



Φ01: Παραλία μεταξύ Οικισμού του Κόκκινου Πύργου και της θέσης κατασκευής του έργου. Στο βάθος διακρίνεται ο μώλος του λιμανιού του Κόκκινου Πύργου.



Φ02: Άποψη της βλάστησης στην περιοχή κατασκευής του έργου. Στο βάθος διακρίνεται ο οικισμός της Αγίας Γαλήνης.



Φ03: Παραλία μεταξύ Οικισμού του Κόκκινου Πύργου και της θέσης κατασκευής του έργου. Στο βάθος διακρίνεται ο μώλος του λιμανιού του Κόκκινου Πύργου.



Φ04: Άποψη της βλάστησης στην περιοχή κατασκευής του έργου.



Φ05: Θερμοκήπια σε χερσαίες εκτάσεις που βρίσκονται ανάντη τη θέσης κατασκευής του έργου.



Φ06: Άποψη του Κόλπου Μεσαράς με κατεύθυνση προς τον οικισμό της Αγίας Γαλήνης από τη θέση κατασκευής του έργου.



Φ07: Θερμοκήπια σε χερσαία έκταση ανάντη του έργου (Βόρεια).



Φ08: Άποψη του Κόλπου Μεσαράς από χερσαία έκταση ανάντη του έργου (Βόρεια).



Φ09: Άποψη της παραλίας μέσα στην έκταση του αεροδρομίου Τυμπακίου.



Φ10: Άποψη του αεροδρομίου Τυμπακίου.



Φ11: Παραλιακός δρόμος στην προκυμαία του Κόκκινου Πύργου. Στο βάθος διακρίνεται η θέση κατασκευής του έργου.



Φ12: Άποψη του λιμανιού του Κόκκινου Πύργου.



Φ13: Παραλία στον Κόκκινο Πύργο. Στο βάθος διακρίνεται ο μώλος του λιμενίσκου του οικισμού.



Φ14: Παραλία της Αγίας Γαλήνης. Στο βάθος διακρίνεται ο οικισμός.



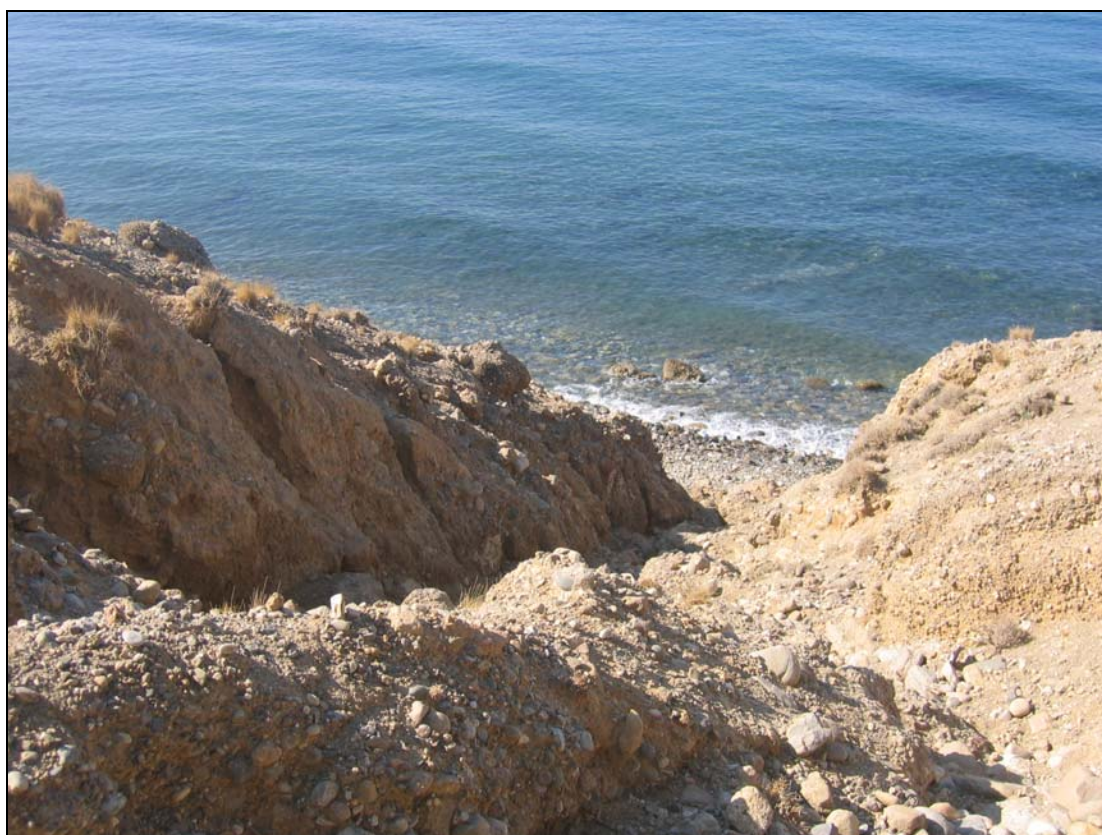
Φ15: Παραλιακό μονοπάτι με κατεύθυνση προς τη θέση του έργου.



Φ16: Ρέμα στην περιοχή της Αγίας Γαλήνης. Εκβάλλει μεταξύ του οικισμού και της παραλίας της Αγίας Γαλήνης.



Φ17: Άποψη προς την Αγία Γαλήνη από παραλιακό μονοπάτι.



Φ18: Άποψη βραχωδών εξάρσεων.



Φ19: Παραλιακό μονοπάτι το οποίο έχει αφετηρία την παραλία της Αγίας Γαλήνης.



Φ20: Άποψη των νησιών Παξιμάδια, όπως διακρίνονται στο βάθος της εικόνας από τη θέση κατασκευής του έργου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΑΚΡΑΙΕΣ ΚΥΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΛΑΓΟΥΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	2
1.2 ΜΕΘΟΔΟΣ POT (PEAKS OVER THRESHOLD).....	4
1.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΡΙΟΥ	6
1.4 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ.....	9
1.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΎΨΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	9
1.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	11
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	13

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το αντικείμενο του παρόντος παραρτήματος αφορά τον προσδιορισμό του χαρακτηριστικού ύψους κύματος των κυματισμών πελάγους για διάφορες περιόδους επαναφοράς. Στις ακόλουθες παραγράφους περιγράφεται η μεθοδολογία υπολογισμού των ακραίων τιμών του ύψους κύματος από υπάρχουσες παρατηρήσεις.

Η πραγματική κατανομή του πληθυσμού του ύψους κύματος είναι άγνωστη καθώς δεν υπάρχει κάποιο θεωρητικό στατιστικό υπόβαθρο ή επιστημονική αιτιολογία που να προβάλουν την υιοθέτηση ως πλέον κατάλληλης μια συγκεκριμένης θεωρητική κατανομή. Από την άλλη πλευρά, τόσο ο αριθμός και όσο και η περίοδος των παρατηρήσεων είναι περιορισμένοι ώστε να μην επιτρέπουν τον προσδιορισμό της ουράς (tail) της κατανομής με αξιοπιστία. Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι δεν είναι δυνατόν από το περιορισμένο δείγμα να διακριβωθεί εάν η ουρά (tail) της κατανομής ακολουθεί την κατανομή τύπου I (εκθετική, Gumbel), τύπου II (Frechet) ή τύπου III (Weibull), οι οποίες παρουσιάζουν διαφορετικούς ρυθμούς σύγκλισης σε ακραίες τιμές. Συνεπώς, στην πράξη δεν είναι δυνατή η εκτίμηση του ύψους κύματος με βάση αποκλειστικά την παρατηρούμενη κατανομή, για περιόδους επαναφοράς αρκετά μεγαλύτερες εκείνων του υπάρχοντος δείγματος.

Συνεπώς, για τον προσδιορισμό του ύψους κύματος για περιόδους επαναφοράς αντίστοιχες ή μεγαλύτερες του δείγματος, βασιζόμαστε στην στατιστική θεωρία των ακραίων τιμών με τη οποία από το αρχικό δείγμα απομονώνονται και αναλύονται μόνο οι ακραίες τιμές. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής οφείλεται στο ότι υπάρχει το κατάλληλο θεωρητικό υπόβαθρο με το οποίο αποδεικνύεται ότι η κατανομή των ακραίων τιμών ακολουθεί μία από τους ανωτέρω προαναφερθέντες τρεις τύπους κατανομών (Gumbel, Frechet and Weibull). Η στατιστική αυτή μέθοδος έχει ευρεία εφαρμογή σε διάφορους κλάδους των φυσικών επιστημών όπως η υδρολογία, μετεωρολογία και ωκεανογραφία αλλά και σε άλλους επιστημονικούς τομείς όπως η αντοχή υλικών και οι οικονομικές επιστήμες.

Βασική υπόθεση για την εφαρμογή της θεωρίας των ακραίων τιμών αποτελεί η παραδοχή ότι συμβάντα που παρατηρήθηκαν στο παρελθόν είναι πολύ πιθανό να είναι τυπικά εκείνων που αναμένεται να παρατηρηθούν και στο μέλλον. Η παραδοχή αυτή προϋποθέτει ότι τόσο κατά την χρονική περίοδο των παρατηρήσεων αλλά και σε μετέπειτα χρονικές περιόδους δεν υπήρξε ή θα υπάρξει μεταβολή των υποκείμενων συνθηκών ή παραγόντων που επηρεάζουν την υπό μελέτη παράμετρο. Εν τούτοις, όταν οι συνθήκες παρουσιάζουν μία σταδιακή μεταβολή η οποία αντανακλάται και στις παρατηρήσεις (trend) είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί η ανάλυση ακραίων τιμών εφαρμόζοντας κατάλληλες μεθόδους.

Η ανάλυση ακραίων τιμών βασίζεται σε δύο προϋποθέσεις: (i) οι παρατηρήσεις προέρχονται από τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό, ήτοι πηγάζουν από τα ίδια φαινόμενα και αιτίες και είναι πανομοιότυπα κατανεμημένες και (ii) είναι μεταξύ τους στατιστικά ανεξάρτητες. Η πρώτη προϋπόθεση ικανοποιείται με απομάκρυνση από το δείγμα των παρατηρήσεων εκείνων οι οποίες οφείλονται σε άλλες αιτίες, όπως π.χ. στον διαχωρισμό των ανεμογενών κυματισμών από τις ρεστίες και κυματισμών με γενεσιουργό αιτία εξαιρετικά φαινόμενα, όπως τυφώνες κλπ., καθώς και εκείνων των ακραίων τιμών από δείγμα που αποδεδειγμένα μπορούν να θεωρηθούν ως outliers.

Η δεύτερη προϋπόθεση που αφορά στην στατιστική ανεξαρτησία των ακραίων τιμών συνήθως ικανοποιείται σε βαθμό που να μην επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα, με την δημιουργία ενός μικρότερου σε μέγεθος δείγματος που δημιουργείται με τις μέγιστες τιμές που παρατηρούνται εντός μίας ομάδας παρατηρήσεων. Όσον αφορά στην ανάλυση παραμέτρων όπως το ύψος κύματος και τη ταχύτητα πνοής του ανέμου, οι ομάδες αναφέρονται σε παρατηρήσεις εντός χρονικών περιόδων συγκεκριμένης διάρκειας. Η μεθοδολογία αυτή εμφανίζεται συνήθως στην πράξη ως ανάλυση μεγίστων ετήσιων τιμών (Annual Maxima – AM) στην οποία το δείγμα απαρτίζεται από τη μέγιστη παρατηρηθείσα τιμή ανά έτος. Η κατανομή των ακραίων ετήσιων μεγίστων τιμών ακολουθεί έναν από τους ανωτέρω προαναφερθέντες τρεις τύπους κατανομών, οι οποίοι σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες έχουν ενοποιηθεί σε μία κατανομή, την γενικευμένη κατανομή ακραίων τιμών (Generalized Extreme Value, GEV). Η GEV έχει την ευελιξία να προσαρμόζεται στους ανωτέρω τρεις τύπους κατανομών ακραίων τομών και για τον λόγο αυτό παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι καθιστά δυνατή την προσαρμογή της παρατηρούμενης κατανομής των μεγίστων ετήσιων τιμών χωρίς να προαπαιτείται ο καθορισμός του τύπου της κατανομής και εν συνεχεία ο έλεγχος κατά πόσο η προσαρμογή είναι αποδεκτή.

Η ανωτέρω μεθοδολογία AM παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι είναι πολύ πιθανό να αγνοηθούν παρατηρήσεις κατά την διάρκεια ενός έτους οι οποίες είναι μεγαλύτερες από τις μέγιστες τιμές κάποιων ετών. Επιπλέον, το μέγεθος του δείγματος είναι περιορισμένο (ίσο με τα έτη της περιόδου των παρατηρήσεων), γεγονός που δυσχεραίνει τον προσδιορισμό των τριών παραμέτρων της GEV καθώς επίσης διευρύνει τα όρια εμπιστοσύνης των εκτιμήσεων της εξεταζομένης φυσικής παραμέτρου. Προκειμένου περιορισθούν τα δυο αυτά μειονεκτήματα της μεθόδου AM, η ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί βάσει των μεγίστων τιμών σε μηνιαίες περιόδους ή άλλου κατάλληλου χρονικού διαστήματος.

Σε μια πρόσφατη μέθοδο που βασίζεται σε order statistics (Soares and Scotto, 2004) και επίσης προσβλέπει στην αύξηση του δείγματος των μεγίστων τιμών, το δείγμα αποτελείται

από ένα συγκεκριμένο αριθμό μεγίστων τιμών κατά την διάρκεια κάθε έτους από την περίοδο των παρατηρήσεων / καταγραφών, όχι απαραίτητα προερχόμενα από συγκεκριμένα τακτά χρονικά διαστήματα, οι οποίες όμως δεν προέρχονται από το ίδιο συμβάν / καταιγίδα προκειμένου να ικανοποιούν την προϋπόθεση της στατιστικής ανεξαρτησίας.

1.2 ΜΕΘΟΔΟΣ POT (PEAKS OVER THRESHOLD)

Στην παρούσα μελέτη εφαρμόζεται μία ευρέως διαδομένη στατιστική μέθοδο ανάλυσης ακραίων τιμών, η μέθοδος POT (Palutikov et al, 2002, Smits, 2003, Pandey et al, 2003, Caires and Sterl, 2003 and 2005). Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε δείγμα το οποίο διαμορφώνεται με την επιβολή ενός προκαθορισμένου ορίου (threshold) στη χρονοσειρά των παρατηρήσεων – δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό διακριτές ομάδες με παρατηρήσεις που υπερβαίνουν το όριο αυτό – και ακολούθως την επιλογή του μέγιστου κάθε ομάδας. Σύμφωνα με συγκριτική μελέτη των Soares and Scotto (2004) που αφορά την επεξεργασία καταγραφών του ύψους κύματος με την μέθοδο των order statistics και την POT, οι εκτιμήσεις του ύψους κύματος είναι αντίστοιχες.

Οι παρατηρήσεις στις οποίες βασίζεται η εκτίμηση των ακραίων κυματικών συνθηκών προέρχονται από παρατηρήσεις από διερχόμενα πλοία κατά την περίοδο 1961 – 1999, οι οποίες έχουν καταχωρηθεί σε μία βάση δεδομένων από τον έγκριτο Ολλανδικό μετεωρολογικό οργανισμό KNMI. Οι παρατηρήσεις περιλαμβάνουν ταυτόχρονες μετρήσεις των ανεμολογικών συνθηκών (διεύθυνση και ταχύτητα πνοής ανέμου) και οπτική εκτίμηση του ύψους και περιόδου των ανεμογενών κυματισμών. Το ύψος κύματος καταγράφεται σε πολλαπλάσια των 0,50μ ενώ η διεύθυνση πνοής του ανέμου σε πολλαπλάσια των 10°. Έχει θεωρηθεί ότι η κύρια διεύθυνση των κυματισμών συμπίπτει με την διεύθυνση πνοής του ανέμου.

Παρότι τα στοιχεία της βάσης δεδομένων του KNMI αντιστοιχούν σε παρατηρήσεις σε μη τακτά χρονικά διαστήματα που μερικές φορές είναι της τάξης ορισμένων ημερών και δεν είναι δυνατόν να διαπιστωθεί εάν αντιστοιχούν στα μέγιστα ομάδων πάνω από ένα προκαθορισμένο όριο, η εφαρμογή της μεθόδου POT καθίσταται δυνατή χάρη στην ακόλουθη διαπίστωση: η κατανομή μίας παρατήρησης τυχαία επιλεγμένης από μία ομάδα και η κατανομή των μεγίστων των ομάδων είναι ασυμπτωτικά πανομοιότυπες (Caires and Sterl, 2005). Ως εκ τούτου το δείγμα των παρατηρήσεων πάνω από κάποιο όριο παρουσιάζει ασυμπτωτικά την ίδια κατανομή με εκείνη των μεγίστων.

Το δείγμα στο οποίο βασίσθηκε η στατιστική ανάλυση του ύψους κύματος για κάθε τομέα με τη μέθοδο POT διαμορφώθηκε από τις παρατηρήσεις που αντιστοιχούν στον εκάστοτε

εξεταζόμενο τομέα. Παρότι οι παρατηρήσεις στη βάση δεδομένων του KNMI είναι χρονικά και χωρικά διάσπαρτες, υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις καταγραφών όπου οι παρατηρήσεις έχουν πραγματοποιηθεί κατά την ίδια ημέρα ή σε διάστημα ορισμένων ωρών και είναι στατιστικά εξαρτημένες. Έτσι, προκειμένου να ελαττωθεί τυχόν εξάρτηση μεταξύ των παρατηρήσεων του δείγματος το οποίο θα αποτελέσει τη βάση της ανάλυσης POT, από το αρχικό δείγμα κάθε τομέα επιλέχθηκαν οι ημερήσιες μέγιστες τιμές και κατόπιν από αυτές εκείνες που υπερβαίνουν κάποιο επιλεγμένο όριο, ο προσδιορισμός του οποίου εξετάζεται στην επόμενη παράγραφο.

Η ευρύτερη παράκτια ζώνη του κόλπου Μεσαρά είναι εκτεθειμένη κυρίως σε κυματισμούς από τον Νότιο (Ν) έως δυτικό (Δ) τομέα. Για τον λόγο αυτό, στην ανάλυση που ακολουθεί εξετάζονται ο Νότιος (Ν), Νοτιοδυτικός (ΝΔ) και Δυτικός (Δ) τομέας. Ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων καθώς και ο αριθμός των ημερήσιων μεγίστων ανά τομέα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1.

Τομέας	Διεύθυνση Κυματισμών	Συνολικός αριθμός παρατηρήσεων	Αριθμός ημερήσιων μεγίστων	Μέγεθος δείγματος POT
Νότιος	157.5° – 202.5° B	990	768	171
Νοτιοδυτικός	202.5° – 247.5° B	1179	941	224
Δυτικός	247.5° – 292.5° B	5080	3289	988

Πίνακας 1.1: Αριθμός παρατηρήσεων ανά εξεταζόμενο τομέα.

Με την παραδοχή ότι το όριο είναι αρκετά υψηλό ώστε η ακολουθία των χρονικών διαστημάτων μεταξύ διαδοχικών μεγίστων του δείγματος που προκύπτει με την μέθοδο POT είναι τύπου Poisson, έχει αποδειχθεί ότι η κατανομή των μεγίστων τιμών ακολουθεί την γενικευμένη κατανομή Pareto (Generalized Pareto Distribution – GPD). Αξίζει να σημειωθεί ότι με κατάλληλο μετασχηματισμό των παραμέτρων της GPD προκύπτει η κατανομή GEV, στην οποία και συγκλίνει για υψηλές τιμές του ορίου. Όπως αποδεικνύεται, οι ακραίες τιμές ενός δείγματος που σχηματίζεται από την GPD ακολουθούν την κατανομή GEV.

Εκτός από την GPD, στην παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκε και η υπό όρους κατανομή Weibull (Conditional Weibull Distribution – CWD) που έχει επίσης χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση ακραίων τιμών με την μέθοδο POT (Pandey et al., 2003). Οι δύο τύποι κατανομών περιγράφονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

- Γενικευμένη Κατανομή
Pareto – (Generalized
Pareto Distribution, GPD):

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \xi \left(\frac{x-u}{\sigma} \right) \right)^{-1/\xi} & \xi \neq 0 \\ 1 - \exp \left[- \left(\frac{x-u}{\sigma} \right) \right] & \xi = 0 \end{cases}, u > x \quad (1.1a)$$
- Υπό Συνθήκη Κατανομή
Weibull (Conditional Weibull
Distribution, CWD):

$$F(x) = 1 - \exp \left[\left(\frac{u}{\sigma} \right)^\xi - \left(\frac{x}{\sigma} \right)^\xi \right], u > x \quad (1.1b)$$

όπου $F(x) = \text{Prob}\{H < x / H > u\}$ η υπό συνθήκη πιθανότητα μη υπέρβασης του ύψους κύματος x , u το όριο διαχωρισμού του δείγματος (threshold level), σ και ξ οι παράμετροι κλίμακας και σχήματος αντίστοιχα της κατανομής.

1.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΡΙΟΥ

Η επιλογή του κατάλληλου ορίου για τον διαχωρισμό των ακραίων τιμών της εξεταζόμενης φυσικής παραμέτρου (ύψος κύματος, ταχύτητα πνοής του ανέμου, κλπ.) από το αρχικό δείγμα ανά τομέα αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την εφαρμογή της μεθόδου POT. Η επιλογή μίας υψηλής τιμής περιορίζει το μέγεθος του δείγματος με τις επιπτώσεις που προαναφέρθηκαν σχετικά με τον προσδιορισμό των παραμέτρων της GPD και το εύρος των ορίων εμπιστοσύνης. Η επιλογή μίας χαμηλής τιμής επιφέρει συστηματική απόκλιση (bias) των εκτιμήσεων για μεγάλες περιόδους επαναφοράς. Έχει εν γένει διαπιστωθεί ότι ιδιαίτερα υψηλές τιμές του ορίου οδηγούν σε υποτίμηση των εκτιμήσεων του μεγέθους της εξεταζόμενης φυσικής παραμέτρου για κάποια περίοδο επαναφοράς, ενώ, αντιθέτως, χαμηλές τιμές του ορίου καταλήγουν συνήθως σε υπερεκτίμηση του μεγέθους της.

Από αναλύσεις του ύψους κύματος της παγκόσμιας βάσης δεδομένων ERA-40 για διάφορες περιοχές, διαπιστώθηκε ότι σε πολλές περιπτώσεις μία δόκιμη επιλογή της τιμής του ορίου αντιστοιχεί στο ύψος κύματος που αντιπροσωπεύει το 93% του συνολικού δείγματος, παρότι υπήρξαν και περιπτώσεις που μία καταλληλότερη τιμή του ορίου αντιστοιχούσε στο 97% του δείγματος (Caires and Sterl, 2003). Ο προσδιορισμός του ορίου βάσει της τιμής του ύψους κύματος που αντιστοιχεί στο 93% του συνολικού δείγματος ανά τομέα οδηγεί στην επιλογή ενός ορίου της τάξης των 1,50μ.

