



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
Μ.Δ.Ε ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΙΓΑΙΟΥ-ΛΕΒΑΝΤΙΝΗΣ
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

ΒΑΡΩΤΣΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ. ΚΑΛΛΟΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Κ.ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ
ΛΕΚΤΟΡΑΣ Σ.ΣΟΦΙΑΝΟΣ**

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2011

Σχολή: Θετικών Επιστημών

Τμήμα: Φυσικής

Τίτλος του Μεταπτυχιακού: Μ.Δ.Ε Φυσικής Περιβάλλοντος

Τίτλος Εργασίας: Μελέτη των διακυμάνσεων των επιφανειακών χαρακτηριστικών Αιγαίου-Λεβαντίνης με χρήση επιχειρησιακών συστημάτων.

Όνομα Συγγραφέα: Βαρώτσου Ειρήνη

Αριθμός Μητρώου:200836

Ονοματεπώνυμο Επιβλέποντα: Σαράντης Σοφιανός, Λέκτορας

Ονοματεπώνυμο Μελών Τριμελούς:
Γεώργιος Κάλλος, Καθηγητής
Κωνσταντίνος Ιακωβίδης, Αναπλ. Καθηγητής

Αθήνα, 2011

Λέξεις Κλειδιά: Λεβαντίνη, Αιγαίο, Θερμοκρασία, Αλατότητα, Eddy Kinetic Energy, Κινητική Ενέργεια.

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	9
ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ	9
1.1 Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά της Μεσογείου	9
1.2 Μέσες Ατμοσφαιρικές συνθήκες της Μεσογείου	11
1.3 Ατμοσφαιρικές και Πλευρικές Ανταλλαγές στη Μεσόγειο	11
1.4 Βασική Κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου και Σχηματισμός των Υδάτινων Μαζών	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	18
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ-ALERMO	18
2.1 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ	18
2.2 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ	22
2.3 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΝΩΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ALERMO	23
2.4 Χρήση του προγνωστικού μοντέλου ALERMO	25
2.5 Επεξεργασία των δεδομένων	26
2.6 Στόχος της Εργασίας	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	29
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	29
3.1 Διακυμάνσεις των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών	30
3.2 Διακυμάνσεις των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών των λεκανών Λεβαντίνης-Αιγαίου-Ανατολικού Ιονίου	32
3.3 Γενική Κυκλοφορία	44

3.4 Χωρικές και χρονικές κατανομές των δυναμικών χαρακτηριστικών της περιοχής του ALERMO	46
3.5 Χωρική ανάλυση των σχηματισμών	48
3.6 Χωρικές και χρονικές κατανομές της κινητικής ενέργειας και του Eddy Kinetic Energy.....	52
3.7 Εποχική διακύμανση της κινητικής ενέργειας και του Eddy Kinetic Energy για τις λεκάνες Λεβαντίνη-Αιγαίο-Ιόνιο και συσχέτισή τους	60
3.8 Διακύμανση των δυναμικών χαρακτηριστικών συνοπτικής κλίμακας	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο	68
4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	68
4.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	69
Βιβλιογραφία	70

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών (Μ.Δ.Ε) Φυσικής Περιβάλλοντος , του Τομέα Φυσικής Εφαρμογών, του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών Ε.Κ.Π.Α), της Σχολής Θετικών Επιστημών.

Η πραγματοποίηση της δε θα ήταν εφικτή χωρίς την πολύτιμη βοήθεια ορισμένων ανθρώπων. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Σοφιανό Σαράντη για την ευκαιρία που μου έδωσε να εντρυφήσω σε θέματα Φυσικής Ωκεανογραφίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ερευνητές φυσικούς ωκεανογράφους Κ^α Αννίτα Μαντζιαφού και Κ^ο Βασίλη Βερβάτη της ερευνητικής ομάδας του Εργαστηρίου Φυσικής Ωκεανογραφίας για την πολύτιμη βοήθεια τους καθώς και όλα τα μέλη του εργαστηρίου της Φυσικής Ωκεανογραφίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου για την υποστήριξη τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου παίζει σημαντικό ρόλο για τη διαμόρφωση της γενικής κυκλοφορίας στη λεκάνη της Μεσογείου. Στη παρούσα διπλωματική αναλύονται τα δεδομένα που παρήχθησαν από το επιχειρησιακό ωκεανογραφικό σύστημα ALERMO (20-36⁰E και 31-41⁰N) με οριζόντια ανάλυση 1/30⁰(3,667Km). Στόχος της επεξεργασίας των δεδομένων είναι η ποιοτική και ποσοτική προσέγγιση των θερμοαλατικών και δυναμικών χαρακτηριστικών για το επιφανειακό στρώμα βάθους 10m της περιοχής προσομοίωσης για το χρονικό διάστημα από 2/3/2007 έως 30/4/2010. Για καλύτερη απεικόνιση των χωροχρονικών διακυμάνσεων, η περιοχή χωρίστηκε σε τρεις υπολεκάνες Αιγαίου, Λεβαντίνης και Ανατολικού Ιονίου οι οποίες και συγκρίθηκαν.

Οι χωροχρονικές διακυμάνσεις των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών της περιοχής του ALERMO δείχνουν ότι κυριαρχούνται από τον εποχικό κύκλο, λόγω των πλευρικών ροών, οι οποίες έχουν εποχικό κύκλο. Συγκεκριμένα η κατανομή των χαρακτηριστικών έδειξε ότι η λεκάνη του Αιγαίου, παρά τη μικρή έκταση της σε σχέση με τη λεκάνη της Λεβαντίνης , επηρεάζει τη μέση θερμοκρασία όλης της περιοχής λόγω τόσο της εισροής υδάτων από τη Μαύρη Θάλασσα όσο και από την επίδραση των Μελεμιών. Από την άλλη πλευρά, η μέση γενική κυκλοφορία εμφανίζει κυκλωνικό χαρακτήρα και στις τρεις λεκάνες, ενώ η επίδραση ισχυρών σχηματισμών μέσης και συνοπτικής κλίμακας κυριαρχούν στην κυκλοφορία. Αυτό έχει ως συνέπεια την επίδρασή των διακυμάνσεων του Eddy Kinetic Energy στα δυναμικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Οι διακυμάνσεις των ενεργειακών χαρακτηριστικών των τριών λεκανών εμφανίζουν έντονα διαφορετική συμπεριφορά, με τους εποχικούς κύκλους του Eddy Kinetic Energy και της Κινητικής Ενέργειας να βρίσκονται σε αντίθετη φάση.

ABSTRACT

The Eastern Mediterranean region plays an important role in the formulation of general circulation in the Mediterranean basin. In this paper, we analyzed data obtained from the operational oceanographic system ALERMO (20-36⁰E and 31-41⁰N) with a horizontal resolution of 1 / 30⁰ (3,667 Km). The purpose of data processing is the qualitative and quantitative approach thermohaline and dynamic characteristics of the surface layer depth of 10m in the area of simulation for the period from 2/3/2007 to 30/4/2010. For better understanding of the spatial and temporal variability, the region was divided into three subbasins the Aegean, the Levantine and the Eastern Ionian Sea which are compared to each other.

The spatial and temporal variations in the thermohaline characteristics of the ALERMO region show that they are dominated by the seasonal cycle because of side streams, which are seasonal cycle. Specifically, the distribution of characteristics showed that the area of the Aegean, despite the small size in relation to the Levantine basin, affects the average temperature across the region because of flooding, both from the Black Sea and the influence of wind (Etesian). On the other hand, the average general circulation shows cyclonic character in all three basins, while the influence of powerful median and short scale forms dominates the movement. This has meant the impact of Eddy Kinetic Energy fluctuations in the dynamic characteristics of the region. The fluctuations of the energy characteristics of the three basins exhibit markedly different behaviour, as seasonal cycles of Eddy Kinetic Energy and Kinetic Energy are in opposite phase.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

1.1 Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά της Μεσογείου

Η Μεσόγειος θάλασσα απλώνεται ανάμεσα στην Ευρώπη, την Ασία και την Αφρική και έχει έκταση 2,5 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα. Τα γεωγραφικά όρια προσδιορίζονται από το γεωγραφικό πλάτος 30^οN-46^οN και γεωγραφικό μήκος 5^ο 50'W και 36^ο E . Το μήκος της στον άξονα Ανατολή-Δύση, από τον Κόλπο της Αλεξανδρέττας ως τον Πορθμό του Γιβραλτάρ, είναι 4.000 περίπου χιλιόμετρα ενώ το μέσο πλάτος της στον άξονα Βορράς-Νότος, από τις ακτές της Γιουγκοσλαβίας έως τις ακτές Λιβύης, είναι περίπου 800 χιλιόμετρα Το μέσο βάθος της είναι 1.429 μέτρα ενώ το μέγιστο βάθος της βρίσκεται δυτικά της Πελοποννήσου και ξεπερνά τα 5.000 μέτρα.

Στο δυτικό άκρο επικοινωνεί με τον Ατλαντικό Ωκεανό μέσω του αβαθούς Πορθμού του Γιβραλτάρ, ο οποίος στο στενότερο σημείο του έχει πλάτος μόλις 12,8 km και βάθος πάνω από το ύβωμα, ή αλλιώς την υποθαλάσσια ράχη που χωρίζει τις δύο λεκάνες, μόνο 300 m. Στα βορειοανατολικά επικοινωνεί με την Θάλασσα του Μαρμαρά από τα στενά των Δαρδανελλίων(με βάθος υβώματος τα 97 m) και με την Ερυθρά Θάλασσα από τη Διώρυγα του Σουέζ(με ελάχιστη μεταφορά νερού).

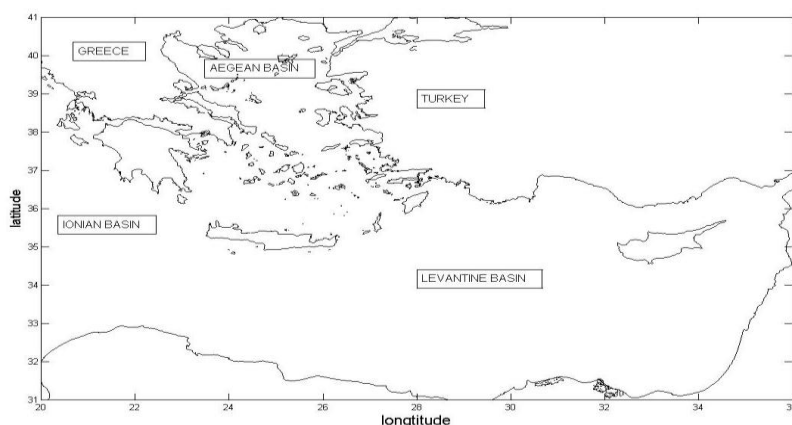
Πολλά ποτάμια ξεκινούν από τα βουνά και τις μεγάλες οροσειρές των Άλπεων, των Πυρηναίων και του Καυκάσου και κατευθύνουν τα νερά τους στη λεκάνη της Μεσογείου. Τα μεγαλύτερα από αυτά, ο Ισπανικός Έβρος, ο Πάδος, ο Ροδανός και ο Νείλος εκβάλλουν στη Μεσόγειο και την εφοδιάζουν με μεγάλες ποσότητες υλικών (χώματα, πέτρες, αλλά και πολλά θρεπτικά στοιχεία) που πέφτουν στη Μεσογειακή λεκάνη.



Σχήμα 1.1: Δορυφορική εικόνα της λεκάνης της Μεσογείου διαχωρισμένη σε δύο υπολεκάνες: Δυτική και Ανατολική.

