



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Μελέτη Έντονων Καιρικών Φαινομένων στις Ελληνικές Θάλασσες

Πτυχιακή εργασία της Νεφέλης Μακρυγιάννη

Αθήνα, 2013



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Μελέτη Έντονων Καιρικών Φαινομένων στις Ελληνικές Θάλασσες

Πτυχιακή εργασία της Νεφέλης Μακρυγιάννη

Επιβλέπων καθηγητής: Πέτρος Κατσαφάδος

Αθήνα, 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ- ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΣΕΙΔΩΝ	12
2.1 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ	12
2.2 ΑΝΕΜΟΣ	12
2.3 ΚΥΜΑΤΑ	13
2.3.1 ΓΕΝΕΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ	13
2.3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΩΝ	15
2.3.3 ΚΥΜΑΤΑ ΜΕΓΑΛΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΑ ΡΗΧΩΝ ΝΕΡΩΝ	15
2.3.4 Η ΣΠΕΙΡΑ ΤΟΥ ΕΚΜΑΝ	17
2.4 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΣΕΙΔΩΝ	18
2.4 .1 ΕΙΔΗ ΠΛΩΤΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	19
2.4 .2 ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΠΛΩΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ	26
4.1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	26
4.2 ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 2001- 2012	28
4.3 ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΙ ΚΥΤΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2001-2012	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΤΟΝΩΝ ΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2001-2012	49
5.1 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΝΤΟΝΟΤΕΡΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΣΤΗΝ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 2001-2012	49
5.2 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΥΜΑΤΟΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	54
5.3 ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΤΟΥ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΥ ΥΨΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΣΤΑΘΜΟ	58
5.4 ΕΥΡΕΣΗ ΕΝΤΟΝΩΝ ΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΣΤΑΘΜΟ	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ

ΓΙΑ ΤΙΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΝΤΟΝΩΝ ΚΥΜΑΤΙΚΩΝ

ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ	69
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	89
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	91

Ευχαριστίες

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο τμήμα Γεωγραφίας του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου και αποτελεί συνέχεια της πρακτικής μου άσκησης στο Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.).

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου και υπεύθυνο της πτυχιακής κ. Κατσαφάδο Πέτρο για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου αναθέτοντας μου της συγκεκριμένη εργασία και τη βοήθεια του σε ότι και αν χρειάστηκα. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο της πρακτικής μου κ. Παπαδόπουλο Αναστάσιο για την καθοδήγησή, την υπομονή και τον χρόνο που μου διέθεσε.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους στενούς μου φίλους για τη συμπαράσταση και την ψυχολογική υποστήριξη που μου πρόσφεραν καθ' όλη τη διάρκεια της υλοποίησης της πτυχιακής μου εργασίας, καθώς και για τη βοήθεια τους κατά διόρθωση της.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη έντονων κυματικών γεγονότων στις ελληνικές θάλασσες για διάστημα 11 ετών (2001-2012) και πώς αυτά συνδέονται με καιρικά φαινόμενα των περιοχών αυτών.

Τα δεδομένα αντλήθηκαν από το σύστημα Ποσειδών του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.). Συγκεκριμένα αναλύονται η ατμοσφαιρική πίεση, η θερμοκρασία του ανέμου, η διεύθυνση του ανέμου και η ταχύτητα του ανέμου, το σημαντικό ύψος κύματος καθώς και η διεύθυνση του κύματος, για τους σταθμούς του Άθου (Β. Αιγαίο), της Λέσβου (Β.Α. Αιγαίο), της Μυκόνου (Κ. Αιγαίο), της Σαντορίνης (Ν. Αιγαίο), της Πύλου (Ιόνιο) και της Ζακύνθου (Ιόνιο).

Η ανάλυση έδειξε ότι τα μεγαλύτερα ύψη κύματος καταγράφηκαν κατά τους χειμερινούς μήνες για το σύνολο των σταθμών. Παραδόξως, οι σταθμοί του Ιονίου έχουν τις απόλυτα μέγιστες μετρήσεις ύψους κύματος, οι οποίες ορισμένες φορές ξεπερνούν ακόμη και τα 7 μέτρα. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε επίσης διάφορα γεγονότα με εξαιρετικά έντονη κατάσταση της θάλασσας και για τις δύο Αιγαίου και του Ιονίου. Επιλεγμένα γεγονότα από πίνακες που εξήχθησαν από το σύνολο των δεδομένων συσχετίζονται με συνοπτικά πρότυπα των επικρατουσών ατμοσφαιρικών συνθηκών. Το πέρασμα συστημάτων χαμηλής πίεσης από την Ελλάδα είναι η κύρια αιτία για την παραγωγή ακραίων υψών κύματος στις ελληνικές θάλασσες.

Abstract

This study focuses on severe wave events over the Greek seas during an 11 year interval (2001-2012), as well as how they are linked to the weather of these areas.

The data provided from the Poseidon system of the Hellenic Center for Marine Research (HCMR). The factors analyzed parameters are atmospheric pressure, air temperature, wind direction, wind speed, the significant wave height and the wave direction for the stations of Athos (N. Aegean), Lesvos (N.E. Aegean), Mykonos (central Aegean), Santorini (S. Aegean), Pylos (Ionion) and Zakynthos (Ionion).

Data analysis indicates that maximum wave heights recorded from the entire stations network occurred in winter period . Surprisingly, the Ionion Sea stations provided the absolute maximum wave height measurements which sometimes exceed the 7m. Data analysis has also revealed various events with extremely intense sea state conditions for both Aegean and Ionian Seas. Selected events from the extracted list correlated with synoptic patterns of the prevailed atmospheric conditions. The passage of low pressure systems over Greece is the main cause for the generation of extreme wave heights over the Greek Seas.

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

Ακραίες ή έντονες καιρικές συνθήκες ορίζονται οι καιρικές συνθήκες μιας περιοχής οι οποίες βρίσκονται εκτός του συνηθισμένου εύρους έντασης τους, συνεπώς εξ ορισμού είναι σπάνιες ή ασυνήθιστες. Σε ορισμένα φαινόμενα δε το τι συνιστάται ακραία συνθήκη διαφέρει από τόπο σε τόπο. Για παράδειγμα μια χιονόπτωση που φτάνει τα 20 εκατοστά είναι ακραία στην Ουάσιγκτον ενώ στο Μόντρεαλ είναι φυσιολογική. Πολλές φορές ο συνδυασμός δύο γεγονότων μπορεί να αποτελέσει παράγοντα δημιουργίας ακραίων καταστάσεων, όπως στη περίπτωση του τυφώνα Hazel, μιας αποδυναμωμένης τροπικής καταιγίδας, που όταν συνδυάστηκε με ένα σύστημα χαμηλών πιέσεων παρήγαγε καταρρακτώδεις βροχές και θανατηφόρες πλημμύρες στο Τορόντο τον Οκτώβριο του 1954 (Francis and Hengeveld 1998). Οι ακραίες καιρικές συνθήκες είναι δυνητικά καταστροφικές, αν και δεν έχουν όλες την ίδια κατάληξη.

Με πρωτοβουλία του Eumetnet, το οποίο είναι το δίκτυο των Ευρωπαϊκών Μετεωρολογικών Υπηρεσιών μέσα στα ευρύτερα πλαίσια του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO), παρουσιάστηκε στις 27 Μαρτίου 2007 η σελίδα www.meteoalarm.eu με στόχο την ενημέρωση των πολιτών για ακραία καιρικά φαινόμενα σε όλη την Ευρώπη (http://www.hnms.gr/hnms/greek/meteorology/full_story_html?dr_url).

Οι ισχυροί άνεμοι αποτελούν μία από τις κυριότερες κατηγορίες έντονων καιρικών φαινομένων. Αποτελούν δε ένα από τα σημαντικότερα και εντονότερα καιρικά φαινόμενα στην Ελλάδα καθώς είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία και την επέκταση διαφόρων άλλων έντονων καιρικών φαινομένων. Ιδιαίτερο παράδειγμα τα καλοκαιρινά μελτέμια¹, των οποίων η ταχύτητα μπορεί να γίνει θυελλώδης δημιουργώντας έντονο κυματισμό και προβλήματα στις θαλάσσιες μεταφορές.

Επιπλέον είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι με πολλά άλλα γεγονότα. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελούν οι πυρκαγιές (wildfires) όπου, εξαιτίας των ισχυρών ανέμων, αποκτούν μεγάλο μέγεθος, μεγαλύτερη ταχύτητα εξάπλωσης και απροσδόκητη αλλαγή στην κατεύθυνσή τους (Papadopoulos et al. 2012). Με τους ισχυρούς ανέμους συνδέονται και οι αμμοθύελλες (dust storm). Η πιο σημαντική πηγή σκόνης παγκοσμίως είναι η έρημος Σαχάρα και το 60% της σκόνης της μεταφέρεται δυτικά με ένα σημαντικό ποσό να φτάνει στην Ευρώπη. Η γειτνίαση της Ελλάδας με τη βόρειο Αφρική έχει ως αποτέλεσμα την είσοδο μεγάλων ποσοτήτων σκόνης στην Ελλάδα, η μεταφορά της οποίας γίνεται με τη βοήθεια των ανέμων (Kaskaoutis et al. 2008).

¹ Τα μελτέμια ή ετήσιοι άνεμοι (etesian winds) είναι άνεμοι της κατώτερης ατμόσφαιρας με βόρεια-βορειοδυτική διεύθυνση που ρέουν πάνω από το Αιγαίο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες συνεχίζοντας και στις αρχές του φθινοπώρου (Poupkou et al. 2011)

Επίσης οι άνεμοι είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία ανεμοστρόβιλων² (tornado) και υδροστροβίλων ή σιφών (waterspout)³.

Η γεωμορφολογία της Ελλάδας παρουσιάζει ένα περιβάλλον ευνοϊκό για την ανάπτυξη ανεμοστρόβιλων ενώ υπάρχουν αναφορές για την εμφάνιση αυτών -κατά μέσον όρο- δυο φορές ανά δεκαετία. Συγκεκριμένα υπάρχουν περιορισμένες αναφορές εμφάνισης τους μέσα σε ενενήντα χρόνια 1910-1999 όπου έγιναν αναφορές μόνο για 17 περιπτώσεις ανεμοστρόβιλων. Αντίθετα την περίοδο 2000-2002 (Ιανουάριος 2000-Σεπτέμβριος 2002) καταγράφηκαν 19 ανεμοστρόβιλοι και 25 υδροστροβίλοι (Sioutas 2003, Nastos and Matsangouras 2010). Χαρακτηριστικές περιπτώσεις αποτελούν τα γεγονότα στις 27 Ιουλίου 2002 κατά το οποίο ανεμοστρόβιλος χτύπησε στην περιοχή του Διεθνούς Αερολιμένα Αθηνών (Ελ. Βενιζέλος) και στις 12 Φεβρουάριου 2010 εμφανίστηκε ανεμοστρόβιλος στο χωριό Βράσταμα της Χαλκιδικής (Matsangouras and Nastos 2010, Matsangouras et al. 2011).

Κύριο αποτέλεσμα των ισχυρών ανέμων, με συχνότερη εμφάνιση στην Ελλάδα, είναι η δημιουργία έντονου ή ακόμη και ακραίου κυματισμού στις θάλασσες. Το μεγαλύτερο μέρος του παγκόσμιου χάρτη επηρεάζεται από αυτού του είδους τα φαινόμενα και για αυτόν το λόγο πολλοί είναι οι ερευνητές που τα μελετούν.

Οι Onorato et al το 2001 μελέτησαν την εμφάνιση των ακραίων κυματικών γεγονότων σε τυχαίες ωκεάνιες περιοχές, χαρακτηρίζοντας ως ακραίο γεγονός αυτό που απαντά στο κριτήριο $H_{max} > 2.2H_s$, όπου H_s το σημαντικό ύψος κύματος⁴. Σε αντίστοιχη μελέτη οι Melville et al. το 2005 κατέγραψαν γιγάντια κύματα στον κόλπο Tehuantepec του Μεξικού χρησιμοποιώντας για κριτήριο ότι είχαν ύψος $H \geq 2H_s$. Η καταγραφή έγινε με τη βοήθεια εικόνων Radar (SAR) και είχαν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας πλήρους βάσης δεδομένων για τις περιοχές που είναι επιρρεπείς στο φαινόμενο αυτό.

Οι Nikolkina και Didenkulova το 2011 μελέτησαν αναφορές που είχαν γίνει σχετικά με την εμφάνιση γιγάντιων κυμάτων (κύματα-τέρατα) κατά τη διάρκεια της πενταετίας 2006-2010, σε όλο τον κόσμο. Οι πληροφορίες συλλέχθηκαν από πηγές μέσω μαζικής ενημέρωσης αλλά στην εργασία τους έλαβαν υπόψη μόνο τα γεγονότα που συνδέθηκαν με ζημιές ή/και ανθρώπινες απώλειες. Τα κύματα όπως φάνηκε από την έρευνα δημιουργήθηκαν όχι μόνο σε βαθιά νερά,

² Σύμφωνα με την American Meteorological Society (AMS) (<http://glossary.ametsoc.org/wiki/Tornado>) ένας ανεμοστρόβιλος είναι μια βίαια περιστρεφόμενη στήλη αέρα που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια και τη βάση ενός σύννεφου cumuliform.

³ waterspout είναι σε γενικές γραμμές κάθε ανεμοστρόβιλος πάνω από ένα σώμα νερού.
(<http://glossary.ametsoc.org/wiki/Waterspout>)

⁴ Σημαντικό ύψος κύματος σε μία περιοχή είναι η μέση τιμή ύψους (από κορυφή σε κοιλία) του ενός τρίτου των υψηλότερων κυμάτων.

αλλά και σε ζώνες ρηχών νερών καθώς και στα παράλια. Από το συνολικό αριθμό 131 γεγονότων που αναφέρθηκαν τα 78 ταυτοποιήθηκαν με τη βοήθεια δορυφορικών δεδομένων. Έτσι δημιουργήθηκε μία βάση δεδομένων πέντε χρόνων που περιελάμβανε την ημερομηνία και τον τόπο εμφάνισης των κυμάτων, τις απώλειες που οφείλονταν σε αυτά αλλά και πληροφορίες για τα κύματα όπως το ύψος των γιγάντιων κυμάτων, το σημαντικό ύψος των κυμάτων, τον αριθμό εμφάνισης κυμάτων σε κάθε περίπτωση. Από τις 78 περιπτώσεις που ταυτοποιήθηκαν, οι 9 περιπτώσεις καταγράφηκαν σε βαθιά νερά, 30 σε ζώνες ρηχών νερών και 39 σε παράκτιες περιοχές.

Οι Ruggiero et al το 2010 μελέτησαν την αύξηση του ύψους των κυμάτων στο Βορειοδυτικό τμήμα του Ειρηνικού στις ΗΠΑ. Από τη μελέτη τους φάνηκε ότι οι μέσοι όροι των σημαντικών υψών κύματος στα βαθιά νερά έχουν αυξηθεί με ρυθμό 0,015m/yr από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 ενώ, όταν μελετήθηκαν τα 5 υψηλότερα κύματα για κάθε χρονιά φάνηκε ότι το σημαντικό ύψος κύματος αυξάνει με ρυθμό 0,071m/yr. Σε αντίστοιχη έρευνα οι O' Brien et al. το 2013 παρουσίασαν μια βάση δεδομένων ακραίων κυμάτων που έχουν παρατηρηθεί στην Ιρλανδία κατά τα τελευταία 15.000 χρόνια (14680 BP – 2012). Φυσικά η λίστα μπορεί να θεωρηθεί ανεξάντλητη αλλά η έρευνα προσπάθησε να καλύψει τις πιο γνωστές αναφορές ακραίων κυμάτων. Τα αποτελέσματα από τη βάση δεδομένων έδειξαν ότι ο κίνδυνος για τσουνάμι στην Ιρλανδία είναι πολύ χαμηλός αντίθετα η πιθανότητα εμφάνισης γιγάντιων κυμάτων (κύματα-τέρατα) είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη, ειδικά στην δυτική ακτή. Η έρευνα δεν πιστοποιεί αν η συχνότητα των ακραίων κυματικών γεγονότων αυξήθηκε ή μειώθηκε στο πέρασμα του χρόνου. Στην περίπτωση της μελέτης των Ortiz et al. (2013) τα ακραία κυματικά γεγονότα του Μαρτίου του 2009 στην ακτή της Κολομβίας συνδέονταν με την εμφάνιση ενός ψυχρού μετώπου, ενώ οι van Ledden et al. (2009) θέλησαν να μελετήσουν τα αίτια και τις συνέπειες του ασυνήθιστου κυματικού γεγονότος στην ακτή της Γουϊάνας (Νότιος Αμερική) κατά την περίοδο 16-19 Οκτωβρίου 2005.

Σε έρευνα τους οι Kharif et al το 2008 μελέτησαν την επίδραση του ανέμου στην εμφάνιση των ακραίων κυμάτων σε βαθιά νερά. Προσεγγίζοντας το θέμα υπολογιστικά και πειραματικά κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα ακραία κυματικά φαινόμενα μπορούν να διατηρηθούν, ή ακόμη και να αυξηθούν, αν ο αέρας επιδράσει στην υπήνεμη πλευρά του κύματος παρά στις κορυφές του. Σε αντίστοιχη έρευνα οι Dragani et al. (2013) θέλησαν να μελετήσουν την σύνδεση των κυκλώνων με την δημιουργία έντονων κυμάτων στις εκβολές του ποταμού Plate (Rio de la Plata/ eng. River Plate) της Αργεντινής. Η έρευνα βασίστηκε σε μια περίοδο 13 ετών (1996-2009) καταγραφής σειράς δεδομένων όπου μελετήθηκαν οι πιο αντίξοες συνθήκες στην θάλασσα, συγκεκριμένα στην υφαλοκρηπίδα δίπλα από τον ποταμό. Το κριτήριο για να χαρακτηριστούν

ακραίες οι παρατηρήσεις ήταν το μέγιστο κύμα να φτάνει το ύψος 0,01 της κατανομής των H_s . Συνολικά 15 παρατηρήσεις ικανοποιούσαν αυτό το κριτήριο με τα κύματα να φτάνουν μέχρι τα 3,94m. Δώδεκα από αυτά σχετίζονται με την παρουσία κυκλώνων ενώ μόνο τρία σχετίζονταν με τους μετα-μετωπικούς αντικυκλώνες και τα συστήματα χαμηλής πίεσης. Σημαντική παρατήρηση της συγκεκριμένης έρευνας ήταν η μη καταγραφή κυμάτων ύψους μεγαλύτερα από 4m.

Πλήθος άλλων εργασιών προσπάθησαν να προσεγγίσουν στατιστικά το θέμα της εμφάνισης των ακραίων κυματικών γεγονότων όπως αυτές των Martucci et al. το 2010 που ανέλυσαν το σημαντικό ύψος κύματος για τις ακτές της Ιταλίας από το 1958-1999, όπως και οι Hwang et al το 2011 έκαναν κάτι αντίστοιχο για την περιοχή της Ταϊβάν.

Στην παρούσα εργασία μελετώνται τα ακραία καιρικά φαινόμενα που οδηγούν στη δημιουργία έντονων γεγονότων στις ελληνικές θάλασσες. Για τον σκοπό αυτό θα αναλυθούν οι καταγραφές έντονων/ακραίων κυματικών γεγονότων (severe/extreme events) στον ελλαδικό χώρο. Η εργασία εστιάζει στη μελέτη των ανεμογενών κυματισμών, δηλαδή στα κύματα που δημιουργούνται λόγω του ανέμου και όχι άλλων αιτιών π.χ. μιας αναταραχής της θάλασσας από σεισμό.

Με βάση τα παραπάνω οι στόχοι της παρούσας εργασίας είναι:

- Η ανάλυση των ακραίων κυματικών γεγονότων από το δίκτυο πλωτών μετρητικών σταθμών του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ για διάστημα 11 ετών (2001-2012)
- Συσχέτιση των ακραίων κυματικών γεγονότων με συνοπτικά πρότυπα καιρού.

Η δομή της εργασίας περιγράφεται από τα ακόλουθα κεφάλαια τα οποία προσεγγίζουν το θέμα της μελέτης.

Το Κεφάλαιο 2 αναφέρεται στους βασικούς ορισμούς, που περιγράφει το θεωρητικό υπόβαθρο που θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση της εργασίας. Επίσης, γίνεται παρουσίαση του συστήματος Ποσειδών από το οποίο αντλήθηκαν τα δεδομένα με αναφορές στα είδη των πλωτών μετρητικών σταθμών που αποτελείται το σύστημα καθώς και η θέση και η λειτουργία αυτών.

Το Κεφάλαιο 3 παρουσιάζει τα δεδομένα καθώς και τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε σε αυτή την εργασία για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται μια πρώτη ανάλυση των δεδομένων με τη βοήθεια βασικών στατιστικών στοιχείων. Επιπλέον, παρουσιάζονται δύο ειδών διαγράμματα (ιστογράμματα και ροδογράμματα) για τον άνεμο και το κύμα αναλύοντας γενικές πληροφορίες για το ύψος κύματος, την ένταση του ανέμου καθώς και τις διευθύνσεις αυτών.

Στο 5ο Κεφάλαιο γίνεται η κύρια ανάλυση των δεδομένων μελετώντας τα εντονότερα κυματικά γεγονότα για κάθε ένα από τους μετρητικούς σταθμούς και ξεκινώντας από την μελέτη της μηνιαίας κατανομής των μεγίστων τιμών ύψους κύματος.

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 6 παρατίθενται οι χαρακτηριστικότερες περιπτώσεις έντονων κυματικών γεγονότων για το Αιγαίο και το Ιόνιο Πέλαγος, ενώ γίνεται μελέτη της συνοπτικής ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας με τη βοήθεια χαρτών καιρού.

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας.

Κεφάλαιο 2ο: Δημιουργία και χαρακτηριστικά θαλάσσιων κυματισμών και το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ

2.1 Ατμοσφαιρική Πίεση και Θερμοκρασία Αέρα

Ατμοσφαιρική πίεση ονομάζεται η δύναμη που ασκείται στη γη από το βάρος του αέρα ανά μονάδα επιφάνειας, διαφέρει ανά περιοχή και ύψος και μετράται σε hecto-pascal (hPa). Στην επιφάνεια της θάλασσας η μέση τυπική τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι:

$$1013,25\text{hPa} = 101325 \text{ Pa}$$

Η ατμοσφαιρική πίεση είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη θερμοκρασία του αέρα η οποία καθορίζεται από την μέση κινητική ενέργεια των μορίων του. Όπως αναφέρουν οι Κατσαφάδος και Μαυροματίδης (2010), τα μόρια του αέρα συγκροτούνται κοντά στην επιφάνεια της γης λόγω της δύναμης της βαρύτητας. Η συγκεκριμένη δύναμη συμπιέζει περισσότερο τα μόρια του αέρα κοντά στην επιφάνεια από ότι σε μεγαλύτερα υψόμετρα με αποτέλεσμα η πυκνότητα του αέρα να μειώνεται σημαντικά ανάλογα με το ύψος. Η ελάττωση της ατμοσφαιρικής πίεσης με το ύψος έχει ως αποτέλεσμα την ψύξη κάθε αέριας μάζας που ανέρχεται σε μεγαλύτερα ύψη της ατμόσφαιρας. Αυτό εξηγείται ως εξής: στην επιφάνεια της γης η στοιχειώδης μάζα έχει τις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας με τον περιβάλλοντα αέρα. Καθώς η μάζα ανυψώνεται εισέρχεται σε περιβάλλον μειωμένης ατμοσφαιρικής πίεσης. Οι συνθήκες μειωμένης πίεσης επιτρέπουν στα μόρια της αέριας μάζας να εκτονωθούν καταλαμβάνοντας μεγαλύτερο όγκο. Για την εκτόνωση καταναλώνεται μέρος της εσωτερικής κινητικής ενέργειας των μορίων της μάζας καθώς δεν υπάρχει άλλη πηγή ενέργειας. Με βάση τον ορισμό της θερμοκρασίας, ελάττωση της κινητικής ενέργειας των μορίων της αέριας μάζας σημαίνει ελάττωση της θερμοκρασίας της. Συνεπώς άνοδος μίας αέριας μάζας στην ατμόσφαιρα συνδυάζεται με μείωση της θερμοκρασίας λόγω εκτόνωσης, ενώ κάθοδος μίας αέριας μάζας συνδυάζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω συμπίεσης.

2.2 Άνεμος

Άνεμος ονομάζεται την οριζόντια κίνηση μάζας ατμοσφαιρικού αέρα που είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών πιέσεων που επικρατούν από τόπο σε τόπο σε συνδυασμό με τις αλλαγές στη θερμοκρασία. Οι δυνάμεις που ρυθμίζουν την κίνηση αέρα είναι 1) η δύναμη βαροβαθμίδας 2) η δύναμη Coriolis 3) η φυγόκεντρος δύναμη και 4) η δύναμη της τριβής. Ο άνεμος χαρακτηρίζεται

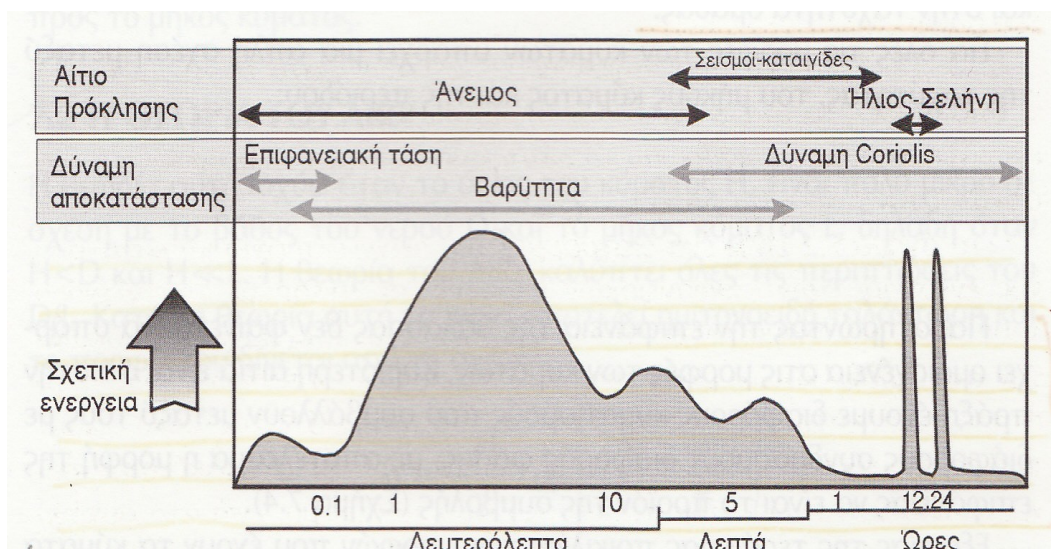
από δύο στοιχεία, την διεύθυνση και την ένταση (ταχύτητα). Η ταχύτητα του ανέμου είναι χρονικά ιδιαίτερα μεταβλητό μέγεθος. Μπορεί μάλιστα να εμφανίσει σημαντικές μεταβολές μέσα στο χρόνο που κυμαίνεται από κλάσμα του δευτερολέπτου μέχρι ώρες. Οι διακυμάνσεις αυτές της ταχύτητας του ανέμου είναι τελείως τυχαίες. Έτσι η στιγμιαία ταχύτητα του ανέμου ($V(t)$) μπορεί να ορισθεί σαν το άθροισμα της μέσης τιμής ($\bar{V}$) και της διακύμανσης ($V'(t)$) γύρω από τη μέση τιμή

$$V(t) = \bar{V} + V'(t) \quad (2.2.1)$$

Διεύθυνση ανέμου ορίζεται το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος σε σχέση με το σημείο μέτρησης του. Η διεύθυνση του ανέμου ταλαντεύεται συνεχώς γύρω από μία θέση, εμφανίζοντας όμως μικρότερες διακυμάνσεις από την ταχύτητα του ανέμου, ενώ απαιτείται αρκετός χρόνος για να παρατηρηθεί σημαντική αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου. Σημαντικό μέτρο είναι η επικρατούσα διεύθυνσης του ανέμου και ορίζεται αυτή με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης, στο σημείο μέτρησης της. Αυτή είναι για κάθε δείγμα μία -εκτός αν περισσότερες από μία συχνότητες είναι του ίδιου μεγέθους- και σε πολλές περιπτώσεις αλλάζει με την εποχή. Κύριο παράγωγο του ανέμου είναι τα κύματα (Λιώκη-Λειβαδά και Ασημακοπούλου, 2008).

2.3 Κύματα

Κύματα είναι οι παροδικές μηχανικές ταλαντώσεις των μορίων του νερού, στην επιφάνεια ή σε βάθος, με κάποια περίοδο και πραγματοποίηση μεταφοράς ενέργειας. Το φάσμα τους περιλαμβάνει περιόδους μικρότερες από 1 sec, όπως οι ρυτιδώσεις που προξενεί ο ασθενής άνεμος στην ήρεμη επιφάνεια της θάλασσας, έως 3- 4 μήνες σε μερικά πλανητικά κύματα που τα αποτελέσματα τους γίνονται αισθητά κυρίως σαν περιοδικές μεταβολές στην ροή και τη διεύθυνση των θαλάσσιων ρευμάτων (Αλμπανάκης, 1999). Το βασικό αίτιο για τη δημιουργία των κυμάτων είναι ο άνεμος. Το σχήμα 1.1 δείχνει τη σχετική κατανομή ενέργειας των επιφανειακών κυμάτων σε σχέση με την περίοδό τους καθώς και την αιτία που προκαλεί την ανατάραξη αλλά και την δύναμη που αποκαθιστά το αποτέλεσμα της.



Σχήμα 2.3.1 Σχετική κατανομή της ενέργειας των επιφανειακών κυμάτων σε σχέση με την περίοδο του.
Πηγή: Αλμπανάκης, 1999

Στο σχήμα αυτό φαίνεται ότι την ανατάραξη των ανεμογενών κυμάτων τείνει να αποκαταστήσει η βαρύτητα. Για το λόγο αυτό τα ανεμογενή κύματα χαρακτηρίζονται και ως κύματα βαρύτητας.

2.3.1 Γένεση Ανεμογενών κυμάτων

Η προσφορά ενέργειας από τον άνεμο στη θάλασσα προκαλεί αρχικά τη δημιουργία μικρών καμπυλόγραμμων τριχοειδών κυμάτων. Με την περαιτέρω προσφορά ενέργειας αυξάνεται το ύψος και το μήκος των τριχοειδών κυμάτων. Όταν το μήκος κύματος τους γίνει μεγαλύτερο από 1,74cm, τα τριχοειδή κύματα αποκτούν ημιτονοειδή κυματομορφή και καθίστανται κύματα βαρύτητας. Αυτά αλληλεπιδρούν με τη ροή του ανέμου επάνω από τη θαλάσσια επιφάνεια. Ο άνεμος ασκεί μεγαλύτερη πίεση στην προσήνεμη από την υπήνεμη πλευρά του κύματος. Λόγω της διαφοράς αυτής των πιέσεων, που ενισχύεται από την παρουσία ανεμοστρόβιλων/τροχιές στις κοιλίες, αυξάνεται το μέγεθος της ταλάντωσης του νερού, δηλαδή το ύψος του κύματος.

Η συνέχιση παροχής ενέργειας από τον άνεμο προκαλεί αύξηση της κυρτότητας (H/L) των κυμάτων, των οποίων οι κορυφές γίνονται οξείες και οι κοιλίες καμπυλόγραμμες. Όταν η κυρτότητα γίνει ίση με $1/7$, τα κύματα καθίστανται ασταθή και σπάνε δημιουργώντας αφρό (Θεοδώρου 2004).

2.3.2 Χαρακτηριστικά κυμάτων

Κάθε κύμα έχει τέσσερα κύρια χαρακτηριστικά:

i) *Το ύψος H* , που είναι η κατακόρυφη απόσταση από την κορυφή ως το βαθύτερο σημείο της κοιλίας. Στην μελέτη της θάλασσας βασικότερο χαρακτηριστικό είναι το σημαντικό ύψος κύματος H_s . Σημαντικό ύψος κύματος μίας περιοχής είναι η μέση τιμή ύψους του ενός τρίτου των υψηλότερων κυμάτων. Μάλιστα το πιθανό αναμενόμενο μέγιστο ύψος κύματος μπορεί να φτάσει μέχρι δύο φορές το υπολογιζόμενο σημαντικό ύψος κύματος.

ii) *Το μήκος κύματος L* , που είναι η οριζόντια απόσταση από κορυφή σε κορυφή.

iii) *Η περίοδος κύματος T* , που είναι ο χρόνος σε δευτερόλεπτα που χρειάζεται για να περάσουν από ακίνητο παρατηρητή δυο διαδοχικές κορυφές.

iv) *Η ταχύτητα C* , η οποία διαχωρίζεται στην ταχύτητα φάσης και στην ταχύτητα ομάδας (Αλμπανάκης 1999, <http://www.poseidon.hcmr.gr/>). Για όλα τα κύματα ισχύει η θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής:

$$C = L/T \quad (2.3.2.1.)$$

2.3.3 Κύματα μεγάλου βάθους και κύματα ρηχών νερών

Τα κύματα μεγάλου βάθους (deep-water waves) και τα κύματα ρηχών νερών (shallow-water waves) έχουν χαρακτηριστική συμπεριφορά, για αυτό περιγράφονται από συγκεκριμένους τύπους για το μήκος κύματος και την ταχύτητα κύματος τους.

Τα κύματα μεγάλου βάθους αναπτύσσονται σε περιοχές με βάθος νερού μεγαλύτερο από το μισό του μήκους κύματος έτσι ώστε οι τροχιές τους να μην αλληλεπιδρούν με τον πυθμένα της θάλασσας. Για παράδειγμα ένα κύμα 15 m πρέπει να βρίσκεται σε περιοχή με βάθος μεγαλύτερο των 7.5 m ώστε να ορίζεται κύμα μεγάλου βάθους. Το μήκος κύματος (L) βρίσκεται βάση της περιόδου (T), η οποία καθορίζεται από άμεσες μετρήσεις. Επιπλέον, βάση της θεμελιώδους εξίσωσης της κυματικής μπορεί να υπολογιστεί και η ταχύτητα (C). Το μήκος κύματος υπολογίζεται βάση της σχέσης της περιόδου με την επιτάχυνση της βαρύτητας ($g=9,81 \text{ m/s}^2$) και ισχύει ότι:

$$L=(g/2\pi) T^2 \Rightarrow L=1,56\text{m/s}^2 \cdot T^2 \quad (2.3.3.1)$$

και βάση της 2.3.2.1:

$$C^2 = L^2/T^2 = (g/2\pi)L \Rightarrow C^2 = 1,56 L \quad (2.3.3.2)$$

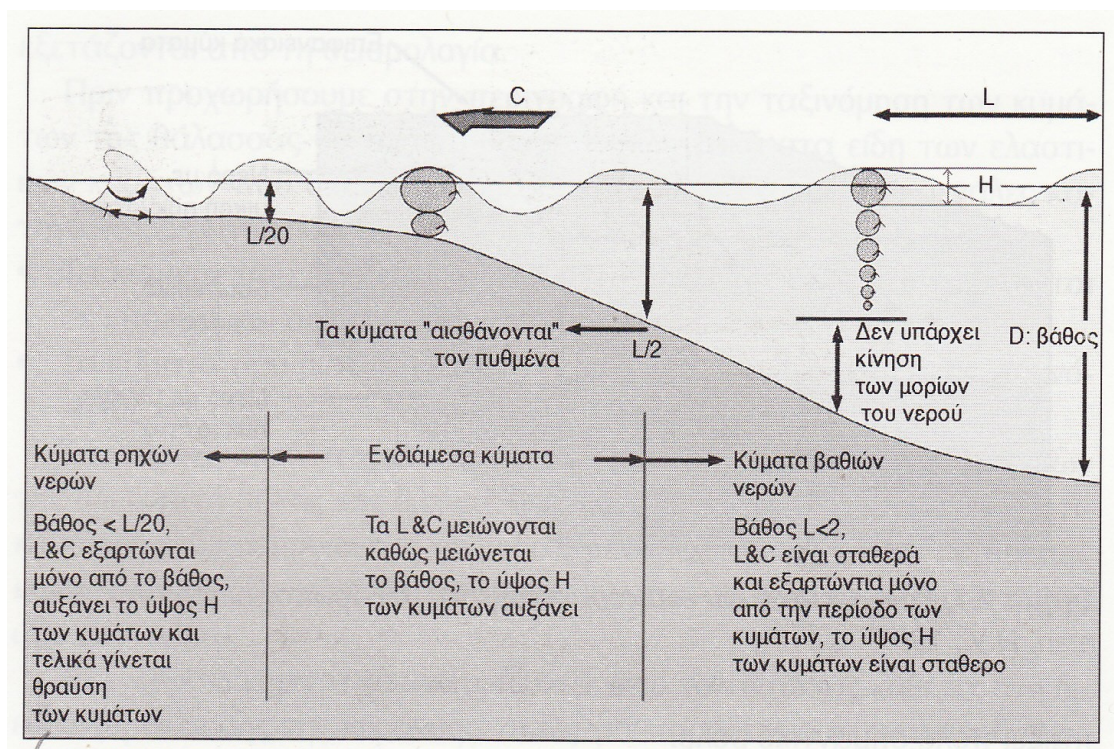
Καθώς ένα κύμα μεγάλου βάθους προσεγγίζει την ακτή και κινείται μέσα σε αβαθή νερά, ο πυθμένας αρχίζει να αλληλεπιδρά με τις τροχιές και σταδιακά να γίνονται πεπλατυσμένοι κύκλοι και ελλείψεις. Όταν το κύμα προσεγγίσει τον πυθμένα, σαν αποτέλεσμα της τριβής και της συμπίεσης των τροχιών ελαττώνεται η ταχύτητα του κύματος, καθώς η περίοδος του κύματος δεν αλλάζει. Επομένως βάση της θεμελιώδους εξίσωσης της κυματικής σαν αποτέλεσμα γίνεται ελάττωση του μήκους κύματος αλλά και της κλίσης όσο το κύμα προσεγγίζει την ακτή.

Όταν το κύμα εισέλθει σε περιοχή με βάθος μικρότερο του ενός εικοστού του μήκους κύματος ($D < L/20$) μετατρέπεται σε κύμα ρηχών νερών. Ενώ το μήκος κύματος και η ταχύτητα ενός κύματος μεγάλου βάθους καθορίζεται από την περίοδο, το μήκος κύματος των ρηχών νερών ελέγχεται μόνο από το βάθος. Έτσι:

$$C = \sqrt{gD} \quad \text{ή} \quad C = 3,13 \sqrt{D} \quad (2.3.3.3)$$

$$L = 3,13 T \sqrt{D} \quad (2.3.3.4)$$

Όταν το βάθος του νερού είναι ανάμεσα στο $L/2$ και $L/20$, η ταχύτητα του κύματος επιβραδύνεται και ονομάζονται κύματα ενδιάμεσου βάθους, ενώ δεν υπάρχει απλοποιημένη εξίσωση για τα συγκεκριμένα κύματα. (Sverdrup and Armbrust). Στο σχήμα 1.2 φαίνεται η επίδραση του πυθμένα στα χαρακτηριστικά των κυμάτων.

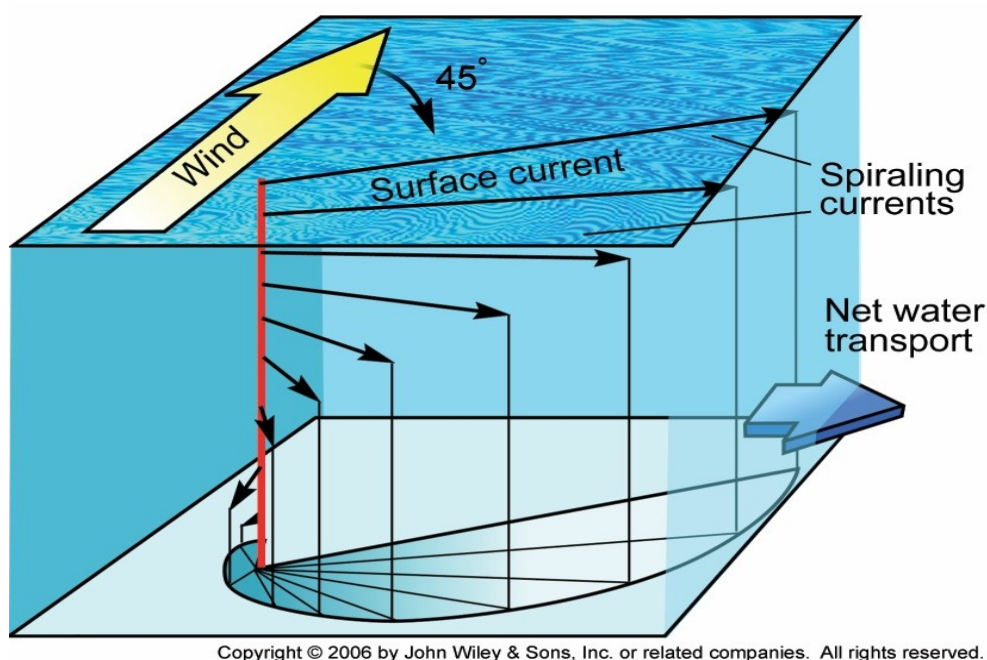


Σχήμα 2.3.3.1 Η επίδραση του πυθμένα στα χαρακτηριστικά των κυμάτων Πηγή: Αλμπανάκης,

2.3.4 Η σπείρα του Έκμαν

Όπως αναφέρεται από τον Αλμπανάκη (1999) ο άνεμος, εκτός από τα κύματα που δημιουργεί, παρασύρει το επιφανειακό νερό με την τριβή που ασκεί στην επιφάνεια της θάλασσας. Η διεύθυνση της κίνησης του νερού, δεν ταυτίζεται με τη διεύθυνση του ανέμου. Στο βόρειο ημισφαίριο η τριβή του ανέμου σε συνδυασμό με τη δύναμη Coriolis παρασύρουν τα νερά και τα εκτρέπουν προς τα δεξιά. Καθώς η κίνηση μεταδίδεται σε βάθος, το κάθε στρώμα παρασύρει με τριβή το επόμενο. Αυτό δημιουργεί τη συνεχή εκτροπή προς τα δεξιά της κίνησης των βαθύτερων στρωμάτων, με ταυτόχρονη εκθετική μείωση της ταχύτητας. Το φαινόμενο αυτό μελετήθηκε από τον Έκμαν, ο οποίος προσδιόρισε την κίνηση κάθε στρώματος σε βάθος, και για αυτό ονομάστηκε η σπείρα του Έκμαν.

Στην σπείρα του Έκμαν, το πρώτο επιφανειακό στρώμα νερού παρασύρεται με απόκλιση 45° προς τα δεξιά του ανύσματος του επιφανειακού ανέμου (Σχήμα 2.3.4.1). Καθώς τα ανύσματα περιστρέφονται, υπάρχει κάποιο βάθος στο οποίο η διεύθυνση του ανύσματος της ταχύτητας είναι αντίθετη με αυτή της φοράς του ανέμου. Στην πράξη όμως μετά την αποκατάσταση ισορροπίας στη ροή του νερού, επικρατεί μια μέση διεύθυνση μεταφοράς.



Σχήμα 2.3.4.1: Η σπείρα του Έκμαν Πηγή: <http://unmgeografi.wordpress.com>

Αν υπολογιστεί ο μέσος όρος της διεύθυνσης της κίνησης των νερών στα διάφορα στρώματα ως το μέγιστο βάθος που φτάνει η σπείρα του Έκμαν τότε προκύπτει ότι (για το βόρειο ημισφαίριο) η διεύθυνση μεταφοράς είναι 90° προς τα δεξιά της ταχύτητας του ανέμου. Η μεταφορά των θαλάσσιων μαζών με αυτόν τον τρόπο ονομάζεται **μεταφορά του Έκμαν**.

Η μεταφορά Έκμαν για να είναι όντως 90° προς τα δεξιά της διεύθυνσης του ανέμου πρέπει το βάθος του νερού να είναι επαρκές και να ξεπερνά το βάθος ανάπτυξης του Έκμαν.

Στην πράξη ένα παρατηρητής στην επιφάνεια του νερού, βλέπει το επιφανειακά νερά να παρασύρονται με την προβλεπόμενη απόκλιση (45°) ως προς τη διεύθυνση του ανέμου. Αν όμως γίνει συσχέτιση με το γεωστροφικό άνεμο, τότε η απόκλιση είναι μικρότερη -μεταξύ του γεωστροφικού ανέμου και των επιφανειακών νερών- λόγω τριβής μεταξύ των στρωμάτων αέρα. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και όταν το βάθος του νερού είναι μικρό και δεν μπορεί να αναπτυχθεί το σπινάλ του Έκμαν. Η τριβή του νερού με τον πυθμένα προξενεί επιβράδυνση, με αποτέλεσμα την προς τα αριστερά απόκλιση της κίνησης των βαθύτερων στρωμάτων και αναστροφή του σπινάλ. Έτσι στα ρηχά νερά η διεύθυνση της κίνησης του νερού έχει πολύ μικρότερη απόκλιση από τη διεύθυνση του ανέμου.

2.4: Το σύστημα Ποσειδών

Το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών λειτουργεί επιχειρησιακά το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ για την παροχή εξειδικευμένων μετρήσεων και προγνώσεων για τις περιβαλλοντικές συνθήκες των Ελληνικών Θαλασσών και της Μεσογείου γενικότερα. Οι βασικές συνιστώσες του είναι:

- α) Ένα δίκτυο πλωτών μετρητικών σταθμών,
- β) Το τηλεπικοινωνιακό σύστημα που εξασφαλίζει τη σε πραγματικό χρόνο μετάδοση των μετρήσεων
- γ) Το προγνωστικό σύστημα που αποτελείται από ένα σύνολο από ολοκληρωμένα συστήματα αριθμητικών μοντέλων.