Πέρα από την εμπειρική αυτή επιλογή, ο καθορισμός του ορίου μπορεί να πραγματοποιηθεί βάσει θεωρητικών αρχών που απορρέουν από τις ιδιότητες της GPD. Αναφορικά με το όριο

διαχωρισμού, η GPD εμφανίζει μία χαρακτηριστική ιδιότητα. Εάν μία τυχαία μεταβλητή ακολουθεί την GPD με παραμέτρους σ_u και ξ για κάποιο όριο u , τότε για κάθε όριο $v \geq u$ η προκύπτουσα κατανομή είναι επίσης GPD με παραμέτρους $\sigma_v = \sigma_u + \xi(v - u)$ και ξ . Δηλαδή η παράμετρος μορφής ξ διατηρείται αμετάβλητη, ενώ η παράμετρος κλίμακας είναι γραμμικά εξαρτημένη από το όριο u .

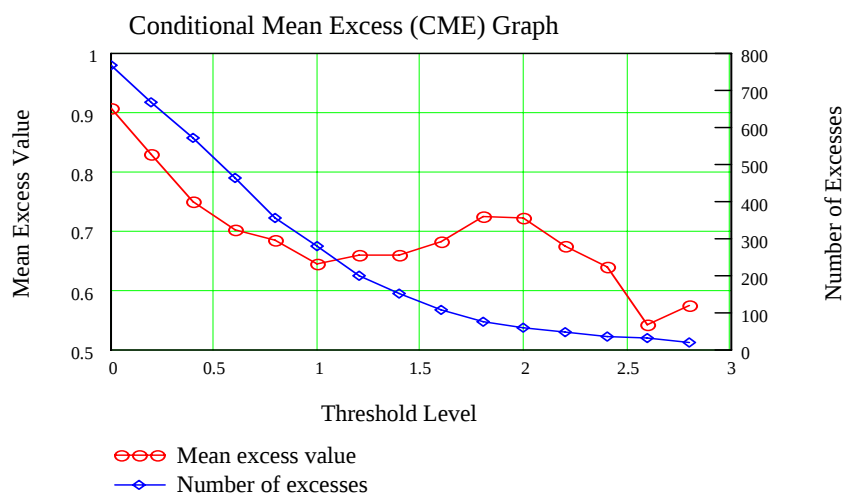
Από τις διάφορες μεθόδους, στην παρούσα μελέτη εφαρμόζεται η μέθοδος των υπό συνθήκη μέσων τιμών υπέρβασης (Conditional Mean Excess – CME). Η μέθοδος αυτή αξιοποιεί μία ακόμη ιδιότητα της GPD βάσει της οποίας η μέση τιμή των υπερβάσεων $H - v, v \geq u$ είναι γραμμική συνάρτηση του ορίου u και έχει σταθερή κλίση $\xi/1 - \xi$ καθώς η παράμετρος μορφής ξ είναι ανεξάρτητη από το όριο, ήτοι (Smits, 2003)

$$E\{H - v/H > v\} = \frac{\sigma - \xi(v - u)}{1 - \xi} \quad (1.2)$$

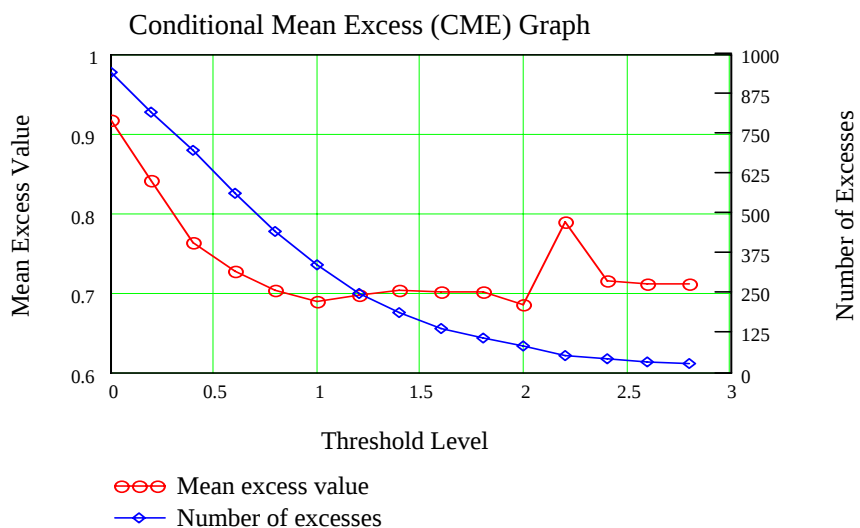
Συνεπώς εάν μια τυχαία μεταβλητή ακολουθεί την κατανομή GPD για κάποιο όριο u , τότε το διάγραμμα της μέσης τιμή των υπερβάσεων $E\{H - v/H > v\}$ συναρτήσει του ορίου u (CME) θα είναι γραμμικό για κάθε $u \leq v$. Από την κατασκευή ενός τέτοιου διαγράμματος CME για ένα εύρος ορίων με βάση το δείγμα POT, η ελάχιστη τιμή του ορίου της GPD με βάση το συγκεκριμένο δείγμα αντιστοιχεί στην τιμή εκείνη πέραν της οποίας το διάγραμμα είναι γραμμικό. Μία δυσκολία στην εφαρμογή της μεθόδου αυτής για υψηλές τιμές ορίου οφείλεται στις σημαντικές διακυμάνσεις που παρουσιάζει το διάγραμμα ενώ δεν είναι εκ των προτέρων γνωστό εάν αυτές οφείλονται στο ενδεχομένως μικρό μέγεθος του δείγματος ή στην μη αποδοχή της GPD για αυτές τις τιμές του ορίου.

Τα Σχήματα 1.1α έως 1.1γ αντιστοιχούν στα διαγράμματα CME κάθε τομέα στα οποία παρουσιάζεται και ο αριθμός των παρατηρήσεων πάνω από κάθε όριο. Δεδομένου ότι οι καταγραφές στη βάση δεδομένων της KNMI είναι πολλαπλάσια των 0,50μ, η κατασκευή των διαγραμμάτων CME βασίσθηκε σε δείγματα που δημιουργήθηκαν αντικαθιστώντας κάθε παρατήρηση H_k της βάσης δεδομένων με μία τυχαία επιλεγμένη τιμή από το διάστημα $[H_k - 0,25\mu, H_k + 0,25\mu]$.

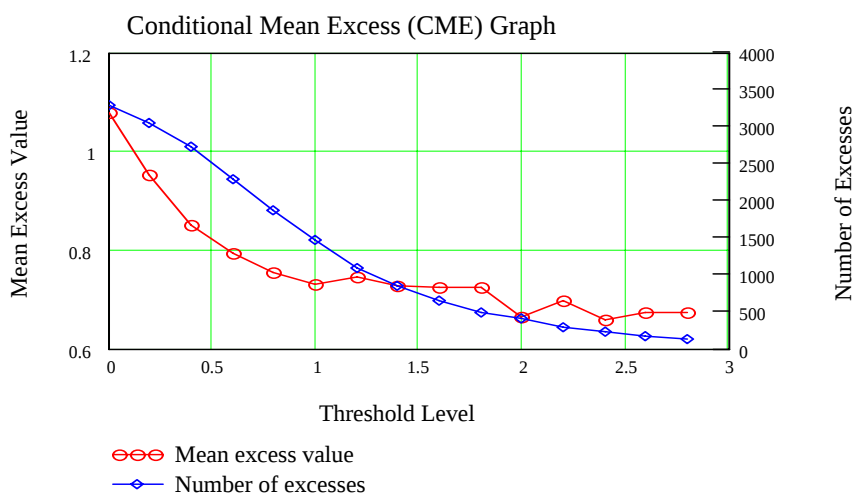
Από τα διαγράμματα CME προκύπτει ότι κατάλληλες τιμές του ορίου αποτελούν οι τιμές στο διάστημα 1,0 – 1,60μ. Προκειμένου να διατηρηθεί ο αριθμός των παρατηρήσεων όσο το δυνατόν μεγαλύτερος, επιλέγεται ως τιμή ορίου μικρότερη των 1,50μ.



Σχήμα 1.1α: Διάγραμμα CME – Νότιος τομέας



Σχήμα 1.1β: Διάγραμμα CME – Νοτιοδυτικός τομέας



Σχήμα 1.1γ: Διάγραμμα CME – Δυτικός τομέας

1.4 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ

Η προσαρμογή της παρατηρούμενης κατανομής των υψών κύματος στις υποψήφιες θεωρητικές κατανομές μπορεί να επιτευχθεί βάσει στατιστικών μεθόδων (μέθοδος ροπών – L moments, μέγιστη πιθανότητα) ή άλλες μεθόδους (μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων, κλπ.) που αποσκοπούν στην εκτίμηση των παραμέτρων της κάθε θεωρητικής κατανομής με βάση την παρατηρηθείσα κατανομή του δείγματος των παρατηρήσεων της εξεταζόμενης παραμέτρου. Η αποδοχή ή απόρριψη κάποιας θεωρητικής κατανομής ως αντιπροσωπευτικής της παρατηρηθείσας γίνεται με δόκιμες στατιστικές μεθόδους ή με απλή παραβολή της θεωρητικής με την παρατηρηθείσα κατανομή σε κατάλληλη κλίμακα ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση.

Στην παρούσα μελέτη η προσαρμογή των θεωρητικών κατανομών επετεύχθη με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Από την ανάλυση προέκυψε ότι οι παραπάνω θεωρητικές κατανομές μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές, και παρουσιάζουν ικανοποιητική προσαρμογή για το εύρος των παρατηρούμενων υψών κύματος σε κάθε τομέα. Τα διαγράμματα προσαρμογής των θεωρητικών κατανομών παρουσιάζονται στο τέλος του Παραρτήματος.

1.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΎΨΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ

Η εκτίμηση του ύψους κύματος για συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς (T) γίνεται με την παρακάτω μεθοδολογία. Σαν ύψος κύματος με περίοδο επαναφοράς T ορίζεται το ύψος εκείνο για το οποίο αναμένεται υπέρβαση κατά μέσο όρο μία φορά στην προκαθορισμένη περίοδο επαναφοράς. Η αντίστοιχη πιθανότητα μη υπέρβασης (Q) υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q = 1 - \frac{\Delta t}{T \times 365 \times 24} \quad (1.3)$$

όπου Δt είναι το μέσο χρονικό διάστημα μεταξύ παρατηρήσεων σε ώρες και T η περίοδος επαναφοράς σε έτη. Ο μέσος χρόνος Δt αντιστοιχεί στο μέσο χρονικό διάστημα μεταξύ διαδοχικών παρατηρήσεων σε κάθε τομέα, ήτοι

$$\Delta t = \frac{T_{rec} \times 365 \times 24}{N_{sector}} \quad (1.4)$$

όπου N_{sec} ο αριθμός των παρατηρήσεων στον εξεταζόμενο τομέα.

Αφού υπολογισθεί η πιθανότητα Q που αντιστοιχεί σε κάποια περίοδο επαναφοράς T , το ύψος κύματος με πιθανότητα υπέρβασης Q που αντιστοιχεί σε κάθε θεωρητική κατανομή μπορεί να υπολογισθεί είτε από την συνάρτηση της κατανομής αυτής είτε με γραφικές μεθόδους.

Η προσαρμογή κάποιας θεωρητικής κατανομής στην παρατηρούμενη κατανομή υψών κύματος και κατόπιν ο προσδιορισμός του ύψους κύματος για κάποια περίοδο επαναφοράς βασίζεται στο συγκεκριμένο δείγμα με τον συγκεκριμένο αριθμό παρατηρήσεων. Ένα άλλο δείγμα με τον ίδιο αριθμό παρατηρήσεων είναι πολύ πιθανό να παρουσίαζε αποκλίσεις από την ήδη προσαρμοσμένη στο πρώτο δείγμα θεωρητική κατανομή και να οδηγούσε σε κάποια άλλη εκτίμηση των τιμών του ύψους κύματος για την αυτή περίοδο επαναφοράς. Συνεπώς, οι εκτιμήσεις του ύψους κύματος που θα προέκυπταν από διάφορα δείγματα για την ίδια περίοδο επαναφοράς θα παρουσίαζαν εν γένει μία διασπορά. Η διασπορά αυτή οφείλεται στον πεπερασμένο αριθμό παρατηρήσεων.

Θεωρώντας ότι η εξεταζόμενη κάθε φορά θεωρητική κατανομή είναι η κατανομή του πληθυσμού του ύψους κύματος, δηλαδή εκείνη που θα προέκυπτε από θεωρητικά άπειρο αριθμό παρατηρήσεων, το ύψος κύματος H_Q που αντιστοιχεί σε κάποια πιθανότητα μη υπέρβασης Q_0 εκλαμβάνεται σαν στοχαστική μεταβλητή. Όπως αποδεικνύεται, η μεταβλητή αυτή ακολουθεί την κανονική κατανομή με μέση τιμή την τιμή που προκύπτει από την θεωρητική κατανομή και τυπική απόκλιση η οποία δίδεται από την ακόλουθη σχέση (Wang and Le Mehaute, 1983):

$$\sigma = \frac{1}{q_0} \sqrt{\frac{Q_0 \cdot (1 - Q_0)}{N_{\text{sec}}}} \quad (1.5)$$

όπου q_0 η τιμή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας της θεωρητικής κατανομής που αντιστοιχεί στο U_Q . Είναι φανερό ότι η τυπική απόκλιση μειώνεται καθώς ο αριθμός των παρατηρήσεων αυξάνεται. Κάνοντας την παραδοχή ότι η κανονική κατανομή ισχύει και πέραν της χρονικής περιόδου των παρατηρήσεων, υπολογίζουμε την τυπική απόκλιση που αντιστοιχεί σε περιόδους επαναφοράς μεγαλύτερες της χρονικής διάρκειας των παρατηρήσεων.

Η στατιστική ανάλυση των καταγραφών του ύψους κύματος βασίζεται στην παραδοχή ότι οι ανωτέρω καταγραφές είναι αξιόπιστες και αντιπροσωπευτικές της περιοχής μελέτης καθώς επίσης ότι το στατιστικό δείγμα (συνολικός αριθμός μετρήσεων ανά τομέα) είναι μεγάλο. Ένας σχετικά μικρός αριθμός παρατηρήσεων στη προαναφερθείσα διάρκεια έχει αρνητικές

επιπτώσεις στη αξιοπιστία των αποτελεσμάτων τόσο εξ αιτίας του στατιστικού σφάλματος της παρατηρούμενης (αλλά και θεωρητικής) κατανομής που είναι άμεσα εξαρτώμενο από το πλήθος του δείγματος (σχέση 1.5), όσο και από την αύξηση του μέσου χρονικού διαστήματος Δt μεταξύ διαδοχικών παρατηρήσεων από την οποία εξαρτάται η πιθανότητα υπέρβασης για κάποια περίοδο επαναφοράς (σχέση 1.4).

Δεδομένου ότι η πραγματική κατανομή δεν είναι γνωστή και οι επιλεγείσες θεωρητικές κατανομές είναι προσεγγιστικές, προκειμένου να μειώσουμε το στατιστικό λάθος του ύψους κύματος H_Q , λαμβάνουμε σαν μέσο ύψος κύματος τον μέσο όρο των τιμών που προκύπτουν από τις θεωρητικές κατανομές, υποθέτοντας ότι αυτές είναι ισοβαρείς, (σχέση 1.6α). Η τυπική απόκλιση σε αυτή την περίπτωση δίδεται από την σχέση 1.6β:

$$\overline{H} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n H_k \quad (1.6\alpha)$$

$$\overline{\sigma} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{k=1}^n \sigma_k^2} \quad (1.6\beta)$$

όπου $n = 2$ ο αριθμός των θεωρητικών κατανομών στις οποίες βασίζεται η ανάλυση και H_k , σ_k το ύψος κύματος και η τυπική απόκλιση αντίστοιχα της εκάστοτε θεωρητικής κατανομής που αντιστοιχούν σε πιθανότητα μη υπέρβασης Q_0 .

Για δεδομένη πιθανότητα $\alpha\%$ το ύψος κύματος, που αντιστοιχεί στην εξεταζόμενη περίοδο επαναφοράς T , κυμαίνεται μεταξύ:

$$H_{\alpha} = \overline{H} + Z_{\alpha/100} \overline{\sigma} \quad (\text{άνω όριο σε επίπεδο εμπιστοσύνης } \alpha\%) \quad (1.7\alpha)$$

$$H_{\alpha} = \overline{H} - Z_{\alpha/100} \overline{\sigma} \quad (\text{κάτω όριο σε επίπεδο εμπιστοσύνης } \alpha\%) \quad (1.7\beta)$$

όπου $Z_{\alpha/100}$ η τιμή που αντιστοιχεί στο $\alpha\%$ της $N(0,1)$ κανονικής κατανομής.

1.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 1.2 φαίνεται η μέση τιμή του ύψους κύματος πελάγους που αντιστοιχούν σε διάφορες περιόδους επαναφοράς.

Από την ανωτέρω ανάλυση προέκυψε ότι σε επίπεδο εμπιστοσύνης 85% το χαρακτηριστικό ύψος κύματος πελάγους για κυματισμούς πεντηκονταετίας κυμαίνεται περίπου από 5,80μ έως 7,00μ για τις εξετασθείσες κύριες διευθύνσεις.

Περίοδος επαναφοράς	N	NΔ	Δ
0,2 έτη	1,53	1,73	2,83
0,5 έτη	1,85	2,04	3,16
1 έτος	2,33	2,52	3,63
2 έτη	2,83	3,02	4,10
5 έτη	3,49	3,73	4,71
10 έτη	4,00	4,30	5,17
20 έτη	4,53	4,89	5,62
50 έτη	5,24	5,71	6,22

Πίνακας 1.2: Μέση τιμή και ύψους κύματος για διάφορες περιόδους επαναφοράς ανά τομέα.

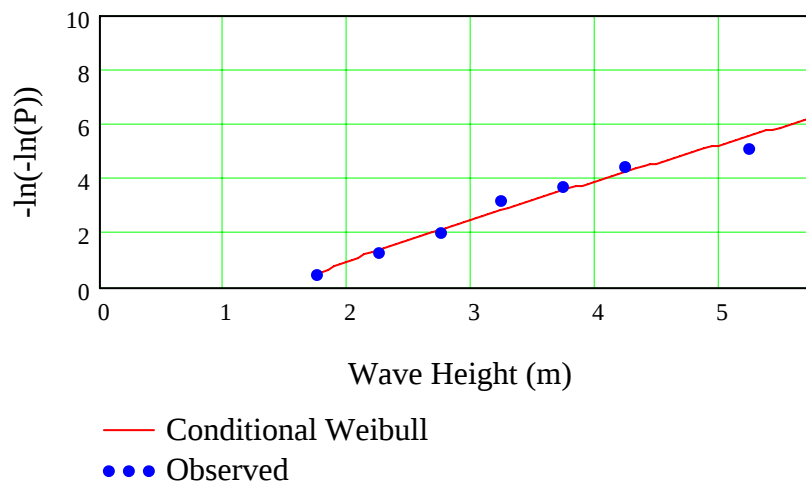
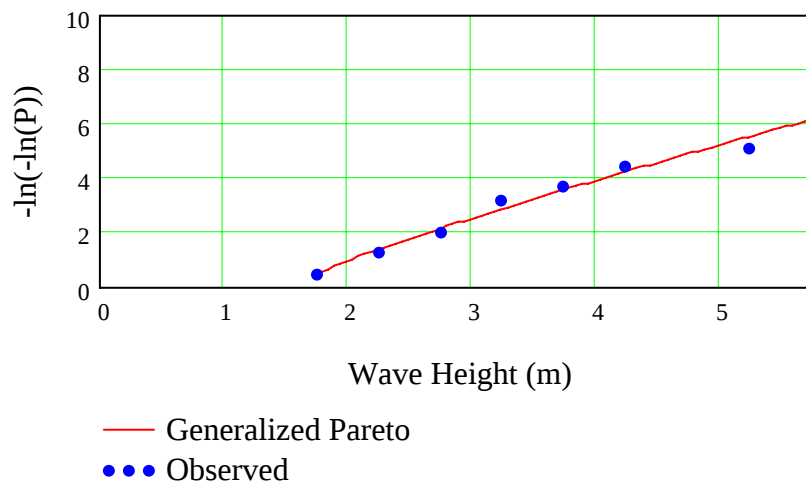
Τα πινακοποιημένα αποτελέσματα για διάφορες περιόδους επαναφοράς είναι στην κατοχή της ΑΔΚ Σύμβουλοι Μηχανικοί.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

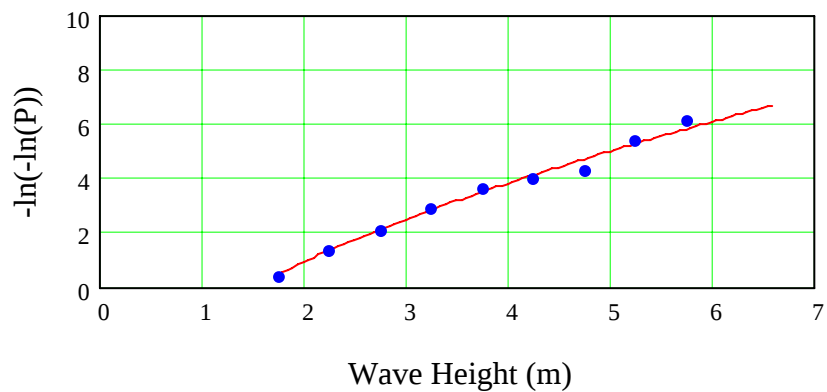
1. **Caires, S. and Sterl, A. (2005):** 100-Year Return Value Estimates for Ocean Wind Speed and Significant Wave Height from the ERA-40 Data, *Journal of Climate*, Vol. 18, pp. 1032 – 1048.
2. **Caires, S. and Sterl, A. (2003):** On the Estimation of Significant Wave Height Data from the Reanalysis of the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, *Safety and Reliability* (Bedford and van Gelder, eds), Swets & Zetlinger, pp. 353 – 361.
3. **Goda, Y. (2000):** Random Seas and Design of Maritime Structures, *Advanced Series on Ocean Engineering*, Vol. 15, World Scientific
4. **Lopatoukhin, L.J., Rozhkov, V.A , Ryabinin, V.E., Swail, V.R., Boukhanovsky, A.V. and Degtyarev, A.B. (2000):** Estimation of Extreme Wind Wave Heights, *World Meteorological Organization (WMO), WMO/TD No 1041, JCOMM Technical Report No 9.*
5. **Palutikov, J.P., Holt, T., Brabson, B.B., and Lister, D.H. (2002):** Methods to Calculate Extremes in Climate Change Studies,
6. **Pandey, M.D., van Gelder, P.H.A.J.M. and Vrijling, J.K. (2003):** The Use of L-Moments in the Peak Over Threshold Approach for Estimating Extreme Quantiles of Wind Velocity, *Journal of Structural Safety*, 23(2), pp. 179-192
7. **Smits, A. (2003):** Estimation of Extreme Return Levels of Wind Speed: An Analysis of Storm Maxima, *KNMI-HYDRA Report.*
8. **Soares, C.G and Scotto, M.G. (2004):** Application of the r-Largest Order Statistics for Long-Term Predictions of Significant Wave Height, *Coastal Engineering*, Vol. 51, No 5 – 6, pp. 387 – 394.
9. **Wang, S. and Le Mehaute, B. (1983):** Duration of Measurements and Long-Term Wave Statistics, *Jour. Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng.*, Vol. 109, No 2, pp. 236-249

