

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ



ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Η ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΩΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΤΡΟΠΟΙ
ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ»**

ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΤΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥ

ΧΑΝΙΑ 2014

*. . I have seen the hungry ocean gain
Advantage on the kingdom of the shore. . . .
....I have seen such interchange of state....*

Shakespeare Sonnet 64

*...Έχω δει τον πεινασμένο ωκεανό να κερδίζει
πλεονέκτημα εις βάρος του βασιλείου της ακτής...
...Έχω δει πολύ μεγάλη εναλλαγή καταστάσεων...*

Σαίξπηρ, Σονάτα 64

Εικόνα εξωφύλλου Σκάλα Συκούντος, Μυτιλήνη, λήψη 12 Ιουνίου 2010.

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Πρόλογος..... | 7 |
| Εκτεταμένη περίληψη | 9 |
| Extended summary..... | 12 |
| 1. Εισαγωγικά - θεωρητικά στοιχεία..... | 15 |
| 1.1 Προβληματισμός – Σκοπός διατριβής..... | 15 |
| 1.2 Ακτογραμμή, ακτή και παράκτια ζώνη | 17 |
| 1.3 Παράκτιες κυψέλες, υποκυψέλες..... | 18 |
| 1.4 Παραλίες | 19 |
| 1.5 Διάβρωση ακτογραμμών/παραλιών..... | 19 |
| 1.6 Επιπτώσεις της διάβρωσης | 21 |
| 1.7 Μέθοδοι αντιμετώπισης διάβρωσης..... | 23 |
| 17.1 Κανένα μέτρο - παθητική διάβρωση ακτογραμμής..... | 23 |
| 1.7.2 Σταθεροποίηση ακτογραμμής..... | 25 |
| 1.7.3 Αύξηση ακτογραμμής..... | 26 |
| 2. Μεθοδολογία μετρήσεων διάβρωσης..... | 27 |
| 2.1 Καταγραφή εποχιακών προφίλ παραλίας | 27 |
| 2.2 Μέθοδος ραδιενεργού καΐσιου-137 (137Cs)..... | 27 |
| 2.3 Μετρήσεις ποιότητας του ιζήματος και ρύπανσης από βαρέα μέταλλα | 29 |
| 2.4 Ήπιες μέθοδοι για την βιώσιμη ανάπτυξη των Ελληνικών παραλιών..... | 31 |
| 3. Ανάπτυξη μεθοδολογίας..... | 32 |
| 3.1 Τα ιστορικά αρχεία του Κιου..... | 32 |
| 3.2 Οδηγός παράκτιων παρεμβάσεων - Σωστές πρακτικές..... | 33 |
| 3.2.1 Περιοχή μελέτης, παράκτιες κυψέλες, υποκυψέλες και παραλίες..... | 33 |
| 3.2.2 Κατασκευές έξω από το ενεργό πλάτος παραλιών..... | 34 |
| 3.2.3 Μεταφορά βυθοκορημάτων στην παραλία | 34 |
| 3.2.4 Χρήση περιβαλλοντικά φιλικά υλικών και μεθόδων | 35 |
| 3.2.5 Παρακολούθηση και διαχείριση | 35 |
| 3.3 Δείκτες υγείας παράκτιας κυψέλης/παραλίας | 35 |
| 3.3.1 Δείκτες αξιολόγησης παράκτιας κυψέλης | 39 |
| Α. Δείκτες καλής περιβαλλοντικής κατάστασης | 40 |
| Β. Κοινωνικοοικονομικοί δείκτες | 43 |
| 3.3.2 Δείκτες αξιολόγησης παραλίας..... | 43 |
| Α. Δείκτες καλής περιβαλλοντικής κατάστασης | 44 |
| Β. Κοινωνικοοικονομικοί δείκτες | 56 |
| 3.4 Διαχρονική εξέλιξη ακτογραμμής | 60 |

| | |
|--|-----|
| 3.5 Η μέθοδος του κράνους RTK GPS..... | 62 |
| 3.6 Βελτιστοποίηση λειτουργίας ADCP στις Ελληνικές συνθήκες | 66 |
| 4. Μεθοδολογία μετρήσεων κυμάτων/ρευμάτων..... | 69 |
| 4.1 Οδηγός παρατήρησης παράκτιου περιβάλλοντος | 70 |
| 4.2 Ναυτικό ραντάρ Miros WaveX | 71 |
| 4.3 ADCP Nortek awac..... | 73 |
| 5. Διάβρωση και νομοθεσία/νομολογία..... | 75 |
| 5.1 Κύριοι ανθρωπογενείς παράγοντες διάβρωσης στην Ελλάδα | 76 |
| 5.1.1 Ανυπαρξία ολοκληρωμένης διαχείρισης | 77 |
| 5.1.2 Ελλιπής γνώση παράκτιων διεργασιών | 78 |
| 5.1.3 Έλλειψη διαχρονικών και πρωτογενών δεδομένων | 81 |
| 5.1.4 Ad hoc βαριές κατασκευές..... | 82 |
| 5.1.5 Έντονη αστικοποίηση | 86 |
| 5.1.6 Αμμοληψίες..... | 91 |
| 5.1.7 Φράγματα..... | 93 |
| 5.2 Αξιολόγηση νομοθεσίας/νομολογίας | 94 |
| 5.2.1 Συνταγματική επιταγή - 1 ^ο επίπεδο προστασίας..... | 96 |
| 5.2.2 Νομοθεσία - 2ο επίπεδο προστασίας..... | 97 |
| 5.2.3 Νομολογία - 3 ^ο επίπεδο προστασίας..... | 102 |
| 6. Περίπτωση μελέτης: Ν. Λασιθίου | 104 |
| 6.1 Διαχρονική εξέλιξη ακτογραμμών | 104 |
| 6.1.1 Κανονικοποίηση αποτελεσμάτων | 113 |
| 6.1.1 Συμπεράσματα | 116 |
| 6.2 Αξιολόγηση της υγείας παράκτιων κυψελών/παραλιών | 117 |
| 6.2.1 Βιώσιμη Ανάπτυξη παράκτιας κυψέλης/παραλίας | 118 |
| 6.3 Κατανόηση και βιώσιμη αντιμετώπιση του προβλήματος..... | 119 |
| 6.4 Χάρτης επικινδυνότητας διάβρωσης | 121 |
| 7. Περίπτωση μελέτης: Η παραλία της Βάρκιζας..... | 123 |
| 7.1 Σχετικά περιοχής μελέτης | 123 |
| 7.2 Μέτρηση μορφοδυναμικών παραμέτρων | 125 |
| 7.2.1 Κλασσικές μέθοδοι για την καταγραφή προφίλ και κοκκομετρίας..... | 125 |
| 7.2.2 Η μέθοδος του κράνους RTK GPS..... | 129 |
| 7.3 Μέτρηση κυμάτων και ρευμάτων στις τρεις διαστάσεις | 133 |
| 7.3.1 Ναυτικό ραντάρ Miros WaveX | 133 |
| 7.3.2 ADCP Nortek awac..... | 134 |
| 7.5 Σύγκριση ναυτικού ραντάρ με ADCP Nortek awac | 137 |

| | |
|--|-----|
| 7.6 Κυματικό μοντέλο SMB και σύγκριση του με τα δεδομένα awac | 141 |
| 7.6.1 Υπολογισμός αναπτύγματος πελάγους | 142 |
| 7.6.2 Ανεμολογικά Δεδομένα..... | 143 |
| 7.6.3 Υπολογισμός χαρακτηριστικών κυματισμών | 144 |
| 7.6.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων SMB και awac | 144 |
| 7.7 Σύγκριση δεδομένων Awac με εκτιμήσεις WAM..... | 145 |
| 8. Περίπτωση μελέτης: Ν. Χανίων..... | 157 |
| 8.1 Συλλογή δεδομένων | 157 |
| 8.1.1 Συγκέντρωση φωτογραφικού υλικού | 158 |
| 8.1.2 Τα εθνικά αρχεία του Ηνωμένου Βασιλείου..... | 159 |
| 8.2 Μετρήσεις προφίλ παραλίων | 161 |
| 8.3 Μετρήσεις κυμάτων/ρευμάτων..... | 162 |
| 8.3.1 Κυματικό μοντέλο SMB και σύγκριση του με τα δεδομένα awac | 163 |
| 8.3.2 Σύγκριση δεδομένων awac με δεδομένα από το κλιματικό μοντέλο WAM | 165 |
| .4 Μέθοδος ραδιενεργού καΐσιου-137 (137Cs)..... | 169 |
| 8.5 Ρύπανση από βαρέα μέταλλα..... | 171 |
| 7.6 Ευκαιριακός εμπλουτισμός της παραλίας του Πλατανιά | 174 |
| 7.7 Υδροδυναμικό μοντέλο MIKE 21 BW | 179 |
| 9. Συμπεράσματα | 182 |
| 9.1 Συμπεράσματα | 182 |
| 9.2 Συμβολή της διατριβής | 185 |
| 10. Βιβλιογραφία | 187 |
| Επίλογος | 195 |
| Παράρτημα Ι – Συλλογή ποιοτικών δεδομένων από την παράκτια ζώνη | 196 |
| Παράρτημα ΙΙ - Μελέτες που αξιολογήθηκαν..... | 205 |
| Παράρτημα ΙΙΙ – Κριτική νομοθεσίας/νομολογίας για την παράκτια ζώνη..... | 208 |

Πρόλογος

Η παρούσα διδακτορική διατριβή, με τίτλο «Η διάβρωση των ακτογραμμών της Ελλάδας. Αξιολόγηση - τρόποι αντιμετώπισης», εκπονήθηκε πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβαλλοντική και Υγειονομική Μηχανική» του Πολυτεχνείου Κρήτης (ΠΚ). Επίσης, υποστηρίχτηκε από το ανταγωνιστικό πρόγραμμα Ηράκλειτος II, "Ενίσχυση του ανθρώπινου ερευνητικού δυναμικού μέσω της υλοποίησης διδακτορικής έρευνας".

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή, κ. Κώστα Συνολάκη (Καθηγητής, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, ΠΚ) για την υπόδειξη του θέματος, την άριστη καθοδήγησή και συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστώ τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς εξεταστικής μου επιτροπής, τον κ. Νικόλαο Νικολαΐδη (Καθηγητής, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος) και τον Δρ. Χρήστο Αναγνώστου (Διευθυντής Ερευνών, Γεωλόγος-Ίζηματολόγος, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, ΕΛΚΕΘΕ). Η καθοδήγηση και η υποστήριξη τους καθ' όλη την διάρκεια της διατριβής υπήρξε καταλύτης για την επιτυχή διεκπεραίωση της. Ευχαριστώ επίσης τα υπόλοιπα μέλη της συμβουλευτικής μου επιτροπής:

- ✓ Καλλίθρακα-Κόντο Νικόλαο, Καθηγητής, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, ΠΚ
- ✓ Καλογεράκη Νικόλαο, Καθηγητής, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, ΠΚ,
- ✓ Τσούτσο Θεοχάρη, Αν. Καθηγητής, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, ΠΚ,
- ✓ Ψυλλάκη Έλια Αν. Καθηγήτρια, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, ΠΚ,

για τις πολύτιμες υποδείξεις και την βοήθεια τους κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων καθώς και κατά την συγγραφή της διδακτορικής διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους φοιτητές και αποφοίτους του ΠΚ: (α) Κώστα Παπαδόπουλο, (β) Ανδρέα Παλαιολόγου, (γ) Βασίλη Σκαναβή και (δ) Γιώργο Σαρτζετάκη, για την άψογη συνεργασία μας κατά τη διάρκεια εκπόνησης των διπλωματικών τους εργασιών στο εργαστήριο «Φυσικών Καταστροφών και Παράκτιας Μηχανικής».

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω την αν. καθ. Αίθρα Μαρία για την βοήθεια και υποστήριξη της στη συλλογή και αξιολόγηση της Ελληνικής νομοθεσίας/νομολογίας που αφορά την παράκτια ζώνη.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Νίκο Μαζαράκη και τον Δρ. Κώστα Λαγουβάρδο, ερευνητές στο Εθνικό Αστεροσκοπείο για την βοήθεια τους και για τα στοιχεία του κυματικού μοντέλου WAM τα οποία παρείχαν για την ολοκληρωμένη εκπόνηση της παρούσας διατριβής.

Τέλος, ευχαριστίες εκφράζονται στην δράση «ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ II: Ενίσχυση Ανθρώπινου Ερευνητικού Δυναμικού μέσω της Υλοποίησης Διδακτορικής Έρευνας», του Άξονα Προτεραιότητας: «Ενίσχυση του ανθρώπινου κεφαλαίου για την προαγωγή της έρευνας και της καινοτομίας στις 3 περιφέρειες Σταδιακής Εξόδου» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση», για την οικονομική υποστήριξη της εν λόγω έρευνας.

Σπύρος Φωτείνης

Χανιά, 2014

Εκτεταμένη περίληψη

Στο πλαίσιο της παρούσης διατριβής μελετήθηκε η διάβρωση των ακτογραμμών της Ελλάδας. Για τον λόγο αυτό εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν τρεις αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις μελέτης, (α) Ν. Λασιθίου, (β) παραλία Βάρκιζας, Αθήνα και (γ) Ν. Χανίων. Ο Ν. Λασιθίου φιλοξενεί πληθώρα παραλιών, με εύρος κοκκομετρίας, γεωμετρικών χαρακτηριστικών (μήκος και πλάτος) και κυματικού καθεστώτος και ρευμάτων που καλύπτουν την πλειονότητα των παραλιών που συναντούνται στην Ελληνική επικράτεια (παραλίες τσέπης έως παραλίες πολλών χιλιομέτρων, σχετικά περιορισμένου μέσου πλάτους (10 - 60 m), οι οποίες αποτελούνται από λεπτόκοκκο έως χοντρόκοκκο υλικό και επηρεάζονται είτε από ανοικτά αναπτύγματα πελάγους είτε από κατακερματισμένα λόγω νησιών και βραχονησίδων). Η παραλία της Βάρκιζας αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αστικοποιημένης παραλίας, καθώς είναι ιδιαίτερα δημοφιλής, με περιορισμένο μήκος και πλάτος, ενεργή διάβρωση, έντονη αστικοποίηση της λεκάνης απορροής και της παραλίας και χωρίς καμία μορφή διαχείρισης της. Ο Ν. Χανίων, φιλοξενεί, σε μεγαλύτερο βαθμό από τον Ν. Λασιθίου, ιδιαίτερα δημοφιλείς παραλίες και μεγάλο μέρος της τοπικής οικονομίας στηρίζεται σε αυτές. Παρόλα αυτά, τις τελευταίες κυρίως δεκαετίες, έχει παρατηρηθεί η έντονη διάβρωση, ρύπανση και υποβάθμιση της υγείας τους, όπως συμβαίνει και σε άλλες τουριστικά αναπτυγμένες παραλίες της Ελλάδας.

Για την προκαταρκτική αξιολόγηση της κατάστασης των Ελληνικών ακτογραμμών, από πλευράς διάβρωσης, χρησιμοποιήθηκαν βιβλιογραφικά στοιχεία και πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις πεδίου. Η υγεία των Ελληνικών ακτογραμμών βρέθηκε χαμηλή, και μέσω επεξεργασίας αεροφωτογραφιών και τοπογραφικών δεδομένων βρέθηκε πως είτε παραλίες έχουν ήδη εξαφανιστεί, όπως η παραλία Βραχάκια, Χανιά είτε ακτογραμμές να διαβρώνονται με μέσο ρυθμό έως και 2 m/year, όπως στην περίπτωση του δέλτα του Αχελώου ποταμού. Επίσης, αναγνωρίστηκε ότι η έντονη διάβρωση οφείλεται σε ανθρώπινους παράγοντες και αναπτύχθηκαν δείκτες αξιολόγησης της παράκτιας κυψέλης/παραλίας οι οποίοι αποτελούν πρωτοτυπία. Στην συνέχεια αξιολογήθηκε η υφιστάμενη νομοθεσία/νομολογία που αφορά την παράκτια ζώνη. Αυτή βρέθηκε ιδιαίτερα ελλιπής, με πληθώρα νόμων οι οποίοι αναφέρονται σε διακριτά κομμάτια της παράκτιας ζώνης και όχι στο σύνολο της, με αποτέλεσμα να υπάρχουν αλληλοεπικαλύψεις.

Στη περίπτωση μελέτης του Ν. Λασιθίου αναγνωρίστηκαν και μελετήθηκαν 25 περιοχές οι οποίες δύναται να αντιμετωπίζουν σημαντικό πρόβλημα διάβρωσης λόγω ανθρωπογενών παρεμβάσεων. Για τον υπολογισμό της διαχρονική εξέλιξης των ακτογραμμών χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες και μετρήσεις πεδίου. Βρέθηκε πως η υποχώρηση ακτογραμμής είναι αντίστροφος ανάλογη του κανονικοποιημένου πλάτους (προς το μήκος), για τιμές έως περίπου 0.1, ενώ για υψηλότερες τιμές (έως 0.5), δηλαδή για

παραλίες περιορισμένου πλάτους (παραλίες τσέπης), η διάβρωση είναι περιορισμένη ή μηδενική. Πραγματοποιήθηκε συσχετισμός του σημερινού και του ιστορικού μήκους (x) ως προς το κανονικοποιημένο πλάτος (προς το μήκος) (y) των φυσικών αμμωδών παραλιών, και βρέθηκε πως το πρώτο περιγράφεται στατικά από την σχέση $y=23.47x^{-0.048}$, ενώ το ιστορικό από την σχέση $y=18.276x^{0.02}$. Συνεπώς, οι μικρές σε μήκος παραλίες έχουν παραμείνει σχετικά σταθερές ενώ οι μεγάλοι μήκους παραλίες έχουν χάσει έως και το 30% του πλάτους τους τις τελευταίες δεκαετίες. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι όσο μεγαλύτερο το πλάτος μιας παραλίας, τόσο περισσότερες πιθανότητες έχει να επηρεαστεί από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και τόσο πιο επιρρεπείς είναι στην διάβρωση. Βάση χάρτη επικινδυνότητας διάβρωσης που δημιουργήθηκε, προσαρμοσμένος στο περιορισμένο πλάτος των παραλιών του Ν. Λασιθίου, το 40% των υπό εξέταση περιοχών αντιμετωπίζουν εκτεταμένο πρόβλημα παράκτιας υποχώρησης (>0.25 m/έτος), το 20% αντιμετωπίζει μέτριο πρόβλημα (0.15 έως 0.25 m/έτος), το 12% χαμηλό ρυθμό υποχώρησης (0.05 έως 0.15 m/έτος) και μόλις το 28%, κυρίως παραλίες τσέπης, παραμένει σταθερό (~ 0 m/έτος).

Στην περίπτωση μελέτης της παραλίας της Βάρκιζας αναπτύχθηκε πρωτοπόρα μέθοδος για την αναλυτική καταγραφή του πραγματικού εμβαδού και της τοπογραφίας/βαθυμετρίας, η μέθοδος του κράνους RTK GPS. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε παραλίες μικρού πλάτους και μήκους, με έντονες μεταβολές του ανάγλυφου τους και στις οποίες η παλίρροια είναι πολύ μικρή. Η ακρίβεια της μεθόδου πολύ υψηλή (± 2.60 cm στον κάθετο άξονα) όπως επίσης και η ταχύτητα αποτύπωσης (έως 3600 μετρήσεις/ώρα). Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίθηκαν με αυτά που προέκυψαν από την εφαρμογή κλασικών μεθόδων για την καταγραφή προφίλ παραλιών (shore-normal techniques) και βρέθηκε ότι η μέθοδος του κράνους RTK GPS είναι η καταλληλότερη για την αποτύπωση των Ελληνικών παραλιών. Επίσης, για πρώτη φορά στην Ελλάδα, μετρήθηκε το κυματικό καθεστώς και τα ρεύματα της παραλίας της Βάρκιζας με το ναυτικό ραντάρ Miro's wavex και τον ADCP κυματομετρητή Nortek Awac. Συνολικά, για τον κυματικό χειμώνα 2012-2013 καταγράφηκαν 16 κυματικές καταγίδες οι οποίες είχαν όλες βόρειο προσανατολισμό, μέγιστο ύψος κύματος περίπου 4 m και η μέγιστη φασματική περίοδος 8 sec.

Στην περίπτωση μελέτης του Ν. Χανίων παρατηρήθηκε έντονη διάβρωση σε παραλίες του κόλπου Χανίων, βάσει δεδομένων που βρέθηκαν και αφορούν τον Β΄ Παγκοσμίου πολέμου, επισκέψεις πεδίου και ιστορικό φωτογραφικό υλικό. Παραδείγματος χάρη, η παραλία του Κολυμβαρίου κατά τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο είχε πλάτος το οποίο κυμαινόταν από 51 έως 104 m, ενώ από το διάστημα 1973 έως το 2005 διαβρώνονταν με ρυθμό 1m/year με αποτέλεσμα να το 2005 το δυτικό τμήμα της να εξαφανιστεί και να αντικατασταθεί από ογκόλιθους.

Πρωτογενή δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν στην Βάρκιζα αλλά και στα Χανιά με τον κυματομετρητή Awac συγκρίθηκαν με τις προβλέψεις του μαθηματικού μοντέλου SMB (Svedrup- Munk-Bretschneider), το πιο διαδεδομένο μοντέλο περιγραφής της κατάστασης διαταραχής της θαλάσσιας επιφάνειας, και τις προβλέψεις του κυματικού μοντέλου WAM. Βρέθηκε, πως οι προσεγγίσεις του μαθηματικού μοντέλου SMB έχουν μεγάλες επισφάλειες, ενώ οι προβλέψεις του κυματικού μοντέλου WAM βρίσκονται πιο κοντά στην πραγματικότητα για τον υπολογισμό του σημαντικού ύψους κύματος, ενώ βρέθηκε πως υπάρχει σημαντική τάση υπερυπολογισμού της περιόδου.

Στη συνέχεια, αξιοποιώντας τις μετρήσεις του κυματομετρητή Awac εφαρμόστηκε το υδροδυναμικό μοντέλο MIKE 21 BW σε περίπτωση μελέτης στο Ενετικό λιμάνι Χανίων, ώστε να μελετηθεί αν ο έξαλλος κυματοθραύστης που έχει τοποθετηθεί ΒΔ της εισόδου του είναι λειτουργικός. Βρέθηκε πως ο κυματοθραύστης δεν επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα και πως είναι αναγκαία η χρήση υδροδυναμικών μοντέλων πριν από την τοποθέτηση κατασκευών στην παράκτια ζώνη.

Αξιολογηθεί η μέθοδος του ραδιενεργού καΐσιου-137 (^{137}Cs) για τον υπολογισμό του ρυθμού διάβρωσης/πρόσχωσης λεκανών απορροής και αναπτύχθηκε πρωτοπόρα εφαρμογή της για τον υπολογισμό της στάθμης εφημέριων υδάτινων σωμάτων, τον Μάιο του 1986. Τέλος, μελετήθηκε η ρύπανση με βαρέα μέταλλα σε ιζήματα παραλιών και η πιθανότητα ρύπανσης από βαρέα μέταλλα ευκαιριακών πηγών αναπλήρωσης και αναγνωρίστηκαν σημειακές πηγές ρύπανσης παραλιών. Αυτές ήταν (α) η υποθαλάσσια έξοδος της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων του Δ. Πλατανιά, (β) τα βυρσοδεψία και (γ) εργασίες συντήρησης σκαφών πάνω σε λιμενοβραχίονες. Βρέθηκε, πως στο εν λόγω θέμα υπάρχει νομοθετικό κενό και προτάθηκαν τρόποι κάλυψης του. Καθώς η παραλία του Πλατανιά έχει χάσει πάνω από το μισό της πλάτος σε σχέση με την δεκαετία του 1980, πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα, και στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, η ευκαιριακή αναπλήρωση με υλικό από τον ομώνυμο λιμένα, ο οποίος δεν ήταν σημαντικά μολυσμένες με βαρέα μέταλλα.

Extended summary

In this thesis the erosion of the coastlines of Greece, with special attention given to sandy beaches, was studied. For this reason three case studies were examined, namely (a) Lasithi Prefecture, (b) Varkiza beach, Athens and (c) Chania Prefecture. Lasithi Prefecture hosts a plethora of beaches, with geometric characteristics (mean grain sizes, beach length and width) and wave climate representative of a common Greek beach. Varkiza beach is a typical example of an urbanized Greek beach, as it is very popular, has limited beach length and width, is actively eroding and has undergone intense urbanization of the drainage basin and the coastal zone, without any management. Chania Prefecture hosts popular beaches and a large part of the local economy relies on them. However, during the last decades, its beaches are actively eroding and combined with pollution the overall health of coastal zone has been degraded, a common case in popular Greek beaches.

For a preliminary assessment of the current situation, in terms of erosion, literature review as well as field surveys were conducted. The overall health and sustainability of Greek coastlines was found to be low. Using historical data and historical aerial photographs it was found that either beaches had already disappeared, such as Vrachakia beach, Chania or shoreline retreat had maximum mean erosion rates of up to 2 m / year, as in the case of Acheloos delta. Erosion can be mainly attributed to human interventions on the coastal zone and on the drainage basins. In order to assess the health of the coastal zone the beach and coastal cell good environmental indices were developed. Moreover, the legislation that concerns the coastal zone was found to be inadequate, with a plethora of laws that overlap.

In Lasithi Prefecture 25 locales were identified as actively eroding or vulnerable, mainly due to anthropogenic interventions. To evaluate the temporal evolution of these locales historical aerial photographs, satellite images and field measurements were utilized. It was found that shoreline retreat was inverse proportional to the normalized beach width (by length), for values up to about 0.1, while for higher values (up to 0.5), i.e. pocket beaches, erosion was either low or the coastline was stable. When natural sandy beaches were examined, it was found that the correlation of the current and historical beach length (x) to beach width (y) can be statistically described for the first by $y = 23.47x - 0.048$ and for latter by $y = 18.276x + 0.02$. Therefore, it is observed that pocket beaches have remained relatively stable, while longer coastlines have lost up to 30% of their mean width during the last decades. This suggests that the larger the length of a beach, the more likely to be affected by anthropogenic interventions and so the more prone to erosion it will be. A coastal erosion hazard map was created, adapted

to the mean beach widths of Lasithi Prefecture. 40% of the coastline faces extensive coastal retreat (> 0.25 m / year), 20% medium (0.15 to 0.25 m / year), 12% low (0.05 to 0.15 m / year) and only 28%, mainly pocket beaches, are stable (~ 0 m / year).

In Varkiza beach, Athens, the method of the helmet RTK GPS was developed as to effectively map beach evolution in three dimensions and identify volumetric losses and gains and beach dynamic. The method finds favorable application to Greek beaches, which are generally short in length and often have been forced to accommodate various structures in their dry width, including buildings and roads. As a result, steep inclinations of the dry beach profile can be observed. The method is quite accurate (± 2.60 cm on the vertical axis) and high density and resolution data from the beach dry width, and from the swash zone (\sim up to 1.5 m depth, depending on the operator height), can be obtained. The results were compared with those obtained from the shore normal techniques and it was found that the helmet technique better fits Greek beaches conditions. Also, wave and current measurements in shallow waters were recorded using a Miros wavex marine radar and ADCP Nortek Awac. For the period 2012-2013, 16 wave storms, of north direction, were recorded, with maximum wave height about 4 m and maximum spectral period 8 sec.

Beaches of Chania Prefecture were found to be actively eroding. By utilizing data from field surveys and historical data that reach back to Second World War, it was found that popular beaches located on the northern part have undergone extensive erosion. For example, the width of Kolymvari beach, during the Second World War, was ranging from 51 to 104 m and beaches were used as an airstrip from German aircrafts. From 1973 to 2005 the western part of the beach eroded at a rate of 1m / year and in 2005 a sea wall and a coastal road replace the beach. What is more wave data, collected with an ADCP Nortek Awac were compared with the predictions of SMB (Svedrup- Munk-Bretschneider) model, most coastal engineering studies rely on this, and with forecasts of third generation wave model WAM . It was found that SMB yields high errors, while the WAM estimations are closer to reality for the significant wave height but for wave period. Awac measurements were used as an input in the hydrodynamic model MIKE 21 BW and the results of a common storm in the Venetian port, Chania were simulated. Mike 21 was used in order to investigate whether the breakwater situated NW of the port entrance, which placement was not based on a hydrodynamic model predictions, is functional. It is shown that the breakwater is not producing the desirable results and hence the use of a hydrodynamic model is necessary before placing structures on the coastal zone, which is not the case in Greece.

Caesium-137 (^{137}Cs) technique was assessed for estimating erosion/accretion rates in drainage basins in Greece and it was found promising. Finally, the distribution of heavy metals

in beach sediment and in opportunistic beach nourishment sources was examined by utilizing an Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) system. Heavy metal point sources were identified and included (i) the effluents of small industries (tanneries), (ii) wastewater treatment plant effluents, and (iii) paint and oil scraps from substandard ship maintenance activities that take place on ports breakwaters. It was found that legislation for dredging activities in Greece is insufficient. Using, an identified source, the first planned opportunistic beach nourishment project in Greece materialized in Platanias beach, Chania. Nonetheless, before opportunistic beach restoration projects materialize the quality of the dredged material needs to be assessed.

1. Εισαγωγικά - θεωρητικά στοιχεία

1.1 Προβληματισμός – Σκοπός διατριβής

Η διάβρωση των ακτογραμμών στην Ελλάδα άρχισε να γίνεται εμφανής την δεκαετία του 1950, ενώ ακόμα εκκρεμεί μια ολοκληρωμένη και περιβαλλοντικά φιλική προσέγγιση (Synolakis et al, 2008); (Foteinis et al., 2010); (Foteinis and Synolakis, 2014). Αποτελεί σημαντικό πρόβλημα καθώς αφενός η Ελλάδα έχει το μεγαλύτερο μήκος ακτών στην Μεσόγειο (CIA, 2013), και αφετέρου το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού και των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, με σενάρια τα οποία προβλέπουν μελλοντικά περαιτέρω αύξηση, δραστηριοποιείται στην παράκτια ζώνη (MEPPPW, 2008) (European Commission, 2009). Επιπροσθέτως, ο τουρισμός, ο οποίος στηρίζεται κυρίως σε κολυμβητικές παραλίες, συνεισφέρει σημαντικά (~15 %) στο εθνικό ακαθάριστό προϊόν (CIA, 2013).

Το πρόβλημα της διάβρωσης είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο σε παραλίες, οι οποίες συνήθως φιλοξενούν και ευαίσθητα οικοσυστήματα (Defeo et al., 2009), ανά την Ελλάδα. Επιπροσθέτως, πολλές από αυτές βρίσκονται σε αναπτυγμένες περιοχές (όπως π.χ. ο νομός Χανίων), και η ανάπτυξή τους αυτή οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο πλήθος επισκεπτών που προσελκύουν οι παραλίες. Αν δεν αντιμετωπιστεί η διάβρωση, ειδικά στις περιοχές οι οποίες έχουν αναπτυχθεί βασισμένες στον ενάλιο τουρισμό, τότε, εκτός από περιβαλλοντικά, αυτές θα αντιμετωπίσουν και έντονα κοινωνικοοικονομικά προβλήματα (Foteinis and Synolakis, 2014). Κατ' ελάχιστο η αισθητική όχληση που προκαλεί η διάβρωση μπορεί να λειτουργήσει σαν αποτρεπτικός παράγοντας της επισκεψιμότητας, λόγω του μικρού πλάτους και της μειωμένης προσβασιμότητας σε διαβρωμένες παραλίες. Επίσης, σε διαβρωμένες παραλίες, πολλές φορές, το βραχώδες υπόστρωμα έχει αποκαλυφθεί, το οποίο είναι ιδιαίτερα ολισθηρό και δημιουργεί πληθώρα τραυματισμών και επίσης εμποδίζει την προσβασιμότητα στην θάλασσα. Τέλος, λόγω διάβρωσης διαταράσσεται η ομοιομορφία του ιζήματος και η κλίση των παραλιών. Ένα ακόμα πρόβλημα που προκαλεί η διάβρωση, είναι ότι παραθαλάσσιες ιδιοκτησίες γίνονται ιδιαίτερα τρωτές από κυματισμούς, και απειλούνται άμεσα από θαλάσσιες πλημύρες. Ως αποτέλεσμα, αφενός μειώνεται σημαντικά η οικονομική τους αξία και αφετέρου απαιτούνται σημαντικοί πόροι για την προστασία τους (Πετρέλης, 2012); (Foteinis and Synolakis, 2014).

Συνεπώς, το πρόβλημα της διάβρωσης είναι πολυδιάστατο και παρουσιάζει πληθώρα περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών επεκτάσεων. Παρόλα αυτά, μέχρι σήμερα αυτό δεν έχει μελετηθεί ενδελεχώς, ενώ εκκρεμεί η αξιολόγηση της κατάστασης στην οποία βρίσκονται οι ακτογραμμές της Ελλάδας και η εισαγωγή μεθόδων για την απόκτηση δεδομένων που σχετίζονται με την διάβρωση.

Στην Ελλάδα η σχετική βιβλιογραφία για την διάβρωση είναι περιορισμένη (Αλεξανδράκης, 2011), (Πετρέλης, 2012) και δεν έχει δοθεί ακόμα η αρμόζουσα έμφαση τόσο

στο πρόβλημα όσο και στην βιώσιμη αντιμετώπιση του. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμα και όταν επιχειρείτε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα, αυτό γίνεται συνήθως με απαρχαιωμένες και μη ενδεδειγμένες μεθόδους, οι οποίες αντί να λύσουν το πρόβλημα ουσιαστικά το επιβαρύνουν (Synolakis et al, 2008); (Foteinis and Synolakis, 2014).

Συνεπώς, σκοπός της παρούσης διατριβής είναι η μελέτη της διάβρωσης των Ελληνικών ακτογραμμών και για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν περιπτώσεις μελέτης. Ειδική εστίαση δόθηκε σε πρόσχωσηγενείς ακτές (αμμώδεις παραλίες), καθώς αποτελούν σημαντικό περιβαλλοντικό, κοινωνικό αλλά και οικονομικό πόρο (Magoon et al., 2001); (U.S. Army Corps of Engineers, 2002); (Schlacher, 2008).

Συγκεκριμένα, οι κύριοι στόχοι της εν λόγω διατριβής είναι οι εξής:

- Μελέτη του βαθμού διάβρωσης αντιπροσωπευτικών παραλιών της Ελλάδας.
- Ανάπτυξη τρόπων καταγραφής της διάβρωσης παραλιών, οι οποίοι να είναι εύκολα εφαρμόσιμοι στις ελληνικές παραλίες.
- Μελέτη τρόπων αντιμετώπισης της διάβρωσης παραλιών.

Προκειμένου να επιτευχθούν οι κύριοι στόχοι της διατριβής, πραγματοποιήθηκαν τα παρακάτω πακέτα εργασίας

- Αναγνώριση προβλημάτων διάβρωσης παραλιών στην Ελλάδα και της υποβάθμισης της υγείας της παράκτιας ζώνης.
- Ενδεδειγμένη μελέτη και αξιολόγηση της ισχύουσας νομοθεσίας και νομολογίας και προτάσεις βελτίωσης της
- Υπολογισμός της διαχρονικής εξέλιξης ακτογραμμών.
- Ανάπτυξη δεικτών αξιολόγησης υγείας παράκτιων κυψελών/παραλιών.
- Αξιολόγηση των υφιστάμενων μεθόδων καταγραφής της μορφοδυναμικής εξέλιξης παραλιών και βελτιστοποίηση τους.
- Αξιολόγηση των υφιστάμενων μεθόδων καταγραφής του κυματικού καθεστώτος και των ρευμάτων στις τρεις διαστάσεις και βελτιστοποίηση τους.
- Υπολογισμός ρυθμού διάβρωσης/πρόσχωσης λεκανών απορροής.
- Μελέτη της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα σε ιζήματα παραλιών.
- Πιλοτική εφαρμογή ήπιας μεθόδου προστασίας στην Ελλάδα.

Καθώς το αντικείμενο της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι πολύπλοκο και πολυδιάστατο, ενώ για την ολοκληρωμένη μελέτη και ανάλυση του προβλήματος και την επίτευξη των παραπάνω στόχων απαιτείται η πολυεπιστημονική προσέγγιση του προβλήματος. Συγκεκριμένα, για την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής συνεργάστηκε πληθώρα ειδικών σε διαφορετικά, συγγενή και μη, επιστημονικά πεδία, οι οποίοι είχαν την επιστημονική

επάρκεια αλλά και την "παιδεία" κατανόησης και δημιουργικής συνεργασίας, στοιχείο αναγκαίο για την επίλυση αυτού του πολυσύνθετου προβλήματος (Ρόκος, 1998). Επιπροσθέτως, ο συγγραφέας συνεργάστηκε με ειδικούς από ποικίλους κλάδους και τομείς της επιστήμης, όπως αναλυτική χημεία, γεωλογία, τοπογραφία, βιολογία, νομική κα., αλλά και με ημεδαπά και αλλοδαπά ιδρύματα και φορείς, όπως το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) και την California Coastal Commission, ΗΠΑ.

1.2 Ακτογραμμή, ακτή και παράκτια ζώνη

Ως ακτή ορίζεται η ζώνη που βρίσκεται πάνω από την μέση στάθμη θαλάσσης (ΜΣΘ) και η οποία αλληλεπιδρά άμεσα με την θάλασσα. Από γεωλογικής σκοπιάς είναι τα όρια ανάμεσα στα ηπειρωτικά τμήματα και τη θάλασσα ή άλλο υδάτινο όγκο (λίμνη, ποτάμι κλπ). Η ακτογραμμή είναι το όριο στο οποίο τα τρία κύρια φυσικά στοιχεία, ο αέρας, το νερό και η γη συναντώνται, και δεν είναι στατική αλλά δυναμική καθώς η θέση της αλλάζει τόσο χρονικά (βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα) όσο και χωρικά (αύξηση ή μείωση). (Boak and Turner, 2005).

Συγκεκριμένα, μια παραλία εξελίσσεται βραχυπρόθεσμα (ώρες έως μήνες) εξαιτίας κυρίως υψηλών κυματισμών, οι οποίοι δύναται να μεταβάλλουν τη θέση της (εποχιακό προφίλ). Μακροπρόθεσμα (χρόνια έως δεκαετίες και εκατονταετίες) μια παραλία εξελίσσεται και προσαρμόζεται στις μεταβολές της μέσης στάθμης της θάλασσας (ΜΣΘ) και στο ισοζύγιο εισροής - απομάκρυνσης ιζήματος από την παράκτια κυψέλη στην οποία αυτή βρίσκεται και μπορεί να παραμένει σταθερή, να προσχώνεται ή να διαβρώνεται. Χωρικά η ακτογραμμή μπορεί να μεταβάλλεται εις βάρος της ενδοχώρας (μείωση) τότε η ακτογραμμή διαβρώνεται (erosion), ενώ όταν μεταβάλλεται εις βάρος του θαλάσσιου χώρου (αύξηση) τότε η ακτογραμμή προσχώνεται (accretion) (Boak and Turner, 2005).

Ως παράκτια ζώνη νοείται το *«τμήμα των παράκτιων, θαλάσσιων υδάτων, ή λιμνοθάλασσα, με συγκεκριμένη γεωγραφική οριοθέτηση και που συνίσταται σε ομοιογενές υδροδυναμικό σύστημα ή σειρά τέτοιων συστημάτων»* (Ευρωπαϊκή-Επιτροπή, 2003). Η παράκτια ζώνη αποτελείται από *«χερσαία και υδάτινα τμήματα, εκατέρωθεν της ακτογραμμής στα οποία η αλληλεπίδραση μεταξύ του θαλάσσιου και του χερσαίου τμήματος αποκτά τη μορφή πολύπλοκων συστημάτων οικολογικών στοιχείων και πόρων αποτελούμενων από βιοτικές και αβιοτικές συνιστώσες που συνυπάρχουν και αλληλεπιδρούν με τις ανθρώπινες κοινότητες και τις σχετικές κοινωνικο-οικονομικές δραστηριότητες. Η παράκτια ζώνη είναι δυνατόν να περιλαμβάνει φυσικούς σχηματισμούς ή μικρά νησιά στο σύνολό τους»* (Ν 3937 ΦΕΚ 60 Α', 2011). Συνεπώς, η παράκτια ζώνη είναι η θαλάσσια και χερσαία λωρίδα εκατέρωθεν της ακτογραμμής η οποία φιλοξενεί πληθώρα οικοσυστημάτων και έχει μεγάλη αξία για τον άνθρωπο.

1.3 Παράκτιες κυψέλες, υποκυψέλες

Ως παράκτια κυψέλη (littoral or coastal cell) ορίζεται η παράκτια ζώνη μέσα στην οποία περιορίζεται η στερεομεταφορά και λαμβάνει χώρα ένας πλήρης κύκλος ιζηματογένεσης, μεταφοράς, απόθεσης και καθίζησης (Lees, 1997). Μια παράκτια κυψέλη αποτελείται συνήθως από (Inman, 2003):

- Τις πηγές του ιζήματος, δηλαδή αποσαθρώσεις και διαβρώσεις τις ενδοχώρας που μεταφέρονται από επιφανειακές απορροές (ρέματα, ποτάμια κλπ), τοπικές διαβρώσεις παράκτιων περιοχών, διαβρώσεις αποθηκευμένου ιζήματος (αμμοθίνες κ.α.) και βιολογικούς παράγοντες (νεκρά κοχύλια, κοράλλια κ.α.).
- Τη στερεομεταφορά, δηλαδή ελεύθερη κίνηση του ιζήματος κατά μήκος (οριζόντια) και κατά πλάτος (κάθετα), ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν, της παράκτιας κυψέλης
- Τις καταβόθρες του ιζήματος (sinks), οι οποίες είναι περιοχές στις οποίες αν μεταφερθεί το ιζημα δεν είναι πλέον ελεύθερο να μετακινηθεί (μετά το κρίσιμο βάθος - closure depth) και καθιζάνει μόνιμα.

Τα όρια, συνήθως βραχώδεις προεξοχές, μέσα στα οποία λαμβάνουν χώρα οι παραπάνω διαδικασίες ορίζουν μια παράκτια κυψέλη, η οποία μπορεί να έχει μήκος από μερικά έως και εκατοντάδες χιλιόμετρα (Inman, 2003). Μια παράκτια κυψέλη, στην απλούστερη της μορφή, φιλοξενεί μόνο μια παραλία (εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1: Μεμονωμένη παράκτια κυψέλη, παραλία Μαριδάκη Κουρεμένος, Άγιος Νικόλαος. Με μπλε χρώμα παρουσιάζονται οι εισροές, με κόκκινο οι απώλειες και προσωρινές αποθηκεύσεις ιζήματος και με κίτρινο η στερεομεταφορά (Google Inc., 2012).

Συνήθως, οι παράκτιες κυψέλες είναι σύνθετες καθώς μέσα σε αυτές μπορεί να βρίσκονται άλλες μικρότερες κυψέλες (υποκυψέλες) που φιλοξενούν πληθώρα παραλιών. Πρέπει να σημειωθεί πως μέσα σε μία παράκτια κυψέλη λαμβάνει χώρα ένας φυσικός κύκλος στερεομεταφοράς. Συνεπώς οποιαδήποτε παρέμβαση μέσα σε αυτή μπορεί να τον επηρεάσει και να δημιουργήσει προβλήματα σε κάποιο/α σημείο/α της.

Παραδείγματα κακών πρακτικών σε παράκτιες κυψέλες, τα οποία θα εξεταστούν εκτενέστερα στα επόμενα κεφάλαια, αποτελούν παρεμβάσεις ανάντη της λεκάνης απορροής που την τροφοδοτεί, όπως φράγματα, αμμοληψίες, αστικοποίηση, κλπ τα οποία επηρεάζουν την τροφοδοσία ιζήματος. Επίσης, η αμμοληψία από παραλίες, η καταστροφή αμμοθινών, παράκτιοι δρόμοι και τα κτίρια πάνω στην παραλία, όπως και παράκτιες κατασκευές και οχυρωματικά έργα στην παράκτια ζώνη χωρίς τα κατάλληλα στοιχεία και μελέτες.

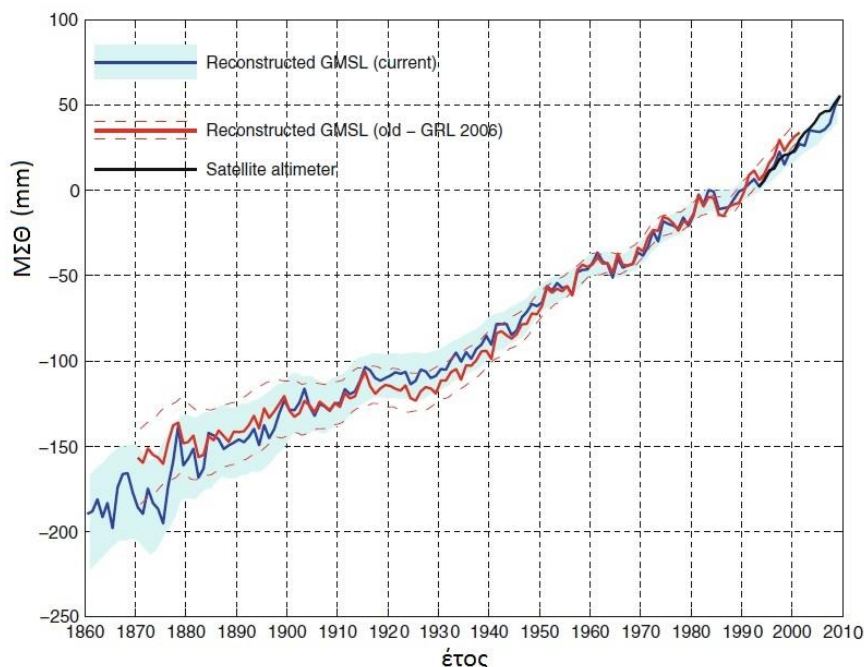
1.4 Παραλίες

Παραλίες ονομάζουμε γεωλογικούς σχηματισμούς που αποτελούνται από μη συνεκτικά πετρώματα (άμμο ή βότσαλα) τα οποία είναι ελεύθερα να κινηθούν, σε συγκεκριμένο χωρικό πλαίσιο, κατά μήκος και κατά πλάτος μιας ζώνης ξηράς και θάλασσας (συναντάται επίσης και σε μεγάλες λίμνες και ποτάμια). Οι παραλίες κατά κανόνα έχουν ήπια κλίση, ενώ χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα είναι ότι χωρικά παραμένουν σχετικά σταθερές σε βάθος χρόνου και έχουν την ικανότητα να απορροφούν την κυματική ενέργεια, λειτουργώντας με τον τρόπο αυτό ως «προφυλακτήρας» για την παράκτια ζώνη. Συγχρόνως αποτελούν βιότοπους υψηλής σημασίας, χρησιμοποιούνται ως χώρος αναψυχής και αποφέρουν σημαντικά κοινωνικοοικονομικά οφέλη τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο.

1.5 Διάβρωση ακτογραμμών/παραλίων

Ως παράκτια διάβρωση ορίζεται η σταδιακή οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, η οποία μετράται σε ικανοποιητικό χρονικό ορίζοντα, τέτοιο ώστε η μέτρηση να μην επηρεάζεται από τις επιδράσεις του καιρού, των κυματικών καταιγίδων και της τοπικής δυναμικής των ιζημάτων (Doody et al, 2004). Εναλλακτικά, η διάβρωση ακτογραμμής/παραλίας ορίζεται η μακροχρόνια υποχώρηση της ακτογραμμής προς την ενδοχώρα, με την παράλληλη κατάληψη του χώρου από την θάλασσα. Η διάβρωση είναι ένα φυσικό φαινόμενο, το οποίο εκδηλώνεται σταδιακά, και δεν αποτελεί φυσική καταστροφή. Συνεπώς μπορεί να προληφθεί και να αντιμετωπιστεί, ώστε να ελαχιστοποιηθούν ή να εξαλείφουν τα αποτελέσματά της. Ας σημειωθεί πως η διάβρωση είναι αναμενόμενη, καθώς η γη βρίσκεται σε μεσοπαγετώδη περίοδο, δηλαδή μεταξύ δύο διαδοχικών παγετωδών περιόδων. Ενδεικτικά τον προηγούμενο αιώνα η ετήσια άνοδος της μέσης στάθμης θαλάσσης (ΜΣΘ) ήταν $1,7 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$ (Church and White, 2006) και ο ρυθμός αυτός επιταχύνεται (εικόνα 1.2) εξαιτίας της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας της γης, που είναι αποτέλεσμα του φαινομένου του θερμοκηπίου (IPCC, 2007a), (Church and White, 2011). Συγκεκριμένα, για το 1993 έως το 2009 ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ΜΣΘ έφτασε τα $3.2 \pm 0.4 \text{ mm}$ ή τα $2.8 \pm 0.8 \text{ mm}$ σύμφωνα με μετρήσεις πεδίου οι οποίες εμπεριέχουν

μεγαλύτερη αβεβαιότητα (Church and White, 2011). Σύμφωνα με τα υπάρχον στοιχεία και μελέτες, τα σενάρια για την αύξηση της ΜΣΘ τον αιώνα που διανύουμε δίνουν προβλέψεις για αύξηση από 1 έως 4,5 m περίπου μέχρι το 2100 (IPCC, 2007a), (IPCC, 2007b). Συνεπώς οι περισσότερες παράκτιες περιοχές θα πρέπει να είναι προετοιμασμένες για τις συνέπειες της ανόδου της ΜΣΘ και τις συνεπακόλουθες διάβρωσης που είναι φυσικό συμβεί, ενώ όπου κριθεί αναγκαίο πρέπει να ληφθούν προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση της.



Εικόνα 1.2: Αύξηση της ΜΣΘ από το 1860 έως το 2010 (Church and White, 2011).

Η Ελλάδα παρουσιάζει χαμηλή επικινδυνότητα σε διάβρωση από την άνοδο της ΜΣΘ, καθώς η άνοδος της ΜΣΘ στην Ελλάδα κατατάσσεται ως ήπια και υπολογίζεται πως ο ρυθμός ανόδου είναι 0+1 mm/έτος (European Commission, 2009). Παρόλα αυτά, στην Ελλάδα παρατηρείται έντονη διάβρωση τις τελευταίες δεκαετίες (Synolakis et al, 2008), η οποία δεν δικαιολογείται από την άνοδο της ΜΣΘ. Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες οι ακτές της Κρήτης, που είναι η περιοχή μελέτης, αλλά και της Ελλάδας γενικότερα, έχουν αρχίσει να διαβρώνονται με ανησυχητικά αυξανόμενο ρυθμό, ενώ πολλές παραλίες έχουν ήδη εξαφανιστεί. Το γεγονός αυτό δεν μπορεί να αποδοθεί σε φυσικούς παράγοντες. Στην Κρήτη, όπως και στην υπόλοιπη Ελλάδα και Ευρώπη, οι κύριοι παράγοντες για την εκτεταμένη και έντονη διάβρωση που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες είναι ανθρωπογενείς (Doody et al, 2004), (Synolakis et al, 2008).

Ενδεικτικό της κατάστασης στην οποία έχουν περιέλθει οι παραλίες της Ευρώπης και της Ελλάδας είναι και το άρθρο της Γαλλικής εφημερίδας LE MONDE diplomatique, με τίτλο «Οι ακτές φεύγουν, το τσιμέντο έρχεται» το οποίο επισημαίνει την λάθος προσέγγιση της Ευρώπης στο πρόβλημα, δηλαδή την αποκλειστική χρήση βαριών κατασκευών (Le Monde diplomatique, 2008).

Αντιπροσωπευτικά της κατάστασης που επικρατεί στις παραλίες της Ελλάδας είναι τα στοιχεία της μελέτης EUROSION (Doody et al, 2004) σύμφωνα με τα οποία:

- α) περίπου το 1/5 της Ευρώπης των 25, δηλαδή περίπου 20.000 χιλιόμετρα, αντιμετωπίζει ή ενδέχεται να αντιμετωπίσει σοβαρά προβλήματα λόγω διάβρωσης,
- β) η ακτογραμμή της Ευρώπης υποχωρεί κατά 0,5 - 2 m/year, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις φτάνει και τα 15 m/year,
- γ) στην Ελλάδα υπολογίζεται ότι 30% των ακτών της έχουν υποστεί διάβρωση και το βασικό αίτιο είναι η ταχεία αστικοποίηση των ακτών της.

Η αξιολόγηση της κατάστασης των ακτογραμμών/παραλιών της Ελλάδας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής επιβεβαιώνει την κακή υγεία της παράκτιας ζώνης της Ελλάδας και την έλλειψη οποιοσδήποτε σχεδιασμού και διαχείρισης της παράκτιας ζώνης, με αποτέλεσμα την διάβρωση και την υποβάθμιση της υγείας της παράκτιας ζώνης σε πολλές περιοχές ανά την Ελλάδα (εικόνα 1.3).

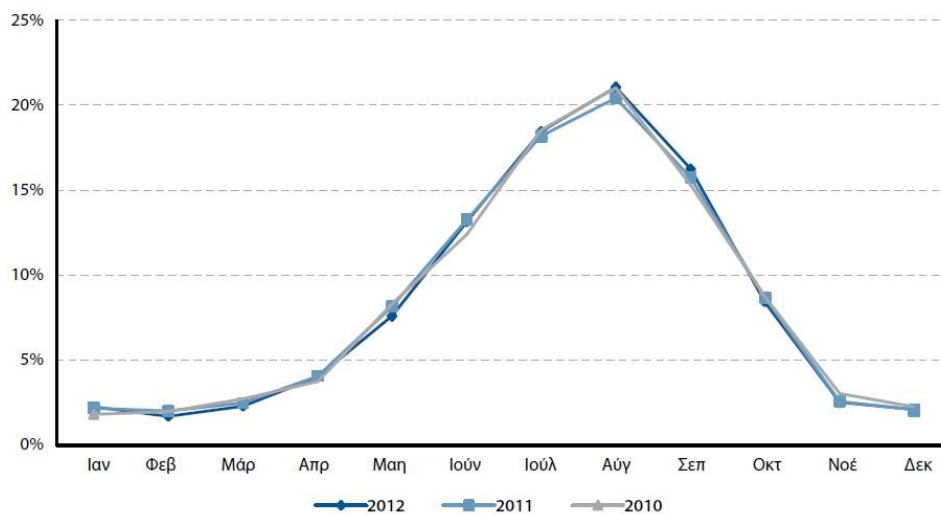


Εικόνα 1.3: Παράδειγμα υποβάθμισης και κακής υγείας παράκτιας ζώνης στην περιοχή, Ψαθάκι, Πρέβεζα, καλοκαίρι του 2009. Η έντονη διάβρωση μπορεί να αποδοθεί στην έλλειψη διαχείρισης της παράκτιας ζώνης και στις έντονες ανθρωπογενείς παρεμβάσεις.

1.6 Επιπτώσεις της διάβρωσης

Οι επιπτώσεις της διάβρωσης είναι πολυσύνθετες και δεν περιορίζονται μόνο στις περιβαλλοντικές, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού της Ελλάδας διαμένει στην παράκτια ζώνη και συνεπώς τόσο πολιτισμικές όσο και οικονομικές δραστηριότητες εξαρτώνται άμεσα από την υγεία της παράκτιας ζώνης και των παραλιών. Από περιβαλλοντικής σκοπιάς η διατήρηση και βελτίωση της υγείας της παράκτιας ζώνης και των παραλιών έγκειται στο γεγονός ότι συνήθως αποτελούν αλλά φιλοξενούν πολύπλοκα και πολυσύνθετα οικοσυστήματα τόσο στο θαλάσσιο χώρο όσο και στην αιγιαλίτιδα ζώνη (π.χ.

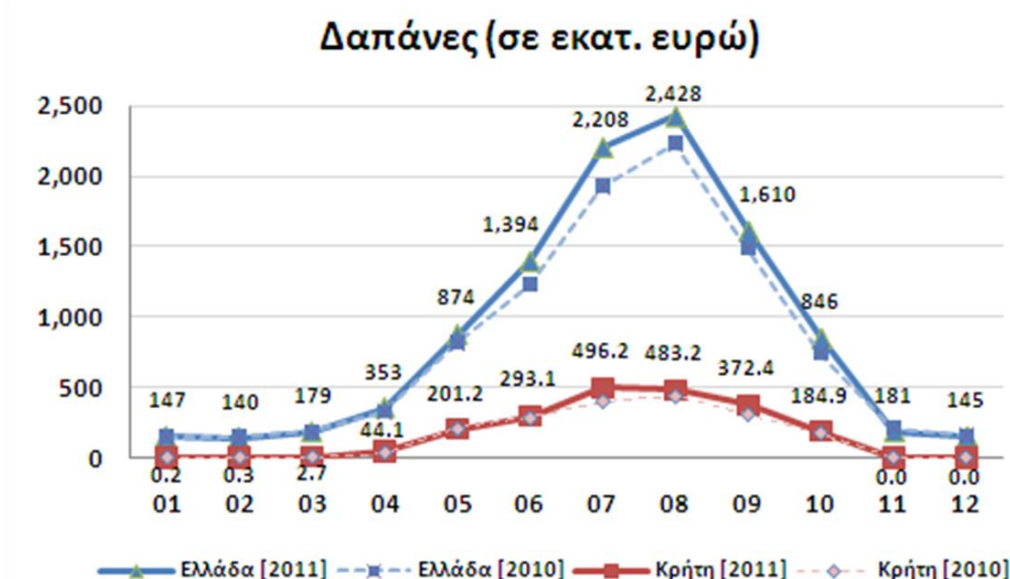
αμμοθίνες). Οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις συνήθως αλληλοεξαρτώνται καθώς τα τοπία υψηλού φυσικού κάλους και πολιτιστικής κληρονομιάς συνδυάζονται συχνά και με ωφέλει οικονομικά. Για το λόγο αυτό η βιώσιμη ανάπτυξη παραλιών οδηγεί τόσο στην διατήρηση του φυσικού κάλους όσο και στην διατήρηση θέσεων εργασίας και οικονομικής ανάπτυξης. Αντιθέτως, κακές πρακτικές σε παραλίες, όπως η τοποθέτηση ξένων σωμάτων (πρόβολοι, έξαλλοι κυματοθραύστες) προκαλούν αφενός αισθητική όχληση και αφετέρου συχνά οδηγούν σε διάβρωση, μειώνοντας έτσι και την ποιότητα του τοπίου και τις δυνατότητες αναψυχής που προσφέρει μια παραλία. Άμεσο αποτέλεσμα είναι οι περιβαλλοντικές οχλήσεις ενώ έμμεσο είναι η εξαφάνιση θέσεων εργασίας και η υποβάθμιση της τοπικής οικονομίας. Η διάβρωση περιορίζει την πρόσβαση στην παραλία, τα παράκτια και θαλάσσια σπορ και άλλες δραστηριότητες αναψυχής οι οποίες αποτελούν πρώτη προτίμηση πολλών επισκεπτών. Συνεπώς, οι οικονομικές επιπτώσεις της διάβρωσης είναι σημαντικές, τόσο σε εθνικό όσο και σε τοπικό επίπεδο. Σε εθνικό επίπεδο είναι εμφανείς από γεγονός ότι περίπου το 15% του ΑΕΠ της Ελλάδας προέρχεται από τον τουρισμό (CIA, 2013) καθώς το 80% των αλλοδαπών επισκέπτονται τη χώρα μας για λόγους αναψυχής και μόνο το 6,8% των επισκεπτών έρχονται στη χώρα μας για επαγγελματικούς λόγους (Ι.Τ.Ε.Π., 2013). Αν συνυπολογιστεί ότι η πλειοψηφία των αφίξεων λαμβάνει χώρα κατά την κολυμβητική περίοδο, δηλαδή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (διάγραμμα 1.1) τότε έρχεται στο προσκήνιο η αξία των παραλιών.



Διάγραμμα 1.1: Μηνιαία κατανομή της τουριστικής κίνησης στην Ελλάδα για τα έτη 2010-2012 (Ι.Τ.Ε.Π., 2013).

Σε περιφερειακό/τοπικό επίπεδο δεν υπάρχουν στοιχεία, αλλά οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις της διάβρωσης είναι επίσης σημαντικές. Παραδείγματος χάρη, σε περιφερειακό επίπεδο μόνο για την Κρήτη οι δαπάνες των τουριστών που την επισκέφτηκαν σε μια περίοδο δύο μηνών, συγκεκριμένα τον Ιούλιο και Αύγουστο του 2011, έφτασαν τα 1 δις ευρώ (διάγραμμα 1.2) δηλαδή περίπου το 20% των συνολικών τουριστικών δαπανών της Ελλάδας για το διάστημα αυτό (Τράπεζας της Ελλάδος, 2012). Το γεγονός αυτό από μόνο του

υποδηλώνει ότι η οικονομία της Κρήτης στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στον τουρισμό ο οποίος είναι αλληλένδετος με τις παραλίες.



Διάγραμμα 1.2: Μηνιαία κατανομή της τουριστικών δαπανών στην Ελλάδα και στην Κρήτη για το διάστημα 2010-2011 (Τράπεζας της Ελλάδος, 2012).

Σε τοπικό επίπεδο οι κοινωνικοοικονομικές μπορεί να είναι ακόμα χειρότερες καθώς η εξαφάνιση μιας παραλίας μπορεί να οδηγήσει στην συρρίκνωση της τοπικής οικονομίας καθώς έχει υπολογιστεί ότι σε ιδιαίτερα δημοφιλή παραλία πλάτους 40 m, μπορούν να φιλοξενηθούν έως 10 λουόμενοι ανά μέτρο μήκους (Chrysoulakis et al, 2008).

1.7 Μέθοδοι αντιμετώπισης διάβρωσης

Όπως έχει αναφερθεί, η διάβρωση είναι ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο οφείλεται στην αύξηση της ΜΣΘ και επιδεινώνεται εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου. Δεν αποτελεί φυσική καταστροφή και συνήθως εξελίσσεται με μικρό ρυθμό, εκτός αν σε αυτό συντελέσουν και άλλοι εξωτερικοί παράγοντες, συνήθως ανθρωπογενείς. Η αντίδραση στο φαινόμενο της διάβρωσης εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες αλλά και από κοινωνικά, περιβαλλοντικά και αλλά οικονομικά κριτήρια όπως επίσης και από την οπτική και τις προσδοκίες των ομάδων, νομικών προσώπων και αρχών που δραστηριοποιούνται στην παράκτια ζώνη, δηλαδή από τους επισκέπτες έως τις τοπικές και εθνικές αρχές. Σε γενικές γραμμές μπορεί να σταχυολογηθούν τρεις διαφορετικές οπτικές αντιμετώπισης της διάβρωσης, οι οποίες είναι οι παρακάτω.

17.1 Κανένα μέτρο - παθητική διάβρωση ακτογραμμής

Εάν το ενδιαφέρον (περιβαλλοντικό, κοινωνικοπολιτισμικό, οικονομικό) για την ακτογραμμή/παραλία υπό διάβρωση αλλά και για τις εκτάσεις που βρίσκονται κατάντη είναι χαμηλό, ενώ το κόστος προστασίας είναι υψηλό και δεν προκύπτει σημαντικό περιβαλλοντικό,

κοινωνικό και οικονομικό κόστος από τα αποτελέσματα της διάβρωσης, τότε η ακτή μπορεί να αφηθεί να διαβρωθεί φυσικά (παθητική διάβρωση) και κατόπιν να σταθεροποιηθεί με φυσικούς μηχανισμούς. Παρόλα αυτά σε περιπτώσεις που το ενδιαφέρον για τις κατάντη εκτάσεις είναι υψηλό καθώς αυτές φιλοξενούν ανθρώπινες κατασκευές αλλά το κόστος (περιβαλλοντικό, οικονομικό) προστασίας τους είναι υψηλό τότε μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος της «προγραμματισμένης οπισθοχώρησης» (εικόνα 1.9α) η οποία αποτελεί πάγια ανθρώπινη πρακτική για προστασία από φυσικά φαινόμενα (Gref, 2004) και κινδύνους (Kalligeris, 2007). Σύμφωνα με την μέθοδο της προγραμματισμένης οπισθοχώρησης, αν υπάρχουν παράκτιες κατασκευές, είτε καταστρέφονται είτε μετακινούνται στην ενδοχώρα, και ο χώρος που αυτές κατελάμβαναν αφήνεται να διαβρωθεί φυσικά. Το υλικό διάβρωσης στην συνέχεια τροφοδοτεί την παράκτια ζώνη ώστε αυτή να δημιουργήσει μηχανισμούς προστασίας (υποθαλάσσιους αναβαθμούς κατάλληλης γεωμετρίας) στο υπάρχον κυματικό καθεστώς με απώτερο σκοπό η ακτή να φτάσει σε προφίλ ισοδυναμίας και να παραμένει σταθερή στο χρόνο.

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με την γνώση του συγγραφέα, η μέθοδος της προγραμματισμένης οπισθοχώρησης δεν έχει εφαρμοστεί προγραμματισμένα. Σε ελάχιστες περιπτώσεις, και μόνο όταν οι εκτάσεις ή τα κτίσματα είναι δημοσίου συμφέροντος, αφήνονται αυτά να διαβρωθούν φυσικά, χωρίς όμως να υπάρχει πρόληψη για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που δύναται να προκαλέσει η κατάρρευση κατασκευών. Αντιθέτως, όταν ιδιωτικές ιδιοκτησίες απειλούνται από διάβρωση αυτές οχυρώνονται, στις πλύστες των περιπτώσεων με κρατικούς πόρους, χωρίς να συνυπολογίζεται η απαλλοτρίωση τους και η εφαρμογή της μεθόδου της παθητικής διάβρωσης. Η αντίληψη που επικρατεί στην Ελλάδα είναι η ίδια η οποία οδήγησε, πριν από 113 χρόνια, στην φονικότερη καταγεγραμμένη φυσική καταστροφή στις ΗΠΑ, τον τυφώνα του Γκαλβεστον (Galveston). Στο Γκαλβεστον, ένα μικρό νησάκι στις ακτές της πολιτείας του Τέξας, ΗΠΑ, επιχειρήθηκε η οχύρωση της ακτής που βρισκόταν υπό έντονη διάβρωση με θαλάσσιο τοίχο από οπλισμένο σκυρόδεμα, μήκος πάνω από 5 km και ύψους πάνω από 5 m. Ο θαλάσσιος τοίχος βέβαια αντί να προστατεύσει τελικά επιδείνωσε τα αποτελέσματα του τυφώνα του Γκαλβεστον (Cornelia Dean, 2001). Συνεπώς, πρέπει να υπάρξει ενημέρωση του κοινού και των αρμοδίων φορέων για την εναλλακτική της φυσικής διάβρωσης και την μέθοδο της προγραμματισμένης οπισθοχώρησης, καθώς η de facto οχύρωση των ελληνικών ακτογραμμών ως αντίδραση στην διάβρωση δεν αποτελεί βιώσιμη λύση αλλά επιπροσθέτως μπορεί να απειλήσει και ανθρώπινες ζωές, όπως στην περίπτωση του Κολυμβαρίου, η οποία αναλύθηκε παραπάνω.

Να σημειωθεί πως αν και η προγραμματισμένη οπισθοχώρηση είναι ιδιαίτερα ελκυστική μέθοδος, μπορεί να οδηγήσει σε πολύ υψηλό οικονομικό κόστος, καθώς η αξία των παράκτιων περιοχών της Ελλάδας, όπου είναι έντονη η ανθρώπινη παρουσία άρα και αυξημένη

η πιθανότητα διάβρωσης, είναι ιδιαίτερα υψηλή. Επιπροσθέτως, οι κατασκευές στην Ελλάδα στηρίζονται στο οπλισμένο σκυρόδεμα και συνεπώς είναι αδύνατο να μετακινηθούν προς την ενδοχώρα, αυξάνοντας σημαντικά το κόστος της εφαρμογής της μεθόδου. Συνεπώς, η προγραμματισμένη οπισθοχώρηση δεν μπορεί να αποτελέσει συχνά επιλογή σε αστικοποιημένες παράκτιες περιοχές της Ελλάδας, αλλά για την βιώσιμη ανάπτυξη των παράκτιων ζωνών θα πρέπει να ενσωματωθεί στην νομοθεσία. Με τον τρόπο αυτό θα υπάρξει πρόνοια για ζώνες παθητικής διάβρωσης και συνεπώς θα απαγορευτεί η δόμηση σε αυτές, μειώνοντας σημαντικά τόσο τον ρυθμό όσο και τις επιπτώσεις της διάβρωσης, όπως επίσης αντιμετωπίζοντας το ίδιο το πρόβλημα, καθώς το διαβρωμένο υλικό θα εμπλουτίζει την παράκτια ζώνη.

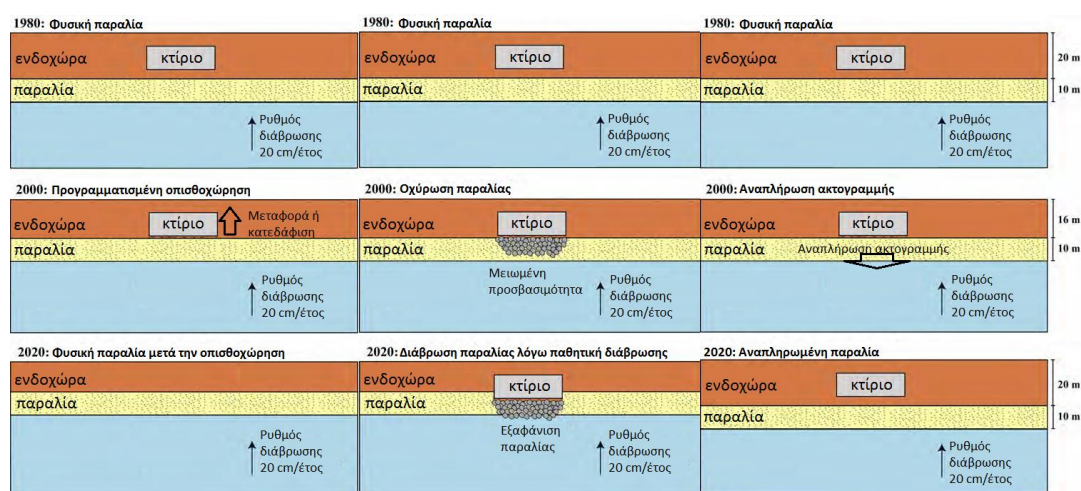
1.7.2 Σταθεροποίηση ακτογραμμής

Εάν το ενδιαφέρον (περιβαλλοντικό, κοινωνικό, πολιτιστικό και οικονομικό) για την ακτογραμμή/παραλία που έχει υποχωρήσει είναι χαμηλό αλλά το ενδιαφέρον για τις εκτάσεις που απειλούνται άμεσα από την διάβρωση είναι υψηλό, τότε η μέθοδος της σταθεροποίησης της, κυρίως με οχυρωματικά έργα, μπορεί να αποτελέσει λύση (εικόνα 1.9β). Η σταθεροποίηση της ακτογραμμής επιτυγχάνεται ως επί το πλείστον με χρήση βαρίων κατασκευών και κυρίως με θαλάσσιους τοίχους από ογκόλιθους στην Ελλάδα. Παρόλα αυτά, η αξιολόγηση των βαριών κατασκευών που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής της εμφανίζει να παρουσιάζουν χαμηλή την βιωσιμότητα. Συνεπώς, η εφαρμογή τους θα πρέπει να είναι προσεκτική είτε να αποφεύγεται είτε να χρησιμοποιείται μόνο αν έχουν αποκλειστεί άλλες πιθανές λύσεις. Επιπροσθέτως, για την βιωσιμότητα τους, όσο και για την βιωσιμότητα της παράκτιας ζώνης, η εφαρμογή τους πρέπει να βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα και τεκμηριωμένες επιστημονικές μελέτες. Καθώς οι βαριές κατασκευές είναι ευρέως γνωστές στην ελληνική ακτομηχανική κοινότητα και συναντούνται κυριολεκτικά σε κάθε ακτομηχανική μελέτη, δεν θα πραγματοποιηθεί ενδελεχής ανάλυση των κύριων χαρακτηριστικών τους, σε αντίθεση με τις ήπιες μορφές οι οποίες δεν έχουν ακόμα εισαχθεί και εφαρμοστεί συστηματικά στην Ελλάδα.

Να σημειωθεί πως η μέθοδος σταθεροποίησης της ακτογραμμής δεν συνίσταται για παραλίες, καθώς οι βαριές κατασκευές προκαλούν περισσότερα προβλήματα από αυτά που καλούνται να επιλύσουν όσον αναφορά τις παραλίες. Αυτές αποτελούν μόνιμες κατασκευές που προκαλούν αισθητική όχληση και επεμβαίνουν δραστικά στο τοπικό περιβάλλον. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην πλήρης ή μερική αντίσταση στο τοπικό κυματικό καθεστώς, τα ρεύματα και την στερεομεταφορά της περιοχής τοποθέτησης. Συνεπώς, η τοποθέτηση τους συνήθως αντί να βελτιώσει την κατάσταση την επιδεινώνει και για τον λόγο αυτό είχε ακόμα απαγορευτεί ή περιοριστεί η χρήση τους σε πολιτείες των ΗΠΑ (Knapp, 2012).

1.7.3 Αύξηση ακτογραμμής

Εάν υπάρχει υψηλό ενδιαφέρον για την ακτογραμμή που έχει υποχωρήσει, κυρίως σε περιπτώσεις παραλιών, τότε είναι δυνατή η ανάκτηση του τμήματος που έχει υποχωρήσει αλλά ακόμα και η ανάκτηση περαιτέρω εδάφους εις βάρος του θαλάσσιου χώρου. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται η υγεία της παράκτιας ζώνης και συγχρόνως προστατεύεται η βιωσιμότητα της, τόσο από περιβαλλοντικής όσο και από οικονομικής σκοπιάς. Οι μέθοδοι για την αύξηση του ορίου της ακτογραμμής και βελτίωσης της υγείας παράκτιας ζώνης/παραλιών είναι οι ήπιες μέθοδοι, οι οποίες θα αναλυθούν στα κεφάλαια που ακολουθούν. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την αύξηση της ακτογραμμής είναι η αναπλήρωση παραλίας (Beach nourishment), η οποία μπορεί να εφαρμοστεί είτε μόνη της είτε σε συνδυασμό με άλλες ήπιες μεθόδους, όπως ύφαλοι από γεωύφασμα (εικόνα 1.9γ).



Εικόνα 1.9: Από αριστερά προς τα δεξιά, παράδειγμα α) προγραμματισμένης οπισθοχώρησης, β) σταθεροποίησης με θαλάσσιο τοίχο και γ) αναπλήρωσης, σε ακτή που διαβρώνεται με ρυθμό 20 cm/έτος (Stamski, 2005).

Η μέθοδος της αναπλήρωσης της ακτογραμμής προϋποθέτει ώριμες δομές και τομές στην νομοθεσία/νομολογία της παράκτιας ζώνης, οι οποίες ακόμα δεν έχουν αναπτυχθεί στο βαθμό που θα έπρεπε στην Ελλάδα. Για την δημιουργία τους είναι απαραίτητη η συλλογή και αξιολόγηση Ελληνικής νομοθεσίας/νομολογίας που αφορά την παράκτια ζώνη, ώστε να βρεθούν οι ελλείψεις και τα κενά που παρουσιάζει. Συνεπώς, το κεφάλαιο που ακολουθεί θα καταπιαστεί με την σταχυολόγηση και κριτική ανάλυση της Ελληνικής νομοθεσίας/νομολογίας που σχετίζεται με την παράκτια ζώνη και δη και με τον αιγιαλό και την παραλία.

2. Μεθοδολογία μετρήσεων διάβρωσης

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αναζητήθηκαν δεδομένα που σχετίζονται με την διαχρονική εξέλιξη των ακτογραμμών της Ελλάδας, την υγεία των παραλιών της, όπως επίσης και δεδομένα που αφορούν το τοπικό κυματικό καθεστώς και τα ρεύματα. Καθώς αυτούσια στοιχεία δεν βρέθηκαν αναζητήθηκαν, συγκεντρώθηκαν, σταχυολογήθηκαν και αξιολογήθηκαν πληθώρα δεδομένων και στοιχείων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ποιοτική αλλά και ποσοτική εκτίμηση της διαχρονικής εξέλιξης των Ελληνικών παραλιών, όπως και επίσης καταγράφηκαν οι τρόποι συλλογής τους. Τα ποσοτικά στοιχεία είναι απαραίτητα, καθώς αφενός ουσιαστικά είναι ανύπαρκτα στην Ελλάδα και αφετέρου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επιστημονικές μελέτες και να παρέχουν εκτιμήσεις υψηλής ακρίβειας για την μελλοντική εξέλιξη της ακτογραμμής. Τέλος, πραγματοποιήθηκε ενδελεχής μελέτη της ποιότητας των ιζημάτων πυθμένα και του ιζήματος παραλιών, καθώς η έντονη ανθρωπογενής παρουσία στην παράκτια ζώνη δύναται να το έχει ρυπάνει.

2.1 Καταγραφή εποχιακών προφίλ παραλίας

Η μακροπρόθεσμη μορφοδυναμική εξέλιξη μιας ακτής/παραλίας αλλά και οι βραχυπρόθεσμες μεταβολές της ως αντίδραση/προσαρμογή κυματικές καταιγίδες, κυρίως μεγάλης περιόδου επαναφοράς, αποτελεί ένα πολύ σημαντικό πρωτογενές δεδομένο. Στην Ελλάδα, τα δεδομένα που αφορούν την μακροπρόθεσμη εξέλιξη των ακτογραμμών είναι ελάχιστα, ενώ η ποιότητα τους χαμηλή. Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής εφαρμόστηκαν, αξιολογήθηκαν και προσαρμόστηκαν υπάρχουσες μέθοδοι καταγραφής της μακροπρόθεσμης και βραχυπρόθεσμης της εξέλιξης ακτογραμμών, οι οποίες επίσης βελτιστοποιήθηκαν για εφαρμογή στα Ελληνικά δεδομένα.

2.2 Μέθοδος ραδιενεργού καΐσιου-137 (^{137}Cs)

Το καΐσιο-137 (^{137}Cs) αποτελεί τεχνητό ραδιενεργό ισότοπο του καισίου, το οποίο αποτελεί συχνό παραπροϊόν της ραδιενεργής σχάσης που λαμβάνει χώρα σε πυρηνικά όπλα και πυρηνικούς αντιδραστήρες για την παραγωγή ενέργειας. Είναι ένα σχετικό σταθερό ραδιοϊσότοπο, καθώς ο χρόνος ημιζωής του είναι περίπου 30 χρόνια. Στην ατμόσφαιρα εισήχθη σε μεγάλες ποσότητες με την μορφή σκόνης αρχικά μέσω δοκιμών πυρηνικών όπλων, οι οποίες ξεκίνησαν την δεκαετία 1940 και σταμάτησαν την δεκαετία του 1970 και αργότερα ως αποτέλεσμα του πυρηνικού ατυχήματος του Τσερνομπίλ το 1986 (Foteinis et al., 2014). Μεγάλες ποσότητες ραδιενεργού καισίου 137 έχουν εκλυθεί και από το πρόσφατο πυρηνικό ατύχημα στην Φουκουσίμα, αλλά καθώς δεν έλαβε χώρα μεγάλη έκρηξη στον πυρηνικό αντιδραστήρα αυτές οι ποσότητες βρίσκονται κυρίως στην εν λόγω περιοχή και σε σχετικά

κοντινές αποστάσεις. Όταν η σκόνη με το ισότοπο ^{137}Cs του καυσίου (^{137}Cs) φτάνει στο έδαφος, κυρίως μέσω ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, τότε το ^{137}Cs δημιουργεί δεσμούς και ενσωματώνεται με το ίζημα, ιδιαίτερα με το λεπτόκοκκο, περιορίζοντας την κίνηση του με χημικές και βιολογικές διεργασίες, και ως αποτέλεσμα σταθεροποιείται και παραμένει στο αρχικό σημείο καθίζησης (Ritchie and McHenry, 1990).

Από τη στιγμή που το ^{137}Cs ενσωματωθεί στο λεπτόκοκκο ίζημα, κάθε αναδιανομή του δίνει σημαντικές πληροφορίες για την διαχρονική εξέλιξη του εδάφους. Το ^{137}Cs εκπέμπει ισχυρή ακτινοβολία γάμμα στα 661.7 keV, η οποία μπορεί να μετρηθεί με την μέθοδο της γ-φασματοσκοπίας με διάταξη χαμηλού υποβάθρου. Στην συνέχεια τα αποτελέσματα των μετρήσεων μπορούν να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της διάβρωσης και πρόσχωσης του εδάφους στο σημείο αυτό (Kaste et al., 2006). Χρησιμοποιώντας ως σημείο αναφοράς μια περιοχή (επίπεδες αδιατάρακτες περιοχές, κατά προτίμηση να καλύπτονται από χορτάρι) η οποία παραμένει σταθερή τις τελευταίες δεκαετίες (τουλάχιστον από το 1986 και μετά), μπορούν να εξαχθούν πληροφορίες για την διαχρονική εξέλιξη γειτονικών εδαφών. Περιοχές με την ίδια συγκέντρωση ^{137}Cs με αυτή του σημείου αναφοράς αντιστοιχούν σε σταθερά εδάφη, περιοχές με υψηλότερη συγκέντρωση αντιστοιχούν σε πρόσχωση και αντιθέτως περιοχές με χαμηλότερη συγκέντρωση αντιστοιχούν σε εδάφη που έχουν υποστεί η διάβρωση.

Επιπροσθέτως, μετρώντας την κατακόρυφη συγκέντρωση ^{137}Cs , χρησιμοποιώντας πυρήνες από τις περιοχές ενδιαφέροντος και συγκρίνοντας την κάθετη κατανομή του ^{137}Cs , μπορεί να βρεθεί ο ρυθμός πρόσχωσης καθώς και κοινοί ορίζοντες εδάφους (Ritchie and McHenry, 1990). Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή ως η μέθοδος του ^{137}Cs και έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την εκτίμηση της αναδιανομής του εδάφους (διάβρωση, πρόσχωση) από ανθρωπογενείς (π.χ. όργωμα, αστικοποίηση κλπ) και φυσικές (αιολική δύναμεις, καθιζήσεις) παράγοντες κατά την διάρκεια των τελευταίων 30-50 ετών (Chappell et al., 2011).

Η μεθοδολογία των μετρήσεων είναι η εξής. Αφού τα δείγματα μεταφερθούν στο εργαστήριο, αυτά ξεραίνονται στους 100 °C για την απομάκρυνση της περιεχόμενης υγρασίας, η οποία επηρεάζει τις μετρήσεις. Στην συνέχεια τα δείγματα κοσκινίζονται, σε κόσκινο 2 mm την απομάκρυνση του χοντρόκοκκου κλάσματος. Ανάλογα με τον σκοπό της μελέτης και το ποσοστό του χοντρόκοκκου κλάσματος, αυτό μπορεί να αξιολογηθεί για την ποσότητα ^{137}Cs που περιέχει. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η αξιολόγηση του δεν δίνει σημαντικές πληροφορίες (το χοντρόκοκκο κλάσμα συνήθως συμμετέχει σε μικρό ποσοστό ενώ συνήθως το ίζημα δεν βρίσκεται προσκολλημένο σε αυτό) και συνεπώς το χοντρόκοκκο κλάσμα κάθε δείγματος ξεχωρίζεται και αποθηκεύεται ξεχωριστά.

Στη συνέχεια το κάθε ομογενοποιημένο δείγμα τοποθετήθηκε σε τυποποιημένο δοχείο πολυαιθυλενίου, χωρητικότητάς 260ml, τα οποία είχε προμηθεύσει η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ), για μέτρηση φασματοσκοπίας ακτίνων γ σε χαμηλό υπόβαθρο (background gamma ray spectrometry). Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ανιχνευτή υπερκαθαρού γερμανίου 70% (HPGe), ο βρίσκεται στο εσωτερικό ειδικής θωράκισης μολύβδου πάχους 10cm, για να μην επηρεάζονται από την ακτινοβολία του περιβάλλοντος και ψύχεται σε θερμοκρασία υγρού αζώτου (-200 °C).

Η βαθμονόμηση του ανιχνευτή πραγματοποιήθηκε με την χρήση πρότυπου δείγματος NIST 4357 SRM, το οποίο αποτελεί ένα από τα πιο πρόσφατα και σπάνια για μετρήσεις ακτίνων-γ σε χαμηλό υπόβαθρο. Προκαθορισμένοι όγκοι με συγκεκριμένη πυκνότητα, η οποία κυμαίνονταν από 0.05 έως 2.0 kg/L, χρησιμοποιήθηκαν τοποθετήθηκαν στα ειδικά πλαστικά (polyethylene) δοχεία χωρητικότητάς 260ml οι οποίοι μετρήθηκαν για συγκεντρώσεις (Bq/kg) ραδιοϊσοτόπων. Αξίζει να σημειωθεί ότι το NIST 4357 SRM περιέχει ραδιοϊσότοπα μιας ενέργειας (mono-energetic) και καλύπτει ένα μεγάλο φάσμα ενεργειών που κυμαίνονται από 60 έως 1850 keV. Η ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με ειδικό QA/QC (quality assurance/quality control) λογισμικό πρόγραμμα το οποίο είναι και σύμφωνο με το ISO/EN 17025. Να σημειωθεί πως οι αβεβαιότητες υπολογίζονται σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

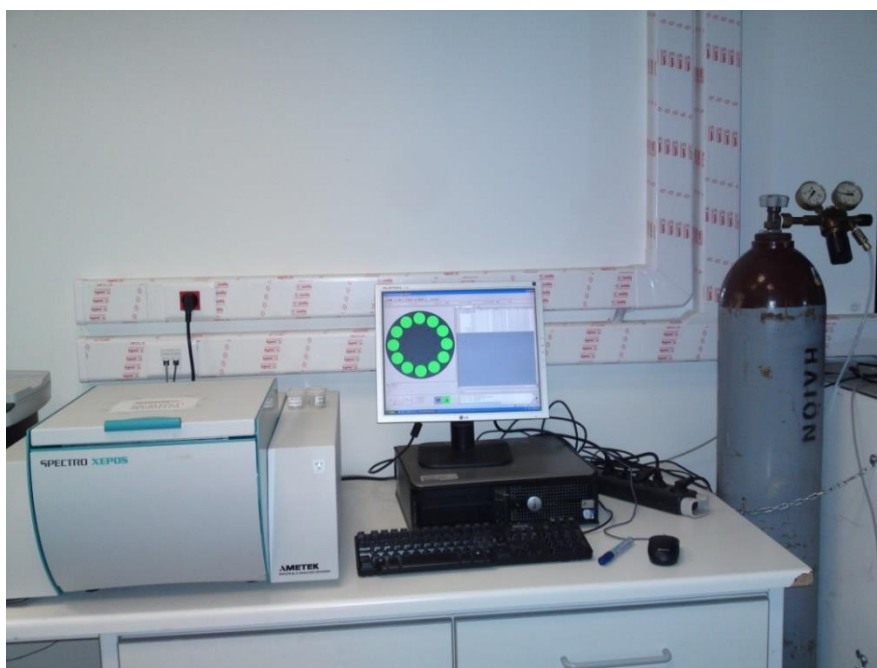
2.3 Μετρήσεις ποιότητας του ιζήματος και ρύπανσης από βαρέα μέταλλα

Η ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος με βαρέα μέταλλα, ειδικά σε λιμένες και περιοχές με έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα, ενέχει σημαντικούς κινδύνους για την βιωσιμότητα των παράκτιων οικοσυστημάτων. Μέχρι στιγμής, οι ερευνητικές προσπάθειες έχουν επικεντρωθεί κυρίως στην ποιότητα του υδάτων, ενώ η ποιότητα του ιζήματος, αν και η οικολογική του σημασία είναι πλέον αναγνωρισμένη, δεν έχει μελετηθεί ενδελεχώς (Nedia et al., 2011).

Τα θαλάσσια ιζήματα είναι γνωστό ότι λειτουργούν ως καταβόθρες και ταμιευτήρες για πληθώρα ρύπων και ειδικά των βαρέων μετάλλων, τα οποία δεν βιοαποδομούνται. Τα βαρέα μέταλλα εισέρχονται στο θαλάσσιο περιβάλλον, μέσα από φυσικές διαδικασίες, όπως η διάβρωση γεωλογικών υποβάθρων της ακτογραμμής, τη διάβρωση και αποσάθρωση γεωλογικών σχηματισμών της ενδοχώρας και την μεταφορά τους μέσω αιολικών δυνάμεων ή επιφανειακών κατακρημνισμάτων, από ηφαιστειακή και από πυρκαγιές, και από ανθρώπινες διαδικασίες, όπως αστικά και βιομηχανικά λύματα, αγροτική δραστηριότητα και άμεση απόρριψη ρύπων (Rezaee et al., 2011). Ο λόγος που πρέπει να εξετάζονται τα βαρέα μέταλλα

είναι ότι αυτά έχουν την τάση να προσκολλούνται ισχυρά στο ιζήμα, ιδιαίτερα στο λεπτόκοκκο, ενώ η υψηλή τους τοξικότητα, η μη βιοαποδόμηση τους και η τάση βιωσυσώρευσης που έχουν τους κατατάσσουν σε επίμονους και ισχυρούς ρυπαντές.

Για την μέτρηση της σύστασης του ιζήματος και του υπολογισμού της ύπαρξη ή μη βαρέων μετάλλων σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις φυσιολογικές χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος φθορισμού ακτίνων-X EDXRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε μια μονάδα φθορισμού ακτίνων-X EDXRF της εταιρίας Ametek (50 Watt end-window X-ray tube, 3 modes of irradiation, polarized beam, Silicon Drift Detector, Turboquant quantitation software), η οποία μπορεί να υπολογίζει με μεγάλη ακρίβεια ολόκληρο το φάσμα των στοιχείων τα οποία βρίσκονται από Na έως το U (εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4: Η μονάδα φθορισμού ακτίνων-X EDXRF Ametek με την οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

Η διαδικασία μέτρησης έχει ως εξής. Αφού τα δείγματα μεταφερθούν στο εργαστήριο, αυτά ξεραίνονται στους 100 °C για την απομάκρυνση της περιεχόμενης υγρασίας, η οποία επηρεάζει τις μετρήσεις. Στην συνέχεια τα δείγματα κοσκινίζονται, σε κόσκινο 2 mm, για την απομάκρυνση του οργανικού υλικού, όπως φύκια, και τυχόν χοντρόκοκκου υλικό. Μετά, 4g ομογενοποιημένου δείγματος τοποθετούνται σε ειδικό δοχείο διαμέτρου 32 mm, το οποίο κλείνει με Mylar φιλμ, πάχους 6.0μm, ώστε να είναι εκτεθειμένη όσο το δυνατόν περισσότερη επιφάνεια από το δείγμα. Στην συνέχεια έως και 12 δείγματα μπορούν να τοποθετηθούν συγχρόνως και να μετρηθούν χρησιμοποιώντας ροή ηλίου για την αύξηση της ακρίβειας των μετρήσεων.

2.4 Ήπιες μέθοδοι για την βιώσιμη ανάπτυξη των Ελληνικών παραλιών

Οι ήπιες μέθοδοι προστασίας έχουν ως σκοπό την μίμηση ή υποβοήθηση φυσικών μηχανισμών προστασίας μιας παραλίας με σκοπό την βελτίωση της υγείας της. Χαρακτηριστικό τους είναι η δυναμική συμπεριφορά, δηλαδή η δυνατότητα χωρικής και χρονικής προσαρμογής και μεταβολής τους, στα τοπικά χαρακτηριστικά κάθε παράκτιας κυψέλης και στις έντονες κυματικές καταιγίδες, χωρίς αυτό να συνεπάγεται την έντονη αλλοίωση του τρόπου λειτουργίας τους. Παραδείγματος χάρι, η δυναμική συμπεριφορά στην μέθοδο αναπλήρωσης ακτογραμμής έγκειται στην μίμηση ή υποβοήθηση δημιουργία υποθαλάσσιου αναβαθμού για τη θραύση κυματισμών. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η κυματική ενέργεια και είναι δυνατό να υπάρξει σταδιακή επαναφορά της παραλίας σε πρότερη υγιή κατάσταση ή και στην αύξηση τους πλάτους της.

Στην Ελλάδα ήπιες μέθοδοι δεν έχουν εφαρμοστεί συστηματικά και συνεπώς η αξιολόγηση τους ακόμα εκκρεμεί. Παρόλα αυτά, σύμφωνα με την διεθνής εμπειρία και λαμβάνοντας υπόψη τα κύρια χαρακτηριστικά των ακτογραμμών/παραλιών της Ελλάδας, δηλαδή το μεγάλο μήκος τους, την υψηλή οικονομική αλλά και περιβαλλοντική αξία των παράκτιων περιοχών, το σχετικά περιορισμένο ανάπτυγμα πελάγους και την κατά γενικές γραμμές ήπια κλίση των ακτών, οι ήπιες μέθοδοι που προτείνονται για εφαρμογή τους στην Ελλάδα είναι ο εμπλουτισμός παραλιών και οι υποθαλάσσιοι ύφαλοι.

3. Ανάπτυξη μεθοδολογίας

Η παραπάνω μεθοδολογία δεν καλύπτει πλήρως τις ιδιαίτερες ανάγκες των ελληνικών ακτογραμμών, δηλαδή πλήθος παραλιών με περιορισμένο μήκος και πλάτος, υπό ενεργή διάβρωση. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε μεθοδολογία, για τον ποιοτικό και ποσοτικό υπολογισμό της μακροχρόνιας εξέλιξης, της υγείας αλλά και για την συλλογή πρωτογενών δεδομένων από ακτογραμμές και παραλίες.

3.1 Τα ιστορικά αρχεία του Κιου

Όσον αναφορά την γεωμορφολογία των Ελληνικών ακτών και την διαχρονική της εξέλιξη, τα δεδομένα που την αφορούν, όπως μετρήσεις πλάτους παραλιών, είναι ελάχιστα, έχουν μικρή ακρίβεια και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μελέτες παράκτιας διάβρωσης (Synolakis et al, 2008), (Παπαδόπουλος, 2009). Συνεπώς, στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής ο υποψήφιος διδάκτορας αναζήτησε αρχικά ποιοτικά δεδομένα τα οποία εξιστορούν την ιστορική εξέλιξη των ελληνικών ακτογραμμών τις τελευταίες δεκαετίες. Εντός Ελλάδας τα μόνα δεδομένα που βρέθηκαν είναι αποσπασματικές μετρήσεις, χαμηλής ακρίβειας, που περιλαμβάνονται κυρίως σε ακτομηχανικές μελέτες και στους χάρτες αιγιαλού και παραλίες. Συνεπώς, αναζητήθηκαν στοιχεία και εκτός Ελλάδας και αυτά βρέθηκαν στα Εθνικά αρχεία του Ηνωμένου Βασιλείου στο Κιού (Kew), Λονδίνο. Τα δεδομένα αυτά είναι μετρήσεις και μελέτες που είχαν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα κατά την διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου και αφορούν τις ακτογραμμές, με εστίαση σε παραλίες, και την δυνατότητα αποβίβασης Γερμανικών δυνάμεων σε αυτές. Αυτά περιλαμβάνουν λεπτομερείς εκθέσεις για τα τότε χαρακτηριστικά των παραλιών (υλικό, κλίση κλπ) όπως και αεροφωτογραφικό υλικό που απεικονίζει την κατάσταση Ελληνικών παραλιών πριν από περισσότερα από 70 χρόνια (εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1: Η παραλία του κολυμβαρίου το 1943 και σήμερα.

3.2 Οδηγός παράκτιων παρεμβάσεων - Σωστές πρακτικές.

Πριν τη λήψη μίας απόφασης για την πραγματοποίηση οποιασδήποτε παρέμβασης στην παράκτια ζώνη, είναι σημαντική και αναγκαία η διεκπεραίωση ορισμένων ενεργειών/πράξεων, ώστε να λαμβάνεται υπόψη ο τρωτός χαρακτήρας και οι ιδιαιτερότητες της εκάστοτε παράκτιας περιοχής ενδιαφέροντος. Οι ενέργειες αυτές διασφαλίζουν την ελάχιστη επέμβαση στις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε μια παράλια και περιγράφονται παρακάτω.

3.2.1 Περιοχή μελέτης, παράκτιες κυψέλες, υποκυψέλες και παραλίες.

Αξιοποιώντας λογισμικά πακέτα τα οποία περιέχουν δορυφορικές εικόνες από όλη την Γη, όπως το λογισμικό πρόγραμμα Google Earth και διαδικτυακές ιστοσελίδες που περιέχουν παρόμοια πληροφορία, όπως οι ιστοσελίδες Google Maps, Bing Maps, Yahoo Maps ο προσδιορισμός των εν λόγω στοιχείων καθίσταται εύκολος (Φωτείνης et al., 2012).

Αφού εντοπιστεί η παράκτια περιοχή ενδιαφέροντος, γίνεται μεγέθυνση έως ότου αποκτηθεί μια σφαιρική εικόνα της ευρύτερης περιοχής. Κατόπιν εντοπίζονται οι παράκτιες κυψέλες που βρίσκονται στην περιοχή, όπως αναλύθηκαν στην εισαγωγή. Παραδείγματος χάρη στο Καλό Χωριό, Άγιος Νικόλαος, έχει προταθεί η κατασκευή ενός αλιευτικού καταφυγίου (εικόνα 3.2). Χρησιμοποιώντας το δωρεάν λογισμικό πρόγραμμα Google Earth εντοπίστηκε τόσο η προτεινόμενη θέση κατασκευής όσο και οι παράκτιες κυψέλες, οι οποίες είναι τρεις (1-3), ενώ η παράκτια κυψέλη 1 αποτελείται από 2 υποκυψέλες, τις α και β. Όπως είναι εμφανές, η θέση του προτεινόμενου αλιευτικού καταφυγίου δεν βρίσκεται πάνω σε παραλία και

επηρεάζει μόνο την παράκτια κυψέλη 1 άμεσα. Πιθανώς βρίσκεται μετά το κρίσιμο βάθος της παραλίας, συνεπώς θα προκαλέσει ελάχιστες επιπτώσεις στην φυσική στερεομεταφορά, η οποίες φυσικά θα πρέπει να αναζητηθούν σε ανάλογη μελέτη.



Εικόνα 3.2: Παράκτιες κυψέλες/υποκυψέλες και παραλίες, Καλό Χωριό Λασιθίου (Google Inc., 2012).

3.2.2 Κατασκευές έξω από το ενεργό πλάτος παραλίων

Αφού προσδιοριστούν τα όρια της παράκτιας κυψέλης την οποία θα επηρεάσει το έργο, αναζητείται το καταλληλότερο σημείο για την κατασκευή του έργου. Το θεμιτό είναι κάθε παρέμβαση να βρίσκεται εκτός του ενεργού πλάτους της παραλίας. Π.χ. ένας παράκτιος δρόμος δεν θα πρέπει να κατασκευάζεται πάνω στην παραλία (μέχρι στιγμής αυτή είναι η συνήθης πρακτική) ούτε και να καταστρέφει το υπάρχον σύστημα αμμοθινών. Επίσης ένας λιμένας δεν θα πρέπει να κατασκευάζεται στο μέσον μιας παραλίας αλλά σε όσο το δυνατόν πιο απομακρυσμένο σημείο και κατά προτίμηση μετά το μέγιστο βάθος κίνησης του ιζήματος (closure depth), όπως αναλύθηκε παραπάνω.

3.2.3 Μεταφορά βυθοκορημάτων στην παραλία

Ένα μεγάλο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι παράκτιες κυψέλες στην Ελλάδα είναι η απομάκρυνση του ιζήματος από αυτές. Το ίζημα μέχρι πριν από λίγες δεκαετίες απομακρυνόταν από τις παραλίες για την χρήση του ως οικοδομικό υλικό ή για άλλες χρήσεις. Οι αμμοληψίες από παραλίες απαγορεύονται εδώ και δεκαετίες και για το λόγο αυτό, αυτή η πρακτική έχει φθίνει. Παρόλα αυτά είναι σύνηθες φαινόμενο, τα βυθοκορήματα για την κατασκευή λιμένων ή για την συντήρησή τους (εκβάθυνση) να μην επιστρέφουν στην παραλία όπου και ανήκουν, αλλά να απομακρύνονται και να χρησιμοποιούνται για άλλες χρήσεις (επιχωματώσεις, κατασκευές, κλπ). Συνεπώς, όταν πραγματοποιείται ή όταν συντηρείται οποιαδήποτε κατασκευή πάνω στο ενεργό πλάτος μιας παραλίας, το ίζημα που βρίσκεται σε αυτή, εφόσον είναι κατάλληλο, πρέπει να επιστρέφει στην παραλία και να χρησιμοποιείται για τον εμπλουτισμό της. Επίσης σε περιπτώσεις αμμοληψίας από υδάτινους οδούς (ποτάμια,

χείμαρρους κλπ) που βρίσκονται ανάντη της παράκτιας κυψέλης ή δημιουργίας φραγμάτων, θα πρέπει να υπάρχει πρόνοια ώστε να τροφοδοτείται και η παράκτια κυψέλη με ίζημα.

3.2.4 Χρήση περιβαλλοντικά φιλικών υλικών και μεθόδων

Σε περιπτώσεις που απαιτείται η παρέμβαση στην παράκτια ζώνη, είτε για προστασία, είτε για εκμετάλλευση, είτε για καλλωπισμό κλπ, τα υλικά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν φιλικότερα προς το περιβάλλον και να μην επεμβαίνουν ενεργά στο κυματικό προφίλ και ρεύματα της παράκτιας κυψέλης.

3.2.5 Παρακολούθηση και διαχείριση

Επειδή κάθε ανθρώπινη κατασκευή στην παράκτια ζώνη ενδέχεται να την επηρεάσει αρνητικά, είναι απαραίτητη η παρακολούθηση των αποτελεσμάτων της. Αν η κατασκευή προκαλέσει αρνητικά αποτελέσματα σε κάποιο σημείο της παράκτιας κυψέλης είναι απαραίτητη η διαχείριση του προβλήματος μέσω ενδεδειγμένων μέτρων για την αποφυγή της μεγέθυνσής του.

3.3 Δείκτες υγείας παράκτιας κυψέλης/παραλίας

Η παράκτια ζώνη, και δη και οι παραλίες που αυτή φιλοξενεί, αποτελούν περιβαλλοντικούς, κοινωνικό-πολιτιστικούς και οικονομικούς πόρους. Συνεπώς, εκτός από την περιβαλλοντική τους διαχείριση απαιτείται και η ανάδειξη της κοινωνικό-πολιτιστικής τους διάστασης η οποία σε συνδυασμό με τη βιώσιμη ανάπτυξη θα διασφαλίσει οικονομικά οφέλη στην τοπική αλλά και εθνική οικονομία. Για το λόγο αυτό, η μελέτη και διαχείριση της παράκτιας ζώνης και των παραλιών δεν θα πρέπει να περιορίζεται μόνο στους περιβαλλοντικούς παράγοντες, αλλά θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει και, κατάλληλα διαβαθμισμένους, κοινωνικό-πολιτιστικούς και οικονομικούς παράγοντες.

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αναγνωρίστηκε ότι η παράκτια ζώνη της Ελλάδας δέχεται ανθρωπογενείς πιέσεις, οι οποίες έχουν οδηγήσει σε σημαντική υποβάθμιση της, ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες. Οι πιέσεις αυτές σχετίζονται κυρίως με την έντονη αστικοποίηση, τις επεμβάσεις στις λεκάνες απορροής, την έλλειψη Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης (ΟΔΠΖ) αλλά και σε λανθασμένες αντιλήψεις και κακές πρακτικές. Να σημειωθεί πως στην Ελλάδα η παράκτια ζώνη και οι παραλίες που αυτή φιλοξενεί αντιμετωπίζονται ως ad hoc αειφόρα αγαθά, χωρίς να εξετάζεται η βιωσιμότητα τους ούτε να αξιολογείτε η υγεία τους.