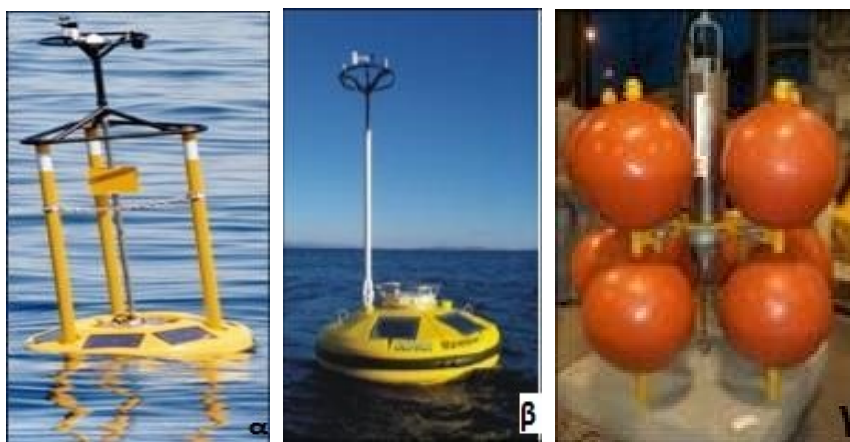
Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις αφορούν την καταγραφή φυσικών, βιολογικών και χημικών παραμέτρων των Ελληνικών θαλασσών σε 8 θέσεις στο Αιγαίο Πέλαγος και σε 2 στο Ιόνιο Πέλαγος, οι οποίες λόγω της οικονομικής κρίσης έχουν περιοριστεί σε 2 και 1 αντίστοιχα. Για την εξυπηρέτηση των επιχειρησιακών προγνωστικών αναγκών του συστήματος, παράγονται καθημερινά προγνώσεις για τον καιρό, τον κυματισμό, τη θαλάσσια κυκλοφορία, το θαλάσσιο οικοσύστημα καθώς και σε έκτακτες καταστάσεις προγνώσεις για την εξέλιξη των πετρελαιοκηλίδων και τον παράκτιο κυματισμό

Από την ιστοσελίδα <http://poseidon.hcmr.gr/> παρέχονται πληροφορίες για το σύστημα.

2.4.1 Είδη πλωτών μετρητικών σταθμών

Υπάρχουν τρία είδη πλωτών σταθμών μέτρησης. Ο SEAWATCH WAVESCAN είναι μία πλατφόρμα πολλαπλών χρήσεων και εφαρμογών. Έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρέχει περισσότερη σταθερότητα και μεγαλύτερη άνωση, χαρακτηριστικά που την καθιστούν ιδανική για βαθιές ποντίσεις μακριά από την ακτή αλλά και για περιοχές με ισχυρά ρεύματα. Ο σταθμός SEAWATCH είναι μια σταθερή μετρητική πλατφόρμα με μικρότερη άνεση από το WAVESCAN είναι κατάλληλος για νερά μικρού και ενδιάμεσου βάθους. Το SEAWATCH Deep Sea Module (SDSM) ένα παρατηρητήριο πυθμένα ακουστικής επικοινωνίας. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την ενσωμάτωση περισσότερων υπο-μονάδων μέτρησης στους υπάρχοντες πλωτούς σταθμούς.

Οι σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες οι οποίοι μετρούν την ατμοσφαιρική πίεση, τη θερμοκρασία αέρα, την ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου, το σημαντικό ύψος κύματος, την επιφανειακή θερμοκρασία, την αλατότητα, την ταχύτητα και την κατεύθυνση των επιφανειακών ρευμάτων.



Εικόνα: 2.4.1.1 Τα τρία είδη των πλωτών ωκεανογραφικών σταθμών α) SEAWATCH β) SEAWATCH WAVESCAN γ) SDSM (Πηγή: <http://poseidon.hcmr.gr/>, 07/05/2013)

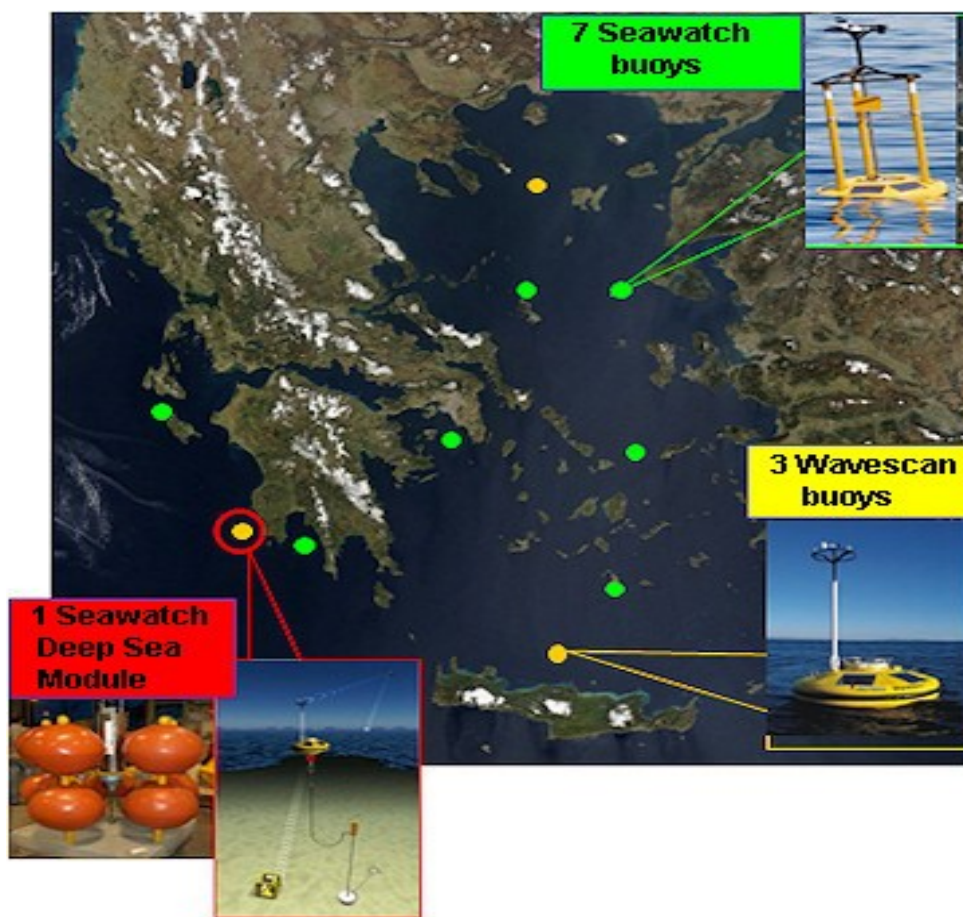
2.4.2 Θέση και λειτουργία πλωτών σταθμών

Οι πλωτές πλατφόρμες μέτρησης τύπου “Seawatch” έχουν τοποθετηθεί σε περιοχές που το βάθος δε ξεπερνά τα 300m. Είναι εφοδιασμένες με αισθητήρες που μετρούν τις βασικές μετεωρολογικές και ωκεανογραφικές παραμέτρους. Κάθε σταθμός έχει την δυνατότητα να μετράει θερμοκρασία, αλατότητα, πίεση και βιοχημικές παραμέτρους σε διαδοχικά βάθη μέσω οργάνων που μπορούν να προσαρμοστούν πάνω στην γραμμή αγκύρωσης. Στην παρούσα φάση, ο κάθε σταθμός συλλέγει δεδομένα από το επιφανειακό θαλάσσιο στρώμα μέσω αισθητήρων που μετρούν αλατότητα,

θερμοκρασία, ταχύτητα και διεύθυνση ρεύματος και μια σειρά από κυματικές παραμέτρους. Στην κορυφή της πλατφόρμας μετεωρολογικοί αισθητήρες καταγράφουν την ατμοσφαιρική πίεση, την θερμοκρασία καθώς και ταχύτητα – διεύθυνση του ανέμου. Τέτοιου είδους σταθμοί είναι της Λέσβου, της Μυκόνου, του Πετροκάραβου (ή Σαρωνίδας) στην περιοχή της Αττικής, της Σαντορίνης, της Σκύρου, της Ζακύνθου και της Καλαμάτας.

Οι πλατφόρμες τύπου “Seawatch- Wavescan” είναι πολυ-παραμετρικοί σταθμοί ειδικά σχεδιασμένοι για βαθιές λεκάνες. Μέσω ενός επαγωγικού καλωδίου αγκύρωσης μια σειρά από όργανα τύπου ctd μεταφέρουν δεδομένα αλατότητας, θερμοκρασίας και πίεσης μέχρι το βάθος των 1000m. Επίσης βιοχημικές παράμετροι, όπως οξυγόνο και χλωροφύλλη, καταγράφονται μέχρι το βάθος των 100m. Οι σταθμοί αυτοί είναι εφοδιασμένοι με σύστημα ADCP το οποίο μετράει την κυκλοφορία σε ζώνες 5 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι τα 50 μέτρα βάθος. Στο επάνω μέρος της πλατφόρμας μια σειρά από αισθητήρες καταγράφουν ατμοσφαιρικές μεταβολές. Εκτός όμως από τις βασικές μετεωρολογικές παραμέτρους, συλλέγονται ποικιλία άλλων δεδομένων, όπως βροχόπτωση, ραδιενέργεια και πυκνότητα ροής ακτινοβολίας. Αυτού του είδους σταθμοί είναι ο Άθως στην Χαλκιδική, ο E1M3A στην περιοχή της Κρήτης και της Πύλου.

Επιπλέον, μια από τις τύπου “Wavescan” πλατφόρμες βαθιάς πόντισης, στην περιοχή του νότιου Ιονίου, επικοινωνεί μέσω ακουστικού modem με διάταξη αγκυροβολημένη στον πυθμένα σε βάθος 1500m περίπου. Η διάταξη αυτή έχει αισθητήρες θερμοκρασίας και αλατότητας αλλά ο βασικός σκοπός της είναι να μετράει μεταβολές στην υδροστατική πίεση ανιχνεύοντας έτσι μεταβολές στην στάθμη της θάλασσας. Οι μεταβολές αυτές μπορεί να οφείλονται σε διελεύσεις κυμάτων tsunami πάνω από τη συγκεκριμένη περιοχή.



Εικόνα 2.4.2.1: Θέση των πλωτών σταθμών μέτρησης
 (Πηγή: http://poseidon.hcmr.gr/article_view_gr.php?id=116 07/05/2013)

Κεφάλαιο 3ο: Δεδομένα και Ανάλυση Μεθοδολογίας

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν τα έντονα κυματικά γεγονότα στις ελληνικές θάλασσες και συνδέθηκαν με τις αντίστοιχες επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις της ατμόσφαιρας. Η χρονική περίοδος της ανάλυσης είναι 11 έτη (2001-2012) και ζητούμενη είναι η ανάλυση των έντονων κυματικών δεδομένων στην περίοδο αυτή αλλά και η εποχικότητα των γεγονότων. Επιπλέον, θα γίνει προσπάθεια εξαγωγής αυξητικών ή μειούμενων τάσεων των συμβάντων στην συγκεκριμένη περίοδο.

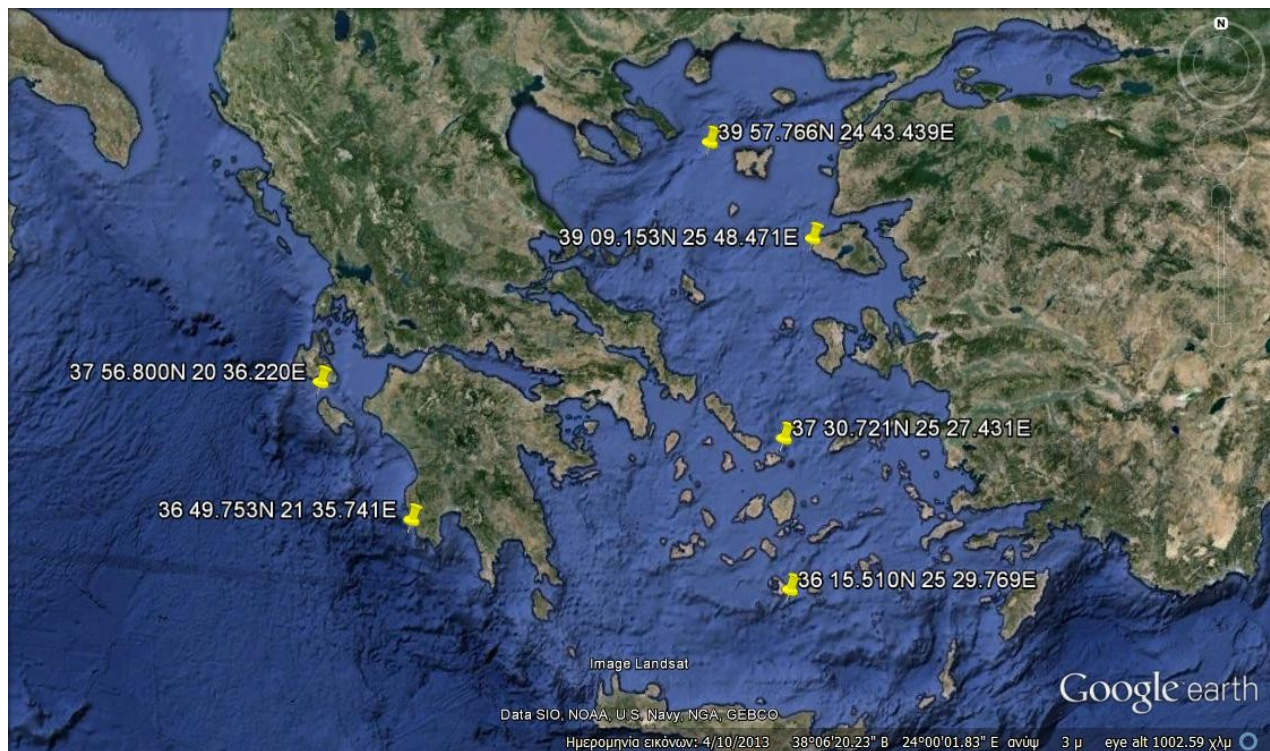
Τα στοιχεία έχουν αντληθεί από τη βάση δεδομένων του συστήματος Ποσειδών και προέρχονται από 12 πλωτούς μετρητικούς σταθμούς οι οποίοι βρίσκονται στο Αιγαίο και το Ιόνιο πέλαγος. Τα δεδομένα παρέχονται ανά ημέρα και οι μετρήσεις καταγράφονται ανά τρεις ώρες. Τα στοιχεία που επιλέχθηκαν προς ανάλυση είναι η ατμοσφαιρική πίεση, η θερμοκρασία του αέρα, η διεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου, το σημαντικό ύψος κύματος και η διεύθυνση κύματος.

Αρχικά τα στοιχεία παρουσιάστηκαν σε ένα υπολογιστικό φύλλο (calc), για να μετατραπούν σε στατιστικά επεξεργάσιμα δεδομένα αλλάζοντας το σύμβολο της τελείας με αυτό του κόμματος. Με μία πρώτη εξέταση των στοιχείων παρατηρήθηκε πολλές φορές η τιμή -9999, 99023. Η τιμή αυτή εμφανίζεται στην περίπτωση που ο πλωτήρας δεν έχει καταγράψει πληροφορίες, είτε λόγω διακοπής της λειτουργίας του σταθμού ή λόγω προβλήματος του αισθητήρα ή οποιωνδήποτε άλλων προβλημάτων. Οι παραπάνω τιμές διαγράφονται από το υπολογιστικό φύλλο με σκοπό να μην ληφθούν υπ' όψη στην περαιτέρω ανάλυση. Επιπλέον, αφαιρούνται οι γραμμές του φύλλου εργασίας που έχουν τιμές ύψους κύματος $-0,00001$ ή $7,5000^5$ οι οποίες είναι λάθος εγγραφές και δεν πρέπει να συμπεριληφθούν στη μελέτη.

Μετά τη διαγραφή των κελιών αυτών έγινε παρατήρηση του μελετητικού εύρους (στο χρόνο), για να επιλεγούν οι σταθμοί οι οποίοι είναι καταλληλότεροι για τη συγκεκριμένη εργασία. Η επιλογή έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτεται όλη η προς μελέτη περιοχή. Έτσι εξήχθησαν 6 σταθμοί, οι Άθως (Β. Αιγαίο), Λέσβος (Β.Α. Αιγαίο), Μύκονος (Κ. Αιγαίο), Πύλος (Ιόνιο) Σαντορίνη (Ν. Αιγαίο), Ζάκυνθος (Ιόνιο).

Η γεωγραφική θέση καθώς και το βάθος στο οποίο βρίσκονται οι υπό μελέτη σταθμοί φαίνονται στον χάρτη 3.1 και στον πίνακα 3.1

5 Οι τιμές θεωρούνται λανθασμένες διότι το $-0,00001$ είναι αρνητική τιμή άρα αποκλείεται η περίπτωση δημιουργίας κύματος, ενώ η $7,5000$ εμφανίζεται σε περιπτώσεις προβλήματος του οργάνου μέτρησης του κύματος.



Χάρτης 3.1 Τοποθεσία των υπό μελέτη σταθμών

Τοποθεσία Σταθμού	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος	Βάθος σε m
Άθως	39° 57'.766N	24° 43'.439E	214
Λέσβος	39° 09'.153N	25° 48'.471E	128
Μύκονος	37° 30'.721N	25° 27'.431E	138
Σαντορίνη	36° 15'.510N	25° 29'.769E	314
Πύλος	36° 49'.753N	21° 35'.741E	1681
Ζάκυνθος	37° 56'.800N	20° 36'.220E	313

Πίνακας 3.1: Τοποθεσία των υπό μελέτη σταθμών

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι για την Πύλο και τη Ζάκυνθο δεν υπάρχουν μετρήσεις πριν το 2007, παρόλα αυτά είναι σημαντικό οι σταθμοί να ληφθούν υπ' όψη, αλλιώς δεν θα υπήρχαν παρατηρήσεις για το Ιόνιο πέλαγος.

Σκόπιμο είναι να αναφερθούν οι περίοδοι στις οποίες δεν υπήρχαν μετρήσεις για κάθε έναν από τους σταθμούς. Έτσι για τον Άθω είναι οι εξής μήνες Ιανουάριος και Φεβρουάριος 2001, Απρίλιος, Μάιος και Δεκέμβριος 2002, Δεκέμβριος 2003, Ιανουάριος 2004 καθώς και ο Ιανουάριος 2006. Αντίστοιχα για τη Λέσβο δεν υπάρχουν μετρήσεις από τον Απρίλιο μέχρι και τον Αύγουστο 2001, το Μάρτιο του 2003, τον Απρίλιο του 2004, τους Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Δεκέμβριο του 2005, τον Ιανουάριο του 2006, τον Μάρτιο και τον Απρίλιο του 2007, από τον

Μάρτιο έως και τον Ιούνιο του 2009 καθώς και από τον Αύγουστο έως το τέλος του χρόνου του 2012. Στη Μύκονο τον Ιούλιο και τον Αύγουστο του 2001, τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο του 2002, τον Ιανουάριο και από τον Ιούνιο έως και τον Σεπτέμβριο και το Δεκέμβριο του 2003 είναι κενοί. Ακόμη δεν υπάρχουν μετρήσεις για τη Μύκονο τον Ιανουάριο του 2004 και τον Ιανουάριο 2006 όπως και από τον Αύγουστο του 2012 έως και το τέλος του χρόνου. Στη Σαντορίνη δεν υπάρχουν μετρήσεις από τον Μάιο έως τον Σεπτέμβριο του 2003 και από τον Αύγουστο έως το Δεκέμβριο του 2012. Τόσο για την Πύλο όσο και για τη Ζάκυνθο όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι μετρήσεις ξεκινούν από το 2007 και συγκεκριμένα τον Νοέμβριο. Στην Ζάκυνθο δεν υπάρχουν μετρήσεις για τον Νοέμβριο του 2011 ενώ για το 2012 υπάρχουν μετρήσεις μόνο για τον Ιανουάριο. Από το 2007 ο σταθμός της Πύλου έχει χάσει μόνο τον Ιανουάριο του 2012.

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται συγκεντρωμένες οι ημερομηνίες που αναφέρθηκαν.

Έτος	Αθως	Λέσβος	Μύκονος	Σαντορίνη	Ζάκυνθος	Πύλος
'01	Ιανουάριος, Φεβρουάριος		Ιούλιος, Αύγουστος		Κενό όλο το έτος	Κενό όλο το έτος
'02	Απρίλιος, Μάιος, Δεκέμβριος		Ιανουάριος, Φεβρουάριος		Κενό όλο το έτος	Κενό όλο το έτος
'03	Δεκέμβριος	Μάρτιος	Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Δεκέμβριος	Μάιος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος	Κενό όλο το έτος	Κενό όλο το έτος
'04	Ιανουάριος	Απρίλιος	Ιανουάριος		Κενό όλο το έτος	Κενό όλο το έτος
'05		Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Δεκέμβριος			Κενό όλο το έτος	Κενό όλο το έτος
'06	Ιανουάριος	Ιανουάριος	Ιανουάριος		Κενό όλο το έτος	Κενό όλο το έτος
'07		Μάρτιος, Απρίλιος			Κενό όλο το έτος εκτός από Νοέμβριο & Δεκέμβριο	Κενό όλο το έτος εκτός από Νοέμβριο & Δεκέμβριο
'08						
'09		Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Ιούνιος				
'10						

'11					Νοέμβριος	
'12		Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Οκτώβριος, Νοέμβριος, Δεκέμβριος	Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Οκτώβριος, Νοέμβριος, Δεκέμβριος	Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Οκτώβριος, Νοέμβριος, Δεκέμβριος	Κενό όλο το έτος εκτός από τον Ιανουάριο	Δεκέμβριος

Πίνακας 3.2: Περίοδοι χωρίς δεδομένα για κάθε σταθμό

Η ανάλυση, λοιπόν, των δεδομένων ξεκίνησε βλέποντας τα βασικά στατιστικά στοιχεία και δημιουργώντας ιστογράμματα για την ένταση κύματος και το ύψος κύματος, για καθέναν από τους σταθμούς. Έπειτα, από τα δεδομένα των έξι πλωτών σταθμών δημιουργήθηκαν ροδογράμματα ανέμου και κύματος. Αυτά τα διαγράμματα φτιάχτηκαν, ώστε να μελετηθεί η κύρια διεύθυνση του ανέμου και του κύματος σε όλη την δωδεκαετία. Στη συνέχεια τα δεδομένα ταξινομήθηκαν βάση του ύψους κύματος σε μηνιαία βάση, ώστε να μελετηθεί η μηνιαία και ετήσια κατανομή του μέγιστου ύψους κύματος με τη βοήθεια διαγραμμάτων. Η ταξινόμηση βάση του ύψους κύματος έγινε και για όλο το χρονικό διάστημα κατά φθίνουσα σειρά, ώστε να εμφανίζονται πρώτα οι ημερομηνίες με τα μεγαλύτερα κυματικά γεγονότα της δεκαετίας, καταγράφοντας τις τιμές των 10 πρώτων γεγονότων. Παράλληλα, μελετώνται τα καιρικά φαινόμενα που επικρατούσαν κατά την διάρκεια των γεγονότων αυτών. Τέλος, έγινε μελέτη της συνοπτικής ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας για τις χαρακτηριστικότερες περιπτώσεις με τη βοήθεια συνοπτικών χαρτών.

Κεφάλαιο 4ο: Γενική Ανάλυση Χρονοσειρών

4.1 Βασικά στατιστικά στοιχεία

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναλυθούν τα βασικότερα στατιστικά στοιχεία για κάθε έναν από τους σταθμούς. Αυτά είναι η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για τα δεδομένα της ατμοσφαιρικής πίεσης, της θερμοκρασίας, του σημαντικού ύψους κύματος και της έντασης του ανέμου.

Επιπλέον, για κάθε ζευγάρι σταθμών οι οποίοι βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους θα γίνει σύγκριση των δεδομένων τους για το ύψος κύματος και την ένταση του ανέμου με τη βοήθεια του συντελεστή συσχέτισης. Οι σταθμοί που συγκρίνονται μεταξύ τους είναι: η Πύλος με τη Ζάκυνθο, η Μύκονος με τη Σαντορίνη και ο Άθως με τη Λέσβο.

Σταθμός	Ατμοσφαιρική πίεση (hPa)		Θερμοκρασία(°C)		Σημαντικό ύψος κύματος(m)		Ένταση ανέμου(m/s)	
Άθως	Min	982,4	Min	0,01	Min	0,05	Min	0,02
	Max	1037,96	Max	34,16	Max	5,79	Max	21,96
	Mean	1015,31	Mean	17,44	Mean	0,81	Mean	4,41
	Std	7,09	Std	6,44	Std	0,74	Std	3,53
Λέσβος	Min	980,78	Min	-1,57	Min	0,02	Min	0,01
	Max	1036,88	Max	35,45	Max	5,38	Max	26,76
	Mean	1014,51	Mean	17,19	Mean	0,78	Mean	5,47
	Std	7,02	Std	5,82	Std	0,59	Std	3,65
Μύκονος	Min	979,6	Min	0,13	Min	0,05	Min	0,01
	Max	1033,53	Max	32,21	Max	5,76	Max	18,85
	Mean	1011,42	Mean	18,22	Mean	0,99	Mean	6,56
	Std	13,8	Std	5,44	Std	0,74	Std	3,64
Σαντορίνη	Min	988,59	Min	0,24	Min	0,61	Min	0,01
	Max	1036,33	Max	33,38	Max	4,92	Max	19,03
	Mean	1014,17	Mean	18,99	Mean	0,9	Mean	5,5
	Std	5,91	Std	6,2	Std	0,56	Std	3,07

Πύλος	Min	980,69	Min	3,5	Min	0,08	Min	0,06
	Max	1033,89	Max	31,82	Max	7,58	Max	17,52
	Mean	1014,87	Mean	19,65	Mean	0,96	Mean	4,76
	Std	5,99	Std	5,07	Std	0,74	Std	2,83
Ζάκυνθος	Min	978,69	Min	3,4	Min	0,08	Min	0,01
	Max	1033,58	Max	31,28	Max	7,19	Max	17,81
	Mean	1013,25	Mean	19,22	Mean	0,85	Mean	4,66
	Std	6,35	Std	4,99	Std	0,69	Std	3,1

Πίνακας 4.1.1 Στατιστικά στοιχεία των πλωτών σταθμών

Βλέποντας τα στοιχεία του πίνακα 4.1.1 για την ατμοσφαιρική πίεση φαίνεται ότι οι ελάχιστες, οι μέγιστες αλλά και οι μέσες τιμές είναι παρόμοιες για όλους τους σταθμούς, ενώ ο σταθμός της Μύκονου είναι αυτός που παρουσιάζει σχετικά μεγάλη τυπική απόκλιση από τη μέση τιμή συγκριτικά με τους υπόλοιπους σταθμούς.

Σχετικά με την θερμοκρασία, τα δεδομένα είναι παρόμοια για τις μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές, με την τυπική απόκλιση αυτή τη φορά να μην παρουσιάζει ιδιαίτερη μεταβολή σε κάποιον από τους σταθμούς διατηρώντας την τιμή της γύρω στο 5- 6°C.

Το μεγαλύτερο σημαντικό ύψος κύματος μετρήθηκε στον σταθμό της Πύλου φτάνοντας τα 7,58m, ενώ το ελάχιστο βρίσκεται στην Σαντορίνη με τιμή 0,61m. Και σε αυτή την περίπτωση η τυπική απόκλιση δεν διαφέρει ιδιαίτερα ανάμεσα στους σταθμούς, με την τιμή να κυμαίνεται από 0,56 έως 0,74m.

Τέλος, σχετικά με την ένταση του ανέμου, η μεγαλύτερη τιμή έχει μετρηθεί στο σταθμό της Λέσβου (26,76m/s). Και σε αυτή την περίπτωση η τυπική απόκλιση δεν παρουσιάζει μεγάλες διαφορές ανάμεσα στους σταθμούς έχοντας τιμές κοντά στο 2 – 3m/s.

Πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι οι μέγιστες μετρήσεις, οι οποίες εμφανίζονται σε αυτό τον πίνακα, είναι τιμές που μελετήθηκαν για την ορθότητα τους. Συγκεκριμένα υπήρχαν τιμές στα 9 μέτρα και πάνω, τις οποίες δεν λήφθηκαν υπ' όψη, αφού δεν ήταν μετρήσεις που οφείλονταν σε καιρικές συνθήκες, όπως διαπιστώθηκε στο στάδιο του ελέγχου, αλλά πιθανά στην ανατάραξη του νερού από κάποιο φορτηγό πλοίο ή σε κάποιο άλλο γεγονός.

Συντελεστής συσχέτισης

Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson αποδίδει τη μέση συσχέτιση μεταξύ δυο μεταβλητών και μπορεί να πάρει τιμές από -1 έως 1. Έτσι όσο η τιμή πλησιάζει στο 1 οι μεταβλητές σχετίζονται θετικά (1= απόλυτα θετική συσχέτιση), ενώ όταν πλησιάζει το -1 οι μεταβλητές σχετίζονται αρνητικά (-1= απόλυτα αρνητική συσχέτιση). Αν η τιμή είναι 0 τότε οι μεταβλητές δεν έχουν καμία σχέση μεταξύ τους. (Φώτης, 2009)

Έτσι, υπολογίζοντας τον συντελεστή συσχέτισης, για κοντινούς σχετικά σταθμούς, υπολογίζεται το κατά πόσο όμοιες είναι οι μετρήσεις στην περιοχή του Β. Αιγαίου (Άθως-Λέσβος), του κεντρικού και νότιου Αιγαίου (Μύκονος-Σαντορίνη) και του Ιονίου (Πύλος-Ζάκυνθος).

	Άθως-Λέσβος	Σαντορίνη-Μύκονος	Πύλος-Ζάκυνθος
Ύψος κύματος	0,45	0,22	0,71
Ένταση ανέμου	0,02	0,37	0,4

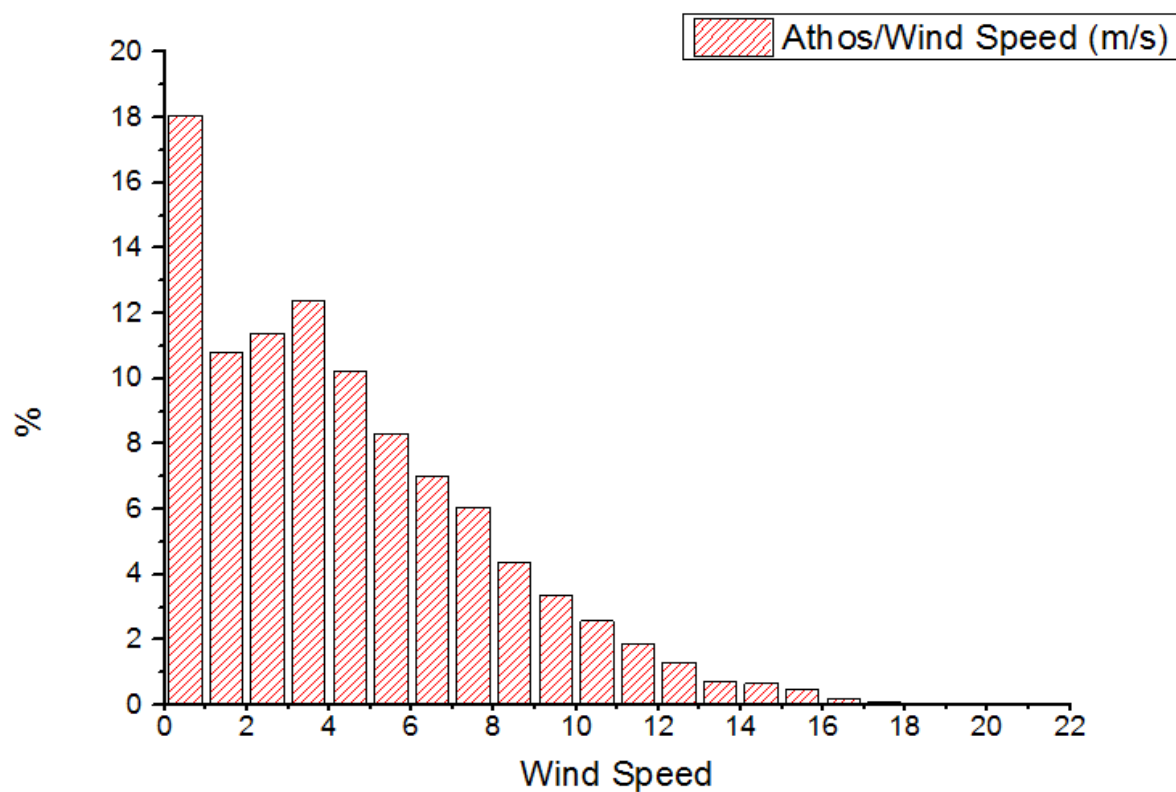
Πίνακας 4.1.2. Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ γειτονικών σταθμών

Συγκρίνοντας τους συντελεστές συσχέτισης για το ύψος κύματος παρατηρείται ότι την μεγαλύτερη συσχέτιση έχουν οι σταθμοί της Ζακύνθου και Πύλου (0,71), στην συνέχεια οι σταθμοί Άθου και Λέσβου (0,45) και τέλος αυτοί της Μυκόνου με τη Σαντορίνη (0,22). Όσο αφορά την ένταση του ανέμου και πάλι τη μεγαλύτερη συσχέτιση έχουν η Πύλος με τη Ζάκυνθο (0,40), ενώ ενδιαφέρον παρουσιάζει η ιδιαίτερα χαμηλή συσχέτιση του Άθου με τη Λέσβο (0,02). Η συσχέτιση της Σαντορίνη με τη Μύκονο φτάνει τα 0,37.

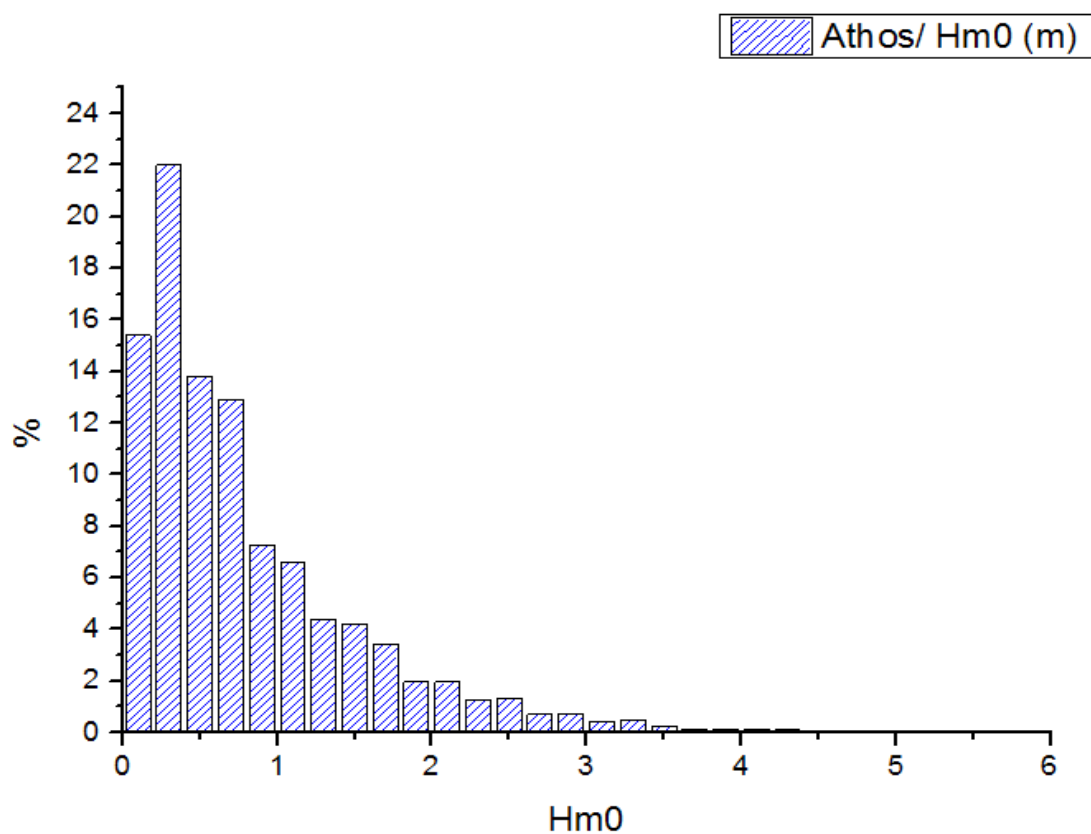
4.2 Ιστογράμματα ανέμου και κύματος για την χρονική περίοδο 2001-2012

Στην συγκεκριμένη παράγραφο αναλύονται τα ιστογράμματα ανέμου και κύματος.

Αυτό γίνεται για να μελετηθεί η συχνότητα εμφάνισης των εντάσεων ανέμου και τα ύψη κύματος σε κάθε πλωτό μετεωρολογικό σταθμό. Επιπλέον, θα ακολουθήσει ένας συγκριτικός σχολιασμός για τους σταθμούς οι οποίοι βρίσκονται σε σχετικά κοντινή απόσταση.



Διάγραμμα 4.2.1: Ιστόγραμμα έντασης ανέμου στον “Άθω” (2001-2012)

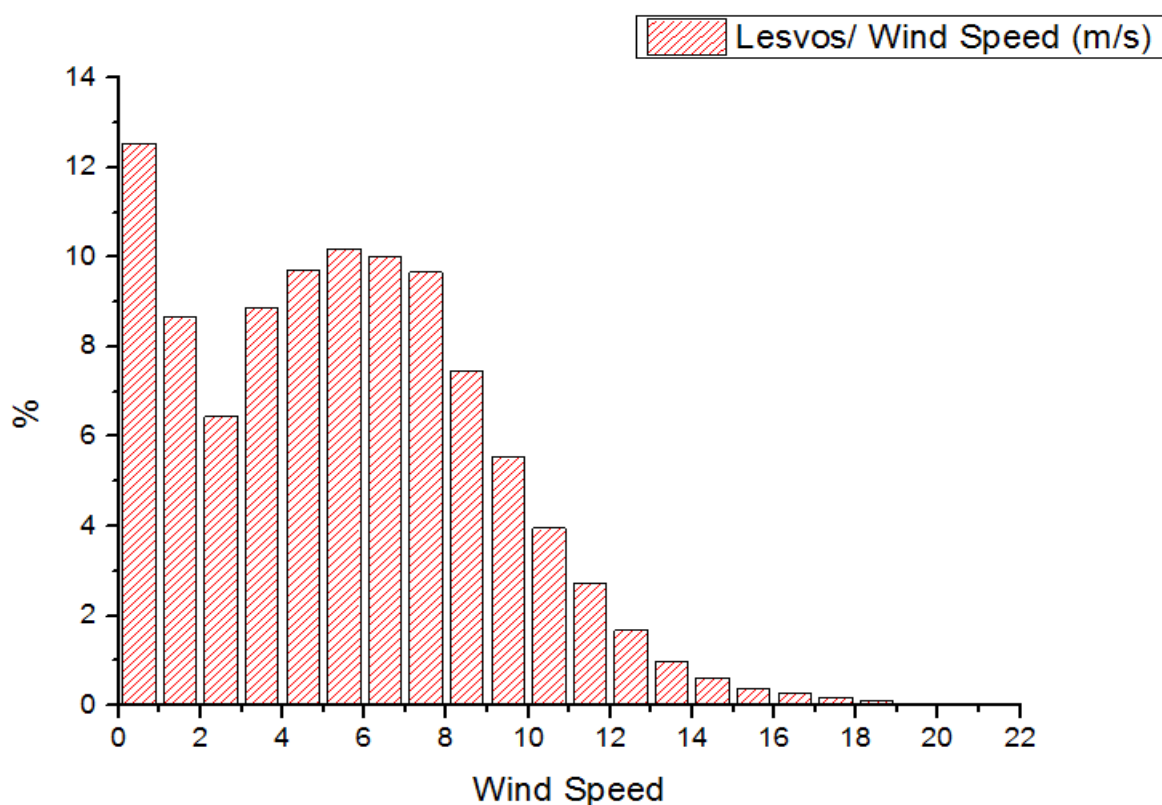


Διάγραμμα 4.2.2: Ιστόγραμμα ύψους κύματος στον “Άθω” (2001-2012)

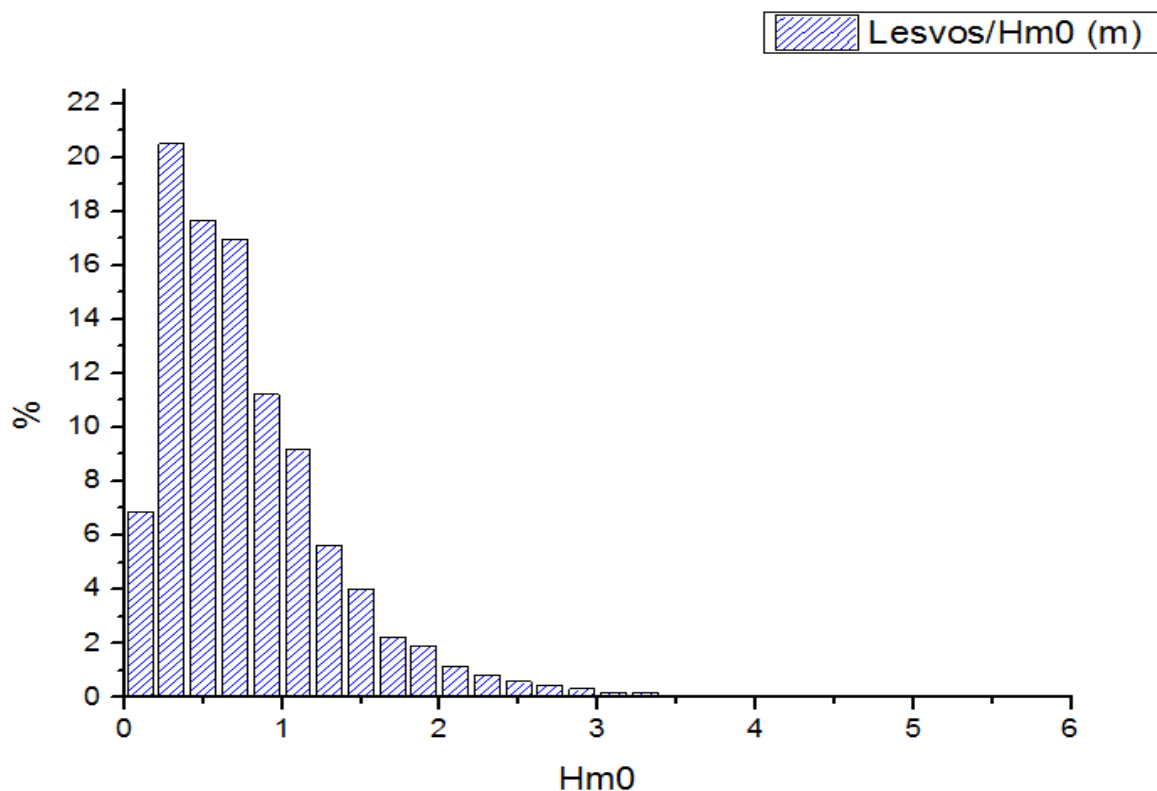
Στον σταθμό του Άθου τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης έντασης του ανέμου έχουν οι άπνοιες σε ποσοστό 18%, ενώ η επόμενη τιμή που εμφανίζεται σε μεγάλο ποσοστό είναι η ένταση 3 - 4m/s (~13%). Πάνω από 10% μετρήθηκαν οι τιμές 1 - 2m/s, 2 - 3m/s, 4 - 5m/s. Στη συνέχεια υπάρχει μια συνεχής πτώση καθώς αυξάνεται η ένταση.

Στην περίπτωση του ύψους κύματος τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης παρουσιάζει η τιμή 0,3m που ξεπερνά το 20% (~22%). Η τιμή 0,1m εμφανίζεται σε ποσοστό 15%, ενώ οι τιμές 0,5m και 0,7m εμφανίζονται σε ποσοστό 13 - 14%. Οι τιμές 1 - 2m εμφανίζονται σε ποσοστό 3 - 7%, ενώ από τα 2 - 4m υπάρχουν σε πολύ μικρά ποσοστά.

Λέσβος



Διάγραμμα 4.2.3: Ιστόγραμμα έντασης ανέμου στην “Λέσβο” (2001-2012)



Διάγραμμα 4.2.4: Ιστόγραμμα ύψους κύματος “Λέσβος” (2001-2012)

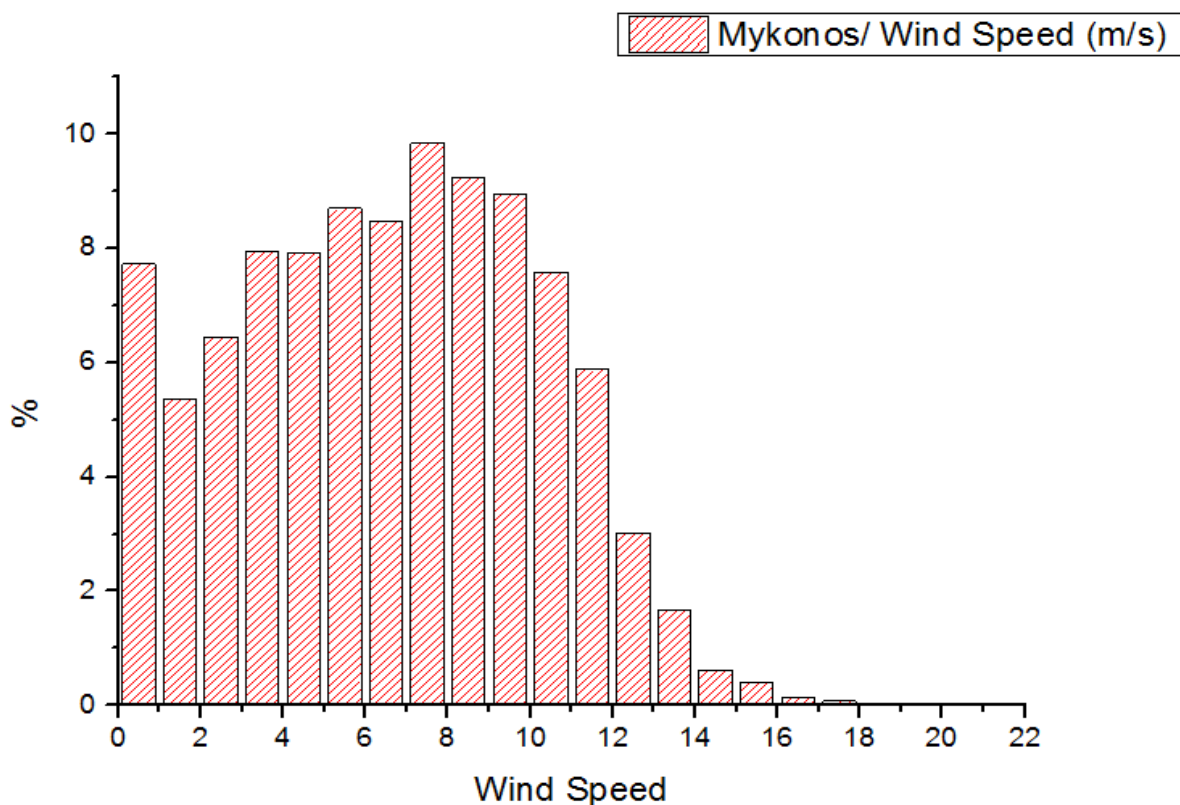
Τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ταχύτητας ανέμου παρουσιάζουν οι εντάσεις 0 - 2m/s οι οποίες εμφανίζονται σε ποσοστό άνω του 20%. Στη συνέχεια εμφανίζονται οι εντάσεις 4 - 6m/s και 6 - 8m/s με ποσοστό περίπου 20%, ενώ τη μικρότερη συχνότητα έχουν οι εντάσεις 14 - 16m/s και 16 - 18m/s οι οποίες έχουν ποσοστό ~2% και ~1% αντίστοιχα.