Μια υποθαλάσσια ράχη μεταξύ της Σικελίας και της Αφρικανικής Ακτής, με βάθος υβώματος 365 m περίπου, χωρίζει τη Μεσόγειο Θάλασσα σε δυτικό και ανατολικό τμήμα (Σχήμα 1.1). Το δυτικό τμήμα με την σειρά του υποδιαιρείται σε τρεις κύριες θαλάσσιες υπολεκάνες. Η Λεκάνη του Αλμπوران βρίσκεται ανατολικά του Γιβραλτάρ, ανάμεσα στις ακτές της Ισπανίας και του Μαρόκου. Η Βαlearική λεκάνη (μερικές φορές γνωστή και ως Αλγερο-Προβηγιανή ή Αλγερινή), ανατολικά της Λεκάνης του Αλμπوران, βρίσκεται δυτικά της Σαρδηνίας και της Κορσικής και εκτείνεται από ένα σημείο ανοιχτά των ακτών της Αλγερίας ως έξω από τις ακτές της Γαλλίας. Η Τυρρηνική Λεκάνη, δηλαδή το τμήμα εκείνο της Μεσογείου που είναι γνωστό ως Τυρρηνική Θάλασσα, εκτείνεται ανάμεσα στην Ιταλία και στα νησιά Σαρδηνία και Κορσική.

Η ανατολική περιοχή της Μεσογείου, Σχήμα 1.2, η οποία αποτελεί την προς εξέταση λεκάνη, υποδιαιρείται σε τέσσερις κύριες λεκάνες, την Ιόνια, τη Λεκάνη του Αιγαίου, τη Λεβαντίνη και την Αδριατική. Η Ιόνια Λεκάνη (20°E - $24,5^{\circ}\text{E}$ και 31°N - 41°N), στην περιοχή που είναι γνωστή ως Ιόνιο Πέλαγος, βρίσκεται νότια της Ιταλίας και της Ελλάδας και σε αυτήν έχει καταγραφεί με ηχοβόλιση το μεγαλύτερο βάθος της Μεσογείου, 5.200 m περίπου. Βάση της γεωγραφικής της θέσης συνδέεται με την Αδριατική θάλασσα μέσω του στενού Otranto, με τη λεκάνη του Αιγαίου μέσω του στενού Κρήτης-Κυθέρων –Πελσου και μέσω μιας υποθαλάσσια ράχης του δυτικού άκρου της Κρήτης και της Κυρηναικής (Λιβύης) χωρίζεται η Ιόνια από την Λεβαντίνη Λεκάνη ($24,6^{\circ}\text{E}$ - 36°E και 31°N - 37°N), στα νότια της Μικράς Ασίας και της Κρήτης. Η λεκάνη του Αιγαίου ($22,5^{\circ}\text{E}$ - 36°E και 35°N - 41°N), η οποία ανήκει στο βορειοανατολικό τμήμα της Ανατολικής Μεσογείου και συνορεύει με την Τουρκία στα ανατολικά, με την ηπειρωτική Ελλάδα στα βορειοδυτικά και με την Κρήτη στα νότια, συνδέεται με τη Μαύρη Θάλασσα μέσω του στενού των Δαρδανελλίων καθώς και με τη Μεσόγειο στο νότο μέσω του στενού Κρήτη-Κάρπαθος-Ρόδος-Τουρκία (νοτιοανατολικό τμήμα) και του στενού της Κρήτης-Κυθέρων –Πελσου (Ρουίλος et al., 1997).



Σχήμα 1.2 : Λεκάνες μελέτης (Ιόνιο-Λεβαντίνη-Αιγαίο)

1.2 Μέσες Ατμοσφαιρικές συνθήκες της Μεσογείου

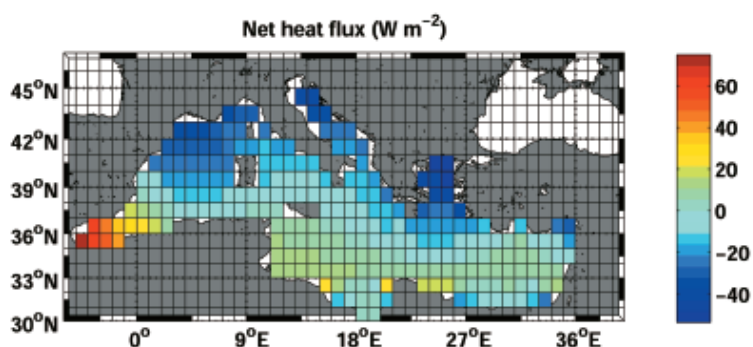
Ο τύπος κλίματος έχει πάρει το όνομά του από την ίδια τη θάλασσα. Ο "Μεσογειακός" τύπος κλίματος χαρακτηρίζεται από τα ζεστά καλοκαίρια και τους ήπιους χειμώνες που συναντάται στις ευρωπαϊκές ακτές. Ειδικότερα οι βόρειες και δυτικές περιοχές έχουν εύκρατο κλίμα και περισσότερη υγρασία, ενώ οι νότιες και οι ανατολικές περιοχές είναι πιο ζεστές με κλίμα αρκετά ξηρό. Οι βροχοπτώσεις είναι πυκνότερες την Άνοιξη και το Φθινόπωρο, αλλά στη νότια και στην ανατολική λεκάνη οι περισσότερες βροχές πέφτουν στις αρχές του Χειμώνα. Όλο το χρόνο επικρατούν κυρίως βόρειοι και δυτικοί άνεμοι. Η πραγματική ηλιοφάνεια συχνά ξεπερνά τις 250 ημέρες το χρόνο. Ο συνδυασμός δυνατών ανέμων και ηλιόλουστων ημερών συμβάλλει στην έντονη εξάτμιση στην επιφάνεια της θάλασσας.

1.3 Ατμοσφαιρικές και Πλευρικές Ανταλλαγές στη Μεσόγειο

Στη Μεσόγειο, η εξάτμιση(E) υπερσχύει της βροχόπτωσης(P) και απορροής ποταμών(R). Είναι, δηλαδή, λεκάνη «συμπύκνωσης», όπου σχετικά γλυκό νερό μετατρέπεται σε αλμυρότερο (Drakopoulos and Lascaratos, 1997). Λόγω της επικοινωνίας της Μεσογείου με τον Ατλαντικό ωκεανό, μέσω του στενού του Γιβραλτάρ, διαμορφώνεται μία ισορροπία μέσω της ανταλλαγής τους με δύο χαρακτηριστικά στρώματα. Σχετικά γλυκό νερό με προέλευση τον Ατλαντικό εισέρχεται στην Μεσόγειο επιφανειακά, όπου μετασχηματίζεται μέσω της εξάτμισης σε αλμυρότερο (και άρα πυκνότερο) νερό το οποίο βυθίζεται σε ενδιάμεσα βάθη και κινείται προς το Γιβραλτάρ, απ' όπου εξέρχεται στον Ατλαντικό ωκεανό. Με τον μηχανισμό αυτό η αλατότητα της λεκάνης παραμένει σταθερή. Η κυκλοφορία αυτή εκτείνεται σε ολόκληρη τη λεκάνη της Μεσογείου και επηρεάζει το σύνολο, σχεδόν, των υπολεκάνων της. Η διαδικασία αυτή επιδρά επίσης και στην μορφή των οικοσυστημάτων, με την μεταφορά οξυγόνου σε μεγαλύτερα βάθη λόγω της καταβύθισης επιφανειακών νερών, πλούσιων σε οξυγόνο από την επαφή τους με την ατμόσφαιρα.

Η κυκλοφορία που δημιουργείται μέσω των παραπάνω μηχανισμών είναι πολύπλοκη και σε αυτήν συμμετέχουν πολλαπλές αλληλεπιδρούσες κλίμακες όπως κλίμακες λεκάνης, υπολεκάνης και μεσοκλίμακες. Η πολυπλοκότητα και οι κλίμακες είναι αποτέλεσμα των τάσεων στην επιφάνεια (ανεμογενείς και θερμοαλατικές επιδράσεις διαφόρων χωρο-χρονικών κλιμάκων) και των κατακόρυφων κινήσεων λόγω των δυνατών τοπογραφικών και παράκτιων επιδράσεων, καθώς και λόγω των εσωτερικών δυναμικών διεργασιών.

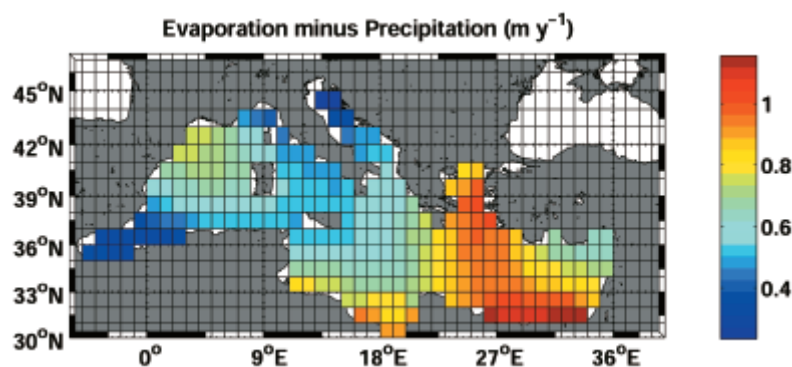
Στην Μεσόγειο η ροή θερμότητας υπολογισμένη από τη μεταφορά θερμότητας διαμέσου του στενού του Γιβραλτάρ παρουσιάζει ένα ετήσιο μέσο όρο, που αντιστοιχεί σε απώλεια θερμότητας περίπου $7 \pm 3 W/m^2$ (Lacombe et al., 1964; Boyum, 1967; Bethoux, 1979; Bunker et al., 1982) ή $5.2 \pm 1.3 W/m^2$ κατά την πιο πρόσφατη μελέτη του Macdonald et al. (1994). Σε μια σταθερή κατάσταση, η ροή θερμότητας λόγω μεταφοράς διαμέσου του Γιβραλτάρ θα πρέπει να εξισορροπείται από μία αντίστοιχη καθαρή απώλεια θερμότητας από την επιφάνεια της θάλασσας. Η αντίστοιχη ροή νερού μέσω του στενού του Γιβραλτάρ υπολογίζεται στα 0.56-0.66 m/year (σε τιμές απώλειας νερού από την επιφάνεια της Μεσογείου – Bryden and Kinder, 1991a,b). Με βάση υπολογισμούς βροχόπτωσης (0.55 m/year – Jaeger, 1976; 0.70 m/year – Legates and Willmot, 1990), αυτό ισοδυναμεί με 1.32-1.57 m/year μέση εξάτμιση από τη Μεσόγειο θάλασσα (Castellari et al., 1997). Στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου σύμφωνα με τις μετρήσεις UWM/COADS (Σχήμα 1.3), η μέση τιμή του ισοζυγίου ροής θερμότητας είναι περίπου $-4 W m^{-2}$ σε όλη τη λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου. Η λεκάνη του Αιγαίου αποτελεί το βορειοανατολικό τμήμα της Μεσογείου, με το θερμικό ισοζύγιο να είναι αρνητικό κατά προσέγγιση $-25 W m^{-2}$. Σύμφωνα με πιο πρόσφατες μελέτες (Nittis et al., 2003) το θερμικό ισοζύγιο είναι περίπου $-11.7 W m^{-2}$. Αυτό σημαίνει ότι στη λεκάνη του Αιγαίου παρατηρείται απώλεια θερμότητας από την επιφάνεια, η οποία θα πρέπει να αντισταθμίζεται, από μια εισροή θερμότητας μέσω των στενών της Κρήτης. Η πλευρική παροχή θερμότητας επιτυγχάνεται με την εισροή θερμών υδάτων από τη λεκάνη της Λεβαντίνης. Το ισοζύγιο ροής θερμότητας στη λεκάνη της Λεβαντίνης είναι $+1 W m^{-2}$ και της λεκάνης του Ιονίου $+2 W m^{-2}$. (SoHeIME, 2005).



