. Fountoulis et al., 2014). Στις περιοχές της ΝΔ Μεσσηνίας κυριαρχεί η εμφάνιση της γεωτεκτονικής ενότητας του Γαβρόβου – Πύλου, καθώς και μεταλλικών σχηματισμών του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς. Ειδικότερα, η συγκεκριμένη ενότητα ανήκει στην κατηγορία των Εξωτερικών Ελληνίδων (Εικόνα 3.2α), οι οποίες ανήκουν στην εξωτερική τεκτονομεταμορφική ζώνη και περιλαμβάνουν ενότητες μη μεταμορφωμένες με ήπιο τεκτονισμό και λεπιώσεις.

Πιο συγκεκριμένα, οι Ελληνίδες αποτελούν τμήμα της Αλπικής Ορογενετικής Ζώνης που αναπτύχθηκε κατά μήκος του ενεργού περιθωρίου της Ευρώπης. Αυτό δημιουργήθηκε λόγω της σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών μεταξύ της Ευρασιατικής πλάκας στον Βορρά και της Αφρικανικής πλάκας στον Νότο, με την μακροχρόνια καταβύθιση των πλατφορμών κάτω από το Ευρωπαϊκό περιθώριο (Papanikolaou, 2017; Papanikolaou et al., 2004; Van Hinsbergen et al., 2005). Η σύγκλιση των παραπάνω πλακών ξεκίνησε από το Ιουρασικό και δημιούργησε διαδοχικά ορογενετικά τόξα, τα οποία με την σειρά τους δημιούργησαν τις Ελληνίδες μέχρι το Μειόκαινο (Papanikolaou, 2017; Aubouin, 1974; Jacobshagen, 1978; Παπανικολάου, 1986). Έτσι, η καταβύθιση του τελευταίου υπολείμματος της ωκεάνιας λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου, που αναπτύχθηκε στο βόρειο τμήμα της Αφρικανικής πλάκας, λαμβάνει χώρα κατά μήκος του σημερινού Ελληνικού τόξου και τάφρου που παρατηρείται μεταξύ του Αμβρακικού κόλπου στα ΒΔ και της Ρόδου στα ΝΑ, σχηματίζοντας της μικροπλάκα του Αιγαίου (Εικόνα 3.2β) (Papanikolaou, 2017).

Η ενότητα Γαβρόβου – Πύλου θεωρείται μια αυτόχθονη ενότητα (Ladas et al., 2004), παρατηρείται στην Ήπειρο, στην Στερεά Ελλάδα και κυρίως στην Αιτωλοακαρνανία και στην ΒΔ, Δ και ΝΔ Πελοπόννησο, ενώ βρίσκεται υποκείμενη της γεωτεκτονικής ενότητας Πίνδου και υπερκείμενη της Ιόνιας ενότητας (Εικόνα 3.3). Επιπλέον, καταλαμβάνει το δυτικό τμήμα της χερσονήσου της Πυλίας και αποτελεί μία νηριτικής φάσης ενότητα και χαρακτηρίζεται από συνεχή νηριτική ανθρακική ιζηματογένεση μέχρι το Ηώκαινο που παρατηρούνται ασυμφωνίες (Ladas I. and Mariolakos I, 2004) (Παπανικολάου, 2014). Χαρακτηριστική ασυμφωνία είναι η απόθεση του φλύσχη πάνω σε ασβεστόλιθους ηλικίας Ανώτερο Κρητιδικό στο βουνό Γάβροβο, χωρίς την παρεμβολή παντού των ασβεστόλιθων Ηώκαινης ηλικίας (Παπανικολάου, 2014). Η παραπάνω δομή περιλαμβάνει ένα σύστημα από επιμήκη κανονικά ρήγματα που τέμνουν το όριο μεταξύ των ασβεστόλιθων και του φλύσχη.



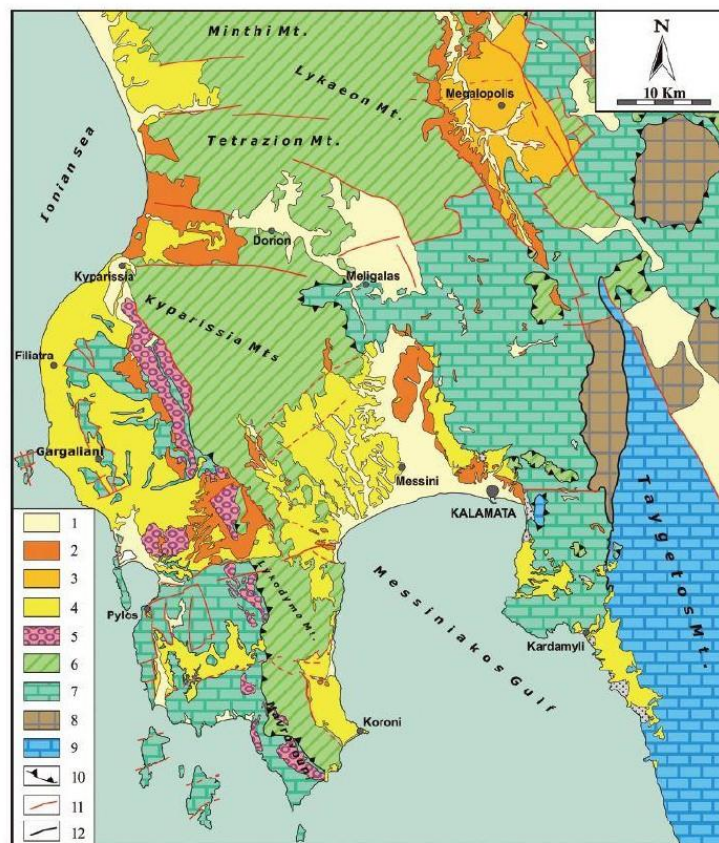
Εικόνα 3.2: α) Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας που απεικονίζει τα όρια των Εξωτερικών και των Εσωτερικών Ελληνίδων (Zachariadis, 2007), β) Τεκτονικός χάρτης που απεικονίζει τις Ελληνίδες, το Ελληνικό τόξο και την Ελληνική τάφρο (Ραρανικολαου, 2017)



Εικόνα 3.3: Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας που απεικονίζει τις θέσεις εμφάνισης της γεωτεκτονικής ενότητας Γαβρόβου – Πύλου (πράσινο χρώμα) (Παπανικολάου, 2014).

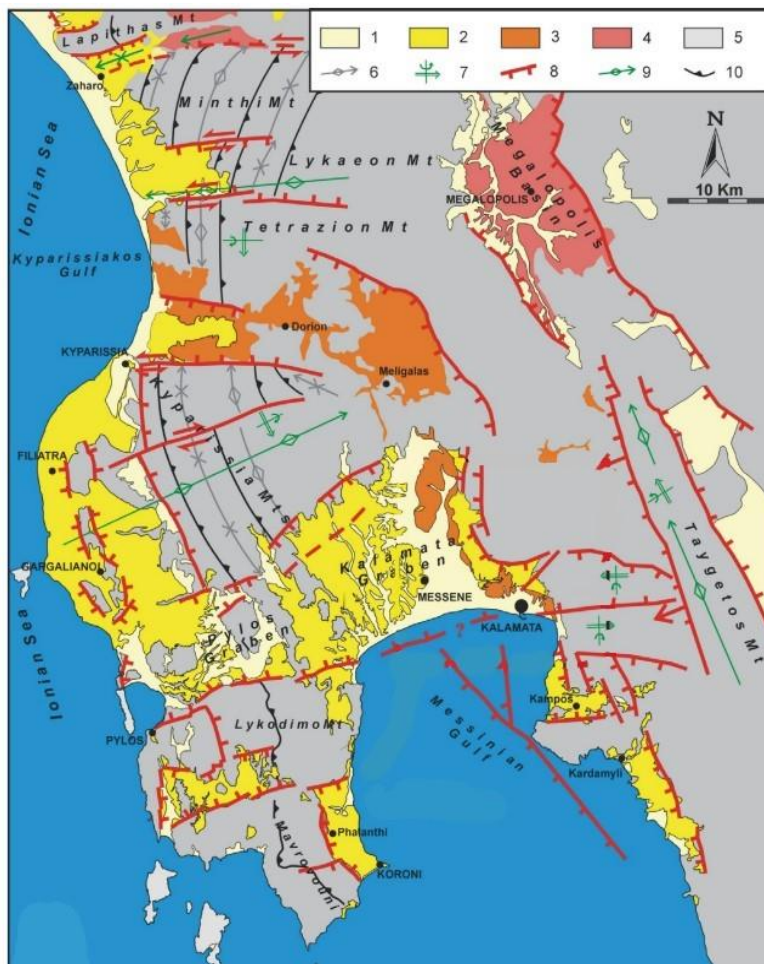
Η περιοχή μελέτης ως προς τους αλπικούς σχηματισμούς (Εικόνα 3.4) περιλαμβάνει ασβεστόλιθους του Ανωτέρου Κρητιδικού και του Παλαιοκαίνου, υπερκείμενοι των οποίων βρίσκεται φλύσχη, καθώς και φλύσχη με κροκαλοπαγή του Ολιγοκαίνου (ΕΑΓΜΕ). Οι ασβεστόλιθοι που παρατηρούνται χαρακτηρίζονται ως νηριτικοί παχυπλακώδεις έως άστρωτοι (Ladas I. and Mariolakos I, 2004). Ως προς τα μεταλλικά πετρώματα παρατηρούνται μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και καστανές άργιλοι του Νεογενούς – Πλειοκαίνου, πορώδης ασβεστόλιθοι και Τυρρήνιοι ασβεστιτικοί ψαμμίτες (Πετροχώρι) του Πλειστοκαίνου, καθώς και θίνες (ΒΔ της Πύλου) και προσχώσεις του Τεταρτογενούς (ΕΑΓΜΕ). Ουσιαστικά, οι μεταλλικοί σχηματισμοί διακρίνονται σε θαλάσσιες, λημναίες και ηπειρωτικές αποθέσεις (Athanassas & Fountoulis, 2013; Mariolakos et al., 2001; Ladas et al., 2004)

Λημναίες αποθέσεις εμφανίζονται στην λεκάνη της Μεγαλόπολης και στο δυτικό περιθώριο της λεκάνης της Κορώνης (σχηματισμός Φαλάνθης), θαλάσσιες αποθέσεις Τεταρτογενής ηλικίας διακρίνονται στην λεκάνη της Μεγαλόπολης και στις μεταλλικές λεκάνες της ΝΔ Πελοποννήσου εκτός από τις λεκάνες της Άνω Μεσσηνίας, στις οποίες εμφανίζονται ηπειρωτικές αποθέσεις. Ωστόσο, η περιοχή μελέτης έχει πληρωθεί μόνο από θαλάσσιες και ηπειρωτικές αποθέσεις. Αναλυτικότερα, οι θαλάσσιες αποθέσεις ηλικίας Ανώτερο Πλειόκαινο στις λεκάνες της Πύλου και του Πήγασσου (Mariolakos et al., 2001; Athanassas & Fountoulis, 2013; Frydas, 1990; Koutsouveli, 1987; Kontopoulos, 1984) αποτελούνται από αργιλούχες έως αμμούχες μάργες, ψαμμίτες, μαργαικούς ή τραβερτινοειδούς ασβεστόλιθους (Περιοχή της Μεθώνης και του Πλαιονέρου) και κροκαλοπαγή και έχουν αποθεθεί ασύμφωνα πάνω στο παλαιοανάγλυφο των αλπικών σχηματισμών. Οι χερσαίες αποθέσεις ηλικίας Μέσο – Ανώτερο Πλειστόκαινο, υπερκείμενοι είτε ασύμφωνα των αλπικών σχηματισμών είτε πάνω στις θαλάσσιες αποθέσεις, αποτελούνται από ερυθρές αργίλους, ερυθρούς ψαμμίτες και μονόμεικτα – πολύμεικτα κροκαλοπαγή. Ο σχηματισμός των κροκαλοπαγών δημιουργήθηκε από την αποσάθρωση των αλπικών σχηματισμών της Μεσσηνίας και των μεταμορφωμένων πετρωμάτων (σχιστόλιθοι, χαλαζίτες, μάρμαρα) του όρου Ταΰγετος (μόνο ΒΑ της Μεθώνης στην περιοχή Ευαγγελισμός) (Ladas et al., 2004; Mariolakos et al., 2001; Ladas et al., 2004).



Εικόνα 3.4: Γεωλογικός χάρτης της ΝΔ Μεσσηνίας που απεικονίζει την θέση των γεωτεκτονικών ενοτήτων στην περιοχή (1: αποθέσεις Ολοκαίνου, 2: Ηπειρωτικές αποθέσεις, 3: Λημναίες αποθέσεις, 4: Θαλάσσιες αποθέσεις, 5: Κροκαλοπαγή Μεσσηνίας (μόλασσα), 6: Ενότητα Πίνδου, 7: Ενότητα Γαβρόβου – Πύλου, 8: Ενότητα Άρνας ή Φυλλιτών – Χαλαζιτών, 9: Ενότητα Μάνης, 10: Επώθηση ή Εφίππευση, 11: Ριζηγενείς ζώνες, 12: Ριζηγενείς ζώνες Αποκόλλησης) (Fountoulis & Mavroulis, 2013; Fountoulis et al., 2014).

Η νεοτεκτονική δομή της ΝΔ Πελοποννήσου χαρακτηρίζεται από παρουσία τεκτονικών βυθισμάτων (graben) και τεκτονικών κεράτων (horst), που οριοθετούνται από ευρείες ρηξιγενείς ζώνες με διεύθυνση ΒΒΔ–ΝΝΑ και Α–Δ (Εικόνα 3.5) (Mariolakos & Spyridonos, 2017; (Ladas I. and Mariolakos I, 2004)). Ουσιαστικά, η παραμόρφωση που έχει υποστεί η ΝΔ Πελοπόννησος κατά την νεοτεκτονική περίοδο δεν είναι ριξηγενούς τύπου αλλά πλαστικοθραυστιγενούς, με την παρουσία μακροπυχών μεγάλης ακτίνας καμπυλότητας (Fountoulis et al., 2014; Ladas and Mariolakos, 2004; Μαριολάκος et al., 1998; Fountoulis & Mariolakos, 2008).



Εικόνα 3.5: Νεοτεκτονικός χάρτης της ΝΔ Πελοποννήσου (1: Ολοκαινικές αποθέσεις, 2: θαλάσσιες αποθέσεις Ανώτερου Πλειοκαίνου – Κατώτερου Πλειστοκαίνου, 3: Πλειο – Πλειστοκαινικές χερσαίες αποθέσεις, 4: Πλειο – Πλειστοκαινικές λημναίες αποθέσεις, 5: Αλπικό Υπόβαθρο, 6: Κυρίαρχη βύθιση των αλπικών αξόνων των πτυχών, 7: Άξονας περιστροφής, 8: Νεοτεκτονικές ρηξιγενείς ζώνες, 9: Νεοτεκτονικός άξονας πτυχών, 10: Επώθηση ή Εφίππευση) (Fountoulis & Mavroulis, 2013; Fountoulis & Mariolakos, 2008; Fountoulis et al., 2014)

Οι μεγαλύτερης τάξης νεοτεκτονικές δομές είναι το τεκτονικό κέρασ των ορέων της Πυλίας και το τεκτονικό βύθισμα Πύλου – Καλαμάτας (Εικόνα 3.6) (I. Fountoulis et al., 2014), οι οποίες διαχωρίζονται από μια μεγάλη ρηξιγενή ζώνη διεύθυνσης ΔΝΔ – ΑΒΑ και δημιουργεί έντονες μορφολογικές ασυνέχειες στο δυτικό τμήμα της Μεσσηνίας, καθώς οριοθετεί τους ασβεστόλιθους από τις μεταλλικές αποθέσεις και τον φλύσχη της γεωτεκτονικής ενότητας Γαβρόβου – Πύλου (Ladas I. and Mariolakos I., 2004). Ταυτόχρονα, στην ενότητα Γαβρόβου – Πύλου περιλαμβάνεται ένα σύστημα από επιμήκη κανονικά ρήγματα που τέμνουν το όριο των ασβεστόλιθων με τον φλύσχη (Παπανικολάου, 2014).



Εικόνα 3.6: Οι κύριες ρηξιγενείς ζώνες και οι μικρότερης τάξης δομές στην χερσόνησο της Πυλίας (1: κέρασ Αγίου Νικολάου, 2: βύθισμα Πύλου – Μεθώνης, 3: κέρασ Κυνηγού, 4: λεκάνη Πήδασσου, 5: μορφοτεκτονική δομή Λυκόδημου, 6: κέρασ Μαυροβουνίου, 7: βύθισμα Φαλάνθης) (Ladas et al., 2004).

Τόσο στο εξωτερικό όσο και στο εσωτερικών των δομών αναπτύσσονται μικρότερης τάξης τεκτονικά βυθίσματα και κέρατα με διεύθυνση είτε παράλληλη είτε εγκάρσια στις μεγαλύτερης τάξης δομές (Mariolakos et al., 2001), οι οποίες είναι το κέρασ του Αγίου Νικολάου (διεύθυνση Β–Ν), το βύθισμα Πύλου – Μεθώνης, το κέρασ του Κυνηγού, η λεκάνη του Πήδασσου και το κέρασ του Μαυροβουνίου (Ladas et al., 2004). Επιπλέον, το τεκτονικό κέρασ των ορέων της Πυλίας συνιστά μια περιοχή που το μεγαλύτερο τμήμα της παρέμεινε ως ξηρά κατά την διάρκεια του Κατώτερου Πλειστοκαίνου, όταν η ιζηματογένεση έλαβε την μεγαλύτερη έκτασή της (I. Fountoulis et al., 2014). Αντίθετα, το τεκτονικό βύθισμα Πύλου – Καλαμάτας κατά το Κατώτερο Πλειστοκαίνο ήταν σχεδόν βυθισμένο κάτω από την στάθμη της θάλασσας δημιουργώντας έναν παλαιοπορθμό ανάμεσα στις αναδυόμενες περιοχές των ορέων της Κυπαρισσίας στα Βόρεια και της Πυλίας στα Νότια (Ladas I. and Mariolakos I, 2004). Στα τέλη του Κατώτερου Πλειστοκαίνου, έλαβε τέλος το καθεστώς βύθισης και ξεκίνησε μια τεκτονική ανύψωση, η οποία οδήγησε στην σταδιακή ανύψωση της περιοχής και ταυτόχρονα στην απόσυρση της θάλασσας από μεγάλα τμήματα των τεκτονικών βυθισμάτων, ώστε σήμερα τα θαλάσσια ιζήματα του Πλειστοκαίνου να εμφανίζονται ανυψωμένα σε υψόμετρα έως 360m (Fountoulis et al., 2014; Ladas and Mariolakos, 2004).

3.1.3 Γεωμορφολογία

Η περιοχή της Μεσσηνίας θεωρείται ορεινή με εξαιρετικά έντονο ανάγλυφο, το οποίο στα Β και ΒΑ εμφανίζει μεγάλα υψόμετρα που ξεπερνούν κάποιες φορές τα 1.400 m. Η περιοχή ουσιαστικά αποτελείται από τις ΒΔ απολήξεις του ορεινού συγκροτήματος του όρους Ταΰγετος. Αντίθετα, στο Δ και ΝΔ τμήμα της Μεσσηνίας οι περιοχές παρουσιάζουν ήπιο ανάγλυφο, καθώς πρόκειται για μια σειρά λόφων μετρίου υψομέτρου που αποτελεί το ανατολικό περιθώριο της νεογενούς λεκάνης της Μεσσηνίας. Προς τα κεντρικά τμήματα της λεκάνης της Μεσσηνίας, το ανάγλυφο γίνεται επίπεδο (Μαριολάκος et al., 1987). Επιπλέον, η χερσονήσος της Πυλίας παρουσιάζει σχετικά μικρά υψόμετρα σε συνδυασμό με μια πολύπλοκη μορφολογική δομή με μικρά όρη, λοφοσειρές, πεδιάδες και οροπέδια (Ladas I. and Mariolakos I, 2004).

Οι ορεινοί όγκοι που παρατηρούνται στον Νομό Μεσσηνίας είναι (Εικόνα 3.7):

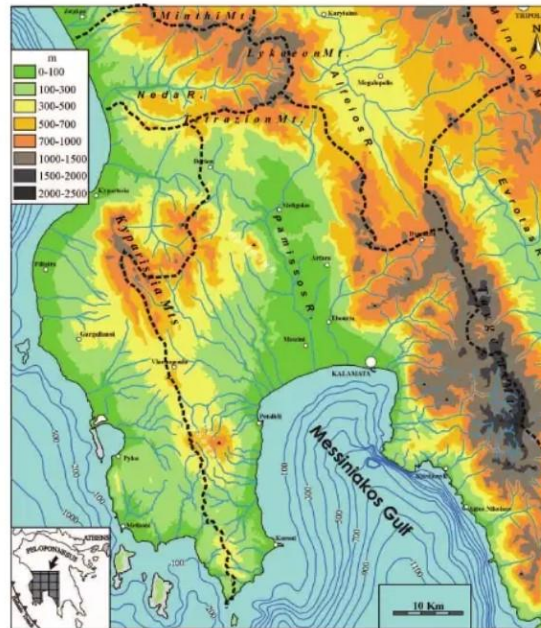
α) το όρος Ταΰγετος στα Α, οι οποίος αποτελεί το υψηλότερο βουνό που μοιράζεται μεταξύ των νομών Μεσσηνίας και Λακωνίας, έχει μέγιστο υψόμετρο τα 2.407 m στην κορυφή του Προφήτη Ηλεία (κορυφή Νεραϊδοβούνα – 2.025 m, κορυφή Ξεροβούνα – 1.852 m), ενώ έχει μήκος 115 Km, πλάτος 30 Km και έκταση 2.500 Km² (Κώτσιαρη & Καρύμπαλης, 2012),

β) τα όρη της Κυπαρισσίας από τον Βορρά προς τον Νότο στα Δ της Μεσσηνίας, στα οποία το υψηλότερο υψόμετρο παρατηρείται στο όρος Αιγάλεω στα 1.224 m,

γ) το όρος Λυκόδημο στα ΒΑ της χερσονήσου της Πυλίας, το οποίο εμφανίζεται στην προέκταση των ορέων της Κυπαρισσίας και η κορυφή του παρατηρείται στα 960 m,

δ) το όρος Μαυροβούνι στο ΝΑ τμήμα της Πυλίας, το οποίο έχει κορυφή τα 518 m και

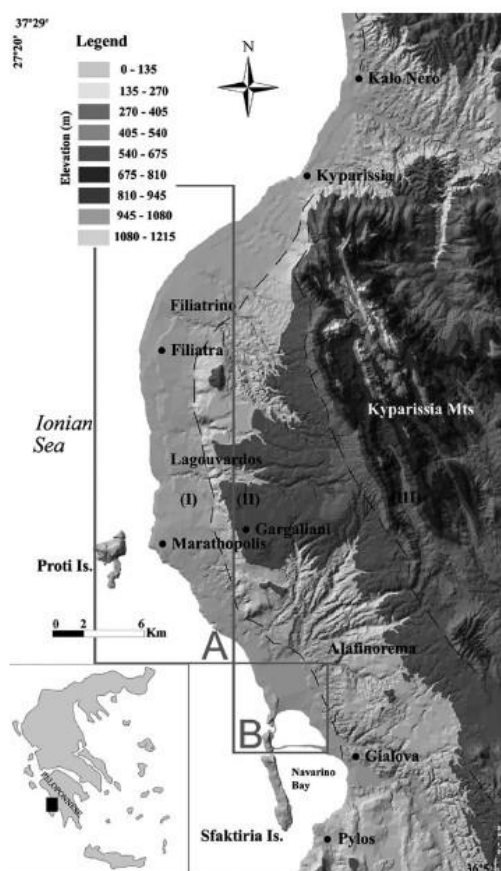
ε) το όρος Άγιος Νικόλαος μεταξύ της Πύλου και της Μεθώνης, το οποίο έχει κορυφή 484 m (Ladas I. and Mariolakos I, 2004).



Εικόνα 3.7: α) Γεωφυσικός χάρτης του Νομού Μεσσηνίας (I. Fountoulis et al., 2014), β) Γεωφυσικός και Τοπογραφικός χάρτης της χερσονήσου της Πυλίας (Ladas I. and Mariolakos I, 2004)

Ειδικότερα, η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο ΝΔ άκρο της Πελοποννήσου και περιλαμβάνει την μελέτη 9 παραλιών στις δυτικές ακτές του Νομού Μεσσηνίας. Στην δυτική Πελοπόννησο, η διαμόρφωση της ακτογραμμής και της τοπογραφίας έγινε από κάθετες κινήσεις του ανώτερου φλοιού πριν από 1,6 εκατομμύρια χρόνια (Mariolakos & Fountoulis, 1990; Mariolakos &

Fountoulis, et al., 1994; Mariolakos, et al., 1994). Τόσο οι τεκτονικές δομές όσο και η στάθμη της θάλασσας κατά την διάρκεια της παραπάνω περιόδου υπέστησαν ταλαντώσεις, με αποτέλεσμα η αλληλεπίδραση των τεκτονικά ανυψωμένων περιοχών και η αύξηση της θαλάσσιας στάθμης να οδηγήσουν στον σχηματισμό θαλάσσιων αναβαθμίδων. Οι υπερυψωμένες θαλάσσιες αναβαθμίδες καταλαμβάνουν εκτεταμένες περιοχές της δυτικής Μεσσηνίας στις παράκτιες περιοχές, οι οποίες ανυψώνονταν συνεχώς κατά την διάρκεια του Πλειστοκαίνου (Athanasas et al., 2013; Kelletat et al., 1976). Ειδικότερα, στο βόρειο τμήμα (περιοχή Α) παρατηρούνται 4 θαλάσσιες υπερυψωμένες αναβαθμίδες σε μια βραχώδη ακτογραμμή, χωρίς την ύπαρξη παράκτιων πεδιάδων και αμμωδών παραλιών. Οι παραπάνω θαλάσσιες υπερυψωμένες αναβαθμίδες κατανέμονται σε ύψη 30 m, 90 m και 160 m και >200m από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Στο νότιο τμήμα (περιοχή Β), η παράκτια πεδιάδα συνορεύει με τον κόλπο του Ναυαρίνου, με αποτέλεσμα η περιοχή να καταλαμβάνεται από προσχωσιγενείς πεδιάδες και αμμόλοφους, ενώ παρατηρούνται μη καλοσχηματισμένες αναβαθμίδες. Το ανάγλυφο στο νότιο τμήμα είναι πολύ χαμηλότερο σε σχέση με το βόρειο τμήμα (Εικόνα 3.8) (Athanasas et al., 2013).



Εικόνα 3.8: Χάρτης που απεικονίζει την γεωμορφολογία της δυτικής Μεσσηνίας. Στην περιοχή Α λαμβάνουν χώρα οι θαλάσσιες αναβαθμίδες, ενώ στην περιοχή Β λαμβάνουν χώρα οι προσχωσιγενείς πεδιάδες και οι αμμόλοφοι (Athanasas et al., 2013)

Επιπλέον, στο ΝΔ τμήμα της Πελοποννήσου βρίσκεται ο κόλπος του Ναυαρίνου σε συνδυασμό με την ρηχή παράκτια λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας, απέναντι από την Πύλο. Η περιοχή της Πυλίας στην ΝΔ Πελοπόννησο, θεωρείται τόσο τεκτονικά όσο και σεισμικά ως μια από τις πιο ενεργές περιοχές στην Ελλάδα λόγω της γειτνίασης με την Ελληνική Τάφρο, η οποία αντιπροσωπεύει μια σημαντική ζώνη καταβύθισης. Ο κόλπος του Ναυαρίνου έχει πλάτος 4 Km, μήκος 10 Km και βρίσκεται κατά μήκος του Ιονίου Πελάγους, ενώ το βάθος είναι μεγαλύτερο από 60 m στο νότιο άκρο και 40 m έως 1 Km νότια από τα βόρεια φράγματα άμμου (sand barriers) (Malaperdas & Panagopoulos, 2021). Τα φράγματα άμμου δημιουργήθηκαν λόγω των κυματικών διεργασιών του Ιονίου Πελάγους, τα οποία εισήλθαν στο κόλπο του Ναυαρίνου από τα ΝΔ, ενώ οι κυματικές διεργασίες του ποταμού Ξεριάς δημιούργησαν φράγματα άμμου βόρεια του κόλπου. Τα φράγματα άμμου έχουν το σχήμα αψίδας που ‘κοιτάζει’ προς τα βόρεια με πλάτος 4 Km και μήκος 3 Km μήκος, ενώ ένας χαμηλός αμμόλοφος δημιουργεί μια πλαγιά προς τα βόρεια κοντά στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας. Μεταξύ του κόλπου του Ναυαρίνου και του Ιονίου Πελάγους δημιουργείται ένα όριο από τρεις στενές ασβεστολιθικές αιχμηρές κορυφογραμμές Ηωκαινικής ηλικίας, με την νήσο Σφακτηρία να αποτελεί ένα φυσικό όριο βάθους μεγαλύτερο από 200 m, 2 Km Δ της θαλάσσιας ακτής, ενώ στο ανατολικό τμήμα της νήσου το βάθος είναι πιο απότομο. Το βόρειο τμήμα του κόλπου κατά την Τεταρτογενή περίοδο έχει ανυψωθεί πάνω από τα ιζήματα του Πλειοκαινού πάνω από τα 400 m (Malaperdas & Panagopoulos, 2021).

Οι λιμνοθάλασσες είναι περιβαλλοντικά ευαίσθητα μέρη που δημιουργούνται πίσω από αμμόδεις και χαλικώδεις φραγματικές ακτές, είτε στις περιοχές των παράκτιων αλλουβιακών πεδιάδων είτε στις εκβολές ποταμών. Οι λιμνοθάλασσες είναι ρηχά οικοσυστήματα, που βρίσκονται μεταξύ του παράκτιου και του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Η προσχωσιγενής πεδιάδα «Τυφλομούτης» σχηματίστηκε από την παρουσία μαργών και συσσωματωμάτων του Πλειοκαινού και μέσα στην παραπάνω πεδιάδα βρίσκεται η λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας. Αυτή η λιμνοθάλασσα, είναι μια τυπική μεσογειακή λιμνοθάλασσα με μέγιστο βάθος 1 m και τα ιζήματα της έχουν συγκέντρωση έως και 50% CaCO₃. Στα βόρεια, η λιμνοθάλασσα συνορεύει με μια χαμηλή ποτάμια εύφορη πεδιάδα, ενώ στα ανατολικά παρατηρείται η ύπαρξη βάλτου στο δέλτα του ποταμού της Γιάλοβας που αποστραγγίζεται σήμερα και χρησιμοποιείται για τη γεωργία. Ακόμα, στα δυτικά υπάρχει ένα κανάλι, που τα κύματα μεταφέρουν και αποθέτουν τα αμμώδη ιζήματα. Αυτή η διαδικασία οδήγησε στην ανάπτυξη της παραλίας της Βοϊδοκοιλιάς. Η λιμνοθάλασσα αποκλείστηκε από τη θάλασσα από το νότιο φράγμα, μια διαδικασία που μπορεί να συνέβη κατά τους κλασικούς χρόνους (Malaperdas & Panagopoulos, 2021; Emmanouilidis et al., 2009; Kraft et al., 1980).

Στην χερσόνησο της Πυλίας εμφανίζεται ένας υδροκρίτης διεύθυνσης Α – Δ που διαχωρίζει το υδρογραφικό δίκτυο της Πυλίας από το ακτινωτό υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής Φιλιατρών – Γαργαλιάνων στα ΒΔ και από το παράλληλο υδρογραφικό δίκτυο των ορεών της Κυπαρισσίας στα ΒΑ (Εικόνα 3.9). Ουσιαστικά, ο παραπάνω υδροκρίτης αναπτύσσεται μέσα στο τεκτονικό βύθισμα Πύλου – Καλαμάτας, αρχίζοντας από την παραλία της περιοχής Ρωμανός και καταλήγοντας στον Μεσσηνιακό κόλπο βόρεια του Πεταλιδίου. Ένας δεύτερος υδροκρίτης διεύθυνσης ΒΒΔ – ΝΝΑ εμφανίζεται στο κέντρο της χερσονήσου που διαχωρίζει το υδρογραφικό

δίκτυο της Πυλίας σε δύο τμήματα: α) στο ανατολικό τμήμα, όπου οι τελικοί κλάδοι εκχύνονται στον Μεσσηνιακό κόλπο και β) στο δυτικό τμήμα, όπου οι τελικοί κλάδοι εκβάλλουν στο Ιόνιο Πέλαγος και στην θάλασσα των Οινουσών (Ladas I. and Mariolakos I, 2004).