Συγκεκριμένα, μέχρι στιγμής η παράκτια ζώνη χρησιμοποιείται μη βιώσιμα, κυρίως για τα οικονομικά οφέλη που προσφέρει στις τοπικές κοινωνίες, με αποτέλεσμα την έντονη και άναρχη αστικοποίηση της, την συστηματική καταστροφή του οικοσυστήματος που αυτή φιλοξενεί και την παρεμπόδιση των φυσικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα σε αυτή. Όσο

αναφορά τις παραλίες, αυτές συνήθως αντιμετωπίζονται ως αποκλειστικά οικονομικοί πόροι, χωρίς να εξετάζεται η περιβαλλοντική αλλά και η κοινωνικό-πολιτιστική τους διάσταση και η βιώσιμη ανάπτυξη τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα κακής διαχείρισης αποτελεί το πρόσφατο σχέδιο νόμου «Οριοθέτηση, διαχείριση και προστασία αιγιαλού και παραλίας» το οποίο βρίσκεται σε δημόσια διαβούλευση (Το Βήμα, 2014) Αντιθέτως, σε άλλες χώρες, όπως οι ΗΠΑ, έχει, εδώ και δεκαετίες, αναδειχθεί η περιβαλλοντική (California Coastal Commission, 1976) και κοινωνικό-πολιτιστική διάσταση των παραλιών (U.S. Army Corps of Engineers, 2002). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η παραλία του Κόνεϊ Αϊλάντ (Weegee, 1940), η οποία βρίσκεται πλησίον του αστικού ιστού της πόλης της Νέας Υόρκης και ήταν ιδιαίτερα δημοφιλής προορισμός ήδη πριν από επτά δεκαετίες (εικόνα 3.3). Συγκεκριμένα, το εισιτήριο από την πόλη της Νέας Υόρκης προς την παραλία του Κόνεϊ Αϊλάντ, μια απόσταση μεγαλύτερη από 20 km, κόστιζε την δεκαετία του 1940 μόλις πέντε σεντ του αμερικάνικου δολαρίου, περίπου \$0.83 (United States Department of Labor, 2013) ή 0.60 € σε σημερινή ισοτιμία. Με τον τρόπο αυτό δίνονταν η δυνατότητα τέρψης, άθλησης και κοινωνικοποίησης στην εργατική τάξη και στα χαμηλά οικονομικά στρώματα της εποχής (U.S. Army Corps of Engineers, 2002).



Εικόνα 3.3: Άποψη της δημοτικότητας παραλίας του Κόνεϊ Αϊλάντ, καλοκαίρι του 1940 (The Metropolitan Museum of Art, 1983).

Στην Ελλάδα το κόστος μεταφοράς από και προς παραλίες, χρησιμοποιώντας δημόσιες συγκοινωνίες, είναι συνήθως υψηλό, ενώ σε δημοφιλής παραλίες η είσοδος μπορεί να είναι χρεώσιμη και η παροχή προϊόντων και υπηρεσιών ακριβή. Ως αποτέλεσμα πληθώρα παράλιων καθίστανται μη προσβάσιμες για τα χαμηλότερα οικονομικά στρώματα, τα οποία εξαιτίας της

πρόσφατης οικονομικής κρίσης έχουν αυξηθεί σημαντικά, με το 23.1% του πληθυσμού να βρίσκεται σε κίνδυνο φτώχειας το 2012 (Ελληνική στατιστική αρχή, 2013).

Τέλος, ο μη συνυπολογισμός της κοινωνικό-πολιτιστικής και περιβαλλοντικής διάστασης στην διαχείριση των παραλιών, οδηγεί συχνά στην μη βιώσιμη ανάπτυξη τους. Ως αποτέλεσμα, τα οικονομικά οφέλη που προσδίδουν οι παραλίες φθίνουν όσο αυξάνεται η διάβρωση και η περιβαλλοντική τους υποβάθμιση, ενώ η μη ενεργή συμμετοχή πολιτών στην λήψη αποφάσεων επιδεινώνει την κατάσταση. Επιπροσθέτως, στις πλύστες των περιπτώσεων δεν υπάρχει επίγνωση των προβλημάτων, του μεγέθους τους και των αιτιών που οδήγησαν σε αυτά.

Για το λόγο αυτό, κρίνεται απαραίτητη η εισαγωγή μιας μεθόδου με την οποία αφενός θα αναγνωρίζεται η κατάσταση στην οποία βρίσκεται η παράκτια ζώνη, και δη και οι παραλίες που αυτή φιλοξενεί, χρησιμοποιώντας περιβαλλοντικά, κοινωνικό-πολιτιστικά αλλά και οικονομικά κριτήρια και αφετέρου θα τονίζει τις αδυναμίες και τα προβλήματα που αντιμετωπίζει, ώστε με την επίλυση τους να επιτευχθεί η βιώσιμη ανάπτυξη.

Καθώς, η αξιολόγηση της κατάστασης της υγείας της παράκτιας ζώνης και η ποσοτικοποίηση της υποβάθμισης που έχει υποστεί, είναι δύσκολο και χρονοβόρο εγχείρημα, δεδομένης της πολυπλοκότητας του προβλήματος και της έκτασης των ακτογραμμών της Ελλάδας, αποφασίστηκε να δημιουργηθούν σταθμισμένοι δείκτες οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των παράκτιων κυψελών/παραλιών. Η σύνθεση των αποτελεσμάτων κάθε παράκτιας κυψέλης/παραλίας μιας περιοχής, μπορεί να οδηγήσει στην γνώση για την υγεία της και την βιώσιμη ανάπτυξη της παράκτιας ζώνης.

Μέχρι στιγμής, στην Ελλάδα δεν υπάρχει ένα ενιαίο σύστημα αξιολόγησης της υγείας και της βιωσιμότητας της παράκτιας ζώνης, και συγκεκριμένα των παράκτιων κυψελών και των παραλιών (Φωτείνης et al., 2012). Για τον λόγο αυτό αναζητήθηκε η σχετική βιβλιογραφία στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με αυτή να εστιάζεται στην ποιότητα των υδάτων κολύμβησης (EEA, 2013), τα απορρίμματα στο θαλάσσιο περιβάλλον και στις παραλίες (EC, 2012), (Arcadis Nederland BV, 2014) και για την προστασία ειδών υπό εξαφάνιση (EC, Environment: Commission takes Greece to court over failure to protect iconic species, 2014). Παρόλα αυτά, αυτοί οι δείκτες για την αξιολόγηση της υγείας των παράκτιων κυψελών/παραλιών δεν βρέθηκαν. Άξια αναφοράς είναι η προσπάθεια της Γενικής Διεύθυνσης Θαλάσσιας Πολιτικής και Αλιείας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, με την εισαγωγή της ολοκληρωμένης θαλάσσιας πολιτικής (ΟΘΠ) το 2007. Μέσω αυτής επιχειρείται να συντονιστούν διατομεακές πολιτικές, να αυξηθεί η βιώσιμη ανάπτυξη της ευρωπαϊκής θαλάσσιας οικονομίας και να προστατευτεί καλύτερα το θαλάσσιο περιβάλλον (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2012). Αν και σε αυτή περιλαμβάνονται πολιτικές για το θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό και την ολοκληρωμένης

διαχείριση παράκτιων ζωνών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013) και την αντίστοιχη εκτίμηση του αντικτύπου (EC, 2013), δεν περιλαμβάνονται αντικειμενικοί δείκτες για την αξιολόγηση της υγείας της παράκτιας κυψέλης/παραλιών μέσω των οποίων μπορεί να επιτευχθεί η βιώσιμη ανάπτυξη μιας παράκτιας ζώνης.

Επιπροσθέτως, στην διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν εκατοντάδες περιβαλλοντικοί δείκτες που σχετίζονται με το θαλάσσιο οικοσύστημα, όμως δεν βρέθηκαν όμως αυτούσιοι αντικειμενικοί δείκτες για την υγεία παράκτιων κυψελών ή παραλιών (Rice, 2003).

Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν οι δείκτες υγείας παραλίας και παράκτιας κυψέλης (beach and littoral cell health indicators), οι οποίοι ουσιαστικά αποτελούν δείκτες βιώσιμης ανάπτυξης (Indicators of Sustainable Development) της παράκτιας ζώνης. Οι δείκτες υγείας παραλίας και παράκτιας κυψέλης αποτελούν πρωτοτυπία, καθώς δείκτες βιώσιμης ανάπτυξης έχουν εισαχθεί τόσο στην Ευρώπη (eurostat, 2013), (UK Department for Environment, 2013), όσο και παγκοσμίως, κυρίως μέσω των Ηνωμένων Εθνών (UN) (United Nations, 2007), αλλά κανένας από αυτούς δεν αφορά την επιστημονική αξιολόγηση και βιωσιμότητα της υγείας της παράκτιας ζώνης. Επιπροσθέτως, μπορούν να ενσωματωθούν στην οδηγία - πλαίσιο 2008/56/EK της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη θαλάσσια στρατηγική, η οποία εστιάζεται στην καλή περιβαλλοντική κατάσταση των θαλάσσιων υδάτων, χωρίς, έως σήμερα, να τονιστεί η αξία των παραλιών και η ανάγκη διαχείρισης των παράκτιων κυψελών στην διατήρηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2008). Σημαντικό στοιχείο των δεικτών που αναπτύχθηκαν είναι ότι μέσω αυτών μπορούν να οριστεί η καλή περιβαλλοντική κατάσταση παράκτιων περιοχών, να τεθούν συγκεκριμένοι περιβαλλοντικοί στόχοι και να αξιολογηθεί ο βαθμός επίτευξής τους, το οποίο αποτελεί προαπαιτούμενο της οδηγίας - πλαίσιο για τη θαλάσσια στρατηγική (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2008). Να σημειωθεί πως η Ελλάδα ενσωμάτωσε την Οδηγία 2008/56 στην εθνική νομοθεσία το 2011, με τον Νόμο 3983 (Εφημερίς της Κυβερνησεως, 2011).

Οι δείκτες υγείας και βιώσιμης ανάπτυξης παράκτιας κυψέλης και παραλίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση, την ανάδειξη των προβλημάτων που αυτή αντιμετωπίζει και την εύρεση ενδεδειγμένων και κατάλληλων τρόπων αντιμετώπισής τους, ώστε να εξασφαλιστεί η βιώσιμη ανάπτυξή της. Επιπροσθέτως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποφυγή κακών πρακτικών και επεμβάσεων που δύναται να προκαλέσουν αρνητικές συνέπειες στην παράκτια ζώνη. Για την ολοκληρωμένη και εμπεριστατωμένη αξιολόγηση της υγείας της παράκτιας κυψέλης αποφασίστηκε να αξιολογηθεί τόσο η υγεία της χερσαίας όσο και της παράκτιας ζώνης, όπως και οι πιθανές εισροές-εκροές του συστήματος της παράκτιας κυψέλης με το περιβάλλον.

Να σημειωθεί πως η εισαγωγή και χρήση δεικτών βιώσιμης ανάπτυξης της παράκτιας ζώνης επιτυγχάνει τη σύνοψη εξιδανικευμένων, σύνθετων και πολύπλοκων δεδομένων και πληροφοριών σε πιο απλή και ευκολονόητη μορφή (Φωτεΐνης et al., 2012). Οι δείκτες σχεδιάστηκαν ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μηχανικούς, τοπικές, εθνικές αλλά και ξένες υπηρεσίες, από φορείς ή φυσικά πρόσωπα αλλά και από τον οποιοδήποτε που έχει άμεση ή έμμεση σχέση με την παράκτια ζώνη, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη και αποδοτικότερη διαχείριση και βιώσιμη ανάπτυξη της (Φωτεΐνης et al., 2012). Επιπροσθέτως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για συγκεκριμένα έργα και στόχους, όπως την μέτρηση και αξιολόγηση της περιβαλλοντικής ποιότητας μιας παραλίας. Με τον τρόπο αυτό, οι δείκτες μπορούν να προσαρμοστούν στους επιθυμητούς στόχους ώστε να γίνουν ανάλογοι της επιθυμητής κατάστασης στην οποία επιθυμείται να περιέλθει η παράκτια ζώνη. Παραδείγματος χάρη, αν μια παραλία είναι προστατευόμενη (π.χ. *natura*) και δέχεται περιβαλλοντικές πιέσεις, τότε οι δείκτες μπορούν να εστιάσουν στα περιβαλλοντικά κριτήρια και όχι σε οικονομικά και άλλα κριτήρια (Φωτεΐνης et al., 2012). Για την ευκολότερη και καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων οι δείκτες μπορούν να εκφραστούν χρησιμοποιώντας το δεκαδικό σύστημα βαθμολογίας. Με τον τρόπο αυτό κάθε δείκτης όσο και το άθροισμα τους, δίνει πληροφορίες για την κατάσταση του στοιχείου που εξετάζεται και της παράκτιας ζώνης αντίστοιχα, η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί κακή, μέτρια έως καλή και πολύ καλή έως τέλεια, ανάλογα με την τελική βαθμολογία (Φωτεΐνης et al., 2012), όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Κατάταξη παραλίας με βάση την τελική βαθμολογία των δεικτών ποιότητας παράκτιας κυψέλης/παραλίας (Φωτεΐνης et al., 2012).

| Βαθμολογία | Κατάσταση παραλίας |
|-------------------|-----------------------------|
| 1-3 | <i>Πολύ κακή έως κακή</i> |
| 4-6 | <i>Μέτρια έως καλή</i> |
| 7-10 | <i>Πολύ καλή έως τέλεια</i> |

3.3.1 Δείκτες αξιολόγησης παράκτιας κυψέλης

Αρχικά θα πρέπει να αξιολογηθεί η υγεία της παράκτιας κυψέλης και για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν οι δείκτες οι οποίοι εμφανίζονται στους πίνακες 3.2 έως 3.7. Οι δείκτες υγείας και βιώσιμης ανάπτυξης παράκτιας κυψέλης αφορούν την αξιολόγηση της υπάρχουσας κατάστασης της παράκτιας κυψέλης, την ανάδειξη των προβλημάτων που αυτή αντιμετωπίζει και την εύρεση των ενδεδειγμένων και κατάλληλων τρόπων αντιμετώπισής τους, ώστε να εξασφαλιστεί η βιώσιμη ανάπτυξη της στο μέλλον.

Για να αξιολογηθεί η υγεία της παράκτιας κυψέλης πρέπει να αξιολογηθεί τόσο η υγεία της χερσαίας όσο και της παράκτιας ζώνης που την ορίζει, όπως και οι πιθανές εισροές-εκροές που έχει η παράκτια κυψέλη με το περιβάλλον. Αρχικά θα οριστούν οι δείκτες που ορίζουν την καλή περιβαλλοντική κατάσταση και στην συνέχεια κοινωνικοοικονομικοί δείκτες.

A. Δείκτες καλής περιβαλλοντικής κατάστασης

3.3.1.1 Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης, ιζήματος, χωροταξικός σχεδιασμός

Βασικός δείκτης καλής περιβαλλοντικής κατάστασης αποτελεί ο στρατηγικός σχεδιασμός ή κάποιο πρόγραμμα τοπικής, κοινοτικής, επαρχιακής ή εθνικής εμβέλειας διαχείρισης ιζήματος που εφαρμόζεται στην παράκτια κυψέλη. Επίσης αν στην παράκτια κυψέλη υπάρχει κάποια μέριμνα για χωροταξικό σχεδιασμό και αειφόρο ανάπτυξη τόσο σε εθνικό όσο και σε περιφερειακό, κοινοτικό επίπεδο; Βασικό στοιχείο αποτελεί και ο νόμος 2742/ΦΕΚ 207/Α'/07.10.1999.

Πίνακας 3.2: Διαχείρισης παράκτιας ζώνης, ιζήματος και χωροταξικός σχεδιασμός.

| Δείκτης | Βαθμολογία |
|--|-------------------|
| Εθνικός σχεδιασμός για την προστασία και διαχείριση | |
| Περιφερειακός σχεδιασμός για την προστασία και διαχείριση | |
| Τοπικός σχεδιασμός για την προστασία και διαχείριση | |
| Τα έργα και οι παρεμβάσεις στην παράκτια κυψέλη πραγματοποιήθηκαν σποραδικά και χωρίς μέριμνα για την επίδραση τους στο σύνολο της. | |
| Εφαρμογή ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιας ζώνης (ΟΔΠΖ) | |
| (Ολοκληρωμένη) Διαχείριση ιζήματος | |
| Εφαρμογή χωροταξικού σχεδιασμού | |
| Σύνολο (σύνολο βαθμολογίας δια 7) | |

3.3.1.2 Στερεομεταφορά μέσα στα όρια της παράκτιας κυψέλης

Σε κάθε παράκτια κυψέλη/παραλία υπάρχει φυσική ισορροπία εισροών/εκροών ιζήματος, συνήθως από την χερσαία προς την παράκτια ζώνη. Το ίζημα αυτό ως επί το πλείστον προέρχεται από την φυσική διάβρωση και αποσάθρωση των πετρωμάτων της χερσαίας και παράκτιας ζώνης. Τα υλικά αυτά μεταφέρονται μέσω ποτάμιας ή χειμαρρικής απορροής ή ρεμάτων και άλλων υδάτινων οδών στην παράκτια κυψέλη/παραλία την οποία και εμπλουτίζουν. Το αν και πόσο αυτοί οι υδάτινοι οδοί είναι κλειστοί ή περιορισμένοι, παίζει σημαντικό ρόλο στην βιώσιμη ανάπτυξη την παράκτιας κυψέλης/παραλίας. Παραδείγματος χάρη αν κάποιο φράγμα ή κάποια άλλη ανθρώπινη κατασκευή παρακρατεί ίζημα, τότε η βιώσιμη ανάπτυξη της παράκτιας κυψέλης/παραλίας κινδυνεύει.

Καθώς, μέρος του ιζήματος που τροφοδοτεί την παράκτια ζώνη προέρχεται από την φυσική διάβρωση της ανάντη χερσαίας αλλά και της παράκτιας ζώνης απαιτείται και η σωστή διαχείριση τους. Εάν υπάρχει πλήρης αστικοποίηση, αφενός παρεμποδίζεται η φυσική διάβρωση από την πλευρά της ενδοχώρας και συνεπώς δεν τροφοδοτείται η παράκτια ζώνη με ίζημα, και αφετέρου τα ύδατα που καταλήγουν στην θάλασσα είναι κακής ποιότητας και ενδέχεται να προκαλέσουν ρύπανση και να περιέχουν μολυσματικούς παράγοντες.

Πίνακας 3.3: Στερεομεταφορά μέσα στα όρια της παράκτιας κυψέλης

| Δείκτης | Βαθμολογία |
|--|------------|
| Παρεμπόδιση φυσικής διάβρωσης λεκανών απορροής λόγω αστικοποίησης | |
| Παρεμπόδιση χειμαρρικότητας ρεμάτων λόγω αστικοποίησης | |
| Ύπαρξη φραγμάτων και μη σχεδίου μεταφοράς του παρακρατηθέν ιζήματος | |
| Αμμοληψίες από κοίτες υδάτινων οδών | |
| Αμμοληψίες από παραλίες και καταστροφή αμμοθινών | |
| Εκτροπή εκροής ρεμάτων/ποταμών | |
| Παρεμπόδιση παράκτιας στερεομεταφοράς από κατασκευές όπως λιμένες | |
| Σύνολο (σύνολο βαθμολογίας δια 7) | |

3.3.1.3 Μόλυνση και ρύπανση στην παράκτια κυψέλη

Απορροές βιολογικών καθαρισμών και άλλων διεργασιών (π.χ. βιομηχανία – βιοτεχνία) συνήθως αποτελούν αρνητικό παράγοντα για την σωστή και βιώσιμη ανάπτυξη της παράκτιας κυψέλης. Αφενός, πολλές φορές οι απορροές αυτές προκαλούν ρύπανση των υδάτων και του ιζήματος αλλά επίσης μπορούν να μεταφέρουν μολυσματικούς παράγοντες. Παραδείγματος χάρη η απορροή μιας βιοτεχνίας μπορεί να προκαλέσει ρύπανση του ιζήματος βυθού στο οποίο καταλήγει μέσω της διασποράς βαρέων μετάλλων.

Επιπροσθέτως, γεωργικές καλλιέργειες όπως και ιχθυοκαλλιέργειες μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα της παράκτιας κυψέλης μέσω ευτροφισμού. Τέλος, η ύπαρξη μεγάλου αριθμού σκαφών/πλοίων, ειδικά σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές και ο ρυθμός ανανέωσης υδάτων είναι μικρός (κλειστοί κόλποι) αποτελεί αρνητικό παράγοντα στην βιώσιμη ανάπτυξη της παράκτιας κυψέλης/παραλίας.

Πίνακας 3.4: Μόλυνση και ρύπανση στην παράκτια κυψέλη

| Δείκτης | Βαθμολογία |
|---|------------|
| Απορροές βιομηχανιών βιοτεχνιών κ.α., σε υδάτινες οδούς | |
| Ποσοστό γεωργικών , μη βιολογικών, εκμεταλλεύσεων στη λεκάνη απορροής | |
| Λιμένες και εκτέλεση εργασιών συντήρησης σκαφών σε αυτούς | |
| Πλήθος σκαφών/πλοίων ανά μέτρο ακτής | |
| Απορροές βιομηχανιών και βιολογικών καθαρισμών στην θάλασσα | |
| Ύπαρξη ιχθυοκαλλιεργειών | |
| Ρυθμός ανανέωσης υδάτων (κλειστοί κόλποι – ανοικτή θάλασσα) | |
| Σύνολο (σύνολο βαθμολογίας δια 7) | |

3.3.1.4 Οικοσύστημα και βιοποικιλότητα

Σημαντικό στοιχείο της παράκτιας ζώνης είναι η βιοποικιλότητα που αυτή φιλοξενεί και η διατήρηση της. Το οικοσύστημα που δύναται να φιλοξενεί μια ακτή μπορεί να βρίσκεται στην χερσαία ζώνη, στη θάλασσα ή να επικοινωνεί μεταξύ στεριάς και θάλασσας. Για την διαφύλαξη της βιοποικιλότητας είναι απαραίτητη η αναγνώριση της και η διατήρησης της καλής υγείας της παράκτιας ζώνης.

Πίνακας 3.5: Υγεία οικοσυστήματος

| Δείκτης | Βαθμολογία |
|---|------------|
| Βιοποικιλότητα χερσαίας ζώνης και ακτών | |
| Βιοποικιλότητα θαλάσσιου περιβάλλοντος | |
| Υποθαλάσσια χλωρίδα, άλγη και λιβάδια ποσειδωνίας | |
| Υπαρξη ειδών υπό εξαφάνιση – μέτρα προστασίας οικοσυστήματος | |
| Εντατική αλιεία (τράτες, δυναμίτιδα κ.α.) | |
| Ανθρώπινη επέμβαση στο παράκτιο οικοσύστημα και στις φυσικές διεργασίες | |
| Ευτροφισμός | |
| Σύνολο (σύνολο βαθμολογίας δια 7) | |

3.3.1.5 Τύπος ακτογραμμών

Σημαντικό στοιχείο της παράκτιας ζώνης αποτελεί ο τύπος (βραχώδεις, αμμώδης) και βαθμός ανθρώπινης παρέμβασης (κατασκευές στην παράκτια ζώνη, οχύρωση, τύπος οχύρωσης κλπ). Η βιοποικιλότητα στις προσχωσιγενείς ακτές συνήθως είναι πιο υψηλή από τις βραχώδεις αλλά, αλλά εξαιτείς του γεγονότος ότι προσελκύουν μεγάλο πλήθος επισκεπτών χρειάζονται κατάλληλη διαχείριση. Οι βραχώδεις ακτές και οι οχυρωμένες είναι σταθερές στην διάβρωση, αλλά οι δευτερες αποτελούν δείκτη υποβάθμισης του παράκτιου οικοσυστήματος.

Πίνακας 3.6: Τύπος ακτογραμμών

| Δείκτης | Βαθμολογία |
|--|------------|
| Ποσοστό προσχωσιγενών ακτών | |
| Ποσοστό προσχωσιγενών ακτών υπό ενεργή διάβρωση | |
| Ποσοστό οχύρωσης ακτογραμμής | |
| Πρόβλεψη για παθητική διάβρωση | |
| Ποσοστό παράκτιων κατασκευών ανά m ² ακτής | |
| Απουσία βαριών κατασκευών (προβόλων/κυματοθραυστών) | |
| Χρήση περιβαλλοντικά φιλικών μεθόδων προστασίας ακτογραμμών/παραλιών | |
| Σύνολο (σύνολο βαθμολογίας δια 7) | |

B. Κοινωνικοοικονομικοί δείκτες

3.3.1.6 Παράκτιες υποδομές και φυσικό κάλος

Οι παράκτιες υποδομές (κάδοι απορριμμάτων, αποδυτήρια, αναψυκτήρια, εστιατόρια κλπ) όπως και το φυσικό κάλος και η ενιαία αρχιτεκτονική συμβάλλουν προς την τέρψη των επισκεπτών, την αύξηση της επισκεψιμότητας και την οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Η ύπαρξη υποδομών έχει προκαλέσει στο παρελθόν αρνητικά αποτελέσματα στην παράκτια κυψέλη/παραλία, καθώς πολλές από αυτές δεν χωροθετήθηκαν με κάποιο σχέδιο ή μελέτη. Παρόλα αυτά η ύπαρξη τους μπορεί να προσδώσει μια επιπλέον αξία στην περιοχή, όπως και θέσεις εργασίας, εάν αυτές χωροθετηθούν κατάλληλα και με βάση τις ανάγκες κάθε παράκτιας κυψέλης/παραλίας. Συνεπώς, τόσο η ύπαρξη τους όσο και η κατάλληλη χωροθέτησή τους αποτελούν προϋποθέσεις για την αειφόρο ανάπτυξη μιας παράκτιας ζώνης/παραλίας. Παραδείγματος χάρη, η ύπαρξη κάδων απορριμμάτων/ανακύκλωσης αποτελεί δείκτη βιωσιμότητας, αλλά η μη ομοιόμορφη κατανομή τους και η χρήση ακατάλληλων κάδων (ακατάλληλο χρώμα, έκκληση οσμών, διασταλαγμάτων) οδηγεί τελικά σε υποβάθμιση.

Πίνακας 3.7: παράκτιες υποδομές

| Δείκτης | Βαθμολογία |
|--|-------------------|
| Φυσικό κάλος παράκτιας ζώνης | |
| Αρχιτεκτονική | |
| Βαθμός παρέμβασης στην παράκτια ζώνη | |
| Πλήθος επισκεπτών ανά m ² αμμώδους ακτής | |
| Προσβασιμότητα (οδικό δίκτυο, δημόσιες συγκοινωνίες) | |
| Υποδομές και χωροθέτηση τους | |
| Ύπαρξη κέντρου υγείας/νοσοκομείου | |
| Σύνολο (σύνολο βαθμολογίας δια 7) | |

3.3.2 Δείκτες αξιολόγησης παραλίας

Σημαντικό στοιχείο της παράκτιας ζώνης είναι οι παραλίες που αυτή φιλοξενεί, λόγω της βιοποικιλότητας, των δυνατοτήτων αναψυχής όπως και για πληθώρα άλλων λόγων. Συνεπώς, υπάρχει η ανάγκη διατήρησης της φυσικής ισορροπίας στην οποία βρίσκεται μια παραλία αλλά και βελτίωσής της σε περιπτώσεις που κρίνεται αναγκαίο. Βεβαίως, πριν από την οποιαδήποτε παρέμβαση είναι απαραίτητη η αξιολόγηση της κατάστασης της και για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν οι παρακάτω δείκτες.

A. Δείκτες καλής περιβαλλοντικής κατάστασης

3.3.2.1 Τοπίο

Το τοπίο, η μοναδικότητα και η αισθητική του, αποτελεί δείκτη καθώς σχετίζεται με περιβαλλοντικούς αλλά και κοινωνικούς, πολιτιστικούς, οικονομικούς παράγοντες. Για το λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προχώρησε στην κύρωση της Ευρωπαϊκής Σύμβασης του Τοπίου (Νόμος 3827/2010, ΦΕΚ Α 30 - 25.02.2010), από την οποία παρατίθενται οι παρακάτω ορισμοί:

- **Τοπίο:** “μια περιοχή, όπως γίνεται αντιληπτή από τους ανθρώπους, της οποίας ο χαρακτήρας είναι το αποτέλεσμα της δράσης και αλληλεπίδρασης των φυσικών και/ή ανθρώπινων παραγόντων”.
- **Πολιτική τοπίων:** “μια έκφραση από τις αρμόδιες αρχές γενικών αρχών, στρατηγικών και οδηγιών, που επιτρέπουν τη λήψη συγκεκριμένων μέτρων, τα οποία αποσκοπούν στην προστασία, διαχείριση και σχεδιασμό των τοπίων”.
- **Στόχοι ποιότητας τοπίων:** “για ένα συγκεκριμένο τοπίο, τη διαμόρφωση από τις αρμόδιες αρχές των προσδοκιών του κοινού όσον αναφορά στα χαρακτηριστικά των τοπίων και του περιβάλλοντος τους”.
- **Προστασία τοπίων:** “δράσεις για να συντηρηθούν και να διατηρηθούν τα σημαντικά ή ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ενός τοπίου, που δικαιολογούνται από την αξία του ως κληρονομιάς, η οποία πηγάζει από τη φυσική του διαμόρφωση και/ή από την ανθρώπινη δραστηριότητα”.
- **Διαχείριση τοπίων:** “δράση, από την προοπτική της βιώσιμης ανάπτυξης, για να διασφαλιστεί σε τακτική βάση η συντήρηση ενός τοπίου, ώστε να κατευθύνονται και να εναρμονίζονται μεταβολές που προξενούνται από κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές διαδικασίες”.
- **Σχεδιασμός τοπίων:** “δυναμική δράση με μακροπρόθεσμη προοπτική, για να ενισχύονται, αποκαθίστανται ή να δημιουργούνται τοπία”.

Συνεπώς, ο συνδυασμός και η αλληλεπίδραση φυσικών και/ή ανθρώπινων παραγόντων, προσδίδει ένα επιπρόσθετο όφελος, το οποίο ονομάζεται τοπίο της εκάστοτε περιοχής. Το όφελος αυτό προκύπτει από τα συναισθήματα και την τέρψη που εγείρονται από τον συνδυασμό των μεμονωμένων παραγόντων της περιοχής (χλωρίδα και πανίδα, γεωμορφολογία, αρχιτεκτονική κτηρίων κ.α.) και των συναισθημάτων που εγείρονται από την αλληλεπίδραση ανθρώπου – χαρακτήρα περιοχής. Επομένως, η αλλοίωση, υποβάθμιση, εξαφάνιση ή και η εισαγωγή ενός και μόνο παράγοντα ενδέχεται να έχει ιδιαίτερα δυσμενή αποτελέσματα στο τοπίο, πολύ μεγαλύτερα από αυτά του συγκεκριμένου παράγοντα.

Παραδείγματος χάρη, κατασκευές πάνω ή κοντά σε μια παραλία, χωρίς τις ανάλογες μελέτες και την στάθμιση του παράγοντα του τοπίου, μπορεί να εξαφανίσει το ιδιαίτερο της τοπίο είτε άμεσα λόγω αισθητικής όχλησης, είτε έμμεσα λόγω της διάβρωσης που θα προκαλέσει. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί παράκτιος δρόμος, ο οποίος σε συνδυασμό με τον τοπικό λιμένα, προκάλεσε διάβρωση στην παραλία του Μακρύ Γυαλού, Λασιθί (εικόνα 3.4).



Εικόνα 3.4. Όψη της παραλίας του Μακρύ Γυαλού, κατάντη του λιμένα τον Οκτώβριο του 2010. Η κατασκευή του παράκτιου δρόμου επηρέασε αρνητικά το τοπίο της περιοχής.

Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο, σε κάθε παραλία, να αναγνωριστούν οι παράγοντες και τα στοιχεία που συνθέτουν τον ιδιαίτερο χαρακτήρα της, οι λόγοι που μπορεί να τους απειλήσουν και οι τρόποι προστασίας και διατήρησής τους. Έτσι, καθώς το βιοτικό, κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο παράκτιων κοινωνιών βελτιώνεται, γίνονται πιο εμφανείς και οι λόγοι για την προστασία του τοπίου μιας παραλίας και εισάγεται η έννοια της πολιτικής των τοπίων.

Η πολιτική τοπίων είναι μια σχετικά νέα έννοια, ειδικά σε περιπτώσεις παραλιών, και για το λόγο αυτό η υπάρχουσα νομοθεσία και νομολογία στην Ελλάδα είναι ελλιπής. Η σχετική νομοθεσία/νομολογία, αποφάσεις του Αρείου Πάγου, Συμβουλίου της Επικράτειας, κλπ, περιορίζεται σε αποφάσεις που αφορούν το ιδιοκτησιακό καθεστώς και τη μεταβολή του στον αιγιαλό και την παράκτια ζώνη. Επίσης, σε αντίθεση με άλλες χώρες, η Ελλάδα ουσιαστικά δεν εφαρμόζει ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης (ΟΔΠΖ) και συνεπώς η όποια διαχείριση γίνεται σπασμωδικά, από πολλές και διάφορες αρχές, των οποίων συχνά τα συμφέροντα συγκρούονται. Ο λόγος είναι ότι παρόλο που έχουν γίνει κάποιες προσπάθειες προς αυτή την πλευρά, με άξια αναφοράς το Μεσογειακό Πρωτόκολλο για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Ζωνών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010), οι δομές τις ελληνικής

κοινωνίας δεν είναι ακόμα ώριμες για να εφαρμόσουν σχέδια διαχείρισης, βελτίωσης και βιώσιμης αξιοποίησης της παράκτιας ζώνης. Επίσης η ενημέρωση και γνώση του κοινού και των αρμόδιων φορέων για θέματα που σχετίζονται με την πολιτική τοπίων παραλιών αλλά και την βιώσιμη διαχείριση τους είναι ελλιπής. Συνεπώς, εφόσον η αναγνώριση του υπάρχοντος τοπίου πολλών παραλιών δεν είναι εφικτή, δεν είναι με την σειρά της δυνατή η προστασία και διαχείριση του.

Η ποιότητα του τοπίου είναι δύσκολο να υπολογισθεί και να ποσοτικοποιηθεί, καθώς άνθρωποι με διαφορετική κουλτούρα, παιδεία, καταγωγή, εμπειρίες και βιώματα αντιλαμβάνονται διαφορετικά το τοπίο. Παρόλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν δείκτες ώστε να υπάρξει μια κοινή βάση για την αξιολόγηση του τοπίου μιας παραλίας. Οι δείκτες αυτοί αφορούν τόσο το φυσικό όσο και το ανθρωπογενές τοπίο και πως το τελευταίο επιδρά στο πρώτο. Όπως προαναφέρθηκε ανθρώπινες επεμβάσεις στο φυσικό τοπίο μιας παραλίας μπορεί να έχουν θετικές επιδράσεις και να δημιουργούν ένα ομοιόμορφο και αρμονικό νέο τοπίο ή μπορεί να επεμβαίνουν δραστικά και να το αλλοιώνουν (π.χ. στην Ελλάδα πολλές παρεμβάσεις με έξαλλους κυματοθραύστες έχουν υποβαθμίσει σημαντικά την ποιότητα του τοπίου πολλών παραλιών).

Για μια πρώτη αξιολόγηση του υπάρχοντος τοπίου μιας παραλίας είναι απαραίτητη η λήψη πανοραμικών φωτογραφιών. Κατόπιν μπορούν να εξεταστούν και παράγοντες που συνθέτουν μια παραλία, που μπορεί να βρίσκονται πάνω στο ενεργό πλάτος της, ανάντη ή και στον θαλάσσιο χώρο. Η εξέταση μεμονωμένων παραγόντων δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσια για την αξιολόγηση του τοπίου, καθώς η αισθητική του τοπίου καθορίζεται και από την μοναδικότητα των μεμονωμένων χαρακτηριστικών της, αλλά κυρίως από την μοναδικότητα που προκύπτει από την σύνθεσή τους. Τα χαρακτηριστικά μιας παραλίας, μπορεί να είναι φυσικά ή τεχνητά δηλαδή κατασκευασμένα από ανθρώπινες παρεμβάσεις στο φυσικό τοπίο.

Φυσικά χαρακτηριστικά παραλίας

Τα φυσικά χαρακτηριστικά μιας παραλίας μπορεί να βρίσκονται πάνω στο προφίλ ισορροπίας της ή και έξω από αυτό. Μέσα σε αυτό βρίσκονται οι αμμοθίνες και το οικοσύστημα που αυτές φιλοξενούν, η κλίση, η διάμετρος, το χρώμα και το μέγεθος του ιζήματος (άμμος, κροκάλες), η χλωρίδα και πανίδα που φιλοξενεί η παραλία, τα λιβάδια ποσειδωνίας, οι γεωλογικοί σχηματισμοί που μπορεί να βρίσκονται μέσα σε αυτή, το χρώμα και η καθαρότητα των υδάτων, οι έξοδοι των ποταμών και χειμάρρων και άλλα.

Αυτά συνήθως έχουν δημιουργηθεί μετά από την πάροδο μεγάλων χρονικών διαστημάτων. Ο λόγος είναι ότι για να φτάσει μια παραλία στο προφίλ ισορροπίας απαιτείται

μεγάλο χρονικό διάστημα και έτσι επεμβάσεις που μπορεί να το επηρεάσουν πρέπει να αποφεύγονται. Τα φυσικά χαρακτηριστικά τα οποία βρίσκονται έξω από το προφίλ ισορροπίας είναι αυτά που δεν επηρεάζουν άμεσα τη λειτουργία της. Τέτοια χαρακτηριστικά αποτελούν οι γεωολογικοί και γεωμορφολογικοί σχηματισμοί (βουνά, πεδιάδες, κλπ), η χλωρίδα (δέντρα, ποώδης βλάστηση, κλπ), η πανίδα, όπως επίσης και τα ποτάμια, οι χείμαρροι και άλλες υδάτινες οδοί, αλλά και νησάκια, βραχονησίδες και άλλοι σχηματισμοί που βρίσκονται μέσα στο οπτικό πεδίο του επισκέπτη της παραλίας.

Τεχνητά χαρακτηριστικά παραλίας

Τα ανθρώπινα ή τεχνητά χαρακτηριστικά έχουν προκύψει από την αλληλεπίδραση ανθρωπογενών παραγόντων στην παραλία ή κοντά σε αυτή. Οι παρεμβάσεις συνήθως αφορούν τις χρήσεις γης και τη θαλάσσια χρήση. Ανθρώπινες παρεμβάσεις που επηρεάζουν θετικά το τοπίο και του προσδίδουν αξία μπορεί να είναι η οικιστική χρήση του χώρου ανάντη της παραλίας με κτίρια με συγκεκριμένη αρχιτεκτονική σε αρμονία με το φυσικό περιβάλλον, οι παράκτιες υποδομές που συνάδουν με το φυσικό τοπίο, οι παρεμβάσεις στην παραλία για την βελτίωση της όπως χρήση αυτοχθόνων φυτών για την βελτίωση των αμμοθινών, τεχνητές νησίδες, κλπ.

Οι παράγοντες που δύναται να επηρεάσουν αρνητικά το τοπίο είναι φυσικοί και ανθρωπογενείς. Οι φυσικοί περιλαμβάνουν φυσικές καταστροφές, όπως μεγάλες κυματικές καταιγίδες, που μπορούν να προκαλέσουν απότομες μεταβολές στην παραλία και στο προφίλ ισορροπίας της και συνεπώς και στην αισθητική του τοπίου. Επίσης στους φυσικούς παράγοντες συμπεριλαμβάνονται μακροπρόθεσμοι παράγοντες, όπως η αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας (ΜΣΘ), κλπ. Οι φυσικοί παράγοντες έχουν συνήθως κάποια επαναληψιμότητα και η παραλία έχει αναπτύξει μηχανισμούς προστασίας και προσαρμογής σε αυτούς, ενώ πολλές φορές αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της (π.χ. παλίρροιες). Συνεπώς, οι φυσικοί παράγοντες συνήθως δεν επηρεάζουν σημαντικά την αισθητική μιας παραλίας. Είναι θεμιτή όμως η ανθρώπινη παρέμβαση, για την επαναφορά της παραλίας και του τοπίου σε πρότερη μορφή, όταν κάποιος φυσικός παράγοντας την επηρεάσει σε βαθμό που ξεπερνάει τα όρια αυτορρύθμισης της ή μεταβάλλει σε μεγάλο βαθμό αρνητικά το υπάρχον τοπίο. Παραδείγματος χάρη, παρεμβάσεις είναι απαραίτητες στην περίπτωση που συμβεί η ακραία κυματική καταιγίδα των 100 ετών και η παραλία διαβρωθεί σε σημαντικό βαθμό ή καταστραφούν ολοσχερώς οι αμμοθίνες.

Οι ανθρωπογενείς παράγοντες, που επηρεάζουν αρνητικά μια παραλία και το τοπίο, οφείλονται σε άμεσες ή έμμεσες τοπικές και γενικευμένες ανθρώπινες επεμβάσεις στην παραλία, στο μικροκλίμα της αλλά και στο κλίμα γενικότερα. Παραδείγματος χάρη

γενικευμένη παρέμβαση μπορεί να θεωρηθεί το κλιματικό φαινόμενο ή όπως είναι ευρέως γνωστό το φαινόμενο του θερμοκηπίου που οδηγεί σε μεγαλύτερη άνοδο της ΜΣΘ από την αναμενόμενη. Έτσι περιοχές οι οποίες δεν υφίσταται γεωλογική άνοδο οδηγούνται σε διάβρωση και σε καταστροφή των αμμοθινών. Τοπικές παρεμβάσεις στην παραλία και στο μικροκλίμα της μπορούν να θεωρηθούν η άναρχη και χωρίς κανένα σχέδιο δόμηση κοντά αλλά και πάνω στην παράκτια ζώνη, η καταστροφή των αμμοθινών, η χρήση ξένων προς το φυσικό τοπίο χρωμάτων στα κτίρια, ογκώδεις παράκτιες και θαλάσσιες κατασκευές όπως λιμάνια, πρόβολοι, κυματοθραύστες, παραλιακοί δρόμοι, έξοδοι λυμάτων και σταθμών ηλεκτροπαραγωγής που επηρεάζουν την τοπική θερμοκρασία και συγκέντρωση ανόργανων και οργανικών υλικών, και η άναρχη χρήση φωτοστατών και πινακίδων (εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.5: Παράδειγμα έντονης ανθρωπογενής παρέμβασης στο φυσικό τοπίο στην παραλία ΕΟΤ, Άγιος Νικόλαος με κυματοθραύστες, θαλάσσιους τοίχους και παραλιακό δρόμο (Αύγουστος 2009).

Θαλάσσιο τοπίο

Ένα σχετικά νέο είδος τουρισμού είναι ο καταδυτικός τουρισμός. Παραλίες με πλούσια θαλάσσια χλωρίδα και πανίδα και λιβάδια Ποσειδωνίας προσελκύουν πλήθος επισκεπτών με κύριο ενδιαφέρον την ελεύθερη ή με εξοπλισμό κατάδυση (scuba diving). Σε πολλές περιπτώσεις επίσης έχουν κατασκευαστεί τεχνητά καταδυτικά πάρκα, όπου ο πυθμένας έχει διαμορφωθεί κατάλληλα ώστε να φιλοξενεί την τοπική βιοποικιλότητα και με κατάλληλες υποδομές να μπορεί συγχρόνως να φιλοξενεί και τον καταδυτικό τουρισμό.

Για μια πρώτη αξιολόγηση του υπάρχοντος τοπίου μιας παραλίας και την εύρεση των βασικών παραγόντων που το συνθέτουν, αυτών που πρέπει να διατηρηθούν και αυτών που πρέπει να αλλάξουν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 3.8: Δείκτης για την αξιολόγηση του τοπίου

| Δείκτης | Βαθμολογία |
|---|------------|
| Αμμοθίνες, τοπική χλωρίδα και πανίδα | |
| Ομοιομορφία και κλίση παραλίας (π.χ. δυσμενής κρίνεται η περίπτωση εμφάνισης του βραχώδους υποστρώματος) | |
| Χρώμα και διαύγεια υδάτων | |
| Ενιαία αρχιτεκτονική, ομοιόμορφα χρώματα και οικοδομικά υλικά που δημιουργούν από μόνα τους την αίσθηση του τοπίου ή ταιριάζουν με τα φυσικά χρώματα της παραλίας | |
| Ανθρωπογενείς παρέμβαση στην παραλία (π.χ. κτίρια πάνω στην παραλία ή πληθώρα Σεζ λονγκ) | |
| Το φυσικό τοπίο είναι στη φυσική του μορφή ή έχει αλλοιωθεί με οποιοδήποτε τρόπο (π.χ. καταστροφή αμμοθινών, βαριές κατασκευές κλπ) | |
| Φυσικό κάλος | |
| Σύνολο (σύνολο βαθμολογίας δια 7) | |

3.3.2.2 Ποιότητα υδάτων/ιζήματος

Η ποιότητα των υδάτων επηρεάζει τόσο την ανθρώπινη υγεία αλλά και τους οργανισμούς που διαβιώνουν σε αυτή. Το κολύμπι σε παραλίες με καλή ποιότητα υδάτων προσφέρει συνήθως μεγαλύτερη τέρψη στον επισκέπτη, αφού η συναναστροφή του με το υγιές οικοσύστημα της παραλίας καθιστά το κολύμπι πιο ενδιαφέρον. Σε αντίθεση η κολύμβηση σε ύδατα με υψηλά επίπεδα ρύπανσης, αυξάνει την πιθανότητα να νοσήσει ο κολυμβητής, με πιο συνηθισμένα συμπτώματα τον πυρετό, τη ναυτία, τη ρινική συμφόρηση, τον πονόλαιμο και το βήχα. Επίσης η ρύπανση των υδάτων μπορεί να μειώσει ή να εξαφανίσει το υπάρχον οικοσύστημα με επιβλαβείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο τοπίο.

Η ποιότητα των υδάτων μπορεί να εξαχθεί από μετρήσεις που πραγματοποιούν δημόσιοι φορείς (μπλε σημαίες) ή από μετρήσεις πεδίου στην συγκεκριμένη παραλία. Συνηθισμένοι ρύποι είναι τα βακτήρια, τα βαρέα μέταλλα (μόλυβδος και αρσενικό), ανόργανες και οργανικές χημικές ουσίες (φυτοφάρμακα, πετρέλαιο, κλπ) και άλλα παθογόνα όπως οι ιοί και τα θρεπτικά συστατικά που μπορούν να δημιουργήσουν επιβλαβείς αποικίες φυκιών. Οι ρύποι αυτοί μπορεί να προέρχονται από ποικίλες φυσικές και ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως από την χρήση φυτοφαρμάκων σε ανάντη γεωργικές περιοχές ή από την ύπαρξη λιμανιών όπου πραγματοποιούνται και εργασίες συντήρησης (παραδείγματος χάρη το βάψιμο σκαφών προκαλεί ρύπανση αφού τα χρώματα που χρησιμοποιούνται συνήθως περιέχουν βαρέα μέταλλα).

Τέλος, τα κακής ποιότητας ύδατα μπορούν να επηρεάσουν τόσο την αναπαραγωγή όσο και τη σίτιση και τις συνήθειες του τοπικού οικοσυστήματος, με δυσμενή αποτελέσματα στην όλη λειτουργία του οικοσυστήματος και στο τοπίο της παραλίας. Οι πηγές ρύπανσης/μόλυνσης των υδάτων μπορεί να είναι σημειακές ή μη. Παραδείγματος χάρη μια σημειακή πηγή

ρύπανσης/μόλυνσης μπορεί να είναι ένα εργοστάσιο που βρίσκεται ανάντη της παραλίας ενώ μία μη σημειακή πηγή μόλυνσης μπορεί να αποτελούν τα εκπλύματα των κατακρημνισμάτων από την λεκάνη απορροής.

Ποιότητα ιζήματος (άμμου)

Η ποιότητα του ιζήματος είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την υγεία των λουόμενων, για το τοπικό οικοσύστημα αλλά και για την αισθητική της παραλίας. Η υψηλή ποιότητα ιζήματος διασφαλίζει την ανθρώπινη υγεία αλλά και προσφέρει μεγαλύτερη τέρψη στον επισκέπτη, αφού το ρυπασμένο ίζημα λειτουργεί ως αποτρεπτικός παράγοντας της επισκεψιμότητας. Επίσης, η άμεση επαφή με το ρυπασμένο ίζημα αυξάνει την πιθανότητα να νοσήσει ο επισκέπτης, με κύρια νοσήματα τις δερματικές παθήσεις. Η ποιότητα του ιζήματος σχετίζεται κυρίως με δύο παράγοντες, την αισθητική ρύπανση και τους μολυσματικούς παράγοντες.

Η αισθητική ρύπανση γίνεται αντιληπτή με γυμνό μάτι, ενώ συνήθως δεν προκαλεί ιδιαίτερα αρνητικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία. Ένα κύριο μειονέκτημα της είναι ότι λειτουργεί ως αποτρεπτικός παράγοντας της επισκεψιμότητας. Το μέγεθος της αισθητικής ρύπανσης μπορεί να εξαχθεί προκαταρκτικά με αυτοψία, όπου θα καθοριστεί η παρουσία, το είδος της ρύπανσης και η αισθητική όχληση που προκαλείται. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν η ύπαρξη αποτσίγαρων και άλλων μη επικίνδυνων από υγειονομικής άποψης απορριμμάτων, ξένων σώματα προς την παραλία όπως ογκόλιθοι που έχουν απομακρυνθεί από βαριές κατασκευές στην παραλία, ο τοπικός χρωματισμός του ιζήματος, πλαστικά κλπ (εικόνα 3.6 και 3.7).



Εικόνα 3.6. Παραλία στην Ανάβυσσο, Αθήνα, Ιούλιος 2010. Μετά από αυτοψία στην παραλία παρατηρήθηκε υψηλή αισθητική ρύπανση, καθώς ενδεικτικά μετρήθηκαν επιφανειακά μέχρι και 27 γόπες τσιγάρων ανά τετραγωνικό μέτρο παραλίας.



Εικόνα 3.7. Κατάσταση της παραλίας της Παχιάς Άμμου Ιεράπετρας, τον Οκτώβριο του 2010.

Οι μολυσματικοί παράγοντες μπορεί να έχουν ιδιαίτερα δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου ή όποιου οργανισμού έρθει σε επαφή με αυτούς. Εάν μετά την προκαταρκτική αυτοψία υπάρχουν υπόνοιες για μόλυνση του ιζήματος πρέπει να πραγματοποιηθούν ειδικευμένες μετρήσεις για την εύρεση του μικροβιακού φορτίου στο ίζημα.

Πίνακας 3.9: Δείκτης για την αξιολόγηση της ποιότητας υδάτων/ιζήματος

| Δείκτες | Βαθμολογία |
|--|------------|
| Μπλε σημαία | |
| Ύπαρξη αλιευτικού καταφυγίου, μαρίνας ή λιμένα | |
| Γεωργικές εκμεταλλεύσεις ανάντη της παραλίας | |
| Απορρίμματα στο ίζημα | |
| Απορρίμματα στη θάλασσα | |
| Έξοδοι βιοτεχνιών/βιομηχανιών ή βιολογικών καθαρισμών στην παραλία | |
| Ρυθμός ανανέωσης υδάτων (κλειστοί κόλποι – ανοικτή θάλασσα) | |
| Σύνολο (σύνολο βαθμολογίας δια 7) | |

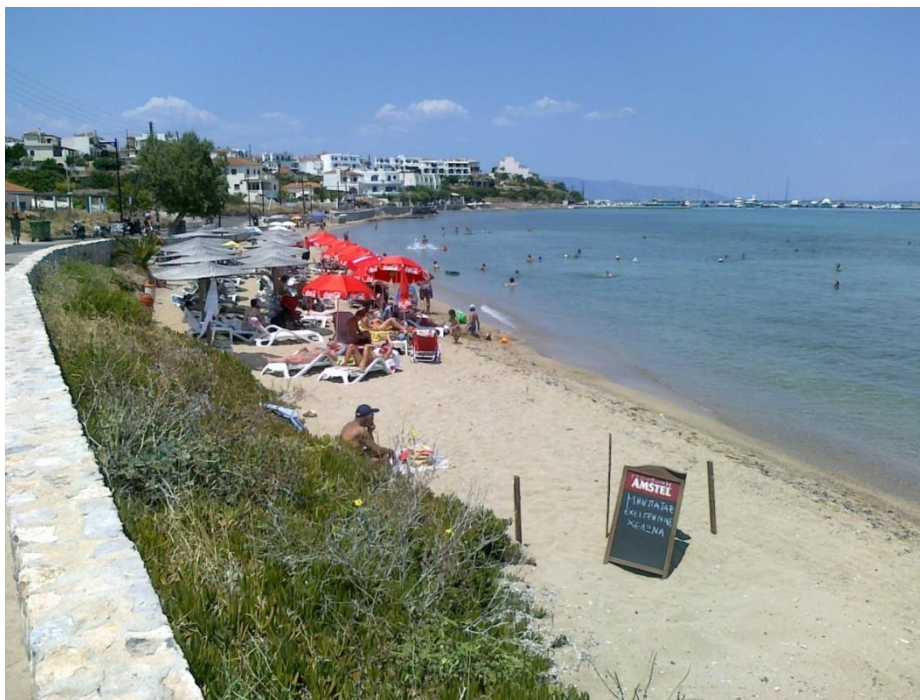
3.3.2.3 Παράκτια οικολογία

Στον απλό παρατηρητή η παραλία μοιάζει ως μια άγονη έκταση από άμμο ή κροκάλες που παρουσιάζει ελάχιστη ή καθόλου ζωή και συνεπώς μικρή οικολογική διεργασία. Στην πραγματικότητα όμως ισχύει το αντίθετο, καθώς συνήθως οι παραλίες όχι μόνο φιλοξενούν πληθώρα ειδών φυτών και ζώων (χλωρίδα και πανίδα), αλλά επίσης χρησιμεύουν και ως τόποι αναπαραγωγής. Επιπλέον, φιλοξενώντας φύκια και λιβάδια Ποσειδωνίας λειτουργούν ως χώροι πρωτογενούς παραγωγής στην τροφική αλυσίδα. Εν ολίγοις, οι παραλίες αποτελούν πολυποίκιλα και παραγωγικά οικοσυστήματα, και αποτελούν κρίσιμο κρίκο μεταξύ του θαλάσσιου και χερσαίου περιβάλλοντος. Η παράκτια οικολογία παρουσιάζει ενδιαφέρον και από πλευράς επισκεψιμότητας, αφού η πλούσια χλωρίδα και πανίδα προσφέρει ένα ιδιαίτερο

θέαμα στον επισκέπτη. Σε πολλές παραλίες ανθίζει ο καταδυτικός τουρισμός, ενώ, αν σε μικρό βάθος ο βυθός είναι πλούσιος σε χλωρίδα και πανίδα τότε προσελκύει και πληθώρα κολυμβητών.

Τέλος η διάβρωση της παραλίας, είτε προκαλείται από φυσικά αίτια είτε από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, συνήθως επηρεάζει αρνητικά το οικοσύστημα και μπορεί να οδηγήσει στην εξαφάνισή του. Αν παρουσιαστεί διάβρωση, ακόμα και οι προσπάθειες αποκατάστασης της παραλίας σε πρότερη της μορφή μπορεί να διαταράξει το οικοσύστημά της. Παραδείγματος χάρη, αν πραγματοποιηθεί εμπλουτισμός παραλίας με μέγεθος κόκκου και χρώμα άμμου διαφορετικό από το υπάρχον, είναι πιθανόν να επηρεαστούν οι αναπαραγωγικές συνήθειες των ειδών που βρίσκονται σε αυτή. Για το λόγο αυτό πρέπει οι οποιαδήποτε παρεμβάσεις στην παραλία να πραγματοποιούνται μετά από ανάλογη εμπεριστατωμένη μελέτη.

Σε παραλίες με πλούσια χλωρίδα και πανίδα υπάρχει περίπτωση να φιλοξενούνται κάποια είδη υπό εξαφάνιση ή κάποιοι ιδιαίτεροι φυσικοί σχηματισμοί (εικόνα 3.8). Στις περιπτώσεις αυτές η παράκτια ζώνη και η παραλία αποτελεί μια περιοχή ιδιαίτερα υψηλού φυσικού και περιβαλλοντικού κάλους και πρέπει να προστατευθεί. Επίσης, οι οποιεσδήποτε ανθρώπινες παρεμβάσεις σε αυτά τα οικοσυστήματα πρέπει να είναι περιορισμένες και να έχουν ως πρωταρχικό στόχο την διατήρηση και ανάδειξη αυτού του οικοσυστήματος και του τοπίου και όχι οικονομικά κριτήρια. Μπορεί βεβαίως αυτοί οι δύο στόχοι δεν είναι αντικρουόμενοι αλλά με κατάλληλες μελέτες είναι δυνατόν να συνυπάρχουν.



Εικόνα 3.8: Παραλία Αγκίστρι, Αττικής (Ιούλιος 2010). Η παραλία εκτός από το πλήθος των επισκεπτών φιλοξενεί πλούσια χλωρίδα (αμμοθίνες) και πανίδα (η ταμπέλα στην περιφραγμένη περιοχή επισημαίνει ότι στην περιοχή έχει γεννήσει θαλάσσια χελώνα). Και αυτή η παραλία κινδυνεύει από την παράκτια διάβρωση όπως και το οικοσύστημά της, αφού όπως φαίνεται ο παραλιακός δρόμος έχει κτιστεί πάνω στις υπάρχουσες αμμοθίνες.

Οι μελέτες αυτές περιλαμβάνουν ανάλυση του υπάρχοντος οικοσυστήματος, την ανοχή του σε επισκέπτες και ενδεδειγμένα μέτρα για την προστασία του. Ας σημειωθεί ότι η επιλογή μέτρων προστασίας γίνεται κατά περίπτωση. Λόγου χάρη, η αναπλήρωση της ακτογραμμής μπορεί να είναι μια φιλική περιβαλλοντική μέθοδος αλλά αν δεν εφαρμοστεί σωστά ή εφαρμοστεί σε ακατάλληλες τοποθεσίες μπορεί να έχει αρνητικά οικολογικά αποτελέσματα.

Πίνακας 3.10: Δείκτης για την αξιολόγηση της παράκτιας οικολογίας

| Δείκτες | Βαθμολογία |
|---|------------|
| Κατάσταση οικοσυστήματος | |
| Υπάρχει πρόνοια για την προστασία του οικοσυστήματος της παράκτιας κυψέλης | |
| Η περιοχή είναι προστατευόμενη εξαιτίας ύπαρξης είδους υπό εξαφάνιση | |
| Εάν η περιοχή είναι σπάνιου φυσικού κάλους υπάρχει η πρόνοια για την σωστή διαχείριση και κατάλληλο αριθμό επισκεπτών και την μη ενόχληση του φυσικού περιβάλλοντος | |
| Εντατική αλιεία (τράτες, δυναμίτιδα κ.α.) | |
| Ευτροφισμός | |
| Μόλυνση ή ρύπανση στην παραλία | |
| Σύνολο (σύνολο βαθμολογίας δια 7) | |

3.3.2.4 Διάβρωση

Η διάβρωση της παραλίας είναι ένας πολύ σημαντικός δείκτης της υγείας της. Δεν πρέπει να συγχέεται με την διάβρωση της ακτής, αφού:

- η διάβρωση της παραλίας αναφέρεται στην απώλεια της άμμου, και
- η διάβρωση της ακτής αναφέρεται στην απώλεια εδάφους

Συνεπώς, η διάβρωση της παραλίας σχετίζεται με το διαθέσιμο λειτουργικό πλάτος της και την πλευρική προσβασιμότητά της. Η διάβρωση της ακτής συμβαίνει όπου δεν υπάρχει παραλία ή όπου η παραλία έχει διαβρωθεί σημαντικά ή έχει εξαφανιστεί. Μπορεί να απειλήσει κατασκευές που υπάρχουν ανάντη της παραλίας, την κάθετη προσβασιμότητά της (καταστροφή παραλιακών δρόμων) και τον διαθέσιμο χώρο στάθμευσης κοντά σε αυτή.

Παθητική διάβρωση

Πρέπει να αναφερθεί ότι το πρόβλημα της διάβρωσης των παραλιών είναι ένα παγκόσμιο φαινόμενο που ήδη πλήττει πολλές περιοχές του κόσμου. Οι αμμώδεις παραλίες είναι προϊόντα μακροπρόθεσμων φυσικών διεργασιών – που διαβρώνονται από ακραίους κυματισμούς και εμπλουτίζονται από τη στερεομεταφορά φερτών υλικών (άμμου) από

ποταμούς και χειμάρρους. Χωρίς παρεμβάσεις, η κλίση της παραλίας, το εύρος της, το μέγεθος των κόκκων άμμου και οι κυματισμοί έρχονται σε ισορροπία ώστε το πλάτος της παραλίας να παραμένει σταθερό ή και να αυξάνεται. Βέβαια λόγω της ανόδου της Μέσης Στάθμης της Θάλασσας (ΜΣΘ) σε πολλές περιοχές αναμένεται να εμφανιστεί διάβρωση. Η διάβρωση αυτή που οφείλεται σε φυσικούς παράγοντες έχει συνήθως ως αποτέλεσμα την μετατόπιση της ακτογραμμής προς την ενδοχώρα και ονομάζεται παθητική διάβρωση. Αναφορικά το 86% των ακτογραμμών της Καλιφόρνια διαβρώνεται και το μεγαλύτερο μέρος της διάβρωσης οφείλεται στην παθητική διάβρωση (Stamski, 2005). Λόγω παθητικής διάβρωσης κατασκευές που βρίσκονται κοντά στην παραλία, αναμένεται να αντιμετωπίσουν σημαντικά προβλήματα, ενώ σε βάθος χρόνου αν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα, η θωράκιση της ακτής μπροστά από την κατασκευή γίνεται αναπόφευκτη και έτσι να μειώνεται η πρόσβαση στην παραλία και τελικά χάνεται ένα μέρος της παραλίας. Σημειώνεται ότι στην Καλιφόρνια οι μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων για θωράκιση κτισμάτων περιλαμβάνουν εκτιμήσεις για την εξέλιξη της παραλίας για ορίζοντα 75 ετών με χρήση διαφορετικών κυματολογικών σεναρίων ανάλογα με τα αντίστοιχα μοντέλα για την αύξηση της στάθμης της θάλασσας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Ενεργητική διάβρωση

Όταν υπάρχουν ανθρώπινες παρεμβάσεις σε μια παραλία, όπως κατασκευές στην παραλία, αμμοληψίες και διάφορα παράκτια έργα, τότε μπορεί να εμφανιστεί έντονη παράκτια διάβρωση, η οποία ονομάζεται ενεργητική διάβρωση. Οι παραλίες της Κρήτης τις τελευταίες δεκαετίες διαβρώνονται ενεργά λόγω ανθρωπογενών παραγόντων, που σχετίζονται με τον πρόχειρο και συνήθως κακό σχεδιασμό παράκτιων έργων και υποδομών που επέβαλε η αλματώδης τουριστική ανάπτυξη, ενώ αμμοληψίες και άλλες μη νόμιμες δραστηριότητες, εντείνουν την μείωση του φυσικού υλικού που τροφοδοτεί τις παραλίες. Από συγκρίσεις με παλαιότερες φωτογραφίες προκύπτει ότι πολλές παραλίες της βόρειας Κρήτης έχουν σημαντικά μειωμένο πλάτος σε σχέση με 50 χρόνια πριν, ενώ μερικές έχουν τελείως εξαφανιστεί και αντικατασταθεί με κρηπιδότοιχους.

Η διάβρωση της ακτής/παραλίας συμβαίνει από συνδυασμό παραγόντων, φυσικών και ανθρωπογενών. Στους φυσικούς παράγοντες περιλαμβάνεται η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, (επιταχύνεται και από ανθρωπογενείς παράγοντες - φαινόμενο του θερμοκηπίου), οι γεωλογικές μεταβολές που οδηγούν στην βύθιση ορισμένων περιοχών, κ.α. Στους ανθρωπογενείς, περιλαμβάνονται κυρίως οι κατασκευές ανάντη αλλά και πάνω στην παραλία (κτίρια, υποδομές κλπ), η χρήση βαρέων κατασκευών, η διακοπή της μεταφοράς ιζήματος και της στερεομεταφοράς (λόγω κατασκευής φραγμάτων και λιμένων, κλπ), οι βυθοκορήσεις και η

απομάκρυνση του ιζήματος από την παραλία, οι παράκτιες κατασκευές πάνω στο ενεργό πλάτος της παραλίας, η καταστροφή των αμμοθινών, κλπ.

Αντίδραση στην Διάβρωση (Erosion Response) - Ενημέρωση τοπικού πληθυσμού και αρμόδιων φορέων

Με τον όρο αντίδραση στην διάβρωση νοείται το πόσο αποτελεσματικά και άμεσα μπορούν να συνειδητοποιήσουν και να δράσουν οι τοπικές κοινωνίες και οι αρμόδιοι φορείς για να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της διάβρωσης. Σημαντικός παράγοντας είναι η γνώση όλων των δυνατών τρόπων αντιμετώπισής της. Παραδείγματος χάρη, στην ΗΠΑ χρησιμοποιούνται ήπιες μέθοδοι για την αντιμετώπιση, οι οποίες μιμούνται τις φυσικές διεργασίες (π.χ. τεχνητές αμμοθίνες, αναπλήρωση ακτογραμμής, κλπ), που περιέργως δεν είναι διαδεδομένες στην Ελλάδα. Σε αντίθεση, στην χώρα μας πολλές φορές χρησιμοποιούνται μέθοδοι που δεν ενδείκνυται για τις συγκεκριμένες τοποθεσίες. Ας σημειωθεί ότι οι βαριές κατασκευές επεμβαίνουν ενεργά και αλλάζουν τις φυσικές διεργασίες της παραλίας, με αποτέλεσμα πολλές φορές όχι μόνο να μην λύνουν το πρόβλημα για το οποίο τοποθετήθηκαν, αλλά και να το εντείνουν.

Το κατά πόσο μια τοπική κοινωνία και οι αρμόδιοι φορείς είναι καλά ενημερωμένοι, ώριμοι και σε θέση να δράσουν με τον ενδεδειγμένο τρόπο καθορίζει και το βαθμό του δείκτη υγείας. Από την μέχρι τώρα εμπειρία του εργαστηρίου Φυσικών Καταστροφών και Παράκτιας Μηχανικής του Πολυτεχνείου Κρήτης, ο δείκτης αυτός λαμβάνει στις πλείστες των περιπτώσεων μικρό βαθμό. Ο λόγος είναι ότι συνήθως η ενημέρωση και η γνώση της τοπικής κοινωνίας και των αρμόδιων φορέων γύρω σε θέματα παράκτιας διάβρωσης είναι πολύ μικρή. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι όταν το πρόβλημα της διάβρωσης επιδεινωθεί σημαντικά και απειλήσει παράκτια κατασκευές, τότε λαμβάνονται πυροσβεστικά μέτρα για την αντιμετώπισή του, τα οποία όμως πολλές φορές δεν είναι προς την σωστή κατεύθυνση.

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κατά κόρον βαριές κατασκευές για την αντιμετώπιση της διάβρωσης και επειδή συνήθως τοποθετούνται ως πυροσβεστικές λύσεις, είναι χωρίς κυματολογικά και ρευματολογικά δεδομένα και ανάλογες μελέτες. Συνεπώς, μερικές από τις συνέπειές τους είναι ότι διακόπτουν την στερεομεταφορά της παράκτιας κυψέλης στην οποία τοποθετούνται, εγκλωβίζουν μεγάλες ποσότητες ιζήματος από κάτω, ανάντη ή κατάντη τους και προκαλούν σειρά κυματικών φαινομένων (ανάκλαση, περίθαλαση) με ποικίλα αποτελέσματα. Επίσης μπορεί να περιορίσουν την προσβασιμότητα (π.χ. πρόβολοι) και να έχουν ιδιαίτερα αρνητικές αισθητικές επιπτώσεις (π.χ. κυματοθραύστες). Το αποτέλεσμα είναι να προστατεύουν προσωρινά ένα μικρό κομμάτι της παραλίας και δημιουργούν συχνά σημαντικό πρόβλημα διάβρωσης λίγο παρακάτω.

Πίνακας 3.11: Δείκτης για την αξιολόγηση της διάβρωσης

| Υποδείκτες | Βαθμολογία |
|--|------------|
| Υπάρχει επαρκής χώρος για παθητική διάβρωση | |
| Αν υπάρχει διάβρωση υπάρχει οποιαδήποτε αντίδραση | |
| Χρησιμοποιούνται ήπιες μέθοδοι ή βαριές κατασκευές | |
| Συμμετοχή τοπικής κοινωνίας στην διαχείριση της παραλίας/διάβρωσης | |
| Οι αρμόδιοι φορείς είναι ενήμεροι για το πρόβλημα και έχουν λάβει μέτρα ή ενδέχεται να πάρουν στο άμεσο μέλλον | |
| Υπαρξη υποθαλάσσιων πηγών ιζήματος για πιθανή αναπλήρωση της παραλίας | |
| Αν υπάρχει λιμένας πραγματοποιείται ευκαιριακή αναπλήρωση παραλίας | |
| Σύνολο (σύνολο βαθμολογίας δια 7) | |

Β. Κοινωνικοοικονομικοί δείκτες

3.3.2.5 Προσβασιμότητα

Με τον όρο προσβασιμότητα στην παραλία νοείται είτε η πλευρική (παράλληλη) είτε η κάθετη διάσχιση της. Ως πλευρική πρόσβαση στην παραλία μπορεί να οριστεί η δυνατότητα διάσχισης κατά μήκος της, ενώ ως κάθετη μπορεί να οριστεί η δυνατότητα άμεσης πρόσβασης από δρόμους και από χώρους στάθμευσης σε αυτή. Αυτή η δυνατότητα διάσχισης, δηλαδή η προσβασιμότητα, μπορεί να περιοριστεί από φυσικούς και από ανθρωπογενείς παράγοντες. Η προσβασιμότητα μιας παραλίας μπορεί να υπολογιστεί από δύο δείκτες, τον βαθμό προσβασιμότητας και την ποιότητα της πρόσβασης.

Ο Βαθμός προσβασιμότητας (Quantity of Access) προσδιορίζεται από τα ακόλουθα στοιχεία:

i) Απόσταση (m) ανά σημείο πρόσβασης: αυτό το στοιχείο υπολογίζει την μέση απόσταση μεταξύ σημείων πρόσβασης στην παραλία. Ο αριθμός αυτός προσδίδει μια γενική ιδέα για τη προσβασιμότητα της παραλίας, αλλά μπορεί να εμπεριέχει τον κίνδυνο συγκάλυψης ορισμένων περιοχών, στις οποίες η πρόσβαση είναι ιδιαίτερα δυσχερής. Μπορεί δηλαδή η απόσταση μεταξύ δύο σημείων με περιορισμένη πρόσβαση να είναι μεγάλη ενώ την ίδια στιγμή μπορεί η μέση απόσταση ανά σημείο πρόσβασης να είναι μικρή.

ii) Απόσταση (m) ανά χώρο στάθμευσης: αυτό το στοιχείο υπολογίζει την μέση απόσταση μεταξύ διαθέσιμων χώρων στάθμευσης. Ομοίως ο αριθμός αυτός προσδίδει μια γενική ιδέα για τη προσβασιμότητα της παραλίας, αλλά μπορεί να εμπεριέχει τον κίνδυνο συγκάλυψης ορισμένων περιοχών, στις οποίες η πρόσβαση είναι ιδιαίτερα δυσχερής. Μπορεί δηλαδή η απόσταση μεταξύ δύο σημείων με περιορισμένο χώρο στάθμευσης να είναι μεγάλη, ενώ την ίδια στιγμή μπορεί η μέση απόσταση ανά χώρο στάθμευσης να είναι μικρή.

iii) Ποσοστό (%) παράκτιων ιδιοκτησιών: αυτός ο αριθμός δείχνει την έκταση των ιδιοκτητιών παράκτιων περιοχών ως προς την συνολική παράκτια έκταση. Βέβαια, αυτός ο αριθμός δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μόνος του, καθώς μπορεί το ποσοστό των παράκτιων ιδιοκτησιών να είναι μεγάλο, αλλά συγχρόνως στην συγκεκριμένη παραλία να υπάρχει και μεγάλος χώρος στάθμευσης αλλά και πολλά σημεία πρόσβασης του δρόμου ή μονοπάτια προς την παραλία, συνεπώς να υπάρχει άριστη πρόσβαση στην παραλία.

Ποιότητα της πρόσβασης (Quality of Access)

Η ποιότητα της πρόσβασης μπορεί να αξιολογηθεί τόσο από το είδος των σημείων πρόσβασης όσο και από τις ανέσεις που υπάρχουν σε αυτά. Το είδος του σημείου πρόσβασης μπορεί να είναι ένα από τα παρακάτω:

- i) Οργανωμένες παραλίες:** συνήθως παρέχουν την υψηλότερη ποιότητα της πρόσβασης, αφού σε αυτά υπάρχουν χώροι στάθμευσης, τουαλέτες, καταστήματα, καθίσματα και άλλες ανέσεις. Ωστόσο, πολλές φορές υπάρχει ανάλογη χρέωση για την είσοδο σε αυτά ή/και τέλη στάθμευσης, αιτίες που πολλές φορές λειτουργούν ως αποθαρρυντικός παράγοντας για την επίσκεψη στην παραλία.
- ii) Παραλίες που βρίσκονται κατά μήκος του δρόμου:** η πρόσβαση σε αυτές τις παραλίες επιτυγχάνεται σχεδόν σε όλο το μήκος τους. Αποτελούν από τα πιο διαδεδομένα σημεία πρόσβασης στην Ελλάδα, καθώς μετά την μεταπολίτευση και με την ραγδαία αύξηση του τουρισμού οι παραλιακοί δήμοι και κοινότητες προσπάθησαν να βελτιστοποιήσουν την προσβασιμότητα των παραλιών της επικράτειάς τους. Έτσι κατασκευάστηκαν πληθώρα παραλιακών δρόμων με σκοπό την βελτίωση της προσβασιμότητας. Συνήθως όμως αυτές οι κατασκευές πραγματοποιήθηκαν χωρίς σχέδιο και ανάλογες μελέτες πάνω στο ενεργό πλάτος της παραλίας, αφού συνήθως οι εκτάσεις ανάντη της παραλίας είναι ιδιόκτητες και η απαλλοτρίωση τους ασύμφορη. Ως αποτέλεσμα πολλοί από αυτούς τους παραλιακούς δρόμους κτίστηκαν πάνω σε αμμοθίνες, χρησιμοποιήθηκε άμμος από την παραλία για την κατασκευή τους, ενώ το τελικό τους αποτέλεσμα ήταν η μείωση της προσβασιμότητας, αφού σε πληθώρα περιπτώσεων οδήγησαν στην διάβρωση της κατάντη παραλίας και στην εξαφάνισή της.
- iii) Αδιέξοδα δρόμων:** είναι παραλίες που συνήθως είναι προσβάσιμες από ένα μονοπάτι ή σκάλα το οποίο βρίσκεται στο τέλος ενός δρόμου. Συνήθως η δυνατότητα παροχής ανέσεων σε αυτά, όπως χώροι στάθμευσης, δημόσιες εγκαταστάσεις (τουαλέτες, ντους), κλπ είναι περιορισμένη και πολλές φορές αδύνατη. Για το λόγο αυτό τέτοιες παραλίες τείνουν να χρησιμοποιούνται από την τοπική κοινωνία, που έχει άμεση πρόσβαση και όχι από επισκέπτες.

iv) **Πεζόδρομοι και μονοπάτια:** πολλές περιοχές έχουν πεζοδρόμια ή μονοπάτια τα οποία διασχίζουν κάθετα και παράλληλα την παραλία. Αυτά τα σημεία πρόσβασης παρέχουν εν γένει υψηλής ποιότητας πρόσβασης σε μεγάλο μέρος της παραλίας. Η σημαντικότητα αυτών έγκειται στο γεγονός ότι έχουν το πρόσθετο πλεονέκτημα παροχής προστασίας οικοτόπων, όπως αμμοθίνες, υγρότοποι και άλλα ευαίσθητα ενδιαιτήματα, αν είναι κατασκευασμένοι χωρίς σκυρόδεμα ή άσφαλτο.

Πλευρική προσβασιμότητα

Οι φυσικοί παράγοντες που μπορεί να περιορίσουν την πλευρική πρόσβαση περιλαμβάνουν βράχους, ογκώδη αντικείμενα (κορμοί δέντρων που έχουν καταλήξει με φυσικό τρόπο στην παραλία), εξόδους χειμάρρων και ποταμών, κλπ. Οι φυσικοί παράγοντες αποτελούν μόνιμο ή παροδικό χαρακτηριστικό της παραλίας. Στα μόνιμα χαρακτηριστικά η δυνατότητα παρέμβασης είναι περιορισμένη, παραδείγματος χάρη όταν σε κάποιο σημείο η παραλία διακόπτεται από απότομα βράχια. Τα παροδικά χαρακτηριστικά είναι πιο εύκολα διαχειρίσιμα. Παραδείγματος χάρη, ένας μεγάλος κορμός που έχει φτάσει στην παραλία μπορεί εύκολα να απομακρυνθεί ή η κοίτη ενός χειμάρρου ή μικρού ποταμού που το χειμώνα είναι μη προσβάσιμη, μπορεί το καλοκαίρι που έχει λίγο έως ελάχιστο νερό και να διαμορφωθεί καταλλήλως (εικόνα 3.9).



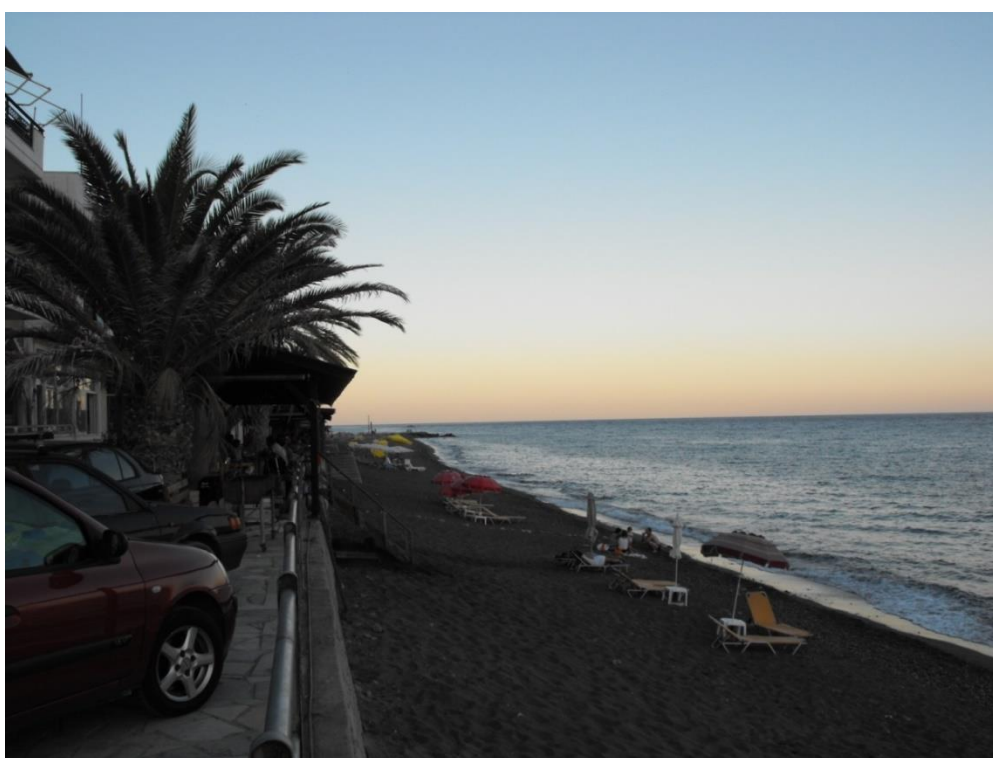
Εικόνα 3.: Παραλία Φέρμα (Αύγουστος 2009), Άγιος Νικόλαος. Η πλευρική προσβασιμότητα είχε διακοπεί εξαιτίας της ύπαρξης κορμών δέντρων.

Οι ανθρώπινοι παράγοντες που περιορίζουν την πρόσβαση είναι τα λιμάνια, τα οχυρωματικά έργα (πρόβολοι, κτίρια) και άλλες κατασκευές. Τέτοιες παρεμβάσεις εκτός του ότι μειώνουν τοπικά την πρόσβαση, οδηγούν συνήθως στη διάβρωση των παραλίων και συνεπώς στην ευρεία μείωση της προσβασιμότητας. Τέλος, αν υπάρξει έντονη διάβρωση μπορεί να έρθει στην επιφάνεια το βραχώδες υπόστρωμα της παραλίας. Το γεγονός αυτό

εμποδίζει την κάθετη προσβασιμότητα από την παραλία στην θάλασσα, αλλά μπορεί να οδηγήσει και σε πληθώρα τραυματισμών εξαιτίας της ολισθηρότητας του υποστρώματος.

Κάθετη προσβασιμότητα

Η κάθετη πρόσβαση μπορεί να αποκοπεί από φυσικούς (απόκρημνους βράχους, μεγάλη κλίση, το δύσβατο της περιοχής) και ανθρώπινους (οχυρωματικά έργα στην παραλία, όπως θαλάσσιοι τοίχοι, κτίρια) παράγοντες. Επίσης, μπορεί η γη ανάντη της παραλίας να αποτελεί ιδιωτική ιδιοκτησία, και έτσι η προσβασιμότητα να είναι περιορισμένη ή και αδύνατη. Στην περίπτωση αυτή, τόσο η δυνατότητα πρόσβασης με τα πόδια όσο και ο διαθέσιμος χώρος στάθμευσης καθορίζονται από τον τύπο και τον αριθμό ιδιοκτησιών που βρίσκονται ανάντη της παραλίας (εικόνα 3.10).



Εικόνα 3.10: Παραλία Μύρτος, Άγιος Νικόλαος. Παράδειγμα μειωμένης κάθετης προσβασιμότητας εξαιτίας συνδυασμού παραγόντων. Η κατασκευή του παραλιακού δρόμου είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία αναβαθμού μεταξύ αυτού και της παραλίας μέχρι και 2 μέτρων. Η αδυναμία πρόσβασης επιχειρήθηκε να αντιμετωπιστεί μέσω ξύλινων σκαλών που οδηγούν στην παραλία, χωρίς να υπάρξει πρόνοια για πρόσβαση από άτομα με μειωμένη κινητικότητα. Επίσης, η μέση απόσταση μεταξύ των σημείων πρόσβασης είναι μεγάλη και η δυνατότητα πρόσβασης μειωμένη.

Ένα άλλο σημαντικό θέμα που σχετίζεται με την προσβασιμότητα στην παραλία είναι η εξισορρόπηση της κοινής χρήσης με την αντίστοιχη προστασία των τοπικών πόρων. Παραδείγματος χάρη ένας σημαντικός πόρος της παραλίας είναι οι αμμοθίνες της, οι οποίες κινδυνεύουν από την μεγάλη και ανοργάνωτη πρόσβαση του κοινού στην παραλία. Υπενθυμίζεται ότι οι αμμοθίνες προστατεύουν τις παραλίες από διάβρωση, και αποτελούν ένα εξαιρετικά επιθυμητό τοπίο για επισκέπτες. Συνεπώς, όταν μελετάται η προσβασιμότητα

πρέπει συγχρόνως να μελετάται και η προστασία των πόρων της. Στην περίπτωση των αμμοθινών μπορούν να τοποθετηθούν ειδικά διαμορφωμένα μονοπάτια τα οποία είτε τις παρακάμπτουν είτε είναι υπέργεια, όπως φερ' ειπίν με ξύλινες εξέδρες σε πασσάλους.

Πίνακας 3.12: Δείκτης για την αξιολόγηση της προσβασιμότητας

| Υποδείκτες | Βαθμολογία |
|---|------------|
| Απόσταση (m) ανά σημείο πρόσβασης | |
| Απόσταση (m) ανά χώρο στάθμευσης | |
| Επάρκεια χώρων στάθμευσης | |
| Ποσοστό (%) παράκτιων κατασκευών | |
| Δυνατότητα οριζόντιας διάσχισης της παραλίας (πρόβολοι, θαλάσσιοι τοίχοι) | |
| Δυνατότητα κάθετης διάσχισης της παραλίας (κυματοθραύστες) | |
| Μέρμιντα για πρόσβαση για άτομα με ειδικές ανάγκες | |
| Σύνολο (σύνολο βαθμολογίας δια 7) | |

3.4 Διαχρονική εξέλιξη ακτογραμμής

Η διαχρονική εξέλιξη της ακτογραμμής αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την εύρεση της κατάστασης της υγείας μιας παραλίας αλλά και της παράκτιας ζώνης. Καθώς στην Ελλάδα οι τοπικές και κεντρικές αρχές αδυνατούν να αναγνωρίσουν το πρόβλημα διάβρωσης (Synolakis et al, 2008), (Foteinis et al., 2013), μέθοδοι για την μακροχρόνια εξέλιξη της ακτογραμμής, μέσο των οποίων θα γίνει εμφανές το πρόβλημα, πρέπει να εισαχθούν. Με την εφαρμογή τους είναι δυνατή η εκτίμηση της υποχώρησης της ακτογραμμής σε βάθους χρόνου και η απόκτηση στοιχείων τα οποία θα καταστήσουν εμφανείς το πρόβλημα στις τοπικές και κεντρικές αρχές και θα ωθήσουν ώστε να ληφθούν μέτρα για την βιώσιμη αντιμετώπιση του προβλήματος.

Για την καταγραφή της διαχρονικής εξέλιξης των ακτογραμμών της Ελλάδας αναζητήθηκαν δεδομένα αλλά δεν βρέθηκαν. Τα μόνα δεδομένα που βρέθηκαν και από τα οποία μπορούν να εξαχθούν ρυθμοί πρόσχωσης/υποχώρησης ακτογραμμών ήταν οι διαχρονικές αεροφωτογραφίες από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ), οι οποίες καλύπτουν ένα χρονικό ορίζοντα τουλάχιστον 50 ετών, καθώς και δορυφορικές εικόνες (Google Inc., 2012), οι οποίες αφορούν κυρίως την τελευταία δεκαετία. Να σημειωθεί πως το κόστος των αεροφωτογραφιών είναι σχετικά υψηλό και συνεπώς η καταγραφή της εξέλιξης μεγάλου μήκους ακτογραμμών κρίνεται μη εφικτή χωρίς τους ανάλογους πόρους. Η ελάχιστη ανάλυση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις αεροφωτογραφίες για την εύρεση της διαχρονικής εξέλιξης ακτογραμμών είναι η κλίμακα 1:25.000, καθώς μικρότερη ανάλυση επιφέρει μεγάλη δυσκολία στην επεξεργασία και εμπεριέχει υψηλό σφάλμα. Οι αεροφωτογραφίες της ΓΥΣ (HMGS, 2013) αποτελούν από μόνες τους ένα ιστορικό ντοκουμέντο για την εξέλιξη της ακτογραμμής και την υποβάθμιση της, κυρίως της τελευταίες δεκαετίες.

Καθώς οι ιστορικές αεροφωτογραφίες της ΓΥΣ είναι σε αναλογική μορφή, χρειάζεται η ψηφιοποίηση τους μέσω ενός σαρωτή υψηλής ανάλυσης. Οι ψηφιοποιημένες αεροφωτογραφίες στην συνέχεια μπορούν να επεξεργαστούν είτε α) με το λογισμικό πρόγραμμα Autocad (Autodesk, 2012) είτε β) με το λογισμικό πρόγραμμα ArcGIS (ESRI, 2011). Η επεξεργασία και στα δύο λογισμικά πραγματοποιείται ως εξής: αφού εισάγονται οι αεροφωτογραφίες ΓΥΣ (HMGS, 2013) ως δεδομένα στη συνέχεια εισάγονται οι διαθέσιμες δορυφορικές εικόνες (Google Inc., 2012). Χρησιμοποιώντας την κλίμακα των δορυφορικών εικόνων διορθώνετε η κλίμακα των αεροφωτογραφιών της ΓΥΣ και χαρτογραφείτε σε κάθε μια ξεχωριστά η ακτογραμμή που αντιστοιχεί στην ημερομηνία λήψης.

Τέλος, τοποθετώντας τις αεροφωτογραφίες τη μία πάνω στην άλλη, και χρησιμοποιώντας κοινά σταθερά σημεία όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην ακτογραμμή, για να ελαχιστοποιηθεί το σφάλμα λόγω παραμόρφωσης, προκύπτει η μακροχρόνια εξέλιξη της ακτογραμμής. Στην συνέχεια μπορούν να τοποθετηθούν και μετρήσεις πεδίου ώστε να εμπλουτιστούν τα αποτελέσματα της μεθόδου.

Αξίζει να σημειωθεί πως το λογισμικό πρόγραμμα ArcGIS (ESRI, 2011) παρουσιάζει περισσότερα πλεονεκτήματα σχέση με το λογισμικό πρόγραμμα Autocad καθώς αφενός μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερα από 3 κοινά σταθερά σημεία σε κάθε εικόνα, το οποίο αποτελεί περιορισμό του Autocad (Autodesk, 2012) ο οποίος μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια της μεθόδου. Αφετέρου τα αποτελέσματα μπορούν να αποθηκευτούν ως shapefile και να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες μελέτες/εφαρμογές.

Να σημειωθεί πως οι περιορισμοί και σφάλματα της μεθόδου πηγάζουν κυρίως από την διαθέσιμη κλίμακα των αεροφωτογραφιών, τη γωνία λήψης και εστιακό κέντρο της αεροφωτογραφίας ως προς την ακτογραμμή και από το γεγονός ότι τα άκρα των αεροφωτογραφιών παρουσιάζουν παραμόρφωση. Επίσης, η κάθε αεροφωτογραφία και δορυφορική εικόνα σχετίζεται με συγκεκριμένα εποχιακό προφίλ παραλίας και είναι ανάλογες του κυματικού καθεστώτος που επικρατούσε την στιγμή λήψης, συνεπώς τα συμπεράσματά περιορίζονται στην μακροχρόνια εξέλιξη της ακτογραμμής επιλέγοντας ίδια εποχιακά προφίλ για σύγκριση. Βεβαίως, η ανυπαρξία στοιχείων για την εξέλιξη της παράκτιας ζώνης της Ελλάδας την καθιστά μοναδική μέθοδο για συλλογή στοιχείων για την μακροχρόνια εξέλιξη των ελληνικών ακτογραμμών.

Επιπροσθέτως παράλληλα με την χρήση της μεθόδου μπορεί να καταγραφεί το είδος των ακτών, ο βαθμού ανθρώπινης παρέμβασης στην παράκτια ζώνη και άλλες πληροφορίες για το υδρογραφικό δίκτυο, το κυματικό καθεστώς και τα ρεύματα της περιοχής μελέτης και να δημιουργηθεί μιας βάση δεδομένων, η οποία θα βασίζεται στον κানাβο του τετραγωνικού χιλιομέτρου.

Το είδος των ακτών (αμμώδης, βραχώδεις, υπό διάβρωση) όπως και ο βαθμός ανθρώπινης παρέμβασης (οχυρωμένες ακτές) προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες για την μελλοντική τους εξέλιξη. Παραδείγματος χάρη οι βραχώδεις ακτές επηρεάζονται σε μικρότερο βαθμό από την διάβρωση σε σχέση με τις αμμώδεις, το ίδιο ισχύει και για φυσικές σε σχέση με τις οχυρωμένες ακτές. Συνεπώς, η κατηγοριοποίηση και η δυνατότητα ποσοτικής εκτίμησης του είδους των ακτών και του βαθμού ανθρώπινης παρέμβασης αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την ολοκληρωμένη διαχείριση και βιώσιμη ανάπτυξη της παράκτιας ζώνης. Για το λόγο αυτό στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής προτείνεται η χρήση της τεχνικής χαρτογράφησης του είδους των ακτών και της εξέλιξής τους κατά τον Farangitaki et al. (2013) για την εξαγωγή αρχικών συμπερασμάτων για την υγεία της παράκτιας ζώνης.

Με την χρήση του δωρεάν λογισμικού Google earth (Google Inc., 2012) και του συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών (ΣΓΠ) - Geographic Information Systems (GIS) και συγκεκριμένα με το λογισμικό πρόγραμμα ArcGIS (ESRI, 2011), μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρική διακριτοποίηση των ακτογραμμών σε κάναβο ενός τετραγωνικού χιλιομέτρου (km^2) ώστε να διευκολυνθεί η μελέτη, αξιολόγηση και σταχυολόγηση των αποτελεσμάτων. Αρχικά, χρησιμοποιώντας τον κάναβο της Ευρωπαϊκής επιτροπής περιβάλλοντος για το δίκτυο Natura 2000, διάστασης δέκα τετραγωνικών χιλιομέτρων (10 km^2) (Panayiotidis and Drakopoulou, 2010), μπορεί να πραγματοποιηθεί μια πρώτη διακριτοποίηση της παράκτιας ζώνης. Καθώς στην Ελλάδα αλλαγές στο είδος των ακτών και ανθρωπογενών επεμβάσεων στην παράκτια ζώνη παράκτια ζώνη παρατηρούνται συνήθως από εκατοντάδες έως κάποιες χιλιάδες μέτρα, η χωρική διακριτοποίηση του κανάβου 10 km^2 δεν επιφέρει την αναγκαία ανάλυση που χρειάζεται για την παράκτια ζώνη. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιώντας τον κάναβο του Natura 2000, η παράκτια ζώνη μπορεί να χωριστεί περαιτέρω σε κάναβο διάστασης 1 km^2 (Farangitakis et al., 2013) χρησιμοποιώντας ως εικόνα βάσης δορυφορικές φωτογραφίες (Google Inc., 2012) της περιοχής μελέτης. Στην συνέχεια χρησιμοποιώντας την καλή χωρική διακριτική ικανότητα των δορυφορικών εικόνων (Google Inc., 2012), μπορεί να πραγματοποιηθεί διάκριση των ακτών αλλά και των ανθρωπογενών παρεμβάσεων σε κάθε στοιχείο του κανάβου.

3.5 Η μέθοδος του κράνους RTK GPS

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αναζητήθηκε ένας εύκολος και γρήγορος τρόπος για την συλλογή δεδομένων που σχετίζονται με το προφίλ παραλιών (τοπογραφία/βαθυμετρία). Η γνώση των ογκομετρικών μεταβολών, δηλαδή των μεταβολών και στις τρεις διαστάσεις είναι πολύ σημαντική, καθώς τόσο η διάβρωση όσο και η πρόσχωση παραλιών αποτελούν τρισδιάστατα φαινόμενα (Morton et al., 1993). Συνεπώς, μετά από βιβλιογραφική αναζήτηση

βρέθηκε ότι ο καλύτερος τρόπος για συλλογή δεδομένων υψηλής ακριβείας από την παράκτια ζώνη είναι η μέθοδος RTK GPS, αλλά αυτή έπρεπε να προσαρμοστεί στα Ελληνικά δεδομένα και να βελτιστοποιηθεί. Για το λόγο αυτό αναζητήθηκε ένας τρόπος οριζοντίωσης του κινητού δέκτη για την λήψη μετρήσεων, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, και την καταγραφή του πραγματικού εμβαδού της παραλίας και της βαθυμετρίας, έως περίπου 1.5 m βάθος.

Συγκεκριμένα, η μέθοδος του διακοπτόμενου (stop and go) διαφορικού RTK GPS έχει πολύ υψηλή ακρίβεια (± 1.00 cm) (Lee et al., 2013) αλλά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό ογκομετρικών μεταβολών σε παραλίες, καθώς η εφαρμογή της περιορίζεται είτε στην λήψη κάθετων τομών (Morton et al., 1993). Επιπροσθέτως, η χρήση του κονταριού για την οριστικοποίηση του δέκτη GPS (rover) αποτελεί χρονοβόρα διαδικασία. Συνεπώς, η πλήρης κινηματική (full kinematic) RTK μέθοδος με όχημα ATV ή με σακίδιο πλάτης, παρόλο που έχουν μικρότερη ακρίβεια, ± 1.50 cm και ± 2.60 cm αντίστοιχα (Lee et al., 2013), πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον ογκομετρικό προσδιορισμό των μεταβολών μιας παραλίας (Morton et al., 1993).

Παρόλα αυτά η χρήση οχήματος ATV στις ελληνικές παραλίες αποτελεί δύσκολο εγχείρημα καθώς α) η πρόσβαση σε αυτές είναι περιορισμένη, β) έχουν συνήθως μικρό πλάτος και μήκος, το οποίο καθιστά την κίνηση του οχήματος στην παραλία δύσκολη, γ) υπάρχουν αμμοθίνες, περιοχές με πυκνή βλάστηση και περιοχές με απότομες μεταβολές στην κλίση οι οποίες δεν μπορούν να καταγραφούν με την χρήση του οχήματος, δ) τέλος, δεν μπορεί να καταγραφεί η βαθυμετρία της παραλίας. Η μέθοδος του πλήρης κινηματικού (full kinematic) RTK GPS με χρήση σακιδίου πλάτης εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς λύνει τα περισσότερα από τα προβλήματα της μεθόδου RKT GPS με χρήση οχήματος. Παρόλα αυτά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή της βαθυμετρίας αμέσως μετά την ακτογραμμή (swash zone) η οποία κρίνεται πολύ σημαντική. Σε αυτή καταλήγει μεγάλο μέρος της κυματικής ενέργειας και η καταγραφή της προσαρμογή της σε κυματικά γεγονότα μπορεί να αναδείξει την δυναμικής της παραλίας μελέτης. Εφόσον, στην Ελλάδα οι παλίρροιες έχουν πάρα πολύ μικρό εύρος (European Commission, 2009), δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί η καταγραφή της βαθυμετρίας αμέσως μετά την ακτογραμμή (swash zone) στην χαμηλή παλίρροια. Για το λόγο αυτό αναζητήθηκε μια εναλλακτική για την καταγραφή του εμβαδού τόσο του ξηρού πλάτους όσο και της άμεσης βαθυμετρίας μιας παραλίας.

Για το λόγο αυτό η μέθοδος της πλήρης κινηματικού (full kinematic) RTK GPS τροποποιήθηκε και προσαρμόστηκε ώστε να μπορεί να καταγράψει συγχρόνως την τοπογραφία και την άμεση βαθυμετρία της παραλίας μελέτης. Συγκεκριμένα, σε ένα κράνος ασφαλείας προσαρμόστηκε μια βάση από ελαφρέ κράμα μετάλλου, και πάνω στην βάση αυτή στερεώθηκε ο κινητός δέκτης GPS (rover). Φορώντας το κράνος είναι δυνατή η γρήγορη και

αποτελεσματική αποτύπωση της τοπογραφίας και της βαθυμετρίας της παραλίας με υψηλή ακρίβεια, ανάλυση και πυκνότητα (εικόνα 3.11). Η παραπάνω μέθοδος ονομάζεται η μέθοδος του κράνους RTK GPS.



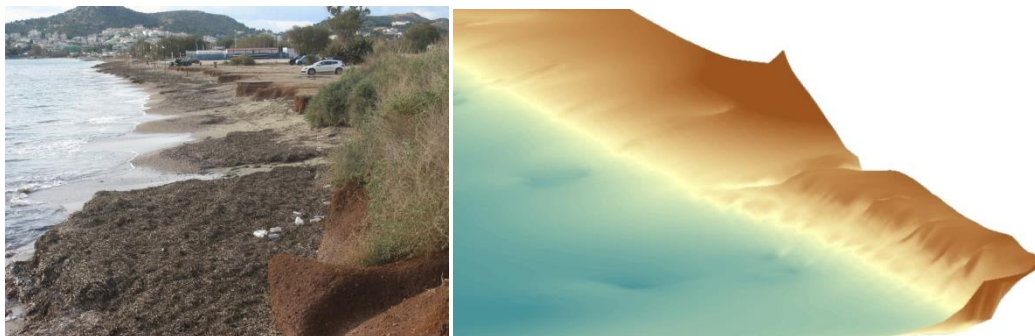
Εικόνα 3.11: Εφαρμογή της μεθόδου του κράνους RTK GPS στην παραλία της Βάρκιζας και στην παραλία του Πλατανιά, Χανιά.

Το σφάλμα της μεθόδου είναι παρόμοιο με το σφάλμα της μεθόδου του σακιδίου πλάτης, καθώς στηρίζονται στην ίδια αρχή, δηλ. ± 2.60 cm στον κάθετο άξονα, ενώ η ταχύτητα αποτύπωσης είναι πολύ ψηλή. Αν ο δέκτης GPS ρυθμιστεί να λαμβάνει μια μέτρηση το δευτερόλεπτο τότε λαμβάνονται 3600 μετρήσεις την ώρα και με μέση ταχύτητα 3 km/ώρα μεγάλα τμήματα της παραλίας μπορούν να αποτυπωθούν με υψηλή ακρίβεια σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Με την μέθοδο του κράνους RTK GPS είναι δυνατόν να αποτυπωθούν αμμοθίνες και περιοχές με πυκνή βλάστηση σε μια παραλία, όπως στην περίπτωση της παραλίας του Καλάθα, Χανιά η οποία φιλοξενεί αμμοθίνες και περιοχές πυκνής βλάστησης (εικόνα 3.12).



Εικόνα 3.12: Δεξιά, δορυφορική εικόνα της παραλίας του Καλαθά, Χανιά (Google Inc., 2012). Αριστερά, αποτύπωση της παραλίας, των αμμοθινών και των περιοχών πυκνής βλάστησης με την μέθοδο του κράνους RTK GPS τον Φεβρουάριο του 2011.

Επιπροσθέτως με την χρήση της μεθόδου είναι δυνατή η αποτύπωση περιοχών της παραλίας που εμφανίζουν απότομες μεταβολές στην κλίση τους, όπως διαβρωμένοι γεωλογικοί σχηματισμοί της παραλίας (εικόνα 3.4). Τέλος, με την μέθοδο του κράνους RTK GPS είναι δυνατή η καταγραφή της βαθυμετρίας μιας παραλίας, έως βάθους περίπου 1.5 m (ανάλογα με το ύψος του παρατηρητή), στοιχείο πολύ σημαντικό για την αξιολόγηση της υγείας και της βιωσιμότητας μιας παραλίας (εικόνα 3.13).



Εικόνα 3.13: Δεξιά, άποψη των έντονα διαβρωμένων και γεωλογικών σχηματισμών της παραλίας της Βάρκιζας τον Δεκέμβρη 2012. Αριστερά, αποτύπωση της παραλίας και γεωλογικών σχηματισμών οι οποίοι παρουσιάζουν απότομες μεταβολές στην κλίση τους, με την μέθοδο του κράνους RTK GPS.

Συνοψίζοντας, τα κύρια θετικά στοιχεία της μεθόδου είναι ότι έχει την δυνατότητα αυτοματοποιημένης καταγραφής ογκομετρικών μεταβολών τόσο του ξηρού πλάτους παραλίας όσο και τμήματος που βρίσκεται στο θαλάσσιο κομμάτι με πολύ υψηλή ακρίβεια (± 2.60 cm στον κάθετο άξονα), ενώ δεν απαιτείται πυξίδα για την γνώση της διεύθυνσης κάθε τομής ούτε η γνώση σταθερού σημείου. Εκτός από τομές μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την καταγραφή του εμβαδού και των εποχιακών μεταβολών του, αποδίδοντας πληθώρα δεδομένων υψηλής ακρίβειας. Η σύγκριση ιστορικών τομών δεν επιφέρει επισφάλειες καθώς με την χρήση της είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε τις απόλυτες συντεταγμένες κάθε σημείου. Τέλος, η μέθοδος δεν είναι χρονοβόρα και εφόσον υπάρχει σημείο φυλασσόμενο ή προστατευμένο για την τοποθέτηση του σταθερού δέκτη η εφαρμογή της μπορεί να πραγματοποιηθεί από έναν μόνο παρατηρητή.

Τα κύρια είναι ότι η εφαρμογή της σε περιοχές όπου υπάρχουν μεγάλα εμπόδια, όπως ψηλά κτίρια και δέντρα, γέφυρες κλπ και έντονες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, π.χ. πυλώνες και κεραίες κινητής τηλεφωνίας, συνήθως δεν είναι εφικτή και ότι η αξία του οργάνου είναι υψηλή.