Σχήμα 1.3: Ισοζύγιο ροών θερμότητας (UWM/COADS, SoHeIME, 2005)

Στη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, σύμφωνα με τις μετρήσεις UWM/COADS (Σχήμα 1.4), η μέση τιμή της εξάτμισης μείον της βροχόπτωσης είναι περίπου 0.7m/y σε όλη τη λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου. Τα υψηλότερα ποσοστά της διαφοράς εξάτμισης μείον βροχόπτωσης παρατηρούνται στη λεκάνη του Αιγαίου και της Λεβαντίνης και λιγότερα στη

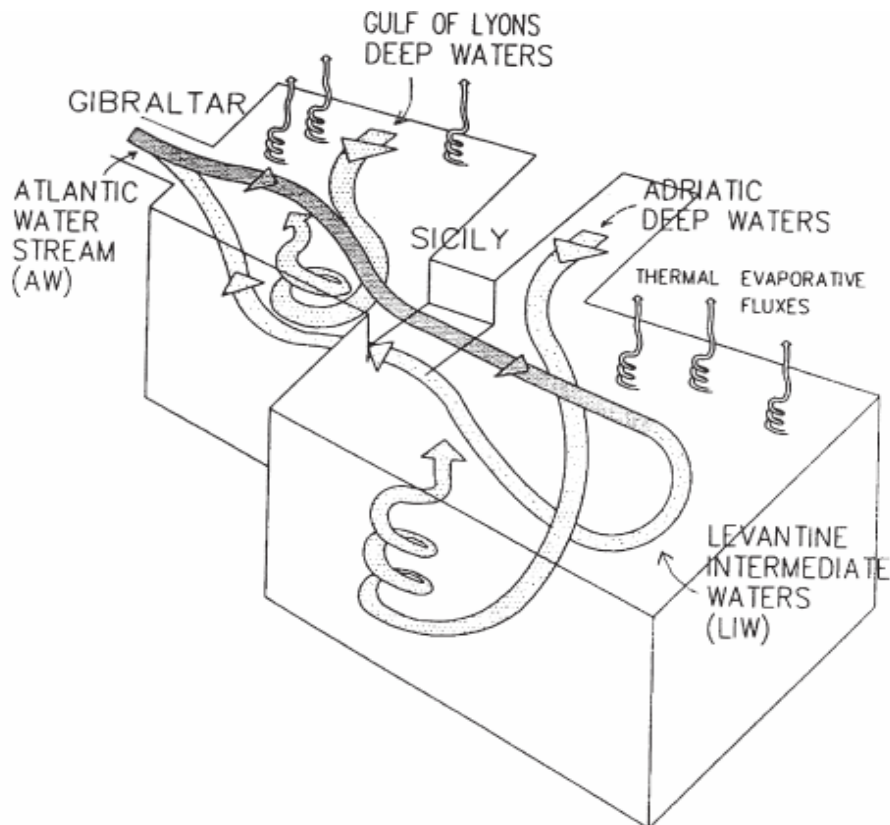
λεκάνη του Ιονίου. Η λεκάνη του Αιγαίου επηρεάζεται από τις ψυχρές και θερμές αέριες μάζες παρουσιάζοντας σημαντικές βαθμίδες υγρασίας μεταξύ θάλασσας και ατμόσφαιρας προκαλώντας έτσι εξάτμιση και απώλεια θερμότητας προς την ατμόσφαιρα.(SoHeIME, 2005). Η διαφορά εξάτμισης-βροχόπτωσης στη λεκάνη του Αιγαίου υπολογίζεται γύρω στα 0,94m/y βάση των μετρήσεων UWM/COADS, ενώ πιο πρόσφατες μελέτες(Nittis et al., 2003) έδειξαν ότι η διαφορά E-P υπολογίζεται 0.59 m/y. Επίσης σημαντικό ρόλο, για το ισοζύγιο νερού στη λεκάνη του Αιγαίου παίζει και η εισροή των υδάτων BSW . Στη λεκάνη της Λεβαντίνης 0.89m/y και στη λεκάνη του Ιονίου 0.690.7m/y.



Σχήμα 1.4: Ροή γλυκού νερού(Εξάτμισης-Βροχόπτωσης)(UWM/COADS,SoHeIME,2005)

1.4 Βασική Κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου και Σχηματισμός των Υδάτινων Μαζών

Οι Μεσογειακές λεκάνες (ανατολική και δυτική)(Σχήμα1.5) είναι λεκάνες συμπύκνωσης με ροή γλυκού νερού από τον Ατλαντικό (Atlantic Water - AW) δια μέσου των Στενών του Γιβραλτάρ και στη συνέχεια προς την ανατολική λεκάνη δια μέσου των Στενών της Σικελίας. Η μάζα του εισρέοντος επιφανειακού νερού από το Γιβραλτάρ κινείται, κατά μέσο όρο, κατά μήκος της Βόρειας ακτής της Αφρικανικής ηπείρου. Η αλατότητα της υδάτινης αυτής μάζας αυξάνεται κατά τη διαδρομή της προς το ανατολικό όριο της Μεσογείου και φτάνει στη Λεβαντίνη λεκάνη με σημαντικά αυξημένες τιμές αλατότητας. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, στη βορειοδυτική Λεβαντίνη (νότια της νήσου Ρόδου), η ψύξη των υδάτων αυτών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενδιάμεσων νερών, του Levantine Intermediate Water (LIW). Τα ενδιάμεσα αυτά νερά εντοπίζονται σε βάθη από 200 έως 400 μέτρα (Robinson and Golnaraghi, 1994) και χαρακτηρίζονται από υψηλή αλατότητα (έως 38,98 psu) και σχετικά υψηλή θερμοκρασία (έως 15,5°C)(Robinson and Golnaraghi, 1994). Η υδάτινη αυτή μάζα διασκορπίζεται στην υπόλοιπη Μεσόγειο, με βασικά κυκλωνική ενδιάμεση κυκλοφορία, επηρεάζοντας την κατακόρυφη στρωμάτωση των υπο-λεκανών της Μεσογείου και τη δημιουργία βαθιών νερών. Το στρώμα του LIW κατευθύνεται στο δυτικό όριο της Μεσογείου και εξέρχεται από το βυθό του στενού του Γιβραλτάρ στον Ατλαντικό ωκεανό.



Σχήμα 1.5: Θερμοαλατική κυκλοφορία της Μεσογείου(Lascaratos et al.,1999)

Τα θαλάσσια ρεύματα και η δημιουργία δινών αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά της κυκλωνικής κυκλοφορίας της ανατολικής Μεσογείου και επηρεάζονται άλλοτε από μετεωρολογικούς παράγοντες (ανεμολογικό πεδίο) και άλλοτε από θερμοαλατικές μεταβολές. Η μάζα νερού Modified Atlantic Water (MAW), η οποία έχει ανατολική επιφανειακή ροή, εισέρχεται στη λεκάνη της Λεβαντίνης και φθάνει έως την ανατολική πλευρά της Λεβαντίνης ακολουθώντας την κυκλωνική κυκλοφορία που επικρατεί στην Ανατολική Μεσόγειο (Robinson 1991). Η ανατολική ροή των MAW, στη λεκάνη της Λεβαντίνης γίνεται με τη βοήθεια του ρεύματος της Βόρειας Αφρικής (NAC), το οποίο κινείται κατά μήκος της ακτής της βόρειας Αφρικής και λόγω βαροκλιτικής αστάθειας του ρεύματος NAC, δημιουργούνται σχηματισμοί μικρότερης κλίμακας στη νότια πλευρά της λεκάνης. Άλλοι μόνιμοι και άλλοι ημιμόνιμοι σχηματισμοί, όπως ο αντικυκλώνας της Ιεράπετρας, οφείλονται σε χαρακτηριστικά του ανεμολογικού πεδίου (curl of wind stress). Πρόσφατες παρατηρήσεις έδειξαν στη νότια πλευρά του Ιονίου και της Λεβαντίνης το σύστημα αντικυκλωνικών δινών μέσης κλίμακας. Βάση αυτών των παρατηρήσεων φαίνεται ένα έντονο σύστημα αντικυκλωνικών δινών μέσης κλίμακας (Libyo-Egyptian Eddies, LEEs)/(Gerin et al.,2009). Στη νοτιοδυτική Κρήτη έχει παρατηρηθεί ο Western Cretan Gyres, ο οποίος είναι ένας μόνιμος κυκλώνας (Onchinnikov,1966,Robinson et al.,1991) και κατά τη θερινή περίοδο επηρεάζεται από τη βορειοδυτική ροή των Ετησίων. Η ομάδα του Roem (1992) πρότεινε μια μορφή κυκλοφορίας στη Λεβαντίνη που

χαρακτηρίζεται από δύο συστήματα δινών υπολεκάνης, με ένα αντικυκλωνικό σύστημα στα νότια της λεκάνης (Mersha-Matruh και Shikmona αντικυκλώνες) και έναν κυκλώνα στο βόρειο μέρος της Λεκάνης, το Rhodes Gyres. Τα δύο συστήματα διαχωρίζονται από το ρεύμα της Κεντρικής Λεβαντίνης (Robinson et al., 1991;). Αυτό το ρεύμα μεταφέρει τη μάζα νερού MAW (χαρακτηρίζεται από χαμηλή αλατότητα) στη κεντρική Λεβαντίνη και κινείται ανατολικά ανάμεσα στο Rhodes Gyres και του Mersa-Matruh. Έπειτα διακλαδώνεται στη νότια Κύπρο σε δύο κομμάτια, το ένα κομμάτι συγχωνεύεται στον αντικυκλώνα Shikmona, ενώ το άλλο κομμάτι στρέφεται προς το βορρά και στη συνέχεια ρέει προς τα δυτικά για να τροφοδοτήσει το Asian Minor Current (AMC). Το AMC ρέει δυτικά και εισέρχεται στη λεκάνη του Αιγαίου μεταφέροντας τα επιφανειακά νερά της Λεβαντίνης, τα οποία είναι αλμυρά και υψηλής θερμοκρασίας (Malanotte-Rizoli and Hecht et al., 1988; Malanotte-Rizoli, 1994; Robinson and Golangari et al., 1991). Πρόσφατα αναδύχθηκε μια πιο σύνθετη μορφή της κυκλοφορίας στην περιοχή (Gerin, et al. 2009), ενώ και η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια κριτική προσέγγιση των χαρακτηριστικών αυτών.

Στο βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης της Λεβαντίνης κυριαρχεί ο κυκλώνας της Ρόδου (Rhodes Gyres). Το Asian Minor Current (AMC) κινείται περιφερειακά γύρω από το Rhodes gyres και επηρεάζει τη λεκάνη του Αιγαίου μεταφέροντας νερά μέσω του στενού Κρήτη-Κάρπαθος-Ρόδος-Τουρκία στη λεκάνη του Αιγαίου (Theocharis et al, 1993) και κινείται ανατολικά πάνω από το βόρειο τμήμα της Κρήτης. Ένα άλλο τμήμα του Asian Minor Current κινείται δυτικά και νότια της Κρήτης ενώ κατά την έξοδο του από τη λεκάνη της Λεβαντίνης επηρεάζει και τη λεκάνη του Ιονίου.

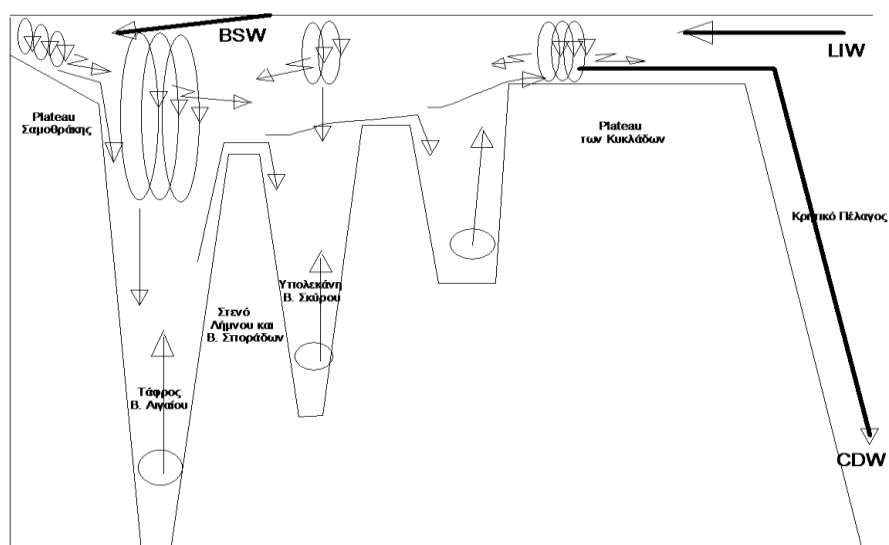
Λόγω της γεωγραφικής σύνδεσης της λεκάνης του Αιγαίου και της Λεβαντίνης μέσω του στενού Κρήτη-Κάρπαθος-Ρόδος-Τουρκία, η κυκλοφορία της Λεβαντίνης επηρεάζει τα δυναμικά χαρακτηριστικά της λεκάνης του Αιγαίου. Το AMC κινείται δυτικά (Theocharis et al, 1993) πάνω από τη βόρεια Κρήτη μεταφέροντας τα επιφανειακά νερά της Λεβαντίνης (LSW-Levantine Surface Water) από τη λεκάνη της Λεβαντίνης.