Εικόνα 3.9: Το υδρογραφικό δίκτυο της Χερσονήσου της Πυλίας (1: Ανατολικός τομέας, 2: ΝΔ τομέας, 3: ΒΔ τομέας) (Ladas I. and Mariolakos I, 2004)

Ο παραπάνω υδροκρίτης στο βόρειο τμήμα του ισαπέχει από το Ιόνιο Πέλαγος και από τον Μεσσηνιακό κόλπο, ενώ στο νότιο τμήμα η απόστασή του από το Ιόνιο Πέλαγος αυξάνεται δημιουργώντας μια ασυμμετρία στον διαχωρισμό της χερσονήσου σε δύο τομείς. Στον Δ τομέα εμφανίζεται ένας δευτερεύον υδροκρίτης διεύθυνσης Α – Δ και διαχωρίζει την ΒΔ περιοχή με την ΝΔ, όπου στην πρώτη οι ποταμοί εκβάλλουν στον κόλπο του Ναυαρίνου, ενώ στην δεύτερη οι τελικοί κλάδοι εκβάλλουν στις νότιες ακτές μεταξύ της Μεθώνης και του Ακρωτηρίου Ακρίτα (Εικόνα 3.4) (Ladas I. and Mariolakos I, 2004).

Ειδικότερα, στο ΝΔ τμήμα της χερσονήσου της Πυλίας οι κυριότεροι ποταμοί που εμφανίζονται είναι το Μιναγιώτικο ποτάμι και ο χειμάρρος της Μεθώνης, που δημιουργούν υδρογραφικά δίκτυα 5^{ης} τάξης, το ρέμα Σέλας και το ρέμα Λαγκούβαρδος. Το Μιναγιώτικο ποτάμι εκβάλλει στην Δ της Φοινικούντας, παρατηρείται μια επιμήκης λεκάνη διεύθυνσης Β – Ν παράλληλα προς την επώθηση της ενότητας της Πίνδου και παρουσιάζει μια κλιμακωτή διάταξη

με μεταβολή της μέσης διεύθυνσης από Β – Ν σε Α – Δ και πίσω σε Β – Ν. Το τμήμα με διεύθυνση Α – Δ συμπίπτει με το όριο της εμφάνισης των μεταλλικών αποθέσεων της λεκάνης του Πήδασσου. Ακόμα, ο χείμαρρος της Μεθώνης εκβάλλει στον κόλπο της Μεθώνης, είναι ορθογώνιου τύπου και αντικατοπτρίζει την επίδραση της ρηξιγενούς τεκτονικής. Χαρακτηριστικό ρέμα αποτελεί το ρέμα Δελημιχάλης που παρουσιάζει κλιμακωτή διάταξη, καθώς οι αρχικοί κλάδοι έχουν διεύθυνση Β – Ν που κάμπτεται σε Α – Δ, ενώ στην συνέχεια στρέφεται προς τα ΝΑ για να καμφθεί πάλι και να συναντήσει τον τελικό κλάδο, ο οποίος έχει διεύθυνση Α – Δ. Είναι αξιοπρόσεκτο ότι οι δύο διευθύνσεις Α – Δ εντοπίζονται στο βόρειο και νότιο όριο της εμφάνισης των μεταλλικών αποθέσεων της λεκάνης του Πήδασσου. Οι επιλεκτικές αυτές ιδιομορφίες περισσοτέρων δικτύων προσδιορίζουν έμμεσα την ύπαρξη ρηξιγενών ζωνών που διατρέχουν την Πυλιακή χερσόνησο σε διεύθυνση Α – Δ, κάτι που ενισχύεται και από την ασύμμετρη ανάπτυξη των υπολεκανών βόρεια του κύριου κλάδου απορροής του χείμαρρου της Μεθώνης.

Αντίθετα, στο ΒΔ τμήμα της Πυλιακής χερσονήσου, οι κυριότεροι ποταμοί που εμφανίζονται είναι ο Ξεριάς και ο Γιαννουζάγας, οι οποίοι εκβάλλουν στον όρμο του Ναυαρίνου και δημιουργούν υδρογραφικά δίκτυα 5^{ης} τάξης. Η διαμόρφωση των παραπάνω ποταμών προέρχεται από τις ριξηγενείς ζώνες που διαχωρίζουν τους ασβεστόλιθους της Πύλου της ενότητας Γαβρόβου – Πύλου από τον φλύσχη της ίδιας ενότητας και από τα παράλληλα προς αυτές διατεταγμένα ρήγματα. Το δίκτυο του ποταμού Ξεριά περιλαμβάνει κλάδους 3^{ης} και 4^{ης} τάξης με διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ ακολουθώντας σε μεγάλο μήκος την ανατολική περιθωριακή ριξηγενή ζώνη του οροπεδίου του Κυνηγού έως να συναντήσουν τον κεντρικό κλάδο. Ο κλάδος 5^{ης} τάξης παρουσιάζει κλιμακωτή διάταξη με αρχική διεύθυνση ΑΒΑ – ΔΝΔ, ενώ φτάνοντας στην παραπάνω ριξηγενή ζώνη εκτρέπεται σε διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ και κάμπτεται προς τα δυτικά, όταν προσεγγίζει την βόρεια περιθωριακή ρηξιγενή ζώνη του οροπεδίου του Κυνηγού. Οι δύο αυτές διευθύνσεις των ρηξιγενών ζωνών (ΒΔ-ΝΑ και ΝΔ-ΒΑ) εντοπίζονται και στους βορειότερους κλάδους του υδρογραφικού συστήματος του Ξεριά, μέχρι να συναντήσουν τον κεντρικό κλάδο προσδίδοντας στο δίκτυο μια ορθογώνια μορφή, με τους επιμέρους παραπόταμους να συμβάλουν σε ορθές γωνίες. Χαρακτηριστική είναι η ασύμμετρία που παρουσιάζει ο ποταμός Ξεριάς με μονόπλευρη ανάπτυξη υπολεκανών 3^{ης} και 4^{ης} τάξης ΒΑ του τελικού κλάδου, πάνω στο φλύσχη της ενότητας Γαβρόβου – Πύλου, ενώ ΝΔ πάνω στους ασβεστόλιθους παρατηρούνται λίγοι κλάδοι λόγω της έντονης τόσο επιφανειακής όσο και σε βάθος καρστικοποίησής τους.

Επιπλέον, το δίκτυο του Γιαννουζάγα είναι συνδυασμός δενδριτικού – ορθογώνιου τύπου, καθώς ενδιάμεσα της λεκάνης παρατηρείται μια επιλεκτική παραλληλία επιμήκων κλάδων που πηγάζουν από τις παρυφές του όρους Μαγκλαβάς διεύθυνσης ΒΑ – ΝΔ και συμβάλλουν σε ορθές γωνίες με τον κεντρικό κλάδο. Η γεωμετρία αυτών των ρευμάτων που πηγάζουν από τη γειτονική περιοχή σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, δίνουν στο όρος Μαγκλαβάς την εικόνα ενός πυρήνα ακτινωτής διάταξης γύρω από τον οποίο δημιουργούνται αποκλίνοντα δίκτυα. Η υδρολογική λεκάνη του Γιαννουζάγα είναι ασύμμετρη με μονόπλευρη ανάπτυξη παραπόταμων βόρεια του κεντρικού κλάδου, ενώ στο νότιο τμήμα εμφανίζονται μόνον ελάχιστοι κλάδοι 1^{ης} τάξης. Η επίδραση της τεκτονικής στη διαμόρφωση του συγκεκριμένου δικτύου γίνεται από την απότομη αλλαγή στη

ροή των κλάδων, όταν φτάνουν στο νότιο περιθώριο του βυθίσματος Πύλου – Καλαμάτας. Η αρχική τους διεύθυνση ήταν ΒΔ – ΝΑ, κάμπτονται κατά 90° και απορρέουν προς τα ΝΔ μέχρι να συναντήσουν τον κεντρικό ποταμό. Ο τελικός κλάδος, ο οποίος εμφανίζει μια μέση ΔΒΔ – ΑΝΑ διεύθυνση κάμπτεται προς τα ΝΔ λίγο πριν τις εκβολές του στον κόλπο του Ναυαρίνου και η αλλαγή αυτή πιθανώς έλαβε χώρα σε πολύ πρόσφατη εποχή, μετά τη δημιουργία της λιμνοθάλασσας της Γιάλοβας (Ladas I. and Mariolakos I, 2004)

3.2 Κλιματολογικά – Μετεωρολογικά χαρακτηριστικά

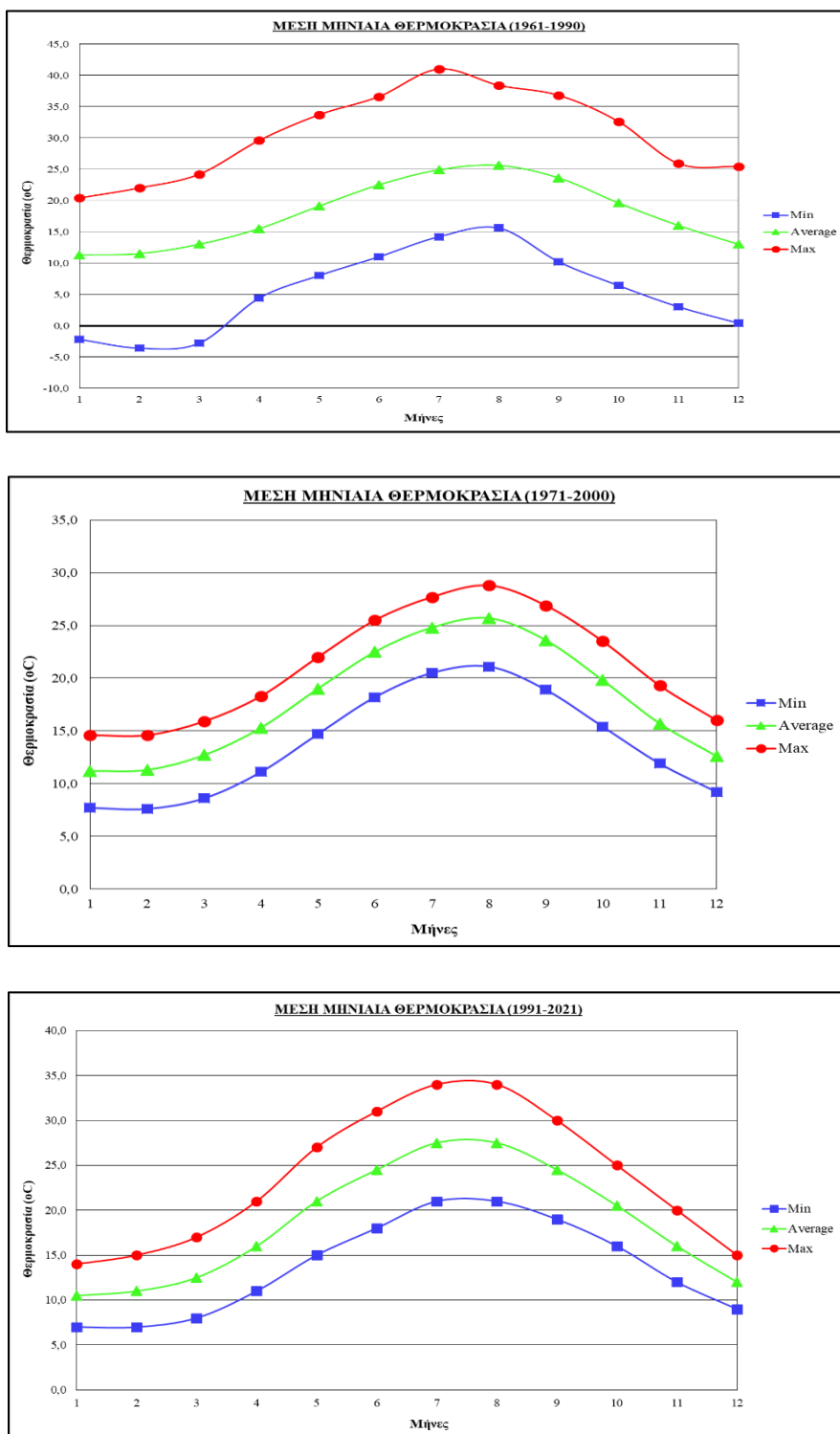
Οι περιοχές του Νομού Μεσσηνίας παρουσιάζουν ιδιόμορφες καιρικές και κλιματολογικές συνθήκες και χαρακτηρίζονται από ήπιο και εύκρατο κλίμα. Γενικά, το κλίμα της Μεσσηνίας είναι μεσογειακό, ο χειμώνας είναι ήπιος και τα καλοκαίρια είναι ζεστά και ξηρά. Σύμφωνα με την ΕΜΥ, η ψυχρή και βροχερή περίοδος διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου μέχρι το τέλος του Μαρτίου, ενώ η θερμή και άνομβρη περίοδος διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Οι μήνες Μάιος, Ιούνιος και Ιούλιος θεωρούνται πολύ ξηροί, ενώ ο Δεκέμβριος θεωρείται ο πιο υγρός μήνας, λόγω των υψηλών βροχοπτώσεων.

Τα κλιματικά δεδομένα όσον αφορά την περιοχή μελέτης συλλέχθηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό της Μεθώνης που υπάγεται στην ΕΜΥ (Κλιματικός Άτλαντας της Ελλάδας – δεδομένα κατά την χρονική περίοδο 1971 - 2000) με γεωγραφικές συντεταγμένες $\lambda = 36 - 50\text{N}$ και $\varphi = 21 - 42\text{E}$ (ΕΜΥ), ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 53.00 m από την στάθμη της θάλασσας, λειτούργησε για 57 έτη από το 1956 έως το 2013 ως κύριος συνοπτικός (σήμερα είναι κλειστός), ενώ από την χρονική περίοδο 2013 έως σήμερα λειτουργεί αυτόματα. Ταυτόχρονα, δεδομένα συλλέχθηκαν και από τον ηλεκτρονικό Κλιματικό Άτλαντα πλατφόρμας πρόγνωσης του καιρού (K24.net) κατά την χρονική περίοδο 1961 – 1990. Ωστόσο, λόγω μη ύπαρξης δεδομένων για το χρονικό διάστημα 1992 – 2021, πηγή δεδομένων για την συγκεκριμένα έτη αποτελεί η ERA5, η πέμπτη γενιά ατμοσφαιρικών αναλύσεων του ECMWF για το παγκόσμιο κλίμα (European Centre for Medium range Weather Forecasts), μέλος του οποίου είναι η Ελλάδα, με χωρική ανάλυση 30 Km.

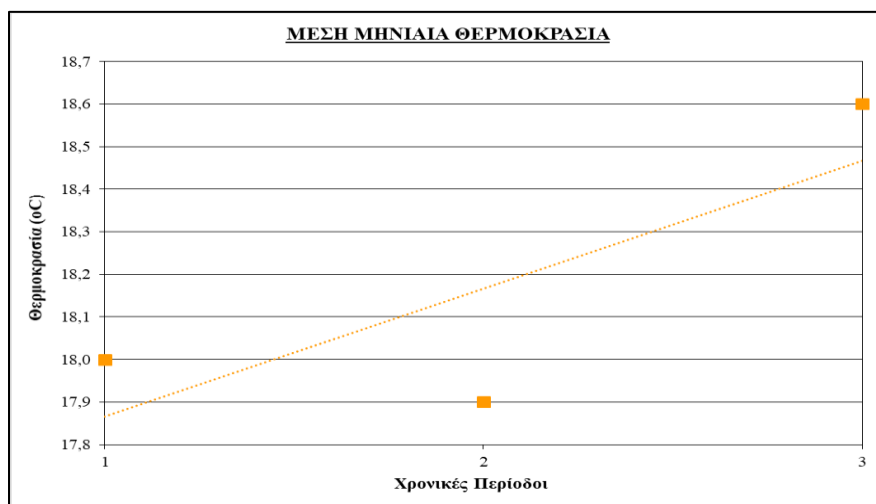
3.2.1 Θερμοκρασία

Σύμφωνα με τις Εικόνες 3.10α, κατά τις χρονικές περιόδους 1961 – 1990 και 1972 – 2000, η μέση μηνιαία θερμοκρασία κυμαινόταν στους 18,0 °C και 17,9 °C αντίστοιχα, με την μέγιστη θερμοκρασία να παρατηρείται τον μήνα Αύγουστο (25,6 °C και 25,7 °C) και την ελάχιστη θερμοκρασία να παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο (11,3 °C και 11,2 °C). Αντίθετα, κατά την χρονική περίοδο 1991- 2021 η μέση μηνιαία θερμοκρασία κυμαινόταν στους 18,6 °C, με την μέγιστη θερμοκρασία να παρατηρείται τον μήνα Ιούλιο και Αύγουστο (27,5 °C) και την ελάχιστη θερμοκρασία να παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο (10,5 °C). Βάσει των παραπάνω, παρατηρείται

μια ελάχιστη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας με την πάροδο του χρόνου, κάτι το οποίο παρουσιάζεται ακριβέστερα στην Εικόνα 3.10β.



Εικόνα 3.10α: Κατανομή μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας κατά τις χρονικές περιόδους 1961 – 1990 (Κ24.net), 1971 – 2000 (ΕΜΥ) και 1991 – 2021 (meteo-blue)

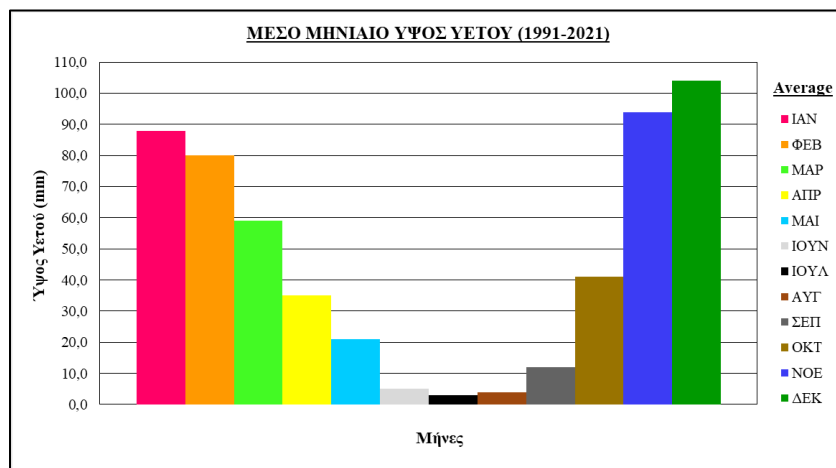
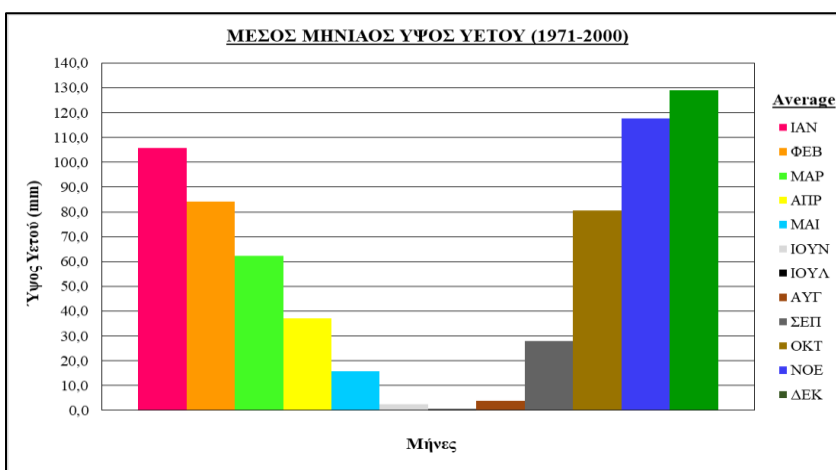
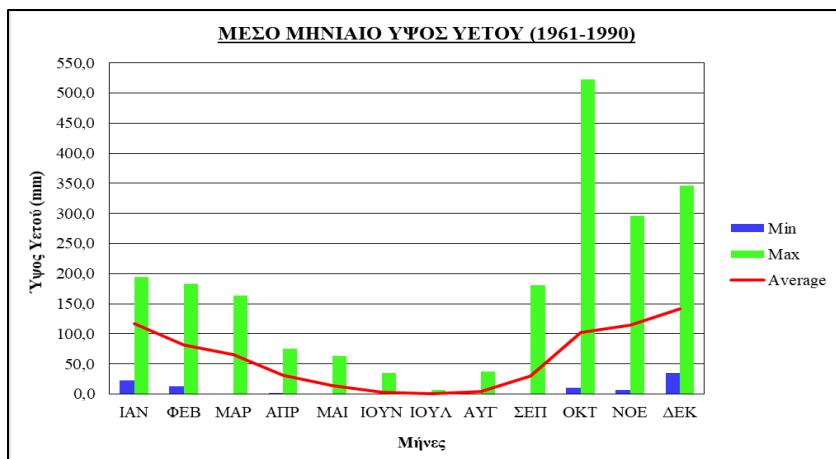


Εικόνα 3.10β: Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τις χρονικές περιόδους 1: 1961 – 1990 (K24.net), 2: 1971 – 2000 (EMY) και 3: 1991 – 2021 (meteo-blue)

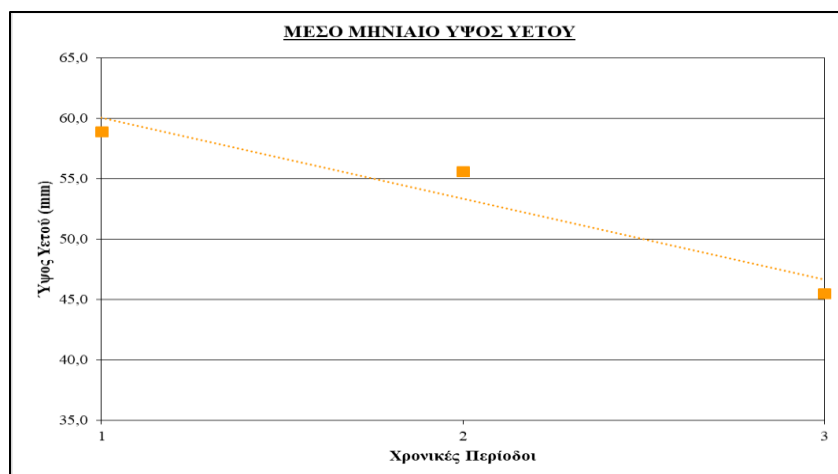
3.2.2 Υετός – Βροχόπτωση

Σύμφωνα με τις Εικόνες 3.11α, κατά την χρονική περίοδο 1961 – 1990 και 1971 – 2000, το μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης κυμαίνεται στα 58,9 mm και 55,6 mm αντίστοιχα, με τις υψηλότερες τιμές βροχόπτωσης να παρατηρούνται τους μήνες Οκτώβριο έως Φεβρουάριο (102,1 mm – 82,0 mm και 80,5 mm – 84,1 mm), με το μέγιστο μηνιαίο ύψος υετού να εμφανίζεται τον Δεκέμβριο (141,7 mm – 128,9 mm) (ξηρή περίοδος). Αντίθετα, κατά την θερμή περίοδο από τον μήνα Απρίλιο (31,8 mm – 37,2 mm) έως τον μήνα Σεπτέμβριο (30,3 mm – 27,9 mm) παρατηρείται μείωση του υετού, με τον μήνα Ιούλιο να εμφανίζει την χαμηλότερη τιμή βροχόπτωσης και στις δύο χρονικές περιόδους (0,4 mm – 0,6 mm).

Επιπλέον, κατά την χρονική περίοδο 1991 – 2021 στην ξηρή περίοδο, το μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης κυμαίνεται στα 45,5 mm, με τις υψηλότερες τιμές βροχόπτωσης να παρατηρούνται τους μήνες Νοέμβριο έως Φεβρουάριο (94,0 mm – 80,0 mm), με το μέγιστο μηνιαίο ύψος υετού να εμφανίζεται τον Δεκέμβριο (104,0 mm). Αντίθετα, κατά την θερμή περίοδο από τον μήνα Απρίλιο (35,0 mm) έως τον μήνα Σεπτέμβριο (12,0 mm) παρατηρείται μείωση του υετού, με τον μήνα Ιούλιο να εμφανίζει την χαμηλότερη τιμή βροχόπτωσης (3,0 mm). Συνεπώς, βάσει των παραπάνω δεδομένων και της Εικόνας 3.11β, παρατηρείται με την πάροδο του χρόνου σταδιακή μείωση της βροχόπτωσης.



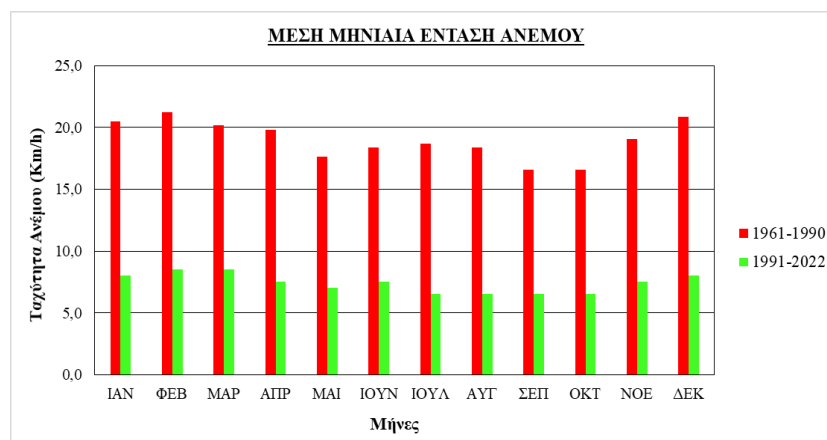
Εικόνα 3.11α: Κατανομή μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας κατά τις χρονικές περιόδους 1961 – 1990 (Κ24.net), 1971 – 2000 (ΕΜΥ) και 1991 – 2021 (meteo-blue)



Εικόνα 3.11β: Μέσο ετήσιο ύψος υετού κατά τις χρονικές περιόδους 1: 1961 – 1990 (K24.net), 2: 1971 – 2000 (EMY) και 3: 1991 – 2021 (meteo-blue)

3.2.3 Άνεμος

Σύμφωνα με την Εικόνα 3.12, τόσο κατά την χρονική περίοδο 1961 – 1990 όσο και την χρονική περίοδο 1991 – 2021 της ξηρής περιόδου, οι υψηλότερες τιμές έντασης του ανέμου παρατηρούνται τους μήνες Δεκέμβριο έως Μάρτιο (20,9 Km/h – 20,2 Km/h και 8,0 Km/h – 8,5 Km/h), με τον μήνα Φεβρουάριο να εμφανίζει την υψηλότερη ένταση ανέμου (21,2 Km/h – 8,5 Km/h). Αντίθετα, κατά την θερμή περίοδο παρατηρείται μείωση της έντασης του ανέμου, με την χαμηλότερη τιμή να εμφανίζεται τον μήνα Σεπτέμβριο (16,6 Km/h – 6,5 Km/h). Συνεπώς, οι άνεμοι που έπνεαν κατά το διάστημα 1961 – 1990 χαρακτηρίζοντας ασθενής έως σχεδόν μέτριοι, ενώ με την πάροδο του χρόνου στο διάστημα 1991 – 2021 οι άνεμοι χαρακτηρίζονται πολύ ασθενής (EMY – Κλίμακα Beaufort).



Εικόνα 3.12: Μέση μηνιαία ένταση ανέμου κατά τις χρονικές περιόδους 1: 1961 – 1990 (K24.net) και 1992 – 2022 (meteo-blue)

4 Μεθοδολογία στην Ύπαιθρο

4.1 Συλλογή δεδομένων για την τοπογραφική αποτύπωση των χερσαίων τμημάτων

Για την συλλογή δεδομένων όσον αφορά την τοπογραφική αποτύπωση της μορφολογίας του χερσαίου τμήματος της εκάστοτε παραλίας έγινε χρήση του αποστασιόμετρου τύπου Leica (Laser Distance Meter) (Εικόνα 4.1) και του δορυφορικού συστήματος Topcon (GPS) (Εικόνα 4.1). Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν 9 τομές, μια τομή για κάθε παραλία τοποθετώντας το πρώτο άτομο το αποστασιόμετρο, το οποίο βρίσκεται στερεωμένο πάνω σε τρίποδο σε κάποιο σημείο αναφοράς στο ανώτερο τμήμα της επι-παραλίας ζώνης όπως, η βάση και το ανώτερο σημείο της θίνας και το δέντρο. Στο συγκεκριμένο σημείο μετρήθηκαν το γεωγραφικό μήκος ϕ και το γεωγραφικό πλάτος λ . Συγχρόνως, το δεύτερο άτομο κρατούσε την πινακίδα στόχευσης (Εικόνα 4.1) και προχωρώντας σε κάθετη διεύθυνση σε σχέση με την ακτογραμμή, καταγράφονταν οι μετρήσεις από το πρώτο άτομο στο αποστασιόμετρο των επιλεγμένων σημείων έως το μέτωπο της παραλίας. Τέλος, μετά την επεξεργασία των μετρήσεων, υπολογίστηκαν οι τιμές του μορφολογικού αναγλύφου (μήκος και ύψος) και το συνολικό μήκος της εκάστοτε παραλίας (μήκος και ύψος), με αποτέλεσμα την δημιουργία της τοπογραφικής τομής του χερσαίου τμήματος.



Εικόνα 4.1: α) Αποστασιόμετρο τύπου Leica (Laser Distance Meter) (<https://www.geoshop.gr/product/leica-set-disto-s910/>), β) Συσκευή GPS (<https://topconcare.com/en/hardware/gnss-receivers/grs-11/>), γ) Πινακίδα Στόχευσης (συλλογή συγγραφέα)

Για την συλλογή δεδομένων όσον αφορά την τοπογραφική αποτύπωση της μορφολογίας του υποθαλάσσιου τμήματος της εκάστοτε παραλίας έγινε χρήση του φορητού βυθομέτρου χειρός τύπου HONDEX PS-7 (Εικόνα 4.2) και της βαθμονομημένης ανά 10m μετροταινίας 250m δεμένη σε εκτυλίστρια (Εικόνα 4.2). Το συγκεκριμένο βυθόμετρο χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση ρηχών βαθών έως 6m. Αρχικά, το πρώτο άτομο, εξοπλισμένο με μάσκα, αναπνευστήρα,

βυθόμετρο και πίνακα, εισερχόταν στην θάλασσα και κολυμπούσε σε κάθετη διεύθυνση σε σχέση με την ακτογραμμή. Βάσει της βαθμονομημένης μετροταινίας, η οποία ήταν τοποθετημένη στην ακτογραμμή και σε συγκεκριμένες αποστάσεις από την ακτογραμμή (2m, 4m, 5m, 10m, 50m, 100m, 150m, 180m, 200m) πραγματοποιούνταν μετρήσεις των αντίστοιχων βαθών, τα οποία καταγράφονταν στον πίνακα. Ταυτόχρονα, το δεύτερο άτομο βρισκόταν στην ακτογραμμή, εκτυλίσσοντας την βαθμονομημένη μετροταινία. Κατά την επεξεργασία των μετρήσεων δημιουργήθηκε η τοπογραφική τομή του υποθαλάσσιου τμήματος, ενώ έπειτα κατασκευάστηκαν οι συνολικές τομές της μορφολογίας των παραλιών στην χέρσο και υποθαλάσσια. Τόσο οι μετρήσεις και η συλλογή δεδομένων για το χερσαίο όσο και για το υποθαλάσσιο τμήμα των 9 παραλιών, διεξήχθησαν σε 3 μέρες.