3.6 Βελτιστοποίηση λειτουργίας ADCP στις Ελληνικές συνθήκες

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής χρησιμοποιήθηκαν συστηματικά για πρώτη φορά, σύμφωνα με την γνώση του συγγραφέα, ποντισμένα και στραμμένα προς την επιφάνεια της θαλάσσης ADCP (acoustic Doppler current profilers) και συγκεκριμένα τα όργανα AWAC της Νορβηγικής εταιρίας Nortek. Το μεγαλύτερο πρόβλημα για την λειτουργία τους, κάτω από τις ελληνικές συνθήκες, είναι το υψηλό κόστος ανανέωσης της εξωτερικής πηγής ενέργειας, δηλαδή της μη-επαναφορτιζόμενης μπαταρίας από την οποία τροφοδοτείται το όργανο. Το όργανο έχει την επιλογή χρήσης είτε απευθείας ενέργειας από δίκτυο μέσω ειδικού υποθαλάσσιου καλωδίου είτε από μπαταρία (τύπου λιθίου ή αλκαλική) η οποία βρίσκεται σε ειδική υποθαλάσσια θήκη. Η χρήση υποθαλάσσιου καλωδίου για την διασύνδεση με το δίκτυο απαιτεί υψηλούς οικονομικούς πόρους ενώ βρίσκει εφαρμογή κυρίως όταν το όργανο τοποθετείτε κοντά σε λιμένες. Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, αλλά και γενικότερα στις πλύστες των επιπτώσεων που αφορούν τις Ελληνικές θάλασσες, η λειτουργία του οργάνου βασίζεται στην χρήση υποθαλάσσιας μπαταρίας, αλλά το γεγονός έχει σημαντικά μειονεκτήματα. Συγκεκριμένα, το ετήσιο κόστος για την προμήθεια εξωτερικών πηγών ενέργειας (μπαταριών) είναι περίπου της τάξης των 7.000 ευρώ, δηλαδή περίπου το ένα τρίτο της τιμής του οργάνου. Το ιδιαίτερα υψηλό κόστος οφείλετε στις υψηλές χρεώσεις για την μεταφορά των ηλεκτρικών συσσωρευτών (μπαταριών), καθώς αυτές θεωρούνται επικίνδυνα υλικά (Dangerous Goods).

Ένα άλλο πρόβλημα είναι η ευαισθησία της θήκης της μπαταρίας και των καλωδίων σύνδεσης με το όργανο. Για το λόγο αυτό πρέπει να χειρίζονται με ιδιαίτερη προσοχή. Επίσης, η αδιάβροχη θήκη μπαταρίας την οποία προμηθεύει η εταιρία είναι κατασκευασμένη από αλουμίνιο. Συνεπώς πρέπει να χρησιμοποιείται κατάλληλο ηλεκτρόδιο και ιδιαίτερη φροντίδα για προστασία από ηλεκτρόλυση, καθώς στην αντίθετη περίπτωση απειλείται η τόσο η μπαταρία όσο και το όργανο (εικόνα 3.14).





Εικόνα 3.14: Η αδιάβροχη θήκη και η μπαταρία μετά από βλάβη που εμφανίστηκε υποθαλάσσια.

Για το λόγο αυτό, κατόπιν επικοινωνίας και συνεργασίας με το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αξιολογήθηκε η χρήση υποθαλάσσιας επαναφορτιζόμενης μπαταρίας βαθιάς εκφόρτισης, η οποία τοποθετήθηκε σε ειδικά κατασκευασμένη στεγανή θήκη. Με την βοήθεια, καθοδήγηση και συνεργασία του Δρ. Χρήστου Τσαμπάρη, εντεταλμένο ερευνητή του ΕΛΚΕΘΕ, κατασκευάστηκε, χρησιμοποιήθηκε και αξιολογήθηκε υποθαλάσσια στεγανή θήκη από το ίδιο υλικό με την βάση πόντισης (ανοξείδωτο ατσάλι τύπου 316), για την αποφυγή διάβρωσης στα σημεία ένωσης των δύο υλικών. Λαμβάνοντας υπόψη την όσο μεγαλύτερη δυνατή αυτονομία, κατασκευάστηκε θήκη μπαταρίας ορθογωνικής διατομής, η οποία θα μπορεί να στεγάσει μια κλειστού τύπου gel επαναφορτιζόμενη μπαταρία υψηλής χωρητικότητας και βαθιάς εκφόρτισης. Η μπαταρία τοποθετείτε στην θήκη, η οποία στην συνέχεια πληρώνετε με συνθετικό λάδι, πυκνότητας 10W/40, και η οποία στεγανοποιείτε με την χρήση πλαστικού στρώματος πάχους 3 cm (εικόνα 3.17). Για την σύνδεση της μπαταρίας με το όργανο χρησιμοποιήθηκαν το καλώδιο και το παρεχόμενο βύσμα σύνδεσης της μπαταρίας που παρέχόταν με το όργανο.



Εικόνα 3.15: Η υποθαλάσσια θήκη της μπαταρίας τοποθετημένη στην βάση στήριξης πριν από την πόντιση του.

Για την σωστή πόντιση του οργάνου στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής κατασκευάστηκε και αξιολογήθηκε η χρήση βάσης πόντισης τριγωνικού σχήματος, πλευράς 1.9 m και ύψους 0.5 m, χρησιμοποιώντας κοίλοδοκούς από ανοξείδωτο ατσάλι τύπου 316 με

ορθογωνική διατομή (στραντζαριστό). Το υλικό αυτό χρησιμοποιήθηκε εξαιτίας της υψηλής ανθεκτικότητας του στο θαλάσσιο περιβάλλον, της ευκολίας καθαρισμού συσσωρευμένων οργανισμών (biofouling) τόσο υποθαλάσσια όσο και στην ξηρά και τέλος εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν παρουσιάζει μαγνητικές ιδιότητες οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν την λειτουργία της πυξίδας του οργάνου. Εναλλακτικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί τιτάνιο ως υλικό κατασκευής, αλλά το κόστος του είναι ιδιαίτερα υψηλό και η χρήση και επεξεργασία του κρίθηκε ιδιαίτερα δύσκολη κάτω από τις ελληνικές συνθήκες καθώς δεν βρέθηκαν ειδικευμένοι τεχνίτες που να γνωρίζουν να επεξεργαστούν το συγκεκριμένο υλικό.

Η βάση σχεδιάστηκε ώστε στο κέντρο του πάνω μέρος της να τοποθετείται το όργανο (AWAC), ενώ το πλατύ κομμάτι των ορθογωνικών κοιλοδοκών να έχει διεύθυνση προς τα κάτω/πάνω. Με τον τρόπο αυτό η τριγωνική διατομή στο κάτω μέρος της βάσης είχε την μεγαλύτερη δυνατή επιφάνεια. Επιπροσθέτως, στο κάτω μέρος της βάσης σχεδιάστηκε ειδική υποδοχή η οποία θα φιλοξενεί την βάση της επαναφορτιζόμενης μπαταρίας. Με τον τρόπο αυτό το κέντρο βάρους του συστήματος είναι πολύ χαμηλό και έτσι επιτυγχάνεται σταθεροποίηση του οργάνου στον βυθό και ελαχιστοποιείτε η πιθανότητα λάθους λόγω κλυδωνισμών κατά την διάρκεια των μετρήσεων (εικόνα 3.16).



Εικόνα 3.16: Η υποθαλάσσια βάση στήριξης του awac.

Οι κλίσεις της βάσης σχεδιάστηκαν να είναι ήπιες και το καλώδιο τροφοδοσίας του οργάνου να βρίσκεται στο εσωτερικό της βάσης ώστε η όλη κατασκευή να παρουσιάζει μειωμένη τριβή με δίχτυα και να ελαχιστοποιεί την πιθανότητα το όργανο να παρασυρθεί/μετακινηθεί από δίχτυα. Τέλος, για την αποφυγή συσσώρευσης οργανισμών (biofouling) η βάση στήριξης λειάνθηκε ώστε να μην εμφανίζει οπές ή μικρά εξογκώματα, ενώ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και ένα επιπρόσθετο στρώμα ειδικής αλοιφής με φωτοκαταλυτικές ιδιότητες.

4. Μεθοδολογία μετρήσεων κυμάτων/ρευμάτων

Δεδομένα που αφορούν το τοπικό κυματικό καθεστώς και τα ρεύματα προσφέρουν την δυνατότητα πραγματοποίησης εκτενών και υψηλής ακρίβειας μελετών, από τις οποίες μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τον τρόπο συμπεριφοράς και αλληλεπίδρασης των κυμάτων/ρευμάτων με τις ακτές. Επιπροσθέτως, τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την λήψη αποφάσεων και τον σχεδιασμό της μελλοντικής στρατηγικής που αφορά την παράκτια ζώνη, όπως παραδείγματος χάρη τους τρόπους προστασίας παράκτιων περιοχών από ακραίες κυματικές καταιγίδες και από την κυματική διάβρωση. Τα δεδομένα αυτά πρέπει να αφορούν μεγάλες χρονικές περιόδους, τάξης δεκάδων ετών, ώστε με την χρήση τους να είναι δυνατός ο υπολογισμός της περιόδου επαναφοράς ακραίων κυματικών καταιγίδων. Όπως προαναφέρθηκε, στην Ελλάδα, τα διαθέσιμα επιστημονικά στοιχεία για το κυματικό καθεστώς και τα ρεύματα είναι ελάχιστα (Foteinis and Synolakis, 2014).

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής έγινε αναζήτηση για ποσοτικά ή και ποιοτικά στοιχεία για το κυματικό καθεστώς της Ελλάδας. Τα μόνα στοιχεία που βρέθηκαν είναι αυτά των κλιματικών μοντέλων τρίτης γενιάς (αριθμητική προσομοίωση) τα οποία χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του ευρύτερου κυματικού καθεστώτος των Ελληνικών Θαλασσών. Συγκεκριμένα, στην Ελλάδα ο υπολογισμός του κυματικού κλίματος γίνεται μέσω του κυματικού μοντέλου WAM (Mazarakis et al., 2012), το οποίο χρησιμοποιείται από το ΕΛΚΕΘΕ, η πληροφορία παρέχεται μέσω της πλατφόρμας Ποσειδών (ΕΛΚΕΘΕ, 2014), και από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ), η πληροφορία παρέχεται μέσω της πλατφόρμας Meteo (ΕΑΑ, 2014). Παρόλα αυτά, οι πλατφόρμες αυτές παρέχουν πληροφορίες κυρίως για ναυσιπλοΐα και δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε μελέτες σχετικά με την παράκτια διάβρωση καθώς η εφαρμογή τους δύναται να επιφέρει επισφάλειες. Ο λόγος είναι ότι έχει βρεθεί ότι το κυματικό μοντέλο WAM στις Ελληνικές θάλασσες έχει την τάση να υπερεκτιμά κύματα με ύψος μικρότερο από 2.5 m και να υποεκτιμά τα κύματα με ύψος μεγαλύτερο από 2.5 m.

Άλλη πηγή με στοιχεία του κυματικού καθεστώτος της Ελλάδας αποτελεί ο “Άτλαντας Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών” ο οποίος αποτελεί συλλογή στοιχείων, πληροφοριών και αποτελεσμάτων της πλατφόρμας Ποσειδών (ΕΛΚΕΘΕ, 2014) για χρονική περίοδο 10 ετών (1995 – 2004). Καθώς, τα στοιχεία του “Άτλαντας Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών” αποτελούν συλλογή των αποτελεσμάτων του κυματικού μοντέλου WAM, η χρήση του για τους παραπάνω λόγους δεν προτείνεται για μελέτες σχετικές με την παράκτια διάβρωση.

Για το λόγο αυτό, στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, αναζητήθηκαν, εφαρμόστηκαν και αξιολογήθηκαν δύο μέθοδοι μέτρησης κυμάτων και ρευμάτων, οι οποίες κατά την γνώμη

του συγγραφέα αποτελούν βέλτιστες λύσεις για την συλλογή τοπικών παράκτιων δεδομένων στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα, οι μέθοδοι που εξετάστηκαν είναι το ναυτικά ραντάρ (marine radar) και το ποντισμένο, στραμμένο προς την επιφάνεια ADCP (bottom-mounted, upward-facing acoustic Doppler current profilers). Παρακάτω ακολουθεί ενδελεχής ανασκόπηση των κυρίων χαρακτηριστικών και των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων κάθε οργάνου, όπως και μια συγκριτική τους αξιολόγησης.

4.1 Οδηγός παρατήρησης παράκτιου περιβάλλοντος

Η παρατήρηση παράκτιου περιβάλλοντος και η οργανωμένη καταγραφή των κύριων ακτομηχανικών χαρακτηριστικών από παρατηρητές ξεκίνησε από το Σώμα Μηχανικών του Στρατού των ΗΠΑ (US Army Corps of Engineer). Μέρος της αποστολής του είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή παράκτιων έργων, τα οποία όχι μόνο πρέπει να είναι κατασκευαστικά άρτια αλλά και λειτουργικά. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητες πληροφορίες και στοιχεία σχετικά με το ωκεανογραφικό και μετεωρολογικό περιβάλλον που επηρεάζει τις ακτές. Για την συλλογή αυτών των δεδομένων συστάθηκε το πρόγραμμα Παρατήρησης Παράκτιου Περιβάλλοντος με σκοπό να παρέχει τα απαραίτητα παράκτια δεδομένα μέσω ποιοτικής συλλογής τους από τοπικούς παρατηρητές, όταν εξειδικευμένα όργανα μέτρησης και άλλες μέθοδοι συλλογής στοιχείων δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν λόγω κόστους ή προσβασιμότητας (Schneider, 1981), (Smith and Wagner, 1991).

Συγκεκριμένα, το 1966, το Σώμα Μηχανικών του Αμερικάνικου Στρατού στο Σαν Φρανσίσκο, ζήτησε από το Κέντρο Έρευνας της Παράκτιας Μηχανικής (CERC, WES) να συμμετάσχει σε ένα κοινό πρόγραμμα συλλογής δεδομένων με την Διεύθυνση Παραλιών και Πάρκων της πολιτείας της Καλιφόρνια. Οι υπηρεσίες συμφώνησαν ότι η πολιτεία της Καλιφόρνιας θα παρέχει το προσωπικό για τη συλλογή των δεδομένων ανά τακτικά διαστήματα και το Κέντρο Έρευνας της Παράκτιας Μηχανικής θα μελετήσει, κατηγοριοποιήσει και αναλύσει τα δεδομένα αυτά (Smith and Wagner, 1991). Από τότε, το πρόγραμμα έχει χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση των παράκτιων διαδικασιών σε όλη την ανατολική ακτή των ΗΠΑ, στις ακτές των Μεγάλων Λιμνών, αλλά και στις ακτές του Κόλπου των Πολιτειών Ηνωμένων.

Τα στοιχεία που συλλέγονται από το πρόγραμμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό και την παρακολούθηση πληθώρας παράκτιων έργων. Πρέπει να σημειωθεί πως τα δεδομένα αυτά δεν είναι έχουν υψηλή ακρίβεια και επιφέρουν πολύ μεγάλη αβεβαιότητα σε σχέση με τα δεδομένα από εξειδικευμένα όργανα μέτρησης. Παρόλα αυτά ο οδηγός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές όπου το κόστος της τοποθέτησης οργάνων είναι απαγορευτικό (Smith and Wagner, 1991). Καθώς στην Ελλάδα, τα όργανα μέτρησης κυμάτων και ρευμάτων είναι ελάχιστα και τα περισσότερα λιμενικά έργα στηρίζονται σε απλές μεθόδους εκτίμησης

των κυρίων παράκτιων χαρακτηριστικών μέσω ανεμολογικών δεδομένων, η ποιοτική εκτίμηση των κύριων ακτομηχανικών χαρακτηριστικών μπορεί να αποτελέσει πολύτιμη γνώση. Για το λόγο αυτό ο οδηγός Παρατήρησης Παράκτιου Περιβάλλοντος του αμερικάνικου στρατού μεταφράστηκε και προσαρμόστηκε στα Ελληνικά δεδομένα. Ενδελεχής αναφορά στην ιστορία του οδηγού, στην επεξήγηση της λειτουργίας του και στην προσαρμογή του στα ελληνικά δεδομένα ο αναγνώστης μπορεί να αναφερθεί στο Παράρτημα Ι.

4.2 Ναυτικό ραντάρ Miros WaveX

Το ναυτικό ραντάρ μπορεί να υπολογίζει το τοπικό κυματικό καθεστώς και τα ρεύματα μιας περιοχής μέσω της επεξεργασίας ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων τα οποία προέρχονται από συμβατικά ναυτικά ραντάρ τύπου X-Band. Ο τρόπος λειτουργίας τους είναι ως εξής, ο πομπός (transmitter) του ραντάρ τύπου X-Band εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία αλληλεπιδρούν με την διαταραγμένη επιφάνεια της θαλάσσης και δημιουργούν ένα μοτίβο οπισθοσκέδαση (backscatter). Αυτό το μοτίβο στην συνέχεια λαμβάνεται και επεξεργάζεται από τον δέκτη του ραντάρ (receiver), χρησιμοποιώντας μια τεχνική αντίστροφης ανάλυσης (Borge et al., 2000). Η χωρική και χρονική επεξεργασία του μοτίβου οπισθοσκέδασης από ειδικευμένο λογισμικό πρόγραμμα μπορεί να οδηγήσει στην εκτίμηση των κυμάτων και των επιφανειακών ρευμάτων στις 3 διαστάσεις (Reichert et al., 1998).

Το ναυτικό ραντάρ (marine radar) που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση του κυματικού καθεστώτος και των ρευμάτων της παραλίας της Βάρκιζας είναι το σύστημα WaveX της Νορβηγικής εταιρίας Miros. Το σύστημα WaveX λειτουργεί χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικό υπολογιστή με ενσωματωμένη μονάδα ψηφιοποίησης βίντεο η οποία επεξεργάζεται, χρησιμοποιώντας μη-ανοικτό (Proprietary) λογισμικό, εικόνες της θαλάσσιας επιφάνειας οι οποίες έχουν δημιουργηθεί από το συμβατικό ναυτικό ραντάρ τύπου X-band (3 cm). Μέσω της ψηφιοποίησης και επεξεργασία των εικόνων του ραντάρ το σύστημα WaveX υπολογίζει τις κύριες παραμέτρους (ύψος, περίοδο, διεύθυνση κλπ) των επιφανειακών κυμάτων και ρευμάτων στις τρεις διαστάσεις (Miros, 2013).

Το σύστημα Miros WaveX παραχωρήθηκε από το ΕΛΚΕΘΕ, στο οποίο και ανήκει, ώστε να αξιολογηθεί η λειτουργία του για την μέτρηση του κυματικού καθεστώτος και ρευμάτων σε παραλίες. Τα χαρακτηριστικά του μηχανήματος παρουσιάζονται στον πίνακα 3.2, και όπως είναι εμφανές το μηχάνημα παρουσιάζει το μικρότερο σφάλμα για την μέτρηση κυμάτων ύψους μεταξύ 5 και 10 m, για τα οποία έχει τυπική απόκλιση μικρότερη από το 10% της μέτρησης. Το μέγιστο ύψος κύματος που μπορεί να μετρήσει είναι 15 m (τυπική απόκλιση μικρότερη από το 20% της μέτρησης) ενώ για μετρήσεις κυμάτων από 0 - 5 m η τυπική απόκλιση είναι σταθερή και είναι 0.5 m. Συνεπώς, η μέτρηση κυμάτων ύψους μικρότερη από 2 m, τα όποια είναι αναμενόμενα στις ελληνικές παραλίες που παρουσιάζουν μικρά αναπτύγματα

πελάγους, επιφέρει σημαντικές επισφάλειες, ενώ κύματα μικρότερα από 1 m σε ύψος ουσιαστικά δεν προτείνεται να υπολογίζονται με την μέθοδο του ναυτικού ραντάρ (Πίνακας 4.1).

Πίνακας 4.1: Οι τεχνικές προδιαγραφές του συστήματος WaveX της εταιρίας Miros για την μέτρηση κυμάτων (Miros, 2013).

| Χαρακτηριστικά κυμάτων | Ύψος | Ανάλυση | Τυπ. απόκλιση |
|------------------------|---------------|---------|---------------|
| Σημαντικό ύψος | 0 - 5 m | 0.1 m | 0.5 m |
| | 5 - 10 m | 0.1 m | < 10% |
| | 10 - 15 m | 0.1 m | < 20% |
| Περίοδος | 5.0 - 13.0 s | 0.1 s | < 10% |
| | 3.2 - 5.0 s | 0.1 s | < 20% |
| | 13.0 - 25.6 s | 0.1 s | < 20% |
| Διεύθυνση | 1 - 360° | 1° | < 20° |

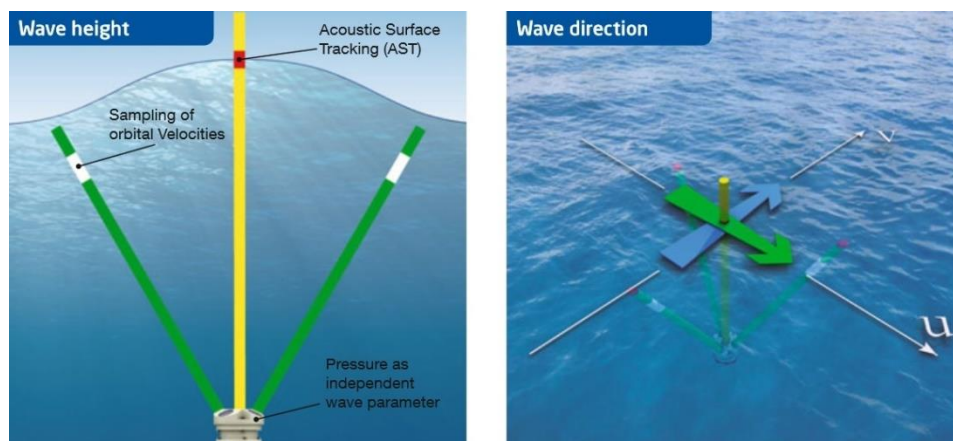
Το σύστημα WaveX τοποθετήθηκε, ως περίπτωση της μελέτης παραλία Βάρκιζας. Συγκεκριμένα, το συμβατικό ραντάρ ναυτικό τύπου X-band (3 cm) που χρησιμοποιήθηκε ήταν εταιρίας Furuno, το οποίο τροφοδοτείται από εναλλασσόμενη τάση 220 Volt/50Hz, έχει πολύ υψηλή εμβέλεια (>100 km) και η συχνότητα λειτουργίας του είναι τα 9410 ± 30 MHz. Τέλος, το οριζόντιο και κατακόρυφο εύρος δέσμης του είναι 0.95° και 20° αντίστοιχα. Το ραντάρ τοποθετείται σε εξωτερικό χώρο ο οποίος πρέπει να έχει ελεύθερη θέα προς την περιοχή μέτρησης κυμάτων. Το μήκος της κεραίας είναι περίπου 2.5 m (8 feet), η ταχύτητα περιστροφής κεραίας είναι 42 rpm και η ισχύς εκπομπής είναι 12 KW. Να σημειωθεί πως εξαιτίας της υψηλής ισχύς εκπομπής το ραντάρ δεν πρέπει να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τους λούρμους.

Εκτός από το συμβατικό ραντάρ ναυτικό, το υπόλοιπο σύστημα συμπληρώνεται από μια μονάδα επεξεργασίας των εικόνων του ραντάρ, μια ολοκληρωμένη μονάδα ψηφιοποίησης βίντεο, έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή οθόνη και ειδικό σύστημα ποντίκι/πληκτρολόγιο ειδικά σχεδιασμένο για ναυτικές χρήσεις, τα οποία πρέπει να βρίσκονται στεγασμένα σε προστατευμένο χώρο και να τροφοδοτείται από εναλλασσόμενη τάση 220 Volt (Miros, 2013). Καθώς, για την λειτουργία του ραντάρ όσο και του υπόλοιπου συστήματος απαιτείται εξωτερική τροφοδοσία ενέργειας από το δίκτυο (εναλλασσόμενη τάση 220 Volt) και όχι από κάποια άλλη πηγή, όπως μπαταρίες, το οποίο θέτει περιορισμούς στις τοποθεσίες που μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σύστημα.

4.3 ADCP Nortek awac

Η δεύτερη τεχνική για την εκτίμηση του τοπικού κυματικού καθεστώτος και των ρευμάτων, η οποία αξιολογήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής είναι τα ποντισμένα και στραμμένα προς την επιφάνεια της θαλάσσης ADCP (acoustic Doppler current profilers). Τα ADCP αρχικά σχεδιαστήκαν για μετρήσεις ροής και στην συνέχεια για μέτρηση και παρακολούθηση αιωρούμενων σωματιδίων σε παράκτια περιβάλλοντα και σε ποταμιά (Sassi et al., 2012). Σήμερα τα ADCPs χρησιμοποιούνται επίσης και για τη μέτρηση κυμάτων και των ρευμάτων σε τρεις διατάσεις στα παράκτια περιβάλλοντα. Στην περίπτωση μελέτης χρησιμοποιήθηκε το όργανο AWAC της Νορβηγικής εταιρίας Nortek, το οποίο αποτελεί συνδυασμό ADCP και ενός κυματομετρητή (Siegel et al., 2006).

Το AWAC έχει την δυνατότητα μέτρησης της ταχύτητας και της διεύθυνσης των ρευμάτων σχεδόν σε όλη τη στήλη του ύδατος (ανά διακριτά διαστήματα το μήκος των οποίων φτάνει έως και τα 0.25 m) αξιοποιώντας τις δυνατότητες του ADCP, ενώ χρησιμοποιώντας έναν κυματομετρητή κάνει εκτιμήσεις του ύψους και της διεύθυνσης των κυμάτων (Siegel et al., 2006). Το AWAC καταγραφεί τρισδιάστατα προφίλ κυμάτων και ρευμάτων, χρησιμοποιώντας τις τέσσερις (4) ακουστικές δέσμες (3 Doppler και 1 AST) οι οποίες λειτουργούν με ακουστική συχνότητα 400, 600 ή 1000 KHZ. Ο υπολογισμός του ύψους κύματος πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας έναν ηλεκτρονικό μετρητή της υδροστατικής πίεσης σε συνδυασμό με την ακουστικής παρακολούθησης της επιφάνειας – AST (acoustic surface tracking) (Siegel et al., 2006). Η ακουστική παρακολούθηση της επιφάνειας (AST) της θαλάσσης πραγματοποιείται μέσω μιας κάθετης, πολύ στενής ακουστικής δέσμης (1.7°), η οποία λειτουργεί συμπληρωματικά προς τις τρεις κεκλιμένες ακουστικές δέσμες, υπό γωνία 25° από το κέντρο, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της κατεύθυνσης των κυμάτων (εικόνα 4.1). Η AST μπορεί να πραγματοποιεί μετρήσεις του φάσματος των συχνοτήτων των κυμάτων και των υπολοίπων μονοδιάστατων παραμέτρων, μέσω της καταγραφής της ανύψωσης της επιφάνειας της στάθμης της θαλάσσης (Siegel et al., 2006).



Εικόνα 4.1: Τρόπος λειτουργίας του οργάνου για την μέτρηση του ύψους κύματος (δεξιά) και την κατεύθυνση του (αριστερά) (Nortek, 2013).

Ανάλογα με την ακουστική συχνότητα που χρησιμοποιείται, το όργανο έχει δυνατότητα μέτρησης κυμάτων ή ρευμάτων έως και βάθους 100 m (1 MHZ), ενώ η χωρική συχνότητα μέτρησης ρευμάτων στην στήλης ύδατος φτάνει έως και τα 0.25 m (400 KHZ). Το εύρος μέτρησης ταχυτήτων των ρευμάτων είναι 10 m/s στην οριζόντια διεύθυνση και 5 m/s κατά μήκος των ακουστικών δεσμών (κάθετη διεύθυνση), με ακρίβεια 1 cm/s. Το εύρος μέτρησης ύψους κύματος είναι από -15 m έως +15 m, επίσης με ακρίβεια έως 1%. Τέλος το εύρος μέτρησης των περιόδων των κυμάτων είναι από 0.5 έως 30 s (Nortek, 2013). Τέλος, το AWAC έχει δυνατότητα μέτρησης της θερμοκρασίας στο σημείο πόντισης (δυνατότητα μέτρησης της θερμοκρασίας από -4 °C έως +40 °C, με ακρίβεια 0.1 °C) όπως και επίσης έχει και την δυνατότητα καταγραφής των αλλαγών της πίεσης στην στήλης του ύδατος (δυνατότητα μέτρησης της πίεσης σε εύρος 0 – 50 m, με ακρίβεια 0.5% ή 0.1%) (Nortek, 2013).

Από προηγούμενη εμπειρία του εργαστηρίου φυσικών καταστροφών και παράκτιας μηχανικής του πολυτεχνείου Κρήτης για μετρήσεις κυμάτων/ρευμάτων στην περιοχή των Χανίων η χρήση του AWAC είχε δύο περιορισμούς. Ο πρώτος είναι η ανάγκη κατάλληλης υποθαλάσσιας βάσης για την στήριξη, η οποία θα παρουσιάζει υψηλή στατικότητα και αντίσταση στο φαινόμενο συσσώρευσης ζωντανών οργανισμών στην επιφάνεια της (biofouling). Ο δεύτερος περιορισμός είναι το υψηλό κόστος της μη-επαναφορτιζόμενης μπαταρίας που χρησιμοποιεί το όργανο και η οποία πρέπει να ανανεώνεται κάθε 3 με 6 μήνες, ανάλογα με την χρήση του οργάνου.

5. Διάβρωση και νομοθεσία/νομολογία

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αξιολογήθηκαν ακτογραμμές και πληθώρα παραλιών ανά την Ελλάδα, με εστίαση στην Κρήτη, ώστε να βρεθεί η κατάσταση της υγείας τους και να προκύψουν συμπεράσματα για την μελλοντική τους εξέλιξη. Είναι γνωστό πως οι ακτογραμμές της Ελλάδας παρουσιάζουν υψηλή επικινδυνότητα σε φαινόμενα διάβρωσης (European Commission, 2009). Συγκεκριμένα, 3.945 km ακτογραμμής ή το 28,6 % υποχωρούν ενεργά με υψηλούς ρυθμούς (European Commission, 2009), το οποίο δεν μπορεί να αποδοθεί στην άνοδο της ΜΣΘ, η οποία για στην Ελλάδα είναι ήπια (European Commission, 2009). Το ποσοστό αυτό είναι ιδιαίτερα υψηλό, καθώς αν συνυπολογιστεί πως περίπου το 70% των ακτών της Ελλάδας είναι βραχώδες (MEPPPW, 2008), ουσιαστικά το σύνολο των προσχωσιγενών ακτών της Ελλάδας απειλείται από διάβρωση.

Πρέπει να σημειωθεί πως στην Ελλάδα και στην Κρήτη ειδικότερα, το έντονο πρόβλημα διάβρωσης ξεκίνησε με την απότομη τουριστική ανάπτυξη την δεκαετία του 1980, η οποία έγινε στις πλύστες των περιπτώσεων χωρίς κάποιο κεντρικό σχέδιο και μελέτες (Synolakis et al, 2008). Έκτοτε, οι χρήσεις της παράκτια ζώνη έχουν τροποποιηθεί σημαντικά χωρίς κάποιο σχέδιο, με αποτέλεσμα έντονες αρνητικές επιδράσεις. Ως αποτέλεσμα η υγεία της παράκτιας ζώνης, η ποιότητα των παραλιών και οι δυνατότητες αναψυχής έχουν μειωθεί, το οποίο συνεπάγεται έντονες περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και άμεσες κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις, καθώς η διάβρωση απειλεί και την «βαριά βιομηχανία» της Ελλάδας, δηλαδή τον τουρισμό.

Εφόσον η έντονη διάβρωση των τελευταίων δεκαετιών δεν οφείλεται σε φυσικούς παράγοντες, τα αίτια της μπορούν να αναζητηθούν σε ανθρώπινους παράγοντες και στις σημαντικές τροποποιήσεις που επέφερε η ανθρώπινη παρουσία, ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες, τόσο στην παράκτια ζώνη όσο και σε λεκάνες απορροής που την τροφοδοτούσαν (Doody et al, 2004) (Synolakis et al, 2008) (European Commission, 2009). Καθώς, οι ανθρώπινες επεμβάσεις ποικίλουν και το μήκος των ακτογραμμών της Ελλάδας είναι πολύ μεγάλο, 13,676 km (CIA, 2013), στην παρούσα διατριβή αναζητήθηκαν μοτίβα τα οποία οδήγησαν στην έντονη διάβρωση, όπως επίσης και ποιοτικοί και ποσοτικοί τρόποι και μέθοδοι μέτρησης, αξιολόγησης και κατάταξης της υγείας ακτογραμμών/παραλιών.

Για την εύρεση των μοτίβων που οδήγησαν στην έντονη διάβρωση πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις και εργασίες πεδίου σε ακτές και παραλίες ανά την Ελλάδα, με εστίαση στην Κρήτη. Επίσης αναζητήθηκαν και σταχυολογήθηκαν και αξιολογήθηκαν 18 μελέτες (περιβαλλοντικές, ωκεανογραφικές, σκοπιμότητας κλπ) που αφορούν έργα και παρεμβάσεις στην παράκτια ζώνη, όπως λιμάνια και λιμενικά καταφύγια, έργα ανάπλασης της ακτής και προστασία από διάβρωση (Βλέπε Παράρτημα II). Οι μελέτες αυτές συγκεντρώθηκαν και

αξιολογήθηκαν ως προς την αρτιότητα τους, τα πρωτογενή στοιχεία και τις μετρήσεις που περιείχαν (κύματα, ρεύματα, βαθυμετρία και τοπογραφία), τις κατασκευές που πρότειναν και τις εκτιμήσεις για τις επιδράσεις που θα προκαλέσουν στις γειτονικές ακτογραμμές/παραλίες. Μέσω της αξιολόγησης των παράκτιων μελετών αναζητήθηκε το πνεύμα που διέπει την ελληνική ακτομηχανική κοινότητα και την στάση της απέναντι στην διάβρωση των ακτογραμμών/παραλιών και τους τρόπους αντιμετώπισης που προτείνει.

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε ενδελεχής μελέτη και αξιολόγηση της ισχύουσας νομοθεσίας και νομολογίας που αφορά τον αιγιαλό και τη διάβρωση ακτογραμμών/παραλιών, ώστε να εντοπιστούν τα οποιοδήποτε κενά υπάρχουν και να προταθούν βιώσιμες λύσεις για την κάλυψή τους. Επίσης, μελετήθηκε και η νομοθεσία άλλων χωρών, οι οποίες ακολουθούν πιο περιβαλλοντικά φιλικές προσεγγίσεις στην διαχείριση των ακτών τους και επίσης εφαρμόζουν ΟΔΠΖ (όπως η Γαλλία και η Καλιφόρνια, ΗΠΑ).

Με την ολοκλήρωση των παραπάνω ενεργειών, προέκυψαν οι κύριοι ανθρωπογενείς παράγοντες στους οποίους οφείλεται η έντονη διάβρωση και η μη βιώσιμη ανάπτυξη των ακτογραμμών της Ελλάδας και παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

5.1 Κύριοι ανθρωπογενείς παράγοντες διάβρωσης στην Ελλάδα

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της υγείας των ακτογραμμών της Ελλάδας, η οποία βρέθηκε να είναι κακή, και αναζητήθηκαν οι κύριοι λόγοι διάβρωσης, με εστίαση στην Κρήτη η οποία αποτελεί αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατάστασης που επικρατεί στην Ελλάδα. Σε παλαιότερες μελέτες (Αλεξανδράκης, 2011) έχει υπολογιστεί η τρωτότητα παραλιακών ζωνών (Boruff et al., 2005) της Ελλάδας ως προς την διάβρωση και έχει εισαχθεί ο δείκτης τρωτότητας των παραλιακών ζωνών, μέσο του οποίου μπορούν να διακριθούν τμήματα της παραλιακής ζώνης, τα οποία να εμφανίζουν μεγαλύτερη τρωτότητα από γειτονικά ή ακόμα και από το σύνολο της παραλιακής ζώνης (Αλεξανδράκης, 2011). Σύμφωνα με τον δείκτη τρωτότητας των παραλιακών ζωνών οι ακτογραμμές της Ελλάδας αντιμετωπίζουν πρόβλημα διάβρωσης (Alexandrakis et al., 2009), αλλά ως σημειωθεί πως ο δείκτης είναι ποιοτικός και δίνει γενικές πληροφορίες για την κατάσταση της παράκτιας ζώνης με εστίαση σε φυσικούς παράγοντες και φυσικά χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης και την αύξηση της ΜΣΘ, ενώ οι ανθρωπογενείς παράγοντες που παίζουν τον πιο σημαντικό ρόλο στις τροποποιημένες ακτογραμμές της Ελλάδας (Doody et al, 2004) (Synolakis et al, 2008) (European Commission, 2009) δεν εξετάζονται ενδελεχώς.

Επίσης, δεν έχει ακόμα πραγματοποιηθεί μια συνολική σταχυολόγηση και αξιολόγηση των κυρίων παραγόντων που έχουν οδηγήσει στην αύξηση των ρυθμών παράκτιας διάβρωσης, ιδιαίτερα κατά τις τελευταίες δεκαετίες, πράγμα το οποίο θα επιχειρηθεί στην παρούσα διατριβή. Ας σημειωθεί, για μια ακόμα φορά, πως τα μοτίβα που αναγνωρίστηκαν, και στα

οποία μπορεί να αποδοθεί η έντονη διάβρωση των ακτογραμμών/παραλιών της Ελλάδας δεν είναι φυσικά, αλλά όπως και στην υπόλοιπη Μεσόγειο (Doody et al, 2004), (Synolakis et al, 2008) οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα.

5.1.1 Ανυπαρξία ολοκληρωμένης διαχείρισης

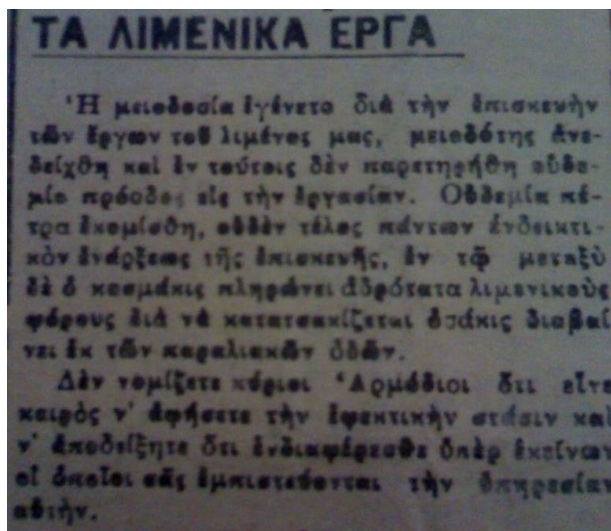
Σύμφωνα με την οικονομική και κοινωνική επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης η ολοκληρωμένη διαχείρισης παράκτιας ζώνης (ΟΔΠΖ) είναι *«μια δυναμική, συνεχή και αμφίδρομη διαδικασία που έχει ως στόχο την προαγωγή μιας βιώσιμης διαχείρισης των παράκτιων ζωνών, προσπαθώντας να συμβιβάσει μακροπρόθεσμα όλα τα οφέλη που απορρέουν από την εκμετάλλευση αυτών των ζωνών από όλες τους τις απόψεις, λαμβάνοντας υπόψη την οικολογική ευθραυστότητα που τα χαρακτηρίζει»* (Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή, 2001). Αν και η Μεσόγειος, στο πλαίσιο του Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον, είναι η πρώτη περιοχή που ενέκρινε σχέδιο διαχείρισης της παράκτιας ζώνης, ήδη από το 1975, το γνωστό Μεσογειακό πρόγραμμα δράσης (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ένας οδικός χάρτης για τον θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό επίτευξη κοινών αρχών στην ΕΕ, 2008), η Ελλάδα, 39 χρόνια αργότερα, δεν έχει εφαρμόσει οργανωμένα σχέδια ΟΔΠΖ (Breton et al, 2006), (MEPPPW, 2008), (Νιφοράτος Σ., 2012).

Συγκεκριμένα, δεν έχουν εισαχθεί εργαλεία για την διαχείριση της παράκτιας ζώνης (MEPPPW, 2008), ούτε υπάρχει κάποιο ενιαίο και αποτελεσματικό θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση του παράκτιου χώρου (Νιφοράτος Σ., 2012). Επιπροσθέτως, δεν υπάρχει κανένα εθνικό σχέδιο για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, πόσο μάλλον για την έντονη τροποποίηση της Ελληνικής παράκτιας ζώνης από τον άνθρωπο, αλλά μόνο αποσπασματικές δράσεις για τον μετριασμό των αρνητικών αποτελεσμάτων, όπως η παράκτια διάβρωση, όταν αυτά εμφανιστούν (European Commission, 2009). Σαν γενικό σχόλιο μπορεί να ειπωθεί πως υπάρχει πληθώρα νόμων οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή στην παράκτια ζώνη και συχνά αλληλεπικαλύπτονται, προκαλώντας πολλά προβλήματα, αλλά σε καμία περίπτωση αυτοί οι νόμοι δεν καθιστούν μια ενιαία πολιτική ΟΔΠΖ (MEPPPW, 2008).

Η επίμονη άρνηση της Ελληνικής πολιτείας να εισάγει ουσιαστικά την ΟΔΠΖ στην Ελληνική πραγματικότητα (MEPPPW, 2008), (Νιφοράτος Σ., 2012), φανερώνει αφενός την μεγάλη απόσταση που χωρίζει την Ελλάδα με άλλες ανεπτυγμένες χώρες στον τομέα αυτό (Βίττης, 2004), (Νιφοράτος Σ., 2012) και αφετέρου την αδυναμία εξεύρεσης βιώσιμων λύσεων για την αντιμετώπιση της παράκτιας διάβρωσης. Να σημειωθεί πως, τόσο ο ΟΗΕ (Διακήρυξης του Ρίο, Agenda 21) όσο και το Συμβούλιο της Ευρώπης και η ΕΕ, προτρέπουν τα παράκτια κράτη να θέσουν σε εφαρμογή προγράμματα ολοκληρωμένης διαχείρισης των παράκτιων ζωνών (Βίττης, 2004). Η Ελλάδα, παρόλο που συνυπόγραψε το πρωτόκολλο για την ολοκληρωμένη διαχείριση των παρακτίων ζωνών της Μεσογείου (Επίσημη Εφημερίδα της

Ευρωπαϊκής Ένωσης, ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ για την ολοκληρωμένη διαχείριση των παρακτίων ζωνών της Μεσογείου, 2009) δεν την έχει ουσιαστικά ενσωματώσει ακόμα στην εθνική νομοθεσία.

Ας σημειωθεί πως η μη εισαγωγή της ΟΔΠΖ στην Ελλάδα υποβοηθάει την χρόνια προβληματική στην διαχείριση της παράκτιας ζώνης και στην κατασκευή παράκτιων έργων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της χρόνιας προβληματικής αποτελεί άρθρο της τοπικής εφημερίδας των Χανίων έχει συγγραφεί το 1923 και εκφράζει τα παράπονα για την κατάσταση του παλαιού λιμένα Χανίων και της ολιγορίας των υπευθύνων για την βελτίωσή του (εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1: Άρθρο της τοπικής εφημερίδας Εσπερινός Ταχυδρόμος με ημερομηνία 1 Αυγούστου 1923 για την κατασπατάληση δημόσιων πόρων και την ανυπαρξία υποδομών, που ήδη από εκείνη την εποχή ήταν συνυφασμένες με βαριές κατασκευές και δρόμους (Εσπερινός Ταχυδρόμος, 1923).

Τέλος, η μη εισαγωγή ΟΔΠΖ, η οποία προϋποθέτει την ολοκληρωμένη μελέτη της παράκτιας ζώνης, δηλαδή από τις λεκάνες απορροής έως την υφαλοκρηπίδα, υποβοηθάει επίσης την μη πολυεπιστημονική προσέγγιση των μελετών που σχετίζονται έμμεσα ή άμεσα με την παράκτια ζώνη. Αξίζει να σημειωθεί πως σε καμία από τις μελέτες που εξετάστηκαν (Παράρτημα II) δεν αναφέρθηκε η έννοια της ΟΔΠΖ η οποία από μόνη της εμπεριέχει πολυεπιστημονική προσέγγιση.

5.1.2 Ελλιπής γνώση παράκτιων διεργασιών

Κατά την εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής ο υποψήφιος διδάκτορας είχε την ευκαιρία να συνεργαστεί τόσο με επιστημονικούς φορείς, όπως παραδείγματος χάριν το ελληνικό κέντρο θαλασσίων ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) όσο και με αρμόδιες αρχές, κεντρικές και τοπικές, μηχανικούς, κάτοικους, ιδιοκτήτες παράκτιων επιχειρήσεων και χρήστες της παράκτιας ζώνης. Στους μη επιστημονικούς φορείς, οι οποίοι είναι και οι κύριοι διαχειριστές της Ελληνικής παράκτιας ζώνης, το κύριο μοτίβο που αναγνωρίστηκε ήταν διττό:

- α) σχεδόν η πλειοψηφία των εμπλεκόμενων δεν μπορούσε να αναγνωρίσει το πρόβλημα διάβρωσης, παρά μόνο όταν πλέον απειλούσε ιδιοκτησίες
- β) όταν το πρόβλημα γινόταν αντιληπτό οι αρμόδιες αρχές, μηχανικοί, μελετητές και οι υπόλοιποι εμπλεκόμενοι, προσπαθούν να το αντιμετωπίσουν έχοντας ελλείπει γνώση των παράκτιων διεργασιών (Synolakis et al, 2008) και συνεπώς μειωμένη αντίληψη του προβλήματος.

Συγκεκριμένα, οι τοπικές αρχές και οι υπόλοιποι εμπλεκόμενοι, οι οποίοι δεν έχουν επιστημονική συνάφεια με την παράκτια ζώνη και είναι αναμενόμενο να μην γνωρίζουν τους παράκτιους μηχανισμούς, παρόλα αυτά μόλις αντιλαμβάνονταν πρόβλημα διάβρωσης εμφάνιζαν διάθεση να το επιλύσουν. Βεβαίως, αφενός αντιλαμβάνονται το πρόβλημα διάβρωσης όταν αυτό έχει προχωρήσει σημαντικά και αφετέρου υποστήριζαν με θέρμη αποκλειστικά βαριές λύσεις, με τις οποίες ήταν οικείοι. Σε συζητήσεις του υποψηφίου διδάκτορα με τις παραπάνω ομάδες η απάντηση που δινόταν για την αποκλειστική υιοθέτηση της χρήσης βαρίων κατασκευών ήταν πως είναι οι μόνες λύσεις τις οποίες γνώριζαν και βρέθηκε επίσης ότι έχοντας οπτική επαφή μαζί τους λανθασμένα πιστεύουν ότι όσο μεγαλύτερες τόσο πιο αποτελεσματικές είναι. Συνεπώς, υπάρχει η ανάγκη για εκπαίδευση και βελτίωση των γνώσεων των παράκτιων διεργασιών τόσο των αρμόδιων αρχών όσο και του ευρύ κοινού, κάτι το οποίο επίσης μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εισαγωγής της ΟΔΠΖ στην Ελλάδα, η οποία ουσιαστικά εκκρεμεί.

Οι επιστημονικοί φορείς με τους οποίους συνεργάστηκε ο υποψήφιος διδάκτορας, όπως το ΕΛΚΕΘΕ και επιστήμονες από το Πολυτεχνείο Κρήτης, είχαν ολοκληρωμένη γνώση των παράκτιων διεργασιών αλλά μικρή επίδραση στην λήψη αποφάσεων. Τις αποφάσεις για την διαχείριση της παράκτιας ζώνης τις λαμβάνουν συνήθως οι τοπικές αρχές, καθώς τα περισσότερα έργα είναι μικρής εμβέλειας, με την συνεργασία με ιδιώτες μελετητές. Το κύριο πρόβλημα που αναγνωρίστηκε είναι ότι εκτός από την τοπική διοίκηση ούτε οι ιδιώτες μελετητές είχαν ολοκληρωμένη γνώση των παράκτιων διεργασιών. Στις μελέτες ιδιωτών μηχανικών που αξιολογήθηκαν (Παράρτημα ΙΙ) δεν βρέθηκαν πρωτογενή δεδομένα αλλά ούτε ικανοποιητικά στοιχεία που μπορούν να υποστηρίξουν επαρκώς τα προτεινόμενα έργα και τις επιπτώσεις που αυτά θα έχουν στην παράκτια ζώνη. Επιπροσθέτως, ως επί το πλείστον τα προτεινόμενα έργα εμφανίζονται να προκαλούν ελάχιστες ή μηδαμινές επιπτώσεις στην παράκτια ζώνη, κάτι το οποίο έρχεται σε αντιδιαστολή με την πραγματικότητα. Μόνο σε μία μελέτη (Φράγκου και Τζανακάκης, 2008) περιείχε πρωτογενή κυματικά δεδομένα, τα οποία όμως ήταν αποσπασματικά και δεν χρησιμοποιήθηκαν.

Συνεπώς, όλες οι μελέτες που αξιολογήθηκαν βασιζόταν σε ανεμολογικά δεδομένα, τα οποία μέσω απλών μαθηματικών σχέσεων, μετατρέπονταν σε κυματικό καθεστώς

χρησιμοποιώντας μεθόδους όπως Pierson-Neumann ή πιο συχνά την μέθοδο Sverdrup-Munk-Bretschneider – SMB. Ας σημειωθεί πως οι παραπάνω μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για ανοικτές θάλασσες, δηλ. Ωκεανούς (P. S. Srivastava, 1963) και όχι για χώρες όπως η Ελλάδα με πληθώρα νησιών και συνεπώς πολύ μικρά αναπτύγματα πελάγους. Ως αποτέλεσμα, η χρήση τους δεν ενδείκνυται, καθώς επιφέρει πολύ μεγάλες επισφάλειες.

Επιπροσθέτως, μόνο σε 2 από τις εξεταζόμενες μελέτες χρησιμοποιήσαν υπολογιστικά μοντέλα για τα ρηχά νερά και τον προσδιορισμό της στερεομεταφοράς (Ματσούκης Π-Φ., 2010α), (Ματσούκης Π-Φ., 2010β). Οι υπόλοιπες βασίστηκαν ξανά σε απλές μαθηματικές σχέσεις και κυρίως στην μέθοδο CERC ή ακόμα και στην εξίσωση Pelnard-Considere του 1956 (Σαχίνογλου Ι., 2010), η οποία σημειώνεται πως είναι ένας τρόπος εμπειρικής εκτίμησης του συντελεστή διάχυσης και δεν θεωρείται αξιόπιστη μέθοδος για τον υπολογισμό της στερεομεταφοράς. Τέλος, σε μια μελέτη επιχειρήθηκε να υπολογιστεί η στερεομεταφορά με φυσικό μοντέλο, το οποίο δεν αποτελεί δόκιμη προσέγγιση. Στην περίπτωση αυτή, το ίζημα της παραλίας που προσομοιώθηκε για τον υπολογισμό της στερεομεταφοράς δεν βρισκόταν υπό κλίμακα, το οποίο φέρει πολύ μεγάλες επισφάλειες στον υπολογισμό. Βεβαίως, ούτε είναι δυνατό να βρίσκεται το ίζημα υπό κλίμακα, καθώς στην περίπτωση αυτή αυξάνετε σημαντικά η ενεργός επιφάνεια του και επικρατούν οι δυνάμεις συνοχής. Συνεπώς, η προσέγγιση της στερεομεταφοράς με φυσικά μοντέλα κρίνεται μη εφαρμόσιμη λύση.

Ένα ακόμα πρόβλημα το οποίο αναδείχθηκε από την αξιολόγηση των μελετών (Παράρτημα ΙΙ) είναι ότι αυτές συνήθως δεν αποτελούν αντικείμενο πολυεπιστημονικής προσέγγισης. Η συνήθης προσέγγιση, στις μελέτες που εξετάστηκαν, έδινε έμφαση στο αντικείμενο του πολιτικού μηχανικού, το οποίο στην Ελλάδα είναι συνυφασμένο με τις κατασκευές και την στατικότητα των έργων, χωρίς να υπολογίζονται, στον βαθμό που θα έπρεπε τουλάχιστον, τα αποτελέσματα αυτών των κατασκευών στην ποιότητα της παράκτιας ζώνης, στην αισθητική όχληση και στην διάβρωση που δύναται να προκαλέσουν. Ας σημειωθεί πως, σε γενικές γραμμές, το πνεύμα των μελετών που καλούνται να βελτιώσουν την ποιότητα της παράκτιας ζώνης, η οποία έχει υποβαθμιστεί λόγω ανθρωπογενών παρεμβάσεων, διέπεται με την σειρά του από έντονες, μη δυναμικές, ανθρώπινες παρεμβάσεις, οι οποίες λόγω της μη πολυεπιστημονικής προσέγγισης οδηγούν τελικά στην περαιτέρω διάβρωση και υποβάθμιση της υγείας της παράκτιας ζώνης που καλούνται να βελτιώσουν.

Ως αποτέλεσμα, μελέτες που αφορούν παράκτια έργα αλλά και έργα στις λεκάνες απορροής, όπως φράγματα, δεν συνυπολογίζουν την διάβρωση που δύναται να προκαλέσει η κατασκευή τους στα κατάντη και συνεπώς νέες μελέτες καλούνται να αντιμετωπίσουν τα αποτελέσματα τους. Παράδειγμα αποτελεί το φράγμα των Μπραμιανών, Άγιος Νικόλαος, το οποίο οδήγησε σε διάβρωση της παραλία του Μύρτου, με ρυθμό περίπου 0,7 m/έτος, τα

αποτελέσματα του οποίου κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν άλλες μελέτες (Αναστασάκης, 2003), (ΕΦΚΜ, 2011).

5.1.3 Έλλειψη διαχρονικών και πρωτογενών δεδομένων

Διαχρονικά δεδομένα που αφορούν την γεωμορφολογία των ακτών, το κυματικό καθεστώς και τα ρεύματα προσφέρουν την δυνατότητα εκτίμησης, με μεγάλη ακρίβεια, της συμπεριφοράς, αλληλεπίδρασης και επιδράσεων των ανθρώπινων κατασκευών στην παράκτια ζώνη. Στην Ελλάδα, σε αντίθεση με άλλες χώρες, όπως οι ΗΠΑ, οι οποίες συλλέγουν κυματικά δεδομένα εδώ και τέσσερις δεκαετίες (NOAA, 2007), μετά από ενδελεχής αναζήτηση του υποψηφίου διδάκτωρ δεν βρέθηκαν διαθέσιμα επιστημονικά στοιχεία για το κυματικό καθεστώς και τα ρεύματα, στοιχεία απαραίτητα για κάθε μελέτη και δραστηριότητα που σχετίζεται με την παράκτια ζώνη. Αυτό έγινε εμφανές και από το γεγονός ότι στις εξεταζόμενες μελέτες (Παράρτημα II) μόνο μία μελέτη (Φράγκου και Τζανακάκης, 2008) περιείχε πρωτογενή κυματικά δεδομένα, τα οποία όμως ήταν αποσπασματικά και τελικά δεν χρησιμοποιήθηκαν. Να σημειωθεί, πως στην Ελλάδα δεν υπάρχει φορέας υπεύθυνος για τον συντονισμό, μέτρηση και την λήψη πρωτογενών δεδομένων από την παράκτια ζώνη και αυτό είναι ένα ακόμα συνεπακόλουθο της έλλειψης ΟΔΠΖ. Ουσιαστικά, τα μόνα διαθέσιμα δεδομένα είναι αυτά των κλιματικών μοντέλων (κυματικό μοντέλο WAM) (Mazarakis et al., 2012), τα οποία αφορούν το κυματικό καθεστώς στα βαθιά νερά και δεδομένα τα οποία συνέλεξε το εργαστήριο Φυσικών Καταστροφών & Παράκτιας Μηχανικής του Πολυτεχνείου Κρήτης στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αλλά και άλλων ερευνητικών προγραμμάτων.

Πρέπει να σημειωθεί πως τα παράκτια έργα, και ειδικά τα λιμενικά, πρέπει να στηρίζονται σε πρωτογενή δεδομένα, ενώ η απουσία τους, μπορεί να οδηγήσει σε ιδιαίτερα αρνητικά αποτελέσματα, τόσο στην λειτουργικότητα τους όσο και στην υγεία των γειτονικών ακτών. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να έχουν βάθος χρόνου, ώστε να μπορεί να υπολογιστεί η περίοδος επαναφοράς ακραίων φαινομένων. Κατ' επέκταση, τα στοιχεία αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την λήψη αποφάσεων που αφορούν στην προστασία των παράκτιων περιοχών από ακραίες κυματικές καταιγίδες και επομένως και από την φυσική διάβρωση. Εάν υπάρχουν τα απαραίτητα ακτομηχανικά δεδομένα είναι δυνατόν να βρεθούν βιώσιμες λύσεις για την προστασία και βελτίωση της παράκτιας ζώνης, οι οποίες μέχρι στιγμής εκκρεμούν.

Η έλλειψη κυματικών δεδομένων και ρευμάτων έχει οδηγήσει σε πληθώρα μη λειτουργικές παράκτιες κατασκευές αλλά και σε έντονη διάβρωση γειτονικών ακτογραμμών και δη και παραλίων.

5.1.4 Ad hoc βαριές κατασκευές

Στην Ελλάδα δεν αποτελεί πρωτοτυπία η κατασκευή παράκτιων έργων, δημόσιων ή ιδιωτικών, όπως μικρών λιμένων και αλιευτικών καταφυγίων, χωρίς τις απαραίτητες μελέτες ή χωρίς τουλάχιστον εμπεριστατωμένες μελέτες (MEPPPW, 2008). Συνεπώς, είναι κοινή γνώση πως πληθώρα παράκτιων έργων έχει κατασκευαστεί χωρίς τις απαραίτητες μελέτες, οδηγώντας μοιραία στην υποβάθμιση της υγείας της και στην διάβρωση των παρακείμενων ακτών και παραλιών. Εξαιτίας της ανυπαρξίας ΟΔΠΖ και της περίπλοκης και χρονοβόρα διαδικασίας αδειοδότησης παράκτιων έργων, ιδιώτες αλλά και νομικά πρόσωπα δημοσίου δικαίου, όπως δήμοι, έχουν προχωρήσει στην κατασκευή μικρών λιμένων, θαλάσσιων τοίχων, προβόλων, κυματοθραυστών και άλλων βαριών κατασκευών χωρίς τις απαραίτητες μελέτες και χωρίς αδειοδοτήσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της κατάστασης που επικρατεί στην Ελλάδα και της παντελούς έλλειψης κεντρικού σχεδιασμού, προστασίας, ανάδειξης και βελτίωσης της υγείας της παράκτιας ζώνης αποτελεί το γεγονός ότι μέχρι και χώρος ανεξέλικτης διάθεσης απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) έχει τοποθετηθεί πάνω στην παράκτια ζώνη (MEPPPW, 2008).

Ο λόγος ύπαρξης πληθώρας μη λειτουργικών παράκτιων κατασκευών, στις πλύστες των περιπτώσεων, οφείλεται σε προσωρινά τοπικά συμφέροντα και ανάγκες τα οποία ωθούν στην κατασκευή τους (MEPPPW, 2008) χωρίς αυτά στηρίζονται σε κατάλληλες μελέτες αλλά πολλές φορές χωρίς καν αδειοδότηση. Συνεπώς, πληθώρα παράκτιων έργων στην Ελλάδα δεν είναι λειτουργικά, ενώ επίσης προκαλούν και έντονα προβλήματα στις παρακείμενες ακτές καθώς επιδρούν άμεσα ή έμμεσα στις παράκτιες διεργασίες και στην ιζηματομεταφορά (MEPPPW, 2008). Βεβαίως, παρόλο που η κατασκευή τους δεν ήταν σύννομη και προκάλεσαν και ακόμα προκαλούν πληθώρα προβλημάτων, η αφαίρεση τους από την παράκτια ζώνη είναι συνήθως αδύνατη, καθώς είτε οι αρμόδιες αρχές δεν αναγνωρίζουν το πρόβλημα και κωλυσιεργούν είτε εφευρίσκονται ευφάνταστους τρόποι για την διατήρησή τους. Παράδειγμα αποτελούν χώροι θρησκευτικής λατρείας (εικόνα 5.2), οι οποίοι συχνά τοποθετούνται πάνω σε κυματοθραύστες λιμενίσκων και προβόλων που έχουν κατασκευαστεί χωρίς αδειοδότηση και τις κατάλληλες μελέτες, ώστε να δικαιολογηθεί η παρουσία τους ως τρόπος πρόσβασης στο χώρο λατρείας.



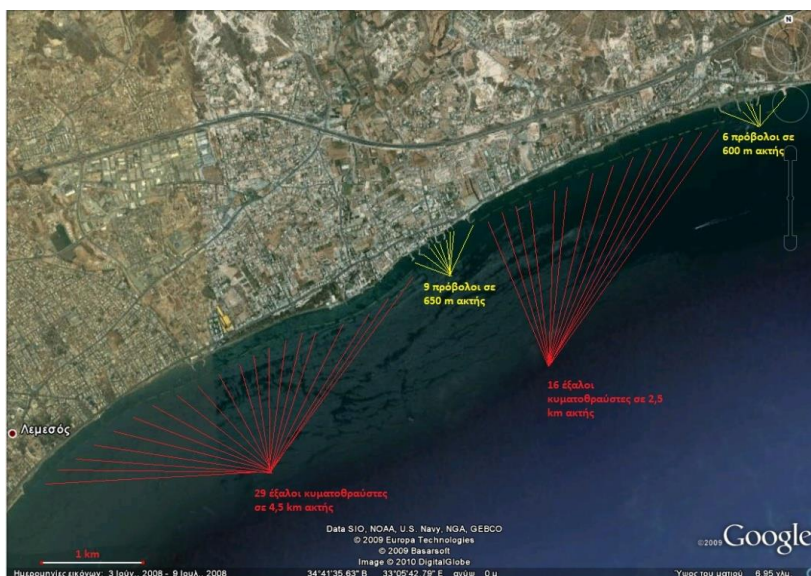
Εικόνα 5.2: Αριστερά, χώρος λατρείας τοποθετημένος στην άκρη αυτοσχέδιου λιμενοβραχίονα στην περιοχή Βραχάκια, Χανιά. Δεξιά, απεικόνιση της ακτογραμμής το 1973, πριν την κατασκευή του λιμενοβραχίονα και το 2010, μετά την κατασκευή (Παυλάκης, 2013).

Ας σημειωθεί επίσης πως η υπάρχουσα νομοθεσία για την παράκτια ζώνη ουσιαστικά οδηγεί σε έργα που δεν βασίζονται σε ολοκληρωμένες και εμπειριστατωμένες μελέτες, καθώς στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό σε χρονοβόρες και γραφειοκρατικές διαδικασίες. Ως αντιπροσωπευτικό χαρακτηριστικό παράδειγμα, στην απλή περίπτωση που ένας ιδιώτης επιθυμεί να πραγματοποιήσει με ιδία κεφάλαια προστατευτικά έργα σε μια ακτή σημαντικά διαβρωμένη, αυτά για να πραγματοποιηθούν χρειάζονται από αρκετούς μήνες έως συνήθως μερικά χρόνια. Ο λόγος είναι ότι πρέπει πρώτα να συσταθεί επιτροπή που απαρτίζεται από τον προϊστάμενο της Κτηματικής Υπηρεσίας ή τον αναπληρωτή του ως πρόεδρο, έναν διπλωματούχο μηχανικό ή τεχνολόγο τοπογράφο μηχανικό της Κτηματικής Υπηρεσίας και τον αρμόδιο Λιμενάρχη ή τον αναπληρωτή του. Αφού συνεδριάσει η εν λόγω επιτροπή και επιβεβαιώσει ότι υπάρχει διάβρωση και ότι απαιτείται επέμβαση, τότε μόνο μπορεί να υποβληθεί αίτηση προς την Κτηματική Υπηρεσία, η οποία συνοδεύεται από φάκελο που περιέχει τις απαραίτητες μελέτες όπως και την οριογραμμή αιγιαλού, αν έχει καθοριστεί, αλλιώς πρέπει να γίνει καθορισμός. Μεταξύ των άλλων πρέπει να διατυπώνουν τη γνώμη τους για την επέμβαση το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας, το Υπουργείο Πολιτισμού, το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας, το Υπουργείο Τουριστικής Ανάπτυξης, το Υπουργείο Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής εφόσον η περιοχή βρίσκεται στην αρμοδιότητά του και τέλος το οικείο Δημοτικό ή Κοινοτικό Συμβούλιο.

Αυτή η διαδικασία είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα, ενώ ως παράδειγμα παρατίθεται η απόφαση για την άδεια εκτέλεσης έργου για προστασία ακτής από διάβρωση, η οποία ενέκρινε τα απαραίτητα έργα στις 30/12/2010 ενώ ο αιτούμενος είχε επισημάνει περισσότερο από δύομιση χρόνια νωρίτερα, στις 12/05/2008, την ανάγκη προστασίας (Γενικής γραμματέας Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, 2010). Συνεπώς, απαιτούνται λιγότερο χρονοβόρες διαδικασίες και μια ενιαία αρχή που θα επιβλέπει την υγεία της παράκτιας ζώνης και θα επεμβαίνει άμεσα, όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο, με πυροσβεστικά μέτρα έως ότου προετοιμαστούν οι απαραίτητες μελέτες και βρεθεί βιώσιμη λύση.

Μια ακόμη χρόνια προβληματική που αναγνωρίστηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής είναι η αποκλειστική χρήση βαριών κατασκευών, πιο συνηθισμένα στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται πρόβολοι και έξαλλοι κυματοθραύστες, στην παράκτια ζώνη. Αυτές είναι ανθρώπινες κατασκευές από υλικό ξένο προς την παραλία (συνήθως ογκόλιθοι και τσιμέντο) οι οποίες μετά την τοποθέτησή τους επεμβαίνουν δραστικά και αλλάζουν στο κυματικό καθεστώς και τα ρεύματα της ευρύτερης περιοχής. Πρέπει να σημειωθεί πως συνήθως αυτές οι μέθοδοι στην καλύτερη των περιπτώσεων βελτιώνουν για μικρό χρονικό διάστημα την κατάσταση ή

την σταθεροποιούν. Στην συνέχεια συνήθως προκαλούν αρνητικά αποτελέσματα όπως περαιτέρω διάβρωση και αισθητική και περιβαλλοντική όχληση. Αρχίζει με τον τρόπο αυτό ένας φαύλος κύκλος που αναπόφευκτα οδηγεί σε πανομοιότυπες σκληρές κατασκευές σε όλη την ακτή, χωρίς να επιτυγχάνεται ουσιαστικά αποκατάσταση της φυσικής παραλίας (εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3: Προσπάθεια αντιμετώπισης διάβρωσης με 45 κυματοθραύστες και 15 προβόλους στην Λεμεσό (Google Inc., 2012).

Οι βαριές λύσεις χρησιμοποιούνταν κατά κόρον πριν 30 με 50 χρόνια, ενώ σήμερα οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν σταματήσει να της χρησιμοποιούν ως μέτρα προστασίας για διάβρωση (California Department of Boating, 2002). Παρόλο που η χρήση ήπιων και φιλικών μεθόδων προστασίας ακτογραμμής/παραλίας έχει πλέον υιοθετηθεί από την διεθνή επιστημονική κοινότητα (Dean, 2002), (Smith et al., 2009), (Roberts and Wang, 2012), (Ng et al., 2013), (Hinkel et al., 2013), (Houston and Dean, 2013), στην Ελλάδα δεν έχουν ακόμα εισαχθεί, ενώ μόνο μία μελέτη (Παράρτημα II) έκανε αναφορά στην αναπλήρωση παραλίας, ως μια από τις πιθανές λύσεις για την αντιμετώπιση της διάβρωσης (Marnet A.T.E και Αντωνόπουλος, 2001). Το πνεύμα των υπόλοιπων μελετών ήταν η υιοθέτηση μη δυναμικών βαριών κατασκευών, οι οποίες στην Ελλάδα αποτελούν κλασσικές ακτομηχανικές μεθόδους σε περιπτώσεις παράκτιας διάβρωσης (Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2007). Τέλος, οι περισσότερες μελέτες δεν περιείχαν εναλλακτικές λύσεις, παρά μόνο μια βαριά κατασκευή, συνήθως έξαλλους κυματοθραύστες, η χρήση της οποίας επαναλαμβανόταν. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν και με τα ευρήματα άλλων μελετών, οι οποίες υποστηρίζουν ότι στην Ελλάδα οι έξαλλοι κυματοθραύστες αποτελούν μια ad-hoc λύση (MEPPPW, 2008), (European Commission, 2009). Να σημειωθεί πως η ad-hoc υιοθέτηση βαριών κατασκευών, όπως κυματοθραυστών και προβόλων, δεν αποτελεί Ελληνική πρωτοτυπία αλλά χρόνιο πρόβλημα των μεσογειακών χωρών, ενώ η εφαρμογή τους οδηγεί σε επιπλέον προβλήματα, κυρίως

διάβρωση, των παρακείμενων ακτών (Doody et al, 2004), (Synolakis et al, 2008), (European Commission, 2009).

Επιπροσθέτως, κατά την προσωπική επικοινωνία του υποψηφίου διδάκτορα με πληθώρα μηχανικών, δημοσίων φορέων και μη, παρατηρήθηκε ότι πλύτες των περιπτώσεων προτείνουν ως *a priori* τη χρήση βαριών κατασκευών για την αντιμετώπιση της διάβρωσης, ενώ είτε δεν ήταν ενήμεροι για τις ήπιες μεθόδους είτε υποστήριζαν ότι δεν είναι λειτουργικές και δεν μπορούν να εφαρμοστούν στην Ελλάδα (Synolakis et al, 2008). Επιπροσθέτως, το ίδιο μοτίβο αναγνωρίστηκε και στον τρόπο σκέψης των ενδιαφερόμενων και εμπλεκόμενων φορέων, οργανώσεων και ατόμων, που δραστηριοποιούνται στην παράκτια ζώνη. Σε ερωτήσεις του υποψηφίου διδάκτορα η πιο συνηθισμένη αντίδραση στην ερώτηση πως μπορεί να επιτευχθεί η προστασία και βελτίωση της υγείας ακτών/παραλιών, ήταν πως μπορεί να επιτευχθεί μόνο με βαριές κατασκευές, τις οποίες γνωρίζουν και έχουν δει και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας. Η αντίληψη των ερωτηθέντων για την βιωσιμότητα αυτών των κατασκευών συνοψίζεται στο ότι, λανθασμένα, πιστεύουν ότι η επιτυχία της εφαρμογής τους εξαρτάται από τον όγκο της κατασκευής, δηλαδή όσο μεγαλύτερη η κατασκευή τόσο μεγαλύτερη η αποτελεσματικότητά της.

Να σημειωθεί ότι οι βαριές κατασκευές δεν αποτελούν οικονομικές λύσεις για την αντιμετώπιση της παράκτιας διάβρωσης, αλλά το αντιθέτως η εφαρμογή τους είναι ιδιαίτερα κοστοβόρα. Καθώς δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία για τον υπολογισμό του κόστους εφαρμογής των βαριών κατασκευών στην Ελλάδα (MEPPPW, 2008), (European Commission, 2009), εάν χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία από την εφαρμογή των βαριών κατασκευών στην Κύπρο, τότε υπολογίζεται πως κάθε χρόνο η εφαρμογή τους στην Ελλάδα στοιχίζει 16 εκ. Ευρώ (European Commission, 2009). Να σημειωθεί πως η εκτίμηση αυτή είναι χαμηλή, κατά την άποψη του υποψηφίου διδάκτορα, καθώς η κατασκευή ενός μόνο έξαλλου κυματοθραύστη υπολογίζεται ότι έφτανε να κοστίζει έως και 1 εκ. ευρώ, αν συνυπολογιστεί και το κόστος των μελετών στο κόστος κατασκευής. Επιπροσθέτως, ένα σημαντικό πρόβλημα που αναγνωρίστηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, κατόπιν διεπιστημονικής έρευνας με ειδικούς επιστήμονες, όπως ο Δρ. Χρήστος Αναγνώστου, ερευνητής Α' στο Ελληνικό κέντρο θαλασσίων ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), είναι και οι υψηλές έμμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εφαρμογή βαριών λύσεων, οι οποίες δεν έχουν ακόμα επισημανθεί.

Για την κατασκευή βαριών λύσεων, αλλά και λιμενικών κατασκευών, απαιτούνται υψηλοί όγκοι φυσικών λίθων και ογκολίθων, οι οποίοι συνήθως προέρχονται από εξορύξεις και λατομεία (Vasiliko cement, 2013) καθώς δεν βρίσκονται φυσικά διαθέσιμες. Για το λόγο αυτό εκδίδονται ειδικές άδειες εξόρυξης φυσικών λίθων και ογκολίθων, αλλά μόνο για ανάκτηση του όγκου που απαιτεί το εγκεκριμένο παράκτιο έργο. Να σημειωθεί πως η εξόρυξη τους

συνδέεται με ιδιαίτερα υψηλό περιβαλλοντικό κόστος και οχλήσεις. Παρόλα αυτά, και σύμφωνα με παρατηρήσεις πεδίου, ο Δρ. Χρήστος Αναγνώστου επισήμανε πως η εξόρυξη δεν σταματούσε όταν ο απαιτούμενος όγκος είχε ανακτηθεί. Εξαιτίας έλλειψης ολοκληρωμένων μηχανισμών επίβλεψης, είναι συχνό φαινόμενο η εξόρυξη να συνεχίζεται καθ' όλη την διάρκεια των έργων, ανακτώντας έως και 10 φορές περισσότερο υλικό, το οποίο στην συνέχεια πωλείται για άλλους σκοπούς, οδηγώντας σε επιπρόσθετες και ιδιαίτερα υψηλές περιβαλλοντικές οχλήσεις και σημαντική υποβάθμιση του τοπικού τοπίου.

Συνοψίζοντας, για την βιώσιμη επίλυση του προβλήματος της διάβρωσης η χρόνια προβληματική και η επιμονή σε δοκιμασμένες και μη λειτουργικές λύσεις, συγκεκριμένα τις γνωστές βαριές κατασκευές, πρέπει να αλλάξει. Διεθνώς χρησιμοποιούμενες, φιλικά προς το περιβάλλον λύσεις, όπως η αναπλήρωση ακτογραμμής και οι υποθαλάσσιοι ύφαλοι από γεώφασμα (Ewing, 1998), (Dean, 2002) (Smith et al., 2009), (Carmo et al., 2010), (Roberts and Wang, 2012), (Ng et al., 2013), (Hinkel et al., 2013), (Houston and Dean J. R., 2013), (Houston and Dean, 2013) πρέπει να εισαχθούν στην ελληνική πραγματικότητα, να δοκιμαστούν και να αξιολογηθούν στα Ελληνικά δεδομένα, κάτι το οποίο ακόμα εκκρεμεί.

5.1.5 Έντονη αστικοποίηση

Οι ελληνικές παραλίες, έως και πρόσφατα, μπορούσαν και ισορροπούσαν την φυσική διάβρωση που προκαλούσαν οι χειμερινές ισχυρές κυματικές καταιγίδες κυρίως με φερτά υλικά από ποτάμια, χείμαρρους και υδατορέματα και με υλικά που προέρχονται από τη διάβρωση των υπαρχόντων γεωλογικών σχηματισμών της παράκτιας ζώνης. Όμως η απότομη οικιστική ανάπτυξη, τόσο της παράκτιας ζώνης όσο και των λεκανών απορροής, η οποία πραγματοποιήθηκε κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες και δεν βασίστηκε σε κάποιο οργανωμένο σχέδιο έχει ανατρέψει αυτή τη φυσική ισορροπία. Αφενός η αστικοποίηση της παράκτιας ζώνης και των λεκανών απορροής μειώνει την διαθέσιμη επιφάνεια εδάφους η οποία φυσικά θα αποσαθρώνονταν/διαβρώνονταν και παρεμποδίζει την ελεύθερη κίνηση του ιζήματος προς την θάλασσα. Αφετέρου, η αστικοποίηση της παράκτιας ζώνης μειώνει και περιορίζει την επιφάνεια των υπαρχόντων γεωλογικών σχηματισμών της ακτής που θα διαβρώνονταν φυσικά και περιορίζει σημαντικά την δυνατότητα φυσικής διάβρωσης και μετακίνησης της ακτογραμμής προς την ενδοχώρα. Ας σημειωθεί πως το βασικό αίτιο της διάβρωσης των ακτογραμμών της Ελλάδας δεν είναι η οχύρωση της με βαριές κατασκευές, οι οποίες είναι αποτέλεσμα της έντονης διάβρωσης και αποτελούν μέτρα ανάσχεσης της, μη αποτελεσματικά όμως, αλλά η ταχεία και κυρίως άναρχη αστικοποίηση (Doody et al, 2004).

Η άναρχη και γρήγορη ανοικοδόμηση των τελευταίων δεκαετιών, εκτός από την αισθητική όχληση προκάλεσε και σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, υποβαθμίζοντας έτσι την ποιότητα του φυσικού περιβάλλοντος της Ελλάδας, η οποία μέχρι πρόσφατα

βρισκόταν σε σχετικά καλή κατάσταση (MEPPPW, 2008). Η ανοικοδόμηση της Ελλάδας ξεκίνησε ουσιαστικά μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο (Synolakis et al, 2008) αλλά τις τελευταίες δεκαετίες ο ρυθμός επιταχύνθηκε σημαντικά, οδηγώντας έως και σε πλήρη αστικοποίηση λεκανών απορροής και παράκτιων περιοχών, στις οποίες η αξία της γης είναι πολύ υψηλή. Από το 2008 η αστικοποίηση, η οποία στην Ελλάδα συνδυάστηκε αποκλειστικά με την ανοικοδόμηση νέων κατοικιών, χωρίς την πρόνοια για την κατασκευή δρόμων, χώρων πρασίνου και υποδομών, εισέρχεται σε ύφεση μαζί με την ελληνική οικονομία. Χαρακτηριστικά, η επιφάνεια των νέων αδειών οικοδομών ξεκίνησε να μειώνεται το 2008, 2009, 2010, 2011 και τους πρώτους εννέα μήνες του 2012 κατά 19,0%, 24,4%, 19,8% 41,4% και 27,9% αντίστοιχα (Μητράκος και Ακαντζιλιώτου, 2012). Αυτές οι σημαντικές αυξομειώσεις, σε συνδυασμό με τον άναρχο σχεδιασμό και την ανυπαρξία ουσιαστικά κεντρικού πολεοδομικού σχεδιασμού είχε ως αποτέλεσμα μέρος έως και ολόκληρες λεκάνες απορροής να αστικοποιηθούν (εικόνα 5.4), μειώνοντας αφενός τη διαθέσιμη επιφάνεια για διάβρωση και αφετέρου περιορίζοντας ή διακόπτοντας τη φυσική ροή υδάτινων οδών και χειμάρρων.



Εικόνα 5.4: Διαχρονική εξέλιξη της αστικοποίησης της περιοχής και της παραλίας της Βάρκιζας, Αθήνα από το 1939 έως σήμερα. Αριστερά, η περιοχή το 1939 σε αεροφωτογραφία της γεωγραφικής υπηρεσίας του στρατού (ΓΥΣ). Στο κέντρο η παραλία 30 χρόνια αργότερα, το 1969, σε αεροφωτογραφία της ΓΥΣ. Δεξιά, η περιοχή και παραλία της Βάρκιζας το 2013 (Google Inc., 2012).

Η ανθρώπινη παρέμβαση όμως δεν περιορίστηκε στην αστικοποίηση των λεκανών απορροής και των υδάτινων οδών που τροφοδοτούν με ίζημα τις παραλίες, αλλά συνεχίστηκε, με εντατικότερους ρυθμούς ακόμα και πάνω στην παράκτια ζώνη, η οποία στην Ελλάδα έχει ιδιαίτερα υψηλή οικονομική αξία. Ως αποτέλεσμα, η παράκτια ζώνη της Ελλάδας, ειδικά σε περιοχές όπου αυτή φιλοξενεί παραλίες, έχει υποστεί σημαντική τροποποίηση και αλλαγή χρήσεων γης (Rekacewicz and Ahlenius, 2006), υποβαθμίζοντας σημαντικά το φυσικό τοπίο και την υγεία των ακτών/παραλιών. Επιπροσθέτως, η αστικοποίηση συνεχίστηκε μέχρι και το ενεργό πλάτος παραλιών, με την τοποθέτηση κτηρίων, δρόμων και την καταστροφή των αμμοθινών, μειώνοντας σημαντικά το ενεργό πλάτος και επιδρώντας άμεσα στις παράκτιες διεργασίες και την στερεομεταφορά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η παραλία του Πλατανιά, Χανιά και η παραλία Σπιάντζα, Ηλεία. Στην πρώτη περίπτωση, η παράκτια ζώνη

είναι έντονα αστικοποιημένη με το δημοτικό ποδοσφαιρικό στάδιο, το οποίο κατασκευάστηκε το 1959 (Π.Α.Ε. Πλατανιάς, 2012) να έχει κτιστεί κυριολεκτικά πάνω στην παραλία, καθώς το μισό βρίσκεται μέσα στην ζώνη του αιγιαλού, οδηγώντας στην έντονη διάβρωση της παραλίας. Στην δεύτερη περίπτωση, η έντονη αυθαίρετη δόμηση της παραλίας και η κατασκευή παράκτιου δρόμου πάνω σε αυτή οδήγησε στην υποβάθμιση της υγείας της και στην έντονη διάβρωση της. Χαρακτηρίστηκα, χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες (Google Inc., 2012), υπολογίστηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής ότι η τοπικά η παραλία έχασε περισσότερα από 50 m πλάτους ή η παράκτια υποχώρηση είχε μέγιστο ρυθμό 7.5 m, για το διάστημα 2003 έως το έτος 2010, με αποτέλεσμα τμήματα της παραλίας να εξαφανιστούν.

Ένα ακόμα πρόβλημα που γεννά η έντονη αστικοποίηση είναι η ανάγκη για άμεση πρόσβαση σε παραλίες. Η έλλειψη υποδομών, όπως οδικών αρτηριών, δρόμων και χώρων στάθμευσης, σε συνδυασμό με την λανθασμένη αντίληψη για τοπική ανάπτυξη, έχουν οδηγήσει στην ανεξέλικτη και χωρίς σχέδιο κατασκευή δρόμων, συνήθως ασφαλτοστρωμένων, πάνω στο ενεργό πλάτος παραλιών, οδηγώντας με τον τρόπο αυτό στην διάβρωση τους. Ο λόγος κατασκευής παράκτιων δρόμων πάνω σε παραλίες είναι ότι στις πλύστες των περιπτώσεων οι παράκτιες εκτάσεις αποτελούν ιδιωτική ιδιοκτησία και η αξία της γης είναι πολύ υψηλή καθιστώντας την απαλλοτρίωση τους οικονομικά κοστοβόρα. Επιπροσθέτως, τοπικά συμφέροντα αλλά και παράκτιες κοινότητες ασκούν πιέσεις στην τοπικές αρχές για ανάπτυξη, δηλαδή για κατασκευή δρόμων μπροστά από παράκτιες ιδιοκτησίες, χωρίς όμως να υπάρχει ιδία συνεισφορά σε γη για την κατασκευή δρόμων. Η λύση, την οποία έχει ακολουθήσει κατά κόρον έως σήμερα η τοπική αυτοδιοίκηση, είναι η κατασκευή παράκτιων δρόμων πάνω σε αμμοθίνες και στο ενεργό πλάτος της παραλίας, καταστρέφοντας με τον τρόπο αυτό τα ευαίσθητα οικοσυστήματα των αμμοθινών και υποβαθμίζοντας την υγεία των παραλιών, οδηγώντας τελικά σε διάβρωση. Ο λόγος που επικράτησε αυτή η πρακτική είναι διττός, αφενός με τον τρόπο αυτό η τοπική αυτοδιοίκηση ικανοποιεί την λανθασμένη αντίληψη ανάπτυξης που επικρατεί στην Ελληνική κοινωνία, η οποία συνδυάζεται με κατασκευές και δρόμους, και αφετέρου είτε για να μην επωμιστεί το υψηλό κόστος απαλλοτρίωσης είτε για να μην θίξει τα συμφέροντα των ιδιοκτητών/ψηφοφόρων ζητώντας τους αφιλοκερδή συνεισφορά σε γη (αυτή η δυνατότητα υπάρχει αλλά δεν εφαρμόζεται συχνά). Ως αποτέλεσμα, το φυσικό τοπίο παραλιών ανά την Ελλάδα υποβαθμίζεται, καθώς ασφαλτοστρωμένοι δρόμοι και τσιμέντο, υλικά ξένα προς τα φυσικά, προκαλούν αισθητική όχληση και επιταχύνουν την διάβρωση.

Παράδειγμα αποτελεί η παραλία του Ταυρωνίτη, δυτικά από την πόλη των Χανίων. Κατά την προηγούμενη δεκαετία κατασκευάστηκε παράκτιος δρόμος (άσφαλτος) με πεζοδρόμιο (τσιμέντο) πάνω στο ενεργό πλάτος της. Ως αποτέλεσμα επιταχύνθηκε η διάβρωση

και ο δρόμος απειλήθηκε με κατάρρευση λόγω υποσκαφής. Η αντίδραση της τοπικής αυτοδιοίκησης ήταν η οχύρωση τμημάτων του δρόμου με ογκόλιθους, με σταδιακή εξαφάνιση της παραλίας στα σημεία αυτά. Σε μια έντονη κυματική καταιγίδα, τον Νοέμβριο του 2012, τμήμα του δρόμου, το οποίο δεν ήταν οχυρωμένο, υποσκάφηκε και τελικά κατέρρευσε (Εικόνα 5.5). Ας σημειωθεί ότι ο παράκτιος δρόμος δεν κατασκευάστηκε σε όλο το μήκος της παραλίας και το τμήμα της παραλίας το οποίο δεν υπέστη ανθρωπινή παρέμβαση διαβρώθηκε φυσικά και παραμένει υγιείς με μέγιστο πλάτος πάνω από 70 m.



Εικόνα 5.5: Έντονη διάβρωση και κατάρρευση τμήματος του πεζοδρομίου και του δρόμου μετά από κυματική καταιγίδα στις 9/11/2012 στην παραλία Ταυρωνίτη, Χανίων.

Συνεπώς, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σε κατασκευές πολύ κοντά και πάνω στην ακτή, ειδικά σε περιπτώσεις παραλιών, καθώς αυτές συνήθως οδηγούν σε διάβρωση και δημιουργείτε έτσι ένας φαύλος κύκλος. Συγκεκριμένα, είναι συχνό φαινόμενο στην Ελλάδα η τοπική διάβρωση μπροστά ή ανάντη/κατάντη από παράκτιες κατασκευές, η οποία με την σειρά της αντιμετωπίζεται ως συνήθως βαριές λύσεις. Μετά την τοποθέτηση τους αυτές είτε υποσκάπτονται και καταρρέουν (εικόνα 4.5) οδηγώντας σε εφαρμογή ογκωδέστερων λύσεων είτε παραμένουν σταθερές, αλλά η ακτογραμμή μπροστά από αυτές ή ανάντη/κατάντη συνεχίζει να διαβρώνεται, συνήθως με υψηλότερους ρυθμούς με υψηλούς ρυθμούς. Συνεπώς, η εφαρμογή τους μπορεί να μεταφέρει αλλά και να αυξήσει το πρόβλημα διάβρωσης, η οποία οδηγεί στην περαιτέρω οχύρωση της ακτής με επιπρόσθετες κατασκευές (εικόνα 5.3).

Παράδειγμα αστικοποιημένης παράκτιας ζώνης αποτελεί η παραλία του Κολυμβαρίου, Χανιά, η οποία διαβρωνόταν εδώ και τουλάχιστον τρεις δεκαετίες. Η έντονη αστικοποίηση της παραλίας σε συνδυασμό με αμμοληψίες οδήγησαν στην διάβρωση της παραλίας τουλάχιστον από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, ενώ η επέκταση του υπάρχοντος λιμένα στις αρχές του 2000 οδήγησε στην έντονη διάβρωση της παραλίας και απειλούσε την αστικοποιημένη ακτή και τις παρακείμενες κατασκευές (εικόνα 5.6).



Εικόνα 5.6: Γραφική απεικόνιση της εξέλιξης της ακτογραμμής της παραλίας του Κολυμβαρίου και της επέκτασης του ομώνυμου λιμένα (Χανιώτικα Νέα, 2008).

Για την αντιμετώπιση της έντονης διάβρωσης, λίγα χρόνια μετά την επέκταση του λιμένα, η παραλία οχυρώθηκε με ένα θαλάσσιο τοίχο από ογκολίθους. Ο θαλάσσιος τοίχος όμως δεν έλυσε το πρόβλημα της διάβρωσης, αλλά το επέτεινε καθώς πιθανά ενίσχυσε τα στάσιμα κύματα που δημιουργούσε η μη σωστή τοποθέτηση του λιμένα, επιταχύνοντας την διάβρωση στο σημείο που σταματούσε ο τοίχος. Ως αποτέλεσμα το 2006 κατά την διάρκεια μια ισχυρής κυματικής καταιγίδας μια οικεία η οποία βρισκόταν μετά το τέλος του θαλάσσιου τοίχους, υποσκάφτηκε από τα κύματα και κατέρρευσε (εικόνα 5.7).



Εικόνα 5.7: Κατάρρευση οικίας μετά από έντονη κυματική καταιγίδα. Χειμώνας 2006, παραλία Κολυμβαρίου, Χανιά.

Η αντίδραση των τοπικών αρχών ήταν η περαιτέρω ενίσχυση του θαλάσσιου τοίχου, οδηγώντας στην εξαφάνιση της παραλίας αλλά και στην υποσκαφή του και μερική κατάρρευση του από μια έντονη κυματική καταιγίδα τον Νοέμβριο του 2012 (εικόνα 5.8). Συνεπώς, η εφαρμογή βαριών λύσεων, οι οποίες δεν βασίζονται σε επιστημονικές μελέτες και στοιχεία,

πρέπει αποφεύγεται καθώς στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως, η μέχρι σήμερα εμπειρία έχει δείξει ότι δεν αποτελούν βιώσιμες λύσεις.



Εικόνα 5.8: Νοέμβριος 2012, αποτελέσματα μιας έντονης κυματικής καταιγίδας στα οχρωματικά έργα (θαλάσσιος τοίχος από ογκόλιθους) της παράκτιας ζώνης του Κολυμβαρίου, Χανιά.

5.1.6 Αμμοληψίες

Επακόλουθο της απότομης οικιστικής ανάπτυξης ήταν και η ανάγκη με μεγάλες ποσότητες οικοδομικών υλικών και δη και λεπτόκοκκης άμμου και κροκάλας, καθώς οι κατασκευές στην Ελλάδα στηρίζονται στο οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο κατά 2/3 αποτελείται από άμμο. Η υψηλή τιμή εξόρυξης αυτών των υλικών οδήγησε στην ανεξέλικτη λήψη τους από κοίτες ποταμών και παραλίες, μειώνοντας, έμμεσα και άμεσα αντίστοιχα, το διαθέσιμο ίζημα των παραλίων και οδηγώντας στην διάβρωση τους.

Η άμμος θαλάσσης, παρ' όλης της υψηλής της αλατότητας, χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον και σε μερικές περιπτώσεις ακόμα χρησιμοποιείται ως οικοδομικό υλικό. Ο λόγος αφενός είναι ότι αποτελείται από λεπτόκοκκο ίζημα, το οποίο συνεπώς έχει υψηλή ενεργό επιφάνεια και συνεπώς πολύ καλές φυσικές ιδιότητες για χρήση στο οπλισμένο σκυρόδεμα και αφετέρου ότι έχει πολύ μικρό κόστος εξόρυξης. Να σημειωθεί ότι παλαιότερα η ίδια η τοπική αυτοδιοίκηση χρησιμοποιούσε την άμμο θαλάσσης ως πηγή εισοδήματος και ενοικίαζε παραλίες σε εργολάβους για λήψη άμμου (Synolakis et al, 2008).

Παράδειγμα εκτεταμένης διάβρωσης, εξαιτίας απευθείας αμμοληψιών, αποτελεί η παραλία Καλύβες, Χανιά. Η παραλία μέχρι και την δεκαετία του 1950 παρέμενε υγιής, με μέσο πλάτος το οποίο υπολογίζεται στα 50 m (Synolakis et al, 2008), (εικόνα 5.9). Όμως η κατάσταση άλλαξε ξαφνικά το 1954, χρονιά κατά την οποία ξεκίνησε η κατασκευή του διεθνούς αεροδρόμιου Χανίων “Ιωάννης Δασκαλογιάννης”, για το οποίο υπολογίζεται ότι χρησιμοποιήθηκαν 225.000 τόνοι άμμου, μέρος των οποίων προήλθε από την παραλία Καλύβες (Synolakis et al, 2008). Ως αποτέλεσμα, η παραλία άρχισε να διαβρώνεται σταδιακά, με το μέσο πλάτος της την δεκαετία του 1980 να έχει μειωθεί στα 10 m. Τελικά, το 1990 ένας θαλάσσιος τοίχος από ογκόλιθους πήρε την θέση της παραλίας, αφενός για να προστατεύσει της κατάντη οικίες και αφετέρου για να κατασκευαστεί παράκτιος δρόμος εκεί που κάποτε βρισκόταν η παραλία (εικόνα 5.9).



Εικόνα 5.9: Αριστερά άποψη της παραλίας Καλύβες την δεκαετία του 1930 και δεξιά άποψη το 2010.

Αν και οι αμμοληψίες από παραλίες κρίθηκαν παράνομες το 1986, με το νόμο 1650, αποτελούν ακόμα και σήμερα πραγματικότητα. Ακόμα και στην κατασκευή μεγάλων έργων και υποδομών, όπως μεγάλοι οδικοί άξονες, πιθανός να χρησιμοποιείται άμμος παραλιών. Σε αναζήτηση των αιτιών της έντονης διάβρωσης της παραλίας Δρέπανο/Μακρυγιάλι, Ηγουμενίτσα ο υποψήφιος διδάκτορας, από προφορικές μαρτυρίες, κατέγραψε ότι πιθανώς πραγματοποιήθηκαν απευθείας αμμοληψίες από αμμοθίνες που βρίσκονταν στην παραλία Μακρυγιάλι. Το υλικό αυτό, σύμφωνα πάντα με μαρτυρίες πιθανώς χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή τμημάτων της Εγνατίας οδού.

Εκτός, από αμμοληψίες από το ξηρό πλάτος παραλιών, ιδιαίτερα επιβλαβείς είναι οι αμμοληψίες από το ενεργό πλάτος τους μέσω βυθοκόρυσης. Παραμένοντας στο ίδιο παράδειγμα και πάλι σύμφωνα με προφορικές μαρτυρίες, πραγματοποιήθηκε εκβάθυνση, μέσω βυθοκόρησης, του θαλασσίου περάσματος προς το λιμάνι της Ηγουμενίτσας, το οποίο βρίσκεται μερικές εκατοντάδες μέτρα από την παραλία Δρέπανο. Καθώς το ίζημα της παραλίας είναι λεπτόκοκκο και η κλίση της είναι μικρή είναι πολύ πιθανό οι βυθοκορήσεις να πραγματοποιήθηκαν μέσα στο ενεργό της πλάτος. Να σημειωθεί πως τα βυθοκορήματα, σύμφωνα με τις μαρτυρίες, δεν αξιολογήθηκαν ώστε να κριθούν κατάλληλα ή μη, για την επιστροφή τους στην παραλία, η οποία τα τελευταία χρόνια διαβρώνεται με έντονους ρυθμούς, αλλά απομακρύνθηκαν από την παραλία και χρησιμοποιήθηκαν για άλλους σκοπούς.

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας διάβρωσης είναι και οι αμμοληψίες από κοίτες ποταμών/χειμάρρων και άλλων υδάτινων οδών, οι οποίες τροφοδοτούν την παράκτια ζώνη. Οι αμμοληψίες από τις κοίτες προτιμούνται, καθώς αφενός το ίζημα δεν περιέχει αλάτι, καθιστώντας το κατάλληλο για οικοδομικό υλικό και αφετέρου σε αυτές βρίσκεται μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικής κοκκομετρίας ιζήματος, από λεπτόκοκκο υλικό έως κροκάλα. Βεβαίως, το ίζημα που απομακρύνεται από τις κοίτες, απομακρύνεται ουσιαστικά από τις παραλίες, αφού αυτό τις τροφοδοτεί, οδηγώντας έτσι στην διάβρωση τους.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η παραλία του Ταυρωνίτη, δυτικά της πόλης των Χανίων. Η παραλία τροφοδοτείται με ίζημα από τον ομώνυμο ποταμό, αλλά οι αμμοληψίες

από την κοίτη του σε συνδυασμό με την κατασκευή δρόμου πάνω στο ενεργό πλάτος της, ο οποίος αναλύθηκε παραπάνω, οδήγησαν στην διάβρωση της. Συγκεκριμένα, μόλις 2 km ανάντη της παραλίας, μερικά μέτρα δίπλα από την κοίτη του Ταυρωνίτη ποταμού πραγματοποιούνται οργανωμένες αμμοληψίες (Εικόνα 5.10), οι οποίες έχουν ήδη επισημανθεί στις τοπικές αρχές από του 2006, όπως και το πρόβλημα που προκαλούν στην παραλία (Synolakis et al, 2008), χωρίς ωστόσο μέχρι σήμερα να έχει αλλάξει κάτι.



Εικόνα 5.10: Δεξιά, αμμοληψίες από την κοίτη του Ταυρωνίτη ποταμού (λήψη φωτογραφίας 2007). Αριστερά το σημείο αμμοληψίας, περίπου 2 km από τις εκβολές του ποταμού, και η περιοχή έντονης διάβρωσης (Google Inc., 2012).

5.1.7 Φράγματα

Στην Ελλάδα, και σύμφωνα με την εμπειρία του υποψηφίου διδάκτωρ η κατασκευή φραγμάτων δεν αποτελεί αντικείμενο πολυεπιστημονικής προσέγγισης, παρά μόνο εστιάζεται στην στατικότητα των κατασκευών. Ως αποτέλεσμα, η κατασκευή φραγμάτων οδηγεί στην συγκέντρωση ιζήματος ανάντη τους, οδηγώντας με τον τρόπο αυτό στην διάβρωση των κατάντη παραλιών. Ας σημειωθεί πως το πρόβλημα δεν είναι αποτελεί Ελληνική πρωτοτυπία, καθώς στην Ευρώπη κάθε χρόνο, περισσότεροι από 100.000.000 τόνοι γης, που θα εμπλούτιζαν με φυσικές διαδικασίες τις παραλίες συγκεντρώνονται από φράγματα ποταμών, μπλοκάρονται από τεχνικά έργα και χρησιμοποιούνται για κατασκευές αντί να μεταφερθούν στις παραλίες που θα εμπλούτιζαν φυσικά (Doody et al, 2004).

Στην Ελλάδα οργανωμένα ποσοτικά στοιχεία και μετρήσεις για την εκτίμηση των επιπτώσεων των φραγμάτων στην παράκτια ζώνη δεν υπάρχουν. Για το λόγο αυτό αναζητήθηκαν παλαιότερες μετρήσεις που μπορούν να δώσουν ποσοτικές πληροφορίες (Παπαδόπουλος, 2009). Στοιχεία που αφορούν την εξέλιξη της παράκτιας ζώνης πριν και μετά την κατασκευή φραγμάτων αναζητήθηκαν σε παλαιότερες μελέτες (Παπαδόπουλος, 2009) και από την επεξεργασία τους προέκυψαν ρυθμοί διάβρωσης για τις κατάντη περιοχές, οι οποίοι βρέθηκαν να είναι πολύ υψηλοί. Χαρακτηριστικά, μελετήθηκαν (Παπαδόπουλος, 2009) οι επιπτώσεις από την κατασκευή φραγμάτων στον ποταμό Αχελώο, τα οποία αν και δεκάδες έως και εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά οδήγησαν σε έντονη διάβρωση της ακτογραμμής, με

μέγιστους ρυθμούς που έφτασαν έως και τα 20 m/έτος (Foteinis et al., 2010). Εκτός από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, υψηλές είναι και οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις καθώς, μόνο για τον Αμβρακικό κόλπο και για το χρονικό διάστημα 1985-2006 οι απώλειες γης από την κατασκευή φραγμάτων υπολογίζονται σε περίπου $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ (Παπαδόπουλος, 2009). Αν θεωρηθεί μια μέση τιμή 20 ευρώ ανά m^2 παράκτιας έκτασης, τότε η άμεσες απώλειες σε οικονομικό κόστος γης υπολογίζονται σε 30 εκ. ευρώ για το παραπάνω χρονικό διάστημα, ενώ οι απώλειες από την υποβάθμιση της ποιότητας της παράκτιας ζώνης και των δυνατοτήτων αναψυχής που αυτή προσφέρει είναι πολλαπλάσιες.

Επιπροσθέτως, σε αναζήτηση του πνεύματος που επικρατεί στην κατασκευή φραγμάτων, το 2009 ο υποψήφιος διδάκτωρ πραγματοποίησε αυτοψία σε υπό κατασκευή φράγμα στην Κρήτη και συνομίλησε με τους υπεύθυνους μηχανικούς για τις επιπτώσεις που ενδέχεται να προκαλέσει το φράγμα στις κατάντη παραλίες. Η γνώση των μηχανικών για τις παράκτιες διεργασίες κρίθηκε ελλιπής και σε ερώτηση για τις επιπτώσεις που θα προκαλέσει το φράγμα τις επόμενες δεκαετίες στις κατάντη παραλίες, η απάντηση που δόθηκε ήταν ότι *«αυτό είναι ένα πρόβλημα που καλούνται να λύσουν οι επόμενες γενεές και δεν αποτελεί κομμάτι της μελέτης»*. Βεβαίως, οι επιπτώσεις στην υγεία της παράκτιας ζώνης θα έπρεπε να αποτελούν σημαντικό στοιχείο κάθε μελέτης, καθώς η κατασκευή φραγμάτων στην Ελλάδα προκαλεί διάβρωση στην κατάντη ακτογραμμή.

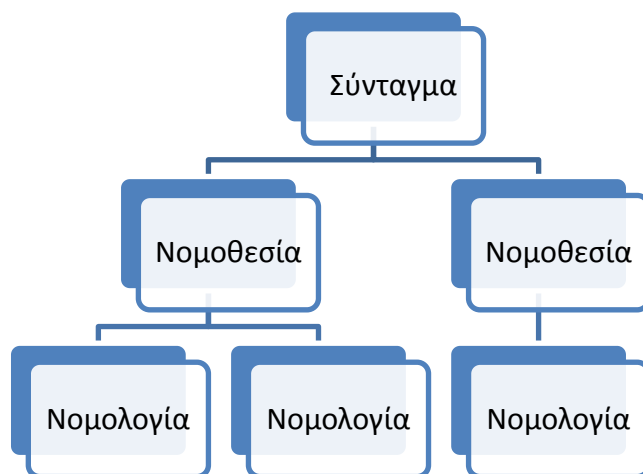
Συνεπώς, ο τρόπος κατασκευής φραγμάτων στην Ελλάδα επιβεβαιώνει την ελλιπή γνώση των παράκτιων διεργασιών, την έλλειψη πολυεπιστημονικής προσέγγισης και αναγκαιότητα εισαγωγής της ΟΔΠΖ.

5.2 Αξιολόγηση νομοθεσίας/νομολογίας

Η περιβαλλοντική προστασία της παράκτιας ζώνης και των παραλίων που αυτή φιλοξενεί, αποτελούν τμήμα της νομοθεσίας για την προστασία του περιβάλλοντος. Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής πραγματοποιήθηκε συλλογή, σταχυολόγηση και κριτική της περιβαλλοντικής νομοθεσίας/νομολογίας που αφορά την παράκτια ζώνη (Παράρτημα ΙΙΙ), η οποία βρέθηκε ελλιπής. Η κείμενη νομοθεσία περιέχει ελάχιστα αυτούσια και διακριτά τμήματα τα οποία αφορούν αποκλειστικά την υγεία της παράκτιας ζώνης και τις παραλίες, ενώ η νομολογία προσπαθεί, ανεπιτυχώς καθώς η νομοθεσία δεν είναι επαρκής, να καλύψει τα κενά. Το γεγονός αυτό θέτει περιορισμούς και λειτουργεί αρνητικά τόσο στην προστασία όσο και στην ανάδειξη, διαχείριση και βιώσιμη ανάπτυξη της παράκτιας ζώνης.