Σε μεγάλη κλίμακα η λεκάνη του Αιγαίου έχει κυκλωνική ροή, με την εισροή υδάτων από το νοτιοανατολικό Αιγαίο και με ροή προς το βόρειο μέρος της λεκάνης κατά μήκος των ακτών της Μικράς Ασίας και νότια ροή στις δυτικές ακτές του Αιγαίου (Onchinnikov, 1966). Το βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης του Αιγαίου χαρακτηρίζεται από ένα αρνητικό στροβιλισμό (curl) ανέμου το οποίο τείνει να ενισχύσει την αντικυκλωνική κυκλοφορία στην περιοχή, ενώ η θερμοαλατική επίδραση τείνει να ενισχύσει την κυκλωνική κυκλοφορία (Sofianos, 2005). Στο Δυτικό μέρος της Λήμνου δημιουργείται ένα ισχυρό ρεύμα με δυτική ροή και κινείται κατά μήκος των ακτών της Εύβοιας

(Oslo et al., 2007), το οποίο μεταφέρει τα τροποποιημένα νερά BSW στο νότιο μέρος της λεκάνης του Αιγαίου.

Στο νότιο μέρος της λεκάνης του Αιγαίου παρατηρείται έντονη μεταβλητότητα μέσης κλίμακας, η οποία αποτελείται από περιοδικούς-μεταβατικούς κυκλώνες και αντικυκλώνες, με την γενική κυκλοφορία να επηρεάζεται από τις γειτονικές λεκάνες (Lykousis et al.,2002). Ο συνδυασμός των θερμοαλατικών επιδράσεων και του ανεμολογικού πεδίου, οδηγούν σε μια πολύπλοκη μορφή επιφανειακής κυκλοφορίας, όπου στο μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης κυριαρχούν η κυκλοφορία καθώς και κυκλωνικοί σχηματισμοί, ενώ αντικυκλωνικοί σχηματισμοί επικρατούν στο βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης. Η ατμοσφαιρική επίδραση καθώς και η χωροχρονική μεταβλητότητα παίζει σημαντικό ρόλο για την ανάβλυση(urwelling) και την κατάβλυση(downwelling) των υδάτων στις παράκτιες περιοχές, λόγω των βόρειων ανέμων. Στο ανατολικό μέρος παρατηρείται ανάβλυση νερών λόγω των βόρειων ανέμων, οι οποίοι έχουν μεγαλύτερη ένταση κατά τη θερινή περίοδο λόγω των Ετησίων. Κατά μήκος των δυτικών ακτών του Αιγαίου οι Ετησίες δημιουργούν κατάβλυση των υδάτων, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μια κλίση της επιφανειακής θερμοκρασίας ανατολής-δύσης.

Στο βόρειο τμήμα της λεκάνης του Αιγαίου παρατηρούνται οι χαμηλότερες τιμές της επιφανειακής θερμοκρασίας 16°C και αλατότητας γύρω στα 33 psu. Κύριος παράγοντας της κυκλοφορίας για το βόρειο Αιγαίο είναι η εκροή υδάτων από τη Μαύρη θάλασσα(Black Sea Water-BSW) από το στενό των Δαρδανελίων, το οποίο δημιουργεί ένα ισχυρό μέτωπο στη περιοχή σύγκλισης με τα αλμυρά και ζεστά νερά που προέρχονται από τη λεκάνη της Λεβαντίνης (Zodiatis et al.,1996; Poulos et al.,1997; Lykousis et al.,2002;).



Σχήμα 1.6 : Κυκλοφορία της λεκάνης Αιγαίου(Georgopoulos,D.,Thermoline Circulation and Dynamics Structure of the του North Aegean, 2002)

Η υδάτινη μάζα(Σχήμα 1.6) που εξέρχεται από τη Μαύρη θάλασσα κινείται δυτικά κατά μήκος των βόρειων ακτών της Λήμνου και στη συνέχεια διακλαδώνεται σε βόρειο και νότιο κλάδο. Το τμήμα του ρεύματος που κινείται βόρεια συνεισφέρει στις αντικυκλωνικές κινήσεις της περιοχής. Το άλλο τμήμα του ρεύματος, το οποίο κινείται στην αρχή νοτιοδυτικά, στη συνέχεια κινείται προς το νότο, μεταφέροντας την υδάτινη μάζα BSW στο νότιο τμήμα της λεκάνης, μέσω του στενού των Κυκλάδων(Zervakis and Georgopoulos,2002). Η κυκλοφορία στη λεκάνη της Χίου είναι σχεδόν μόνιμη κυκλωνική. Η εισροή κρύων υδάτων από τη Μαύρη θάλασσα μέσω του στενού των Δαρδανελίων παίζει σημαντικό ρόλο για την κατανομή της θερμοκρασίας και της αλατότητας στο βορειοανατολικό Αιγαίο.

Το τμήμα της λεκάνης του Ιονίου που ανήκει στον Ελλαδικό χώρο είναι το ανατολικό τμήμα του Ιόνιου. Η κυκλοφορία στη λεκάνη του Ανατολικού Ιονίου έχει πολύπλοκη μορφή, με το Atlantic-Ionian Stream να εισέρχεται στη λεκάνη του Ιονίου από το στενό της Σικελίας, έχοντας ανατολική ροή. Στη συνέχεια το AIS διακλαδώνεται σε δύο τμήματα. Το ένα τμήμα κινείται βόρεια και γυρίζει νότια ακολουθώντας στις ανατολικές ακτές της Στερεάς Ελλάδας στη συνέχεια συνδέεται με το NAC, το οποίο έχει ανατολική ροή μεταφέροντας την υδάτινη μάζα(MAW) στη λεκάνη της Λεβαντίνης. Στο τμήμα της λεκάνης του Ιονίου που ανήκει στον Ελλαδικό χώρο δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα έντονα φαινόμενα με πιο σημαντικά τον αντικυκλώνα Pelops και τον κυκλώνα της δυτικής Κρήτης. Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζουν εποχικότητα και επηρεάζονται άμεσα από την κυκλοφορία της λεκάνης της Λεβαντίνης και του Αιγαίου και την απορροή υδάτων από το στενό Κυθήρων-Πελοποννήσου-Κρήτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ-ALERMO

2.1 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ

Οι ωκεανοί καλύπτουν περίπου το 70^ο της επιφάνειας της γης και το 60^ο του πληθυσμού ζει σε απόσταση περίπου 200Km από την ακτή. Η πρόγνωση των θαλάσσιων συνθηκών είναι τόσο σημαντική, ιδίως για τους ανθρώπους που εξαρτώνται άμεσα από τη κατάσταση των θαλάσσιων συνθηκών, όσο είναι και η πρόγνωση των μετεωρολογικών συνθηκών. Η ανάπτυξη και διατήρηση μιας ανεξάρτητης αρχής στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος ωκεάνιας πρόγνωσης είναι αναγκαία (European operational ocean forecasting) καθώς και οι παράκτιες και θαλάσσιες πληροφορίες, οι οποίες προέρχονται από ένα σύστημα παρακολούθησης το Global Monitoring for the Environment and Security (GMES) της ευρωπαϊκής επιτροπής ESA (European Space Agency). Τα τελευταία χρόνια μέσω της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας δίνεται η δυνατότητα για παρακολούθηση και αξιολόγηση της κατάστασης του ωκεανού. Η ανάπτυξη της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας ώστε να φτάσει στο επίπεδο ωρίμανσης και ευρείας χρήσης αποτελεί την πρόκληση του 21^{ου} αιώνα. Οι βραχυπρόθεσμοι στόχοι έχουν ως σκοπό να παρέχουν ολοκληρωμένες υπηρεσίες στους ενδιάμεσους και τους τελικούς χρήστες και να υπάρχει υποστήριξη από τους κατασκευαστές, για ασφαλή και αποτελεσματική υπεράκτια δραστηριότητα, για τη παρακολούθηση της ρύπανσης, της περιβαλλοντικής διαχείριση, την ασφάλεια και την βιώσιμη χρήση των θαλάσσιων πόρων. Η ολοκληρωμένη άποψη για την ωκεάνια πρόγνωση θα δώσει νέες προοπτικές στη μετεωρολογική πρόγνωση, το οικοσύστημα και την έρευνα για το κλίμα.

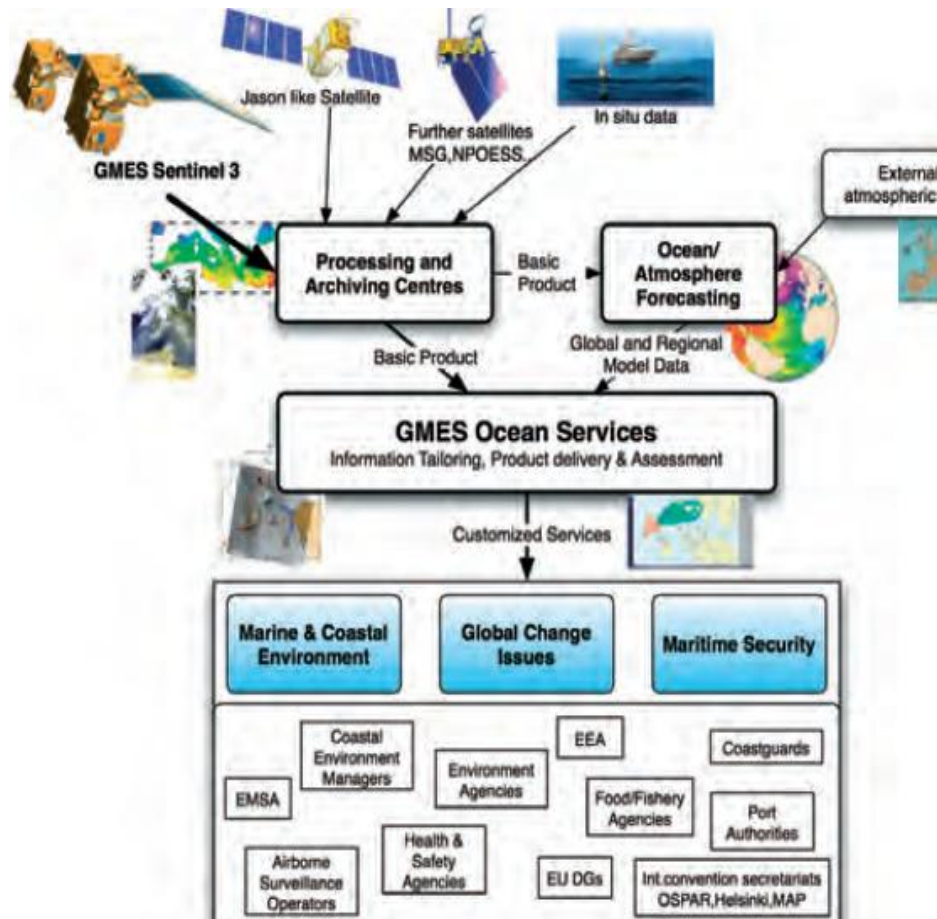
Τα τελευταία δέκα χρόνια έχει ξεκινήσει σημαντική προσπάθεια για την ανάπτυξη της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας στην Ευρώπη. Κύριος ερευνητικός στόχος είναι η ανάπτυξη ενός ευρωπαϊκού συστήματος για την επιχειρησιακή παρακολούθηση και πρόγνωση των θαλάσσιων συνθηκών, της βιοχημείας και των οικοσυστημάτων σε παγκόσμια και περιφερειακή κλίμακα (www.mersea.eu.org). Παράλληλα το GMES αναπτύσσει το σύστημα πληροφοριών του θαλάσσιου και παράκτιου περιβάλλοντος (www.esa.int/gmes). Η πρωτοβουλία της EC και της ESA υποστηρίζεται και από τη δορυφορική συνιστώσα του GMES μέχρι το 2015.