Εικόνα 4.2: (α) Βυθόμετρο χειρός τύπου HONDEX PS-7 <http://emporiomare.gr/product/%CE%B2%CF%85%CE%B8%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF-%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CF%8C%CF%82-echotest-ii/>

β) Βαθμονομημένη μετροταινία σε εκτυλίστρια (συλλογή συγγραφέα)

Η συλλογή των δειγμάτων των χερσαίων και των υποθαλάσσιων ιζημάτων διεξήχθη κατά την διάρκεια των 3 ημερών, στις οποίες έγινε και καταγραφή των μετρήσεων για την κατασκευή των τοπογραφικών τομών. Για κάθε παραλία έγινε δειγματοληψία περίπου 2 δειγμάτων της χέρσου και 4 δειγμάτων του θαλάσσιου πυθμένα, καθώς και 1 δείγματος της ακτογραμμής. Η επιλογή των θέσεων δειγματοληψίας έγινε βάσει της μεταβολής της μορφολογίας της χέρσου και του υποθαλάσσιου πυθμένα και της διαφορετικής σύστασης των ιζημάτων. Ειδικότερα, η συλλογή των θαλάσσιων ιζημάτων έγινε σε επιλεγμένες αποστάσεις μετρούμενες από την ακτογραμμή (5m, 10m, 100m, 160m, 180m, 200m), ομοίως και για τα χερσαία δείγματα. Για το χερσαίο τμήμα των εκάστοτε παραλιών συλλέχθηκαν 10 δείγματα, για το υποθαλάσσιο τμήμα των παραλιών συλλέχθηκαν 26 δείγματα, ενώ για τις ακτογραμμές συλλέχθηκαν 9 δείγματα. Συνολικά, έγινε δειγματοληψία 46 θαλάσσιων και χερσαίων ιζημάτων, τα οποία τοποθετήθηκαν σε αριθμημένες ειδικές σακούλες και εμφανίζονται στις εκάστοτε μορφολογικές τομές.

Επιπλέον, η κατασκευή των τοπογραφικών τομών (χερσαίου και θαλάσσιου τμήματος) με αποτύπωση των θέσεων δειγματοληψίας των ιζημάτων έγινε με χρήση του προγράμματος Surfer 12 Version 12.6.963 (Golden Software, LLC).

4.2 Επεξεργασία δεδομένων υπαίθρου

4.2.1 Κοκκομετρική ανάλυση

Η ανάλυση των ιζημάτων που συλλέχθηκαν στην ύπαιθρο έγινε στο εργαστήριο ιζηματολογίας του τομέα Φυσικής Γεωγραφίας και Κλιματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του ΕΚΠΑ. Αρχικά, ένα μέρος του κάθε δείγματος τοποθετήθηκε σε ποτήρι ζέσεως, το οποίο εκπλύθηκε με γλυκό νερό αναδεύοντας το με γυάλινη ράβδο (Εικόνα 4.3α). Σκοπός της έκπλυσης των δειγμάτων είναι η απομάκρυνση των αλάτων και άλλων οργανισμών από τα ιζήματα. Η συγκεκριμένη διαδικασία διήρκεσε 1 ημέρα, ώστε να γίνει καθίζηση του ιζήματος. Όταν το νερό έγινε διαυγές, απομακρύνθηκε προσεκτικά από το δοκιμαστικό ποτήρι, στο οποίο έπειτα έγινε προσθήκη απιονισμένου νερού και τα δείγματα παρέμειναν στάσιμα για 1 ημέρα. Μετά την καθίζηση των ιζημάτων, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδικό φούρνο με θερμοκρασία 60°C, με στόχο την πλήρη εξάτμιση του νερού από το ποτήρι ζέσεως και την ξήρανση των ιζημάτων (Εικόνα 4.3β). Στην συνέχεια, τα ξηρά δείγματα των εκάστοτε δοκιμαστικών δοχείων ζυγίστηκαν σε ειδική βαθμονομημένη ζυγαριά ακριβείας (Εικόνα 4.4α) και χωρίστηκαν ισομερώς στον διαχωριστή δείγματος (Εικόνα 4.4β). Το πρώτο μισό ξηρό δείγμα τοποθετήθηκε στην ζυγαριά ακριβείας και έπειτα στην συσκευή των κοσκίνων, ώστε να είναι γνώσιμο το βάρος που θα κοσκινιστεί και το δεύτερο μισό ξηρό δείγμα τοποθετήθηκε σε αριθμημένη σακούλα, ώστε να παραμείνει χωρίς επεξεργασία.



Εικόνα 4.3: (α) Δοκιμαστικά δοχεία κατά την διάρκεια της έκπλυσης των ιζημάτων με γλυκό νερό (συλλογή συγγραφέα) και β) Φούρνος ξήρανσης των δειγμάτων σε θερμοκρασία 60°C (συλλογή συγγραφέα)

Για την διαδικασία του κοσκίνισματος των ξηρών ιζημάτων χρησιμοποιήθηκε μια σειρά από ειδικά κόσκινα κατανομημένα σε κάθετη διάταξη διαμέτρων 16.00mm, 8.00mm, 4.00mm, 2.00mm, 1.00mm, 500μm, 250μm, 125μm, 63μm και > 63μm. Ουσιαστικά, τα κόσκινα είναι τοποθετημένα κατακόρυφα πάνω σε ειδικό ταγί, το οποίο συλλέγει την ποσότητα του ιζήματος με μέγεθος κόκκων > 63μm, με το κόσκινο της μεγαλύτερης διαμέτρου να βρίσκεται στην κορυφή (διάμετρος 16.00mm) και το κόσκινο της μικρότερης διαμέτρου να βρίσκεται στην βάση (63μm). Μετά την τοποθέτηση του ζυγισμένου ξηρού δείγματος μέσα στα κόσκινα, έγινε εγκατάστασή τους σε ειδική συσκευή δόνησης τύπου CISA RP.08 για 20 λεπτά (Εικόνα 4.4). Στην συνέχεια, η διάταξη των κοσκίνων απομακρύνθηκε από την συσκευή δόνησης και τοποθετήθηκε πάνω στον εργαστηριακό πάγκο. Το πρώτο κόσκινο απομακρύνθηκε από το σύνολο των κοσκίνων και χρησιμοποιώντας ένα πινέλο, η ποσότητα που παρέμεινε σε αυτό μεταφέρθηκε σε δοκιμαστικό ποτήρι ζέσεως και ζυγίστηκε στη βαθμονομημένη ζυγαριά ακριβείας. Ομοίως, διεξάχθηκε η ίδια διαδικασία και για τα υπόλοιπα κόσκινα.



Εικόνα 4.4: Κάθετη διάταξη των κοσκίνων στην συσκευή δόνησης (σλλογή συγγραφέα)

Επεξεργασία δεδομένων

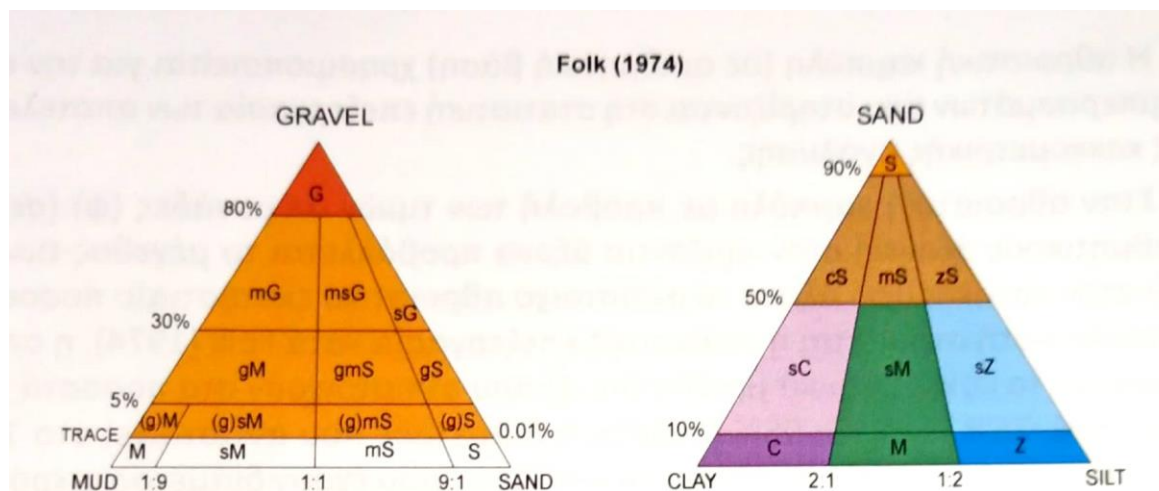
Η κοκκομετρική διαβάθμιση κατά Wentworth (Εικόνα 4.8), η οποία διαχωρίζει τα μεγέθη των κόκκων σε 4 κατηγορίες → χαλίκι (μέγεθος κόκκων $x > 2\text{mm}$), άμμος (μέγεθος κόκκων $2\text{mm} < x < 63,5\mu\text{m}$), ιλύς (μέγεθος κόκκων $63,5\mu\text{m} < x < 4\mu\text{m}$) και άργιλος (μέγεθος κόκκων $x < 4\mu\text{m}$)

Κοκκομετρικό μέγεθος		Κατάταξη κατά Wentworth	
(mm)	(φ)		
> 256.0	< (-8)	Κροκάλες (boulder)	Χαλίκες (gravel)
64.0 – 256.0	(-6) - (-8)	Βότσαλα (cobble)	
4.0 – 64.0	(-2) - (6)	Ψηφίδες (pebble)	
2.0 – 4.0	(-1) - (-2)	Κοκκοί (granule)	
2.0 – 1.0	(0) - (-1)	Πολύ χονδρόκοκκη άμμος (very coarse sand)	Άμμος (sand)
1.0 - 0.5	(0) - (+1)	Χονδρόκοκκη Άμμος (coarse sand)	
0.5 - 0.25	(+1) – (+2)	Μεσόκοκκη Άμμος (medium sand)	
0.25 – 0.125	(+2) – (+3)	Λεπτόκοκκη Άμμος (fine sand)	
0.125 - 0.0625	(+3) – (+4)	Πολύ λεπτόκοκκη Άμμος (very fine sand)	
0.0625 - 0.0312	(+4) – (+5)	Χονδρόκοκκη Ιλύς (coarse silt)	Πηλός (mud)
0.0312 - 0.0156	(+5) – (+6)	Μεσόκοκκη Ιλύς (medium silt)	
0.0156 - 0.0078	(+6) – (+7)	Λεπτόκοκκη Ιλύς (fine silt)	
0.0078 - 0.0039	(+7) – (+8)	Πολύ λεπτόκοκκη Ιλύς (very fine silt)	
0.0039 - 0.0020	(+8) – (+9)	Άργιλος (clay)	
0.0020 - 0.0010	(+9) – (+10)		
<0.0010	>(+10)		(*)

(*): κολλοειδή (colloids)

Εικόνα 4.5: Κοκκομετρική διαβάθμιση των ιζημάτων κατά Wentworth (από (Πούλος & Καρδισά, 2020a))

Η ταξινόμηση των ιζημάτων κατά Folk (Εικόνα 4.6), η οποία βάσει των τριγωνικών διαγραμμάτων αποτυπώνει λεπτομερέστερα τα χονδρόκοκκα και τα λεπτόκοκκα ιζήματα



Εικόνα 4.6: Ταξινόμηση των ιζημάτων κατά Folk, όπου G: Gravel, S: Sand, M: Mud, S: Silt και C: Clay, m: muddy, g: gravelly, sg: slightly gravelly, s: sandy, z: silty, c: clayey (Πούλος & Καρδισιά, 2020a)

Κοκκομετρική στατιστική ανάλυση

Η ποσότητα του ιζήματος του εκάστοτε κόσκινου ζυγίστηκε και καταγράφηκε σε πίνακες στο πρόγραμμα excel, ενώ κάνοντας χρήση του προγράμματος GRADISTATv8 Version 8.0 (S.Blott November 2010) υπολογίστηκε για κάθε δείγμα (Πούλος & Καρδισιά, 2020a):

(α) η Επικρατέστερη Τιμή (Mode, M_o), η οποία αποτελεί το πιο άφθονο κοκκομετρικό μέγεθος, καθώς υπολογίζεται ως η τιμή της διαμέτρου που αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης των κόκκων

(β) η Διάμεσος (Median, M_d ή D_{50}), η οποία αντιστοιχεί στην αθροιστική συχνότητα του 50% της κατανομής του δείγματος και υποδηλώνει ότι οι μισοί κόκκοι του δείγματος έχουν μεγαλύτερη και οι υπόλοιποι κόκκοι έχουν μικρότερη διάμετρο:

$$M_d \text{ ή } D_{50} = \varphi_{50}$$

(γ) η Γραφική Μέση Τιμή (Graphic Mean, M_z), η οποία είναι αντιπροσωπευτική όσον αφορά την κατανομή των κοκκομετρικών διαμέτρων και την δύναμη που προκαλεί την μεταφορά του ιζήματος, ενώ υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση:

$$M_z = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{50} + \varphi_{84}}{3}$$

(δ) η Ταξινόμηση ή Ταξιθέτηση ή Διαβάθμιση (Sorting ή Standard Diviation, σ_I), η οποία εκφράζει τον βαθμό διαβάθμισης των κοκκομετρικών μεγεθών του ιζήματος, δηλαδή την ομοιογένεια ή την ανομοιογένεια των ιζημάτων, ενώ υπολογίζεται από την σχέση:

$$\sigma_I = \frac{\varphi_{84} - \varphi_{16}}{4} + \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{6.6}$$

Πίνακας 4.1: Κοκκομετρικός χαρακτηρισμός για την διαβάθμιση ή ταξινόμηση ή ταξιθέτηση των ιζημάτων σε μονάδες φ (Folk, 1974)

Στατιστική Παράμετρος	Εύρος Τιμών (φ)	Χαρακτηρισμός
Ταξινόμηση ή Ταξιθέτηση ή Διαβάθμιση	<0.35	Πολύ καλή ταξιθέτηση
	0.35-0.5	Καλή ταξιθέτηση
	0.5-0.71	Μέτρια καλή ταξοθέτηση
	0.71-1.0	Μέτρια ταξιθέτηση
	1.0-2.0	Κακή ταξιθέτηση
	2.0-4.0	Πολύ κακή ταξιθέτηση
	>4.0	Εξαιρετικά κακή ταξιθέτηση

(ε) η Γραφική Λοξότητα (Graphic Skewness, Sk_I), η οποία χαρακτηρίζει την μη κανονικότητα της κατανομής των κλασμάτων της κοκκομετρικής ανάλυσης και εκφράζει τον βαθμό ασυμμετρίας της αθροιστικής καμπύλης του δείγματος. Οι τιμές της λοξότητας κυμαίνονται από -1 έως $+1$ και υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$Sk_I = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{84} + 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{84} - \varphi_{16})} + \frac{\varphi_5 + \varphi_{95} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{95} - \varphi_5)}$$

Πίνακας 4.2: Κοκκομετρικός χαρακτηρισμός για την γραφική λοξότητα των ιζημάτων (Πούλος & Καρδισά, 2020a)

Στατιστική Παράμετρος	Εύρος Τιμών (φ)	Χαρακτηρισμός
Λοξότητα	(+1.0)-(+0.3)	Ισχυρή ασυμμετρία - επικράτηση λεπτόκοκκου υλικού
	(+0.3)-(+0.1)	Ασυμμετρία - επικράτηση λεπτόκοκκου υλικού
	(+0.1)-(-0.1)	Σχεδόν συμμετρική κατανομή
	(-0.1)-(-0.3)	Ασυμμετρία - επικράτηση χονδρόκοκκου υλικού
	(-0.3)-(-0.1)	Ισχυρή ασυμμετρία - επικράτηση χονδρόκοκκου υλικού

(στ) η Κύρτωση (Kurtosis, K_G), η οποία αναφέρεται στον βαθμό συγκέντρωσης των κοκκομετρικών μεγεθών γύρω από την επικρατούσα τιμή (M_0) ή στα άκρα της και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$K_G = \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{2.44(\varphi_{75} - \varphi_{25})}$$

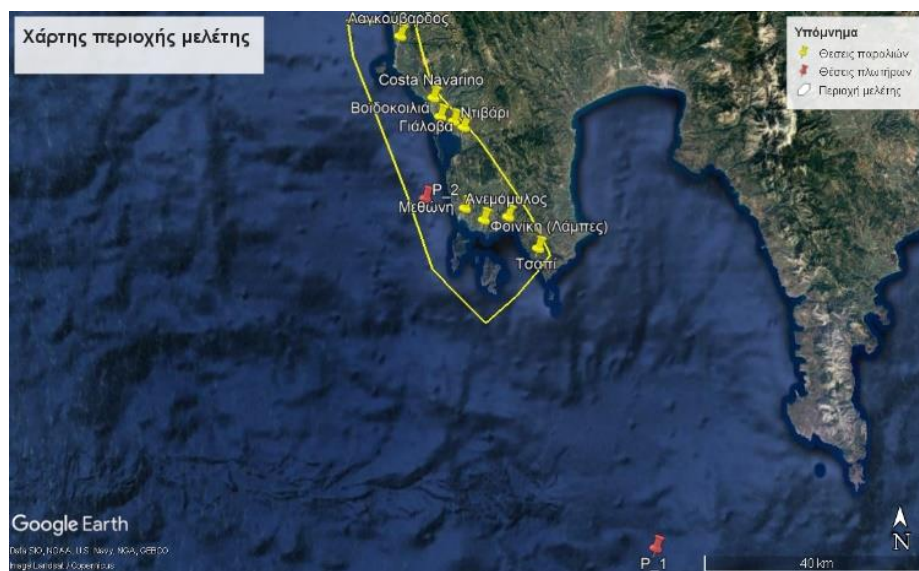
Πίνακας 4.3: Κοκκομετρικός χαρακτηρισμός για την κυρτότητα των ιζημάτων (Folk 1974)

Στατιστική Παράμετρος	Εύρος Τιμών (φ)	Χαρακτηρισμός
Κύρτωση	<0.67	Πολύ πλατύκυρτο
	0.67-0.90	Πλατύκυρτο
	0.90-1.11	Μεσόκυρτο
	1.11-1.50	Λεπτόκυρτο
	1.50-3.00	Πολύ λεπτόκυρτο
	>3.00	Εξαιρετικά λεπτόκυρτο

Για το προσδιορισμό των παραμέτρων (φ_5 , φ_{16} , φ_{50} , φ_{84} και φ_{95}) κατασκευάστηκε η αθροιστική καμπύλη με τα αποτελέσματα της κοσκίνισης κάθε δείγματος, σε απλό μιλιμετρε χαρτί έχοντας στον άξονα των Ox τις μοναδες (φ)

4.2.2. Επεξεργασία κυματικών δεδομένων

Τα κυματικά δεδομένα που αφορούν την υπό μελέτη περιοχή και επεξεργάστηκαν για τον υπολογισμό της οπισθοχώρησης της ακτογραμμής, ανακτήθηκαν από το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ του ΕΛΚΕΘΕ. Πιο συγκεκριμένα, τα κυματικά στοιχεία ελήφθησαν από δύο θέσεις στο Ιόνιο Πέλαγος με συντεταγμένες: Point_1 ($36^{\circ} 17' 0.00''\text{N}$ και $22^{\circ} 05' 0.00''\text{E}$), Point_2 ($36^{\circ} 50' 0.00''\text{N}$ και $21^{\circ} 38' 0.00''\text{E}$) (Εικόνα 4.7). Οι χρονοσειρές έχουν προκύψει ως Μεταδεδομένα από μαθηματική προσομοίωση πρωτογενών δεδομένων (ΡΕΦ) και αφορούν ωριαίες τιμές που καλύπτουν την χρονική περίοδο από 01/01/1993 έως 31/12/2016.



Εικόνα 4.7: Θέσεις κυματικών δεδομένων P_1 και P_2 (κόκκινες πινέζες)

Τα κυματικά δεδομένα που συλλέχθηκαν για την συγκεκριμένη περίοδο περιείχαν μετρήσεις για το σημαντικό ύψος SWH (m), την περίοδο T_p (sec) και την διεύθυνση MWD (deg) των θαλάσσιων κυμάτων. Ειδικότερα, υπολογίστηκε σε μορφή τόξου η διεύθυνση των θαλάσσιων κυμάτων που εισέρχονται στην κάθε παραλία και βάσει αυτής της διεύθυνσης απομονώθηκαν τα αντίστοιχα κυματικά δεδομένα. Στην συνέχεια, υπολογίστηκαν:

- (α) η **συχρότητα της διεύθυνσης** του κυματισμού f (%),
- (β) ο **μέσος όρος του σημαντικού ύψους κύματος $H_{1/3}$ (m)**, που αντιστοιχεί στην μέση τιμή του 1/3 των υψηλότερων κυμάτων με την μέθοδο του αριθμητικού μέσου (Average),
- (γ) η **αντίστοιχη περίοδος T_p (sec)** με την μέθοδο του αριθμητικού μέσου (Average) και η διεύθυνση του σημαντικού ύψους κύματος $H_{1/3}$, με την μέθοδο της διαμέσου (Median),
- δ) ο **μέσος όρος του ύψους κύματος $H_{1/10}$ (m)**, που αντιστοιχεί στο 10% του καταγεγραμμένου πλήθους των τιμών με την μέθοδο του αριθμητικού μέσου (Average),

ε) η αντίστοιχη περίοδος T_p (sec) με την μέθοδο του αριθμητικού μέσου (Average) και η διεύθυνση του σημαντικού ύψους κύματος $H_{1/10}$, με την μέθοδο της διαμέσου (Median),

στ) ο μέσος όρος του ύψους κύματος H_{max} (m), που αντιστοιχεί στις ακραίες τιμές των κυμάτων σε περιόδους καταιγίδας – θύελλας και

ζ) η αντίστοιχη περίοδος T_p (sec) με την μέθοδο του αριθμητικού μέσου (Average) και η διεύθυνση του σημαντικού ύψους κύματος H_{max} , με την μέθοδο της διαμέσου (Median).

Στην συνέχεια, έγινε υπολογισμός των φυσικών και υδροδυναμικών χαρακτηριστικών των κυμάτων που εισέρχονται στις παραλίες βάσει των εξισώσεων που αντιστοιχούν στις συνθήκες βαθιών νερών ($d > L/2$ όπου d το βάθος) και για τις 9 παραλίες, οι οποίες είναι οι εξής:

Μήκος Κύματος L_0 (m):

$$L_0 = \frac{g}{2\pi} T^2 \cong 1.56T^2$$

Φασική Ταχύτητα Διάδοσης Κυματισμού C_0 (m/sec):

$$C_0 = \frac{g}{2\pi} T \cong 1.56 T$$

Ομαδική Ταχύτητα C_g (m/sec):

$$C_g = C_0 n_0 = \frac{C_0}{2} \text{ όπου } n_0 \cong \frac{1}{2}$$

Πυκνότητα Ενεργείας E_0 (Joule/m²):

$$E_0 = \frac{1}{8} \rho g H^2$$

Κυματική Ισχύς P_0 (Watt/m):

$$P_0 = E_0 n_0 C_g \text{ όπου } n_0 = 1$$

Ύψος του κυματισμού που έχει υποστεί διάθλαση H'_0 (m):

$$H'_0 = 0,9 H_0$$

Παράμετρος της Ζώνης Κυματογής (Iribarren & Nogales 1949) ξ_0 :

$$\xi_0 = \frac{m}{\left(\frac{H'_0}{L_0}\right)^{0.5}}$$

Κριτήριο Θραύσης των κυμάτων γ κατά Madsen (1976):

$$\gamma = 0.72 (1 + 6.4 m)$$

Ύψος κυματισμού στην Ζώνη Θραύσης H_b (m) κατά Sakai & Battjes (1981):

$$\frac{H_b}{H'_0} = 0.6683 \left(\frac{H'_0}{L_0}\right)^{-0.1686} \text{ για } 0.0208 < H_0/L_0 < 0.1$$

Βάθος στην Ζώνη Θραύσης d_b (m) κατά McCowan (1894):

$$d_b = \frac{Hb}{\gamma}$$

Παράμετρος της Ζώνης Θραύσης ξ_b :

$$\xi_b = \frac{m}{\left[\frac{Hb}{L_0}\right]^{0.5}}$$

Μέγιστη Υψομετρικά Αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων $R_{2\%}$ (m):

$$R_{2\%} = 0.043 (H_0 L_0)^{1/2} \text{ για } \xi_0 < 0.3$$

Βάθος Κλεισίματος d_c (m) (για συνθήκες καταιγίδων – θυέλλης) κατά Hallermeier (1981):

$$d_c = 2.28 H_{max} - 68.5 \left[\left(\frac{H_{max}}{g T_{max}} \right) \right]^2$$

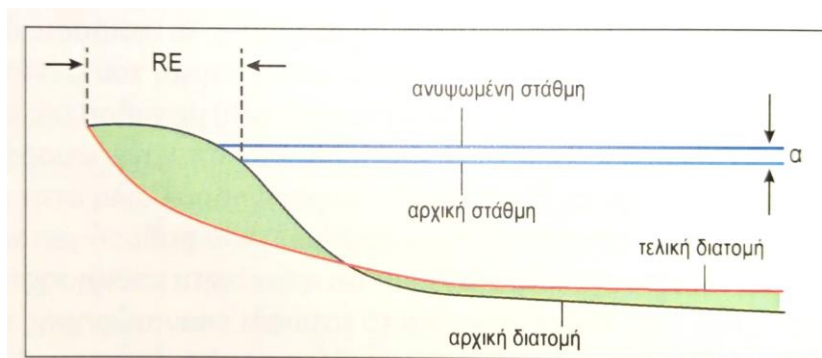
4.2.3. Εκτίμηση της μεταβολής των θέσεων των ακτογραμμών, βάσει της μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης λόγω της κλιματικής αλλαγής

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την κλιματική αλλαγή (IPCC: International Panel for Climate Change) ανακοίνωσε το 2021 ότι η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης σε παγκόσμιο επίπεδο είναι μεγαλύτερη των 3mm/year, σε αντίθεση με την φυσιολογική άνοδο η οποία ήταν μικρότερη των 1mm/year. Η παραπάνω αύξηση πραγματοποιήθηκε λόγω της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής και κατά συνέπεια της αύξησης της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, εξαιτίας των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στις φυσικές και χημικές συνθήκες της ατμόσφαιρας (εκπομπή αερίων θερμοκηπίου \rightarrow CH₄, CO₂) (Πούλος, 2022). Ωστόσο, η Διακυβερνητική Επιτροπή για την κλιματική αλλαγή (2021) (Εικόνα 4.12) περιέγραψε 5 πιθανά σενάρια εκτίμησης της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης για το 2100, τα οποία είναι τα εξής (IPCC, 2021):

- α) σενάριο SSP1a – 1.9 \rightarrow άνοδος 0.42m με εύρος 0.28m – 0.55m
- β) σενάριο SSP1b – 2.6 \rightarrow άνοδος 0.47m με εύρος 0.32m – 0.62m
- γ) σενάριο SSP2 – 4.5 \rightarrow άνοδος 0.60m με εύρος 0.44m – 0.76m
- δ) σενάριο SSP3 – 7.0 \rightarrow άνοδος 0.73m με εύρος 0.55m – 0.84m
- ε) σενάριο SSP4 – 8.5 \rightarrow άνοδος 0.82m με εύρος 0.63m – 1.01m

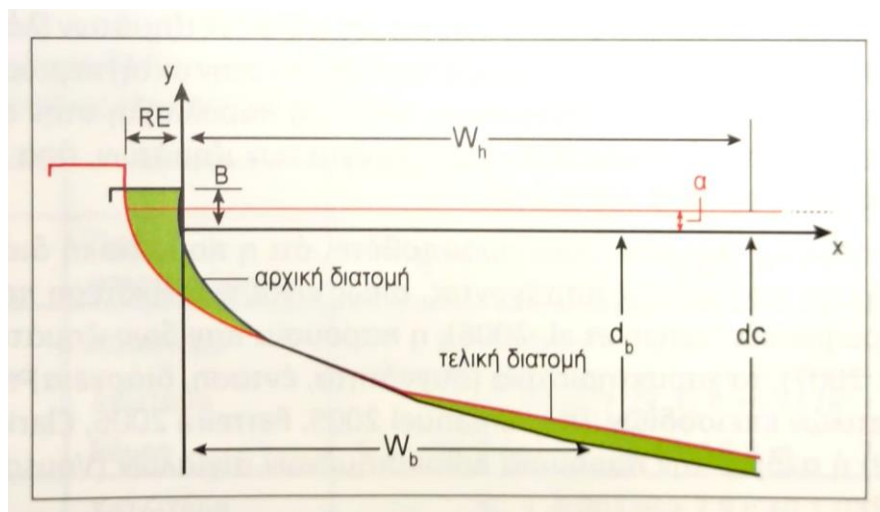
Για την εκτίμηση της οπισθοχώρησης της ακτογραμμής λόγω των μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης χρησιμοποιήθηκαν 2 στατικά μοντέλα 1D, το μοντέλο Bruun (1962) και το μοντέλο Edelman (1972). Τα συγκεκριμένα μοντέλα υπακούουν στην μεταβολή των παραλιακών προφίλ λόγω της μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης και των κυματικών συνθηκών. Ειδικότερα, τα

στατικά μοντέλα είναι μονοδιάστατα και στηρίζονται στην αλλαγή των μορφομετρικών χαρακτηριστικών της παραλίας λόγω της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, με αποτέλεσμα να ενισχύονται οι κυματικές διεργασίες και να μεταβάλλεται το προφίλ της παραλίας. Ουσιαστικά, στηρίζονται στην αλλαγή της διατομής κατά την μεταφορά του ιζήματος από το μέτωπο της παραλίας στον παρακείμενο πυθμένα. Η διαδικασία αυτή οδηγεί στην διάβρωση – οπισθοχώρηση της ακτογραμμής (Πούλος & Καρδitsά, 2020a) (Εικόνα 4.8)



Εικόνα 4.8: Σκαρίφημα που αποτυπώνει την μεταβολή του παραλιακού προφίλ λόγω της αύξησης της θαλάσσιας στάθμης (Πούλος & Καρδitsά, 2020a)

Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο Bruun (1962) υποδηλώνει το μακροπρόθεσμο ισοζύγιο των κινήσεων των παραλιακών ιζημάτων και της ακτογραμμής και βασίζεται στην αρχή της διατομής ισορροπίας (Εικόνα 4.9). Ειδικότερα, στηρίζεται στις παρακάτω υποθέσεις:



Εικόνα 4.9: Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου του Bruun (1962) κατά την οπισθοχώρηση (RE) του μετώπου της παραλίας λόγω της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (W_h είναι η οριζόντια απόσταση του βάθους κλεισίματος d_c από την οριογραμμή του αιγιαλού, d_c είναι το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα, a είναι η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας και B είναι το ύψος του χερσαίου αναβαθμού (berm), d_b είναι το βάθος στην ζώνη θραύσης, W_b είναι η οριζόντια απόσταση του βάθους στην ζώνη θραύσης d_b) (Πούλος & Καρδitsά, 2020a)

α) η ενεργή διατομή της χερσαίας και της υποθαλάσσιας παραλίας εγκάρσια προς την ακτογραμμή τείνει προς μια διατομή ισορροπίας

β) κατά την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, η διατομή ισορροπίας μετατοπίζεται προς την χέρσο απομακρύνοντας ίζημα από το χερσαίο τμήμα της παραλίας, το οποίο αποτίθενται στο υποθαλάσσιο τμήμα της μέχρι και το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα (βάθος κλεισίματος dc), το οποίο οριοθετεί το εξωτερικό υποθαλάσσιο όριο της παραλίας και

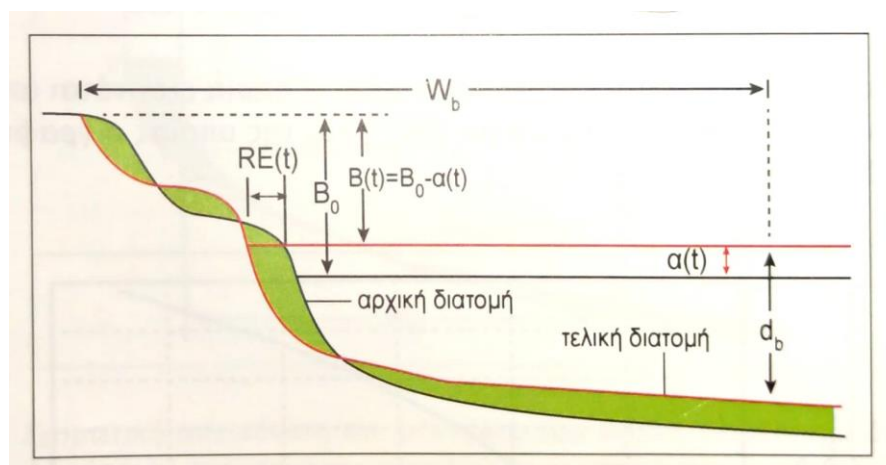
γ) η ανύψωση του πυθμένα στην υποθαλάσσια παραλία λόγω της απόθεσης ιζήματος είναι ίση με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, με αποτέλεσμα το βάθος να παραμένει σταθερό.