Στη περιοχή της Λέσβου το μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης έχουν τα ύψη κύματος 0 - 0,5m και 0,5 - 1m τα οποία είναι σε ποσοστό ~35% και 37,5% αντίστοιχα, με τα κύματα στα 0,3m να έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό 20%. Δηλαδή οι τιμές αυτές έχουν συνολικά το ~72% με τις υπόλοιπες τιμές να μοιράζονται το ~28%, από το οποίο το 17,5% έχει η τιμή 1- 1,5m.

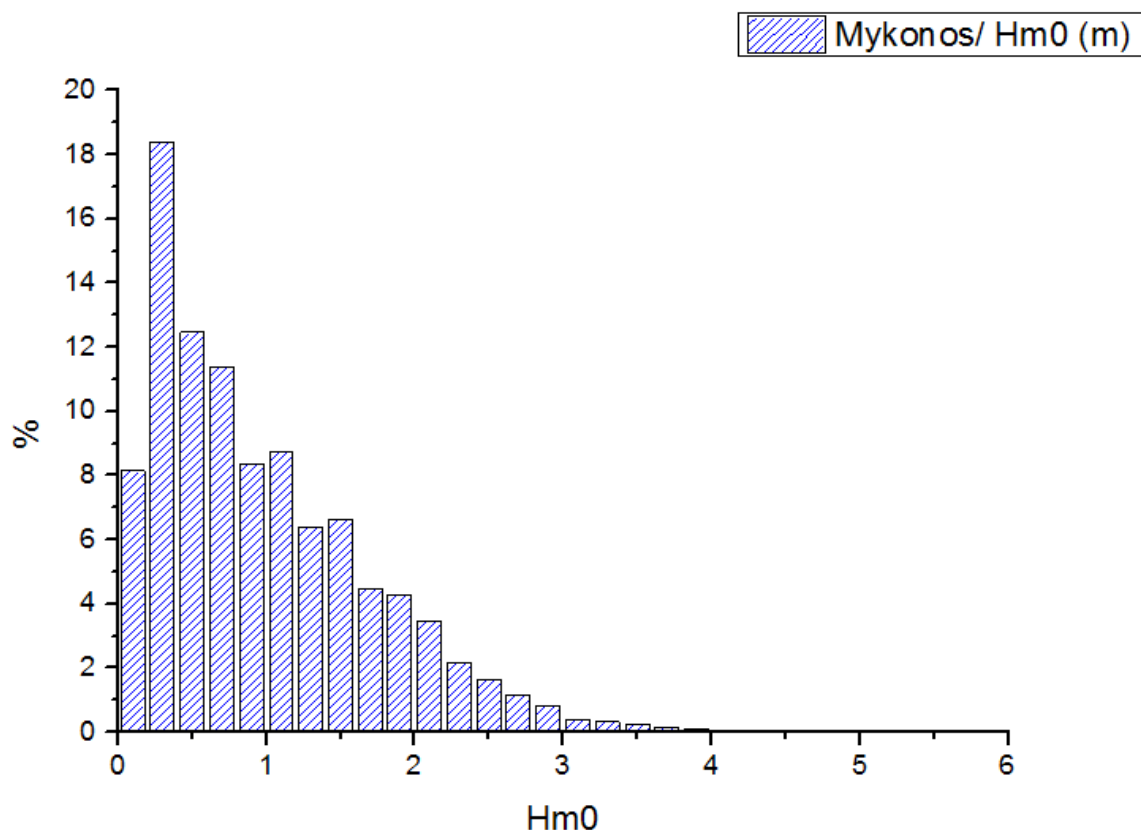
Συγκρίνοντας τους δυο σταθμούς μεταξύ τους φαίνεται να υπάρχουν αρκετές διαφορές, ιδιαίτερα στην ένταση του ανέμου. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τον συντελεστή συσχέτισης ο οποίος, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και υπολογίστηκε ότι είναι 0,02. Ουσιαστικά οι δύο σταθμοί είναι ασυσχέτιστοι ως προς την ένταση του ανέμου. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τις διευθύνσεις του ανέμου στους δυο σταθμούς, αφού η κύρια διεύθυνση στο σταθμό του Άθου είναι η BBA και BA ενώ της Λέσβου η B και BBA. Επιπλέον στην Λέσβο οι υπόλοιπες διευθύνσεις έχουν πολύ μικρό ποσοστό ενώ στον Άθω οι υπόλοιπες διευθύνσεις εμφανίζονται περισσότερες φορές. (βλ. Κεφ. 4.3). Από τα διαγράμματα 4.2.1 και 4.2.3 φαίνεται να υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις μετρήσεις του ανέμου από 5-10m/s. Στην περίπτωση του Άθου υπάρχει μία

συνεχής μείωση του ποσοστού μέτρησης εντάσεων από 4m/s και πάνω, ενώ στην Λέσβο υπάρχει μία σχετική σταθερότητα του ποσοστού στις μετρήσεις εντάσεων μεταξύ 4-8m/s (κοντά στο 9-10%). Στην περίπτωση του ύψους κύματος οι διαφορές δεν είναι τόσο μεγάλες, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό, και για τους δύο σταθμούς, εμφανίζεται για μετρήσεις 0,4m.

Μύκονος



Διάγραμμα 4.2.5: Ιστόγραμμα ένταση ανέμου στην “Μύκονο” (2001-2012)

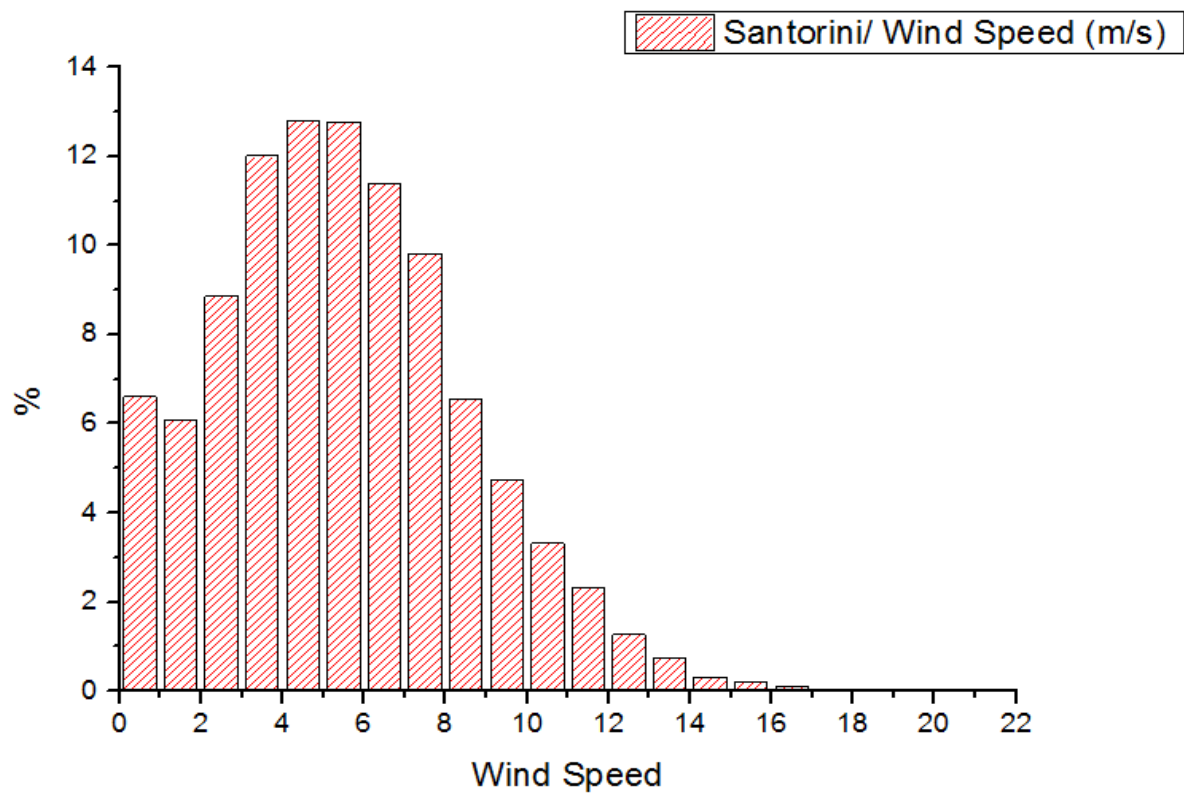


Διάγραμμα 4.2.6: Ιστόγραμμα ύψους κύματος “Μύκονος” (2001-2012)

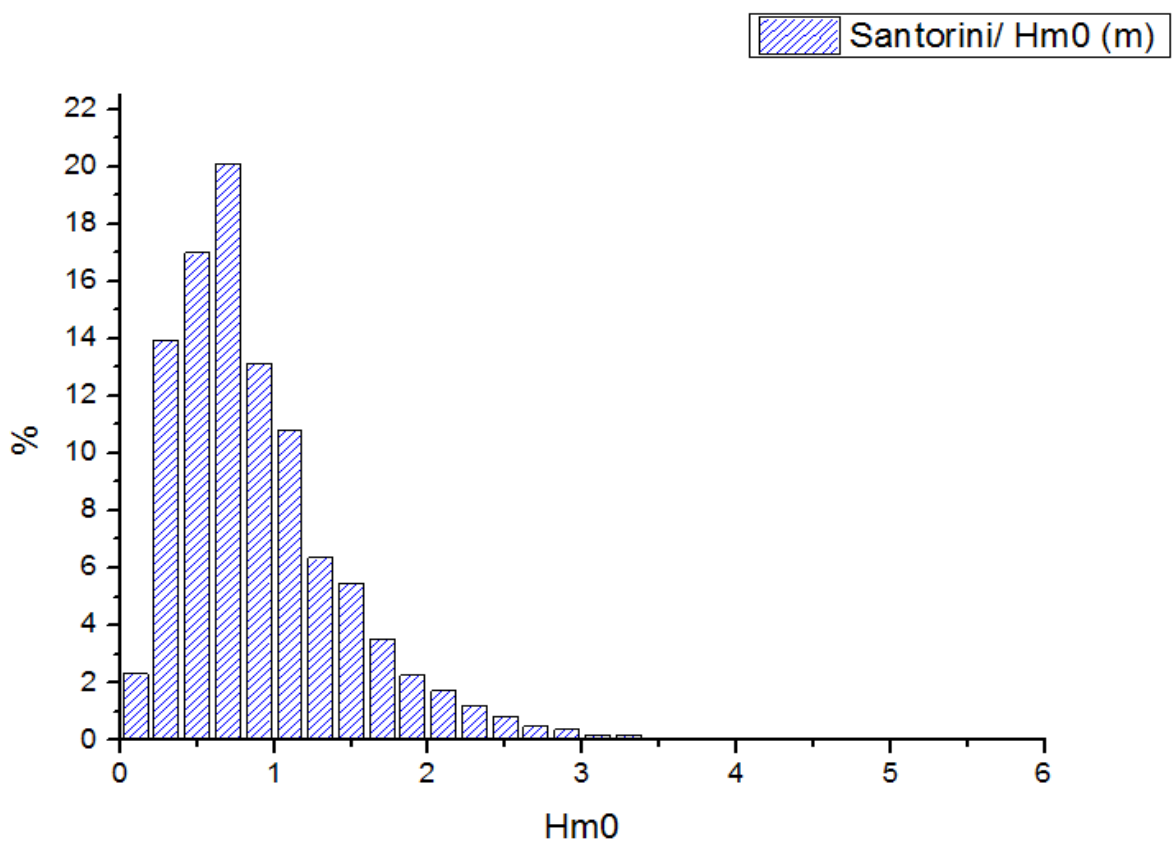
Όπως είναι λογικό στην Μύκονο παρατηρούνται ιδιαίτερα υψηλές εντάσεις ανέμου σε μεγάλα ποσοστά εμφάνισης. Συγκεκριμένα οι εντάσεις από 6 - 12m/s αποτελούν περίπου το 55% των μετρήσεων. Συγκεκριμένα η ένταση με τιμή 8m/s έχει τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης (~10%), ενώ οι τιμές 9m/s και 10m/s έχουν ποσοστό εμφάνισης κοντά στο 9% το κάθε ένα. Η μικρότερη εμφάνιση παρατηρείται στην τιμή των 18m/s.

Αντίστοιχα για το ύψος κύματος οι τιμές από 0 - 0,5m έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης (~32,5%). Το 25% περίπου αποτελεί τις τιμές 0,5 - 1m ενώ το 20% τις τιμές 1 - 1,5m.

Σαντορίνη



Διάγραμμα 4.2.7: Ιστόγραμμα έντασης ανέμου στην “Σαντορίνη” (2001-2012)



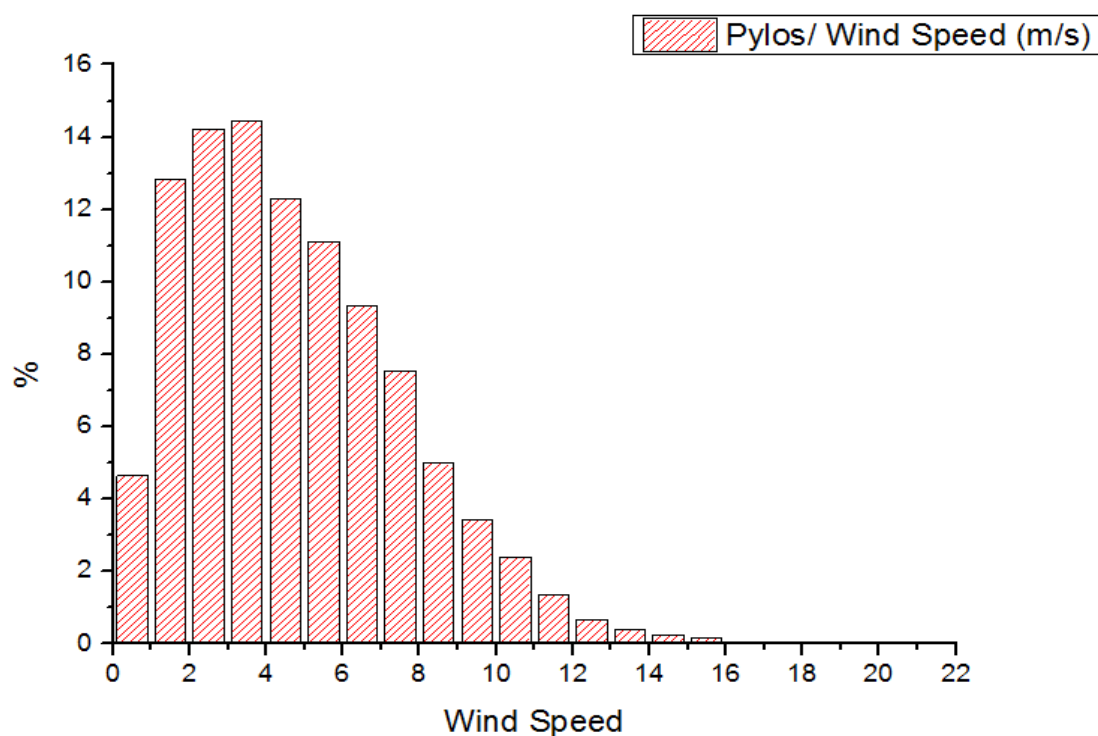
Διάγραμμα 4.2.8: Ιστόγραμμα ύψους κύματος “Σαντορίνη” (2001-2012)

Στην περιοχή της Σαντορίνης τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης έντασης ανέμου έχουν οι τιμές 6m/s και 7m/s με ποσοστό εμφάνισης γύρω στο 13%. Εντάσεις από 0 - 2m/s εμφανίζονται σε ποσοστό κοντά στο 6%. Οι εντάσεις από 7 - 17m/s εμφανίζονται με μια συνεχή μείωση του ποσοστού εμφάνισης.

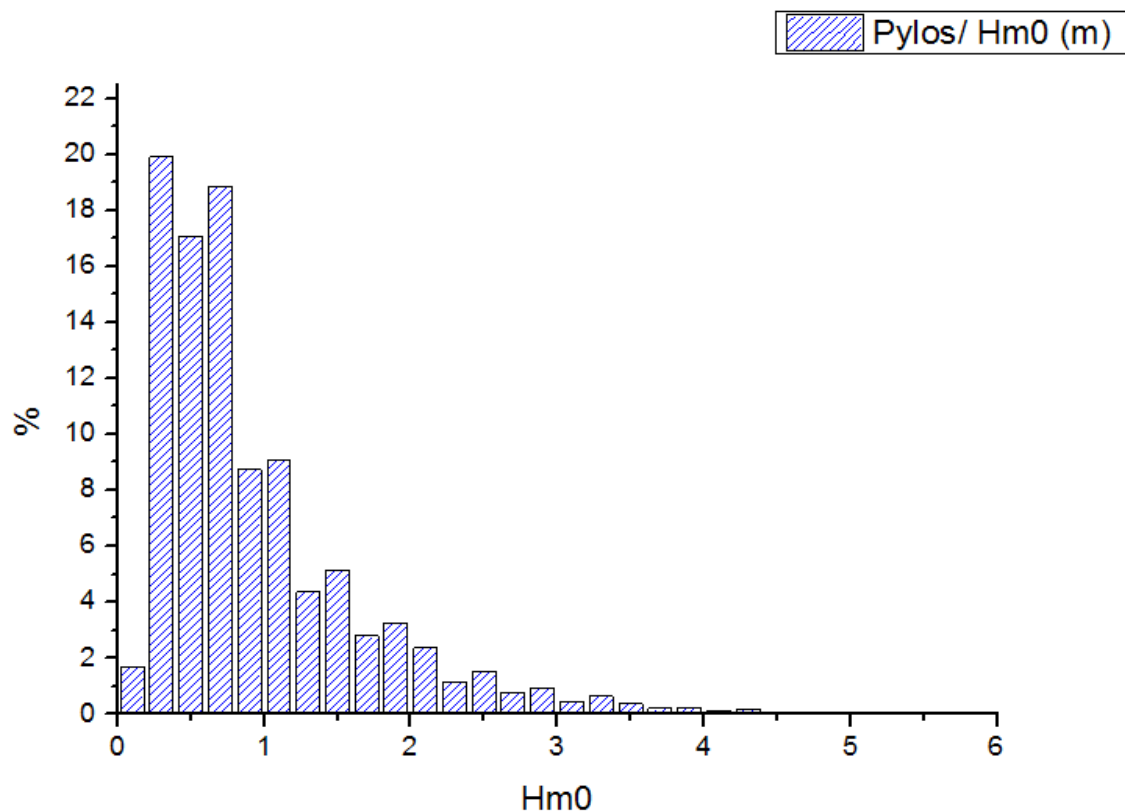
Στην περίπτωση του ύψους κύματος το μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης έχει η τιμή 0,7m της οποίας το ποσοστό είναι κοντά στο 20%. Ύψη κύματος 0,1 - 0,3m εμφανίζονται να έχουν και αυτά μεγάλη συχνότητα (συνολικά 16%). Στη συνέχεια παρατηρείται μία ανάλογη μείωση σε σχέση με το ύψος.

Συγκρίνοντας τους σταθμούς της Σαντορίνης και της Μυκόνου παρατηρείται ότι υπάρχουν διαφορές στις μετρήσεις της έντασης του ανέμου, εξαιτίας της θέσης του σταθμού στη Μύκονο ο οποίος είναι εκτεθειμένος σε ΒΑ ροή. Στην περιοχή του κεντρικού Αιγαίου οι επικρατούσες διευθύνσεις κατά την χειμερινή και θερινή περίοδο του έτους είναι από ΒΔ έως ΒΑ και συνδέονται με την εμφάνιση ισχυρών ανέμων. Οι διαφορές ωστόσο δεν είναι τόσο μεγάλες όσο ήταν ανάμεσα στους σταθμούς του Άθου και της Λέσβου. Στην περίπτωση του κύματος, οι διαφορές μεταξύ των δύο σταθμών είναι περισσότερες, με την Μύκονο να παρουσιάζει μεγαλύτερα ποσοστά στις καταγραφές υψηλότερων κυμάτων σε σχέση με τη Σαντορίνη.

Πύλος



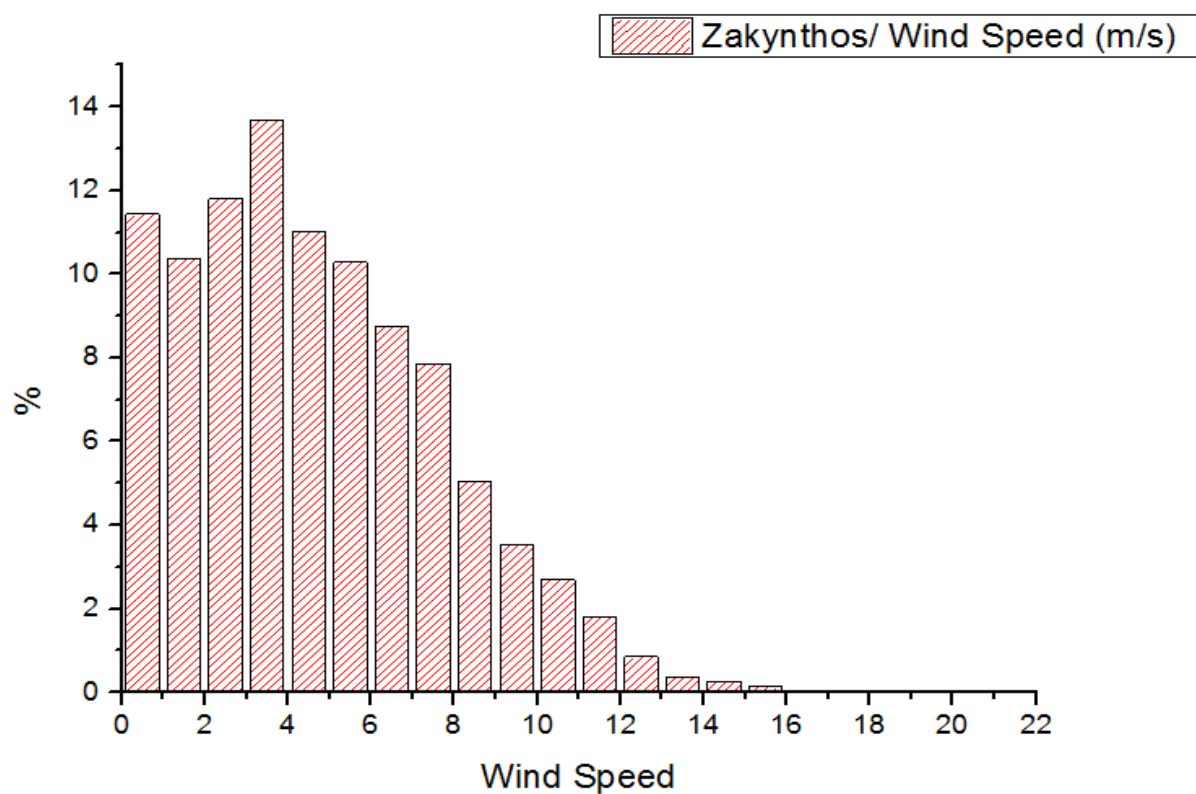
Διάγραμμα 4.2.9: Ιστόγραμμα ένταση ανέμου στην “Πύλος” (2001-2012)



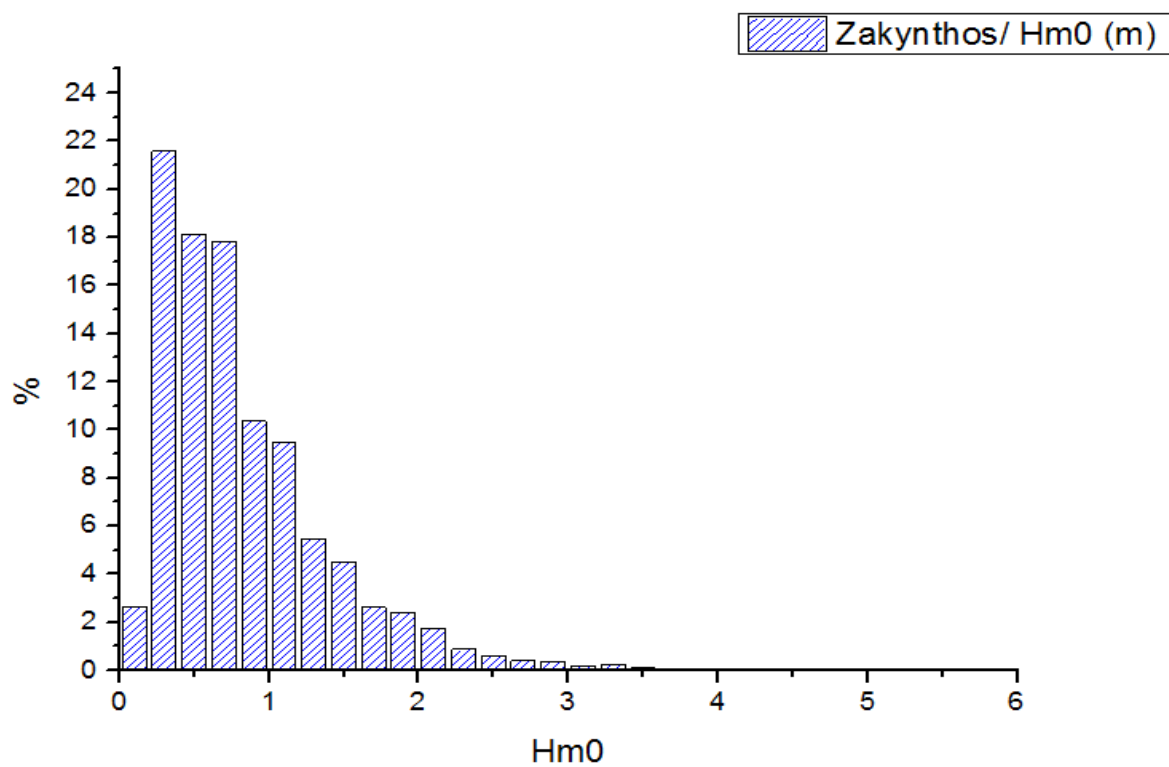
Διάγραμμα 4.2.10: Ιστόγραμμα ύψους κύματος “Πύλος” (2001-2012)

Στον σταθμό της Πύλου τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης έντασης του ανέμου έχουν οι τιμές από 2,5 - 3,5m/s με το ποσοστό να είναι κοντά στο 15%, ενώ λίγο μικρότερο είναι το ποσοστό των τιμών 1,5 - 2,5m/s. Από τα 3,5m/s υπάρχει συνεχής μείωση του ποσοστού εμφάνισης σε σχέση με την ένταση, που φτάνει μέχρι τα 16m/s.

Στην περίπτωση του κύματος υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφού η συχνότητα εμφάνισης των τιμών από 0,5 - 1m είναι κοντά στο 35% και οι τιμές από 0 - 0,5m έχουν ποσοστό εμφάνισης 30%. Το υπόλοιπο 35% μοιράζεται στις υπόλοιπες τιμές (έως 4,5m) μειώνοντας ανάλογα το ποσοστό με το ύψος.



Διάγραμμα 4.2.11: Ιστόγραμμα έντασης ανέμου στην “Ζάκυνθος” (2001-2012)



Διάγραμμα 4.2.12: Ιστόγραμμα ύψους κύματος “Ζάκυνθος” (2001-2012)

Τα αποτελέσματα για την Ζάκυνθο είναι παρόμοια με αυτά της Πύλου με τις τιμές από 3- 4m/s να έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης της έντασης του ανέμου (14%). Κοντά στο 12% είναι και οι τιμές από 2-3m/s, ενώ από τα 4,5m/s υπάρχει ανάλογη μείωση της συχνότητας εμφάνισης σε σχέση με την αύξηση της έντασης του ανέμου.

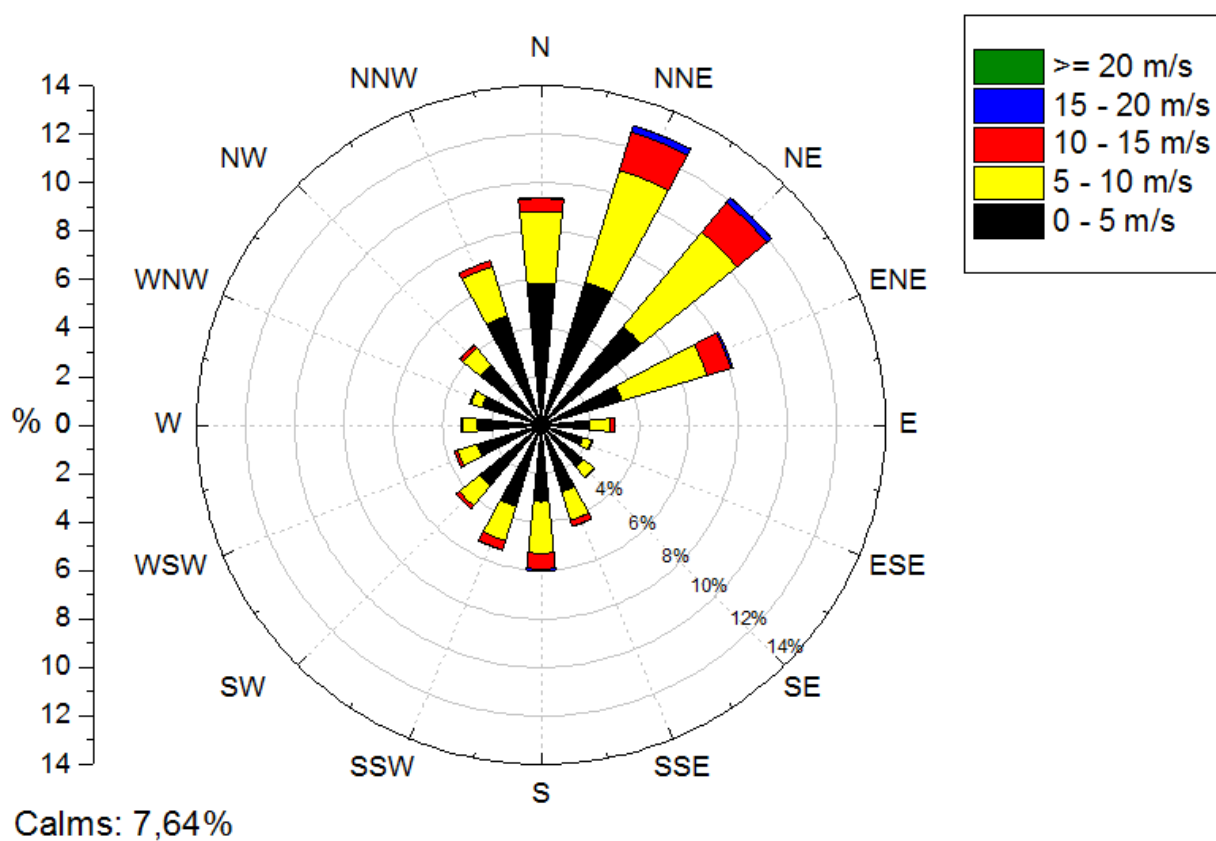
Επιπλέον όπως και στην Πύλο για το ύψος κύματος η μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης είναι στις τιμές από 0,5m - 1m έχοντας ποσοστό εμφάνισης στα 37,5% ενώ τα ύψη κύματος από 0 - 0,5m εμφανίζονται σε ποσοστό κοντά στο 35%. Στη συνέχεια το υπόλοιπο ποσοστό μοιράζεται στα ύψη έως και 4m.

Στην περίπτωση της Πύλου και της Ζακύνθου συγκρίνοντας τα διαγράμματα 4.2.9 και 4.2.11 παρατηρείται αρκετά μεγάλη συμφωνία στις μετρήσεις που προέρχεται από την επικρατούσα ΒΔ διεύθυνση του ανεμολογικού πεδίου της περιοχής. Διαφορές, όμως, παρατηρούνται στους ανέμους μικρής έντασης. Οι μετρήσεις των εντάσεων αυτών που καταγράφονται στην Πύλο είναι σε ποσοστό 4%, ενώ στην Ζάκυνθο σε ποσοστό 11%. Στις μετρήσεις για το ύψος κύματος υπάρχει αρκετά μεγάλη συμφωνία μεταξύ των δυο σταθμών, το οποίο φάνηκε άλλωστε και από τον ιδιαίτερα μεγάλο συντελεστή συσχέτισης ο οποίος υπολογίστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο 0,71.

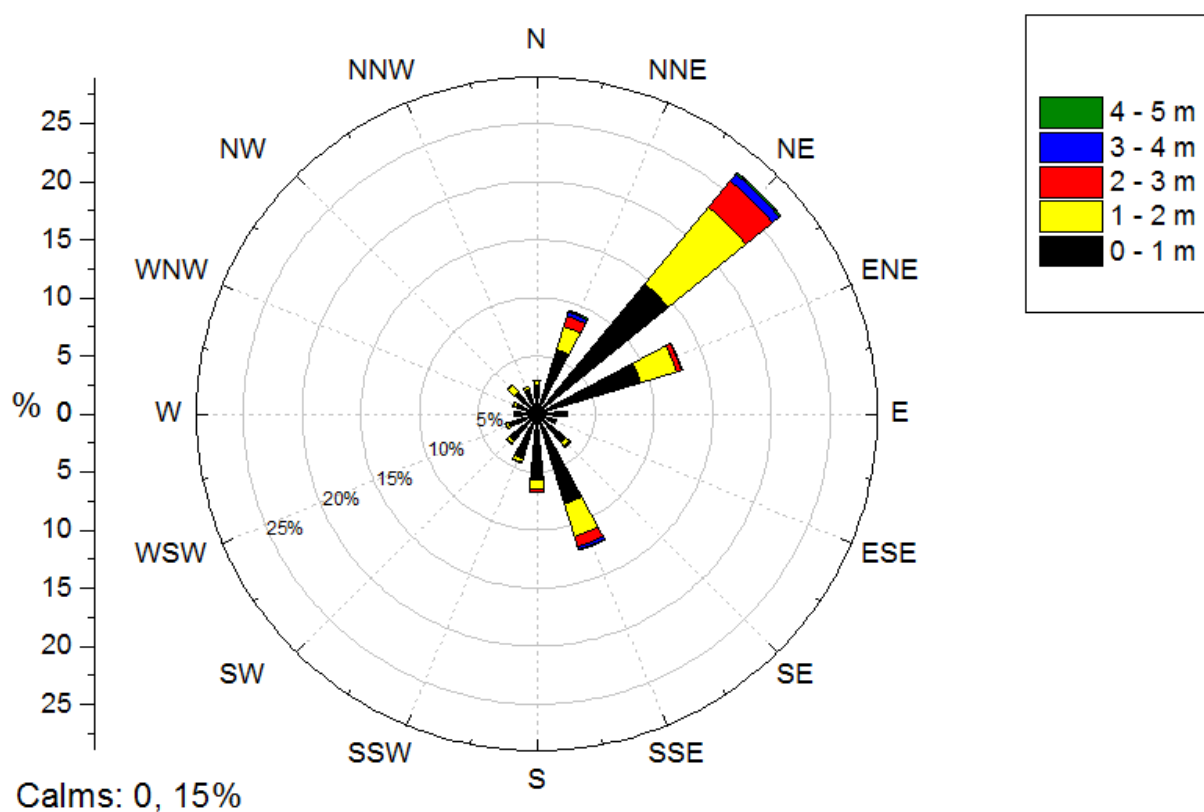
4.3 Ροδογράμματα ανέμου και κύματος για την περίοδο 2001-2012

Το ροδογράμμα είναι ένα γραφικό εργαλείο, το οποίο χρησιμοποιείται από τους μετεωρολόγους, για να δοθεί μια συνοπτική άποψη του πώς κατανέμεται η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου (ή αντίστοιχα το ύψος και η διεύθυνση του κύματος) σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία.

Άθως



Διάγραμμα 4.3.1. Ροδόγραμμα ανέμου για τον πλωτό σταθμό “Άθως” (2001-2012)

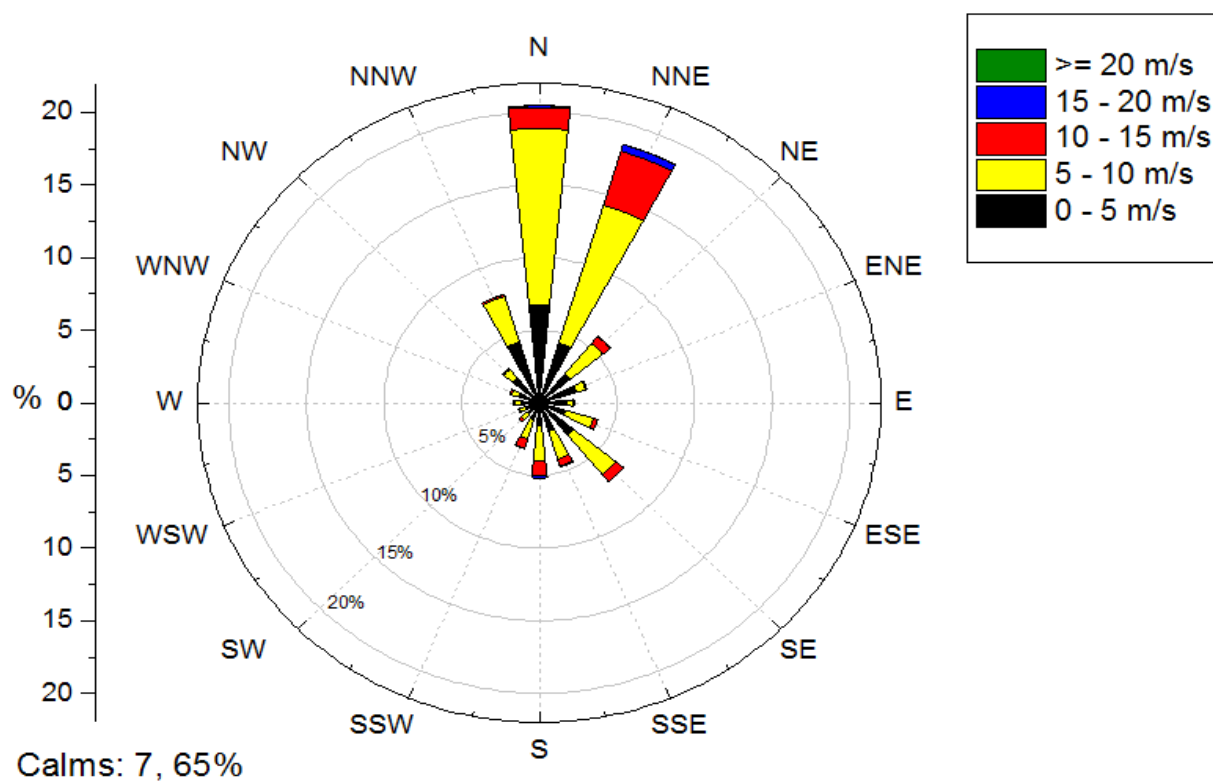


Διάγραμμα 4.3.2: Ροδόγραμμα κύματος για τον πλωτό σταθμό “Άθως” (2001-2012)

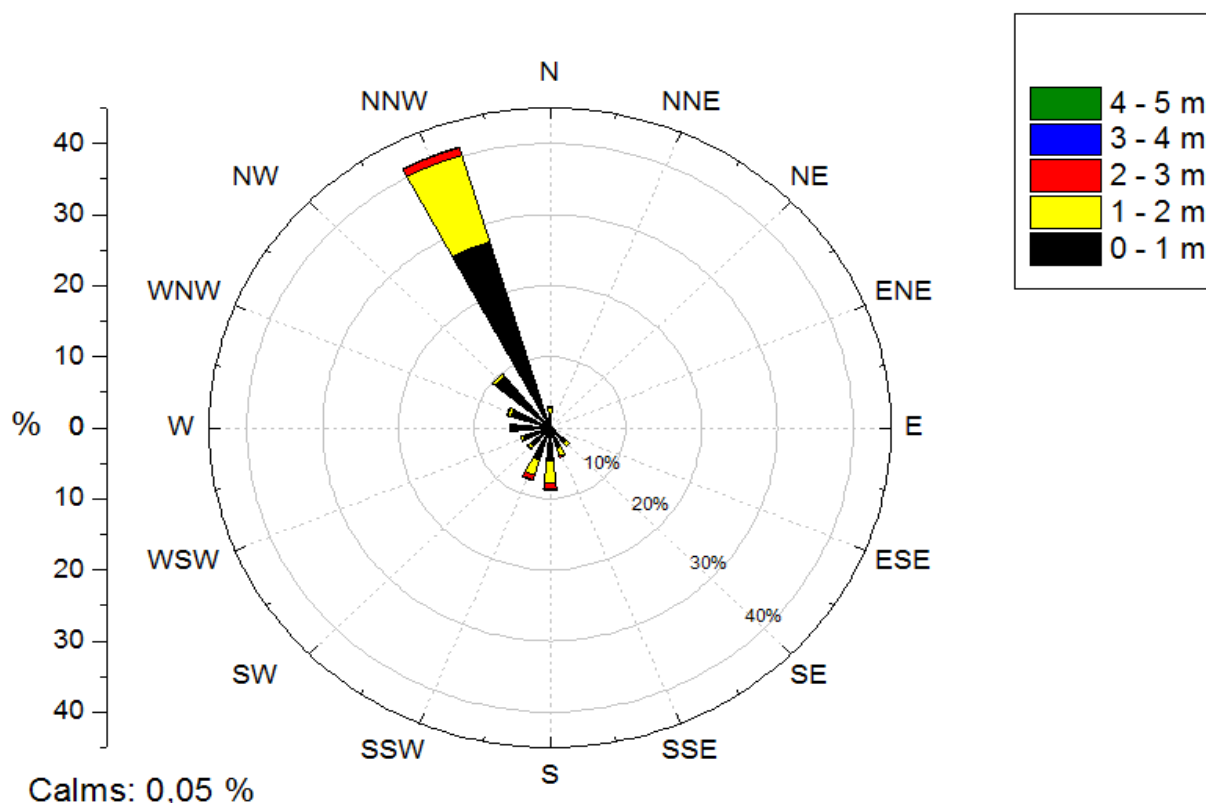
Στον Άθω μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης έχει η BBA και οι BA διεύθυνση του ανέμου (>14%). Οι ταχύτητες που παρατηρούνται περισσότερο είναι τα 0 - 5m/s και τα 5 - 10 m/s. Στο ροδόγραμμα οι άπνοιες εμφανίζονται σε ποσοστό 7,64%.

Από το ροδόγραμμα του κύματος φαίνεται ότι τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης έχουν οι βορειοανατολικές διευθύνσεις οι οποίες ξεπερνούν το 25%. Επιπλέον το ύψος κύματος είναι συνήθως 0 - 1m. Απόλυτα ήρεμη θάλασσα εμφανίστηκε στο 0,15% των μετρήσεων.

Λέσβος



Διάγραμμα 4.3.3: Ροδόγραμμα ανέμου για τον πλωτό σταθμό “Λέσβος” (2001-2012)



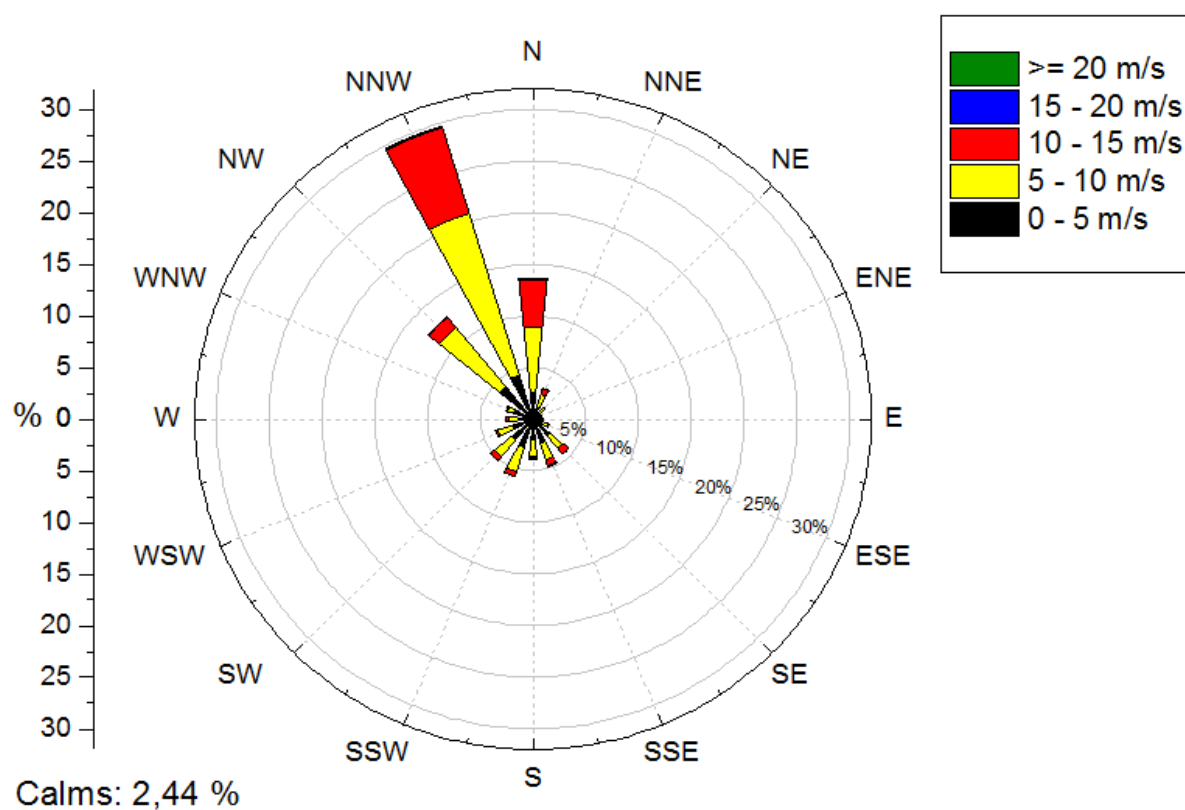
Διάγραμμα 4.3.4: Ροδόγραμμα κύματος για τον πλωτό σταθμό “Λέσβος” (2001-2012)

Στην περιοχή της Λέσβου ιδιαίτερα αισθητή είναι η μεγάλη συχνότητα εμφάνισης των βόρειων και ΒΒΑ διευθύνσεων του ανέμου (~20%). Μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης έχουν οι εντάσεις στα 5-10m/s. Η ήρεμη θάλασσα αποτελεί το 7,65%.