Βάση των θαλάσσιων πληροφοριών μέσω του προγράμματος του GMES θα αναπτύξουν, θα ενισχύσουν και θα βελτιώσουν τις ευρωπαϊκές κοινότητες που συνδέονται με :

- Τον έλεγχο και την επιβολή των διεθνών συνθηκών καθώς και την αξιολόγηση των Ευρωπαϊκών πολιτικών
- τη βιώσιμη εκμετάλλευση και διαχείριση των θαλάσσιων πόρων (υπεράκτια βιομηχανία πετρελαίου και αερίου, την αλιεία, κλπ.).
- την βελτίωση της ασφάλειας των θαλάσσιων μεταφορών και της ναυτιλίας.
- Την πρόβλεψη και το μετριασμό των επιπτώσεων στο περιβάλλον καθώς και τις πηγές της ρύπανσης (πετρελαιοκηλίδες, επιβλαβών φυκιών ανθίσεις, κ.λπ.).
- Την προηγμένη θαλάσσια έρευνα για την καλύτερη κατανόηση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και τις διακυμάνσεις τους.
- Την συμβολή του ωκεανού για τις μελέτες της μεταβλητότητας του κλίματος.
- Την πρόγνωση της εποχικής διακύμανσης του κλίματος και την προστασία των παράκτιων πληθυσμών.

Τέλος, το GMES θα πρέπει να είναι σε θέση να δίνει πληροφορίες σε παγκόσμια και περιφερειακή κλίμακα στην επιχειρησιακή ωκεανογραφία για την τηλεανίχνευση των επιτόπιων μετρήσεων και την προσομοίωση των δεδομένων έτσι ώστε να γίνεται η διανομή των τελικών αποτελεσμάτων.

Η χρήση και η ανάλυση των πληροφοριών από τους τελικούς χρήστες θα πρέπει να γίνεται βάση των διεθνών συμβάσεων(π.χ. OSPAR, HELCOM, UNCLOS)¹ και των διεθνών οργανισμών (π.χ. EEA, ICES, WCRP, UNFCCC)² που δίνουν του περιβαλλοντολογικούς δείκτες, τα δεδομένα και τις πληροφορίες, τους επιχειρησιακούς οργανισμούς που είναι υπεύθυνοι για την θαλάσσια μετεωρολογία, την πρόγνωση του καιρού, τη θαλάσσια ασφάλεια και την περιβαλλοντική παρακολούθηση Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1: Απεικόνιση της λειτουργίας του συστήματος πληροφοριών του GMES(www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin124/bul124g_drinkwater.pdf)

Στα πλαίσια των ευρωπαϊκών προγραμμάτων για την ανάπτυξη της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας περιλαμβάνονται το ECOOP και το My Ocean. Το ECOOP έχει ως στόχο την ενοποίηση, την ενσωμάτωση και την περαιτέρω ανάπτυξη των ευρωπαϊκών παράκτιων και περιφερειακών θαλασσών στα συστήματα πρόγνωσης της επιχειρησιακής παρατήρησης σε ένα ολοκληρωμένο πανευρωπαϊκό σύστημα. Στοχεύει στην ανίχνευση του περιβάλλοντος, τις κλιματικές αλλαγές, την πρόβλεψη της εξέλιξής τους, καθώς και την έγκαιρη και καλή ποιότητα πρόγνωσης, την παροχή υπηρεσιών των θαλάσσιων πληροφοριών (συμπεριλαμβανομένων δεδομένων, γνώσεων και επιστημονικών συμβουλών) για να διευκολύνουν τις ανάγκες υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων.

Κύριοι άξονες ήταν:

- Η ενσωμάτωση παράκτιων και περιφερειακών συστημάτων, παρατηρώντας (π.χ. με τη χρήση επιτόπιων και εξ' αποστάσεως ανιχνεύσιμων μεθόδων) τα δίκτυα σε ένα πανευρωπαϊκό σύστημα.

- Η ενσωμάτωση παράκτιων και περιφερειακών συστημάτων πρόγνωσης σε ένα πανευρωπαϊκό σύστημα πρόγνωσης και η προσομοίωση της πανευρωπαϊκής βάσης δεδομένων παρατήρησης στο σύστημα.
- Η αξιολόγηση της ποιότητας της πανευρωπαϊκής παρατήρησης και πρόγνωσης του συστήματος.
- Η πρόοδος της τεχνολογίας για την τρέχουσα και την επόμενη γενιά της πανευρωπαϊκής παρατήρησης και πρόγνωσης του συστήματος.
- Η ανάπτυξη και η δημιουργία συστημάτων για την ανίχνευση του περιβάλλοντος και των σημάτων της κλιματικής αλλαγής.
- Η ενσωμάτωση και η εφαρμογή ενός πανευρωπαϊκού συστήματος θαλάσσιων πληροφοριών (European Marine Information System of Systems (EuroMISS)) για την κάλυψη των αναγκών των τελικών χρηστών.
- Η ανάπτυξη μεθοδολογίας που θα επιδείξει ένα Ευρωπαϊκό Σύστημα Υποστήριξης για τις παράκτιες και τις περιφερειακές θάλασσες (EuroDeSS) το οποίο θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες των τελικών χρηστών, βάση των προγραμμάτων GEOSS και GMES .
- Η εφαρμογή της τεχνολογίας τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε διηπειρωτικό επίπεδο.

Το My Ocean 2009-2012 αποτέλεσε επιχειρησιακή ανάπτυξη βασισμένο στα επιτεύγματα προηγούμενων προγραμμάτων και έχει τη δυνατότητα να δίνει συστηματική ενημέρωση(επεξεργασία δεδομένων) σχετικά με την κατάσταση των περιφερειακών θαλασσών καθώς και ανάλυση ακριβείας που απαιτείται για τους ενδιάμεσους χρήστες. Οι ωκεάνιες παρατηρήσεις προέρχονται από δορυφορικά συστήματα και από επιτόπιες πλατφόρμες μέτρησης, όπως επιφανειακά και υπόγεια αγκυροβόλα καθώς και παρατηρήσεις από πλοία.

Ένα συνεκτικό σύστημα πρόγνωσης φυσικών και βιοχημικών παραμέτρων ,που στηρίζεται σε ένα πλέγμα αριθμητικών μοντέλων πρόγνωσης , αναπτύσσεται και βελτιώνεται στα πλαίσια του My Ocean. Αποτελείται από έναν πυρήνα περιφερειακών συστημάτων και συμπληρώνεται από πληθώρα μικρότερης κλίμακας συστημάτων, που βρίσκονται κοντά στην ανάγκη των χρηστών. Το σύστημα αυτό βρίσκεται σε συνεχή δοκιμή και βελτίωση με χρήση δεδομένων παρατήρησης.

2.2 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ

Η Μεσόγειος θάλασσα αποτελεί περιοχή μείζονος ενδιαφέροντος στα πλαίσια της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας. Το σύστημα παρακολούθησης Mediterranean Operational Oceanography Network (MOON) έχει ως στόχο:

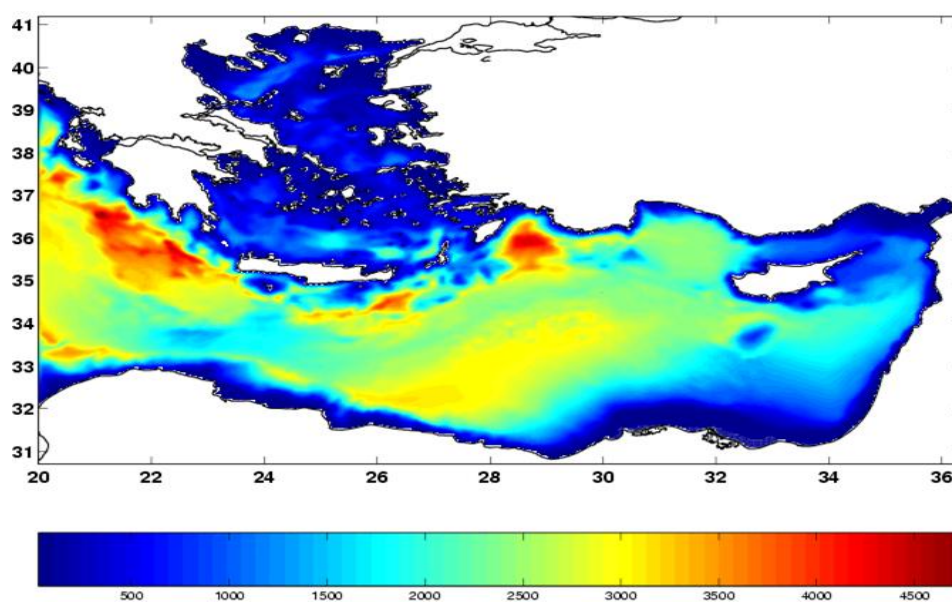
- Την εδραίωση και την επέκταση συστήματος θαλάσσιας παρατήρησης και πρόγνωσης στη Μεσόγειο και τη διασφάλιση της πλήρους ενσωμάτωσης στη συνολική λειτουργία της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας στην Ευρώπη.
- Το συντονισμό, τη βελτίωση και την εναρμόνιση παρατήρησης στα συστήματα πληροφόρησης
- Την αύξηση της ποιότητας και την αναζήτηση νέων χρηστών με σκοπό τη περαιτέρω ανάπτυξη της χρήσης της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας, για αυτό το λόγο συνεργάζονται με το UNEP-MAP και άλλους φορείς που δραστηριοποιούνται σε περιφερειακό επίπεδο.
- Τη Βελτίωση και την καθιέρωση των αποτελεσμάτων πρόγνωσης ώστε να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.
- Την ενθάρρυνση των ερευνητικών ομάδων της Μεσογείου για την ανάπτυξη της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας.
- Διευκολύνει τη διαθεσιμότητα και τη διάδοση των μακροπρόθεσμων δεδομένων υψηλής ποιότητας που απαιτούνται για την επιστημονική κατανόηση των μηχανισμών που διέπουν την κυκλοφορία και το οικοσύστημα της Μεσογείου.
- Την προώθηση της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας μέσω της κατάρτισης και της εκπαίδευσης.

Οι επιχειρησιακές δραστηριότητες πρόγνωσης πραγματοποιούνται σε τρία επίπεδα/κλίμακες: την κλίμακα λεκάνης, τη περιφερειακή κλίμακα και τη κλίμακα της υφαλοκρηπίδας, παρέχοντας εβδομαδιαίες (5 ημερών) πρόγνωσης των χαρακτηριστικών της περιοχής. Αυτά τα τρία επίπεδα συνδέονται μέσω της ένθεσης(nesting) με ένα τηλεσκοπικό πρότυπο, όπου το μοντέλο της υφαλοκρηπίδας είναι ενσωματωμένο στο περιφερειακό και στη συνέχεια το περιφερειακό είναι ενσωματωμένο στο μοντέλο της Μεσογείου. Σε αυτό το σύστημα είναι ενσωματωμένο και το σύστημα πρόγνωσης ALERMO

του Πανεπιστημίου Αθηνών, που καλύπτει μεγάλο μέρος της Ανατολικής Μεσογείου..