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ

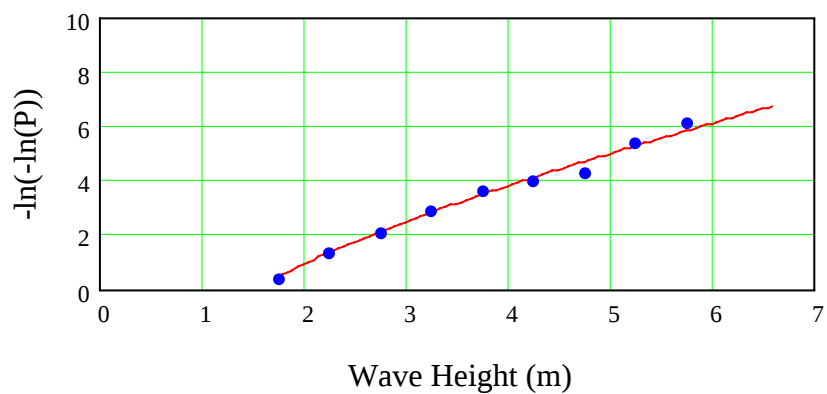
α) Νότιος Τομέας



β) Νοτιοδυτικός Τομέας

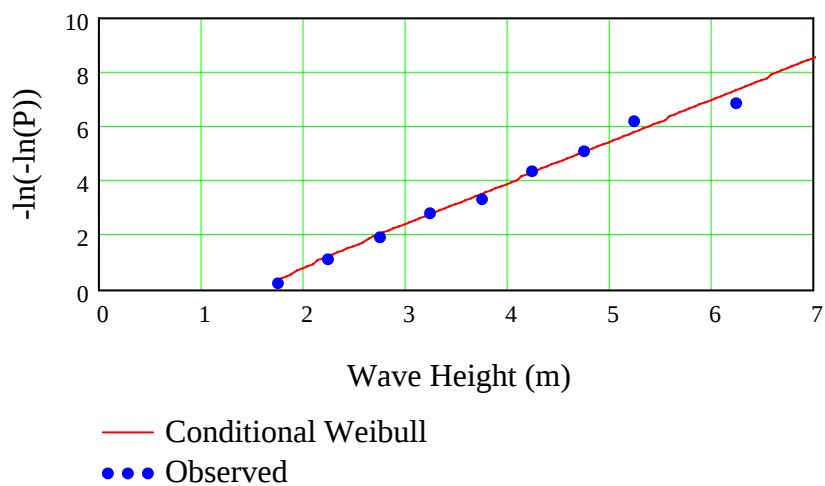
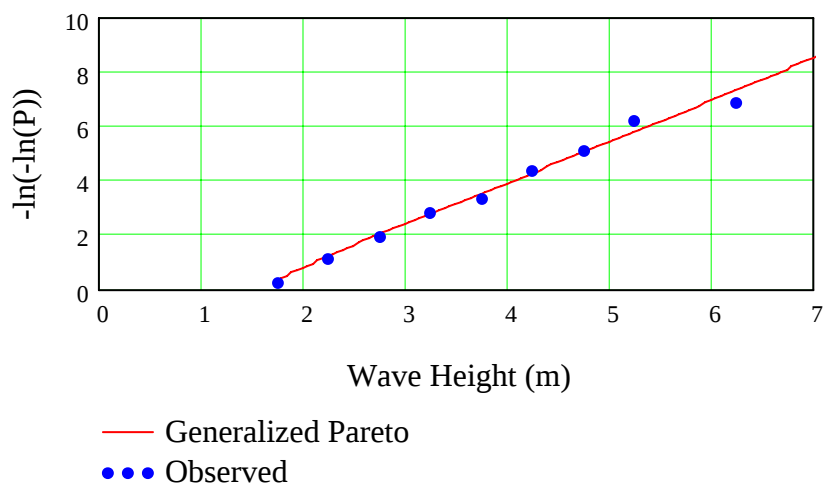


— Generalized Pareto
••• Observed



— Conditional Weibull
••• Observed

γ) Δυτικός Τομέας



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΜΕΛΕΤΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ ΜΕΣΑΡΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	2
2.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ.....	2
2.2.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο	2
2.2.2 Περιγραφή του λογισμικού STWAVE	4
2.3 ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ.....	6
2.3.1 Υπολογιστικοί κánaβοι και σημεία ελέγχου.....	6
2.3.2 Βυθομετρικοί κánaβοι.....	7
2.3.3 Εξετασθείσες περιπτώσεις.....	10
2.4 ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΚΥΜΑΤΙΚΟ ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΑΚΡΑΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	11
2.4.1 Παράκτιες κυματικές συνθήκες από κυματισμούς πεντηκονταετίας	11
2.4.2 Μέσο ετήσιο παράκτιο κυματικό κλίμα	15
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	21

Πίνακες Αποτελεσμάτων Προσομοιώσεων για τα Σημεία Ελέγχου 0 – 11

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το παρόν Παράρτημα αφορά τον προσδιορισμό του κυματικού κλίματος στην παράκτια ζώνη του Κόλπου Μεσαρά, καθώς και των κυματικών συνθηκών που δημιουργούνται από κυματισμούς πελάγους πεντηκονταετίας, με κατάλληλο λογισμικό με το οποίο προσομοιώνεται η διάδοση των κυματισμών πελάγους στην θαλάσσια περιοχή των νότιων ακτών του δυτικού τμήματος της Κρήτης και στον Κόλπο Μεσαρά.

Το κυματικό κλίμα στον κόλπο Μεσαρά διαμορφώνεται πρωτίστως από τη διάδοση των κυματισμών πελάγους του NNA – ΔΒΔ τομέα του Λιβυκού Πελάγους. Επειδή δεν υπάρχουν καταγραφές των τοπικών κυματικών συνθηκών στην περιοχή μελέτης, η εκτίμηση του μέσου ετήσιου κυματικού κλίματος και των ακραίων κυματικών συνθηκών πελάγους βασίσθηκε σε μία αντιπροσωπευτική για την περιοχή μελέτης βάση δεδομένων κυματικών και ανεμολογικών χαρακτηριστικών του Ολλανδικού μετεωρολογικού οργανισμού KNMI.

Στις ακόλουθες παραγράφους παρουσιάζονται η μεθοδολογία, οι παραδοχές και τα αποτελέσματα της ανάλυσης που αφορούν τις προσομοιώσεις της κυματικής διάδοσης των κυματισμών πελάγους που αποσκοπούν στον προσδιορισμό του κυματικού κλίματος στην παράκτια ζώνη του κόλπου Μεσαρά μεταξύ της Αγίας Γαλήνης και Κορμού καθώς και των κυματικών συνθηκών που διαμορφώνονται από τους κυματισμούς πεντηκονταετίας.

2.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

2.2.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η πνοή του ανέμου πάνω από την θαλάσσια επιφάνεια δημιουργεί ρυτιδώσεις οι οποίες, με την συνεχή μεταφορά ενέργειας από αυτόν, εξελίσσονται σε κυματισμούς που σταδιακά αυξάνουν σε μέγεθος. Οι κυματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται ως ανεμογενείς (windsea).

Οι κυματικές συνθήκες περιγράφονται υπό την μορφή ενός κατευθυντικού ενεργειακού φάσματος, στο οποίο κάθε συνιστώσα αντιστοιχεί σε μια συχνότητα και διεύθυνση διάδοσης. Χαρακτηριστικές παράμετροι των κυματικών συνθηκών σε ένα συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης αποτελούν η συχνότητα f_p (ή ισοδύναμα η περίοδος $T_p \approx 1/f_p$) αιχμής του φάσματος και το χαρακτηριστικό ύψος κύματος H_s , $H_s \approx 4\sqrt{E_0}$, όπου E_0 το σύνολο της φασματικής πυκνότητας, $E_0 = \int_0^\infty \int_{-\pi}^\pi F(f, \theta) df d\theta$ και $F(f, \theta)$ η φασματική πυκνότητα της συνιστώσας με συχνότητα f και κατεύθυνση θ .

Η συνεχής μεταφορά ενέργειας από τον άνεμο, αντισταθμίζεται αφενός από απώλειες ενέργειας που λαμβάνουν χώρα με τη θραύση των κυματισμών λόγω κλίσεως (αφρισμός, whitewater) και αφ' ετέρου με τη σταδιακή μεταβολή του ενεργειακού φάσματος που οφείλεται σε ένα συντηρητικό μηχανισμό (τετραδικές αλληλεπιδράσεις, quadruplet wave-wave interactions) με τον οποίο μεταφέρεται ενέργεια από την περιοχή των υψηλών συχνοτήτων του φάσματος προς τις χαμηλές συχνότητες. Αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων αυτών είναι η σταδιακή μετατόπιση της αιχμής του φάσματος σε χαμηλότερες συχνότητες, η συγκέντρωση της κυματικής ενέργειας στη περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων και η αύξηση της φασματικής πυκνότητας στην περιοχή της αιχμής. Ο ρόλος τους εντοπίζεται κυρίως σε μεγάλα και μέσα βάθη. Όταν επέλθει πλήρης ανάπτυξη των κυματισμών, οι τετραδικές αλληλεπιδράσεις σταματούν.

Καθώς η διάρκεια πνοής αυξάνεται, και εάν το πεδίο πνοής έχει επαρκές ανάπλυγμα, επέρχεται μία ισορροπία μεταξύ της εισερχόμενης ενέργειας και των απωλειών ή οποία χαρακτηρίζει την κατάσταση πλήρους ανάπτυξης των κυματισμών για τις επικρατούσες ανεμολογικές συνθήκες. Στη φάση αυτή η μεταφορά ενέργειας στη περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων του φάσματος σταματά. Τυπικά, η πλήρης ανάπτυξη των κυματισμών περιγράφεται από το ενεργειακό φάσμα Pierson-Moskowitz το οποίο εξαρτάται από την ταχύτητα πνοής του ανέμου.

Τυχόν μείωση της ταχύτητας πνοής του ανέμου σε μία κατάσταση πλήρως ανεπτυγμένης θαλάσσης δημιουργεί μία νέα συνθήκη πλήρους αναπτύξεως, η οποία αντιστοιχεί σε συχνότητα αιχμής φάσματος μεγαλύτερη της αρχικής. Καθώς οι αλληλεπιδράσεις με τις συνιστώσες του φάσματος των οποίων η συχνότητα είναι μικρότερη αρχικής συχνότητας αιχμής σταματούν, και ενώ δεν είναι πλέον δυνατή η μεταφορά ενέργειας από το άνεμο σε αυτές, αποκόπτονται και διαδίδονται ως ανεξάρτητοι κυματισμοί οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως ρεστίες. Τα δύο ανεξάρτητα συστήματα (ρεστία και ανεμογενείς κυματισμοί) εμφανίζονται στο ενεργειακό φάσμα ως δύο περιοχές αιχμής, από τις οποίες η ρεστία αντιστοιχεί σε εκείνη των χαμηλότερων συχνοτήτων.

Αντίστοιχη είναι και η περίπτωση κατά την οποία επέρχεται απότομη μεταβολή της διεύθυνσης πνοής του ανέμου (τυπικά μεγαλύτερη των 30°), προκαλώντας την σταδιακή μετατόπιση του κατευθυντικού φάσματος και της κύριας διεύθυνσης των κυματισμών προς την νέα διεύθυνση πνοής. Στην περίπτωση αυτή, για ορισμένες συνιστώσες, το γεγονός αυτό ισοδυναμεί με μείωση της ταχύτητας πνοής στην διεύθυνση διάδοσής τους. Έτσι ένα τμήμα του αρχικού κατευθυντικού φάσματος αποκόπτεται και οι συνιστώσες αυτές δημιουργούν ένα ανεξάρτητο σύστημα ρεστίας και διαδίδονται ως ανεξάρτητοι μονοχρωματικοί κυματισμοί.

Ρεστίες επίσης διαμορφώνονται όταν οι ανεμογενείς κυματισμοί διαδίδονται πέραν του πεδίου πνοής του ανέμου. Σε κάθε περίπτωση, εάν οι ρεστίες κατά την διάδοσή τους δεν συναντήσουν ένα κατάλληλο πεδίο πνοής (ήτοι επαρκώς υψηλή ταχύτητα και αντίστοιχη διεύθυνση πνοής) που να τις επαναπορροφήσει στους ανεμογενείς κυματισμούς, μπορούν να διαδοθούν σε μεγάλες αποστάσεις και εμφανίζονται στο ενεργειακό φάσμα ως διακριτές συχνότητες.

Κατά την διάδοση των κυματισμών ανοικτής θαλάσσης προς την ακτή τα χαρακτηριστικά τους (ύψος κύματος, μήκος κύματος, και διεύθυνση) υπόκεινται σε σταδιακή μεταβολή. Τα φαινόμενα που προκαλούν τις αλλαγές των χαρακτηριστικών είναι κυρίως η διάθλαση, η ρήχυνση, και η θραύση κυματισμών λόγω περιορισμένου βάθους. Επιπλέον, παρατηρούνται απώλειες ενέργειας λόγω τριβής στον πυθμένα ενώ σε μικρά βάθη λαμβάνει χώρα μεταφορά ενέργειας από τις χαμηλές συχνότητες στις υψηλές (τριαδικές αλληλεπιδράσεις, triad wave interactions).

Διάθλαση (refraction) ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο η διεύθυνση ενός κύματος αλλάζει, καθώς αυτό διαδίδεται προς τα ρηχά νερά υπό γωνία ως προς τις βυθομετρικές καμπύλες. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο ότι το τμήμα του μετώπου κύματος που βρίσκεται στα ρηχά κινείται πιο αργά από το τμήμα που ευρίσκεται σε βαθύτερα νερά. Έτσι το μέτωπο κύματος καμπυλώνεται και τείνει να γίνει παράλληλο προς τις βυθομετρικές καμπύλες, ενώ οι ορθογωνικές γραμμές που δείχνουν την πορεία φανταστικών σημείων επί των μετώπων των κυμάτων τείνουν να γίνουν κάθετες στις βυθομετρικές καμπύλες. Βάσει της γραμμικής θεωρίας κυμάτων (linear wave theory ή small amplitude wave theory), η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων καθίσταται ανεξάρτητη του βάθους θαλάσσης για βάθη μεγαλύτερα του μισού μήκους κύματος περίπου, συνεπώς το φαινόμενο της διαθλάσεως εμφανίζεται μόνο στις περιοχές μικρού βάθους (βάθος θαλάσσης μικρότερο του μισού μήκους κύματος).

Το φαινόμενο της ρηχύνσεως (shoaling) επιφέρει αύξηση του ύψους κύματος που οφείλεται στη μείωση της ταχύτητας και του μήκους κύματος λόγω της μείωσης του βάθους θαλάσσης.

2.2.2 Περιγραφή του λογισμικού STWAVE

Το λογισμικό STWAVE (STeady-state WAVE model) που χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη, αναπτύχθηκε από το US Army Corps of Engineers για την προσομοίωση της ανάπτυξης και διάδοσης των κυματισμών στην ανοικτή θάλασσα καθώς και σε παράκτιες περιοχές.

Η ακρίβεια των κυματικών μοντέλων υψηλού επιστημονικού επιπέδου, όπως το STWAVE, είναι της τάξης του 5-15%. Η ακρίβεια των υπολογισμών εξαρτάται από την πολυπλοκότητα της περιοχής μελέτης, όπως απότομες κλίσεις πυθμένα, μεταβλητά χαρακτηριστικά υλικού πυθμένα, πολύπλοκη γεωμετρία ακτών κλπ., και μπορεί να είναι τοπικά μειωμένη. Όσον αφορά την παρούσα μελέτη, η εφαρμογή του κυματικού μοντέλου STWAVE, έκδοση 3.0, είναι επαρκής, λόγω της ομαλής βαθυμετρίας στην περιοχή μελέτης και της μορφολογίας της περιοχής.

Πρόκειται για ένα τρίτης γενεάς, χρονικά μη μεταβαλλόμενο αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης της διάδοσης της κυματικής ενέργειας η οποία περιγράφεται από την ακόλουθη διαφορική εξίσωση.

$$C_{gx} \frac{\partial}{\partial x} (C_g c_x N) + C_{gy} \frac{\partial}{\partial y} (C_g c_y N) = \frac{S}{\sigma} \quad (2.1)$$

όπου $N = F/\sigma$ η πυκνότητα δράσης που ορίζεται σαν το λόγο της φασματικής πυκνότητας $F(\sigma, \theta)$ και της κυκλικής συχνότητας σ , θ η διεύθυνση διάδοσης της φασματικής πυκνότητας, c_x και c_y η ταχύτητα διάδοσης των συνιστωσών της φασματικής πυκνότητας στις δύο οριζόντιες διευθύνσεις, C_g η απόλυτη ταχύτητα ομάδας (ταχύτητα διάδοσης της κυματικής ενέργειας) στην διεύθυνση θ και C_{gx} και C_{gy} οι συνιστώσες αυτής στις διευθύνσεις x και y αντίστοιχα και S ο ρυθμός εισροής ενέργειας από τον άνεμο, απώλειας ενέργειας από τη θραύση των κυματισμών καθώς και μεταφοράς ενέργειας μεταξύ συχνοτήτων. Η εξίσωση διάδοσης ενέργειας (2.1) επιλύεται με αριθμητικές μεθόδους, που βασίζονται σε αριθμητικά σχήματα πεπερασμένων διαφορών.

Μεταξύ άλλων το STWAVE (v. 3.0) περιλαμβάνει τις ακόλουθες φυσικές διεργασίες:

- φαινόμενα διαθλάσεως και ρηχύνσεως σε πυθμένα μεταβλητής βυθομετρίας
- φαινόμενα περιθλάσεως λόγω της παρουσίας ρευμάτων
- περίθλαση εξ αιτίας της παρουσίας εμποδίων (φυσικών ή τεχνικών) τα οποία μερικώς εμποδίζουν την διάδοση των κυματισμών
- τοπική δημιουργία και ανάπτυξη κυματισμών υπό την επενέργεια του ανέμου
- απώλειες ενέργειας λόγω θραύσης λόγω μικρού βάθους
- απώλειες ενέργειας λόγω θραύσης κυματισμών μεγάλης κλίσης (whitcapping)
- τετραδικές αλληλεπιδράσεις των κυμάτων (quadruplet non-linear wave-wave interactions)

2.3 ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

Ο υπολογισμός του παρακτίου κυματικού κλίματος επιτυγχάνεται με προσομοίωση της διάδοσης του κυματικού κλίματος της ανοικτής θαλάσσης προς την ακτή. Οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό STWAVE, έκδοση 3.0 σε διακριτοποιημένες θέσεις που αντιστοιχούν στους κόμβους ορθογωνικών υπολογιστικών και βυθομετρικών κανάβων κατάλληλης πυκνότητας.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται τα στοιχεία των υπολογιστικών και βυθομετρικών κανάβων (έκταση, πυκνότητα, κλπ.) και οι εξετασθείσες περιπτώσεις κυματισμών πελάγους.

2.3.1 Υπολογιστικοί κανάβοι και σημεία ελέγχου

Δεδομένου ότι ο υπολογιστικός κανάβος που απαιτείται για την προσομοίωση του παράκτιου κλίματος είναι της τάξης των 100 μέτρων, δεν είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί ένας ενιαίος κανάβος για όλη τη περιοχή μελέτης της κυματικής διάδοσης η οποία εκτείνεται μέχρι το δυτικό άκρο της νότιας ακτής της Κρήτης. Συνεπώς κρίθηκε σκόπιμο να υιοθετηθούν δύο περιοχές ελέγχου σε κάθε μία από τις οποίες ο κανάβος διαμορφώθηκε με επαρκή πυκνότητα ώστε αφενός να ανταποκρίνεται στα μορφολογικά / βυθομετρικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής και αφετέρου να αντισταθμιστεί ο χρόνος που απαιτείται για την πραγματοποίηση των προσομοιώσεων και η ανάλυση του πεδίου. Έτσι υιοθετήθηκαν οι κατωτέρω περιοχές ελέγχου:

- Ευρύτερη περιοχή ελέγχου, η οποία καλύπτει μία περιοχή 73×170 km και εκτείνεται από το Δυτικό άκρο της Κρήτης έως την θαλάσσια περιοχή νότια του κόλπου Μεσαρά και περιλαμβάνει τις νήσους Γαύδο και Γαυδοπούλα. Το εξωτερικό όριο της περιοχής ελέγχου (άξονας Υ) έχει ΝΑ – ΒΔ προσανατολισμό (Σχήμα 2.1).
- Εγγύτερη περιοχή ελέγχου, η οποία εντοπίζεται στο εσωτερικό του κόλπου Μεσαρά και περιλαμβάνει την υπό μελέτη περιοχή. Το εξωτερικό όριο της περιοχής ελέγχου (άξονας Υ) έχει ΝΑ – ΒΔ προσανατολισμό (Σχήμα 2.2).

Στην ευρύτερη περιοχή ελέγχου εφαρμόσθηκε ένας αραιός κανάβος 500×500 μ, ο οποίος είναι κατάλληλος για την προσομοίωση της διάδοσης των κυματισμών και τον προσδιορισμό των εκάστοτε κυματικών χαρακτηριστικών στο εξωτερικό όριο της εγγύτερης περιοχής ελέγχου. Οι οριακές συνθήκες κατά μήκος του εξωτερικού ορίου του κανάβου αντιστοιχούν στους κυματισμούς πελάγους.