Το μοντέλο του Bruun η οπισθοχώρηση της ακτογραμμής δίδεται από την εξίσωση:

$$RE = \frac{W_h \alpha}{dc + B_0}$$

όπου (W_h) είναι η οριζόντια απόσταση του βάθους κλεισίματος (dc) από την οριογραμμή του αιγιαλού (dc : είναι το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα), (α) είναι η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας και (B_0) είναι το ύψος του χερσαίου αναβαθμού (berm).

Το μοντέλο του Edelman (1972) βασίζεται στο μοντέλο του Bruun για μεγαλύτερες τιμές αύξησης της στάθμης της θάλασσας, λαμβάνοντας υπόψη και την διάρκεια εκδήλωσης των θαλάσσιων καταγίδων (Εικόνα 4.10). Θεωρώντας ότι η διατομή της παραλίας μετατοπίζεται, χωρίς να μεταβάλλεται.



Εικόνα 4.10: Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου του Edelman (1972) κατά την διάβρωση του ανώτερου τμήματος της παραλίας με αποτέλεσμα την οπισθοχώρηση της ακτογραμμής (RE) και την απόθεση του ιζήματος στον παρακείμενο πυθμένα (W_b είναι η οριζόντια απόσταση του βάθους db στην ζώνη θραύσης, db είναι το βάθος στην ζώνη θραύσης, B_0 είναι το αρχικό ύψος του χερσαίου αναβαθμού (berm) και $\alpha(t)$ είναι η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, $B(t)$ είναι το στιγμιαίο συνολικό ύψος του ενεργού προφίλ της παραλίας πάνω από την στιγμιαία στάθμη της θαλάσσιας επιφάνειας) (Πούλος & Καρδίτσα, 2020a)

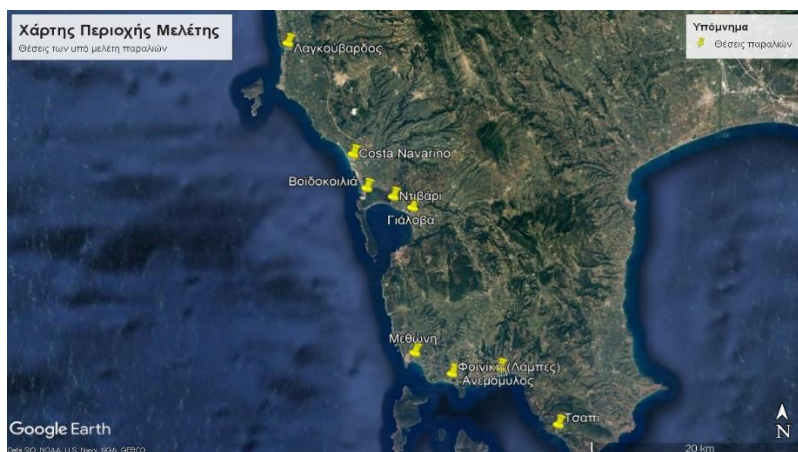
Η οπισθοχώρηση της ακτογραμμής της παραλίας υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση:

$$\frac{dRE}{dt} = \frac{da}{dt} \left[\frac{W_b}{db + Bt} \right] \rightarrow RE(t) = W_b \ln \left[\frac{db + B_0}{db + B_0 - a(t)} \right]$$

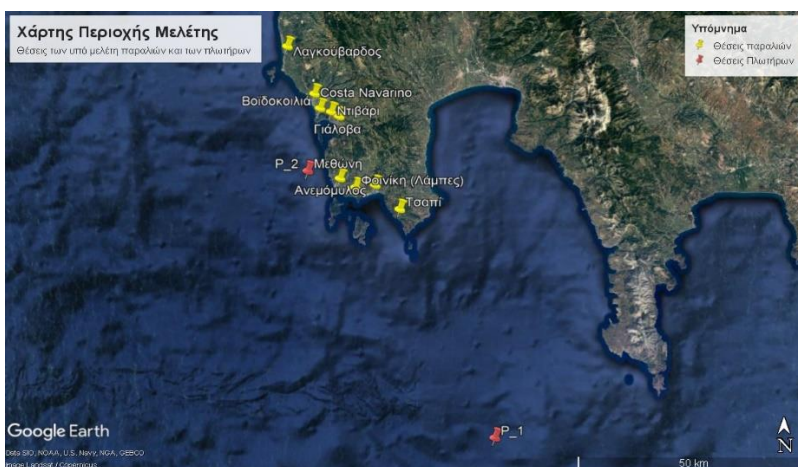
όπου (W_b) είναι η οριζόντια απόσταση του βάθους (db) στην ζώνη θραύσης, (B_0) είναι το αρχικό ύψος του χερσαίου αναβαθμού (berm) και $a(t)$ είναι η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η περιοχή μελέτης στην Δ και ΝΔ Μεσσηνία περιλαμβάνει την έρευνα 9 παραλιών, οι θέσεις των οποίων εμφανίζονται στον χάρτη της Εικόνας 5.1. Ακολουθούν τα αποτελέσματα που αφορούν τις τοπογραφικές τομές (υψόμετρα, βάθη) σε κάθε μια από τις παραπάνω παραλίες, μαζί με τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων των συλλεχθέντων επιφανειακών ιζημάτων σε θέσεις κατά μήκος της τομής. Επίσης, κάνοντας χρήση των δεδομένων από του πλωτήρες (Εικόνα 5.2) του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., έγινε υπολογισμός των κυματικών χαρακτηριστικών (περίοδος, ύψος κύματος και διεύθυνση) των επιμέρους παραλιών σε συνθήκες βαθιών νερών (offshore zone), τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της μελλοντικής οπισθοχώρησης, λόγω ανόδου θαλάσσιας στάθμης (κλιματική αλλαγή) των υπό διερεύνηση παραλιών.



Εικόνα 5.1: α) Χάρτης που απεικονίζει τις θέσεις των παραλιών της υπό μελέτης περιοχής (Google Earth)



Εικόνα 5.2: Χάρτης που απεικονίζει τις θέσεις των πλωτήρων του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ (Google Earth)

5.1. Μορφολογικά – Ιζηματολογικά χαρακτηριστικά

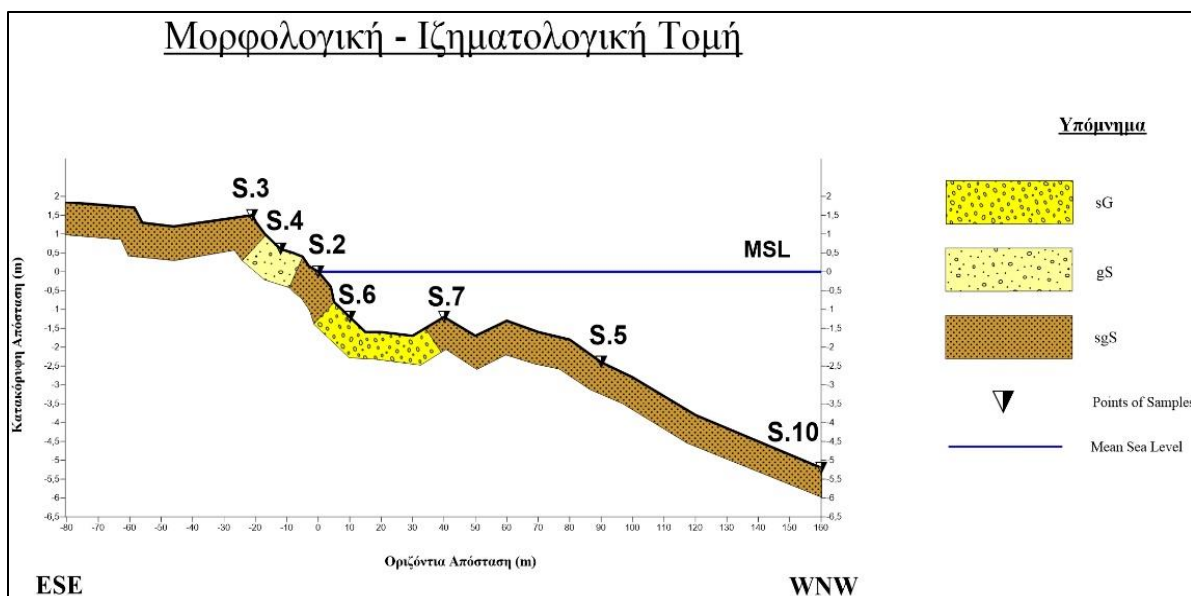
5.1.1. Παραλία Λαγκούβαρδος:

Η παραλία Λαγκούβαρδος (Εικόνα 5.3) έχει μήκος περίπου 2 km και πλάτος 80,5 m. Πίσω από την παραλία υπάρχουν τουριστικές υποδομές (ξενοδοχεία), καθώς και ένας «κάθετος» παραλιακός δρόμος, ο οποίος χρησιμοποιείται για την πρόσβαση στην παραλία.



Εικόνα 5.3: Παραλία Λαγκούβαρδος (Οκτώβριος 2020)

Όσον αφορά την μορφολογία (Εικόνα 5.4), το χερσαίο τμήμα της παραλίας έχει ομαλή κλίση (2,3%), φθάνοντας σε υψόμετρο 1,80 m σε απόσταση περίπου τα 80 m από την ακτογραμμή. Μεταξύ 20 m και 60 m από την ακτογραμμή, παρατηρείται μια ελαφρά ταπείνωση του χερσαίου αναγλύφου. Το ανώτατο όριο της παράλια ζώνη βρίσκεται σε απόσταση 58,50 m από την ακτογραμμή και σε ύψος 1,80 m που είναι και το επίπεδο του ανώτατου χερσαίου αναβαθμού (berm). Σε απόσταση 80,50 m από την ακτογραμμή παρατηρείται ο πόδας των θινών (σε υψόμετρο 1,90 m). Η παραλιακή ζώνη χαρακτηρίζεται από ελαφρώς χαλικούχο άμμο ((g)S), ενώ το χαμηλότερο τμήμα του μετώπου του ανώτερου αναβαθμού, όπως και εσωτερικά του χαμηλότερου αναβαθμού είναι χαλικούχος άμμος. Στην ακτογραμμή, παρατηρούνται ημισεληνοειδείς σχηματισμοί σύστασης ελαφρώς χαλικούχου άμμου κυρίως στο βόρειο τμήμα της παραλίας (Εικόνα 5.5), οι οποίοι είναι καλυμμένοι με νεκρά φύκια (συμπεριλαμβανομένων και Ποσειδώνιων).



Εικόνα 5.4: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Λαγκούβαρδος που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια



Εικόνα 5.5: Ημισελινοειδείς σχηματισμοί καλυμμένες με φύκια (Οκτώβριος 2020)

Η παραλία τροφοδοτείται περιοδικά με φερτά υλικά από το ομώνυμο ρέμα Λαγκούβαρδος. Επίσης, η παραλία τροφοδοτείται από την διάβρωση των παράκτιων κρημών που βρίσκονται στα ΒΔ και ΝΔ της παραλίας. Όσον αφορά το υποθαλάσσιο τμήμα, η κλίση του θαλάσσιου πυθμένα είναι απότομη (3,3%), ενώ στα 40 m και στα 60 m απόσταση από την ακτογραμμή, παρατηρούνται δύο υποθαλάσσιες ράχες σε βάθη 1,2 m και 1,3 m, αντίστοιχα. Από την ακτογραμμή έως και τα 5 m απόσταση και από τα 35 m έως τα 160 m απόσταση, η σύσταση των ιζημάτων είναι ελαφρώς χαλικούχος άμμος, ενώ από τα 5 m έως τα 35 m απόσταση από την ακτογραμμή, η σύσταση των ιζημάτων είναι αμμώδες χαλίκι. Ουσιαστικά, από τη βάση του μετώπου της παραλίας έως περίπου και τα 17 m απόσταση από την ακτογραμμή, στον υποθαλάσσιο πυθμένα παρατηρείται άμμος και

χαλίκια, ενώ έως τα 160 m απόσταση από την ακτογραμμή κυριαρχεί η άμμος, ενώ υπάρχουν και αμμορυτίδες. Συνεπώς, παρατηρείται πώς με την αύξηση του βάθους η κοκκομετρία των ιζημάτων γίνεται περισσότερο λεπτόκοκκη (Εικόνα 5.5)



Εικόνα 5.5: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Τα κοκκομετρικά στατιστικά σύμφωνα με Folk (1974) (Πίνακας 5.1), των χερσαίων ιζημάτων δείχνουν μια μέτρια έως καλή διαβάθμιση, υποδηλώνοντας την μέτρια ομοιογένεια και την σχετικά σταθερή υδροδυναμική κατάσταση των ιζημάτων. Επιπλέον, τα ιζήματα της παραλίας παρουσιάζουν αρνητική έως θετική λοξότητα, με την μετάβαση από ένα περιβάλλον που κυριαρχεί το χονδρόκοκκο υλικό σε ένα περιβάλλον που κυριαρχεί το λεπτόκοκκο υλικό. Η κύρτωση των συγκεκριμένων ιζημάτων έδειξε ότι τα ιζήματα είναι μεσόκυρτα έως πλατύκυρτα, επομένως παρατηρείται κατά θέσεις αλλαγή της διασποράς του μεγέθους των κόκκων σε σχέση με την επικρατούσα τιμή.

Τα υποθαλάσσια ιζήματα είναι κακά έως μέτρια διαβαθμισμένα, υποδηλώνοντας την μέτρια ομοιογένεια των ιζημάτων και την μη σταθερότητα του υδροδυναμικού καθεστώτος. Τα υποθαλάσσια ιζήματα παρουσιάζουν αρνητική έως θετική λοξότητα, με την μετάβαση από ένα περιβάλλον που κυριαρχεί το χοντρόκοκκο υλικό σε ένα περιβάλλον που κυριαρχεί το λεπτόκοκκο υλικό. Τέλος, τα ιζήματα του πυθμένα χαρακτηρίζονται λεπτόκυρτα έως πλατύκυρτα, κάτι το οποίο σημαίνει ότι η διασπορά των κόκκων σε σχέση με επικρατούσα τιμή διαφέρει από θέση σε θέση.

Πίνακας 5.1: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων της παραλίας Λαγκούβαρδος

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΚΥΡΤΩΣΗ
Δ. 3	ΜΕΤΡΙΑ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ
Δ. 4	ΜΕΤΡΙΑ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΘΕΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 2	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 6	ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ
Δ. 7	ΜΕΤΡΙΑ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΛΕΠΤΟΚΥΡΤΟ
Δ. 5	ΜΕΤΡΙΑ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΘΕΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΛΕΠΤΟΚΥΡΤΟ
Δ. 10	ΜΕΤΡΙΑ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΘΕΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ

5.1.2. Παραλία Costa Navarino

Η παραλία στο Costa Navarino (Εικόνα 5.6) έχει πλάτος 61 m, διαθέτει ανεπτυγμένες τουριστικές υποδομές και η πρόσβαση πραγματοποιείται μέσω δρόμου.

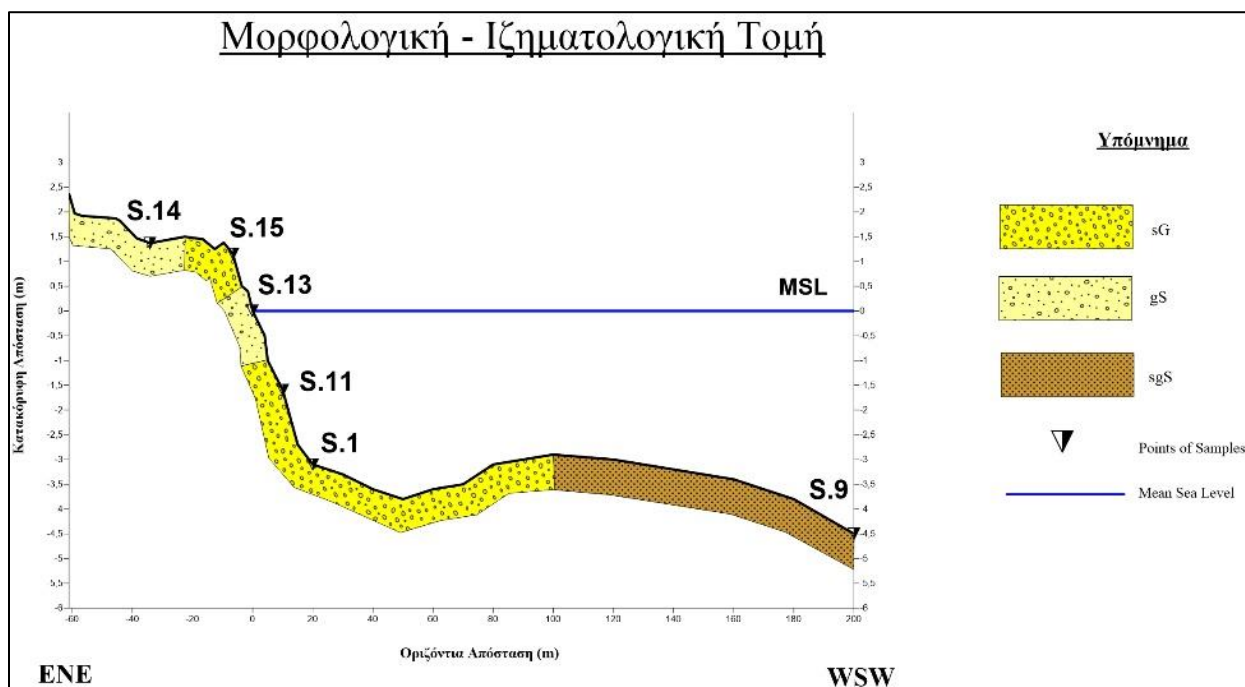


Εικόνα 5.6: Παραλία στην ξενοδοχειακή μονάδα Costa Navarino (Ιούλιος 2021)

Όσον αφορά τη μορφολογία στις παραλίας (Εικόνα 5.7), το χερσαίο τμήμα παρουσιάζει απότομη κλίση (3,9%), καθώς παρατηρείται σε απόσταση 10 m από την ακτογραμμή και σε ύψος 1,60 m ένας χερσαίος αναβαθμός σύστασης αμμούχου χαλικιού, ο οποίος αποτελεί ένα φυσικό αναβαθμό (ανώτερη berm). Το ανώτερο τμήμα της παραλίας εκτείνεται σε απόσταση 61 μ από την ακτογραμμή φθάνοντας σε υψόμετρο 2,4 m, από όπου αρχίζουν οι θίνες με χαμηλή βλάστηση.

Μάλιστα, στο υψόμετρο αυτό διακρίνονται φύκια και ξύλα παρατεταγμένα σε ημισεληνοειδείς σχηματισμούς γεγονός που μαρτυρά την ανάβαση (αναρρίχηση) των κυμάτων (Εικόνα 5.8). Η κοκκομετρία στην επί - παράλια ζώνη από την ακτογραμμή έως τις θίνες παρουσιάζει εναλλαγές μεταξύ χαλικιών (ψηφίδων) και αμμούχων χαλικιών.

Στη συγκεκριμένη παραλία εκβάλλει και το ρέμα Σέλας, το οποίο μεταφέρει χερσαία υλικά, τα οποία αποτίθενται στην παραλία. Επιπλέον, η παραλία τροφοδοτείται από τη διάβρωση παράκτιων κρημών που βρίσκονται στο ΒΔ και ΝΑ άκρος της.



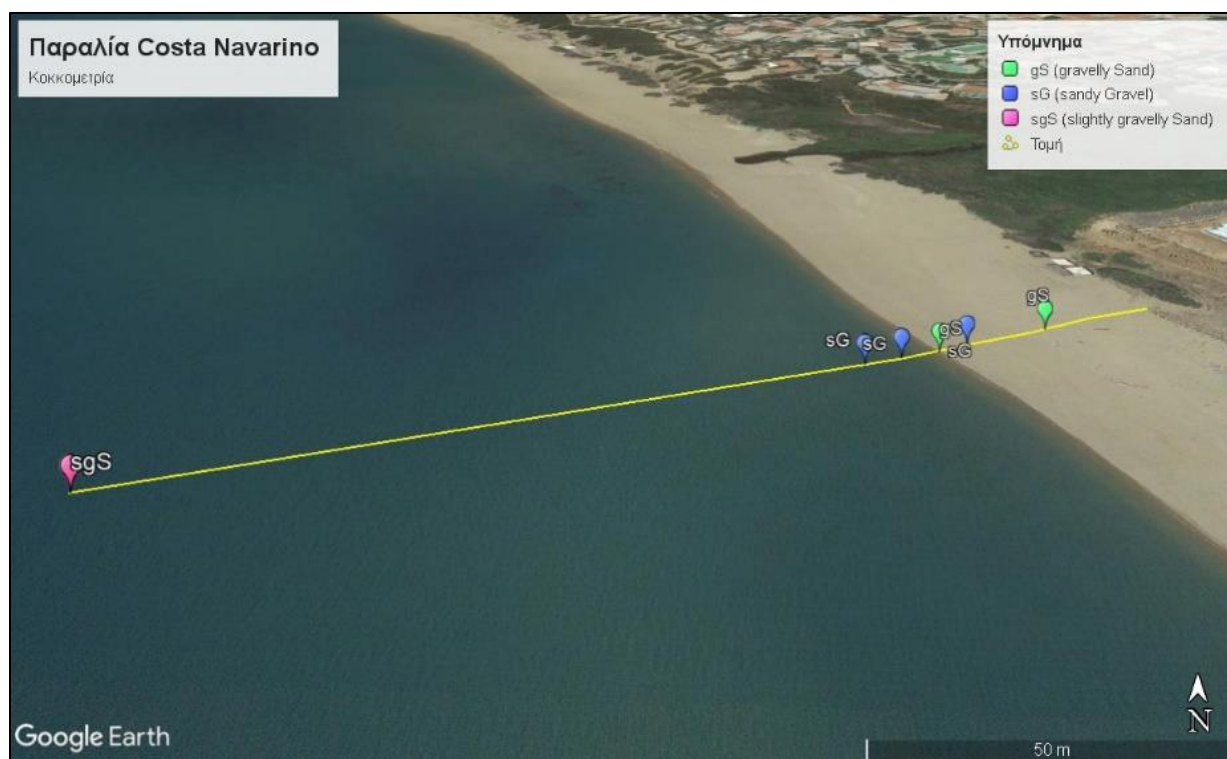
Εικόνα 5.7: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας στο Costa Navarino που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια



Εικόνα 5.8: Ημισεληνοειδείς μορφές φυκιών και ξύλων που υποδηλώνουν την μεγάλη αναρρίχηση του κύματος (Οκτώβριος 2020)

Όσον αφορά το υποθαλάσσιο τμήμα της παραλίας, παρουσιάζει πολύ απότομη κλίση (6%) έως τα 60 m απόσταση από την ακτογραμμή, ενώ έως τα 200 m απόσταση η κλίση γίνεται ομαλότερη (3,2%). Ειδικότερα, από τα 60 m έως τα 120 m απόσταση από την ακτογραμμή εμφανίζεται μία εκτεταμένη υποθαλάσσια ράχη σε βάθος περίπου 3,1 m. Το κατώτερο μέρος του ενεργού μετώπου της παραλίας σε απόσταση περίπου 4 m από την ακτογραμμή καταλήγει σε «σκαλοπάτι» και σε βάθος 0,5 m.

Η κοκκομετρία του πυθμένα από την ακτογραμμή έως και 200 m απόσταση από αυτήν χαρακτηρίζεται ως εξής (Εικόνα 5.9): από την ακτογραμμή έως και περίπου τα 8 m απόσταση κυριαρχεί η χαλικούχος άμμος, από τα 8 m έως τα 100 m απόσταση από την ακτογραμμή κυριαρχεί το αμμουχο χαλίκι και έως και τα 200 m απόσταση από την ακτογραμμή παρατηρείται ελαφρά χαλικούχος άμμος. Γενικά, από τα 20 m έως τα 200 m απόσταση από την ακτογραμμή, ο θαλάσσιος πυθμένας αποτελείται από παχιές αμμορυτίδες που δείχνουν την επίδραση του κυματικού καθεστώτος, το δε σχετικά μεγάλο εύρος τους αποδίδεται στη κοκκομετρία (παρουσία ψηφίδων).



Εικόνα 5.9: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Σύμφωνα με Folk (1974) (Πίνακας 5.2), τα χερσαία ιζήματα που μελετήθηκαν για την συγκεκριμένη παραλία είναι μέτρια έως καλά ταξινομημένα, υποδηλώνοντας την μέτρια ομοιογένεια των ιζημάτων και τη σχετικά μεταβαλλόμενη υδροδυναμική. Επιπλέον, το χερσαίο δείγμα που τοποθετείται μεταξύ του χερσαίου αναβαθμού και των θινών παρουσιάζει αρνητική λοξότητα, καθώς στο περιβάλλον εκείνο επικρατεί το χονδρόκοκκο υλικό, ενώ τα υπόλοιπα χερσαία δείγματα παρουσιάζουν συμμετρική λοξότητα, υποδηλώνοντας ότι τα χονδρόκοκκα υλικά βρίσκονται σε ίση ποσότητα με τα λεπτόκοκκα υλικά. Η κύρτωση των

συγκεκριμένων ιζημάτων έδειξε ότι τα ιζήματα είναι λεπτόκυρτα έως μεσόκυρτα, συνεπώς παρατηρείται μικρή αύξηση της διασποράς των κόκκων σε σχέση με την επικρατούσα τιμή.

Τα υποθαλάσσια ιζήματα που μελετήθηκαν για τη συγκεκριμένη παραλία είναι μέτρια έως μέτρια καλά ταξινομημένα, υποδηλώνοντας την μέτρια ομοιογένεια των ιζημάτων και την επίσης μέτρια σταθερότητα των υδροδυναμικών συνθηκών. Ταυτόχρονα, τα υποθαλάσσια ιζήματα παρουσιάζουν συμμετρική λοξότητα, δηλώνοντας ότι τα χονδρόκοκκα υλικά βρίσκονται σε ίση ποσότητα με τα λεπτόκοκκα υλικά. Τα ιζήματα του πυθμένα χαρακτηρίζονται λεπτόκυρτα έως πλατύκυρτα, συνεπώς παρατηρείται ανομοιογένεια (κατά θέση) στη διασπορά των κόκκων σε σχέση με την επικρατούσα τιμή.

Πίνακας 5.2: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων της παραλίας στο Costa Navarino

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΚΥΡΤΩΣΗ
Δ. 14	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ
Δ. 15	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΛΕΠΤΟΚΥΡΤΟ
Δ. 13	ΜΕΤΡΙΑ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΛΕΠΤΟΚΥΡΤΟ
Δ. 11	ΜΕΤΡΙΑ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 1	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 9	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΛΕΠΤΟΚΥΡΤΟ

5.1.3. Παραλία Βοϊδοκοιλιά.

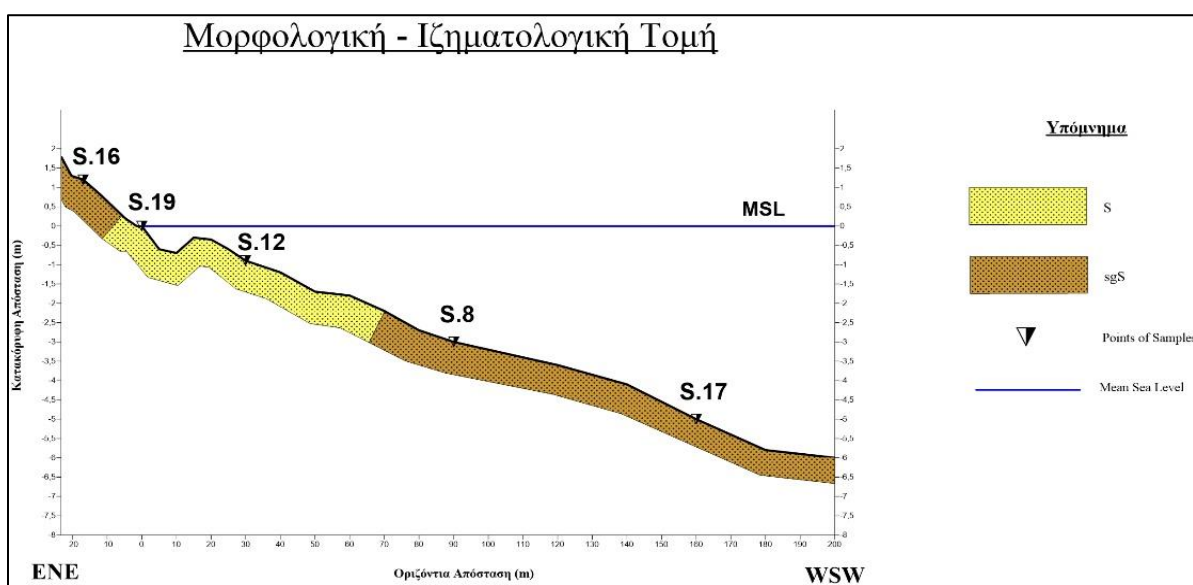
Η παραλία Βοϊδοκοιλιά είναι γνωστή για το χαρακτηριστικό κυκλικό της σχήμα που θυμίζει το γράμμα Ω. Βρίσκεται βόρεια της Πύλου, συνορεύει με την λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας μέσω μιας λωρίδας από αμμόλοφους και έχει ενταχθεί στο δίκτυο Natura 2000.



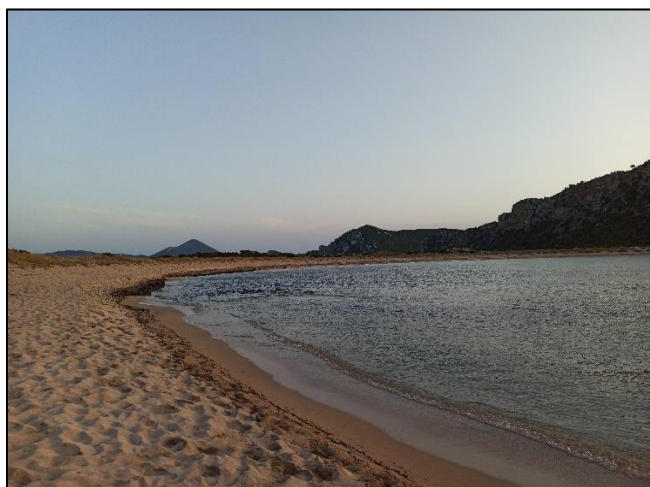
Εικόνα 5.10: Παραλία Βοϊδοκοιλιά (Οκτώβριος 2020)

Η παραλία έχει μήκος ακτογραμμής περί τα 23 m (Εικόνα 5.10), δεν διαθέτει τουριστικές υποδομές, ενώ η πρόσβαση πραγματοποιείται μέσω χωματόδρομου στο βόριο άκρο της, όπου εκβάλλει η λιμνοθάλασσα του Ντιβαρίου.