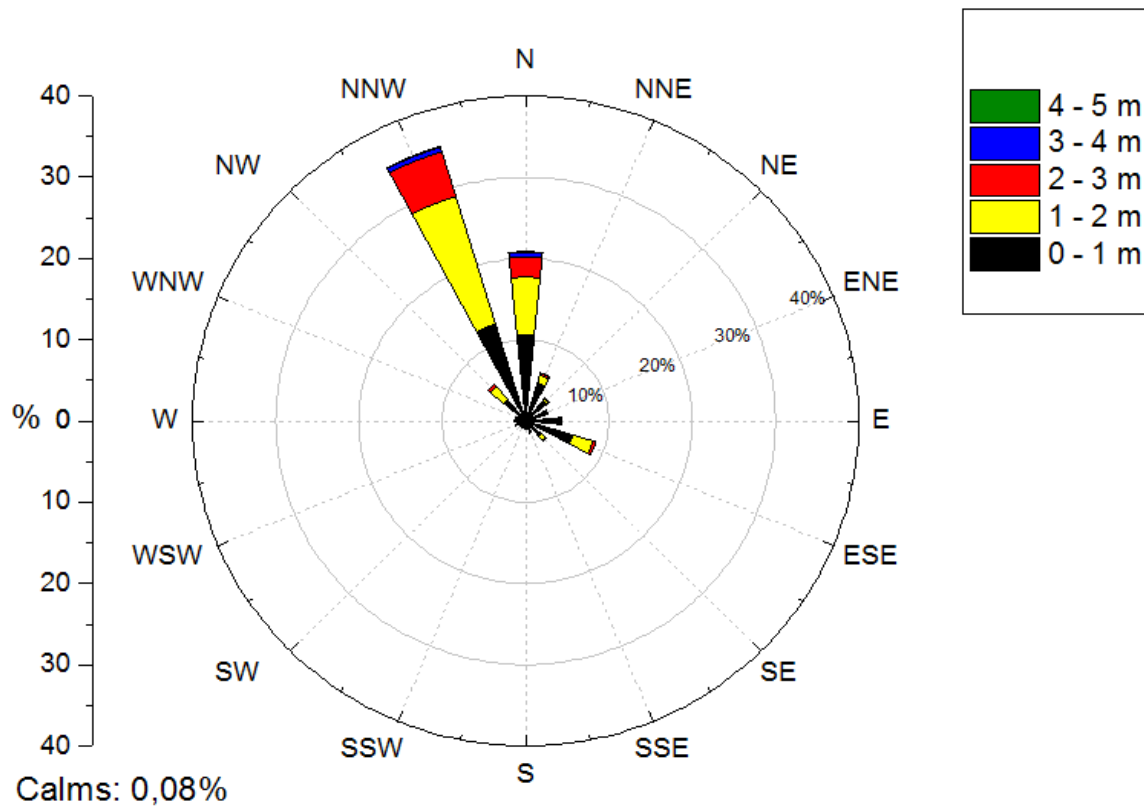
Από το ροδόγραμμα του κύματος φαίνεται ότι η επικρατούσα διεύθυνση είναι η ΒΒΔ, η οποία ξεπερνά το 40%. Το κύμα εμφανίζεται κυρίως με ύψη 0 - 1m, ενώ απόλυτα ήρεμη θάλασσα εμφανίζεται στο 0,05% των μετρήσεων.

Συγκρίνοντας τους δύο σταθμούς για την ένταση του ανέμου παρατηρείται συμφωνία σχετικά με τις βόρειες-βορειοανατολικές διευθύνσεις. Στον Άθω μεγάλο ποσοστό έχουν οι βορειοανατολικές και βόρειες-βορειοανατολικές διευθύνσεις, σε αντίθεση με την Λέσβο που το μεγαλύτερο ποσοστό είναι οι καθαρά βόρειες διευθύνσεις. Σημαντικό είναι ότι έχουν ίδιο ποσοστό άπνοιας. Στην περίπτωση της διεύθυνσης του κύματος υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα στους δυο σταθμούς, αφού για τον Άθω επικρατούν οι βορειοανατολικές διευθύνσεις ενώ για τη Λέσβο οι βόρειες-βορειοδυτικές διευθύνσεις. Επιπλέον ήρεμη θάλασσα εμφανίζεται με διαφορά 0,10% στους δυο σταθμούς.

Μύκονος



Διάγραμμα 4.3.5: Ροδόγραμμα ανέμου για τον πλωτό σταθμό “Μύκονος” (2001-2012)

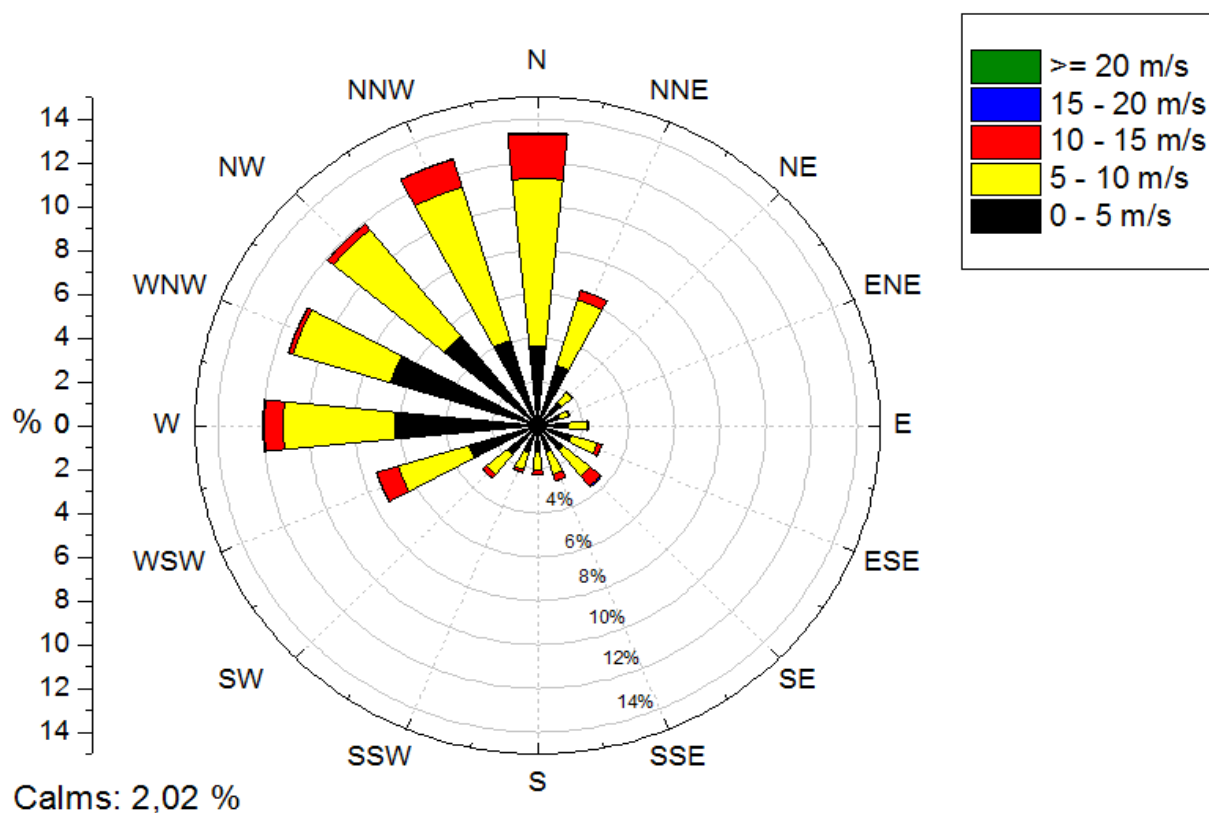


Διάγραμμα 4.3.6: Ροδόγραμμα κύματος για τον πλωτό σταθμό “Μύκονος” (2001-2012)

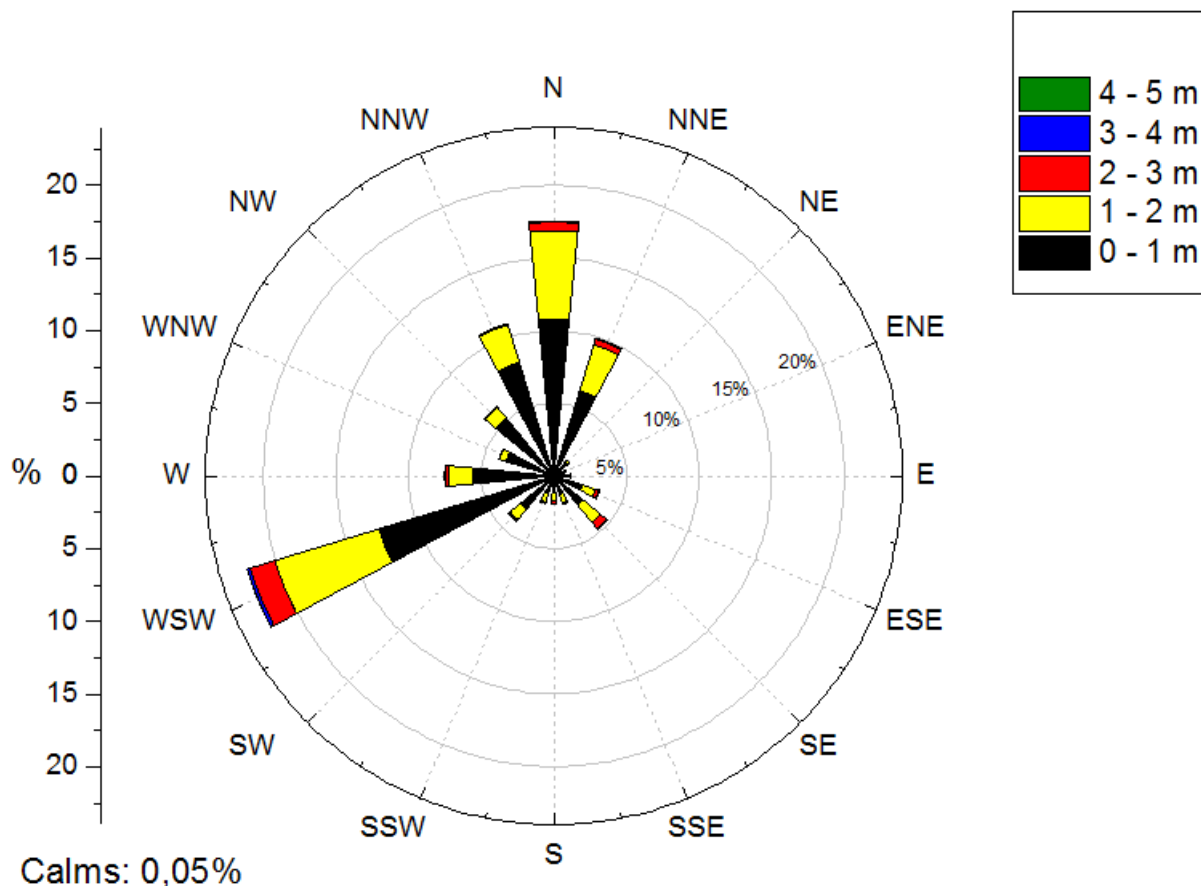
Και στον σταθμό της Μυκόνου παρατηρήθηκε μεγάλη συχνότητα σε μία, κυρίως, διεύθυνση του ανέμου, αυτή των ΒΒΔ διευθύνσεων (κοντά στο 30%). Παρατηρούνται, κατά κύριο λόγο, εντάσεις της τάξης των 5 - 10m/s καθώς υπάρχουν σε μεγάλο βαθμό και εντάσεις των 10 - 15m/s. Απόλυτο μηδέν όπως φαίνεται από το ροδόγραμμα, μετρήθηκε σε ποσοστό 2,44% .

Από το ροδόγραμμα του κύματος φαίνεται ότι κύρια διεύθυνση των κυμάτων είναι η βορειοδυτική που ξεπερνά το 30% των μετρήσεων. Τα ύψη κύματος που μετρώνται είναι κυρίως στα 1 - 2m, ενώ απόλυτα ήρεμη θάλασσας εμφανίζεται σε ποσοστό 0,08%.

Σαντορίνη



Διάγραμμα 4.3.7: Ροδόγραμμα ανέμου για τον πλωτό σταθμό “Σαντορίνη” (2001-2012)



Διάγραμμα 4.3.8: Ροδόγραμμα κύματος για τον πλωτό σταθμό “Σαντορίνη” (2001-2012)

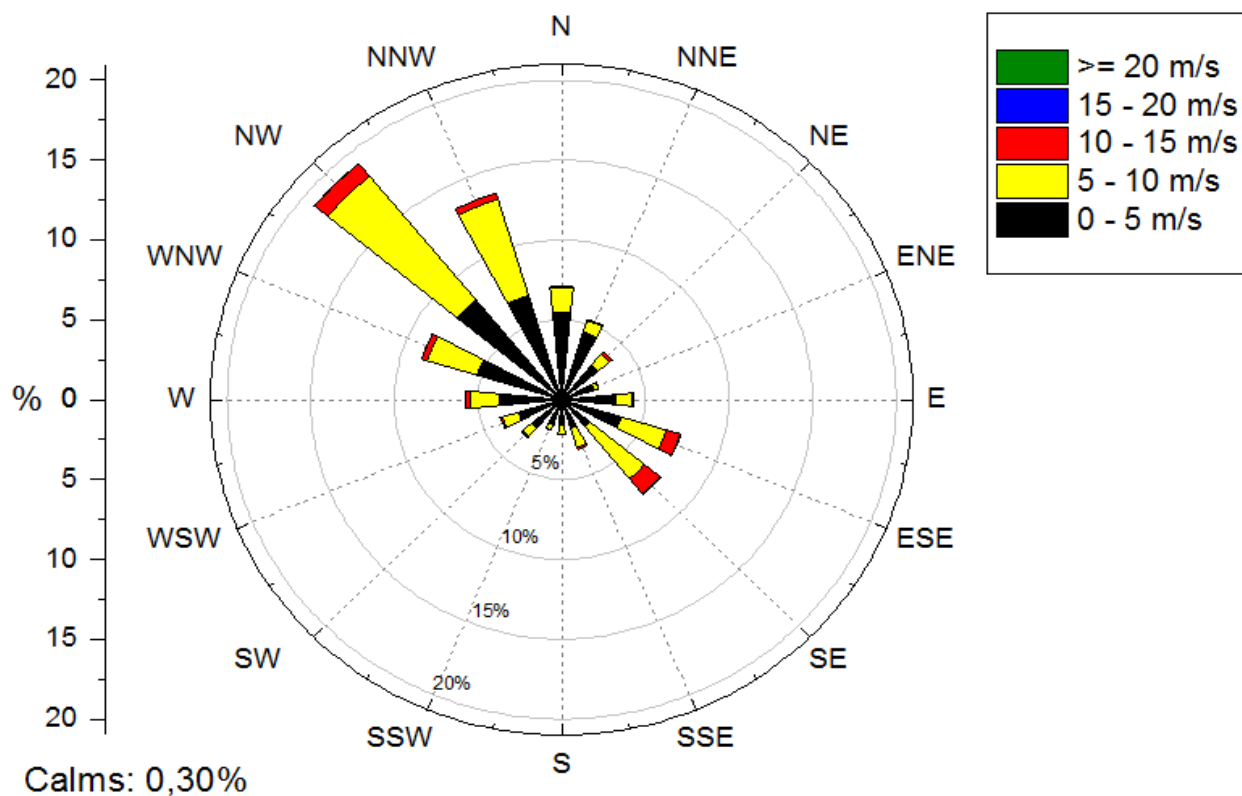
Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η Σαντορίνη με το τεταρτημόριο από τις δυτικές έως τις βόρειες διευθύνσεις ανέμου να έχει ένα ποσοστό παρατηρήσεων σχεδόν ισοκατανεμημένο στις πέντε αυτές διευθύνσεις, με τις βόρειες να έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης (~13%). Οι περισσότερες εντάσεις παρατηρούνται στα 5 - 10m/s, ενώ το 2,02% αποτελεί παρατηρήσεις απόλυτα ήρεμης θάλασσας.

Μελετώντας το ροδόγραμμα του κύματος φαίνεται ότι η επικρατούσα διεύθυνση είναι η NNΔ ξεπερνώντας το 20%, ενώ τα συνήθη ύψη κύματος είναι στα 0 - 1m και 1 - 2m. Σε ποσοστό 0,05% είναι η μετρήσεις μηδενικού ύψους κύματος.

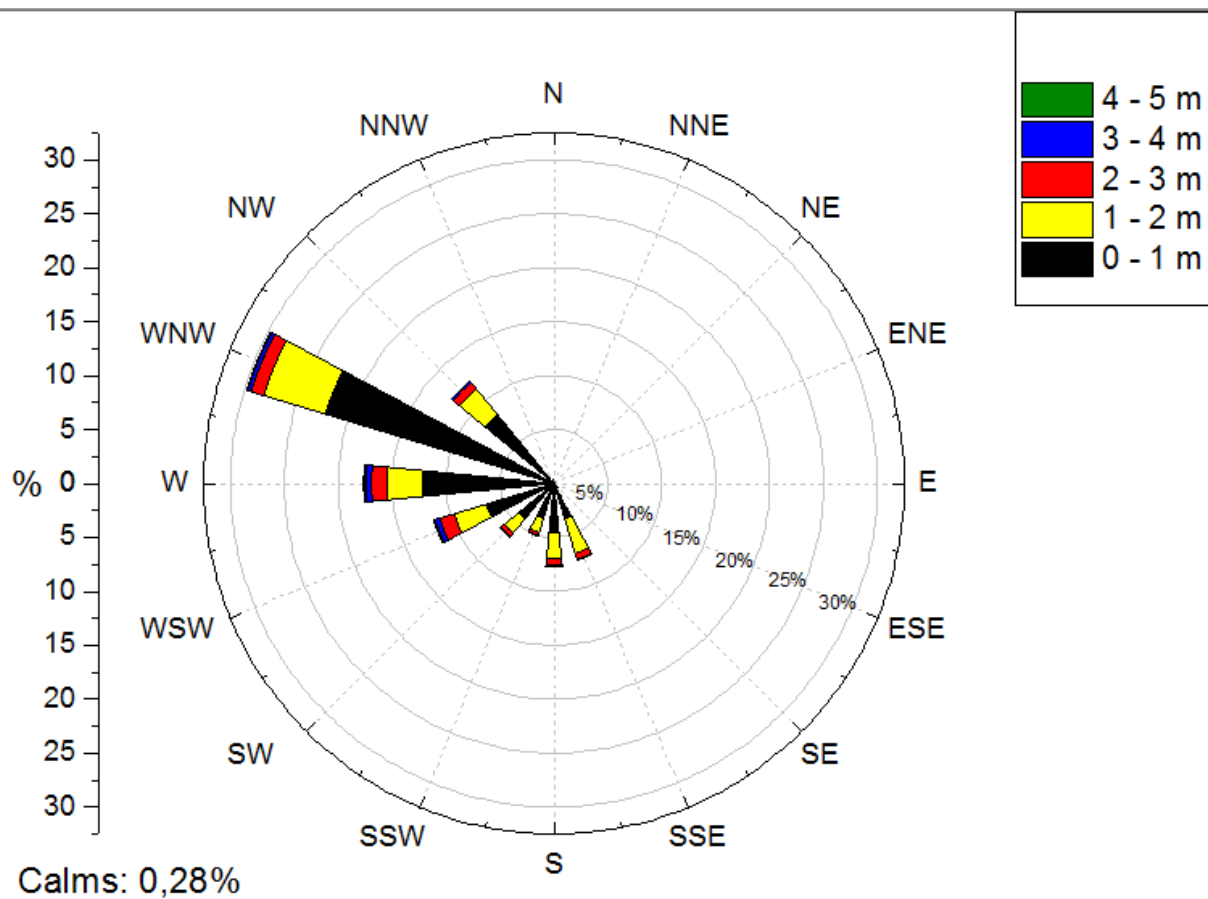
Συγκρίνοντας τη Μύκονο και τη Σαντορίνη παρατηρείται συγκέντρωση όλων των μετρήσεων στις Β-ΒΔ διευθύνσεις για τη Μύκονο ενώ στην Σαντορίνη οι μετρήσεις χωρίζονται σχεδόν ισόποσα σε όλο το διάστημα από βόρειες έως δυτικές διευθύνσεις. Για το ποσοστό άπνοιας εμφανίζεται μεγάλη διαφορά μεταξύ των δυο σταθμών 0,42%. Και στην περίπτωση της διεύθυνσης του κύματος υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των δυο σταθμών, αφού για τη Μύκονο οι μετρήσεις συγκεντρώνονται στις Β-ΒΔ διευθύνσεις ενώ στην Σαντορίνη στις Δ-ΝΔ, ενώ έχουν μικρή διαφορά στο ποσοστό μέτρησης της απόλυτα ήρεμης θάλασσας (0,03%). Οι διαφορές μεταξύ των δυο σταθμών τόσο για το κύμα όσο και για τον άνεμο θα μπορούσαν να οφείλονται σε κάποιο

εμπόδιο στην πορεία τους. Επιπλέον οι σταθμοί έχουν μεγάλη διαφορά ως προς το βάθος που έχουν τοποθετηθεί (Μύκονος:138m, Σαντορίνη: 314m) το οποίο θα μπορούσε να αποτελεί πιθανή αιτία των διαφορών.

Πύλος



Διάγραμμα 4.3.9: Ροδόγραμμα ανέμου για τον πλωτό σταθμό “Πύλος” (2001-2012)

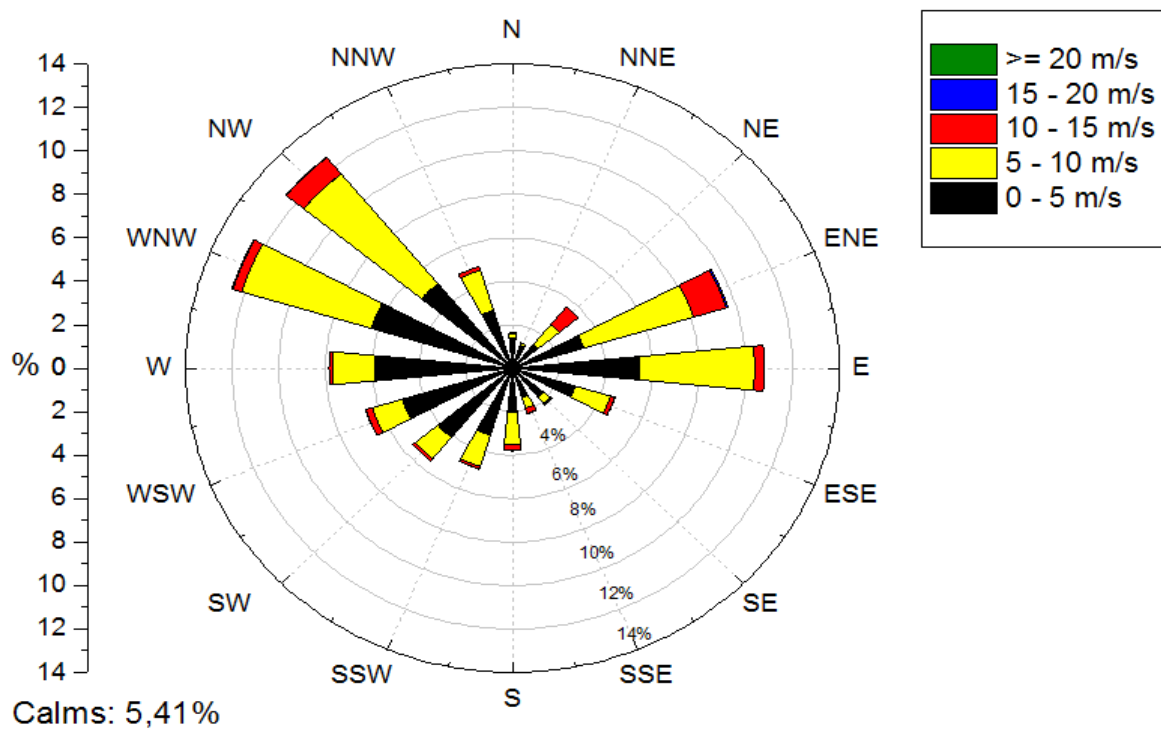


Διάγραμμα 4.3.10: Ροδόγραμμα κύματος για τον πλωτό σταθμό “Πύλος” (2001-2012)

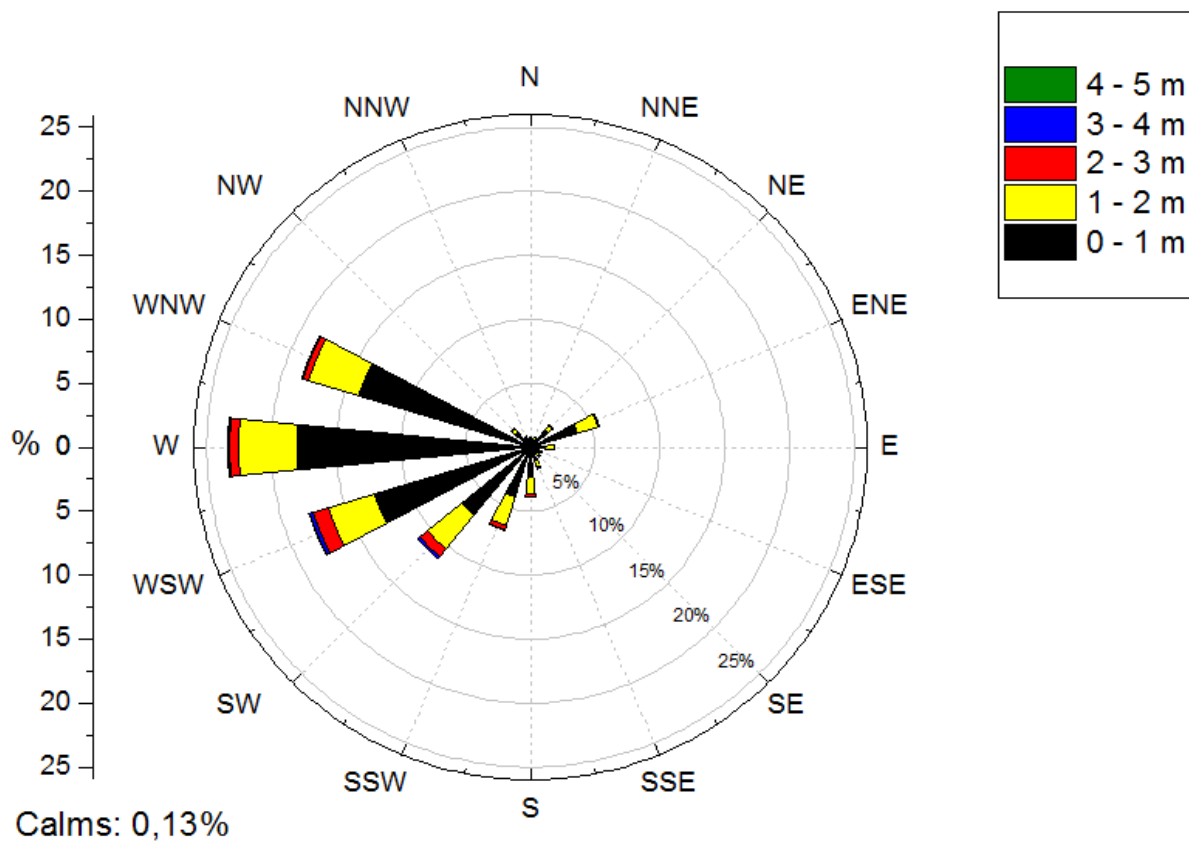
Στην περιοχή της Πύλου υπάρχει μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης στις ΒΔ διευθύνσεις του ανέμου (~20%). Οι εντάσεις που παρατηρούνται περισσότερο είναι στα 5 - 10m/s. Απόλυτα ήρεμη θάλασσα βάση του ροδογράμματος εμφανίζεται σε μικρό ποσοστό (0,30%).

Όσο αφορά το κύμα οι κύριες διευθύνσεις είναι οι ΔΒΔ φτάνοντας το 30%, ενώ το ύψος κύματος είναι συνήθως στα 0 - 1m. Η άπνοια εμφανίστηκε σε ποσοστό 0,28%.

Ζάκυνθος



Διάγραμμα 4.3.11: Ροδόγραμμα ανέμου για τον πλωτό σταθμό “Ζάκυνθος” (2001-2012)



Διάγραμμα 4.3.12: Ροδόγραμμα κύματος για τον πλωτό σταθμό “Ζάκυνθος” (2001-2012)

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η Ζάκυνθος όπου κυριαρχούν τόσο οι ΔΒΔ και ΒΔ όσο και οι βορειοανατολικές διευθύνσεις του ανέμου, με τις βορειοδυτικές διευθύνσεις να υπερτερούν (>14%). Οι κύριες εντάσεις βάση του ροδογράμματος είναι της τάξης των 5 - 10m/s. Απόλυτα ήρεμη θάλασσα μετρήθηκε σε ποσοστό 5,41%.

Από το ροδόγραμμα του κύματος φαίνεται να κυριαρχούν οι δυτικές διευθύνσεις που εμφανίζονται σε ποσοστό ~22%. Τα ύψη κύματος με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης είναι στα 0 - 1m, ενώ απόλυτα ήρεμη θάλασσα εμφανίζεται σε ποσοστό 0,13%.

Συγκρίνοντας τους σταθμούς του Ιονίου παρατηρείται ότι, ενώ στον σταθμό της Πύλου υπάρχει το μεγαλύτερο ποσοστό στις βορειοδυτικές διευθύνσεις ανέμου, στην περίπτωση της Ζακύνθου υπάρχουν μεγάλα ποσοστά μετρήσεων του ανέμου τόσο στις βορειοδυτικές διευθύνσεις όσο και στις δυτικές-βορειοδυτικές αλλά και στις ανατολικές. Επιπλέον υπάρχει μεγάλη διαφορά στις μετρήσεις άπνοιας που φτάνει στο ποσοστό του 5,11%. Οι διαφορές και σε αυτή την περίπτωση πιθανά να οφείλονται σε κάποιο εμπόδιο στην πορεία του ανέμου, το οποίο θα μπορούσε να σχετίζεται με το βάθος στο οποίο έχουν τοποθετηθεί οι δύο σταθμοί (Πύλος: 1681 Ζάκυνθος: 313). Στην περίπτωση του κύματος, οι διαφορές δεν είναι τόσο μεγάλες, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό για τις διευθύνσεις κύματος στην Πύλο είναι Δ-ΒΔ ενώ στην Ζάκυνθο η δυτική.

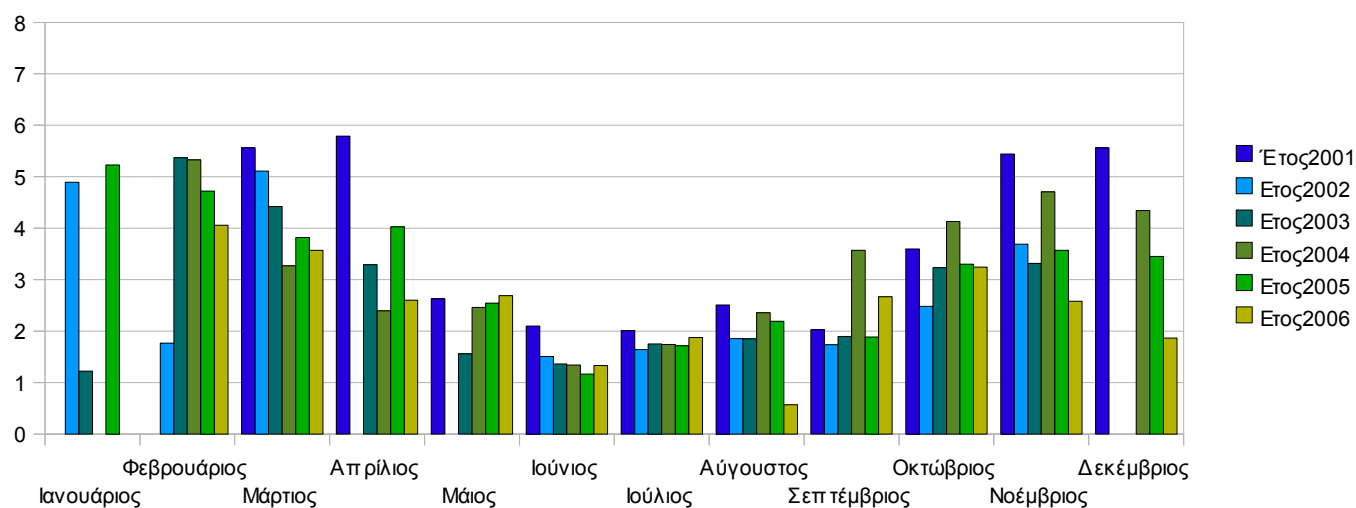
Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως υπάρχουν άνεμοι εντάσεων τόσο 15 - 20m/s όσο και πάνω από 20m/s σε ορισμένες περιπτώσεις. Ο αριθμός τους, όμως, ήταν μηδαμινός, ώστε δεν επέτρεψε στο μετατροπέα του προγράμματος να εμφανίσει τις μετρήσεις αυτές μέσα στα διαγράμματα.

Κεφάλαιο 5ο: Μελέτη έντονων κυματικών γεγονότων για την περίοδο 2001-2012

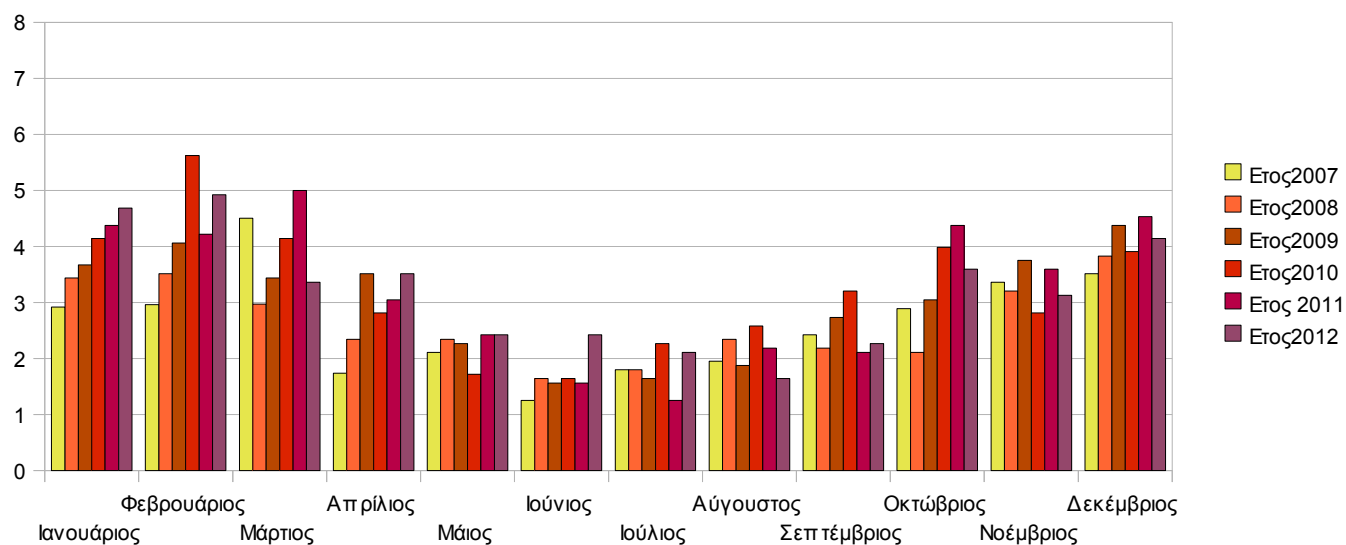
5.1 Κατανομή των εντονότερων γεγονότων στην χρονική περίοδο 2001-2012

Σε αυτό το κεφάλαιο έχει γίνει μία μηνιαία κατανομή του ύψους κύματος για κάθε έναν από τους πλωτούς μετεωρολογικούς σταθμούς. Για να γίνει αυτό απομονώθηκε η μεγαλύτερη μέτρηση για κάθε μήνα από το 2001 έως το 2012. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να μην εμφανίζεται κάποιος μήνας στα διαγράμματα. Αυτό συμβαίνει λόγω έλλειψης των μετρήσεων για τους συγκεκριμένους μήνες, όπως έχει αναφερθεί σε παραπάνω κεφάλαιο.

Αθως



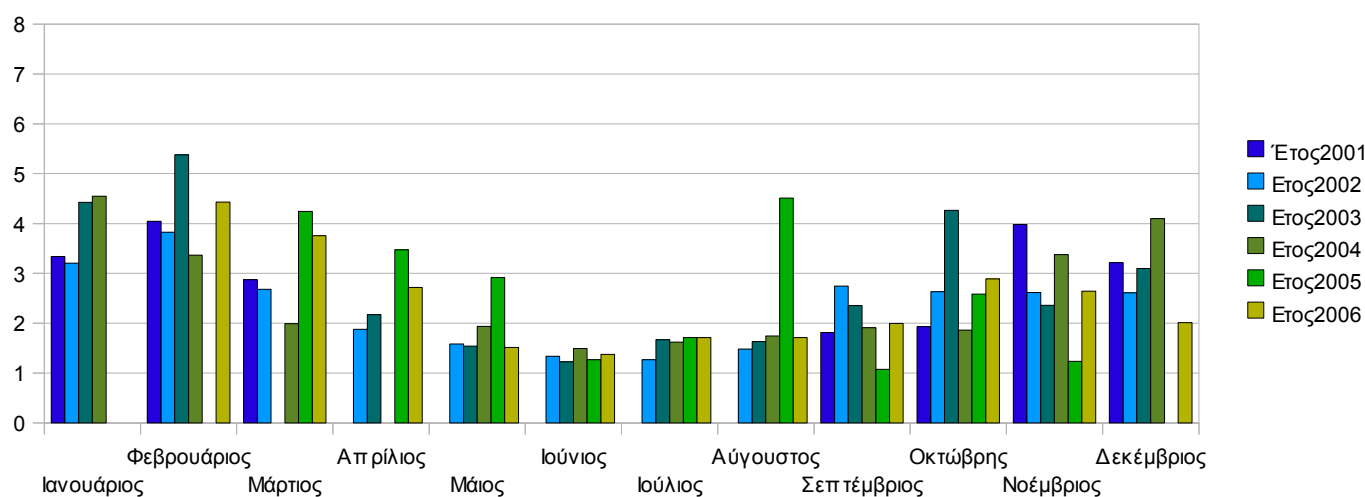
Διάγραμμα 5.1.1α: Μηνιαία κατανομή του ύψους κύματος για τον “Αθω” (2001-2006)



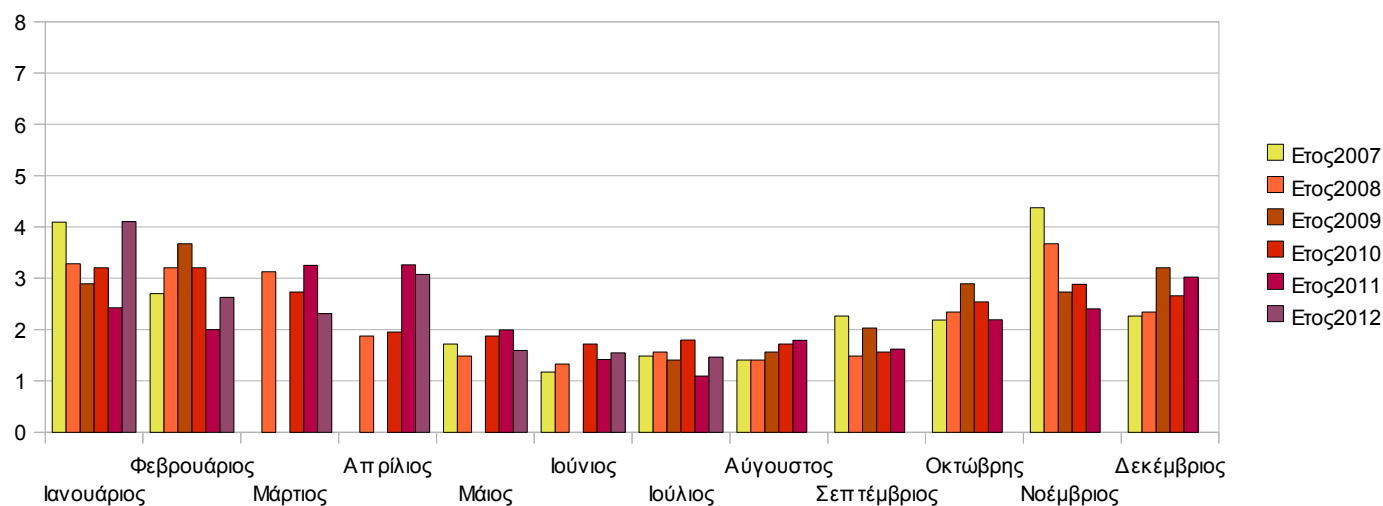
Διάγραμμα 5.1.1β: Μηνιαία κατανομή του ύψους κύματος για τον “Αθω” (2007-2012)

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα 5.1.1α και 5.1.1β υψηλότερες τιμές μετρούνται κατά κύριο λόγο τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες, με τους καλοκαιρινούς μήνες να καταγράφονται αισθητά μικρότερα κύματα. Ειδικά για το 2001 φαίνεται να υπάρχουν αρκετά μεγάλες μετρήσεις σε σχέση με τις υπόλοιπες χρονιές, ειδικά τους τέσσερις μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο, αφού παρουσιάζουν ύψος κύματος πάνω από τα 5m.

Λέσβος



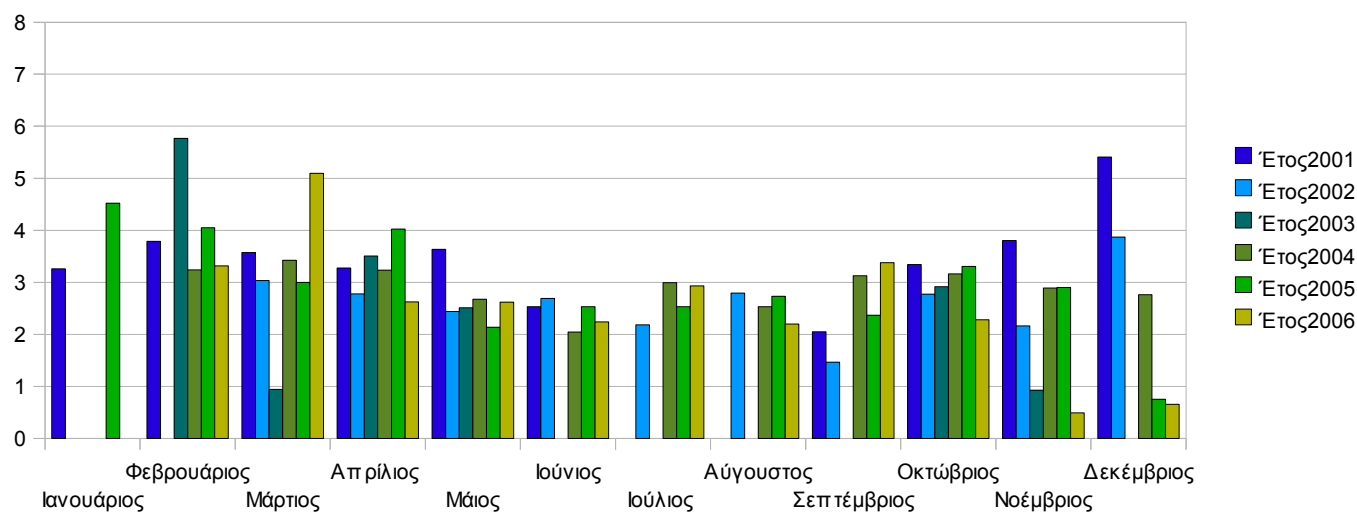
Διάγραμμα 5.1.2α: Μηνιαία κατανομή του ύψους κύματος για την “Λέσβος” (2001-2006)



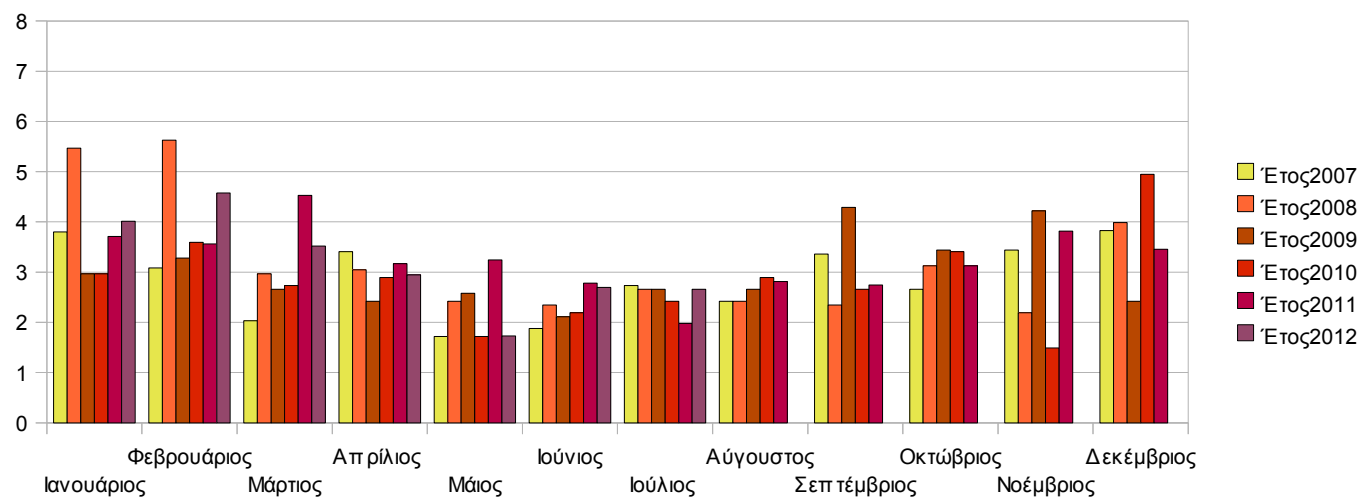
Διάγραμμα 5.1.2β: Μηνιαία κατανομή του ύψους κύματος για την “Λέσβος” (2007-2012)

Στον σταθμό της Λέσβου εμφανίζονται γενικά μικρότερες μετρήσεις σε σχέση με τον σταθμό του Άθου, έχοντας μόνο τον Φεβρουάριο του 2003 τιμή πάνω από 5m. Και σε αυτή την περίπτωση οι μετρήσεις κατά τους χειμερινούς μήνες είναι μεγαλύτερες από αυτές των καλοκαιρινών μηνών. Γενικά χρονιά με υψηλές μετρήσεις θα μπορούσε να χαρακτηριστεί το 2003, καθώς έχει τη μεγαλύτερη μέτρηση (5,38m) όλων των ετών.