Ο κানাβος στην εγγύτερη περιοχή ελέγχου είναι 100×100 μέτρα και είναι κατάλληλος για να αποδοθεί με ακρίβεια το κυματικό κλίμα στο εσωτερικό του κόλπου Μεσαρά και ειδικότερα κατά μήκος της παράκτιας ζώνης. Οι οριακές συνθήκες στους κόμβους του εξωτερικού ορίου της εγγύτερης περιοχής ελέγχου προσδιορίζονται από την παρεμβολή των κατευθυντικών φασμάτων που υπολογίσθηκαν στους κόμβους του κανάβου της ευρύτερης περιοχής ελέγχου κατά μήκος του ορίου για κάθε μία από τις εξεταζόμενες κυματικές συνθήκες πελάγους.

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των υπολογιστικών κανάβων στις δύο περιοχές ελέγχου.

Χαρακτηριστικά Καννάβου	Υπολογιστικός Καννάβος	
	Ευρύτερη Π.Ε.	Εγγύτερη Π.Ε.
Αξιμούθιο άξονα X, θ	45°B	45°B
Διάσταση κελιών στην διεύθυνση X, m_x	500 μ	100 μ
Διάσταση κελιών στην διεύθυνση Y, m_y	500 μ	100 μ
Μήκος κανάβου στην διεύθυνση X, m_x	73 km	10 km
Μήκος κανάβου στην διεύθυνση Y, m_y	170 km	23 km

Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά υπολογιστικών κανάβων.

Οι κυματικές συνθήκες κατά μήκος της παράκτιας ζώνης εκτιμώνται σε 12 σημεία ελέγχου (Σχήμα 2.2) διανεμημένα μεταξύ των Ματάλων (σημείο ελέγχου 0) και της Αγίας Γαλήνης (σημείο ελέγχου 11). Όλα τα σημεία ελέγχου ευρίσκονται πλησίον της ισοβαθούς των 10μ, ήτοι σε βάθη πριν την ζώνη θραύσης.

2.3.2 Βυθομετρικοί κανάβοι

Η βυθομετρία της ευρύτερης περιοχής καθώς και του κόλπου Μεσαρά προσδιορίστηκε από τον Ναυτικό Χάρτη 433, Έκδοση 1998, («Ν. Κρήτη – Δυτικό Τμήμα», , Κλίμακα 1:100000) της Υδρογραφικής Υπηρεσίας Πολεμικού Ναυτικού.

Η βαθυμετρία της ευρύτερης περιοχής χαρακτηρίζεται από τα μεγάλα βάθη τα οποία υπερβαίνουν τα 1000μ. Στο μεγαλύτερο τμήμα του νότιου τμήματος της Κρήτης, η ισοβαθής των 50μ εντοπίζεται σε απόσταση 200 – 1500μ περίπου από τις ακτές.

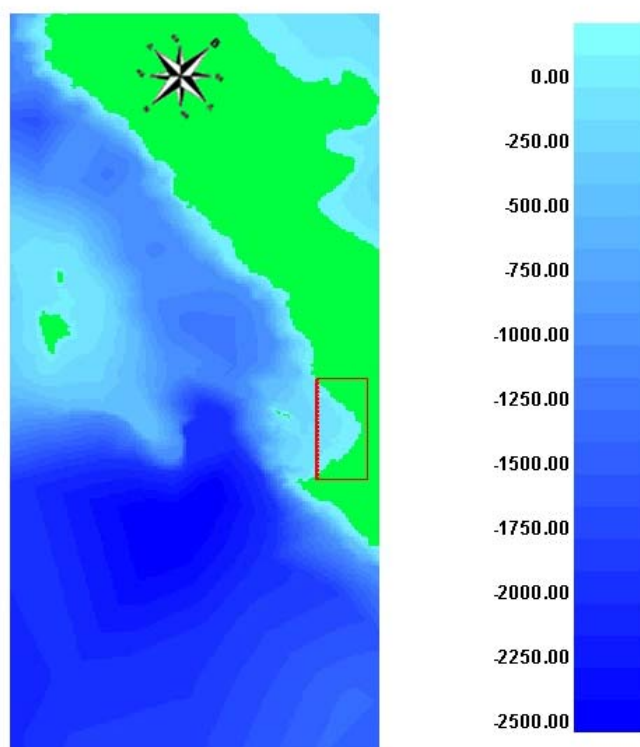
Στην περιοχή του κόλπου Μεσαρά το βάθος δεν υπερβαίνει τα 200μ. Οι ισοβαθείς μέχρι τα 100μ ακολουθούν, ως επί το πλείστον, την ακτογραμμή. Η παράκτια περιοχή μεταξύ του

Κορμού και της Αγίας Γαλήνης εμφανίζει ομαλή βυθομετρία, με την ισοβαθή των 10μ σε απόσταση 500 – 800μ από την ακτή.

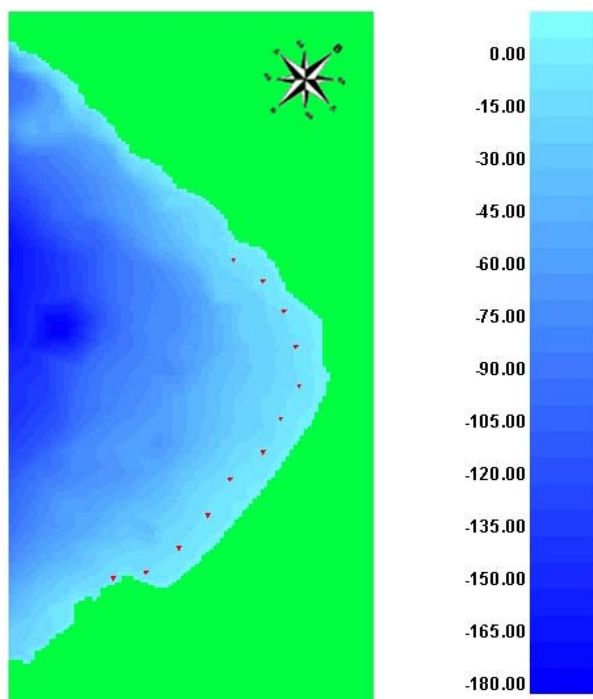
Στα ΝΔ του κόλπου Μεσαρά ευρίσκονται η νήσος Γαύδος και η νησίδα Γαυδοπούλα. Στην περιοχή αυτή διαμορφώνεται ένας αβαθής σχηματισμός όπου το βάθος δεν υπερβαίνει τα 65μ, ο οποίος επηρεάζει τους κυματισμούς που διευθύνονται προς τον κόλπο Μεσαρά. Στο όριο του όρμου προς το πέλαγος υπάρχουν οι νησίδες Παξιμάδια που λόγω της μικρής έκτασης και προσανατολισμού τους δεν επηρεάζουν σημαντικά τους κυματισμούς που διαδίδονται προς την περιοχή μελέτης.

Η βυθομετρία της ευρύτερης περιοχής του δυτικού τμήματος των νότιων ακτών της Κρήτης αντιπροσωπεύεται με έναν βυθομετρικό κανάβο πυκνότητας ίσης με εκείνης του αντίστοιχου υπολογιστικού κανάβου ($\Delta x = \Delta y = 500\mu$), έτσι ώστε να αποτυπώνονται με επαρκή ακρίβεια οι διακυμάνσεις του βάθους, οι νησίδες και οι νότιες ακτές της Κρήτης, σε σχέση με την ζητούμενη ανάλυση του κυματικού πεδίου.

Οι διαστάσεις των κελιών του βυθομετρικού κανάβου στην εγγύτερη περιοχή ελέγχου είναι ίση με του αντίστοιχου υπολογιστικού κανάβου ($\Delta x = \Delta y = 100\mu$), η οποία κρίνεται επαρκής για την ψηφιοποίηση της ομαλής βυθομετρίας της περιοχής και την αποτύπωση της ακτογραμμής.



Σχήμα 2.1: Ευρύτερη περιοχή ελέγχου. Η διεύθυνση του άξονα X (οριζόντιος άξονας) είναι ΒΑ. Το ορθογώνιο αντιστοιχεί στην εγγύτερη περιοχή ελέγχου.



Σχήμα 2.2: Εγγύτερη περιοχή ελέγχου. Η διεύθυνση του άξονα X (οριζόντιος άξονας) είναι ΒΑ. Τα κόκκινα τρίγωνα αντιστοιχούν στα σημεία ελέγχου.

2.3.3 Εξετασθείσες περιπτώσεις

Η ανάλυση κυματικής διάδοσης αφορά τις κυματικές συνθήκες πελάγους που διαμορφώνουν το κυματικό κλίμα στα ανοικτά του δυτικού τμήματος των νότιων ακτών της Κρήτης καθώς και των ακραίων κυματικών συνθηκών (κυματισμοί πεντηκονταετίας) στην ίδια περιοχή.

Όσον αφορά τις ακραίες κυματικές συνθήκες ανοικτού πελάγους αυτές προσδιορίστηκαν στο Παράρτημα 1.

Το μέσο ετήσιο κυματικό κλίμα στην θαλάσσια περιοχή του Λιβυκού πελάγους πλησίον του δυτικού τμήματος της Κρήτης προσδιορίστηκε από την στατιστική επεξεργασία των καταγραφών της βάσης δεδομένων του KNMI. Επειδή οι καταγραφές της περιόδου των κυματισμών δεν μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστες, η περίοδος αιχμής προσδιορίστηκε με βάση εμπειρικές σχέσεις ανάπτυξης των κυματισμών των Kahma-Calcoen:

$$\frac{gH_s}{U_{10}^2} = \alpha_1 F_*^{b_1} \quad (2.2\alpha)$$

$$\frac{gT_p}{U_{10}} = \alpha_2 F_*^{b_2} \quad (2.2\beta)$$

όπου F_* είναι το αδιάστατο ανάπτυσμα (το οποίο απαλείφεται από τις δύο σχέσεις) και $\alpha_1 = 2.88 \times 10^{-3}$, $\alpha_2 = 0,459$, $b_1 = 0,45$, $b_2 = 0,47$ σταθερές.

Από τις ανωτέρω σχέσεις προκύπτει η ακόλουθη σχέση μεταξύ περιόδου αιχμής, σημαντικού ύψους κύματος και ταχύτητας πνοής του ανέμου:

$$T_p = 15.353 g^{-2/5} H_s^{3/5} U_{10}^{1/5} \quad (2.3)$$

Θεωρώντας επιπλέον ότι η διεύθυνση πνοής του ανέμου συμπίπτει με την κύρια διεύθυνση των κυματισμών, επιλέχθηκαν οι διευθύνσεις εκείνες που εμπίπτουν στον τομέα $135^\circ\text{B} - 315^\circ\text{B}$ για κυματισμούς με ύψος μεγαλύτερο των $0,25\mu$. Οι παρατηρήσεις καταχωρήθηκαν σε κλάσεις ύψους ($0,5\mu$), περιόδου ($2,0\text{sec}$) και διεύθυνσης των κυματισμών (30°), των οποίων το ποσοστό εμφάνισης στο δείγμα αντιστοιχεί στην μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης κάθε κλάσης.

Συγκεκριμένα εξετάστηκαν 84 συνολικά συνδυασμοί κλάσεων ύψους, περιόδου και διεύθυνσεως κυματισμών (βλ. τέλος παραρτήματος), για τις οποίες υπάρχει τουλάχιστον μία παρατήρηση στη βάση δεδομένων του KNMI.

2.4 ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΚΥΜΑΤΙΚΟ ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΑΚΡΑΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

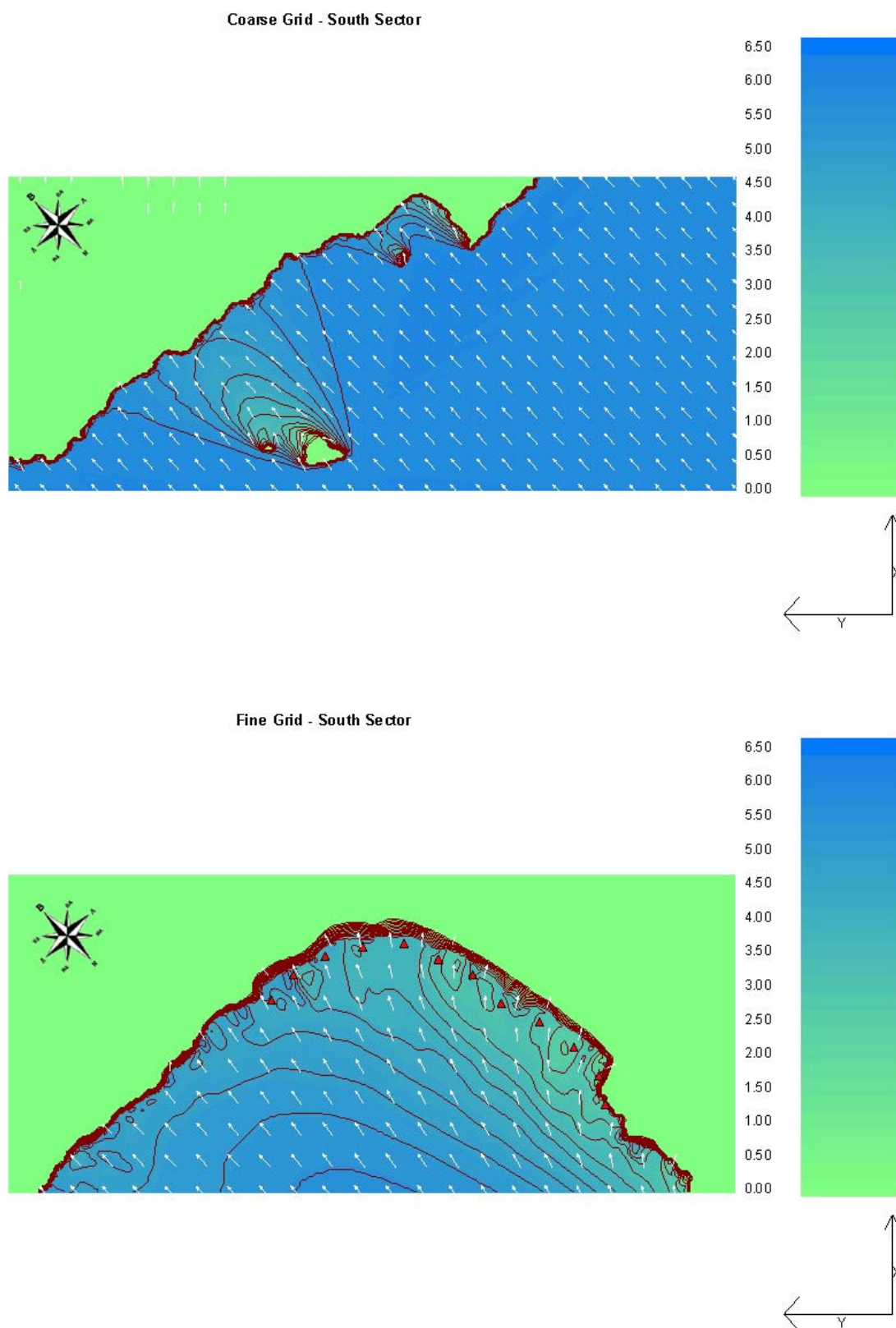
2.4.1 *Παράκτιες κυματικές συνθήκες από κυματισμούς πεντηκονταετίας*

Στα Σχήματα 2.3α έως 2.3γ δίδεται ένα παράδειγμα των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης της διάδοσης των κυματισμών πεντηκονταετίας από τους τομείς Ν, ΝΔ και Δ, στη ευρύτερη θαλάσσια περιοχή του δυτικού τμήματος των νότιων ακτών Κρήτης καθώς και στην παράκτια ζώνη του κόλπου Μεσαρά.

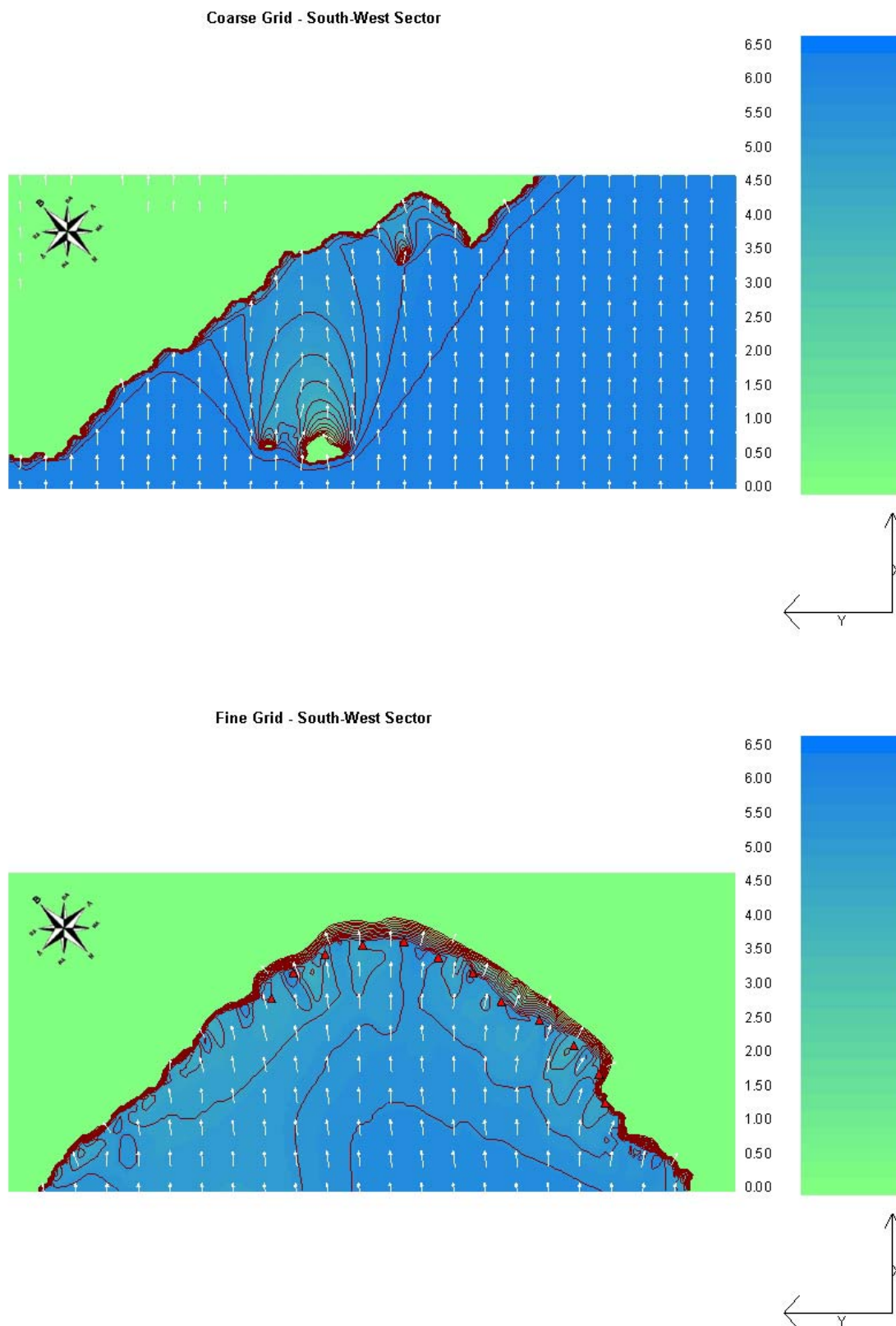
Οι κυματικές συνθήκες στα 11 σημεία ελέγχου κατά μήκος της ακτής εμφανίζουν σημαντικές διακυμάνσεις κάτω από τις ίδιες κυματικές συνθήκες πελάγους αλλά και σε κάθε σημείο ξεχωριστά σημαντικές διαφορές προκύπτουν αναφορικά με την κύρια διεύθυνση των κυματισμών πελάγους.

Οι πλέον δυσμενείς συνθήκες κατά μήκος των ακτών του κόλπου Μεσαρά προκαλούνται από κυματισμούς από τον Νοτιοδυτικό τομέα. Στην περιοχή του Τυμπακίου (Σημεία Ελέγχου 5 και 6) έως τον Κόκκινο Πύργο (Σημεία Ελέγχου 7 και 8), το ύψος κύματος από κυματισμούς πελάγους πεντηκονταετίας κυμαίνεται περίπου από 3,30μ έως 5,50μ.

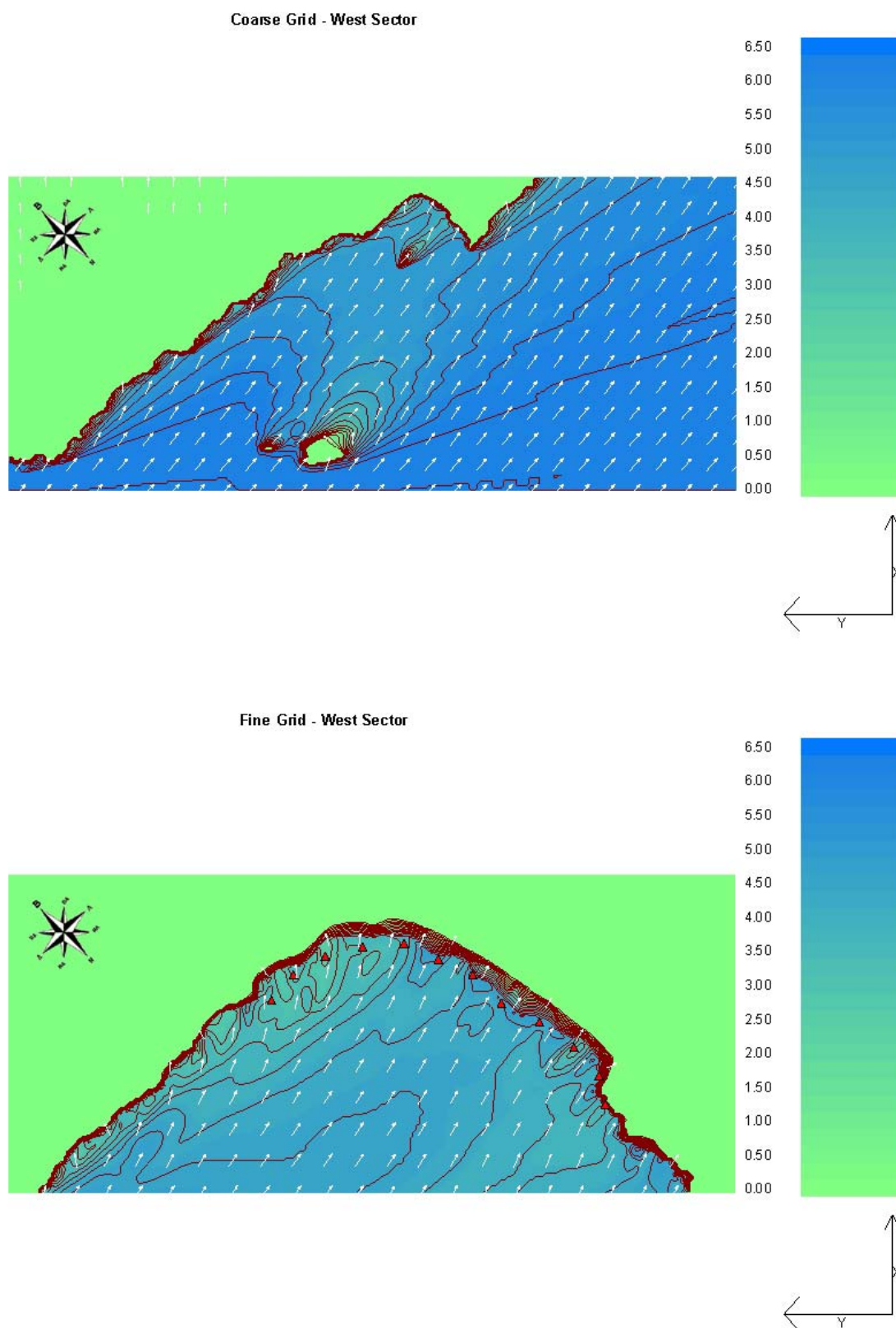
Τα πινακοποιημένα αποτελέσματα για κάθε σημείο ελέγχου και κύρια διεύθυνση κυματισμών είναι στην κατοχή της ΑΔΚ Σύμβουλοι Μηχανικοί.