Όσον αφορά τη μορφολογία (Εικόνα 5.11), το χερσαίο τμήμα της παραλίας έχει απότομη κλίση (7%), ενώ σε απόσταση περί τα 23 m από την ακτογραμμή και σε ύψος 1,80 m παρατηρείται ο ανώτερος χερσαίος αναβαθμός με σύστασης ελαφρά χαλικούχου άμμου. Στο υψόμετρο αυτό υπάρχει και ο πόδας των θινών με βλάστηση. Ταυτόχρονα, στο ΝΔ τμήμα της παραλίας παρατηρείται ένα "σκαλοπάτι" στο ανώτατο όριο του ενεργού μετώπου (μέτωπο «διάβρωσης» προηγούμενης κακοκαιρίας), το οποίο έχει καλυφθεί με φύκια που μεταφέρονται από τα ρεύματα και τα κύματα στην παραλία (Εικόνα 5.12). Η κοκκομετρία του χερσαίου τμήματος από την ακτογραμμή έως και τις θίνες, περιλαμβάνει άμμο που μεταπίπτει σε ελαφρώς χαλικούχο άμμο κοντά στην ακτογραμμή (Εικόνα 5.13)



Εικόνα 5.11: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Βοϊδοκοιλιά που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια



Εικόνα 5.12: Χερσαίο σκαλοπάτι καλυμμένο με φύκια (Ιούλιος 2021)

Όσον αφορά το υποθαλάσσιο τμήμα της παραλίας, ο θαλάσσιος πυθμένας παρουσιάζει πολύ ομαλή κλίση (1%). Από τα 10 m έως και τα 20 m απόσταση από την ακτογραμμή εμφανίζεται μία υποθαλάσσια ράχη με υψομετρική διαφορά 0,3 m, ενώ έως και τα 200 m απόσταση (βάθος 6 m) από την ακτογραμμή το βάθος αυξάνεται ομαλά.. Η κοκκομετρία του πυθμένα από την ακτογραμμή έως και περί τα 70 m απόσταση έχει σύσταση άμμου, ενώ βαθύτερα έχει σύσταση ελαφρώς χαλικούχου άμμου (Εικόνα 5.13). Γενικά, ο θαλάσσιος πυθμένας έχει αμμορυτίδες χωρίς ιδιαίτερη παρουσία φυκιών.



Εικόνα 5.13: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Σύμφωνα με Folk Folk (1974) d (1957) (Πίνακας 5.3), τα χερσαία ιζήματα είναι καλά ταξινομημένα, υποδηλώνοντας την μέτρια ομοιογένεια των ιζημάτων και της μη σταθερής υδροδυναμικής κατάστασης. Επιπλέον, τα χερσαία δείγματα παρουσιάζουν συμμετρική λοξότητα, υποδηλώνοντας ότι τα χονδρόκοκκα υλικά βρίσκονται σε ίση ποσότητα με τα λεπτόκοκκα υλικά. Η κύρτωση των συγκεκριμένων ιζημάτων έδειξε ότι τα ιζήματα ποικίλουν από λεπτόκυρτα έως πλατύκυρτα, συνεπώς παρατηρείται μεγάλη αύξηση της διασποράς των κόκκων σε σχέση με την επικρατούσα τιμή.

Τα υποθαλάσσια ιζήματα που μελετήθηκαν για τη συγκεκριμένη παραλία είναι επίσης καλά ταξινομημένα. Παρουσιάζουν συμμετρική λοξότητα, ενώ χαρακτηρίζονται είτε λεπτόκυρτα είτε πλατύκυρτα. Τέλος, στο υποθαλάσσιο δείγμα Δ. 17, κατά την δειγματοληψία, συμπεριελάμβανε και φύκια.

Πίνακας 5.3: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων της παραλίας Βοιδοκοιλιά

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΚΥΡΤΩΣΗ
Δ. 16	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 19	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΛΕΠΤΟΚΥΡΤΟ
Δ. 12	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΛΕΠΤΟΚΥΡΤΟ
Δ. 8	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 17	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ

5.1.4. Παραλία Ντιβάρι

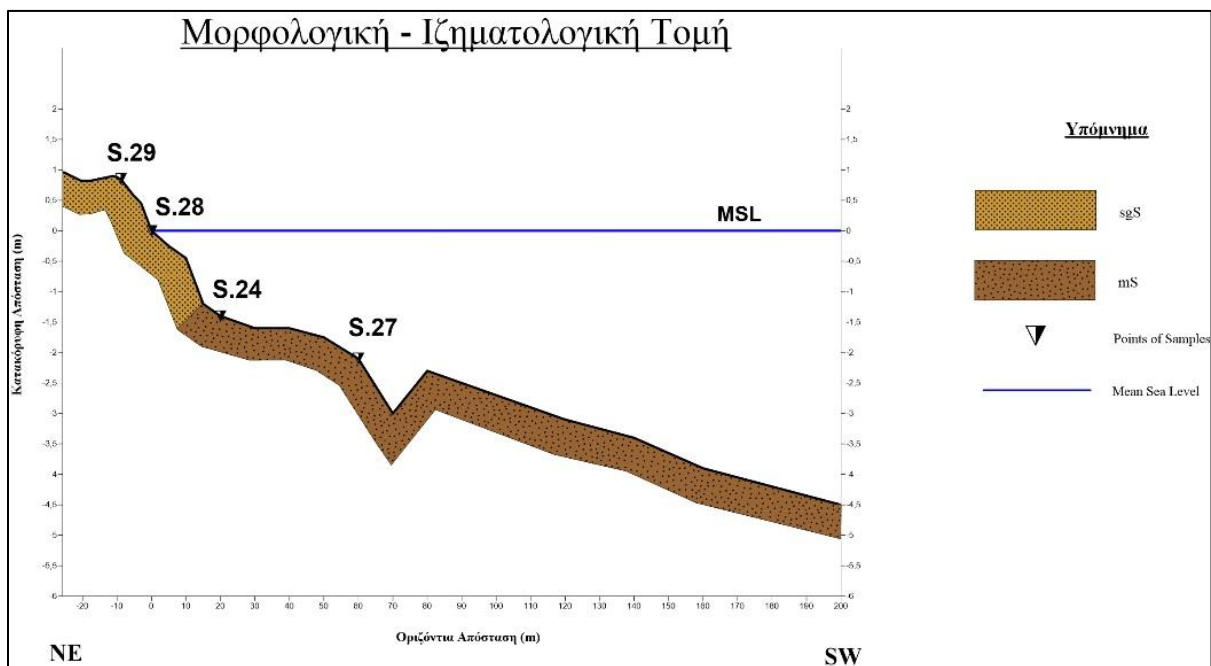
Η παραλία Ντιβάρι βρίσκεται απέναντι από την Πύλο και την νήσο Σφακτηρία, έχοντας πίσω της την λιμνοθάλασσα του Ντιβαρίου, η οποία ανήκει στη ζώνη προστασίας του δικτύου Natura 2000 (Εικόνα 5.14).



Εικόνα 5.14: Παραλία Ντιβάρι (Οκτώβριος 2020)

Η παραλία έχει μήκος 4 Km και πλάτος περί τα 26 m (Εικόνα 5.14), διαθέτει τουριστικές υποδομές (ομπρέλες, ξαπλώστρες) και η πρόσβαση της γίνεται μέσω ενός χωματόδρομου, παράλληλου στην ακτογραμμή. Όσον αφορά την μορφολογία (Εικόνα 5.15), η παραλία Ντιβάρι αποτελεί ένα φραγματικό νησί (barrier island) με το χερσαίο τμήμα της παραλίας να παρουσιάζει σχετικά ομαλή κλίση (3,8%), ενώ μεγάλο μέρος της παραλίας είναι καλυμμένο με νεκρά φύκια και κροκάλες. Στην ακτογραμμή διακρίνονται ημισελινοειδείς σχηματισμοί και ένα χερσαίο σκαλοπάτι, το οποίο είναι καλυμμένο με φύκια και κροκάλες (Εικόνα 5.16). Η παραλία αυξάνει ομαλά σε υψόμετρο εκτός από τη περιοχή μεταξύ 10 m και 26 m παρατηρείται μια ελαφρά ταπείνωση. Επιπλέον, ο χερσαίος αναβαθμός (berm) στα 26 m από την ακτογραμμή έχει ύψος 1 m, σύσταση ελαφρώς χαλικούχου άμμου, ενώ στο πίσω όριο του εμφανίζονται χαμηλές θίνες με

βλάστηση. Δυτικά της παραλίας παρατηρείται ένα αυλάκι, το οποίο συνδέει την λιμνοθάλασσα με την παραλία, καθώς και ένας παράκτιος κρημνός, η διάβρωση του οποίου συμβάλλει στην τροφοδοσία με ίζημα της παραλίας. Τέλος, στα ΝΑ της παραλίας παρατηρείται το ρέμα Γιαννουζάγας, το οποίο επίσης μεταφέρει χερσαία υλικά στην παραλία.

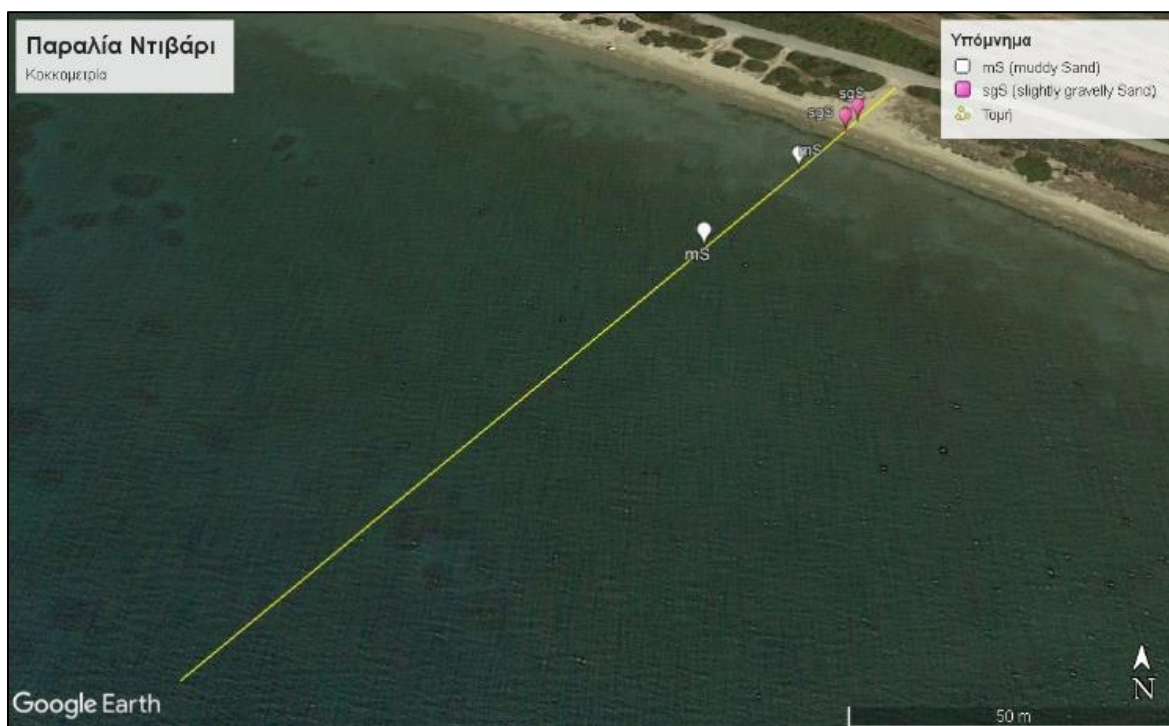


Εικόνα 5.15: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Ντιβάρι που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια



Εικόνα 5.16: Ημισελινοειδείς σχηματισμοί και χερσαίο σκαλοπάτι (αναβαθμός) καλυμμένα με φύκια (Οκτώβριος 2020)

Στο υποθαλάσσιο τμήμα της παραλίας, ο θαλάσσιος πυθμένας παρουσιάζει πολύ ομαλή κλίση (1,5%). Από τα 70 m έως και τα 90 m απόσταση από την ακτογραμμή εμφανίζεται μία υποθαλάσσια ράχη, ελάχιστο βάθος 2,3 m με σύσταση πηλούχου άμμου. Από την ακτογραμμή έως και τα 15 μέτρα περίπου απόσταση ο θαλάσσιος πυθμένας αποτελείται από ελαφρώς χαλικούχο άμμο, ενώ έως και τα 200 m απόσταση αποτελείται από πηλόχο (ιλυ-αργιλόχο) άμμο και φύκια (Εικόνα 5.17). Το νερό κατά τη δειγματοληψία ήταν θολό λόγω της επαναιώρησης της λεπτόκοκκης φάσης μέχρι το βάθος των 4 m, ενώ σε βάθη > 5 m ήταν σχετικά διαυγές.



Εικόνα 5.17: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Σύμφωνα με Folk (1974) (Πίνακας 5.4), τα χερσαία ιζήματα είναι πολύ κακά έως μέτρια διαβαθμισμένα, υποδηλώνοντας την κακή ομοιογένεια των ιζημάτων κατά την σχετική μη σταθερότητα του υδροδυναμικού καθεστώτος. Επιπλέον, τα ιζήματα παρουσιάζουν αρνητική λοξότητα, ενώ είναι μεσόκυρτα, επομένως ισοδύναμη συνεισφορά λεπτοκόκκου-χονδρόκοκκου υλικού.

Τα υποθαλάσσια ιζήματα είναι καλά διαβαθμισμένα, υποδηλώνοντας μέτρια ομοιογένεια των ιζημάτων και μέτριας έντασης υδροδυναμικό καθεστώς. Παρουσιάζουν θετική λοξότητα, με την μετάβαση από ένα περιβάλλον που κυριαρχεί το χονδρόκοκκο υλικό σε ένα περιβάλλον που κυριαρχεί το λεπτόκοκκο υλικό, ενώ χαρακτηρίζεται λεπτόκυρτο. Τέλος, το δείγμα Δ. 27 δεν αναλύθηκε εργαστηριακά, διότι κατά την δειγματοληψία υπήρχε ελάχιστο λεπτόκοκκο ιζημα με πολλά νεκρά φύκια, στο δείγμα Δ. 29 βρέθηκαν φύκια και διάσπαρτα ξύλα, ενώ στα δείγματα Δ. 24 και Δ. 28 το υλικό ήταν ελάχιστα με πολλά φύκια.

Πίνακας 5.4: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων της παραλίας Ντιβάρι

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΚΥΡΤΩΣΗ
Δ. 29	ΜΕΤΡΙΑ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ
Δ. 28	ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ
Δ. 24	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΘΕΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΛΕΠΤΟΚΥΡΤΟ
Δ. 27	-	-	-

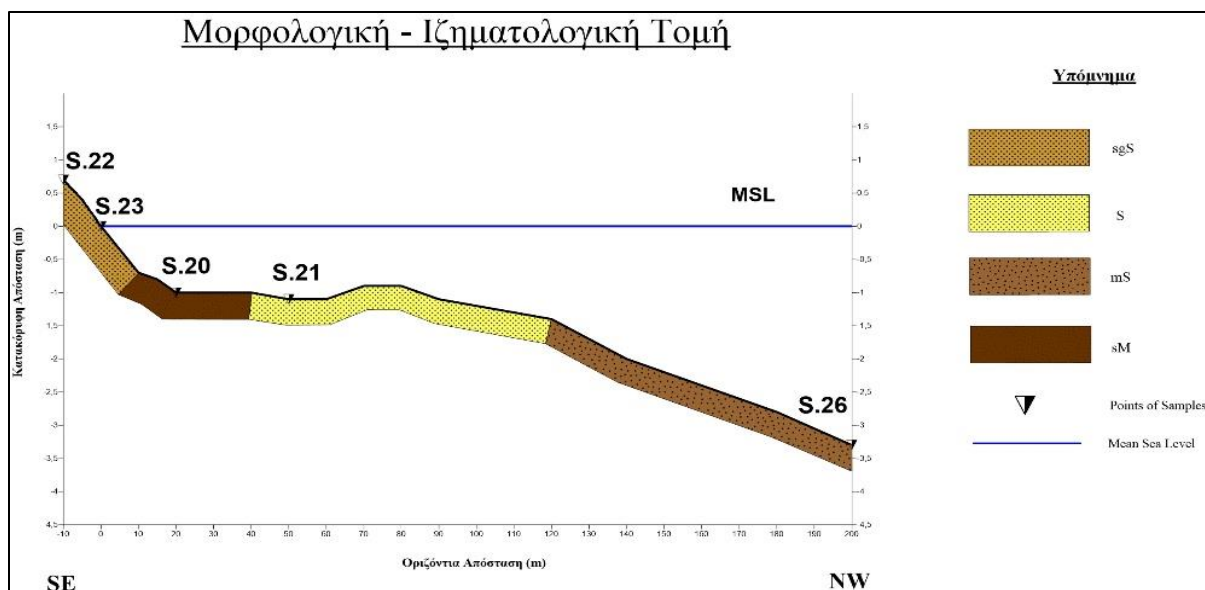
5.1.5. Παραλία Γιάλοβα

Η παραλία Γιάλοβα βρίσκεται στον Κόλπο του Ναβαρίνου και απέναντι από τη νήσο Σφακτηρία. Η συγκεκριμένη παραλία έχει πλάτος 10 m (Εικόνα 5.18), διαθέτει τουριστικές υποδομές (ομπρέλες - ξαπλώστρες) και είναι προσβάσιμη μέσω ενός παράκτιου (παράλληλου στην ακτογραμμή) δρόμου.



Εικόνα 5.18: Παραλία Γιάλοβα (Οκτώβριος 2020)

Όσον αφορά τη μορφολογία (Εικόνα 5.19), το χερσαίο τμήμα της παραλίας έχει απότομη κλίση (7%), ενώ στην ακτογραμμή παρατηρούνται ημισελινοειδείς σχηματισμοί (Εικόνα 5.20), καθώς και ένα χερσαίο σκαλοπάτι (χερσαίος αναβαθμός) σε ύψος 0,7 m και σε απόσταση 10m από την ακτογραμμή, με σύσταση ελαφρώς χαλικούχου άμμου με φύκια και διάσπαρτες κροκάλες). Επιπλέον, στην οπισθοπαραλία έχουμε μικρές θίνες με βλάστηση (Εικόνα 5.20). Γενικά, στο χερσαίο τμήμα της παραλίας (έως και τις θίνες), η κοκκομετρία αποτελείται από ελαφρώς χαλικούχο άμμο. Στο NNA τμήμα της παραλίας, εκβάλλει ο ποταμό-χείμαρρος Ξεριάς, που τροφοδοτεί περιοδικά τη παραλία με ίζημα.



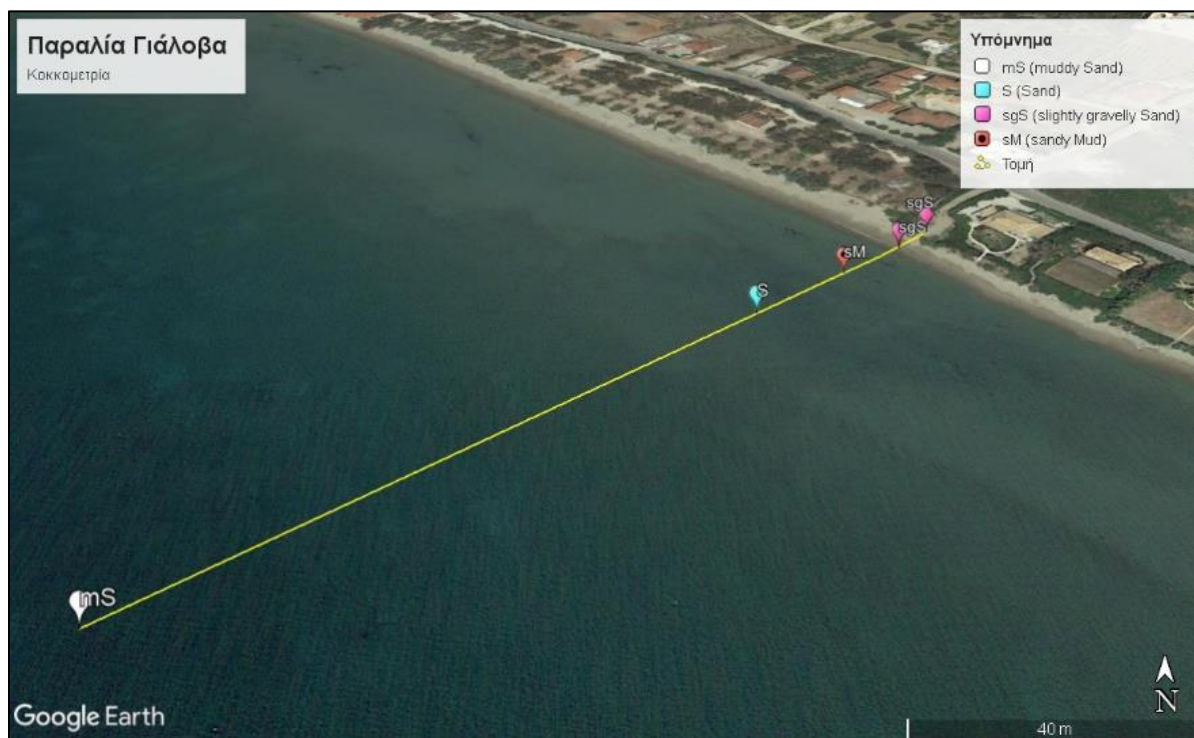
Εικόνα 5.19: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Γιάλοβα που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια



Εικόνα 5.20: Ημισελινοειδείς δομές και χερσαίο σκαλοπάτι με φύκια και διάσπαρτες κροκάλες και μικρές θίνες με βλάστηση (Οκτώβριος 2020)

Το υποθαλάσσιο τμήμα της παραλίας παρουσιάζει ομαλή κλίση (2,2%). Από τα 20 m έως και τα 40m απόσταση από την ακτογραμμή το βάθος παραμένει σχετικά σταθερό περί στο 1 m, ενώ από τα 50 m έως και τα 90 m απόσταση από την ακτογραμμή εμφανίζεται μία υποθαλάσσια ράχη σε βάθος 0,9 m σύστασης άμμου. Από την ακτογραμμή έως και τα 10 m απόσταση, τα ιζήματα έχουν σύσταση ελαφρώς χαλικούχου άμμου, από τα 10 m έως και τα 40m απόσταση τα ιζήματα έχουν σύσταση αμμούχου πηλού (ιλυ-άργιλος), από τα 40 m έως και περίπου τα 120 m είναι

αμμώδη και από τα 120 έως τα 200 m απόσταση από την ακτογραμμή τα ιζήματα έχουν σύσταση πηλούχου άμμου, η οποία είναι στιφρή ενώ υπάρχουν και αραιά φύκια (*Cymodocea*) (Εικόνα 5.21).



Εικόνα 5.21: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

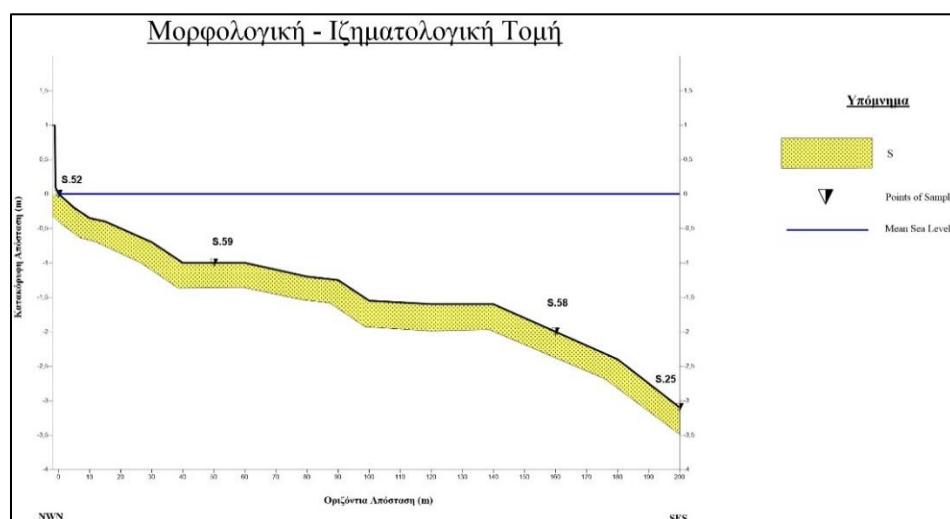
Σύμφωνα με Folk (1974) (Πίνακας 5.5), τα χερσαία ιζήματα είναι μέτρια ταξινομημένα, υποδηλώνοντας την μέτρια ομοιογένεια των ιζημάτων και τη μέτρια σταθερότητα των υδροδυναμικών συνθηκών. Επιπλέον, παρουσιάζουν αρνητική λοξότητα (ισχυρή ασυμμετρία) και συμμετρική κατανομή αντίστοιχα, άρα παρατηρείται μια αλλαγή από ένα περιβάλλον που επικρατεί το χονδρόκοκκο υλικό σε ένα περιβάλλον όπου τα χονδρόκοκκα υλικά βρίσκονται σε ίση ποσότητα με τα λεπτόκοκκα υλικά. Τα ιζήματα είναι μεσόκυρτα, συνεπώς παρατηρείται σχετική ομοιομορφία στη διασπορά των κόκκων σε σχέση με την επικρατούσα τιμή.

Τα υποθαλάσσια ιζήματα είναι μέτρια έως καλά ταξινομημένα, υποδηλώνοντας την μέτρια ομοιογένεια των ιζημάτων και μέτριας έντασης – σταθερότητας των υδροδυναμικών συνθηκών. Επίσης, παρουσιάζουν αρνητική λοξότητα (ισχυρή ασυμμετρία) και συμμετρική κατανομή, άρα πραγματοποιείται μετάπτωση από ένα περιβάλλον που επικρατεί το χονδρόκοκκο υλικό σε ένα περιβάλλον όπου τα χονδρόκοκκα υλικά βρίσκονται σε ίση ποσότητα με τα λεπτόκοκκα υλικά. Χαρακτηρίζονται επιπλέον ως πλατύκυρτα, συνεπώς έχουμε μεγάλη διασπορά του μεγέθους των κόκκων σε σχέση με την επικρατούσα τιμή. Τέλος, έχουμε παρουσία φυκιών στα υποθαλάσσια δείγματα, ενώ το δείγμα Δ. 21 εμφανίζεται πλούσιο και σε οργανικό υλικό.

Πίνακας 5.5: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων της παραλίας Γιάλοβα

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΚΥΡΤΩΣΗ
Δ. 22	ΜΕΤΡΙΑ	ΙΣΧΥΡΗ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ
Δ. 23	ΜΕΤΡΙΑ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ
Δ. 20	ΜΕΤΡΙΑ	ΙΣΧΥΡΗ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 21	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 26	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ

5.1.6. Παραλία Μεθώνης



Εικόνα 5.22: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Μεθώνης που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια

Η παραλία της Μεθώνης βρίσκεται στον ομώνυμο κόλπο της Μεθώνης απέναντι από την νήσο Σαπιέντζα. Η συγκεκριμένη παραλία οριοθετείται από τον παραλιακό δρόμο, ενώ γενικά το πλάτος του χερσαίου τμήματος κυμαίνεται από μηδέν έως λίγα μέτρα. Διαθέτει κατά θέσεις τουριστικές υποδομές (ομπρέλες – ξαπλώστρες – ξενοδοχεία) ενώ πέραν του ΝΔ άκρο της υπάρχει μαρίνα (Εικόνα 5.23).



Εικόνα 5.23: Παραλία Μεθώνης (Οκτώβριος 2020)

Από μορφολογικής άποψης (Εικόνα 5.22), το ενεργό μέτωπο η ακτογραμμή αποτελείται από άμμο και κροκάλες, ενώ παρατηρείται και οργανικό υλικό (Εικόνα 5.23).

Το υποθαλάσσιο τμήμα της παραλίας είναι αμμώδες με σχετικά απότομη κλίση (3,5%) και έως και 200 m από την ακτογραμμή (Εικόνα 5.22). Από τα 40 m έως τα 60 m απόσταση και από τα 120 m έως τα 140 m απόσταση από την ακτογραμμή, το βάθος του πυθμένα παραμένει σταθερό περί το 1 m και 1,60 m, αντίστοιχα. Ειδικότερα, σε βάθη 1 m – 2 m εμφανίζεται πολύ μικρό ποσοστό άμμου στον θαλάσσιο πυθμένα, καθώς διακρίνεται το υπόβαθρο των πετρωμάτων, ενώ σε μεγαλύτερα των 2 m βάθη κυριαρχεί η άμμος με αμμορυτίδες. Επιπλέον, στην συγκεκριμένη παραλία εκβάλλει ο χείμαρρος της Μεθώνης, ο οποίος μεταφέρει χερσαία υλικά. Τέλος, στα ΝΔ της παραλίας διακρίνεται παράκτιος κρημνός, η διάβρωση του οποίου συμβάλλει στη προσφορά ιζήματος.



Εικόνα 5.24: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Σύμφωνα με Folk (1974) (Πίνακας 5.6), το χερσαίο ίζημα κοκκομετρικά είναι πολύ καλά ταξινομημένα, υποδηλώνοντας την πολύ καλή ομοιογένεια των ιζημάτων κατά της υδροδυναμικής. Επιπλέον, παρουσιάζει συμμετρική κατανομή (τα χονδρόκοκκα βρίσκονται σε ίση ποσότητα με τα λεπτόκοκκα), είναι πλατύκυρτο, συνεπώς υπάρχει διασπορά στο μέγεθος των κόκκων σε σχέση με την επικρατούσα τιμή. Επίσης, τα υποθαλάσσια ιζήματα είναι καλά ταξινομημένα, υποδηλώνοντας την μέτρια ομοιογένεια των ιζημάτων και τη μέτρια ένταση της υδροδυναμικής. Παρουσιάζουν θετική λοξότητα έως συμμετρική κατανομή που σημαίνει μετάπτωση από ένα περιβάλλον που επικρατεί το λεπτόκοκκο υλικό σε ένα περιβάλλον όπου τα χονδρόκοκκα υλικά βρίσκονται σε ίση ποσότητα με τα λεπτόκοκκα υλικά. Τέλος, χαρακτηρίζονται λεπτόκυρτα έως πλατύκυρτα, συνεπώς παρατηρείται μεγάλη αύξηση της διασποράς του μεγέθους των κόκκων σε σχέση με την επικρατούσα τιμή.

Πίνακας 5.6: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων της παραλίας Μεθώνη

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΚΥΡΤΩΣΗ
Δ. 52	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 59	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΘΕΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΛΕΠΤΟΚΥΡΤΟ
Δ. 58	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΘΕΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΛΕΠΤΟΚΥΡΤΟ
Δ. 25	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ

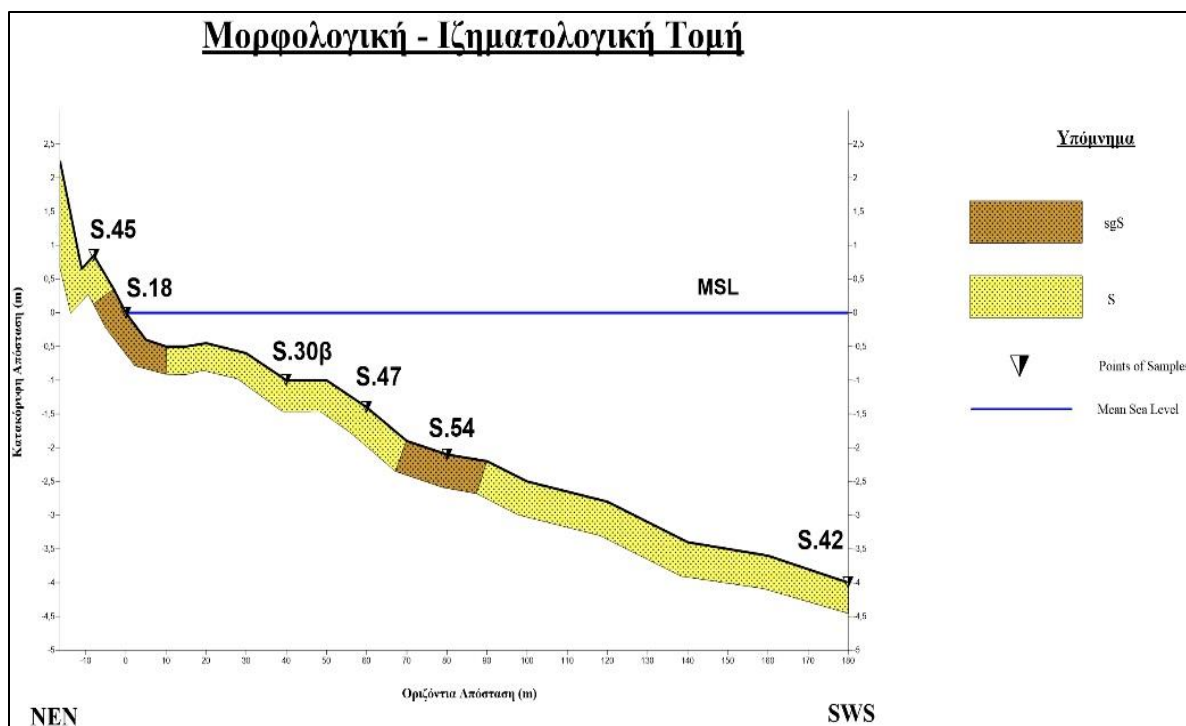
5.1.7. Παραλία Φοινίκη (Λάμπες):

Η παραλία Φοινίκη (Λάμπες) βρίσκεται απέναντι από τις νησίδες Αγία Μαρίνα και Σχίζα. Η συγκεκριμένη παραλία έχει πλάτος περί τα 16,5 m, διαθέτει τουριστικές υποδομές (ομπρέλες – ξαπλώστρες – μικρά καταλύματα – water sports), ενώ η πρόσβαση πραγματοποιείται μέσω παράκτιου δρόμου (Εικόνα 5.25).