Η δομή για την περιβαλλοντική προστασίας της παράκτιας ζώνης και των παραλίων στην Ελλάδα μπορεί να ειπωθεί υπό το εξής πρίσμα (διάγραμμα 5.1). Αρχικά η περιβαλλοντική προστασία της παράκτιας ζώνης επιτυγχάνεται σε ένα πρώτο και γενικότερο επίπεδο μέσω συγκεκριμένων άρθρων του Συντάγματος, το οποίο αποτελεί το πρώτο επίπεδο προστασίας. Τα

άρθρα του Συντάγματος αποτελούν το θεμελιώδη νόμο της Πολιτείας, τον καταστατικό χάρτη αυξημένη τυπικής ισχύος, με τον οποίο πρέπει να συμφωνούν όλοι οι κανόνες δικαίου της έννομης τάξης (Σύνταγμα της Ελλάδας, 2008). Στη συνέχεια η νομοθετική εξουσία οφείλει να ακολουθήσει τις προσταγές του συντάγματος και να παράγει συγκεκριμένη νομοθεσία, η οποία αποτελεί το δεύτερο επίπεδο προστασίας. Η νομολογία θέτει τα όρια και τους κανόνες περιβαλλοντικής προστασίας της παράκτιας ζώνης. Τέλος, η δικαστική εξουσία οφείλει να ερμηνεύει τα κενά και τις παρανοήσεις που δύναται να πηγάζουν από την κείμενη νομοθεσία και να εκδίδει νομολογία για την κάλυψη και βελτίωση της, το οποίο αποτελεί το τρίτο επίπεδο προστασίας.



Διάγραμμα 5.1: Τα τρία επίπεδα προστασίας περιβάλλοντος σύμφωνα με την ιεράρχηση τους.

Για την σωστή και ολοκληρωμένη προστασία και ανάδειξη της παράκτιας ζώνης απαιτείται η γνώση και σωστή κατανόηση του κάθε επιπέδου, μέσω της οποίας οδηγούμαστε σε ένα νέο επίπεδο προστασίας ή ένα Γκεστάλτ (Gestalt). Ο όρος Gestalt αποτελεί δάνειο από την επιστήμη της ψυχολογία και κεντρικός του άξονας είναι η φράση «Το όλον είναι περισσότερο από το σύνολο των τεμαχίων του» (David Hothersall, 2003). Η ίδια φράση βρίσκει εφαρμογή και στην περίπτωση της περιβαλλοντικής προστασίας της παράκτιας ζώνης, καθώς η προστασία της, η οποία επιτυγχάνεται μέσω των τριών προαναφερθέντων επιπέδων, αποτελεί από μόνη μια ολότητα στην οποία τα τρία επίπεδα συνδυάζονται και παράγουν ένα τελικό επίπεδο- Gestalt με μεγαλύτερη βαρύτητα από των συνδυασμό των τριών. Βέβαια μέχρι στιγμής υπάρχουν πολλά κενά και ελλείψεις, κυρίως στο 2^ο επίπεδο προστασίας (νομοθεσία), το οποίο με την σειρά του δημιουργεί πληθώρα προβλημάτων και στο 3^ο επίπεδο (νομολογία), με αποτέλεσμα το παραγόμενο Γκεστάλτ να είναι ελλιπές και να μην επιτυγχάνεται ο μέγιστος βαθμός περιβαλλοντικής προστασίας. Σε αντιδιαστολή, άλλες χώρες όπως οι ΗΠΑ, έχουν αξιολογήσει εδώ και δεκαετίες (California Coastal Commission, 1976) τις δυνατότητες και αδυναμίες του συστήματος περιβαλλοντικής προστασίας της παράκτιας ζώνης της επικρατείας τους (California Coastal Commission, PUBLIC RESOURCES CODE, DIVISION 20, CALIFORNIA COASTAL ACT, 2013). Ως αποτέλεσμα, στις χώρες αυτές έχει δημιουργηθεί

ένα ολοκληρωμένο Γκεστάλτ το οποίο έχει οδηγήσει σε ώριμες δομές και σε σημαντικές αλλαγές και βελτιώσεις του όλου συστήματος προστασίας της παράκτιας ζώνης. Ενδελεχής ανάλυση των 3^{ων} επιπέδων, όπως και των σχέσεων που αυτά αναπτύσσουν καθώς και των αδυναμιών που πηγάζουν από την μη αρμονική συνύπαρξή τους, πραγματοποιείται στο Παράρτημα ΙΙΙ.

5.2.1 Συνταγματική επιταγή - 1^ο επίπεδο προστασίας

Κύριος σταθμός στην περιβαλλοντική προστασία της παράκτιας ζώνης και των παράλιων αποτελεί το Σύνταγμα του 1975, όπως αυτό αναθεωρήθηκε το 1986, 2001 και 2008 καθώς για πρώτη φορά εισάγεται μια πολύ σημαντική έννοια, αυτή του περιβαλλοντικού συντάγματος (Κουτούπα-Ρεγκάκου, 2008). Ο κύριος άξονας αναφοράς και προστασίας του περιβάλλοντος αποτελεί το άρθρο 24 και συμπληρώνεται από το άρθρο 117 παρ. 3 (Παράρτημα ΙΙΙ), το οποίο «παραδόξως» έχει συμπεριληφθεί στις μεταβατικές διατάξεις (Παπαδημητρίου, 2002). Σύμφωνα με το άρθρο 24 « Η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του Κράτους και δικαίωμα του καθενός» (Σύνταγμα της Ελλάδας, 2008).

Συνεπώς, η προστασία της παράκτιας ζώνης και των παραλιών, οι οποίες ανήκουν στο φυσικό, αλλά και πολλές φορές και στο πολιτιστικό περιβάλλον κατοχυρώνεται συνταγματικά. Η προστασία των παραλιών εκφράζεται κυρίως στο άρθρο 24 και συμπληρώνεται από τις επάλληλες κανονιστικές ζώνες του περιβαλλοντικού συντάγματος. Οι επάλληλες κανονιστικές ζώνες (Παπαδημητρίου, 2002) είναι διατάξεις που περιβάλλουν το περιβαλλοντικό συντάγματα και έχουν όμοια θεματολογία ή παραπληρωματικό χαρακτήρα με αυτό (Μάνεσης, 1982). Αυτές είναι ένα σύνολο διατάξεων που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος και μαζί με το άρθρο 24 και το άρθρο 117 παρ. 3 ολοκληρώνουν την έννοια του περιβαλλοντικού συντάγματος (Παπαδημητρίου, 2002). Ενδελεχής ανάλυση της περιβαλλοντικής προστασίας της παράκτιας ζώνης και των παράλιων σύμφωνα με την συνταγματική επιταγή πραγματοποιείται στο παράρτημα ΙΙ.

5.2.1.1 Προβληματική ελληνικού συντάγματος στην περιβαλλοντική προστασία

Όπως ορίζεται ρητά στην παράγραφο 1 του άρθρου 24 το Κράτος, δηλαδή κάθε Νομικό Πρόσωπο Δημοσίου Δικαίου (ΝΠΔΔ), είναι υπεύθυνο για την διαφύλαξη και προστασία του περιβάλλοντος. Συνεπώς, τα Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (ΝΠΙΔ) δεν δεσμεύονται από το γράμμα του νομοθέτη για την προστασία του περιβάλλοντος. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα οξύμωρο, καθώς ουσιαστικά υπάρχει ένα «παράθυρο» στο σύνταγμα, το οποίο δίνει την δυνατότητα στο Κράτος να μπορεί να «παρακάμπτει κατά το δοκούν» την συνταγματική επιταγή για την προστασία του περιβάλλοντος. Σε περιπτώσεις που υπάρχουν αντικρουόμενα

συμφέροντα με την προστασία του περιβάλλοντος, όπως παραδείγματος χάρη η ανάπτυξη σε μια οικολογικά ευαίσθητη περιοχή, οι κρατικοί λειτουργοί μπορούν να «παρακάμψουν» την συνταγματική επιταγή και μέσω της ίδρυσης ενός ΝΠΙΔ ή μιας ανώνυμης εταιρίας (Α.Ε.), όπως π.χ. μια αναπτυξιακή εταιρία και να προχωρήσουν στην υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος προς όφελος της οικονομικής ανάπτυξης.

Ενδεικτικά, το 2011 8 ΝΠΙΔ και μια Α.Ε. (Μητρώο Υπηρεσιών και Φορέων της Ελληνικής Διοίκησης, 2011) ανήκαν στο Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Συνεπώς, αυτά τα νομικά πρόσωπα, αν και ανήκαν στο Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής δεν δεσμευόταν από την συνταγματική επιταγή για την προστασία του περιβάλλοντος και μπορούσαν να δράσουν και να κάνουν επιλογές και με άλλα κριτήρια (οικονομικά, οικιστικά κλπ), τα οποία μπορεί να συγκρούονται και να είναι εις βάρος της προστασίας του περιβάλλοντος. Είναι κατανοητό, ότι εφόσον ο πλέον αρμόδιος φορέας για την προστασία του περιβάλλοντος στην Ελλάδα έχει την δυνατότητα «παράβλεψης» της συνταγματικής επιταγής, μέσω ίδρυσης ΝΠΙΔ και Α.Ε., πως και άλλοι Κρατικοί φορείς προχωρούν σε αυτή τη δυνατότητα. Κατά την γνώμη του συγγραφέα το μεγαλύτερο πρόβλημα έγκειται στους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α) και συγκεκριμένα στους Δήμους και τις Περιφέρειες. Εξαιτίας του τοπικού τους χαρακτήρα τους, συχνά προσπαθούν να εξυπηρετήσουν προσωρινά ευκαιριακά συμφέροντα, τα οποία όμως δεν συνάδουν με προστασία του περιβάλλοντος. Καθώς στην Ελλάδα η ανάπτυξη λανθασμένα έχει συσχετιστεί με κατασκευές, αποτελεί συχνό φαινόμενο η προστασία του περιβάλλοντος να έρχεται σε αντίθεση με τοπικά οικονομικά συμφέροντα, τα οποία, συνήθως προσφέρουν βραχυπρόθεσμη ανάπτυξη και θέσεις εργασίας σε βάρος του περιβάλλοντος. Το γεγονός αυτό οδηγεί συχνά σε ποικίλες περιβαλλοντικές, κοινωνικοπολιτισμικές αλλά και οικονομικές μακροχρόνιες επιπτώσεις. Συνεπώς έργα τοπικού χαρακτήρα, για την έγκριση των οποίων είναι υπεύθυνη οι ίδιοι οι Ο.Τ.Α. μπορεί να πραγματοποιηθούν από ΝΠΙΔ και Α.Ε. που ανήκουν σε αυτούς, χωρίς η προστασία του περιβάλλοντος να αποτελεί βασική προϋπόθεση.

5.2.2 Νομοθεσία - 2ο επίπεδο προστασίας

Ως αρχικό σχόλιο μπορεί να ειπωθεί πως η κείμενη νομοθεσία είναι ελλιπής και δεν προστατεύει σε ικανοποιητικό βαθμό την περιβαλλοντική υγεία των Ελληνικών ακτογραμμών. Αν και η νομοθεσία σχετικά με τον παράκτιο χώρο έχει απασχολήσει το Ελληνικό κράτος από τα σπάργανα του, μέσω της υιοθέτησης του βυζαντινού δικαίου (Παράρτημα ΙΙΙ), ακόμη και σήμερα αυτή παραμένει ελλιπής. Ουσιαστική νομοθεσία για την παράκτια ζώνη εισήχθη για πρώτη φορά το 1940 με τον Α.Ν. 2344, αλλά αυτή δεν βελτιώθηκε και παρέμεινε σε ισχύει πάνω από 60 χρόνια (Παράρτημα ΙΙΙ). Στην συνέχεια το 2001 πραγματοποιείται ανεπιτυχής

προσπάθεια βελτίωσης της ισχύουσας νομοθεσίας με τον νόμο 2971, ενώ η πρόσφατη τροποποίηση με τον νόμο 4048/2012 δεν βελτίωσε την κατάσταση.

Ας σημειωθεί, πως η Ελληνική νομοθεσία εκτός του ότι είναι ελλιπής δεν ακολουθεί επίσης το πνεύμα της ευρωπαϊκής νομοθεσίας, η οποία σαφώς είναι πιο περιβαλλοντικά φιλική. Παραδείγματος χάρη, στην Ελλάδα η ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης δραστηριοτήτων από τον αιγιαλό είναι τα 50 m, αν και η Ευρωπαϊκή νομοθεσία (Europe 2000) εδώ και ήδη μια δεκαετία έχει προτείνει ως ελάχιστη απόσταση τα 100 m από τον αιγιαλό (Σταματίου Ε. , 2003), δίνοντας έτσι περισσότερο χώρο για την εφαρμογή της παθητικής διάβρωσης.

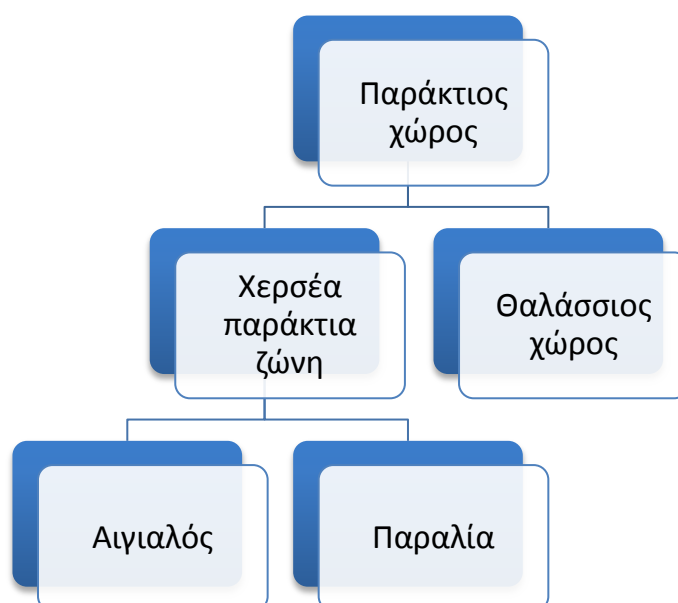
Επίσης, εξαιτίας της πρόσφατης οικονομικής κρίσης η περιβαλλοντική προστασία των Ελληνικών ακτογραμμών και παραλιών, οι οποίες εκτός από σημαντικό περιβαλλοντικό και κοινωνικό αποτελούν και οικονομικό πόρο, τίθεται στο προσκήνιο και η ελλιπής νομοθεσία χειροτερεύει αντί να βελτιώνεται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο πρόσφατη Κ.Υ.Α. υπ'αριθμ. ΕΠΠ/ΓΕΝ/οικ. 12285 (Φ.Ε.Κ. 348B/14-02-2014) η οποία τροποποίησε την Κοινή Υπουργική Απόφαση 42279/24/1938 (ΦΕΚ Β' 267). Συμφωνά με αυτή επιτρέπεται η "κατ' εξαίρεση ... χωροθέτηση χώρων αμμοχαλικοληψίας σε κοίτες ποταμών, χειμάρρων και υδατορρεμάτων οι οποίοι απαιτούνται για την κάλυψη των αναγκών σε δάνεια υλικά και μόνο για την κατασκευή έργων που έχουν χαρακτηριστεί ως Εθνικής Σημασίας". Συνεπώς, για την κατασκευή έργων Εθνικής Σημασίας θα «θυσιαστεί» πληθώρα παραλιών, οι οποίες θα διαβρωθούν από την πραγματοποίηση απευθείας αμμοληψιών από ποτάμια και χειμάριας κοίτες, πράγμα το οποίο έως πρόσφατα απαγορευόταν.

Επιπροσθέτως, το πρόσφατο επί διαβούλευση του υπουργείου Οικονομικών για την τακτοποίηση του αιγιαλού αποτελεί, σύμφωνα με την γνώμη του συγγραφέα, όνειδο ενώ μέσω των αντισυνταγματικών του διατάξεων δημιουργεί πληθώρα περιβαλλοντικών αλλά και κοινωνικοοικονομικών προβλημάτων στις παραλίες.

Ως γενικό σχόλιο μπορεί να ειπωθεί πως η Ελληνική νομοθεσία παραβλέπει και συνεπώς αδυνατεί να επιλύσει τα περίπλοκα και πολυσύνθετα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο παράκτιος χώρος της Ελλάδας, ενώ ουσιαστικά δεν υπάρχει νομοθεσία που να ασχολείται με τις παράκτιες κυψέλες ως σύνολο όπως επίσης και για την ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης (ΟΔΠΖ). Επιπροσθέτως, η νομοθεσία δεν αντιμετωπίζει τις παραλίες στο σύνολο τους, οδηγώντας σε διάβρωση και στην υποβάθμιση της υγείας της παράκτιας ζώνης, ενώ δεν υπάρχει ουσιαστική πρόβλεψη για την προστασία του ευαίσθητου οικοσυστήματος των αμμοθινών (Παράρτημα ΙΙΙ).

Από πλευράς νομοθεσίας ο παράκτιος χώρος συνήθως χωρίζεται σε δυο υποσύνολα, τον χερσαίο παράκτιο χώρο και τον θαλάσσιο παράκτιο χώρο. Το κύριο ενδιαφέρον της

νομοθεσίας έχει εστιαστεί στον χερσαίο παράκτιο χώρο ή χερσαία παράκτια ζώνη, ο οποίος και αποτελεί άμεσο δέκτη ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Αυτός έχει χωριστεί ξανά, για διαχειριστικούς λόγους, σε άλλα δύο υποσύνολα, τον αιγιαλό και την παραλία (διάγραμμα 5.2). Ο νομοθέτης, αναγνωρίζει ως αιγιαλό τη ζώνη της ξηράς η οποία βρέχεται από τις μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις θαλάσσιων κυμάτων, ενώ ως παραλία τη ζώνη ξηράς (μέγιστο πλάτος 50 μέτρα) που προστίθεται στον αιγιαλό προς εξυπηρέτηση της επικοινωνίας της ξηράς με τη θάλασσα και αντίστροφα (νόμο 2971 του 2001), (Παράρτημα ΙΙΙ). Ας σημειωθεί πως η παραλία από νομοθετικής σκοπιάς είναι διαφορετική από την παραλία ως (οικο)σύστημα το οποίο αναλύθηκε παραπάνω, καθώς η δεύτερη εμπεριέχει την πρώτη, τον αιγιαλό, τον θαλάσσιο χώρο μπροστά από αυτόν αλλά και σε πολλές περιπτώσεις και χώρο πίσω από την ζώνη παραλίας που ορίζει ο νομοθέτης.



Διάγραμμα 5.2: Σχηματική απεικόνιση των τριών επιπέδων κατάταξης του παράκτιου χώρου.

Συνοψίζοντας, η υπάρχουσα νομοθεσία, η οποία αναλύεται στο Παράρτημα ΙΙΙ, δεν καλύπτει ουσιαστικά τα (οικο)συστήματα των παραλιών, που αποτελούν σημαντικό κοινωνικοοικονομικό και περιβαλλοντικό πόρο, ενώ μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που θα αφορά αποκλειστικά τις παράκτιες κυψέλες και τα (οικο)συστήματα των παραλιών ακόμα εκκρεμεί. Για το υπόλοιπο τμήμα της παράκτιας ζώνης όπως και για τα οικοσυστήματα των παραλιών δεν έχει ακόμα εισαχθεί αυτούσια νομοθεσία και η συνταγματική προσταγή για την προστασία τους καλύπτεται μόνο κατά μέρος εμμέσως μέσω νόμων και διαταγμάτων που έχουν διαφορετική θεματολογία. Συνεπώς, από πλευράς νομοθεσίας η παράκτια ζώνη δεν προστατεύτηκε ως οφείλονταν από το ίδιο το σύνταγμα και ως αποτέλεσμα σήμερα η υγεία παράκτιων ζωνών αλλά κυρίως παραλιών ανά την Ελλάδα είναι κακή (Doody et al, 2004) , (Synolakis et al, 2008).

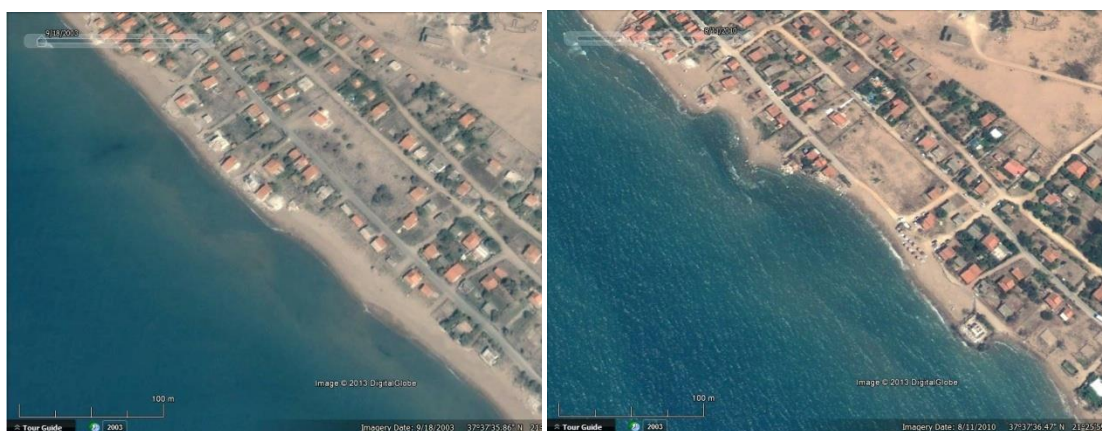
5.2.2.1 Προβληματική – Σύγκρουση νομοθετικής-εκτελεστικής εξουσίας

Το πρόβλημα νομοθετικής περιβαλλοντικής προστασίας της παράκτιας ζώνης που αναγνωρίστηκε έγκειται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι στην Ελλάδα οι αρμοδιότητες της εκτελεστικής και της νομοθετικής εξουσίας αλληλεπικαλύπτονται, ενώ τα κίνητρα τους περιλαμβάνουν κριτήρια τα οποία έρχονται σε αντιδιαστολή με την προστασία του περιβάλλοντος. Το πνεύμα που διαχρονικά επικρατούσε, αλλά και ακόμα επικρατεί, είναι αυτό της ανάπτυξης, κυρίως οικονομικής, η οποία στην Ελλάδα έχει συνδυαστεί με κατασκευές και οπλισμένο σκυρόδεμα. Συνεπώς, η φρενίτιδα και η ανεξέλικτη ανοικοδόμηση των τελευταίων δεκαετιών, η οποία ανακόπηκε μόνο από την οικονομική κρίση (Μητράκος και Ακαντζιλιώτου, 2012) και δεν περιορίστηκε ούτε πραγματοποιήθηκε προγραμματισμένα ώστε να προβλεφτούν και να περιοριστούν οι περιβαλλοντικές τις επιπτώσεις αντικατοπτρίζει την αδυναμία της εκτελεστικής εξουσίας, δηλαδή του κράτους, να ακολουθήσει το πνεύμα και τις κατευθυντήριες οδηγίες του Συντάγματος και του άρθρου 24 για την προστασία του περιβάλλοντος.

Η επιτυχία της αιρετής εκτελεστικής εξουσίας στην Ελλάδα συνήθως κρίνεται από την βραχυπρόθεσμη ανάπτυξη και τη βραχυπρόθεσμη δημιουργία θέσεων εργασίας που επιτυγχάνει στις ανάλογες εκλογικές περιφέρειες, ανάπτυξη η οποία στα μάτια των τοπικών κοινωνιών μεταφράζεται σε κατασκευές. Για το λόγο αυτό στην διάρκεια μιας εκλογικής θητείας, οι αιρετές αρχές προσπαθούν να ικανοποιήσουν το εθνικό και τοπικό αίσθημα για ανάπτυξη. Συνεπώς, είναι συχνό φαινόμενο με την έγκριση του ίδιου του κράτους να πραγματοποιούνται από μικρά έως και μεγάλα έργα υποδομής χωρίς να ληφθούν υπόψη οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις, όπως παραδείγματος χάρη το Θεάτρου Μπάντμιντον, του οποίου η οικοδομική άδεια κρίθηκε ως αντισυνταγματική από ΣτΕ (απόφαση 1970/2012). Ορμώμενοι από τις αποφάσεις της κεντρικής διοίκησης, οι τοπικές αρχές με την σειρά τους πραγματοποιούν πληθώρα έργων, κατασκευών και παράκτιων δρόμων, χωρίς να συνυπολογίζουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Από αυτό τον φαύλο κύκλο δεν λείπουν και οι ίδιοι οι πολίτες, οι οποίοι είτε με αυθαίρετες κατασκευές είτε με κατασκευές χωρίς τις απαραίτητες άδειες έχουν επιβαρύνει σημαντικά την υγεία της παράκτιας ζώνης, μέσω αστικοποίησης αλλά και μέσω αμμοληπιών.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα του κακέκτυπου ανάπτυξης της Ελλάδας αποτελεί η παραλία Σπιάντζα, Ηλεία, στην οποία υπολογίζεται ότι από το 1993 έως το 2010 ηλεκτροδοτήθηκαν περίπου 2.000 αυθαίρετα κτίσματα (Νικολόπουλος, 2010). Τα κτίσματα έχουν κτιστεί στην κυριολεξία πάνω στην παραλία, επιβαρύνοντας σημαντικά την υγεία της και οδηγώντας στην διάβρωση της. Καθώς η υγεία της παράκτιας ζώνης ενός ιδιαίτερα δημοφιλούς προορισμού είχε μειωθεί σημαντικά, το 2010 ο τότε γενικός επιθεωρητής Δημόσιας

Διοίκησης ζήτησε από την τοπική αυτοδιοίκηση, την άμεση διακοπή της ηλεκτροδότησης των αυθαίρετων κτισμάτων (Νικολόπουλος, 2010). Η κίνηση αυτή συνάντησε την έντονη αντίδραση των συλλόγων οικιστών της παράκτιας ζώνης και ως αποτέλεσμα σε δημόσια συζήτηση ο τότε νομάρχης δήλωσε, ότι «ο νομάρχης Ηλείας δεν πρόκειται να υπογράψει ποτέ μια τέτοια απόφαση» (Νικολόπουλος, 2010). Η αδιαφορία από την πλευρά της κεντρικής διοίκησης για ουσιαστικά μέτρα πρόληψης και βελτίωσης της υγείας της παράκτιας ζώνης στην Σπιάντζα, Ηλείας και η ένθερμη στήριξη από τις τοπικές αρχές των αυθαιρέτων κατασκευών (Νικολόπουλος, 2010), είχε ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της υγείας της παραλίας. Ως αποτέλεσμα, η φύση «ανέλαβε» το ρόλο του κράτους και λόγω έντονης τοπικής διάβρωσης πληθώρα αυθαίρετων κτηρίων κατέρρευσε λόγω υποσκαφής, γεγονός το οποίο επιφέρει σημαντικούς κινδύνους τόσο στον άνθρωπο όσο και στο περιβάλλον. Ως δείγμα της απουσίας οποιαδήποτε διαχείρισης και της σημαντικής υποβάθμισης της υγείας της παράκτιας ζώνης παρατίθεται η εικόνα 4.11, στην οποία απεικονίζεται μέρος της παραλίας Σπιάντζα, Ηλεία. Σύμφωνα με την αυτή υπολογίζεται ότι η μέγιστη υποχώρηση ακτογραμμής για το διάστημα 2003 έως το 2010 ήταν 53 m, δηλαδή η παράκτια υποχώρηση είχε μέγιστο ρυθμό 7.5 m στο διάστημα αυτό. Ως αποτέλεσμα κτίσματα υποσκάφηκαν και κατεδαφίστηκαν από τα κύματα, όπως και ο παραλιακός δρόμος που βρισκόταν πίσω από αυτά και πιθανώς είχε κτιστεί πάνω στις αμμοθίνες (εικόνα 5.11).



Εικόνα 5.11: Κατάσταση της παραλίας Σπιάντζα, Ηλεία το 2003 (αριστερά) και το 2010 (δεξιά) (Google Inc., 2012).

Συνοψίζοντας, αφενός η εκτελεστική εξουσία προσπαθεί στο διάστημα μιας εκλογικής θητείας να πραγματοποιήσει όσο το δυνατόν περισσότερες κατασκευές και αφετέρου ουσιαστικά ωθεί τους πολίτες να πραγματοποιήσουν ανεξέλικτη ανοικοδόμηση ώστε να υπάρξει τοπική ανάπτυξη. Συνεπώς, λόγω αυτής της προβληματικής, η νομοθεσία που αφορά την παράκτια ζώνη και τις παράκτιες κυψέλες, είναι ιδιαίτερα ελλιπής, ενώ κύριος άξονας της είναι η οικιστική ανάπτυξη και όχι η περιβαλλοντική προστασία.

5.2.3 Νομολογία - 3^ο επίπεδο προστασίας

Η νομολογία παράγεται μέσω της ερμηνείας των νόμων από την δικαστική εξουσία και δεν θα πρέπει να συγχέεται με την νομοθεσία, η οποία αποτελεί το σύνολο νόμων. Η νομολογία αποτελεί μια έμμεση πηγή δικαίου η οποία ερμηνεύει και εξειδικεύει την νομοθεσία και την εναρμονίζει σύμφωνα με το πνεύμα του νομοθέτη. Κύρια πηγή αποτελεί η νομολογία που εκδίδουν τα ανώτερα δικαστήρια (π.χ. Άρειος Πάγος ή Συμβούλιο της Επικρατείας), την οποία κατά κανόνα ακολουθούν και οι κατώτεροι δικαστές για την ομοιομορφία της απονομής δικαίου (εκτός αν υπάρχουν νεότερα στοιχεία για την κείμενη νομοθεσία που δεν είχαν συνυπολογιστεί στα ανώτερα δικαστήρια).

Να σημειωθεί πως προσταγή προστασίας του περιβάλλοντος, και συνεπώς και της παράκτιας ζώνης που αποτελεί σημαντικό περιβαλλοντικό πόρο, διαφαίνεται από το γεγονός ότι το Συμβούλιο της επικρατείας (ΣτΕ) έχει αποδώσει ρόλο ειδικής διάταξης στο άρθρο 24. Το γεγονός αυτό δίνει προτεραιότητα στο άρθρο 24 έναντι άλλων συνταγματικών διατάξεων που έχουν αντικρουόμενο συμφέρον με αυτό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η απόφαση του ΣτΕ (ΣτΕ 613/02 ολομέλεια), η οποία δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στο αγαθό «περιβάλλον» έναντι του άρθρου 106 και του άρθρου 22 παρ. 1 (Παράρτημα ΙΙΙ).

Η νομολογία που αφορά την παράκτια ζώνη και τις παραλίες δεν είναι εκτεταμένη (Παράρτημα ΙΙΙ), καθώς η υπάρχουσα νομοθεσία είναι ελλιπής. Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αναζητήθηκε, σταχυολογήθηκε και αξιολογήθηκε η υπάρχουσα νομολογία, η οποία παρατίθεται στο παράρτημα ΙΙΙ, και κυρίως σχετίζεται με τον αιγιαλό και παραλία αλλά και τους λιμένες. Η κύρια πηγή νομολογίας για την παράκτια ζώνη της Ελλάδας αποτελεί αυτή που έχει εκδώσει ο Άρειος Πάγος και το Συμβούλιο της Επικρατείας (παράρτημα ΙΙΙ). Η έλλειψη νομοθεσίας πολλές φορές οδηγεί τους ανώτερους δικαστές να χρησιμοποιήσουν το Σύνταγμα σε περιπτώσεις που αφορούν την παράκτια ζώνη, γεγονός που υποδηλώνει την άμεση ανάγκη για παραγωγή νομοθεσίας η οποία θα συνάδει με τις συνταγματικές προσταγές αλλά και θα εναρμονιστεί με την ευρωπαϊκή νομοθεσία για την προστασία, ανάδειξη και βιώσιμη ανάπτυξη της παράκτιας ζώνης.

Παρ' όλης της έλλειψής νομοθεσίας, ο δικαστής σε αρκετές περιπτώσεις έχει καλύψει νομοθετικά κενά και η παραγόμενη νομολογία θα πρέπει να χρησιμοποιείται έως ότου εισαχθεί η απαραίτητη νομοθεσία αλλά και η ΟΔΠΖ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα νομολογίας η οποία αναλαμβάνει το ρόλο νομοθεσίας αποτελεί η απόφαση ΣτΕ 3346/99, η οποία ακύρωσε απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης για χωροθέτηση θαλάσσιας ζώνης αγκυροβολίου τουριστικών σκαφών στον όρμο Αγίου Γεωργίου στον Ορνό Μυκόνου (Σταματίου Κ. , 2006). Το σκεπτικό της απόφασης στηρίζεται στο γεγονός ότι η ίδρυση αγκυροβολίων επιτρέπεται μόνο κατ' εξαίρεση, πάντοτε στο πλαίσιο ευρύτερου χωροταξικού σχεδιασμού και υπό την

προϋπόθεση ότι πρόκειται περί όρμων, οι οποίοι δεν προσφέρονται, κατ' αρχήν, για κολύμβηση (Σταματίου Κ. , 2006). Εάν αυτές οι δύο χρήσεις, δηλαδή ανάγκη ελλιμενισμού και η κολυμβητική χρήση, συγκρούονται τότε προηγείται η χρήση της κολύμβησης. Συνεπώς, με την απόφαση αυτή ο δικαστής απαγορεύει την κατασκευή λιμένων και λιμενικών έργων πάνω σε παραλίες, πράγμα το οποίο έπρεπε να αποτελούσε νομοθετική προσταγή. Αν το σκεπτικό απόφαση ΣτΕ 3346/99 είχε τουλάχιστον εναρμονιστεί στην νομοθεσία για την παράκτια ζώνη που παρήχθησε το 2001, τότε σήμερα πολλές παραλίες θα παρέμεναν υγιείς, τα λιμενικά έργα θα ήταν λειτουργικά και το δημόσιο δεν θα είχε κατασπαταλήσει πόρους για κατασκευή ή συντήρηση έργων των οποίων η βιωσιμότητα και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι αμφίβολες, όπως η κατασκευή λιμενικών έργων πάνω σε παραλίες.

6. Περίπτωση μελέτης: Ν. Λασιθίου

Η πρώτη αντιπροσωπευτική περίπτωση μελέτης είναι ο Ν. Λασιθίου οποίος φιλοξενεί πληθώρα παραλιών, το εύρος της κοκκομετρίας, των γεωμετρικών χαρακτηριστικών (μήκος και πλάτος) και του κυματικού καθεστώτος και ρευμάτων των οποίων καλύπτει την πλειονότητα των παραλιών που συναντούνται στην Ελληνική επικράτεια. Συγκεκριμένα, φιλοξενεί από παραλίες τσέπης έως παραλίες πολλών χιλιομέτρων, σχετικά περιορισμένου πλάτους (20 - 60 m), οι οποίες αποτελούνται από λεπτόκοκκο έως χοντρόκοκκο υλικό και επηρεάζονται είτε από ανοικτά αναπτύγματα πελάγους είτε από κατακερματισμένα λόγω νησιών και βραχονησίδων.

6.1 Διαχρονική εξέλιξη ακτογραμμών

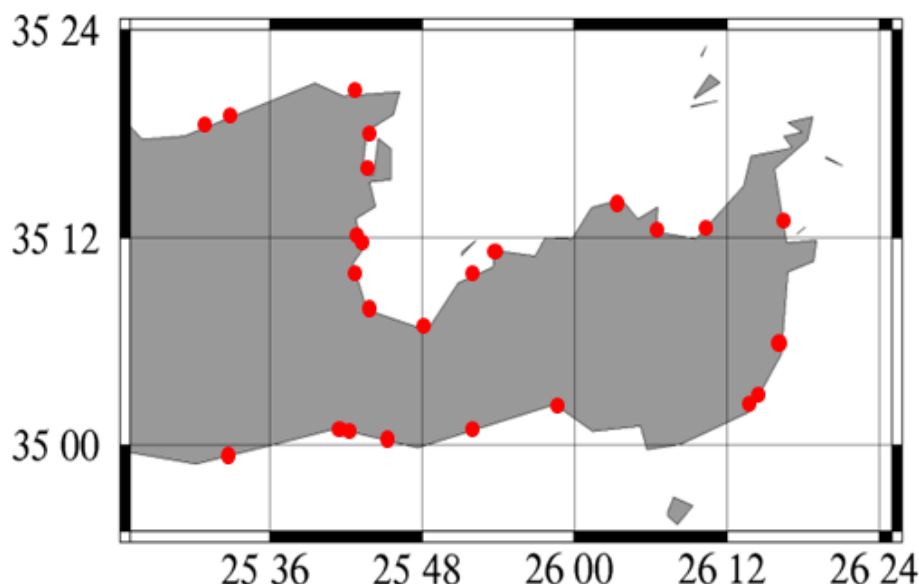
Η μέθοδος εκτίμησης της διαχρονική εξέλιξη ακτογραμμής με χρήση αεροφωτογραφιών, δορυφορικών εικόνων και μετρήσεων πεδίου εφαρμόστηκε πιλοτικά, ως περίπτωση μελέτης, σε επιλεγμένες παραλίες του νομού Λασιθίου. Καθώς, ο νόμος Λασιθίου αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα διάβρωσης, αποφασίστηκε η αξιολόγηση της κατάστασης του και της βιωσιμότητας των παραλιών που αυτός φιλοξενεί. Για το λόγο αυτό ήδη από το 2009 πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις πεδίου κατά τις οποίες αξιολογήθηκε το μεγαλύτερο μέρος της ακτογραμμής του Ν. Λασιθίου, συγκεντρώθηκαν και αξιολογήθηκαν μελέτες σχετικά με την παράκτια ζώνη, πάρθηκε φωτογραφικό υλικό από τις περιοχές το οποίο απεικονίζει το έντονο πρόβλημα διάβρωσης (εικόνα 6.1) και ερωτήθηκαν οι τοπικές κοινωνίες και οι αρμόδιοι φορείς σχετικά με το πρόβλημα διάβρωσης και τους τρόπους αντιμετώπισης του.



Εικόνα 6.1: Πάνω αριστερά, η παραλία του Μακρύ Γιαλού, Ιεράπετρας. Πάνω δεξιά, η παραλία ΕΟΤ, Άγιος Νικόλαος. Κάτω, η παραλία Άγιος Ανδρέας, Ιεράπετρα. Η λήψη πραγματοποιήθηκε τον Οκτώβριο του 2010.

Συνολικά, επιλέχθηκαν 25 τοποθεσίες (εικόνα 6.2) οι οποίες δύναται να απειλούνται από διάβρωση και έπρεπε να μελετηθεί η βιωσιμότητά τους (ΕΦΚΜ, 2011). Οι θέσεις αυτές

εντοπίστηκαν είτε στις επιτόπιες αυτοψίες, όπου διαπιστώθηκε η κακή κατάσταση της υγείας τους, είτε κατόπιν υπόδειξης από την Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λασιθίου και των τοπικών κοινοτήτων, οι οποίοι επισήμαναν ότι κυρίως λόγω παράκτιων παρεμβάσεων (κατασκευή λιμανιών, αλιευτικών καταφυγίων, παράκτιων δρόμων, κλπ) σημαντικά τμήματα των εν λόγω περιοχών έχουν διαβρωθεί/εξαφανιστεί. Να σημειωθεί πως και στις 25 τοποθεσίες υπάρχουν ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην παράκτια ζώνη.

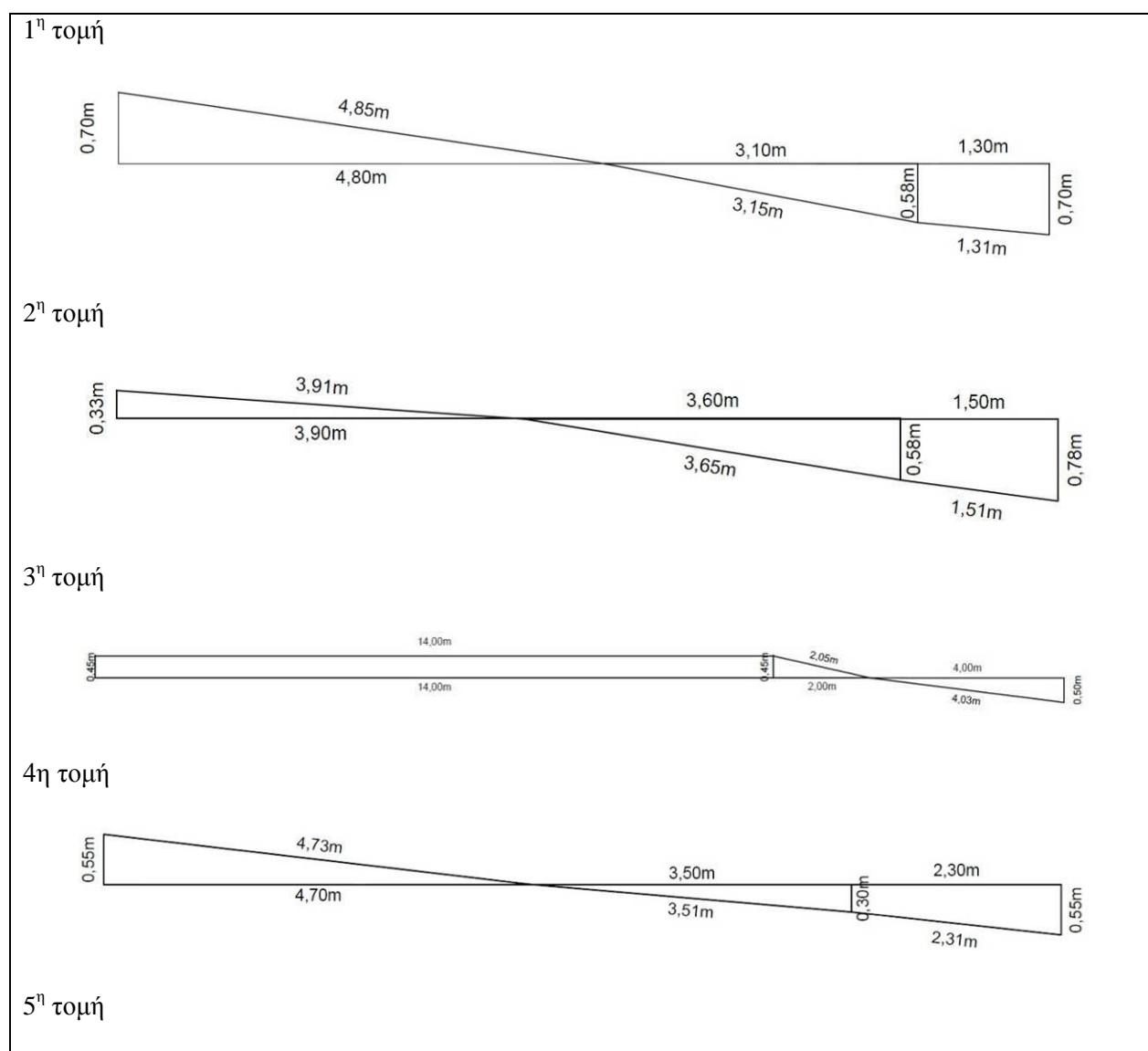


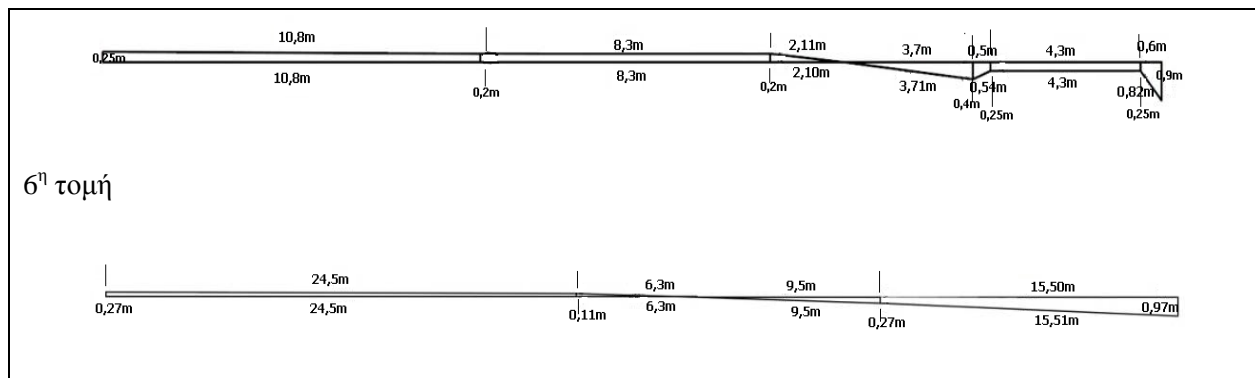
Εικόνα 6.2: Οι 25 περιοχές που μελετήθηκαν για φαινόμενα διάβρωσης.

Για την καταγραφή της διαχρονικής εξέλιξης της ακτογραμμής των επιλεγμένων περιοχών αναζητήθηκαν στοιχεία από παλαιότερες μελέτες. Για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της παραλίας (μήκος, πλάτος, κλίση, κλπ) πραγματοποιήθηκαν τομές, χρησιμοποιώντας σταθερά σημεία, σε επιλεγμένες θέσεις, οι οποίες εκτείνονταν και μέσα στη θάλασσα και μέχρι βάθους έως και 1,5m. Στις τομές αυτές μετρήθηκε η υψομετρική διαφορά και η απόσταση από κάποιο σταθερό σημείο, μετρώντας κάθε φορά και την κατεύθυνση της τομής (εικόνα 6.3, διάγραμμα 6.1,). Επιπροσθέτως, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με την χρήση RTK GPS.



Εικόνα 6.3: Σταθερές τομές για την μέτρηση του προφίλ της παραλίας ΕΟΤ, Άγιος Νικολάος.





Διάγραμμα 6.1: Προφίλ παραλίας ΕΟΤ Αγίου Νικολάου σε 6 επιλεγμένες θέσεις στις 12/10/2010.

Για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του ιζήματος, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία ιζήματος και στην συνέχεια χρησιμοποιώντας πρότυπα κόσκινα (sieves) προσδιορίστηκε η μέση διάμετρος των κόκκων (d_{50}), παράμετρος η οποία εκτός των άλλων προσδιορίζει και την καταλληλότερη διάσταση του ιζήματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εμπλουτισμό μίας παραλίας. Συγκεκριμένα, το χειμώνα του 2010, πραγματοποιήθηκαν κοκκομετρικές αναλύσεις σε πληθώρα παραλιών του Ν. Λασιθίου (πίνακας 6.2). Οι αναλύσεις αυτές είναι σημαντικές καθώς προσδίδουν τα τοπικά χαρακτηριστικά κάθε παραλίας.

Καθώς δεν βρέθηκαν στοιχεία από παλαιότερες μελέτες τα οποία μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της διαχρονικής εξέλιξης της ακτογραμμής των επιλεγμένων περιοχών, αποφασίστηκε να εφαρμοστεί πιλοτικά η μέθοδος της διαχρονικής εξέλιξης ακτογραμμής με χρήση αεροφωτογραφιών, δορυφορικών εικόνων και μετρήσεων πεδίου. Για το λόγο αυτό συγκεντρώθηκαν και επεξεργάστηκαν 88 αεροφωτογραφίες από την ΓΥΣ (ΗΜΓΣ, 2013), 42 δορυφορικές εικόνες της τελευταίας δεκαετίας (Google Inc., 2012) και πραγματοποιήθηκαν 5 έρευνες πεδίου στο χρονικό διάστημα 2009-2012. Το αεροφωτογραφικό υλικό που συγκεντρώθηκε μαρτυρεί από μόνο του την έντονη διάβρωση που έχουν υποστεί οι παραλίες του Ν. Λασιθίου και την χαμηλή βιωσιμότητά τους. Για παράδειγμα στην εικόνα 6.4 η έντονη διάβρωση σε μία περίπου δεκαετία γίνεται εμφανής, από την απουσία των δέντρων μπροστά από το στάδιο το 1987.



Εικόνα 6.4. Αεροφωτογραφίες της ΓΥΣ για την παραλία ΕΟΤ, Άγιος Νικόλαος το 1978 (αριστερά) και το 1987 (δεξιά).

Στην συνέχεια, οι αεροφωτογραφίες, οι δορυφορικές εικόνες όπως και οι μετρήσεις πεδίου εισήχθησαν στο λογισμικό πρόγραμμα Autocad (Autodesk, 2012) και χρησιμοποιώντας την μέθοδο της διαχρονικής εξέλιξης ακτογραμμής, η οποία αναλύθηκε παραπάνω, εκτιμήθηκε η υποχώρηση της ακτογραμμής στις 25 παράκτιες περιοχές μελέτης. Ως παράδειγμα των αποτελεσμάτων της μεθόδου παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη της παραλίας ΕΟΤ στην πόλη του Αγίου Νικολάου. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 6.1 και η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων στην εικόνα 6.5.

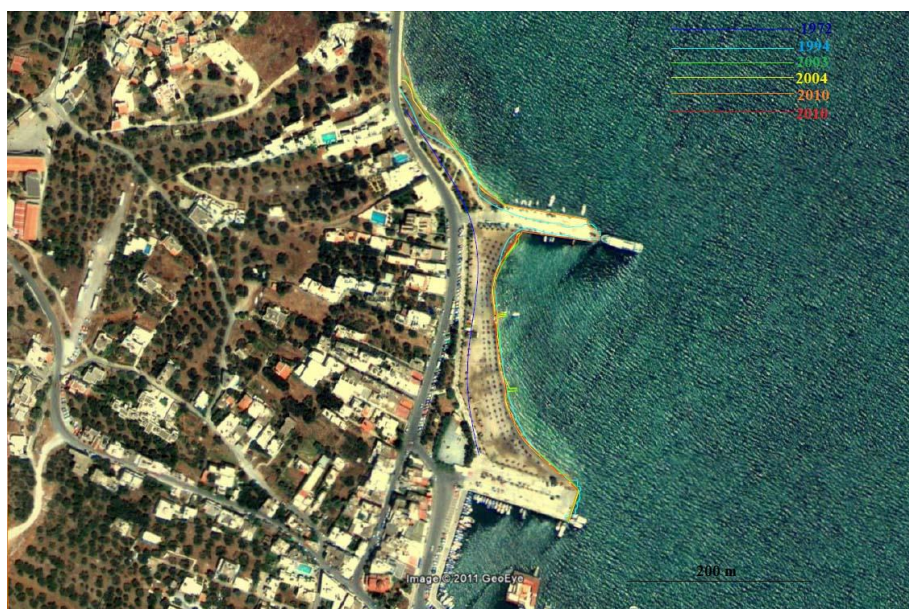
Πίνακας 6.1 Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή της μεθόδου της διαχρονικής εξέλιξης ακτογραμμής για την παραλία ΕΟΤ, Άγιος Νικόλαος

| Πηγή | ημερομηνία | Κλίμακα | Χρώμα |
|------------------|------------|----------|------------------------------|
| ΓΥΣ | 1978 | 1/15.000 | Γαλάζιο |
| ΓΥΣ | 13/07/1987 | 1/20.000 | Ανοικτό πράσινο |
| ΓΥΣ | 30/05/1995 | 1/8.000 | Πράσινο |
| Google Earth | 13/05/2003 | - | Κίτρινο |
| Google Earth | 19/06/2010 | - | Μαύρες διακεκομμένες γραμμές |
| Μετρήσεις πεδίου | 30/10/2010 | - | Κόκκινο |
| Μετρήσεις πεδίου | 14/12/2012 | - | Μαύρο |

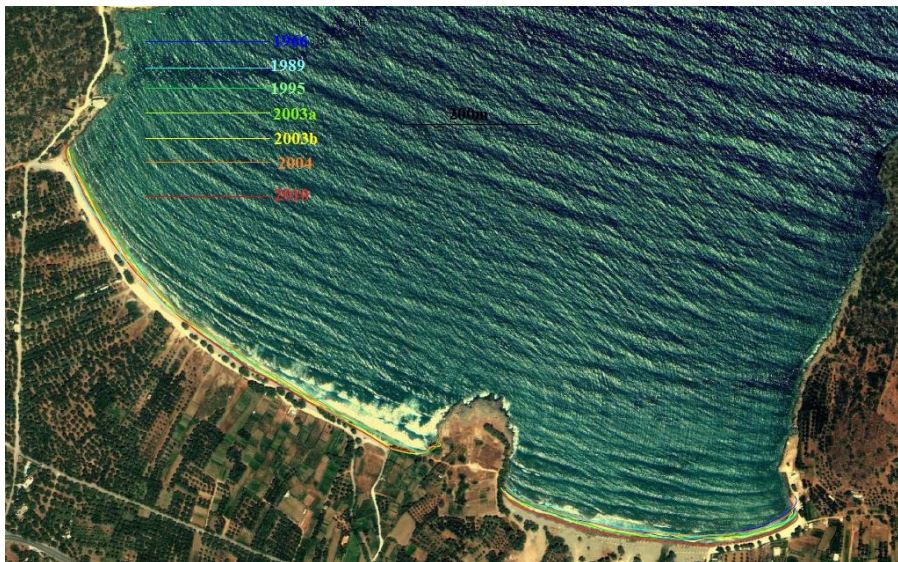


Εικόνα 6.5: Γραφική απεικόνιση της διαχρονικής εξέλιξης και υποχώρησης ακτογραμμής στην παραλία ΕΟΤ, Άγιος Νικόλαος για το διάστημα 1978 – 2012.

Εφαρμόζοντας την μέθοδο και στις 25 επιλεγμένες τοποθεσίες υπολογίστηκε η υποχώρηση της ακτογραμμής σε κάθε τοποθεσία (ενδεικτικά εικόνα 6.6 έως 6.12).



Εικόνα 6.6: Συγκριτική παράθεση της κατάστασης της ακτογραμμής στη δημοτική παραλία της Ελούντας από το 1966 έως το 2010.



Εικόνα 6.7: Διαχρονική εξέλιξη ακτογραμμής παραλίας Καλού Χωριού, Δήμου Μιραμπέλου.



Εικόνα 6.8: Διαχρονική εξέλιξη της παραλίας μπροστά από την ξενοδοχειακή μονάδα, Σίσι, Δήμου Μιραμπέλου.



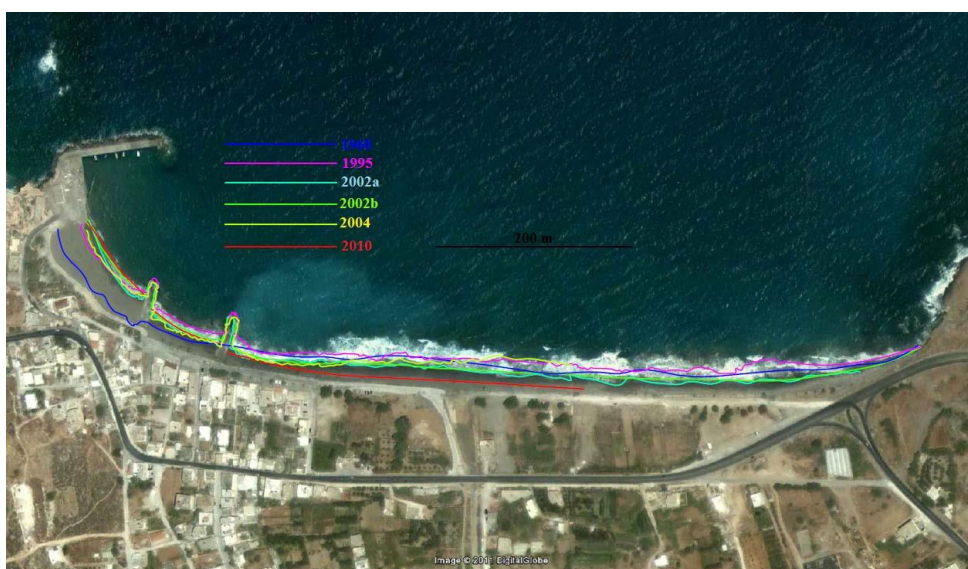
Εικόνα 6.9: Διαχρονική εξέλιξη της ανατολικής παραλίας του Αγίου Ανδρέα Ιεράπετρας από το 1978 έως το 2010.



Εικόνα 6.10: Διαχρονική εξέλιξη παράκτιας ζώνης Μύρτου Ιεράπετρας, από το 1989 έως το 2010.



Εικόνα 6.11: Διαχρονική εξέλιξη ακτογραμμής παράκτιας περιοχής Φερμών Ιεράπετρας, από το 1966 – 2005



Εικόνα 6.12: Διαχρονική εξέλιξη της ακτογραμμής στην παράκτια ζώνη της Παχιά Άμμου, Ιεράπετρα από το 1960 έως το 2010.

Τέλος, χρησιμοποιώντας την περίοδο αναφοράς κάθε τοποθεσίας υπολογίστηκε ο μέσος ρυθμός υποχώρησης ακτογραμμής για την αντίστοιχη περίοδο αναφοράς, ενώ από τις έρευνες πεδίου και τις μαρτυρίες των κατοίκων βρέθηκαν οι κύριες αιτίες που οδήγησαν στην διάβρωση (πίνακας 6.2).

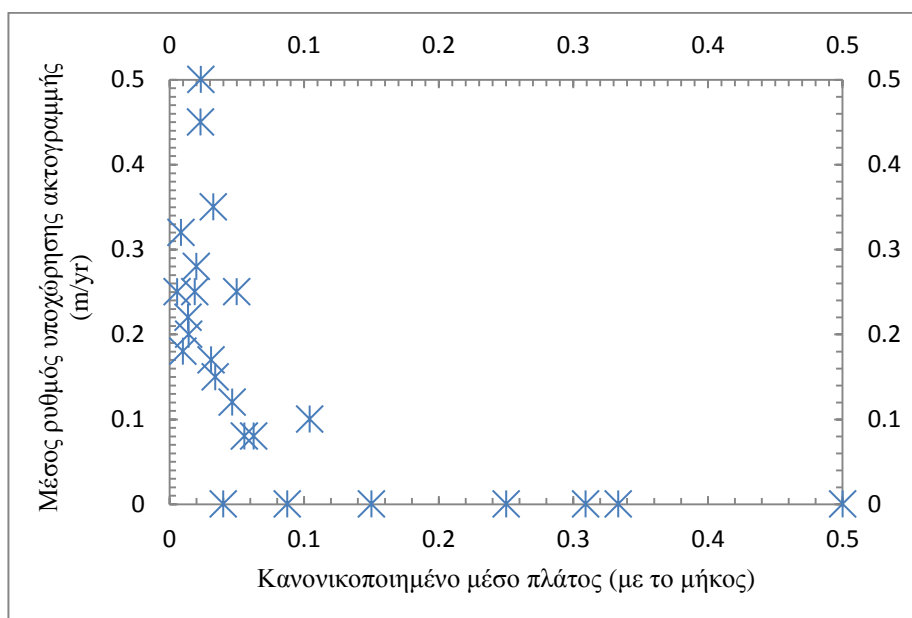
Πίνακας 6.2: Η υποχώρηση ακτογραμμής για τις 25 επιλεγμένες τοποθεσίες του νομού Λασιθίου.

| Τοποθεσία | Υποχώρηση ακτογραμμής (m/έτος) | Χρονική περίοδος | Σχόλια/Αίτια |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------|---|
| Κιτροπλατεία | 0 | 1975-2012 | - |
| Παραλία ΕΟΤ | 0.25 | 1972-2012 | Αστικοποίηση, αμμοληψίες, θαλάσσιος τοίχος και μαρίνα |
| Βαθύ | 0 | 1995-2012 | Σταθερή τεχνητή παραλία |
| Ελούντα | 0 | 1966-2012 | Σταθερή τεχνητή παραλία |
| Πλάκα | 0.08 | 1966 - 2012 | Αστικοποίηση |
| Σκινιάς | 0 | 1992-2012 | - |
| Καλό Χωριό | 0.22 | 1966-2012 | Αμμοληψίες από την κοίτη χειμάρρου, θαλάσσιος τοίχος |
| Μίλατος | 0.35 | 1995-2012 | Αστικοποίηση, λιμένας |
| Σίσι | 0.23 | 1967-2012 | Αστικοποίηση, λιμένας |
| Ιεράπετρα | 0.45 | 1978-2012 | Αστικοποίηση, λιμένας, αμμοληψίες, θαλάσσιος τοίχος |
| Γρα Λυγιά | 0.28 | 1960-2012 | Λιμένας, παράκτιος δρόμος, πρόβολοι |
| Στόμιο | 0.5 | 1987-2012 | Επεμβάσεις στην κοίτη χειμάρρου |
| Μύρτος | 0.45 | 1989-2012 | Αστικοποίηση, λιμένας, αμμοληψίες, θαλάσσιος τοίχος |
| Φέρμα | 0.15 | 1996-2012 | Αστικοποίηση, αμμοληψίες, παράκτιος δρόμος |
| Παχεία Άμμος | 0.25 | 1995-2012 | Λιμένας, πρόβολοι |
| Θόλος | 0.08 | 1994 - 2012 | Θαλάσσιος τοίχος, παράκτιος δρόμος |
| Μακρύς γυαλός-Κουτσουνιάς | 0.2 | 1966-2012 | Αστικοποίηση, λιμένας, παράκτιος δρόμος, πρόβολοι |
| Κάτω Ζάκρος | 0.17 | 1966-2012 | Θαλάσσιος τοίχος, τοπική διάβρωση |
| Κουρεμένος | 0.18 | 1995-2012 | Λιμένας, παράκτιος δρόμος |
| Ξερόκαμπος | 0 | 1995-2012 | - |
| Άματος | 0 | 2002-2012 | - |
| Μόχλος | 0.12 | 2002-2012 | Λιμένας |
| Αγία Φωτιά | 0.25 | 1992-2012 | Παράκτιος δρόμος |

| | | | |
|--------------------|------|-----------|---|
| Σητία | 0.32 | 1966-2012 | Αστικοποίηση, λιμένας, αμμοληψίες, θαλάσσιος τοίχος |
| Παναγία Φανερωμένη | 0 | 1995-2010 | - |

6.1.1 Κανονικοποίηση αποτελεσμάτων

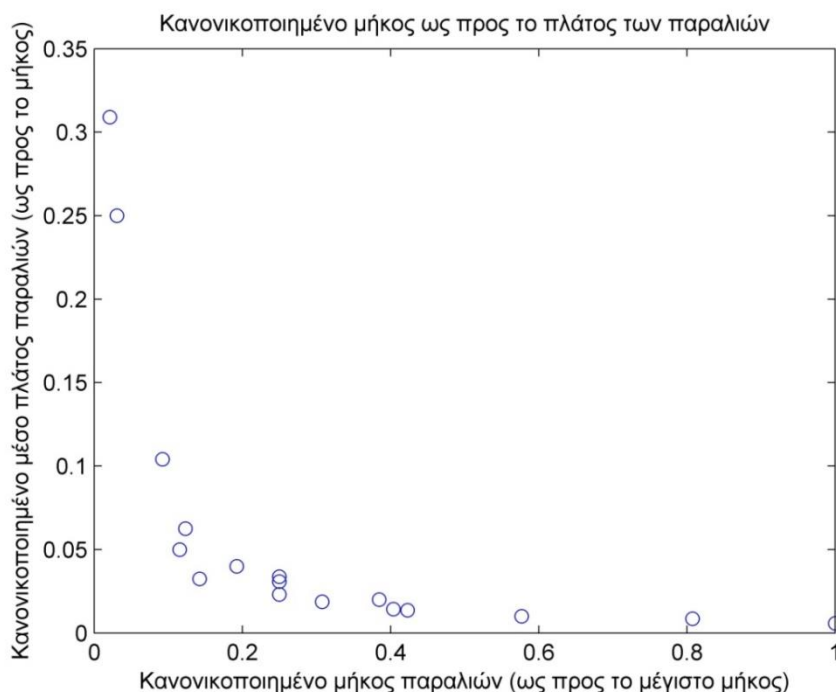
Καθώς βρέθηκε πως παραλίες του Ν. Λασιθίου αντιμετωπίζουν πρόβλημα διάβρωσης αποφασίστηκε να γίνει κανονικοποίηση των αποτελεσμάτων ως προς το πλάτος και το μήκος τους. Ο λόγος είναι η αναγνώριση του μοτίβου διάβρωσης σε παραλίες περιορισμένου μήκους (παραλίες τσέπης) και σε παραλίες μεγάλου μήκους (έως 2.5 km στην περίπτωση μελέτης). Για τον σκοπό αυτό το μέσο πλάτος κάθε περιοχής μελέτης διαιρέθηκε με το αντίστοιχο μήκος και ο κανονικοποιημένος λόγος αρχικά συσχετίστηκε με την μέση διάβρωση που αντιμετωπίζει η κάθε περιοχή, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 6.1.



Διάγραμμα 6.1: Κανονικοποιημένος μέσο πλάτος, προς το μήκος κάθε περιοχής μελέτης ως τον αντίστοιχο μέσο ρυθμό υποχώρησης.

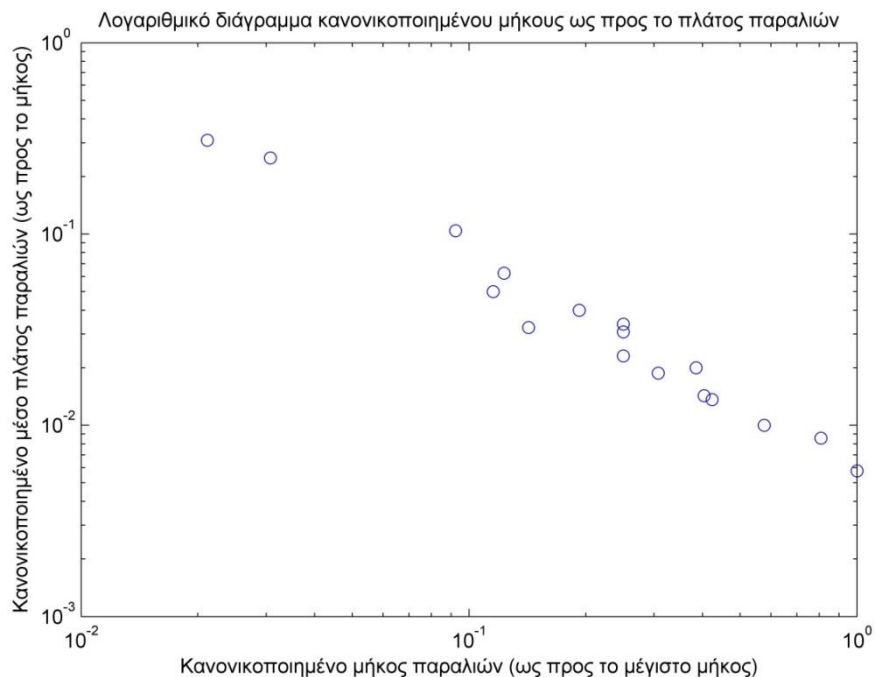
Όπως είναι εμφανείς στο διάγραμμα 6.1 η υποχώρηση ακτογραμμής είναι αντίστροφος ανάλογη του κανονικοποιημένου πλάτους προς το μήκος, για κανονικοποιημένες τιμές έως περίπου 0.1. Για τις πέντε υψηλότερες (από 0.15 έως 0.5) κανονικοποιημένες τιμές, οι οποίες αντιστοιχούν σε τοποθεσίες μικρού μήκους, συγκεκριμένα έως 200 m, παρατηρούμε ότι η διάβρωση είναι μηδενική. Συνεπώς, προκύπτει ότι οι παραλίες περιορισμένου πλάτους (παραλίες τσέπης) είναι πιο σταθερές από τις παραλίες μεγάλου μήκους, το οποίο είναι αναμενόμενο.

Στην συνέχεια επιχειρήθηκε να πραγματοποιηθεί συσχετισμός μεταξύ του σημερινού και του ιστορικού μήκους και πλάτους των φυσικών αμμωδών παραλιών του Ν. Λασιθίου. Για το λόγο αυτό από τις 25 περιοχές μελέτης επιλέχθηκαν οι 19, εξαιρώντας τεχνητές παραλίες (Βαθύ και Ελούντα), παραλίες που περιέχουν κροκάλα (πλάκα) και παραλίες που δεν έχουν επαρκή τροφοδοσία ιζήματος και δημιουργήθηκαν κυρίως από διάβρωση τοπικών γεωλογικών σχηματισμών (Άματος, Μόχλος, Σκινιάς, Στόμιο). Το μήκος κάθε παραλίας συσχετίστηκε με το σημερινό και με το ιστορικό (από το 1960 έως το 1995, ανάλογα με την περιοχή) κανονικοποιημένο πλάτος (ως προς το μήκος), ώστε να αναγνωριστεί ο σημερινός και ο ιστορικός συσχετισμός μεταξύ του μήκους και πλάτους των αμμωδών παραλιών του νομού. Αρχικά σχεδιάστηκε μήκος ως προς το σημερινό κανονικοποιημένο πλάτος (προς το μήκος) όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.2.



Διάγραμμα 6.2: Μήκος παραλίας ως προς το κανονικοποιημένο (προς το μήκος) μέσο πλάτος τους.

Όπως είναι εμφανές η σχέση μεταξύ μήκους και κανονικοποιημένου πλάτους (προς το μήκος) δεν είναι γραμμική αλλά είναι μονώνυμο της μορφής $y=ax^c$, τα δεδομένα σχεδιάστηκαν σε λογαριθμικό - λογαριθμικό (log-log), με βάση το 10, διάγραμμα (Διάγραμμα 6.3).



Διάγραμμα 6.3: Κανονικοποιημένο μήκος (προς μέγιστο) παραλίας ως προς το κανονικοποιημένο (προς το μήκος) μέσο πλάτος τους.

Όπως είναι εμφανές από το διάγραμμα 6.3 υπάρχει καλός συσχετισμός μεταξύ μήκους και κανονικοποιημένου πλάτους (προς μήκος) παραλιών. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης και σχεδιάζοντας την ευθεία ελάχιστων τετραγώνων (εκθετική), ο συσχετισμός βρέθηκε πως είναι πολύ καλός, με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.9725$. Καθώς υπάρχει πολύ καλός συσχετισμός, αναζητήθηκε η σχέση μεταξύ του μήκους και του πλάτους των αμμωδών φυσικών παραλιών που εξετάστηκαν. Βρέθηκε πως στατιστικά η σχέση που ισχύει δίνεται από την εξίσωση:

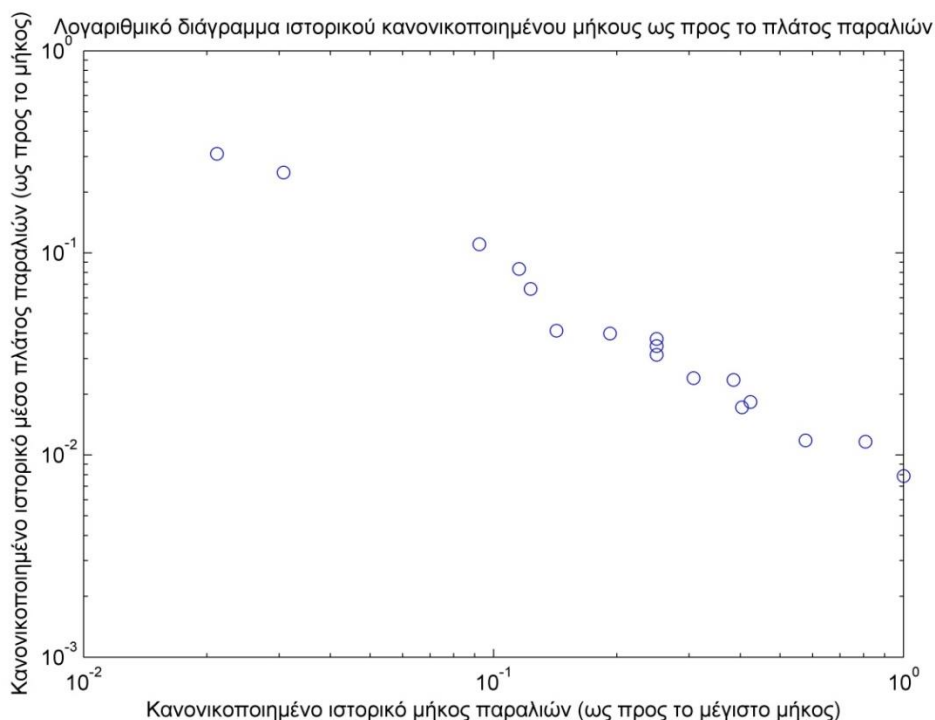
$$y=23.47x^{-0.05} \quad (6.1)$$

όπου y το πλάτος της παραλίας και x το μήκος τους.

Συνεπώς, στατιστικά μιλώντας, οι μικρές (παραλίες τσέπης) σε μήκος παραλίες του νομού τείνουν να έχουν μέσο πλάτος περίπου 19 m ενώ οι μεγάλες σε μήκος παραλίες τείνουν να έχουν μέσο πλάτος περίπου 16 m. Ας σημειωθεί πως όσο αυξάνεται το μήκος τόσο αυξάνεται και το εύρος των τιμών του μέσου πλάτους. Άρα στατιστικά το μέσο πλάτος των παραλιών του νομού κυμαίνεται σε πολύ μικρό εύρος, από περίπου 16 έως 19 m, ενώ όσο μικραίνει το μήκος της παραλίας τόσο αυξάνει το μέσο πλάτος τους.

Στην συνέχεια για να βρεθεί ποια ήταν ιστορικά η σχέση μεταξύ του μήκους με το μέσο πλάτους των παραλιών του Ν. Λασιθίου τα δεδομένα ξανασχεδιάστηκαν χρησιμοποιώντας το ιστορικό μέσο πλάτος των παραλιών, το οποίο ανάλογα με την παραλία έχει περίοδο αναφοράς από το 1960 έως το 1995. Για το λόγο αυτό το μήκος κάθε παραλίας συσχετίστηκε με το ιστορικό κανονικοποιημένο πλάτος (ως προς το μήκος), και ομοίως καθώς η σχέση δεν

βρέθηκε γραμμική αλλά της μορφής $y=ax^c$, τα δεδομένα σχεδιάστηκαν σε λογαριθμικό - λογαριθμικό (log-log) διάγραμμα (Διάγραμμα 6.4).



Διάγραμμα 6.4: Μήκος παραλίας ως προς το κανονικοποιημένο (προς το μήκος) ιστορικό πλάτος τους.

Όπως είναι εμφανές από το διάγραμμα 6.3 υπάρχει και πάλι καλός συσχετισμός μεταξύ μήκους και κανονικοποιημένου πλάτους (προς μήκος) παραλιών. Συγκεκριμένα, ο συσχετισμός, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης, βρέθηκε πως είναι πολύ καλός, με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.9792$. Η σχέση μεταξύ του μήκους και του ιστορικού μέσου πλάτους των αμμωδών φυσικών παραλιών βρέθηκε πως δίνεται από την εξίσωση:

$$y=18.276x^{0.02} \quad (6.2)$$

όπου y το πλάτος της παραλίας και x το μήκος τους.

Συνεπώς, στατιστικά μιλώντας, οι μικρές (παραλίες τσέπης) σε μήκος παραλίες του νομού έτειναν να έχουν μέσο πλάτος περίπου 20 m ενώ οι μεγάλες σε μήκος παραλίες έτειναν να έχουν μέσο πλάτος περίπου 21 m. Άρα στατιστικά το μέσο πλάτος των αμμωδών παραλιών του νομού κυμαίνονταν σε πολύ μικρό εύρος, από 20 έως 21 m, ενώ το μέσο πλάτος των παραλιών αυξάνονταν όσο αυξάνονταν το μήκος τους.

6.1.1 Συμπεράσματα

Συνεπώς, το πρώτο συμπέρασμα είναι ότι οι φυσικές αμμώδεις παραλίες του νομού, στις οποίες έχει υπάρξει ανθρωπογενείς παρέμβαση, παρουσιάζουν σχετικά πολύ μικρό μέσο πλάτος, το οποίο σήμερα είναι περίπου 19 m για παραλίες μικρού μήκους (παραλίες τσέπης)

ενώ οι μεγάλες σε μήκος παραλίες τείνουν να έχουν μικρότερο μέσο πλάτος, περίπου 16 m (εξίσωση 6.1). Να σημειωθεί ότι όσο αυξάνει το μήκος των παραλιών τόσο αυξάνει το εύρος των τιμών του μέσου πλάτους τους, όπως φαίνεται και στον πίνακα 6.2. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί κυρίως σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις καθώς σε πολλές από αυτές επεμβάσεις έχουν οδηγήσει σε τοπική διάβρωση και εξαφάνιση τμημάτων της παραλίας (πλάτος 0 m) ενώ σε άλλα κομμάτια έχει υπάρξει μη φυσική τοπική πρόσχωση που έχει οδηγήσει στην σημαντική αύξηση του πλάτους στα τμήματα αυτά.

Όσο αναφορά το ιστορικό μέσο πλάτος των παραλιών παρατηρούμε παρουσιάζουν σχετικά παρόμοιο μέσο πλάτος, περίπου 20 m για παραλίες μικρού μήκους (παραλίες τσέπης) ενώ αντιθέτως οι μεγάλες σε μήκος παραλίες έτειναν να έχουν μεγαλύτερο μέσο πλάτος, το οποίο έφτανε τα περίπου 21 m (εξίσωση 6.2). Συνεπώς, συγκρίνοντας το ιστορικό με το σημερινό μέσο πλάτος φυσικών παραλιών του νομού, των οποίων η παράκτια ζώνη έχει υποστεί ανθρωπογενείς παρέμβαση, παρατηρούμε ότι οι μικρές σε μήκος παραλίες δεν έχουν υποχωρήσει σημαντικά (1 m μέση υποχώρηση) και τα μέσο πλάτος τους παραμένει σχετικά σταθερό. Αντιθέτως, οι μεγαλύτερες σε μήκος παραλίες παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στο ιστορικό και σημερινό μέσο πλάτος τους. Συγκεκριμένα, κατά τις τελευταίες δεκαετίες (περίοδο αναφορά μεταξύ 1960 και 1995) οι μεγάλου μήκους παραλίες (έως περίπου 2.5 km) έχουν υποχωρήσει, στατιστικά, κατά περίπου 5 m ή έχουν χάσει περίπου το 30 % του μέσου πλάτους τους.

Συνεπώς, όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος μιας παραλίας τόσο περισσότερες πιθανότητες έχει να επηρεαστεί από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και τόσο πιο επιρρεπείς είναι στην διάβρωση.

6.2 Αξιολόγηση της υγείας παράκτιων κυψελών/παραλιών

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αναγνωρίστηκε ότι η παράκτια ζώνη της Ελλάδας δέχεται σημαντικές ανθρωπογενείς πιέσεις οι οποίες έχουν οδηγήσει σε σημαντική υποβάθμιση της, ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες. Οι πιέσεις σχετίζονται με την έντονη αστικοποίηση, τις επεμβάσεις στις λεκάνες απορροής, την έλλειψη Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης (ΟΔΠΖ) αλλά σε λανθασμένες αντιλήψεις και σε κακές πρακτικές. Οι παραπάνω λόγοι οδήγησαν και στην υποβάθμιση της υγείας της παράκτιας ζώνης του Ν. Λασιθίου, αλλά μέχρι στιγμής δεν υπάρχει επιστημονική μεθοδολογία για τον υπολογισμό της υγείας και του βαθμού υποβάθμισης της παράκτιας ζώνης. Συνεπώς, χρησιμοποιώντας ως περίπτωση μελέτης δημιουργήθηκαν οι υγείας των παράκτιων κυψελών/παραλιών του Ν. Λασιθίου, οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή σε όλη την παράκτια ζώνη της Ελλάδας αλλά και άλλων περιοχών με παρόμοια χαρακτηριστικά. Για το λόγο αυτό η παράκτια ζώνη χωρίστηκε στα βασικά συστατικά που μπορούν και πρέπει να αξιολογούνται, δηλαδή στις παράκτιες κυψέλες και στις

παραλίες που αυτές φιλοξενούν. Στη συνέχεια για την ανάδειξη των προβλημάτων και την επισήμανση των σωστών πρακτικών δημιουργήθηκε ο οδηγός αξιολόγησης παράκτιας κυψέλης/παραλίας μέσω των δεικτών βιώσιμης ανάπτυξης που δημιουργήθηκαν για τον σκοπό αυτό. Αναλυτικά οδηγός αξιολόγησης παράκτιας κυψέλης/παραλίας παρουσιάζεται στο Παράρτημα Ι.

6.2.1 Βιώσιμη Ανάπτυξη παράκτιας κυψέλης/παραλίας

Οι δείκτες βιώσιμης ανάπτυξης της παράκτιας κυψέλης και παραλιών εφαρμόστηκαν σε περίπτωση μελέτης στις 25 επιλεγμένες περιοχές του Ν. Λασιθίου, η βιωσιμότητα των οποίων βρέθηκε να είναι χαμηλή. Με την εφαρμογή τους αναδείχθηκαν τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η διαβρωμένη παραλία αλλά και η αστικοποιημένη και οχυρωμένη παράκτια ζώνη. Επιπροσθέτως, η εφαρμογή της τόνισε σωστές πρακτικές οι οποίες μπορεί να βελτιώσουν την μελλοντική βιωσιμότητα της παράκτιας ζώνης/παραλίας. Συνοψίζοντας, η εφαρμογή των δεικτών βιώσιμης ανάπτυξης της παράκτιας κυψέλης και παραλιών βρέθηκε να είναι ικανοποιητική και η χρήση τους μπορεί να βοηθήσει παράκτιες κοινότητες και αρχές να αναγνωρίσουν τα προβλήματα των παράκτιων ζωνών/παραλιών τους και να βρουν τρόπους να βελτιώσουν την υγεία τους.

Επιπροσθέτως, θα πρέπει να αναφερθεί ότι μεταξύ των 96 δεικτών που ανέπτυξε η Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Αειφόρο Ανάπτυξη (CSD) δεν βρίσκονται δείκτες που αφορούν την υγεία και την βιώσιμη ανάπτυξη της παράκτιας κυψέλης και των παραλιών (Φωτεΐνης et al., 2012). Συνεπώς, προτείνεται, λόγω των πιέσεων από την υπέρμετρη ανάπτυξη που δέχονται οι παράκτιες κυψέλες και παραλίες καθώς και τα πολυσύνθετα οικοσυστήματα τα οποία αυτές φιλοξενούν (Ray, 1991) να διευρυνθούν οι Δείκτες Βιώσιμης ανάπτυξης της Επιτροπής για την Αειφόρο Ανάπτυξη (CSD) και να συμπεριληφθούν οι Δείκτες Υγείας Παράκτιας Κυψέλης/Παραλιών. Με την χρήση των δεικτών αυτών μπορεί να αξιολογηθεί η υγεία της παράλίας κυψέλης/παραλίας όσο και η βιώσιμη της ανάπτυξη. Οι παραπάνω δείκτες μπορούν να ενσωματωθούν στους περιβαλλοντικούς (environmental) δείκτες της Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Αειφόρο Ανάπτυξη, στην ενότητα Ωκεανοί, θάλασσες και ακτές (Oceans, Seas and Coasts) και στην υποενότητα που αφορά την παράκτια ζώνη (Coastal Zone) (United Nations, 2007). Η σημαντικότητα των δεικτών έγκειται στο γεγονός ότι εκτός του ότι επιτυγχάνεται η άμεση αξιολόγηση της περιοχής μελέτης, υπάρχει επίσης και η δυνατότητα, αν συλλεχθούν δεδομένα για τις παράκτιες κυψέλες/παραλίες μιας περιοχής ή και χώρας να εξαχθούν συμπεράσματα τόσο για την συνολική κατάσταση της παράκτιας ζώνης της όσο και να βρεθούν τρόποι για την βιώσιμη της ανάπτυξη στο μέλλον.

6.3 Κατανόηση και βιώσιμη αντιμετώπιση του προβλήματος

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αναγνωρίστηκε το πρόβλημα διάβρωσης των Ελληνικών ακτογραμμών, εφαρμόστηκαν πρωτότυποι μέθοδοι για την εκτίμηση των ρυθμών υποχώρησης και βρέθηκαν και οι κύριες αιτίες διάβρωσης. Επιπροσθέτως, μετά από προσωπική επικοινωνία του υποψηφίου διδάκτωρ με ομάδες που δραστηριοποιούνται στην παράκτια ζώνη βρέθηκε πως ο βαθμός επίγνωσης των παράκτιων διεργασιών και των επιπτώσεων που επιφέρουν στην παράκτια ζώνη ανθρώπινες παρεμβάσεις είναι μικρός. Καθώς ποσοτικά στοιχεία που αφορούν τη γνώση και δυνατότητας κατανόησης και βιώσιμης αντιμετώπισης του προβλήματος της διάβρωσης, δεν υπάρχουν κομμάτι της διατριβής εστιάστηκε στον σκοπό αυτό. Για τον λόγο αυτό, στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος (ΕΦΚΜ, 2011) ο υποψήφιος διδάκτορας αξιολόγησε τον βαθμό επίγνωσης, όσον αφορά την παράκτια διάβρωση τεσσάρων διαφορετικών ομάδων που αλληλεπιδρούν και δραστηριοποιούνται στην παράκτια ζώνη. Συγκεκριμένα, ερωτήθηκαν α) μέλη τοπικών παράκτιων κοινοτήτων, β) τοπικές αιρετές αρχές, γ) άμεσα εμπλεκόμενοι με την παράκτια, όπως ξενοδόχοι, μαγαζάτορες κλπ και δ) οι αρμόδιοι μηχανικοί τοπικών δημοτικών διαμερισμάτων.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίζεται στην μέθοδο που ανέπτυξε ο Synolakis and Okal (2005) και αφορά στη συλλογή δεδομένων που σχετίζονται με παλιρροϊκά κύματα από αυτόπτες μάρτυρες (Synolakis and Okal, 2005). Συγκεκριμένα, μέλη από τις παραπάνω ομάδες ερωτήθηκαν, αυτοπρόσωπος ή κατόπιν επικοινωνίας μέσω τηλεφώνου, ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail) και τηλεομοιότυπου (fax), ώστε να αξιολογηθεί η γνώση τους στα παρακάτω θέματα:

- Εξοικείωση με τις βασικές αρχές της παράκτιας μηχανικής (τι ονομάζουμε ύψος, μήκος και περίοδο κύματος, τι γνωρίζεται για τα ρεύματα, την ιζηματομεταφορά και για το εποχιακό προφίλ παραλίας)
- Ικανότητα εντοπισμού ευάλωτων σε διάβρωση περιοχών (διαβρωμένες ακτές, ενεργή διάβρωση, πιθανή διάβρωση στο άμεσο μέλλον λόγω πρόσφατων ανθρώπινων παρεμβάσεων όπως λιμάνια, παράκτιοι δρόμοι, αμμοληψίες και φράγματα)
- Υφιστάμενες λύσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος (καμιά αντιμετώπιση, βαριές κατασκευές όπως πρόβολοι και κυματοθραύστες, θωράκιση ακτογραμμής με θαλάσσιος τοίχους, και ήπιες λύσεις όπως αναπλήρωση ακτογραμμής και τεχνητοί ύφαλοι).

Κατόπιν οι απαντήσεις συγκεντρώθηκαν και αποτελέσματα για την γνώση και δυνατότητα κατανόησης και βιώσιμης αντιμετώπισης του προβλήματος της διάβρωσης

εξήχθησαν. Από τους 9 δήμους/κοινοτικά διαμερίσματα που ερωτήθηκαν, απάντησαν τα 7. Η συνολική γνώση και ωριμότητα για την βιώσιμη αντιμετώπιση του προβλήματος, βρέθηκε να είναι χαμηλή, κάτι το οποίο αντικατοπτρίζει την κατάσταση στην υπόλοιπη Ελλάδα. Σε σχέση με τις παραπάνω ερωτήσεις βρέθηκε ότι περίπου το 40% των παράκτιων κοινοτήτων και τοπικών αρχών, το 50% των εμπλεκόμενοι με την παράκτια και το 90 % αρμόδιων μηχανικών των τοπικών δημοτικών διαμερισμάτων ήταν η εξοικειωμένοι με τις βασικές αρχές της παράκτιας μηχανικής. Ας σημειωθεί πως μόνο οι αρμόδιοι μηχανικοί των τοπικών δημοτικών διαμερισμάτων ήταν εξοικειωμένοι με το εποχιακό προφίλ παραλίας, την ιζηματομεταφορά (πηγές/καταβόθρες ιζήματος) και μπορούσε με ευκολία να εντοπίσει ευάλωτες ακτές σε διάβρωση. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι οι παράκτιες κοινότητες και οι τοπικές αρχές ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν ευάλωτες περιοχές μόνο όταν η διάβρωση είχε προχωρήσει σημαντικά και απειλούσε ιδιοκτησίες. Από την άλλη πλευρά οι άμεσα εμπλεκόμενοι με την παράκτια ζώνη μπορούσαν να εντοπίσουν ευάλωτες περιοχές πιο εύκολα, αφού μειωμένο το πλάτος παραλίας έχει άμεσες αρνητικές επιπτώσεις για τις επιχειρήσεις τους.

Τέλος, όλοι οι ερωτώντες ήταν εξοικειωμένοι μόνο με σκληρές λύσεις για την αντιμετώπιση της διάβρωσης, ενώ το μοτίβο σκέψης που αναγνωρίστηκε ήταν ότι η διάβρωση δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί μόνο με βαριές κατασκευές. Όταν φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις, όπως η αναπλήρωση παραλίας, ήρθε εις γνώση τους, μόνο οι άμεσα εμπλεκόμενοι εξέφρασαν θετικές γνώμες. Επιπροσθέτως, οι τοπικές κοινωνίες και αρχές ήταν αποκλειστικά υπέρ των βαριών κατασκευών και η αντίληψή που επικρατούσε ήταν ότι όσο μεγαλύτερη και πιο ορατή η κατασκευή τόσο αποδοτικότερη είναι. Οι αρμόδιοι μηχανικοί (μέση ηλικία περίπου 40 ετών) πρότεινα μόνο βαριές κατασκευές, καθώς ο κύριος ισχυρισμός ήταν ότι κατά τη διάρκεια των σπουδών τους δεν άκουσαν ποτέ για ήπιες λύσεις και συνεπώς δεν τις γνώριζαν.

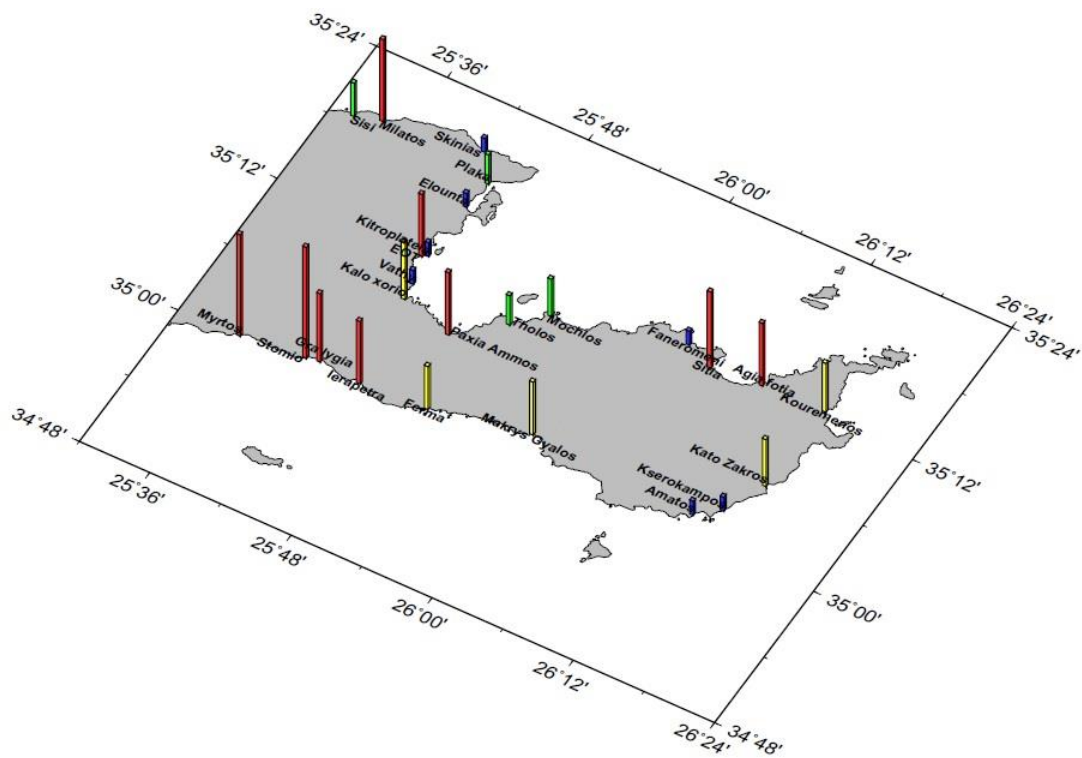
Συμπερασματικά, παρατηρήθηκε ότι η γνώση και ωριμότητα αντιμετώπισης της παράκτιας διάβρωσης, τόσο των τοπικών παράκτιων κοινοτήτων και αρχών, όσο και των άμεσα εμπλεκόμενων και των αρμόδιων μηχανικών ήταν χαμηλή, και όταν η διάβρωση απειλούσε ανθρώπινες κατασκευές, η συνήθης πρακτική ήταν η αντιμετώπιση της με βαριές κατασκευές, όπως και στην υπόλοιπη Ελλάδα άλλωστε. Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι καμία από τις 18 ωκεανογραφικές και μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που αξιολογήθηκαν (Παράρτημα II) και αφορούσαν τον νομό Λασιθίου, δεν εξέτασε ήπιες λύσεις για την αντιμετώπιση της διάβρωσης. Τουναντίον, σε όλες τις περιπτώσεις προτάθηκαν βαριές κατασκευές, η μηχανική των οποίων δεν βασίστηκε σε πραγματικές μετρήσεις κυμάτων και ρευμάτων ή άλλα πρωτογενή δεδομένα. Συνοψίζοντας, η χαμηλή γνώση και ωριμότητα αντιμετώπισης της παράκτιας διάβρωσης που παρατηρήθηκε στον νομό Λασιθίου

αντικατοπτρίζει την κατάσταση στην Ελλάδα, ενώ βασικό πρόβλημα αποτελεί η πλήρης έλλειψη ΟΔΠΖ.

6.4 Χάρτης επικινδυνότητας διάβρωσης

Δεδομένου ότι οι τοπικές αρχές και παράκτιες κοινότητες του πρώην νομού Λασιθίου δεν ήταν ώριμες και σε θέση να προσδιορίσουν ευάλωτες περιοχές, τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση της μακροχρόνιας εξέλιξης των 25 επιλεγμένων περιοχών του νομού Λασιθίου, χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία ενός χάρτη επικινδυνότητας παράκτιας διάβρωσης (εικόνα 5.13). Για την δημιουργία του χάρτη χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της διαχρονικής εξέλιξης ακτογραμμής, τα αποτελέσματα της οποίας μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση επικινδυνότητας σε διάβρωση μιας παραλίας έως και μια ολόκληρης παράκτιας ζώνης. Ως περίπτωση μελέτης χρησιμοποιήθηκε ο νομός Λασιθίου ώστε να βρεθούν να προβλήματα που αντιμετωπίζει και να αναδειχθούν τα προβλήματα ώστε να βελτιωθεί η ωριμότητα των τοπικών αρχών και να επιτευχθεί η βιώσιμη αντιμετώπιση τους.

Για την καλύτερη απεικόνιση των αποτελεσμάτων η υποχώρηση ακτογραμμής χωρίστηκε σε τέσσερις κατηγορίες, την υψηλή (>0.25 m/έτος), τη μέση (0.15 έως 0.25m/έτος), τη χαμηλή (0.05-0.15 m/έτος) και τις σταθερές ακτογραμμές (~ 0 m/έτος). Χρησιμοποιώντας το σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (ΣΓΠ) - Geographic Information Systems (GIS) και συγκεκριμένα το λογισμικό πρόγραμμα ArcGIS (ESRI, 2011), και εισάγοντας τις παραπάνω κατηγορίες ως δεδομένα δημιουργήθηκε χάρτης επικινδυνότητας παράκτιας διάβρωσης (εικόνα 5.13). Αυτός απεικονίζει, την πληροφορία σχετικά με την υγεία της ακτογραμμής με ιδιαίτερη σαφήνεια και εντοπίζει τις ευάλωτες σε διάβρωση περιοχές. Η κατασκευή του χάρτη είναι μείζονος σημασίας για τους κεντρικές και τοπικές αρχές, τους φορείς λήψης αποφάσεων, αλλά και τις τοπικές κοινωνίες καθώς βοηθάει να κατανοήσουν το πρόβλημα, να αναδειχθούν οι πιο ευάλωτες περιοχές και να βελτιωθεί με τον τρόπο αυτό η ωριμότητα τους στην αντιμετώπιση της διάβρωσης.



Εικόνα 6.13: Χάρτης επικινδυνότητας παράκτιας διάβρωσης για τον Νομό Λασιθίου.

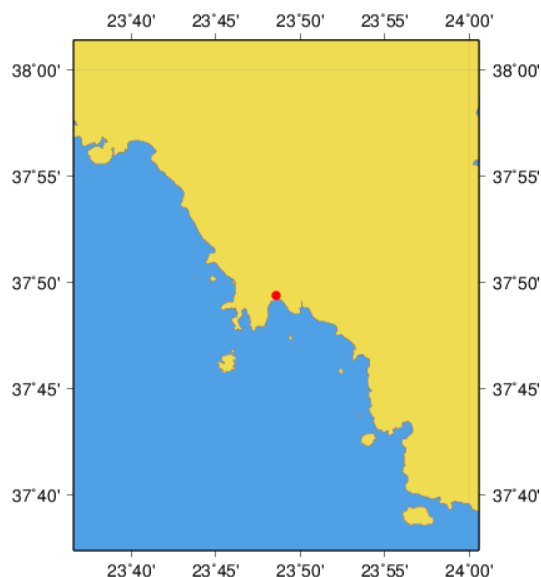
Σύμφωνα με το χάρτη επικινδυνότητας διάβρωσης, το 40% των εξετασμένων παραλίων αντιμετωπίζουν εκτεταμένα προβλήματα διάβρωσης (> 0.25 m/έτος), ενώ τμήματα από τις περιοχές/παραλίες αυτές έχουν ήδη εξαφανιστεί. Το 20% αντιμετωπίζει προβλήματα διάβρωσης (0.15 έως 0.25 m/έτος) και αν το πρόβλημα δεν αντιμετωπιστεί άμεσα ή στο εγγύς μέλλον, οι περιοχές/παραλίες αυτές μπορεί να εξαφανιστούν. Τέλος, το 12% των υπό μελέτη περιοχών παρουσιάζουν χαμηλά ποσοστά παράκτιας υποχώρησης (0.05-0.15 m/έτος) και μόλις το 28% είναι παραμένουν σταθερά (~ 0 m/έτος).

7. Περίπτωση μελέτης: Η παραλία της Βάρκιζας

Η παραλία της Βάρκιζας αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας Ελληνικής παραλίας, καθώς είναι ιδιαίτερα δημοφιλής, με περιορισμένο μήκος και πλάτος, ενεργή διάβρωση, έντονη αστικοποίηση της λεκάνης απορροής και της παραλίας και χωρίς καμία μορφή διαχείρισης της.

7.1 Σχετικά περιοχής μελέτης

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής πραγματοποιήθηκε αναζήτηση παραλίων οι οποίες αντιμετωπίζουν πρόβλημα διάβρωσης, κυρίως από ανθρωπογενείς παράγοντες (παράκτιες κατασκευές, αμμοληψίες, διευθετήσεις και αμμοληψίες από κοίτες ποταμών, βυθοκορήσεις κλπ) αλλά και από φυσικούς παράγοντες παράκτιας διάβρωσης (ανέμους, θύελλες, παράκτια ρεύματα και άνοδος της στάθμης της θάλασσας κλπ) ή από συνδυασμού των δύο. Μετά από αναζήτηση, αποφασίστηκε να εξεταστεί ενδελεχώς η παραλία της Βάρκιζας (εικόνα 7.1). Η παράκτια κυψέλη της Βάρκιζας φιλοξενεί προσχωσιγενή ακτή μήκους λίγο παραπάνω από 1 km, η οποία βρίσκεται υπό διάβρωση, σύμφωνα και με τις μετρήσεις πεδίου, ενώ δυτικά της περίπου 200 m ακτογραμμής έχουν οχυρωθεί με έναν θαλάσσιο τοίχο και με ογκόλιθους μπροστά από αυτόν, στο τέλος του οποίου βρίσκεται ο λιμένας της Βάρκιζας. Τέλος, η υπόλοιπη ακτή είναι βραχώδης και είναι ελάχιστα τροποποιημένη, με εξαίρεση ένα τμήμα νότια του λιμένα το οποίο είναι οχυρωμένο με ογκόλιθους.



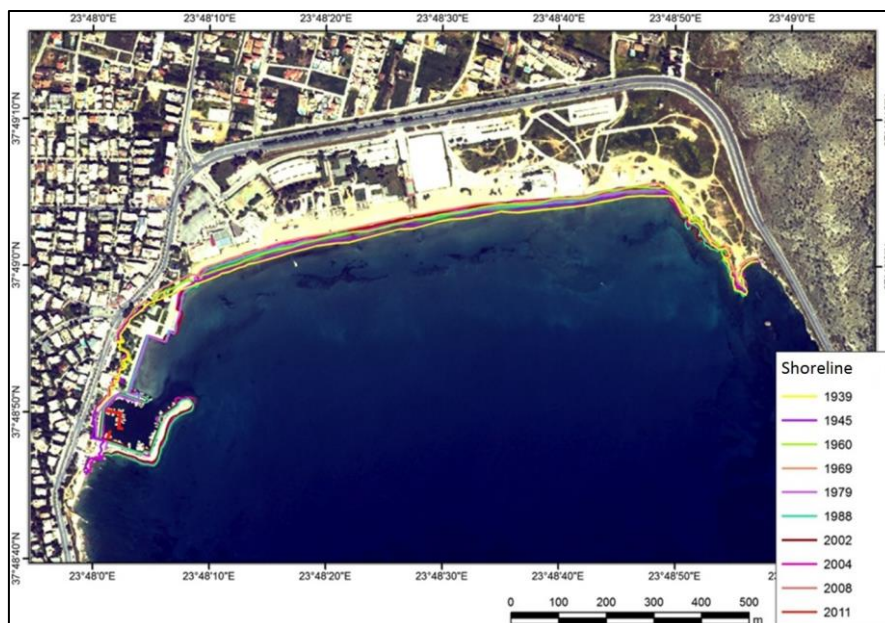
Εικόνα 7.1: Η περιοχή μελέτης στο χάρτη.

Η επιλογή της ως περίπτωση μελέτης βασίστηκε στους παρακάτω λόγους:

- Βρίσκεται κοντά στην έδρα του ιδρύματος (περίπου 20km) και είναι κατάλληλη για τοποθέτηση εξειδικευμένου εξοπλισμού μέτρησης (ναυτικό ραντάρ) καθώς σε αυτήν βρίσκεται ο Ναυτικός Όμιλος Βάρης – Βάρκιζας, ο οποίος είναι διατεθειμένος να

παραχωρήσει μέρος της εγκατάστασης καθώς και βασικές υποδομές (στεγασμένο χώρο, παροχή ρεύματος) για την σωστή και ασφαλή λειτουργία του εξοπλισμού.

- Έχει νότιο προσανατολισμό (εικόνα 7.1 και 7.2) και συνεπώς δέχεται μεγάλα ύψη κύματος τα οποία επηρεάζουν σημαντικά την μορφοδυναμική της.
- Η παράκτια κυψέλη στην οποία βρίσκεται η παραλία είναι σύνθετη και έχει τροποποιηθεί σημαντικά, κυρίως από ανθρώπινους παράγοντες. Αποτελείται από διάφορα υδατορέματα, τα οποία στο παρελθόν ενδεχομένως να είχαν και συνεχή ροή (ποτάμια), ενώ σήμερα η ροή τους και τα φερτά υλικά τα οποία αυτά μεταφέρουν έχουν μειωθεί σημαντικά. Επίσης, έχουν κατασκευαστεί κοντά στην παραλία παράκτιοι δρόμοι όπως και ένας τοίχος ο οποίος διχοτομεί την παραλία (εικόνα 6.2).
- Χρησιμοποιώντας ιστορικές αεροφωτογραφίες οι οποίες ξεκινάν από το 1939 και πρόσφατες δορυφορικές εικόνες και βρέθηκε ότι η παραλία έχει υποστεί διάβρωση και η υγεία της έχει υποβαθμιστεί στο διάστημα αυτό.