Σχήμα 2.3α: Προσομοίωση κυματικής διάδοσης κυματισμών από τον Νότιο τομέα



Σχήμα 2.3β: Προσομοίωση κυματικής διάδοσης κυματισμών από τον Νότιοδυτικό τομέα



Σχήμα 2.3γ: Προσομοίωση κυματικής διάδοσης κυματισμών από τον Δυτικό τομέα

2.4.2 Μέσο ετήσιο παράκτιο κυματικό κλίμα

Το μέσο ετήσιο κυματικό κλίμα στα σημεία ελέγχου κατά μήκος της παράκτιας ζώνης προκύπτει από την προσομοίωση των 84 κυματικών συνθηκών πελάγους. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων για τα σημεία ελέγχου 0 – 11 δίδονται σε μορφή πίνακα στο τέλος του παρόντος παραρτήματος.

Οι κυματικές συνθήκες έχουν ταξινομηθεί σύμφωνα με την διεύθυνση των κυματισμών πελάγους (μετεωρολογική σύμβαση) από την ΝΑ-Ν έως την Δ-ΒΔ διεύθυνση και παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 2.2.

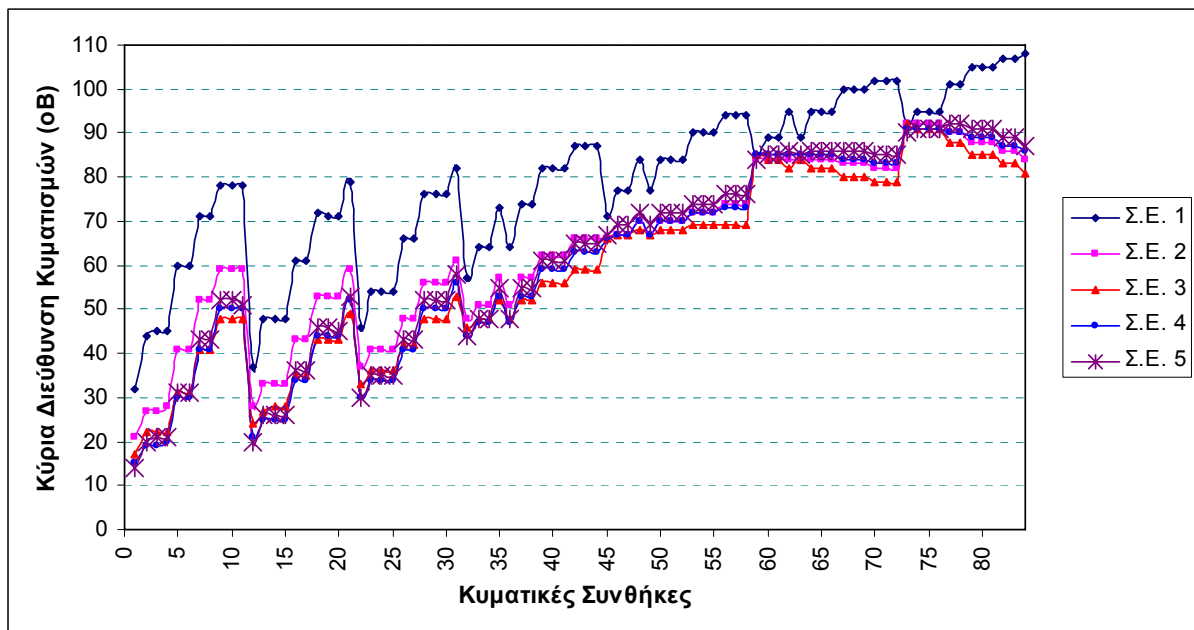
Διεύθυνση Κυματισμών Πελάγους		Κυματικές Συνθήκες Πελάγους
ΝΑ	142,5°Β	1 – 11
ΝΑ – Ν	165°Β	12 – 21
Ν - ΝΔ	195°Β	22 – 31
ΝΔ	225°Β	32 – 49
ΝΔ – Δ	255°Β	50 – 58
Δ – ΒΔ	285°Β	59 – 72
ΒΔ	307,5°Β	73 – 84

Πίνακας 2.2: Συνοπτικός πίνακας κυματικών συνθηκών πελάγους

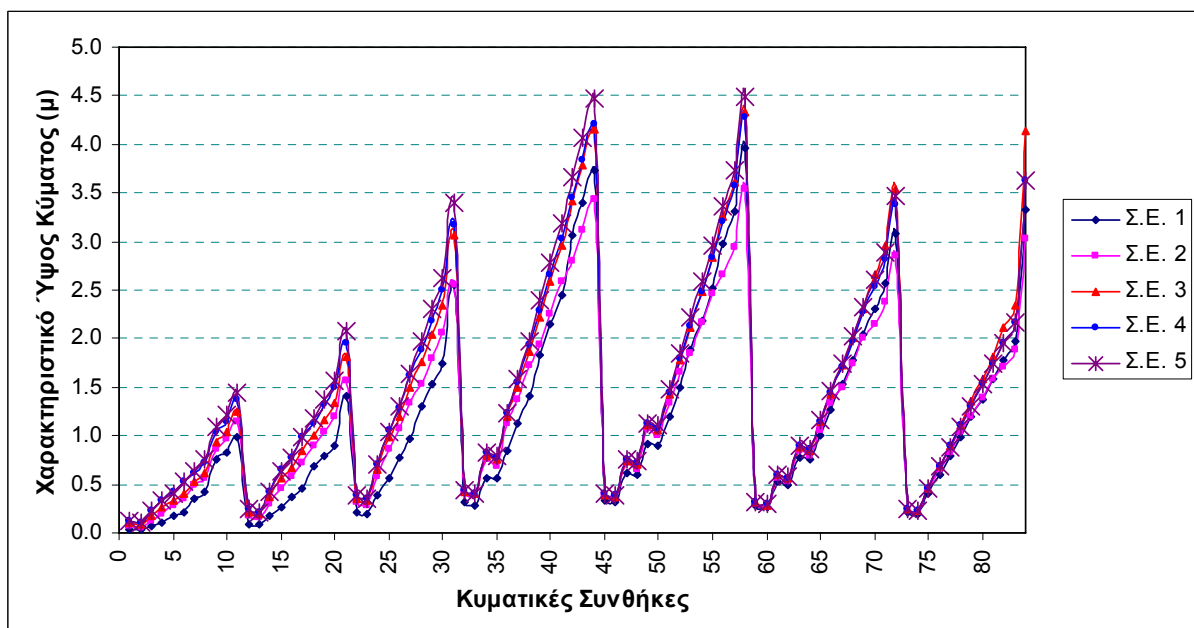
Στα σχήματα 2.4, 2.5 και 2.6 παρουσιάζονται η κύρια διεύθυνση και το χαρακτηριστικό ύψος των κυματισμών στο τμήμα μεταξύ του Κομμού και του αεροδρομίου (σημεία ελέγχου 1 – 5), από το αεροδρόμιο έως στην περιοχή μετά τον Κόκκινο Πύργο (σημεία ελέγχου 6 – 8) και το τμήμα μέχρι την Αγία Γαλήνη (σημεία ελέγχου 9 – 11).

Οι κυματισμοί του Ν – ΝΔ τομέα (180 °Β – 245°Β) είναι οι πλέον δυσμενείς για τη νότια ακτή μεταξύ Κόκκινου Πύργου και Αγίας Γαλήνης, με το ύψος κύματος να φθάνει τα 4,70μ. Στην ακτή μεταξύ του Κομμού και του Κόκκινου Πύργου δυσμενέστεροι είναι οι κυματισμοί με διεύθυνση 210 °Β – 270°Β όπου το ύψος κύματος φθάνει τα 4,50μ.

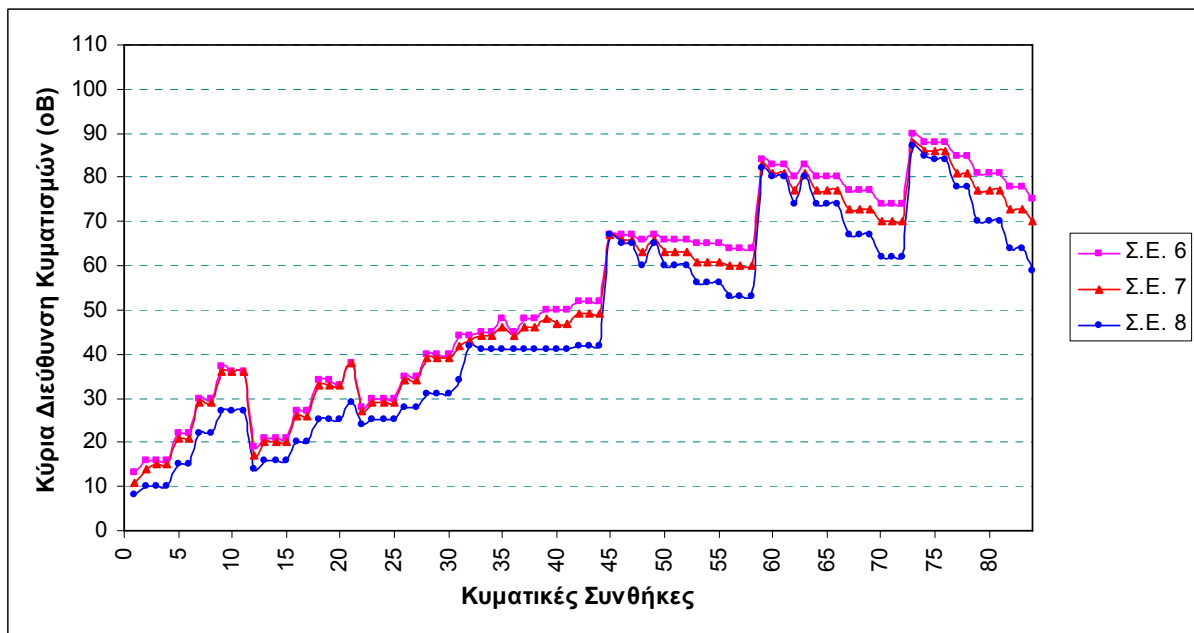
Στους Πίνακες 2.3 έως 2.6 παρουσιάζεται η κατευθυντική κατανομή του ύψους κύματος στα σημεία ελέγχου 5 έως 8 αντίστοιχα. Η διεύθυνση των κυματισμών στους πίνακες αυτούς εμφανίζεται με την ωκεανογραφική σήμανση, ήτοι η διεύθυνση 0°Β αντιστοιχεί σε κυματισμούς με διεύθυνση προς τον Βορρά, ενώ 90°Β προς τα ανατολικά.



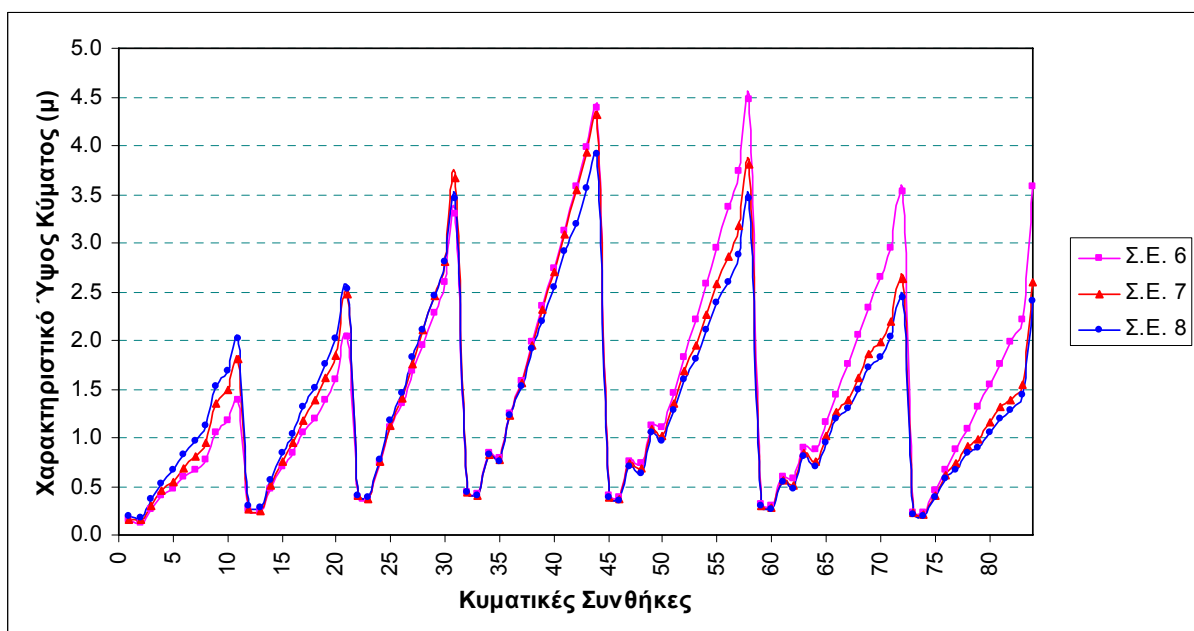
Σχήμα 2.4α: Κύρια διεύθυνση κυματισμών για τις εξετασθείσες περιπτώσεις κυματισμών πελάγους στα σημεία ελέγχου (Σ.Ε.) 1 – 5.



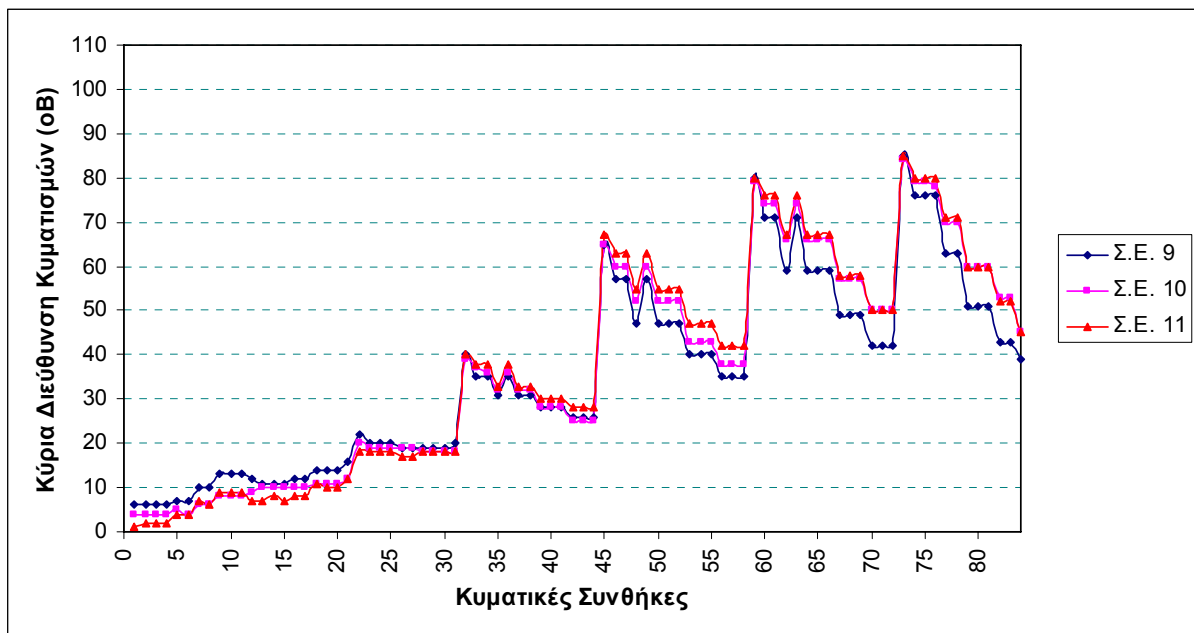
Σχήμα 2.4β: Χαρακτηριστικό ύψος κύματος για τις εξετασθείσες περιπτώσεις κυματισμών πελάγους στα σημεία ελέγχου (Σ.Ε.) 1 – 5.



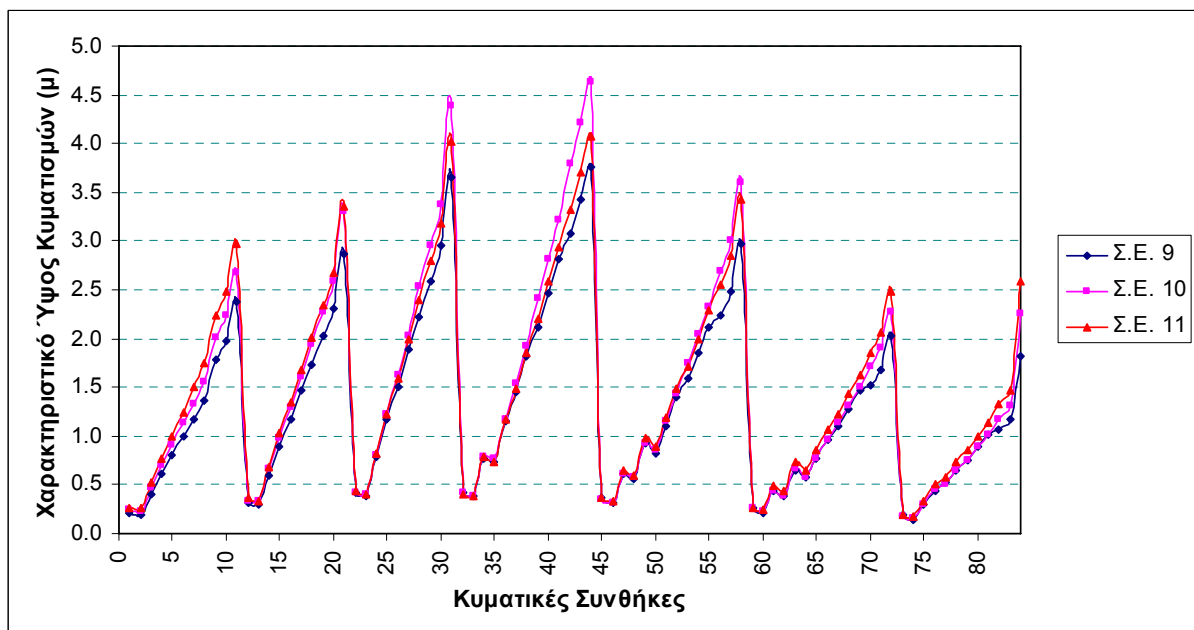
Σχήμα 2.5α: Κύρια διεύθυνση κυματισμών για τις εξετασθείσες περιπτώσεις κυματισμών πελάγους στα σημεία ελέγχου (Σ.Ε.) 6 – 8.



Σχήμα 2.5β: Χαρακτηριστικό ύψος κύματος για τις εξετασθείσες περιπτώσεις κυματισμών πελάγους στα σημεία ελέγχου (Σ.Ε.) 6 – 8.



Σχήμα 2.6α: Κύρια διεύθυνση κυματισμών για τις εξετασθείσες περιπτώσεις κυματισμών πελάγους στα σημεία ελέγχου (Σ.Ε.) 9 – 11.



Σχήμα 2.6β: Χαρακτηριστικό ύψος κύματος για τις εξετασθείσες περιπτώσεις κυματισμών πελάγους στα σημεία ελέγχου (Σ.Ε.) 9 – 11.

Ύψος Κύματος(μ)	Κύρια διεύθυνση κυματισμών (°B)								
	0 – 10	10– 20	20 –30	30 –40	40 –50	50 –60	60 –70	70 –80	80 – 90
0 – 0.25	0	0.7621	0.1296	0	0	0	0	0	1.3221
0.25 – 0.75	0	1.9961	3.1885	0	2.0116	0	5.4594	0.0207	12.9148
0.75 – 1.25	0	0	0.4822	0.0622	1.9287	0	5.9985	1.1769	2.8878
1.25 – 1.75	0	0	0	0.2126	0.2955	0	1.0939	0.7258	0.0933
1.75 – 2.25	0	0	0	0.0363	0.1244	0	0.8399	0.1244	0.0311
2.25 – 2.75	0	0	0	0.0156	0.1089	0	0.0674	0.0881	0
2.75 – 3.25	0	0	0	0	0.0156	0	0.0726	0.0156	0
3.25 – 3.75	0	0	0	0	0.0052	0.0052	0.0467	0.0156	0
3.75 – 4.25	0	0	0	0	0	0.0156	0	0	0
4.25 – 4.75	0	0	0	0	0	0.0052	0.0052	0	0

Πίνακας 2.3: Κατευθυντική συχνότητα εμφάνισης κυματισμών (%) – Σημείο Ελέγχου 5 Τυμπάκι)

Ύψος Κύματος(μ)	Κύρια διεύθυνση κυματισμών (°B)								
	0 – 10	10 –20	20 –30	30 –40	40 –50	50 –60	60 –70	70 –80	80 – 90
0 – 0.25	0	0.8917	0	0	0	0	0	0	1.3221
0.25 – 0.75	0	2.8567	1.8976	0	2.0116	0	9.6589	0.0207	13.2207
0.75 – 1.25	0	0.4096	0.5029	0	1.9287	0	1.7990	1.2702	2.5819
1.25 – 1.75	0	0	0	0.1918	0.2955	0	1.6280	0.8814	0
1.75 – 2.25	0	0	0	0.1141	0.1244	0	0.3266	0.0830	0
2.25 – 2.75	0	0	0	0.0156	0.1089	0	0.1555	0	0
2.75 – 3.25	0	0	0	0.0052	0.0156	0.0467	0	0	0
3.25 – 3.75	0	0	0	0	0.0104	0	0	0	0
3.75 – 4.25	0	0	0	0	0.0156	0.0052	0	0	0
4.25 – 4.75	0	0	0	0	0.0052	0	0	0	0

Πίνακας 2.4: Κατευθυντική συχνότητα εμφάνισης κυματισμών (%) – Σημείο Ελέγχου 6 (Τυμπάκι)

Ύψος Κύματος(μ)	Κύρια διεύθυνση κυματισμών (°Β)								
	0 – 10	10 –20	20 –30	30 –40	40 –50	50 –60	60 –70	70 –80	80 – 90
0 – 0.25	0.7621	0	0	0	0	0	0	0	1.3221
0.25 – 0.75	0.7932	2.2760	1.1302	0	2.0116	0.0570	9.6018	5.9156	7.3310
0.75 – 1.25	0	0.5807	0.9643	0	1.9287	0.0052	1.9183	4.2462	0
1.25 – 1.75	0	0.0518	0.1815	0	0.2955	1.6280	0.4407	0	0
1.75 – 2.25	0	0	0.0933	0.0311	0.2022	0.3733	0.0207	0	0
2.25 – 2.75	0	0	0.0052	0.0104	0.0311	0.1141	0.0104	0	0
2.75 – 3.25	0	0	0	0.0052	0.0207	0.0104	0	0	0
3.25 – 3.75	0	0	0	0.0052	0.0156	0.0052	0	0	0
3.75 – 4.25	0	0	0	0	0.0052	0	0	0	0
4.25 – 4.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 2.5: Κατευθυντική συχνότητα εμφάνισης κυματισμών (%) – Σημείο Ελέγχου 7 (Κόκκινος Πύργος)

Ύψος Κύματος(μ)	Κύρια διεύθυνση κυματισμών (°Β)								
	0 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 60	60 – 70	70 – 80	80 – 90
0 – 0.25	0.7621	0	0	0	0	0	0	0.6014	1.1873
0.25 – 0.75	0.7932	2.3175	1.0058	2.0168	0.0570	4.7024	5.3712	14.8901	0
0.75 – 1.25	0.1296	1.4932	0	1.9235	1.3428	3.5825	0	0	0
1.25 – 1.75	0.0052	0.2229	0	0.6014	0.7518	0	0	0	0
1.75 – 2.25	0	0.1244	0.0778	0.3059	0.0104	0	0	0	0
2.25 – 2.75	0	0.0207	0.0311	0.0104	0	0	0	0	0
2.75 – 3.25	0	0.0104	0.0207	0.0052	0	0	0	0	0
3.25 – 3.75	0	0.0052	0.0156	0	0	0	0	0	0
3.75 – 4.25	0	0	0.0052	0	0	0	0	0	0
4.25 – 4.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 2.6: Κατευθυντική συχνότητα εμφάνισης κυματισμών (%) – Σημείο Ελέγχου 8 (Κόκκινος Πύργος)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

McKee Smith, J, Sherlock, A.R. and Resio,D. (2001): STWAVE: Steady-State Spectral Wave Model - User's Manual for STWAVE, Version 3.0, Coastal and Hydraulics laboratory, Report ERDC/CHL-SR-01-1.