Μύκονος



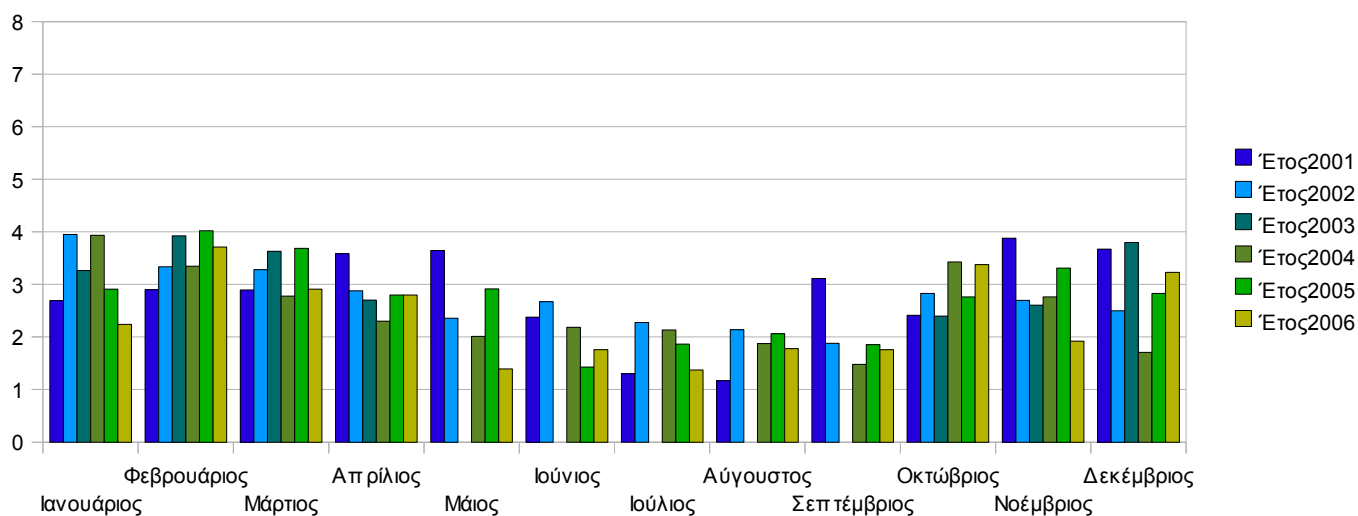
Διάγραμμα 5.1.3α: Μηνιαία κατανομή του ύψους κύματος για τη “Μύκονο” (2001-2006)



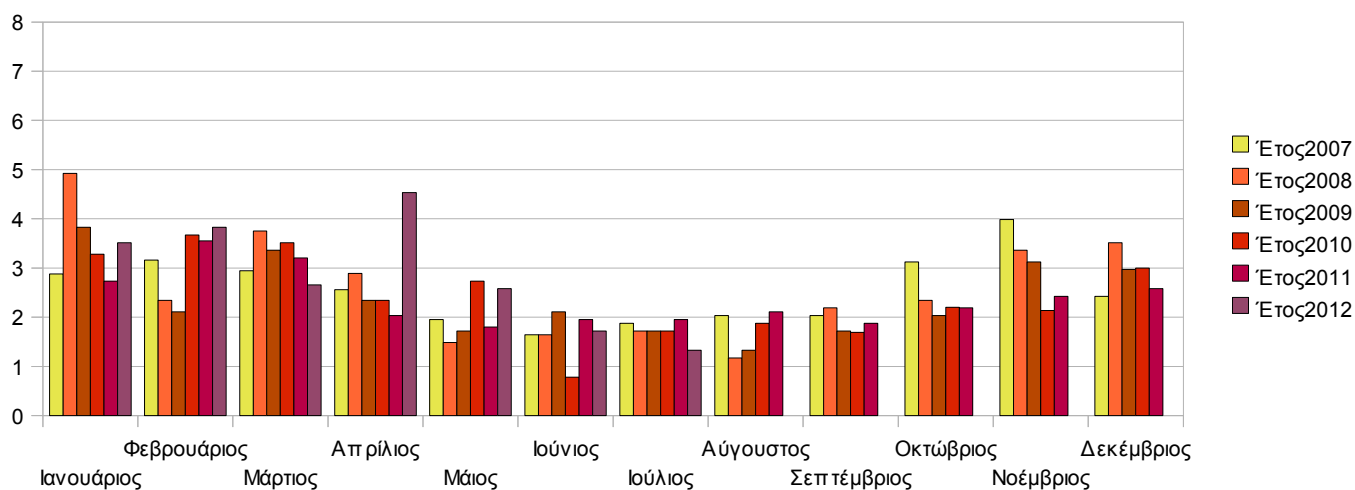
Διάγραμμα 5.1.3β: Μηνιαία κατανομή του ύψους κύματος για τη “Μύκονο” (2007-2012)

Στη Μύκονο, όπως είναι λογικό από τις μετρήσεις της έντασης του ανέμου που μελετήθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια, εμφανίζονται ιδιαίτερα υψηλά κύματα σε σχέση με του άλλους σταθμούς. Σε αυτή την περίπτωση η μεγαλύτερη μέτρηση, η οποία καταγράφηκε, είναι το Φεβρουάριο του 2003 (5,76m). Γενικά χρονιές με υψηλά κύματα ήταν οι 2001, 2008 και 2009.

Σαντορίνη



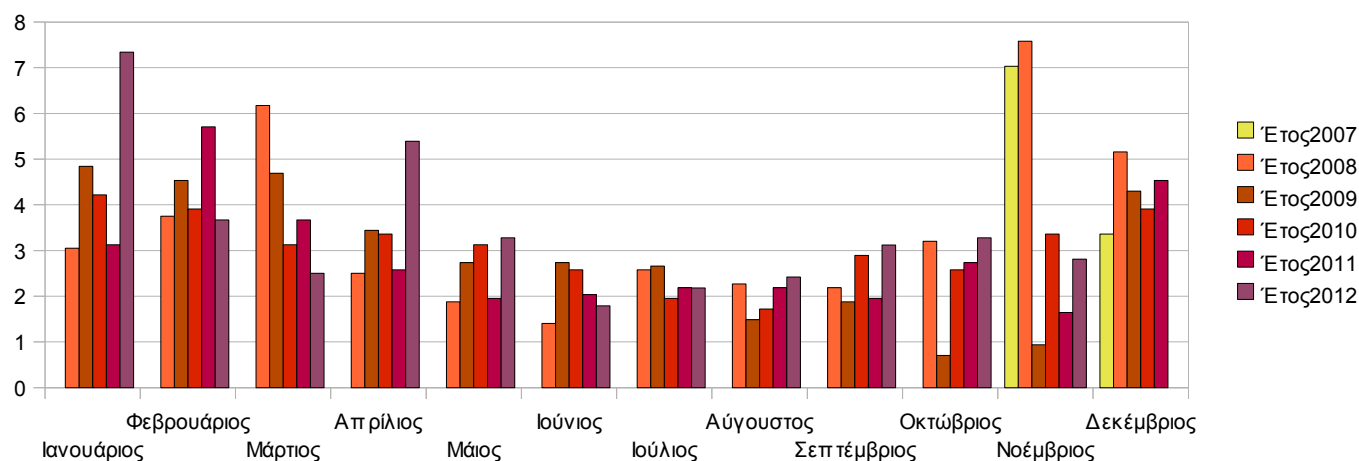
Διάγραμμα 5.1.4α: Μηνιαία κατανομή του ύψους κύματος για την “Σαντορίνη” (2001-2006)



Διάγραμμα 5.1.4β: Μηνιαία κατανομή του ύψους κύματος για την “Σαντορίνη” (2007-2012)

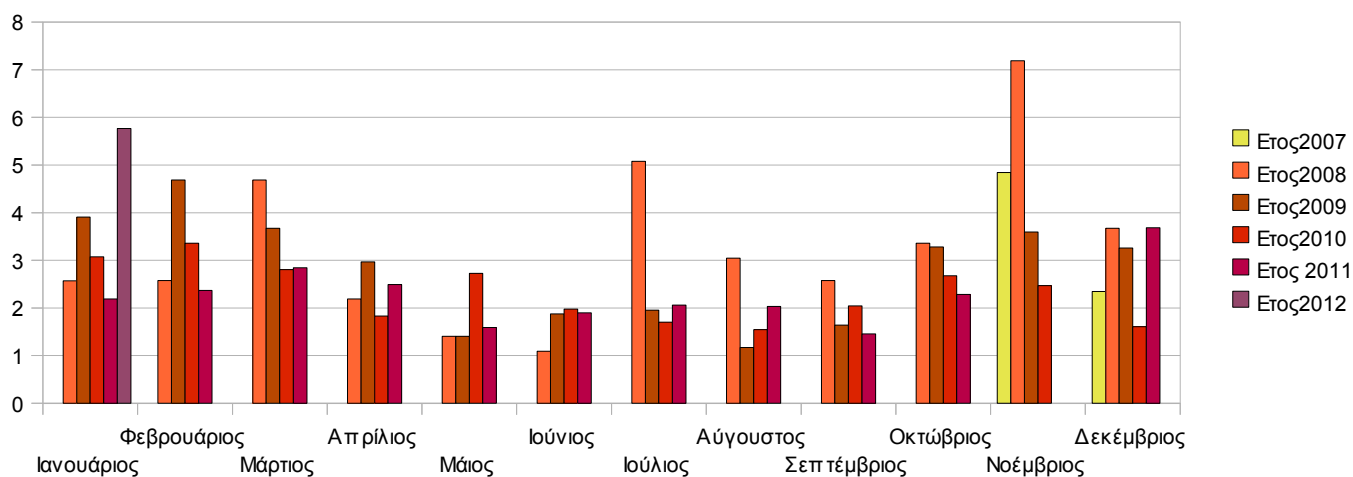
Σε αντίθεση με τη Μύκονο, η Σαντορίνη χαρακτηρίζεται οι σχετικά μικρές μετρήσεις για το ύψος κύματος, αφού δεν ξεπερνούν τα 4m. Μετά το 2007, συγκεκριμένα τον Ιανουάριο του 2008 (4,92m) και τον Απρίλιο του 2012 (4,53m), καταγράφηκαν οι μέγιστες μετρήσεις για αυτόν τον σταθμό. Γενικά ως χρονιά με υψηλές μετρήσεις θα μπορούσε να χαρακτηριστεί το 2001, έχοντας μετρήσεις που ξεπερνούν τα 3m τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Σεπτέμβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο

Πύλος



Διάγραμμα 5.1.5: Μηνιαία κατανομή του ύψους κύματος για την “Πύλο” (2007-2012)

Ζάκυνθος



Διάγραμμα 5.1.6: Μηνιαία κατανομή του ύψους κύματος για την “Ζάκυνθο” (2007-2012)

Για τους σταθμούς της Πύλου και της Ζακύνθου υπάρχουν λίγες μετρήσεις. Και οι δυο σταθμοί αρχίζουν να καταγράφουν δεδομένα από τον Νοέμβριο του 2007. Ο σταθμός της Πύλου συνεχίζει να λειτουργεί οπότε υπάρχουν μετρήσεις για το 2012, ενώ στη Ζάκυνθο ο σταθμός σταμάτησε να λειτουργεί μετά τον Ιανουάριο του 2012. Επίσης βρίσκονται γεωγραφικά κοντά, για το λόγο αυτό θα μελετηθούν μαζί.

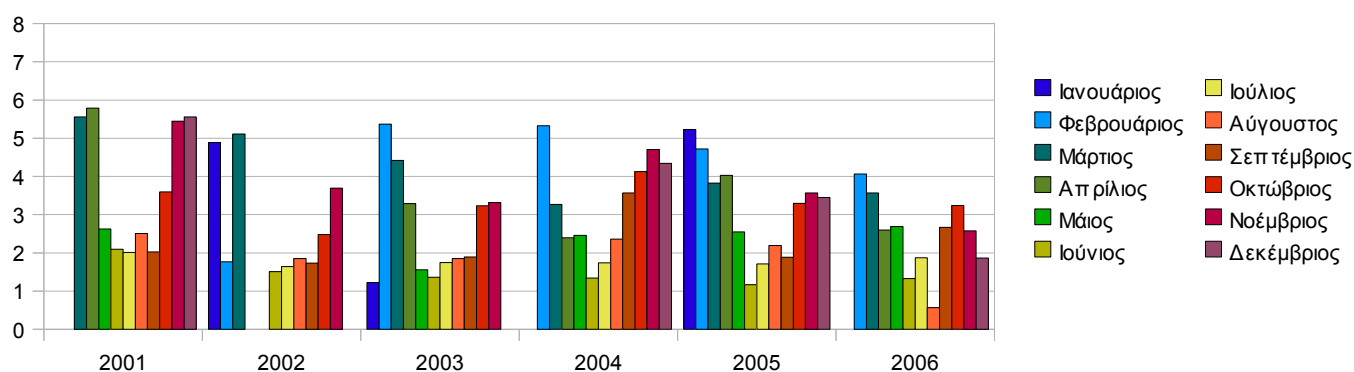
Τόσο στην Πύλο όσο και στη Ζάκυνθο παρατηρούνται μεγάλες μετρήσεις πάνω από τα 7m. Οι μετρήσεις αυτές παρατηρούνται τους χειμερινούς μήνες. Μετρήσεις άνω των 7m για την Πύλο καταγράφηκαν το Ιανουάριο του 2012, καθώς και τον Νοέμβριο του 2007 και του 2008, ενώ για

τη Ζάκυνθο τον Νοέμβριο του 2008. Επιπλέον δεν φαίνεται να υπάρχει συγκεκριμένη χρονιά που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί από συνεχείς μετρήσεις μεγάλου ύψους κύματος.

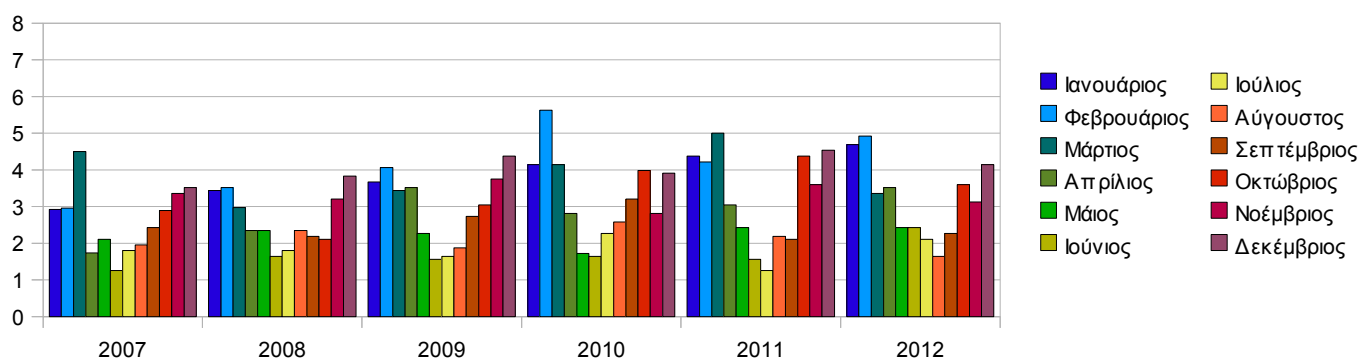
5.2 Κατανομή μέγιστων τιμών ύψους κύματος ανά έτος

Στο προηγούμενο κεφάλαιο μελετήθηκαν συγκεντρωμένες οι χρονιές για κάθε σταθμό ώστε να μελετηθούν σε μηνιαία βάση οι απόλυτες μέγιστες μετρήσεις κάθε χρόνου. Σε αυτό το κεφάλαιο κρίθηκε αναγκαίο να χωριστούν οι χρονιές, ώστε να μελετηθεί ξεχωριστά για κάθε σταθμό η μηνιαία διακύμανση του ύψους κύματος. Και σε αυτή την περίπτωση οι μήνες που εμφανίζονται στο διάγραμμα με τιμή 0 είναι οι μήνες χωρίς μετρήσεις από τους σταθμούς.

Άθως



5.2.1α: Μηνιαία διακύμανση μέγιστου ύψους κύματος (Άθως/2001-2006)

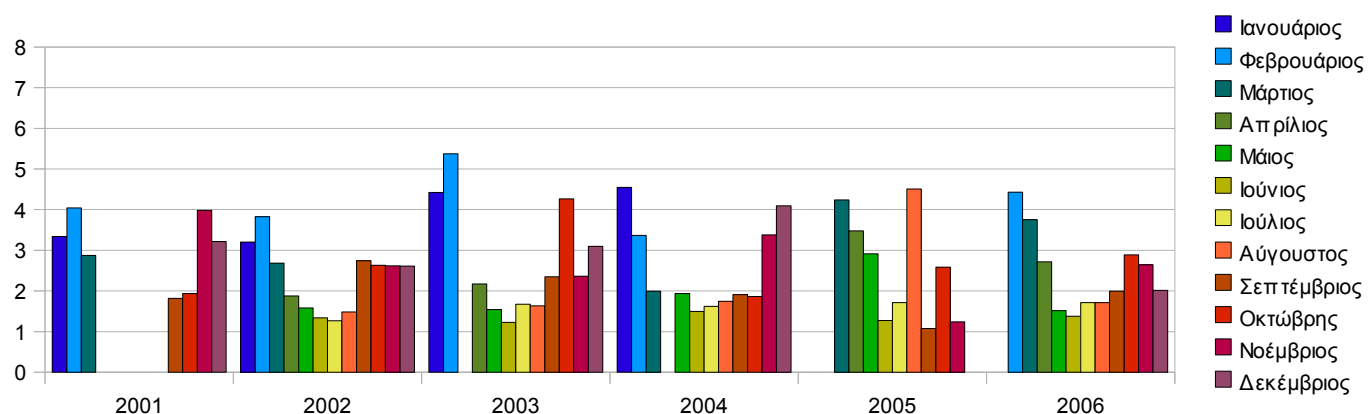


5.2.1β: Μηνιαία διακύμανση μέγιστου ύψους κύματος (Άθως/2007-2012)

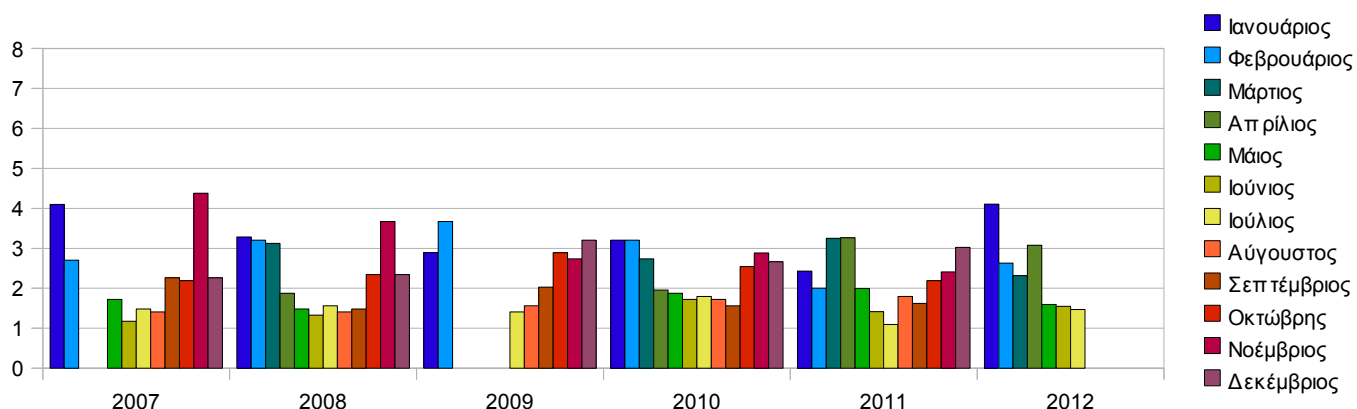
Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο στο σταθμό του Άθου υπάρχει εμφανής διαφορά ανάμεσα στους καλοκαιρινούς με τους χειμερινούς μήνες, καθώς οι μεγαλύτερες τιμές ύψους κύματος εμφανίζονται τους χειμερινούς. Ειδικά τις χρονιές 2001 και 2011 η διαφορά αυτή είναι ιδιαίτερα μεγάλη, σχεδόν διπλάσια για το 2001.

Σημαντικές αναταραχές στη θάλασσα φαίνεται να υπάρχουν κατά το μήνα Φεβρουάριο, έχοντας το 2003, το 2004 και το 2010 τιμές άνω των 5m, σε αντίθεση με τον Ιούνιο ο οποίος σε όλη την περίοδο μελέτης έχει τις μικρότερες μετρήσεις.

Λέσβος



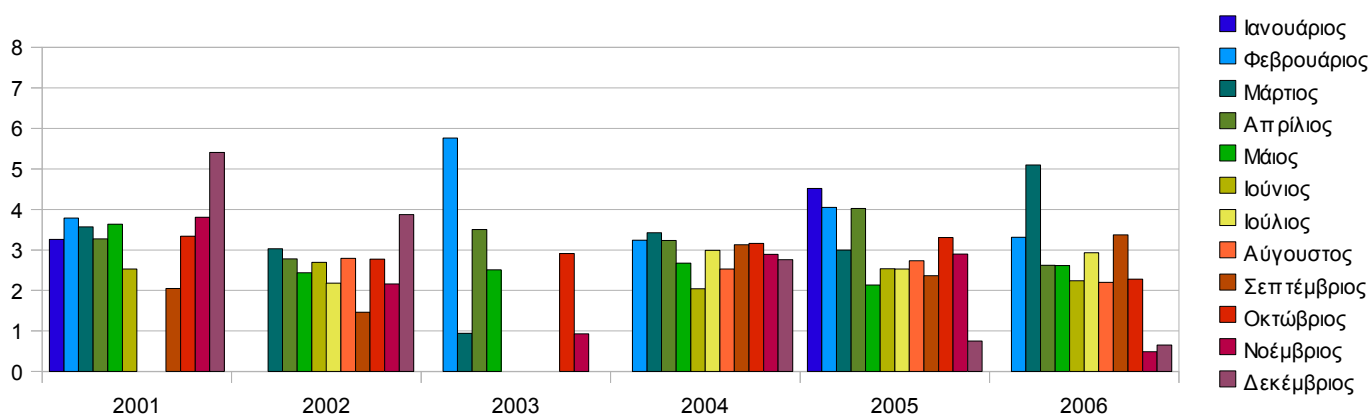
5.2.2α: Μηνιαία διακύμανση μέγιστου ύψους κύματος (Λέσβος/2001-2006)



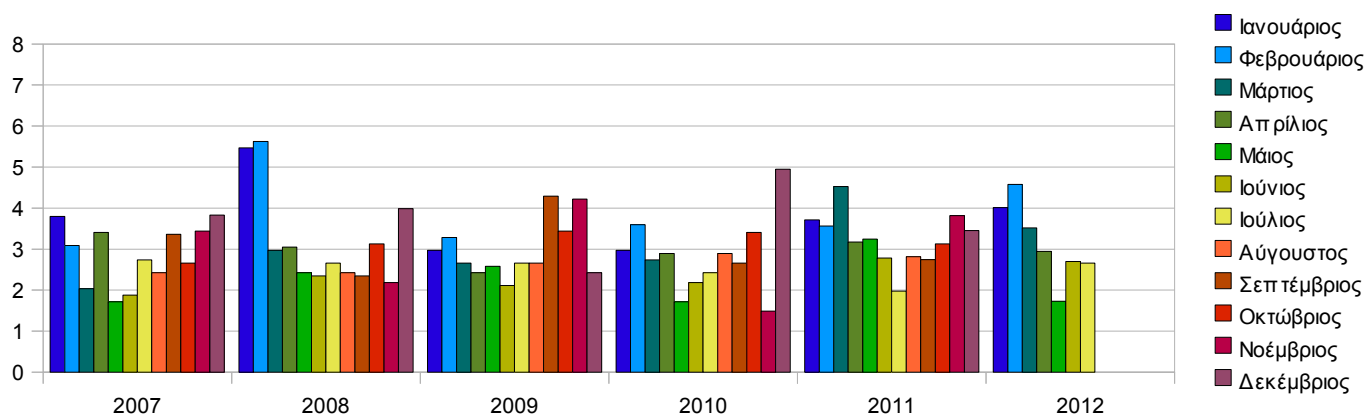
5.2.2β: Μηνιαία διακύμανση μέγιστου ύψους κύματος (Λέσβος/2007-2012)

Χαρακτηριστικό του σταθμού της Λέσβου είναι οι σχετικά μικρές μετρήσεις, έχοντας μόνο μία μέτρηση να ξεπερνά τα 5m (Φεβρουάριος 2003). Και σε αυτή την περίπτωση φαίνεται να καταγράφονται μεγαλύτερες μετρήσεις το χειμώνα, αλλά σε αντίθεση με τον Άθω αυτό δεν είναι απόλυτο, αφού μεγάλη μέτρηση έχει καταγραφεί και τον Αύγουστο του 2005, η οποία αποτελεί τη μεγαλύτερη για εκείνη τη χρονιά. Όπως και στον Άθω, έτσι και στη Λέσβο οι μικρότερες μετρήσεις καταγράφονται κατά τον μήνα Ιούνιο.

Μύκονος



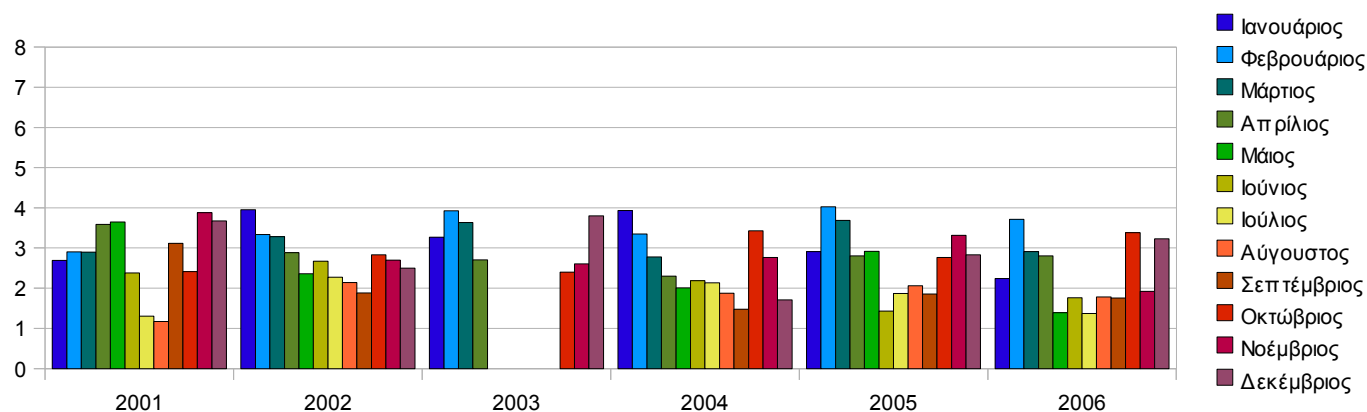
5.2.3α: Μηνιαία διακύμανση μέγιστου ύψους κύματος (Μύκονος/2001-2006)



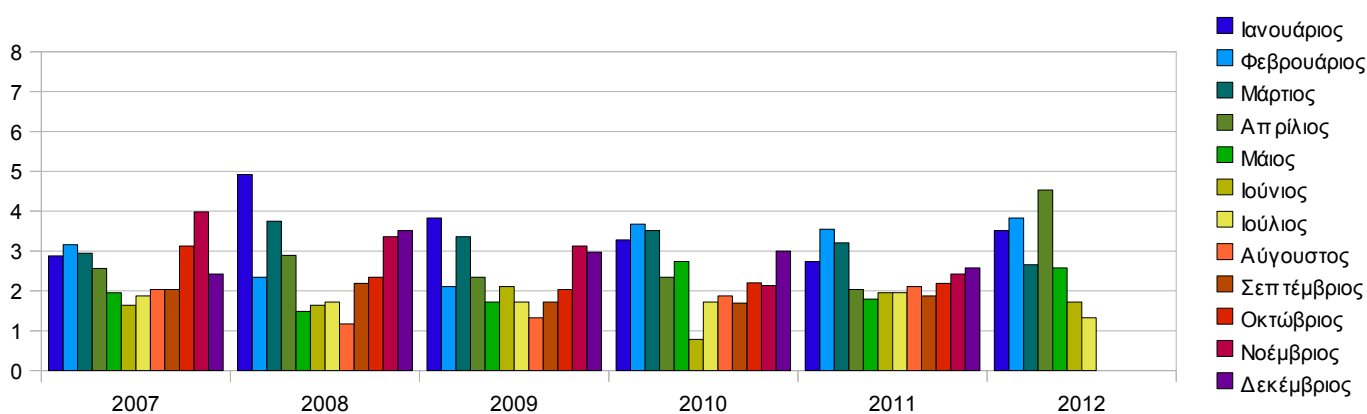
5.2.3β: Μηνιαία διακύμανση μέγιστου ύψους κύματος (Μύκονος/2007-2012)

Στη Μύκονο, αν και λόγω των ανέμων θα αναμένονταν ιδιαίτερα ψηλά κύματα, όπως φαίνεται από τα διαγράμματα 5.2.3α,β τα υψηλότερα κύματα είναι κατά βάση 3 - 4m. Το μεγαλύτερο κύμα καταγράφηκε τον Φεβρουάριο του 2003 (κοντά στα 6m). Βασικό γνώρισμα, επίσης, για την περιοχή της Μυκόνου είναι η μη ύπαρξη σταθερής διακύμανσης ανά εποχή, αλλά η ύπαρξη διαρκών εναλλαγών στο μέγιστο ύψος κύματος μέσα στο χρόνο. Ο σταθμός της Μυκόνου παρουσιάζει την χαμηλότερη εποχιακή μεταβλητότητα σε σχέση με τους υπόλοιπους.

Σαντορίνη



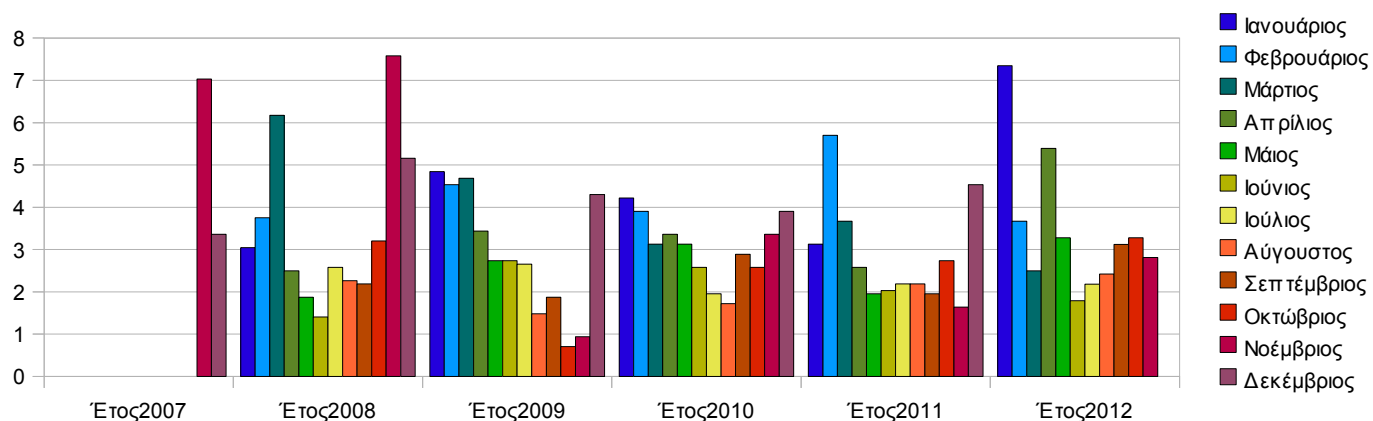
5.2.4α: Μηνιαία διακύμανση μέγιστου ύψους κύματος (Σαντορίνη/2001-2006)



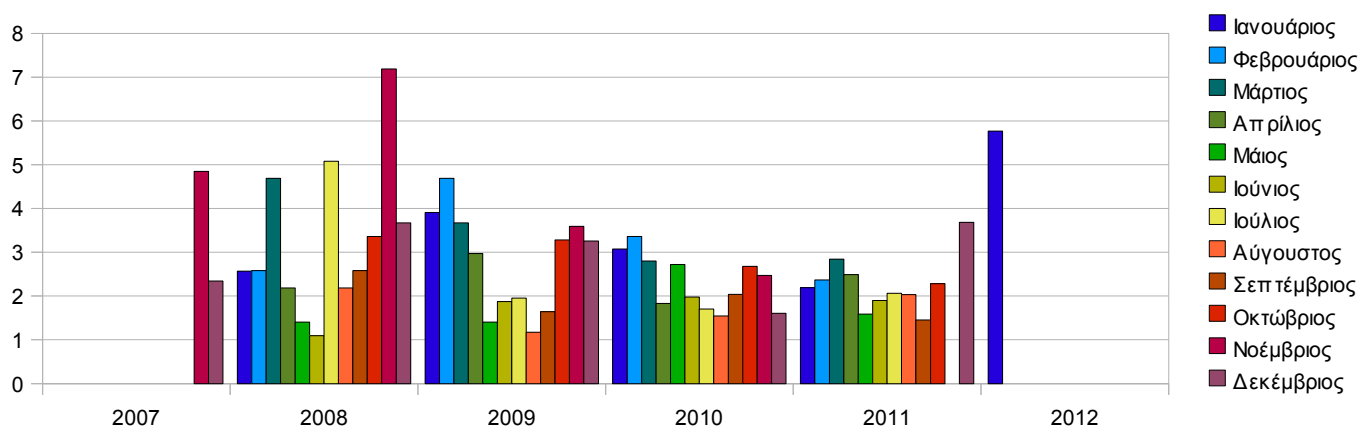
5.2.4β: Μηνιαία διακύμανση μέγιστου ύψους κύματος (Σαντορίνη/2007-2012)

Στη Σαντορίνη καταγράφονται ιδιαίτερα μικρές μετρήσεις μέγιστων τιμών ύψους κύματος σε σχέση με του υπόλοιπους σταθμούς, αφού από όλες τις μετρήσεις μόνο δύο ξεπερνούν τα 4m, τον Ιανουάριο 2008 και Απρίλιο 2012, ενώ κατά κύρια βάση βρίσκονται στα 2 - 3m. Και σε αυτή την περίπτωση οι μεγαλύτερες μετρήσεις καταγράφονται κυρίως τους χειμερινούς μήνες, αλλά υπάρχει και η περίπτωση του Απριλίου του 2012 που έχει τη μεγαλύτερη τιμή για τη συγκεκριμένη χρονιά (4,53m)

Πύλος-Ζάκυνθος



5.2.5: Μηνιαία διακύμανση μέγιστου ύψους κύματος (Πύλος/2007-2012)



5.2.6: Μηνιαία διακύμανση μέγιστου ύψους κύματος (Ζάκυνθος/2007-2012)

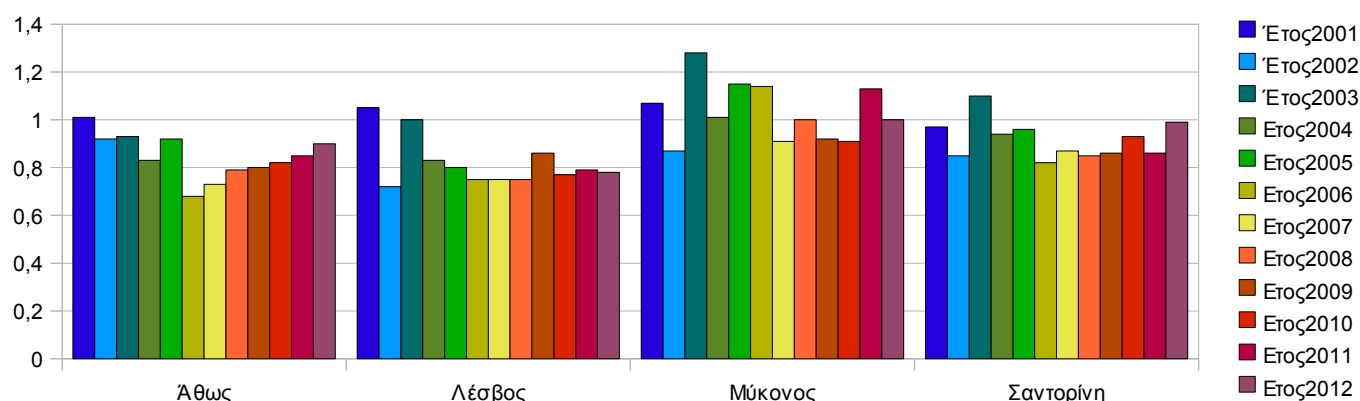
Χαρακτηριστικό στοιχείο των δύο αυτών σταθμών είναι οι υψηλές μετρήσεις οι οποίες ξεπερνούν τα 7m. Στην Πύλο τέτοιες τιμές καταγράφηκαν τον Νοέμβριο 2007 και 2008 και τον Φεβρουάριο του 2012, ενώ στην Ζάκυνθο τον Νοέμβριο του 2008. Όπως φαίνεται και από τις μετρήσεις των μέγιστων τιμών αλλά και μελετώντας γενικά τα διαγράμματα 5.2.5 και 5.2.6 υπάρχει διακύμανση εντός των ετών, χωρίς να χαρακτηρίζεται από εποχικότητα.

5.3 Ετήσια κατανομή του μέσου όρου του σημαντικού ύψους κύματος για κάθε σταθμό

Μελετώντας τα αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου φάνηκε να υπάρχει μια τάση στις τιμές των υψών κύματος. Για να κατανοηθεί η τάση αυτή θεωρήθηκε χρήσιμη η εξαγωγή διαγραμμάτων που απεικονίζουν τον μέσο όρο της τιμής του ύψους κύματος κάθε χρόνο για

όλους τους σταθμούς.

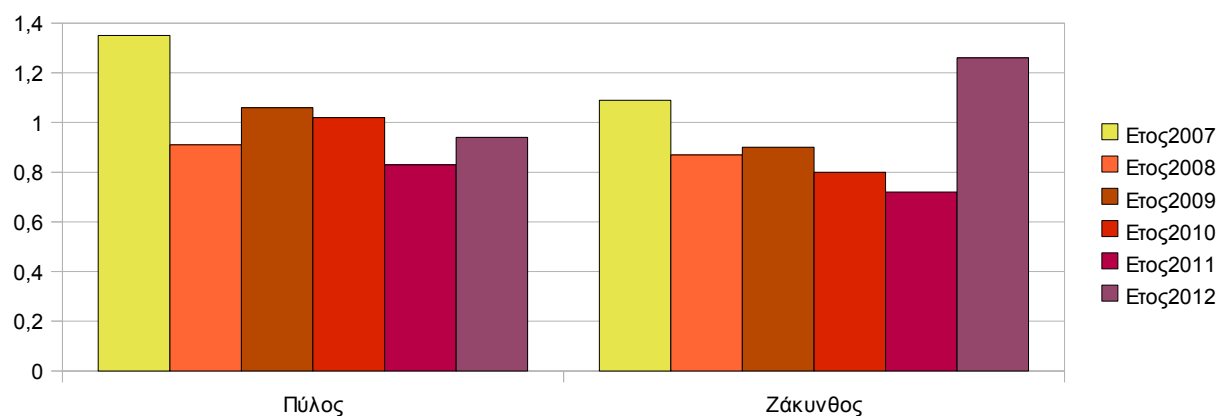
Αιγαίο



Διάγραμμα 5.3: Μέση τιμή ύψους κύματος ανά χρονιά για τους σταθμούς του Αιγαίου

Από το διάγραμμα φαίνεται ότι υπάρχει μία γενική πτωτική τάση της τιμής του ύψους του κύματος ενώ τα τελευταία χρόνια αρχίζει να αυξάνεται πάλι. Αυτό είναι ιδιαίτερα φανερό στον σταθμό του Άθου που όπου από το 2001 έως το 2006 παρατηρείται μια τάση μείωσης των μέσων τιμών του ύψους ενώ από το 2007-2012 υπάρχει συνεχής αύξηση της τιμής. Παρόμοια αλλά όχι τόσο ξεκάθαρα είναι τα αποτελέσματα και για τους σταθμούς “Σαντορίνη” και “Λέσβο”. Ο σταθμός της Μυκόνου λόγω των ισχυρών ανέμων παρουσιάζει συχνά ψηλά κύματα, για αυτόν το λόγο δεν είναι καλός για την ερμηνεία αυτής της τάσης, αφού όπως φαίνεται υπάρχει συνεχής αυξομείωση μέσα στα χρόνια.

Ιόνιο



Διάγραμμα 5.3: Μέση τιμή ύψους κύματος ανά χρονιά για τους σταθμούς του Ιονίου

Οι σταθμοί του Ιονίου λόγω των λίγων ετών μελέτης δεν είναι ιδιαίτερα βοηθητικοί ως προς τη μελέτη της τάσης του ύψους κύματος. Παρόλα αυτά, και σε αυτή την περίπτωση φαίνεται αρχικά να υπάρχει μία τάση μείωσης των μέσων όρων που το 2012 φαίνεται να αναιρείται. Αυτό είναι πιο φανερό στον σταθμό της Ζακύνθου.

5.4 Εύρεση έντονων κυματικών γεγονότων για κάθε σταθμό

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα εξεταστούν τα σημαντικότερα κυματικά γεγονότα για κάθε έναν από τους πλωτούς σταθμούς. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω ένα γεγονός μπορεί να διαρκέσει ώρες ακόμη και μέρες. Για αυτό ως ένα γεγονός δεν θεωρείται κάθε μέτρηση, αλλά ένα φαινόμενο που εμφανίζεται σε παραπάνω από μια μετρήσεις που αναλύονται παρακάτω.

Στη συνέχεια ταξινομήθηκαν τα δεδομένα, από κάθε σταθμό, βάση του ύψους κύματος, ώστε να εμφανίζονται πρώτα τα υψηλότερα κύματα και στη συνέχεια επιλέχθηκαν οι 10 πρώτες περιπτώσεις. Στη συνέχεια οι 10 αυτές περιπτώσεις μαζί με μετρήσεις 3 ωρών πριν και 3 ωρών μετά το μέγιστο ύψος τοποθετήθηκαν σε πίνακα εμφανιζόμενες κατά χρονολογική σειρά. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει μέτρηση σε διάστημα τριών ωρών επιλέχθηκε η μέτρηση σε διάστημα 6 ωρών. Στην περίπτωση που ούτε αυτό ήταν δυνατό, στον πίνακα δεν εμφανίζονται τρεις αλλά μόνο δύο μετρήσεις. Τέλος, τα γεγονότα εμφανίζονται στον πίνακα με διαφορετικά χρώματα, με το κίτρινο να αντιστοιχεί στο σημαντικότερο γεγονός.

Αθως

Datetime	Air Pressure(hPa)	Air Temperature(deg.C)	Hm0(m)	Mdir(deg)	Wind Direction(deg)	Wind Speed(m/s)
01/04/01 00:00	1008,51	10,13	5,23	31,87	30,57	19,39
01/04/01 03:00	1008,78	10,54	5,78	36,89	33,71	18,17
01/04/01 06:00	1010,68	9,46	5,56	34,47	25,9	19,33
04/11/01 00:00	1017	11,47	4,56	31,42	39,2	18,73
04/11/01 06:00	1014,29	11,80	5,44	34,47	44,74	20,59
04/11/01 09:00	1015,74	12,38	5,13	42,87	52,51	18,62
11/03/02 15:00	1005,35	11,5	4,99	44,77	49,08	20,03
11/03/02 18:00	1006,79	10,97	5,11	40,00	50,41	17,55
11/03/02 21:00	1007,79	11,03	4,69	45,09	48,57	17,64
18/02/03 00:00	1015,65	3,94	4,62	45,73	45,2	15,28
18/02/03 03:00	1013,12	3,70	5,37	49,41	34,05	16,80
18/02/03 06:00	1013,57	3,81	4,68	44,98	26,43	15,54
27/02/04 09:00	999,48	15,66	4,65	161,89	171,34	17,22
27/02/04 12:00	999,03	15,83	5,33	164,09	173,85	14,75
27/02/04 15:00	999,57	15,5	4,59	166,25	173,7	15,98
17/01/05 00:00	1017,36	0	4,88	25,43	31,92	17,76
17/01/05 03:00	1017,72	0,62	4,95	24,25	29,81	16,74
17/01/05 06:00	1018,9	1,44	4,65	24,44	31,51	16,76
02/02/05 21:00	1006,07	6,5	3,34	47,69	53,8	15,39
03/02/05 00:00	1004,63	5,35	4,72	48,80	28,71	15,94
03/02/05 03:00	1003,72	4,23	4,67	36,88	17,97	18,03
10/02/10 21:00	995,05	15,7	5,31	161,72	192,66	16,64
11/02/10 00:00	995,59	14,14	5,63	157,50	199,69	8,20
11/02/10 03:00	994,87	15,12	3,52	160,31	208,13	6,56
08/03/11 00:00	1022,51	4,86	4,77	36,56	171,56	15,7
08/03/11 06:00	1023,78	4,08	4,84	23,91	156,09	15,70
08/03/11 09:00	1025,13	4,18	4,45	23,91	161,72	13,83
08/02/12 06:00	1018,27	4,08	4,38	43,59	30,94	16,17
08/02/12 09:00	1020,80	4,28	4,92	45,00	32,34	15,70
08/02/12 12:00	1020,52	5,35	4,77	45	42,19	15,23

Πίνακας 5.4.1 Τα 10 εντονότερα κυματικά γεγονότα για το χρονικό διάστημα 2001 - 2012 στον Αθω. Σημείωση: Στον πίνακα εμφανίζονται τα 10 εντονότερα γεγονότα με χρονική σειρά. Επίσης εμφανίζονται και οι μετρήσεις διαστήματος 3 ωρών πριν και μετά το μέγιστο του κάθε γεγονότος. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει μέτρηση 3 ωρών πριν ή/και μετά εμφανίζεται μέτρηση 6 ωρών.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.4.1 το μεγαλύτερο ύψος κύματος για τον Άθω καταγράφηκε στις 01/04/01 (03:00) 5,78m, ενώ αρχίζει να μειώνεται και στις 06:00 έχει ύψος 5,56m. Την στιγμή της μέγιστης τιμής του κύματος η θερμοκρασία αέρα μετρήθηκε 10,54°C, ενώ η ατμοσφαιρική πίεση βρισκόταν 1008,78hPa. Η μέγιστη ταχύτητα του ανέμου καταγράφηκε τρεις ώρες πριν το μέγιστο κύμα και ήταν 19,39m/s, ένταση μεγαλύτερη και από αυτήν που μετρήθηκε την ώρα του μέγιστου κύματος (18,17m/s). Η διεύθυνση του κύματος και του αέρα ήταν βορειοανατολική (36,89° και 33,71° αντίστοιχα).