Εικόνα 7.2: Παράκτια υποχώρηση (Σκαναβής, 2013) χρησιμοποιώντας 6 ιστορικές αεροφωτογραφίες (1935, 1945, 1960, 1969, 1979 και 1988) και δύο δορυφορικές εικόνες (2002 και 2011) οι οποίες επεξεργάστηκαν στο λογισμικό πρόγραμμα ArcGIS (ESRI, 2011).

Οι παραπάνω παράγοντες, σε συνδυασμό με ανθρώπινες κατασκευές (οικίες και καταστήματα κοντά στην παράλια, όπως και ένας λιμένας) έχουν οδηγήσει στην διάβρωση της παραλίας (εικόνα 7.2). Για να μελετηθεί η βραχυπρόθεσμη γεωδυναμική προσαρμογή της παραλίας σε κυματικά γεγονότα, το προφίλ της καταγράφηκε με μεθόδους για την λήψη τομών από παραλίες (shore-normal techniques), και συγκεκριμένα με τη μέθοδο του ορίζοντα και του θεοδόλιχου και με μεθόδους για την αποτύπωση επιφανειών, και συγκεκριμένα με τη μέθοδο του κράνους RTK GPS, η οποία δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής. Τέλος, το κυματικό καθεστώς και τα ρεύματα της παραλίας της Βάρκιζας μετρήθηκαν με δύο

διαφορετικά μηχανήματα, με το σύστημα WaveX της Νορβηγικής εταιρίας MiroS το οποίο κάνει χρήση ενός ναυτικού ραντάρ και με τον κυματομετρητή AWAC της Νορβηγικής εταιρίας Nortek.

7.2 Μέτρηση μορφοδυναμικών παραμέτρων

7.2.1 Κλασσικές μέθοδοι για την καταγραφή προφίλ και κοκκομετρίας

Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι για την καταγραφή προφίλ παραλιών (shore-normal techniques) σε πληθώρα παραλιών ανά την Κρήτη, κυρίως σε παραλίες του νομού Χανίων και Λασιθίου. Η εμπειρία από την εφαρμογή των μεθόδων αυτών μεταφέρθηκε στην παραλία της Βάρκιζας όπου εφαρμόστηκε η μέθοδος του ορίζοντα και η μέθοδος του θεοδόλιχου. Συνολικά, 5 έρευνες πεδίου πραγματοποιήθηκαν στην παραλία της Βάρκιζας για το διάστημα 21 Φεβρουαρίου 2012 έως και της 18 Φεβρουαρίου 2013. Κατά την διάρκεια των επισκέψεων μετρήθηκαν, μέσω της χρήσης έξι αντιπροσωπευτικών τομών (Α έως F), τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της παραλίας με την μέθοδο του ορίζοντα και με την μέθοδο του θεοδόλιχου, ενώ πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία ιζήματος για την κοκκομετρική ανάλυση (εικόνα 7.3).



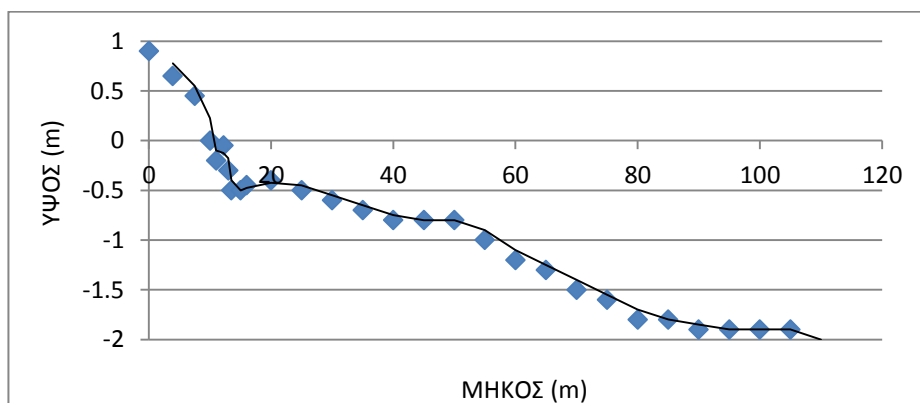
Εικόνα 7.3: Οι έξι αντιπροσωπευτικές τομές στην παραλία της Βάρκιζας, οι οποίες μελετήθηκαν στο διάστημα 21 Φεβρουαρίου 2012 έως και της 18 Φεβρουαρίου 2013

Εφαρμόζοντας την μέθοδο του ορίζοντα κυρίως, τα αποτελέσματα της οποία κρίνονται ιδιαίτερα ικανοποιητικά, καθώς σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα και με ελάχιστο κόστος είναι δυνατή η λήψη τομών από το ξηρό όσο και από το θαλάσσιο τμήμα παραλιών, με σχετικά ικανοποιητική ακρίβεια καταγράφηκαν εποχιακά προφίλ από την παραλία της Βάρκιζας (πίνακας 7.1, διάγραμμα 7.1).

Πίνακας 7.1: Αποτελέσματα τομής E, ημερομηνία λήψης τομής 17/12/2012

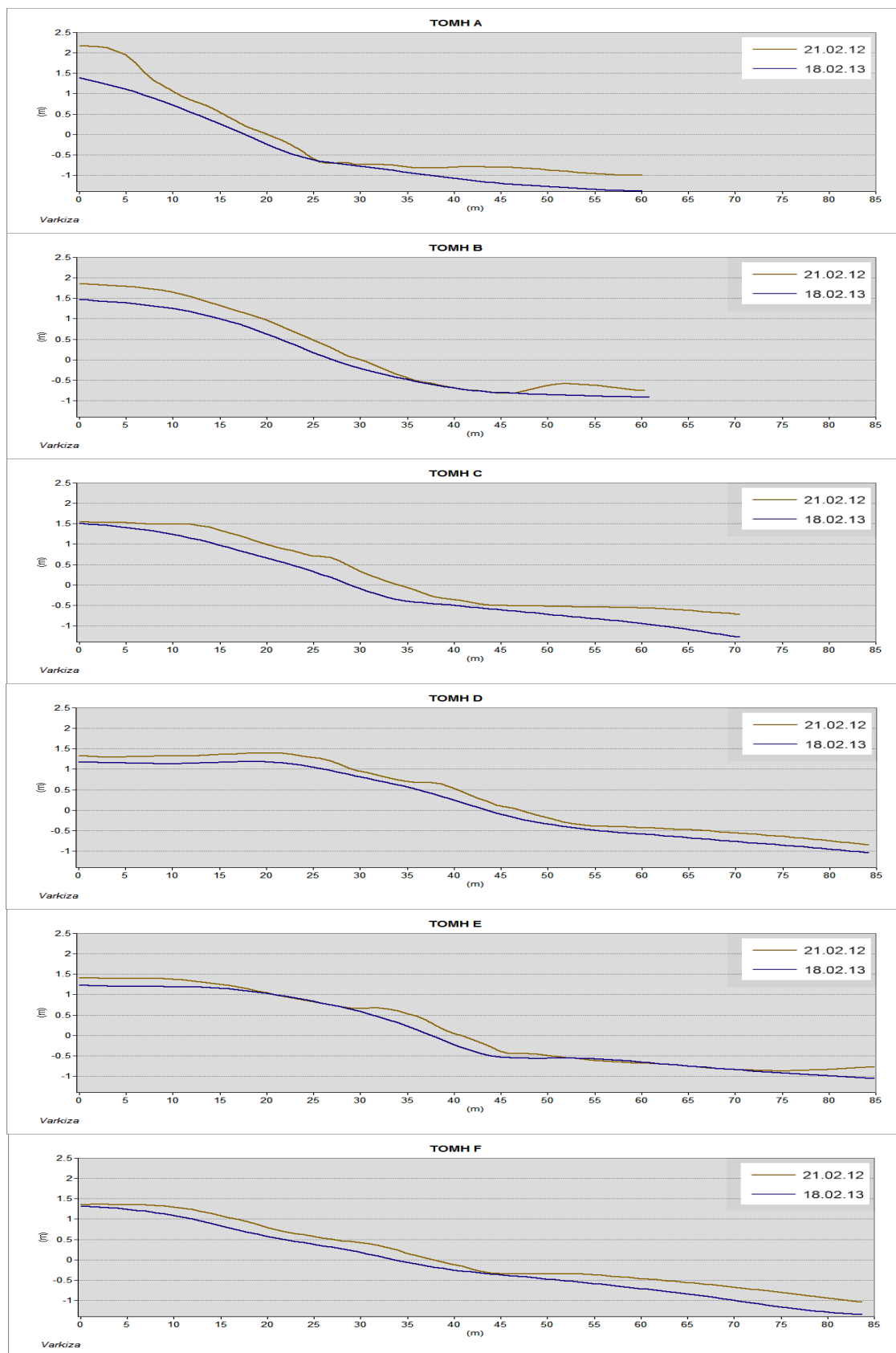
| ΜΗΚΟΣ (m) | ΥΨΟΣ (m) | ΣΧΟΛΙΑ | ΜΗΚΟΣ (m) | ΥΨΟΣ (m) | ΣΧΟΛΙΑ |
|--------------|-------------|--------|--------------|-------------|--------|
| 0 | 0.9 | άμμος | 45 | -0.8 | άμμος |

| | | | | | |
|------|-------|------------------|-----|------|--------|
| 3.9 | 0.65 | άμμος | 50 | -0.8 | άμμος |
| 7.5 | 0.45 | άμμος | 55 | -1 | άμμος |
| 10 | 0 | ακτογραμμή | 60 | -1.2 | άμμος |
| 11 | -0.2 | άμμος | 65 | -1.3 | άμμος |
| 12.2 | -0.05 | αναβαθμός | 70 | -1.5 | άμμος |
| 13 | -0.3 | αναβαθμός | 75 | -1.6 | άμμος |
| 13.5 | -0.5 | αναβαθμός | 80 | -1.8 | άμμος |
| 15 | -0.5 | πέτρες και άμμος | 85 | -1.8 | άμμος |
| 16 | -0.45 | αρχίζει η άμμος | 90 | -1.9 | άμμος |
| 20 | -0.4 | άμμος | 95 | -1.9 | άμμος |
| 25 | -0.5 | άμμος | 100 | -1.9 | άμμος |
| 30 | -0.6 | άμμος | 105 | -1.9 | άμμος |
| 35 | -0.7 | άμμος | 110 | -2.1 | βράχια |
| 40 | -0.8 | άμμος | | | |



Διάγραμμα 7.1: Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στις 17/12/2012 στην τομή Ε.

Στην συνέχεια συγκρίθηκαν τα εποχιακά προφίλ μεταξύ τους και πραγματοποιήθηκε σύγκριση των χειμερινών προφίλ του 2012 (21 Φεβρουαρίου) με αυτά του 2013 (18 Φεβρουαρίου). Η σύγκριση αυτών των προφίλ, παρόλο που αναφέρονται σε ημερομηνίες στις οποίες δεν έχει τελειώσει ο κυματικός χειμώνας, προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την εξέλιξη της παραλίας (διάγραμμα 6.2). Συγκεκριμένα, στο διάστημα αναφοράς παρατηρείται μείωση του όγκου της παραλίας και διάβρωση της παραλίας, με μέση υποχώρηση ακτογραμμής κατά περίπου 3 m (διάγραμμα 7.2). Επίσης, παρατηρείται ότι το ανατολικό τμήμα της παραλίας έχει υποστεί την μεγαλύτερη διάβρωση ενώ το δυτικό παραμένει σχετικά πιο σταθερό. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι πιθανώς η στερεομεταφορά έχει κατεύθυνση από τα ανατολικά προς τα δυτικά.



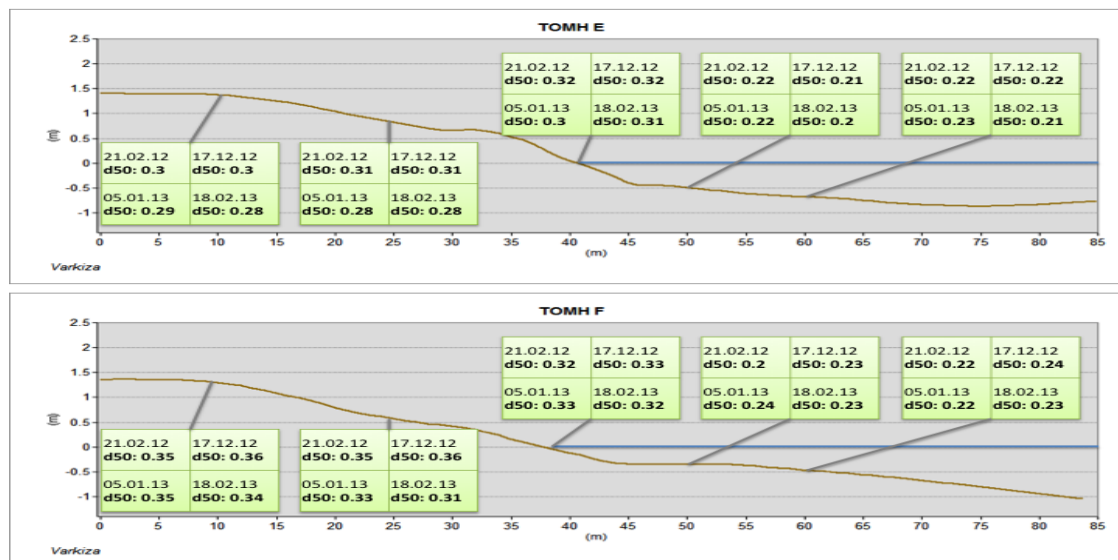
Διάγραμμα 7.2: Σύγκριση των χειμερινών προφίλ της παραλίας της Βάρκιζας στις 21 Φεβρουαρίου του 2012 με αυτά που πάρθηκαν στις 18 Φεβρουαρίου του 2013.

Επιπροσθέτως, παράλληλα με τις μετρήσεις των προφίλ της παραλίας πραγματοποιήθηκε και συλλογή ιζήματος από την παραλία, η κοκκομετρική ανάλυση του οποίου παρείχε σημαντικές πληροφορίες. Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι η κοκκομετρία στο δυτικό

κομμάτι της παραλίας είναι σε γενικές γραμμές μικρότερη από αυτή του ανατολικού (διάγραμμα 7.3). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ξανά ότι πιθανώς η στερεομεταφορά έχει κατεύθυνση από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Επίσης βρέθηκε, ότι σε γενικές γραμμές η κοκκομετρία του ξηρού τμήματος της παραλίας είναι μεγαλύτερη από αυτή του υποθαλάσσιου, γεγονός το οποίο είναι αναμενόμενο.

Τέλος, η μέση κοκκομετρία του ανατολικού τμήματος της παραλίας είναι περίπου 0.6 mm η οποία μειώνεται σταδιακά όσο αυξάνεται το βάθος και σταθεροποιείται περίπου στα 0.32 mm. Πηγαίνοντας προς τα δυτικά το μοτίβο που αναγνωρίστηκε είναι ότι η κοκκομετρία της παραλίας παρουσιάζει μια συνεχή μείωση, με το στο δυτικότερο άκρο να παρουσιάζει μια μέση κοκκομετρία περίπου 0.33 mm στο ξηρό πλάτος της παραλίας και περίπου 0.22 mm στο υποθαλάσσιο κομμάτι (διάγραμμα 6.3).





Διάγραμμα 7.3: Κοκκομετρικές αναλύσεις για τις έξι αντιπροσωπευτικές τομές της παραλίας της Βάρκιζας για το διάστημα 21 Φεβρουαρίου του 2012 έως και τις 18 Φεβρουαρίου του 2013.

Τα μορφολογικά δεδομένα που πάρθηκαν στο διάστημα 21 Φεβρουαρίου του 2012 έως και τις 18 Φεβρουαρίου του 2013 από την παραλία της Βάρκιζας αποκάλυψαν την μορφοδυναμική εξέλιξη της παραλίας, με σημαντικούς όγκους να διαβρώνονται από αυτή και την ιζηματοφορά στην παράκτια κυσέλη να έχει πιθανώς διεύθυνση από ανατολάς προς δυσμάς. Τέλος, τα δεδομένα αυτά μπορούν να αποτελέσουν στοιχείο εισόδου σε κάποιο υδροδυναμικό μοντέλο, με το οποίο, αν χρειαστεί στο μέλλον, να πραγματοποιηθεί περαιτέρω μελέτη και υπολογισμός της μελλοντικής εξέλιξης της παραλίας σε μεγάλο βάθος χρόνου.

7.2.2 Η μέθοδος του κράνους RTK GPS

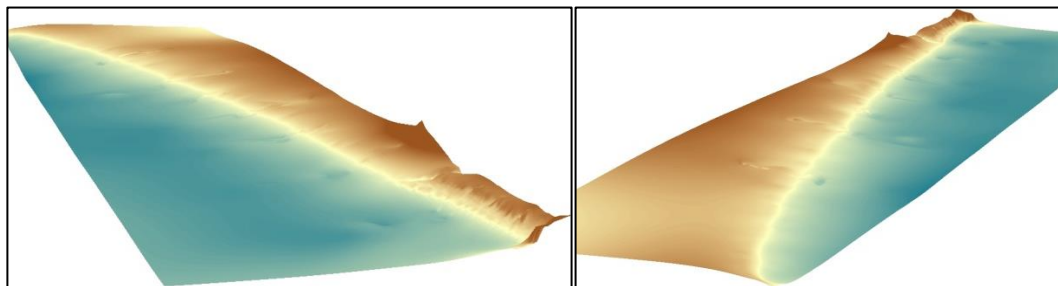
Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής δημιουργήθηκε η μέθοδος του κράνους RTK GPS για την αναλυτική καταγραφή του εμβαδού και της τοπογραφίας/βαθυμετρίας μιας παραλίας. Με την χρήση των πρώτων δεν είναι δυνατός ο ακριβής υπολογισμός των ογκομετρικών μεταβολών μιας παραλίας καθώς το εμβαδόν της παραλίας προσεγγίζεται μέσο παρεμβολής από πεπερασμένες τομές στην παραλία. Καθώς οι υπό διάβρωση ελληνικές παραλίες δεν παρουσιάζουν ήπιες και χωρικά όμοιες κλίσεις, η παρεμβολή με την χρήση τομών μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές επισφάλειες και για τον λόγο αυτό δεν προτείνεται.

Για να αντιμετωπιστούν οι αδυναμίες στον υπολογισμό του εμβαδού της παραλίας, στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, εφαρμόστηκε η μέθοδος του κράνους RTK GPS. Η μέθοδος προτείνεται για την εφαρμογή της σε ελληνικές παραλίες, με κύριο αρνητικό στοιχείο της να αποτελεί το κόστος απόκτησης του μηχανήματος. Οι προαναφερόμενες μέθοδοι για την καταγραφή του προφίλ παραλίων εφαρμόστηκαν ως περίπτωση μελέτης στην παραλία της Βάρκιζας και πραγματοποιήθηκε σύγκριση των μεθόδων για την απόκτηση προφίλ παραλίων (shore-normal techniques) και της μεθόδου του κράνους RTK GPS για την καταγραφή της επιφάνειας της παραλίας στις τρεις διαστάσεις. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκαν έξι

αντιπροσωπευτικές τομές που μετρήθηκαν με την μέθοδο του ορίζοντα και του θεοδόλιχου (εικόνα 7.3) και συγχρόνως εφαρμόστηκε η μέθοδος του κράνους RTK GPS.

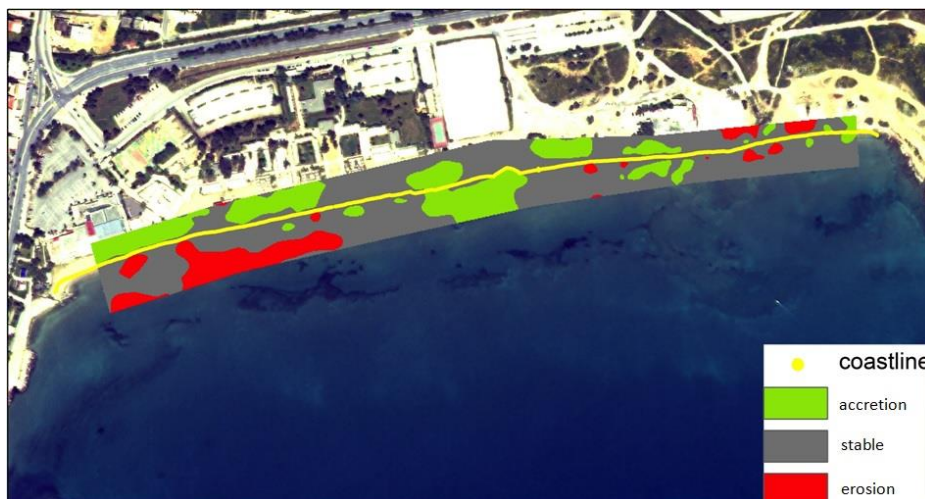
Παρατηρήθηκε ότι το εμβαδόν που προέκυψε με τις κλασσικές μεθόδους προφίλ είναι αρκετά διαφορετικό με αυτό που προέκυψε από την μέθοδο του κράνους RTK GPS, το οποίο είναι και το πραγματικό εμβαδόν της παραλίας (εικόνα 7.4). Συνεπώς, σε παραλίες υπό διάβρωση, στις οποίες συνήθως παρατηρούνται υψηλές χωρικές μεταβολές στο ανάγλυφο, οι μέθοδοι καταγραφής προφίλ παραλιών δεν συνίσταται να χρησιμοποιούνται καθώς δεσ μπορούν να αποτυπώσουν με ακρίβεια το ανάγλυφο και τις αλλαγές που παρατηρούνται σε αυτό. Συνεπώς, αυτές δεν συστήνεται να χρησιμοποιούνται και μέθοδοι για την τρισδιάστατη αποτύπωση των παραλιών, όπως μέθοδο του κράνους RTK GPS, είναι πιο αποτελεσματικές.

Καθώς η μέθοδος του κράνους RTK GPS βρέθηκε να είναι πιο αποτελεσματική σε παραλίες υπό διάβρωση, οι οποίες εμφανίζουν υψηλές χωρικές μεταβολές τοπογραφίας/βαθυμετρίας, αυτή χρησιμοποιήθηκε για την βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη μεταβολή της παραλίας της Βάρκιζας για το διάστημα 2011 έως 2013 (εικόνα 7.4).



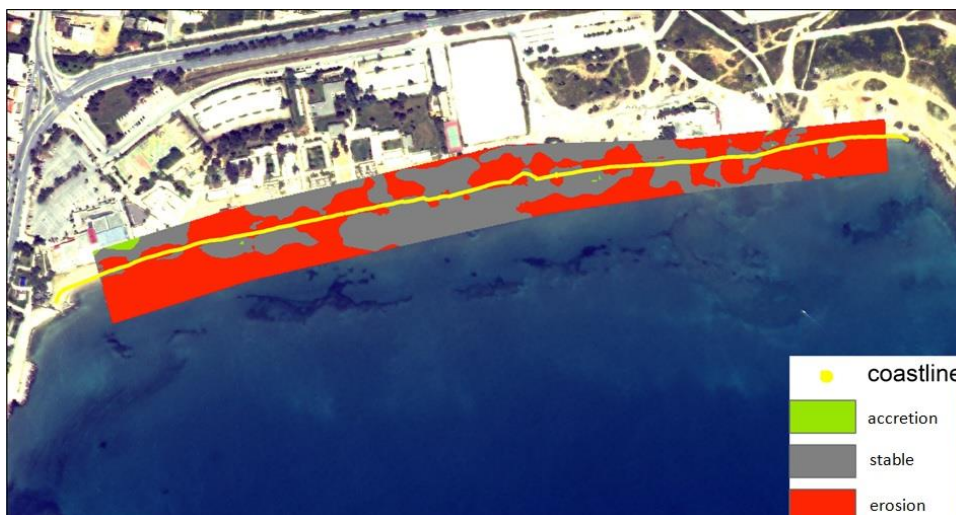
Εικόνα 7.4: Το πραγματικό εμβαδόν της παραλίας της Βάρκιζας το οποίο καταγράφηκε το Δεκέμβριο του 2012 με την μέθοδο του κράνους RTK GPS.

Συνεπώς, με την μέθοδο του κράνους RTK GPS είναι δυνατή η εύρεση τόσο της δυναμικής μιας παραλίας όσο και της προσαρμογής του ενεργού της προφίλ σε γεγονότα υψηλής κυματικής ενέργειας, όπως κυματικές καταιγίδες. Εάν το εμβαδόν της παραλίας καταγραφεί πριν και μετά από κάποιο κυματικό γεγονός γνωστών στοιχείων, τότε είναι δυνατή η βραχυπρόθεσμη εύρεση των τρισδιάστατων ογκομετρικών μεταβολών (διάβρωση – πρόσχωση) σε μια παραλία. Στην εικόνα 7.5 απεικονίζεται η τοπική πρόσχωση της παραλίας το κέντρο της και στο ξηρό τμήμα της δυτικής πλευράς (πράσινο χρώμα), ενώ το υποθαλάσσιο τμήμα, έως 1.5 m βάθος, διαβρώθηκε (κόκκινο χρώμα) και η υπόλοιπη παραλία εμφανίζεται σχετικά σταθερή (γκρι χρώμα). Η γνώση της προσαρμογής του εμβαδού της παραλίας σε γνωστά κυματικά γεγονότα και των πραγματικών ογκομετρικών μεταβολών του ενεργού προφίλ της παραλίας μπορεί να αποτελέσει στοιχείο εισόδου για την βελτίωση και περαιτέρω εξέλιξη υδροδυναμικών μοντέλων που αφορούν την εξέλιξη παραλιών.



Εικόνα 7.5: Βραχυπρόθεσμες ογκομετρικές μεταβολές της παραλίας της Βάρκιζας από το διάστημα 5 Ιανουαρίου 2013 έως 18 Φεβρουαρίου 2013.

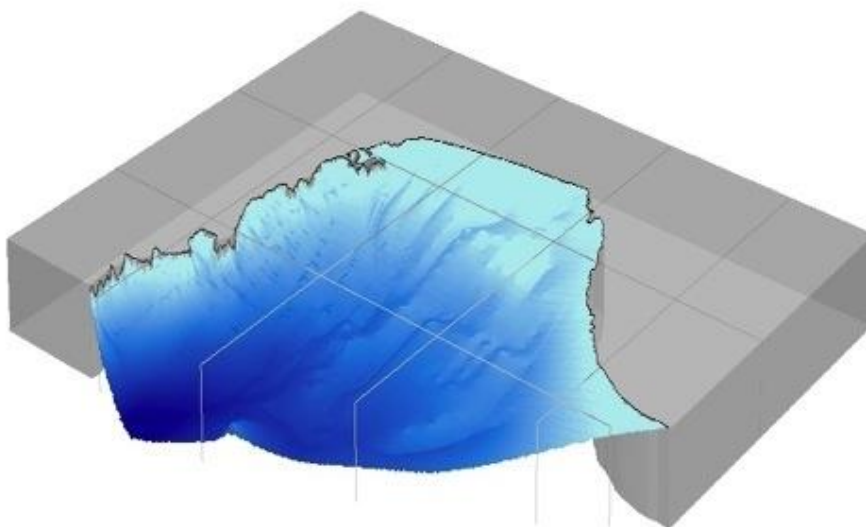
Εκτός από την εύρεση βραχυπρόθεσμων μεταβολών της παραλίας και την προσαρμογή της σε κυματικά γεγονότα είναι δυνατή και η εύρεση της μακροπρόθεσμης εξέλιξης της παραλίας, εφόσον η μέθοδος εφαρμοστεί σε βάθος χρόνου. Στην περίπτωση μελέτης, η μέθοδος εφαρμόστηκε κατά την διάρκεια του κυματικού χειμώνα 2012 έως 2013. Η εφαρμογή της μεθόδου αποκάλυψε ότι η παραλία διαβρώνεται ενεργά και όγκοι άμμου απομακρύνθηκαν από το ανατολικό ξηρό και υποθαλάσσιο κομμάτι της παραλίας και από το δυτικό υποθαλάσσιο κομμάτι, ενώ η υπόλοιπη παραλία παρέμενε σταθερή και δεν προσχώθηκε (εικόνα 7.6). Συνολικά, βρέθηκε ότι το ξηρό τμήμα της παραλίας και το υποθαλάσσιο έως 1.5 m διαβρώθηκε κατά την διάρκεια του κυματικού χειμώνα και οι όγκοι αυτοί μεταφέρθηκαν σε κάποιο κομμάτι εκτός της περιοχής μέτρησης.



Εικόνα 7.6: Μακροπρόθεσμες ογκομετρικές μεταβολές της παραλίας της Βάρκιζα για το διάστημα 21 Φεβρουαρίου 2012 έως 18 Φεβρουαρίου 2013.

Καθώς με την μέθοδο του κράνους RTK GPS δεν είναι δυνατόν να βρεθούν οι μεταβολές της βαθυμετρίας μετά τα 1.5 m περίπου βάθος, η μέθοδος πρέπει να συνδυαστεί με κάποια άλλη μέθοδο για την καταγραφή της βαθυμετρίας. Για τον λόγο αυτό επιχειρήθηκε να

καταγραφεί η βαθυμετρία της παραλίας συστηματικά με την χρήση του βυθομέτρου SonarMite της εταιρίας ohmex, για την καταγραφή του βάθους, το οποίο συνδεόταν με το διαφορικό GPS HyperPro για την καταγραφή των συντεταγμένων. Λόγο έλλειψης πόρων δεν καταστεί δυνατόν να πραγματοποιηθεί συστηματική παρακολούθηση της βαθυμετρίας της παραλίας, παρά μόνο μια εργασία πεδίου κατά την οποία καταγράφηκε τμήμα της βαθυμετρίας της παραλίας (εικόνα 7.7).



Εικόνα 7.7: Αναπαράσταση της βαθυμετρίας της παραλίας της Βάρκιζας (Σκαναβής, 2013).

Παρόλο που δεν καταστεί δυνατόν να συνδυαστεί η μέθοδος του κράνους RTK GPS με παράλληλη καταγραφή της βαθυμετρίας, από μαρτυρίες αναδείχθηκε ένα πρόβλημα το οποίο συντελεί, σημαντικά πιθανώς, στην διάβρωση της παραλίας. Σύμφωνα με τις μαρτυρίες, ο ομώνυμος λιμενίσκος, ο οποίος βρίσκεται δυτικά της παραλίας, παρουσιάζει υψηλούς ρυθμούς πρόσχωσης και ως αποτέλεσμα απαιτείται η βυθοκόρηση του ανά τακτά διαστήματα για να παραμένει λειτουργικός. Καθώς, το κόστος βυθοκόρησης είναι υψηλό, σύμφωνα με μαρτυρίες κατοίκων και αλιέων, μια ιδιότυπη ρητή συμφωνία έχει δημιουργηθεί. Συγκεκριμένα, ο λιμενίσκος βυθοκορίζεται σε ετήσια βάση και τα έξοδα της βυθοκόρησης τα αναλαμβάνει επιχειρηματίας, ο οποίος δραστηριοποιείται στον ξενοδοχειακό τομέα. Ως αντάλλαγμα το υλικό βυθοκόρησης, το οποίο αποτελείται ουσιαστικά ίζημα (άμμο) από την παραλία της Βάρκιζας, απομακρύνεται από την παράκτια κυψέλη της Βάρκιζας και μεταφέρεται σε άλλη παράκτια κυψέλη για να χρησιμοποιηθεί για τον ευκαιριακό εμπλουτισμό μιας άλλης παραλίας.

Συμφώνα με τις μαρτυρίες, ο ευκαιριακός εμπλουτισμός αυξάνει μόνο εποχικά το ξηρό πλάτος της παραλίας και το χειμώνα το υλικό χάνεται, πιθανώς λόγω ακαταλληλότητας των γεωμετρικών του χαρακτηριστικών (Foteinis et al., 2013). Εάν οι μαρτυρίες έχουν υπόσταση, το γεγονός από μόνο του αντικατοπτρίζει τις κακές παράκτιες πρακτικές που λαμβάνουν χώρα στην Ελλάδα και την ανάγκη εισαγωγής ΟΔΠΖ.

7.3 Μέτρηση κυμάτων και ρευμάτων στις τρεις διαστάσεις

7.3.1 Ναυτικό ραντάρ Miros WaveX

Στην περίπτωση μελέτης, ο εξοπλισμός του συστήματος WaveX στεγάστηκε στο εσωτερικό ενός κοντέινερ (container) το οποίο τροφοδοτείται από το δίκτυο (εναλλασσόμενη τάση 220 Volt) και το οποίο παραχωρήθηκε από τον τοπικό ναυτικό-αθλητικό όμιλο Βάρης-Βάρκιζας (εικόνα 7.8).

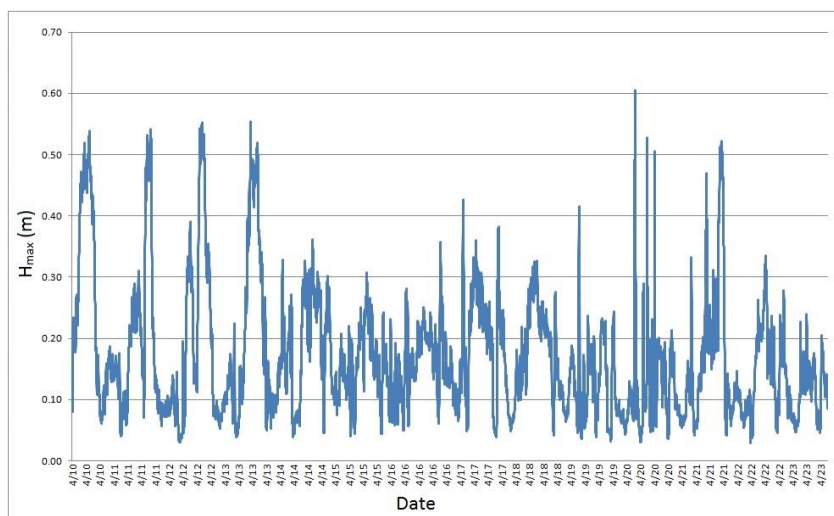
Καθώς, η δημιουργία ηλεκτρομαγνητικών πεδίων μπορεί να δημιουργήσει επιπτώσεις σε ζωντανούς οργανισμούς, για την ασφαλή λειτουργία του οργάνου κατασκευάστηκε, ακολουθώντας τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, βάση στήριξης ικανοποιητικού ύψους, η οποία τοποθετήθηκε στο πάνω μέρος του κοντέινερ και στην οποία στερεώθηκε το ραντάρ (εικόνα 7.8).



Εικόνα 7.8: Δεξιά, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με την ενσωματωμένη μονάδα ψηφιοποίησης βίντεο, αριστερά το συμβατικό ναυτικό X-band (3 cm) της εταιρίας Furuno σε λειτουργία τον Δεκέμβριο του 2011.

Κατά την τοποθέτηση και προσπάθεια λειτουργίας του συστήματος παρατηρήθηκε ότι αυτό δεν είχε χρησιμοποιηθεί/συντηρηθεί επαρκώς τα τελευταία χρόνια, γεγονός που έθεσε πολλά προβλήματα στην αποτελεσματική του λειτουργία. Συγκεκριμένα, το σύστημα έπρεπε να αποσυναρμολογηθεί, να μεταφερθεί και να συναρμολογηθεί ξανά στην περιοχή μελέτης. Στην συνέχεια, χρειάστηκε ο συγχρονισμός του ραντάρ με τη μονάδα επεξεργασίας και καταγραφής δεδομένων, κατά τον οποίο παρατηρήθηκε ότι το ραντάρ δεν λειτουργούσε. Επιχειρήθηκε η συντήρηση του, αλλά εκτός του ότι το κόστος ήταν υψηλότερο από το αναμενόμενο, δεν υπήρχε στην Ελλάδα αποκλειστικός αντιπρόσωπος της εταιρίας για την αποτελεσματική συντήρηση του. Για το λόγο αυτό ο υποψήφιος διδάκτωρ επισκέφτηκε τα κεντρικά γραφεία της εταιρίας στην Νορβηγία και ζήτησε πληροφορίες από τους αρμόδιους μηχανικούς.

Παρόλο των προσπαθειών συντήρησης του, η λειτουργία του συστήματος δεν ήταν ικανοποιητική και τελικά μόνο σποραδικές μετρήσεις καταγράφηκαν. Συγκεκριμένα, μόνο για το διάστημα 10 Απριλίου 2013 έως 23 Απριλίου 2013 το σύστημα WaveX πραγματοποίησε αξιοποιήσιμες καταγραφές του κυματικού καθεστώτος και των ρευμάτων (διάγραμμα 7.4).



Διάγραμμα 7.4: Αποτελέσματα των μετρήσεων του συστήματος WaveX για το μέγιστο ύψος κύματος (H_{max}) στην παραλία της Βάρκιζας από τις 10 έως και τις 23 Απριλίου 2013, ρυθμός δειγματοληψίας 2 sec.

Παρόλα αυτά για το διάστημα αυτό το μέγιστο ύψος κύματος που καταγράφηκε ήταν μόλις 0.6 m και συνεπώς οι μετρήσεις δεν μπορούν να δώσουν ποσοτικές συγκρίσεις παρά μόνο ποιοτικές, καθώς η τυπική απόκλιση στις μετρήσεις αυτές είναι πολύ υψηλή (0.5 m).

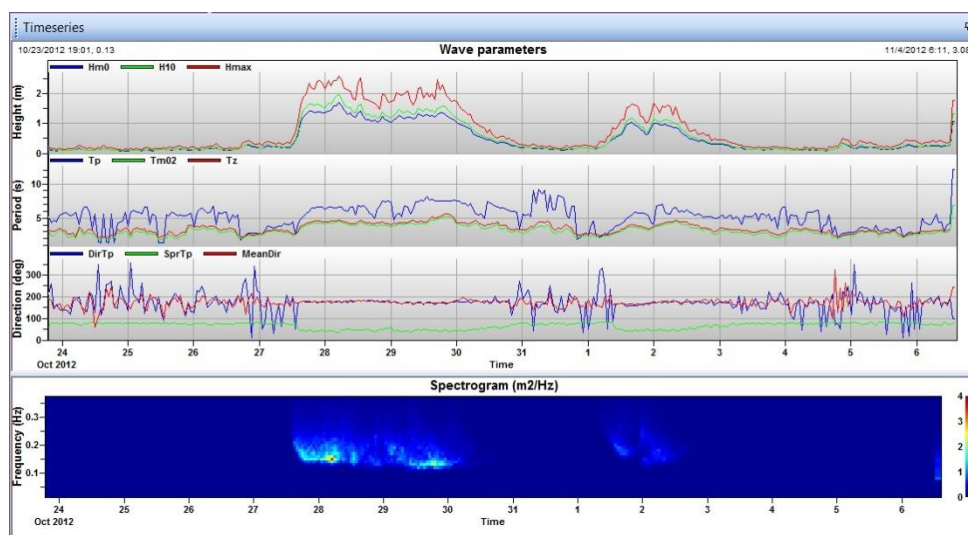
7.3.2 ADCP Nortek awac

Στη περίπτωση μελέτης ένα AWAC 400 kHz ποντίστηκε σε βάθος ~ 25m και σε απόσταση ~ 2 χιλιόμετρα από την ακτογραμμή της παραλίας της Βάρκιζας. Το όργανο ποντίστηκε χρησιμοποιώντας την βάση στήριξης και την υποθαλάσσια θήκη (εικόνα 6.11) η οποία στέγαζε μια κλειστού τύπου επαναφορτιζόμενη μπαταρία και βαθιάς εκφόρτωσης χωρητικότητας 120 Ah και τάσης 12 V. Η συχνότητα δειγματοληψίας κυμάτων ήταν 0.75 Hz, ενώ κάθε ώρα το όργανο ρυθμιστικέ να πραγματοποιεί 2048 μετρήσεις κυμάτων και τον υπόλοιπο χρόνο να πραγματοποιεί μετρήσεις ρευμάτων. Οι μετρήσεις αφορούν τον κυματικό χειμώνα 2012 - 2013 και κατά την διάρκεια αυτού του διαστήματος αξιολογήθηκε τόσο η λειτουργία του οργάνου όσο και η αποτελεσματικότητα της βάσης πόντισης και της αδιάβροχης μπαταρίας.

Το AWAC ποντίστηκε για πρώτη φορά στις 23 Οκτωβρίου του 2012 και οι μετρήσεις συνεχίστηκαν μέχρι και τις 10 Μαΐου του 2013, καταγράφοντας έτσι τον κυματικό χειμώνα 2012-2013. Να σημειωθεί, πώς λόγω προσανατολισμού της παραλίας όλες οι καταιγίδες είχαν βόρεια κατεύθυνση. Καθώς, σύμφωνα με την γνώση του υποψηφίου διδάκτορα, ήταν η πρώτη φορά που ένα ADCP χρησιμοποιείται στις ελληνικές θάλασσες με την συγκεκριμένη βάση και μπαταρία, το όργανο ανακτήθηκε συνολικά τέσσερις φορές για να αξιολογηθεί η λειτουργία

του. Να σημειωθεί με την μπαταρία που χρησιμοποιήθηκε και ανάλογα με την συχνότητα δειγματοληψίας το όργανο έχει αυτονομία καταγραφής έως και ενός ολόκληρου κυματικού χειμώνα. Παρόλα αυτά, προτείνεται η σχετικά συχνή παρακολούθηση του οργάνου.

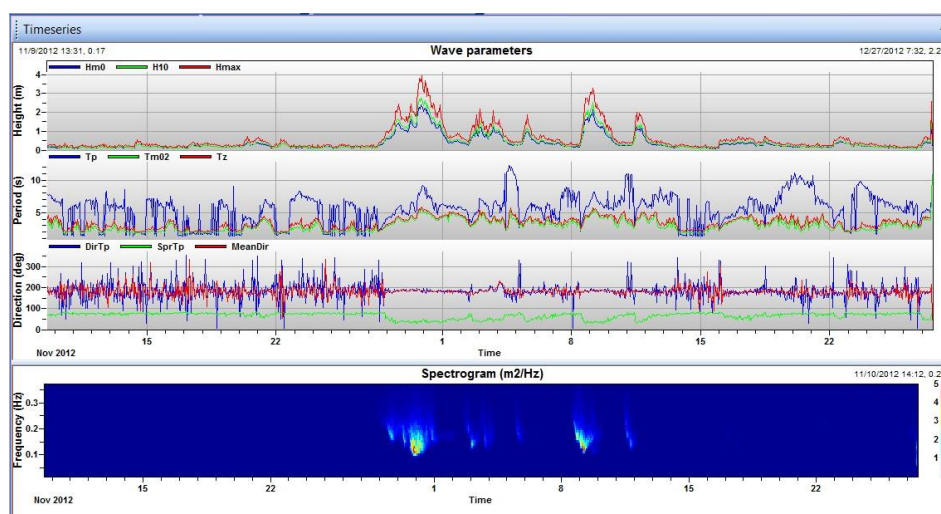
Η πρώτη πόντιση ήταν πολύ σύντομη, πραγματοποιήθηκε από τις 23 Οκτωβρίου έως τις 6 Νοεμβρίου του 2012. Βασικός σκοπός της ήταν να ελέγχει η στεγανότητα της υποθαλάσσιας θήκης της μπαταρίας, η οποία και βρέθηκε στεγανή, και η συνολική λειτουργία του οργάνου. Κατά την διάρκεια της πόντισης το όργανο κατέγραψε δύο κυματικές καταιγίδες. Η πρώτη είχε διάρκεια περίπου τριάντισι μέρες, ξεκίνησε στις 27 Οκτωβρίου 2012 στις 13.00 και τελείωσε στις 30 Οκτωβρίου 2012 στις 23.00, είχε βόρεια κατεύθυνση, μέγιστο ύψος κύματος 2.6 μέτρα και η μέγιστη φασματική περίοδος ήταν πάνω από 6 sec (διάγραμμα 7.5). Η δεύτερη καταιγίδα είχε μικρότερη διάρκεια, περίπου δυο μέρες, από τις 1 Νοεμβρίου 2012 στις 4.00 έως τις 3 Νοεμβρίου 2012 στις 7.00, είχε βόρεια κατεύθυνση και μέγιστο ύψος κύματος περίπου 1.65 μέτρα (διάγραμμα 7.5).



Διάγραμμα 7.5: Τα αποτελέσματα της καταγραφής του AWAC από τις 23 Οκτωβρίου έως τις 6 Νοεμβρίου του 2012, χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόγραμμα Storm (Nortek AS, 2013).

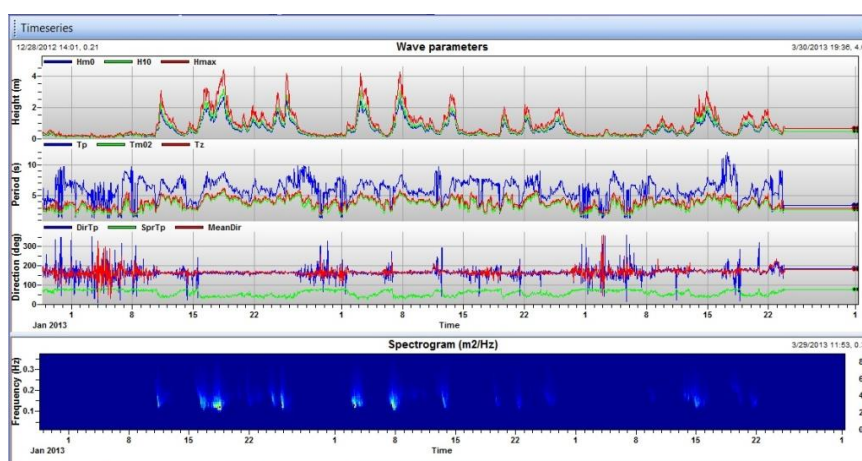
Στην συνέχεια, αφού επαναφορτίστηκε η μπαταρία το όργανο ποντίστηκε ξανά στις 9 Νοεμβρίου έως και τις 27 Δεκεμβρίου του 2012, οπότε και ανακτήθηκε για να αξιολογηθεί η συνολική λειτουργία του και η κατανάλωση της ενέργειας της μπαταρίας. Κατά την διάρκεια της πόντισης πέντε καταιγίδες δύο μεγαλύτερες και τρεις μικρότερες καταγράφηκαν (διάγραμμα 7.6). Η πρώτη είχε διάρκεια πέντε μέρες, από της 27 Νοεμβρίου στις 09.00 έως την 1 Δεκεμβρίου του 2012 στις 10.00 και είχε μέγιστο ύψος κύματος περίπου 4 μέτρα και η μέγιστη φασματική περίοδος έφτασε τα 8 sec. Στην συνέχεια από τις 2 Δεκεμβρίου στις 09.00 έως τις 6 Δεκεμβρίου στις 04.00 του 2012 δύο μικρότερες καταιγίδες ακολούθησαν με μέγιστο ύψος 2.2 και 1.85 μέτρα αντίστοιχα. Κατόπιν στις 8 Δεκεμβρίου στις 00.00 έως τις 10 Δεκεμβρίου στις 15.00 του 2012 μια μεγαλύτερη καταιγίδα και στις 11 Δεκεμβρίου στις 00.00

έως τις 12 Δεκεμβρίου στις 00.00 του 2012 μια μικρότερη ακολούθησαν με περίπου 3.3 μέτρα μέγιστο ύψος κύματος η πρώτη και 2 μέτρα η δεύτερη (διάγραμμα 7.6).



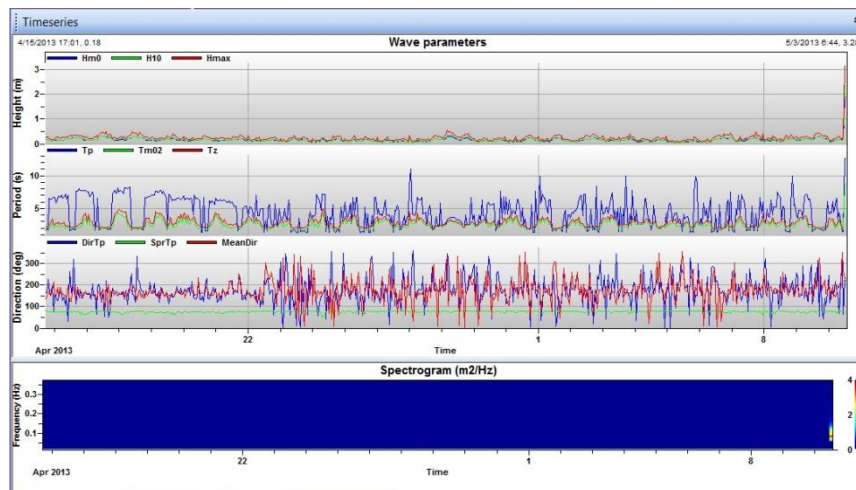
Διάγραμμα 7.6: Τα αποτελέσματα της καταγραφής του AWAC από τις 9 Νοεμβρίου έως και τις 27 Δεκεμβρίου του 2012, χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόγραμμα Storm (Nortek AS, 2013).

Καθώς, η λειτουργία του οργάνου και της μπαταρίας στο παραπάνω χρονικό διάστημα βρέθηκε ικανοποιητική, αποφασίστηκε η επόμενη πόντιση να πραγματοποιηθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Για το λόγο αυτό το όργανο ποντίστηκε στις 28 Δεκεμβρίου του 2012 και ανακτήθηκε στις 1 Απριλίου 2013. Στο διάστημα αυτό καταγράφηκαν τέσσερις κυματικές καταιγίδες μεγίστου ύψους λίγο πάνω από τέσσερα μέτρα και άλλες επτά μικρότερες, οι οποίες είχαν μέγιστο ύψος λίγο περισσότερο από δυο μέτρα (διάγραμμα 7.7). Στο διάστημα αυτό το όργανο σταμάτησε να λαμβάνει δεδομένα στις 24 Απριλίου 2013, καθώς η τάση της μπαταρίας έπεσε στα 8.1 V και οι μετρήσεις ρευμάτων/κυμάτων διακόπηκαν ενώ οι μετρήσεις της θερμοκρασίας συνεχίστηκαν (διάγραμμα 7.7).



Διάγραμμα 7.7: Τα αποτελέσματα της καταγραφής του AWAC από τις 28 Δεκεμβρίου του 2012 έως τις 1 Απριλίου 2013, χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόγραμμα Storm (Nortek AS, 2013).

Τέλος, το όργανο ποντίστηκε ξανά στις 15 Απριλίου και ανακτήθηκε ξανά στις 10 Μαΐου 2013. Κατά την διάρκεια αυτής της πόντισης είχε ήδη τελειώσει ο κυματικός χειμώνας και καμιά καταιγίδα δεν καταγράφηκε (διάγραμμα 7.8).



Διάγραμμα 7.8: Τα αποτελέσματα της καταγραφής του AWAC από τις 15 Απριλίου έως τις 10 Μαΐου 2013, χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόγραμμα Storm (Nortek AS, 2013).

Συνολικά, μια καταιγίδα μεγίστου ύψους κύματος περίπου τέσσερα μέτρα τον Δεκέμβριο του 2012 και τέσσερις καταιγίδες μεγίστου ύψους κύματος λίγο περισσότερο από τέσσερα μέτρα τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο του 2013 κατεγράφησαν. Όλες οι καταιγίδες είχαν προσανατολισμό από νότο προς βορά, η οποία είναι και η κύρια διεύθυνση η οποία επηρεάζει την μορφοδυναμική της παραλίας.

7.5 Σύγκριση ναυτικού ραντάρ με ADCP Nortek awac

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής χρησιμοποιήθηκαν και αξιολογήθηκαν δυο διαφορετικές μέθοδοι μέτρησης κυμάτων και ρευμάτων στις τρεις διαστάσεις, το ναυτικό ραντάρ και τα ποντισμένα και στραμμένα προς την επιφάνεια της θαλάσσης ADCP. Κάθε μια μέθοδος παρουσιάζει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, με τα ADCP να παρουσιάζουν περισσότερα πλεονεκτήματα στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής. Παρόλα αυτά η χρήση και των δύο μεθόδων προτείνεται για τις Ελληνικές θάλασσες καθώς η αποτελεσματικότητα τους έγκειται στις τοπικές συνθήκες, πόρους και υποδομές. Παραδείγματος χάρι αν δεν υπάρχει η δυνατότητα συχνής πόντισης και παρακολούθησης του ADCP, η οποία στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής πραγματοποιήθηκε αφιλόκερδος και με ιδίους πόρους/μηχανήματα, τότε η χρήση του ναυτικού ραντάρ εμφανίζεται πιο ελκυστική από την χρήση ADCP. Αντιθέτως, αν υπάρχει η δυνατότητα συχνής πόντισης, η εμπειρία από την παρούσα διατριβή είναι ότι τα ADCP παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα καθώς στην προκειμένη περίπτωση η χρήση του ναυτικού ραντάρ δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα και η χρήση τους εμφανίστηκε ιδιαίτερα πολύπλοκη κάτω από τις Ελληνικές Συνθήκες.

Συγκεκριμένα, καθώς η εμπειρία με τα ναυτικά ραντάρ στην Ελλάδα ήταν ελλιπής ο υποψήφιος διδάκτορας πραγματοποίησε επίσκεψη στην κατασκευάστρια εταιρία στην Νορβηγία, κατά την οποία αναδείχθηκαν τα πολύπλευρά και πολυσύνθετα προβλήματα της Ελληνικής πραγματικότητας, τα οποία δεν σχετίζονται με τις δυνατότητες λειτουργίας των οργάνων αλλά με πολύπλοκες και πολυδαίδαλες διαδικασίες προμήθειας και συντήρησης τους.

Καθώς, η προφορική πληροφόρηση του έλληνα αντιπροσώπου που είχε προμηθεύσει τα όργανα (Miros WaveX) ήταν πως η συντήρηση τους είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και οικονομικά κοστοβόρα, ενώ μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο από τον αποκλειστικό αντιπρόσωπο της εταιρίας στην Ελλάδα, το οποίο δεν συνάδει με την διεθνή βιβλιογραφία, ο υποψήφιος διδάκτωρ αποφάσισε να πραγματοποιήσει επίσκεψη στα κεντρικά γραφεία της εταιρίας στην Νορβηγία. Στην προσωπική συνάντηση που πραγματοποιήθηκε η προφορική πληροφόρηση ήταν πως δεν υπάρχει επίσημος αντιπρόσωπος στην Ελλάδα και πως η συντήρηση του συστήματος δεν είναι πολύπλοκη και οικονομικά κοστοβόρα, αλλά απαιτεί ειδικό τεχνικό.

Παρόλο που η συντήρηση δεν βρισκόταν στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, επιχειρήθηκε η συντήρηση του συστήματος κατόπιν των οδηγιών της Νορβηγικής εταιρίας, αλλά παρόλα αυτά το όργανο λειτούργησε ουσιαστικά όταν είχε τελειώσει ο κυματικός χειμώνας. Συνεπώς, παρόλο που και τα δυο όργανα είναι ιδιαίτερα οικονομικά για την λειτουργία που επιτελούν και έχουν παρόμοιο κόστος, δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί οικονομική σύγκριση, η οποία είναι βασικό στοιχείο για την αποτελεσματικότητα της κάθε μεθόδου, κάτω από τις Ελληνικές συνθήκες λόγω υπερκοστολογήσεων και μη σωστής πληροφόρησης. Να σημειωθεί πως το ADCP awac είχε προμηθευτεί απευθείας κατόπιν απευθείας συνεννόησης με την εταιρία Nortek από την Νορβηγία, γεγονός το οποίο ελαχιστοποίησε το κόστος του, το οποίο σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να ήταν πολλαπλάσιο του αρχικού. Επιπροσθέτως, στο ίδιο ταξίδι ο υποψήφιος διδάκτωρ πραγματοποίησε επίσκεψη και εκπαιδεύτηκε από εταιρία Nortek στην Νορβηγία, γεγονός το οποίο ελαχιστοποίησε το κόστος λειτουργίας του οργάνου.

Αν ξεπεραστούν τα προβλήματα που συναντούνται στην προσπάθεια συλλογής επιστημονικών στοιχείων, δηλαδή οι υπερκοστολογήσεις και πολλές φορές και η κακή πληροφόρηση/συντήρηση των οργάνων, τότε οι δύο τεχνικές παρουσιάζουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα. Λαμβάνοντας υπόψη αυτά και τις τοπικές ανάγκες, συνθήκες και προσδοκίες ώστε να μπορεί να αποφασιστεί η χρήση τους σε τοπικό επίπεδο.

Τα κύρια πλεονεκτήματα που παρέχει η χρήση του ναυτικού ραντάρ για τη μέτρηση κυμάτων και ρευμάτων στις τρεις διαστάσεις είναι τα εξής:

- ακρίβεια μικρότερη από 10% και υψηλή ανάλυση στην μέτρηση κυμάτων μεγάλης ενέργειας (ύψος κύματος από 5 έως και 10 m και περίοδος από 5.0 έως 13.0 s) τα οποία και επηρεάζουν σημαντικά τις Ελληνικές ακτογραμμές
- Μέτρηση κυμάτων/ρευμάτων σε πραγματικό χρόνο, γεγονός το οποίο κάνει τις μετρήσεις άμεσα αξιοποιήσιμες και για άλλους σκοπούς όπως π.χ. απόπλου σκαφών από κοντινούς λιμένες

- μη άμεση επαφή της συσκευής με το θαλασσινό νερό, γεγονός που αυξάνει σημαντικά τον χρόνο ζωής των οργάνων μέτρησης
- δυνατότητα μεταφοράς και τοποθέτησης σε σημείο της ξηράς που υπάρχει διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο, καθώς η εμβέλεια του είναι πολύ μεγάλη
- δυνατότητα χρήσης του οργάνου σε κινούμενα πλοία
- Θεωρητικό χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας σε σχέση με τις συμβατικά πλωτά σώματα (σημαδούρες) μέτρησης κυμάτων/ρευμάτων (wave buoys)

Τα κύρια μειονεκτήματα είναι

- δυσκολία τοποθέτησης του οργάνου σε κάποιο σημείο για πρώτη φορά, καθώς απαιτείται στεγασμένος χώρος και παροχή ρεύματος. Αν δεν υπάρχει αυτός ο χώρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιο κοντέινερ, όπως στην περίπτωση μελέτης
- η ακτινοβολία που εκπέμπει το ραντάρ κατά την λειτουργία του είναι υψηλή και για το λόγο αυτό το ραντάρ δεν θα πρέπει να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με ζωντανούς οργανισμούς
- η ετήσια συντήρηση του ραντάρ είναι οικονομικά κοστοβόρα στην Ελλάδα
- το όργανο έχει πολύ μικρή ακρίβεια για κυματισμούς ύψους κάτω από 5 m

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ποντισμένων και στραμμένων προς την επιφάνεια της θαλάσσης ADCP (bottom-mounted, upward-facing acoustic Doppler current profilers) είναι τα εξής:

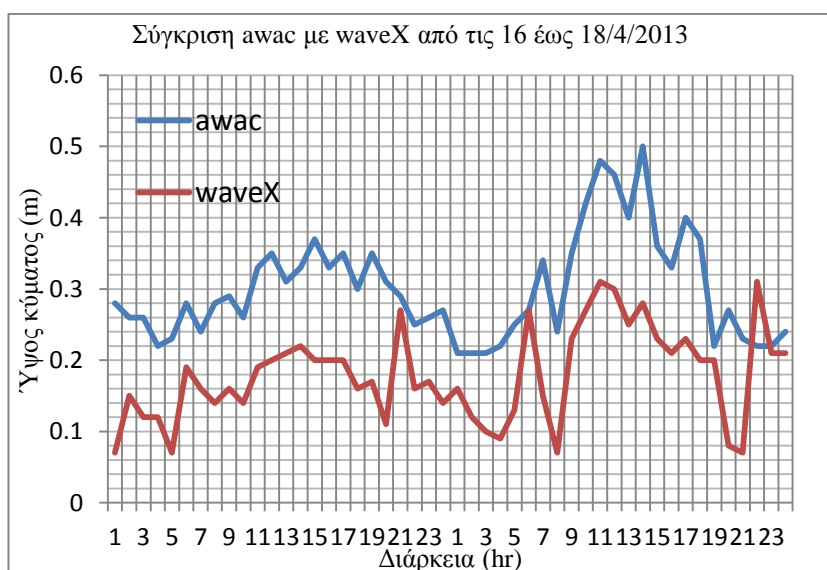
- έχουν υψηλή ακρίβεια της τάξης του 1% για ύψους κύματος από -15 m έως +15 m και περιόδους από 0.5 έως 30 s
- έχουν δυνατότητα μέτρησης της θερμοκρασίας στο σημείο πόντισης (δυνατότητα μέτρησης της θερμοκρασίας από -4 °C έως +40 °C, με ακρίβεια 0.1 °C)
- δυνατότητα εύκολης μεταφοράς και τοποθέτησης σε οποιοδήποτε της ελληνικής υφαλοκριπίδας (βέλτιστο βάθος πόντισης 20-30 καθώς σε βαθύτερα νερά είναι ποιο επικίνδυνη η κατάδυση)
- χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας αν έχει προβλεφθεί χρήση επαναφορτιζόμενης μπαταρίας, όπως στην περίπτωση μελέτης
- Θεωρητικό χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας σε σχέση με τις συμβατικά πλωτά σώματα (σημαδούρες) μέτρησης κυμάτων/ρευμάτων (wave buoys)

Τα κύρια μειονεκτήματα είναι τα εξής:

- Το όργανο κινδυνεύει να παρασυρθεί/ανασυρθεί και να χαθεί από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως καταδύσεις ή αλιευτικές δραστηριότητες, ιδίως από τράτες

- Η ασφάλιση του οργάνου είναι ιδιαίτερα κοστοβόρα, καθώς σε ερώτηση που πραγματοποιήθηκε το ετήσιο ασφάλιστρο του κοστίζει περίπου το 1/3 της αξίας του οργάνου
- η μέτρηση κυμάτων/ρευμάτων σε πραγματικό χρόνο έχει αρκετούς περιορισμούς και είναι ιδιαίτερα κοστοβόρα (εκτός από πόντισης κοντά σε λιμένες οι οποίοι έχουν κατάλληλες υποδομές)
- η άμεση επαφή της συσκευής με το θαλασσινό νερό μπορεί να επιφέρει αρκετά προβλήματα και να οδηγήσει σε απώλεια μετρήσεων μεγάλων χρονικών διαστημάτων
- Το πολύ υψηλό κόστος μη επαναφορτιζόμενων πηγών ενέργειας
- Η συχνή ανάγκη πόντισης και ανάκτησης μπορεί να οδηγήσει σε πληθώρα ατυχημάτων ενώ απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό και σκάφος, τα οποία απαιτούν υψηλούς πόρους

Συνεπώς, κάθε όργανο έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, με την κύρια διαφορά την ανάγκη πόντισης του ADCP. Όπως αναφέρθηκε το σύστημα waveX δεν είχε συντηρηθεί σωστά ούτε και υπήρχε αυτή η δυνατότητα στην Ελλάδα και για το λόγο αυτό οι μετρήσεις που έδωσε ήταν αποσπασματικές και αφορούσαν μόνο περιόδους με πολύ μικρά ύψη κύματος, για τα οποία η επισφάλεια των μετρήσεων είναι πολύ υψηλή (0.5 m). Παρόλα αυτά, οι μετρήσεις του waveX συγκρίθηκαν με τις μετρήσεις του awac, οι οποίες για τα συγκεκριμένα ύψη κύματος παρουσιάζουν μεγαλύτερη ακρίβεια. Από την σύγκριση αυτή βρέθηκε ότι το ναυτικό ραντάρ ακολουθεί ένα παρόμοιο μοτίβο στον υπολογισμό του πολύ μικρών υψών κύματος με τάση υποεκτίμησης τους (διάγραμμα 7.9).



Διάγραμμα 7.9: Σύγκριση των αποτελεσμάτων του awac (μπλε χρώμα) με τα αποτελέσματα του waveX (κόκκινο χρώμα) για το διάστημα 16 έως 18 Απριλίου 2013.

Συνοψίζοντας, η εμπειρία του υποψηφίου διδάκτορα είναι ότι εάν υπάρχει η δυνατότητα πόντισης, τα αντίστοιχα μέσα (βάρκα, μικρός γερανός κλπ) όπως και επαναφορτιζόμενη μπαταρία τα ποντισμένα και στραμμένα προς την επιφάνεια της θαλάσσης ADCP παρουσιάζουν τα περισσότερα πλεονεκτήματα για χρήση τους κάτω από τις Ελληνικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, η ακρίβεια τους είναι υψηλότερη από τα ναυτικά ραντάρ, ενώ δίνουν και επιπρόσθετα στοιχεία όπως την θερμοκρασία στο σημείο πόντισης. Αν δεν υπάρχει η δυνατότητα πόντισης τότε τα ναυτικά ραντάρ προτείνεται να χρησιμοποιούνται, αλλά πριν από την αγορά και τοποθέτηση τους πρέπει να υπάρξει απευθείας συνεννόηση με την εταιρία που θα τα προμηθεύσει καθώς ελλοχεύει ο κίνδυνος υπερκοστολόγησης και κακής συντήρησης τους.

7.6 Κυματικό μοντέλο SMB και σύγκριση του με τα δεδομένα awac

Στην Ελλάδα, ο πιο διαδεδομένος τρόπος υπολογισμού του κυματικού κλίματος είναι μέσω του μοντέλου περιγραφής της κατάστασης διαταραχής της θαλάσσιας επιφάνειας SMB (Svedrup- Munk-Bretschneider) (Μουτζουρης, 2002). Σύμφωνα με αυτό οι κυματισμοί διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες (Μουτζουρης, 2002):

- Κύματα πλήρως ανεπτυγμένης θάλασσας. Δημιουργούνται από την πνοή ανέμου μακράς διάρκειας κατά μήκος μεγάλου αναπτύγματος πελάγους.
- Κύματα περιορισμένου αναπτύγματος πελάγους που δημιουργούνται από την μακρά πνοή ανέμου
- Κύματα μεγάλου αναπτύγματος πελάγους που δημιουργούνται από την πνοή ανέμου σύντομης διάρκειας

Το μοντέλο SMB επιχειρεί να προσδιορίσει το χαρακτηριστικό ύψος κύματος H_s και την περίοδο T_s του χαρακτηριστικού κύματος σαν μονοσήμαντες συναρτήσεις της ταχύτητας U του ανέμου, του αναπτύγματος πελάγους (fetch) F και της διάρκειας πνοής του ανέμου D , κάνοντας χρήση τις αδιάστατες εξισώσεις 1 έως 5 (Μουτζουρης, 2002):

$$F = \frac{\sum R_i \cos^2 a}{\sum \cos a} \quad (1)$$

$$\frac{gH_s}{U^2} = 0,283 \cdot \tanh(0,0125 \cdot \Phi^{0,42}) \quad (2)$$

$$\frac{gT_s}{U} = 7,540 \cdot \tanh(0,077 \cdot \Phi^{0,25}) \quad (3)$$

$$\frac{gD}{U} = 6,588 \cdot e^{\sqrt{0,0161(\ln \Phi)^2 - 0,369(\ln \Phi) + 2,2024 + 0,8798(\ln \Phi)}} \quad (4)$$

$$\Phi = \frac{gf}{U^2} \quad (5)$$

7.6.1 Υπολογισμός αναπτύγματος πελάγους

Τα αναπτύγματα πελάγους μετρήθηκαν κάνοντας χρήση του προγράμματος *Google earth* (Google Inc., 2012) και τα αποτελέσματα που προέκυψαν, θέτοντας ως γωνία 0° την νότια διεύθυνση στην οποία είναι εκτεθειμένη η παραλία, παρουσιάζονται στον πίνακα 7.2.

Πίνακας 7.2: Αναπτύγματα πελάγους για την περιοχή της Βάρκιζας

| Διεύθυνση Ανέμου | Απόσταση (km) | Διεύθυνση Ανέμου | Απόσταση (km) |
|---------------------|------------------|---------------------|------------------|
| 90 | 0.98 | -5 | 252.18 |
| 85 | 0.93 | -10 | 251.46 |
| 80 | 1.16 | -15 | 250.50 |
| 75 | 1.24 | -20 | 276.31 |
| 70 | 1.4 | -25 | 277.99 |
| 65 | 5.33 | -30 | 276.19 |
| 60 | 5.9 | -35 | 134.26 |
| 55 | 46.62 | -40 | 129.68 |
| 50 | 46.58 | -45 | 132.06 |
| 45 | 55.16 | -50 | 126.30 |
| 40 | 53.26 | -55 | 13.23 |
| 35 | 161.02 | -60 | 12.89 |
| 30 | 561.32 | -65 | 10.9 |
| 25 | 564.39 | -70 | 9.80 |
| 20 | 576.78 | -75 | 7.54 |
| 15 | 576.77 | -80 | 5.63 |
| 10 | 244.04 | -85 | 3.62 |
| 5 | 256.07 | -90 | 1.32 |
| 0 | 252.44 | | |

Κάνοντας χρήση την σχέση (1) και θέτοντας ως γωνία 0° την νότια διεύθυνση προκύπτει ότι το ανάπτυγμα πελάγους για νότια διεύθυνση στην παραλία της Βάρκιζας είναι Fetch = 265,09 km

7.6.2 Ανεμολογικά Δεδομένα.

Τα ανεμολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή του κυματικού κλίματος της παραλίας της Βάρκιζας αποκτήθηκαν την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY) και το κλιματικό μοντέλο WAM του εθνικού αστεροσκοπείου Αθηνών. Τα δεδομένα της EMY υπολογίζονται ανά 6 ώρες και αφορούν την περιοχή της Αθήνας – κωδικός σταθμού 16716 – καθώς δεν βρέθηκε κάποιος άλλος σταθμός πιο αντιπροσωπευτικός για την περιοχή της Βάρκιζας ενώ του WAM κάθε τρεις ώρες και αφορούν την περιοχή ανοικτά της παραλίας της Βάρκιζας. Συνεπώς, τα ανεμολογικά δεδομένα του WAM υπερέχουν για την εφαρμογή τους στην μέθοδο SMB αλλά παρόλα αυτά, σύμφωνα με την γνώση του συγγραφέα, δεν έχουν χρησιμοποιηθεί έως σήμερα για τον σκοπό αυτό. Αντιθέτως, στις πλύστες των περιπτώσεων χρησιμοποιούνται δεδομένα από σταθμούς της EMY, συχνά μη αντιπροσωπευτικούς των περιοχών μελέτης, γεγονός που αυξάνει τις επισφάλειες της μεθόδου SMB, οι οποίες είναι πολλές καθώς αυτή έχει αναπτυχθεί για ανοικτές θάλασσες και όχι για πελάγη.

Τα ανεμολογικά δεδομένα, πρέπει να δίνονται σε km/h, ενώ ως χρόνος πνοής του ανέμου (D) λαμβάνεται το γινόμενο της συχνότητας του ανέμου (%) με το σύνολο των ωρών του χρόνου για τον οποίο εξετάζεται η κάθε περιοχή. Ως περίπτωση μελέτης επιλέχθηκε η καταιγίδα της 27/11/2012 η οποία είχε διάρκεια έως της 0/12/2012. Τα δεδομένα της EMY παρουσιάζονται στο πίνακα 7.3.

Πίνακας 7.3: Δεδομένα EMY για τον σταθμό 16716.

| year | month | day | hour | Wind dir | Wind (m/s) |
|------|-------|-----|------|----------|------------|
| 2012 | 11 | 27 | 12 | 150 | 2.058 |
| 2012 | 11 | 27 | 18 | 150 | 3.087 |
| 2012 | 11 | 28 | 6 | 0 | 0 |
| 2012 | 11 | 28 | 12 | 150 | 2.572 |
| 2012 | 11 | 28 | 18 | 150 | 4.116 |
| 2012 | 11 | 29 | 6 | 290 | 5.144 |
| 2012 | 11 | 29 | 12 | 180 | 5.144 |
| 2012 | 11 | 29 | 18 | 160 | 7.202 |
| 2012 | 11 | 30 | 6 | 270 | 3.601 |
| 2012 | 11 | 30 | 12 | 180 | 4.116 |
| 2012 | 11 | 30 | 18 | 180 | 4.116 |

Αφού έχει υπολογιστεί το ανάπτυγμα πελάγους, υπολογίζεται ο αδιάστατος λόγος Φ από την σχέση (5). Ως χρόνος πνοής του ανέμου λαμβάνεται το γινόμενο της συχνότητάς του (%), με το σύνολο των δευτερολέπτων του χρόνου που διήρκεσε η καταιγίδα. Στην συνέχεια υπολογίζεται ξανά το Φ χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις 6 και 7 (Μουτζουρης, 2002):

$$\frac{gD}{U} = 6.588 \exp \left\{ \left\{ 0.0161 (\ln \Phi)^2 - 0.369 (\ln(\Phi) + 2.2024) \right\}^{0.5} + 0.8798 (\ln(\Phi)) \right\} \quad (6)$$

για την επίλυση, χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό προγράμματος MATLAB, θέτοντας:

$$A = \frac{gD}{U} \ \& \ B = 6.588 \exp \left\{ \left\{ 0.0161 (\ln \Phi)^2 - 0.369 (\ln(\Phi) + 2.2024) \right\}^{0.5} + 0.8798 (\ln(\Phi)) \right\} \quad (7)$$

έτσι ώστε, για κάθε δοκιμή τυχαίου Φ να εξετάζουμε αν ο όρος B προσεγγίζει αριθμητικά τον όρο A, ο οποίος έχει ήδη υπολογιστεί. Τέλος συγκρίνονται οι τιμές των Φ και λαμβάνεται υπόψη η ελάχιστη από αυτές.

7.6.3 Υπολογισμός χαρακτηριστικών κυματισμών

Το χαρακτηριστικό ύψος κύματος στα βαθιά H_s και περίοδο T_s του χαρακτηριστικού κύματος υπολογίζονται από τις εξισώσεις (8) και (9) αντίστοιχα (Μουτζουρης, 2002):

$$\frac{gH_s}{U^2} = 0.283 \cdot \tanh(0.0125 \cdot \Phi^{0.42}) \Rightarrow H_s = \left(\frac{U^2}{g} \right) \cdot 0.283 \cdot \tanh(0.0125 \cdot \Phi^{0.42}) \quad (8)$$

$$\frac{gT_s}{U} = 7.540 \cdot \tanh(0.77 \cdot \Phi^{0.25}) \Rightarrow T_s = \left(\frac{U}{g} \right) \cdot 7.540 \cdot \tanh(0.77 \cdot \Phi^{0.25}) \quad (9)$$

7.6.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων SMB και awac

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων για το σημαντικό ύψος και την σημαντική περίοδο που προέκυψαν από την μέθοδο SMB με τα πραγματικά που καταγράφηκαν από τον κυματομετρητή awac παρουσιάζονται στον πίνακα 7.4.

Πίνακας 7.4 Σύγκριση κατεύθυνσης και χαρακτηριστικού ύψους και περιόδου κύματος από την μέθοδο SMB με αυτά του κυματομετρητή awac

| day | hour | SMB Wind dir | Awac Wind dir | SMB wave height | Awac wave height | SMB wave period | Awac wave period |
|-----|------|-----------------|------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| 27 | 12 | 150 | 172.60 | 0 | 0.21 | - | 2.42 |
| 27 | 18 | 150 | 202.10 | 0.17 | 0.38 | 1.88 | 3.05 |
| 28 | 6 | 0 | 176.11 | - | 0.73 | - | 4.09 |
| 28 | 12 | 150 | 180.63 | 0.17 | 1.29 | 1.88 | 5.13 |
| 28 | 18 | 150 | 185.42 | 0.17 | 1.02 | 1.88 | 4.59 |
| 29 | 6 | 290 | 187.32 | 0.55 | 1.34 | 3.37 | 5.68 |
| 29 | 12 | 180 | 184.17 | 0.55 | 1.19 | 3.37 | 5.13 |
| 29 | 18 | 160 | 188.26 | 1.28 | 2.24 | 5.13 | 7.23 |
| 30 | 6 | 270 | 182.44 | 0.17 | 1.53 | 1.88 | 6.26 |

| | | | | | | | |
|----|----|-----|--------|------|------|------|------|
| 30 | 12 | 180 | 182.91 | 0.17 | 1.16 | 1.88 | 5.33 |
| 30 | 18 | 180 | 183.22 | 0.17 | 1.22 | 1.88 | 5.03 |

Όπως είναι εμφανές το σφάλμα στον υπολογισμό του ύψους κύματος είναι πολύ υψηλό, καθώς οι τιμές που υπολογίζονται από την μέθοδο SMB διαφέρουν έως και μια τάξη από τις πραγματικές. Επιπροσθέτως, υπάρχει μεγάλο σφάλμα και στον υπολογισμό της διεύθυνσης. Στον υπολογισμό της σημαντικής περιόδου πάλι υπάρχει σημαντικό σφάλμα με εξαίρεση την περίοδο κατά την κορύφωση της καταιγίδας την οποία υποεκτιμά η μέθοδος SMB περίπου 30 % σε σχέση με την πραγματικότητα.

7.7 Σύγκριση δεδομένων Awac με εκτιμήσεις WAM

Καθώς μέχρι στιγμής στην Ελλάδα δεν υπάρχουν οργανωμένες βάσεις δεδομένων με πρωτογενή κυματικά δεδομένα, στοιχεία απαραίτητα για κάθε ακτομηχανική μελέτη, στην εν λόγω διατριβή αξιολογήθηκε η εναλλακτική χρήση στοιχείων κυματικών μοντέλων τρίτης γενιάς (αριθμητική προσομοίωση) και συγκεκριμένα του κυματικού μοντέλου WAM (Mazarakis et al., 2012).

Για το λόγο αυτό ο υποψήφιος διδάκτορας ήρθε σε επικοινωνία με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ) και συγκεκριμένα με τους διαχειριστές της πλατφόρμας Meteo (ΕΑΑ, 2014) και αναζήτησε κυματικά στοιχεία για το διάστημα για το οποίο το awac κατέγραφε το κυματικό κλίμα της περιοχής της Βάρκιζας. Τα διαθέσιμα στοιχεία που βρέθηκαν αφορούν το σημαντικό ύψος και την κατεύθυνση του κύματος όπως και την αντίστοιχη σημαντική και μέγιστη περίοδο.

Για να βρεθεί ο συσχετισμός μεταξύ των πραγματικών δεδομένων και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM πραγματοποιήθηκε σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ του πραγματικών και προσεγγιστικών των τιμών, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές, όπως επίσης και απλή γραμμική παλινδρόμηση χρησιμοποιώντας τη μέθοδος των ελάχιστων τετραγώνων. Καθώς το awac είχε ποντιστεί στα 25 m βάθος και το υψηλότερο σημαντικό ύψος κύματος για την περίοδο ενδιαφέροντος ήταν περίπου 2.5 m, προκύπτει ότι το σημείο πόντισης του οργάνου είναι στα βαθιά νερά. Συνεπώς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας οι τιμές του μοντέλου WAM και δεν απαιτείται η χρήση κυματοσειρών σε βαθύτερα νερά και η μεταφορά τους, με κάποιο κατάλληλο εργαλείο (π.χ. MIKE 21 SW), στο σημείο ενδιαφέροντος. Τα δεδομένα του μοντέλου WAM είχαν ημερήσια επαναληψιμότητα και κάθε χρονοσειρά παρείχε πρόβλεψη των κύριων κυματικών χαρακτηριστικών για βάθος χρόνου περίπου τριών ημερών. Συνεπώς, χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα δεδομένα του 1^{ου} 24ωρου κάθε χρονοσειράς, ώστε οι προσεγγίσεις του μοντέλου να βρίσκονται όσο το δυνατόν πιο κοντά στις πραγματικές τιμές. Στην συνέχεια τα πραγματικά

δεδομένα (μετρήσεις awac) ήρθαν σε αντιδιαστολή με αυτά των προσεγγιστικών τιμών (υπολογισμοί WAM). Ως παράδειγμα, παρατίθεται ο πίνακας 7.5 ο οποίος αφορά στην σύγκριση της υψηλότερης κυματικής καταιγίδας, στις 27/11/2012 έως της 01/12/2012, που κατέγραψε το awac για τον κυματικό χειμώνα 2012 - 2013.

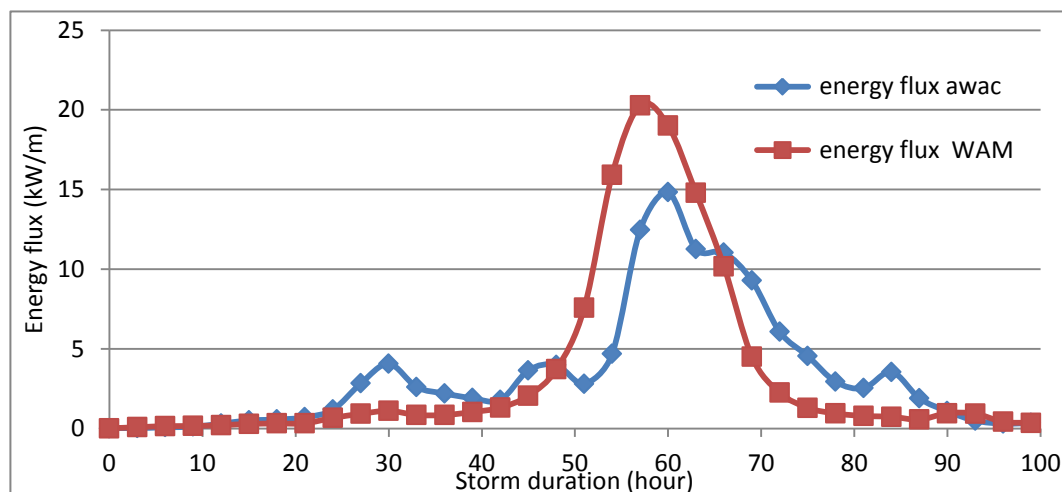
Πίνακας 7.5: Παράδειγμα αντιδιαστολής δεδομένων awac με δεδομένα WAM

| Date | Hour | Hm0 awac (m) | Hm0 WAM (m) | Error (%) | Tm0 awac (m) | Tm0 WAM (m) | Error (%) | Tmax awac (m) | Tmax WAM (m) | Error (%) | Mdir awac (deg) | Mdir WAM (deg) | Error (%) |
|----------|-------|--------------------|-------------------|--------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|--------------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------------|
| 27/11/12 | 9:00 | 0.11 | 0.1 | 9.09 | 2.56 | 3.73 | 45.7 | 3.33 | 4.35 | 30.63 | 190.01 | 182 | 4.21 |
| 27/11/12 | 12:00 | 0.145 | 0.2 | 37.93 | 2.29 | 4.18 | 82.53 | 3.33 | 4.78 | 43.54 | 172.6 | 191 | 10.66 |
| 27/11/12 | 15:00 | 0.275 | 0.26 | 5.45 | 2.23 | 4.57 | 104.93 | 2.33 | 5.26 | 125.75 | 224.12 | 184 | 17.90 |
| 27/11/12 | 18:00 | 0.32 | 0.26 | 18.75 | 2.35 | 4.74 | 101.70 | 2.66 | 5.26 | 97.74 | 202.1 | 182 | 9.95 |
| 27/11/12 | 21:00 | 0.48 | 0.3 | 37.5 | 2.69 | 4.74 | 76.21 | 3.33 | 5.26 | 57.96 | 180.56 | 186 | 3.013 |
| 28/11/12 | 0:00 | 0.59 | 0.35 | 40.68 | 2.94 | 4.81 | 63.6 | 4 | 5.26 | 31.5 | 175.75 | 189 | 7.54 |
| 28/11/12 | 3:00 | 0.61 | 0.35 | 42.62 | 3.07 | 5.24 | 70.68 | 4 | 5.78 | 44.5 | 180.06 | 190 | 5.52 |
| 28/11/12 | 6:00 | 0.665 | 0.34 | 48.87 | 3.18 | 5.81 | 82.7 | 3.67 | 6.37 | 73.57 | 176.11 | 186 | 5.62 |
| 28/11/12 | 9:00 | 0.845 | 0.46 | 45.56 | 3.32 | 6.33 | 90.66 | 4 | 6.99 | 74.75 | 182.16 | 184 | 1.01 |
| 28/11/12 | 12:00 | 1.21 | 0.52 | 57.02 | 3.87 | 6.85 | 77 | 4.67 | 7.69 | 64.67 | 180.63 | 182 | 0.76 |
| 28/11/12 | 15:00 | 1.405 | 0.55 | 60.85 | 4.12 | 7.35 | 78.4 | 5 | 8.47 | 69.4 | 182.53 | 186 | 1.9 |
| 28/11/12 | 18:00 | 1.17 | 0.46 | 60.68 | 3.81 | 8.06 | 111.55 | 5.33 | 9.35 | 75.42 | 185.42 | 187 | 0.85 |
| 28/11/12 | 21:00 | 1.09 | 0.45 | 58.72 | 3.7 | 8.4 | 127.03 | 4.33 | 9.35 | 115.93 | 186.48 | 183 | 1.87 |
| 29/11/12 | 0:00 | 1.03 | 0.5 | 51.45 | 3.6 | 8.33 | 131.39 | 4.33 | 10.31 | 138.11 | 185.86 | 185 | 0.46 |
| 29/11/12 | 3:00 | 1.005 | 0.58 | 42.29 | 3.56 | 7.81 | 119.38 | 4.67 | 9.35 | 100.21 | 183.25 | 190 | 3.68 |
| 29/11/12 | 6:00 | 1.35 | 0.73 | 45.93 | 4.01 | 7.75 | 93.27 | 5 | 9.35 | 87 | 187.32 | 187 | 0.17 |
| 29/11/12 | 9:00 | 1.37 | 0.98 | 28.47 | 4.24 | 7.75 | 82.78 | 5 | 9.35 | 87 | 190.74 | 184 | 3.53 |
| 29/11/12 | 12:00 | 1.21 | 1.41 | 16.53 | 3.84 | 7.63 | 98.7 | 5 | 9.35 | 87 | 184.17 | 188 | 2.08 |
| 29/11/12 | 15:00 | 1.485 | 2.05 | 38.05 | 4.25 | 7.58 | 78.35 | 5.67 | 9.35 | 64.9 | 188.88 | 191 | 1.12 |
| 29/11/12 | 18:00 | 2.215 | 2.34 | 5.64 | 5.08 | 7.41 | 45.87 | 6 | 9.35 | 55.83 | 188.26 | 191 | 1.45 |
| 29/11/12 | 21:00 | 2.35 | 2.29 | 2.55 | 5.37 | 7.25 | 35.01 | 6.67 | 8.47 | 26.7 | 185.14 | 191 | 3.16 |
| 30/11/12 | 0:00 | 2.12 | 2.02 | 4.72 | 5.01 | 7.25 | 44.71 | 7.67 | 8.47 | 10.43 | 185.17 | 189 | 2.07 |
| 30/11/12 | 3:00 | 2.1 | 1.7 | 19.05 | 5.01 | 7.04 | 40.52 | 6.66 | 8.47 | 27.18 | 184.29 | 187 | 1.47 |
| 30/11/12 | 6:00 | 1.955 | 1.16 | 40.66 | 4.86 | 6.71 | 38.07 | 6.33 | 8.47 | 33.81 | 182.44 | 186 | 1.95 |
| 30/11/12 | 9:00 | 1.6 | 0.83 | 48.13 | 4.74 | 6.54 | 37.97 | 7 | 7.69 | 9.86 | 183.29 | 185 | 0.93 |
| 30/11/12 | 12:00 | 1.455 | 0.64 | 56.01 | 4.3 | 6.37 | 48.14 | 5.33 | 7.69 | 44.28 | 182.91 | 183 | 0.049 |
| 30/11/12 | 15:00 | 1.215 | 0.55 | 54.73 | 3.98 | 6.25 | 57.03 | 4.33 | 7.69 | 77.6 | 180.43 | 181 | 0.32 |
| 30/11/12 | 18:00 | 1.16 | 0.51 | 56.03 | 3.77 | 6.1 | 61.8 | 4.33 | 7.69 | 77.6 | 183.22 | 179 | 2.3 |
| 30/11/12 | 21:00 | 1.325 | 0.5 | 62.26 | 4.05 | 5.92 | 46.17 | 5.33 | 7.69 | 44.28 | 184.5 | 183 | 0.81 |
| 1/12/12 | 0:00 | 0.95 | 0.45 | 52.63 | 4.21 | 5.62 | 33.49 | 4.66 | 7.69 | 65.02 | 182.08 | 184 | 1.05 |
| 1/12/12 | 3:00 | 0.705 | 0.6 | 14.89 | 4.37 | 5.35 | 22.43 | 5.33 | 7.69 | 44.28 | 181.79 | 184 | 1.22 |
| 1/12/12 | 6:00 | 0.48 | 0.6 | 25 | 4.32 | 5.18 | 19.91 | 5.67 | 6.99 | 23.28 | 178.15 | 182 | 2.16 |
| 1/12/12 | 9:00 | 0.39 | 0.41 | 5.13 | 4.09 | 5.03 | 22.98 | 5.33 | 6.99 | 31.14 | 184.95 | 178 | 3.76 |
| 1/12/12 | 12:00 | 0.39 | 0.39 | 0 | 4.6 | 4.69 | 1.96 | 5.33 | 6.99 | 31.14 | 185.45 | 176 | 5.096 |

Όπως είναι εμφανές το μοντέλο WAM υπολογίζει με πολύ μεγάλη ακρίβεια (2.55 %) το σημαντικό ύψος κύματος κατά την κορύφωση της καταιγίδας. Παρόλα αυτά παρουσιάζει

σημαντικό σφάλμα κατά την αρχή και τέλος της καταιγίδας, καθώς υποεκτιμά σε μεγάλο βαθμό (~50 %) το σημαντικό ύψος κύματος. Όσον αφορά την σημαντική περίοδο παρατηρούμε ότι υπάρχει μια συνεχής υπereκτίμηση της από το κυματικό μοντέλο WAM, η οποία φτάνει έως ~130%, με το ίδιο να ισχύει και για την μέγιστη περίοδο. Τέλος, παρατηρούμε ότι η κατεύθυνση που υπολογίζει το κυματικό μοντέλο WAM είναι σχεδόν πανομοιότυπη με αυτή που υπολόγισε το awac.

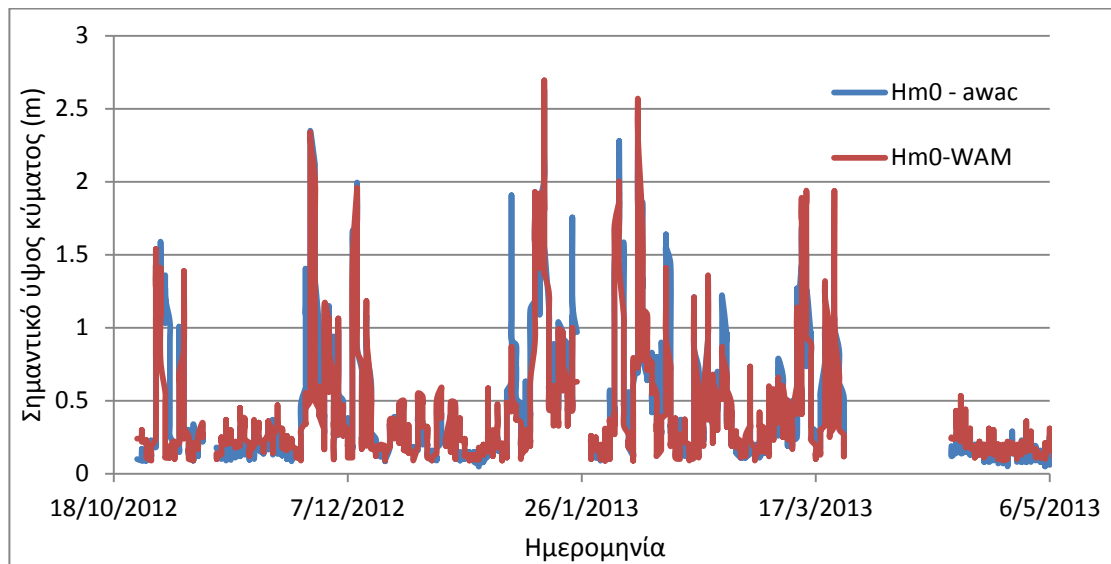
Παρ'όλες τις σημαντικές διαφορές στον υπολογισμό του σημαντικού ύψους και περιόδου κύματος, είναι άξιο αναφοράς ότι η ροή ενέργειας, σε βαθιά νερά, που υπολογίζει το WAM είναι παρόμοια με αυτή που υπολόγισε το awac (Διάγραμμα 7.10).



Διάγραμμα 7.10: Σύγκριση ροής ενέργειας μεταξύ μετρήσεων του awac και του WAM για την κυματική καταιγίδα 27/11/2012 έως της 01/12/2012.

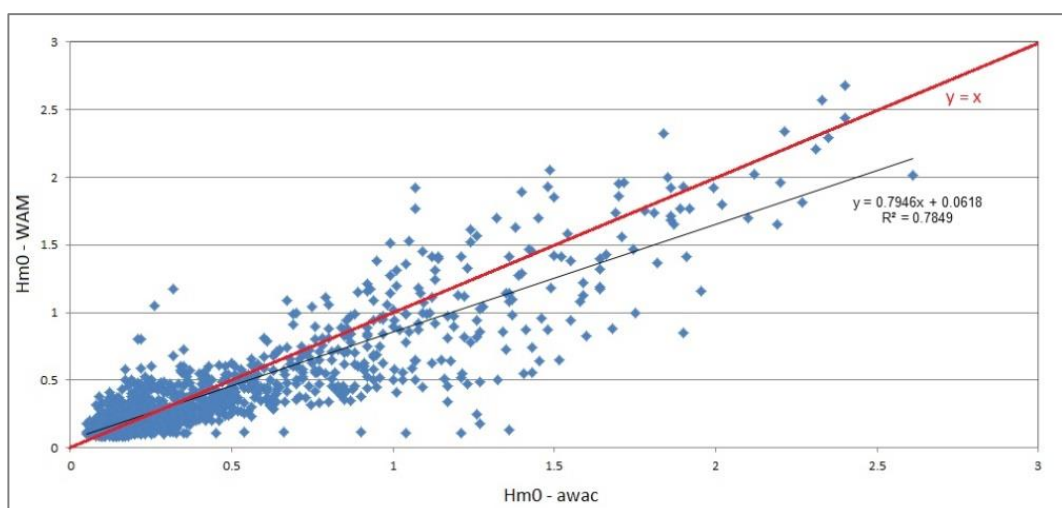
Για να βρεθεί ο ακριβής συσχετισμός των κυματοσειρών του awac με αυτών του WAM, πραγματοποιήθηκε σύγκριση όλων των κοινών δεδομένων, τα αποτελέσματα της οποίας αναλύονται παρακάτω.

Αρχικά υπολογίστηκε ο συσχετισμός μεταξύ του πραγματικού σημαντικού ύψους κύματος (H_s) και αυτού που υπολόγιζε το κυματικό μοντέλο WAM. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε σύγκριση ζευγών τιμών, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές (Διάγραμμα 7.11). Όπως είναι εμφανές υπάρχει ένας σχετικά καλός συσχετισμός μεταξύ των πραγματικών (awac) και των προσεγγιστικών τιμών (WAM), αλλά υπάρχει μη καταγραφή δύο κυματικών γεγονότων σημαντικού ύψους > 1.5 m (Διάγραμμα 7.11).



Διάγραμμα 7.11: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ του πραγματικού σημαντικού ύψος κύματος και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM.

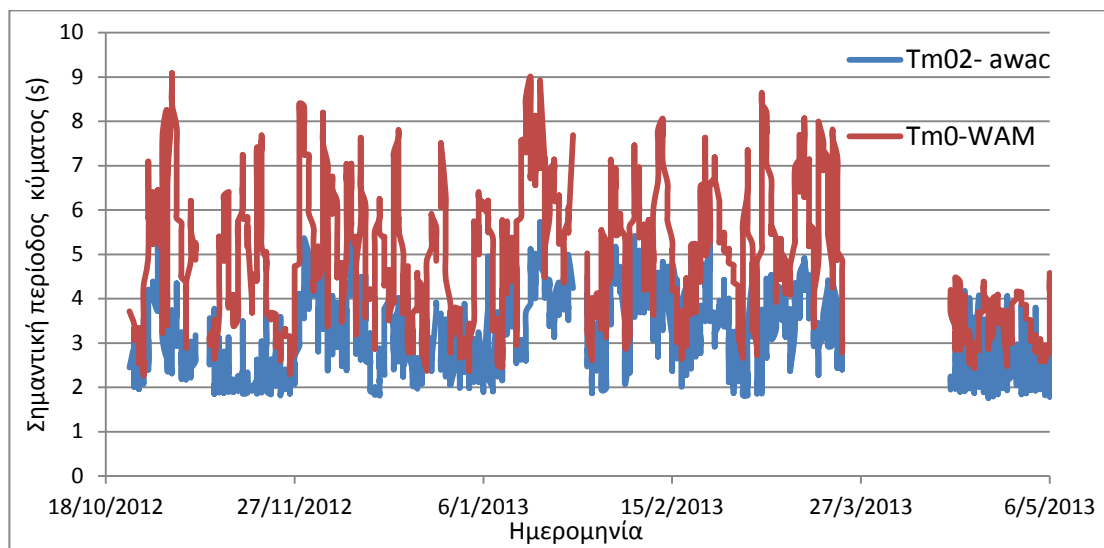
Καθώς βρέθηκε ότι τα δεδομένα του WAM έχουν έναν σχετικά καλό συσχετισμό με την πραγματικότητα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης για να βρεθεί ο ακριβής συσχετισμός τους. Όπως ήταν αναμενόμενο, ο συσχετισμός μεταξύ των προβλέψεων και των πραγματικών τιμών βρέθηκε να είναι σχετικά καλός, με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.7849$ (Διάγραμμα 7.11). Χρησιμοποιώντας, την ευθεία $y=x$ προκύπτει ότι υπάρχει υποεκτίμηση και υπερεκτίμηση για ύψος κύματος έως 2.5 m, χωρίς να μπορεί να βρεθεί κάποιος συσχετισμός. Από την επεξεργασία των δεδομένων βρέθηκε πως η υπερεκτίμηση οφείλεται κυρίως στην πρόωρη πρόγνωση κυματικών καταιγίδων σε σχέση με την πραγματικότητα, ενώ η υποεκτίμηση στην καθυστέρηση πρόγνωσης, πρόωρη λήξη αλλά και στη μη πρόβλεψη δυο κυματικών καταιγίδων, με σημαντικό ύψος κύματος έως και 1.9 m (Διάγραμμα 7.11 και 7.12).



Διάγραμμα 7.12: Απλή γραμμική παλινδρόμηση για το σημαντικό ύψος κύματος μεταξύ πραγματικών δεδομένων και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM.

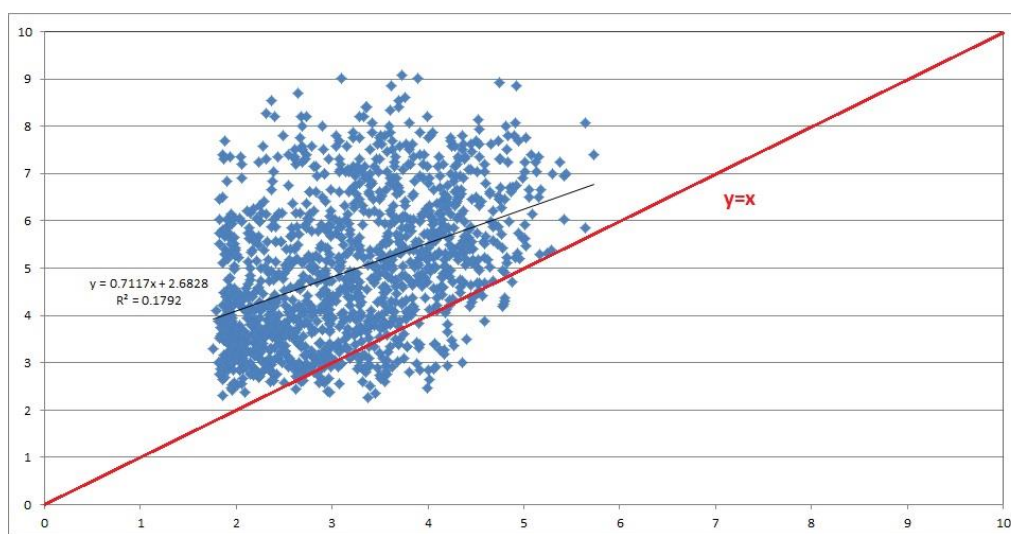
Στην συνέχεια υπολογίστηκε ο συσχετισμός μεταξύ της πραγματικής σημαντικής περιόδου κύματος ($Tm0$) και αυτής που υπολόγιζε το κυματικό μοντέλο WAM. Αρχικά

πραγματοποιήθηκε σύγκριση ζευγών τιμών, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές (Διάγραμμα 7.13). Όπως είναι εμφανές υπάρχει κακός συσχετισμός μεταξύ των πραγματικών (awac) και των προσεγγιστικών τιμών (WAM), με μια τάση σημαντικής υπερεκτίμησης (έως και >100%) του κυματικού μοντέλου WAM (Διάγραμμα 7.13).



Διάγραμμα 7.13: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ της πραγματικής σημαντικής περιόδου κύματος και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές.

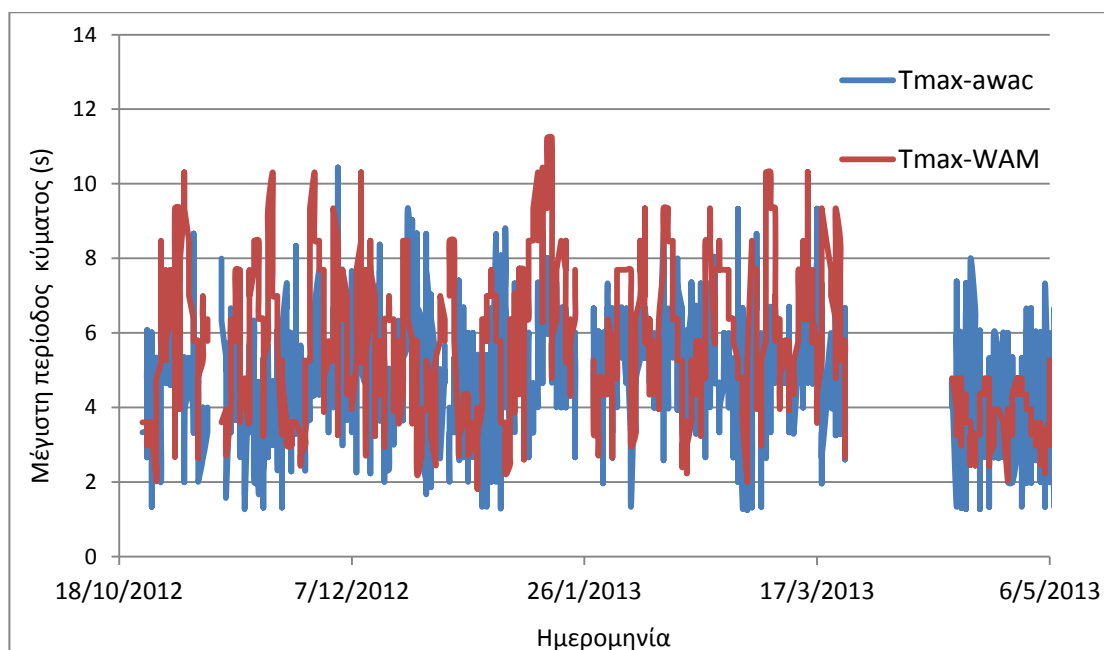
Χρησιμοποιώντας την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης, επιχειρήθηκε να βρεθεί ο ακριβής συσχετισμός τους, ο οποίος βρέθηκε κακός, με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.1792$. Επίσης, χρησιμοποιώντας την ευθεία $y=x$ προκύπτει ότι υπάρχει σημαντική υπερεκτίμηση σχεδόν όλων των σημαντικών περιόδων που υπολογίζει το κυματικό μοντέλο WAM με τις πραγματικές τιμές (Διάγραμμα 7.14).



Διάγραμμα 7.14: Απλή γραμμική παλινδρόμηση για τη σημαντική περίοδο (Tm0) μεταξύ πραγματικών δεδομένων και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM.