Πίνακες Αποτελεσμάτων Προσομοιώσεων για τα Σημεία Ελέγχου 0 – 11

Κυματικές Συνθήκες	Χαρακτηριστικά Κυματισμών Πελάγους			Πιθανότητα (%)	Διάρκεια (ώρες/έτος)	Σταθμός Ελέγχου 0				Σταθμός Ελέγχου 1				Σταθμός Ελέγχου 2			
	Hs	Tr	Θ			Hs	Tr	Θ	Θ(°Β)	Hs	Tr	Θ	Θ(°Β)	Hs	Tr	Θ	Θ(°Β)
1	0,50	3,0	82,5	0,7051	61,77	0,08	3,00	26,00	19,00	0,04	3,00	13,00	32,00	0,07	3,00	24,00	21,00
2	0,50	5,0	82,5	0,0570	5,00	0,07	4,80	18,00	27,00	0,03	4,80	1,00	44,00	0,06	4,80	18,00	27,00
3	1,00	5,0	82,5	0,5236	45,87	0,14	4,80	17,00	28,00	0,07	4,80	0,00	45,00	0,13	4,80	18,00	27,00
4	1,50	5,0	82,5	0,2696	23,62	0,21	4,80	17,00	28,00	0,11	4,80	0,00	45,00	0,19	4,80	17,00	28,00
5	2,00	7,0	82,5	0,0830	7,27	0,29	6,70	4,00	41,00	0,17	6,70	-15,00	60,00	0,28	6,70	4,00	41,00
6	2,50	7,0	82,5	0,0259	2,27	0,36	6,70	4,00	41,00	0,22	6,70	-15,00	60,00	0,35	6,70	4,00	41,00
7	3,00	9,0	82,5	0,0207	1,82	0,52	9,10	-8,00	53,00	0,36	9,10	-26,00	71,00	0,49	9,10	-7,00	52,00
8	3,50	9,0	82,5	0,0052	0,45	0,61	9,10	-8,00	53,00	0,42	9,10	-26,00	71,00	0,57	9,10	-7,00	52,00
9	4,50	11,0	82,5	0,0052	0,45	0,99	11,10	-15,00	60,00	0,75	11,10	-33,00	78,00	0,86	11,10	-14,00	59,00
10	5,00	11,0	82,5	0,0052	0,45	1,10	11,10	-15,00	60,00	0,83	11,10	-33,00	78,00	0,96	11,10	-14,00	59,00
11	6,00	11,0	82,5	0,0052	0,45	1,32	11,10	-15,00	60,00	0,99	11,10	-33,00	78,00	1,15	11,10	-14,00	59,00
12	0,50	3,0	60,0	1,2028	105,37	0,18	3,00	19,00	26,00	0,09	3,00	8,00	37,00	0,17	3,00	17,00	28,00
13	0,50	5,0	60,0	0,1296	11,35	0,15	4,80	12,00	33,00	0,09	4,80	-3,00	48,00	0,15	4,80	12,00	33,00
14	1,00	5,0	60,0	0,8606	75,39	0,30	4,80	12,00	33,00	0,17	4,80	-3,00	48,00	0,30	4,80	12,00	33,00
15	1,50	5,0	60,0	0,4096	35,88	0,45	4,80	12,00	33,00	0,26	4,80	-3,00	48,00	0,45	4,80	12,00	33,00
16	2,00	7,0	60,0	0,1452	12,72	0,57	6,70	1,00	44,00	0,37	6,70	-16,00	61,00	0,58	6,70	2,00	43,00
17	2,50	7,0	60,0	0,0518	4,54	0,71	6,70	1,00	44,00	0,46	6,70	-16,00	61,00	0,72	6,70	2,00	43,00
18	3,00	9,0	60,0	0,0518	4,54	0,92	9,10	-9,00	54,00	0,68	9,10	-27,00	72,00	0,89	9,10	-8,00	53,00
19	3,50	9,0	60,0	0,0104	0,91	1,08	9,10	-9,00	54,00	0,79	9,10	-26,00	71,00	1,04	9,10	-8,00	53,00
20	4,00	9,0	60,0	0,0052	0,45	1,23	9,10	-9,00	54,00	0,90	9,10	-26,00	71,00	1,19	9,10	-8,00	53,00
21	5,00	11,0	60,0	0,0052	0,45	1,76	11,10	-16,00	61,00	1,41	11,10	-34,00	79,00	1,57	11,10	-14,00	59,00
22	0,50	3,0	30,0	1,0058	88,11	0,33	3,00	9,00	36,00	0,21	3,00	-1,00	46,00	0,32	3,00	8,00	37,00
23	0,50	5,0	30,0	0,1244	10,90	0,29	4,80	3,00	42,00	0,19	4,80	-9,00	54,00	0,29	4,80	4,00	41,00
24	1,00	5,0	30,0	0,6584	57,68	0,57	4,80	3,00	42,00	0,38	4,80	-9,00	54,00	0,58	4,80	4,00	41,00
25	1,50	5,0	30,0	0,2800	24,53	0,86	4,80	3,00	42,00	0,57	4,80	-9,00	54,00	0,87	4,80	4,00	41,00
26	2,00	7,0	30,0	0,1192	10,45	1,05	6,70	-5,00	50,00	0,77	6,70	-21,00	66,00	1,07	6,70	-3,00	48,00
27	2,50	7,0	30,0	0,0726	6,36	1,32	6,70	-5,00	50,00	0,96	6,70	-21,00	66,00	1,33	6,70	-3,00	48,00
28	3,00	9,0	30,0	0,0311	2,73	1,60	9,10	-13,00	58,00	1,31	9,10	-31,00	76,00	1,54	9,10	-11,00	56,00
29	3,50	9,0	30,0	0,0104	0,91	1,87	9,10	-13,00	58,00	1,53	9,10	-31,00	76,00	1,80	9,10	-11,00	56,00
30	4,00	9,0	30,0	0,0052	0,45	2,13	9,10	-13,00	58,00	1,74	9,10	-31,00	76,00	2,06	9,10	-11,00	56,00
31	5,00	11,0	30,0	0,0052	0,45	2,82	11,10	-19,00	64,00	2,55	11,10	-37,00	82,00	2,55	11,10	-16,00	61,00
32	0,50	3,0	0,0	1,7524	153,51	0,42	3,00	-3,00	48,00	0,32	3,00	-12,00	57,00	0,41	3,00	-3,00	48,00
33	0,50	5,0	0,0	0,2592	22,71	0,37	4,80	-7,00	52,00	0,28	4,80	-19,00	64,00	0,38	4,80	-6,00	51,00
34	1,00	5,0	0,0	1,3273	116,27	0,75	4,80	-7,00	52,00	0,57	4,80	-19,00	64,00	0,76	4,80	-6,00	51,00
35	1,00	7,0	0,0	0,0052	0,45	0,69	6,70	-14,00	59,00	0,56	6,70	-28,00	73,00	0,69	6,70	-12,00	57,00
36	1,50	5,0	0,0	0,5962	52,23	1,12	4,80	-7,00	52,00	0,85	4,80	-19,00	64,00	1,13	4,80	-6,00	51,00
37	2,00	7,0	0,0	0,2955	25,89	1,38	6,70	-14,00	59,00	1,12	6,70	-29,00	74,00	1,38	6,70	-12,00	57,00
38	2,50	7,0	0,0	0,1244	10,90	1,72	6,70	-14,00	59,00	1,40	6,70	-29,00	74,00	1,72	6,70	-12,00	57,00
39	3,00	9,0	0,0	0,0778	6,81	2,03	9,10	-19,00	64,00	1,83	9,10	-37,00	82,00	1,93	9,10	-17,00	62,00
40	3,50	9,0	0,0	0,0311	2,73	2,37	9,10	-19,00	64,00	2,14	9,10	-37,00	82,00	2,26	9,10	-17,00	62,00
41	4,00	9,0	0,0	0,0156	1,36	2,70	9,10	-19,00	64,00	2,44	9,10	-37,00	82,00	2,58	9,10	-17,00	62,00
42	4,50	11,0	0,0	0,0052	0,45	3,09	11,10	-23,00	68,00	3,06	11,10	-42,00	87,00	2,80	11,10	-21,00	66,00
43	5,00	11,0	0,0	0,0156	1,36	3,43	11,10	-23,00	68,00	3,40	11,10	-42,00	87,00	3,12	11,10	-21,00	66,00
44	5,50	11,0	0,0	0,0052	0,45	3,78	11,10	-23,00	68,00	3,74	11,10	-42,00	87,00	3,43	11,10	-21,00	66,00
45	0,50	3,0	-30,0	4,9253	431,46	0,39	3,00	-20,00	65,00	0,34	3,00	-26,00	71,00	0,39	3,00	-21,00	66,00
46	0,50	5,0	-30,0	0,4770	41,78	0,36	4,80	-22,00	67,00	0,31	4,80	-32,00	77,00	0,36	4,80	-22,00	67,00
47	1,00	5,0	-30,0	4,1995	367,88	0,71	4,80	-22,00	67,00	0,61	4,80	-32,00	77,00	0,72	4,80	-22,00	67,00
48	1,00	7,0	-30,0	0,0570	5,00	0,66	6,70	-25,00	70,00	0,60	6,70	-39,00	84,00	0,66	6,70	-25,00	70,00
49	1,50	5,0	-30,0	1,7939	157,14	1,07	4,80	-22,00	67,00	0,92	4,80	-32,00	77,00	1,08	4,80	-22,00	67,00
50	1,50	7,0	-30,0	0,0052	0,45	0,99	6,70	-25,00	70,00	0,90	6,70	-39,00	84,00	1,00	6,70	-25,00	70,00
51	2,00	7,0	-30,0	1,0939	95,83	1,32	6,70	-25,00	70,00	1,20	6,70	-39,00	84,00	1,33	6,70	-25,00	70,00
52	2,50	7,0	-30,0	0,5340	46,78	1,65	6,70	-25,00	70,00	1,50	6,70	-39,00	84,00	1,66	6,70	-25,00	70,00
53	3,00	9,0	-30,0	0,3059	26,80	1,90	9,10	-28,00	73,00	1,88	9,10	-45,00	90,00	1,85	9,10	-27,00	72,00
54	3,50	9,0	-30,0	0,0674	5,90	2,22	9,10	-28,00	73,00	2,19	9,10	-45,00	90,00	2,16	9,10	-27,00	72,00
55	4,00	9,0	-30,0	0,0726	6,36	2,54	9,10	-28,00	73,00	2,51	9,10	-45,00	90,00	2,47	9,10	-27,00	72,00
56	4,50	11,0	-30,0	0,0363	3,18	2,81	11,10	-30,00	75,00	2,98	11,10	-49,00	94,00	2,65	11,10	-29,00	74,00
57	5,00	11,0	-30,0	0,0104	0,91	3,12	11,10	-30,00	75,00	3,31	11,10	-49,00	94,00	2,94	11,10	-29,00	74,00
58	6,00	11,0	-30,0	0,0052	0,45	3,74	11,10	-30,00	75,00	3,97	11,10	-49,00	94,00	3,53	11,10	-29,00	74,00
59	0,50	3,0	-60,0	5,6408	494,14	0,29	3,00	-37,00	82,00	0,28	3,00	-40,00	85,00	0,30	3,00	-39,00	84,00
60	0,50	5,0	-60,0	0,4666	40,88	0,27	4,80	-37,00	82,00	0,26	4,80	-44,00	89,00	0,28	4,80	-39,00	84,00
61	1,00	5,0	-60,0	5,1172	448,26	0,54	4,80	-37,00	82,00	0,52	4,80	-44,00	89,00	0,57	4,80	-39,00	84,00
62	1,00	7,0	-60,0	0,0207	1,82	0,50	6,70	-38,00	83,00	0,50	6,70	-50,00	95,00	0,53	6,70	-39,00	84,00
63	1,50	5,0	-60,0	2,4419	213,91	0,81	4,80	-37,00	82,00	0,77	4,80	-44,00	89,00	0,85	4,80	-39,00	84,00
64	1,50	7,0	-60,0	0,0052	0,45	0,76	6,70	-38,00	83,00	0,76	6,70	-50,00	95,00	0,80	6,70	-39,00	84,00
65	2,00	7,0	-60,0	1,1717	102,64	1,01	6,70	-38,00	83,00	1,01	6,70	-50,00	95,00	1,06	6,70	-39,00	84,00
66	2,50	7,0	-60,0	0,4925	43,15	1,26	6,70	-38,00	83,00	1,26	6,70	-50,00	95,00	1,33	6,70	-39,00	84,00
67	3,00	9,0	-60,0	0,2333	20,44	1,44	9,10	-38,00	83,00	1,53	9,10	-55,00	100,00	1,50	9,10	-38,00	83,00
68	3,50	9,0	-60,0	0,1141	9,99	1,68	9,10	-38,00	83,00	1,78	9,10	-55,00	100,00	1,75	9,10	-38,00	83,00
69	4,00	9,0	-60,0	0,0830	7,27	1,91	9,10	-38,00	83,00	2,04	9,10	-55,00	100,00	2,00	9,10	-38,00	83,00
70	4,50	11,0	-60,0	0,0052	0,45	2,07											

Κυματικές Συνθήκες	Χαρακτηριστικά Κυματισμών Πελάγους			Πιθανότητα (%)	Διάρκεια (ώρες/έτος)	Σταθμός Ελέγχου 3				Σταθμός Ελέγχου 4				Σταθμός Ελέγχου 5			
	Hs	Tr	Θ			Hs	Tr	Θ	Θ(°B)	Hs	Tr	Θ	Θ(°B)	Hs	Tr	Θ	Θ(°B)
1	0,50	3,0	82,5	0,7051	61,77	0,10	3,00	28,00	17,00	0,13	3,00	30,00	15,00	0,13	3,00	31,00	14,00
2	0,50	5,0	82,5	0,0570	5,00	0,09	4,80	23,00	22,00	0,11	4,80	26,00	19,00	0,11	4,80	25,00	20,00
3	1,00	5,0	82,5	0,5236	45,87	0,18	4,80	23,00	22,00	0,23	4,80	26,00	19,00	0,23	4,80	24,00	21,00
4	1,50	5,0	82,5	0,2696	23,62	0,27	4,80	23,00	22,00	0,34	4,80	25,00	20,00	0,34	4,80	24,00	21,00
5	2,00	7,0	82,5	0,0830	7,27	0,33	6,70	14,00	31,00	0,42	6,70	15,00	30,00	0,41	6,70	14,00	31,00
6	2,50	7,0	82,5	0,0259	2,27	0,41	6,70	14,00	31,00	0,52	6,70	15,00	30,00	0,52	6,70	14,00	31,00
7	3,00	9,0	82,5	0,0207	1,82	0,52	9,10	4,00	41,00	0,62	9,10	4,00	41,00	0,64	9,10	2,00	43,00
8	3,50	9,0	82,5	0,0052	0,45	0,61	9,10	4,00	41,00	0,72	9,10	4,00	41,00	0,75	9,10	2,00	43,00
9	4,50	11,0	82,5	0,0052	0,45	0,94	11,10	-3,00	48,00	1,04	11,10	-5,00	50,00	1,10	11,10	-7,00	52,00
10	5,00	11,0	82,5	0,0052	0,45	1,04	11,10	-3,00	48,00	1,15	11,10	-5,00	50,00	1,22	11,10	-7,00	52,00
11	6,00	11,0	82,5	0,0052	0,45	1,25	11,10	-3,00	48,00	1,38	11,10	-5,00	50,00	1,45	11,10	-6,00	51,00
12	0,50	3,0	60,0	1,2028	105,37	0,21	3,00	21,00	24,00	0,24	3,00	24,00	21,00	0,24	3,00	25,00	20,00
13	0,50	5,0	60,0	0,1296	11,35	0,19	4,80	18,00	27,00	0,22	4,80	20,00	25,00	0,21	4,80	19,00	26,00
14	1,00	5,0	60,0	0,8606	75,39	0,37	4,80	17,00	28,00	0,43	4,80	20,00	25,00	0,43	4,80	19,00	26,00
15	1,50	5,0	60,0	0,4096	35,88	0,56	4,80	17,00	28,00	0,65	4,80	20,00	25,00	0,64	4,80	19,00	26,00
16	2,00	7,0	60,0	0,1452	12,72	0,67	6,70	10,00	35,00	0,78	6,70	11,00	34,00	0,78	6,70	9,00	36,00
17	2,50	7,0	60,0	0,0518	4,54	0,84	6,70	10,00	35,00	0,98	6,70	11,00	34,00	0,98	6,70	9,00	36,00
18	3,00	9,0	60,0	0,0518	4,54	1,00	9,10	2,00	43,00	1,13	9,10	1,00	44,00	1,18	9,10	-1,00	46,00
19	3,50	9,0	60,0	0,0104	0,91	1,16	9,10	2,00	43,00	1,32	9,10	1,00	44,00	1,37	9,10	-1,00	46,00
20	4,00	9,0	60,0	0,0052	0,45	1,33	9,10	2,00	43,00	1,50	9,10	1,00	44,00	1,57	9,10	0,00	45,00
21	5,00	11,0	60,0	0,0052	0,45	1,81	11,10	-4,00	49,00	1,95	11,10	-7,00	52,00	2,08	11,10	-8,00	53,00
22	0,50	3,0	30,0	1,0058	88,11	0,36	3,00	12,00	33,00	0,38	3,00	15,00	30,00	0,38	3,00	15,00	30,00
23	0,50	5,0	30,0	0,1244	10,90	0,33	4,80	9,00	36,00	0,35	4,80	11,00	34,00	0,35	4,80	10,00	35,00
24	1,00	5,0	30,0	0,6584	57,68	0,65	4,80	9,00	36,00	0,70	4,80	11,00	34,00	0,70	4,80	10,00	35,00
25	1,50	5,0	30,0	0,2800	24,53	0,98	4,80	9,00	36,00	1,05	4,80	11,00	34,00	1,04	4,80	10,00	35,00
26	2,00	7,0	30,0	0,1192	10,45	1,19	6,70	3,00	42,00	1,29	6,70	4,00	41,00	1,31	6,70	2,00	43,00
27	2,50	7,0	30,0	0,0726	6,36	1,49	6,70	3,00	42,00	1,62	6,70	4,00	41,00	1,64	6,70	2,00	43,00
28	3,00	9,0	30,0	0,0311	2,73	1,76	9,10	-3,00	48,00	1,88	9,10	-5,00	50,00	1,97	9,10	-7,00	52,00
29	3,50	9,0	30,0	0,0104	0,91	2,05	9,10	-3,00	48,00	2,19	9,10	-5,00	50,00	2,30	9,10	-7,00	52,00
30	4,00	9,0	30,0	0,0052	0,45	2,34	9,10	-3,00	48,00	2,50	9,10	-5,00	50,00	2,63	9,10	-7,00	52,00
31	5,00	11,0	30,0	0,0052	0,45	3,07	11,10	-8,00	53,00	3,17	11,10	-11,00	56,00	3,39	11,10	-13,00	58,00
32	0,50	3,0	0,0	1,7524	153,51	0,43	3,00	-1,00	46,00	0,44	3,00	1,00	44,00	0,44	3,00	1,00	44,00
33	0,50	5,0	0,0	0,2592	22,71	0,40	4,80	-3,00	48,00	0,41	4,80	-2,00	47,00	0,41	4,80	-3,00	48,00
34	1,00	5,0	0,0	1,3273	116,27	0,80	4,80	-3,00	48,00	0,82	4,80	-2,00	47,00	0,82	4,80	-3,00	48,00
35	1,00	7,0	0,0	0,0052	0,45	0,75	6,70	-7,00	52,00	0,77	6,70	-8,00	53,00	0,79	6,70	-10,00	55,00
36	1,50	5,0	0,0	0,5962	52,23	1,20	4,80	-3,00	48,00	1,24	4,80	-2,00	47,00	1,23	4,80	-3,00	48,00
37	2,00	7,0	0,0	0,2955	25,89	1,49	6,70	-7,00	52,00	1,55	6,70	-8,00	53,00	1,58	6,70	-10,00	55,00
38	2,50	7,0	0,0	0,1244	10,90	1,87	6,70	-7,00	52,00	1,94	6,70	-8,00	53,00	1,98	6,70	-10,00	55,00
39	3,00	9,0	0,0	0,0778	6,81	2,21	9,10	-11,00	56,00	2,28	9,10	-14,00	59,00	2,39	9,10	-16,00	61,00
40	3,50	9,0	0,0	0,0311	2,73	2,58	9,10	-11,00	56,00	2,65	9,10	-14,00	59,00	2,79	9,10	-16,00	61,00
41	4,00	9,0	0,0	0,0156	1,36	2,95	9,10	-11,00	56,00	3,03	9,10	-14,00	59,00	3,19	9,10	-16,00	61,00
42	4,50	11,0	0,0	0,0052	0,45	3,41	11,10	-14,00	59,00	3,45	11,10	-18,00	63,00	3,66	11,10	-20,00	65,00
43	5,00	11,0	0,0	0,0156	1,36	3,79	11,10	-14,00	59,00	3,83	11,10	-18,00	63,00	4,07	11,10	-20,00	65,00
44	5,50	11,0	0,0	0,0052	0,45	4,16	11,10	-14,00	59,00	4,21	11,10	-18,00	63,00	4,48	11,10	-20,00	65,00
45	0,50	3,0	-30,0	4,9253	431,46	0,39	3,00	-21,00	66,00	0,40	3,00	-21,00	66,00	0,40	3,00	-22,00	67,00
46	0,50	5,0	-30,0	0,4770	41,78	0,37	4,80	-22,00	67,00	0,38	4,80	-22,00	67,00	0,38	4,80	-24,00	69,00
47	1,00	5,0	-30,0	4,1995	367,88	0,74	4,80	-22,00	67,00	0,75	4,80	-22,00	67,00	0,76	4,80	-24,00	69,00
48	1,00	7,0	-30,0	0,0570	5,00	0,71	6,70	-23,00	68,00	0,72	6,70	-25,00	70,00	0,74	6,70	-27,00	72,00
49	1,50	5,0	-30,0	1,7939	157,14	1,11	4,80	-22,00	67,00	1,13	4,80	-22,00	67,00	1,13	4,80	-24,00	69,00
50	1,50	7,0	-30,0	0,0052	0,45	1,06	6,70	-23,00	68,00	1,08	6,70	-25,00	70,00	1,11	6,70	-27,00	72,00
51	2,00	7,0	-30,0	1,0939	95,83	1,42	6,70	-23,00	68,00	1,44	6,70	-25,00	70,00	1,48	6,70	-27,00	72,00
52	2,50	7,0	-30,0	0,5340	46,78	1,77	6,70	-23,00	68,00	1,80	6,70	-25,00	70,00	1,85	6,70	-27,00	72,00
53	3,00	9,0	-30,0	0,3059	26,80	2,12	9,10	-24,00	69,00	2,13	9,10	-27,00	72,00	2,22	9,10	-29,00	74,00
54	3,50	9,0	-30,0	0,0674	5,90	2,48	9,10	-24,00	69,00	2,49	9,10	-27,00	72,00	2,59	9,10	-29,00	74,00
55	4,00	9,0	-30,0	0,0726	6,36	2,83	9,10	-24,00	69,00	2,84	9,10	-27,00	72,00	2,96	9,10	-29,00	74,00
56	4,50	11,0	-30,0	0,0363	3,18	3,25	11,10	-24,00	69,00	3,21	11,10	-28,00	73,00	3,37	11,10	-31,00	76,00
57	5,00	11,0	-30,0	0,0104	0,91	3,61	11,10	-24,00	69,00	3,57	11,10	-28,00	73,00	3,74	11,10	-31,00	76,00
58	6,00	11,0	-30,0	0,0052	0,45	4,33	11,10	-24,00	69,00	4,28	11,10	-28,00	73,00	4,49	11,10	-31,00	76,00
59	0,50	3,0	-60,0	5,6408	494,14	0,31	3,00	-40,00	85,00	0,31	3,00	-40,00	85,00	0,31	3,00	-39,00	84,00
60	0,50	5,0	-60,0	0,4666	40,88	0,29	4,80	-39,00	84,00	0,30	4,80	-40,00	85,00	0,30	4,80	-40,00	85,00
61	1,00	5,0	-60,0	5,1172	448,26	0,59	4,80	-39,00	84,00	0,60	4,80	-40,00	85,00	0,60	4,80	-40,00	85,00
62	1,00	7,0	-60,0	0,0207	1,82	0,57	6,70	-37,00	82,00	0,57	6,70	-40,00	85,00	0,58	6,70	-41,00	86,00
63	1,50	5,0	-60,0	2,4419	213,91	0,88	4,80	-39,00	84,00	0,90	4,80	-40,00	85,00	0,90	4,80	-40,00	85,00
64	1,50	7,0	-60,0	0,0052	0,45	0,85	6,70	-37,00	82,00	0,86	6,70	-40,00	85,00	0,87	6,70	-41,00	86,00
65	2,00	7,0	-60,0	1,1717	102,64	1,14	6,70	-37,00	82,00	1,15	6,70	-40,00	85,00	1,17	6,70	-41,00	86,00
66	2,50	7,0	-60,0	0,4925	43,15	1,42	6,70	-37,00	82,00	1,44	6,70	-40,00	85,00	1,46	6,70	-41,00	86,00
67	3,00	9,0	-60,0	0,2333	20,44	1,72	9,10	-35,00	80,00	1,70	9,10	-39,00	84,00	1,74	9,10	-41,00	86,00
68	3,50	9,0	-60,0	0,1141	9,99	2,01	9,10	-35,00	80,00	1,98	9,10	-39,00	84,00	2,03	9,10	-41,00	86,00
69	4,00	9,0	-60,0	0,0830	7,27	2,30	9,10	-35,00	80,00	2,27	9,10	-39,00	84,00	2,32	9,10	-41,00	86,00
70	4,50	11,0	-60,0	0,0052	0,45	2,66	11,10	-34,00									