Εικόνα 5.25: Παραλία Φοινίκη (Λάμπες) (Οκτώβριος 2020)

Όσον αφορά τη μορφολογία (Εικόνα 5.26), το χερσαίο τμήμα της παραλίας έχει πολύ απότομη κλίση (14%), ενώ περίπου από τα 5 m έως τα 16,5 m απόσταση από την ακτογραμμή παρατηρείται μια ελαφρά ταπείνωση. Επιπλέον, ένας χερσαίος αναβαθμός παρατηρείται σε απόσταση περί τα 10 m και ύψος 0,80 m με αμμώδη σύσταση. Η οπισθοπαραλία φιλοξενεί θίνες με βλάστηση, οι οποίες ξεπερνούν τα 2 m, οι οποίες σε μερικά σημεία είναι μπαζωμένες (Εικόνα 5.27α). Στην επί - παράλια ζώνη παρατηρούνται επίσης διάσπαρτα φύκια και κροκάλες (Εικόνα 5.27β). Το μέτωπο της παραλίας συνίσταται ελαφρώς χαλικούχο άμμο (Εικόνα 5.25). Στα ΒΔ και ΝΑ άκρα της παραλίας ευρίσκονται παράκτιοι κρημνοί, των οποίων η διάβρωση συμβάλλει στη δημιουργία ιζήματος.



Εικόνα 5.26: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Φοινίκη (Λάμπες) που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια



Εικόνα 5.27: α) Θίνες με βλάστηση στην οπισθοπαραλία, κάποιες από τις οποίες είναι μπαζωμένες (Οκτώβριος 2020), β) Διάσπαρτα φύκια και κροκάλες στην επι – παράλια ζώνη (Οκτώβριος 2020)

Το υποθαλάσσιο τμήμα της παραλίας (Εικόνα 5.28) ο θαλάσσιος πυθμένας παρουσιάζει πολύ ομαλή κλίση (2%). Από τα 10 m έως τα 15 m απόσταση και σε απόσταση από τα 40 m έως και 50 m από την ακτογραμμή, το βάθος του πυθμένα παραμένει σταθερό περί τα 0,5 m και 1 m, αντίστοιχα. Η κοκκομετρία των ιζημάτων του θαλάσσιου πυθμένα αποτελείται από εναλλαγές άμμου και ελαφρώς χαλικούχου άμμου. Πιο συγκεκριμένα, από την ακτογραμμή έως περίπου τα 10 m απόσταση και περίπου από τα 70 m έως και τα 90 m, το ίζημα χαρακτηρίζεται ως ελαφρός

χαλικούχος άμμος, ενώ από τα 10 m έως τα 68 m και από τα 90 m έως και τα 180 m το ίζημα χαρακτηρίζεται άμμος.



Εικόνα 5.28: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Σύμφωνα με Folk (1974) (Πίνακας 5.7), τα χερσαία ιζήματα είναι καλά έως πολύ καλά ταξινομημένα, υποδηλώνοντας καλή ομοιογένεια και σχετικά σταθερές υδροδυναμικές συνθήκες. Επιπλέον, παρουσιάζουν συμμετρική κατανομή. Τα υποθαλάσσια ιζήματα παρουσιάζουν θετική λοξότητα με εξαίρεση το δείγμα Δ.30β, το οποίο έχει αρνητική συμμετρία. Επίσης, χαρακτηρίζονται είτε μεσόκυρτα, με μόνο το δείγμα Δ.54 να είναι λεπτόκυρτο και είναι πλατύκυρτα, συνεπώς παρατηρείται μεγάλη διασπορά του μεγέθους των κόκκων σε σχέση με την επικρατούσα τιμή. Στα δείγματα Δ.47 και Δ.45 βρέθηκαν ελάχιστα φύκια, ενώ στο δείγμα Δ.54 βρέθηκαν διάσπαρτες κροκάλες

Πίνακας 5.7: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων της παραλίας Φοινίκη (Λάμπες)

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΚΥΡΤΩΣΗ
Δ. 45	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 18	ΚΑΛΗ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 30β	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ
Δ. 47	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΘΕΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ
Δ. 54	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΘΕΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΛΕΠΤΟΚΥΡΤΟ
Δ. 42	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΘΕΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ

5.1.8. Παραλία Ανεμόμυλος

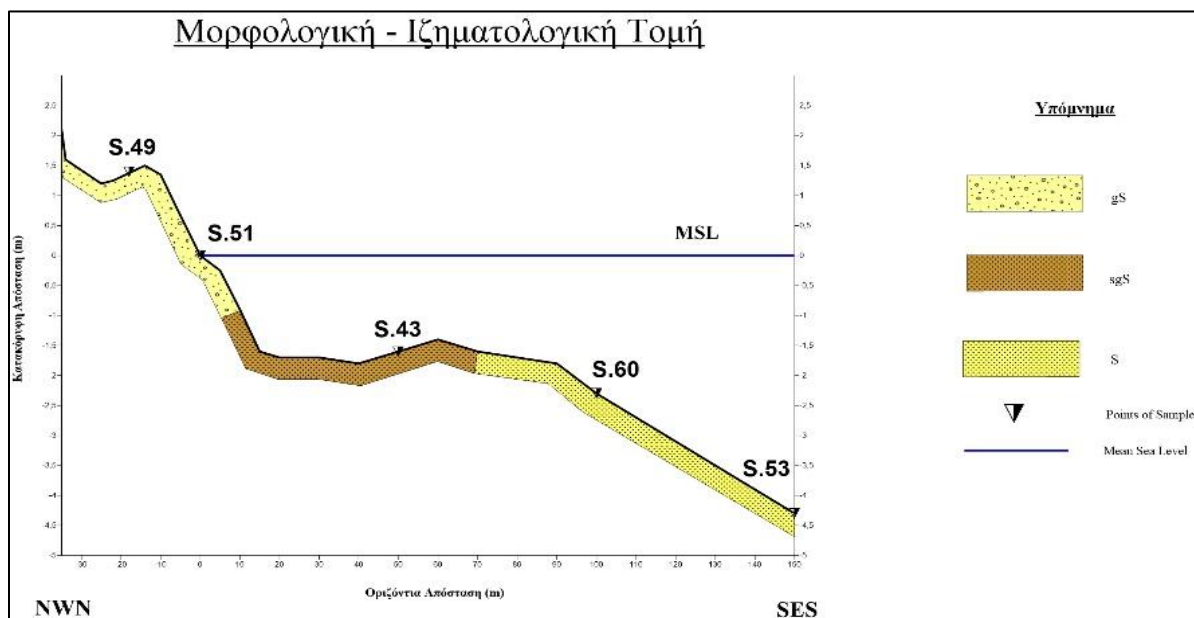
Η παραλία ανεμόμυλος βρίσκεται, δυτικά της Φοινικούντας, διαθέτει τουριστικές υποδομές (ομπρέλες, ξαπλώστρες, μικρά ξενοδοχεία) και είναι προσβάσιμη από τη χέρσο. Ενδιάμεσα της παραλίας, παρατηρείται η ύπαρξη ενός ρέματος, το λεγόμενο Μιναγιώτικο ρέμα, το οποίο τροφοδοτεί περιοδικά τη παραλία με ίζημα. (Εικόνα 5.31).



Εικόνα 5.29: α) άμμος με διάσπαρτες κροκάλες στην επι – παράλια ζώνη (Οκτώβριος 2020), β) θίνες με βλάστηση, κάποιες από τις οποίες είναι κατεστραμμένες (Οκτώβριος 2020) και (γ) η εκβολή του το Μιναγιώτικου ρέματος (Οκτώβριος 2020)

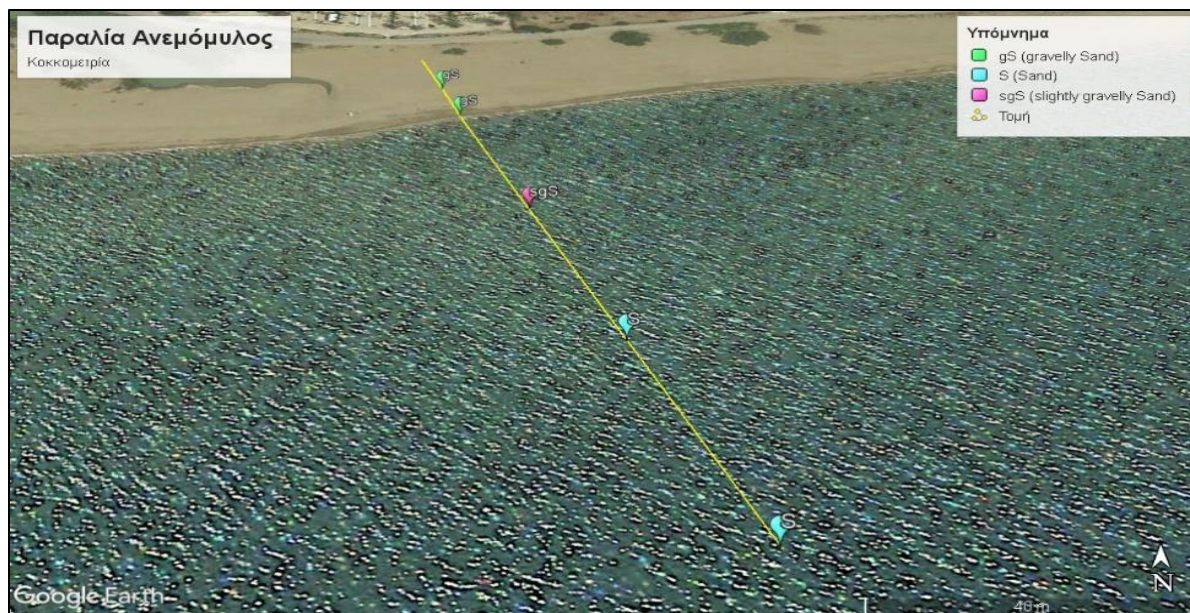
Όσον αφορά τη μορφολογία (Εικόνα 5.30), το χερσαίο τμήμα της παραλίας παρουσιάζει πολύ απότομη κλίση (6%), ενώ περίπου από τα 12 m απόσταση έως περίπου και τα 34 m απόσταση παρατηρείται ένα χερσαίο κοίλωμα. Ολόκληρο το χερσαίο τμήμα έχει σύσταση χαλικώδους άμμου, ενώ από την ακτογραμμή έως περίπου και τα 12 m απόσταση παρατηρείται άμμος με διάσπαρτες κροκάλες (Εικόνα 5.29α). Επιπλέον, διακρίνεται ένας χερσαίος αναβαθμός ύψους 1,50 m σε απόσταση 14,00 m από την ακτογραμμή, ενώ στην οπισθοπαραλία

παρατηρούνται θίνες με βλάστηση ύψους 2,1 m σε απόσταση 35 m από την ακτογραμμή, κάποιες από τις οποίες είναι κατεστραμμένες (Εικόνα 5.29β). ΒΑ και ΝΔ της παραλίας, παρατηρούνται δύο παράκτιοι κρημνοί, η αποσάθρωση και διάβρωση των οποίων συμβάλλουν στην δημιουργία ιζημάτων, το οποίο με την σειρά του αποτίθενται στην παραλία. Γενικά, η συγκεκριμένη παραλία αποτελεί μία βραχώδη ακτή και δημιουργείται λόγω της αποσάθρωσης και της πλευρικής απόθεσης των ιζημάτων, διότι αποτελεί έναν κόλπο.



Εικόνα 5.30: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Ανεμόμυλος που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια

Το υποθαλάσσιο τμήμα της παραλίας παρουσιάζει απότομη κλίση (4%). Από τα 15 m έως και τα 40 m απόσταση από την ακτογραμμή παρατηρείται ένα υποθαλάσσιο βύθισμα (-1,7 m) σύστασης ελαφρώς χαλικούχου άμμου, ενώ από τα 40 m έως τα 70 m απόσταση από την ακτογραμμή εμφανίζεται μία υποθαλάσσια ράχη άμμου που φθάνει σε βάθος 1,4 m. Σύμφωνα με την εικόνα 5.31, ο θαλάσσιος πυθμένας αποτελείται από χαλικούχο άμμο, πού μεταπίπτει σε ελαφρώς χαλικούχο άμμο και στην συνέχεια επικρατεί καθαρή άμμος.



Εικόνα 5.31: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Σύμφωνα με Folk (1974) (Πίνακας 5.8), είναι μέτρια έως καλά διαβαθμισμένα, υποδηλώνοντας την μέτρια ομοιογένεια των ιζημάτων και της υδροδυναμικής κατάστασης. Επιπλέον, τα ιζήματα της παραλίας παρουσιάζουν συμμετρική κατανομή, του μετώπου θετική λοξότητα όντας πλατυκυρτα. Τα υποθαλάσσια ιζήματα είναι μέτρια έως μέτρια καλά διαβαθμισμένα, παρουσιάζουν σχεδόν συμμετρική κατανομή ή ασυμμετρία με αρνητική λοξότητα. Τέλος, τα ιζήματα του πυθμένα χαρακτηρίζονται μεσόκυρτα, είτε λεπτόκυρτα (Δ. 60).

Πίνακας 5.8: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων της παραλίας Ανεμόμυλος

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΚΥΡΤΩΣΗ
Δ. 49	ΜΕΤΡΙΑ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ
Δ. 51	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΘΕΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 43	ΜΕΤΡΙΑ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ
Δ. 60	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΛΕΠΤΟΚΥΡΤΟ
Δ. 53	ΜΕΤΡΙΑ	ΣΧΕΔΟΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ

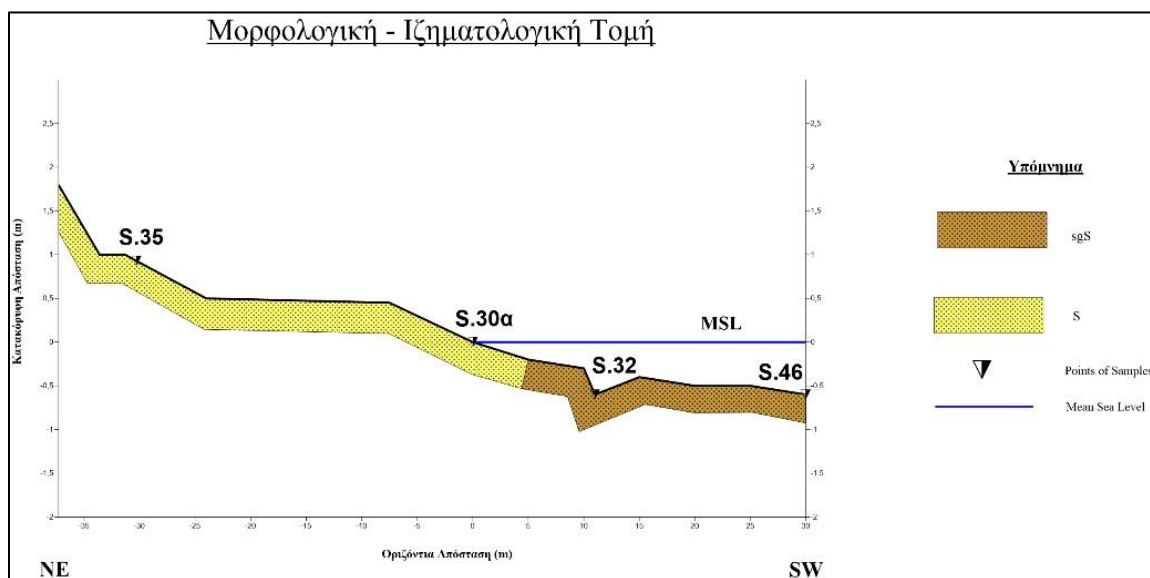
5.1.9. Παραλία Τσαπί.

Η παραλία Τσαπί βρίσκεται στην Ν Μεσσηνία και διαθέτει camping (μικρά καταλύματα) αποτελώντας παραλία τσέπης (rocket beach) (Εικόνα 5.34). Επίσης στην οπισθοπαραλία υπάρχουν θίνες με βλάστηση.



Εικόνα 5.32: Παραλία Τσαπί (Οκτώβριος 2020)

Η παραλία έχει πλάτος περί τα 37 m (Εικόνα 5.33), με το χερσαίο τμήμα της να παρουσιάζει απότομη κλίση (4,8%). Σε όλη την επί - παραλία ζώνη παρατηρούνται διάσπαρτες κροκάλες, οι οποίες βρίσκονται σε μεγαλύτερο ποσοστό προς το ανώτερο τμήμα της. Επιπλέον, παρατηρείται ένας χερσαίος αναβαθμός (berm) σε ύψος 1 m, ενώ στην οπισθοπαραλία διακρίνονται μεγάλες θίνες ύψους 1,80. (Εικόνα 5.32). Στα ΒΔ και ΝΑ της παραλίας, παρατηρούνται δύο παράκτιοι κρημνοί, η διάβρωση των οποίων συμβάλλουν στη προσφορά ιζήματος.



Εικόνα 5.33: Μορφολογική – Ιζηματολογική τομή της παραλίας Τσαπί που απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων χερσαία και υποθαλάσσια

Το υποθαλάσσιο τμήμα της παραλίας, παρουσιάζει πολύ ομαλή κλίση (2%), ενώ σε απόσταση 11 m έως 15 m απόσταση από την ακτογραμμή, εμφανίζεται ένα υποθαλάσσιο βύθισμα βάθους 0,4 m, το οποίο ακολουθείται από ύβωμα (bar) ανάλογου υψομέτρου. Η κοκκομετρία του

θαλάσσιου πυθμένα περιλαμβάνει μια στενή ζώνη άμμου που αλλάζει σε ελαφρώς χαλικούχο άμμο (Εικόνα 5.34).



Εικόνα 5.34: Χάρτης που απεικονίζει την κοκκομετρία του χερσαίου και του υποθαλάσσιου τμήματος της παραλίας

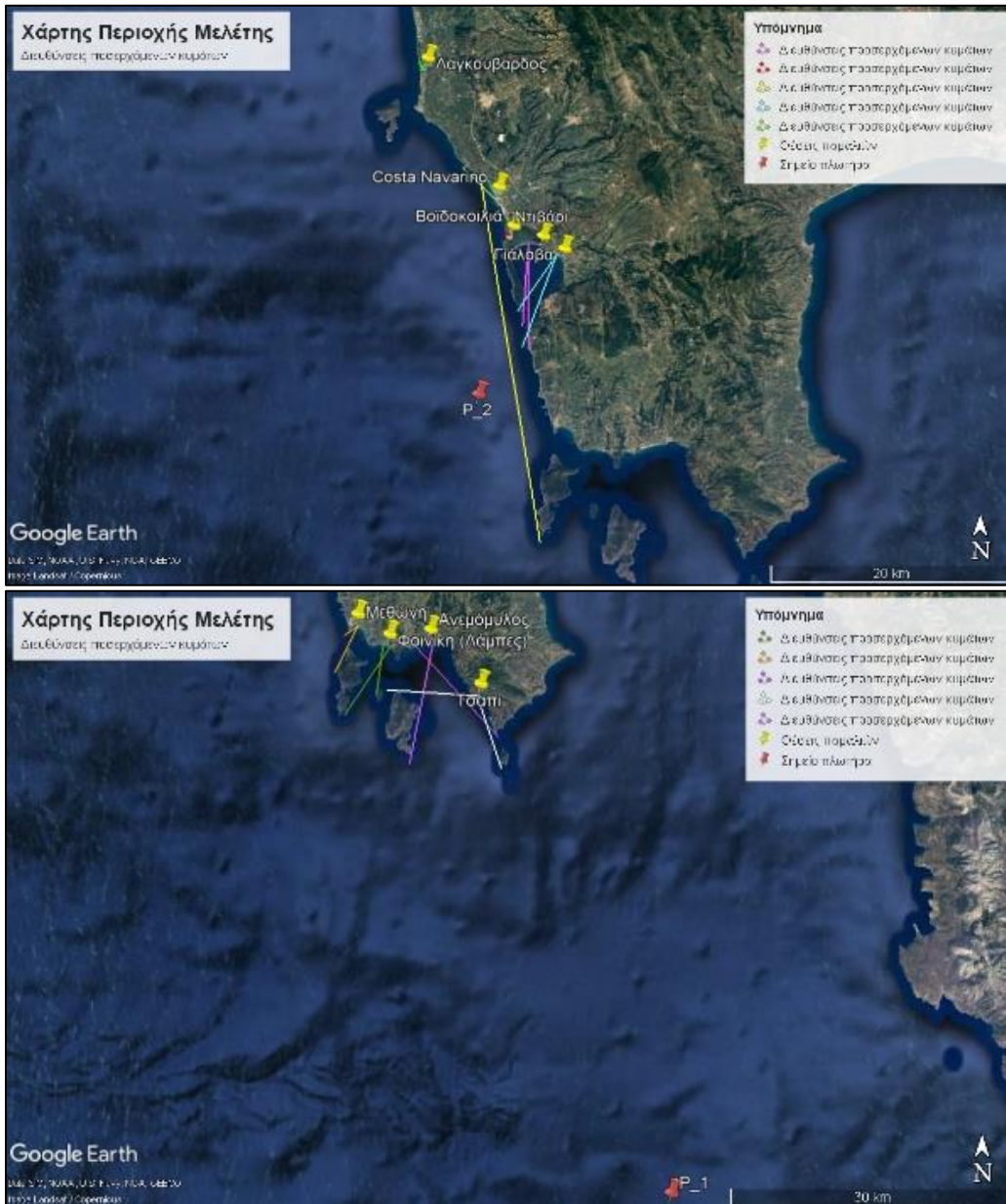
Σύμφωνα με Folk (1974) (Πίνακας 5.9), τα ιζήματα είναι καλά διαβαθμισμένα, υποδηλώνοντας την μέτρια ομοιογένεια των ιζημάτων και μέτρια υδροδυναμική κατάσταση. Επιπλέον, τα ιζήματα παρουσιάζουν γενικά αρνητική λοξότητα (το χονδρόκοκκο υλικό κυριαρχεί), το χερσαίο και το βαθύτερο υποθαλάσσιο είναι μεσόκυρτα, ενώ του μετώπου και της εγγύς παράλιας ζώνης είναι πλατύκυρτα. Στο δείγμα Δ.35 βρέθηκαν διάσπαρτες κροκάλες.

Πίνακας 5.9: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά χερσαίων ιζημάτων και υποθαλάσσιων ιζημάτων της παραλίας Τσαπί

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΚΥΡΤΩΣΗ
Δ. 35	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ
Δ. 30α	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 32	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΠΛΑΤΥΚΥΡΤΟ
Δ. 46	ΚΑΛΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ - ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ - ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ	ΜΕΣΟΚΥΡΤΟ

5.2. Κυματικά χαρακτηριστικά των παραλιών

Για τον προσδιορισμό των κυματικών συνθηκών που επικρατούν στις υπό μελέτη παραλίες της και ΝΔ Μεσσηνίας, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα ανοικτής θάλασσας του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.. Τα παραπάνω δεδομένα καλύπτουν μια χρονική περίοδο 24 ετών και συγκεκριμένα από το 1993 έως το 2016, ενώ χρησιμοποιήθηκαν δύο σημεία πλωτήρα με συντεταγμένες Point_1 → 36° 17' 0.00"Ν και 22° 05' 0.00"Ε , Point_2 → 36° 50' 0.00"Ν και 21° 38' 0.00"Ε. Συνεπώς, οι υπό μελέτη παραλίες μελετήθηκαν με βάση τις διευθύνσεις των κυματισμών που είναι εκτεθειμένες (Εικόνα 5.37).



Εικόνα 5.35: Θέσεις σημείων πλωτήρα, που επιλέχθηκαν για τον καθορισμό των κυματικών συνθηκών και οι διευθύνσεις των προσερχόμενων κυμάτων (Google Earth)

5.2.1 Κυματικά χαρακτηριστικά ανοικτής θάλασσας

5.2.1.1. Παραλία Λαγκούβαρδος:

Η παραλία Λαγκούβαρδος (Πίνακας 5.10) είναι εκτεθειμένη σε κύματα που έχουν διεύθυνση $[250,0^\circ - 332,2^\circ]$ με συχνότητα εμφάνισης 73,71%. Ειδικότερα, όσον αφορά το σημαντικό ύψος κύματος, η μέση τιμή είναι $H_{1/3} = 1,86$ m, η περίοδος είναι $T_p = 7,13$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $290,20^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 24,57%. Για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν στο 1/10, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{1/10} = 2,78$ m, η περίοδος είναι $T_p = 8,30$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $274,08^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 7,37%. Τέλος, για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν σε συνθήκες καταιγίδας, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{max} = 5,57$ m, η περίοδος είναι $T_p = 10,52$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης της $266,32^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,13%.

Πίνακας 5.10: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Λαγκούβαρδος

	1/3	1/10	Maximum	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ (deg)
SWH (m)	1,86	2,78	5,57	250,0 - 332,2
T_p (sec)	7,13	8,30	10,52	
MWD (deg)	290,20	274,08	266,32	
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	24,57	7,37	0,13	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	73,71			

5.2.1.2. Παραλία Costa Navarino:

Η παραλία στην ξενοδοχειακή μονάδα Costa Navarino (Πίνακας 5.11) είναι εκτεθειμένη σε κύματα που έχουν διεύθυνση $[170,4^\circ - 314,7^\circ]$ με συχνότητα εμφάνισης 59,04%. Ειδικότερα, όσον αφορά το σημαντικό ύψος κύματος, η μέση τιμή είναι $H_{1/3} = 1,98$ m, η περίοδος είναι $T_p = 7,40$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $266,27^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 19,68%. Για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν στο 1/10, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{1/10} = 2,92$ m, η περίοδος είναι $T_p = 8,50$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $262,73^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 5,90%. Τέλος, για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν σε συνθήκες καταιγίδας, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{max} = 5,56$ m, η περίοδος είναι $T_p = 10,48$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης της $263,06^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,13%.

Πίνακας 5.11: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Costa Navarino

	1/3	1/10	Maximum	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ (deg)
SWH (m)	1,98	2,92	5,56	170,4 - 314,7
Tr (sec)	7,40	8,50	10,48	
MWD (deg)	266,27	262,73	263,06	
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	19,68	5,90	0,13	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	59,04			

5.2.1.3. Παραλία Βοϊδοκοιλιά:

Η παραλία Βοϊδοκοιλιά (Πίνακας 5.12) είναι εκτεθειμένη σε κύματα που έχουν διεύθυνση $[272,5^\circ - 305,9^\circ]$ με συχνότητα εμφάνισης 19,92%. Ειδικότερα, όσον αφορά το σημαντικό ύψος κύματος, η μέση τιμή είναι $H_{1/3} = 1,73$ m, η περίοδος είναι $T_p = 6,91$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $292,66^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 6,64%. Για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν στο 1/10, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{1/10} = 2,63$ m, η περίοδος είναι $T_p = 8,06$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $292,55^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 1,99%. Τέλος, για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν σε συνθήκες καταιγίδας, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{max} = 4,67$ m, η περίοδος είναι $T_p = 9,61$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης της $297,62^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,13%.

Πίνακας 5.12: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Βοϊδοκοιλιά

	1/3	1/10	Maximum	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ (deg)
SWH (m)	1,73	2,63	4,67	272,5 - 305,9
Tr (sec)	6,91	8,06	9,61	
MWD (deg)	292,66	292,55	297,62	
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	6,64	1,99	0,13	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	19,92			

5.2.1.4. Παραλία Ντιβάρι:

Η παραλία Ντιβάρι (Πίνακας 5.13) είναι εκτεθειμένη σε κύματα που έχουν διεύθυνση $[179,1^\circ - 182,9^\circ]$ με συχνότητα εμφάνισης 0,41%. Ειδικότερα, όσον αφορά το σημαντικό ύψος κύματος, η μέση τιμή είναι $H_{1/3} = 1,92$ m, η περίοδος είναι $T_p = 7,02$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $181,03^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,14%. Για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν στο 1/10, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{1/10} = 2,60$ m, η περίοδος είναι $T_p = 7,82$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $180,86^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,04%. Τέλος, για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν σε συνθήκες καταιγίδας, η μέση τιμή του

ύψους κύματος είναι $H_{\max} = 1,98$ m, η περίοδος είναι $T_p = 7,07$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης της $180,95^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης $0,13\%$.

Πίνακας 5.13: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Ντιβάρι

	1/3	1/10	Maximum	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ (deg)
SWH (m)	1,92	2,60	1,98	179,1 - 182,9
T_p (sec)	7,02	7,82	7,07	
MWD (deg)	181,03	180,86	180,95	
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	0,14	0,04	0,13	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	0,41			

5.2.1.5. Παραλία Γιάλοβα:

Η παραλία Γιάλοβα (Πίνακας 5.14) είναι εκτεθειμένη σε κύματα που έχουν διεύθυνση [$198,5^\circ - 212,3^\circ$] με συχνότητα εμφάνισης $1,97\%$. Ειδικότερα, όσον αφορά το σημαντικό ύψος κύματος, η μέση τιμή είναι $H_{1/3} = 2,20$ m, η περίοδος είναι $T_p = 7,55$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $205,52^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης $0,66\%$. Για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν στο 1/10, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{1/10} = 3,01$ m, η περίοδος είναι $T_p = 8,19$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $205,05^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης $0,20\%$. Τέλος, για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν σε συνθήκες καταιγίδας, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{\max} = 3,25$ m, η περίοδος είναι $T_p = 8,39$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης της $204,70^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης $0,13\%$.

Πίνακας 5.14: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Γιάλοβα

	1/3	1/10	Maximum	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ (deg)
SWH (m)	2,20	3,01	3,25	198,5 - 212,3
T_p (sec)	7,55	8,19	8,39	
MWD (deg)	205,52	205,05	204,70	
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	0,66	0,20	0,13	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	1,97			

5.2.1.6. Παραλία Μεθώνη:

Η παραλία Μεθώνη (Πίνακας 5.15) είναι εκτεθειμένη σε κύματα που έχουν διεύθυνση [$206,1^\circ - 234,5^\circ$] με συχνότητα εμφάνισης $4,63\%$. Ειδικότερα, όσον αφορά το σημαντικό ύψος κύματος, η μέση τιμή είναι $H_{1/3} = 2,17$ m, η περίοδος είναι $T_p = 7,61$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $221,18^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης $1,54\%$. Για τα μεγαλύτερα κύματα που

αντιστοιχούν στο 1/10, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{1/10} = 2,95$ m, η περίοδος είναι $T_p = 8,47$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $221,26^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,46%. Τέλος, για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν σε συνθήκες καταιγίδας, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{\max} = 3,75$ m, η περίοδος είναι $T_p = 9,33$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης της $222,77^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,13%.