Ένα ακόμη σημαντικό γεγονός παρατηρήθηκε στις 11/02/12 με το ύψος του κύματος να φτάνει τα 5,63m. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η θερμοκρασία ήταν στους 14,14 °C, ενώ η ατμοσφαιρική πίεση 995,59hPa. Η ταχύτητα του ανέμου έφτανε τα 8,20m/s και η διεύθυνση του ήταν νοτιοδυτική. Η διεύθυνση του κύματος ήταν νοτιοανατολική.

Στη συνέχεια υπάρχει ένα ακόμη γεγονός στις 4/11/01 με το ύψος του κύματος να φτάνει μέχρι και τα 5,44m με βορειοανατολική διεύθυνση. Στις 18/02/03 (03:00) και 27/02/04 (12:00) (δηλαδή περίπου ένα χρόνο μετά) παρατηρήθηκαν ύψη κύματος 5,36m και 5,32m αντίστοιχα. Έχει ενδιαφέρον όμως, ότι στην πρώτη περίπτωση η θερμοκρασία είναι στους 3°C, ενώ στην δεύτερη στους 15°C. Στις 11/03/02 (18:00) το κύμα υψώθηκε στα 5,11m, με την ατμοσφαιρική πίεση την ώρα του μέγιστου κύματος να είναι στα 1006,79hPa.

Λέσβος

Datetime	Air Pressure(hPa)	Air Temperature(deg.C)	Hm0(m)	Mdir(deg)	Wind Direction(deg)	Wind Speed(m/s)
31/01/03 06:00	1000,56	16,29	3,88	196,37	189,36	16,86
31/01/03 09:00	1001,74	11,87	4,42	189,67	205,98	12,16
31/01/03 12:00	1001,10	14,49	3,64	195,82	226,86	12,96
05/02/03 12:00	996,50	15,92	4,41	199,02	182,09	19,43
05/02/03 15:00	993,88	15,16	5,38	197,87	191,77	17,05
05/02/03 18:00	996,14	13,96	4,81	203,01	223,00	14,18
09/10/03 03:00	1001,10	17,68	3,13	264,93	275,03	14,84
09/10/03 06:00	1007,34	16,60	4,26	274,83	280,95	16,35
09/10/03 09:00	1011,13	16,61	3,77	275,14	288,31	10,03
22/01/04 12:00	984,75	3,54	4,27	339,37	14,33	26,07
22/01/04 15:00	987,92	2,39	4,55	339,60	13,78	26,76
22/01/04 18:00	994,60	1,98	2,92	337,36	16,98	25,09
29/01/04 12:00	1000,83	16,63	3,61	181,63	172,85	15,13
29/01/04 15:00	1000,83	14,80	4,20	184,35	190,04	14,94
29/01/04 18:00	1003,18	14,02	3,29	188,57	231,96	8,60
06/03/05 00:00	999,75	14,81	4,24	180,87	182,92	15,57
06/03/05 03:00	1000,38	15,33	2,83	179,39	204,55	10,86
28/08/05 18:00	1014,56	25,62	1,83	348,34	197,68	0,14
29/08/05 00:00	1015,56	24,82	4,51	87,01	8,99	7,01
29/08/05 03:00	1015,38	28,25	1,00	340,64	20,57	9,46
28/02/06 12:00	1000,38	14,94	3,39	177,63	160,94	17,53
28/02/06 15:00	999,12	15,64	4,43	174,69	191,20	16,95
28/02/06 18:00	1000,74	14,78	3,26	180,33	198,91	14,49
10/11/07 15:00	996,68	12,92	3,28	254,53	271,41	13,83
10/11/07 18:00	1002,19	12,58	4,38	268,59	299,53	13,13
10/11/07 21:00	1006,61	12,29	3,91	284,06	299,53	12,42
06/01/12 12:00	989,18	15,58	3,84	196,08	177,45	18,85
06/01/12 15:00	986,79	15,07	4,11	194,41	180,18	18,38
06/01/12 18:00	984,35	15,23	4,09	190,72	177,63	18,74

Πίνακας 5.4.2 Τα 10 εντονότερα κυματικά γεγονότα για το χρονικό διάστημα 2001 - 2012 στη Λέσβο. Σημείωση: Στον πίνακα εμφανίζονται τα 10 εντονότερα γεγονότα με χρονική σειρά. Επίσης εμφανίζονται και οι μετρήσεις διαστήματος 3 ωρών πριν και μετά το μέγιστο του κάθε γεγονότος. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει μέτρηση 3 ωρών πριν ή/και μετά εμφανίζεται μέτρηση 6 ωρών.

Το μεγαλύτερο κυματικό γεγονός για το σταθμό της Λέσβου παρατηρήθηκε στις 05/02/03, καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, με το ύψος κύματος να φτάνει μέχρι και τα 5,38m. Η θερμοκρασία αέρα στο μέγιστο του κύματος ήταν στους γύρω στους 15°C ενώ η ατμοσφαιρική πίεση έφτανε το 993,87hPa. Η ένταση του ανέμου ήταν στα 17,05m/s, ενώ η διεύθυνση του ήταν νοτιοδυτική, συμφωνώντας με τη διεύθυνση του κύματος.

Στις 22/01/2004 (15:00), καταγράφηκε κύμα του οποίου το σημαντικό ύψος ήταν 4,55m, με την ένταση του ανέμου να είναι ιδιαίτερα μεγάλη, φτάνοντας τα 26,76m/s. Η θερμοκρασία σε αυτό το γεγονός ήταν 2,39°C με την ατμοσφαιρική πίεση να βρίσκεται στα 9987,92hPa. Η διεύθυνση του κύματος ήταν βορειοδυτική ενώ αυτή του ανέμου βορειοανατολική.

Στις 29/08/05 (00:00) καταγράφηκε κύμα με σημαντικό ύψος στα 4,51m, με τον άνεμο την ίδια στιγμή να έχει ένταση 7,01m/s. Η διεύθυνση του ανέμου ήταν ανατολική, ενώ του κύματος βόρειο ανατολική.

Κύμα άνω των 4m καταγράφηκε και στις υπόλοιπες περιπτώσεις 31/01/03 (09:00), 09/10/03 (06:00), 06/03/05 (00:00), 29/01/04 (15:00), 28/02/06 (15:00), 10/11/07 (18:00), 06/01/12 (15:00).

Οι εντάσεις των ανέμων, σε αυτές τις περιπτώσεις, κυμαίνονταν από στα 12-18m/s.

Μύκονος

Datetime	Air Pressure(hPa)	Air Temperature(deg,C)	Hm0(m)	Mdir(deg)	Wind Direction(deg)	Wind Speed(m/s)
02/12/01 21:00	1005,53	12,64	4,95	350,85	344,45	16,68
03/12/01 00:00	1006,79	13,32	5,41	349,51	355,90	15,83
03/12/01 03:00	1007,52	11,47	4,99	351,77	346,42	16,12
08/12/01 09:00	1012,21	12,20	4,77	348,06	9,10	12,87
08/12/01 12:00	1011,76	11,01	4,77	348,06	58,30	14,64
07/02/03 12:00	998,85	9,20	4,57	318,87	321,29	17,78
07/02/03 15:00	1003,45	8,44	5,76	340,27	333,16	18,52
07/02/03 18:00	1007,43	7,67	5,05	351,17	316,46	15,64
16/01/05 15:00	1005,53	10,46	3,85	1,34	35,50	14,73
16/01/05 18:00	1006,16	10,72	4,52	2,46	35,29	14,31
16/01/05 21:00	1008,42	9,32	3,94	357,32	122,54	5,45
08/03/06 15:00	1000,20	7,78	4,86	341,32	339,44	17,40
08/03/06 18:00	1003,09	8,31	5,10	344,50	347,82	16,45
08/03/06 21:00	1006,34	7,72	4,61	346,59	343,97	16,07
28/01/08 15:00	1009,41	9,21	4,53	330,47	355,78	17,11
28/01/08 18:00	1012,94	9,26	4,84	343,13	8,44	16,41
28/01/08 21:00	1015,10	8,77	4,69	352,97	2,81	16,17
17/02/08 15:00	1020,52	4,28	4,77	343,13	8,44	17,58
17/02/08 18:00	1022,24	4,67	5,63	350,16	18,28	17,34
17/02/08 21:00	1024,14	4,81	5,08	351,56	1,41	15,94
11/12/10 12:00	1002,59	8,64	4,68	345,50	2,64	18,02
11/12/10 15:00	1003,95	8,54	4,95	349,10	0,26	17,65
11/12/10 18:00	1004,17	9,18	4,66	347,17	357,36	17,55
08/03/11 09:00	1012,71	6,94	4,28	355,08	280,81	14,99
08/03/11 12:00	1011,72	7,90	4,53	353,23	279,32	15,88
08/03/11 15:00	1012,85	7,83	4,32	344,97	274,39	16,61
28/02/12 03:00	995,77	8,59	4,58	353,50	7,73	16,39
28/02/12 09:00	1000,70	8,10	4,25	349,54	5,63	16,46
28/02/12 15:00	1002,73	7,02	3,63	348,75	355,78	13,20

Πίνακας 5.4.3 Τα 10 εντονότερα κυματικά γεγονότα για το χρονικό διάστημα 2001 - 2012 στη Μύκονο. Σημείωση: Στον πίνακα εμφανίζονται τα 10 εντονότερα γεγονότα με χρονική σειρά. Επίσης εμφανίζονται και οι μετρήσεις διαστήματος 3 ωρών πριν και μετά το μέγιστο του κάθε γεγονότος. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει μέτρηση 3 ωρών πριν ή/και μετά εμφανίζεται μέτρηση 6 ωρών.

Στην περίπτωση της Μυκόνου το σημαντικότερο γεγονός συνέβη στις 07/02/03 (15:00) το σημαντικό ύψος κύματος έφτασε τα 5,76m ενώ μέσα κατά τη διάρκεια της ημέρας το κύμα βρισκόταν συνεχώς πάνω από τα 4,5m. Η θερμοκρασία αέρα τρεις ώρες πριν και μετά το μέγιστο κυμαινόταν από 7,67-9,20°C, με την ατμοσφαιρική πίεση την ώρα του μέγιστου ύψους να είναι στα 1003,45hPa. Η ταχύτητα του ανέμου έφτανε τα 18,52m/s, ενώ τόσο η διεύθυνση του ανέμου όσο και του κύματος ήταν βορειοδυτική.

Στις 28/01/08, υπήρξε ένα παρόμοιο γεγονός με το ύψος κύματος να φτάνει στα 5,84m, με την ταχύτητα του ανέμου να βρίσκεται στα 16,41m/s, ενώ τρεις ώρες πριν το μέγιστο έφτανε τα 17,11m/s.

Έντονος κυματισμός κοντά στα 5m αναπτύχθηκε καθ' όλη τη διάρκεια τις ημέρας στις 17/02/08, με τη θερμοκρασία τρεις ώρες πριν και μετά να κυμαίνεται από τους 4,28- 4,81°C. Η ταχύτητα του ανέμου την ώρα του μέγιστου κύματος ήταν 17,34m/s, ενώ η ατμοσφαιρική πίεση βρισκόταν

στα 1022,24hPa. Την ίδια στιγμή η διεύθυνση του κύματος ήταν βορειοδυτική, ενώ του ανέμου βορειοανατολική.

Από τις 2 έως τις 3/12/01 αναπτύχθηκε στη Μύκονο έντονος κυματισμός με το κύμα να είναι συνεχώς κοντά στα 5m. Ένα αντίστοιχο γεγονός έγινε και το 2010 συγκεκριμένα στις 11/12/2010. Ενώ στον πίνακα εμφανίζονται και τα γεγονότα των ημερομηνιών 08/03/06, 28/02/12 και 28/01/08, με την ταχύτητα του ανέμου να έχει ένταση στα 16 - 17m/s και τη διεύθυνση του κύματος να είναι, σε όλες τις περιπτώσεις, βορειοδυτική.

Σαντορίνη

Datetime	Air Pressure(hPa)	Air Temperature(deg,C)	Hm0(m)	Mdir(deg)	Wind Direction(deg)	Wind Speed(m/s)
24/11/01 12:00	1000,11	20,39	2,65	238,54	211,20	11,09
24/11/01 15:00	1002,82	16,36	3,88	246,39	250,30	16,39
24/11/01 18:00	1005,08	15,02	3,86	246,56	253,53	16,47
11/03/02 03:00	1001,83	18,10	3,10	115,63	324,07	16,72
11/03/02 06:00	1001,28	17,84	3,95	113,07	334,37	13,57
11/03/02 09:00	1003,00	17,21	3,29	117,17	4,41	12,73
05/02/03 12:00	1003,72	16,89	3,54	217,44	184,40	14,15
06/02/03 00:00	1006,16	15,34	3,92	237,41	250,86	13,48
06/02/03 12:00	1008,51	14,40	2,82	251,43	229,99	8,96
15/02/05 06:00	1004,99	15,69	3,24	163,64	157,74	16,09
15/02/05 09:00	1002,73	15,76	4,02	142,30	144,83	19,03
15/02/05 12:00	1002,28	16,02	3,97	140,73	148,04	17,82
10/11/07 12:00	1002,1	18,29	3,05	254,53	255,94	16,41
10/11/07 15:00	1003,90	17,66	3,98	243,28	267,19	17,11
10/11/07 18:00	1008,24	16,92	3,91	243,28	272,81	14,53
29/01/08 03:00	1014,20	9,60	4,53	1,41	348,75	15,94
29/01/08 06:00	1016,64	8,13	4,92	351,56	341,72	15,94
29/01/08 09:00	1018,18	7,89	4,61	4,22	352,97	14,53
25/03/08 12:00	1004,17	14,97	3,75	253,13	270,00	13,13
25/03/08 15:00	1005,26	14,97	4,06	250,31	265,78	12,42
25/03/08 18:00	1007,25	15,02	3,44	258,75	265,78	13,36
22/01/09 21:00	1005,26	16,73	3,13	127,97	136,41	15,47
23/01/09 21:00	998,75	16,73	3,83	122,34	137,81	18,52
24/01/09 21:00	1000,47	14,24	3,83	118,13	258,75	8,67
25/01/09 21:00	997,49	40,12	3,44	119,53	119,53	15,47
26/01/09 21:00	996,77	39,34	3,83	120,94	191,25	14,30
27/01/09 21:00	998,30	39,48	3,75	149,06	185,63	10,55
28/01/09 21:00	995,86	40,51	3,91	243,28	248,91	18,05
29/01/09 21:00	998,03	40,56	4,53	254,53	257,34	16,88
30/01/09 21:00	1001,19	40,61	4,06	250,31	262,97	16,88

Πίνακας 5.4.4 Τα 10 εντονότερα κυματικά γεγονότα για το χρονικό διάστημα 2001-2012 στη Σαντορίνη. Σημείωση: Στον πίνακα εμφανίζονται τα 10 εντονότερα γεγονότα με χρονική σειρά. Επίσης εμφανίζονται και οι μετρήσεις διαστήματος 3 ωρών πριν και μετά το μέγιστο του κάθε γεγονότος. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει μέτρηση 3 ωρών πριν ή/και μετά εμφανίζεται μέτρηση 6 ωρών.

Με μία πρώτη ματιά φαίνεται ότι στην Σαντορίνη δεν εμφανίζονται ιδιαίτερα ψηλά κύματα και μελετώντας τα δέκα πιο έντονα γεγονότα εμφανίζονται τιμές ακόμη και κάτω από τα 4m ύψος κύματος. Το σημαντικότερο γεγονός καταγράφηκε στις 29/01/08, καθώς σε όλη τη διάρκεια της ημέρας το κύμα βρισκόταν σε ύψος κοντά στα 4 με 5 μέτρα, και είχε μέγιστη τιμή στις 6:00 έχοντας ύψος 4,92m. Η θερμοκρασία τρεις ώρες πριν και μετά το γεγονός κυμαινόταν από 7,89 έως 9,60°C, ενώ την ώρα του μέγιστου ύψους ήταν 8,13°C. Την ίδια στιγμή η ατμοσφαιρική πίεση ήταν στα 1016,64hPa, ενώ η ταχύτητα του ανέμου 15,94m/s με βορειοδυτική διεύθυνση και ήταν ίδια με αυτή του κύματος.

Στις 18/04/12 (15:00) το σημαντικό ύψος του κύματος έφτασε τα 4,53m με την ταχύτητα του ανέμου να είναι 16,88m/s και η θερμοκρασία εμφανίζεται να έχει τιμή 40°C. Μετά από έλεγχο φάνηκε ότι η συγκεκριμένη μέτρηση δεν οφείλεται σε κάποια ενέργεια του ηφαιστείου. Ενώ η μέτρηση θα μπορούσε να απορριφθεί ως λάθος ένδειξη του θερμομέτρου, κρατήθηκε γιατί είναι σωστή ως προς τους άλλους παράγοντες. Η ένταση του ανέμου ήταν στα 16m/s, ενώ στις 12:00 έφτασε τα 18,04m/s. Η ατμοσφαιρική πίεση τη στιγμή της μέγιστης τιμής ήταν 998,03hPa.

Στις 25/03/08 (15:00) με τη θερμοκρασία να βρίσκεται στους 14,97°C κύμα δυτικής-νοτιοδυτικής διεύθυνσης έφτασε τα 4,06m, ενώ η ατμοσφαιρική πίεση ήταν 1005,26hPa.

Μεγάλη ένταση ανέμου (19,03m/s) επικρατούσε στις 15/02/05 με το κύμα να φτάνει τα 4,02m. Ο άνεμος είχε νοτιοδυτική διεύθυνση όπως και το κύμα. Αντίστοιχα μεγάλη ένταση ανέμου 16,72m/s αναπτύχθηκε στις 11/03/02 (03:00) δημιουργώντας κύμα που καταγράφηκε τρεις ώρες αργότερα στα 3,95m. Κοντά στα 4 μέτρα ήταν και τα κύματα των ημερομηνιών 24/11/01 και 23/01/09, με τις εντάσεις του ανέμου να είναι 16,39m/s και 18,52m/s αντίστοιχα.

Ζάκυνθος

Datetime	Air Pressure(hPa)	Air Temperature(deg,C)	Hm0(m)	Mdir(deg)	Wind Direction(deg)	Wind Speed(m/s)
10/11/07 09:00	1003,45	15,17	3,44	253,13	302,34	15,47
10/11/07 12:00	1005,44	14,68	4,84	265,78	300,94	17,34
10/11/07 15:00	1008,78	14,92	4,84	285,47	309,38	17,81
25/03/08 03:00	996,77	12,68	4,45	243,28	265,78	13,83
25/03/08 06:00	998,85	12,58	4,69	247,50	260,16	14,30
25/03/08 09:00	1002,82	13,31	4,61	246,09	285,47	11,25
05/10/08 00:00	1013,12	20,98	2,03	234,84	277,03	12,42
05/10/08 03:00	1013,66	20,20	3,36	222,19	270,00	11,02
05/10/08 06:00	1016,01	18,10	3,13	239,06	300,94	10,78
21/11/08 18:00	1009,78	19,07	2,11	234,84	250,31	10,08
21/11/08 21:00	1007,88	19,27	7,19	42,19	358,59	5,86
22/11/08 00:00	1004,17	19,02	2,66	133,59	233,44	11,25
12/12/08 12:00	1008,69	16,00	2,27	219,38	234,84	10,31
12/12/08 15:00	1010,68	15,46	3,67	229,22	230,63	9,61
12/12/08 18:00	1012,76	15,31	3,59	234,84	236,25	11,02
06/03/09 15:00	990,53	14,29	2,66	223,59	232,03	10,55
06/03/09 18:00	992,43	12,63	3,67	230,63	208,13	10,55
06/03/09 21:00	993,43	12,29	3,20	225,00	209,53	11,48
20/03/09 21:00	1006,79	14,04	3,05	215,16	175,78	14,30
21/03/09 00:00	1005,89	12,82	3,44	225,00	202,50	10,78
21/03/09 03:00	1004,54	13,60	3,05	220,78	247,50	8,91
04/11/09 03:00	995,50	16,68	3,28	243,28	312,19	16,41
04/11/09 06:00	998,66	17,22	3,52	248,91	320,63	11,95
04/11/09 09:00	1003,09	17,07	3,05	247,50	312,19	10,55
17/12/11 09:00	1000,83	18,08	2,80	245,74	230,63	11,57
17/12/11 12:00	998,75	18,16	3,69	245,48	232,38	12,17
17/12/11 15:00	999,12	17,66	3,10	246,97	254,44	8,13
06/01/12 15:00	979,92	12,05	4,47	249,17	286,44	15,22
06/01/12 18:00	981,28	12,03	5,77	268,86	298,39	16,04
06/01/12 21:00	984,53	11,67	5,06	276,33	309,46	14,02

Πίνακας 5.4.5 Τα 10 εντονότερα κυματικά γεγονότα για το χρονικό διάστημα 2001-2012 στη Ζάκυνθος. Σημείωση: Στον πίνακα εμφανίζονται τα 10 εντονότερα γεγονότα με χρονική σειρά. Επίσης εμφανίζονται και οι μετρήσεις διαστήματος 3 ωρών πριν και μετά το μέγιστο του κάθε γεγονότος. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει μέτρηση 3 ωρών πριν ή/και μετά εμφανίζεται μέτρηση 6 ωρών.

Στην περιοχή της Ζακύνθου παρατηρήθηκε έντονος κυματισμός στις 21/11/08 (21:00), με το σημαντικό ύψος κύματος να είναι 7,18750m. Η ένταση του ανέμου την ώρα του μέγιστου ύψους κύματος ήταν 5,85m/s χαμηλή σε σχέση με το ύψος. Ερευνώντας όμως, κοντινές σε αυτή μετρήσεις, όπως και μετρήσεις του σταθμού της Πύλου, παρατηρήθηκαν μετρήσεις ανέμου πολύ μεγαλύτερες. Επομένως μπορεί να υποτεθεί ότι καταγράφηκε μεταφερόμενος κυματισμός (swell)⁶ από ΒΔ διευθύνσεις. Στις 22/11/08, συνεχίζεται ο έντονος κυματισμός της προηγούμενης μέρας.

Στις 06/01/12 μετρήθηκε κύμα ύψους άνω των 5m στις 18:00 και η ατμοσφαιρική πίεση δεν ξεπέρασε τα 1000hPa. Η διεύθυνση του ανέμου την ώρα του μέγιστου ύψους, για την πρώτη περίπτωση ήταν νοτιοδυτική και η ένταση του ανέμου στην έφτασε τα 16m/s.

Στις 10/11/07 και στις 25/03/08 το σημαντικό ύψος κύματος ήταν πάνω από τα 3,4 - 3,5 μέτρα με την ένταση να είναι 15 - 17m/s και 12 - 15m/s αντίστοιχα. Στην πρώτη περίπτωση η διεύθυνση του ανέμου ήταν βορειοανατολική, ενώ η διεύθυνση του κύματος για τη δεύτερη περίπτωση είναι

6 Κύμα Σουελ (Swell wave) είναι ένα σύστημα κυμάτων τα οποία δεν έχουν δημιουργηθεί από τον τοπικό άνεμο που φυσάει τη στιγμή της παρατήρησης, αλλά οφείλεται σε ανέμους που έχουν αναπτυχθεί σε μια απόσταση μακριά από το σημείο παρατήρησης.

νοτιοανατολική.

Μέσα στα 10 πιο έντονα γεγονότα εμφανίζονται οι ημερομηνίες 05/10/08 , 12/12/08, 06/03/09, 07/03/09, 21/03/09, 04/11/09, και 17/12/11 στις οποίες το κύμα ήταν συνεχώς άνω των 3m, με την ένταση του ανέμου να κυμαίνεται από 9 - 12m/s.

Πύλος

Datetime	Air Pressure(hPa)	Air Temperature(deg.C)	Hm0(m)	Mdir(deg)	Wind Direction(deg)	Wind Speed(m/s)
10/11/07 15:00	1009,78	15,12	5,55	270,00	289,69	14,06
10/11/07 18:00	1012,30	15,31	7,03	296,72	327,66	13,36
10/11/07 21:00	1014,29	15,80	6,56	298,13	344,53	13,36
25/03/08 09:00	1004,72	13,65	6,02	264,38	291,09	12,19
25/03/08 12:00	1007,25	13,95	6,17	260,16	296,72	11,95
25/03/08 15:00	1007,97	14,34	4,84	267,19	300,94	8,67
22/11/08 15:00	996,86	19,80	7,03	265,78	272,81	12,42
22/11/08 18:00	998,12	15,02	7,58	278,44	341,72	11,25
22/11/08 21:00	1001,37	14,92	5,55	253,13	338,91	7,27
03/12/08 18:00	1005,26	20,59	3,67	174,38	135,00	14,30
03/12/08 21:00	1003,99	20,00	4,53	177,19	129,38	15,70
04/12/08 00:00	1003,54	20,20	4,38	178,59	136,41	15,00
12/12/08 00:00	1006,79	12,77	4,84	181,41	198,28	13,36
12/12/08 18:00	1014,56	15,12	5,16	253,13	278,44	7,50
12/12/08 21:00	1015,74	15,31	4,61	244,69	267,19	7,97
26/01/09 00:00	1004,08	14,14	4,45	254,53	270,00	7,97
26/01/09 03:00	1005,71	14,43	4,84	257,34	278,44	9,84
26/01/09 06:00	1008,24	14,82	4,30	261,56	295,31	8,20
07/03/09 03:00	997,04	12,29	4,61	227,81	215,16	9,84
07/03/09 09:00	997,94	12,68	4,69	244,69	170,16	6,09
07/03/09 12:00	996,41	13,16	3,59	237,66	150,47	7,27
19/02/11 00:00	991,35	15,51	3,91	191,25	186,33	9,55
19/02/11 03:00	989,36	14,24	5,70	212,34	231,68	10,55
19/02/11 06:00	991,80	14,78	5,00	227,81	333,98	11,37
06/01/12 12:00	990,44	16,19	5,63	241,88	234,49	17,52
06/01/12 15:00	991,35	13,65	7,34	254,53	270,70	16,82
06/01/12 18:00	993,61	14,78	6,17	262,97	268,59	14,24
09/04/12 18:00	1001,10	14,82	4,77	271,41	292,50	14,65
09/04/12 21:00	1005,53	14,38	5,39	298,13	340,31	10,31
10/04/12 00:00	1007,25	14,48	3,91	296,72	338,55	8,61

Πίνακας 5.4.6 Τα 10 εντονότερα κυματικά γεγονότα για το χρονικό διάστημα 2001-2012 στη Πύλος.

Σημείωση: Στον πίνακα εμφανίζονται τα 10 εντονότερα γεγονότα με χρονική σειρά. Επίσης εμφανίζονται και οι μετρήσεις διαστήματος 3 ωρών πριν και μετά το μέγιστο του κάθε γεγονότος. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει μέτρηση 3 ωρών πριν ή/και μετά εμφανίζεται μέτρηση 6 ωρών.

Στην περιοχή της Πύλου το υψηλότερο σημαντικό ύψος κύματος καταγράφηκε στις 22/11/08 (18:00), με το ύψος να φτάνει τα 7,58m και σε όλη τη διάρκεια της ημέρας να βρίσκεται πάνω από τα 4,5m. Η θερμοκρασία αέρα την ώρα του μέγιστου κύματος ήταν 15,02°C, με την ατμοσφαιρική πίεση να βρίσκεται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα φτάνοντας τα 998,12hPa. Την ίδια στιγμή ο άνεμος έπνεε με ταχύτητα 11,25m/s και βορειοδυτική διεύθυνση, ίδια με του κύματος. Ενδιαφέρον είναι ότι στις 15:00 η θερμοκρασία βρισκόταν σε σχετικά υψηλά για την εποχή επίπεδα (19,80°C), ενώ σε έντονο κυματισμό του προηγούμενου χρόνου κατά τον ίδιο μήνα (22/11/08) η μέγιστη θερμοκρασία έφτασε τους 16,19°C.

Ένα παρόμοιο γεγονός με αυτό στις 22/11/08 εξελίχθηκε στις 06/01/12, όπου στις 15:00 το κύμα έφτασε τα 7,34m σημαντικού ύψους. Παρατηρήθηκε επίσης σχετικά χαμηλή πίεση (999,35hPa).

Το φαινόμενο φαίνεται να διαρκεί μέχρι και τις πρώτες ώρες της επόμενης μέρας. Η θερμοκρασία κυμαινόταν από του 13,65°C έως τους 16,19°C. Η ένταση του ανέμου την ώρα του μέγιστου κύματος έφτασε τα 16,82m/s έχοντας δυτική διεύθυνση.

Επιπλέον, στον πίνακα εμφανίζεται το φαινόμενο στις 25/03/08 όπου το ύψος κύματος εμφανίζεται με τιμές από 4,84 έως 6,17m, ενώ η ταχύτητα του ανέμου παίρνει τιμές από 8,67 - 12,19m/s. Στις 19/02/11 το σημαντικό ύψος κύματος έφτασε μέχρι και τα 5,70m έχοντας νοτιοδυτική διεύθυνση, καθώς η ταχύτητα του ανέμου ήταν 10,55m/s. Αντίθετα βόρεια διεύθυνση ανέμου επικρατούσε στην περιοχή στις 09/04/12 όταν το κύμα έφτασε στα 5,39m με την ατμοσφαιρική πίεση να βρίσκεται στα 1005,53hPa. Στις 12/12/08 και 26/01/09 το κύμα υψώθηκε σχεδόν στα 5m, έχοντας νότια διεύθυνση κατά την πρώτη περίπτωση, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ο άνεμος ερχόταν από βορειοδυτικές διευθύνσεις. Τέλος, στις 07/03/09 καθώς η ένταση του ανέμου ήταν 6,09m/s, το κύμα έφτασε στα 4,69m, ενώ στις 03/12/08 η ένταση ήταν 15,70m/s αλλά το κύμα έφτασε μέχρι τα 4,53m.

Κεφάλαιο 6ο: Συνοπτική ατμοσφαιρική κυκλοφορία για τις χαρακτηριστικότερες περιπτώσεις των έντονων κυματικών γεγονότων

Αφού μελετήθηκαν οι περιπτώσεις των εντονότερων κυματικών γεγονότων για κάθε ένα από τους πλωτούς μετεωρολογικούς σταθμούς, συγκρίθηκαν οι ημερομηνίες που προέκυψαν. Σκοπός ήταν η εμφάνιση των χαρακτηριστικότερων περιπτώσεων για το Αιγαίο και το Ιόνιο πέλαγος.

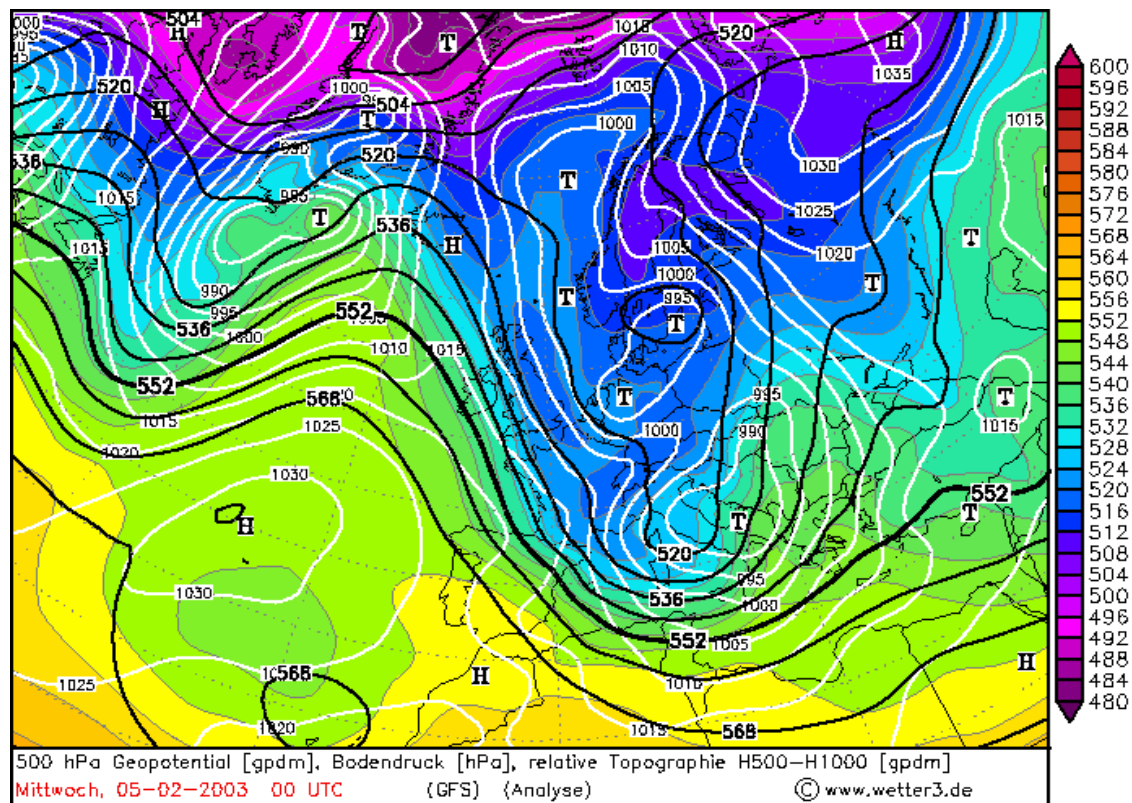
Οι ημερομηνίες των χαρακτηριστικότερων περιπτώσεων για το Αιγαίο είναι: 05/02/03 (έως 07/02/03), 08/03/11, 06/02/12 (έως 08/02/12), 10/11/07, 28-29/01/08. Για το Ιόνιο οι αντίστοιχες ημερομηνίες είναι οι εξής: 10/11/07, 22/11/08, 6-7/03/09, 6-7/01/12.

Οι ημερομηνίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα στον οποίο εμφανίζονται και οι μέγιστες τιμές για κάθε σταθμό για τη συγκεκριμένη ημέρα.

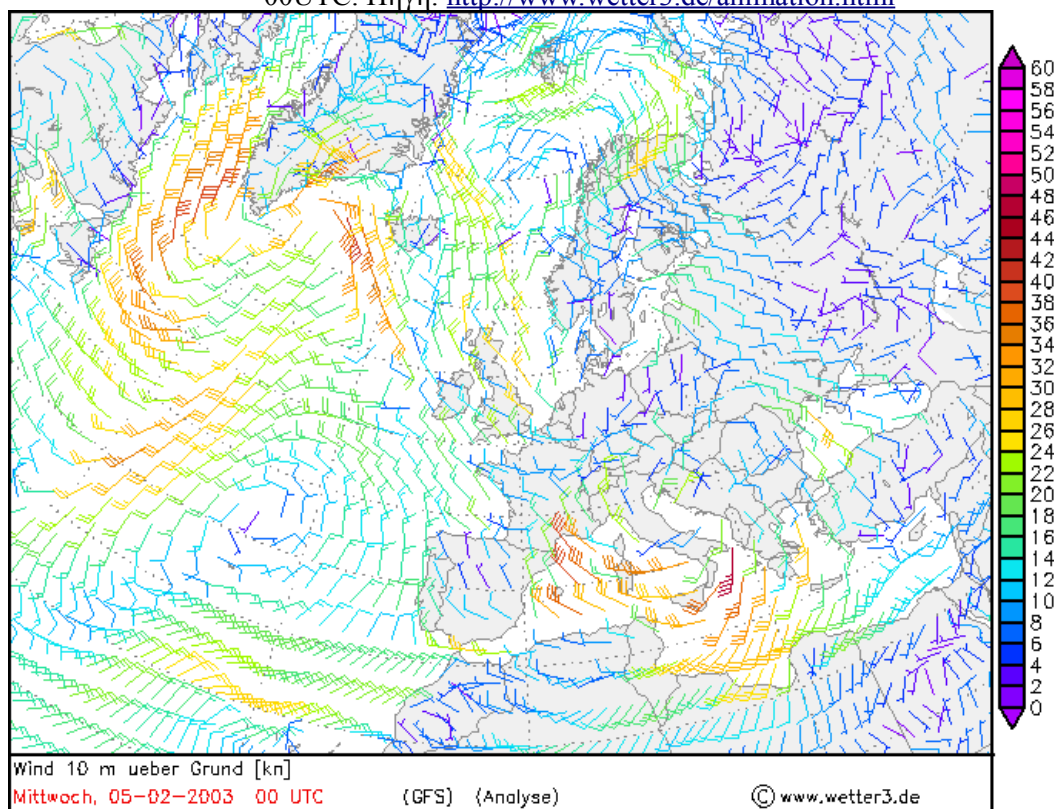
Περιοχή\Περίοδος	Μέγιστες τιμές κυμάτων για κάθε σταθμό			
Αιγαίο	Αθως	Λέσβος	Μύκονος	Σαντορίνη
05-07/02/03	4,59m	5,38m	5,76m	3,92m
10/11/07	3,35m	4,38m	3,28m	3,98m
28-29/01/08	2,81m	3,28m	4,84m	4,92m
08/03/11	4,84m	3,25m	4,53m	3,20m
06-08/02/12	4,92m	4,11m	3,77m	3,83m
Ιόνιο	Ζάκυνθος		Πύλος	
10/11/07	4,84m		7,03m	
21-22/11/08	7,19m		7,58m	
06-07/03/09	3,67m		4,69m	
06-07/01/12	5,77m		7,34m	

Πίνακας 6.1: Χαρακτηριστικότερες περιπτώσεις έντονων κυματισμών στο Αιγαίο και το Ιόνιο Πέλαγος

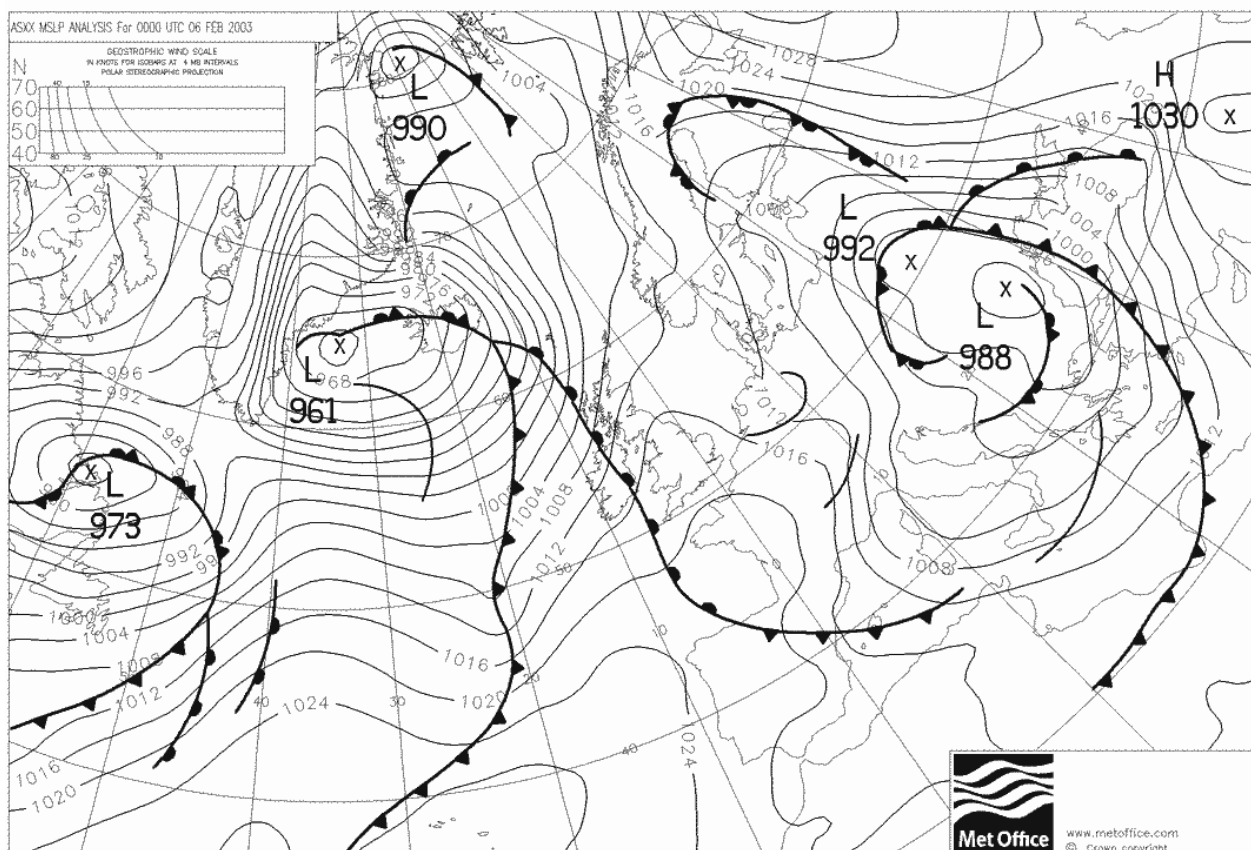
Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μελέτη της συνοπτικής ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας για αυτές τις ημερομηνίες με τη βοήθεια των μετεωρολογικών χαρτών.



Χάρτης 6.1α: Χάρτης γεωδυναμικού ύψους (μαύρες ισοπληθείς), ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια (άσπρες ισοπληθείς) και γεωδυναμικού πάχους των επιφανειών (500-1000 hPa) για τις 05/02/03 στις 00UTC. Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



Χάρτης 6.1β: Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στα 10m για τις 05/02/03 στις 00UTC. Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>

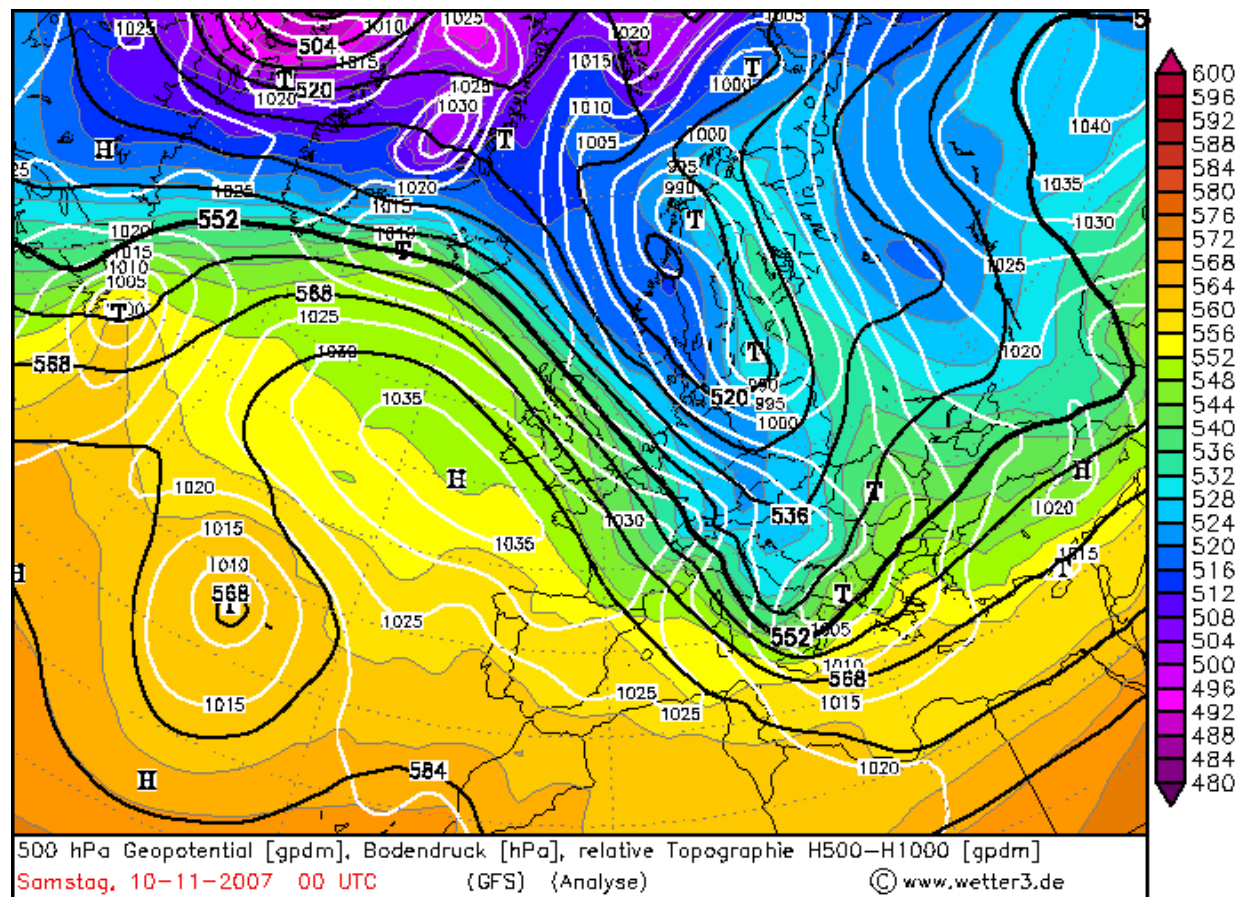


Χάρτης 6.1γ: Χάρτης επιφανείας για τις 06/02/03⁷
στις 00 UTC. Πηγή: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/tkfaxbraar.htm>

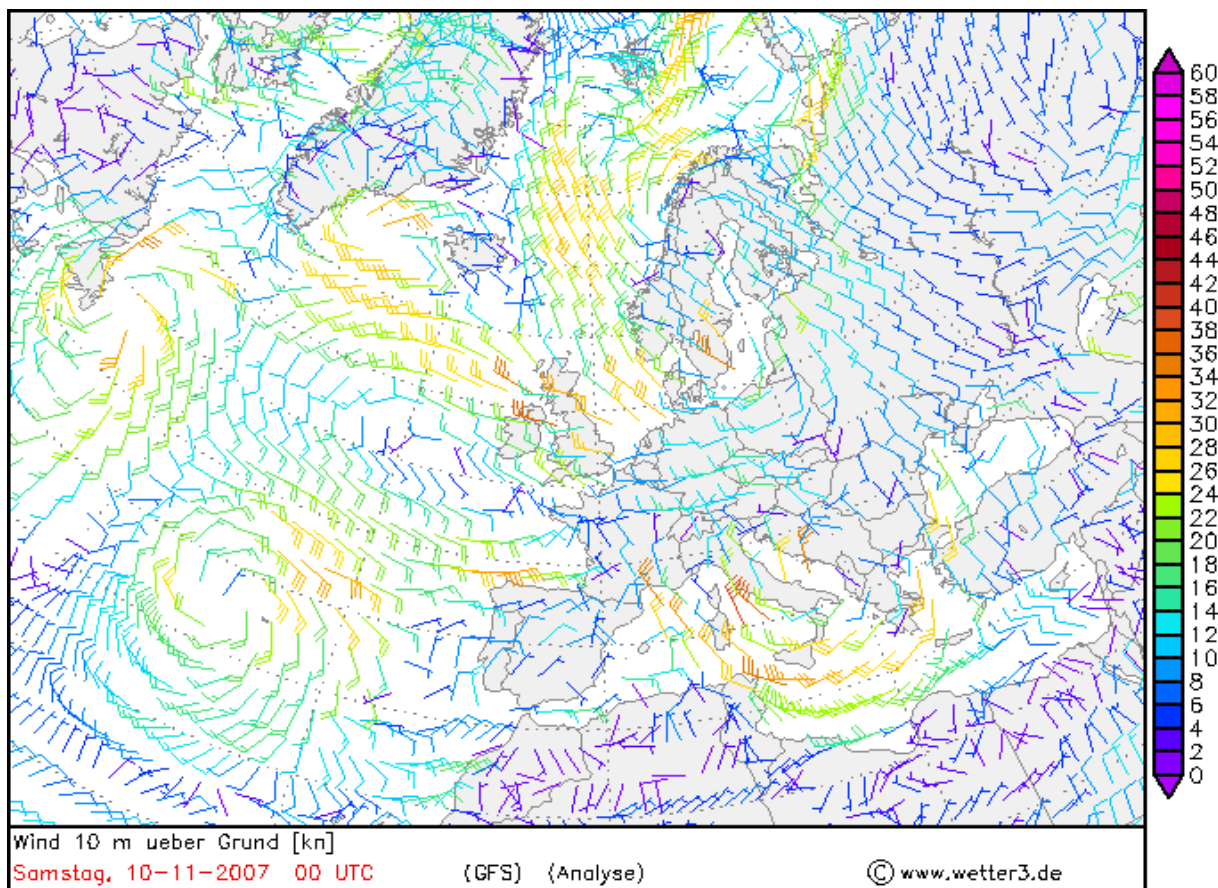
Την συγκεκριμένη περίοδο εντοπίζεται σφήνα υφέσεως στην ανώτερη ατμόσφαιρα η οποία καλύπτει την κεντρική Ευρώπη μέχρι την Ιταλία (Χάρτης 6.1α). Στον ελλαδικό χώρο επικρατεί απόκλιση αερίων μαζών καθ' ύψος γεγονός που διευκολύνει την ανάπτυξη βαρομετρικών χαμηλών. Επίσης η μεταφορά ψυχρών αερίων μαζών καθ' ύψος συνδέεται με ενίσχυση της αστάθειας κοντά στο έδαφος. Τέλος, από τον χάρτη 6.1β όπου εμφανίζεται το ανεμολογικό καθεστώς για τις 05/02/03 φαίνεται να υπήρχε στο Αιγαίο ένταση ανέμου στους 30-32 κόμβους, δηλαδή 15-16m/s.