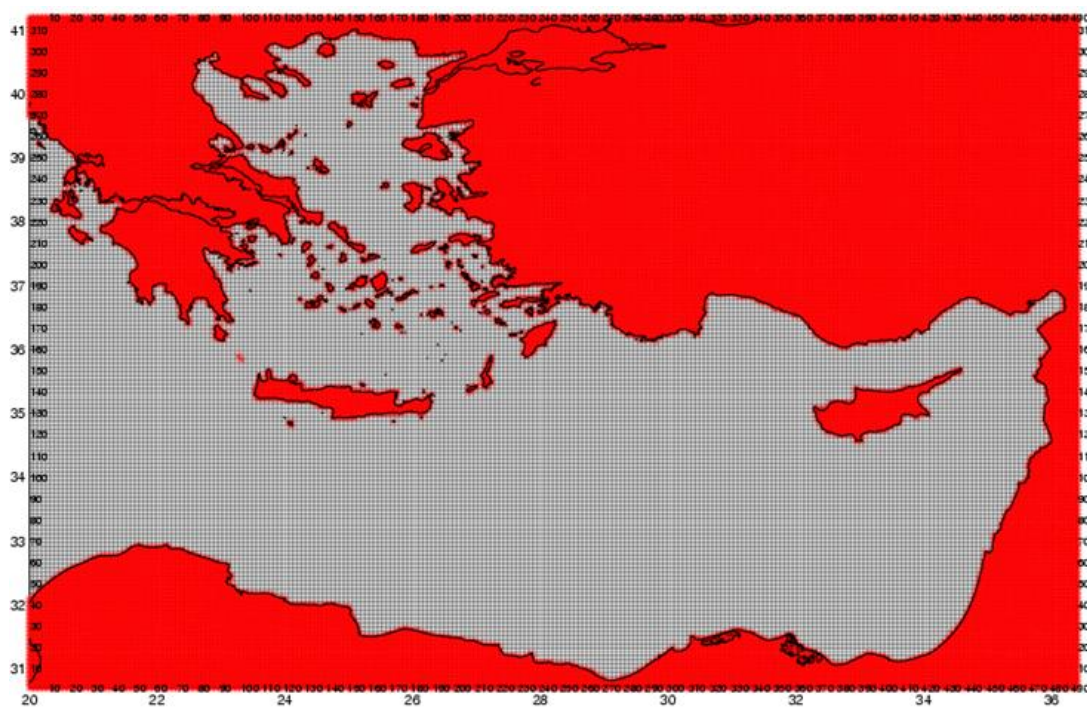
2.3 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΝΩΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ALERMO

Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα συστήματος που έχει ως πυρήνα το μοντέλο Aegean-Levantine Eddy Resolving Model (ALERMO). Το μοντέλο ALERMO τέθηκε σε εφαρμογή, αναπτύχθηκε και δοκιμάστηκε στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του συστήματος πρόβλεψης της Μεσογείου, (Korres and Lascaratos, 2003) συμπεριλαμβανόμενης και της τελευταίας έκδοσης με την εφαρμογή νέας μεθόδου της αρχικοποίησης των μεταβολών. Το μοντέλο ALERMO βασίζεται στο Princeton Ocean Mode (POM, Blumberg and Mellor, 1987), οι οποίες είναι πρωταρχικές εξισώσεις τριών διαστάσεων της θαλάσσιας κυκλοφορίας. Το μοντέλο POM βασίζεται σε ένα κατακόρυφο σύστημα συντεταγμένων στην υδάτινη στήλη (σ-σύστημα συντεταγμένων), οι οποίες ακολουθούν την τοπογραφία του βυθού. Οι μεταβλητές στις οποίες μπορεί να γίνει πρόγνωση είναι η δυνητική θερμοκρασία, η αλατότητα, η ταχύτητα και η ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας. Το μοντέλο ALERMO (που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία) καλύπτει τη γεωγραφική περιοχή 20°E - 36.4°E , 30.7°N - 41.2°N και έχει ανοικτό όριο στις 20°E . Το πλέγμα έχει οριζόντια ανάλυση $1/30^{\circ}\times 1/30^{\circ}$ (493x316) σημεία και 25σ-επίπεδα στη κατακόρυφη ανάλυση με λογαριθμική κατανομή κοντά στην επιφάνεια η οποία δίνει καλύτερα αποτελέσματα στο στρώμα ανάμειξης. Η τελευταία έκδοση του μοντέλου έχει αναβαθμιστεί σε οριζόντια ανάλυση $1/50^{\circ}\times 1/50^{\circ}$.



Σχήμα 2.2: Βαθυμετρία του ALERMO

Η τοπογραφία της περιοχής(Σχήμα 2.2) που χρησιμοποιεί βασίζεται στη βάση δεδομένων του U.S Navy Digital Bathymetric Data Base I, έχει οριζόντια ανάλυση ($1/60^0 \times 1/60^0$) και επιτρέπει την καλή περιγραφή της περίπλοκης τοπογραφίας/γεωγραφίας της περιοχής. Τα εποχιακά υδρολογικά δεδομένα, που χρειάζονται για την αξιολόγηση των οριζόντιων όρων διάχυσης του μοντέλου ολοκλήρωσης, ελήφθησαν μετά από διγραμμική παρεμβολή από τη βάση δεδομένων MODB-MED4 με κλιματολογικά στοιχεία.(Brasseur et al.,1996). Το στενό των Δαρδανελίων βάση του μοντέλου ALERMO θεωρείται ότι είναι ένα ανοιχτό όριο από το οποίο γίνεται εισροή υδάτων στο Αιγαίο πέλαγος από τη Μαύρη θάλασσα. Το ALERMO χρησιμοποιεί ως επιφανειακή πραγματική ροή καθαρού νερού. Η εφαρμογή της ροής γλυκού νερού ως οριακή συνθήκη στον κώδικα του POM εισάγεται ως μια μικρή αλλαγή στην εξίσωση της συνέχειας και στην επιφανειακή οριακή συνθήκη της κάθετης ταχύτητας.



Σχήμα 2.3: Περιοχή ολοκλήρωσης του ALERMO.

Οι οριακές συνθήκες στο δυτικό όριο του μοντέλου καθορίζονται από το μεσογειακό μοντέλο πρόγνωσης (Korres and Lascaratos,2003). Η σύνδεση ανάμεσα στα δύο μοντέλα περιλαμβάνει τη ζωνική και τη μεσημβρινή ταχύτητα, τη θερμοκρασία και την αλατότητα. Ο συνδυασμός έχει δοκιμαστεί κατά τη διάρκεια του MFSP (Mediterranean forecasting System Pilot Project, Pinardi et al.,2003) υπό κλιματολογική ατμοσφαιρική δράση και σε προγνωστική μορφή στο πρόγραμμα MFSTEP (Mediterranean Forecasting Toward Environmental Prediction). Οι ταχύτητες στο ανοιχτό όριο περιορίζονται έτσι ώστε ο όγκος της μεταφοράς να διατηρείται ανάμεσα στα δύο μοντέλα(ALERMO και OGCM). Οι ατμοσφαιρικές οριακές συνθήκες του

ALERMO παρέχονται από το μοντέλο SKIRON/ETA (ατμοσφαιρικό μοντέλο πρόγνωσης Kallos et al., 2005). Το ατμοσφαιρικό μοντέλο εφαρμόστηκε στο σύστημα του SKIRON ως επιχειρησιακό μοντέλο πρόγνωσης του καιρού με οριζόντια ανάλυση $1/20^0 \times 1/20^0$. Αυτό το μοντέλο παρέχει πληροφορίες για την ταχύτητα του ανέμου στα 10 μέτρα,, την θερμοκρασία του αέρα στα 2 μέτρα και τη σχετική υγρασία καθώς και το ποσοστό βροχόπτωσης, το κέρδος της ακτινοβολίας των βραχέων κυμάτων και τις υπέρυθρες της ατμοσφαιρικής ακτινοβολίας που φθάνουν στην επιφάνεια της θάλασσας.

Οι ατμοσφαιρικοί παράμετροι (με γραμμική παρεμβολή στο χρόνο) χρησιμοποιούνται από το μοντέλο ALERMO για την εκτίμηση της ροής θερμότητας, της ροής νερού και την ορμή στην επιφάνεια της θάλασσας κατά τη ολοκλήρωση του μοντέλου σε κάθε χρονικό βήμα. Η σύνδεση των δύο μοντέλων, ατμοσφαιρικού και θαλάσσιου, είναι τέτοια ώστε να υπάρχει μονόδρομη σχέση κατά την αλληλεπίδραση θάλασσας-ατμόσφαιρας (Kallos et al., 2005).

Οι ατμοσφαιρικοί παράμετροι στη επιφάνεια της θάλασσας δεν διορθώνονται από το ωκεάνιο μοντέλο, αλλά αυτό μπορεί να προσαρμόσει την εξάτμιση, τη μεγάλο μήκους κύματος ακτινοβολία από τη θάλασσα, καθώς και την αισθητή ροή θερμότητας μέσω της επιφανειακής θερμοκρασίας βάση της κατάλληλης εξίσωσης (Korres et al., 2002). Το ALERMO εκκινείται από το MFSTEP OGCM σε ημερήσια βάση, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο (Variational Initialization - IV) (Auclair et al., 2000). Μέσα από μια σειρά πειραματικών δεδομένων έχει αξιολογηθεί η ικανότητα πρόγνωσης του μοντέλου.

Το σύστημα πρόγνωσης του ALERMO παρέχει προγνώσεις 5 ημερών από την 1 Σεπτεμβρίου του 2004. Στο πρώτο διάστημα η πρόγνωση πραγματοποιούνταν σε εβδομαδιαία βάση, ενώ από την 1 Ιανουαρίου του 2006 η πρόγνωση των 5 ημερών πραγματοποιείται σε καθημερινή βάση.

2.4 Χρήση του προγνωστικού μοντέλου ALERMO

Τα προγνωστικά αποτελέσματα που παρήχθησαν από το ALERMO χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων, που θα αναλυθεί στην παρούσα εργασία. Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν, απευθείας από το σύστημα πρόγνωσης του ALERMO, σε αυτή τη χρονική διάρκεια για την απεικόνιση της χωρικής κατανομής είναι:

- ✚ Η αλατότητα,
- ✚ Η θερμοκρασία
- ✚ Η επιφανειακή ανύψωση της θάλασσας και
- ✚ Οι οριζόντιες ταχύτητες (ζωνική και μεσημβρινή).

Η μελέτη των αποτελεσμάτων κρίθηκε αναγκαία να γίνει σε εβδομαδιαία βάση με στόχο τη μείωση του όγκου των δεδομένων για την ευχερέστερη ανάλυσή τους. Στην παρούσα εργασία δεν ασχολούμαστε με φαινόμενα μικρότερης χρονικής κλίμακας, πέραν της συνοπτικής, επομένως η μεγαλύτερη διακριτοποίηση στο χρόνο δε θα μεταβάλλει σημαντικά τα αποτελέσματα. Η χρονική περίοδος που μελετήθηκε είναι από τις 2 Μαρτίου του 2007 έως τις 30 Απριλίου του 2010, χρησιμοποιώντας την πρώτη μέρα πρόγνωσης για καλύτερη απεικόνιση και τη κατανόηση της χωρικής και χρονικής μεταβλητότητας του επιφανειακού στρώματος βάθους 10m της περιοχής του ALERMO. Η επιλογή για την μελέτη των παραμέτρων στο βάθος των 10m έγινε για να αποφευχθεί η επίδραση του ημερήσιου κύκλου καθώς και άλλων διακυμάνσεων στο επιφανειακό στρώμα της υδάτινης στήλης.

2.5 Επεξεργασία των δεδομένων

Η βάση δεδομένων που κατασκευάστηκε δίνει τη δυνατότητα για χωρικές και χρονικές αναλύσεις των δεδομένων. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων βοηθάει στην κατανόηση των χωροχρονικών διακυμάνσεων των δυναμικών και φυσικών χαρακτηριστικών της περιοχής για το μέσο όρο του επιφανειακού στρώματος βάθους 10m. Οι παράμετροι της θερμοκρασίας και της αλατότητας παράχθηκαν από το προγνωστικό μοντέλο του ALERMO για το επιφανειακό στρώμα των 10m. Ενώ ο υπολογισμός της κινητικής ενέργειας, του σχετικού στροβιλισμού και της στροβιλώδους κινητικής ενέργειας (Eddy Kinetic Energy) έγινε βάση των παρακάτω τύπων χρησιμοποιώντας τις ταχύτητες(μεσημβρινή και ζωνική) που παρήχθησαν από το προγνωστικό μοντέλο του ALERMO.

$$KE = \frac{1}{2} \times (U^2 + V^2) \quad (2.5.1)$$

Όπου,

U:ζωνική ταχύτητα

V: μεσημβρινή ταχύτητα.