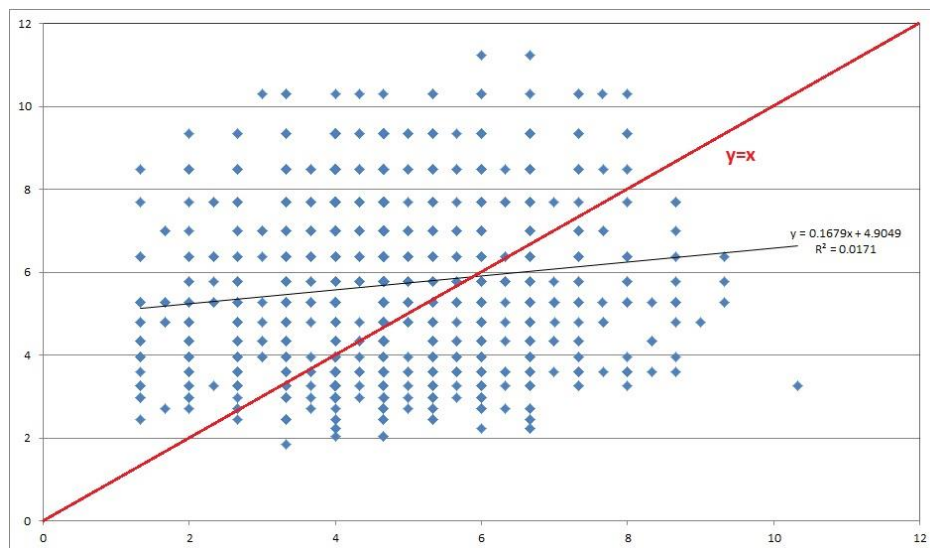
Στην συνέχεια υπολογίστηκε ο συσχετισμός μεταξύ της πραγματικής μέγιστης περιόδου κύματος (Tmax) και αυτής που υπολόγιζε το κυματικό μοντέλο WAM (Διάγραμμα 7.15).

Όπως είναι εμφανές και πάλι ο συσχετισμός των πραγματικών τιμών με αυτές των προσεγγιστικών είναι κακός σημαντικές υποεκτιμήσεις και υπερεκτιμήσεις των υπολογιστικών τιμών και χωρίς κάποιο συγκεκριμένο συσχετισμό. Επίσης, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 7.15, υπάρχει σημαντική υποεκτίμηση μεταξύ των μετρήσεων του awac και των προσεγγίσεων του WAM κατά το τέλος της χειμερινής περιόδου και την αρχή της καλοκαιρινής (Απρίλιος έως Μάιος). Αυτή η σύγκριση δεν πρέπει να ληφθεί υπόψη καθώς οφείλεται σε αδυναμία του κυματομετρητή awac στην μέτρηση μικρών περιόδων.



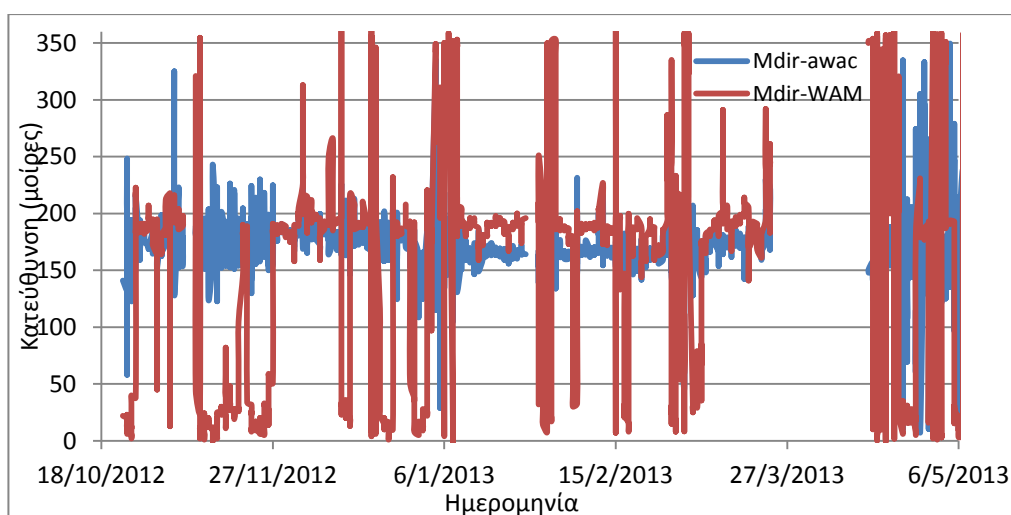
Διάγραμμα 7.15: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ της πραγματικής μέγιστης περιόδου κύματος και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές.

Χρησιμοποιώντας την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης, επιχειρήθηκε να βρεθεί ο ακριβής συσχετισμός τους των δεδομένων που αφορούν τη μέγιστη περίοδο για το awac με το WAM. Αυτά παρουσιάζουν κακό συσχετισμό, το οποίο προκύπτει και από τον πολύ χαμηλό συντελεστή παλινδρόμησης, που βρέθηκε να είναι $R^2 = 0.0171$ (Διάγραμμα 7.16). Χρησιμοποιώντας, την ευθεία $y=x$ προκύπτει ότι υπάρχει μια μικρή τάση υπερτίμησης για μέγιστη περίοδο έως 8 sec, εγώ για μεγαλύτερες περιόδους το μοντέλο WAM υποεκτιμά την μέγιστη περίοδο. Να σημειωθεί πως η αφαίρεση των τιμών που αφορούν το τέλος της χειμερινής περιόδου και την αρχή της καλοκαιρινής (Απρίλιος έως Μάιος) δεν επηρέασε σημαντικά τα αποτελέσματα.



Διάγραμμα 7.16: Απλή γραμμική παλινδρόμηση για της μέγιστης περιόδου (T_{max}) μεταξύ πραγματικών δεδομένων και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM.

Τέλος, υπολογίστηκε ο συσχετισμός μεταξύ της πραγματικής κατεύθυνσης και αυτής που υπολόγιζε το κυματικό μοντέλο WAM (Διάγραμμα 7.17). Όπως είναι εμφανές και ο συσχετισμός των πραγματικών τιμών με αυτές των προσεγγιστικών είναι κακός, με σημαντικές υποεκτιμήσεις και υπερεκτιμήσεις των υπολογιστικών τιμών και χωρίς κάποιο συγκεκριμένο συσχετισμό. Επίσης, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 7.17, υπάρχει σημαντική υποεκτίμηση μεταξύ των μετρήσεων του awac και των προσεγγίσεων του WAM κατά το τέλος της χειμερινής περιόδου και την αρχή της καλοκαιρινής (Απρίλιος έως Μάιος). Αυτή η σύγκριση δεν πρέπει να ληφθεί υπόψη καθώς δύναται να οφείλεται σε αδυναμία του κυματομετρητή awac στην μέτρηση της κατεύθυνσης κυμάτων πολύ μικρού ύψους.

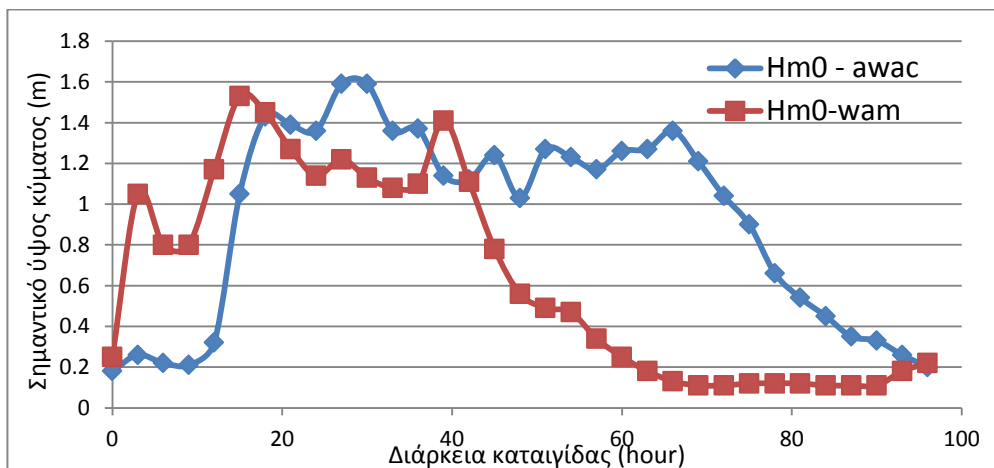


Διάγραμμα 7.17: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ της πραγματικής κατεύθυνσης κύματος και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές.

Για να βρεθεί ο συσχετισμός στις κυματικές καταιγίδες, οι οποίες επηρεάζουν σημαντική την μορφοδυναμική εξέλιξη των παραλίων, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των αποτελεσμάτων τριών αντιπροσωπευτικών κυματικών καταιγίδων, με μέγιστο ύψος κύματος από 2 έως 4 m.

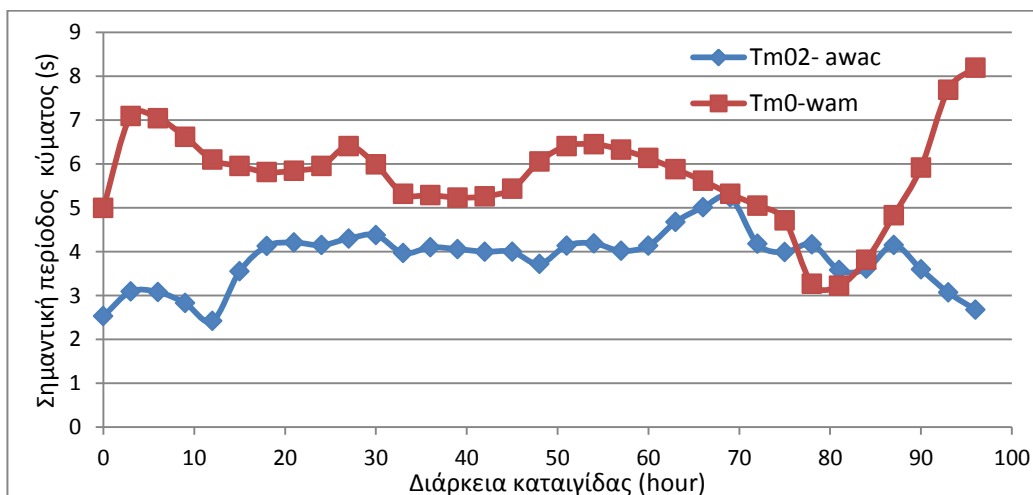
Η πρώτη αφορά το διάστημα 27 Οκτωβρίου 2012 στις 00.00 έως στις 30 Οκτωβρίου 2012 στις 24.00, με βόρεια κατεύθυνση, μέγιστο ύψος κύματος 2.6 m και η μέγιστη φασματική περίοδος ήταν πάνω από 6 sec.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε σύγκριση ζευγών τιμών για το σημαντικό ύψος κύματος, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές για την πρώτη καταιγίδα (Διάγραμμα 7.18). Όπως είναι εμφανές δεν υπάρχει καλός συσχετισμός μεταξύ των πραγματικών (awac) και των προσεγγιστικών τιμών (WAM) και επιπροσθέτως το WAM υπολογίζει ότι η καταιγίδα ξεκινάει περίπου 12 ώρες νωρίτερα και ότι τελειώνει περίπου 30 ώρες νωρίτερα σε σχέση με την πραγματικότητα (Διάγραμμα 7.18).



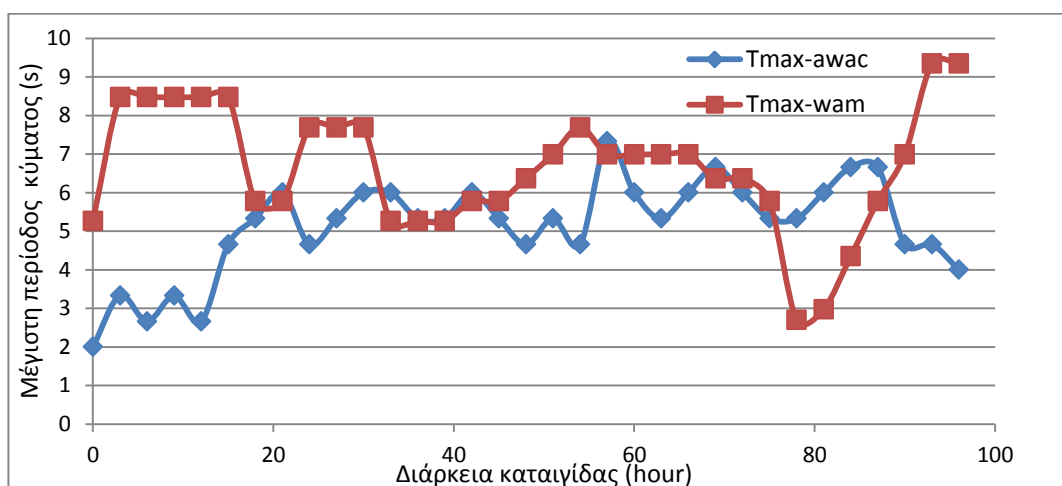
Διάγραμμα 7.18: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ του πραγματικού (μπλε χρώμα ρόμβοι, awac) και προσεγγιστικού (wam) σημαντικού ύψους κύματος για το κυματικό γεγονός από της 27 Οκτωβρίου 2012 στις 00.00 έως της 30 Οκτωβρίου 2012 στις 24.00.

Στην συνέχεια, για την ίδια καταιγίδα, υπολογίστηκε ο συσχετισμός μεταξύ της πραγματικής σημαντικής περιόδου κύματος (Tm0) και αυτής που υπολόγιζε το κυματικό μοντέλο WAM, μέσω σύγκρισης ζευγών τιμών με διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές (Διάγραμμα 7.19). Όπως είναι εμφανές υπάρχει κακός συσχετισμός μεταξύ των πραγματικών (awac) και των προσεγγιστικών τιμών (WAM), με μια τάση σημαντικής υπερεκτίμησης (έως και >100%) του κυματικού μοντέλου WAM (Διάγραμμα 7.19).



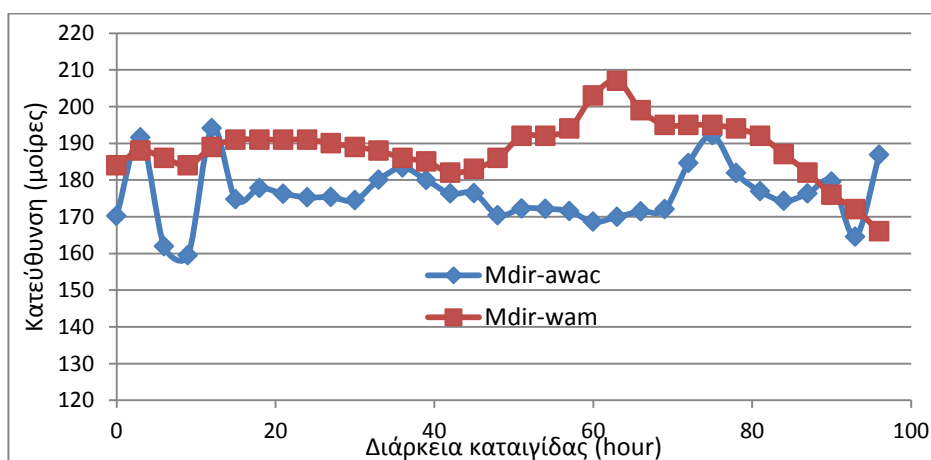
Διάγραμμα 7.19: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ της πραγματικής και προσεγγιστικής σημαντικής περιόδου κύματος για την κυματική καταιγίδα με διάρκεια από της 27 Οκτωβρίου 2012 στις 00.00 έως της 30 Οκτωβρίου 2012 στις 24.00.

Κατόπιν, υπολογίστηκε ο συσχετισμός για την πραγματική μέγιστη περίοδο κύματος (T_{max}) και αυτής που υπολόγιζε το κυματικό μοντέλο WAM χρησιμοποιώντας μέσω σύγκρισης ζευγών τιμών με διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές (Διάγραμμα 7.20). Όπως είναι εμφανές ο συσχετισμός πραγματικών τιμών με προσεγγιστικών τιμών είναι κακός, με σημαντικές υπερεκτιμήσεις των υπολογιστικών τιμών, η οποίες για περιόδους μεγαλύτερες των 4 sec (για να αποφευχθεί το σφάλμα στον υπολογισμό μικρών περιόδων από το awac) έχουν σφάλμα έως 100%.



Διάγραμμα 7.20: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ της πραγματικής και προσεγγιστικής μέγιστης περιόδου κύματος για την κυματική καταιγίδα με διάρκεια από της 27 Οκτωβρίου 2012 στις 00.00 έως της 30 Οκτωβρίου 2012 στις 24.00.

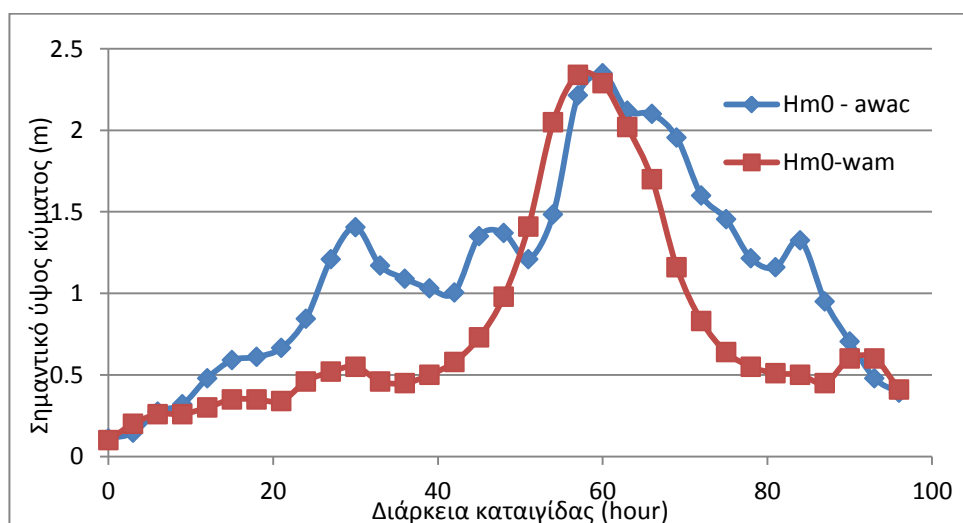
Τέλος, υπολογίστηκε ο συσχετισμός μεταξύ της πραγματικής κατεύθυνσης και αυτής που υπολόγιζε το κυματικό μοντέλο WAM (Διάγραμμα 7.21). Όπως είναι εμφανές ο συσχετισμός των πραγματικών τιμών με τις προσεγγιστικές είναι πολύ καλός με μέγιστο σφάλμα το οποίο φτάνει το 22%.



Διάγραμμα 7.21: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ πραγματικής (awac) και προσεγγιστικής (WAM) κατεύθυνσης κύματος, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές.

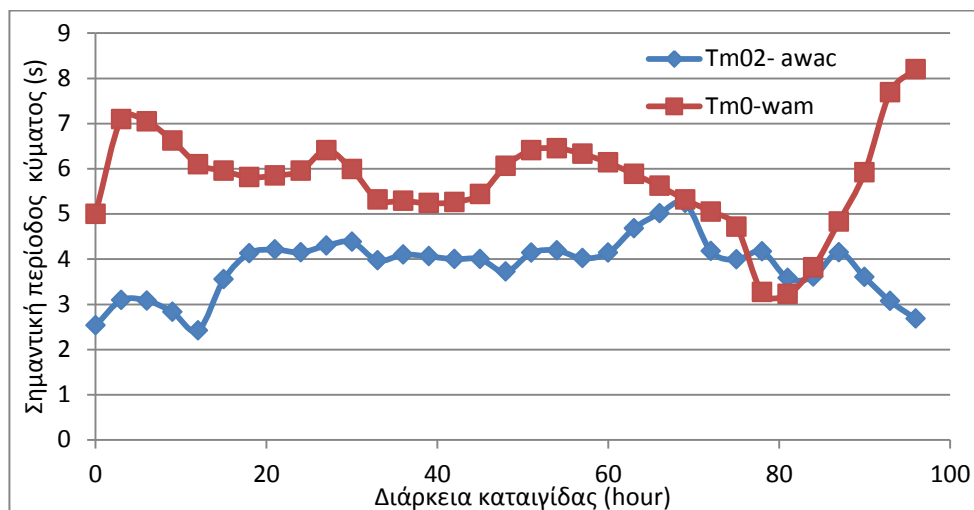
Η δεύτερη κυματική καταιγίδα αφορά το διάστημα από της 27 Νοεμβρίου στις 09.00 έως την 1 Δεκεμβρίου του 2012 στις 09.00, με βόρεια διεύθυνση, μέγιστο ύψος κύματος περίπου 4 m και μέγιστη φασματική περίοδος 8 sec.

Πραγματοποιώντας σύγκριση ζευγών τιμών και χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές βρέθηκε πως υπάρχει καλός συσχετισμός όταν το κυματικό γεγονός είχε μέγιστη ενέργεια, αλλά παρόλα αυτά το κυματικό μοντέλο WAM εμφάνισε την αρχή της καταιγίδας περίπου 30 ώρες μετά το πραγματικό γεγονός, όπως επίσης υπολόγισε ότι η καταιγίδα τελειώνει περίπου 10 νωρίτερα από την πραγματικότητα. Αξίζει να σημειωθεί πως υπάρχει πολύ καλός συσχετισμός μεταξύ του πραγματικού σημαντικού ύψος κύματος και του προσεγγιστικού (WAM), καθώς το σφάλμα είναι περίπου 2.5 % (Διάγραμμα 7.22).



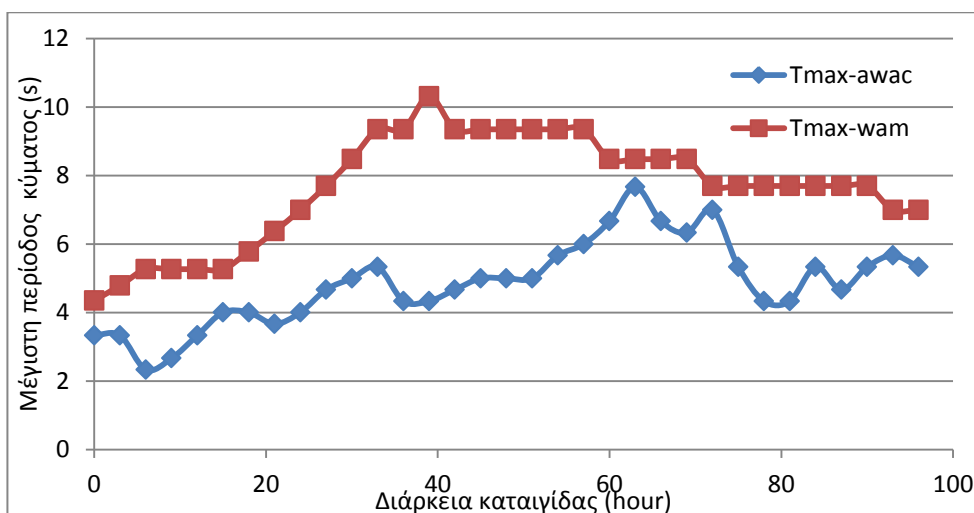
Διάγραμμα 7.22: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ πραγματικού (awac) και προσεγγιστικού (WAM) σημαντικού ύψους κύματος για την κυματική καταιγίδα με διάρκεια από της 27 Νοεμβρίου στις 09.00 έως την 1 Δεκεμβρίου του 2012 στις 09.00.

Στην συνέχεια, υπολογίστηκε ο συσχετισμός μεταξύ της πραγματικής σημαντικής περιόδου κύματος (T_{m0}) και προσεγγιστικής, η οποία βρέθηκε να είναι έχει σφάλμα περίπου 50%, με τάση υπερεκτίμησης του κυματικού μοντέλου WAM και με εξαίρεση την αρχή και το τέλος του γεγονότος κατά την οποία το σφάλμα ήταν υψηλότερο και έφτανε και το 200 % (Διάγραμμα 7.23). Αυτή η μόνιμη υπερεκτίμηση έχει ως αποτέλεσμα η συνολική ροής ενέργειας μεταξύ μετρήσεων του awac και του WAM για την συγκεκριμένη κυματική καταιγίδα να είναι περίπου η ίδια, όπως δείχθηκε και στο σχήμα 7.10.



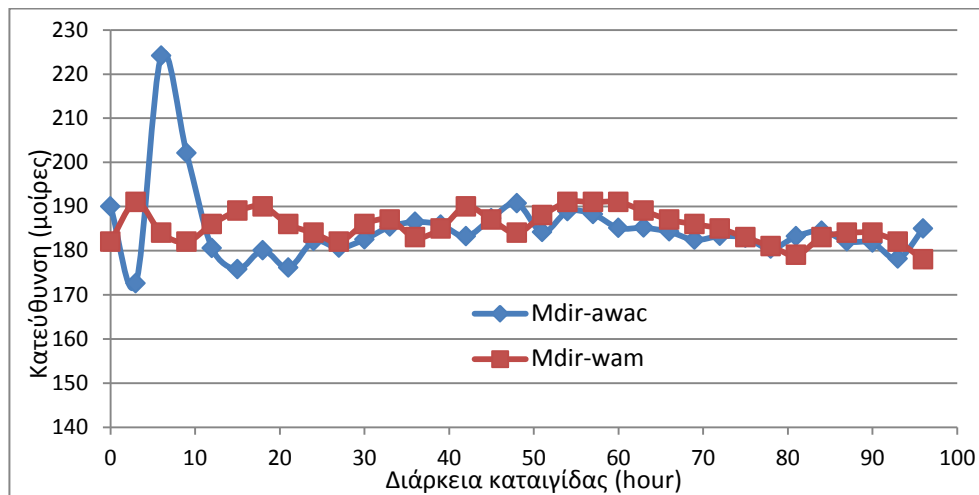
Διάγραμμα 7.23: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ της πραγματικής και προσεγγιστικής σημαντικής περιόδου κύματος, για την κυματική καταγίδα με διάρκεια από της 27 Οκτωβρίου 2012 στις 00.00 έως της 30 Οκτωβρίου 2012 στις 24.00.

Κατόπιν, υπολογίστηκε ο συσχετισμός πραγματικής μέγιστη περιόδου κύματος (T_{max}) και προσεγγιστικής. Ο συσχετισμός είναι σχετικά καλός, με σφάλμα που κυμαίνεται από περίπου 25% έως και περισσότερο από 200 %, με συνεχή τάση υπερεκτίμησης των προσεγγιστικών τιμών (Διάγραμμα 7.24).



Διάγραμμα 7.24: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ της πραγματικής μέγιστης περιόδου κύματος και προσεγγιστικής για την κυματική καταγίγδα της 27 Νοεμβρίου στις 09.00 έως την 1 Δεκεμβρίου του 2012 στις 09.00.

Τέλος, υπολογίστηκε ο συσχετισμός μεταξύ πραγματικής και προσεγγιστικής κατεύθυνσης, ο οποίος βρέθηκε πως είναι πολύ καλός (Διάγραμμα 7.25).



Διάγραμμα 7.25: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ πραγματικής (awac) και προσεγγιστικής (WAM) κατεύθυνσης κύματος, για την κυματική καταιγίδα της 27 Νοεμβρίου στις 09.00 έως την 1 Δεκεμβρίου του 2012 στις 09.00.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα του αριθμητικού μοντέλου SMB δεν βρέθηκαν ικανοποιητικά, γεγονός αναμενόμενο καθώς το μοντέλο αυτό έχει κατασκευαστεί για εφαρμογή του σε ανοικτές θάλασσες (ωκεανούς). Παρ' όλων των σημαντικών επισφαλειών του, το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται κατά κόρον για την τοποθέτηση λιμενικών κατασκευών στην Ελλάδα. Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αναζητήθηκε ένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εκτιμήσεις του κυματικού μοντέλου τρίτης γενιάς WAM, έως ότου καταστεί δυνατόν να τοποθετηθούν όργανα καταγραφής κυμάτων και ρευμάτων σε ρηχά νερά στην Ελληνική επικράτεια. Όπως είναι εμφανές στο διάγραμμα 7.11, το κυματικό μοντέλο WAM δεν υπολογίζει δύο καταιγίδες, με σημαντικό ύψος κύματος μεγαλύτερο από 1.5 m, και αυτός είναι πιθανός ο λόγος για τον οποίο ο “Άτλαντας Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών” (ΕΛΚΕΘΕ, 2014) δεν δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα (Σκαναβής, 2013). Επιπροσθέτως έχει την τάση υπερυπολογισμού των περιόδων κύματος. Παρόλο αυτά, η εναλλακτική χρήση στοιχείων κυματικών μοντέλων τρίτης γενιάς (αριθμητική προσομοίωση) και συγκεκριμένα του κυματικού μοντέλου WAM (Mazarakis et al., 2012) μπορεί να δώσει πολύ καλύτερες προσεγγίσεις από αυτές της μεθόδου SMB. Συνολικά όμως, το WAM δεν μπορεί να αντικαταστήσει τα πρωτόγεννη δεδομένα, καθώς εμπεριέχει σημαντικό σφάλμα στον υπολογισμό των περιόδων κύματος.

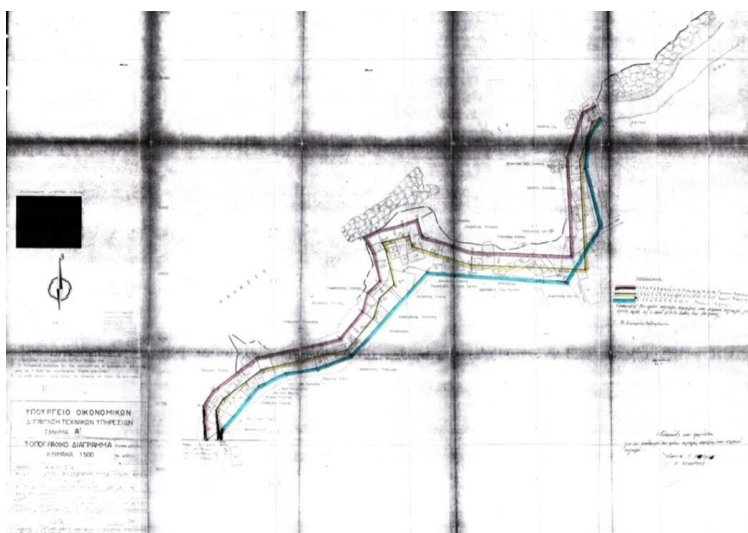
8. Περίπτωση μελέτης: Ν. Χανιών

Ο Ν. Χανιών, φιλοξενεί, σε μεγάλο βαθμό, ιδιαίτερα δημοφιλείς παραλίες και μεγάλο μέρος της τοπικής οικονομίας στηρίζεται σε αυτές. Παρόλα αυτά, τις τελευταίες κυρίως δεκαετίες, έχει παρατηρηθεί η έντονη διάβρωση, ρύπανση και υποβάθμιση της υγείας, όπως συμβαίνει και στις υπόλοιπες τουριστικά αναπτυγμένες της Ελλάδας.

8.1 Συλλογή δεδομένων

Στοιχεία για την διαχρονική εξέλιξη των ακτογραμμών του Ν. Χανιών αναζητήθηκαν σε πληθώρα μελετών σχετικές με την παράκτια ζώνη, οι οποίες συλλέχθηκαν και αξιολογήθηκαν από τον υποψήφιο διδάκτορα. Τα μόνα διαθέσιμα στοιχεία που βρέθηκαν σε αυτές αφορούν, στην καλύτερη των περιπτώσεων, την βαθυμετρία πριν την εκτέλεση των έργων, ενώ η αποτύπωση της ακτογραμμής/παραλίας και της κλίσης της είτε δεν υπήρχε είτε ήταν χαμηλής ακρίβειας και αφορούσε μόνο την θέση της και όχι την κλίση. Για το λόγο αυτό αναζητήθηκαν στοιχεία από τους αρμόδιους φορείς, κεντρική διοίκηση, περιφέρειες, δήμους και κοινότητες. Στην επικοινωνία του υποψηφίου διδάκτορα, η απάντηση που δόθηκε ήταν πως δεν έχουν στην κατοχή τους διαθέσιμα δεδομένα και τα μόνα στοιχεία που γνωρίζουν είναι αυτά της κτηματικής υπηρεσίας του δημοσίου και συγκεκριμένα οι χάρτες αιγιαλού και παραλίας, οι οποίοι αφορούν την θέση την ακτογραμμής και όχι την κλίση και την βαθυμετρία κάθε περιοχής.

Ο υποψήφιος διδάκτορας σε πρώτη φάση αναζήτησε από την κτηματική υπηρεσία του δημοσίου των Χανιών χάρτες αιγιαλού και παραλίας, ώστε να αξιολόγησε αν η χρήση τους μπορεί να προσφέρει πληροφορίες. Οι χάρτες αυτοί περιέχουν τα διανύσματα καθορισμού και επανακαθορισμού, των οριογραμμών του αιγιαλού, παραλίας καθώς και του παλαιού αιγιαλού κάθε περιοχής (εικόνα 8.1).



Εικόνα 8.1: Τοπογραφικός χάρτης του 1978 της περιοχή των βυρσοδεψείων στην πόλη των Χανιών. Η αποτύπωση των οριογραμμών του αιγιαλού (μωβ χρώμα), της παραλίας (κίτρινο χρώμα) και του παλαιού αιγιαλού (μπλε χρώμα) έγινε στις 16/09/1983.

Ας σημειωθεί πως εξαιτίας της έλλειψης κεντρικού φορέα διαχείρισης της παράκτιας ζώνης και μη εισαγωγή ΟΔΠΖ, ο δανεισμός αυτών των χαρτών είναι χρεώσιμος, ακόμα στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής όπου η χρήση τους σχετίζεται με έρευνα και μη κερδοσκοπικούς σκοπούς. Μετά από απόκτηση αντιπροσωπευτικών χαρτών από την παράκτια ζώνη του νομού Χανίων και την επεξεργασία τους, κρίθηκε ότι η χρήση τους μπορεί να δώσει μόνο ποιοτικές πληροφορίες, η ακρίβεια των οποίων όμως μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο συζήτησης.

Ο λόγος είναι πως οι χάρτες αιγιαλού/παραλίας, ως επί το πλείστον, δεν είναι εξαρτημένοι σε γνωστά τριγωνομετρικά σημεία ενώ ο σχεδιασμός των οριογραμμών συνήθως πραγματοποιούνταν κατ' εκτίμηση, καθώς μεγάλες εκτάσεις έπρεπε να αποτυπωθούν σε μικρό χρονικό διάστημα. Τέλος, οι μετρήσεις και η καταγραφή των τοπογραφικών δεδομένων συνήθως πραγματοποιούνταν με όργανα μικρής ακρίβειας. Συνεπώς, η ακρίβεια της καταγραφής των οριογραμμών μπορεί να αποτελέσει λόγο συζήτησης, όπως παραδείγματος χάρι αποτελεί η χάραξη του παλαιού και νέου αιγιαλού στην παραλία του Πλατανιά Χανιά (εικόνα 8.2). Η παραλία έχει υποστεί έντονη διάβρωση και έχει χάσει πάνω από το μισό πλάτος της κατά τις τελευταίες δεκαετίες, δηλαδή περισσότερα από 20 m πλάτους ανά μέτρο παραλίας. Παρόλα αυτά η χάραξη των οριογραμμών παλαιού και νέου αιγιαλού εμφανίζει την παραλία να προσχώνεται (εικόνα 8.2), κάτι το οποίο δεν συνάδει με τις μετρήσεις πεδίου ούτε με την κατάσταση της παραλίας σήμερα.



Εικόνα 8.2: Κάτοψη παραλίας Πλατανιάς, Χανιά (Google Inc., 2012) και αποτύπωση οριογραμμών παλαιού και νέου αιγιαλού (Δ/νση Τεχνικών Υπηρεσιών Χανίων, 2013). Με πράσινο χρώμα, δεξιά, εμφανίζεται η περιοχή πρόσχωσης, σύμφωνα με τους χάρτες αιγιαλού/παραλίας, στην έντονα διαβρωμένη παραλία.

8.1.1 Συγκέντρωση φωτογραφικού υλικού

Ο ΥΔ πραγματοποίησε σειρά επισκέψεων σε παραλίες του Ν. Χανίων, με εστίαση τις παραλίες του κόλπου Χανίων, κατά τις οποίες πήρε ο ίδιος φωτογραφικό υλικό. Επίσης, επικοινωνήσε με αρμόδιους φορείς και κατοίκους και συγκέντρωσε ιστορικό φωτογραφικό

υλικό το οποίο απεικονίζει την διαχρονική εξέλιξη των παραλιών του κόλπου Χανίων. Εδική εστίαση δόθηκε στην παραλία του Πλατάνια η οποία έχει υποστεί σημαντική διάβρωση τις τελευταίες δεκαετίες και στην οποία λόγω της έντονης οικιστικής παρουσίας βρέθηκε πληθώρα φωτογραφικού υλικού. Συγκεκριμένα, συγκεντρώθηκε φωτογραφικό υλικό από τις αρχές τις δεκαετίας του 1980 έως και σήμερα, ενώ μετά από την σταχυολόγηση του βρέθηκαν κοινά κομμάτια τα οποία έχουν φωτογραφηθεί σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και τα οποία εξιστορούν την διάβρωση που έχει υποστεί η παραλία (εικόνα 8.3). Το υλικό αυτό, το οποίο βρίσκεται στο φωτογραφικό αρχείο του εργαστηρίου Φυσικών Καταστροφών και Παράκτιας Μηχανικής του ΠΚ αποτελεί σημαντικό ντοκουμέντο για την υγεία των παραλιών στο παρελθόν και για την υποβάθμιση που έχουν υποστεί κατά τις τελευταίες δεκαετίες.



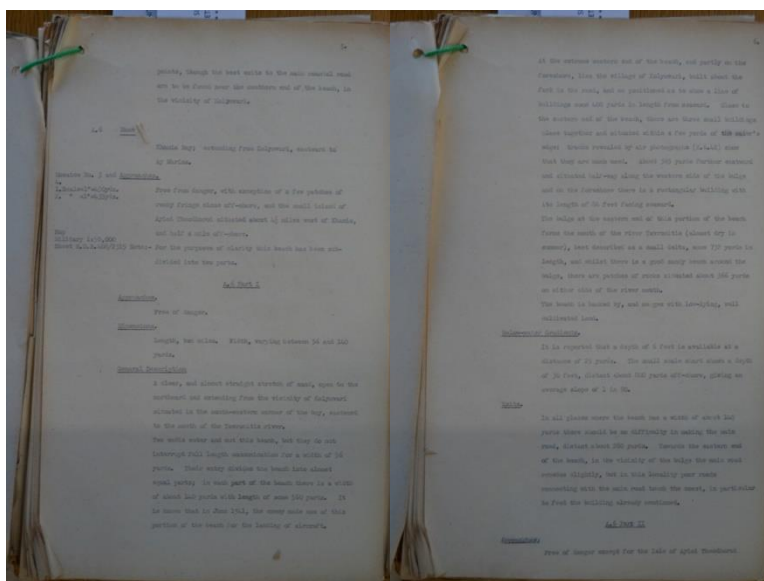
Εικόνα 8.3: Άποψη της παραλίας του Πλατανιά μπροστά από τον 1 πρόβολο (ανατολικά του ομώνυμου λιμένα) για το διάστημα 1983 έως και το 2008.

8.1.2 Τα εθνικά αρχεία του Ηνωμένου Βασιλείου

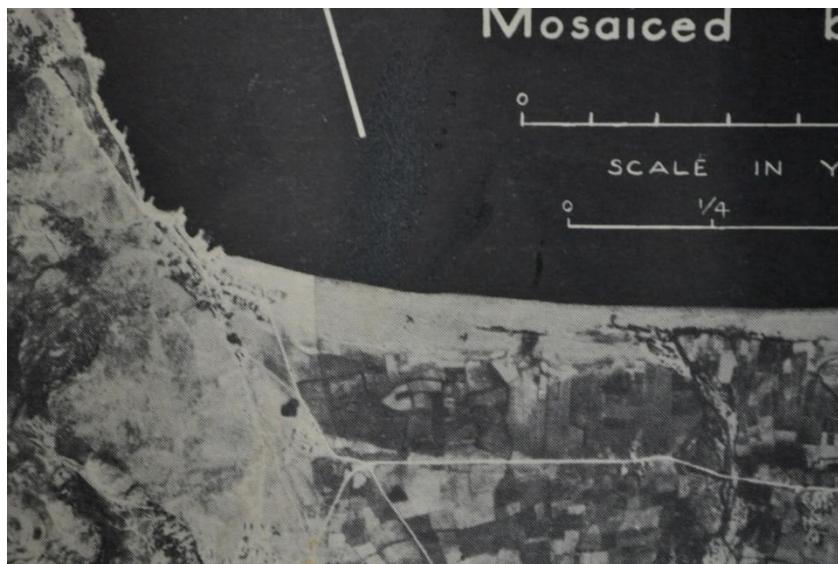
Καθώς τα διαχρονικά δεδομένα που βρέθηκαν στην Ελλάδα, και αφορούν την παράκτια ζώνη, ήταν ελάχιστα, αυτά αναζητήθηκαν και εκτός της χώρας. Δεδομένα τελικά βρέθηκαν σε απόσταση περίπου 3.000 km και συγκεκριμένα στα εθνικά αρχεία του Ηνωμένου Βασιλείου στο Κιού (Kew), Λονδίνο. Μετά από συνεργασία και αναζήτηση που πραγματοποιήθηκε βρέθηκε ότι στα αρχεία αυτά υπάρχουν ιστορικές πληροφορίες που αφορούν τις παραλίες της Κρήτης, οι οποίες καταγράφηκαν στο δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Στα αρχεία που τηρούσε το ναυαρχείο και η τοπογραφική υπηρεσία (Admiralty, Inter-service Topographical Department) την περίοδο 1941-1945, βρέθηκαν πως υπάρχουν πληροφορίες και στοιχεία που αφορούσαν τις παραλίες της Κρήτης. Ο λόγος ήταν ότι κατά την διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου οι παραλίες της Κρήτης ήταν υγιείς και είχαν πλάτος εκατοντάδων μέτρων, και για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν ως αεροδιάδρομος από γερμανικά πολεμικά αεροσκάφη. Συνεπώς, η

μελέτη των γεωμορφοδυναμικών χαρακτηριστικών τους ήταν απαραίτητη ώστε να εξαχθούν πληροφορίες τις οποίες αξιολογούσε η υπηρεσία πληροφοριών του Ηνωμένου Βασιλείου για την προστασία του νησιού από Γερμανική εισβολή, η οποία τελικά πραγματοποιήθηκε. Σήμερα, οι εκθέσεις αυτές αποτελούν ένα πολύ σημαντικό δεδομένο της ιστορικής εξέλιξης των ακτογραμμών/παραλιών της Ελλάδας. Αυτές, προσφέρουν επιστημονικές πληροφορίες για την κατάσταση και την υγεία της παράκτιας ζώνης πριν από επτά και πλέον δεκαετίες, πληροφορίες οι οποίες μέχρι σήμερα δεν ήταν γνωστές στην Ελλάδα.

Ως παράδειγμα αναφέρεται η έκθεση η οποία αφορά τον κόλπο των Χανιών και έχει ημερομηνία Μάρτιος 1941 (WO 252/60). Στην έκθεση αυτή γίνεται ενδελεχής αναφορά για τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης αλλά και των παράκτιων κυψελών που συναντούνται στην περιοχή (εικόνα 7.4). Η έκθεση ξεκινά κάνοντας αναφορά στην παραλία του Κολυμβαρίου, Χανιά, η οποία το 1941 ήταν αμμώδης και είχε πλάτος το οποίο κυμαινόταν από 51 έως 104 m, ενώ η μέση κλίση της παραλίας ήταν περίπου 1/80. Επιπροσθέτως, η παράκτια ζώνη δεν είχε υποστεί αστικοποίηση καθώς δεν υπήρχαν κτίσματα για μια απόσταση περίπου 375 m (εικόνα 8.4).



Εικόνα 8.4: Έκθεση του Ναυαρχείου και της Τοπογραφικής Υπηρεσίας του Ηνωμένου Βασιλείου η οποία αφορά τον κόλπο των Χανιών και έχει ημερομηνία Μάρτιος 1941 (WO 252/60).



Εικόνα 8.5: Αεροφωτογραφία από την περιοχή του Κολυμβαρίου το 1941 (WO 252/60).

Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητη η μετάφραση και μεταφορά όλης αυτής της πληροφορίας στην Ελλάδα και η χρησιμοποίηση της για την εύρεση της διαχρονικής εξέλιξης των Ελληνικών ακτογραμμών και για τον υπολογισμό της υποβάθμισης της υγείας τους αλλά και για άλλους σκοπούς.

8.2 Μετρήσεις προφίλ παραλιών

Στον Ν. Χανίων χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι για την καταγραφή προφίλ παραλιών (shore-normal techniques) όπως και η μέθοδος του κράνους RTK GPS για την αναλυτική καταγραφή του εμβαδού και της τοπογραφίας/βαθυμετρίας. Καθώς οι παραλίες που φιλοξενεί ο νομός είναι πολύ μεγάλες σε μήκος, της τάξης μερικών χιλιομέτρων δεν πραγματοποιήθηκε ολοκληρωμένη καταγραφή των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών των παραλιών αλλά δόθηκε ιδιαίτερη εστίαση στον υπολογισμό του κυματικού καθεστώτος και των ρευμάτων. Παρόλα αυτά και σε συνεργασία και με άλλους ερευνητές και στο πλαίσιο ασκήσεων πεδίου του μαθήματος παράκτιας μηχανικής του ΠΚ, στο οποίο συμμετείχε ο υποψήφιος διδάκτωρ ως επιβλέπων πραγματοποιήθηκε σειρά μετρήσεων εποχιακών προφίλ παραλιών του κόλπου Χανίων.

Επιπροσθέτως, ο υποψήφιος διδάκτωρ (ΥΔ) χρησιμοποίησε την μέθοδο του κράνους RTK GPS για την αναλυτική καταγραφή της τοπογραφίας της παραλίας του Πλατανιά, η οποία όπως προαναφέρθηκε έχει υποστεί σημαντική διάβρωση. Καθώς στην παραλία έχει εμφανιστεί το βραχώδες υπόστρωμα, στο οποίο λαμβάνουν χώρα πληθώρα τραυματισμών κάθε χρόνο, ο ΥΔ χρησιμοποίησε την μέθοδο του RTK GPS ώστε να καταγράψει τα σημεία υψηλής επικινδυνότητας. Με τον τρόπο αυτό όχι μόνο καταγράφηκε η αναλυτική τοπογραφία της παραλίας αλλά επισημάνθηκαν τα επικίνδυνα, λόγω της υψηλής ολισθηρότητας, σημεία στην παραλία του Πλατανιά (εικόνα 8.6).

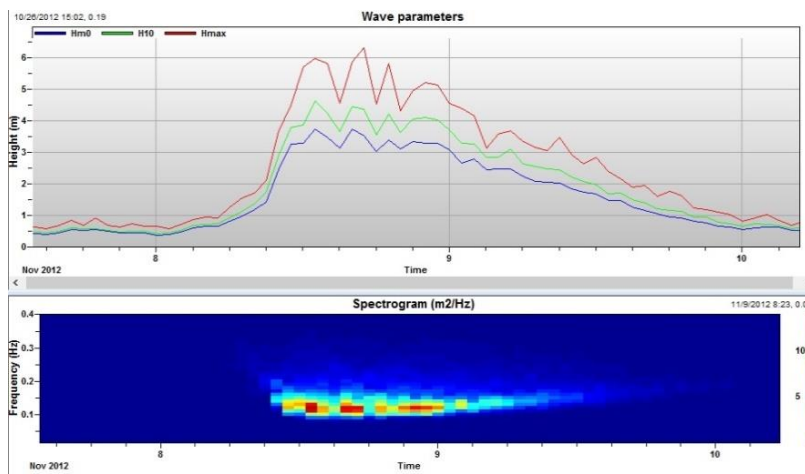


Εικόνα 8.6: Καταγραφή της τοπογραφίας και του βραχώδους υποστρώματος (έντονο κίτρινο) στην με την μέθοδο του κράνους RTK GPS παραλίας του Πλατανιά τον Μάρτιο του 2012.

8.3 Μετρήσεις κυμάτων/ρευμάτων

Στο πλαίσιο της διατριβής επιχειρήθηκε η διάδοση και χρήση του οδηγός παρατήρησης παράκτιου περιβάλλοντος σε παράκτιες περιοχές, όπως παραδείγματος χάρη στην περιοχή του Πλατανιά και της Γεωργιούπολης του νομού Χανίων αλλά και στον Άγιο Νικόλαο Κρήτης. Παρόλο που το αρχικό ενδιαφέρον των τοπικών αρχών και των παράκτιων κοινοτήτων ήταν υψηλό σε καμία περίπτωση ο οδηγός παρατήρησης παράκτιου περιβάλλοντος δεν εφαρμόστηκε ολοκληρωμένα. Για το λόγο αυτό πριν από την εφαρμογή του θα πρέπει να υπάρξει κατάλληλη εκπαίδευση και να δοθούν κίνητρα στους παρατηρητές που θα αναλάβουν την συμπλήρωση του. Καθώς δεν έχει αξιολογηθεί ακόμα η ακρίβεια του, αυτός προτείνεται να εφαρμοστεί σε κάποια περιοχή στην οποία υπάρχει όργανο καταγραφής κυματικών δεδομένων και να συγκριθούν τα αποτελέσματα του.

Επιπροσθέτως, ο ΥΔ εκτός από την παραλία της Βάρκιζας, συμμετείχε και στην συλλογή δεδομένων από τον κόλπο των Χανίων στο πλαίσιο συλλογής και αξιολόγησης κυμάτων και ρευμάτων που πραγματοποιεί στην περιοχή το εργαστήριο Φυσικών Καταστροφών και Παράκτιας Μηχανικής του ΠΚ. Δεδομένα για τον κόλπο Χανίων συλλέγονται με την χρήση δυο κυματομετρητών Nortek Awac, των οποίων η λειτουργία βελτιστοποιήθηκε με την χρήση της υποθαλάσσιας μπαταρίας που χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση μελέτης της Βάρκιζας. Οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται στον κόλπο Χανίων είναι ζωτικής σημασίας για την περιοχή γιατί αποτελούν τα μοναδικά πραγματικά μακροχρόνια δεδομένα που έχουν καταγραφεί στην περιοχή αλλά και πανελλαδικά, μαζί με τα δεδομένα από την Βάρκιζα. Χαρακτηριστικό, του κυματικού καθεστώτος στον κόλπο Χανίων αποτελεί η κυματική καταιγίδα που καταγράφηκε τον Νοέμβριο του 2012 και είχε μέγιστο ύψος κύματος περισσότερο από 6 m (διάγραμμα 8.1).



Διάγραμμα 8.1: Τα αποτελέσματα της καταγραφής του AWAC για την καταιγίδα του Νοεμβρίου του 2012 στον κόλπο Χανίων, χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόγραμμα Storm (Nortek AS, 2013).

Η καταιγίδα, η οποία είχε διάρκεια περίπου δύο μέρες, προκάλεσε πληθώρα καταστροφών στην παράκτια ζώνη της περιοχής Κολυμβάρι-Ταυρωνίτης αλλά παρ' όλα αυτά χωρίς επιπλέον στοιχεία δεν μπορεί να υπολογιστεί η περίοδος επαναφοράς της, ούτε η περίοδος επαναφοράς της ακραίας κυματικής καταιγίδας των 50 ετών. Η μη χρήση τέτοιων στοιχείων έχει οδηγήσει στην αποτυχία πληθώρας παράκτιων κατασκευών, οι οποίες με την σειρά τους έχουν οδηγήσει στην έντονη διάβρωση των ακτογραμμών και των παραλιών και στην υποβάθμιση της υγείας της ποιότητας της παράκτιας ζώνης της Ελλάδας. Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητη η συνέχιση των μετρήσεων των κυμάτων/ρευμάτων στον κόλπο Χανίων, ώστε στο μέλλον να είναι δυνατός ο υπολογισμός ακραίων φαινομένων και η γνώση του πραγματικού κυματικού καθεστώτος και η εισαγωγή της μεθόδου και σε άλλες περιοχές. Καθώς δεν υπάρχουν ιστορικά στοιχεία, αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί, όπως και στην περίπτωση της Βάρκιζας, σύγκριση των αποτελεσμάτων του υπολογιστικού μοντέλου SMB και των προσεγγίσεων του κυματικού μοντέλου WAM με τις μετρήσεις του awac.

8.3.1 Κυματικό μοντέλο SMB και σύγκριση του με τα δεδομένα awac

Υπολογισμός αναπτύγματος πελάγους περιοχής Γεράνι

Τα αναπτύγματα πελάγους μετρήθηκαν κάνοντας χρήση του προγράμματος *Google earth* (Google Inc., 2012) και τα αποτελέσματα που προέκυψαν, θέτοντας ως γωνία 0° την Βόρεια διεύθυνση στην οποία είναι εκτεθειμένη η περιοχή Γεράνι. Οι υπολογισμοί του αναπτύγματος πελάγους για τις διευθύνσεις πνοής ανέμου που επηρεάζουν την περιοχή Γεράνι (BA, B και BΔ), δίνουν τα εξής αναπτύγματα πελάγους: BA Fetch = 159,83 km, B Fetch = 191,10 km και BΔ Fetch = 120,48 km.

Ανεμολογικά Δεδομένα.

Τα ανεμολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή του κυματικού κλίματος της παραλίας της Βάρκιζας αποκτήθηκαν την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY) και το κλιματικό μοντέλο WAM του εθνικού αστεροσκοπείου Αθηνών. Τα δεδομένα της EMY υπολογίζονται ανά 3 ώρες και αφορούν την περιοχή Σούδα– κωδικός σταθμού 16746 – καθώς δεν βρέθηκε κάποιος άλλος σταθμός πιο αντιπροσωπευτικός για την περιοχή. Τα ανεμολογικά δεδομένα, πρέπει να δίνονται σε km/h, ενώ ως χρόνος πνοής του ανέμου (D) λαμβάνεται το γινόμενο της συχνότητας του ανέμου (%) με το σύνολο των ωρών του χρόνου για τον οποίο εξετάζεται η κάθε περιοχή.

Ως περίπτωση μελέτης επιλέχθηκε η καταιγίδα 22/12/2012 έως 26/12/12, (δεδομένα της EMY).

Χρησιμοποιώντας την ίδια μεθοδολογία με την περίπτωση της Βάρκιζας, υπολογίστηκαν το σημαντικό ύψος και η σημαντική περίοδος, τα οποία συγκρίνονται με τα πραγματικά που καταγράφηκαν από τον κυματομετρητή awac και παρουσιάζονται στους πίνακα 8.1 και 8.2 αντίστοιχα.

Πίνακας 8.1 Σύγκριση χαρακτηριστικού ύψους κύματος από την μέθοδο SMB με αυτά του κυματομετρητή awac.

| Date | Hour | SMB Wind dir | Awac Wind dir | SMB Hm0 | Awac Hm0 | Date | Hour | SMB Wind dir | Awac Wind dir | SMB Hm0 | Awac Hm0 |
|------|------|--------------|---------------|---------|----------|------|------|--------------|---------------|---------|----------|
| 22 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0.32 | 24 | 3 | 350 | 5.01 | 0.55 | 2.72 |
| 22 | 3 | 0 | 357.08 | 0 | 0.28 | 24 | 6 | 360 | 1.08 | 0.17 | 2.63 |
| 22 | 6 | 110 | 6.38 | 0 | 0.4 | 24 | 9 | 330 | 5.03 | 0.17 | 2.37 |
| 22 | 9 | 100 | 10.12 | 0 | 0.6 | 24 | 12 | 10 | 2.63 | 0.55 | 2.06 |
| 22 | 12 | 90 | 7.76 | 0 | 0.89 | 24 | 15 | 360 | 1.36 | 0.55 | 1.76 |
| 22 | 15 | 0 | 20.98 | 0 | 1.05 | 24 | 18 | 0 | 359.77 | 0 | 1.41 |
| 22 | 18 | 260 | 320.93 | 0.17 | 1.21 | 24 | 21 | 0 | 0 | 0 | 1.14 |
| 22 | 21 | 20 | 14.43 | 2.4 | 3.02 | 25 | 0 | 0 | 359.17 | 0 | 0.95 |
| 23 | 0 | 20 | 13.45 | 2.4 | 3.76 | 25 | 3 | 0 | 4.09 | 0 | 0.79 |
| 23 | 3 | 20 | 8.56 | 2.4 | 4.06 | 25 | 6 | 0 | 12.73 | 0 | 0.66 |
| 23 | 6 | 20 | 4.34 | 1.28 | 4.27 | 25 | 9 | 160 | 7.24 | 0.17 | 0.56 |
| 23 | 9 | 10 | 1.66 | 1.28 | 3.97 | 25 | 12 | 60 | 359.07 | 0.55 | 0.49 |
| 23 | 12 | 10 | 0.54 | 1.28 | 3.72 | 25 | 15 | 90 | 6.46 | 0.17 | 0.43 |
| 23 | 15 | 360 | 359.93 | 1.28 | 3.58 | 25 | 18 | 0 | 358.87 | 0 | 0.37 |
| 23 | 18 | 350 | 3.9 | 1.28 | 3.27 | 25 | 21 | 0 | 8.6 | 0 | 0.32 |
| 23 | 21 | 350 | 4.04 | 1.28 | 2.98 | 26 | 0 | 0 | 6.65 | 0 | 0.27 |
| 24 | 0 | 320 | 4.62 | 0.17 | 2.7 | | | | | | |

Πίνακας 8.2 Σύγκριση χαρακτηριστικών περιόδων κύματος SMB με αυτά του κυματομετρητή awac.

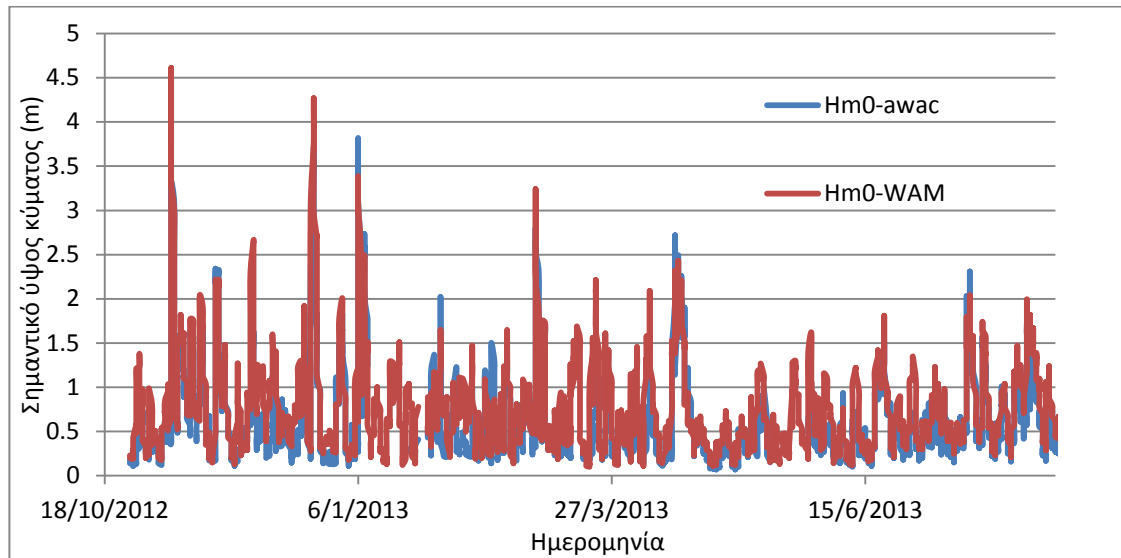
| Day | Hour | SMB wave period | Awac wave period | Day | Hour | SMB wave period | Awac wave period |
|-----|------|-----------------|------------------|-----|------|-----------------|------------------|
| 22 | 0 | 0 | 3.7 | 24 | 3 | 3.4 | 4.62 |
| 22 | 3 | 0 | 3.6 | 24 | 6 | 1.9 | 4.77 |
| 22 | 6 | 0 | 2.47 | 24 | 9 | 1.9 | 4.52 |
| 22 | 9 | 0 | 2.68 | 24 | 12 | 3.4 | 4.26 |
| 22 | 12 | 0 | 2.28 | 24 | 15 | 3.4 | 4.35 |
| 22 | 15 | 0 | 2.48 | 24 | 18 | 0 | 4.11 |
| 22 | 18 | 1.9 | 2.97 | 24 | 21 | 0 | 3.93 |
| 22 | 21 | 7.2 | 5.04 | 25 | 0 | 0 | 4.08 |
| 23 | 0 | 7.2 | 5.86 | 25 | 3 | 0 | 4.09 |
| 23 | 3 | 7.2 | 6.05 | 25 | 6 | 0 | 3.86 |
| 23 | 6 | 5.1 | 5.99 | 25 | 9 | 1.9 | 3.58 |
| 23 | 9 | 5.1 | 5.99 | 25 | 12 | 3.4 | 3.45 |
| 23 | 12 | 5.1 | 5.82 | 25 | 15 | 1.9 | 3.31 |
| 23 | 15 | 5.1 | 5.62 | 25 | 18 | 0 | 3.24 |
| 23 | 18 | 5.1 | 5.31 | 25 | 21 | 0 | 2.97 |
| 23 | 21 | 5.1 | 5.03 | 26 | 0 | 0 | 2.72 |
| 24 | 0 | 1.9 | 4.53 | | | | |

Ομοίως με την περίπτωση της Βάρκιζας, το σφάλμα στον υπολογισμό του ύψους κύματος και της περιόδου, όπως και της κατεύθυνσης είναι πολύ υψηλό.

8.3.2 Σύγκριση δεδομένων awac με δεδομένα από το κλιματικό μοντέλο WAM

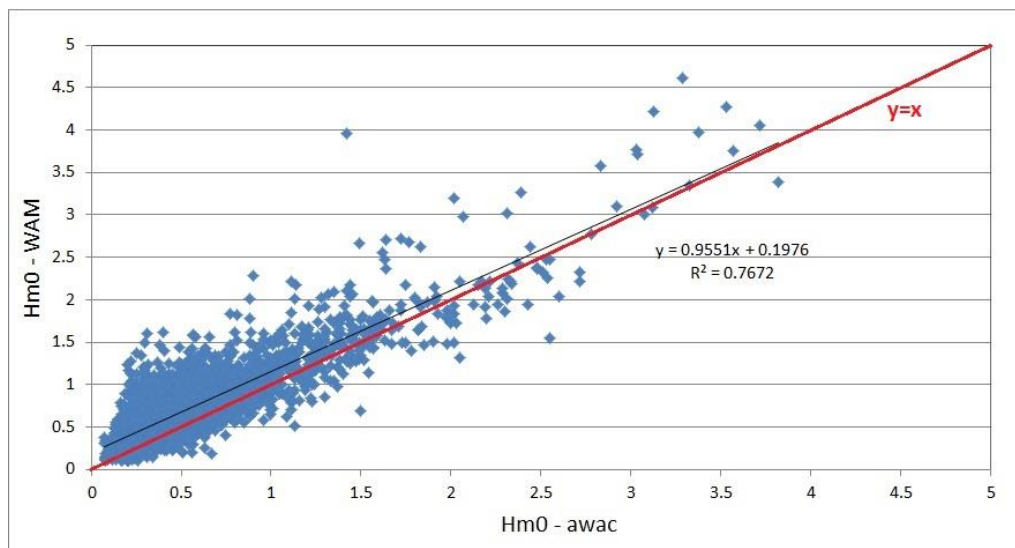
Ομοίως με την παραλία της Βάρκιζας αξιολογήθηκε η εναλλακτική χρήση στοιχείων κυματικών μοντέλων τρίτης γενιάς (αριθμητική προσομοίωση) και συγκεκριμένα του κυματικού μοντέλου WAM (Mazarakis et al., 2012).

Ομοίως, τα πραγματικά δεδομένα (μετρήσεις awac) ήρθαν σε αντιδιαστολή με αυτά των προσεγγιστικών τιμών (υπολογισμοί WAM). Αρχικά υπολογίστηκε ο συσχετισμός μεταξύ του πραγματικού σημαντικού ύψους κύματος (H_s) και αυτού που υπολόγιζε το κυματικό μοντέλο WAM. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε σύγκριση ζευγών τιμών, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές (Διάγραμμα 8.2). Όπως είναι εμφανές υπάρχει ένας σχετικά καλός συσχετισμός μεταξύ των πραγματικών (awac) και των προσεγγιστικών τιμών (WAM), αλλά με σημαντικές υπέρ και υπό εκτιμήσεις (Διάγραμμα 8.2).



Διάγραμμα 8.2: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ του πραγματικού σημαντικού ύψος κύματος και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές.

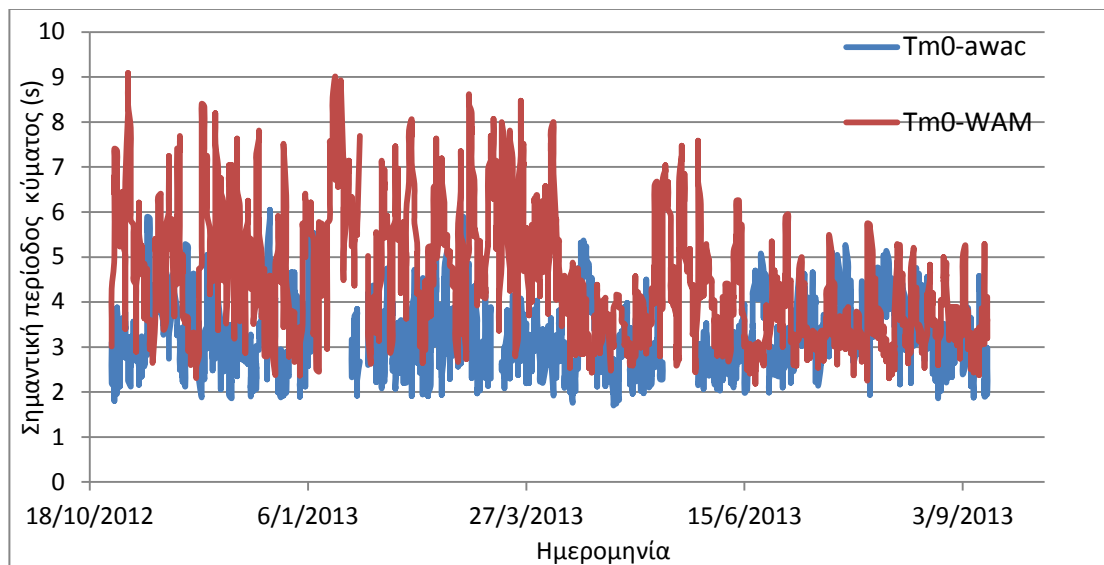
Καθώς βρέθηκε ότι τα δεδομένα του WAM έχουν έναν σχετικά καλό συσχετισμό με την πραγματικότητα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης για να βρεθεί ο ακριβής συσχετισμός τους. Όπως ήταν αναμενόμενο, ο συσχετισμός μεταξύ των προβλέψεων και των πραγματικών τιμών βρέθηκε να είναι σχετικά καλός, με συντελεστή παλινδρόμησης $R^2 = 0.7672$ (Διάγραμμα 8.3). Χρησιμοποιώντας, την ευθεία $y=x$ προκύπτει ότι υπάρχει υπερεκτίμηση για ύψος κύματος και ειδικά για ύψη κύματος μεγαλύτερα από 3 m (Διάγραμμα 8.3).



Διάγραμμα 8.3: Απλή γραμμική παλινδρόμηση για το σημαντικό ύψος κύματος μεταξύ πραγματικών δεδομένων και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM.

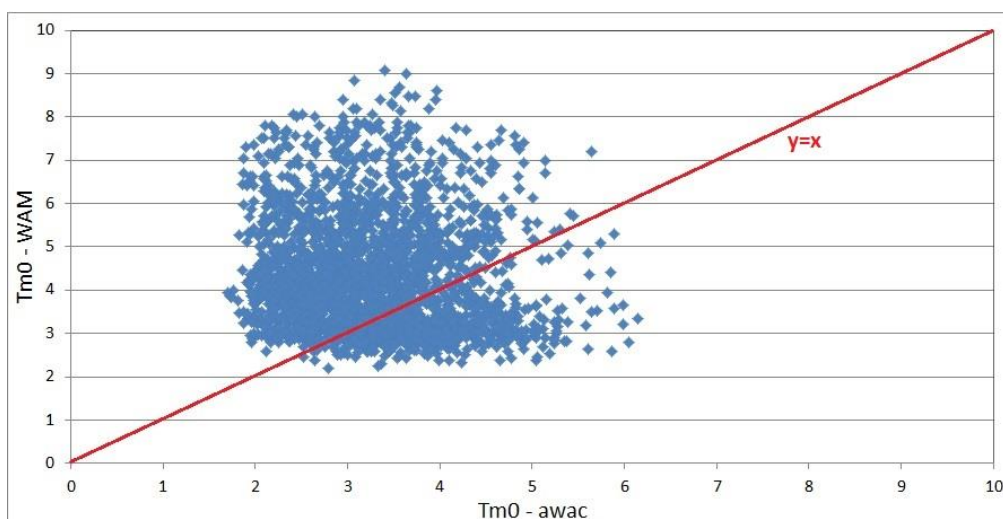
Στην συνέχεια υπολογίστηκε ο συσχετισμός μεταξύ της πραγματικής σημαντικής περιόδου κύματος ($Tm0$) και αυτής που υπολόγιζε το κυματικό μοντέλο WAM. Αρχικά πραγματοποιήθηκε σύγκριση ζευγών τιμών, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές (Διάγραμμα 8.4). Όπως είναι εμφανές υπάρχει κακός συσχετισμός μεταξύ των

πραγματικών (awac) και των προσεγγιστικών τιμών (WAM), με μια τάση σημαντικής υπερεκτίμησης (έως και >130%) του κυματικού μοντέλου WAM (Διάγραμμα 8.4).



Διάγραμμα 8.4: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ της πραγματικής σημαντικής περιόδου κύματος και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές.

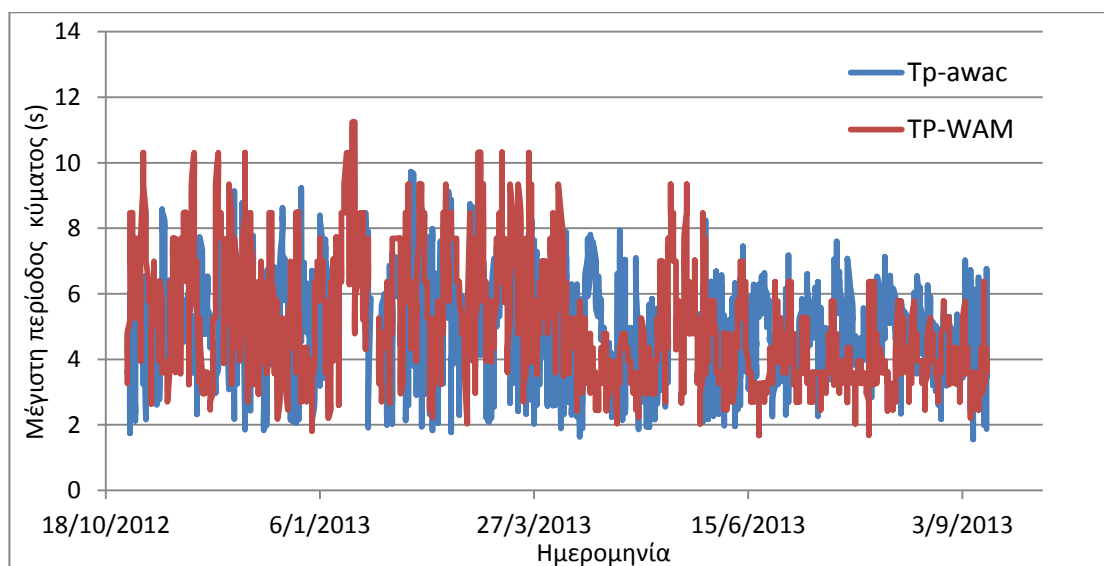
Χρησιμοποιώντας την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης, επιχειρήθηκε να βρεθεί ο ακριβής συσχετισμός τους, ο οποίος βρέθηκε κακός, με συντελεστή παλινδρόμησης πολύ μικρό. Επίσης, χρησιμοποιώντας την ευθεία $y=x$ προκύπτει ότι υπάρχει υπερεκτίμηση των σημαντικών περιόδων έως περίπου 5 sec και υποεκτίμηση των περιόδων μεγαλύτερες από περίπου 5 sec που υπολογίζει το κυματικό μοντέλο WAM με τις πραγματικές τιμές (Διάγραμμα 8.5).



Διάγραμμα 8.5: Απλή γραμμική παλινδρόμηση για τη σημαντική περίοδο (Tm0) μεταξύ πραγματικών δεδομένων και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM.

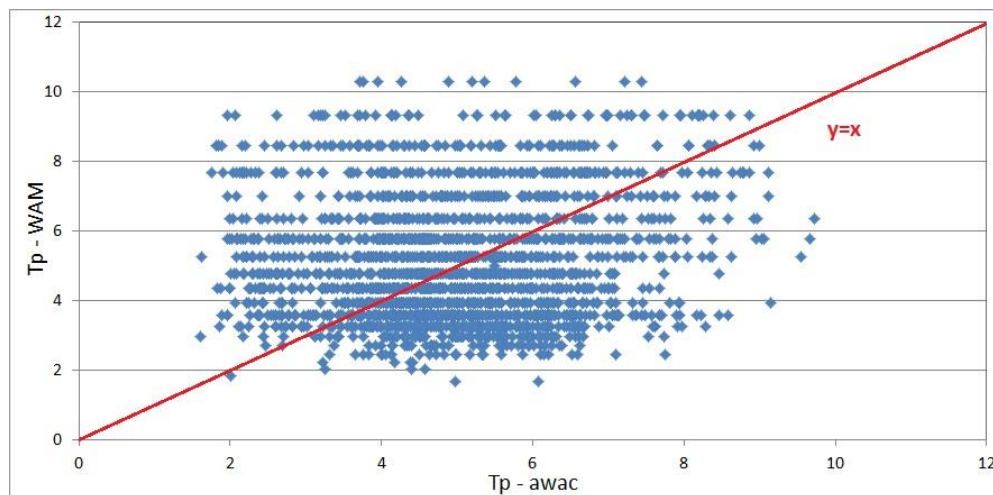
Στην συνέχεια υπολογίστηκε ο συσχετισμός μεταξύ της πραγματικής μέγιστης περιόδου κύματος (T_p) και αυτής που υπολόγιζε το κυματικό μοντέλο WAM (Διάγραμμα 8.6). Όπως

είναι εμφανές και πάλι ο συσχετισμός των πραγματικών τιμών με αυτές των προσεγγιστικών είναι κακός σημαντικές υποεκτιμήσεις και υπερεκτιμήσεις των υπολογιστικών τιμών και χωρίς κάποιο συγκεκριμένο συσχετισμό. Ομοίως με την περίπτωση της Βάρκιζας, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 8.6, υπάρχει σημαντική υποεκτίμηση μεταξύ των μετρήσεων του awac και των προσεγγίσεων του WAM κατά το τέλος της χειμερινής περιόδου και την αρχή της καλοκαιρινής (Απρίλιος έως Μάιος). Αυτή η σύγκριση δεν πρέπει να ληφθεί υπόψη καθώς οφείλεται σε αδυναμία του κυματομετρητή awac στην μέτρηση μικρών περιόδων.



Διάγραμμα 8.6: Σύγκριση ζευγών τιμών, μεταξύ της πραγματικής μέγιστης περιόδου κύματος και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM, χρησιμοποιώντας διάγραμμα διασποράς με ομαλές γραμμές.

Χρησιμοποιώντας την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης, επιχειρήθηκε να βρεθεί ο ακριβής συσχετισμός τους των δεδομένων που αφορούν τη μέγιστη περίοδο για το awac με το WAM. Αυτά παρουσιάζουν κακό συσχετισμό με πολύ μικρό συντελεστή παλινδρόμησης. Χρησιμοποιώντας, την ευθεία $y=x$ προκύπτει ότι υπάρχει μια μικρή τάση υπερτίμησης για μέγιστη περίοδο έως 8 sec, εγώ για μεγαλύτερες περιόδους το μοντέλο WAM υποεκτιμά την μέγιστη περίοδο (Διάγραμμα 8.7). Να σημειωθεί πως η αφαίρεση των τιμών που αφορούν το τέλος της χειμερινής περιόδου και την αρχή της καλοκαιρινής (Απρίλιος έως Μάιος) δεν επηρέασε σημαντικά τα αποτελέσματα.



Διάγραμμα 8.7: Απλή γραμμική παλινδρόμηση για της μέγιστης περιόδου (T_{max}) μεταξύ πραγματικών δεδομένων και των προσεγγιστικών των τιμών του κυματικού μοντέλου WAM.

Τέλος, υπολογίστηκε ο συσχετισμός μεταξύ της πραγματικής κατεύθυνσης και αυτής που υπολόγιζε το κυματικό μοντέλο WAM. Ο συσχετισμός των πραγματικών τιμών με αυτές των προσεγγιστικών είναι κακός, με σημαντικές υποεκτιμήσεις και υπερεκτιμήσεις των υπολογιστικών τιμών και χωρίς κάποιο συγκεκριμένο συσχετισμό.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα του αριθμητικού μοντέλου SMB δεν βρέθηκαν ικανοποιητικά, γεγονός αναμενόμενο καθώς το μοντέλο αυτό έχει κατασκευαστεί για εφαρμογή του σε ανοικτές θάλασσες (ωκεανούς). Η εναλλακτική χρήση στοιχείων κυματικών μοντέλων τρίτης γενιάς (αριθμητική προσομοίωση) και συγκεκριμένα του κυματικού μοντέλου WAM (Mazarakis et al., 2012) μπορεί να δώσει πολύ καλύτερες προσεγγίσεις από αυτές της μεθόδου SMB, αλλά παρόλα αυτά δεν μπορεί να αντικαταστήσει τα πρωτόγεννη δεδομένα, καθώς περιέχει και αυτή επισφάλειες.

4 Μέθοδος ραδιενεργού καΐσιου-137 (^{137}Cs)

Η μέθοδος του ^{137}Cs αξιολογήθηκε ως προς την αποτελεσματικότητα της στο οροπέδιο του Ομαλού, Χανιά, ώστε να βρεθεί αν μπορεί να εφαρμοστεί για τον υπολογισμό της διάβρωσης της ενδοχώρας στην Κρήτη και κατ' επέκταση και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας. Για το λόγο αυτό αναζητήθηκαν και βρέθηκαν εδάφη αναφοράς και συλλέχθηκαν αντιπροσωπευτικά δείγματα μη διαταραγμένων πυρήνων με έναν χειροκίνητο πυρηνολήπτη διαμέτρου 4 cm.

Τα δείγματα αυτά μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Εργαστήριο Αναλυτικής και Περιβαλλοντικής Χημείας του ΠΚ όπου και αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας την μέθοδο της γ-φασματοσκοπική ανάλυσης που αναλύθηκε παραπάνω. Πρέπει να σημειωθεί πως εκτός από τον προσδιορισμό του ^{137}Cs , η μέθοδος επιτρέπει και τον ταυτόχρονο προσδιορισμό πλήθους άλλων ραδιοϊσοτόπων, όπως το ^{131}I , ^{134}Cs , ^{136}Cs , ^{40}K , ^{60}Co , ^{226}Ra , ^{241}Am . Καθώς, η

συγκέντρωση των υπόλοιπων ραδιοϊσοτόπων που μετρήθηκαν δεν βρέθηκε να αποκλίνει από τις αναμενόμενες τιμές, στην παρούσα έρευνα δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην μέτρηση το ^{137}Cs αλλά και του ^{40}K . Ο λόγος είναι ότι ο αν υπάρχει συσχετισμός αυτών των δύο στοιχείων, αυτός μπορεί να δώσει επιπλέον πληροφορίες για την διάβρωση πρόσχωση. Καθώς δεν βρέθηκε κάποιος συσχετισμός μόνο οι μετρήσεις του ^{137}Cs αξιοποιήθηκαν.

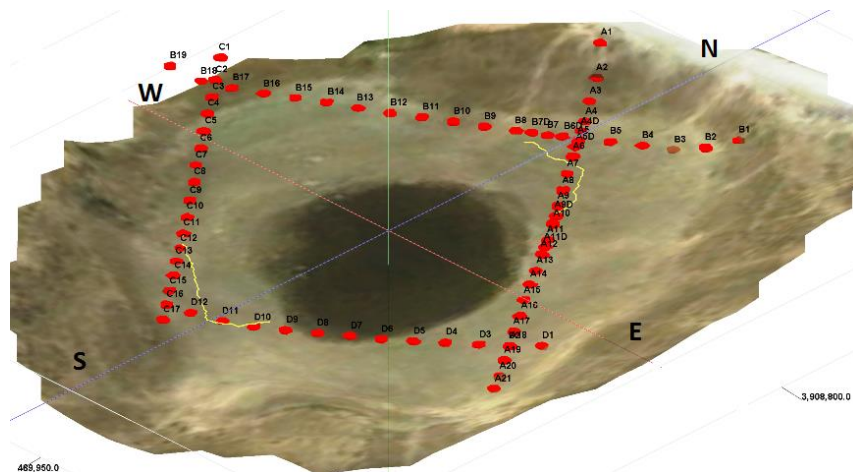
Από την δειγματοληψία βρέθηκε ότι στις περιοχές αναφοράς το ^{137}Cs συσσωρεύεται κυρίως στην επιφάνεια του εδάφους, ενώ η συγκέντρωση που μετράτε αφορά την περίοδο του ατυχήματος του Τσερνομπίλ, δηλαδή τον Μάιο του 1986 οπότε και έφτασε η ραδιενεργή σκόνη στην Ελλάδα. Συνεπώς, η εφαρμογή της μεθόδου στην Κρήτη μπορεί να δώσει πληροφορίες για την εξέλιξη των εδαφών από το 1986 έως και σήμερα.

Η μέθοδος εφαρμόστηκε, αρχικά ως περίπτωση μελέτης, σε ένα φυσικό εφήμερο λίμνιο, το οποίο βρίσκεται στο οροπέδιο του ομαλού και το 2006 υπέστη σημαντικές περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις εξαιτίας παράνομης εκσκαφής μέρους της επιφάνειάς του. Καθώς η έκταση της επέμβασης και ο χώρος που μεταφέρθηκε το υλικό εκσκαφής δεν καταγράφηκε το 2006 και σήμερα η βλάστηση έχει καλύψει τα ίχνη της εκσκαφής από φασίστηκε να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του ^{137}Cs (Εικόνα 8.7).



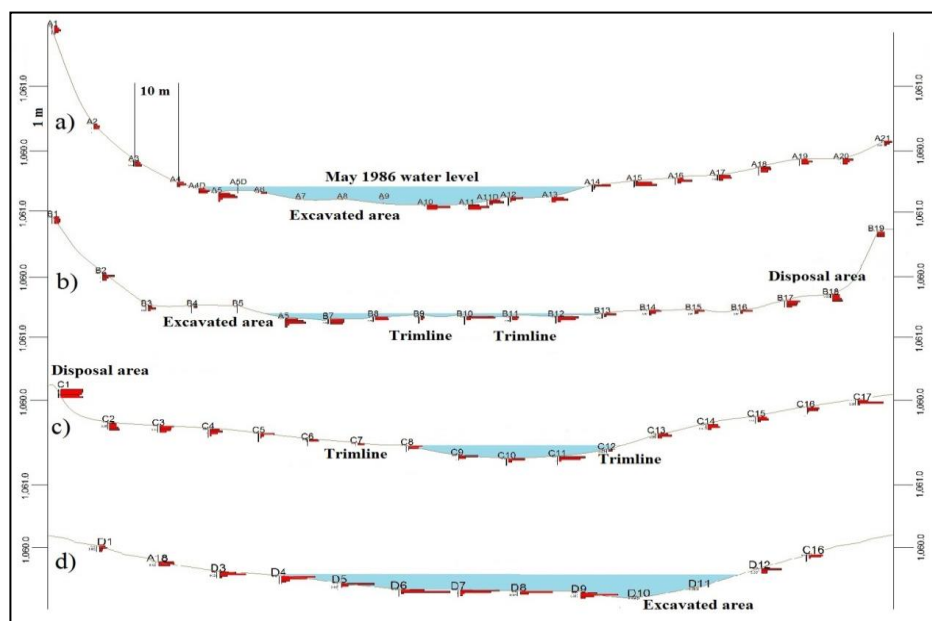
Εικόνα 8.7: Δειγματοληψία στο λίμνιο του Ομαλού στις 16 Φεβρουαρίου του 2011

Με την χρήση της μεθόδου όχι μόνο μπορούν να βρεθούν οι ρυθμοί πρόσχωσης διάβρωσης του λιμνίου αλλά και να αναγνωριστούν οι περιοχές οι οποίες επηρεάστηκαν από την ανθρώπινη παρέμβαση. Για το λόγο αυτό ιδρύθηκε ένα πλέγμα δειγματοληψίας, με διαστάσεις περίπου 80 από 100 m (εικόνα 8.8). Συνολικά εξετάστηκαν 72 αδιατάραχτοι πυρήνες και το βάθος τους, το οποίο εξαρτιόταν από την υγρασία του εδάφους και την περιεκτικότητα χοντρόκοκκου υλικού, κυμαινόταν από 4 έως 10 cm. Κάθε πυρήνας διαχωρίστηκε σε διαστήματα 2cm και ένα σύνολο 282 αδιατάραχτων δειγμάτων εδάφους προέκυψαν (Foteinis et al., 2014).



Εικόνα 8.8: Το πλέγμα δειγματοληψίας και οι πυρήνες που συλλέχθηκαν από το λίμνιο του Ομαλού.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων βρέθηκε ότι η μέθοδος του ^{137}Cs μπορεί να προσδιορίσει με ακρίβεια μορφολογικές αλλαγές, διαβρώσεις ή προσχώσεις που οφείλονται σε φυσικούς και σε ανθρώπινους παράγοντες (εικόνα 7.8), όπως και για την εύρεση του ρυθμού τους για τα τελευταία περίπου 30 χρόνια (1986-σήμερα). Επιπροσθέτως, στην περίπτωση μελέτης βρέθηκε ότι μπορεί να προσδιορίσει και το επίπεδο της στάθμης του λιμνίου τον Μάιο του 1986, οπότε και έφτασε η ραδιενεργή σκόνη που εκλύθηκε από το ατύχημα του Τσερνομπίλ (εικόνα 8.9).

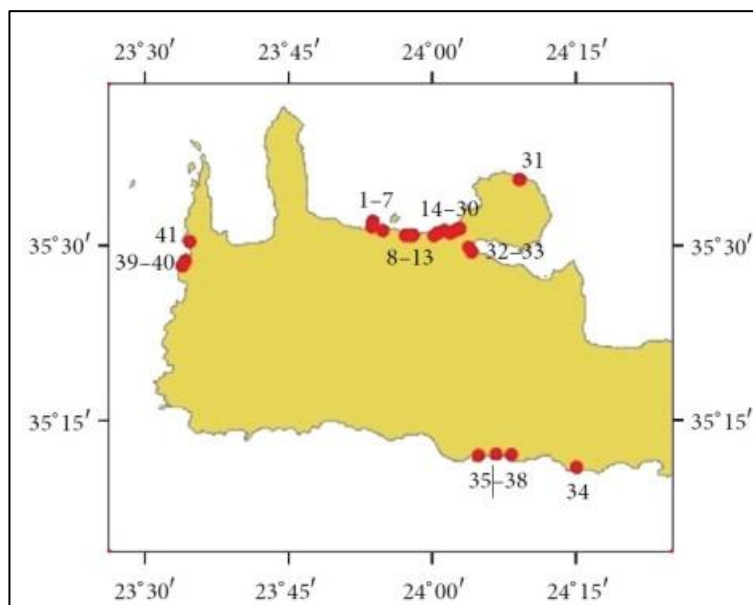


Εικόνα 8.9: Αποτελέσματα της μεθόδου ^{137}Cs για τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην κοίτη του λιμνίου του Ομαλού και την εύρεση της στάθμης του λιμνίου τον Μάιο του 1986.

8.5 Ρύπανση από βαρέα μέταλλα

Καθώς η ποιότητα των ιζημάτων στην Ελλάδα και η ρύπανση τους με βαρέα μέταλλα δεν έχει εξεταστεί, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί ο Ν. Χανίων σαν περίπτωση μελέτης και να εξεταστούν οι συγκεντρώσεις αντιπροσωπευτικών ιζημάτων για την ρύπανση τους από βαρέα μέταλλα. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν 41 σημεία, τα οποία εξετάστηκαν ως προς την ποιότητα του ιζήματος τους και για την πιθανή παρουσία βαρέων μετάλλων σε αυτό (εικόνα

8.10). Η επιλογή των σημείων δειγματοληψίας πραγματοποιήθηκε με βάση τις ανθρώπινες δραστηριότητες που πραγματοποιούνται σε αυτές, το οικοσύστημα που φιλοξενούν όπως και εξετάστηκαν πιθανές πηγές ευκαιριακού εμπλουτισμού.



Εικόνα 8.10: Τα 41 σημεία τα οποία εξετάστηκαν ως προς την ποιότητα του ιζήματος και την ύπαρξη βαρέων μετάλλων.

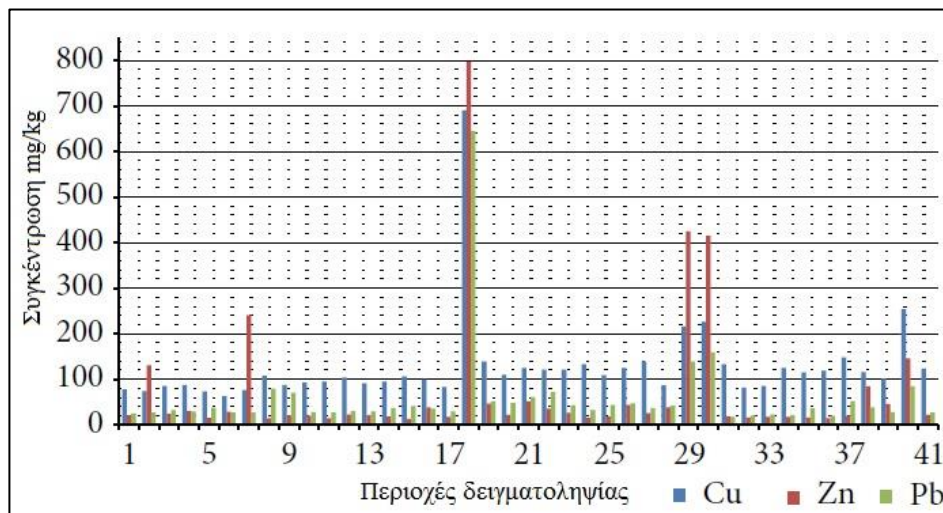
Από τα σημεία αυτά πάρθηκαν επιφανειακά δείγματα καθώς και ιζήμα από 20 cm βάθος, χρησιμοποιώντας χειροκίνητο πυρηνολήπτη. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Αναλυτικής και Περιβαλλοντικής Χημείας του ΠΚ και μετρήθηκαν με την μέθοδο EDXRF. Η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε καθώς έχει την δυνατότητα απευθείας μέτρησης πληθώρας στοιχείων, μεταξύ αυτών και βαρέων μετάλλων, σε στερεά δείγματα με υψηλή ακρίβεια και σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα (Kallithrakas-Kontos and Maravelaki-Kalaitzaki, 2004). Συνεπώς, εκτός από την περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα μετρήθηκαν και πληθώρα άλλων στοιχείων και βρέθηκε η πραγματική σύσταση των αντιπροσωπευτικών ιζημάτων από το Ν. Χανίων (πίνακας 8.1).

Πίνακας 8.1: Αντιπροσωπευτικές μετρήσεις με την μέθοδο EDXRF στις παραλίες (1) Βλητές, (2) Πλατανιάς και (3) Καλύβες στα Χανιά.

| | | | 1 | 2 | 3 |
|----|--------------------------------|------------|----------------|---------------|---------------|
| Z | Symbol | Element | Concentration% | Concentration | Concentration |
| 11 | Na ₂ O | Sodium | 2,15504 | 0,29565 | 0,54890 |
| 12 | MgO | Magnesium | 0,42013 | 0,64804 | 1,07364 |
| 13 | Al ₂ O ₃ | Aluminum | 1,53871 | 3,76718 | 3,91139 |
| 14 | SiO ₂ | Silicon | 88,6863 | 81,9005 | 73,9815 |
| 15 | P ₂ O ₅ | Phosphorus | 0,03295 | 0,06567 | 0,0643 |
| 16 | SO ₃ | Sulfur | 1,07272 | 0,07742 | 0,09685 |
| 17 | Cl | Chlorine | 0,97611 | 0,08088 | 0,0281 |

| | | | | | |
|----|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 19 | K2O | Potassium | 0,05129 | 0,23172 | 0,36076 |
| 20 | CaO | Calcium | 4,16613 | 9,10757 | 17,7560 |
| 22 | TiO2 | Titanium | 0,47899 | 0,40442 | 0,25397 |
| 23 | V2O5 | Vanadium | < 0.0026 | 0,00709 | 0,01012 |
| 24 | Cr2O3 | Chromium | < 0.00015 | 0,00082 | < 0.00052 |
| 25 | MnO | Manganese | 0,01607 | 0,02419 | 0,01973 |
| 26 | Fe2O3 | Iron | 0,34431 | 3,33733 | 1,84349 |
| 27 | CoO | Cobalt | < 0.00039 | < 0.00039 | < 0.00039 |
| 28 | NiO | Nickel | 0,00019 | 0,00096 | 0,00095 |
| 29 | CuO | Copper | 0,00044 | 0,00066 | 0,00069 |
| 30 | ZnO | Zinc | 0,00085 | 0,00175 | 0,00195 |
| 31 | Ga | Gallium | 5,33E-05 | 0,00026 | 0,00027 |
| 33 | As2O3 | Arsenic | 0,00084 | 0,00226 | 0,00165 |
| 34 | Se | Selenium | 7,46E-05 | 6,54E-05 | 6,9E-05 |
| 35 | Br | Bromine | 0,00153 | 0,00024 | 0,00018 |
| 37 | Rb2O | Rubidium | 0,00029 | 0,00071 | 0,00119 |
| 38 | SrO | Strontium | 0,02547 | 0,01891 | 0,02685 |
| 39 | Y | Yttrium | 0,00071 | 0,00075 | 0,00070 |
| 40 | ZrO2 | Zirconium | 0,01097 | 0,01419 | 0,01143 |
| 41 | Nb2O5 | Niobium | 0,00074 | 0,00146 | 0,00062 |

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι το ίζημα από παραλίες του Ν. Χανίων δεν περιέχει σημαντικές ποσότητες βαρέων μετάλλων. Συνολικά, τρία βαρέα μέταλλα βρέθηκαν να έχουν σημαντικά διαφορετικές συγκεντρώσεις με αυτές του υποβάθρου, και συγκριμένα τα Cu, Zn και Pb. Οι σημειακές πηγές που εντοπίστηκαν ήταν (α) η υποθαλάσσια έξοδος της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων του Δ. Πλατανιά (δείγμα 2, διάγραμμα 7.2), (β) τα βυρσοδεψία (δείγμα 29, διάγραμμα 8.2) και (γ) εργασίες συντήρησης σκαφών πάνω σε λιμενοβραχύονες (δείγμα 17, διάγραμμα 8.2), οι οποίες επιβαρύνουν το ευκαιριακό ίζημα (δείγμα 5 και 30, εικόνα 8.11) (Foteinis et al., 2013). Συνεπώς, πριν από οποιαδήποτε ευκαιριακή αναπλήρωση, εκτός από τις υπάρχουσες γεωμετρικές και φυσικοχημικές αναλύσεις, το ευκαιριακό ίζημα πρέπει να εξετάζεται το για την ύπαρξη βαρέων μετάλλων.



Εικόνα 8.11: Οι 41 περιοχές που εξετάστηκαν για την ποιότητα του ιζήματος και για την ύπαρξη βαρέων μετάλλων και οι συγκεντρώσεις τους.

7.6 Ευκαιριακός εμπλουτισμός της παραλίας του Πλατανιά

Σύμφωνα με την γνώση του ΥΔ, ήπιες μέθοδοι δεν έχουν ακόμα εφαρμοστεί συστηματικά και επιστημονικά άρτια στην Ελλάδα, συνεπώς η αξιολόγηση τους εκκρεμεί. Για το λόγο αυτό, στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής επιχειρήθηκε η ενημέρωση του κοινού και των αρμόδιων φορέων για την ύπαρξη των ήπιων μεθόδων και για τα πλεονεκτήματά τους σε σχέση με τις ad hoc βαρείες κατασκευές. Πρέπει να σημειωθεί πως η υποδοχή των ήπιων μεθόδων από το κοινό και από τους αρμόδιους ήταν ιδιαίτερα αρνητική και η προσκόλληση στις ad hoc λύσεις είναι πολύ υψηλή (Synolakis et al, 2008). Παρόλα αυτά, μετά από χρόνιες συζητήσεις και προσπάθειες, τελικά πραγματοποιήθηκε, σε συνεργασία με το ΠΚ και στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, ο πρώτος καταγεγραμμένος ευκαιριακός εμπλουτισμός παραλίας στην Ελλάδα.

Χρησιμοποιώντας, μια ευκαιριακή πηγή η οποία είναι αναγνωρίσιμη και μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για εμπλουτισμό (Foteinis et al., 2011), συγκεκριμένα το λιμάνι του πλατανιά, αποφασίστηκε σε συνεργασία με τις αρμόδιες αρχές και με την υποστήριξη της τοπικής κοινωνίας να πραγματοποιηθεί ο πρώτος καταγεγραμμένος ευκαιριακός εμπλουτισμός στην Ελλάδα. Το 2012 το λιμάνι του Πλατανιά χρειάστηκε βυθοκόρηση και προτάθηκε στο δήμο του Πλατανιά και στο αρμόδιο λιμενικό ταμείο και φορείς η χρήση των βυθοκορημάτων για την αναπλήρωση της γειτονικής παραλίας η οποία είναι έντονα διαβρωμένη. Πρέπει να σημειωθεί ότι μέχρι στιγμής στην Ελλάδα, το υλικό βυθοκόρησης χρησιμοποιείται ως δομικό υλικό ή απορρίπτεται στα βαθιά νερά, προκαλώντας με τον τρόπο αυτό ποικίλες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Μέχρι στιγμής η χρήση του για την αναπλήρωση παραλίων δεν έχει πραγματοποιηθεί ούτε υπάρχει κατάλληλη νομοθεσία, έστω αν και στις περισσότερες περιπτώσεις το ίζημα αυτό προέρχεται από γειτονικές παραλίες.

Το λιμάνι είχε βυθοκορηθεί τελευταία φορά το 2004 και στο διάστημα αυτό υπολογίζεται ότι περίπου 20.000 m³ ιζήματος έχουν συσσωρευτεί στο εσωτερικό του (Foteinis

et al., 2012). Το υλικό αυτό είχε παρόμοια φυσικά χαρακτηριστικά με την παραλία, αν και περιείχε υψηλή ποσότητα ιλύος, καθώς ουσιαστικά το λιμάνι έχει κατασκευαστεί πάνω στην παραλία και ως αποτέλεσμα ίζημα από την παραλία εγκλωβίζεται σε αυτό. Συνεπώς, το υλικό βυθοκόρησης μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον ευκαιριακό εμπλουτισμό της παραλίας, αλλά πριν γίνει αυτό το ίζημα έπρεπε να εξεταστεί για την πιθανή ρύπανση του με βαρέα μέταλλα (Foteinis et al., 2011). Η ύπαρξη βαρέων μετάλλων στα βυθοκορήματα ήταν πιθανή καθώς στο λιμενοβραχίονα πραγματοποιείται συντήρηση και εργασίας βαφής σκαφών χωρίς τα απαραίτητα μέτρα (εικόνα 8.12). Οι βαφές που χρησιμοποιούνται στα σκάφη συνήθως περιέχουν υψηλές ποσότητες βαρέων μετάλλων η εξέταση των βυθοκορημάτων για ύπαρξη βαρέων μετάλλων κρίθηκε απαραίτητη.



Εικόνα 8.12: Εργασίες συντήρησης σκάφους στο λιμάνι του Πλατανία στις 16 Μαρτίου 2012.

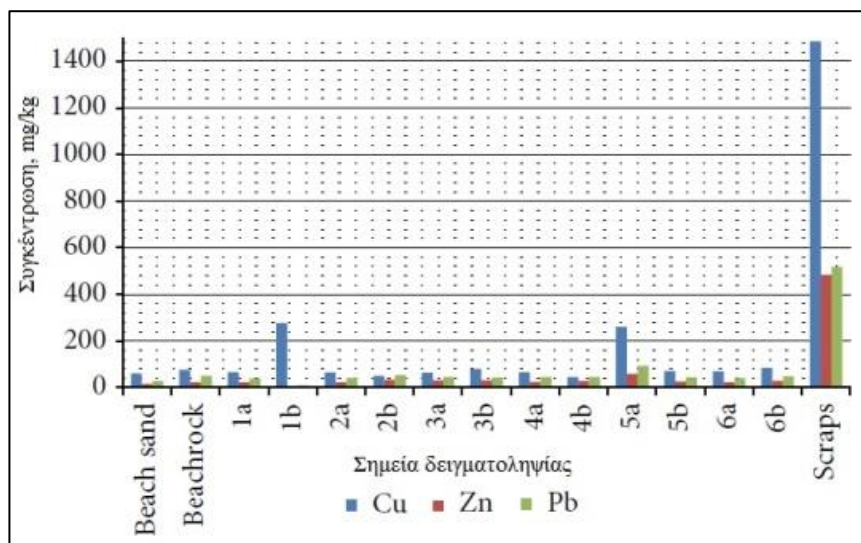
Συνεπώς, για την πραγματοποίηση της ευκαιριακής αναπλήρωσης εκτός των άλλων αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί μια ενδελεχής ανάλυση της χημικής σύστασης των βυθοκορημάτων και του ιζήματος της παραλίας. Για το λόγο αυτό έξι αντιπροσωπευτικές περιοχές μέσα στο λιμάνι επιλέχθηκαν και επιφανειακά δείγματα όπως και δείγματα από περίπου 1 m βάθος συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν για την περιεκτικότητά τους σε βαρέα μέταλλα (εικόνα 8.13).



Εικόνα 8.13: Οι περιοχές δειγματοληψίας στον λιμένα του Πλατανιά.

Χρησιμοποιώντας ξανά την μέθοδο EDXRF για την ανάλυση των δειγμάτων υπολογίστηκαν οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο ευκαιριακό ίζημα αλλά και στην παραλία, στον λιμενοβραχίονα αλλά και στο βραχώδες υπόστρωμα της παραλίας, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρότυπο δείγμα. Να σημειωθεί πως στην Ελλάδα δεν υπάρχουν δείκτες για την καταλληλότητα ή μη του υλικού αναπλήρωσης. Συνεπώς το υλικό αναπλήρωσης συγκρίθηκε με τις συγκεντρώσεις του υποβάθρου, οι οποίες μετρήθηκαν στο βραχώδες υπόστρωμα της παραλίας.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο διάγραμμα 8.3. Όπως είναι εμφανές ο λιμενοβραχίονάς του Πλατανιά, πάνω στον οποίο πραγματοποιούνται εργασίες βαφής σκαφών, περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και ιδιαίτερα χαλκού (Cu). Παρόλα αυτά μόνο ένα επιφανειακό δείγμα (5a) και ένα δείγμα από βάθος 1 m (1b) περιείχαν ποσότητες υψηλότερες από αυτές της γειτονικής παραλίας.



Διάγραμμα 8.3: Οι περιοχές δειγματοληψίας του λιμένα του Πλατανιά και οι συγκεντρώσεις τους. Με a παρουσιάζονται τα επιφανειακά δείγματα και με b τα δείγματα βάθους ενός μέτρου.