7 Ο χάρτης που χρησιμοποιήθηκε όπως φαίνεται και στην λεζάντα είναι από διαφορετική πηγή από τους υπόλοιπους. Επειδή δεν υπήρχε χάρτης για την συγκεκριμένη περίοδο στο http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html, αλλά χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης από το site <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/tkfaxbraar.htm>. Σημειώνεται ότι ο χάρτης είναι για τις 6/02/03 γιατί δεν υπήρχε η ημερομηνία 05/02/03 που έχει χρησιμοποιηθεί στους υπόλοιπους.

Περίπτωση 10/11/07

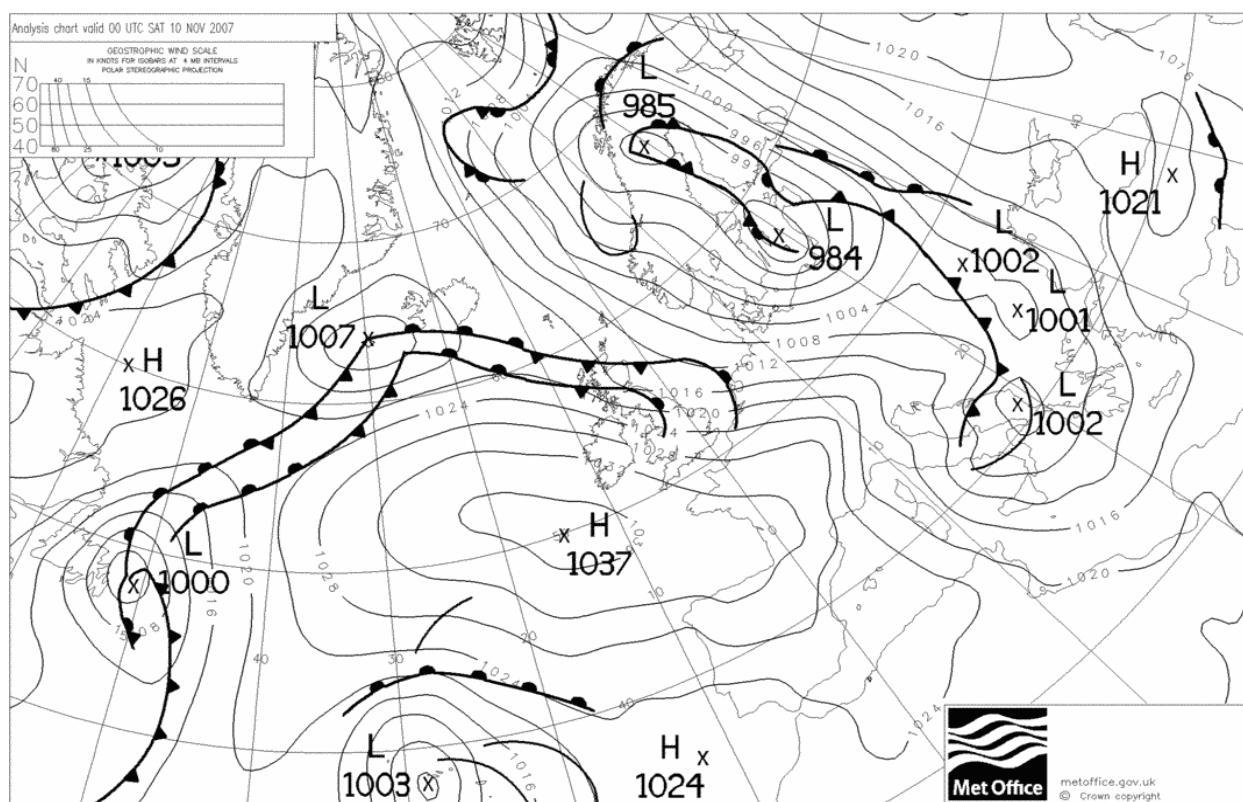


Χάρτης 6.2α: Χάρτης γεωδυναμικού ύψους (μαύρες ισοπληθείς), ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια (άσπρες ισοπληθείς) και γεωδυναμικού πάχους των επιφανειών (500-1000 hPa) για τις 10/11/07 στις 00UTC. Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



Χάρτης 6.2β: Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στα 10m στις 00UTC (10/11/07)

Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



<http://www.wetter3.de/fax>

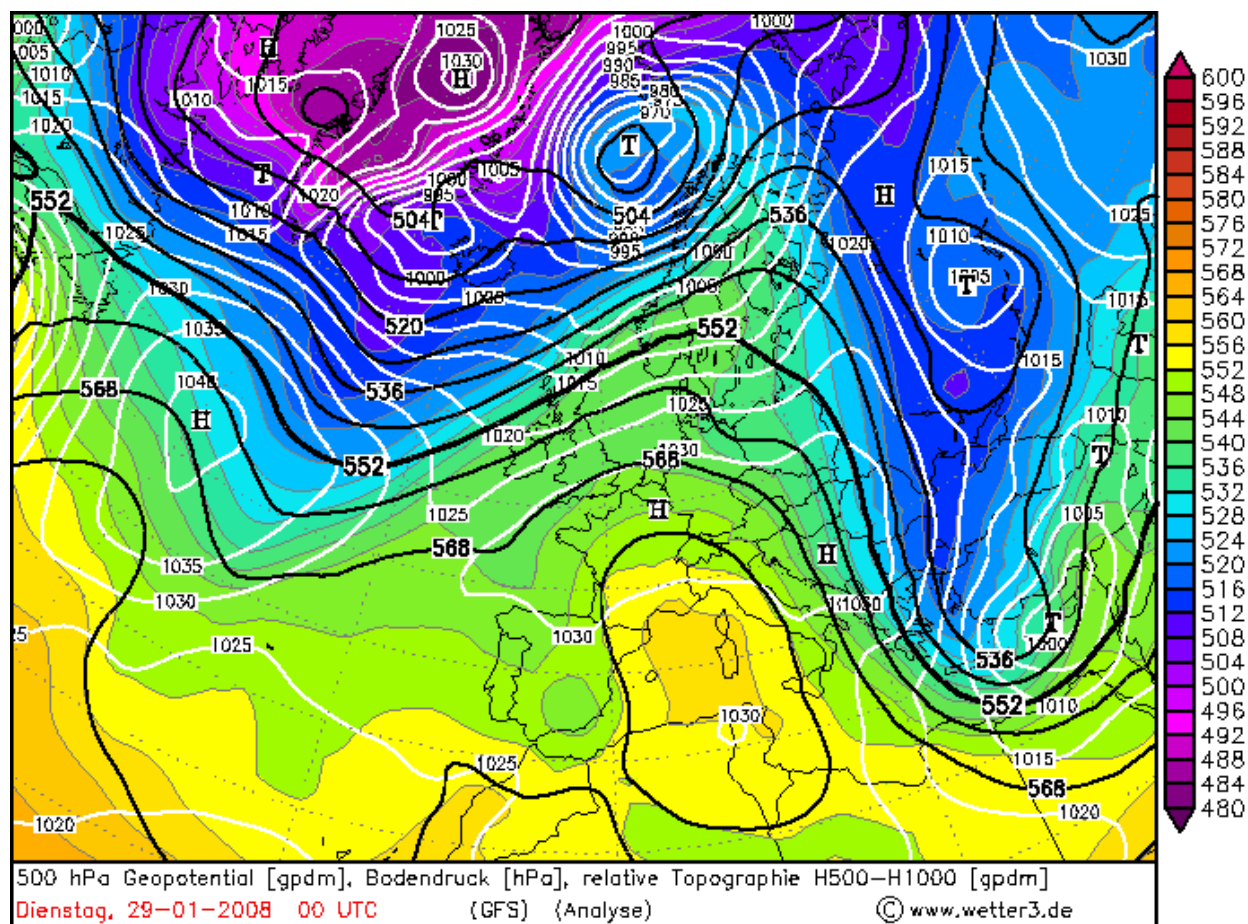
10-11-07 00 UTC + 00

Χάρτης 6.2γ: Χάρτης επιφανείας 10/11/07 στις 00 UTC

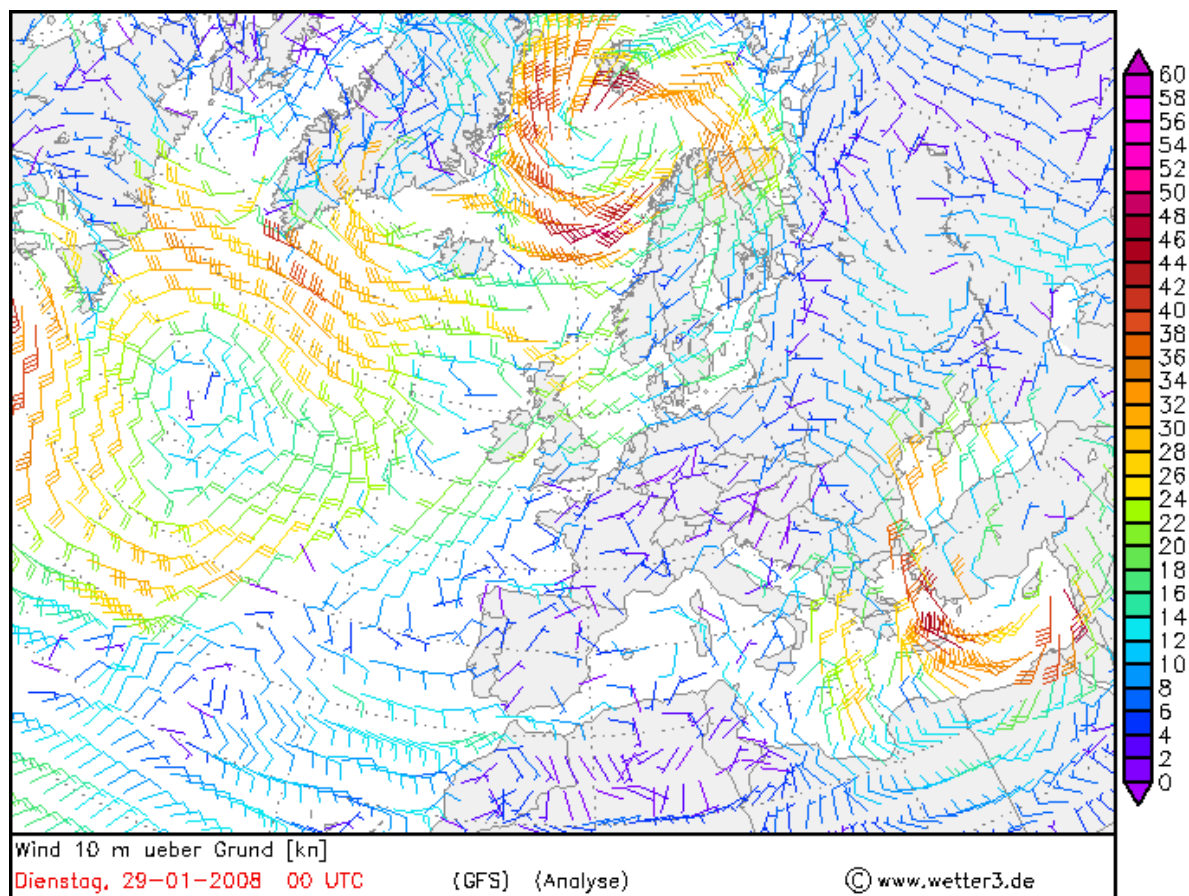
Πηγή: http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html

Και σε αυτή την περίπτωση όπως και στις 5-7/02/03 εμφανίζεται σφήνα ύψους που επηρεάζει το μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης, ιδιαίτερα την κεντρική και δυτική Ευρώπη (χάρτης 6.2.α). Στην Ελλάδα επικρατεί απόκλιση αερίων μαζών καθ' ύψος γεγονός που ευνοεί την ανάπτυξη χαμηλών πιέσεων στην επιφάνεια. Αυτό επιβεβαιώνεται από τον χάρτη επιφανείας 6.2γ. Η ύπαρξη βαρομετρικού χαμηλού με κέντρο στην Αδριατική έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ισχυρής δυτικής ροής στο Ιόνιο. Στον ανεμολογικό χάρτη παρατηρούνται εντάσεις της τάξης των 30 - 32 κόμβων (15-16m/s).

Περίπτωση 29/01/08

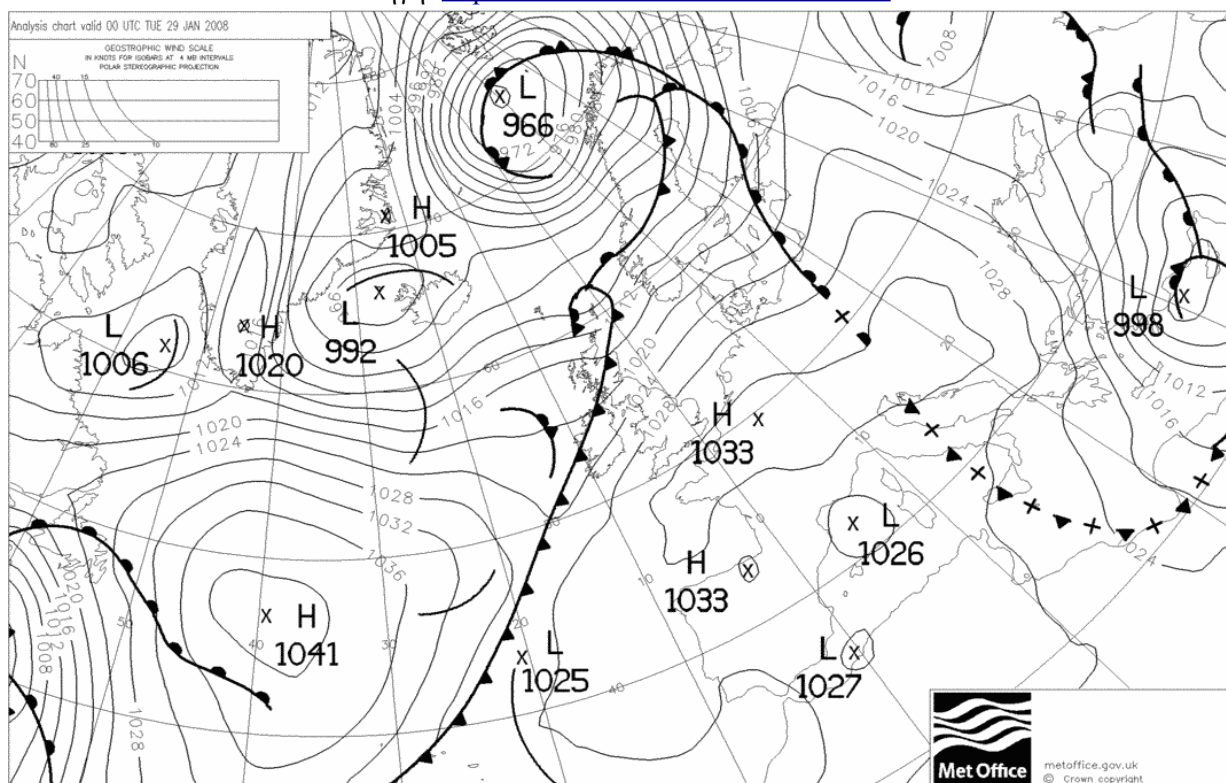


Χάρτης 6.3α: Χάρτης γεωδυναμικού ύψους (μαύρες ισοπληθείς), ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια (άσπρες ισοπληθείς) και γεωδυναμικού πάχους των επιφανειών (500-1000 hPa) για τις 29/01/08 στις 00UTC. Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



Χάρτης 6.3β: Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στα 10m στις 00UTC (29/01/08)

Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



<http://www.wetter3.de/fax>

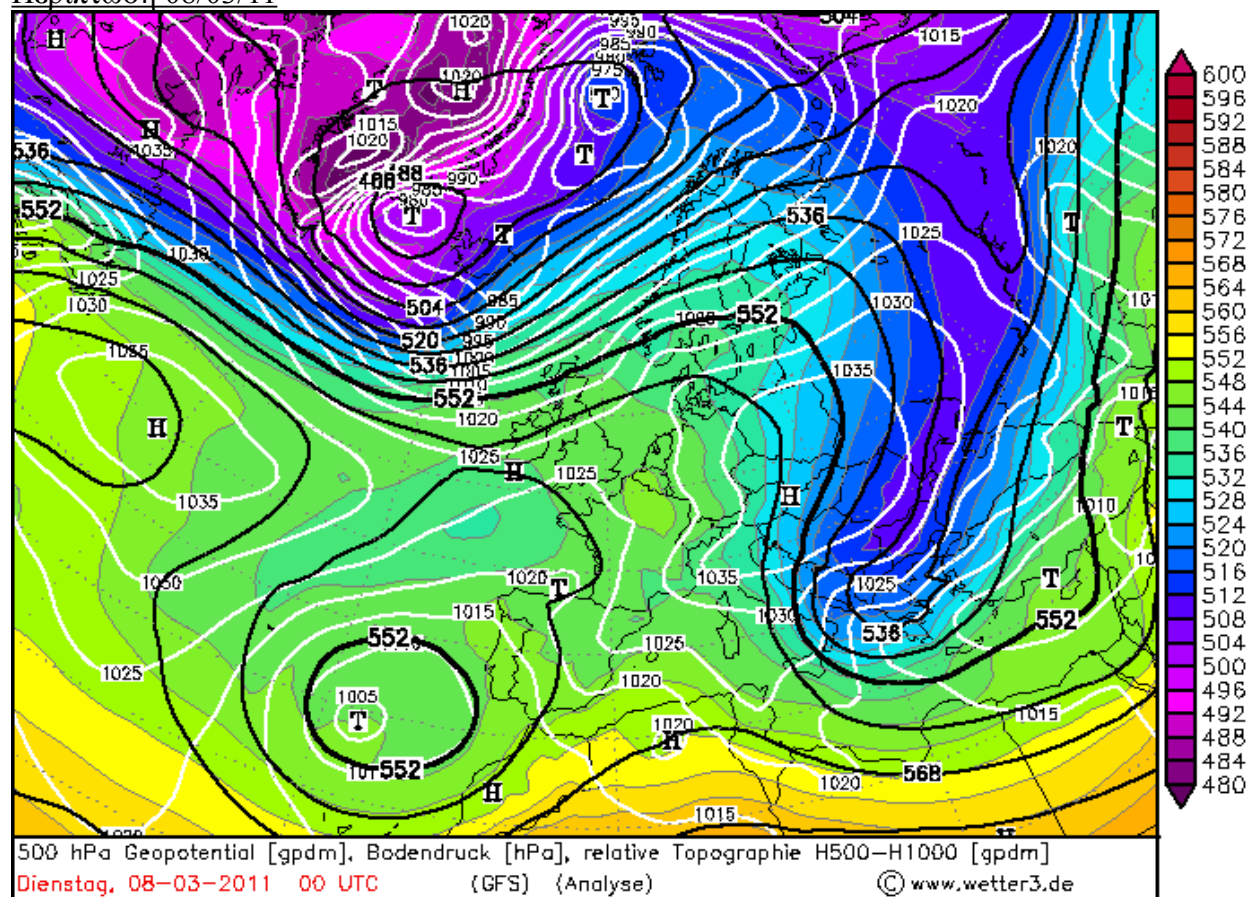
29-01-08 00 UTC + 00

Χάρτης 6.3γ: Χάρτης επιφανείας 29/01/08 στις 00 UTC

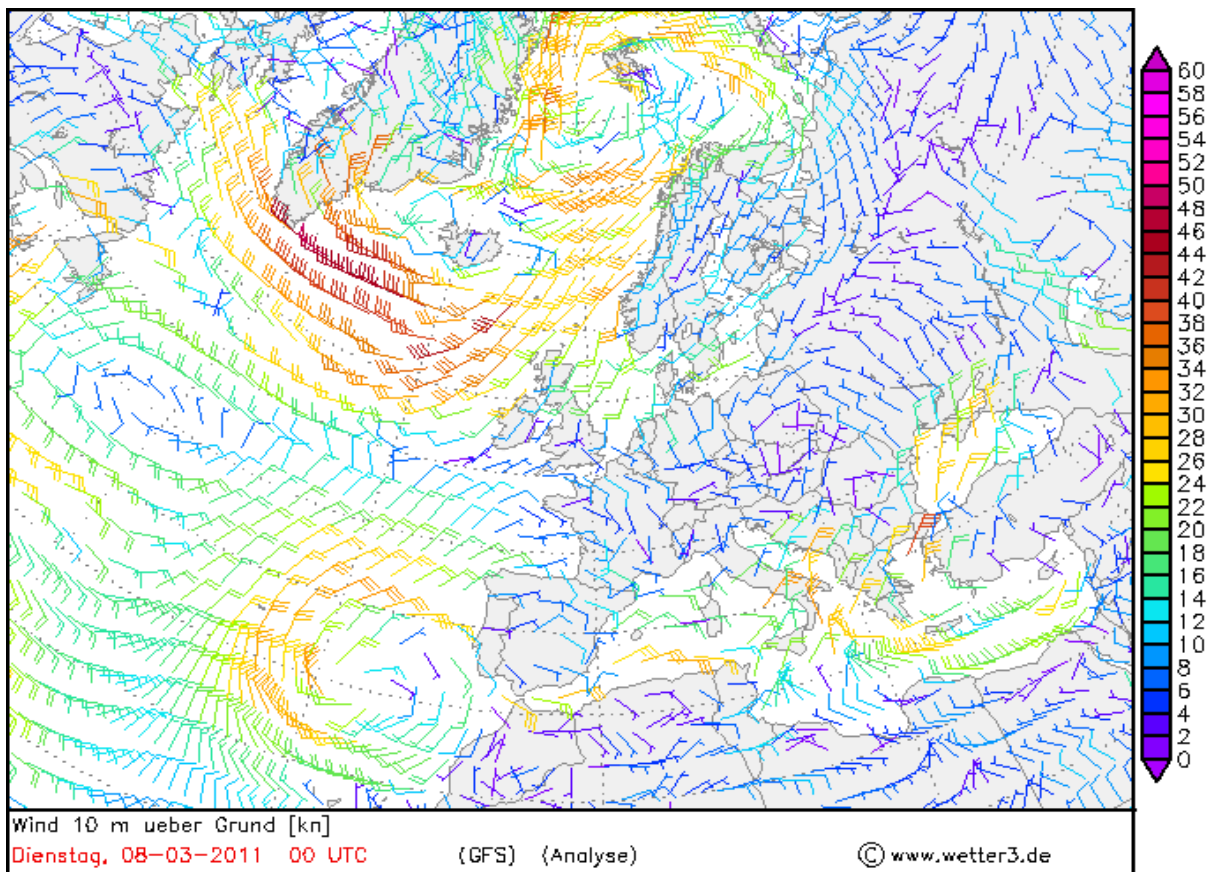
Πηγή: http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html

Η συγκεκριμένη περίπτωση συνδέεται με ψυχρή μεταφορά από ΒΑ διευθύνσεις επηρεάζοντας τα Βαλκάνια και την Ελλάδα (Χάρτης 6.3α). Στην επιφάνεια επικρατούν χαμηλές πιέσεις στην Τουρκία και υψηλές στην Μεσόγειο με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ισχυρής βαροβαθμίδας στο Αιγαίο (Χάρτης 6.3γ). Αυτό επιβεβαιώνεται από τον ανεμολογικό χάρτη με τις μετρήσεις της έντασης του ανέμου στα 10 μέτρα να είναι της τάξης των 38 - 42 κόμβων (19-21m/s) σε όλη την περιοχή του Αιγαίου.

Περίπτωση 08/03/11

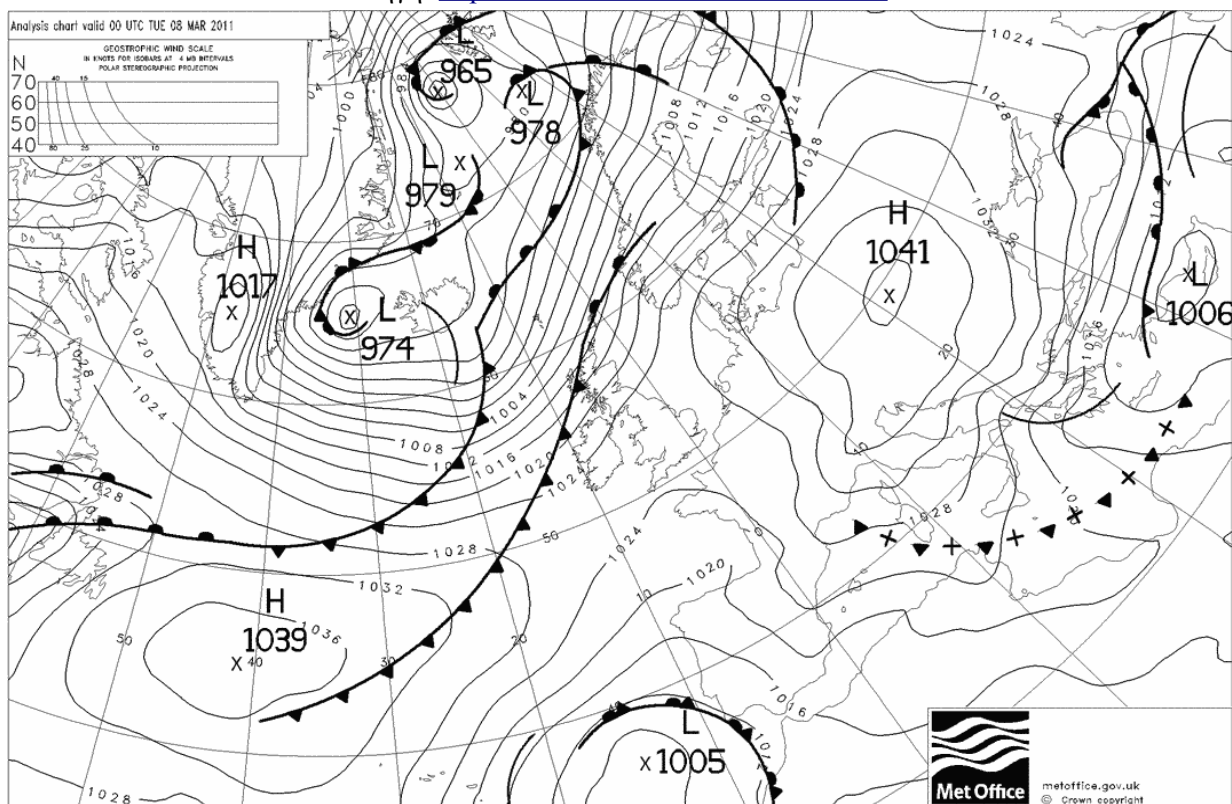


Χάρτης 6.4α: Χάρτης γεωδυναμικού ύψους (μαύρες ισοπληθείς), ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια (άσπρες ισοπληθείς) και γεωδυναμικού πάχους των επιφανειών (500-1000 hPa) για τις 08/03/11 στις 00UTC. Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



Χάρτης 6.4β: Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στα 10m στις 00UTC (08/03/11)

Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



Archived by www.wetter3.de

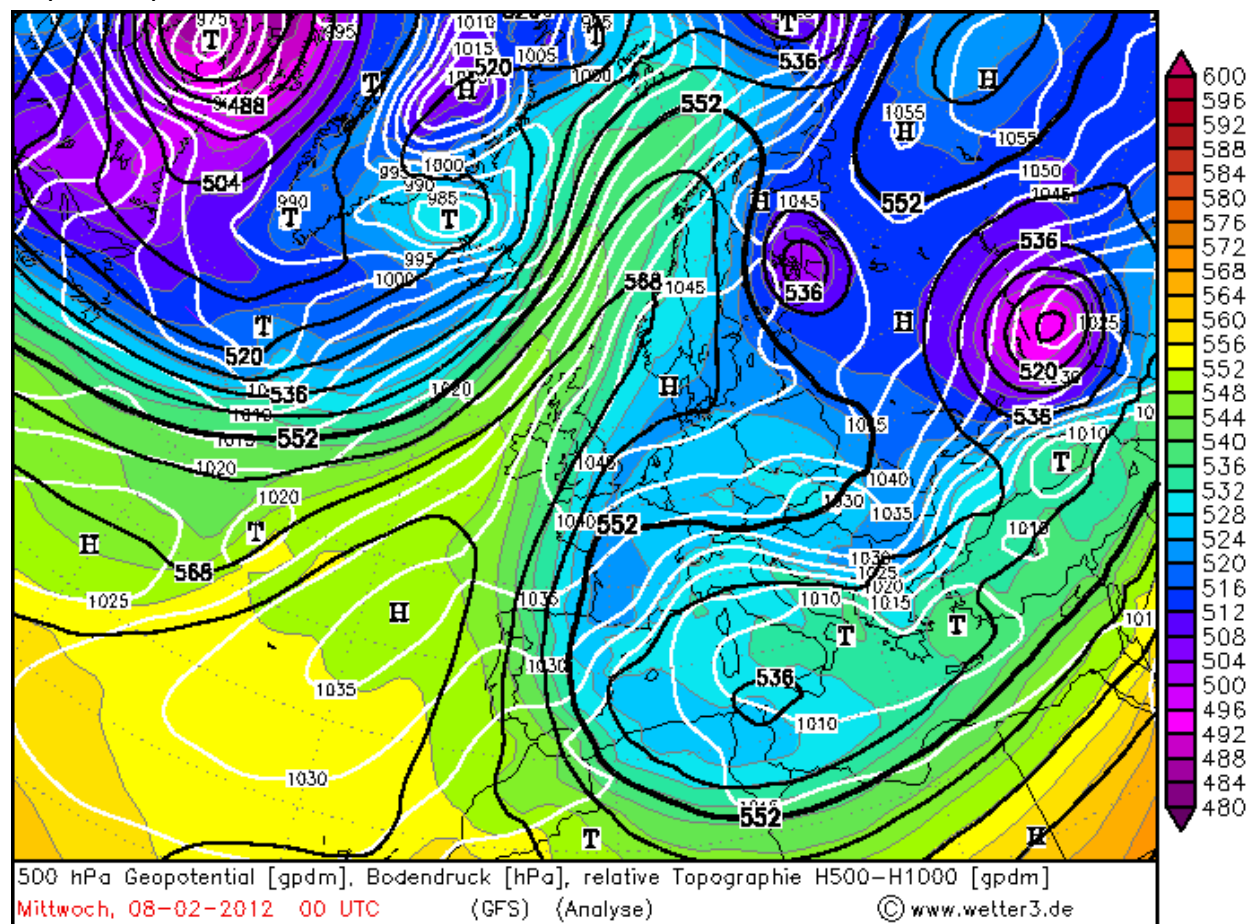
08-03-11 00 UTC

Χάρτης 6.4γ: Χάρτης επιφανείας 08/03/11 στις 00 UTC

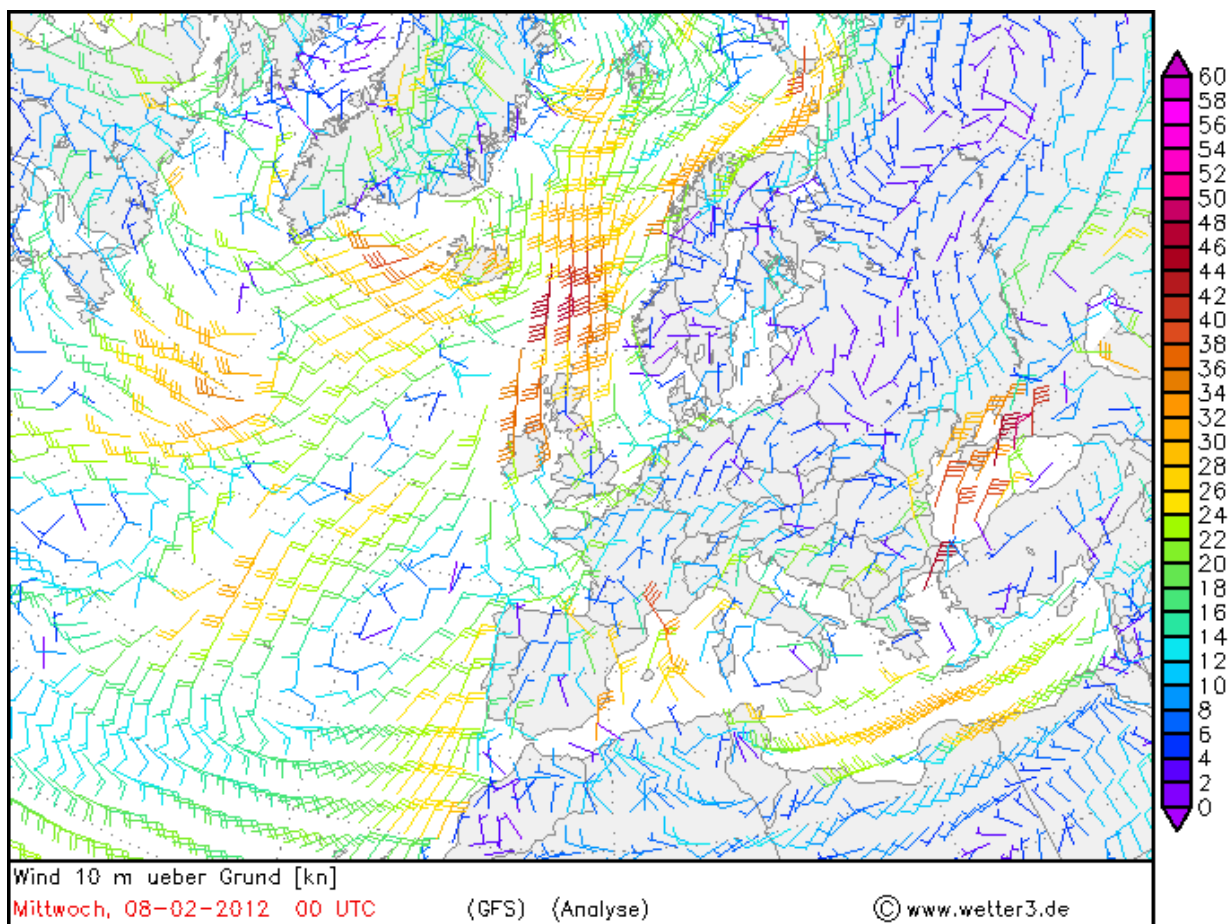
Πηγή: http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html

Αντίστοιχα για τις 08/03/11 εμφανίζεται ψυχρή εισβολή από Β-ΒΑ διευθύνσεις (χάρτης 6.4γ), ενώ στην επιφάνεια παρατηρούνται υψηλές πιέσεις στα Βαλκάνια και χαμηλές πιέσεις στην Κύπρο δημιουργώντας στην περιοχή του Αιγαίου βαροβαθμίδα.. Στον ανεμολογικό χάρτη εμφανίζονται μετρήσεις της τάξεως των 32 κόμβων (16m/s), ενώ βορειοανατολικά (προς την Τουρκία) υπάρχουν μετρήσεις που φτάνουν έως και τους 40 κόμβους, δηλαδή γύρω στα 20m/s.

Περίπτωση 08/02/12

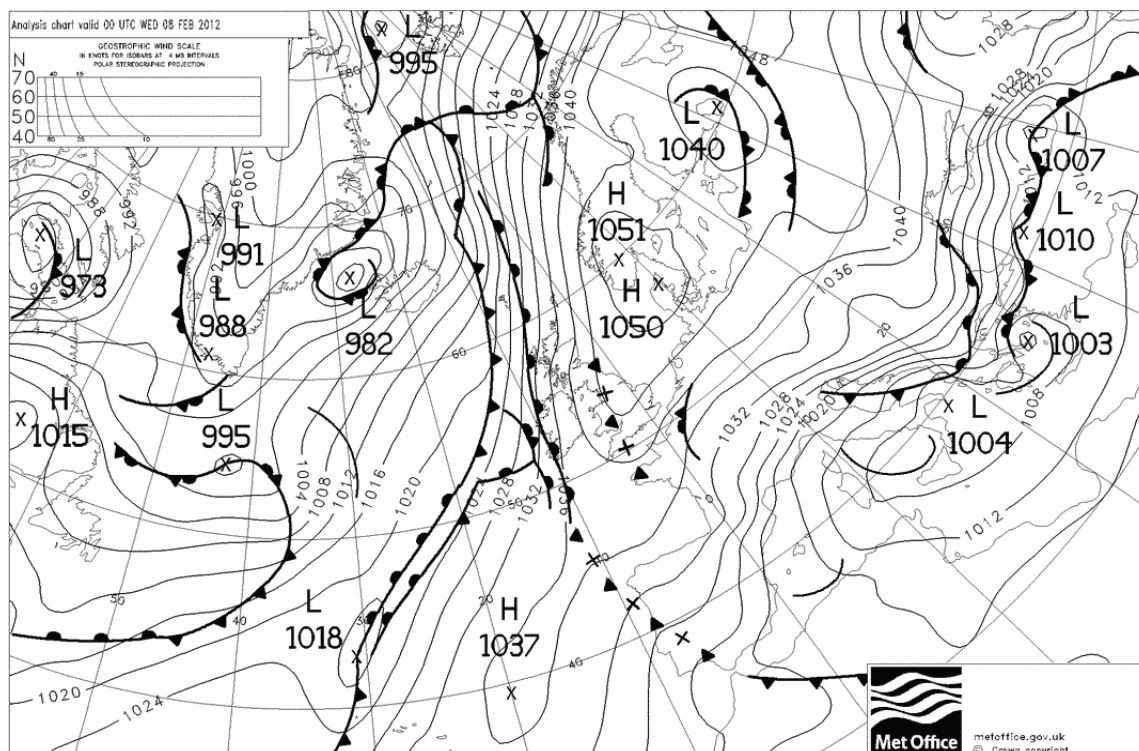


Χάρτης 6.5α: Χάρτης γεωδυναμικού ύψους (μαύρες ισοπληθείς), ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια (άσπρες ισοπληθείς) και γεωδυναμικού πάχους των επιφανειών (500-1000 hPa) για τις 08/02/12 στις 00UTC. Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



Χάρτης 6.5β: Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στα 10m στις 00UTC (08/02/12)

Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



Archived by www.wetter3.de

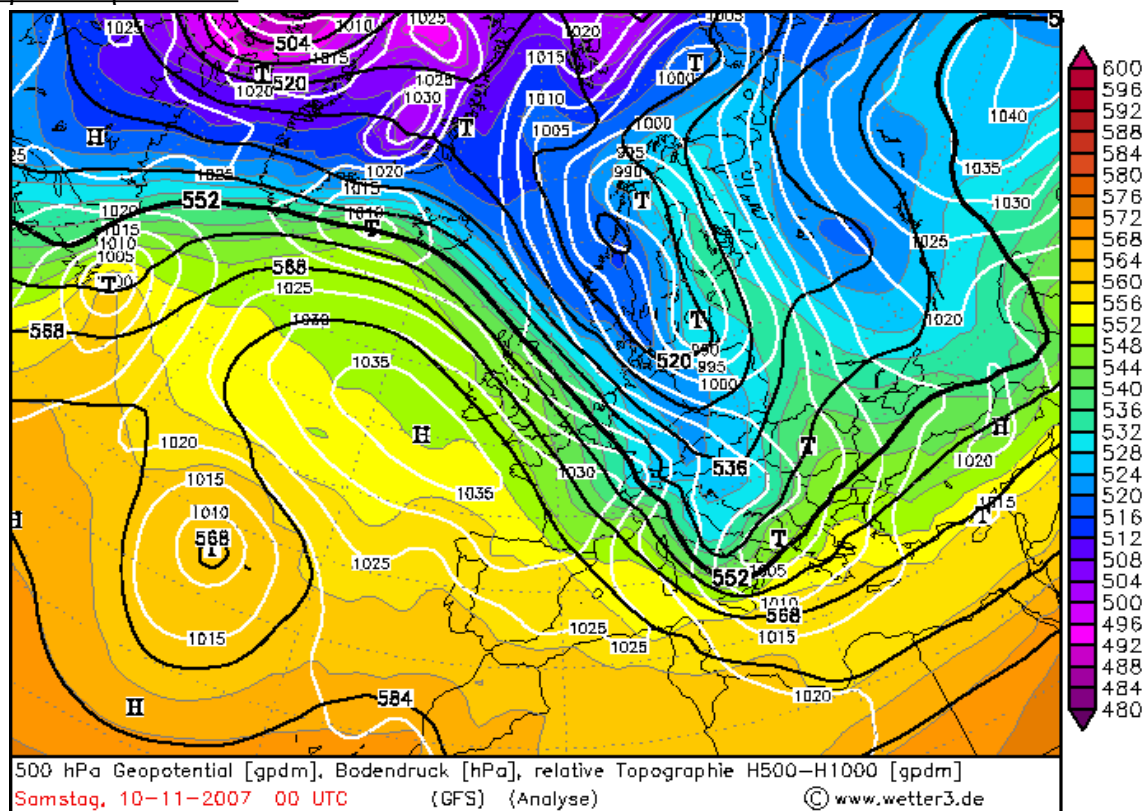
08-02-12 00 UTC

Χάρτης 6.5γ: Χάρτης επιφανείας 08/02/12 στις 00 UTC

Πηγή: http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html

Στις 08/02/12 εμφανίστηκε ισχυρή ψυχρή εισβολή η οποία εκτεινόταν μέχρι την κεντρική Ευρώπη. Στην Ελλάδα είχε αναπτυχθεί βαρομετρικό χαμηλό με μετωπικές επιφάνειες που επηρέαζε την ροή κυρίως στο ΒΑ Αιγαίο. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το χάρτη του ανέμου, αφού η ένταση του ανέμου παίρνει τιμές από 30 κόμβους (15m/s) έως τους 42 κόμβους (21m/s).