Πίνακας 5.15: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Μεθώνη

	1/3	1/10	Maximum	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ (deg)
SWH (m)	2,17	2,95	3,75	206,1 - 234,5
T_p (sec)	7,61	8,47	9,33	
MWD (deg)	221,18	221,26	222,77	
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	1,54	0,46	0,13	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	4,63			

5.2.1.7. Παραλία Φοινίκη (Λάμπες):

Η παραλία Φοινίκη (Λάμπες) (Πίνακας 5.16) είναι εκτεθειμένη σε κύματα που έχουν διεύθυνση $[187,0^\circ - 213,1^\circ]$ με συχνότητα εμφάνισης 2,82%. Ειδικότερα, όσον αφορά το σημαντικό ύψος κύματος, η μέση τιμή είναι $H_{1/3} = 2,22$ m, η περίοδος είναι $T_p = 7,34$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $201,36^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,94%. Για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν στο 1/10, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{1/10} = 2,98$ m, η περίοδος είναι $T_p = 8,10$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $201,65^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,28%. Τέλος, για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν σε συνθήκες καταιγίδας, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{\max} = 3,38$ m, η περίοδος είναι $T_p = 8,54$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης της $200,89^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,13%.

Πίνακας 5.16: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Φοινίκη (Λάμπες)

	1/3	1/10	Maximum	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ (deg)
SWH (m)	2,22	2,98	3,38	187,0 - 213,1
T_p (sec)	7,34	8,10	8,54	
MWD (deg)	201,36	201,65	200,89	
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	0,94	0,28	0,13	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	2,82			

5.2.1.8. Παραλία Ανεμόμυλος:

Η παραλία Ανεμόμυλος (Πίνακας 5.17) είναι εκτεθειμένη σε κύματα που έχουν διεύθυνση $[136,8^\circ - 190,3^\circ]$ με συχνότητα εμφάνισης 5,80%. Ειδικότερα, όσον αφορά το σημαντικό ύψος κύματος, η μέση τιμή είναι $H_{1/3} = 2,29$ m, η περίοδος είναι $T_p = 7,14$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $163,25^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 1,93%. Για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν στο 1/10, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{1/10} = 3,07$ m, η περίοδος είναι $T_p = 7,83$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $160,85^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,58%. Τέλος, για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν σε συνθήκες καταιγίδας, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{max} = 3,85$ m, η περίοδος είναι $T_p = 8,56$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης της $157,65^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,13%.

Πίνακας 5.17: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Ανεμόμυλος

	1/3	1/10	Maximum	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ (deg)
SWH (m)	2,29	3,07	3,85	136,8 - 190,3
T_p (sec)	7,14	7,83	8,56	
MWD (deg)	163,25	160,85	157,65	
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	1,93	0,58	0,13	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	5,80			

5.2.1.9. Παραλία Τσαπί:

Η παραλία Τσαπί (Πίνακας 5.18) είναι εκτεθειμένη σε κύματα που έχουν διεύθυνση $[160,9^\circ - 272,9^\circ]$ με συχνότητα εμφάνισης 23,29%. Ειδικότερα, όσον αφορά το σημαντικό ύψος κύματος, η μέση τιμή είναι $H_{1/3} = 2,36$ m, η περίοδος είναι $T_p = 7,90$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $246,13^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 7,76%. Για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν στο 1/10, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{1/10} = 3,30$ m, η περίοδος είναι $T_p = 8,90$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης τις $251,15^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 2,33%. Τέλος, για τα μεγαλύτερα κύματα που αντιστοιχούν σε συνθήκες καταιγίδας, η μέση τιμή του ύψους κύματος είναι $H_{max} = 5,33$ m, η περίοδος είναι $T_p = 10,59$ sec με επικρατούσα διεύθυνση διάδοσης της $255,63^\circ$ και συχνότητα εμφάνισης 0,13%.

Πίνακας 5.18: Φυσικά χαρακτηριστικά του κύματος στην παραλία Τσαπί

	1/3	1/10	Maximum	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ (deg)
SWH (m)	2,36	3,30	5,33	160,9 - 272,9
T_p (sec)	7,90	8,90	10,59	
MWD (deg)	246,13	251,15	255,63	
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	7,76	2,33	0,13	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (%)	23,29			

5.2.2 Κυματικά χαρακτηριστικά της παραλιακής ζώνης

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία επικεντρώνεται σε μία υδροδυναμική ζώνη, η οποία αποτυπώνει την διάδοση των κυμάτων σε συνθήκες βαθιών νερών ($d > L/2$).

5.2.2.1. Παραλία Λαγκούβαρδος:

Στην παραλία Λαγκούβαρδος (Πίνακας 5.19) η διεύθυνση των προσερχόμενων κυμάτων είναι ΔΝΔ και ΒΒΔ [$250,0^\circ - 332,2^\circ$]. Τα χαρακτηριστικά του 1/3, του 1/10 μεγαλύτερων όπως και των κυμάτων θυέλλης (ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0,175) δίνονται στον Πίνακα 5.19. Τα προσερχόμενα κύματα επιδρούν στην ιζηματολογία-μορφολογία του πυθμένα σε βάθος περίπου 12,50 m (closure depth $d_c = 12,50$ m) και όσο το βάθος μειώνεται τα κύματα υφίστανται διάθλαση. Όσο το κύμα πλησιάζει ολοένα και περισσότερο την ακτή, θα φτάσει στην ζώνη θραύσης του στην περι- παράλια ζώνη (breaking zone), η οποία στις συνθήκες των κυμάτων που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχει βάθος $d_b = 2,47$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,15$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,87$). Για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος θραύσης $d_b = 3,62$ m και ύψος κύματος $H_b = 3,15$ m, ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταιγίδα έχει βάθος $d_b = 6,99$ m και ύψος κύματος $H_b = 6,08$ m. Τέλος, σε συνθήκες καταιγίδας, η μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων των κυμάτων είναι της τάξης των $R_{2\%} = 1,33$ m.

Πίνακας 5.19: Φυσικά χαρακτηριστικά κύματος σε συνθήκες βαθιών νερών και στην ζώνη θραύσης και διαβροχής (C: ταχύτητα του κύματος, L: μήκος του κύματος, H: ύψος του κύματος, Tα: περίοδος του κύματος, d_b : βάθος στην ζώνη θραύσης, $R_{2\%}$: μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων, d_c : μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, H_b : ύψος κύματος στην ζώνη θραύσης, γ_b : κριτήριο θραύσης)

	C (m/sec)	L (m)	H (m)	T (sec)	d_b (m)	$R_{2\%}$ (m)	d_c (m)	H_b (m)	γ_b (m)
1/3	11,12	79,31	1,86	7,13	2,47	-	-	2,15	0,87
1/10	12,95	107,56	2,78	8,30	3,62	-	-	3,15	
Maximum	16,41	172,71	5,57	10,52	6,99	1,33	12,50	6,08	

5.2.2.2. Παραλία Costa Navarino:

Στην παραλία του Costa Navarino (Πίνακας 5.20) η διεύθυνση των προσερχόμενων κυμάτων είναι [$170,4^\circ - 314,7^\circ$]. Τα χαρακτηριστικά του 1/3, του 1/10 μεγαλύτερων όπως και των κυμάτων θυέλλης (ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0,175) δίνονται στον Πίνακα 5.19. Τα προσερχόμενα κύματα επιδρούν στην ιζηματολογία-μορφολογία του πυθμένα σε βάθος περίπου 12,48 m (closure depth $d_c = 12,48$ m) Όσο το κύμα πλησιάζει ολοένα και περισσότερο την ακτή, θα φτάσει στην ζώνη θραύσης του στην περι- παράλια ζώνη (breaking zone), η οποία στις συνθήκες των κυμάτων που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχει βάθος $d_b = 2,78$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,28$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,82$). Για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος d_b

= 4,03 m και το ύψος κύματος $H_b = 3,31$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,82$), ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταιγίδα, το βάθος $d_b = 7,40$ m και το ύψος κύματος $H_b = 6,07$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,82$). Τέλος, σε συνθήκες καταιγίδας η μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων των κυμάτων ισούται με $R_{2\%} = 1,33$ m.

Πίνακας 5.20: Φυσικά χαρακτηριστικά κύματος σε συνθήκες βαθιών νερών και στην ζώνη θραύσης και διαβροχής (C: ταχύτητα του κύματος, L: μήκος του κύματος, H: ύψος του κύματος, Tα: περίοδος του κύματος, d_b : βάθος στην ζώνη θραύσης, $R_{2\%}$: μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων, d_c : μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, H_b : ύψος κύματος στην ζώνη θραύσης, γ_b : κριτήριο θραύσης)

	C (m/sec)	L (m)	H (m)	T (sec)	d_b (m)	$R_{2\%}$ (m)	d_c (m)	H_b (m)	γ_b (m)
1/3	11,55	85,52	1,98	7,40	2,78	-	-	2,28	0,82
1/10	13,26	112,71	2,92	8,50	4,03	-	-	3,31	
Maximum	16,36	171,48	5,56	10,48	7,40	1,33	12,48	6,07	

5.2.2.3. Παραλία Βοϊδοκοιλιά:

Στην παραλία Βοϊδοκοιλιά (Πίνακας 5.21) η διεύθυνση των προσερχόμενων κυμάτων είναι $[272,5^\circ - 305,9^\circ]$. Τα χαρακτηριστικά του 1/3, του 1/10 μεγαλύτερων όπως και των κυμάτων θυέλλης (ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0,175) δίνονται στον Πίνακα 5.21. Τα προσερχόμενα κύματα επιδρούν στην ιζηματολογία – μορφολογία του πυθμένα σε βάθος περίπου 10,48 m (closure depth $d_c = 10,48$ m). Όσο το κύμα πλησιάζει ολοένα και περισσότερο την ακτή, θα φτάσει στην ζώνη θραύσης του στην περί – παράλια ζώνη (breaking zone), η οποία στις συνθήκες των κυμάτων που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχει βάθος $d_b = 2,60$ m και ύψος κύματος $H_b = 1,99$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,77$). Για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος $d_b = 3,59$ m και το ύψος κύματος $H_b = 2,98$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,77$), ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταιγίδα, το βάθος $d_b = 6,65$ m και το ύψος κύματος $H_b = 5,10$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,77$). Τέλος, σε συνθήκες καταιγίδας η μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων των κυμάτων ισούται με $R_{2\%} = 1,11$ m.

Πίνακας 5.21: Φυσικά χαρακτηριστικά κύματος σε συνθήκες βαθιών νερών και στην ζώνη θραύσης και διαβροχής (C: ταχύτητα του κύματος, L: μήκος του κύματος, H: ύψος του κύματος, Tα: περίοδος του κύματος, d_b : βάθος στην ζώνη θραύσης, $R_{2\%}$: μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων, d_c : μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, H_b : ύψος κύματος στην ζώνη θραύσης, γ_b : κριτήριο θραύσης)

	C (m/sec)	L (m)	H (m)	T (sec)	d_b (m)	$R_{2\%}$ (m)	d_c (m)	H_b (m)	γ_b (m)
1/3	10,77	74,41	1,73	6,91	2,60	-	-	1,99	0,77
1/10	12,57	101,23	2,63	8,06	3,59	-	-	2,98	
Maximum	14,98	143,94	4,67	9,61	6,65	1,11	10,48	5,10	

5.2.2.4. Παραλία Ντιβάρι:

Στην παραλία Ντιβάρι (Πίνακας 5.22) η διεύθυνση των προσερχόμενων κυμάτων είναι $[179,1^\circ - 182,9^\circ]$. Τα χαρακτηριστικά του 1/3, του 1/10 μεγαλύτερων όπως και των κυμάτων θυέλλης (ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0,175) δίνονται στον Πίνακα 5.22. Τα προσερχόμενα κύματα επιδρούν στην ιζηματολογία – μορφολογία του πυθμένα σε βάθος περίπου 4,45 m (closure depth $d_c = 4,45$ m). Όσο το κύμα πλησιάζει ολοένα και περισσότερο την ακτή, θα φτάσει στην ζώνη θραύσης του στην περί – παράλια ζώνη (breaking zone), η οποία στις συνθήκες των κυμάτων που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχει βάθος $d_b = 2,77$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,19$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,79$). Για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος $d_b = 3,70$ m και το ύψος κύματος $H_b = 2,92$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,79$), ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταιγίδα, το βάθος $d_b = 2,85$ m και το ύψος κύματος $H_b = 2,25$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,79$). Τέλος, σε συνθήκες καταιγίδας η μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων των κυμάτων ισούται με $R_{2\%} = 0,53$ m.

Πίνακας 5.22: Φυσικά χαρακτηριστικά κύματος σε συνθήκες βαθιών νερών και στην ζώνη θραύσης και διαβροχής (C: ταχύτητα του κύματος, L: μήκος του κύματος, H: ύψος του κύματος, Tα: περίοδος του κύματος, d_b : βάθος στην ζώνη θραύσης, $R_{2\%}$: μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων, d_c : μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, H_b : ύψος κύματος στην ζώνη θραύσης, γ_b : κριτήριο θραύσης)

	C (m/sec)	L (m)	H (m)	T (sec)	d_b (m)	$R_{2\%}$ (m)	d_c (m)	H_b (m)	γ_b (m)
1/3	10,95	76,79	1,92	7,02	2,77	-	-	2,19	0,79
1/10	12,20	95,46	2,60	7,82	3,70	-	-	2,92	
Maximum	11,04	78,08	1,98	7,07	2,85	0,53	4,45	2,25	

5.2.2.5. Παραλία Γιάλοβα:

Στην παραλία Γιάλοβα (Πίνακας 5.23) η διεύθυνση των προσερχόμενων κυμάτων είναι $[198,5^\circ - 212,3^\circ]$. Τα χαρακτηριστικά του 1/3, του 1/10 μεγαλύτερων όπως και των κυμάτων θυέλλης (ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0,175) δίνονται στον Πίνακα 5.23. Τα προσερχόμενα κύματα επιδρούν στην ιζηματολογία – μορφολογία του πυθμένα σε βάθος περίπου 7,30 m (closure depth $d_c = 7,30$ m). Όσο το κύμα πλησιάζει ολοένα και περισσότερο την ακτή, θα φτάσει στην ζώνη θραύσης του στην περί – παράλια ζώνη (breaking zone), η οποία στις συνθήκες των κυμάτων που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχει βάθος $d_b = 3,07$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,52$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,82$). Για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος $d_b = 4,09$ m και το ύψος κύματος $H_b = 3,35$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,82$), ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταιγίδα, το βάθος $d_b = 4,39$ m και το ύψος κύματος $H_b = 3,60$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,82$). Τέλος, σε συνθήκες καταιγίδας η μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων των κυμάτων ισούται με $R_{2\%} = 0,81$ m.

Πίνακας 5.23: Φυσικά χαρακτηριστικά κύματος σε συνθήκες βαθιών νερών και στην ζώνη θραύσης και διαβροχής (C: ταχύτητα του κύματος, L: μήκος του κύματος, H: ύψος του κύματος, Tα: περίοδος του κύματος, d_b : βάθος στην ζώνη θραύσης, $R_{2\%}$: μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση

των μέγιστων 2% των αναβάσεων, d_c : μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, H_b : ύψος κύματος στην ζώνη θραύσης, γ_b : κριτήριο θραύσης)

	C (m/sec)	L (m)	H (m)	T (sec)	d_b (m)	$R_{2\%}$ (m)	d_c (m)	H_b (m)	γ_b (m)
1/3	11,78	88,91	2,20	7,55	3,07	-	-	2,52	0,82
1/10	12,77	104,59	3,01	8,19	4,09	-	-	3,35	
Maximum	13,09	109,81	3,25	8,39	4,39	0,81	7,30	3,60	

5.2.2.6. Παραλία Μεθώνη:

Στην παραλία Μεθώνη (Πίνακας 5.24) η διεύθυνση των προσερχόμενων κυμάτων είναι $[206,1^\circ - 234,5^\circ]$. Τα χαρακτηριστικά του 1/3, του 1/10 μεγαλύτερων όπως και των κυμάτων θυέλλης (ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0,175) δίνονται στον Πίνακα 5.24. Τα προσερχόμενα κύματα επιδρούν στην ιζηματολογία – μορφολογία του πυθμένα σε βάθος περίπου 8,42 m (closure depth $d_c = 8,42$ m). Όσο το κύμα πλησιάζει ολοένα και περισσότερο την ακτή, θα φτάσει στην ζώνη θραύσης του στην περί – παράλια ζώνη (breaking zone), η οποία στις συνθήκες των κυμάτων που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχει βάθος $d_b = 2,82$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,49$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,88$). Για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος $d_b = 3,79$ m και το ύψος κύματος $H_b = 3,34$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,88$), ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταιγίδα, το βάθος $d_b = 4,77$ m και το ύψος κύματος $H_b = 4,20$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,88$). Τέλος, σε συνθήκες καταιγίδας η μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων των κυμάτων ισούται με $R_{2\%} = 0,97$ m.

Πίνακας 5.24: Φυσικά χαρακτηριστικά κύματος σε συνθήκες βαθιών νερών και στην ζώνη θραύσης και διαβροχής (C: ταχύτητα του κύματος, L: μήκος του κύματος, H: ύψος του κύματος, T: περίοδος του κύματος, d_b : βάθος στην ζώνη θραύσης, $R_{2\%}$: μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων, d_c : μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, H_b : ύψος κύματος στην ζώνη θραύσης, γ_b : κριτήριο θραύσης)

	C (m/sec)	L (m)	H (m)	T (sec)	d_b (m)	$R_{2\%}$ (m)	d_c (m)	H_b (m)	γ_b (m)
1/3	11,87	90,27	2,17	7,61	2,82	-	-	2,49	0,88
1/10	13,21	111,88	2,95	8,47	3,79	-	-	3,34	
Maximum	14,56	135,86	3,75	9,33	4,77	0,97	8,42	4,20	

5.2.2.7. Παραλία Φοινίκη (Λάμπες):

Στην παραλία Φοινίκη (Λάμπες) (Πίνακας 5.25) η διεύθυνση των προσερχόμενων κυμάτων είναι $[187,0^\circ - 213,1^\circ]$. Τα χαρακτηριστικά του 1/3, του 1/10 μεγαλύτερων όπως και των κυμάτων θυέλλης (ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0,175) δίνονται στον Πίνακα 5.25. Τα προσερχόμενα κύματα επιδρούν στην ιζηματολογία – μορφολογία του πυθμένα σε βάθος περίπου 7,60 m (closure depth $d_c = 7,60$ m). Όσο το κύμα πλησιάζει ολοένα και περισσότερο την ακτή, θα φτάσει στην ζώνη θραύσης του στην περί – παράλια ζώνη (breaking zone), η οποία στις συνθήκες των κυμάτων

που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχει βάθος $d_b = 3,09$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,51$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,81$). Για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος $d_b = 4,08$ m και το ύψος κύματος $H_b = 3,31$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,81$), ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταγίδα, το βάθος $d_b = 4,61$ m και το ύψος κύματος $H_b = 3,75$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,81$). Τέλος, σε συνθήκες καταγίδας η μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων των κυμάτων ισούται με $R_{2\%} = 0,84$ m.

Πίνακας 5.25: Φυσικά χαρακτηριστικά κύματος σε συνθήκες βαθιών νερών και στην ζώνη θραύσης και διαβροχής (C: ταχύτητα του κύματος, L: μήκος του κύματος, H: ύψος του κύματος, Tα: περίοδος του κύματος, d_b : βάθος στην ζώνη θραύσης, $R_{2\%}$: μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων, d_c : μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, H_b : ύψος κύματος στην ζώνη θραύσης, γ_b : κριτήριο θραύσης)

	C (m/sec)	L (m)	H (m)	T (sec)	d_b (m)	$R_{2\%}$ (m)	d_c (m)	H_b (m)	γ_b (m)
1/3	11,44	83,96	2,22	7,34	3,09	-	-	2,51	0,81
1/10	12,64	102,40	2,98	8,10	4,08	-	-	3,31	
Maximum	13,32	113,80	3,38	8,54	4,61	0,84	7,60	3,75	

5.2.2.8. Παραλία Ανεμόμυλος:

Στην παραλία Ανεμόμυλος (Πίνακας 5.26) η διεύθυνση των προσερχόμενων κυμάτων είναι $[136,8^\circ - 190,3^\circ]$. Τα χαρακτηριστικά του 1/3, του 1/10 μεγαλύτερων όπως και των κυμάτων θυέλλης (ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0,175) δίνονται στον Πίνακα 5.26. Τα προσερχόμενα κύματα επιδρούν στην ιζηματολογία – μορφολογία του πυθμένα σε βάθος περίπου 8,63 m (closure depth $d_c = 8,63$ m). Όσο το κύμα πλησιάζει ολοένα και περισσότερο την ακτή, θα φτάσει στην ζώνη θραύσης του στην περί – παράλια ζώνη (breaking zone), η οποία στις συνθήκες των κυμάτων που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχει βάθος $d_b = 2,82$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,55$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,90$). Για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος $d_b = 3,71$ m και το ύψος κύματος $H_b = 3,35$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,90$), ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταγίδα, το βάθος $d_b = 4,62$ m και το ύψος κύματος $H_b = 4,17$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,90$). Τέλος, σε συνθήκες καταγίδας η μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων των κυμάτων ισούται με $R_{2\%} = 0,90$ m.

Πίνακας 5.26: Φυσικά χαρακτηριστικά κύματος σε συνθήκες βαθιών νερών και στην ζώνη θραύσης και διαβροχής (C: ταχύτητα του κύματος, L: μήκος του κύματος, H: ύψος του κύματος, Tα: περίοδος του κύματος, d_b : βάθος στην ζώνη θραύσης, $R_{2\%}$: μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων, d_c : μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, H_b : ύψος κύματος στην ζώνη θραύσης, γ_b : κριτήριο θραύσης)

	C (m/sec)	L (m)	H (m)	T (sec)	d_b (m)	$R_{2\%}$ (m)	d_c (m)	H_b (m)	γ_b (m)
1/3	11,14	79,58	2,29	7,14	2,82	-	-	2,55	0,90
1/10	12,22	95,74	3,07	7,83	3,71	-	-	3,35	
Maximum	13,35	114,18	3,85	8,56	4,62	0,90	8,63	4,17	

5.2.2.9. Παραλία Τσαπί:

Στην παραλία Τσαπί (Πίνακας 5.27) η διεύθυνση των προσερχόμενων κυμάτων είναι $[160,9^\circ - 272,9^\circ]$. Τα χαρακτηριστικά του 1/3, του 1/10 μεγαλύτερων όπως και των κυμάτων θυέλλης (ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0,175) δίνονται στον Πίνακα 5.27. Τα προσερχόμενα κύματα επιδρούν στην ιζηματολογία – μορφολογία του πυθμένα σε βάθος περίπου 11,96 m (closure depth $d_c = 11,96$ m). Όσο το κύμα πλησιάζει ολοένα και περισσότερο την ακτή, θα φτάσει στην ζώνη θραύσης του στην περί – παράλια ζώνη (breaking zone), η οποία στις συνθήκες των κυμάτων που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχει βάθος $d_b = 3,33$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,71$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,81$). Για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος $d_b = 4,58$ m και το ύψος κύματος $H_b = 3,78$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,81$), ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταιγίδα, το βάθος $d_b = 7,23$ m και το ύψος κύματος $H_b = 5,88$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,81$). Τέλος, σε συνθήκες καταιγίδας η μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων των κυμάτων ισούται με $R_{2\%} = 1,31$ m.

Πίνακας 5.27: Φυσικά χαρακτηριστικά κύματος σε συνθήκες βαθιών νερών και στην ζώνη θραύσης και διαβροχής (C: ταχύτητα του κύματος, L: μήκος του κύματος, H: ύψος του κύματος, Tα: περίοδος του κύματος, d_b : βάθος στην ζώνη θραύσης, $R_{2\%}$: μέγιστη υψομετρικά αναρρίχηση των μέγιστων 2% των αναβάσεων, d_c : μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, H_b : ύψος κύματος στην ζώνη θραύσης, γ_b : κριτήριο θραύσης)

	C (m/sec)	L (m)	H (m)	T (sec)	d_b (m)	$R_{2\%}$ (m)	d_c (m)	H_b (m)	γ_b (m)
1/3	12,32	97,29	2,36	7,90	3,33	-	-	2,71	0,81
1/10	13,88	123,46	3,30	8,90	4,58	-	-	3,72	
Maximum	16,53	175,11	5,33	10,59	7,23	1,31	11,96	5,88	

5.3 Εκτίμηση της μελλοντικής οπισθοχώρησης της ακτογραμμής λόγω κλιματικής αλλαγής

Για την εκτίμηση της μελλοντικής οπισθοχώρησης της ακτογραμμής χρησιμοποιήθηκαν τα μοντέλα του Bruun (1962) και του Edelman (1972), τα οποία υπολογίζουν την εκτιμώμενη μακροπρόθεσμη οπισθοχώρηση της ακτογραμμής εξαιτίας της της ανύψωσης της θαλάσσιας στάθμης (λόγω κλιματικής αλλαγής). Η παραπάνω εκτίμηση έγινε για τρία πιθανά σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης που προβλέπονται για την Ελλάδα για το 2100 και τα οποία είναι: α) 0,28 m (SRES 2.1) β) 0,60m (SRES 4.5) και γ) 1,01 m (SRES 8.5). Στον Πίνακα 5.28 δίνονται οι εκτιμώμενες τιμές οπισθοχώρησης της ακτογραμμής των εννέα υπό διερεύνηση παραλιών. Από τους υπολογισμούς εξαιρέθηκε η Παραλία της Μεθώνης λόγω της παρουσίας του κρηπιδώματος του παραλιακού δρόμου.

Πίνακας 5.28: Εκτιμώμενες τιμές οπισθοχώρησης της ακτογραμμής για τρία πιθανά σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (SLR: άνοδος στάθμης της θάλασσας, RE: οπισθοχώρηση, Wh: απόσταση του βάθους κλεισίματος από την ακτογραμμή, B₀: ύψος χερσαίου αναβαθμού, Wb: απόσταση του βάθους θραύσης από την ακτογραμμή)

ΠΑΡΑΛΙΕΣ	SLR (m)	ΣΤΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΟΠΙΣΘΟΧΩΡΗΣΗΣ						M.O.	ΑΠΩΛΕΙΑ (%)
		BRUUN			EDELMAN				
		RE ₁ (m)	Wh (m)	B ₀ (m)	RE ₂ (m)	Wb (m)	B ₀ (m)		
ΛΑΓΚΟΥ-ΒΑΡΛΟΣ	0.28m	7,58	384,6	1,80	6,02	111,5	1,80	6,80	8,4
	0.60m	16,25			13,33			14,79	18,4
	1.01m	27,36			23,45			25,41	31,6
COSTA NAVARINO	0.28m	11,45	576,0	1,60	9,49	186,2	1,60	10,47	17,1
	0.60m	24,55			20,97			22,76	37,3
	1.01m	41,32			36,78			39,05	63,9
ΒΟΙΔΟΚΟΙΛΙΑ	0.28m	23,90	1048,0	1,80	19,63	389,0	1,80	21,77	93,4
	0.60m	51,21			43,35			47,28	100,0
	1.01m	86,20			76,01			81,11	100,0
ΝΤΙΒΑΡΙ	0.28m	15,24	296,7	1,00	15,15	246,7	1,00	15,20	58,9
	0.60m	32,66			33,69			33,17	100,0
	1.01m	54,98			59,68			57,33	100,0
ΓΙΑΛΟΒΑ	0.28m	11,79	336,9	0,70	11,37	188,6	0,70	11,58	100,0
	0.60m	25,27			25,26			25,27	100,0
	1.01m	42,54			44,70			43,62	100,0
ΦΟΙΝΙΚΗ (ΛΑΜΠΕΣ)	0.28m	12,67	380,0	0,80	12,05	203,9	0,80	12,36	75,4
	0.60m	27,14			26,76			26,95	100,0
	1.01m	45,69			47,30			46,50	100,0
ΑΝΕΜΟ-ΜΥΛΟΣ	0.28m	5,96	215,8	1,50	5,12	92,7	1,50	5,69	16,2
	0.60m	12,78			11,35			12,35	35,3
	1.01m	21,51			19,99			21,17	60,5
ΤΣΑΠΙ	0.28m	12,92	598,0	1,00	11,79	229,2	1,00	12,35	33,1
	0.60m	27,69			26,05			26,87	72,0
	1.01m	46,60			45,73			46,17	100,0

Για αύξηση της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,28 m, η οπισθοχώρηση (κατά μέσον όρο) εκτιμάται από 5,9 m (ανεμόμυλος) μέχρι 21,8 m (Βοϊδοκοιλιά) που στην μεν πρώτη περίπτωση προκύπτει απώλεια του 16% της παραλίας ενώ στη δεύτερη περίπτωση φθάνει στο 93%. Για αύξηση της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,60 m οι οπισθοχωρήσεις (κατά μέσον όρο) κυμαίνονται μεταξύ 12,3 m (Ανεμόμυλος) και 47,3 m (Βοϊδοκοιλιά) που αντιστοιχούν σε απώλεια 35,3% και 100%. Για το χειρότερο σενάριο ανόδου θαλάσσιας στάθμης κατά 1,01 m, οι οπισθοχωρήσεις είναι από 21 m έως και 80 m που αντιστοιχούν σε απώλεια του 60% της παραλίας Ανεμόμυλου και πλήρως της Βοϊδοκοιλιάς. Να σημειωθεί ότι οι εκτιμήσεις αυτές βασίζονται στη παραδοχή ότι δεν υπάρχει προσφορά ιζήματος στο μεσοδιάστημα, συμπεριλαμβανομένου και εκείνου που εν δυνάμει θα προσφερθεί από τις θίνες. Άρα, η εκτίμηση για την Βοϊδοκοιλιά αλλά και για τις άλλες παραλίες με αμμοθίνες στην οπισθοπαραλία, η οπισθοχώρηση αναμένεται να είναι μικρότερη και αντιστρόφως ανάλογη της διαθεσιμότητας ιζήματος.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά.

Οι υπό εξέταση παραλίες μπορούν να ομαδοποιηθούν σε 2 μεγάλες κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει αυτές που είναι ανοικτές προς το Ιόνιο Πέλαγος (Λαγκούβαρδος, Costa Navarino, Ανεμόμυλος, Τσαπί), ενώ η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει αυτές που είναι μερικώς προστατευμένες ως προς την έκθεση τους στον κυματισμό ευρισκόμενες μέσα σε κόλπους, ορμίσκους είτε πίσω από νησίδες (Βοϊδοκοιλιά, Ντιβάρι, Γιάλοβα, Μεθώνη, Φοινίκη (Λάμπες)). Επίσης, οι περισσότερες από αυτές έχουν τα χαρακτηριστικά των παραλιών τσέπης (rocket beaches) καθώς περιορίζονται από ακρωτήρια στα άκρα τους, τα οποία τις απομονώνουν ως προς τη επιμήκη παράλια στερεομεταφορά. Επιπλέον, οι περισσότερες φιλοξενούν εκβολές χειμάρρων μέσω των οποίων γίνεται η τροφοδότηση τους (έστω και σποραδικά) με ίζημα, όπως επίσης και από τη διάβρωση των κρημνών που βρίσκονται στα άκρα τους.

Τα χερσαία τμήματα των 9 παραλιών που μελετήθηκαν παρουσιάζουν ομαλές έως απότομες κλίσεις που κυμαίνονται από 2,3% έως και 14%. Οι μεγαλύτερες κλίσεις παρατηρούνται στις παραλίες που βρίσκονται στον Κόλπο του Ναυαρίνου και απέναντι από τη νήσο Αγία Μαρίνα, ενώ ομαλότερη είναι η μορφολογία στις παραλίες που είναι εκτεθειμένες στο Ιόνιο πέλαγος. Αντίθετα, τα υποθαλάσσια τμήματα των παραλιών παρουσιάζουν σαφώς ομαλότερες κλίσεις που κυμαίνονται από 1% έως 4%. Οι παραλίες, οι οποίες είναι εκτεθειμένες στο Ιόνιο πέλαγος και δεν ευρίσκονται μέσα σε κόλπους έχουν περισσότερο απότομο υποθαλάσσιο ανάγλυφο, σε αντίθεση με τις παραλίες που έχουν σχηματιστεί στους κόλπους του Ναυαρίνου και στον κόλπο της Μεθώνης.