Ο σχετικός στροβιλισμός υπολογίστηκε βάση της εξίσωσης:

$$\text{ReVo: } \omega = \frac{\partial V}{\partial X} - \frac{\partial U}{\partial Y} \quad , (2.5.2) \text{ όπου}$$

$\frac{\partial V}{\partial X}$: η μερική παράγωγος της μεσημβρινής ταχύτητας

και $\frac{\partial U}{\partial Y}$: η μερική παράγωγος της ζωνικής ταχύτητας

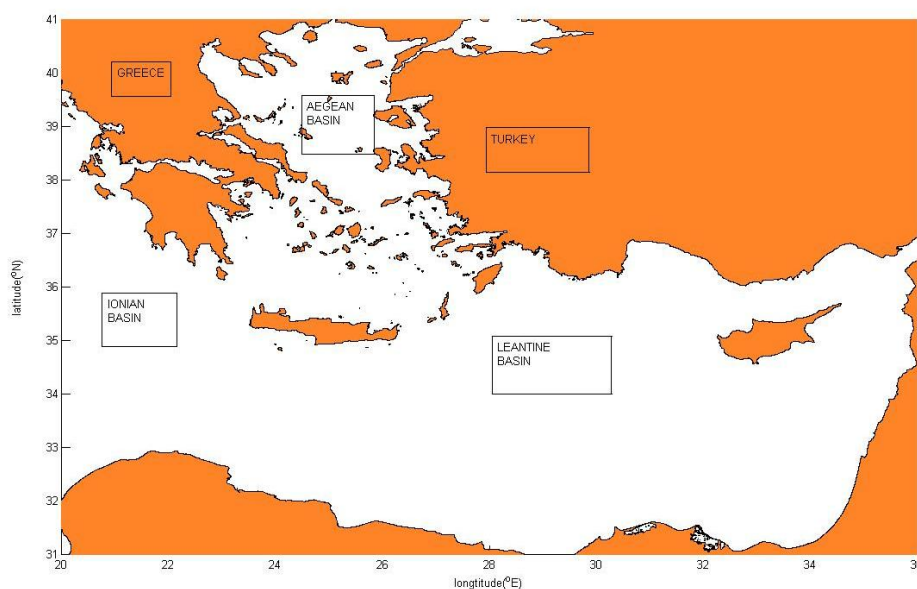
Η στροβιλώδης κινητική ενέργεια υπολογίστηκε βάση του τύπου:

$$ΕΚΕ = \frac{1}{2} \times (U'^2 + V'^2) \quad , \quad (2.5.3) \quad \text{όπου } U' = U - \bar{U} \quad \text{και } V' = V - \bar{V} \quad \text{με}$$

$$\bar{U} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m U_j \quad \text{και} \quad \bar{V} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m V_j$$

2.6 Στόχος της Εργασίας

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των θερμοαλατικών και δυναμικών χαρακτηριστικών της περιοχής. Η εξεταζόμενη περιοχή του ALERMO απεικονίζεται στον παρακάτω χάρτη με γεωγραφικές συντεταγμένες, γεωγραφικό μήκος 20-36⁰Ε και πλάτος 31-41⁰Ν(Σχ.2.4).



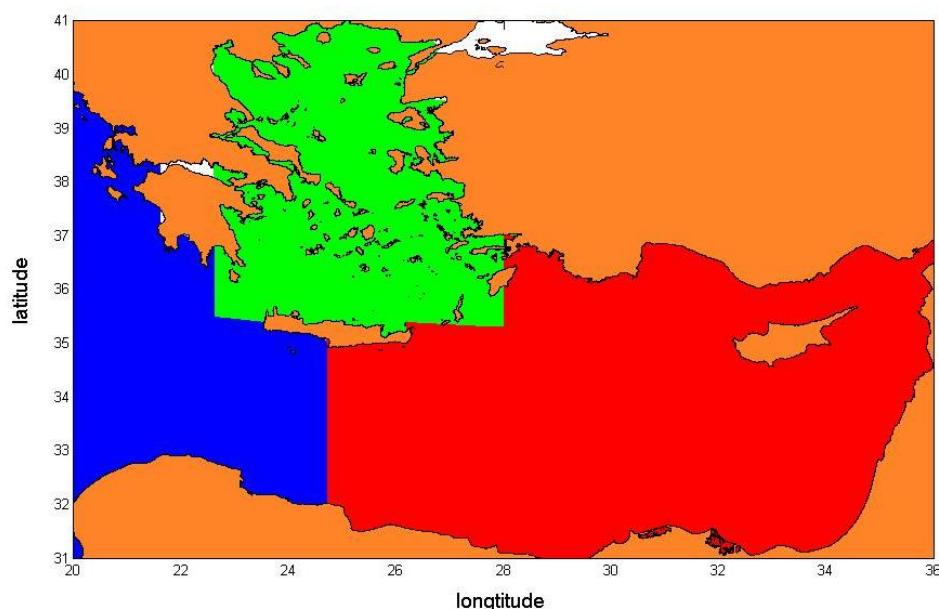
Σχήμα 2.4:Περιοχή μελέτης

Η μελέτη επικεντρώθηκε στην γενική κυκλοφορία της περιοχής του ALERMO, καθώς και στο πως επηρεάζεται η δυναμική της περιοχής από διάφορα φαινόμενα συνοπτικής και μέσης κλίμακας. Για το σκοπό αυτό η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να φαίνεται καθαρά ο εποχικός κύκλος της κάθε παραμέτρου και η διακύμανση τους τόσο στη συνοπτική όσο και στη μέση κλίμακα. Η χωρική κατανομή απεικονίζει τη μέση ροή των παραμέτρων και δίνει τη δυνατότητα παρατήρησης και ανάλυσης των σχηματισμών. Οι παράμετροι προς εξέταση φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας Παραμέτρων		
Sea Surface Temperature -SST	$^{\circ}\text{C}$	-----
Sea Surface Salinity- SSS	Psu	-----
Kinetik Energy	Joules/Kg ^{1/2}	$KE = \frac{1}{2} \times (U^2 + V^2)$
Relative Vorticity	Sec ⁻¹	$\omega = \frac{\partial V}{\partial X} - \frac{\partial U}{\partial Y}$
Eddy Kinetik Energy	m ² /s ²	$EKE = \frac{1}{2} \times (U'^2 + V'^2)$

Πίνακας 1: Παράμετροι προς εξέταση της περιοχής του ALERMO

Η μεταβλητότητα των παραμέτρων η οποία οφείλεται σε χωροχρονικές διακυμάνσεις, εξετάστηκε μέσω της χωρικής κατανομής της τυπικής απόκλισης και χρησιμοποιήθηκε για την επεξήγηση των φαινομένων που εμφανίζονται στην περιοχή. Για καλύτερη κατανόηση των διακυμάνσεων η περιοχή του ALERMO χωρίστηκε σε τρεις υπολεκάνες(Σχήμα 2.5)Λεβαντίνης, του Αιγαίου και του Ιονίου. Στις τρεις λεκάνες υπάρχει γεωγραφική σύνδεση αλλά τα φαινόμενα που επηρεάζονται από τη γενική κυκλωνική κυκλοφορία της περιοχής είναι διαφορετικής έκτασης και κλίμακας.



Σχήμα 2.5: Οι τρεις υπολεκάνες της περιοχής του ALERMO: Λεβαντίνη (κόκκινο χρώμα),Αιγαίο(πράσινο χρώμα) και Ιονίο (μπλε χρώμα)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζονται και σχολιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα, τα οποία παρήχθησαν από το προγνωστικό μοντέλο ALERMO για τη χρονική διάρκεια από τις 2 Μαρτίου 2007 έως τις 30 Απριλίου 2010 και την περιοχή 20-36^οΕ και 31-41^οΝ στο επιφανειακό στρώμα των 10m. Η χρονική κατανομή δείχνει την μεταβλητότητα των παραμέτρων σε διάφορες χωρικές και χρονικές κλίμακες. Για καλύτερη απεικόνιση των χωροχρονικών διακυμάνσεων, η περιοχή χωρίστηκε σε τρεις υπολεκάνες: της Λεβαντίνης, του Αιγαίου και του Ανατολικού Ιονίου, οι οποίες και συγκρίθηκαν.

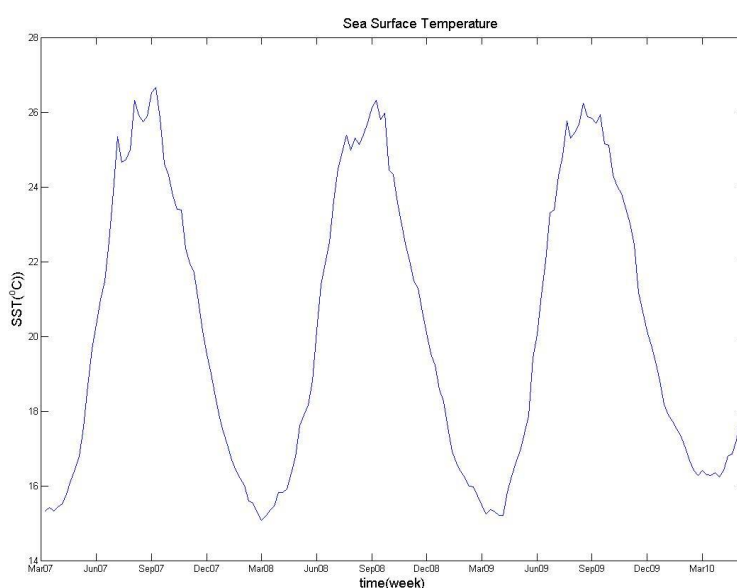
Στο πρώτο μέρος του κεφαλαίου αυτού, παρατίθενται οι χωροχρονικές διακυμάνσεις των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών και γίνεται προσπάθεια καλύτερης ποιοτικής και ποσοτικής προσέγγισης των φαινομένων, τα οποία επηρεάζουν την κατανομή των χαρακτηριστικών αυτών. Αρχικά παρουσιάζονται οι χρονικές κατανομές της μέσης τιμής της επιφανειακής θερμοκρασίας και της αλατότητας για την περιοχή του ALERMO ολόκληρης της χρονικής περιόδου. Στη συνέχεια για καλύτερη κατανόηση των διακυμάνσεων αυτών απεικονίζονται οι χρονικές κατανομές για κάθε λεκάνη χωριστά καθώς και οι χωρικές κατανομές της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών. Συγκεκριμένα για την παράμετρο της θερμοκρασίας απεικονίζονται και οι χωρικές κατανομές της θερινών περιόδων της κάθε χρονιάς, γιατί παρατηρήθηκε μια έντονη διακύμανση και δημιουργία δευτερευόντων μεγίστων στη χρονική κατανομή της μέσης τιμής της επιφανειακής θερμοκρασίας όλης της περιοχής. Τέλος χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό μέγεθος της συνδιακύμανσης για την εξέταση της χρονικής υστέρησης ή μη των παραμέτρων ανά δύο λεκάνες.

Στο δεύτερο μέρος γίνεται ανάλυση των χωροχρονικών διακυμάνσεων των δυναμικών χαρακτηριστικών της περιοχής του ALERMO. Σε αυτή την ενότητα θα γίνει προσπάθεια για την κατανόηση της δραστηριότητας των φαινομένων μέσης και συνοπτικής κλίμακας. Αρχικά παρουσιάζεται η μέση γενική κυκλοφορία της περιοχής. Έπειτα, για την εξέταση των σχηματισμών που καθορίζουν τη γενική κυκλοφορία της περιοχής εφαρμόστηκε η παράμετρος Okubo-Weiss για την χωρική ανάλυση των ισχυρών σχηματισμών της περιοχής και πως αυτοί επηρεάζουν την δυναμική της υπό εξέταση περιοχής. Στη συνέχεια για την δυναμική εξέλιξη της περιοχής πραγματοποιήθηκε χωροχρονική ανάλυση των παραμέτρων της μέσης τιμής της κινητικής ενέργειας καθώς και του Eddy Kinetic Energy. Η εξέταση των χωροχρονικών αυτών διακυμάνσεων έγινε με σκοπό την ποιοτική και ποσοτική προσέγγιση της μεταβλητότητας των ενεργειακών χαρακτηριστικών λόγω των ισχυρών σχηματισμών μέσης και συνοπτικής κλίμακας, που

παρατηρούνται στην περιοχή. Επίσης με την ανάλυση των χωροχρονικών διακυμάνσεων και την εφαρμογή του στατιστικού μεγέθους της συνδιακύμανσης της κάθε λεκάνης χωριστά έγινε προσπάθεια απεικόνισης των φαινομένων που επηρεάζουν την αύξηση ή τη μείωση της έντασης των παραπάνω παραμέτρων καθώς και την εποχική επίδραση των φαινομένων αυτών σε κάθε λεκάνη ξεχωριστά. Τέλος για την παρατήρηση των φαινομένων συνοπτικής κλίμακας που επηρεάζουν τις διακυμάνσεις των ενεργειακών χαρακτηριστικών, κάθε λεκάνης χωριστά, εφαρμόστηκε υπερτετατό φίλτρο Butterworth 4^{ης} τάξης για την αποκοπή των διακυμάνσεων στις χαμηλές συχνότητες

3.1 Διακυμάνσεις των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται οι χρονοσειρές και η χωρική κατανομή της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας και της αλατότητας της θάλασσας όλης της εξεταζόμενης περιοχής. Τα χαρακτηριστικά των υδάτων της εξεταζόμενης περιοχής επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες όπως η ατμοσφαιρική επίδραση, η μεταφορά χαρακτηριστικών και ανταλλαγή με γειτονικές λεκάνες.