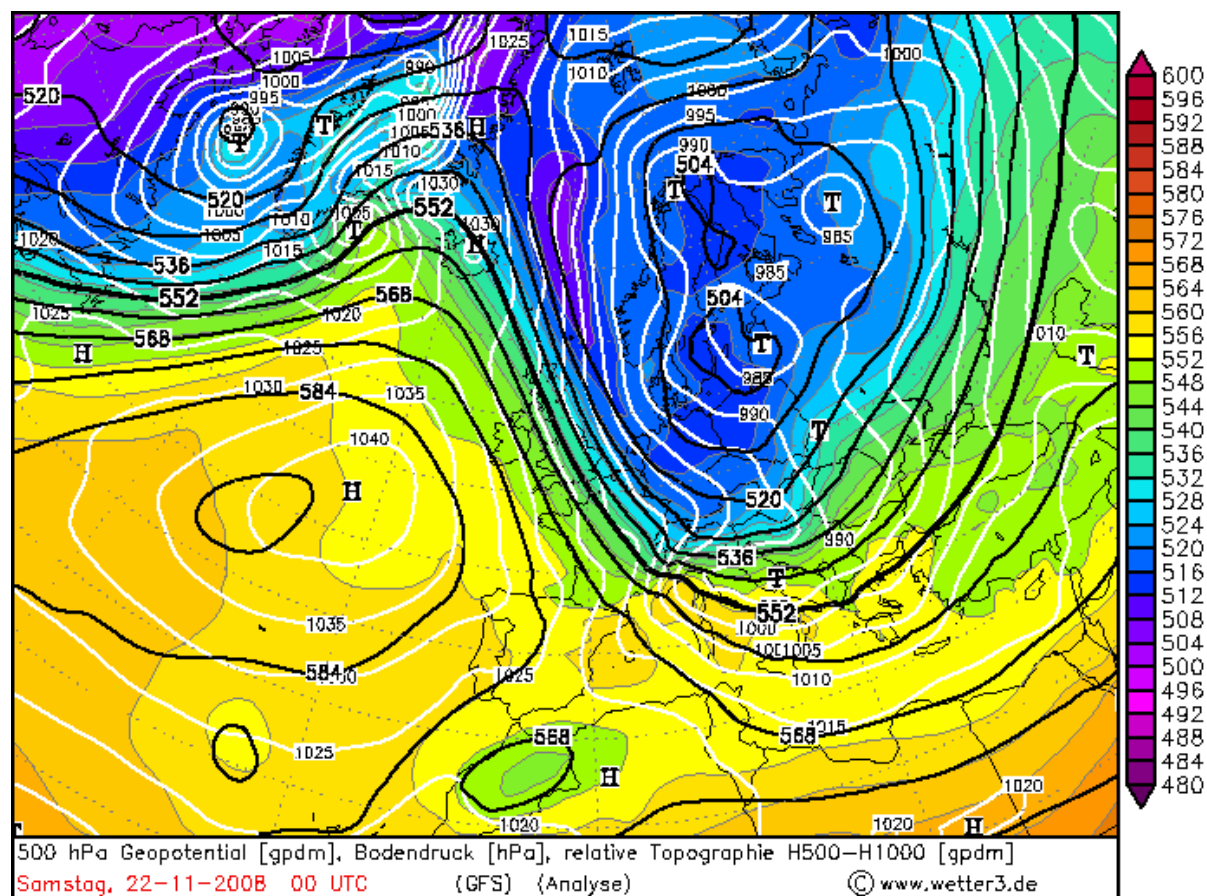
Ιόνιο Πέλαγος
Περίπτωση 10/11/07



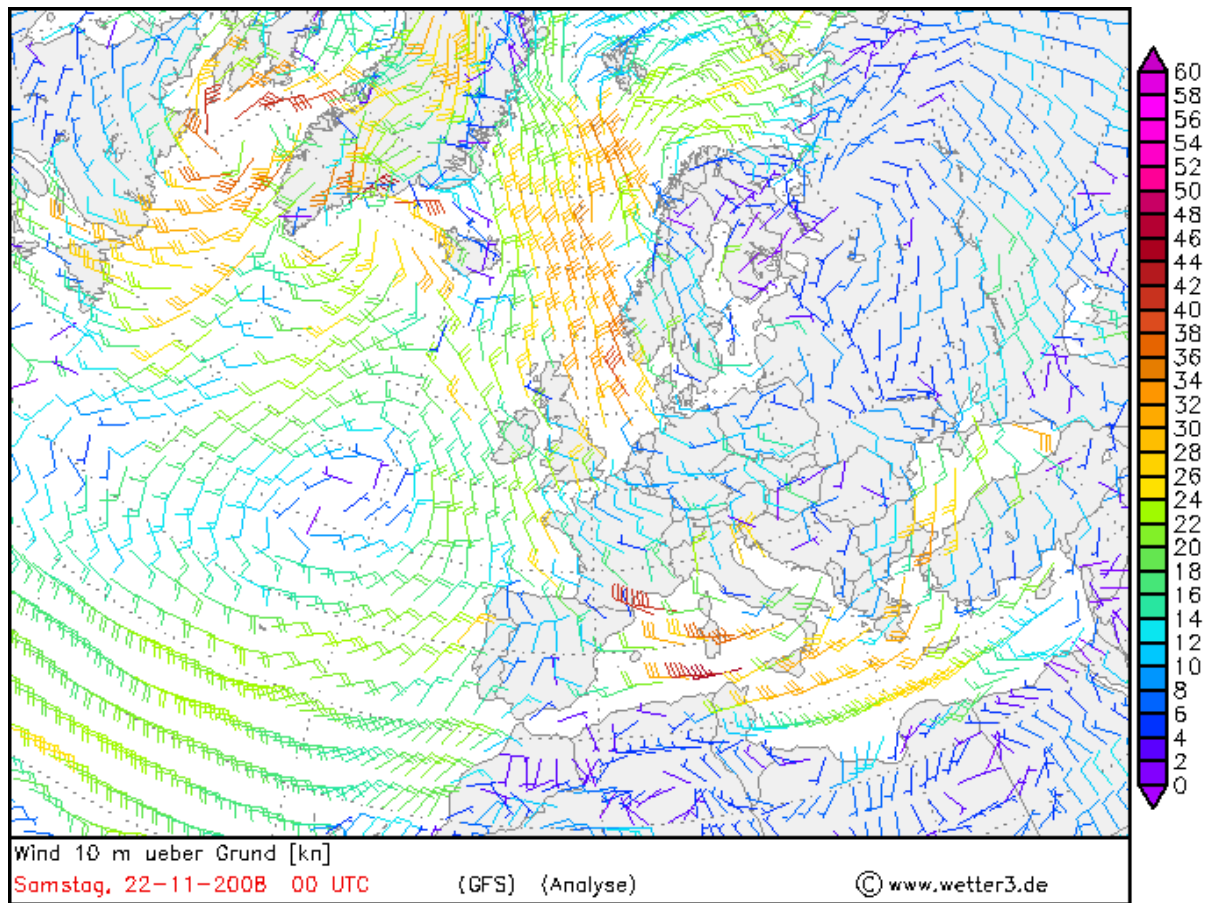
Χάρτης 6.6α: Χάρτης γεωδυναμικού ύψους (μαύρες ισοπληθείς) ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια (άσπρες ισοπληθείς) και γεωδυναμικού πάχους των επιφανειών (500-1000 hPa) για τις 10/11/07 στις 00UTC. Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>

Η συγκεκριμένη περίπτωση αναλύθηκε και για το Αιγαίο πέλαγος και όπως ήδη αναφέρθηκε σχετίζεται με την ύπαρξη σφήνας υφέσεως στην κεντρική Ευρώπη (Σχήμα 6.6α). Στην Ελλάδα επικρατούν χαμηλές πιέσεις στην επιφάνεια (χάρτης 6.6γ.) Η ύπαρξη βαρομετρικού χαμηλού με κέντρο στην Αδριατική έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ισχυρής δυτικής ροής στο Ιόνιο. Η ένταση ανέμων ήταν της τάξεως των 28 κόμβων (14,5m/s).

Περίπτωση 22/11/08

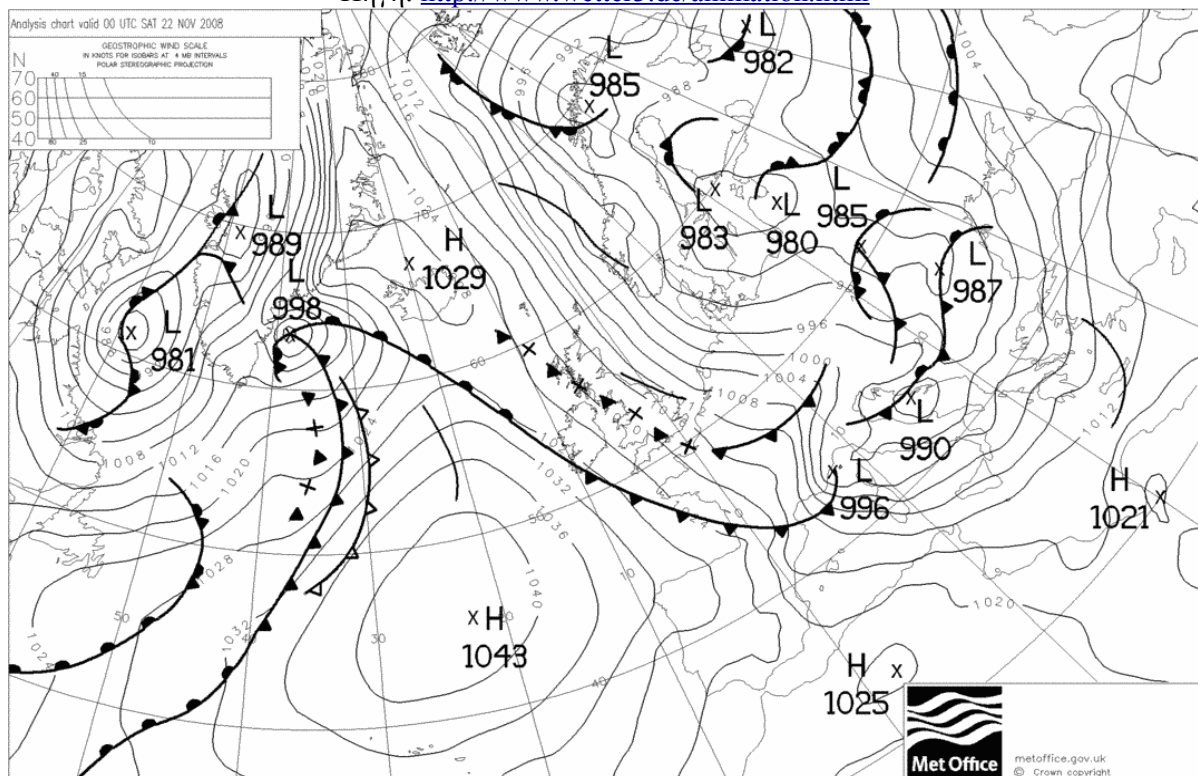


Χάρτης 6.7α: Χάρτης γεωδυναμικού ύψους (μαύρες ισοπληθείς), ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια (άσπρες ισοπληθείς) και γεωδυναμικού πάχους των επιφανειών (500-1000 hPa) για τις 22/11/08 στις 00UTC. Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



Χάρτης6.7β: Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στα 10m στις 00UTC (22/11/08)

Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



<http://www.wetter3.de/fax>

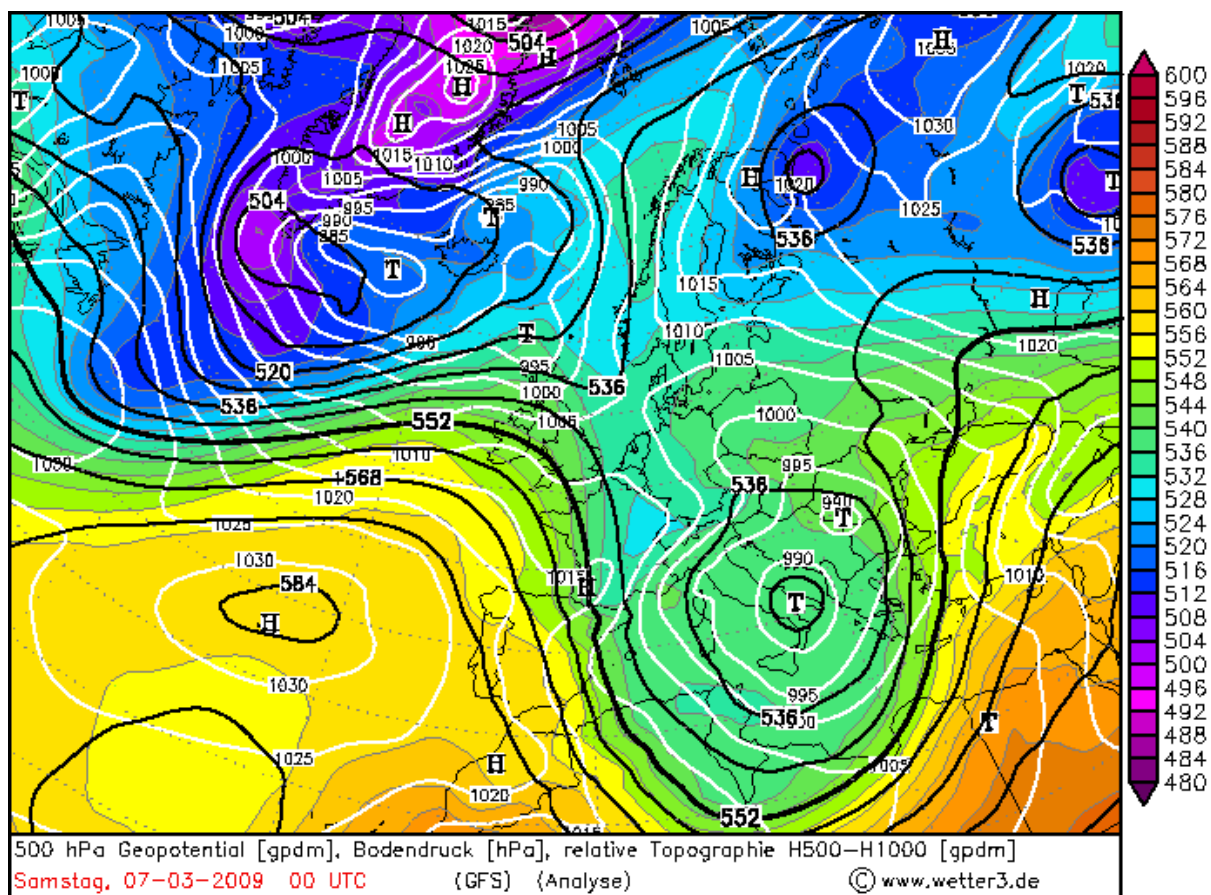
22-11-08 00 UTC + 00

Χάρτης6.7γ: Χάρτης επιφανείας για τις 22/11/2008 στις 00 UTC Πηγή:

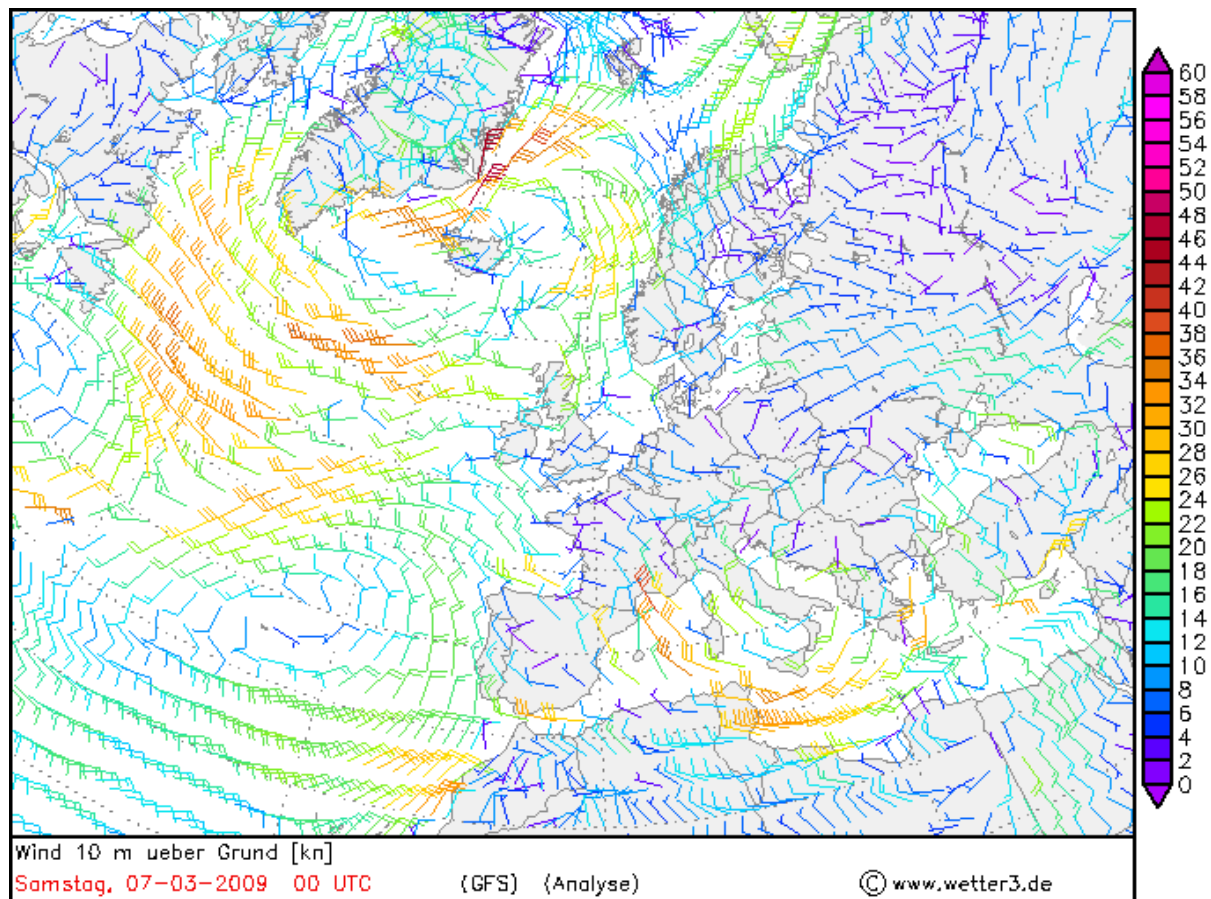
http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html

Στις 22/11/2008 η Ελλάδα βρίσκεται στον τομέα απόκλισης σφήνας υφέσεως που εκτείνεται στην Δυτική Ευρώπη (Χάρτης 6.7α). Στην επιφάνεια εντοπίζεται διαδοχικό πέρασμα βαρομετρικών χαμηλών από την βαλκανική και ανάπτυξη ισχυρής δυτικής ροής πάνω από τον ελλαδικό χώρο (Χάρτης 6.7γ). Η ένταση του ανέμου στο Ιόνιο ήταν της τάξης των 12 κόμβων (6m/s), ενώ στις γύρω περιοχές εμφανίζονται και μεγαλύτερες εντάσεις της τάξεως των 30 - 32 κόμβων, δηλαδή 15 – 16m/s.

Περίπτωση 07/03/09

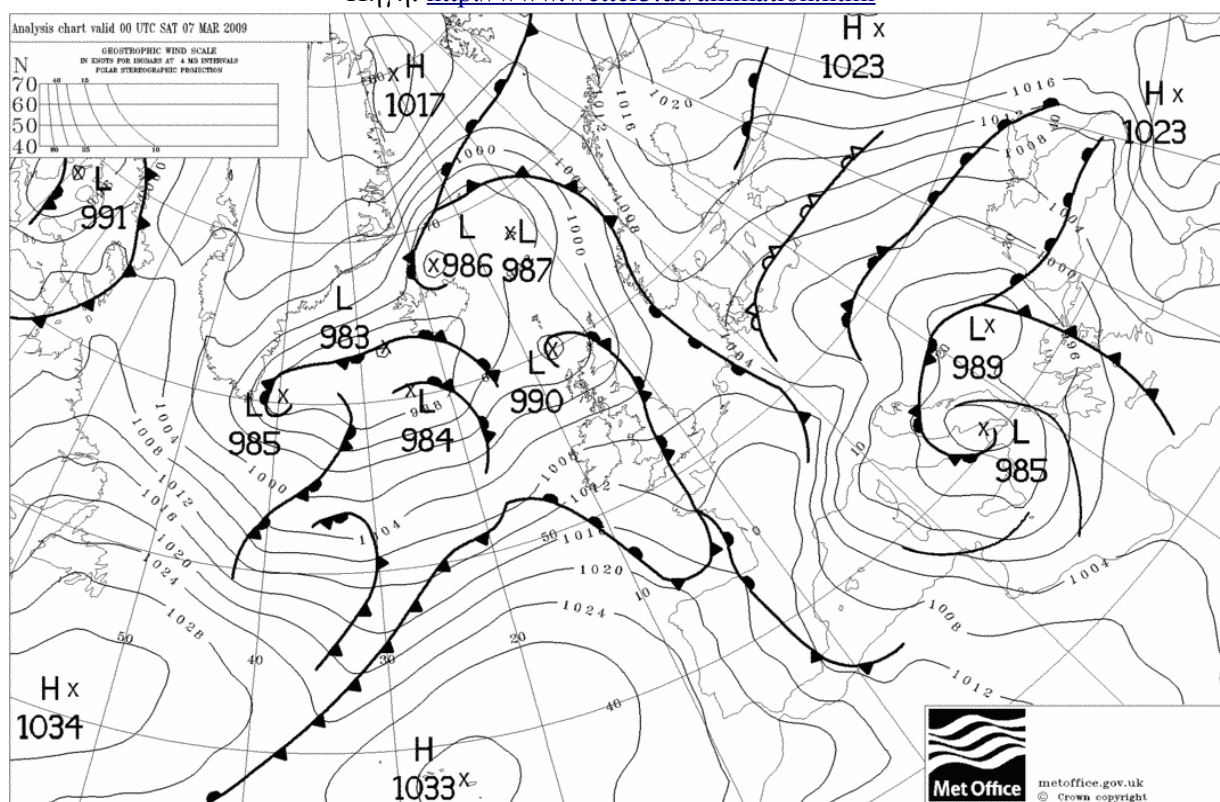


Χάρτης 6.8α: Χάρτης γεωδυναμικού ύψους (μαύρες ισοπληθείς), ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια (άσπρες ισοπληθείς) και γεωδυναμικού πάχους των επιφανειών (500-1000 hPa) για τις 07/03/09 στις 00UTC. Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



Χάρτης 6.8β: Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στα 10m στις 00UTC (07/03/09)

Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



<http://www.wetter3.de/fax>

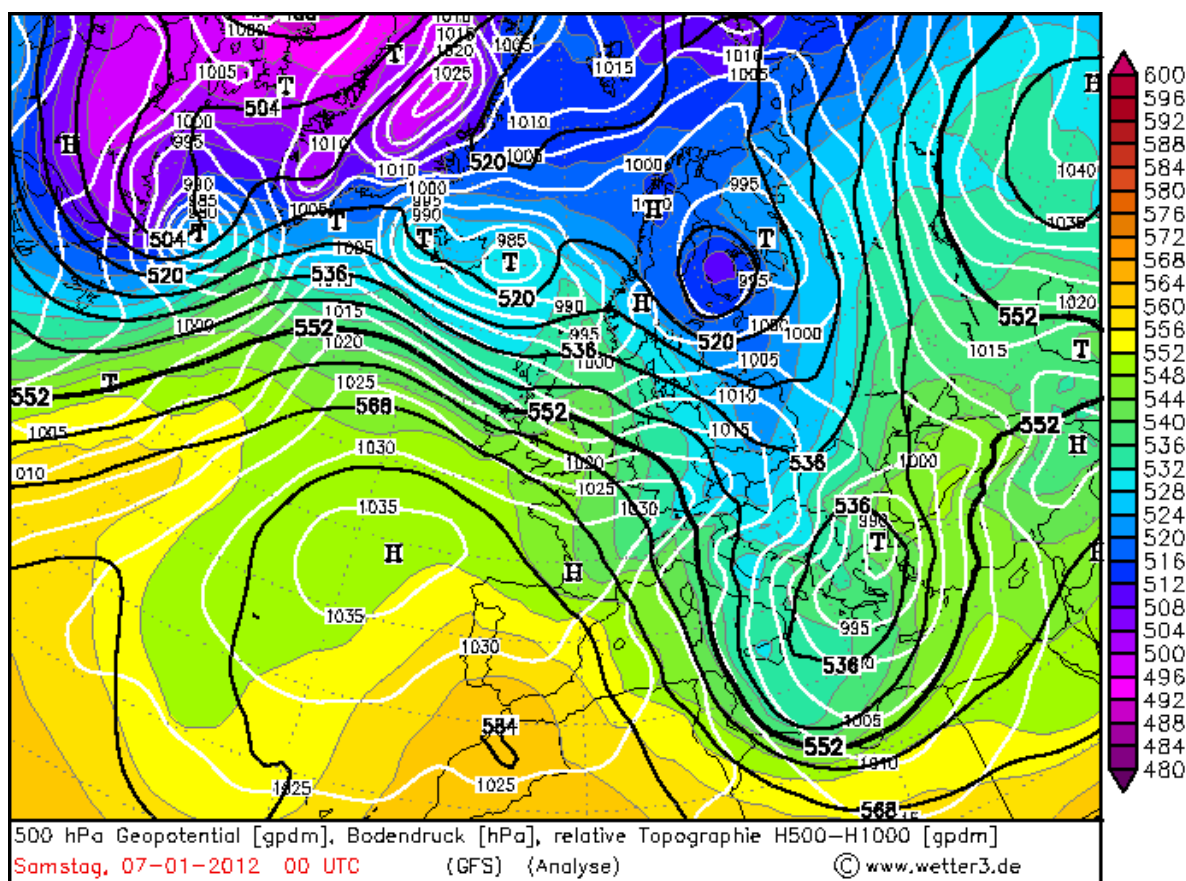
07-03-09 00 UTC + 00

Χάρτης 6.8γ: Χάρτης επιφανείας 07/03/09 στις 00 UTC Πηγή:

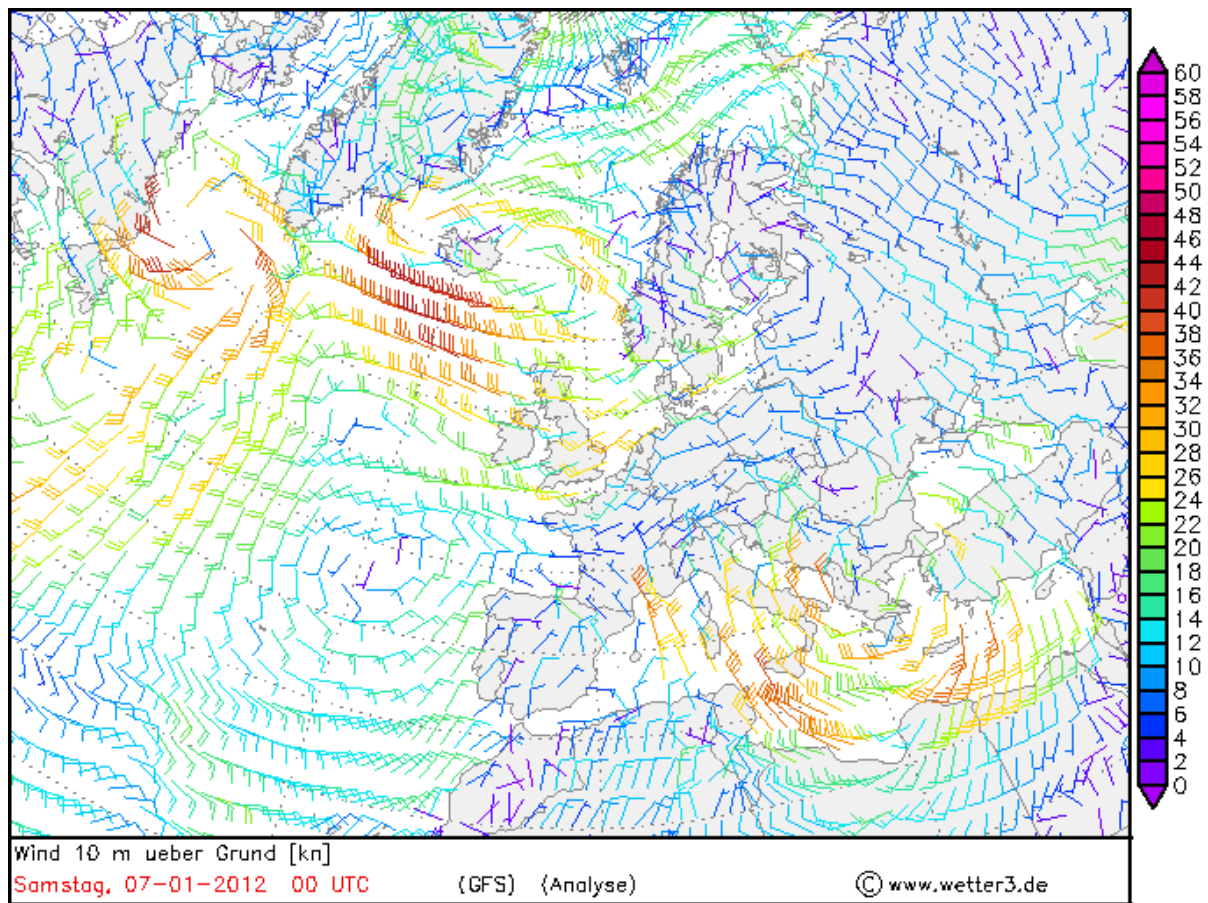
http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html

Η συγκεκριμένη περίπτωση συνδέεται με το πέρασμα ενός βαθύ βαρομετρικού χαμηλού από τον ελλαδικό χώρο. Το σύστημα αποτυπώνεται και στα 500 hPa (Χάρτης 6.8α) ενώ η ελάχιστη πίεση στην επιφάνεια είναι της τάξης των 985 hPa (Χάρτης 6.8γ). Το σύστημα φέρει πολλαπλές μετωπικές επιφάνειες μία εκ των οποίων επηρέασε σημαντικά το Ιόνιο Πέλαγος με την ανάπτυξη ΝΔ ροής 22 κόμβων (Χάρτης 6.8β).

Περίπτωση 07/01/12

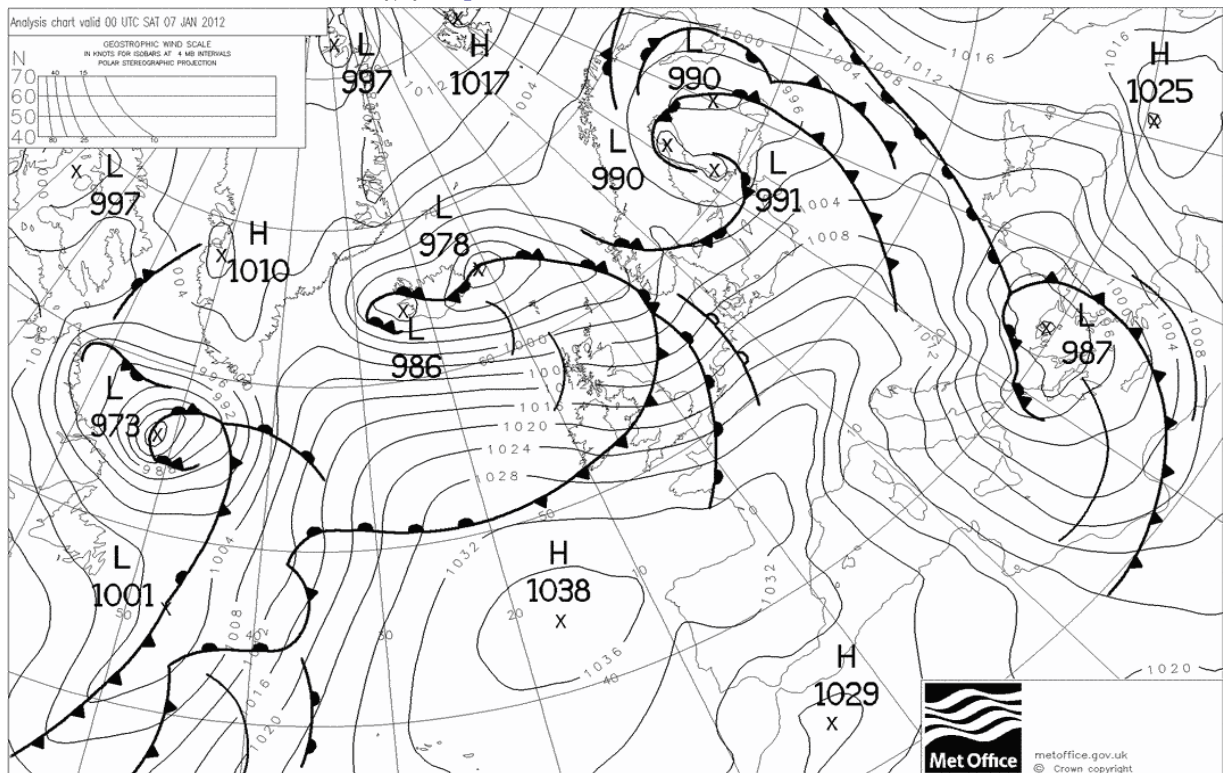


Χάρτης 6.9α: Χάρτης γεωδυναμικού ύψους (μαύρες ισοπληθείς), ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια (άσπρες ισοπληθείς) και γεωδυναμικού πάχους των επιφανειών (500-1000 hPa) για τις 07/01/12 στις 00UTC. Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



Χάρτης 6.9β: Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στα 10m στις 00UTC (07/01/12)

Πηγή: <http://www.wetter3.de/animation.html>



Archived by www.wetter3.de

07-01-12 00 UTC

Χάρτης 6.9γ: Χάρτης επιφανείας 07/01/12 στις 00 UTC Πηγή:

http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html

Στην τελευταία περίπτωση τα έντονα κυματικά γεγονότα στο Ιόνιο οφείλονται στο χαμηλό βαρομετρικό το οποίο είχε αναπτυχθεί με το κέντρο του να βρίσκεται ακριβώς πάνω από την Ελλάδα, ενώ παράλληλα εμφανίζονται και πολλαπλές μετωπικές επιφάνειες. Έτσι στον χάρτη 6.9β παρατηρούνται σε όλη τη χώρα έντονοι άνεμοι και ιδιαίτερα στο Ιόνιο και την περιοχή της Ζακύνθου και της Πύλου να φτάνουν μέχρι και τους 34 κόμβους, δηλαδή 17m/s.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν τα ακραία κυματικά γεγονότα στις Ελληνικές θάλασσες, καθώς και η συσχέτιση αυτών με συνοπτικά πρότυπα καιρού. Η μελέτη βασίστηκε στα δεδομένα του Συστήματος Ποσειδών του ΕΛΚΕΘΕ για τους σταθμούς του Άθου, της Λέσβου, της Μυκόνου, της Σαντορίνης, της Πύλου και της Ζακύνθου για περίοδο 11 ετών (2001-2012).

Η μεθοδολογία βασίστηκε στην παρατήρηση των γεγονότων, με σκοπό την εύρεση των 10 πιο έντονων κυματικών γεγονότων σε κάθε σταθμό, ενώ στη συνέχεια συγκρίθηκαν οι ημερομηνίες για να βρεθούν οι χαρακτηριστικότερες περιπτώσεις για το Αιγαίο και το Ιόνιο πέλαγος.

Τα κύρια συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων είναι:

- Οι υψηλότερες μετρήσεις κύματος εντοπίζονται κατά τους χειμερινούς μήνες για το σύνολο των σταθμών.
- Σε όλους τους σταθμούς του Αιγαίου, και ιδιαίτερα στον σταθμό του Άθου, φαίνεται να υπάρχει μια τάση μείωσης του ύψους κύματος από το 2001 μέχρι το 2006 και στη συνέχεια μια ανατροπή της τάσης αυτής. Αντίστοιχα, στους σταθμούς του Ιονίου, αν και δεν είναι εύκολη η εξαγωγή συμπεράσματος λόγω των ελάχιστων ετών παρατήρησης, φαίνεται να ακολουθείται κάτι αντίστοιχο. Συνολικά δεν εντοπίζεται μία συστηματική τάση αύξησης ή μείωσης του μέσου ετήσιου κύματος στο Αιγαίο και το Ιόνιο Πέλαγος.
- Για τον σταθμό του Άθου τα ύψη ξεπερνούν τα 5m χωρίς όμως να φτάνει κανένα τα 6m. Στη Λέσβο καταγράφηκαν σχετικά μικρές μετρήσεις. Λίγες είναι αυτές που φαίνεται να φτάνουν και να ξεπερνούν τα 4m (Μόνο μια μέτρηση φτάνει τα 5m το Φεβρουάριο του 2003). Στη Μύκονο εμφανίζεται ενδοετήσια διακύμανση των έντονων κυματισμών, λόγω των ισχυρών ανέμων, αλλά και σε αυτή τη περίπτωση οι μέγιστες τιμές καταγράφονται κατά τους χειμερινούς μήνες. Οι μεγάλες μετρήσεις φτάνουν κατά κύριο λόγο στα 4-5m, δεν απουσιάζουν όμως και μετρήσεις στα 6m. Στην περιοχή της Σαντορίνης εμφανίζονται ιδιαίτερα μικρές μετρήσεις σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς, το οποίο ίσως οφείλεται στην θέση του σταθμού, νότια της Σαντορίνης, που αποκόπτει την επικρατούσα ΒΑ ροή στην περιοχή του Νότιου Αιγαίου.
- Τόσο στην Πύλο όσο και στη Ζάκυνθο έχουν καταγραφεί ιδιαίτερα υψηλές μετρήσεις, ξεπερνώντας σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και τα 7m.

- Για το χρονικό διάστημα 2001-2012 εντοπίστηκαν 5 χαρακτηριστικές περιπτώσεις έντονου κυματισμού για το Αιγαίο, οι οποίες είναι: 05/02/03 (έως 07/02/03), 08/03/11, 06/02/12 (έως 08/02/12), 10/11/07, 28-29/01/08 και 4 για το Ιόνιο οι οποίες είναι: 10/11/07, 22/11/08, 6-7/03/09, 6-7/01/12.
- Από τη μελέτη των χαρτών καιρού των συγκεκριμένων ημερομηνιών φάνηκε ότι:
 - Στο Αιγαίο πέλαγος η ανάπτυξη έντονου κυματισμού κατά τις 05-07/02/03 οφειλόταν στην εμφάνιση σφήνας ύφεσης στην ανώτερη ατμόσφαιρα, ενώ παράλληλα στην Ελλάδα επικρατούσε απόκλιση αερίων μαζών καθ' ύψος σε συνδυασμό με την μεταφορά ψυχρών μαζών καθ' ύψος. Τα γεγονότα των ημερομηνιών 29/01/08, 08/03/11 και 08/02/12 ήταν αποτέλεσμα ψυχρής εισβολής, με παράλληλη εμφάνιση ισχυρής βαροβαθμίδας στο Αιγαίο.
 - Στο Ιόνιο πέλαγος οι υψηλές μετρήσεις κύματος στις 22/11/08 οφείλονταν στο γεγονός ότι η Ελλάδα βρισκόταν στον τομέα απόκλισης σφήνας, ενώ πάνω από των ελλαδικό χώρο παρατηρούταν διαδοχικό πέρασμα χαμηλών βαρομετρικών. Τα γεγονότα των ημερομηνιών 07/03/09 και 07/01/12 ήταν αποτέλεσμα της ύπαρξης βαρομετρικού χαμηλού, με ελάχιστη πίεση στην επιφάνεια για την πρώτη περίπτωση τα 985hP, ενώ για την δεύτερη τα 987hP. -Τέλος το γεγονός στις 10/11/07 που επηρέαζε τόσο το Ιόνιο όσο και το Αιγαίο πέλαγος ήταν αποτέλεσμα της ανάπτυξης σφήνας υφέσεως με παράλληλη απόκλιση αερίων μαζών και χαμηλών πιέσεων στην επιφάνεια στον ελλαδικό χώρο.

Βιβλιογραφία

1. Αλμπανάκης Κ. 1999, Μαθήματα Ωκεανογραφίας, University studio press
2. Dragani W.C., Cerne B.S., Campetella C.M., Possia N.E. and Campos M.I 2013, Synoptic patterns associated with the highest wind-waves at the mouth of Rio de la Plata estuary. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 61-62, 1-13
3. Φώτης Γ.Ν. 2009, Ποσοτική χωρική ανάλυση, Εκδόσεις Γκοβόστη
4. Francis, D., and Hengeveld, H. 1998. *Extreme weather and climate change*. Authority of the Minister of the Environment. Environment Canada, Downsview, Ontario.
5. Ching-Her Hwang, Wen-Ching Lee, Wen-Fang Hsieh, Ching-Piao Tsai and Hwa Chien 2011, Statistical Analysis on the Extreme Events of Big Waves Under Wave Climate Change Around Taiwan Waters. Paper No. OMAE2011-49896, pp. 719-726
6. Impact Forecasting | February 2012 Global Catastrophe Recap 1 AON Benfield
7. Kaskaoutis D.G., Kambezidis H.D., Natsos P.T and Kosmopoulos P.G. 2008, Study on a intense dust storm over Greece. *Atmospheric Environment* 42, pp 6884-6896
8. Κατσαφάδος Π. και Μαυροματίδης Η. 2010, Αρχές Μετεωρολογίας – Κλιματολογίας, Αθήνα, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας
9. Kharif C., Giovanangeli J.P., Touboul J., Grare L. and Pel Inovsky E. 2008, Influence of wind on extreme wave events: Experimental and numerical approaches, *J. Fluid Mech.* **594**, 209–247
10. van Ledden M., Vaughn G., Lansen J. , Wiersma F., Amsterdamb M. , Extreme wave event along the Guyana coastline in October 2005. *Cont. Shelf Res.* 29, 352–361
11. Λιώκη-Λειβαδά Η. και Ασημακοπούλου Μ. 2008, Αιολική και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Εκδόσεις Συμμετρία.
12. Melville W.K., Romero L. and Kleiss J.M. 2005, Extreme wave events in the Gulf of Tehuantepec. In *Rogue Waves, Proc. Aha Hulikoa Hawaiian Winter Workshop* (ed. P. Muller & D. Henderson), pp. 23–28.

13. Nastos P.T. and Matsangouras J.T. 2010, Tornado activity in Greece within the 20th century. *Adv. Geosci.*, 26, pp 49–51
14. Nikolkina I. and Didenkulova I. 2011, Rogue waves in 2006-2010. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 11, 2913-2024
15. Martucci G, Carniel S, Chiggiato J, Sclavo M, Lionello P, and Galati M.B. 2010, Statistical trend analysis and extreme distribution of significant wave height from 1958 to 1999 – an application to the Italian Seas. *Ocean Sci.*, 6, 525–538
16. Matsangouras J.T. and Nastos P.T. 2010, The 27 July 2002 tornado event in Athens, Greece *Adv. Sci. Res.*, 4, pp. 9–13
17. Matsangouras I.T., Nastos P.T., and Pytharoulis I. 2011, Synoptic-mesoscale analysis and numerical modeling of a tornado event on 12 February 2010 in northern Greece, *Adv. Sci. Res.*, 6, pp. 187–194
18. O' Brien L., Dudley J.M. and Dias F. 2013, Extreme wave events in Ireland: 14680BP-2012. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, pp 625-648
19. Onorato M., Osborne A.R. and Serio M 2002, Extreme Wave Events in Directional, Random Oceanic Sea States. *Phys. Fluids*, vol. 14, N.4, L25 – L28.
20. Ortiz-Royero J. C, Otero L . J., Restrepo J .C ., Ruiz J. and Cadena M. 2013, Characterization and effects of cold fronts in the Colombian Caribbean Coast and their relationship to extreme wave events. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, Volume 1, Issue 4, pp.3659-3687
21. Papadopoulos A. and Katsafados P. 2009, Verification of operational weather forecasts from the POSEIDON system across the Eastern Mediterranean. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, pp 1299–1306
22. Papadopoulos A., Katsafados P., Kallos G. and Nickovic S. 2001, The weather forecasting system for Poseidon -An overview. *The Global Atmosphere an Ocean system*, 8, pp 219-237
23. Papadopoulos A.P., Paschalidou A.K., Kassomenos P.A. And McGregor G. 2012, Investigating the relationship of meteorological/climatological conditions and wildfires in

- Greece. Theor. Appl. Climatol. 112, 113-126
24. Poupkou A., Zanis P., Nastos P., Papanastasiou D., Melas D., Tourpali K. and Zerefos C. 2011, Present climate trend analysis of Etesian winds in Aegean Sea. Theor Appl Climatol, 106, pp 459–472
 25. Psaros C., Theleritis CG, Martinakis S. and Bergiannaki I.D. 2008, Traumatic reactions in firefighters after wildfires in Greece. The lancet 371, 9609, pp301
 26. Ross T. and Lott N. 2003, A climatology of 1980-2003 extreme weather events. National data center Technical Report No 2003-01
 27. Ruggiero P, Komar P, Allan J (2010), Increasing wave heights and extreme value projections: The wave climate of the U.S. Pacific Northwest. t. Coastal Engineering, 57, 539–552
 28. Sioutas M.V. 2003, Tornados and waterspouts in Greece. Atmospheric Research 67-68 pp 645-656
 29. Sverdrup K.A. And Armbrust E.V. 2008, An introduction to the world's oceans, McCrow-Hill International edition
 30. Θεοδώρου Α. 2004, Ωκεανογραφία: Εισαγωγή στο θαλάσσιο περιβάλλον, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης
 31. Zhao XZ, Hu CH, Sun ZC 2010. Numerical simulation of extreme wave generation using VOF method. Journal of Hydrodynamics 22(4):466–77
 32. Zwiers F, Alexander L, Hegerl G, Knutson T, Kossin J, Naveau P, Nicholls N, Schar C, S. Seneviratne, Zhang X. 2013, Climate Extremes: Challenges in Estimating and Understanding Recent Changes in the Frequency and Intensity of Extreme Climate and Weather Events,. In: Asrar GR, Hurrell JW (eds) Climate science for serving society: Research, modelling and prediction priorities. Springer, Geneva, pp 339–390

Λιαδίκτυο

33. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY), Προειδοποιήσεις για ακραία καιρικά φαινόμενα στην Ευρώπη, Εύρεση στις 15 Απριλίου 2013, στην ιστοσελίδα <http://www.hnms.gr>
34. Meteoalarm: alerting Europe for extreme weather, Εύρεση στις 15 Απριλίου 2013, στην ιστοσελίδα <http://www.meteoalarm.eu/>
35. Το σύστημα Ποσειδών, Τα μέρη του συστήματος, Εύρεση 7 Μαΐου 2013, στην ιστοσελίδα <http://www.poseidon.hcmr.gr/>
36. Hurricane Sandy - Oct 2012, Εύρεση 16 Αυγούστου 2013, στην ιστοσελίδα, <http://reliefweb.int/disaster/tc-2012-000180-hti>
37. Tornado, Εύρεση 17 Αυγούστου 2013, στην ιστοσελίδα, <http://glossary.ametsoc.org/wiki/Tornado>
38. Waterspout, Εύρεση 17 Αυγούστου 2013, στην ιστοσελίδα, <http://glossary.ametsoc.org/wiki/Waterspout>
39. Wetter3- Aktuelle Wetterkarten, Εύρεση 29 Ιουνίου 2013, στην ιστοσελίδα <http://www.wetter3.de/Archiv/>
40. Archiv der 00 UTC UKMO-Bracknell-Bodenanalysen (ab 27.01.1998)
Εύρεση 01 Σεπτεμβρίου 2013, στην ιστοσελίδα <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/tkfaxbraar.htm>