Επιπρόσθετα, στις παραπάνω παραλίες παρατηρούνται χαρακτηριστικοί μορφολογικοί σχηματισμοί, οι οποίοι αντανακλούν τις υδροδυναμικές και ιζηματολογικές συνθήκες της περιοχής. Συγκεκριμένα, στις παραλίες Λαγκούβαρδος, Ντιβάρι και Γιάλοβα παρατηρούνται ημισεληνοειδείς σχηματισμοί σύστασης ελαφρώς χαλικούχου άμμου, ενώ σε όλες τις παραλίες παρατηρούνται πεδία θινών με βλάστηση. Επίσης, κατά μήκος των παραλιών διακρίνονται χερσαίοι αναβαθμοί και συγκεκριμένα στις παραλίες Λαγκούβαρδος, Βοϊδοκοιλιά, Ντιβάρι και Γιάλοβα έχουν σύσταση ελαφρώς χαλικούχου άμμου, στις παραλίες Costa Navarino και Ανεμόμυλος έχουν σύσταση χαλικούχου άμμου, ενώ οι χερσαίοι αναβαθμοί των παραλιών Φοινίκη (Λάμπες) και Τσαπί έχουν σύσταση άμμου. Τέλος, στο υποθαλάσσιο τμήμα των παραλιών Λαγκούβαρδος, Costa Navarino και Μεθώνη παρατηρήθηκαν αμμορυτίδες σε βάθη μεγαλύτερα των 1,6 m, των 3,1 m και των 2 m αντίστοιχα, ενώ στην παραλία Βοϊδοκοιλιά οι παραπάνω μικρομορφές παρατηρούνται από την ακτογραμμή έως και τα 6 m βάθος.

6.2 Ιζηματολογικά χαρακτηριστικά.

Σε όλες τις παραλίες έχουμε την επικράτηση της άμμου στο χερσαίο τμήμα τους, με την συμμετοχή κροκαλών (κυρίως μεγέθους κόκκων, ψηφίδων) (sgS, gS). Εξαίρεση αποτελεί εξαίρεση η παραλία δίπλα στην ξενοδοχειακή μονάδα Costa Navarino, στην οποία εμφανίζονται και ιζήματα σύστασης αμμούχου χαλικιού (sG). Όσον αφορά το υποθαλάσσιο τμήμα των παραλιών, σε όλες τις παραλίες επικρατεί επίσης η άμμος, είτε σε μορφή χαλικούχου άμμου (sgS, gS), είτε σε μορφή αμιγώς άμμου (S), είτε στην μορφή πηλούχου άμμου (mS). Όμως, στις παραλίες Λαγκούβαρδος και Costa Navarino ο θαλάσσιος πυθμένας αποτελείται και από

αμμούχους χάλικες (sG), ενώ ο θαλάσσιος πυθμένας της παραλίας Γιάλοβα καλύπτεται από αμμούχο πηλό (sM). Γενικά, παρατηρείται μια ζωνώδης εναλλαγή των διαφορετικών κοκκομετριών μεταξύ του χερσαίου και υποθαλάσσιου τμήματος των παραλιών. Οι ζώνες με το σχετικά χονδρόκοκκο υλικό βρίσκεται στη περιοχή του ενεργού μετώπου, ενώ το πλέον λεπτόκοκκο στο βαθύτερο υποθαλάσσιο τμήμα τους.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα που παρατηρείται στην υπό μελέτη περιοχή, είναι η παρουσία των ημισελινοειδών σχηματισμών και των χερσαίων αναβαθμών στην ακτογραμμή. Οι παραπάνω γεωμορφολογικές δομές οφείλονται στο κυματικό καθεστώς που κυριαρχεί, καθώς και στην ενέργεια των προσερχόμενων κυμάτων. Επιπλέον, η ένταση του κυματικού καθεστώτος και η συχνότητα των ακραίων καιρικών συνθηκών, οδηγούν στην μεταφορά φυκιών από τον θαλάσσιο πυθμένα στην παραλία, κάτι το οποίο παρατηρείται έντονα στις παραλίες Λαγκούβαρδος, Costa Navarino, Βοϊδοκοιλιά και Ντιβάρι.

6.3 Κυματικά χαρακτηριστικά

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω, η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις παραλίες, οι οποίες είναι ανοικτές προς το Ιόνιο Πέλαγος. Ειδικότερα, για την παραλία Λαγκούβαρδος ($H_{1/3} = 1,86$ m, $T_{p1/3} = 7,13$ sec, $D_{1/3} = 290,20^\circ$, $H_{1/10} = 2,78$ m, $T_{p1/10} = 8,30$ sec, $D_{1/3} = 274$, $H_{max} = 5,57$ m, $T_{pmax} = 10,52$ sec, $D_{max} = 266,32^\circ$), οι συνθήκες των κυμάτων στην ζώνη θραύσης που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχουν βάθος $d_b = 2,47$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,15$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,87$), για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος θραύσης $d_b = 3,62$ m και ύψος κύματος $H_b = 3,15$ m, ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταγίδα έχει βάθος $d_b = 6,99$ m και ύψος κύματος $H_b = 6,08$ m, για την παραλία Costa Navarino ($H_{1/3} = 1,98$ m, $T_{p1/3} = 7,40$ sec, $D_{1/3} = 266,27^\circ$, $H_{1/10} = 2,92$ m, $T_{p1/10} = 8,50$ sec, $D_{1/10} = 262,73^\circ$, $H_{max} = 5,56$ m, $T_{pmax} = 10,48$, $D_{max} = 263,06^\circ$), οι συνθήκες των κυμάτων στην ζώνη θραύσης που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχουν βάθος $d_b = 2,78$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,28$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,82$), για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος θραύσης $d_b = 4,03$ m και ύψος κύματος $H_b = 3,31$ m, ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταγίδα έχει βάθος $d_b = 7,40$ m και ύψος κύματος $H_b = 6,07$ m, για την παραλία Βοϊδοκοιλιά ($H_{1/3} = 1,73$ m, $T_{p1/3} = 6,91$ sec, $D_{1/3} = 292,66^\circ$, $H_{1/10} = 2,63$ m, $T_{p1/10} = 8,06$ sec, $D_{1/10} = 292,55^\circ$, $H_{max} = 4,67$ m, $T_{pmax} = 9,61$ sec, $D_{max} = 297,62^\circ$), οι συνθήκες των κυμάτων στην ζώνη θραύσης που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχουν βάθος $d_b = 2,60$ m και ύψος κύματος $H_b = 1,99$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,77$), για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος θραύσης $d_b = 3,59$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,98$ m, ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταγίδα έχει βάθος $d_b = 6,65$ m και ύψος κύματος $H_b = 5,10$ m και για την παραλία Τσαπί ($H_{1/3} = 2,36$ m, $T_{p1/3} = 7,90$ sec, $D_{1/3} = 246,13^\circ$, $H_{1/10} = 3,30$ m, $T_{p1/10} = 8,90$ sec, $D_{1/10} = 251,15^\circ$, $H_{max} = 5,33$ m, $T_{pmax} = 10,59$ sec, $D_{max} = 255,63^\circ$), οι συνθήκες των κυμάτων στην ζώνη θραύσης που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχουν βάθος $d_b = 3,33$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,71$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,81$), για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος θραύσης $d_b = 4,58$ m και ύψος κύματος $H_b = 3,72$ m, ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταγίδα έχει βάθος $d_b = 7,23$ m και ύψος κύματος $H_b = 5,88$ m.

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις παραλίες που είναι μερικώς προστατευμένες ως προς την έκθεση τους στον κυματισμό ευρισκόμενες μέσα σε κόλπους, ορμίσκους είτε πίσω από νησίδες και συγκεκριμένα την παραλία την παραλία Ντιβάρι ($H_{1/3} = 1,92$ m, $T_{p1/3} = 7,02$ sec, $D_{1/3} = 181,03^\circ$, $H_{1/10} = 2,60$ m, $T_{p1/10} = 7,82$ sec, $D_{1/10} = 180,06^\circ$, $H_{max} = 1,98$ m, $T_{pmax} = 7,07$ sec, D_{max}

= 180,95°), οι συνθήκες των κυμάτων στην ζώνη θραύσης που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχουν βάθος $d_b = 2,77$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,19$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,79$), για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος θραύσης $d_b = 3,70$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,92$ m, ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταιγίδα έχει βάθος $d_b = 2,85$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,25$ m, την παραλία Γιάλοβα ($H_{1/3} = 2,20$ m, $T_{p1/3} = 7,55$ sec, $D_{1/3} = 205,52^\circ$, $H_{1/10} = 3,01$ m, $T_{p1/10} = 8,19$ sec, $D_{1/10} = 205,05^\circ$, $H_{max} = 3,25$ m, $T_{pmax} = 8,39$ sec, $D_{max} = 204,70^\circ$), οι συνθήκες των κυμάτων στην ζώνη θραύσης που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχουν βάθος $d_b = 3,07$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,52$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,82$), για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος θραύσης $d_b = 4,09$ m και ύψος κύματος $H_b = 3,35$ m, ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταιγίδα έχει βάθος $d_b = 4,39$ m και ύψος κύματος $H_b = 3,60$ m, την παραλία Μεθώνη ($H_{1/3} = 2,17$ m, $T_{p1/3} = 7,61$ sec, $D_{1/3} = 221,18^\circ$, $H_{1/10} = 2,95$ m, $T_{p1/10} = 8,47$ sec, $D_{1/10} = 221,26^\circ$, $H_{max} = 3,75$ m, $T_{pmax} = 9,33$ sec, $D_{max} = 222,77^\circ$), οι συνθήκες των κυμάτων στην ζώνη θραύσης που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχουν βάθος $d_b = 2,82$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,49$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,88$), για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος θραύσης $d_b = 3,79$ m και ύψος κύματος $H_b = 3,34$ m, ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταιγίδα έχει βάθος $d_b = 4,77$ m και ύψος κύματος $H_b = 4,20$ m, την παραλία Ανεμόμυλος ($H_{1/3} = 2,29$ m, $T_{p1/3} = 7,14$ sec, $D_{1/3} = 163,25^\circ$, $H_{1/10} = 3,07$ m, $T_{p1/10} = 7,83$ sec, $D_{1/10} = 160,85^\circ$, $H_{max} = 3,85$ m, $T_{pmax} = 8,56$ sec, $D_{max} = 157,65^\circ$), οι συνθήκες των κυμάτων στην ζώνη θραύσης που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχουν βάθος $d_b = 2,82$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,55$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,90$), για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος θραύσης $d_b = 3,71$ m και ύψος κύματος $H_b = 3,35$ m, ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταιγίδα έχει βάθος $d_b = 4,62$ m και ύψος κύματος $H_b = 4,17$ m και την παραλία Φοινίκη (Λάμπες) ($H_{1/3} = 2,36$ m, $T_{p1/3} = 7,90$ sec, $D_{1/3} = 246,13^\circ$, $H_{1/10} = 3,30$ m, $T_{p1/10} = 8,90$ sec, $D_{1/10} = 251,15^\circ$, $H_{max} = 5,33$ m, $T_{pmax} = 10,59$ sec, $D_{max} = 255,63^\circ$), οι συνθήκες των κυμάτων στην ζώνη θραύσης που αντιστοιχούν στο 1/3 των υψηλότερων κυμάτων έχουν βάθος $d_b = 3,33$ m και ύψος κύματος $H_b = 2,71$ m (κριτήριο θραύσης $\gamma = 0,81$), για το 1/10 των υψηλότερων κυμάτων, το βάθος θραύσης $d_b = 4,58$ m και ύψος κύματος $H_b = 3,72$ m, ενώ στις ακραίες συνθήκες που παρατηρείται καταιγίδα έχει βάθος $d_b = 7,23$ m και ύψος κύματος $H_b = 5,88$ m.

Όσον αφορά την αναρρίχηση των κυμάτων στις ακτές, οι μεγαλύτερες αναβάσεις των κυμάτων παρατηρούνται στις παραλίες οι οποίες είναι εκτεθειμένες στο Ιόνιο πέλαγος και συγκεκριμένα τις παραλίες Λαγκούβαρδος, Costa Navarino, Βοϊδοκοιλιά και Τσαπί, ενώ η αναρρίχηση των κυμάτων μειώνεται (<1 m) στις παραλίες που βρίσκονται σε κόλπους ή παρεμβάλλονται νήσοι μεταξύ των παραλιών και του πελάγους (παραλίες Ντιβάρι, Γιάλοβα, Μεθώνη, Φοινίκη (Λάμπες), Ανεμόμυλος). Όμοιες συνθήκες παρατηρούνται και στο μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα από τον κυματισμό (βάθος κλεισίματος), το οποίο είναι μεγαλύτερο (μεγαλύτερο περίπου των 10 m) στις παραλίες Λαγκούβαρδος, Costa Navarino, Βοϊδοκοιλιά και Τσαπί. Το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα είναι μικρότερο των 9 m στις παραλίες Ντιβάρι, Γιάλοβα, Μεθώνη, Φοινίκη (Λάμπες), Ανεμόμυλος, διότι παρεμβάλλονται νήσοι μεταξύ των παραλιών και του πελάγους. Επομένως, στις παραλίες που είναι εκτεθειμένες στην ανοιχτή θάλασσα πιθανόν η τάση των υδροδυναμικών συνθηκών να είναι βίαιη. Αντίθετα, στις ακτές που παρεμβάλλονται νήσοι μεταξύ των παραλιών και του πελάγους, παρατηρείται μια τάση ήπιων υδροδυναμικών συνθηκών.

6.4 Εκτίμηση της μελλοντικής οπισθοχώρησης της ακτογραμμής

Βάσει των παραπάνω, για την χρονική περίοδο έως το 2100, στην περίπτωση που η θαλάσσια στάθμη ανυψωθεί κατά 0,28 m, οι παραλίες Λαγκούβαρδος, Costa Navarino, Βοϊδοκοιλιά, Ντιβάρι, Φοινίκη (Λάμπες), Ανεμόμυλος και Τσαπί θα οπισθοχωρήσουν κατά 8,4%, 17,1%, 93,4%, 58,9%, 75,4%, 16,2% και 33,1%, αντίστοιχα ενώ η παραλία Γιάλοβα φαίνεται ότι θα διαβρωθεί πλήρως (100%). Στην περίπτωση που η θαλάσσια στάθμη ανυψωθεί κατά 0,60 m, οι παραλίες Λαγκούβαρδος, Costa Navarino, Ανεμόμυλος και Τσαπί θα οπισθοχωρήσουν κατά 18,4%, 37,3%, 35,3 και 72,0%, αντίστοιχα ενώ οι παραλίες Βοϊδοκοιλιά, Ντιβάρι, Γιάλοβα και Φοινίκη (Λάμπες) θα διαβρωθούν πλήρως.

Τέλος, στην περίπτωση πραγματοποίησης του ακραίου σεναρίου και της ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας κατά 1,01 m, οι παραλίες Λαγκούβαρδος, Costa Navarino και Ανεμόμυλος θα οπισθοχωρήσουν κατά 31,6%, 63,9% και 60,5% αντίστοιχα, σε αντίθεση με τις παραλίες Βοϊδοκοιλιά, Ντιβάρι, Γιάλοβα που θα διαβρωθούν πλήρως, ήδη εξαιτίας της ανόδου κατά 0,6 m. Σημειώνεται ότι οι παραπάνω εκτιμήσεις γίνονται με τη παραδοχή ότι δεν θα έχουμε προσθήκη ιζήματος στο μεσοδιάστημα, ούτε έχει υπολογιστεί η «προσφορά» ιζήματος από τις θίνες, οπότε οι οπισθοχωρήσεις αναμένονται να είναι μικρότερες, αναλογικά με τον όγκο του προστιθέμενου ιζήματος.

7. Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία:

- Alexandrakis, G., Karditsa, A., Poulos, S. E., Ghionis, G., & Kampanis, N. A. (2010). Vulnerability assessment for the erosion of the coastal zone due to a potential sea level rise: The case of the Aegean Hellenic coast. In *Environmental Systems - Volume III* (Issue 727277, pp. 324–343). <https://books.google.co.uk/books?id=NxGcCwAAQBAJ>
- Athanassas, C., & Fountoulis, I. (2013). Quaternary neotectonic configuration of the southwestern Peloponnese, Greece, based on luminescence ages of marine terraces. *Journal of Earth Science*, 24(3), 410–427. <https://doi.org/10.1007/s12583-013-0334-1>
- Athanassas, C., Fountoulis, I., Mariolakos, I., Bassiakos, Y., Karotsieris, Z., Triantaphyllou, M., & Theodorakopoulou, K. (2013). Comments on the neotectonics of the coastal zone of western Messenia based on luminescence dating and geoarchaeological evidence. *Zeitschrift Fur Geomorphologie*, 57, 49–62. <https://doi.org/10.1127/0372-8854/2013/S-00143>
- Aubouin, J. (1974). *Des tectoniques superposees et de leur signification par rapport aux modeles geophysiques: L' exemple des Dinarides; paleotectonique, tarditectonique neotectonique*. *Bulletin de la Société Géologique de France*. 21(July), 1154–1157.
- Augustinus, P. (2003). *Coastal Systems* (pp. 1–6).
- Bruun, P. (1962). *Sea level rise as a cause of shoreline erosion*.
- Edelman, T. (1972). Dune Erosion During Storm Conditions. *Proc. 13Th Coastal Engng. Conf. (Vancouver)*, 2((JULY 10-14, 1972)), 1305–1311. <https://doi.org/10.1061/9780872620490.073>
- Emmanouilidis, A., Katrantsiotis, C., Norstrom, E., Risberg, J., Kylander, M., Sheik, T. A., Iliopoulos, G., & Avramidis, P. (2009). Middle to late Holocene palaeoenvironmental study of Yialova Lagoon, SW Peloponnese, Greece. *Quaternary International*, 1–17.
- EuroSION. (2001). Living with Coastal Erosion in Europe - Results from the EuroSION Study. *Health (San Francisco)*, 1–21.
- EuroSION. (2004). *Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability - A guide to coastal erosion management practices in Europe*. 1–164. <http://ec.europa.eu/ourcoast/download.cfm?fileID=1233>
- Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar a study in the significance of grain size parameter. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3–27.
- Fountoulis, I. G., & Mavroulis, S. D. (2013). Application of the environmental seismic intensity scale (ESI 2007) and the European macroseismic scale (EMS-98) to the Kalamata (SW Peloponnese, Greece) earthquake (Ms=6.2, September 13, 1986) and correlation with neotectonic structures and active faults. *Annals of Geophysics*, 56(6). <https://doi.org/10.4401/ag-6237>

- Fountoulis, I., & Mariolakos, I. (2008). Neotectonic folds in the central-western Peloponnese, Greece. *Zeitschrift Der Deutschen Gesellschaft Fur Geowissenschaften*, 159(3), 485–494. <https://doi.org/10.1127/1860-1804/2008/0159-0485>
- Fountoulis, I., Mariolakos, I., & Ladas, I. (2014). Quaternary basin sedimentation and geodynamics in SW Peloponnese (Greece) and late stage uplift of Taygetos Mt. *Bollettino Di Geofisica Teorica Ed Applicata*, 55(2), 303–324. <http://www.springer.com/series/15440%0Apapers://ae99785b-2213-416d-aa7e-3a12880cc9b9/Paper/p18311>
- Frydas, D. (1990). Pliocene and early Pleistocene assemblages of calcareous nannoplankton and planktonic foraminifera of several localities of southwestern Peloponnes, Greece. *Newsletters on Stratigraphy*, 23(2), 91–108. <https://doi.org/10.1127/nos/23/1990/91>
- Hallermeier, R. J. (1981). A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate. *Coastal Engineering*, 4(C), 253–277. [https://doi.org/10.1016/0378-3839\(80\)90022-8](https://doi.org/10.1016/0378-3839(80)90022-8)
- IPCC. (2021). Technical Summary. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*.
- Iribarren, C. R., & Nogales, C. (1949). *Protection des Ports. 17th International Navigation Congress*.
- Jacobshagen, V. et al. (1978). *Structure and geodynamic evolution of the Aegean region. In: Alps, Apennines, Hellenides*. 1978.
- Kelletat, D., Kowalczyk, G., Schröder, B., & Winter, K.-P. (1976). A Synoptic View on the Neotectonic Development of the Peloponnesian Coastal Regions. *Zeitschrift Der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 127(2), 447–465. <https://doi.org/10.1127/zdgg/127/1976/447>
- Kontopoulos, N. (1984). *Depositional environments of Pliocene sediments Pedasos, SW Peloponnese, Greece. Geologica Balkanica* (Vol. 14, Issue 3).
- Koutsouveli, A. (1987). *Etude stratigraphique des formations pliocenes et pleistocenes en Messenie accidentale. These Univ. d ' Aix Marseille II*, 162 p., Luminy. 1987.
- Kraft, J. C., Rapp, G. R., & JR, A. J. (1980). Late Holocene Palaeogeomorphic Reconstructions in the Area of the Bay of Navarino: Sandy Pylos. *Journal of Archaeological Science*, 7, 187–210.
- Ladas I. and Mariolakos I. (2004). *Morphotectonic study of Pylia peninsula (SW Peloponnese , Greece)*. 1–15.
- Ladas, I., Mariolakos, I., & Fountoulis, I. (2004). Neotectonic Deformation of Eastern Pylia (SW Peloponnese, Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 36(4), 1652. <https://doi.org/10.12681/bgsg.16569>
- Madsen, O. S. (1976). Wave climate of the continental margin: Elements of its mathematical description. Marine sediment transport in Environmental management.

- Marine Sediment Transport and Environmental Management*, 65–87.
- Malaperdas, G., & Panagopoulos, N. (2021). Mapping shoreline changes over the years: The case study of Navarino bay, Pylos, Messenia, Greece. *Trends Journal of Sciences Research*, 01(01), 28–35. <https://doi.org/10.31586/wjgg.2021.010103>
 - Mariolakos, I., Badekas, I., Fountoulis, I., & Theocharis, D. (1994). Reconstruction of the Early Pleistocene paleoshore and Paleorelief of SW Peloponnesus area. *Bulletin of the Geological Society of Greece*.
 - Mariolakos, I., & Fountoulis, I. (1990). Neotectonic macrofolds in the area of Filiatra (West Messinia, Peloponnesus). *Bulletin of the Geological Society of Greece*.
 - Mariolakos, I., Fountoulis, I., & Ladas, I. (2001). Paleogeographic Evolution of SW Peloponnesus during Quaternary. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 34(1), 37. <https://doi.org/10.12681/bgsg.16941>
 - Mariolakos, I., Fountoulis, I., Marcopoulou-Diacantoni, A., & Mirkou, M. R. (1994). *Some remarks on the Kinematic evolution of Messinia province (SW Peloponnesus, Greece) during the Pleistocene based on Neotectonic, Stratigraphic and Palaeoecological observations*.
 - Mariolakos, I., & Spyridonos, E. (2017). Remarks on the Karstification in the Wider Area of the Upper Messinia Closed Hydrogeological Basin (Sw Peloponnesus, Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 43(4), 1785. <https://doi.org/10.12681/bgsg.11364>
 - Masselink, G., Hughes, M., & Knight, J. (2021). Coastal Systems. *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*, 17–38. <https://doi.org/10.4324/9780203785461-7>
 - McCowan, J. (1894). XXXIX. On the highest wave of permanent type. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 38(233), 351–358. <https://doi.org/10.1080/14786449408620643>
 - Papanikolaou, D. (2017). Major Paleogeographic, Tectonic and Geodynamic Changes From the Last Stage of the Hellenides To the Actual Hellenic Arc and Trench System. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 43(1), 72. <https://doi.org/10.12681/bgsg.11161>
 - Papanikolaou, D., Bargathi, H., Dabovski, C., Dimitriu, R., El-Hawat, A., Ioane, D., Kranis, H., Obeidi, A., Oaie, G., Seghedi, A., & Zagorchev, I. (2004). TRANSMED transect VII: East European craton, Scythian Platform, Dobrogea, Balkanides, Rhodope Massif, Hellenides, East Mediterranean, Cyrenaica. In *The TRANSMED Atlas: The Mediterranean Region From Crust to Mantle* (p. CD ROM).
 - Pethick, J. (1984). An introduction to coastal geomorphology. *London: Edward Arnold*.
 - Prentice, L. (2008). *Coastal systems: wave, tides, sediments, cells*. 1–4.
 - Sakai, T., & Battjes, J. A. (1981). Wave shoaling calculated from Cokelet's theory. In: *Proc. Seventeenth Coastal Engng. Conf., (Sydney, Australia: Mar.23-28, 1980)*, 1, New Yo, 121–134. <https://doi.org/10.9753/icce.v17.6>

- Stockdon, H. F., Thompson, D. M., Plant, N. G., & Long, J. W. (2014). Evaluation of wave runup predictions from numerical and parametric models. *Coastal Engineering*, 92, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2014.06.004>
- Thai Marine Meteorological Center. (2002). Surf Zone Hydrodynamics. *Coastal Engineering Manual*, 1100(April), 1–40.
- Van Hinsbergen, D., Hafkenscheid, E., Spakman, W., Meulenkaamp, J. E., & Wortel, R. (2005). Nappe stacking resulting from subduction of oceanic and continental lithosphere below Greece. *Geology*, 33(4), 325–328. <https://doi.org/10.1130/G20878.1>
- Van Rijn, L. C. (2011). Coastal erosion and control. *Ocean and Coastal Management*, 54(12), 867–887. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.05.004>
- Zachariadis, P. (2007). Ophiolites of the eastern Vardar Zone , N Greece. *Unpubl. PhD Thesis, Johannes Gutenberg University, Mainz*, 131 pp.

Ελληνική Βιβλιογραφία:

- Βελεγράκης, Α. (2015). *Τύποι ακτών και παράκτια ιζήματα* (pp. 1–67).
- Γιαγκάκης, Γ. Κ. (2020). ΠΕΡΙ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ (ΑΟΖ) ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΥΠΡΙΑΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ.
- ΕΑΓΜΕ. *Φύλλα Γεωλογικών Χαρτών*.
- Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία. (2011). *Απογραφή Πληθυσμού 2011*. <http://www.ainfo.inia.uv/digital/bitstream/item/7130/1/LUZARDO-BUIATRIA-2017.pdf>
- ΕΜΥ. *Λίστα Μετεωρολογικών Σταθμών της ΕΜΥ*. <Http://Www.Emy.Gr/Emy/EI/Services/Components/CombinedMetList.Pdf>.
- Καρύμπαλης, Ε. (2010). *Παράκτια Γεωμορφολογία* (pp. 1–242).
- Κώτσιαρη, Α.-Χ., & Καρύμπαλης, Ε. (2012). *Γεωμορφολογική Μελέτη Της Λεκάνης Απορροής Του Ποταμού Νέδοντα (Νομός Μεσσηνίας - Πελοπόννησος)*.
- Μαντάγαρης, Α., & Γεργακέλλος, Δ. (2008). *Περιφερειακή μελέτη Νομού Μεσσηνίας*. 1–331.
- Μαριολάκος, Η., Σαμπώ, Β., Δανάμος, Γ., Λόγος, Ε., Λόζιος, Σ., Μερτζάνης, Α., & Φουντούλης, Ι. (1987). *Νεοτεκτονικός Χάρτης - Φύλλο Καλαμάτας* (p. 112).
- Μαριολάκος, Η., Σαμπώ, Β., & Φουντούλης, Ι. (1998). *Νεοτεκτονικός χάρτης Ελλάδας, κλίμακα 1/100.000, φύλλο ΦΙΛΙΑΤΡΑ. Εκδόσεις Ο.Α.Σ.Π., Αθήνα*.
- Παπανικολάου, Δ. (1986). *Γεωλογία της Ελλάδος*. In *Γεωλογία της Ελλάδος, ΕΚΠΑ, εκδόσεις Επτάλοφος*.
- Παπανικολάου, Δ. (2014). *Γεωλογία της Ελλάδας*. In *Γεωλογία της Ελλάδας, ΕΚΠΑ, εκδόσεις Πατάκη* (p. 443).
- Πούλος, Σ. (2016). *Εισαγωγή στην διαχείριση της παράκτιας ζώνης* (pp. 1–27).
- Πούλος, Σ. (2021). *Διάβρωση Ακτών: Αίτια και Μέτρα Αντιμετώπισης*. 1–28.
- Πούλος, Σ. (2022). *Το μέλλον των Ελληνικών ακτών σε σχέση με την άνοδο της θαλάσσιας*

- στάθμης λόγω κλιματικής αλλαγής. 1–9.
- Πούλος, Σ., & Καρδισά, Α. (2020a). *Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Ωκεανογραφία - Εισαγωγή στην διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης*. 1–490.
 - Πούλος, Σ., & Καρδισά, Α. (2020b). *Εφαρμοσμένη Ωκεανογραφία και Περιβάλλον*. 1–193.
 - Πούλος, Σ., Καρδισά, Α., Πετράκης, Σ., & Γκιώνης, Γ. (2020). *Διάβρωση αιγιαλών (παραλιών): Φυσική διεργασία , φυσική καταστροφή ή ανθρώπινη παρέμβαση*. 1–33.

Ιστοσελίδες:

- http://www.marine.tmd.go.th/marinemet_html/lect20.html
- <https://geologycafe.com/oceans/chapter12.html>
- <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/16270#tabs-4>
- <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/coastal-erosion-patterns-in-europe-2004>
- <https://www.cvf.gr/geological-data>
- <https://www.e-go.gr/nomos/%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CF%83-%CE%BC%CE%B5%CF%83%CF%83%CE%B7%CE%BD%CE%B9%CE%B1%CF%83/>
- <https://www.theoxeniapeloponnese.com/%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1/?lang=el>
- <http://www.emy.gr/emy/el/climatology/climatology>
- <https://weather-and-climate.com/average-monthly-Rainfall-Temperature-Sunshine,Methoni,Greece>
- <http://www.emy.gr/emy/el/services/paroxi-ipiresion-diktio-met-stathmon-epifaneias>
- https://gr.k24.net/ellada/peloponnisos/klima-methoni-3090_16734
- <https://www.kalamata.gr/el/i-perioxi/klima>
- <http://www.emy.gr/emy/el/services/components/CombinedMetList.pdf>
- <https://www.ecmwf.int/en/about>
- <http://www.emy.gr/emy/el/services/paroxi-ipiresion-proionta-ecmwf>
- https://www.meteoblue.com/el/%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CF%81%CF%8C%CF%82/historyclimate/climatemodelled/%ce%9c%ce%b5%ce%b8%cf%8e%ce%bd%ce%b7%ce%95%ce%bb%ce%bb%ce%ac%ce%b4%ce%b1_257122
- http://www.emy.gr/emy/el/navigation/naftilia_beaufort
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B1%CE%B0%CE%B3%CE%B5%CF%84%CE%BF%CF%82>
- https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%9C%CE%B5%CF%83%CF%83%CE%B7%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82#%C

[Ε%9C%CE%BF%CF%81%CF%86%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1](#)

- https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%AC%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%B F%CF%82_%CE%9C%CE%B5%CF%83%CF%83%CE%B7%CE%BD%CE%AF%CE %B1%CF%82
- <https://hub.uoa.gr/the-future-of-the-greek-coast-in-relation-to-rising-sea-levels-due-to-climate-change/>
- <https://www.geoshop.gr/product/leica-set-disto-s910/>
- <https://topconcare.com/en/hardware/gnss-receivers/grs-11/>
- <http://emporiomare.gr/product/%CE%B2%CF%85%CE%B8%CF%8C%CE%BC%CE% B5%CF%84%CF%81%CE%BF-%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CF%8C%CF%82-echotest-ii/>
- <https://www.e-messinia.com/el/destinations/paralia-xrisi-akti-divari/>
- https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%B1%CE%B3%CE%BA%CE%BF%CF%8 5%CE%B2%CE%AC%CF%81%CE%B4%CE%BF%CF%82_%CE%9C%CE%B5%CF %83%CF%83%CE%B7%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82