Κυματικές Συνθήκες	Χαρακτηριστικά Κυματισμών Πελάγους				Πιθανότητα (%)	Διάρκεια (ώρες/έτος)	Σταθμός Ελέγχου 6				Σταθμός Ελέγχου 7				Σταθμός Ελέγχου 8			
	Hs	Tr	Θ				Hs	Tr	Θ	Θ(°B)	Hs	Tr	Θ	Θ(°B)	Hs	Tr	Θ	Θ(°B)
1	0,50	3,0	82,5		0,7051	61,77	0,15	3,00	32,00	13,00	0,16	3,00	34,00	11,00	0,19	3,00	37,00	8,00
2	0,50	5,0	82,5		0,0570	5,00	0,13	4,80	29,00	16,00	0,15	4,80	31,00	14,00	0,18	4,80	35,00	10,00
3	1,00	5,0	82,5		0,5236	45,87	0,27	4,80	29,00	16,00	0,30	4,80	30,00	15,00	0,36	4,80	35,00	10,00
4	1,50	5,0	82,5		0,2696	23,62	0,40	4,80	29,00	16,00	0,45	4,80	30,00	15,00	0,53	4,80	35,00	10,00
5	2,00	7,0	82,5		0,0830	7,27	0,47	6,70	23,00	22,00	0,55	6,70	24,00	21,00	0,66	6,70	30,00	15,00
6	2,50	7,0	82,5		0,0259	2,27	0,59	6,70	23,00	22,00	0,69	6,70	24,00	21,00	0,83	6,70	30,00	15,00
7	3,00	9,0	82,5		0,0207	1,82	0,66	9,10	15,00	30,00	0,81	9,10	16,00	29,00	0,96	9,10	23,00	22,00
8	3,50	9,0	82,5		0,0052	0,45	0,77	9,10	15,00	30,00	0,95	9,10	16,00	29,00	1,12	9,10	23,00	22,00
9	4,50	11,0	82,5		0,0052	0,45	1,05	11,10	8,00	37,00	1,35	11,10	9,00	36,00	1,52	11,10	18,00	27,00
10	5,00	11,0	82,5		0,0052	0,45	1,17	11,10	9,00	36,00	1,50	11,10	9,00	36,00	1,68	11,10	18,00	27,00
11	6,00	11,0	82,5		0,0052	0,45	1,39	11,10	9,00	36,00	1,80	11,10	9,00	36,00	2,01	11,10	18,00	27,00
12	0,50	3,0	60,0		1,2028	105,37	0,26	3,00	26,00	19,00	0,27	3,00	28,00	17,00	0,30	3,00	31,00	14,00
13	0,50	5,0	60,0		0,1296	11,35	0,24	4,80	24,00	21,00	0,25	4,80	25,00	20,00	0,28	4,80	29,00	16,00
14	1,00	5,0	60,0		0,8606	75,39	0,48	4,80	24,00	21,00	0,51	4,80	25,00	20,00	0,56	4,80	29,00	16,00
15	1,50	5,0	60,0		0,4096	35,88	0,71	4,80	24,00	21,00	0,76	4,80	25,00	20,00	0,84	4,80	29,00	16,00
16	2,00	7,0	60,0		0,1452	12,72	0,85	6,70	18,00	27,00	0,94	6,70	19,00	26,00	1,04	6,70	25,00	20,00
17	2,50	7,0	60,0		0,0518	4,54	1,06	6,70	18,00	27,00	1,18	6,70	19,00	26,00	1,31	6,70	25,00	20,00
18	3,00	9,0	60,0		0,0518	4,54	1,19	9,10	11,00	34,00	1,39	9,10	12,00	33,00	1,51	9,10	20,00	25,00
19	3,50	9,0	60,0		0,0104	0,91	1,39	9,10	11,00	34,00	1,62	9,10	12,00	33,00	1,76	9,10	20,00	25,00
20	4,00	9,0	60,0		0,0052	0,45	1,59	9,10	12,00	33,00	1,85	9,10	12,00	33,00	2,01	9,10	20,00	25,00
21	5,00	11,0	60,0		0,0052	0,45	2,03	11,10	7,00	38,00	2,47	11,10	7,00	38,00	2,53	11,10	16,00	29,00
22	0,50	3,0	30,0		1,0058	88,11	0,39	3,00	17,00	28,00	0,40	3,00	18,00	27,00	0,41	3,00	21,00	24,00
23	0,50	5,0	30,0		0,1244	10,90	0,37	4,80	15,00	30,00	0,37	4,80	16,00	29,00	0,39	4,80	20,00	25,00
24	1,00	5,0	30,0		0,6584	57,68	0,74	4,80	15,00	30,00	0,75	4,80	16,00	29,00	0,78	4,80	20,00	25,00
25	1,50	5,0	30,0		0,2800	24,53	1,10	4,80	15,00	30,00	1,12	4,80	16,00	29,00	1,17	4,80	20,00	25,00
26	2,00	7,0	30,0		0,1192	10,45	1,35	6,70	10,00	35,00	1,41	6,70	11,00	34,00	1,46	6,70	17,00	28,00
27	2,50	7,0	30,0		0,0726	6,36	1,69	6,70	10,00	35,00	1,76	6,70	11,00	34,00	1,82	6,70	17,00	28,00
28	3,00	9,0	30,0		0,0311	2,73	1,95	9,10	5,00	40,00	2,11	9,10	6,00	39,00	2,10	9,10	14,00	31,00
29	3,50	9,0	30,0		0,0104	0,91	2,28	9,10	5,00	40,00	2,46	9,10	6,00	39,00	2,45	9,10	14,00	31,00
30	4,00	9,0	30,0		0,0052	0,45	2,60	9,10	5,00	40,00	2,81	9,10	6,00	39,00	2,80	9,10	14,00	31,00
31	5,00	11,0	30,0		0,0052	0,45	3,30	11,10	1,00	44,00	3,66	11,10	3,00	42,00	3,46	11,10	11,00	34,00
32	0,50	3,0	0,0		1,7524	153,51	0,44	3,00	1,00	44,00	0,44	3,00	2,00	43,00	0,43	3,00	3,00	42,00
33	0,50	5,0	0,0		0,2592	22,71	0,42	4,80	0,00	45,00	0,41	4,80	1,00	44,00	0,41	4,80	4,00	41,00
34	1,00	5,0	0,0		1,3273	116,27	0,84	4,80	0,00	45,00	0,82	4,80	1,00	44,00	0,82	4,80	4,00	41,00
35	1,00	7,0	0,0		0,0052	0,45	0,79	6,70	-3,00	48,00	0,78	6,70	-1,00	46,00	0,76	6,70	4,00	41,00
36	1,50	5,0	0,0		0,5962	52,23	1,25	4,80	0,00	45,00	1,23	4,80	1,00	44,00	1,23	4,80	4,00	41,00
37	2,00	7,0	0,0		0,2955	25,89	1,58	6,70	-3,00	48,00	1,56	6,70	-1,00	46,00	1,52	6,70	4,00	41,00
38	2,50	7,0	0,0		0,1244	10,90	1,98	6,70	-3,00	48,00	1,95	6,70	-1,00	46,00	1,91	6,70	4,00	41,00
39	3,00	9,0	0,0		0,0778	6,81	2,35	9,10	-5,00	50,00	2,31	9,10	-3,00	48,00	2,19	9,10	4,00	41,00
40	3,50	9,0	0,0		0,0311	2,73	2,74	9,10	-5,00	50,00	2,70	9,10	-2,00	47,00	2,55	9,10	4,00	41,00
41	4,00	9,0	0,0		0,0156	1,36	3,12	9,10	-5,00	50,00	3,08	9,10	-2,00	47,00	2,91	9,10	4,00	41,00
42	4,50	11,0	0,0		0,0052	0,45	3,58	11,10	-7,00	52,00	3,54	11,10	-4,00	49,00	3,20	11,10	3,00	42,00
43	5,00	11,0	0,0		0,0156	1,36	3,98	11,10	-7,00	52,00	3,93	11,10	-4,00	49,00	3,56	11,10	3,00	42,00
44	5,50	11,0	0,0		0,0052	0,45	4,38	11,10	-7,00	52,00	4,32	11,10	-4,00	49,00	3,91	11,10	3,00	42,00
45	0,50	3,0	-30,0		4,9253	431,46	0,40	3,00	-22,00	67,00	0,39	3,00	-22,00	67,00	0,38	3,00	-22,00	67,00
46	0,50	5,0	-30,0		0,4770	41,78	0,38	4,80	-22,00	67,00	0,36	4,80	-21,00	66,00	0,35	4,80	-20,00	65,00
47	1,00	5,0	-30,0		4,1995	367,88	0,76	4,80	-22,00	67,00	0,73	4,80	-21,00	66,00	0,71	4,80	-20,00	65,00
48	1,00	7,0	-30,0		0,0570	5,00	0,73	6,70	-21,00	66,00	0,68	6,70	-18,00	63,00	0,64	6,70	-15,00	60,00
49	1,50	5,0	-30,0		1,7939	157,14	1,13	4,80	-22,00	67,00	1,09	4,80	-21,00	66,00	1,06	4,80	-20,00	65,00
50	1,50	7,0	-30,0		0,0052	0,45	1,10	6,70	-21,00	66,00	1,01	6,70	-18,00	63,00	0,96	6,70	-15,00	60,00
51	2,00	7,0	-30,0		1,0939	95,83	1,46	6,70	-21,00	66,00	1,35	6,70	-18,00	63,00	1,28	6,70	-15,00	60,00
52	2,50	7,0	-30,0		0,5340	46,78	1,83	6,70	-21,00	66,00	1,69	6,70	-18,00	63,00	1,60	6,70	-15,00	60,00
53	3,00	9,0	-30,0		0,3059	26,80	2,21	9,10	-20,00	65,00	1,94	9,10	-16,00	61,00	1,80	9,10	-11,00	56,00
54	3,50	9,0	-30,0		0,0674	5,90	2,58	9,10	-20,00	65,00	2,26	9,10	-16,00	61,00	2,10	9,10	-11,00	56,00
55	4,00	9,0	-30,0		0,0726	6,36	2,94	9,10	-20,00	65,00	2,58	9,10	-16,00	61,00	2,39	9,10	-11,00	56,00
56	4,50	11,0	-30,0		0,0363	3,18	3,36	11,10	-19,00	64,00	2,86	11,10	-15,00	60,00	2,59	11,10	-8,00	53,00
57	5,00	11,0	-30,0		0,0104	0,91	3,73	11,10	-19,00	64,00	3,18	11,10	-15,00	60,00	2,88	11,10	-8,00	53,00
58	6,00	11,0	-30,0		0,0052	0,45	4,48	11,10	-19,00	64,00	3,81	11,10	-15,00	60,00	3,45	11,10	-8,00	53,00
59	0,50	3,0	-60,0		5,6408	494,14	0,31	3,00	-39,00	84,00	0,30	3,00	-38,00	83,00	0,29	3,00	-37,00	82,00
60	0,50	5,0	-60,0		0,4666	40,88	0,30	4,80	-38,00	83,00	0,28	4,80	-36,00	81,00	0,27	4,80	-35,00	80,00
61	1,00	5,0	-60,0		5,1172	448,26	0,59	4,80	-38,00	83,00	0,56	4,80	-36,00	81,00	0,54	4,80	-35,00	80,00
62	1,00	7,0	-60,0		0,0207	1,82	0,58	6,70	-35,00	80,00	0,51	6,70	-32,00	77,00	0,47	6,70	-29,00	74,00
63	1,50	5,0	-60,0		2,4419	213,91	0,89	4,80	-38,00	83,00	0,85	4,80	-36,00	81,00	0,81	4,80	-35,00	80,00
64	1,50	7,0	-60,0		0,0052	0,45	0,87	6,70	-35,00	80,00	0,76	6,70	-32,00	77,00	0,71	6,70	-29,00	74,00
65	2,00	7,0	-60,0		1,1717	102,64	1,16	6,70	-35,00	80,00	1,01	6,70	-32,00	77,00	0,95	6,70	-29,00	74,00
66	2,50	7,0	-60,0		0,4925	43,15	1,44	6,70	-35,00	80,00	1,26	6,70	-32,00	77,00	1,19	6,70	-29,00	74,00
67	3,00	9,0	-60,0		0,2333	20,44	1,75	9,10	-32,00	77,00	1,39	9,10	-28,00	73,00	1,29	9,10	-22,00	67,00
68	3,50	9,0	-60,0		0,1141	9,99	2,05	9,10	-32,00	77,00	1,62	9,10	-28,00	73,00	1,50			