Καθώς στην Ελλάδα δεν υπάρχει ούτε σχετική νομοθεσία ούτε δείκτες για την καταλληλότητα του ευκαιριακού υλικού, για την αξιολόγηση της ρύπανσης του χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Δείκτης Γεωσυσσώρευσης Igeo (Geo-accumulation index). Εναλλακτικά, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και ο δείκτης φορτίου ρύπανσης (PLI) (Pollution Load Index). Ο Δείκτης Γεωσυσσώρευσης προσδιορίζεται από τη σχέση $Igeo = \log_2 C_{metal} / 1.5 C_{metal(control)}$, όπου C_{metal} η συγκέντρωση στο δείγμα και $C_{metal(control)}$ η συγκέντρωση στο πρότυπο, στην συγκεκριμένη περίπτωση το βραχώδες υπόστρωμα (Foteinis et al., 2012). Για αρνητικές τιμές του δείκτη το δείγμα δεν θεωρείται επιβαρυνόμενο, για τιμές από 0-1 το δείγμα θεωρείται μη έως ελαφρά επιβαρυνόμενο, για τιμές από 1-2 το δείγμα θεωρείται ελαφρά επιβαρυνόμενο, για τιμές από 2-3 το δείγμα θεωρείται ελαφρά έως έντονα επιβαρυνόμενο, για τιμές από 3-4 το δείγμα θεωρείται έντονα επιβαρυνόμενο, για τιμές από 4-5 το δείγμα θεωρείται έντονα επιβαρυνόμενο έως ρυπασμένο και για τιμές μεγαλύτερες του 5 το δείγμα θεωρείται ρυπασμένο.

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω τιμές τα δείγματα από το ευκαιριακό υλικό βρέθηκαν από μη έως ελαφρά επιβαρυνόμενα και συνεπώς αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί ο πρώτος καταγεγραμμένος ευκαιριακός εμπλουτισμός στην Ελλάδα.

Καθώς, οι πόροι για τον ευκαιριακό εμπλουτισμό ήταν περιορισμένοι, αυτός πραγματοποιήθηκε όσο το δυνατόν πιο απλό και οικονομικό τρόπο. Συγκεκριμένα, ανάντη του λιμένα πραγματοποιήθηκε εκσκαφή και δημιουργήθηκε χώρος ο οποίος θα μπορεί να συγκράτηση τα βυθοκορήματα από τον λιμένα. Στην συνέχεια χρησιμοποιώντας υποθαλάσσια αντλία ο ίζημα που είχε εγκλωβιστεί στον πυθμένα του λιμένα μεταφέρθηκε στο χώρο αυτό, όπου το ίζημα κατακάθισε λόγω βαρύτητας και το νερό απομακρύνθηκε με φυσικό τρόπο προς την θάλασσα (εικόνα 8.14).



Εικόνα 8.14: Ο χώρος απομάκρυνσης του νερού, συγκέντρωσης, συλλογής, και μεταφόρτωσης του ευκαιριακού υλικού στο λιμάνι του Πλατανιά.

Το ευκαιριακό υλικό μεταφέρθηκε σταδιακά στο ξηρό πλάτος της παραλίας του πλατανιά (εικόνα 8.15). Η παραπάνω διαδικασία επαναλήφθηκε έως ότου ολοκληρωθεί η βυθοκόρηση του λιμένα του Πλατανιά και αυτός καταστεί ξανά λειτουργικός.

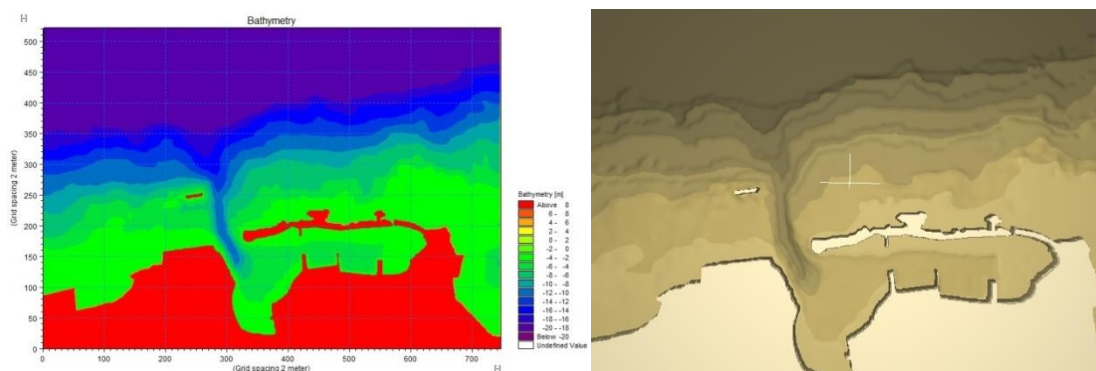


Εικόνα 8.15: Η ευκαιριακή αναπλήρωση του ξηρού πλάτους της παραλίας του πλατανιά.

Συνολικά, η παραλία του πλατανιά εμπλουτιστική με περίπου 20.000 m^3 ευκαιριακού ιζήματος, σημαντικό μέρος του οποίου όμως ήταν ιλύς και συνεπώς δεν συμμετείχε στον εμπλουτισμό της παραλίας. Ο ευκαιριακός εμπλουτισμός δεν έφερε ορατά αποτελέσματα καθώς η παραλία έχει χάσει πολλαπλάσιες ποσότητες ιζήματος λόγω διάβρωσης τις τελευταίες κυρίως δεκαετίες. Παρόλα αυτά αποτελεί ένα παράδειγμα προς μίμηση και μια πρακτική η οποία μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την υγεία παραλιών και την βιωσιμότητα της παράκτιας ζώνης. Κύρια εμπόδια αποτελούν η παντελής έλλειψη νομοθεσίας και οι παγιωμένες αντιλήψεις οι οποίες επιμένουν στην ad hoc χρήση βαριών κατασκευών.

7.7 Υδροδυναμικό μοντέλο MIKE 21 BW

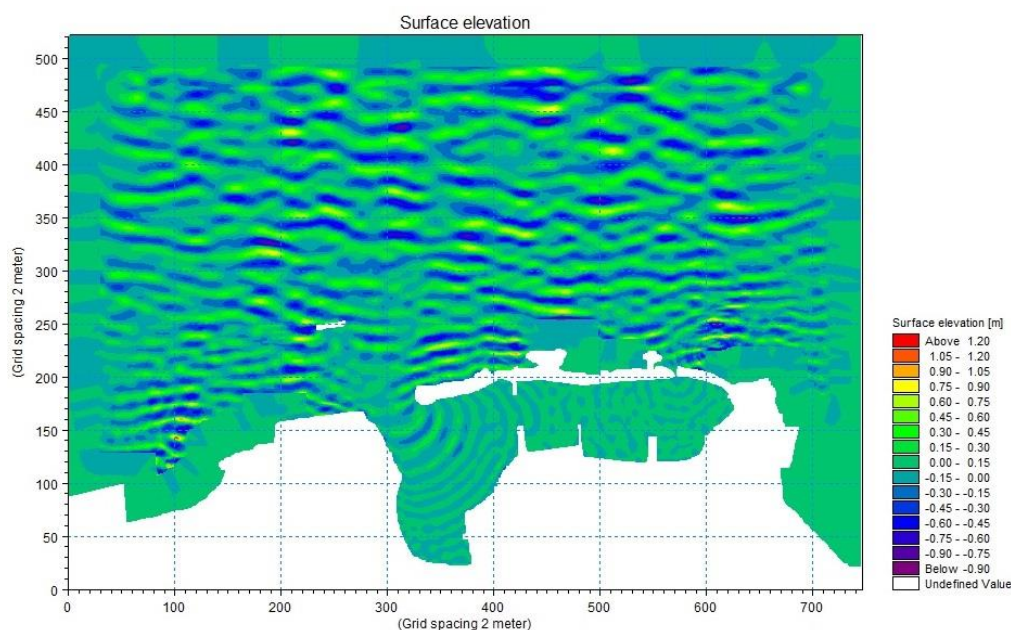
Το υδροδυναμικό μοντέλο MIKE 21 BW εφαρμόστηκε σε περίπτωση μελέτης στον Ενετικό λιμένα Χανίων. Το Δυτικό τμήμα του λιμένα παραμένει μη λειτουργικό, ακόμα και σε μικρής ενέργειας κυματικές καταιγίδες. Για το λόγο αυτό, πριν μερικές δεκαετίες, τοποθετήθηκε, ΒΔ της εισόδου του, έξαλλος κυματοθραύστης μήκους περίπου 130 m. Από μαρτυρίες, για την τοποθέτηση του δεν χρησιμοποιήθηκαν πρωτογενή κυματικά δεδομένα και υδροδυναμικό μοντέλο, ενώ ο κυματοθραύστης δεν επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Για το λόγο αυτό, εφαρμόστηκε πιλοτικά το υδροδυναμικό μοντέλο MIKE 21 BW ώστε να υπολογιστούν ποσοτικά τα αποτελέσματα του κυματοθραύστη και να βρεθεί αν η θέση τοποθέτησης είναι κατάλληλη. Για το λόγο αυτό το μοντελοποιήθηκε η λειτουργία του λιμένα με και χωρίς τον κυματοθραύστη και πραγματοποιήθηκε σύγκριση των αποτελεσμάτων. Η βαθυμετρία που χρησιμοποιήθηκε είχε χωρική ανάλυση 2 m και παρουσιάζεται στην εικόνα 7.16 Για τις ανάγκες της προσομοίωσης το ύψος της στεριάς ορίστηκε στα 10 m, ενώ ως ελάχιστο βάθος ορίστηκαν τα -2.5 m. Επιπροσθέτως, δεξιά και αριστερά της εισόδου του λιμένα ορίστηκε μια ζώνη απόσβεσης κυματισμών (sponge layer).



Εικόνα 7.16: Απεικόνιση της βαθυμετρίας του Ενετικού λιμένα Χανίων χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόγραμμα Mike 21 BW® (αριστερά) και το Mike animator plus® (δεξιά).

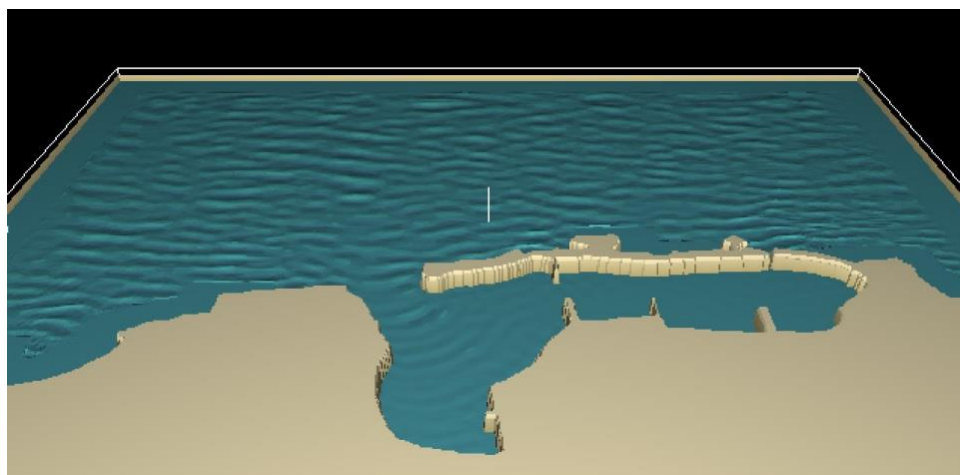
Τα πρωτογενή κυματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν συλλέχτηκαν από έναν κυματομετρητή Nortek awac, ο οποίος είχε τοποθετηθεί στην περιοχή ανάντη της εισόδου του λιμένα. Για την περίπτωση μελέτης χρησιμοποιήθηκε κυματική καταιγίδα βόρειας διεύθυνσης, με σημαντικό ύψος κύματος 1m και σημαντική περίοδο κύματος 5.5 sec. Η διάρκεια της ήταν περίπου 20 min και προέκυψε από την μέθοδο JONSWAP (Joint North Sea Wave Project). Η μοντελοποίηση εμφάνισε τις αδυναμίες λειτουργίας του δυτικού τμήματος του λιμένα, ακόμα και σε καταιγίδες μικρής ενέργειας. Ο κυματισμός εισέρχεται στον λιμένα, διαθλάται ελαφρώς και οδηγείται προς το εσωτερικό του δυτικού τμήματος (εικόνα 7.17). Όπως είναι εμφανές από την εικόνα 7.17, ο λιμένας δεν είναι λειτουργικός καθώς μεγάλο μέρος της ενέργειας εισέρχεται σε αυτόν και κυματισμοί μεγαλύτεροι από περίπου 0.3 m, από μια καταιγίδα

σημαντικού ύψους κύματος 1 m φτάνουν σε αυτόν. Συνεπώς, ο κυματοθραύστης δεν προστατεύει επαρκώς τον λιμένα.



Εικόνα 7.17: Τα αποτελέσματα κυματικής καταίγιδας σημαντικού ύψους κύματος 1 m στον Ενετικό λιμένα Χανίων χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόγραμμα Mike 21 BW®.

Στην συνέχεια μελετήθηκε η υποθετική αφαίρεση του έξαλλου κυματοθραύστη ώστε να βρεθεί ποια ήταν η πρότερη κατάσταση του Ενετικού λιμένα. Η παραπάνω κυματική καταίγίδα χρησιμοποιήθηκε και προχωρώντας στην αφαίρεση του κυματοθραύστη και στην εξομάλυνση της βαθυμετρίας/τοπογραφία στο σημείο αυτό, καταστεί δυνατό να υπολογιστεί η συμπεριφορά του λιμένα πριν την τοποθέτηση του κυματοθραύστη (εικόνα 7.18).



Εικόνα 7.18: Τα αποτελέσματα κυματικής καταίγιδας σημαντικού ύψους κύματος 1 m στον Ενετικό λιμένα Χανίων μετά την υποθετική αφαίρεση του έξαλλου κυματοθραύστη χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόγραμμα Mike animator plus®

Βρέθηκε πως η συμπεριφορά του Ενετικού λιμένα, πριν και μετά την τοποθέτηση του κυματοθραύστη είναι σχεδόν παρόμοια. Αναλυτικά, η τοποθέτηση έξαλλου κυματοθραύστη με τα συγκριμένα χαρακτηριστικά και στο συγκεκριμένο σημείο δεν επηρεάζει σημαντικά το

κυματικό κλίμα του δυτικού τμήματος του Ενετικού λιμένα Χανιών, το οποίο είναι μη λειτουργικό. Συνεπώς, πριν από την τοποθέτηση οποιασδήποτε κατασκευής στην παράκτια ζώνη είναι απαραίτητη η συλλογή πρωτογενών δεδομένων και η μοντελοποίηση τους με κάποιο υδροδυναμικό μοντέλο, ώστε να προβλεφτούν τα αποτελέσματα που θα προκαλέσει στην παράκτια ζώνη και να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία τους.

9. Συμπεράσματα

9.1 Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο της παρούσης διατριβής πραγματοποιήθηκε ενδελεχής μελέτη του προβλήματος διάβρωσης των Ελληνικών ακτογραμμών, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες περιπτώσεις μελέτης και πολυεπιστημονική προσέγγιση. Αξιολογήθηκε το πρόβλημα και βρέθηκε πως οι ακτογραμμές της Ελλάδας διαβρώνονται με ιδιαίτερα υψηλούς ρυθμούς, οι οποίοι φτάνουν έως και τα 20m/year.

Εντοπίστηκαν οι λόγοι που οδήγησαν στην έντονη διάβρωση και στην υποβάθμιση της υγείας της παράκτιας ζώνης της Ελλάδας και αυτοί ήταν ανθρωπογενείς. Μεταξύ αυτών είναι α) η μη εισαγωγή ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιας ζώνης (ΟΔΠΖ), β) η ελλιπής γνώση των παράκτιων διεργασιών και η μη πολυεπιστημονική προσέγγιση, γ) η ad hoc υιοθέτηση βαριών λύσεων, δ) η έντονη αστικοποίηση λεκανών απορροής και της παράκτιας ζώνης, ε) οι αμμοληψίες από κοίτες ποταμών και παραλίες, ζ) η κατασκευή φραγμάτων με μη πολυεπιστημονικές μελέτες, και η) η έλλειψη διαχρονικών στοιχείων και πρωτογενών δεδομένων.

Με την αξιολόγηση της ιστορικής έως και την υφιστάμενης νομοθεσίας/νομολογίας, ξεκινώντας από το 1837 με το Βασιλικό δίκαιο του Όθωνα, «Περί διακρίσεως κτημάτων» και φτάνοντας έως σήμερα, βρέθηκε η χρόνια προβληματική και η λάθος προσέγγιση της νομολογίας στο πρόβλημα της διάβρωσης. Συγκριμένα, η κείμενη νομολογία βρέθηκε ιδιαίτερα ελλιπής, η οποία δεν αντιμετωπίζει ολοκληρωμένα το πρόβλημα παρά προσπαθεί με πληθώρα νόμων, οι οποίοι συνήθως αλληλεπικαλύπτονται, να καλύψει «πυροσβεστικά» τα προβλήματα διάβρωσης και όχι να περιορίσει τα αίτιά της.

Η νομολογία εστιάζεται κυρίως σε θέματα ιδιοκτησίας στην παράκτια ζώνη αλλά υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες υπερκαλύπτει τα νομικά κενά, όπως η απόφαση ΣτΕ 3346/99 η οποία τονίζει την περιβαλλοντική και κοινωνικοοικονομική διάσταση των παραλιών, με την οποία δεν έχει ακόμα ασχοληθεί, ως όφειλε, ο νομοθέτης.

Επίσης, παρατηρήθηκε ότι ο Ν. Λασιθίου παρουσιάζει έντονο πρόβλημα διάβρωσης με τμήματα παραλιών του να έχουν ήδη εξαφανιστεί και ρυθμούς υποχώρησης ακτογραμμής που φτάνουν τα 0.5 m/year. Η υποχώρηση ακτογραμμής είναι αντίστροφος ανάλογη του κανονικοποιημένου πλάτους (προς το μήκος), για τιμές έως περίπου 0.1, ενώ για τιμές έως 0.5, οι οποίες αντιστοιχούν σε παραλίες τσέπης η διάβρωση ήταν μηδενική. Το σημερινό μήκος (x) ως προς το κανονικοποιημένο πλάτος (ως προς το μήκος) (y) των φυσικών αμμώδων παραλιών μπορεί να βρεθεί στατικά από το μήκος της παραλίας από την σχέση $y=23.47x^{-0.048}$, ενώ το ιστορικό από την σχέση $y=18.276x^{0.02}$. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος μιας

παραλίας τόσο περισσότερες πιθανότητες έχει να επηρεαστεί από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και τόσο πιο επιρρεπείς είναι στην διάβρωση.

Παρόλο που το πρόβλημα διάβρωσης στο Ν. Λασιθίου είναι έντονο, βρέθηκε πως η ωριμότητα των αρμόδιων οργανισμών και πολιτών για την βιώσιμη αντιμετώπιση του προβλήματος ήταν πολύ χαμηλή και μόνο το 40% των παράκτιων κοινοτήτων και τοπικών αρχών, το 50% των εμπλεκόμενων με την παράκτια και το 90% των αρμόδιων μηχανικών ήταν εξοικειωμένοι με τις βασικές αρχές της παράκτιας μηχανικής.

Για την καλύτερη απεικόνιση του προβλήματος, την αύξηση της ωριμότητας και την βιώσιμη αντιμετώπιση του προβλήματος δημιουργήθηκε ο χάρτης επικινδυνότητας διάβρωσης και αναπτύχθηκαν οι δείκτες αξιολόγησης της παράκτιας κυψέλης/παραλίας.

Στην παραλία της Βάρκιζας εφαρμόστηκε πιλοτικά πρωτοπόρα μέθοδος του κράνους RTK GPS για την μέτρηση ογκομετρικών μεταβολών (διάβρωση/πρόσχωση) τόσο από το ξηρό πλάτος της παραλίας όσο και από το υποθαλάσσιο (έως ~1.5 m).

Η μέθοδος αυτή είναι βέλτιστη για την αποτύπωση παραλιών υπό διάβρωση που παρουσιάζουν υψηλές χωρικές μεταβολές στο ανάγλυφο τους, ενώ βρέθηκε πως αν και η ακτογραμμή της Βάρκιζας παραμένει σχετικά σταθερή, η παραλία χάνει όγκο σχεδόν από όλο το μήκος της.

Επίσης, αξιολογήθηκε η λειτουργία του ναυτικού ραντάρ Miros wavex και του ADCP κυματομετρητή Nortek Awac. Για να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία του κυματομετρητή Nortek Awac κατασκευάστηκε ειδική υποθαλάσσια βάση στήριξης και αδιάβροχη θήκη, η οποία φιλοξενεί επαναφορτιζόμενη μπαταρία αργής εκφόρτισης. Βρέθηκε, ότι η παραλία δέχτηκε υψηλό αριθμό κυματικών συμβάντων κατά την διάρκεια του κυματικού χειμώνα 2012 - 2013 και το μέγιστο ύψος κύματος που καταγράφηκε στο διάστημα αυτό ήταν περίπου 4 m και η μέγιστη φασματική περίοδος ήταν περίπου 8 sec.

Στον Ν. Χανίων σε περίπτωση μελέτης των παραλιών που φιλοξενεί ο κόλπος Χανίων αναζητήθηκαν, συγκεντρώθηκαν και αξιολογήθηκαν ιστορικά δεδομένα και πληροφορίες για την παράκτια ζώνη και δημιουργήθηκε βάση δεδομένων με δυνατότητα εμπλουτισμού της.

Στα εθνικά αρχεία του Ηνωμένου Βασιλείου στο Κιού (Kew), Λονδίνο βρέθηκαν μοναδικά ιστορικά ντοκουμέντα για την κατάσταση της παράκτιας ζώνης και την υγεία των παραλιών για την περίοδο Β΄ Παγκοσμίου πολέμου.

Επίσης, μεταφέρθηκε η γνώση και η εμπειρία που αποκτήθηκε από την περίπτωση μελέτης της Βάρκιζας και βελτιστοποιήθηκε η λειτουργία των ήδη ποντισμένων κυματομετρητών Nortek Awac του ΠΚ, με την χρήση της βάσης στήριξης και την αδιάβροχη υποθαλάσσια μπαταρία. Με τον τρόπο αυτό μειώθηκε σημαντικά το κόστος λειτουργίας των

οργάνων και έγινε βιώσιμη η λειτουργία τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό μια μοναδική στο είδος της βάση δεδομένων κυμάτων/ρευμάτων.

Τα πρωτόγεννη δεδομένα, τα οποία συλλέχθηκαν στην Βάρκιζα αλλά και στα Χανιά με τον κυματομετρητή Awac, συγκρίθηκαν με τις προβλέψεις του μαθηματικού μοντέλου SMB (Svedrup- Munk-Bretschneider), το πιο διαδεδομένο μοντέλο περιγραφής της κατάστασης διαταραχής της θαλάσσιας επιφάνειας, και τις προβλέψεις του κυματικού μοντέλου WAM. Βρέθηκε, πως οι προσεγγίσεις του μαθηματικού μοντέλου SMB έχουν μεγάλες επισφάλειες και δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται, ενώ οι προβλέψεις του κυματικού μοντέλου WAM βρίσκονται πολύ πιο κοντά με την πραγματικότητα.

Με την δημιουργία βάσης δεδομένων κυμάτων/ρευμάτων θα βελτιωθεί σημαντικά η ακρίβεια των παράκτιων μελετών αλλά και στο μέλλον θα γίνει δυνατός, για πρώτη φορά, ο υπολογισμός της περιόδου επαναφοράς ακραίων φαινομένων.

Η σημαντικότητα της βάσης δεδομένων κυμάτων/ρευμάτων έγκειται στο γεγονός ότι η σύγκριση των πρωτογεννών δεδομένων του awac με τα αποτελέσματα της μεθόδου SMB και τα αποτελέσματα του κυματικού μοντέλου WAM έδειξε ότι η πρώτη έχει πολλές επισφάλειες και δεν συστήνεται η χρήση της, ενώ η δεύτερη υπολογίζει σε ικανοποιητικό βαθμό τις υψηλές κυματικές καταιγίδες αλλά δδεν καταγράφει το σύνολο τους.

Επιπροσθέτως, αναπτύχθηκε πρωτοπόρα εφαρμογή της μεθόδου του ραδιενεργού καΐσιου-137 για τον υπολογισμό της στάθμης εφημέριων υδάτινων σωμάτων, όπως αυτή εφαρμόστηκε στην περίπτωση του λιμνίου του Ομαλού.

Η μέθοδος του ραδιενεργού καΐσιου-137 εφαρμόστηκε για τον υπολογισμό του ρυθμού διάβρωσης/πρόσχωσης της λεκάνης απορροής της Αγίας Κυριακής και αναγνωρίστηκαν ρυθμοί διάβρωσης της τάξης των 3.8 m/year.

Μελετήθηκε η ποιότητα ιζημάτων παραλιών και ευκαιριακών πηγών αναπλήρωσης σε σχέση με την ρύπανση από βαρέα μέταλλα, όπως Zn, Pb, Cu, Co, As, Cd, Hg και άλλα. Βρέθηκαν ότι σημειακές πηγές που εκκρίνουν βαρέα μέταλλα στο θαλάσσιο περιβάλλον αποτελούν (α) η υποθαλάσσια έξοδος της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων του Δ. Πλατανιά, (β) τα βυρσοδεψία και (γ) εργασίες συντήρησης σκαφών πάνω σε λιμενοβραχίονες.

Καθώς βρέθηκε ότι υπάρχουν σημειακές πηγές ρύπανσης με βαρέα μέταλλα πάνω σε λιμένες, επισημάνθηκε η σημασία ανάλυσης ευκαιριακών ιζημάτων για ρύπανση από βαρέα μέταλλα και η εισαγωγή δεικτών οι οποίοι θα πρέπει να χρησιμοποιούνται πριν οποιαδήποτε σχέδιο εμπλουτισμού.

Μετά από συνεχή ενημέρωση, συζητήσεις και παρουσιάσεις για την ανάγκη εισαγωγή ηπίων μεθόδων προστασίας για την βιώσιμη αντιμετώπιση του προβλήματος διάβρωσης στην Ελλάδα, πραγματοποιήθηκε, στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, η πρώτη καταγεγραμμένη

και επιστημονικά άρθρα ευκαιριακή αναπλήρωση παραλίας στην Ελλάδα, αυτή της παραλίας του Πλατανιά.

Η αξιολόγηση του ευκαιριακού εμπλουτισμού έδειξε ότι αυτός αποτελεί ένα πρώτο και απαραίτητο στάδιο για την βιώσιμη αντιμετώπιση του προβλήματος στην Ελλάδα και για το λόγο αυτό απαιτείται η εισαγωγή κατάλληλης νομοθεσίας και η ενημέρωση των αρμόδιων αρχών και φορέων.

9.2 Συμβολή της διατριβής

Η εν λόγω διατριβή, η οποία αποτελεί συγκερασμό γνώσεων και επιστημονικών εμπειριών πληθώρας ειδικοτήτων, αναπτύσσει τόσο την επιστήμη της ακτομηχανικής όσο και την επιστήμη του μηχανικού περιβάλλοντος. Ειδικότερα, με την εν λόγω διατριβή εισάγονται πρωτοπόρες και καινοτόμες, για τα Ελληνικά δεδομένα, μέθοδοι και πρακτικές, όπως αναφέρονται παρακάτω:

- Ανάπτυξη της μεθόδου του κράνους RTK GPS για την μέτρηση ογκομετρικών απωλειών (διάβρωση) και κερδών (πρόσχωση) από παραλίες. Έως τώρα για την μέτρηση της διάβρωσης των παραλιών χρησιμοποιούνται μέθοδοι καταγραφής προφίλ (shore-normal techniques), οι οποίες όμως δεν μπορούν να υπολογίσουν με ακρίβεια ογκομετρικές μεταβολές. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος LIDAR και η μέθοδος πλήρης κινηματικού RTK GPS με χρήση οχήματος ATV ή σακιδίου πλάτης. Παρόλα αυτά οι μέθοδοι αυτοί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την λήψη δεδομένων στο θαλάσσιο χώρο και μέχρι την ζώνη θραύσης ούτε σε παραλίες οι οποίες εμφανίζουν υψηλές τοπογραφικές μεταβολές. Με την μέθοδο του κράνους RTK GPS παρατηρήθηκε ότι είναι δυνατή η καταγραφή της τοπογραφίας αλλά και της βαθυμετρίας μέχρι περίπου 1.5 m βάθους, παραλιών που εμφανίζουν απότομες μεταβολές του ανάγλυφου τους.
- Χρήση και αξιολόγηση μεθόδων συλλογής του τοπικού κυματικού καθεστώτος και των ρευμάτων στις τρεις διαστάσεις. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν σε περίπτωση μελέτης το ADCP Nortek Awac και το ναυτικό ραντάρ Miroc wavex και για πρώτη φορά συλλέχθηκαν μακροχρόνια πρωτογενή δεδομένα από τις Ελληνικές θάλασσες. Για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας του ADCP Nortek Awac, ο οποίος βρέθηκε ότι παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα για λειτουργία του στις Ελληνικές θάλασσες κατασκευάστηκε ειδική βάση πόντισης όπως και ειδικής υποθαλάσσιας θήκης επαναφορτιζόμενης μπαταρίας, γεγονός το οποίο μείωσε σημαντικά το κόστος λειτουργίας και αύξησε την βιωσιμότητα της μεθόδου.
- Σύγκριση πρωτόγενων κυματικών δεδομένων με εκτιμήσεις της μεθόδου SMB και τα αποτελέσματα του κυματικού μοντέλου WAM.

- Δημιουργία επιστημονικής βάσης δεδομένων κυμάτων και ρευμάτων στις τρεις διαστάσεις η οποία έχει την δυνατότητα εμπλουτισμού της και με την οποία θα μπορεί να γίνει στο μέλλον ο υπολογισμών ακραίων κυματικών φαινομένων υψηλής περιόδου επαναφοράς
- Πρώτη εφαρμογή επιστημονικά ολοκληρωμένης ήπιας μεθόδου προστασίας παραλίων στην Ελλάδα, συγκεκριμένα ο ευκαιριακός εμπλουτισμός της παραλίας του Πλατανιά, Χανιά.
- Πρωτοπόρα εφαρμογή της μέθοδος του ραδιενεργού καΐσιου-137 (^{137}Cs) για τον υπολογισμό της στάθμης εφημέριων υδάτινων σωμάτων, όπως το λίμνιο Ομαλού, τον Μάιο του 1986, μετά το πυρηνικό ατύχημα του Τσερνομπίλ.
- Αναγνώριση της σημαντικότητας ελέγχου για ρύπανση από βαρέα μέταλλα στα ευκαιριακά ιζήματα αναπλήρωσης και ανάγκη για την εισαγωγή δεικτών ρύπανσης από βαρέα μέταλλα.
- Ανάπτυξη δεικτών υγείας παράκτιας κυψέλης/παραλίας και δυνατότητα αξιολόγησης της υπάρχουσας κατάστασης και της βιωσιμότητας.
- Συλλογή δεδομένων που αφορούν την διαχρονική εξέλιξη της παράκτιας ζώνης από το Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο, φωτογραφικά αρχεία κατοίκων, παλαιότερες μελέτες, αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες και μετρήσεις πεδίου. Δημιουργία βάσης δεδομένων με δυνατότητα περαιτέρω εμπλουτισμού της για επιλεγμένες παραλίες του κόλπου Χανίων.
- Συλλογή και αξιολόγηση της Ελληνικής νομοθεσίας/νομολογίας που αφορά στην παράκτια ζώνη. Εντοπισμός των κενών και των αδυναμιών της και προτάσεις για την βελτίωση της.
- Πολυεπιστημονική προσέγγιση του προβλήματος μέσω συνεργασίας με ερευνητές από πληθώρα κλάδων της επιστήμης, όπως φυσικές και θετικές επιστήμες (π.χ. χημεία, γεωχημεία, γεωφυσική, γεωλογία, ωκεανογραφία, οικολογία και επιστήμες του περιβάλλοντος), κοινωνικές και ανθρωπιστικές επιστήμες (π.χ. ιστορία, κοινωνιολογία και οικονομικές Επιστήμες), νομική επιστήμη και εφαρμοσμένες επιστήμες (π.χ. επιστήμες μηχανικού, επιστήμες υγείας).

10. Βιβλιογραφία

- Alexandrakis G., Karditsa A., Poulos S., Ghionis G., Kampanis N.A. (2009). Assessment of the vulnerability of the coastal zone to a potential rise of sea level. Vol I, 327-332 pp: 9th Greek Symposium of Oceanography and Fisheries.
- Andrade F. and Ferreira M. (2006). A Simple Method of Measuring Beach Profiles. *Journal of Coastal Research*, 22(4), 995 – 999.
- Arcadis Nederland BV. (2014). PUBLIC CONSULTATION ON MARINE LITTER-AN ANALYSIS. Zwolle: European Commission.
- Autodesk. (2012). AutoCAD 2012 software program. San Rafael, California: Autodesk, Inc.
- Boak E. and Turner I. (2005). Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21(4), 688–703.
- Borge J., Gonzales R., Hessner K., Reichert K. and Soares C. (2000). Estimation of Sea State Directional Spectra by Using Marine Radar Imaging of Sea Surface. New Orleans, Louisiana, USA: Proceedings of ETCE/OMAE2000 Joint Conference.
- Boruff B. J., Emrich Ch. and Cutter S. L. (2005). Erosion Hazard Vulnerability of US Coastal Counties. *Journal of Coastal Research*, 21(5), pp. 932 – 942.
- Breton F. Gilbert C., Marti X. (2006). Report on the use of the ICZM indicators from the WG-ID, A contribution to the ICZM evaluation. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, <http://ec.europa.eu/ourcoast/download.cfm?fileID=808>.
- Bryan G. and Langston W. (1992). Bioavailability, Accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: a review. *Environmental Pollution*, 89–131.
- Buruaem L.M., Hortellani M.A., Sarkis J.E., Leticia V., Costa-Lotufo L.V., Abessa D.M.S. (2012). Contamination of port zone sediments by metals from Large Marine Ecosystems of Brazil. *Marine Polluting Bulletin*, 479–488.
- California Coastal Commission. (2013). PUBLIC RESOURCES CODE, DIVISION 20, CALIFORNIA COASTAL ACT. San Francisco: California Coastal Commission.
- California Department of Boating and Waterways and State Coastal Conservancy. (2002). California Beach Restoration Study. Sacramento, California: California Department of Boating and Waterways and State Coastal Conservancy.
- Carmo J.A.C., Reis C. S., and Freitas H. (2010). Working with Nature by Protecting Sand Dunes: Lessons Learned. *Journal of Coastal Research*, 26(6), 1068 – 1078.
- Channel Coastal Observatory. (2013). Channel Coastal Observatory,. Ανάκτηση 22-11-2013, από http://www.channelcoast.org/southeast/survey_techniques/land_based_topographic_surveys/?link=survey_techniques.html
- Chappell A., Viscarra Rossel RA, Loughran R. (2011). Spatial uncertainty of ¹³⁷Cs-derived net (1950s–1990) soil redistribution for Australia. *Journal of Geophysical Research*, 116, 15-22.
- Church J. A., and White N. J. (2006). A 20th century acceleration in global sea-level rise. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, 33, L01602, doi:10.1029/2005GL024826.
- Church J. A., and White N. J. (2011). Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. *Surveys in Geophysics*, 32(4-5), 585-602.
- CIA. (2013). The World Factbook. Ανάκτηση 10-9-2013, από <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/gr.html>
- Cohen J.E., Small C., Mellinger A., Gallup J. and Sachs J. (1997). Estimates of coastal populations. *Science*, 278 (5341): 1211-1212.
- Cornelia Dean. (2001). *Against the Tide* (1st edit.). New York: Columbia University Press.
- David Hothersall. (2003). *History of Psychology* (4th edit.). New York: McGraw-Hill.
- Dean R. G. (2002). *Beach Nourishment: Theory and Practice* (1st edit.). Singapore: World Scientific - Technology & Engineering.
- Defeo O., McLachlan, A., Schoeman, D.S., Schlacher, T.A., Dugan, J.; Jones, A.R., Lastra, M., and Scapini, F. (2009). Threats to sandy beach ecosystems: A review. *Est., Coast. and Shelf Sci.* 81(1): 1-12

- Dixon C. (2009). Re-engineering America's Beaches, 1 Tax Dollar at a Time. Ανάκτηση 13-01-2014, από <http://www.popularmechanics.com/science/environment/4217981>
- Doody P., Ferreira, M., Lombardo, S., Lucius, I., Misdorp, R., Niesing, H., Salman, A., Smallegange, M. (2004). Living with coastal erosion in Europe: sediment and space for sustainability: Results from the EUROSION study. Luxembourg: European Commission.
- EC. (2012). Overview of EU policies, legislation and initiatives related to marine litter - SWD(2012) 365 final. Brussels: European Commission.
- EC. (2013). IMPACT ASSESSMENT - PROPOSAL FOR A DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. Brussels: European Commission.
- EC. (2014). Environment: Commission takes Greece to court over failure to protect iconic species. Brussels: European Commission - IP/14/324.
- EEA, R. (2013). European bathing water quality in 2012. Copenhagen: European Environment Agency.
- Emery K. (1961). A Simple Method of Measuring Beach Profiles. Limnology & Oceanography, 6(1), 90-93.
- ESRI. (2011). ArcGIS Desktop: Release 10, software program. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- European Commission. (2009). Brussels: The economics of climate change adaptation in EU coastal areas, Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries.
- European Commission. (2013). Integrated Coastal Management . Ανάκτηση 28-06-2013, από <http://ec.europa.eu/environment/iczm/home.htm>
- eurostat. (2013). Sustainable development indicators. Ανάκτηση 22-10-2013, από <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/sdi/indicators>
- Ewing, L. (1998). Beach Nourishment in the 21st Century. California and the World Ocean '97, San Diego, ASCE 0-7844-0297-3, 1366-1373.
- Farangitakis G.-P., Anagnostou C., Drakopoulou P. and Kyriakidou H. (2013). MAPPING COASTLINES WITH THE USE OF SATELLITE IMAGES. APPLICATION: USE OF GOOGLE EARTH PICTURES. CASE STUDY: HERSONISOS (N. CRETE). Chania: Bulletin of the Geological Society of Greece, vol. XLVII.
- Foteinis S., Papadopoulos C., Koutsogiannaki I., Synolakis C. (2010). Coastal erosion and accretion rates in Greece. EGU General Assembly 2010, Vienna, 2-7 May 2010, p.7499.
- Foteinis S., Synolakis C., Kallithrakas-Kontos N. G. (2011). Occurrence of heavy metals on the coastal zone of the Cretan region of Chania, Greece. 16th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, Ioannina.
- Foteinis S., Kallithrakas-Kontos N. G., Synolakis C. (2012). Opportunistic Beach nourishment in Greece, a possible source of heavy metals in eroding beaches. 3rd International Conference on Industrial and Hazardous Waste Management, Chania, 12-14 September.
- Foteinis S., Kallithrakas-Kontos N. G., Synolakis C. (2013). Heavy Metal Distribution in Opportunistic Beach Nourishment: A Case Study in Greece. The Scientific World Journal 2013, 2013, Article ID 472149, 5 pages.
- Foteinis S., Mpizoura K., Panagopoulos G., Chatzisyneon E., Kallithrakas N., Manutsoglu E. (2014). A novel use of the caesium-137 technique to estimate human interference and historical water level in a Mediterranean Temporary Pond. Journal of environmental radioactivity, 127, 75-81.
- Foteinis and Synolakis. (2014, 1 1). Beach Erosion Threatens Minoan Beaches: A Case Study of Coastal Retreat in Crete. Shore and Beach, submitted.
- Fritz H.M. and Kalligeris N. (2007). Ancestral heritage saves tribes during 1 April 2007 Solomon Islands tsunami. Geophysical Research Letters, 35, L01607, doi:10.1029/2007GL031654.
- Galgani F., Ellerbrake K., Fries E. and Goreux C. (2011). Marine pollution: Let us not forget beach sand. Environmental Sciences Europe, 23(40), 23-40. doi:10.1186/2190-4715-23-40
- Google Inc. (2012). Google Earth, Version 7.0.2.8415 – Software, 2012. California: Google Inc., <http://www.google.com/earth/download/ge/agree.html>.
- Greene K. (2002). Beach Nourishment: A Review of the Biological and Physical Impacts, Atlantic States Marine Fisheries Commission.

Gref K. (2004). Coastal Retreat Rates of Southern Monterey Bay: Implications for Land Use. Monterey: California State University, Monterey Bay.

Harris L. (2009). Artificial Reefs for Ecosystem Restoration and Coastal erosion Protection with Aquaculture and Recreational Amenities. Reef Journal, 1(1), 235-246.

Herbich J. (2000). Handbook of Dredging Engineering. New York: McGraw-Hill Professional.

Hinkel, J., Nicholls, R.J., Tol, R.S.J., Wang, Z.B., Hamilton, J.B., Boot, G., Vafeidis, A.T., McFadden, Loraine, Ganopolski, A. and Klein, R.J.T. (2013) A global analysis of erosion of sandy beaches and sea-level rise: an application of DIVA. Global and Planetary Change, 111, 150-158. (oi:10.1016/j.gloplacha.2013.09.002.

HMGS. (2013). Hellenic Military Geographical Service, Greek Army. Ministry of National Defense, 4, Evelpidon Str., 11362 Athens, Greece.

Houston J.R. and Dean R.G. (2013). BEACH NOURISHMENT PROVIDES A LEGACY FOR FUTURE GENERATIONS. Shore & beach, 81(3).

Inman D. L. (2003). Littoral Cells. San Diego: Coastal Morphology Group, Scripps Institution of Oceanography. Available at: <http://escholarship.org/uc/item/61p812hc>

IPCC. (2007a). Global Climate Projections., IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 - The Physical Science Basis (σ. chapter 10). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press.

IPCC. (2007b). Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007 (σ. Chapter 5). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press.

Jago C. and Hardisty J. (1984). Sedimentology and Morphodynamics of A Macrotidal Beach, Pendine Sands, Sw Wales. Developments in Sedimentology, 39, 123-154.

Kallithrakas-Kontos N. and Maravelaki-Kalaitzaki A. (2004). EDXRF as an analytical tool in art: case studies from pigment identification and treatment assessment. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 262(3), 713-719, .

Kaste JM, Heimsath AM, Hohmann M. (2006). Quantifying sediment transport across an undisturbed prairie landscape using cesium - 137 and high resolution topography. Geomorphology, 76(3-4), 430-440.

Kauffmann J. A. (2002). Fortress Europe: European Fortifications of World War II. New York: Da Capo Press.

Kliucininkaite L. A. (2011). MODELLING DIFFERENT ARTIFICIAL REEFS IN THE COASTLINE OF PROBSTEI DIFFERENT POSITIONS AND SHAPES OF ARTIFICIAL REEF, ITS IMPACTS ON SEDIMENT TRANSPORT, AFFECTS ON MARINE FAUN. IMPACT ANALYSIS ON INCREASE OF DIVING RESOURCES,. Kiel: RADOST Journal Series, Report No. 5.

Knapp W. (2012). IMPACTS OF TERMINAL GROINS ON NORTH CAROLINA'S COASTS. North Carolina, United States: Duke University - http://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/5182/Knapp_Whitney_MP.pdf?sequence=1.

Koskoff S. (2007). Art Deco of the Palm Beaches. San Francisco: Arcadia Publishing.

Kraus N. C. (1996). History and Heritage of Coastal Engineering. Florida: American Society of Civil Engineers.

Le Monde diplomatique. (2008). Ο Άτλας της Οικολογίας (στα ελληνικά απο την εφημερίδα Ελευθεροτυπία).

Lee J.M., Park J.Y. and Choi J.Y (2013). Evaluation of Sub-aerial Topographic Surveying Techniques Using Total Station and RTK-GPS for applications in Macro-tidal Sand Beach Environment. Journal of Coastal Research. Special Issue. Proceedings 12th International Coastal Symposium, Plymouth,(65), 535-540.

Lees G. (1997). Coast Protection Act - Coastal erosion and defence. Inverness: Scottish Natural Heritage.

Leopold F. (1996). History of Coastal Engineering in Italy (History and Heritage of Coastal Engineering (pp 275-335) εκδ.). New York: American Society of Civil Engineers.

Magoon O.T., Edge B.L., Ewing L.C., Treadwell D.D., and Melander-Magoon K. (2001). The need for sustaining urban beaches and shorelines. Proceedings of the NSBPA 4th Annual Conference, Hoboken, New Jersey.

Maine Sea Grant (1999). Southern Maine Volunteer Beach Profile Monitoring Program, Ανάκτηση 22-11-2013, από <http://www.seagrant.umaine.edu/extension/beach-profile-monitoring/home>

Marnet A.T.E και Αντωνόπουλος Χ. Γ. (2001). Μελέτη Προστασίας ακτών αιγιαλείας από διάβρωση, Νομαρχιακή αυτοδιοίκηση Αχαΐας.

Mazarakis N., Kotroni V., Lagouvardos K. and Bertotti L. (2012). High-resolution wave model validation over the Greek maritime areas. *Natural Hazards Earth System Science*, 12, 1–8.

MEPPPW, Ministry of the Environment Physical Planning and Public Works. (2008). Coastal Management in Greece. Ministry of the Environment Physical Planning and Public Works, Athens, available at: <http://www.minenv.gr/1/11/113/11303/e1130301.html>.

Miros. (2013). Data Sheet - Wavex Wave monitoring system. Solbråveien 20, Asker, Norway: Miros, available at: http://www.miros.no/download/wavex/DB_127_v2_DataSheet_Wavex.pdf.

Morton R.A., Leach, M.P., Paine, J.G., and Cardoza, M.A. (1993). Monitoring beach changes using GPS surveying techniques. *Journal of Coastal Research*, 9(3), 702 - 720.

Museum of the International Center of Photography. (1941). Ανάκτηση από <http://museum.icp.org/museum/collections/special/weegee/>

NCBP, National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling (2011). Deep Water - The gulf oil disaster and the future of offshore drilling. WASHINGTON: Oil Spill Commission.

Nedia G., A. Chafai, S. M. Moncef, Y. Chokri, (2010). Spatial distribution of heavy metals in the coastal zone of “Sfax-Kerkennah” plateau, Tunisia. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 30(2), 221–233.

Ng K., Phillips M.R., Calado H., Borges P. and Veloso-Gomes F. (2013). Seeking harmony in coastal development for small islands: Exploring multifunctional artificial reefs for São Miguel Island, the Azores. *Applied Geography*, 44, 99-111.

NOAA. (2007). NOAA Marine Environmental Buoy Data . Ανάκτηση 10-9-2013, από http://www.nodc.noaa.gov/General/CDR-detdesc/ESM_Feb99.html

Nortek. (2013). AWAC Acoustic Wave And Current Profiler. Rud, Norway: Nortek, available at: <http://www.nortek-as.com/lib/brochures/datasheet-awac>

Nortek AS. (2013). Storm Ver. 1.14. Rud, Oslo: Nortek AS.

Okal E.A., Fritz H.M., Raad P.E., Synolakis C., Al-Shijbi Y. and Al-Saif M. (2006). Oman Field Survey after the December 2004 Indian Ocean Tsunami. *Earthquake Spectra*, 22(3), 203–S218.

Panayotidis P., Drakopoulou P. (2010). “Posidonia meadows as a priority habitat for the sustainable management of the Greek coastal environment”. *Proceedings of the 4th Mediterranean symposium on marine vegetation (Yasmine-Hammamet, Tunisia 2-4 December 2010)*, pp.90-94.

Ranasinghea, R. T. (2006). Shoreline response to multi-functional artificial surfing reefs: A numerical and physical modelling study. *Coastal Engineering*, 53(7), 589–611.

Ray G. C. (1991). Coastal-Zone Biodiversity Patterns. *BioScience*, 41(7), 490-498.

Reeve D., Chadwick A., Fleming C. (2004). *Coastal Engineering: Processes, theory and design practice*. New York: Spon Press.

Reichert K., Borge J. and Dittmer, J. (1998). WaMos II: An Operational Wave Monitoring System. Brighton, Uk: *Proceedings – Oceanology International 1998*.

Rekacewicz P. and Ahlenius H.A. (2006). *Global Environment Outlook 4 (GEO-4)*. Hertfordshire UK: UN Environment Programme (UNEP).

Rezaee Kh., Abdi M., Saion E., Naghavi K., and Shafaei M. (2011). Distribution of trace elements in the marine sediments along the South China Sea, Malaysia. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 287(3), 733-740.

Rice, J. (2003). Environmental health indicators. *Ocean & Coastal Management* 46, σσ. 235–259.

Ritchie J. and McHenry A. (1990). Application of radioactive fallout cesium-137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns: A review. *Journal of Environmental Quality*, 19(2), 215-233.

Roberts T.M. and Wang P. (2012). Four-year performance and associated controlling factors of several beach nourishment projects along three adjacent barrier islands, west-central Florida, USA. *Coastal Engineering*, 70, 21-39.

- Sassi, M. G., Hoitink A. J. F. Vermeulen B. (2012). Impact of sound attenuation by suspended sediment on ADCP backscatter calibrations, *Water Resour. Res.*, 48, W09520, doi:10.1029/2012WR012008.
- Schneider C. (1981). The Littoral Environment Observation (LEO) data collection program. Virginia: US Army Corps of Engineer.
- Scripps Institution of Oceanography, Coastal Morphology Group. (2013). Living with coastal Change. San Diego, California, available at: <http://coastalchange.ucsd.edu/index.html>.
- Siegel E., Torstein P. and Jardar M. (2006). Real-time Directional Wave Measurements. Rud, Norway: Nortek Technical Note TN-024.
- Smit F. M. (2007). Design and construction methodology of a novel Multifunction Artificial Reef for Dubai. Italy: Proceedings of the International Conference Coastal Structures, Italy.
- Smith E. and Wagner R.S. (1991). Littoral Environment Observation Program. *Journal of Coastal Research*, 7(3), 595-605.
- Smith M.D., Slott J.M., McNamara D. and Murray A.B. (2009). Beach nourishment as a dynamic capital accumulation problem. *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(1), 58-71.
- Srivastava P. S. (1963). A comparative study of wave forecasting techniques. *Journal of Applied Meteorology*, 3(2), 206-207.
- Stamski R. (2005). The Impacts of Coastal Protection Structures in California's Monterey Bay National Marine Sanctuary. Monterey: National Marine Sanctuaries Program.
- Synolakis C. and Okal E. (2005). 1992-2002: Perspective on a decade of post tsunami surveys. *Advances in Natural and Technological Hazards Research*, 23, 1-30.
- Synolakis C.E., Kalligeris N., Foteinis F. and Voukouvalas E. (2008). The plight of the beaches of Crete. Proceedings of the Solutions to Coastal Disasters Congress, pp. 495.
- The Metropolitan Museum of Art. (1983). 1000 Fifth Avenue, New York. Ανάκτηση 22-04-2013, από <http://www.metmuseum.org/Collections/search-the-collections/190015456>
- The world association for waterborne transport infrastructure. (2009). Dredge material as a resource, Option and constraints (Report no 104). PIANC, Brussels.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2002). Coastal Engineering Manual (6 volumes). Washington, D.C.: U.S. Army Corps of Engineers.
- UK Department for Environment, F. &. (2013). Sustainable development indicators (SDIs). Ανάκτηση 22-10-2013 από https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/223992/0_SDIs_final__2_.pdf
- United Nations. (2007). Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies, 3rd Edition. New York: Department of Economic and Social Affairs of the United Nations.
- United Nations System-Wide Earthwatch. (2013). "Oceans and Coastal Areas," Ανάκτηση 22-10-2013 από <http://www.un.org/earthwatch/oceans/coastalthreats.html>
- United States Department of Labor. (2013). Bureau of Labor Statistics. Ανάκτηση 4-9-2013 από http://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm
- VASILIKO CEMENT. (2013). Ανάκτηση 16-9-2013 από <http://vassiliko.com/gr/ouractivities/2013-02-24-16-25-32>
- Vitruvius. (2001). Ten Books on Architecture, edited by Ingrid D. Rowland and Thomas Noble Howe. Cambridge University Press.
- Museum of the International Center of Photography. Ανάκτηση 3-6-2013 από <http://museum.icp.org/museum/collections/special/weegee/>
- Western Carolina University. (2005). Coastal hazards. Ανάκτηση 9-1-2013 από <https://www.wcu.edu/coastalhazards/Libros/>
- Knapp W. (2012). IMPACTS OF TERMINALGROINS ON NORTH CAROLINA'S COASTS. North Carolina, United States: Duke University, Ανάκτηση 9-1-2013 από http://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/5182/Knapp_Whitney_MP.pdf?sequence=1.
- Wikipedia. (2013) Osborne Reef. Ανάκτηση 29-1-2013 από http://en.wikipedia.org/wiki/Osborne_Reef#cite_note-ih4

Wikipedia. (2014). Sun tanning. Ανάκτηση 5-1-2014 από http://en.wikipedia.org/wiki/Sun_tanning

Αλεξανδράκης, Γ. (2011). Υπολογισμός του δείκτη τρωτότητας των παραλιακών ζωνών της Ελλάδος με βάση ωκεανογραφικά και γεωλογικά στοιχεία. Αθήνα: Διδακτορική διατριβή, National and Kapodistrian University of Athens (UOA).

Αναστασάκης, Γ. (2003). Ωκεανογραφική Έρευνα παράκτιας ζώνης Μύρτου – Κρήτης. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Αριστοτελείο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης - Τμήμα Γεωλογίας. (2005). Ηλεκτρονική έκδοση βιβλίου ιζηματολογίας (<http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge647y/> εκδ.). Θεσσαλονίκης : Αριστοτελείο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Βίττης Ν. (2004). ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΖΩΝΩΝ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕΛΕΤΩΝ (Διπλωματική εργασία εκδ.). Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών.

Γενικής γραμματέας Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. (2010). Προστασία ακτής από διάβρωση μπροστά από αγροτεμάχιο ιδιοκτησίας Ιωάννη Πήτα με φορέα υλοποίησης τον Ι. Πήτα στη θέση Μισή Τούμπα στην ακτή Επανομής, περιοχή «Ντουράκι», στο Δήμο Επανομής Ν. Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη: Γενικής γραμματέας της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, Αριθ.Πρωτ : 14172, Ανάκτηση 15-7-2013 από <http://static.diavgeia.gov.gr/doc/4%CE%99%CE%99%CE%9E%CE%99%CE%910-%CE%A5>.

Δ/ση Τεχνικών Υπηρεσιών Χανίων. (2013). Ελλη Κρασσπούλου, ΠΕ Τοπογράφων Μηχανικών. Χανιά: Δ/ση Τεχνικών Υπηρεσιών.

ΕΑΑ, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. (2014). Meteo. Ανάκτηση 24-1-2014 από www.meteo.gr/meteorplus/waves_info.cfm

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (2007). ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ ΛΙΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

ΕΛΚΕΘΕ. (2014). Poseidon System. Ανάκτηση 24-1-2014 από <http://poseidon.hcmr.gr/>

Ελληνική στατιστική αρχή. (2013). Ανάκτηση 17-1-2014 από http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/BUCKET/A0802/PressReleases/A0802_SFA10_DT_AN_00_2012_01_F_GR.pdf

Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. (2009). ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ για την ολοκληρωμένη διαχείριση των παρακτιών ζωνών της Μεσογείου. Ανάκτηση 8-9-2013 από <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:034:0019:0028:EL:PDF>

ΕΦΚΠΜ, Εργαστήριο Φυσικών Καταστροφών & Παράκτιας Μηχανικής. (2011). Ερευνητικό Πρόγραμμα Περιφερειακής Ενότητας Λασιθίου - Αναγνωριστική Έκθεση Προστασίας Ακτών νομού Λασιθίου. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης.

Εσπερινός Ταχυδρόμος. (1923). Τα λιμενικά έργα. Χανιά, Τοπική Εφημερίδα Χανίων, Εθνικά αρχεία.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2008). Ένας οδικός χάρτης για τον θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό επίτευξη κοινών αρχών στην ΕΕ. Βρυξέλλες.

Ευρωπαϊκή-Επιτροπή. (2003). 2003/466/EK: Απόφαση της Επιτροπής, της 13ης Ιουνίου 2003, για τη θέσπιση κριτηρίων για τον καθορισμό ζωνών και την εντεταλμένη επιτήρηση μετά από υπόνοιες για την ύπαρξη ή επιβεβαίωση της ύπαρξης λοιμώδους αναιμίας του σολομού (ΛΑΣ). EURLex, L 156 Ανάκτηση 14-5-2012 από <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003D0466:EL:HTML, 0061 - 0073>.

Ι.Τ.Ε.Π. (2013). Εξελίζεις στον Τουρισμό και στα Βασικά Μεγέθη της Ελληνικής Ξενοδοχίας το 2012. Ινστιτούτο Τουριστικών Ερευνών και Προβλέψεων. Αθήνα.

Κουτούπα-Ρεγκάκου Ε. (2008). Δίκαιο του περιβάλλοντος (Γ' έκδοση επανυζημένη εκδ.). Εκδόσεις Σάκκουλα, Αθήνα.

Κωστάκης Γ. (2005). Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Βελτίωση Αλιευτικού Καταφυγίου Παλαικάστρου Παραλιακής Ζώνης Κουρεμένου, Παλαικάστρο, Λασιθί.

Λαϊνάς Ι. (2009). Αξιολόγηση ακρίβειας εντοπισμού της τεχνικής RTK με χρήση GNSS μονίμων σταθμών αναφοράς, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Μάνεσης Α. Ι. (1982). Συνταγματικά δικαιώματα : α' ατομικές ελευθερίες. Αφοι Π. Σάκκουλα Αθήνα.

- Ματσούκης Π.Φ. (2010α). Διερεύνηση Κυματικού, Ρευμάτων και Τεχνικών Έργων Ανάπλασης και Προστασίας, Ακτής Μιλάτου Νομού Λασιθίου Κρήτης, Εργαστήριο Παράκτιων και Παράκτιων Έργων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη.
- Ματσούκης Π.Φ. (2010β). Διερεύνηση Κυματικού, Ρευμάτων και Τεχνικών Έργων Ανάπλασης και Προστασίας, Ακτής Σισίου Νομού Λασιθίου Κρήτης, Εργαστήριο Παράκτιων και Παράκτιων Έργων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη.
- Μητράκος Θ. και Ακαντζιλιώτου Κ. (2012). Πρόσφατες εξελίξεις και προοπτικές της ελληνικής αγοράς ακινήτων και πρωτοβουλίες της Τράπεζας της Ελλάδος. Αθήνα: Τράπεζα της Ελλάδος.
- Μητρώο Υπηρεσιών και Φορέων της Ελληνικής Διοίκησης. (2011). Αρχείο υπερεσιακών ανακοινώσεων γενικής γραμματείας δημόσιας διοίκησης. Ανάκτηση 21-10-2013 από <http://www.gspa.gr/%283116188509582298%29/eCPortal.asp?id=4948&nt=19&lang=1&pID=235&p2ID=707&lang=1&ang=1>
- Μπίμπας Η. (2010). Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Μελέτη Προστασίας Λιμένος Ιεράπετρας, Ολοκλήρωση Αλιευτικού Καταφυγίου Γρα Αυγιάς, Επέκταση προσήνεμου μόλου. Θεσσαλονίκη
- N 3937 ΦΕΚ 60 Α'. (2011). Διατήρηση της Βιοποικιλότητας και άλλες διατάξεις. Αθήνα: Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ανάκτηση 15-9-2013 από <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=VZbL6W%2f0OL4%3d&tabid=506&language=el-GR>.
- Νικολόπουλος, Γ. (2010). Αυθαίρετα με φως και πισίνα τη... θάλασσα. Εφημερίδα Το Βήμα, Ανάκτηση 22-12-2013 από <http://www.tovima.gr/society/article/?aid=315948>.
- Νιφοράτος Σ. (2012). ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΧΩΡΩΝ:ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΣΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ. Αθήνα: ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ, Τμήμα Γεωγραφίας, πτυχιακή εργασία.
- Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λασιθίου. (2002). Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Αλιευτικό Καταφύγιο Μύρτου. Άγιος Νικόλαος: Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Λασιθίου.
- Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λασιθίου. (2010γ). Τεχνικές Μελέτες Έργων Αλιευτικού Καταφυγίου στα Φέρμα Δήμου Ιεράπετρας, Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων Έργου. Λασιθί: Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Λασιθίου.
- Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λασιθίου, 2. (2010α). Τεχνικές Μελέτες Έργων Αλιευτικού Καταφυγίου στην Ελούντα Δήμου Αγίου Νικολάου, Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων Έργου. Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Λασιθίου, Άγιος Νικόλαος.
- Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λασιθίου, 2. (2010β). Τεχνικές Μελέτες Έργων Αλιευτικού Καταφυγίου στο Δημοτικό Διαμέρισμα Σκινιά Δήμου Αγίου Νικολάου, Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων Έργου. Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Λασιθίου, Άγιος Νικόλαος.
- Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λασιθίου. (2010δ). Τεχνικές Μελέτες Έργων Αλιευτικού Καταφυγίου στον Θόλο Δήμου Ιεράπετρας, Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων Έργου. Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Λασιθίου, Άγιος Νικόλαος.
- Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή (2001). Πρόταση σύστασης του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την εφαρμογή στην Ευρώπη της ολοκληρωμένης διαχείρισης των παράκτιων ζωνών. Βρυξέλλες: Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή, ΕΕ C 155 της 29.5.2001, σ. 17 έως 21.
- Π.Α.Ε. Πλατανιάς. (2012). Π.Α.Ε. Πλατανιάς Χανίων. Ανάκτηση 18-9-2013 από http://www.fcplatanias.gr/?page_id=227
- Παπαδημητρίου Γ. (2002). Το άρθρο 24 του Συντάγματος μετά την αναθεώρησή του. Αθήνα: Εκδόσεις Σάκκουλα.
- Παπαδόπουλος Κ. (2009). Συγκριτική αξιολόγηση της παράκτιας διάβρωσης στις περιοχές βόρειου Αμβρακικού κόλπου, Δέλτα Αχελώου, Δέλτα Νέστου, Κως, Λήμνος, αλυκές Κίτρου Πιερίας / Παπαδόπουλος Κωνσταντίνος. Χανιά: Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Παυλάκης Π. (2013). Ευγενική χορηγία του ηλεκτρονικού υλικού. Παύλος Παυλάκης, Χανιά.
- Πετρέλης, Ν. (2012). «ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ» ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ. Αθήνα: ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ - ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.
- Ρογκάν και συνεργάτες α.ε., Τρίτων σύμβουλοι μηχανικοί Ε.Π.Ε. και Δημοπούλου Φ.Κ. (2009). Υποστήριξη μελέτης διερεύνησης ακτομηχανικής και χωροταξικής συμπεριφοράς νοτίων παραλιών νομού Ηρακλείου για την

διαπίστωση προβλημάτων προσάμμιωσης λιμενικών έργων και διάβρωσης ακτών. Οργανισμός Λιμένα Ηρακλείου Α.Ε., Αθήνα.

Ρόκος Δ. (1998). Η Διεπιστημονικότητα στην Ολοκληρωμένη Προσέγγιση και Ανάλυση της Ενότητας της Φυσικής και της Κοινωνικοοικονομικής Πραγματικότητας. Φιλοσοφία, Επιστήμες και Πολιτική (σσ. 403-437). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τομέας Φιλοσοφίας : Τυπωθήτω-Γ.Δαρδανός.

Ρομπογιαννάκης Β. (2002). Μελέτη Προέγκρισης Χωροθέτησης, Τεχνική/Περιβαλλοντικής Έκθεση, Λιμένας Σκαφών Αναψυχής Όρμου Φανερωμένης. Ικτίνος Τεχνική και Τουριστική Α.Ε. Ηράκλειο.

Σαχίνोगλου Ι. (2010). Ακτομηχανική Μελέτη, Λιμενικά έργα, αποτυπώσεις και περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην παραλία Μακρύ Γιαλού, Επεμβάσεις – Συμπληρωματικά έργα Λιμένος Μακρύ Γιαλού. Αθήνα.

Σαχίνोगλου Ι., Κοκκορή Θ. και Συμβουλίδου Ε. (2010). Μελέτη Σκοπιμότητας Προσδιορισμού Θέσης και Σύνταξη Φακέλου Μελέτης Μαρίνας και νέου Λιμένος Ιεράπετρας, . Αθήνα

Σπυριδάκης Ε. (2000). Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Μικρό Λιμενικό Έργο του Οικισμού Μόχλος. Αναπτυξιακή Λασιθίου, Άγιος Νικόλαος.

Σταματίου Ε. (2003). Εξελίξεις της νομοθεσίας για τον αιγιαλό και την παραλία - Οικιστική ανάπτυξη - Προβλέψεις , παραβλέψεις και επιπτώσεις στον παράκτιο χώρο. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας , Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος.

Σταματίου Κ. (2006). ΤΟ ΝΟΜΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΤΗΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ. Περιοδικό Νόμος + Φύση, Αθήνα. Ανάκτηση 18-12-2013 από <http://www.nomosphysis.org.gr/articles.php?artid=2385&lang=1&catid=1>.

Σύνταγμα της Ελλάδας. (2008). Βουλή των Ελλήνων Αθήνα.

Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ. (2009). Ηλεκτρονική έκδοση βιβλίου ιζηματολογίας. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.

Τράπεζας της Ελλάδος. (2012). Έρευνα Συνόρων. Αθήνα.

Φράγκου Μ. και Τζανακάκης Κ. (2008). Ακτομηχανική Μελέτη, Μελέτη Αλιευτικού Καταφυγίου Καλού Χωριού. Αθήνα: Φράγκου Μ. και Τζανακάκης Π.

Φωτεινής Σ., Συνολάκης Κ. και Αναγνώστου Χ. (2012). Οδηγός Αξιολόγησης παράκτιας κυψέλης - παραλίας. 10ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, 7-11 Μαΐου, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα.

Φωτεινής Σ. (2009). Η διάβρωση των ακτογραμμών της Κρήτης, μεταπτυχιακή διατριβή. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά.

Χανιώτικα Νέα. (2008). Απειλή αφανισμού για τις ακτές στον Ν. Χανίων. Χανιώτικα Νέα, 25-3-2008 σ. 4.

Επίλογος

Στο πλαίσιο της εν λόγω διατριβής πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω δημοσιεύσεις:

Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά με κριτές και citation index

1. **S. Foteinis**, K. Mpizoura, G. Panagopoulos, E. Chatzisyneon, N.G. Kallithrakas-Kontos, E. Manutsoglu, A novel use of the caesium-137 technique to estimate human interference and historical water level in a Mediterranean Temporary Pond. Journal of Environmental Radioactivity, 127, (2014), 75-81
2. **S. Foteinis**, N.G. Kallithrakas-Kontos, C. Synolakis, Opportunistic Heavy Metal Distribution in Opportunistic Beach Nourishment: A Case Study in Greece, The Scientific World Journal, Volume 2013 (2013), Article ID 472149, 5 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/472149>
3. **S. Foteinis, et al.**, Beach Erosion Threatens Minoan Beaches. A Case Study of Coastal Retreat and Community Resilience in Greece, **Shore and beach, submitted**
4. **S. Foteinis, et al.**, Mapping eroding beaches in Greece, **under preparation**

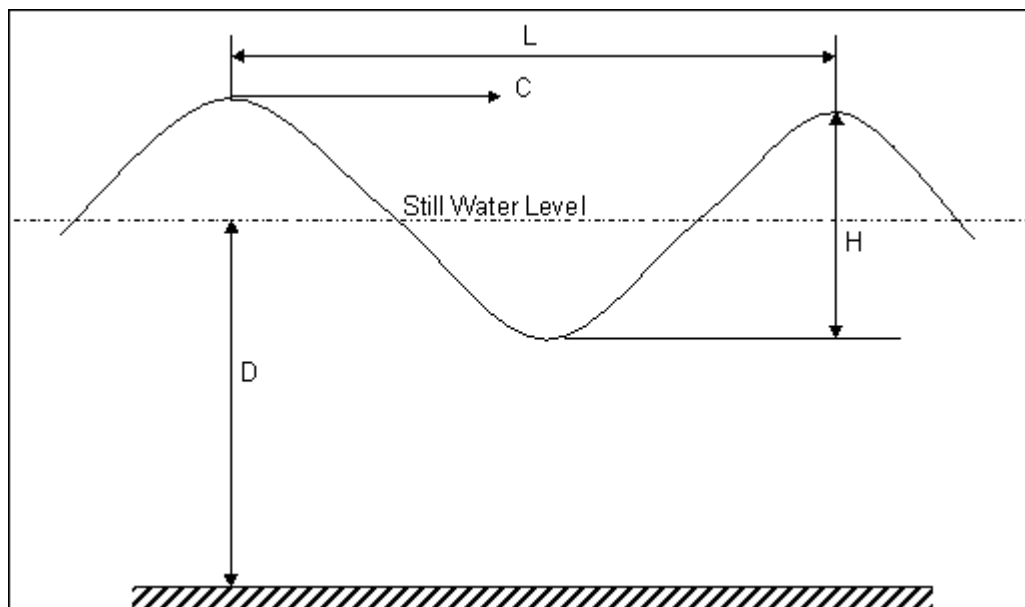
Δημοσιεύσεις σε πρακτικά επιστημονικών συνεδρίων

1. **S. Foteinis**, C. Papadopoulos, I. Koutsogiannaki, C. Synolakis, Coastal erosion and accretion rates in Greece, EGU General Assembly 2010, 2-7 May, 2010, Vienna, Austria
2. **S. Foteinis**, C. Synolakis, N. G. Kallithrakas-Kontos, Occurrence of heavy metals on the coastal zone of the Cretan region of Chania, Greece, 16th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, 24-27 September, 2011 Ioannina, Greece
3. **S. Foteinis**, C. Synolakis, C. Anagnostou, Coastal cell and beach health guide, 10th Hellenic Symposium on Oceanography & Fisheries, 7-11 May, 2012, Athens, Greece
4. **S. Foteinis**, N. G. Kallithrakas-Kontos, C. Synolakis, Opportunistic Beach nourishment in Greece, a possible source of heavy metals in eroding beaches, 3rd International Conference on Industrial and Hazardous Waste Management, 12-14 September, 2012, Chania, Greece
5. **S. Foteinis**, V. Skanavis, N. Maravelakis, N. Kalligeris, G. Sartzetakis, E. Voukouvalas, I. Koutsongiannaki, C. Synolakis, Anthropogenic erosion in Aghios Nikolaos, Greece, EGU General Assembly 2013, 7-12 April, 2013, Vienna, Austria

Οδηγός Παρατήρησης Παράκτιου Περιβάλλοντος

Α. Μεθοδολογία συλλογής δεδομένων

Τα δεδομένα τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για οποιαδήποτε ωκεανογραφική και ακτομηχανική μελέτη είναι το ύψος κύματος, το μήκος και η περίοδος του.



Διάγραμμα 1 : Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός κύματος το οποίο διαδίδεται σε βάθος D m. Το μήκος κύματος (L) το οποίο ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ή κοίλων, το ύψος (H) το οποίο ορίζεται ως η κάθετη απόσταση μεταξύ κορυφής και γειτονικής κοίλης και η περίοδος (T), η οποία ορίζεται ως το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών. Η ταχύτητα κύματος C , προκύπτει αν διαιρέσουμε το μήκος με την περίοδο του κύματος ($C=L/T$). (Tidal Hydrology, Hydraulics, and Scour at Bridges, 2011)

Ως ύψος κύματος ορίζεται η κάθετη απόσταση μεταξύ της κορυφής και της κοιλίας του κύματος.

Ως μήκος κύματος ορίζεται η οριζόντια απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων της ίδιας φάσης και συνήθως μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ή δύο διαδοχικών κοιλιών.

Ως περίοδο κύματος ορίζεται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών και συμβολίζεται συνήθως με το γράμμα τ ή T . Είναι ο χρόνος που απαιτείται για να επιστρέψει ένα κύμα στο σημείο που βρισκόταν.



Απεικόνιση των χαρακτηριστικών των κυμάτων.

3.1 Μέτρηση Κυματικής Περιόδου

α. Το πρώτο βήμα για την μέτρηση της περιόδου μιας σειράς κυμάτων είναι η επιλογή ενός σημείου στην ζώνη θραύσης. Το σημείο αυτό θα παραμένει σταθερό κατα την διάρκεια των μετρήσεων.

β. Μετράται ο χρόνος που χρειάζεται για να περάσουν από το σημείο επιλογής 11 κορυφές κυμάτων. Ο χρόνος ξεκινάει μόλις περάσει η πρώτη κορυφή και τελειώνει μόλις περάσει και η ενδέκατη. Καταγράφεται ο χρόνος.

γ. Εάν δεν υπάρχουν κύματα, καταγράφεται "0", το οποίο αντιπροσωπεύει συνθήκες ηρεμίας.



Παράδειγμα επιλογής σταθερού σημείου για την μέτρηση της κυματικής περιόδου.

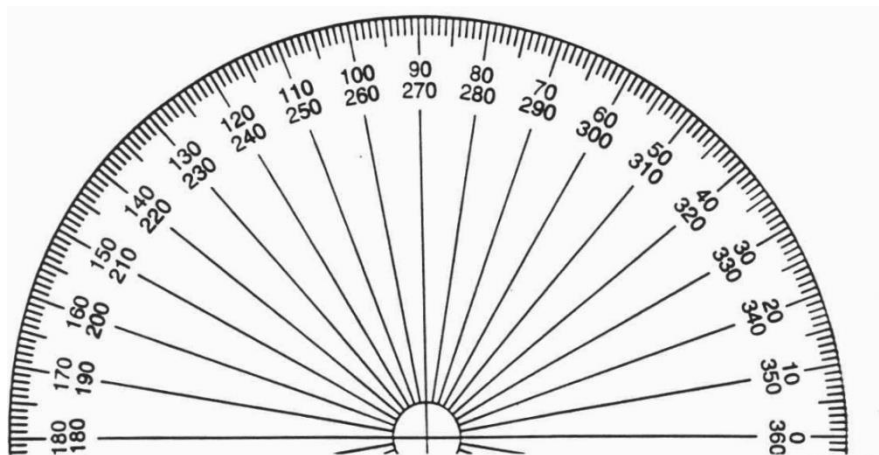
3.2 Ύψος Θραύσης

α. Οπτική εκτίμηση του ύψους του θραυόμενου κύματος.

β. Εάν δεν είναι δυνατό να υπολογιστεί το ύψος θραύσης (είναι πάρα πολύ μεγάλο / πολύ μακριά από ακτή), σημειώνεται στην ενότητα «παρατηρήσεις».

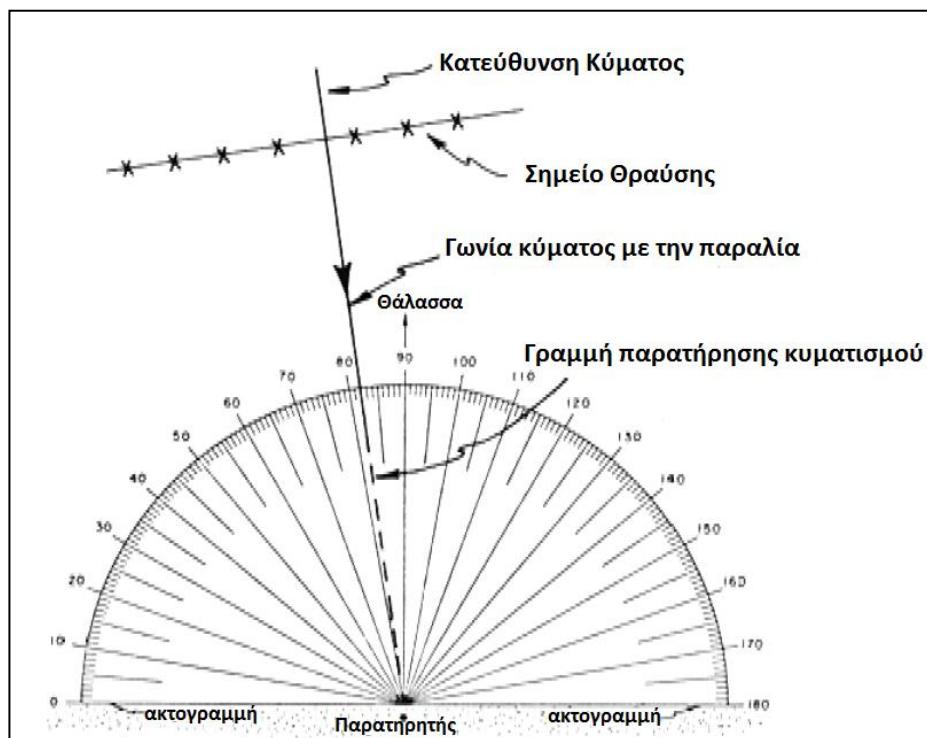
3.3 Γωνία Κύματος

α. Ο παρατηρητής προσεγγίζει την ακτογραμμή κατά το δυνατόν περισσότερο και προσανατολίζει το παρακάτω μοιρογνωμόνιο **παράλληλα** με την ακτογραμμή. Στην συνέχεια σημειώνεται η κατεύθυνση των κυματισμών πάνω στο μοιρογνωμόνιο.



Μοιρογνωμόνιο για την μέτρηση της γωνίας του κύματος, όταν ο παρατηρητής βρίσκεται στην ακτή.

β. Εάν ο παρατηρητής βρίσκεται πάνω σε αποβάθρα ή σε ακρωτήριο τότε το παρακάτω μοιρογνωμόνιο προσανατολίζεται **κάθετα** στην ακτογραμμή. Στην συνέχεια σημειώνεται η κατεύθυνση των κυματισμών πάνω στο μοιρογνωμόνιο.



Μέτρηση της γωνίας του κύματος αν ο παρατηρητής βρίσκεται σε αποβάθρα ή ακρωτήριο.

3.4 Τύποι Κυμάτων

Κύματα διασκόρπισης (spilling breakers)

Δημιουργούνται συνήθως από κοντινές καταιγίδες (wind waves) και συναντώνται σε παραλίες μικρής κλίσης ($< 3^\circ$). Χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι η σταδιακή ανύψωση του κύματος μέχρι κορυφή του να σταθεροποιηθεί, η οποία ξεπερνά σε ταχύτητα το κυρίως σώμα καλύπτοντας προοδευτικά το μέτωπο του κύματος.



Wave breaking, spilling type.

Κύματα διασκόρπισης (Geological Oceanography Program, 2005).

Κύματα κατάδυσης (plunging breakers)

Χαρακτηρίζονται από τοξοειδή κυρτή πίσω πλευρά και κοίλο μέτωπο, όπου η κορυφή στρέφεται προς τα εμπρός και κάτω, με αποτέλεσμα να θραύεται απότομα και να απελευθερώνει το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας. Συνήθως δημιουργούνται από μακρινές καταιγίδες (sea waves) και συναντώνται σε ακτές σχετικά μικρής κλίσης ($3^{\circ} - 7^{\circ}$).



Wave breaking, plunging type.

Κύματα κατάδυσης (Geological Oceanography Program, 2005).

Κύματα διόγκωσης (surging breakers)

Είναι κύματα με ήπια χαρακτηριστικά και μικρή κλίση τα οποία δεν έχουν πηγή γέννησης την ευρύτερη περιοχή (sea waves). Συνήθως παρατηρούνται σε ακτές με μεγάλη κλίση πυθμένα ($>15^\circ$).



Κύματα διόγκωσης (Geological Oceanography Program, 2005).

3.5 Ταχύτητα ανέμου

Ο παρατηρητής πρέπει να κρατήσει ανεμόμετρο λίγο πάνω από το ύψος της κεφαλής και αργά να το περιστρέψει προς την κατεύθυνση του μέγιστου ανέμου. Στη συνέχεια καταγράφεται η ένταση.

3.6 Διεύθυνση ανέμου

Χρησιμοποιώντας μια πυξίδα, σημειώνεται η κατεύθυνση από την οποία έρχεται η μέγιστη ταχύτητα ανέμου.

3.7 Κλίση αιγιαλού

α. Ο παρατηρητής πρέπει να βρίσκεται στο βρεγμένο τμήμα της παραλίας

β. Στη συνέχεια πρέπει να τοποθετήσει μια σκληρή, λεία επιφάνεια με κατεύθυνση προς την ενδοχώρα.

γ. Ακολούθως τοποθετείται προσεκτικά ένα αλφάδι και σημειώνεται η γωνία.

3.8 Πλάτος της ζώνης θραύσης

Ο παρατηρητής εκτιμά οπτικά την απόσταση του πρώτου κύματος που θραύεται έως και ακτογραμμή.

3.9 Ρεύματα παράλληλα στην ακτογραμμή

α. Επιλέγεται μία φυτική και φιλική προς το περιβάλλον χρωστική ουσία

- i. Ρίπτεται η χρωστική ουσία στη ζώνη θραύσης, μεταξύ της ακτογραμμής και του πρώτου σημείου θραύσης. Αν είναι δυνατόν, αμέσως μετά το πρώτο σημείο θραύσης.
- ii. Ο παρατηρητής υπολογίζει την απόσταση από την ακτογραμμή μέχρι το σημείο ρίψης της χρωστικής ουσίας.

β. Ταχύτητα ρευμάτων

- i. Ο παρατηρητής σημειώνει μια γραμμή (με το πόδι ή άλλο τρόπο) στο σημείο ρίψης της χρωστικής ουσίας και αρχίζει να χρονομετρεί την κίνηση της χρωστικής ουσίας για να προσδιοριστεί η ταχύτητα των ρευμάτων.
- ii. Στη συνέχεια παρακολουθείται το κέντρο κίνησης της χρωστικής ουσίας για 1 λεπτό.
- iii. Περιπατώντας παράλληλα με την ακτογραμμή μετράται (με βήματα) η απόσταση που διάνυσε η χρωστική ουσία σε 1 λεπτό.

γ. Κατεύθυνση Ρευμάτων

- i. Με θέα τη θάλασσα, αν η χρωστική ουσία κινείται προς τα δεξιά, καταγράφεται η ένδειξη «+1», αν η χρωστική ουσία κινείται προς τα αριστερά, καταγράφεται η ένδειξη "-1".
- ii. Εάν δεν υπάρχει κίνηση ή αν η χρωστική ουσία κινείται κάθετα, καταγράφεται η ένδειξη "0".
- iii. Αν η χρωστική ουσία κινείται προς τη θάλασσα, σημειώνεται αυτό στις παρατηρήσεις.

3.10 Ρεύματα κάθετα στην ακτογραμμή

Εάν παρατηρηθούν ρεύματα κάθετα στην ακτογραμμή, μετράται η απόσταση (με βήματα) μεταξύ των ρευμάτων.

3.11 Ακμές (ίχνη) κυμάτων στην παραλία

Αν βρεθούν ακμές (ίχνη) κυμάτων στην παραλία, μετράται την απόσταση (με βήματα) μεταξύ τους.

3.12 Υποθαλάσσιος αναβαθμός

Ο υποθαλάσσιος αναβαθμός δημιουργείται φυσικά κατά την χειμερινή περίοδο, οπότε και η κυματική ενέργεια είναι αυξημένη. Η κύρια λειτουργία του είναι η θραύση των κυματισμών μέσω της απότομης μείωσης της βαθυμετρίας στο σημείο αυτό. Καταγράφεται η απόσταση του κυματισμού από την ακτογραμμή και αν είναι δυνατόν μετράται το πλάτος του και το βάθος του νερού στην κορυφή του.

3.13 Κρίσιμο βάθος

Το κρίσιμο βάθος αποτελεί ένα πολύ σημαντικό παράγοντα για την παράκτια μηχανική. Ένας τρόπος μέτρησης του είναι μέσω οπτικής παρατήρησης. Συγκεκριμένα, εάν είναι δυνατόν πραγματοποιείται επιτόπια παρατήρηση του πυθμένα. Το σημείο στο οποίο παύουν οι ρυτιδώσεις και ξεκινάει η βιο-αναμόχλευσή (οπές από θαλάσσιους οργανισμούς) του πυθμένα μπορεί να θεωρηθεί ως κρίσιμο βάθος.

Πίνακας 1: Το ερωτηματολόγιο του οδηγού Παρατήρησης Παράκτιου Περιβάλλοντος μεταφρασμένο και προσαρμοσμένο στα ελληνικά δεδομένα (Smith and Wagner, 1991).

| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---------------------------|--|----------------------------|--|------------------------------|--|--------------------------------------|--|--|--|
| ΝΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΟΥΝ ΟΛΑ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕ ΠΡΟΣΟΧΗ ΚΑΙ ΕΥΑΝΑΓΝΩΣΤΑ | | | | | | | | | | | | | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ ΘΕΣΗΣ 1 2 3 4 5 □ □ □ □ □ | | | | | ΕΤΟΣ 6 7 □ □ | | ΜΗΝΑΣ 8 9 □ □ | | ΗΜΕΡΑ 10 11 □ □ | | ΩΡΑ 12 13 14 15 □ □ □ □ | | | |
| <div> <div> ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ Καταγράφεται ο χρόνος σε δ/λ, που χρειάζονται έντεκα (11) κυματικές κορυφές για να περάσουν από ένα σταθερό σημείο. Αν επικρατεί ηρεμία σημειώνεται 0. </div> <div> 16 17 18 □ □ □ </div> </div> <div> <div> ΥΨΟΣ ΘΡΑΥΣΗΣ Καταγράφεται η βέλτιστη εκτίμηση του μέσου κυματικού ύψους θραύσης με προσέγγιση δέκατου. </div> <div> 19 20 21 □ □ □ </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | |
| <div> <div> ΓΩΝΙΑ ΚΥΜΑΤΟΣ Καταγράφεται η κατεύθυνση των κυματισμών σε μοίρες. Αν επικρατεί ηρεμία καταγράφεται 0. </div> <div> 22 23 24 □ □ □ </div> </div> <div> <div> ΤΥΠΟΙ ΚΥΜΑΤΩΝ 0-Ηρεμία 3-Διόγκωσης 1-Διασκόρπισης 4-Διασκόρπισης/Κατάδυσης 2-Κατάδυσης </div> <div> 25 □ </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | |
| <div> <div> ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ Καταγράφεται η ταχύτητα του ανέμου στο πλησιέστερο km/h. </div> <div> 26 27 □ □ </div> </div> <div> <div> ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ Κατεύθυνση από την οποία πνέει ο άνεμος 1-B 3-A 5-N 7-Δ 0-Ηρεμία 2-BA 4-NA 6-ND 8-BΔ </div> <div> 28 □ </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | |
| <div> <div> ΚΛΙΣΗ ΑΙΓΙΑΛΟΥ Καταγράφεται η κλίση του αιγιαλού σε μοίρες. </div> <div> 29 30 □ □ </div> </div> <div> <div> ΠΛΑΤΟΣ ΖΩΝΗΣ ΘΡΑΥΣΗΣ Καταγράφεται σε βήματα η απόσταση από το πρώτο θραυόμενο κύμα μέχρι την ακτογραμμή. Ηρεμία 0. </div> <div> 31 32 33 34 □ □ □ □ </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | |
| <div> <div> ΡΕΥΜΑΤΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ Μετράται με βήματα η απόσταση που διένυσε η χρωστική σε διάστημα 1 λεπτού. Αν δεν υπάρχει μετακίνηση καταγράφεται 0. </div> <div> 43 44 45 □ □ □ </div> </div> <div> <div> ΧΡΩΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ Υπολογίζεται η απόσταση από την ακτογραμμή μέχρι το σημείο ρίψης της χρωστικής ουσίας. </div> <div> 36 37 38 □ □ □ </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | |
| <div> <div> ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΕΥΜΑΤΩΝ Μετράται με βήματα η απόσταση που διένυσε η χρωστική σε διάστημα 1 λεπτού. Αν δεν υπάρχει μετακίνηση καταγράφεται 0. </div> <div> 43 44 45 □ □ □ </div> </div> <div> <div> ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΡΕΥΜΑΤΩΝ 0 Απουσία κίνησης +1 Κίνηση της χρωστικής δεξιά -1 Κίνηση της χρωστικής αριστερά </div> <div> 46 47 □ □ </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | |
| <div> <div> ΡΕΥΜΑΤΑ ΚΑΘΕΤΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ Αν υπάρχουν κάθετα ρεύματα στην ακτογραμμή, μετράται η απόσταση με βήματα μεταξύ των ρευμάτων. </div> <div> 49 50 51 52 □ □ □ □ </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | |
| <div> <div> ΑΚΜΕΣ (ΙΧΝΗ) ΚΥΜΑΤΩΝ Αν βρεθούν ακμές (ίχνη) κυμάτων στην παραλία μετράται η απόσταση με βήματα μεταξύ τους. </div> <div> 53 54 55 □ □ □ </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | |
| ΝΑ ΣΥΜΠΛΗΡΩΘΟΥΝ <div> <div>ΟΝΟΜΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ</div> <div>ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ</div> </div> <p>Να ελεγχθεί η πληρότητα της φόρμας</p> <p>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Επιπλέον παρατηρήσεις, υπολογισμοί ή σχέδια να γίνουν στην πίσω όψη της σελίδας.</p> | | | | | | | | | | | | | | |

Παράρτημα II - Μελέτες που αξιολογήθηκαν

| α/α | Πηγή | Περιοχή | Σκοπός | Πρωτογενή δεδομένα | Μετρήσεις | Μελέτη υδάτινων οδών/λεκανών απορροής | Μοντελοποίηση | Λύσεις |
|-----|--|----------------------------|---------------------------------|---|-------------------------|---------------------------------------|--|--|
| 1 | (Ρογκάν et al., 2009) | Νότιο Ηράκλειο | Λιμενικά έργα, διάβρωση | ΌΧΙ – μόνο ανεμολογικά | ΟΧΙ | ΟΧΙ | Μαθηματικό μοντέλο SMB | βαριές κατασκευές -κυματοθραύστες |
| 2 | (Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2007) | Νότιο Ηράκλειο | κατασκευή διαμ/κού λιμένα | ΟΧΙ | ΟΧΙ | ΟΧΙ | ΟΧΙ | βαριές κατασκευές -κυματοθραύστες |
| 3 | (Marnet A.T.E και Αντωνόπουλος, 2001) | Αχαΐα | Διάβρωση παραλιών | ΌΧΙ – μόνο ανεμολογικά | βαθυμετρία , τοπογραφία | ΟΧΙ | Μαθηματικό μοντέλο JONSEY ,OUTRAY και BEACHPLAN | βαριές κατασκευές –κυματοθραύστες ήπιες κατασκευές εμπλουτισμός παραλίας |
| 4 | (Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λασιθίου 2. , Τεχνικές Μελέτες Έργων Αλιευτικού Καταφυγίου στην Ελούντα Δήμου Αγίου Νικολάου, Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων Έργου, 2010α) | Ελούντα, Άγιος Νικόλαος | Κατασκευή Αλιευτικού καταφυγίου | ΌΧΙ – μόνο ανεμολογικά | ΟΧΙ | ΟΧΙ | ΟΧΙ | Καμία αναφορά σε παράκτια διάβρωση |
| 5 | (Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λασιθίου 2. , Τεχνικές Μελέτες Έργων Αλιευτικού Καταφυγίου στο Δημοτικό Διαμέρισμα Σκινιά Δήμου Αγίου Νικολάου, Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων Έργου, 2010β) | Σκινιάς, Άγιος Νικόλαος | Κατασκευή Αλιευτικού καταφυγίου | ΌΧΙ – μόνο ανεμολογικά | ΟΧΙ | ΟΧΙ | ΟΧΙ | Καμία αναφορά σε παράκτια διάβρωση |
| 6 | (Φράγκου και Τζανακάκης, 2008) | Καλό Χωρίο, Άγιος Νικόλαος | Κατασκευή Αλιευτικού καταφυγίου | Κύματα/ρεύματα αποσπασματικά– χρησιμοποιήθηκαν μόνο ανεμολογικά | βαθυμετρία | ΟΧΙ | αριθμητικό μοντέλο SMB, ρεύματα με τη μέθοδο Longuet-Higgins | Εκτίμηση για μικρής έκτασης διάβρωση στην όμορη παραλία |
| 7 | (Ματσούκης Π-Φ., Διερεύνηση Κυματικού, Ρευμάτων και Τεχνικών Έργων Ανάπλασης και | Μίλατος, Άγιος | Αντιμετώπιση διάβρωσης | ΌΧΙ – μόνο ανεμολογικά | βαθυμετρία | ΟΧΙ | αριθμητικό μοντέλο SMB, υπολογιστικό W-REFRACTION,W | βαριές κατασκευές –ίσαλος κυματοθραύστης |

| | | | | | | | | |
|----|--|----------------------------|---|--------------------------------------|------------|-----|--|---|
| | Προστασίας, Ακτής Μιλάτου Νομού Λασιθίου Κρήτης,, 2010α) | Νικόλαος | | | | | - PROPAGATION, W-CURRENTS | |
| 8 | (Ματσούκης Π-Φ., Διερεύνηση Κυματικού, Ρευμάτων και Τεχνικών Έργων Ανάπλασης και Προστασίας, Ακτής Σισίου Νομού Λασιθίου Κρήτης, Εργαστήριο Παράκτιων και Παράκτιων Έργων, , 2010β) | Σίσι, Άγιος Νικόλαος | Αντιμετώπισ η διάβρωσης | ΟΧΙ – μόνο ανεμολογικά | βαθυμετρία | ΟΧΙ | αριθμητικό μοντέλο SMB, υπολογιστικό W- REFRACTION,W - PROPAGATION, W-CURRENTS | βαρίες κατασκευές –ίσαλος κυματοθραύστης |
| 9 | (Σαχίνογλου et al., 2010) | Ιεράπετρα | Μαρίνα και νέος λιμένας Ιεράπετρας | ΟΧΙ | ΟΧΙ | ΟΧΙ | ΟΧΙ | Καμία αναφορά σε παράκτια διάβρωση |
| 10 | (Μπίμπας, 2010) | Γρα Λυγία, Ιεράπετρα | Έργα βελτίωσης αλιευτικού καταφυγίου | ΟΧΙ – μόνο ανεμολογικά | βαθυμετρία | ΟΧΙ | αριθμητικό μοντέλο JONSWAP | Εκτίμηση για μικρής έκτασης διάβρωση στην όμμορη παραλία |
| 11 | (Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λασιθίου, Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Αλιευτικό Καταφύγιο Μύρτου, 2002) | Μύρτος, Ιεράπετρα | Κατασκευή Αλιευτικού καταφυγίου | Ταχύτητα ρευμάτων– ανεμολογικά | βαθυμετρία | ΟΧΙ | αριθμητικό μοντέλο SMB | Καμία επιρροή στην όμμορη παραλία |
| 12 | (Αναστασάκης, 2003) | Μύρτος, Ιεράπετρα | Κατασκευή Αλιευτικού καταφυγίου | Ταχύτητα ρευμάτων– ανεμολογικά | βαθυμετρία | ΟΧΙ | αριθμητικό μοντέλο SMB | Καμία επιρροή στην όμμορη παραλία |
| 13 | (Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λασιθίου, Τεχνικές Μελέτες Έργων Αλιευτικού Καταφυγίου στα Φέρμα Δήμου Ιεράπετρας, Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων Έργου, 2010γ) | Φέρμα Ιεράπετρα | Έργα βελτίωση λιμενίσκου | ΟΧΙ – μόνο ανεμολογικά | βαθυμετρία | ΟΧΙ | αριθμητικό μοντέλο SMB | Καμία επιρροή στην όμμορη παραλία |
| 14 | (Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λασιθίου, Τεχνικές Μελέτες Έργων Αλιευτικού Καταφυγίου στον Θόλο Δήμου Ιεράπετρας, Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων Έργου, 2010δ) | Θόλος, Ιεράπετρα | Κατασκευή Αλιευτικού καταφυγίου | ΟΧΙ – μόνο ανεμολογικά | ΟΧΙ | ΟΧΙ | αριθμητικό μοντέλο SMB | Καμία επιρροή στην όμμορη παραλία |

| | | | | | | | | |
|----|------------------------------|--------------------------------|---|---------------------------|------------|-----|---------------------------------------|---|
| 15 | (Σαχίνογλου Ι., 2010) | Μακρύς Γιαλός, Ιεράπετρα | Έργα βελτίωσης αλιευτικού καταφυγίου | ΌΧΙ – μόνο ανεμολογικά | ΌΧΙ | ΌΧΙ | αριθμητικό μοντέλο SMB και CERC | Πρόσχωση με χρήση της εξίσωσης Pelnard-Considere (1956)! |
| 16 | (Κωστάκης Γ., 2005) | Κουρεμένο ς, Σητεία | Επέκταση του αλιευτικού καταφυγίου | ΌΧΙ – μόνο ανεμολογικά | βαθυμετρία | ΌΧΙ | αριθμητικό μοντέλο SMB | Καμία επιρροή στην όμορη παράλια |
| 17 | (Σπυριδάκης Ε., 2000) | Μόχλος, Σητεία | Κατασκευή λιμένα | ΌΧΙ – μόνο ανεμολογικά | βαθυμετρία | ΌΧΙ | αριθμητικό μοντέλο SMB | Καμία επιρροή στην όμορη παράλια |
| 18 | (Ρομπογιαννάκης Β., 2002) | Φανερωμέν η, Σητεία | Κατασκευή λιμένα | ΌΧΙ – μόνο ανεμολογικά | βαθυμετρία | ΌΧΙ | αριθμητικό μοντέλο SMB | Καμία επιρροή |
| | | | | | | | | |

Παράρτημα ΙΙΙ – Κριτική νομοθεσίας/νομολογίας για την παράκτια ζώνη

1. Σύνταγμα

Το άρθρο 24, όπως αυτό αναθεωρήθηκε το 2001, αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο για την προστασία του περιβάλλοντος και συνεπώς και για την περιβαλλοντική προστασία μιας παραλίας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η παράγραφος 1, η οποία προστέθηκε από την αναθεωρητική βουλή του 2001, και συγκεκριμένα το παρακάτω κομμάτι:

Η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του Κράτους και δικαίωμα του καθενός. Για τη διαφύλαξή του το Κράτος έχει υποχρέωση να παίρνει ιδιαίτερα προληπτικά ή κατασταλτικά μέτρα στο πλαίσιο της αρχής της αειφορίας.

Συνεπώς, από το γεγονός ότι το οικοσύστημα μιας παραλία αποτελεί μεμονωμένο ή μέρος του ευρύτερου φυσικού περιβάλλοντος, πηγάζει και η συνταγματική επιταγή για την προστασία του. Επιπροσθέτως, σε περιοχές όπου υπάρχει και ανθρωπογενής παρουσία και επεμβάσεις αυτής στο φυσικό περιβάλλον, οι οποίες το έχουν διαμορφώσει και έχουν προσδώσει ιδιαίτερο χαρακτήρα σε αυτό, εκτός από την συνταγματική επιταγή για προστασία του φυσικού περιβάλλοντος υπάρχει και επιταγή για την προστασία του υπάρχοντος πολιτιστικού περιβάλλοντος. Τέλος, η προστασία και διαφύλαξη του αιγιαλού και της παραλίας επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της κρατικής υποχρέωσης να παίρνει ιδιαίτερα προληπτικά ή κατασταλτικά μέτρα στο πλαίσιο της αρχής της αειφορίας. Πρέπει να σημειωθεί πως η ιδιωτική πρωτοβουλία συνήθως περιορίζεται από το γεγονός ότι η πολυπλοκότητα του οικοσυστήματος μιας παραλίας είναι υψηλή και ενδέχεται να υπάρχουν διαφορετικά αντικρουόμενα συμφέροντα που δραστηριοποιούνται σε αυτή (π.χ. οικονομικά, περιβαλλοντικά κλπ). Συνεπώς, το Κράτος είναι υπεύθυνο για την αποτροπή ενεργειών που δύναται να επηρεάσουν αρνητικά το οικοσύστημα μιας παραλίας (προληπτικά μέτρα) καθώς επίσης και για την βελτίωση, διαφύλαξη και διαιώνιση της υγιούς κατάστασης μιας παραλίας, λαμβάνοντας κατασταλτικά μέτρα όπου κρίνεται αναγκαίο.

Επίσης η παράγραφος 2 παρουσιάζει ενδιαφέρον επειδή, στην προκειμένη περίπτωση, σχετίζεται ανθρωπογενείς δραστηριότητες πάνω και ανάντη από το ενεργό πλάτος μιας παραλίας.

Η χωροταξική αναδιάρθρωση της Χώρας, η διαμόρφωση, η ανάπτυξη, η πολεοδομηση και η επέκταση των πόλεων και των οικιστικών γενικά περιοχών υπάγεται στη ρυθμιστική αρμοδιότητα και τον έλεγχο του Κράτους, με σκοπό να εξυπηρετείται η λειτουργικότητα και η ανάπτυξη των οικισμών και να εξασφαλίζονται οι καλύτεροι δυνατοί όροι διαβίωσης. Οι σχετικές τεχνικές επιλογές και σταθμίσεις γίνονται κατά τους κανόνες της επιστήμης. Η σύνταξη εθνικού κτηματολογίου συνιστά υποχρέωση του Κράτους.

Οι παράκτιοι οικισμοί, αλλά και τα οποιαδήποτε παράκτια έργα (δρόμοι, λιμάνια) και έργα προστασίας που έχουν κατασκευαστεί θα πρέπει να εξυπηρετούν την λειτουργικότητα και ανάπτυξη των οικισμών και να εξασφαλίζουν τους καλύτερους δυνατούς όρους διαβίωσης. Η προβληματική που υπάρχει είναι ότι αφενός η ανάπτυξη που μέχρι στιγμής έχει υπάρξει, στις πλύστες των περιπτώσεων, εξυπηρετεί πρόσκαιρα συμφέροντα και έχει γίνει χωρίς στάθμιση και συνυπολογισμό όλων των παραγόντων που συνθέτουν τους καλύτερους όρους διαβίωσης. Τέτοια παραδείγματα (Synolakis et al 2008) αποτελούν τα εκατοντάδες λιμενικά καταφύγια που έχουν κατασκευαστεί σε όλη την Ελλάδα, χωρίς πολλές φορές τις απαραίτητες μελέτες (ακτομηχανική, περιβαλλοντική κλπ) και τα οποία έχουν ικανοποιήσει, σε ένα βαθμό, μια πρόσκαιρη ανάγκη λειτουργικότητας και ανάπτυξης των τοπικών οικισμών, αλλά σε βάθος χρόνου έχουν υποβαθμίσει σημαντικά την ποιότητα ζωής και τους όρους διαβίωσης. Ο λόγος είναι ότι τα συγκεκριμένα λιμενικά καταφύγια κατασκευάστηκαν χωρίς να ληφθεί υπόψη η ύπαρξη προσκείμενων ή παρακείμενων παραλίων και των φυσικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα σε αυτές, με αποτέλεσμα την διακοπή στερεομεταφοράς. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι περισσότερες από αυτές τις κατασκευές είναι πλέον μη λειτουργικές, αφού το κόστος συνεχής βυθοκόρησης είναι υψηλό ενώ το ίζημα που αυτές εγκλωβίζουν δεν φτάνει στην παραλία, με αποτέλεσμα την έντονη διάβρωση της και τελικά την εξαφάνισή της. Συνεπώς, στην συγκεκριμένη περιοχή έχουν μειωθεί σημαντικά ή και εξαλειφτεί η δυνατότητες τέρψης που προσέφερε η παραλία, με σημαντικό οικονομικό αντίκτυπο για όλη την περιοχή και σημαντική υποβάθμιση των δυνατών όρων διαβίωσης. Εκτός από τα λιμενικά καταφύγια υπάρχουν και άλλες πολλές ανθρώπινες παρεμβάσεις οι οποίες αντί να εξασφαλίσουν τους καλύτερους δυνατούς όρους διαβίωσης, ουσιαστικά τους υποβάθμισαν, όπως παράκτιοι δρόμοι, αμμοληψίες από παραλίες και ανάντη ποταμούς, βαριές κατασκευές που χρησιμοποιούνται για την οχύρωση της παραλίας κλπ (Synolakis et al 2008).