Κυματικές Συνθήκες	Χαρακτηριστικά Κυματισμών Πελάγους				Πιθανότητα (%)	Διάρκεια (ώρες/έτος)	Σταθμός Ελέγχου 9				Σταθμός Ελέγχου 10				Σταθμός Ελέγχου 11			
	Hs	Tr	Θ				Hs	Tr	Θ	Θ(°Β)	Hs	Tr	Θ	Θ(°Β)	Hs	Tr	Θ	Θ(°Β)
1	0.50	3.0	82.5		0.7051	61.77	0.21	3.00	39.00	6.00	0.24	3.00	41.00	4.00	0.27	3.00	44.00	1.00
2	0.50	5.0	82.5		0.0570	5.00	0.20	4.80	39.00	6.00	0.23	4.80	41.00	4.00	0.26	4.80	43.00	2.00
3	1.00	5.0	82.5		0.5236	45.87	0.41	4.80	39.00	6.00	0.47	4.80	41.00	4.00	0.52	4.80	43.00	2.00
4	1.50	5.0	82.5		0.2696	23.62	0.61	4.80	39.00	6.00	0.70	4.80	41.00	4.00	0.77	4.80	43.00	2.00
5	2.00	7.0	82.5		0.0830	7.27	0.80	6.70	38.00	7.00	0.91	6.70	40.00	5.00	1.00	6.70	41.00	4.00
6	2.50	7.0	82.5		0.0259	2.27	1.00	6.70	38.00	7.00	1.13	6.70	41.00	4.00	1.25	6.70	41.00	4.00
7	3.00	9.0	82.5		0.0207	1.82	1.18	9.10	35.00	10.00	1.33	9.10	39.00	6.00	1.50	9.10	38.00	7.00
8	3.50	9.0	82.5		0.0052	0.45	1.37	9.10	35.00	10.00	1.55	9.10	39.00	6.00	1.74	9.10	39.00	6.00
9	4.50	11.0	82.5		0.0052	0.45	1.78	11.10	32.00	13.00	2.01	11.10	37.00	8.00	2.24	11.10	36.00	9.00
10	5.00	11.0	82.5		0.0052	0.45	1.98	11.10	32.00	13.00	2.23	11.10	37.00	8.00	2.49	11.10	36.00	9.00
11	6.00	11.0	82.5		0.0052	0.45	2.37	11.10	32.00	13.00	2.67	11.10	37.00	8.00	2.98	11.10	36.00	9.00
12	0.50	3.0	60.0		1.2028	105.37	0.32	3.00	33.00	12.00	0.34	3.00	36.00	9.00	0.36	3.00	38.00	7.00
13	0.50	5.0	60.0		0.1296	11.35	0.30	4.80	34.00	11.00	0.33	4.80	35.00	10.00	0.34	4.80	38.00	7.00
14	1.00	5.0	60.0		0.8606	75.39	0.60	4.80	34.00	11.00	0.66	4.80	35.00	10.00	0.69	4.80	37.00	8.00
15	1.50	5.0	60.0		0.4096	35.88	0.90	4.80	34.00	11.00	0.98	4.80	35.00	10.00	1.03	4.80	38.00	7.00
16	2.00	7.0	60.0		0.1452	12.72	1.17	6.70	33.00	12.00	1.29	6.70	35.00	10.00	1.34	6.70	37.00	8.00
17	2.50	7.0	60.0		0.0518	4.54	1.46	6.70	33.00	12.00	1.61	6.70	35.00	10.00	1.67	6.70	37.00	8.00
18	3.00	9.0	60.0		0.0518	4.54	1.73	9.10	31.00	14.00	1.94	9.10	34.00	11.00	2.01	9.10	34.00	11.00
19	3.50	9.0	60.0		0.0104	0.91	2.02	9.10	31.00	14.00	2.27	9.10	34.00	11.00	2.34	9.10	35.00	10.00
20	4.00	9.0	60.0		0.0052	0.45	2.31	9.10	31.00	14.00	2.58	9.10	34.00	11.00	2.67	9.10	35.00	10.00
21	5.00	11.0	60.0		0.0052	0.45	2.86	11.10	29.00	16.00	3.31	11.10	33.00	12.00	3.35	11.10	33.00	12.00
22	0.50	3.0	30.0		1.0058	88.11	0.42	3.00	23.00	22.00	0.42	3.00	25.00	20.00	0.43	3.00	27.00	18.00
23	0.50	5.0	30.0		0.1244	10.90	0.39	4.80	25.00	20.00	0.41	4.80	26.00	19.00	0.41	4.80	27.00	18.00
24	1.00	5.0	30.0		0.6584	57.68	0.78	4.80	25.00	20.00	0.81	4.80	26.00	19.00	0.82	4.80	27.00	18.00
25	1.50	5.0	30.0		0.2800	24.53	1.18	4.80	25.00	20.00	1.22	4.80	26.00	19.00	1.23	4.80	27.00	18.00
26	2.00	7.0	30.0		0.1192	10.45	1.51	6.70	26.00	19.00	1.63	6.70	26.00	19.00	1.59	6.70	28.00	17.00
27	2.50	7.0	30.0		0.0726	6.36	1.88	6.70	26.00	19.00	2.03	6.70	26.00	19.00	1.99	6.70	28.00	17.00
28	3.00	9.0	30.0		0.0311	2.73	2.22	9.10	26.00	19.00	2.53	9.10	27.00	18.00	2.40	9.10	27.00	18.00
29	3.50	9.0	30.0		0.0104	0.91	2.59	9.10	26.00	19.00	2.95	9.10	27.00	18.00	2.79	9.10	27.00	18.00
30	4.00	9.0	30.0		0.0052	0.45	2.96	9.10	26.00	19.00	3.37	9.10	27.00	18.00	3.19	9.10	27.00	18.00
31	5.00	11.0	30.0		0.0052	0.45	3.65	11.10	25.00	20.00	4.38	11.10	27.00	18.00	4.02	11.10	27.00	18.00
32	0.50	3.0	0.0		1.7524	153.51	0.42	3.00	5.00	40.00	0.42	3.00	6.00	39.00	0.41	3.00	5.00	40.00
33	0.50	5.0	0.0		0.2592	22.71	0.39	4.80	10.00	35.00	0.39	4.80	8.00	37.00	0.39	4.80	7.00	38.00
34	1.00	5.0	0.0		1.3273	116.27	0.77	4.80	10.00	35.00	0.78	4.80	9.00	36.00	0.78	4.80	7.00	38.00
35	1.00	7.0	0.0		0.0052	0.45	0.73	6.70	14.00	31.00	0.77	6.70	13.00	32.00	0.74	6.70	12.00	33.00
36	1.50	5.0	0.0		0.5962	52.23	1.16	4.80	10.00	35.00	1.17	4.80	9.00	36.00	1.17	4.80	7.00	38.00
37	2.00	7.0	0.0		0.2955	25.89	1.45	6.70	14.00	31.00	1.54	6.70	13.00	32.00	1.49	6.70	12.00	33.00
38	2.50	7.0	0.0		0.1244	10.90	1.81	6.70	14.00	31.00	1.92	6.70	13.00	32.00	1.86	6.70	12.00	33.00
39	3.00	9.0	0.0		0.0778	6.81	2.11	9.10	17.00	28.00	2.41	9.10	17.00	28.00	2.21	9.10	15.00	30.00
40	3.50	9.0	0.0		0.0311	2.73	2.46	9.10	17.00	28.00	2.81	9.10	17.00	28.00	2.58	9.10	15.00	30.00
41	4.00	9.0	0.0		0.0156	1.36	2.81	9.10	17.00	28.00	3.21	9.10	17.00	28.00	2.94	9.10	15.00	30.00
42	4.50	11.0	0.0		0.0052	0.45	3.08	11.10	19.00	26.00	3.79	11.10	20.00	25.00	3.33	11.10	17.00	28.00
43	5.00	11.0	0.0		0.0156	1.36	3.42	11.10	19.00	26.00	4.21	11.10	20.00	25.00	3.70	11.10	17.00	28.00
44	5.50	11.0	0.0		0.0052	0.45	3.76	11.10	19.00	26.00	4.63	11.10	20.00	25.00	4.07	11.10	17.00	28.00
45	0.50	3.0	-30.0		4.9253	431.46	0.36	3.00	-20.00	65.00	0.35	3.00	-20.00	65.00	0.36	3.00	-22.00	67.00
46	0.50	5.0	-30.0		0.4770	41.78	0.31	4.80	-12.00	57.00	0.31	4.80	-15.00	60.00	0.33	4.80	-18.00	63.00
47	1.00	5.0	-30.0		4.1995	367.88	0.61	4.80	-12.00	57.00	0.62	4.80	-15.00	60.00	0.65	4.80	-18.00	63.00
48	1.00	7.0	-30.0		0.0570	5.00	0.56	6.70	-2.00	47.00	0.57	6.70	-7.00	52.00	0.59	6.70	-10.00	55.00
49	1.50	5.0	-30.0		1.7939	157.14	0.92	4.80	-12.00	57.00	0.93	4.80	-15.00	60.00	0.98	4.80	-18.00	63.00
50	1.50	7.0	-30.0		0.0052	0.45	0.83	6.70	-2.00	47.00	0.86	6.70	-7.00	52.00	0.89	6.70	-10.00	55.00
51	2.00	7.0	-30.0		1.0939	95.83	1.11	6.70	-2.00	47.00	1.15	6.70	-7.00	52.00	1.19	6.70	-10.00	55.00
52	2.50	7.0	-30.0		0.5340	46.78	1.39	6.70	-2.00	47.00	1.44	6.70	-7.00	52.00	1.48	6.70	-10.00	55.00
53	3.00	9.0	-30.0		0.3059	26.80	1.59	9.10	5.00	40.00	1.75	9.10	2.00	43.00	1.72	9.10	-2.00	47.00
54	3.50	9.0	-30.0		0.0674	5.90	1.85	9.10	5.00	40.00	2.04	9.10	2.00	43.00	2.00	9.10	-2.00	47.00
55	4.00	9.0	-30.0		0.0726	6.36	2.11	9.10	5.00	40.00	2.33	9.10	2.00	43.00	2.29	9.10	-2.00	47.00
56	4.50	11.0	-30.0		0.0363	3.18	2.24	11.10	10.00	35.00	2.70	11.10	7.00	38.00	2.56	11.10	3.00	42.00
57	5.00	11.0	-30.0		0.0104	0.91	2.49	11.10	10.00	35.00	3.00	11.10	7.00	38.00	2.85	11.10	3.00	42.00
58	6.00	11.0	-30.0		0.0052	0.45	2.98	11.10	10.00	35.00	3.60	11.10	7.00	38.00	3.42	11.10	3.00	42.00
59	0.50	3.0	-60.0		5.6408	494.14	0.27	3.00	-35.00	80.00	0.26	3.00	-34.00	79.00	0.27	3.00	-35.00	80.00
60	0.50	5.0	-60.0		0.4666	40.88	0.21	4.80	-26.00	71.00	0.22	4.80	-29.00	74.00	0.24	4.80	-31.00	76.00
61	1.00	5.0	-60.0		5.1172	448.26	0.43	4.80	-26.00	71.00	0.44	4.80	-29.00	74.00	0.45	4.80	-31.00	76.00
62	1.00	7.0	-60.0		0.0207	1.82	0.38	6.70	-14.00	59.00	0.38	6.70	-21.00	66.00	0.43	6.70	-22.00	67.00
63	1.50	5.0	-60.0		2.4419	213.91	0.64	4.80	-26.00	71.00	0.66	4.80	-29.00	74.00	0.73	4.80	-31.00	76.00
64	1.50	7.0	-60.0		0.0052	0.45	0.57	6.70	-14.00	59.00	0.58	6.70	-21.00	66.00	0.64	6.70	-22.00	67.00
65	2.00	7.0	-60.0		1.1717	102.64	0.77	6.70	-14.00	59.00	0.77	6.70	-21.00	66.00	0.86	6.70	-22.00	67.00
66	2.50	7.0	-60.0		0.4925	43.15	0.96	6.70	-14.00	59.00	0.96	6.70	-21.00	66.00	1.07	6.70	-22.00	67.00
67	3.00	9.0	-60.0		0.2333	20.44	1.10	9.10	-4.00	49.00	1.13	9.10	-12.00	57.00	1.23	9.10	-13.00	58.00
68	3.50	9.0	-60.0		0.1141	9.99	1.28	9.10	-4.00	49.00	1.31	9.10	-12.00	57.00	1.43	9.1		

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	2
3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ	2
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	7

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται σύντομη περιγραφή της μεθοδολογίας υπολογισμού της στερεοπαροχής που λαμβάνει χώρα κατά μήκος της ακτής μεταξύ του Κομμού και της Αγίας Γαλήνης.

3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε προκειμένου να εκτιμηθεί η δυνητική μέση ετήσια στερεοπαροχή κατά μήκος της ακτής που οριοθετείται μεταξύ του βραχώδους σχηματισμού του Κομμού και της Αγίας Γαλήνης, βασίζεται στην διαίρεση της ακτογραμμής σε ένα αριθμό σχεδόν ευθύγραμμων τμημάτων και τον υπολογισμό της στερεοπαροχής σε κάθε ένα από αυτά. Ο αριθμός και η θέση των ευθύγραμμων τμημάτων είναι τέτοια ώστε να ακολουθείται με ικανοποιητική ακρίβεια η ακτογραμμή. Λοιπά χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης (π.χ. η κοκκομετρία υλικού και η κλίση του πυθμένα) συνιστούν παράγοντες οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη στον μερισμό.

Ο υπολογισμός της στερεοπαροχής σε κάθε τμήμα βασίζεται σε εμπειρικές σχέσεις που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Συνήθως, οι εμπειρικές αυτές σχέσεις έχουν προκύψει από απλουστευτικές παραδοχές, όπως η ομοιόμορφη κλίση του πυθμένα και η ομοιογένεια του υλικού. Επίσης, περιλαμβάνουν εμπειρικούς συντελεστές, οι τιμές των οποίων έχουν προκύψει από εκτενή έρευνα με φυσικά ομοιώματα υπό κλίμακα και μετρήσεις πεδίου.

Η δυνητική στερεοπαροχή δεν είναι απαραίτητα ίση με την πραγματική. Οι υπάρχουσες εμπειρικές σχέσεις εκτιμούν την στερεοπαροχή για συγκεκριμένες υδροδυναμικές συνθήκες και χαρακτηριστικά του υλικού του πυθμένα. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, η δυνητική στερεοπαροχή δεν αναπτύσσεται πλήρως, λόγω της παρουσίας θαλάσσιας βλάστησης η οποία εμποδίζει την διαταραχή του υλικού του πυθμένα, και εν συνεχεία την μεταφορά του, ή εξ αιτίας βραχωδών σχηματισμών στην επιφάνεια του πυθμένα.

Η ακτογραμμή μεταξύ του Κομμού και της Αγίας Γαλήνης υποδιαιρέθηκε σε έντεκα (11) επιμέρους τμήματα (βλ. Σχήμα 3-1). Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα φυσικά χαρακτηριστικά κάθε τμήματος. Η μέση διάμετρος του υλικού του πυθμένα σε κάθε τμήμα δεν έχει εξακριβωθεί και για το λόγο αυτό έχει τυπικά ληφθεί ίση με 250μm.

Οι κυματικές συνθήκες κάθε εξεταζόμενου τμήματος περιγράφονται από το αντίστοιχο σημείο ελέγχου που ευρίσκεται πριν την ζώνη θραύσης. Τα επιλεγμένα σημεία είναι σχετικά κοντά

στην ακτογραμμή, επιτρέποντας τον ακριβέστερο προσδιορισμό των κυματικών χαρακτηριστικών στην περιοχή μελέτης, ιδιαίτερα όσον αφορά την διεύθυνσή τους.

Τμήμα	Μήκος (μ)	Προσανατολισμός (°Β)	Κλίση πυθμένα (1:s)	Μέση Διάμετρος (μm)
1	700	180	70	250
2	1700	176	70	250
3	1600	172	90	250
4	1300	169	80	250
5	1450	166	60	250
6	1350	159	80	250
7	1300	135	90	250
8	1150	136	70	250
9	1200	91	55	250
10	950	116	50	250
11	800	106	60	250

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά τμημάτων υποδιαίρεσης της ακτογραμμής

Η ετήσια κατά μήκος της ακτής στερεοπαροχή εκτιμάται για κάθε τμήμα και τις αντίστοιχες κυματικές συνθήκες, με βάση την πλέον πρόσφατη (1991) εμπειρική σχέση του Kamphuis (Kamphuis, 2002). Η σχέση αυτή έχει διατυπωθεί για κοκκώδη υλικά και αποτελεί βελτιωμένη μορφή της παλαιότερης σχέσης του 1986. Η σχέση και η προτεινόμενη τιμή του εμπειρικού συντελεστή έχει αξιολογηθεί με εκτεταμένη έρευνα με φυσικά ομοιώματα υπό κλίμακα αλλά και από μετρήσεις πεδίου σε αρκετές περιοχές της υδρογείου. Η σχέση είναι η ακόλουθη:

$$Q_v = \frac{K}{1-p} \left(\frac{g}{2\pi} \right)^{1.5} H_b^2 T_p^{1.5} D_{50}^{-0.25} m^{0.75} \sin(2\theta_b) \quad (3.1)$$

όπου, Q_v η ετήσια στερεοπαροχή ($\mu^3/\text{έτος}$), $K=7,9 \times 10^{-4}$ εμπειρικός συντελεστής, H_b το χαρακτηριστικό ύψος κύματος στο σημείο θραύσης (μ), T_p η περίοδος αιχμής φάσματος (sec), m η κλίση του πυθμένα, θ_b η διεύθυνση των κυματισμών στο σημείο θραύσης και p το πορώδες του υλικού στη φυσική του θέση (τυπικά $p=0,35 - 0,40$).

Το χαρακτηριστικό ύψος κύματος στη θέση θραύσης εκτιμάται από την ακόλουθη σχέση (van Rijn, 1993):

$$H_b = \left(\frac{H_{so}^2 C_{go} \cos(\theta_o)}{\eta_b g^{0.5} \gamma \cos(\theta_b)} \right)^{0.40} \quad (3.2)$$

όπου, H_{so} , θ_o , C_{go} είναι αντίστοιχα το χαρακτηριστικό ύψος κύματος, η διεύθυνση και η ταχύτητα ομάδας στο σημείο ελέγχου του εκάστοτε εξεταζόμενου τμήματος. Το συνημίτονο της γωνίας των κυματισμών στη θέση θραύσης, στο στάδιο αυτό, λαμβάνεται προσεγγιστικά $\cos(\theta_b) = 0,95$, θεωρώντας ότι οι κυματισμοί είναι σχεδόν κάθετοι στην ακτογραμμή. Η παράμετρος η_b αντιπροσωπεύει τον λόγο μεταξύ ταχύτητας ομάδας και ταχύτητας διάδοσης κύματος και λαμβάνεται ίση με $\eta_b = 0,95$, θεωρώντας ότι επικρατούν συνθήκες ρηχών υδάτων στην περιοχή θραύσης. Η παράμετρος γ αντιστοιχεί στον συντελεστή θραύσης των κυματισμών λόγω βάθους

$$\gamma = H_b / h_b \quad (3.3)$$

Με βάση τα αποτελέσματα πειραματικών ερευνών, έχει διαπιστωθεί ότι ο συντελεστής θραύσης εξαρτάται από την κλίση και το υλικό του πυθμένα και κυμαίνεται από 0,4 έως 1,0. Στην παρούσα ανάλυση έχει τυπικά ληφθεί $\gamma \approx 0,73$.

Αφού υπολογισθεί το χαρακτηριστικό ύψος κύματος, το τοπικό βάθος θραύσης υπολογίζεται από την σχέση 3.3. Ακολούθως, υπολογίζεται η διεύθυνση των κυματισμών στην θέση θραύσης με εφαρμογή του νόμου του Snell

$$\theta_b = \sin^{-1} \left(\frac{C_b}{C_o} \sin(\theta_o) \right) \quad (3.4)$$

όπου η ταχύτητα διάδοσης εκτιμάται από τη σχέση 3.5, θεωρώντας ότι στην περιοχή θραύσης επικρατούν συνθήκες διάδοσης σε ρηχά ύδατα

$$C_b = \sqrt{gh_b} \quad (3.5)$$

Αφού προσδιορισθούν οι ετήσιες στερεοπαροχές για όλες τις περιπτώσεις κυματικών χαρακτηριστικών για ένα συγκεκριμένο τμήμα j , η μέση ετήσια στερεοπαροχή υπολογίζεται συνεκτιμώντας την μέση ετήσια διάρκεια εμφάνισης κάθε κυματικού γεγονότος, με την ακόλουθη σχέση

$$Q_{ann}^{(j)} = 365 \times 24 \times 3600 * \sum_k p_k Q_{Vk}^{(j)} \quad (3.6)$$

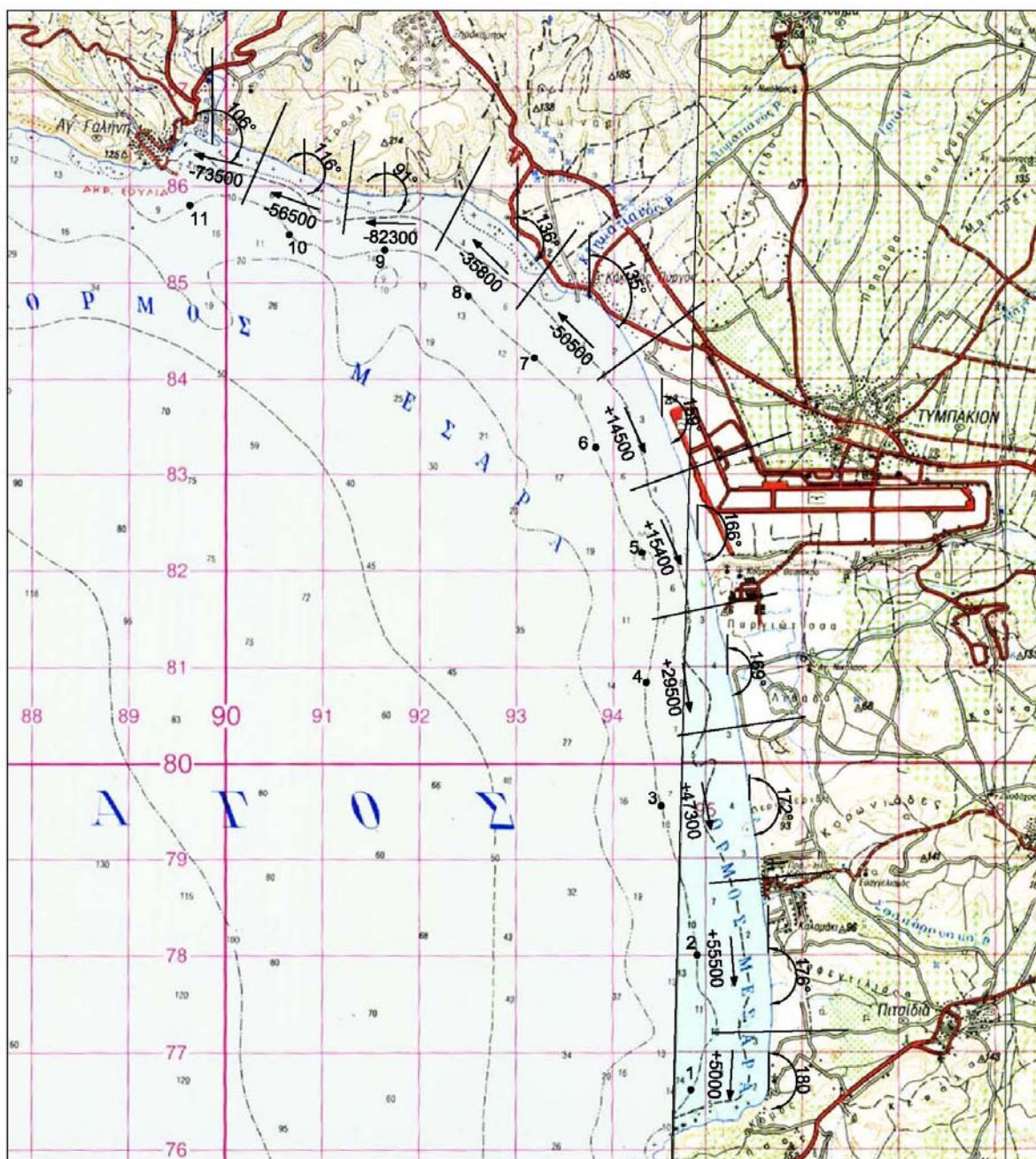
όπου $Q_{Vk}^{(j)}$ αντιπροσωπεύει την ετήσια στερεοπαροχή στο τμήμα j κάτω από τις κυματικές συνθήκες k με μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης p_k .

Στον Πίνακα 3.2 συνοψίζονται οι εκτιμήσεις της μέσης ετήσιας στερεοπαροχής ανά τμήμα, βάσει των αποτελεσμάτων των σχετικών υπολογισμών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται υπό την μορφή ετήσιων ισοζυγίων και μέσων στερεοπαροχών σε $\text{m}^3/\text{έτος}$, ανά κατεύθυνση.

Τμήμα	Ισοζύγιο	Θετική (+)	Αρνητική (-)
1	$-5,06 \times 10^3$	$+1.58 \times 10^4$	$-2,08 \times 10^4$
2	$-5,55 \times 10^4$	$+1.46 \times 10^3$	-5.69×10^4
3	$-4,73 \times 10^4$	$+3.49 \times 10^3$	-5.08×10^4
4	$-2,95 \times 10^4$	$+1.65 \times 10^4$	-4.60×10^4
5	$-1,54 \times 10^4$	$+2.81 \times 10^4$	-4.35×10^4
6	$-1,45 \times 10^4$	$+2.27 \times 10^4$	-3.72×10^4
7	$+5,05 \times 10^4$	$+5.68 \times 10^4$	-6.27×10^3
8	$+3,58 \times 10^4$	$+5.22 \times 10^4$	-1.64×10^4
9	$+8,23 \times 10^4$	$+8.23 \times 10^4$	-0.00×10^0
10	$+5,65 \times 10^4$	$+7.06 \times 10^4$	-1.41×10^4
11	$+7,35 \times 10^4$	$+7.88 \times 10^4$	-5.29×10^3

Πίνακας 3.2: Εκτίμηση ετήσιου ισοζυγίου μέσης στερεοπαροχής και μέσες ετήσιες στερεοπαροχές.

Το πρόσημο στην τιμή της στερεοπαροχής υποδεικνύει την διεύθυνση στην οποία η στερεομεταφορά λαμβάνει χώρα. Θετική (αρνητική) τιμή της στερεοπαροχής, χαρακτηρίζει τη στερεομεταφορά με κατεύθυνση προς τα δεξιά (αριστερά) ενός παρατηρητή στραμμένο προς την θάλασσα. Στο Σχήμα 3.1 φαίνεται το ισοζύγιο και η διεύθυνση της στερεοπαροχής ανά τμήμα.



Σχήμα 3.1: Στερεοπαροχή κατά μήκος της ακτής – ετήσιο ισοζύγιο (m^3)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Kamphuis, J.W., (2002):** Alongshore transport of sand, Proc. 28th Int. Conf. Coastal Engineering (ICCE) Cardiff, July 2002.
2. **van Rijn, L.C.** (1993): Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas, Aqua Publications