Τέλος, μια ακόμη σημαντική προβληματική που εισάγει η εν λόγω παράγραφος είναι η φράση πως οι σχετικές τεχνικές επιλογές και σταθμίσεις γίνονται κατά τους κανόνες της επιστήμης. Το πρόβλημα είναι ότι μέχρι στιγμής, η Ελλάδα δεν έχει «εισάγει» ή εφαρμόσει νέες μεθόδους προστασίας που χρησιμοποιούνται στο εξωτερικό για την προστασία των παραλιών και χρησιμοποιεί, ακόμη και σήμερα, στις περισσότερες περιπτώσεις, «απαρχαιωμένες» μεθόδους προστασίας. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην Ελλάδα, είναι οι βαριές κατασκευές, δηλαδή «βίαιες» ανθρώπινες παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον όπως πρόβολοι και κυματοθραύστες, οι οποίοι επεμβαίνουν δραστικά στις φυσικές διεργασίες μια παραλίας και τις αλλοιώνουν σημαντικά. Οι μέθοδοι αυτοί χρησιμοποιούνται ως πυροσβεστικές λύσεις σε περιπτώσεις διάβρωσης, ενώ δεν έχουν την δυνατότητα επαναφοράς της παραλίας σε πρότερη μορφή της και συνεπώς την βελτίωσή της, αλλά την

σταθεροποίηση της ήδη επιβαρυνμένης υπάρχουσας κατάστασης. Επίσης σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι συνήθως αλλοιώνουν το φυσικό τοπίο μιας παραλίας. Εν αντίθεση στο εξωτερικό, οι λύσεις που ήδη από την δεκαετία του 1980 είναι οι «ελαφριές» λύσεις, οι οποίες δεν επεμβαίνουν στις φυσικές διεργασίες μιας παραλίας, αλλά τις μιμούνται και τις βελτιώνουν. Τέτοιες λύσεις είναι η αναπλήρωση ακτογραμμής, οι τεχνητές αμμοθίνες, οι τεχνητοί ύφαλοι κλπ.

Τέλος η παράγραφος 6, η οποία έχει σχέση με το τοπίο, έχει άμεση συνάφεια με την προστασία μιας παραλίας. Παραλίες σε παράκτιους παραδοσιακούς οικισμούς, έχουν έναν επιπρόσθετο λόγο προστασίας και διατήρησης, καθώς αποτελούν στοιχείο του υπάρχοντος τοπίου. Άρα, οι οποιοσδήποτε νέες επεμβάσεις και κατασκευές στην παραλία, καθώς και η χρήση «βαριών» κατασκευών για την οχύρωση της παραλίας πρέπει να αποφεύγονται, καθώς ενέχουν σημαντικό κίνδυνο αλλοίωσης του υπάρχοντος τοπίου.

Τα μνημεία, οι παραδοσιακές περιοχές και τα παραδοσιακά στοιχεία προστατεύονται από το Κράτος. Νόμος θα ορίσει τα αναγκαία για την πραγματοποίηση της προστασίας αυτής περιοριστικά μέτρα της ιδιοκτησίας, καθώς και τον τρόπο και το είδος της αποζημίωσης των ιδιοκτητών.

1.1 Επάλληλες κανονιστικές ζώνες του περιβαλλοντικού συντάγματος

Οι βασικότερες επάλληλες κανονιστικές ζώνες (Κουτούπα), οι οποίες έχουν συνάφεια προς την περιβαλλοντική προστασία μιας παραλίας είναι οι παρακάτω:

A. Βασικές διατάξεις - Άρθρο 2 παρ 1

Ο σεβασμός και η προστασία της αξίας του ανθρώπου αποτελούν την πρωταρχική υποχρέωση της Πολιτείας.

Είναι εμφανές ότι ένα υγιές φυσικό περιβάλλον προστατεύει και δίνει επιπλέον αξία στην ποιότητα ζωής ενός ανθρώπου. Συνεπώς, η περιβαλλοντική προστασία μιας παραλίας και η διατήρηση ενός υγιούς προφίλ, το οποίο θα έχει μεγάλο πλάτος παραλίας και δεν θα είναι διαβρωμένο, προσφέρει δυνατότητες τέρψης, αθλητικών δραστηριοτήτων αλλά και οικονομικών ευκαιριών γεγονός το οποίο από μόνο του αποδίδει αξία στους κατοίκους και επισκέπτες της παραλίας.

B. Ατομικά και κοινωνικά δικαιώματα

Άρθρο 5 παρ 1 (συμπληρώθηκε από την αναθεωρητική βουλή του 2001)

Καθένας έχει δικαίωμα στην πληροφόρηση, όπως νόμος ορίζει. Περιορισμοί στο δικαίωμα αυτό είναι δυνατόν να επιβληθούν με νόμο μόνο εφόσον είναι απολύτως αναγκαίοι και δικαιολογούνται για λόγους εθνικής ασφάλειας, καταπολέμησης του εγκλήματος ή προστασίας δικαιωμάτων και συμφερόντων τρίτων.

Συνεπώς, κάθε μελέτη που σχετίζεται με την παράκτια ζώνη και τις παραλίες θα πρέπει να είναι διαθέσιμη στο κοινό. Η εμπειρία του συγγραφέα βεβαίως είναι διαφορετική, καθώς αφενός λόγω αλληλοεπικάλυψης αρμοδιοτήτων είναι δύσκολο να εντοπιστούν σε ποια υπηρεσία βρίσκονται οι μελέτες (δημοτικό λιμενικό ταμείο ή δημόσιο, οργανισμούς διαχείρισης λιμένων, περιφέρειες, δήμους κ.α.). Αφετέρου, δημόσιοι λειτουργεί δεν είναι διαθέσιμοι να παραχωρήσουν τις μελέτες ως οφείλουν, και σε προσωπικές ρητές αιτήσεις του συγγραφέα έχουν αρνηθεί να παραχωρήσουν μελέτες με την αιτιολογία ότι αποτελούν πνευματική ιδιοκτησία του μελετητή.

Άρθρο 25 παρ 1 (συμπληρώθηκε από την αναθεωρητική βουλή του 2001) και 4

1. Τα δικαιώματα του ανθρώπου ως ατόμου και ως μέλους του κοινωνικού συνόλου και η αρχή του κοινωνικού κράτους δικαίου τελούν υπό την εγγύηση του Κράτους. Όλα τα κρατικά όργανα υποχρεούνται να διασφαλίζουν την ανεμπόδιστη και αποτελεσματική άσκησή τους. Τα δικαιώματα αυτά ισχύουν και στις σχέσεις μεταξύ ιδιωτών στις οποίες προσιδιάζουν. Οι κάθε είδους περιορισμοί που μπορούν κατά το Σύνταγμα να επιβληθούν στα δικαιώματα αυτά πρέπει να προβλέπονται είτε απευθείας από το Σύνταγμα είτε από το νόμο, εφόσον υπάρχει επιφύλαξη υπέρ αυτού και να σέβονται την αρχή της αναλογικότητας.

Όπως έχει πολλάκις τονιστεί, μια υγιείς παραλία προσδίδει αξία στην ανθρώπινη ζωή και αποτελεί κοινωνικό αγαθό, η χρήση του οποίου είναι δικαίωμα του κάθε ανθρώπου. Συνεπώς, η προστασία των παραλιών διασφαλίζεται από το ίδιο το σύνταγμα, πράγμα το οποίο με την έως τώρα εμπειρία του συγγραφέα δεν εφαρμόζεται στην πράξη απολύτως από τα κρατικά όργανα.

4. Το Κράτος δικαιούται να αξιώνει από όλους τους πολίτες την εκπλήρωση του χρέους της κοινωνικής και εθνικής αλληλεγγύης.

Συνεπώς, εκτός από το κράτος είναι και όλοι οι πολίτες υπεύθυνοι για την διατήρηση και διαφύλαξη του κοινωνικού αγαθού που συνιστά μια παραλία.

Άρθρο 17 παρ 1 και 2 (συμπληρώθηκε από την αναθεωρητική βουλή του 2001)

1. Η ιδιοκτησία τελεί υπό την προστασία του Κράτους, τα δικαιώματα όμως που απορρέουν από αυτή δεν μπορούν να ασκούνται σε βάρος του γενικού συμφέροντος.

Στην Ελλάδα, σε αντίθεση με άλλες χώρες του εξωτερικού, δεν έχει εφαρμοστεί ακόμα πλήρως το γράμμα του νομοθέτη. Παράκτιες ιδιοκτησίες πολλές φορές χρησιμοποιούνται με τρόπο ο οποίος είναι εις βάρος του γενικού συμφέροντος. Παράδειγμα αποτελεί η μειωμένη ή και ανύπαρκτη προσβασιμότητα σε πολλές παραλίες εξαιτίας παράκτιων ιδιοκτησιών, οι οποίες εμποδίζουν είτε την παράλληλη προσβασιμότητα σε μια παραλία λόγω έλλειψης χώρου στάθμευσης, είτε την κάθετη προσβασιμότητα σε αυτή λόγω ανυπαρξίας δρόμου.

2. Κανένας δεν στερείται την ιδιοκτησία του, παρά μόνο για δημόσια ωφέλεια που έχει αποδειχθεί με τον προσήκοντα τρόπο, όταν και όπως ο νόμος ορίζει, και πάντοτε αφού προηγηθεί πλήρης αποζημίωση, που να ανταποκρίνεται στην αξία την οποία είχε το απαλλοτριούμενο κατά το χρόνο της συζήτησης στο δικαστήριο για τον προσωρινό προσδιορισμό της αποζημίωσης.

Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πρακτική που εφαρμόζεται στο εξωτερικό και ονομάζεται παθητική διάβρωση (passive erosion). Ένα, παράκτιες ιδιοκτησίες θέτουν σε κίνδυνο ή κινδυνεύουν και η ίδιες λόγω διάβρωσης, τότε αυτές οι ιδιοκτησίες εγκαταλείπονται και αφήνονται να διαβρωθούν φυσικά και να παρέχουν των απαραίτητο χώρο και ίζημα στην παραλία για την βελτίωση της κατάστασης της.

Άρθρο 106 παρ 2

2. Η ιδιωτική οικονομική πρωτοβουλία δεν επιτρέπεται να αναπτύσσεται σε βάρος της ελευθερίας και της ανθρώπινης αξιοπρέπειας ή προς βλάβη της εθνικής οικονομίας.

Και πάλι τίθεται θέμα ελεύθερης πρόσβασης σε παραλίες

Άρθρο 21 παρ 3

3. Το Κράτος μεριμνά για την υγεία των πολιτών και παίρνει ειδικά μέτρα για την προστασία της νεότητας, του γήρατος, της αναπηρίας και για την περίθαλψη των απόρων.

Η καταλληλότητα χρήσης των υδάτων μιας παραλίας αλλά και του ιζήματος της πρέπει να ελέγχεται σε τακτά διαστήματα από κρατικούς φορείς.

Άρθρο 18 παρ 2

2. Με νόμο ρυθμίζονται τα σχετικά με την ιδιοκτησία, την εκμετάλλευση και διαχείριση των λιμνοθαλασσών και των μεγάλων λιμνών, καθώς και τα σχετικά με τη διάθεση γενικά των εκτάσεων που προκύπτουν από αποξήρανσή τους.

3. Νομοθεσία

Το νεοσύστατο ελληνικό κράτος εισήγαγε νομοθεσία για τη χερσαία παράκτια ζώνη, η οποία προερχόταν από το βυζάντιο, η οποία με τη σειρά της πηγάζει από την Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία. Το Βυζαντινορωμαϊκό δίκαιο χαρακτήριζε την παράκτια χερσαία ζώνη «in Usu Publico» δηλαδή χαρακτηριστεί ως πράγμα που εξυπηρετεί την κοινή χρήση [ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΑΙΓΙΑΛΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΟΥ Ν. 2971/2001 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΝΟΜΟΣΧΕΔΙΟΥ Βιλελμίνη Στεφανάκη Επιβλέπων καθηγητής : κ. Μιχάλης Σκούρτος], το οποίο ισχύει ακόμα και σήμερα. Επίσημα το εθνικό Βυζαντινορωμαϊκό που

ισχύει στο νεοσύστατο ελληνικό κράτος υιοθετήθηκε επίσημα στις 21.6.1837 με το άρθρο 15 του νόμου «Περί διακρίσεως κτημάτων» , στο οποίο γίνεται και η πρώτη νομική διατύπωση του αιγιαλού, ο οποίος βέβαια αποτελεί ένα μικρό κομμάτι της παράκτια ζώνης. Πιο συγκεκριμένα το άρθρο 15 αναφέρει:

«Αι οδοί και αγυιαί, αι διατηρούμεναι μ' έξοδα του δημοσίου Ταμείου, οι δυνάμενοι να κατασθώσι πλευστοί ποταμοί με τας όχθας των, οι αιγιαλοί, οι λιμένες, οι όρμοι και εν γένει όλα τα μέρη της επικρατείας όσα δεν δύνανται να γενώσιν ιδιοκτησία ιδιωτική, θεωρούνται ως κτήματα δημόσια. Όχθαι και αιγιαλοί είναι η περιστοιχούσα την θάλασσαν ή τους ποταμούς γη, καθ'όσον μέρος βρέχεται από τας μεγίστας, πλην συνήθεις αναβάσεις των υδάτων αλλ' όχι και από τας εκτάκτους πλημμύρας.»

[ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΑΙΓΙΑΛΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΟΥ Ν. 2971/2001 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΝΟΜΟΣΧΕΔΙΟΥ Βιλελμίνη Στεφανάκη Επιβλέπων καθηγητής : κ. Μιχάλης Σκούρτος]

Συνεπώς, ήδη με τον νόμο «Περί διακρίσεως κτημάτων» του 1837, εισάγονται δύο σημαντικοί ορισμοί που σχετίζονται με την νομοθεσία του αιγιαλού (ακόμα δεν έχει εισαχτεί η έννοια της ζώνης παραλίας). Αφενός, καθορίζεται τι νοείται αιγιαλός, ο οποίος ορίζεται ως η γη (στεριά) που περιστοιχίζεται από τη θάλασσα και η οποία βρέχεται από τις μέγιστες, πλην συνήθεις αναβάσεις των υδάτων (κυμάτων) αλλά όχι από τις έκτακτες πλημμύρες (ισχυρές κυματικές καταγίδες). Πρέπει να σημειωθεί πως ο ορισμός αυτός ισχύει ακόμα και σήμερα, ενώ ο προσδιορισμός του δεν στηρίζεται σε επιστημονικά στοιχεία (π.χ. σημαντικό ύψος κύματος, κλίση παραλίας κλπ) καθώς τέτοια δεν υφίσταται ακόμα στην Ελλάδα. Αφετέρου, αφαιρεί την δυνατότητα ιδιωτικής κτήσης του αιγιαλού, καθώς αυτός θεωρείται «δημόσιο κτήμα» (αποτελεί μέρος της Επικράτειας) και συνεπώς η ανάγκη διατήρησης και προστασίας του, πρέπει να πραγματοποιείται με έξοδα του δημοσίου Ταμείου.

Βέβαια σε αυτόν τον ορισμό δεν υπάρχει καμία αναφορά για τα (οικο)συστήματα των παραλίων ή ακόμα και για την ζώνη παραλίας (ο νομοθέτης την όρισε το 2001 και μπορεί να εκτείνεται έως και 50 μέτρα πίσω από τον αιγιαλό προς την ενδοχώρα), τις χρήσεις και τις επεμβάσεις που επιτρέπονται σε αυτή. Το καινοτόμο στοιχείο είναι πως πραγματοποιείται μια πρώτη εισαγωγή της έννοιας του αιγιαλού, ο οποίος είναι ουσιαστικά η περιοχή στην οποία το χειμérico κύμα θα επηρέαζε άμεσα τις ανθρώπινες κατασκευές, συνεπώς αυτή η γνώση χρησιμοποιήθηκε για την αποτροπή «άσκοπων» επεμβάσεων σε αυτόν. Εφόσον, την εποχή εκείνη δεν υπήρχαν συστηματικές μετρήσεις κυμάτων (όμως ούτε ακόμα και σήμερα...), ώστε να μπορεί να προσδιοριστούν οι μέγιστες συνήθεις αναβάσεις των υδάτων (κυμάτων) ο καθορισμός του αιγιαλού γινόταν με τρόπο αυθαίρετο. Επίσης, η ζώνη παραλίας η οποία βρίσκεται κατάντη του αιγιαλού προς την ενδοχώρα, δεν αποτελούσε δημόσιο κτήμα και

συνεπώς δεν αποκλείονταν η έννοια της ιδιοκτησίας. Η μη προστασία τουλάχιστον της ζώνης της παραλίας, είχε ως αποτέλεσμα την μη βιώσιμη ανάπτυξη των οικοσυστημάτων των παραλιών καθώς πάνω στην ζώνη παραλίας επιτρεπόταν οι κατασκευές, η αμμοληψία και άλλες χρήσεις όπως παραδείγματος χάρη η καλλιέργεια. Η μη ολοκληρωμένη προστασία της ζώνης της παραλίας συνεχίζεται ακόμα και σήμερα και ενδεικτικά παρουσιάζεται το παράδειγμα της παραλίας μακρυγιάλη, της οποίας η ζώνη παραλίας ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται για καλλιέργεια από κηπουτικών. Συνεπώς, αντί να διατηρηθούν και να προστατευτούν τα ευαίσθητα οικοσυστήματα των αμμοθινών που στις πλύστες των περιπτώσεων βρισκόταν στην ζώνη της παραλίας, αυτά καταστράφηκαν οδηγούταν μοιραία στην μείωση της υγείας πολλών παραλιών αλλά ακόμα και στην εξαφάνιση άλλων.

Στην συνέχεια το 1926 γίνεται έμμεση αναφορά στον αιγιαλό με το άρθρο 4, παράγραφος α του προεδρικού διατάγματος 18/03/1926 «περί αυθαιρέτων κατασκευών» το οποίο αναφέρει

«Επί πάσης φύσεως παραπηγμάτων, περιπτέρων και οιονδήποτε παρεμφερών κατασκευασμάτων (π.χ. υπόστεγων, ανεγειρομένων ή ανεγερθέντων επί οδών και πλατειών των πόλεων ή άλλων κοινοχρήστων αυτών χώρων (αλσών κ.λ.π.) εξαιρέσει των περιπτέρων αναπήρων πολέμου των εγκαθιστάμενων βάσει νομίμου αδείας και ανταποκρινομένων εις τους όρους της αδείας ταύτης)».

Στο άρθρο αυτό δεν γίνεται άμεση αναφορά στον αιγιαλό, γίνεται όμως έμμεση καθώς αυτός αποτελεί «δημόσιο κτήμα», δηλαδή κοινόχρηστο χώρο και συνεπώς αυτομάτως οι οποιοιδήποτε κατασκευές σε αυτόν κρίνονται αυθαίρετες. Βεβαίως από την φύση του αιγιαλού η κατασκευή μόνιμων κτισμάτων σε αυτόν αποτελούσε εκείνη την εποχή δύσκολο εγχείρημα καθώς τα χειμέρια κύματα θα επιφέρουν σημαντικές βλάβες σε αυτό, το άρθρο αυτό βρίσκει κυρίως εφαρμογή σε ελαφριές μετακινούμενες κατασκευές. Ας σημειωθεί ότι το Συμβούλιο της Επικρατείας το 1937 με την απόφασης 491 επικύρωσε ότι το άρθρο αυτό έχει άμεση εφαρμογή και στον αιγιαλό.

Το 1938 με τον αναγκαστικό νόμο 1219 εισάγεται νομοθεσία που αφορά τις αμμοληψίες γενικά, η οποίες πραγματοποιούνται πλέον με την καταβολή αντιτίμου από χώρους στους οποίους επιτρέπεται η αμμοληψία. Συγκεκριμένα, το άρθρο 1 παράγραφος 2 αναφέρει ότι:

«Η εξόρυξη και λήψη άμμου, αμμοχώματος λίθων, χαλίκων, αμμοκροκκάλης και άλλων συναφών υλικών επιτρέπεται μόνο με τους όρους και τις προϋποθέσεις αυτού του νόμου και με καταβολής τιμήματος που καθορίζεται από αυτόν που έχει το δικαίωμα της εκμετάλλευσης των χώρων αμμοληψίας»

Οι χώροι όμως που επιτρέπεται η αμμοληψία δεν ορίζονται ρητώς από τον νομοθέτη, παρά μόνο αναφέρονται ρητά πως απαγορεύεται η αμμοληψία από «αρχαιολογικούς χώρους και παραλίες περιοχές τουριστικής σημασίας». Εκείνη την εποχή η παράκτια ζώνη και οι παραλίες που αυτές φιλοξενούσε δεν θεωρούνταν σημαντικός πόρος και ως εκ τούτου ελάχιστες παραλίες θεωρούνταν ότι είχαν υψηλή τουριστική σημασία. Με τον τρόπο αυτός οι παρθένες παραλίες δεν προστατευτική παρά αντιθέτως χρησιμοποιήθηκαν ως χώροι αμμοληψίας με αποτέλεσμα να διαβρωθούν σε μεγάλο βαθμό ή ακόμα και να εξαφανιστούν όπως συνέβη στην περίπτωση της παραλίας Καλύβες του νομού Χανίων (Synolakis et al, 2008). Συγκεκριμένα το άρθρο 2 παράγραφος 1 αναφέρει ότι:

«Δια κοινής αποφάσεως των Υπουργών Οικονομικών, Συγκοινωνίας και Κρατικής Πρόνοιας και Αντιλήψεως, του Υπουργού Διοικητικού Πρωτεύουσας και του Υφυπουργού Τύπου και Τουρισμού, δημοσιευομένης δια της Εφημερίδος της Κυβερνήσεως, **ορίζονται εν γενικές κατηγορίες οι χώροι (αρχαιολογικοί χώροι, παραλίες περιοχές τουριστικής σημασίας κ.λ.π.), η εκ των οποίων εξόρυξις και αμμοκροκκάλυξις (σαβούρας) κ.λ.π. απαγορεύεται δια λόγους υγείας, τουριστικούς, προστασίας τεχνικών έργων η παρακειμένων κτημάτων και εν γένει δημοσίου συμφέροντος, δια της αυτής δι' αποφάσεως καθορίζονται επίσης οι εκ των αυτών ως άνω λόγων επιβαλλόμενοι όροι, οι οποίοι δέον να τηρούνται κατά την εξόρυξη και λήψη άμμου, αμμοχώματος κ.λ.π. εκ μη απαγορευμένων θέσεων.** Η ως άνω απόφασις δύναται να τροποποιείται εκάστοτε δι' όμοιας μεταγενέστερης αποφάσεως, δημοσιευομένης δια της Εφημερίδος της Κυβερνήσεως.»

Συνεπώς, οι προϋποθέσεις που ορίζονται στο άρθρο 2 είναι πολύ γενικές και ουσιαστικά αποκλείονται ελάχιστοι χώροι. Ο νομοθέτης με τον αναγκαστικό νόμο 1219/1938 προτίμησε αντί να προστατεύει την παράκτια ζώνη και τις παραλίες που αυτή φιλοξενεί να αποποιηθεί την συνταγματική προσταγή και να μεταβιβάσει την ευθύνη προστασίας σε τοπικές κατά νομούς επιτροπές. Οι επιτροπές αυτές αποτελούνταν από τον μηχανικό της νομαρχίας, από τον οικονομικό εφόρου η τον Τελώνη και από τον Λιμενάρχη η τον Διοικητή της αρμοδίας Διοικήσεως Χωροφυλακής η Υποδιευθύνσεως Αστυνομίας Πόλεων. Εφόσον, εκείνη την εποχή οι οικονομικοί πόροι της εκάστοτε Νομαρχίας ήταν περιορισμένοι και η αξία των παραλιών δεν είχε ακόμα αναδειχθεί η συνήθης πρακτικοί ήταν οι αμμόδεις παραλίες όπως και οι κοίτες των ποταμών που τις τροφοδοτούσαν να εξορύσσονται συστηματικά. Συγκεκριμένα το άρθρο 2 παράγραφος 2 αναφέρει ότι:

Επί τη βάσει της κατά την προηγούμενη παράγραφο αποφάσεως, τοπικές κατά νομούς επιτροπές, αποτελούμενες:

α) Εκ του νομομηχανικού.

β) Εκ του Οικονομικού Εφόρου η του Τελώνου.

γ) Εκ του Λιμενάρχη η του Διοικητού της αρμοδίας Διοικήσεως Χωροφυλακής η Υποδιευθύνσεως Αστυνομίας Πόλεων,

καθορίζουν εκάστοτε δια κοινών αποφάσεών των τις θέσεις (ρητώς μνημονευόμενης στις αποφάσεις), εξ ων επιτρέπεται η εξόρυξις και λήψις άμμου, αμμοχώματος κ.λ.π. υπό τους όρους καθοριζόμενους στην απόφαση κατά την προηγούμενη παράγραφο.

Πάσα μη ρητώς κατονομαζόμενη στις αποφάσεις αυτές θέσις θεωρείται ως απαγορευμένη τοιαύτη, εξ ης δεν επιτρέπεται η εξόρυξις και λήψις άμμου, αμμοχώματος κ.λ.π.

Δια τους στις έδρες Γενικών Διοικήσεων που εδρεύουν Νομούς αντί του Νομάρχη μετέχει της Επιτροπής ανώτερος Διοικητικός υπάλληλος, οριζόμενος υπό του υπουργού γενικού διοικητού. Προκειμένου περί των περιφερειών τέως Διοικήσεως Πρωτευούσης και του Νόμου Θεσσαλονίκης της Επιτροπής μετέχει ο αρμόδιος Οικονομικός Έφορος Δημοσίων Κτημάτων.

Ας σημειωθεί πως η διάβρωση που παρατηρείται σε πληθώρα παραλιών ανά την Ελλάδα, όπως και η εξαφάνιση παραλιών έχει σε μεγάλο βαθμό τις ρίζες της σε κακές πρακτικές του παρελθόντος. Μια συνήθεις πρακτική της τότε εποχής ήταν η απευθείας αμμοληψία από παραλίες και η χρήση αυτού του λεπτόκοκκου με ευνοϊκά γεωμετρικά χαρακτηριστικά υλικού ως οικοδομικό υλικό. Αυτή η πρακτική, εκτός του ότι έχει αρνητικές επιπτώσεις στο οπλισμένο σκυρόδεμα, λόγω ύπαρξης και αλατιού στην άμμο, στέρησε ένα σημαντικό πόρο των παραλιών, την άμμο, με αποτέλεσμα είτε αυτές να εξαφανιστούν με την πάροδο του χρόνου είτε να διαβρωθούν. Σύμφωνα με τον Synolakis et al, (2008) εκείνη την εποχή ένα κυβικό άμμου πωλούνταν από τις τοπικές αρχές όσο περίπου 1 λίτρο βενζίνης σε εργολάβους. Η αμμοληψία από παραλίες τελικά απαγορεύτηκε. Τελικά οι αμμοληψίες από παραλίες κρίθηκαν παράνομες το 1986, με το νόμο 1650 αλλά ακόμα και σήμερα, σε πολλές περιπτώσεις, αυτή η πρακτική δεν έχει εγκαταλειφτεί.

Το 1941, 104 χρόνια μετά την εισαγωγή του, καταργείται ο νόμος «Περί διακρίσεως κτημάτων» από τον Αναγκαστικό Νόμο 2783/1941 (εισαγωγικός νόμος του αστικού κώδικα) και συγκεκριμένα με την μεταβατική διάταξη του άρθρου 49, η οποία αναφέρει ότι «Καταργείται με την εισαγωγή του Αστικού Κώδικα ο νόμος <<περί διακρίσεως κτημάτων>> της 21 Ιουνίου / 10 Ιουλίου 1837». Η κατάργηση του έγινε συνέβει γιατί ήδη από το 1940 είχε γίνει αντικατάσταση του από τον Αναγκαστικό Νόμο 2344 «Περί αιγιαλού και παραλίας» (ΦΕΚ 154/Α΄/18-5-1940).

Τα σημαντικότερα σημεία του Α.Ν.2344/1940 "Περί αιγιαλού και παραλίας" είναι τα εξής:

Άρθρον 1

«Ο αιγιαλός, ήτοι η περιστοιχούσα την θαλάσσιαν χερσαία ζώνη ή βρεχομένη από τας μεγίστας πλην συνήθως αναβάσεις των κυμάτων, είναι κτήμα κοινόχρηστον, ανήκει εις το Δημόσιον και προστατεύεται και διαχειρίζεται υπ' αυτού»

Ο παραπάνω ορισμός είναι παρόμοιος με τον ορισμό του νόμου «Περί διακρίσεως κτημάτων» του 1837 όσο αφορά τον ορισμό του αιγιαλού. Η πρώτη διαφοροποίηση είναι ότι ο ορισμός γίνεται πιο σαφής, αφού στον ορισμό του 1837 προσθέτεται η φράση «χερσαία ζώνη». Συνεπώς, ο αιγιαλός είναι πλέον συγκεκριμένος χώρος (ζώνη), ο οποίος έχει όρια και μπορεί να προσδιοριστεί και να χαρακτηριστεί, ώστε να μην αμφισβητείται η κυριότητα του. Επίσης σημαντική διαφοροποίηση αποτελούν οι φράσεις «είναι κτήμα κοινόχρηστον» και «προστατεύεται και διαχειρίζεται υπ' αυτού» στο ήδη υπάρχοντα ορισμό του αιγιαλού ως δημόσιο κτήμα. Η λέξη κοινόχρηστον ήταν αναγκαία και αυτονόητη προσθήκη και νομοθετικά η ελεύθερη πρόσβαση είναι κατοχυρωμένη και αποτελεί υποχρέωση του κράτους. Σημαντικό παράλειψη του εν λόγω νόμου, είναι ότι δεν εισάγει ακόμα την ζώνη παραλίας και συνεπώς είναι ακόμα συνατή η κτήση και αποκλειστική χρήση της από ιδιώτες.

παρ. 3 του άρθρου 2

«Εις περίπτωσιν καθ' ήν, ένεκα προσχώσεων ή άλλων αιτίων είναι εμφανές ότι, καθ' όν χρόνον ενεργείται ο καθορισμός, ο αιγιαλός είναι διάφορος του εις το παρελθόν τοιούτου, εκ μαρτυρικών δε καταθέσεων μαρτύρων εξεταζομένων ενόρκως υπό της Επιτροπής ή εκ διαφόρων άλλων ενδείξεων δύναται να καθορισθή η παλαιά θέσις του αιγιαλού, η υφισταμένη μέχρι μεν του έτους 1884, εάν υφίστανται κατοχαί ιδιωτών, και πρότερον δε, εάν δεν υφίστανται τοιαύται, η Επιτροπή προβαίνει εις τον καθορισμόν του παλαιού αιγιαλού, χαρασσομένης επί του διαγράμματος κυανής γραμμής».

Με τον νόμο αυτό εισάγεται η έννοια του παλαιού και νέου αιγιαλού και αναγνωρίζεται εμμέσως ότι η ακτογραμμή και οι παραλίες είναι δυναμικά συστήματα τα οποία μπορούν να μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά τους στο χρόνο. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί πλέον υπάρχει ως ένα βαθμό η αντίληψη ότι οικοσύστημα της παραλίας είναι ένα «ζωντανό» οικοσύστημα το οποίο ανάλογα με τις συνθήκες και τις επεμβάσεις σε αυτό αντιδρά και έχει την ικανότητα να αναπροσδιορίζει τα όρια του. Παραδείγματος χάρη, σε εκβολές ποταμών είναι σύνηθες φαινόμενο η παράκτια ζώνη να αυξάνει και να καταλαμβάνει μέρος της θάλασσας με τον χρόνο. Το αντίθετο συμβαίνει συνήθως σε περιπτώσεις ανθρωπογενών παρεμβάσεων οι οποίες έχουν αρνητικό αντίκτυπο στην φυσική λειτουργία του οικοσυστήματος μιας παραλίας τότε τα όρια του αιγιαλού συνήθως υποχωρούν προς την ενδοχώρα και μέρος του αιγιαλού καταλαμβάνεται από την θάλασσα. Βέβαια, αυτή η αντίληψη βρίσκεται ακόμα στα σπάργανα, διότι ο κύριος λόγος ανακαθορισμού του αιγιαλού είναι σε περιπτώσεις πρόσχωσης ενώ οι περιπτώσεις διάβρωσης δεν αναφέρονται στο κείμενο, αλλά

περιλαμβάνονται στην φράση «ή άλλων αιτίων». Επίσης την εποχή εκείνη δεν υπήρχαν τα κατάλληλα εργαλεία προσδιορισμού του αιγιαλού (ας σημειωθεί πως το 1962 η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ) ξεκίνησε το έργο «Χαρτογράφηση της Ελλάδος»), και ο προσδιορισμός του γινόταν «εκ μαρτυρικών δε καταθέσεων μαρτύρων εξεταζομένων ενόρκως υπό της Επιτροπής ή εκ διαφόρων άλλων ενδείξεων». Εξαιτίας του γεγονότος ότι συνήθως οι μάρτυρες αυτοί αποτελούσαν και ιδιοκτήτες παράκτιων εκτάσεων οι μαρτυρίες τους συνήθως ήταν προκατειλημμένες. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί πως αυτή η διατύπωση, αν και μπορεί να έγινε για άλλο λόγο και να εξυπηρετούσε άλλα συμφέροντα (κυρίως αύξηση ιδιοκτησίας), αποτελεί έναν οινώ της σημερινής κατάστασης. Εξαιτίας της ανόδου της Μέσης Στάθμης της Θάλασσας (ΜΣΘ), σε πολλές περιοχές είναι απαραίτητος ή θα γίνει στο μέλλον, ο επαναπροσδιορισμός του αιγιαλού-παραλίας σε βάρος αυτή την φορά των ιδιοκτησιών.

άρθρο 5 παρ. 1

«Όπου ο αιγιαλός δεν μπορεί, λόγω της φύσεως της συνεχομένης ξηράς, να εξυπηρετήσει το σκοπό που αναφέρεται στο άρθρο 7 του νόμου αυτού, επιτρέπεται η διαπλάτυνσή του με την πρόσθετη λωρίδα γης που δεν επιτρέπεται να οικοδομηθεί από την παρακείμενη ξηρά μέχρι πλάτους 50 μέτρων, που αρχίζει από το προς ξηράν όριο του αιγιαλού. Η κατά την προηγούμενη παράγραφον προσαυξάνουσα τον αιγιαλόν λωρίς γης, καλείται εν τω παρόντι νόμω "παραλία".

Το άρθρο αυτό είναι μια πρώτη διατύπωση του ορισμού της παραλίας από νομικής πλευράς. Κατά την γνώμη του συγγραφέα ο σωστότερος ορισμός θα ήταν «ζώνη παραλίας» και όχι παραλία καθώς με τον όρο παραλία νοείται το σύνολο του οικοσυστήματος που την αποτελεί και όχι αυτή η στενή ζώνη έως 50 μέτρα που ορίζει ο νομοθέτης. Επιπροσθέτως, η ύπαρξη της (ζώνης) παραλίας αναγνωρίζεται μόνο σε περιπτώσεις «Όπου ο αιγιαλός δεν μπορεί, λόγω της φύσεως της συνεχομένης ξηράς, να εξυπηρετήσει το σκοπό που αναφέρεται στο άρθρο 7 του νόμου αυτού», δηλαδή την ελεύθερη κάθετη και παράλληλη επικοινωνία προς τη θάλασσα. Συνεπώς, η «ύπαρξη» της (ζώνης) παραλίας περιορίζεται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, στις οποίες είναι αδύνατη η πρόσβαση στον αιγιαλό και όχι μια γενικευμένη έννοια που έχει ως στόχο την προστασία του αιγιαλού. Παρόλα αυτά, είναι ένα πρώτο βήμα εισαγωγής της έννοιας παραλίας στην Ελληνική νομοθεσία.

Στην συνέχεια το **1983 με τον Νόμο 1337** «Επέκταση των πολεοδομικών σχεδίων, οικιστική ανάπτυξη και σχετικές ρυθμίσεις» με το άρθρο 23 εισάγεται για πρώτη φορά στην νομοθεσία η έννοια της προστασίας των ακτών. Όπως έχει ειπωθεί οι ακτές για να παραμείνουν υγιείς χρειάζονται προστασία και βιώσιμη ανάπτυξη, σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στην Ελλάδα μέχρι και σήμερα. Το πρώτο βήμα για την βιώσιμη ανάπτυξη των ακτών και των παραλιών της Ελλάδας είναι η προστασία τους και στην συνέχεια η βελτίωση

της υγείας τους, συνήθως με περιβαλλοντικά φιλικές μεθόδους (π.χ. αναπλήρωση ακτογραμμής, τεχνητοί ύφαλοι κλπ).

Άρθρο 23

Προστασία ακτών

1. Από την έναρξη της ισχύος του νόμου αυτού σε περιοχές εκτός εγκεκριμένων σχεδίων πόλεων ή οικισμών προ του 1923 και σε ζώνη πλάτους 500 μ. από την ακτή ή την όχθη δημόσιων λιμνών (εκτός αν έχει οριστεί μεγαλύτερο πλάτος Ζ.Ο.Ε. κατά το άρθρ. 29 του νόμου αυτού) δεν επιτρέπονται οι περιφράξεις. Κατ' εξαίρεση περιφράξεις επιτρέπονται σε περίπτωση που είναι αναγκαίες για την προστασία καλλιεργειών ή άλλων ειδικών χρήσεων που προσδιορίζονται με Π.Δ/γμα που εκδίδεται μια φορά με πρόταση του Υπουργού Χωροταξίας, Οικισμού και Περιβάλλοντος. Με το Δ/γμα αυτό καθορίζονται οι προϋποθέσεις εφαρμογής της διάταξης αυτής, που επιτρέπει την κατ' εξαίρεση περίφραξη, ως και ο τρόπος, το είδος και η έκταση της περίφραξης αυτής. Επίσης από την έναρξη της ισχύος του νόμου αυτού στις πιο πάνω περιοχές είναι δυνατό με απόφαση της αρμόδιας πολεοδομικής υπηρεσίας να επιβληθεί η διακοπή των εργασιών κάθε είδους περίφραξης, καθώς και η κατεδάφιση περιφράξεων που έχουν τελειώσει, εφόσον οι περιφράξεις αυτές παρεμποδίζουν την πρόσβαση προς την ακτή ή την όχθη δημόσιας λίμνης και στο μέτρο που η διακοπή ή η κατεδάφιση εξυπηρετεί την πρόσβαση αυτή ή που συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος. Οι περιφράξεις κατά παράβαση των διατάξεων του άρθρου αυτού θεωρούνται αυθαίρετες και εφαρμόζονται για την κατεδάφισή τους οι διαδικασίες του άρθρ. 17 του παρόντος.

2. Ως ακτή για την εφαρμογή της παραπάνω διάταξης νοείται το προς την ξηρά όριο του αιγιαλού και, αν η οριογραμμή αυτή δεν έχει προσδιορισθεί κατά τις κείμενες διατάξεις, νοείται η διαχωριστική γραμμή ξηράς - θάλασσας.

3. Οι κάτοχοι ή οι οπωσδήποτε χρησιμοποιούντες κτίσματα ή άλλες εγκαταστάσεις που έχουν ανεγερθεί στον αιγιαλό κατά παράβαση του άρθρ. 2 του ΑΝ 2344/1940 "περί αιγιαλού και παραλίας" ως ισχύει ή του ΝΔ 2687/1953 "Περί επενδύσεως και προστασίας κεφαλαίων εξωτερικού" ως ισχύει, αποβάλλονται εντός 6 μηνών από τη δημοσίευση του παρόντος χωρίς καμία αξίωση αποζημίωσης.

4. Τα κτίσματα αυτά μπορεί να διατεθούν στους ΟΤΑ ή σε κοινωφελή ιδρύματα ή οργανισμούς για την εξυπηρέτηση κοινωνικών σκοπών, μέχρι την κατεδάφισή τους.

5. Η παράγραφος 1 του άρθρου 5 του ΑΝ 2344/1940 "περί αιγιαλού και παραλίας" αντικαθίσταται ως εξής:

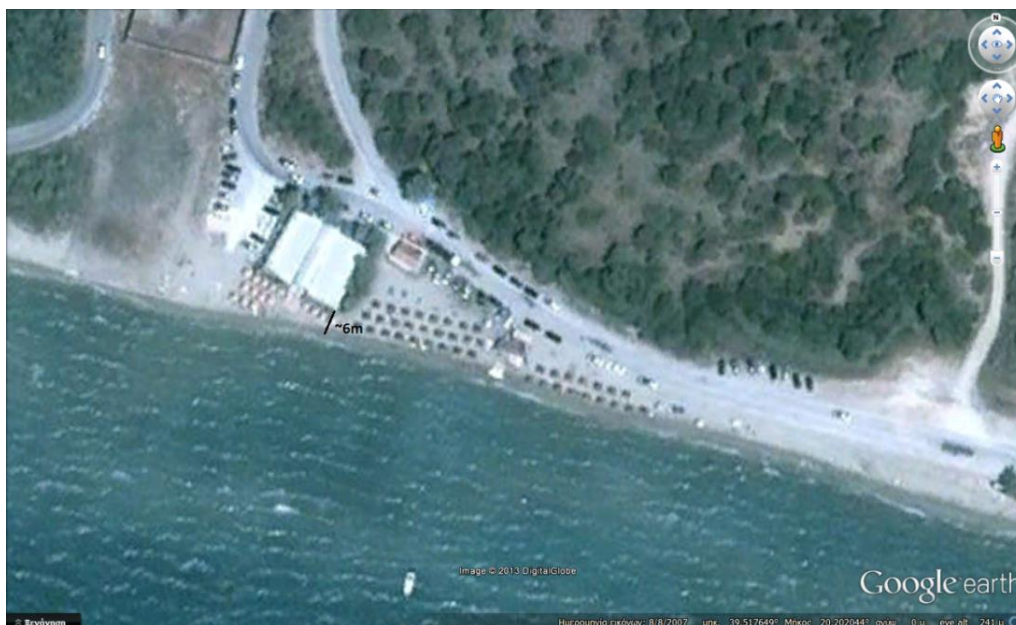
"1. Όπου ο αιγιαλός δεν μπορεί λόγω της φύσεως της συνεχόμενης ξηράς να εξυπηρετήσει το σκοπό που αναφέρεται στο άρθρο 7 του νόμου αυτού, επιτρέπεται η διαπλάτυνσή του με την πρόσθεση λωρίδας γης που δεν επιτρέπεται να οικοδομηθεί από την παρακείμενη ξηρά μέχρι πλάτους 50 μέτρων, που αρχίζει από το προς την ξηρά όριο του αιγιαλού".

6. Οι παρ. 5 και 6 του άρθρου 2 του ΑΝ 2344/1940 καταργούνται. **Δικαιώματα εγκαταστάσεων, χρήσεων και κατασκευής που ενδεχομένως έχουν παραχωρηθεί με τις καταργούμενες διατάξεις, καταργούνται από την 1η Οκτ. 1983.** Από την κατάργηση μπορεί να εξαιρούνται συγκεκριμένες περιπτώσεις που δικαιολογούνται αποκλειστικά και μόνο για την εξυπηρέτηση δημόσιου συμφέροντος, με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Χωροταξίας, Οικισμού και Περιβάλλοντος. Η παραπάνω παρ. 4 εφαρμόζεται και στις περιπτώσεις της παραγράφου αυτής.

7. Οι λεπτομέρειες εφαρμογής των προηγούμενων παραγράφων του άρθρου αυτού μπορεί να ρυθμίζονται με απόφαση του Υπουργού Χωροταξίας, Οικισμού και Περιβάλλοντος.

Στο άρθρο 23 γίνεται μια πρώτη έμμεση αφορά στο οικοσύστημα της παραλίας και στο ενεργό πλάτος της, καθώς ρητά αναφέρει πως σε περιοχές εκτός σχεδίου πόλεως δεν επιτρέπονται οι περιφράξεις σε ζώνη πλάτους 500 μ από την ακτή. Βέβαια, εξαιρούνται οι παράκτιες περιοχές εντός σχεδίου, οι οποίες στις πλύστες των περιπτώσεων αναπτύχθηκαν εις βάρος της ακτογραμμής, αλλά παρόλα αυτά σε αυτό το άρθρο διαφαίνεται ότι το σύστημα μιας παραλίας έχει ενεργό πλάτος πολλαπλάσιο από αυτό που ορίζει η νομοθεσία (αιγιαλός + 50 μ μέγιστη παραλία). Η ερμηνεία του συγγραφέα είναι πως αυτό το άρθρο προσπαθεί να καλύψει τις μελλοντικές συγκοινωνιακές ανάγκες της εκάστου περιοχής και όχι να προστατεύσει τις παραλίες, αλλά τουλάχιστον προσωρινά διασώζονται, όπου αυτός ο νόμος εφαρμόζεται, τα ευαίσθητα οικοσυστήματα των αμμοθινών που συνήθως βρίσκονται και πέραν της ζώνης παραλίας που ορίζει ο νομοθέτης. Επίσης ο ίδιος νόμος κρίνει ως αυθαίρετες τις κατασκευές που έχουν κτιστεί στον αιγιαλό μετά το 1940 ενώ αυτές οι κατασκευές μπορούν να διατεθούν στους ΟΤΑ μέχρι την κατεδάφιση τους. Όμως σε πολλές περιπτώσεις ακόμα και οι ίδιοι οι ΟΤΑ είχαν προχωρήσει στην κατασκευή αυθαίρετων κτισμάτων στον αιγιαλό και την παραλία τα οποία διατηρούν ακόμα και σήμερα εξαιτίας των οικονομικών οφελών από την ενοικίαση ή χρήση τους. Παραδείγματος χάρη στην παραλία Δρέπανο, Θεσπρωτίας σήμερα υπάρχουν τρία

κτίσματα πάνω στον αιγιαλό και την ζώνη παραλίας που απέχουν από την ακτογραμμή από περίπου 5 έως 15μ όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Κτίσμα πάνω στον αιγιαλό στην παραλία Δρέπανο, Ηγουμενίτσα, Θεσπρωτία (google earth)

Άρθρο 24

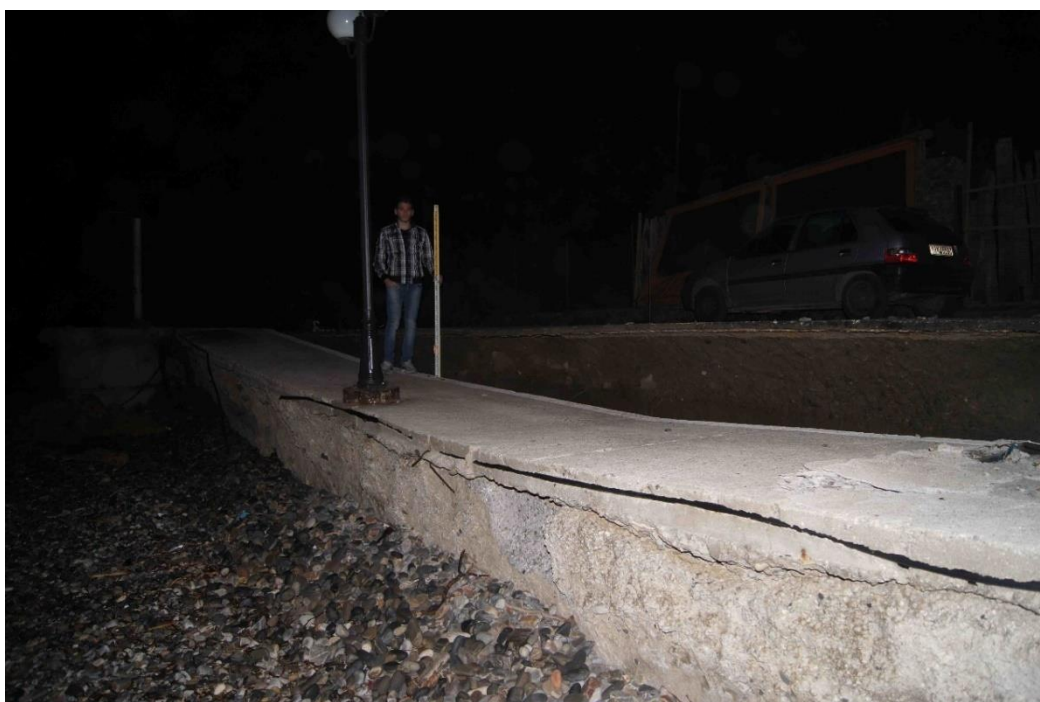
Δρόμοι προς τις ακτές

1. Επιτρέπεται για δημόσια ωφέλεια ή απαλλοτρίωση ιδιοκτησιών για τη δημιουργία οδών προσπέλασης προς την παραλία και τον αιγιαλό καθώς και των αναγκαίων χώρων στάθμευσης οχημάτων. Οι οδοί είναι δημοτικές ή κοινοτικές κατά περίπτωση και δεν υπάγονται στις κατηγορίες των οδών που παρέχουν ειδικές δυνατότητες κατάτμησης και ανοικοδόμησης. Για την απαλλοτρίωση αυτή εφαρμόζονται οι διατάξεις του Ν 1065/1980 "περί κυρώσεως δημοτικού και κοινοτικού κωδικός".

2. Οι κατά την προηγούμενη παράγραφο οδοί προσπέλασης δημιουργούνται σύμφωνα με γενικότερο σχεδιασμό που καταρτίζεται από τις αρμόδιες Νομαρχιακές Υπηρεσίες του Υπουργείου Χωροταξίας, Οικισμού και Περιβάλλοντος και διαμορφώνονται ως πεζόδρομοι, χωρίς να αποκλείεται σε ορισμένες πρόσφορες θέσεις η διαμόρφωση οδών και χώρων στάθμευσης για τροχοφόρα σύμφωνα με τα οριζόμενα με την πράξη κήρυξης της απαλλοτρίωσης, μέσα στα πλαίσια του παραπάνω σχεδιασμού.

Τέλος, το άρθρο 24 κάνει αναφορά στην δημιουργία δρόμων για την πρόσβαση σε παραλίες όπως και σε χώρους στάθμευσης. Η προσβασιμότητα στην παραλία είναι συνταγματική προσταγή και υπερέχει του δικαιώματος της ιδιοκτησίας συνεπώς το κράτος οφείλει να παρέχει στους πολίτες ελεύθερη πρόσβαση σε αυτές. Η προσβασιμότητα στις παραλίες χωρίζεται σε δύο κύριες κατηγορίες την κάθετη, όπου όταν δεν υπάρχει δρόμος πρέπει να γίνεται απαλλοτρίωση ιδιωτικών εκτάσεων και στην οριζόντια. Σημαντικό στοιχείο

είναι επίσης η δημιουργία χώρων στάθμευσης. Η οριζόντια επικοινωνία είτε επιτυγχάνεται μέσω δρόμων είτε οδικώς στην παραλία. Επειδή λανθασμένα η οικονομική ανάπτυξη μιας περιοχής και μιας παραλίας έχει συνδυαστεί με την ύπαρξη παραλιακού δρόμου που διασχίζει την ακτή κατά μήκος (οριζόντια προσβασιμότητα) στην Ελλάδα είναι συνηθισμένο φαινόμενο οι παραλιακοί δρόμοι πολύ κοντά ή και πάνω στο ενεργό πλάτος μιας παραλίας. Έτσι οι παραλιακοί δήμοι προχωρούν συχνά στην κατασκευή παραλιακών δρόμων πάνω στην παραλία, καθώς αφενός οι παράκτιες ιδιοκτησίες έχουν υψηλή τιμή απαλλοτρίωσης (ας σημειωθεί ότι ζώνη έως 10 μ πλάτους δεν αποζημιώνεται) και αφετέρου δεν θέλουν να «δυσανεστήσουν» τους ιδιοκτήτες των ιδιοκτησιών με την μείωση της έκτασης τους. Για το λόγο αυτό, συνήθως οι παραλιακοί δρόμοι κατασκευάζονται πάνω στον αιγιαλό-παραλία που ανήκει στο δημόσιο με αρνητικές συνήθως συνέπειες και για τον δρόμο αλλά και για την παραλία. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί ο παραλιακός δρόμος της παραλίας του Ταυρωνίτη στα Χανιά, ο οποίος λίγα χρόνια μετά την κατασκευή του, αφενός μείωσε το ενεργό πλάτος της παραλίας και αφετέρου υπέστη σημαντικές ζημιές, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, μετά από μια κυματική καταιγίδα με ύψη κύματος περίπου 7 μ.



Ο παραλιακός δρόμος του Ταυρωνίτη μετά από κυματική καταιγίδα τον Νοεμβριο του 2012.

Ο νομοθέτης καθόρισε τις εξαιρέσεις για περίφραξη σε ζώνη πλάτους 500 μ από την ακτή με το **Προεδρικό Διάταγμα 236 του 1984** «Για τις περιφράξεις γηπέδων μέσα σε ζώνη πλάτους 500 m από την ακτή ή την όχθη δημοσίων λιμνών σύμφωνα με το άρθρο 23 παράγραφος 1 του νόμου 1337/1983». Κατ' εξαίρεση επιτρέπεται η περίφραξη σε απόσταση από 1.5 έως 50 m από τη γραμμή αιγιαλού σχεδόν στις πλύστες των περιπτώσεων καθώς δεν εξαιρούνται μόνο δημόσιοι και κοινωφελείς χώροι αλλά και αγροτικές εκτάσεις, Τουριστικές, ξενοδοχειακές αλλά και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, οργανωμένες πλαζ κλπ. Συνεπώς, η

ουσιαστική ισχύ του νόμου 1337/1983 περιορίστηκε στο ένα έτος καθώς το ΠΔ 236/1984 εξαίρεσε τους περισσότερους χώρους και άφησε ελευθερία κινήσεων στους κάτοχους παραθαλάσσιων εκτάσεων να περιφράξουν τις εκτάσεις τους έως και 1,5 m από τον αιγιαλό. Παραδείγματος χάρη, ο κάθε ιδιοκτήτης ενός παραθαλάσσιου οικοπέδου μπορεί να ισχυριστεί ότι καλλιεργεί την έκταση αυτή με κηπευτικά και άρα να την περίφραξη όχι σε 500 m από τη γραμμή αιγιαλού αλλά σε 50 m. Συνεπώς, και στην περίπτωση αυτή διαφαίνεται η αδυναμία προστασίας των παραλιών και των ευαίσθητων οικοσυστημάτων των αμμοθινών που αυτές φιλοξενούν καθώς όχι μόνο δύναται να αποτελέσουν ιδιοκτησία αλλά επιτρέπεται και η καταστροφή τους αφού μπορούν να περιφραχθούν και να καλλιεργηθούν. Η περίφραξη δεν μπορεί να είναι συμπαγής ενώ το ύψος της μπορεί να φτάσει έως τα 2,5 m. Για την περίφραξη απαιτείται άδεια που εκδίδεται από την αρμόδια πολεοδομική υπηρεσία, μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου για τη χρήση του γηπέδου φορέα, που πρέπει να αιτιολογεί πλήρως την αναγκαιότητα και την απαιτούμενη έκταση της περίφραξης. Συγκεκριμένα, οι περιπτώσεις που εξαιρούνται περιγράφονται στο άρθρο 1 και είναι οι παρακάτω:

1. Κατ' εξαίρεση από τις διατάξεις της παραγράφου 1 εδάφιο α του άρθρου 23 του νόμου 1337/1983 επιτρέπονται οι περιφράξεις σε ζώνη πλάτους 500 m από την ακτή ή την όχθη δημόσιας λίμνης για την προστασία των εξής καλλιεργειών ή ειδικών χρήσεων: - Ειδικών καλλιεργειών, που η περίφραξή τους είναι αναγκαία για την προστασία τους και την προστασία του κοινού από φυτοφάρμακα. Οι καλλιέργειες αυτές είναι Κηπευτική, οπωροφόρα, εσπεριδοειδή, ανθοκομικές καλλιέργειες, καλλιέργειες υπό κάλυψη, νέες φυτείες, φυτώρια. - Κτιριακών και λοιπών εγκαταστάσεων γεωργικών, κτηνοτροφικών, αλιευτικών και λοιπών αγροτικών δραστηριοτήτων. - Τουριστικών - Ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων. - Βιομηχανικών εγκαταστάσεων. - Χώρων και εγκαταστάσεων τεχνικής εξυπηρέτησης οικισμών: α) Βιολογικού καθαρισμού. β) Εγκαταστάσεων και δεξαμενών ύδρευσης. γ) Εγκαταστάσεων Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού, Οργανισμού Τηλεπικοινωνιών Ελλάδας - Στρατιωτικών εγκαταστάσεων. - Μεγάλων συγκοινωνιακών εγκαταστάσεων (λιμάνια, αεροδρόμια, κ.λ.π.). - Αρχαιολογικών χώρων. - Μνημείων της φύσης, υγροτόπων, υδροβιότοπων, σημαντικών πηγών γλυκού νερού. - Εκτροφείων θηραμάτων. - Κτιρίων εκπαίδευσης - σχολεία κ.λ.π. - Κτιρίων κοινωνικής πρόνοιας (παιδικοί σταθμοί - παιδικές κατασκηνώσεις- άσυλα, κ.λ.π.). - Κτιρίων περίθαλψης (νοσοκομεία, κλινικές, κ.λ.π.). - Αθλητικών εγκαταστάσεων (π.χ. πισίνες, τένις, κ.λ.π.). - Οργανωμένων πλαζ. - Παιδικών Χαρών - Παιδότοπων. - Φυλακών - Σωφρονιστικών ιδρυμάτων. - Νεκροταφείων. - Μονών. - Κτιρίων δημοσίων ή κοινωφελών σκοπών. - Χώρων συνάθροισης κοινού (υπαίθρια θέατρα, κινηματογράφοι). - Χώρων εκθέσεων και αγοράς. - Λατομικών χώρων μόνο στα ανώτερα κάθε φορά όρια των μετώπων εκμετάλλευσης.

2. Οι περιφράξεις πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση 50 m από τη γραμμή αιγιαλού ή την όχθη δημόσιας λίμνης.

α) Εξαιρούνται οι στρατιωτικές εγκαταστάσεις, μεγάλες συγκοινωνιακές εγκαταστάσεις, ειδικές περιπτώσεις βιομηχανικών συγκροτημάτων (μεταλλουργίες, πετρελαιοειδή, μονάδες παραγωγής τσιμέντου κ.λ.π.), οι σκάλες φόρτωσης υλικών εξορυκτικών εγκαταστάσεων, καθώς και οι λοιπές χρήσεις που κατά την κρίση της πολεοδομικής υπηρεσίας και μετά από πρόταση του αρμόδιου για τη χρήση του γηπέδου φορέα, η περίφραξή τους σε απόσταση μικρότερη των 50 m από την ακτή κλπ. είναι απόλυτο απαραίτητη για τη λειτουργία του.

β) Για τις ειδικές καλλιέργειες, επιτρέπεται η περίφραξή τους και σε απόσταση μικρότερη των 50 m όταν δεν παρεμποδίζεται η παράλληλη προς τη γραμμή αιγιαλού ή την όχθη της λίμνης, προσπέλαση του κοινού. Η απόσταση αυτή καθορίζεται κατά περίπτωση από τις κατά τόπους Πολεοδομικές Υπηρεσίες ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 1,5 m.

3. Η περίφραξη των τουριστικών εγκαταστάσεων τοποθετείται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 5 m γύρω από το περίγραμμα του κτιρίου ή γύρω από τα ακραία κτίσματα του συγκροτήματος των οικίσκων, όταν πρόκειται για διεσπαρμένα κτίρια. Για τα camping και τις κατασκηνώσεις οι περιφράξεις καθορίζονται κατά περίπτωση από τις πολεοδομικές υπηρεσίες, ύστερα από πρόταση του Ελληνικού Οργανισμού Τουρισμού.

Ο **Α.Ν. 2344/1940** «Περί αιγιαλού και παραλίας» ίσχυσε έως το 2001, χρονολογία κατά την οποία αντικαταστάθηκε από τον Νόμος 2971/2001 “Αιγιαλός, παραλία και άλλες διατάξεις”.

Ο Νόμος 2971/2001 “Αιγιαλός, παραλία και άλλες διατάξεις” δίνει τους παρακάτω ορισμούς:

- «Αιγιαλός» είναι η ζώνη της ξηράς, που βρέχεται από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων της.
- «Παραλία» είναι η ζώνη ξηράς που προστίθεται στον αιγιαλό, καθορίζεται δε σε πλάτος μέχρι και πενήντα (50) μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού, προς εξυπηρέτηση της επικοινωνίας της ξηράς με τη θάλασσα και αντίστροφα.

II. Εκ των προπαρατιθεμένων διατάξεων σαφώς προκύπτει ότι τόσο ο αιγιαλός, όσο και η παραλία ανήκουν στην κατηγορία των κοινοχρήστων πραγμάτων και τελούν υπό το αυτό νομικό καθεστώς και ο μεν αιγιαλός ανήκει στη φυσική δημόσια κτήση (φυσικό δημιούργημα), αφού ο καθορισμός αυτού δια της διοικητικής οδού δεν έχει δημιουργικό χαρακτήρα, αλλά γίνεται καθαρά για λόγους διοικητικούς, δηλαδή για να γνωρίζει η Διοίκηση ποιες εκτάσεις πρέπει να διαχειρίζεται ως αιγιαλούς και να εκδίδει τις προς διαχείριση και εν γένει διοίκηση

αυτών αναγκαίες διοικητικές πράξεις, ενώ η παραλία είναι προϊόν πολιτειακής πράξεως (διοικητικής). Σκοπός δημιουργίας της παραλίας δε, κατά το άρθρο 7 του Ν.2344/1940, είναι η ελευθεροκοινωνία κάθετη και παράλληλη προς τη θάλασσα δια της κατ' ουσίαν διαπλάτυνσης του αιγιαλού. Εξάλλου, παλαιός αιγιαλός είναι η εδαφική εκείνη έκταση που αποτελούσε κατά το παρελθόν αιγιαλό, αλλά έπαψε, λόγω φυσικών φαινομένων (π.χ. προσχώσεων) ή ανθρωπίνων ενεργειών, να ανήκει πλέον εις τον αιγιαλόν, η οποία απέβαλε τον κοινόχρηστο χαρακτήρα της και περιήλθε στην ιδιωτική περιουσία του Δημοσίου. Εν όψει τούτου και ιδία του σκοπού τον οποίο εξυπηρετεί η δημιουργία παραλίας, ο οποίος δεν υφίσταται επί ιδιωτικών νησίδων, ήτοι νησίδων που ανήκουν καθ' ολοκληρία σε ιδιώτες οι οποίοι, ως κύριοι ολοκλήρου της νησίδος, δύνανται να ρυθμίζουν κατά το δοκούν, δυνάμει του δικαιώματός των αυτού, τις επ' αυτής μετακινήσεις των, λόγος δημιουργίας παραλίας στις νησίδες αυτές δεν συντρέχει. (Βλέπε την υπ' αριθ. 254/1971 σχετική Γνωμ/ση του Ν.Σ.Κ.), (η οποία δύναται να τύχη εφαρμογή και, εν προκειμένω, αφού η παρ. 1 του άρθρου 5 του Ν.2344/1940, ως αντεκατεστάθη δι' άρθρου 23 του Ν.1337/1983, δεν διαφέρει από την αντικατασταθείσα παρά μόνον στο πλάτος της καθοριζομένης παραλίας (50 μ.). Εξάλλου και επί ιδιωτικών νησίδων ο αιγιαλός αυτών ανήκει, κατά τα εκτεθέντα, στη δημόσια κτήση ως πράγμα κοινόχρηστων ανήκον στο Δημόσιο, καθορισμός συνεπώς οριογραμμής αιγιαλού δύναται κατά νόμον να λάβη χώραν και επί ιδιωτικών νησίδων, ως επίσης και καθορισμός οριογραμμής παλαιού αιγιαλού του υφιστάμενου μεν μέχρι του έτους 1884, εφ' όσον υφίστανται κατοχές ιδιωτών και πρότερων, εάν δεν υφίστανται τέτοιες κατοχές. Οίκοθεν, νοείται ότι, εφ' όσον υφίστανται κατοχές ιδιωτών αναγνωρισμένες από το Δημόσιο νομίμως, οι εκτάσεις των κατοχών αυτών δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στον παλαιό αιγιαλό ως ιδιωτική κτήση του Δημοσίου. Εν όψει τούτων, στα άνω τιθέμενα ερωτήματα αρμόζει η κατά τ' ανωτέρω διδόμενη αναλυτικά απάντηση (παρεκβολές :Ν.Δ. 2687/1953).

4. Νομολογία

Παρακάτω θα πραγματοποιηθεί μια ενδελεχής μελέτη της νομολογίας των δύο ανωτέρων δικαστηρίων.

Άρειος Πάγος

Η νομολογία του Αρείου πάγου είναι σχετικά μικρή σε σχέση με αυτή του Συμβουλίου της επικρατείας που παρουσιάζεται παρακάτω. Συγκεκριμένα, στην διαθέσιμη διαδικτυακή βιβλιοθήκη του Άρειου Πάγου (<http://www.areiospagos.gr/>) βρίσκονται οι παρακάτω αποφάσεις:

2008

Απόφαση 2497

Αφορά στην αναίρεση καταδικαστικής απόφασης ιδιοκτήτη αναψυκτήριου το οποίο λειτουργούσε πάνω στον αιγιαλό και είχε κατασκευάσει ξύλινο υπερυψωμένο πάτωμα και δικτύωμα χωρίς άδεια. Ο Άρειος Πάγος αναίρεσε την καταδικαστική απόφαση του Τριμελούς Εφετείου Πειραιώς, καθώς δεν την βρήκε εμπεριστατωμένη αιτιολόγηση όπως ορίζει το άρθρο 93 παράγραφος 3 του συντάγματος. Συγκεκριμένα, το Τριμελές Εφετείο Πειραιώς «δεν αναφέρει τα περιστατικά εκείνα από τα οποία προέκυψε η ιδιότητα του χώρου, επί του οποίου ο κατηγορούμενος κατασκεύασε το υπερυψωμένο ξύλινο πάτωμα και την πέργκολα, ως αιγιαλού, δηλαδή αν είχε καθοριστεί η οριογραμμή του αιγιαλού με απόφαση της αρμόδιας Επιτροπής ή καθορίστηκε από το Δικαστήριο με βάση τις μέγιστες, συνήθεις όμως, αναβάσεις των κυμάτων, όπως προέκυψε από τη διαδικασία, στη θέση που αναφέρεται στη απόφαση. Η γενόμενη στο διατακτικό και μόνο αναφορά ότι "οι προαναφερόμενες κατασκευές-έγιναν-στην περιοχή αυτή, όπου ισχύουν τα όρια του αιγιαλού, όπως καθορίστηκαν το έτος 1937", δεν αίρει την έλλειψη αυτή, αφού δεν διευκρινίζεται ο τρόπος που έγινε ο εν λόγω καθορισμός κατά το έτος 1937. Επιπλέον δεν αναφέρεται στην απόφαση, κατά τρόπο σαφή, ο χρόνος κατά τον οποίο ο κατηγορούμενος τέλεσε την πιο πάνω πράξη και ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση είναι δυνατόν να επιδρά στο χρόνο παραγραφής αυτής. Ούτε, άλλωστε, δύναται να εκτιμηθεί ότι η αναφερόμενη στην απόφαση ημερομηνία (3-10-2003), είναι ο χρόνος κατά τον οποίο ο κατηγορούμενος τέλεσε την πιο πάνω πράξη, αφού κατά την ημερομηνία αυτή, όπως ρητώς αναφέρεται στο σκεπτικό και το διατακτικό της απόφασης, απλώς διαπιστώθηκαν, κατά τη γενόμενη αυτοψία που διενήργησε υπάλληλος της Κτηματικής Εταιρείας Πειραιώς, οι προαναφερόμενες κατασκευές. Κατόπιν αυτών, πρέπει να γίνει δεκτός, ως βάσιμος, ο από το άρθρο 510 παρ. 1 Δ' ΚΠΔ σχετικός αναιρετικός λόγος, παρελκούσης, μετά ταύτα, της έρευνας των λοιπών λόγων, ν' αναιρεθεί η προσβαλλόμενη απόφαση και να παραπεμφθεί η υπόθεση, για νέα συζήτηση, στο ανωτέρω Δικαστήριο, διότι είναι εφικτή η συγκρότησή του από άλλους δικαστές, εκτός εκείνων, που την είχαν δικάσει προηγουμένως (άρθρο 519 ΚΠΔ, όπως ισχύει).»

Συνεπώς, στα θέματα του αιγιαλού και παραλίας πρέπει να δύναται ιδιαίτερη προσοχή καθώς απλά σφάλματα στην διατύπωση της κατάστασης μπορεί να οδηγήσουν στην νομιμοποίηση της καταπάτησης του.

Απόφαση 1831

Ο δικαστής ερμηνεύει το άρθρ. 1 και 24 § 2 του ΑΝ 2340/40, όπως και την παρ. 2 αντικ. με το άρθρο 1 § 3 του ΑΝ 263/68 και το άρθρ. 29 § 1 του Ν. 2971/2001 που σχετίζονται με αυθαίρετες κατασκευές στον αιγιαλό. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τα παραπάνω επιβεβαιώνει

την καταδικαστική απόφαση για την «κατασκευή κλιμακοστασίου ανόδου και την υπερύψωση υπαρχόντων πλινθόκτιστων τοιχοποιιών με δομικό πλέγμα σε παλαιό λιθόκτιστο κτίσμα εντός του αιγιαλού, χωρίς άδεια της αρμόδιας αρχής επιφέροντας μεταβολή του αιγιαλού αυτού». Ο κατηγορούμενος ισχυρίστηκε την «έλλειψη αιτιολογίας και εκ πλαγίου παράβαση της ουσιαστικής ποινικής διατάξεως την οποία εφήρμοσε» το Τριμελές Εφετείο Αθηνών και συνεπώς για μια ακόμα φορά διαφαίνεται η σημαντικότητα της διατύπωσης της υπάρχουσας κατάστασης και των παραβιάσεων που αφορούν τον αιγιαλό.

Απόφαση 1398

Αφορά την κατασκευή, χωρίς άδεια της αρμόδιας αρχής, προβλήτας από σκυρόδεμα 82,5 τ.μ., η οποία έχει μήκος 15 μέτρων και πλάτος 5,50 μέτρων, επί της οποίας τοποθετήθηκε στέγαστρο (πέργκολα) και τραπεζοκαθίσματα, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας (προβλήτας) βρίσκεται μέσα στη θάλασσα, το δε υπόλοιπο μέρος εντός του αιγιαλού, προκειμένου να χρησιμοποιεί αυτήν ως προέκταση καταστήματός. Ο Άρειος Πάγος έκρινε πως ορθώς το Τριμελές Εφετείο (Πλημμελημάτων) Αιγαίου καταδίκασε την εναγομένη για το αδίκημα της μεταβολής αιγιαλού. Συγκεκριμένα, έκρινε πως δεν απαιτείται προηγούμενη απόφαση της Επιτροπής του άρθρου 10 α.ν. 1540/1939 για τον καθορισμό της οριογραμμής του αιγιαλού, ως προϋπόθεση της θεμελιώσεως του εγκλήματος της μεταβολής του αιγιαλού, αλλά μπορεί τον καθορισμό αυτό να τον κάνει παρεμπιπτόντως το Δικαστήριο με βάση τα αποδειχθέντα στοιχεία που συγκροτούν την έννοια του αιγιαλού.

2009

Απόφαση 2385

Αφορά στην καταδικαστική απόφαση του Τριμελούς Εφετείου (Πλημμελημάτων) Αιγαίου για μεταβολή αιγιαλού με την αυθαίρετη κατασκευή κτισμάτων και την εν μέρει αναίρεση της ως προς τη διάταξη περί επιβολής ποινής για το έγκλημα της παραβάσεως του άρθρου 17§8 ν. 1337/1983 και ως προς αυτήν για τον καθορισμό συνολικής ποινής. Ο λόγος είναι ότι γιατί δεν προσδιορίστηκε η αξία του αυθαιρέτου και ο **βαθμός υποβάθμισης του περιβάλλοντος**. Συνεπώς, παραπέμπει την υπόθεση για νέα, κατά το αναιρούμενο μέρος της, συζήτηση στο ίδιο Δικαστήριο, συντιθέμενο από άλλους Δικαστές, εκτός από εκείνους που τη δίκασαν προηγουμένως. Στην απόφαση αυτή ένα άλλο σημαντικό στοιχείο σε επεμβάσεις σε παραλίες διαφαίνεται, το οποίο είναι ο βαθμός υποβάθμισης του περιβάλλοντος και δη του οικοσυστήματος μιας παραλίας. Πρέπει να σημειωθεί πως ο προσδιορισμός του δεν αποτελεί απλή υπόθεση καθώς το οικοσύστημα μιας παραλίας μπορεί να θεωρηθεί και ο μη γραμμικό σύστημα και συνεπώς μικρές μεταβολές από την θέση ισορροπίας του μπορεί να προκαλέσουν ιδιαίτερα δυσμενή αποτελέσματα.

Απόφαση 1544

Στην απόφαση αυτή το Τριμελές Εφετείο Θεσσαλονίκης καταδίκασε πρωτόδικος ξενοδοχειακή μονάδα η οποία «χωρίς οποιαδήποτε άδεια της αρμόδιας αρχής επέφερε στον αιγιαλό μεταβολή με την κατασκευή έργου και τροποποίηση του εδάφους και συγκεκριμένα στον ως άνω τόπο και χρόνο κατασκεύασε αμμοκράτη από φυσικούς ογκολίθους, εμβαδού 76 τ.μ., ήτοι μήκους 19μ. και πλάτους 4,00 μ. μέσα στη θάλασσα». Η ποινή που είχε επιβληθεί ήταν φυλάκιση τεσσάρων μηνών, η εκτέλεση της οποίας ανεστάλη για τρία χρόνια. Ο κατηγορούμενος έκανε προσφυγή για εσφαλμένη ερμηνεία του νόμου και για έλλειψη αιτιολογίας αλλά η αίτηση του απορρίφθηκε. Η απόφαση αυτή είναι πολύ σημαντική καθώς καταδικάζει τη συνήθη πρακτική ξενοδοχειακών μονάδων αλλά και τοπικών αρχών να κατασκευάζουν σταθερούς προβόλους από μη περιβαλλοντικά φιλικά υλικά (π.χ. σκυρόδεμα) συνήθως χωρίς μελέτες και πρωτόγεννη δεδομένα. Ως αποτέλεσμα, αυτή η πρακτική δουλεύει μόνο προσωρινά ενώ προκαλεί σημαντική διάβρωση κατάντη του προβόλου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η παραλία Πλατανιάς, Χανιά η οποία μετά την κατασκευή του τοπικού λιμένα άρχισε να διαβρώνεται. Για την αντιμετώπιση της χρησιμοποιήθηκαν έξι κάθετοι πρόβολοι οι οποίοι προσωρινά έλυσαν το πρόβλημα αλλά στην συνέχεια το επέτειναν και λόγω διάβρωση αποκολλήθηκαν από την παραλία, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Επίσης σημαντικό πρόβλημα των προβόλων εκτός από την περιβαλλοντική και αισθητική όχληση που προκαλούν είναι ότι εμποδίζουν την οριζόντια προσβασιμότητα της παραλίας.



Οι πρόβολοι που τοποθετήθηκαν στην παραλία Πλατανιάς, Χανιά μάλλον δεν έλυσαν το πρόβλημα της διάβρωσης αλλά το επέτειναν.

Απόφαση 574

Πρόκειται για άλλη μια αναίρεση καταδικαστικής αποφάσεως που αφορούσε την μεταβολή αιγιαλού εξαιτίας ελλείψεως ειδικής και εμπεριστατωμένης αιτιολογίας, το οποίο επισημαίνει την αναγκαιότητα σωστής και αποτελεσματικής καταγραφής γεγονότων που σχετίζονται με τον αιγιαλό.

2010

Απόφαση 1123

Στην απόφαση αυτή ο δικαστής ερμηνεύει το άρθρο 17 παρ. 8 του ν. 1337/1983 και συμπεραίνει ότι «ο δράστης της παραβάσεως του α' εδαφίου αυτής μπορεί να είναι μόνον ο εκ προθέσεως προβαίνων στην κατασκευή αυθαιρέτου έργου, οπότε τιμωρείται με τις στο εδάφιο απειλούμενες, ως άνω διαζευκτικές ποινές, ενώ σε αμφοτέρους της περιπτώσεως, είτε από δόλο είτε από αμέλεια, υπαίτιος καθίσταται εκείνος που έχει μία από τις παραπάνω ιδιότητες **(ιδιοκτήτης, εντολευς, μηχανικός, μελετητής, εργολάβος)**».

Το θέμα ήταν η μεταβολή αιγιαλού με κατασκευή έργων χωρίς άδεια της αρμόδιας αρχής και η αυθαίρετη κατάληψη δημοσίου κτήματος και εκτέλεση οικοδομικών εργασιών χωρίς άδεια της αρμόδιας Πολεοδομικής αρχής. Για μια ακόμα φορά ο Άρειος Πάγος αναίρεσε εν μέρει την υπ' αριθμ. 462/2009 απόφαση του Τριμελούς Εφετείου (Πλημμελημάτων) Ναυπλίου.

Συμβούλιο της Επικρατείας

Το συμβούλιο της επικρατείας εκδίδει την πρώτη νομολογία που σχετίζεται με την υγεία της παράκτιας ζώνης το 1937 και συγκεκριμένα ο δικαστής ερμηνεύει έννοιες που αφορούν τον αιγιαλό. Πρέπει να σημειωθεί πως και πριν το 1937 (συγκεκριμένα την περίοδο 1929-1937) το ΣτΕ είχε εκδώσει νομολογία που σχετίζονταν με λιμένες (π.χ. απόφαση 592/1930, 259/1932, 994/1933, 918/1934, 928/1936) αλλά δεν σχετιζόταν με άμεσα με την υγεία της παράκτιας ζώνης. Ξεκινώντας από το 1937, με την απόφαση 491, ο ανώτερος δικαστής ερμηνεύει ότι ο αιγιαλός προκύπτει από την ζύμωση φυσικών φαινομένων, αποτελεί δημόσιο κτήμα και συνεπώς αποκλείεται από την ιδιωτική ιδιοκτησία. Αυτό είναι το πρώτο σημαντικό βήμα προς την προστασία και ανάδειξη του αιγιαλού, η οποία έως και σήμερα είναι προβληματική. Επίσης κτίσματα που έχουν κατασκευαστεί πάνω σε αυτών χαρακτηρίζονται ως αυθαίρετα, σύμφωνα με το άρθρο 4 του π.δ. 18.3.26, αφού ο αιγιαλός αποτελεί *«δημόσιον κτήμα ανεπίδεκτον ιδιωτικής ιδιοκτησίας»*

Στα χρόνια που ακολούθησαν το ΣτΕ δεν έκδωσε σχετική νομολογία και περίπου 3 δεκαετίες μετά, το 1964 το ΣτΕ έκδωσε νομολογία σχετικά με αμμοληψίες. Σύμφωνα με την απόφαση 2867 του 1964 ο δικαστής επιβεβαιώνει τελικά ότι οι τοπικές νομαρχιακές επιτροπές έχουν την

δυνατότητα να αποφασίζουν, μετά από απόλυτη πλειοψηφία, τις περιοχές από τις οποίες θα πραγματοποιηθεί αμμοληψία μετά από παρακολούθηση από τις αστυνομικές αρχές. Μέσα σε αυτές τις περιοχές βρισκόταν φυσικά και παραλίες.

Το 1965, με την απόφαση 2130, ο δικαστής τονίζει πως η κύρια χρήση του αιγιαλού για να πραγματοποιείται η επικοινωνία μεταξύ ξηράς και θάλασσας. Σημαντικό στοιχείο είναι ότι πλέον ο δικαστής αναγνωρίζει ότι διαχειριστής του αιγιαλού και αυτός που καθορίζει τα όρια του είναι το δημόσιο και συνεπώς η οποιαδήποτε άλλη χρήση, εκτός της κύριας, πρέπει να είναι νομότυποι και απαιτεί την συγκατάθεση του δημοσίου. Επίσης, ξανά-κυρώνει το γεγονός ότι οποιαδήποτε κατασκευή στον αιγιαλό κρίνεται αυθαίρετη. Βεβαίως, παρόλο που ο δικαστής τονίζει «Οιαδήποτε κατασκευή επί του αιγιαλού είναι, ως εκ του περιορισμού του χώρου ως κοινοχρήστου, εντελώς αντίθετος προς τους πολεοδομικούς και οικοδομικούς κανονισμούς», στην πράξη αυτό δεν τηρείται και υπάρχουν παραδείγματα που μέχρι και οι τοπικές αρχές προχώρησαν στην κατασκευή αυθαιρέτων πάνω στον αιγιαλό (π.χ. στην παραλία Δρέπανο, Ηγουμενίτσα).

Το 1966, με την απόφαση 2142, εισάγεται ο τρόπος οριοθέτησης του αιγιαλού, όπως αυτός τον γνωρίζουμε έως σήμερα με μόνη διαφοροποίηση ότι δεν αναφέρεται στα χειμέρια κύματα. Βεβαίως, δεν γίνεται σαφής διαχωρισμός σε ποια κύματα αναφέρεται ο νομοθέτης (π.χ. με περίοδο επαναφοράς μια ημέρα, μία εβδομάδα, έναν μήνα;) και συνεπώς ακόμα και σήμερα ο τρόπος καθορισμού του αιγιαλού δεν είναι ακριβής. Την ίδια χρονιά, με την απόφαση 1969 ο δικαστής ακυρώνει άδεια περίφραξης παραθαλάσσιας εκτάσεως, καθώς δεν υπήρχαν τα σχετικά έγγραφα (περιγραφή ή τοπογραφικό διάγραμμα) και αυτή ενδεχομένως βρισκόταν στον αιγιαλό.

Το 1968, με την απόφαση 2913, γίνεται μια πρώτη άμεση συσχέτιση του αιγιαλού με τον τουρισμό και την προσέλκυση επισκεπτών σε μια περιοχή με την αντίστοιχη οικονομική της ανάπτυξη. Βεβαίως, μόνο συγκεκριμένα τμήματα του αιγιαλού χαρακτηρίζονται τουριστικά δημόσια κτήματα και όχι όλες οι παραλίες όπως θα έπρεπε, κατά την γνώμη του συγγραφέα, να χαρακτηριστούν. Ένα αυτό είχε συμβεί, τότε αφενός θα αναδεικνυόταν η σημασία των παραλιών για την ανάπτυξη της τοπικής αλλά και της εθνικής οικονομίας και θα υπήρχε περισσότερη φροντίδα για την διατήρησή τους, καθώς την εν λόγω περίοδο τεράστιοι όγκοι λεπτόκοκκου ιζήματος (άμμου) αφαιρούνταν από αυτές για την χρήση τους ως οικοδομικά υλικά. Αν όλα τα τμήματα του αιγιαλού τα οποία φιλοξενούσαν παραλίες είχαν χαρακτηριστεί ως τουριστικά, τότε σύμφωνα με τον Α.Ν. 1219/ 1938 και την κοινή υπουργική απόφαση 42279/1938 θα αποκλειόταν οι παραλίες καθώς αυτές θα θεωρούταν περιοχές ιδιαίτερης τουριστικής σημασίας. Επίσης, με την απόφαση 2193, ο δικαστής ξεχωρίζει την χερσαία ζώνη λιμένος από τον αιγιαλό και επισημαίνει ότι για την επέκτασή της πρώτης απαιτείται ειδική

και ρητή διάταξη νόμου. Παρόλα αυτά, η συνήθης πρακτική είναι οι ζώνες λιμένος να εκτείνονται αρκετά χιλιόμετρα μετά τον λιμένα, αλλά και να επεκτείνονται με συνοπτικές διαδικασίες από τις τοπικές αρχές (νομάρχης), ενώ προστασία και διατήρηση των παραλιών που βρίσκονται σε αυτόν να έρχεται σε δεύτερη μοίρα.

Στην συνέχεια με την απόφαση 1732 του 1968 δίνεται η αρμοδιότητα στα λιμενικά ταμεία να δημοπρατούν τα λιμενικά έργα και γίνεται μνεία στα τεχνητά κρηπιδώματα ή μόλους, τους φυσικούς ογκολίθους ή κυματοθραύστες και τις βυθοκορήσεις (θαλασσιές εκσκαφές). Αυτά τα τεχνητά έργα χρησιμοποιήθηκαν στην συνέχεια κατά κόρον όχι μόνο για λιμενικές κατασκευές αλλά και για την προστασία της παράκτιας ζώνης και των παραλιών της, με αρνητικά συνήθως αποτελέσματα. Τέλος η ίδια απόφαση κατατάσσει τα λιμενικά έργα στα έργα συγκοινωνίας. Τέλος, με την απόφαση 1407 του 1968, αίρεται η αρμοδιότητα του Υπουργού Δημοσίων Έργων για την παραχώρηση χώρου της ζώνης λιμένα και μεταβιβάζεται στον εκάστοτε νομάρχη. Σημαντικό στοιχείο είναι ότι η ζώνη λιμένα μπορεί να εκτείνεται αρκετά χιλιόμετρα και να περιλαμβάνει και αρκετές παραλίες. Ένα ιδιαίτερα αρνητικό στοιχείο είναι ότι στις δεκαετίες που ακολούθησαν οι τοπικές αρχές παραχωρούσαν, έναντι μικρής συνήθως αμοιβής, παραλίες σε ιδιώτες για να πραγματοποιήσουν αμμοληψίες από αυτές και να χρησιμοποιήσουν την άμμο ως οικοδομικό υλικό. Συνεπώς, η διάβρωση που παρατηρείται σήμερα σε πληθώρα παραλιών ανά την Ελλάδα πολλές φορές οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στις αυξημένες εξουσίες σε αυτό το θέμα των τοπικών αρχών.

Το 1970 ο δικαστής ασχολήθηκε εκτενώς με τους λιμένες και τα λιμενικά έργα αλλά μόνο η απόφαση 2036 του 1970 σχετίζεται άμεσα με την υγεία της παράκτιας ζώνης. Συγκεκριμένα, με αυτή δίνονται αυξημένες αρμοδιότητες στις λιμενικές επιτροπές οι οποίες είναι υπεύθυνες όχι για τους χώρους του λιμένα και την παρακείμενη παράκτια ζώνη. Επίσης, η ίδια επιτροπή έχει το δικαίωμα να παραχωρήσει αυτούς τους χώρους σε ιδιώτες.

Το 1971 ο δικαστής εκδίδει νομολογία που τα απαραίτητα έγγραφα για τον καθορισμό οριογραμμής του αιγιαλού (έκθεση, τοπογραφικό, δημοσίευση στην εφημερίδα της κυβέρνησης), όπως επίσης και για την παραχώρηση δικαιωμάτων επί αυτού.

Το 1972 (2799/1972) και το 1974 (61/1974) ΣτΕ εκδίδει νομολογία η οποία αφορά την παραχώρηση ιδιαίτερων δικαιωμάτων επί του αιγιαλού σε φυσικά και νομικά πρόσωπα και διευκρινίζει πότε είναι νόμιμο να χρεώνεται η είσοδος (εισιτήριο) στον αιγιαλό. Τονίζεται πως και μετά την παραχώρηση χώρου του αιγιαλού αυτός πρέπει να εξυπηρετεί τον βασικό του σκοπό, ελεύθερη είσοδο σε αυτόν, και το εισιτήριο χρεώνεται μόνο για παρεχόμενες επιπρόσθετες εξυπηρετήσεις σε αυτόν.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η απόφαση 3196 του 1973 με την οποία επιφαίνεται ότι η επέκταση της χερσαίας ζώνης του Λιμένος Πειραιώς αποτελεί νόμιμο λόγο απαλλοτρίωσης.

Επίσης, με την απόφαση 3414 του 1974, με την ορίζεται ότι στην ζώνη λιμένα δεν είναι δυνατή η ύπαρξη οικοδομικών τετραγώνων και σχεδίου πόλεως ενώ για την επέκτασή του, η οποία θα πρέπει να λάβει υπόψη της μελλοντικές ανάγκες του λιμένα, απαιτείται η τροποποίηση του σχεδίου ρυμοτομίας και η απαλλοτρίωση των εν λόγω εκτάσεων. Υπενθυμίζεται ότι ακόμα και σήμερα σε πολλές περιοχές ανα την Ελλάδα δεν έχει οριστεί η οριογραμμή αιγιαλού-παραλίας και η εκμετάλλευση των παραλιακών ζωνών όπως και πολλών παραλιών επιτυγχάνεται μέσα από την ζώνη λιμένος, λανθασμένα κατά την γνώμη του συγγραφέα.

Τέλος, το 1974 ο δικαστής ασχολείται με τις αμμοληψίες και με την απόφαση 682 επιβεβαιώνει την δυνατότητα των τοπικών αρχών (πρόεδρο κοινότητας, δήμαρχο, νομάρχη) στην παραχώρηση εκτάσεων για αμμοληψίες. Μεταξύ, αυτών των εκτάσεων βρίσκονται φυσικά και πολλές παραλίες ενώ η παράνομη αμμοληψία επιβάλλει ποινικές κυρώσεις και έως και διπλάσια τέλη από τα επιβαλλόμενα. Δυστυχώς, η συνήθης πρακτική της παράνομης αμμοληψίας από παραλίες συνεχίστηκε ενώ στις πλύστες των περιπτώσεων υπήρξε νόμιμη αμμοληψία ενάντι ελαχίστου οικονομικού ανταλλάγματος. Σύμφωνα με τον Synolakis et., al (2008) για κάθε φορτηγό άμμου που απομακρύνονταν από την παραλία οι τοπικές αρχές κέρδιζαν περίπου την αξία ενός λίτρου βενζίνης εκείνη την εποχή.

Το 1975 και το 1976 το ΣτΕ ασχολείται ξανά με θέματα που αφορούν τον αιγιαλό. Συγκεκριμένα, ορίζεται ο τρόπος καθορισμού του αιγιαλού και ποιος τον πραγματοποιεί. Επίσης σημαντικό στοιχείο είναι η καθιέρωση της υποχρεωτικής σύνταξης έκθεσης και τοπογραφικού διαγράμματος, αλλά και σε αυτές τις αποφάσεις διαφαίνεται η πολυπλοκότητα και η αλληλεπικαλύψεις μεταξύ των αρμοδίων φορέων του Ελληνικού κράτους (π.χ. υπουργός οικονομικών). Τέλος, ακόμη δεν έχει εισαχθεί η έννοια της παραλίας στην νομοθεσία, η οποία αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την διατήρηση της υγείας της παράκτιας ζώνης καθώς σε αυτή βρίσκεται συνήθως το πολύπλοκο (οίκο)σύστημα των αμμοθινών.

Το 1977 ο νομοθέτης ασχολείται με περιπτώσεις πρόσχωσης του αιγιαλού και με το ιδιοκτησιακό καθεστώς του δημιουργούμενου χώρου. Με την απόφαση 3708 ο δικαστής επισημαίνει πως χώρος του αιγιαλού που έχει προσχωθεί, είτε από φυσικούς είτε από ανθρωπογενείς παράγοντες, ανήκει στην ιδιωτική ιδιοκτησία του δημοσίου το οποίο και μπορεί να το διαχειριστεί όπως αυτό νομίζει. Βεβαίως, η συνήθης πρακτική, όπως διαφαίνεται και στην απόφαση είναι η χρήση του αιγιαλού για την εξυπηρέτηση των συγκοινωνιακών αναγκών της εκάστοτε νομαρχίας με την διάνοιξη παραλιακών δρόμων πάνω σε αυτών. Η λογική είναι ότι εφόσον ο αιγιαλός είναι κοινόχρηστος χώρος μπορεί να αντικατασταθεί από έναν κοινόχρηστο δρόμο. Βεβαίως, αυτό έρχεται σε απόλυτη αντίθεση με τα λεγόμενα του δικαστή ο οποίος αναφέρει ότι ο αιγιαλός δημιουργείται από φυσικά φαινόμενα και δεν μπορεί να διατηρηθεί εφόσον αυτά εκλείψουν. Προφανώς, ο δικαστής δεν γνώριζε ότι μια παραλία

αποτελεί ένα «ζωντανό» (οικο)σύστημα και αν κατασκευαστεί σε αυτή ένας δρόμος τότε επεμβαίνει στις φυσικές διαδικασίες που την διατηρούν. Η πρακτική κατασκευής παραλιακών δρόμων πάνω στο αιγιαλό συνεχίζεται ακόμα και σήμερα, παρότι ο ίδιος ο δικαστής την έχει ήδη από το 1977 εμμέσως απαγορεύσει, και έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της υγείας πολλών παραλιών αλλά ακόμα και την εξαφάνισή τους.

Επίσης, επισημαίνεται πως ο αιγιαλός ιδιωτικών νησιών δεν αποτελεί ιδιωτική ιδιοκτησία αλλά παραμένει κοινόχρηστο αγαθό.

Ο δικαστής την ίδια χρονολογία καταπιάνεται εκτενώς με θέματα που αφορούν τον τρόπο καθορισμό του αιγιαλού και την νομότυπη διαδικασία. Επισημαίνει ότι η Επιτροπή καθορισμού του αιγιαλού ορίζει κάθε φορά τον υπάρχον αιγιαλό μετά από αυτοψία που πραγματοποιεί, χωρίς να απαιτείται η εξέταση μάρτυρα, ενώ το πλάτος του αιγιαλού μπορεί να ποικίλει και σε μια περίπτωση αυτό κυμαινόταν από 50 έως 105 μέτρα. Συγκεκριμένα, η επιτροπή για την σύνταξη του τοπογραφικού διαγράμματος μπορεί να πραγματοποιεί πληθώρα αυτοψιών και θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις υψομετρικές διαφορές του αιγιαλού και την μορφολογία του εδάφους, όπως επίσης την ύπαρξη αραιής χλωρίδας όπως επίσης και τα υπολείμματα διαφόρων ουσιών που αποθέτει στην παραλία το κύμα.

Κατά την γνώμη του συγγραφέα, αποτελεί λάθος του δικαστή η ερμηνεία πως ο αιγιαλός, ως αποτέλεσμα φυσικών φαινομένων, δημιουργείται από τους μέγιστους πλην συνήθεις κυματισμούς, καθώς η δημιουργία του αιγιαλού και πολύ περισσότερο μιας παραλίας εξαρτάται από πληθώρα φυσικών φαινομένων και όχι μόνο από τους κυματισμούς.

Ο δικαστής την ίδια χρονολογία καταπιάνεται και με τα κατασκευές πάνω και κοντά στον αιγιαλό. Ασχολείται κυρίως με (αυθαίρετα) κτίσματα και την νομιμότητά τους, δηλαδή εάν αυτά βρίσκονται κοντά στο αιγιαλό (απόσταση μικρότερη των 30 μέτρων) και αν αυτά έχουν κατασκευαστεί πριν το 1923 οπότε και οι διατάξεις του ΝΔ 439/1970 δεν ισχύουν.

Το 1978 ο δικαστής εκδίδει νομολογία που αφορά κατασκευές πάνω στον αιγιαλό όπως επίσης και την παραχώρηση τμήματος του. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί η δυνατότητα του Υπουργού Οικονομικών αλλά και του εκάστοτε Νομάρχη να παραχωρεί τον αιγιαλό ή την παραλία για την εξυπηρέτηση βιομηχανικών ή παρεμφερών σκοπών. Βεβαίως η παραχώρηση του αιγιαλού και της ενέχει κινδύνους και μπορεί να βλάψει την κατάσταση της υγείας τους. Η κατάχρηση του δικαιώματος αυτού διαφαίνεται ήδη την ίδια χρόνια στην απόφαση 3532.

Την ίδια χρονιά ο δικαστής εκδίδει εκτενής νομολογία που αφορά τους λιμένες και τα λιμενικά ταμεία, αλλά οι αποφάσεις που αφορούν τον αιγιαλό και την παραλία είναι λίγες. Ο δικαστής καταπιάνεται με την αποκλειστική παραχώρηση του αιγιαλού και της παραλίας και τον τρόπο παραχώρησής του.

Τέλος, ο δικαστής ασχολείται και πάλι με τον τρόπο καθορισμού του αιγιαλού και του παλαιού αιγιαλού. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι ο δικαστής επικυρώνει πως η ζώνη της παραλίας θεωρείται ως παραλιακή οδός. Η κατασκευή δρόμων πάνω στην ζώνη της παραλίας έχει καταστροφικές συνέπειες στην υγεία της καθώς εκτός του ότι περιορίζει και διακόπτει την στερεομεταφορά σε αυτή, προκαλεί συνήθως και την καταστροφή του ευαίσθητου οικοσυστήματος των αμμοθινών.

Το 1980 ο δικαστής εκδίδει μόνο δύο αποφάσεις που σχετίζονται με τον αιγιαλό. Με την απόφαση 3846 διαφαίνεται η σημαντικότητα του αιγιαλού καθώς η αποκλειστική χρήση και εκμετάλλευση του απαιτεί την κοινή απόφαση του Προέδρου της Κυβερνήσεως και των Υπουργών Συντονισμού Οικονομικών και του αρμοδίου κατά περίπτωση, αναλόγως του είδους της εκμεταλλεύσεως. Επίσης με την απόφαση 2696 απαγορεύεται ουσιαστικά η περιφράξη του αιγιαλού καθώς αυτή αναιρεί την φύση του που είναι η κοινή χρήση. Αυτή η απόφαση όμως ακόμα και σήμερα δεν εφαρμόζεται σε πολλές παραλίες, όπως παραδείγματος χάρη στην παραλία της Βάρκιζας, μέρος του αιγιαλού της οποίας είναι περιφραγμένο και η είσοδος σε αυτό πραγματοποιείται με την καταβολή αντιτίμου (εισιτήριου).

Το 1981 ο δικαστής ερμηνεύει την αποκλειστική χρήση του αιγιαλού από Ν.Π.Δ.Δ. και Ν.Π.Ι.Δ. αλλά σημαντικό στοιχείο αποτελεί η ερμηνεία του αιγιαλού και για άλλους σκοπούς εκτός από την επικοινωνία θάλασσας στεριάς και αντιστρόφως, όπως και για βελτίωση του τοπίου, για τουριστικούς και αθλητικούς σκοπούς κ.α. Συνεπώς, επισημαίνεται ξανά η σημασία του αιγιαλού και των παραλιών για τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Στους τουριστικούς σκοπούς ανήκει και η κατασκευή λιμενίσκων (μαρίνες) οι οποίες όμως δεν θα πρέπει να κατασκευάζονται εις βάρος των λουόμενων.

Το 1982 και το 1983 το ΣτΕ εκδίδει νομολογία που σχετίζεται με τον αιγιαλό και την παραλία. Συγκεκριμένα αναφέρεται στην κατασκευή λιμενίσκων (μαρίνα) και για πρώτη φορά μιλάει ρητά για τις βλάβες που μπορούν να προκαλέσουν αυτοί στο περιβάλλον (αισθητική, περιβαλλοντική όχληση, θόρυβος, μείωση του μήκους της παραλίας κ.α.). Συνεπώς, πριν από την κατασκευή τέτοιων έργων θα πρέπει να μελετάται η χωροθέτηση και να περιορίζονται στο ελάχιστο οι οχλήσεις. Βεβαίως αν και ο δικαστής αναφέρει ότι οι λιμενίσκοι δύναται να προκαλέσουν ιδιαίτερες οχλήσεις και θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη φροντίδα για την κατασκευή τους η Ελληνική πραγματικότητα ήταν και παραμένει διαφορετική. Η κατασκευή πάσης φύσεως λιμενικών έργων έχει λανθασμένα συνυφαστεί με την οικονομική ανάπτυξη και ως αποτέλεσμα εκατοντάδες λιμενικά καταφύγια και μικροί λιμένες έχουν κατασκευαστεί χωρίς ουσιαστικές μελέτες και συνήθως εις βάρος του φυσικού τοπικού και των παρακείμενων παραλιών. Συνεπώς, κατά την γνώμη του συγγραφέα το δικαίωμα του λουόμενου έχει έρθει, στις πλύστες των περιπτώσεων, σε δεύτερη μοίρα. Την ίδια χρονιά το ΣτΕ

ασχολείται ξανά με θέματα αποκλειστικής χρήσης αιγιαλού και παραλίας και αποφαινεται πως ο κοινόχρηστος χαρακτήρας του αιγιαλού υπερτερεί των άλλων χρήσεων του. Τέλος, ο δικαστής αποφαινεται για την δημιουργία παραλίας, η οποία για να υπάρξει απαιτεί δημοσίευση σχετικής αποφάσεως του Υπουργού Οικονομικών (και όχι του Νομάρχη) στην Ε.τ.Κ. Σύμφωνα με την ερμηνεία του ΣτΕ η παραλία δημιουργείται, αφού πρώτα διαπιστωθεί ότι ο αιγιαλός, από τη φύση της συνεχόμενης ξηράς, δε μπορεί να εξυπηρετήσει την επικοινωνία από τη θάλασσα στη στεριά και αντιστρόφως, τη συγκοινωνία, τον εξωραϊσμό ή άλλους κοινωφελείς σκοπούς και κατά να τηρηθεί η νόμιμη διαδικασία. Συνεπώς, η ζώνη παραλίας, η οποία βρίσκεται μετά τον αιγιαλό και συνήθως φιλοξενεί τα ευαίσθητα οικοσυστήματα των αμμοθινών δεν προστατεύεται ουσιαστικά.

Το 1984 το ΣτΕ ασχολείται κυρίως με θέματα που αφορούν την νόμιμη διαδικασία καθορισμού του αιγιαλού και τον καθορισμό των μελών των λιμενικών επιτροπών.

Το 1985 το ΣτΕ ασχολείται ξανά με θέματα που αφορούν τον τρόπο καθορισμού του αιγιαλού και της παραλίας.

Το 1986 όπως και το 1987 και 1988 το ΣτΕ ασχολείται ξανά με θέματα που αφορούν τον τρόπο καθορισμού του αιγιαλού και της παραλίας.

Το 1989 δικαστής ασχολείται κυρίως με θέματα που αφορούν τον καθορισμό του αιγιαλού και της παραλίας και στην απόφαση 3094/1989 σημειώνει πως «σημασία έχει η μέγιστη ανάβαση του κύματος στην ξηρά και όχι το ύψος του κύματος στην θάλασσα». Επίσης, πως για τον (επανα)καθορισμό του αιγιαλού η επιτροπή σωστά λαμβάνει υπόψη της το βραχώδες πρηνές της περιοχής, την τοπογραφία της βλάστησης ώστε η οριογραμμή για μην υπερβαίνει τα όρια βλάστησης, το βάθος του θαλάσσιου χώρου, την ένταση και τη συχνότητα των ανέμων και τον προσανατολισμό της περιοχής.

Το 1990 με την απόφαση 1583 ο δικαστής αποφαινεται πως «τυχόν δικαιώματα ιδιοκτησίας δεν ασκούν επιρροή στον καθορισμό της οριογραμμής του αιγιαλού, αφού ο καθορισμός αυτός γίνεται βάσει αντικειμενικών κριτηρίων, ασύνδετος προς το υφιστάμενο ιδιοκτησιακό καθεστώς». Συνεπώς, για μια ακόμα φορά η κοινόχρηστη φύση του αιγιαλού υπερτερεί του δικαιώματος της ιδιοκτησίας. Την ίδια χρονιά όμως βεβαιώνεται για μια ακόμα φορά η παντελής έλλειψη νομοθεσία για την προστασία των (οικο)συστημάτων των παραλιών. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την απόφαση 1586, η υπάρχουσα νομοθεσία ορίζει πως «για την δημιουργία παραλίας πρέπει να διαπιστώνεται, κατά τρόπο σαφή και αιτιολογημένο από την Διοίκηση, η ανάγκη δημιουργίας της παραλίας για τους σκοπούς του άρθρ. 7 του νόμου, ενόψει της φύσεως της συνεχόμενης προς τον αιγιαλό ξηράς και της αδυναμίας εξυπηρετήσεως από τον αιγιαλό των σκοπών του νόμου».

Το 2003 ο δικαστής αποφαινεται κυρίως για υποθέσεις που αφορούσαν λιμένες αλλά ενδιαφέρον παρουσιάζει η απόφαση 3483 που αποφαινεται πως **«ανθαίρετα κτίσματα ανεγειρόμενα εν μέρει ή εν όλω εντός του αιγιαλού ή της παραλίας κατεδαφίζονται υποχρεωτικώς, ανεξαρτήτως του χρόνου κατασκευής των»**.

Το 2004 ο δικαστής ασχολείται με υποθέσεις που αφορούν την οριογραμμή του αιγιαλού και την ζώνη παραλίας. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η απόφαση 2975 σύμφωνα με την οποία η οριογραμμή του αιγιαλού σωστά σύμφωνα με «α) το γεγονός ότι η περιοχή είναι πυκνοδομημένη στο μεγαλύτερο μέρος της, με εξαίρεση το τμήμα της αλυκής, β) το γεγονός ότι έχουν γίνει ορισμένα τεχνικά έργα, γ) το γεγονός ότι τα βάθη της θάλασσας είναι μικρά και δ) το γεγονός ότι η περιοχή επηρεάζεται από τους νοτίους ανέμους».

Τέλος, το 2005 ο δικαστής επιβεβαιώνει ότι η αρμοδιότητα καθορισμού οριογραμμής αιγιαλού και παλαιού αιγιαλού μεταβιβάστηκε από τον Υπουργό των Οικονομικών στους Νομάρχες.