Σχήμα 3. 2: Χρονική κατανομή της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010

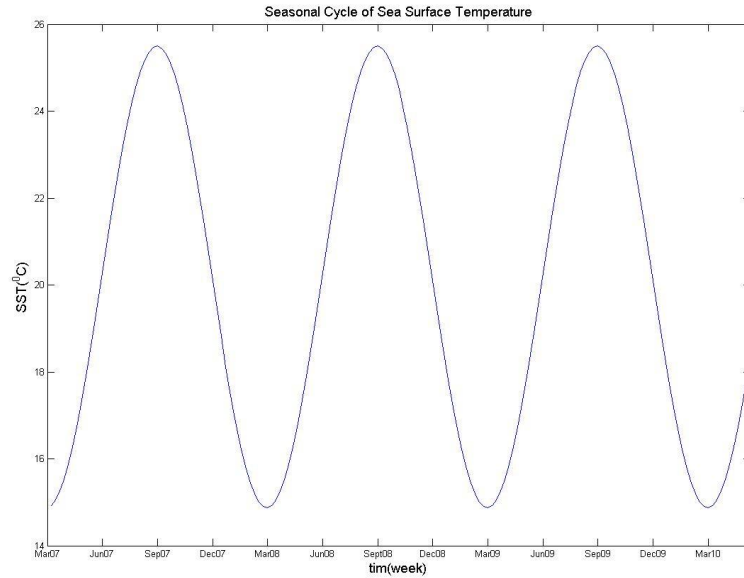
Στη χρονική κατανομή της επιφανειακής θερμοκρασίας(Σχήμα 3.1) της θάλασσας όλης της εξεταζόμενης περιοχής η πιο έντονη διακύμανση είναι ο εποχικός κύκλος (Σχήμα 3.2). Οι μέγιστες τιμές καταγράφονται στο τέλος της θερινής περιόδου (Σεπτέμβριο), οι ελάχιστες τιμές στο τέλος της χειμερινής

περιόδου (Μάρτιο), με σταθερό εύρος τιμών γύρω στους 11⁰C για τα τρία χρόνια μελέτης.

Παρατηρείται έντονη υπερετήσια διακύμανση των μέγιστων τιμών , η οποία οφείλεται σε διακύμανση της εισροής κρύων υδάτων από το στενό των Δαρδανελίων (μέγιστη εισροή στα μέσα Ιουλίου) και την επίδραση των βόρειων ανέμων, οι οποίοι δρουν στη περιοχή δημιουργώντας upwelling και downwelling στις ανατολικές και δυτικές ακτές του Αιγαίου, αντίστοιχα. Η θερμοκρασιακή διακύμανση των μέγιστων τιμών ,οι οποίες παρατηρούνται κατά την καλοκαιρινή περίοδο, όπως θα δούμε και στη συνέχεια οφείλεται στην κατανομή της θερμοκρασίας στη λεκάνη του Αιγαίου. Αξιοσημείωτη είναι και η υπερετήσια διακύμανση των ελάχιστων τιμών, χαρακτηριστικά παρατηρείται αύξηση της ελάχιστης θερμοκρασίας κατά 1⁰C το 2010 σε σχέση με τα προηγούμενα έτη. Ο εποχικός κύκλος της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας παρουσιάζει μέγιστη τιμή 25.49⁰C το Σεπτέμβριο και ελάχιστη τιμή 14.88⁰C το Μάρτιο. Το εύρος των τιμών κυμαίνεται γύρω στους 10.61⁰

<i>Temperature</i>	Seasonal Cycle	
Mean	20.19 ⁰ C	19.95 ⁰ C
St.Deviation	3.829 ⁰ C	3.775 ⁰ C
Min(Σεπτ.)	15.07 ⁰ C	14.88 ⁰ C
Max(Μαρτ.)	26.66 ⁰ C	25.49 ⁰ C
Range	11 ⁰ C	10.61 ⁰ C

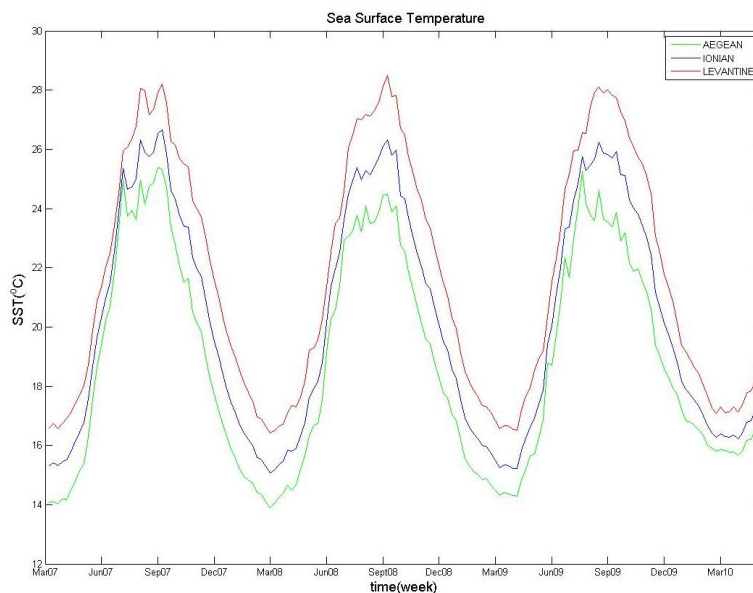
Πίνακας 2: Στατιστικά στοιχεία της επιφανειακής θερμοκρασίας



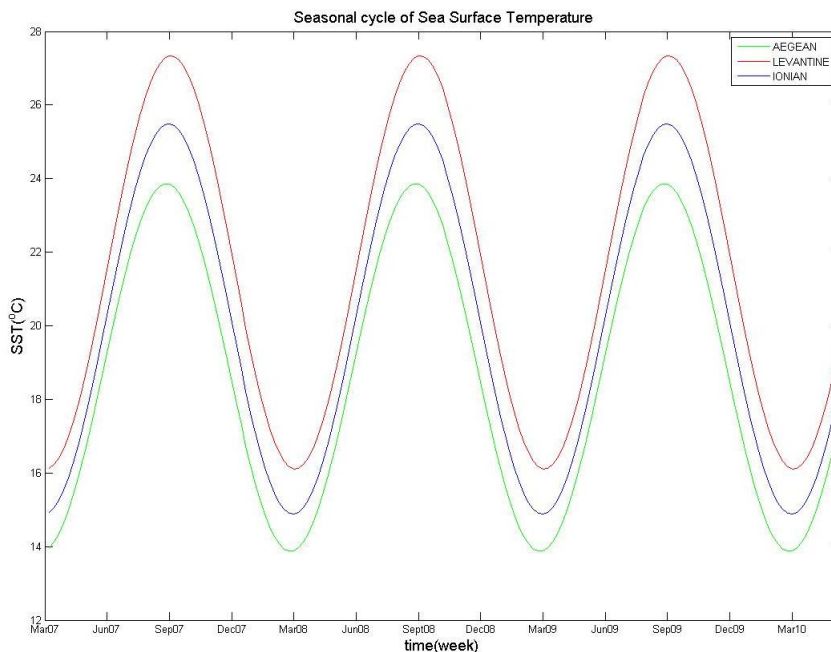
Σχήμα 3.3: Εποχιακός κύκλος της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010

3.2 Διακυμάνσεις των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών των λεκανών Λεβαντίνης-Αιγαίου-Ανατολικού Ιονίου

Σε αυτή την ενότητα παρατίθενται οι χωρικές και χρονικές κατανομές της μέσης τιμής της θερμοκρασίας και της αλατότητας των τριών λεκανών για το επιφανειακό στρώμα βάθους 10m.



Σχήμα 3.3: Χρονική κατανομή της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας των λεκανών Αιγαίου-Λεβαντίνης-Ιονίου για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010



Σχήμα 3.4: Εποχιακός κύκλος της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας των λεκανών Αιγαίου-Λεβαντίνης-Ιονίου για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010.

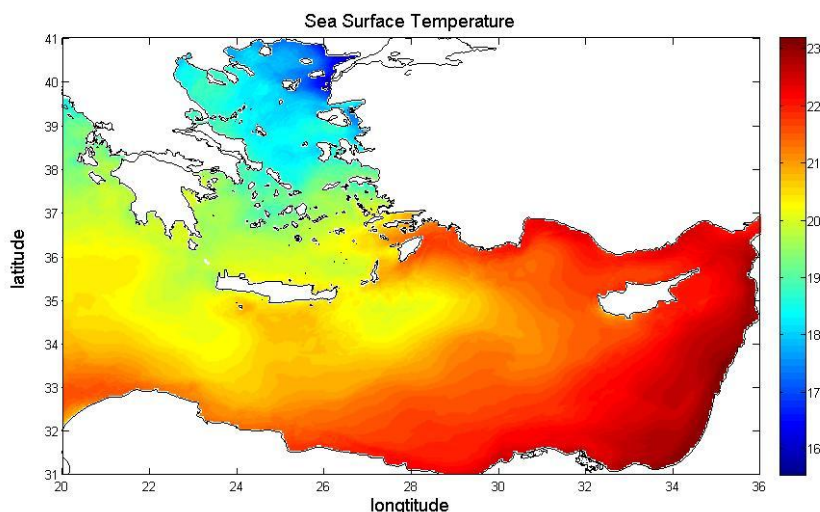
Sea Surface Temperature				Seasonal Cycle of Temperature		
	ΛΕΒΑΝΤΙΝΗ	ΑΙΓΑΙΟ	ΙΟΝΙΟ	ΛΕΒΑΝΤΙΝΗ	ΑΙΓΑΙΟ	ΙΟΝΙΟ
Mean	21.73	18.86	20.19	21.47	18.66	19.95
St.Deviation	4.04	3.643	3.829	4.005	3.544	3.775
Min(Μαρτ.)	16.41	13.91	15.07	16.11	13.87	14.88
Max(Σεπτ.)	28.5	25.39	26.66	27.34	23.86	15.49
Range	12.09	11.48	11.59	11.23	9.98	10.61

Πίνακας 3: Στατιστικά στοιχεία της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας και του εποχιακού κύκλου για κάθε λεκάνη Λεβαντίνη-Αιγαίο-Ιόνιο

Η στατιστική ανάλυση της των χρονικών διακυμάνσεων της μέσης τιμής της θερμοκρασίας του επιφανειακού στρώματος και ο εποχικός κύκλος της κάθε λεκάνης χωριστά παρουσιάζονται στον πίνακα 3 των τριών χρόνων μελέτης. Μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι η διακύμανση του εποχικού κύκλου επικρατεί και στις τρεις λεκάνες(Σχήμα 3.3 και 3.4), με τις μέγιστες τιμές να καταγράφονται κατά τη θερινή περίοδο και τις ελάχιστες κατά τη χειμερινή. Η λεκάνη της Λεβαντίνης εμφανίζει τη μεγαλύτερη μέση τμή της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας και έχει διαφορά $2,87^{\circ}$ C από τη λεκάνη

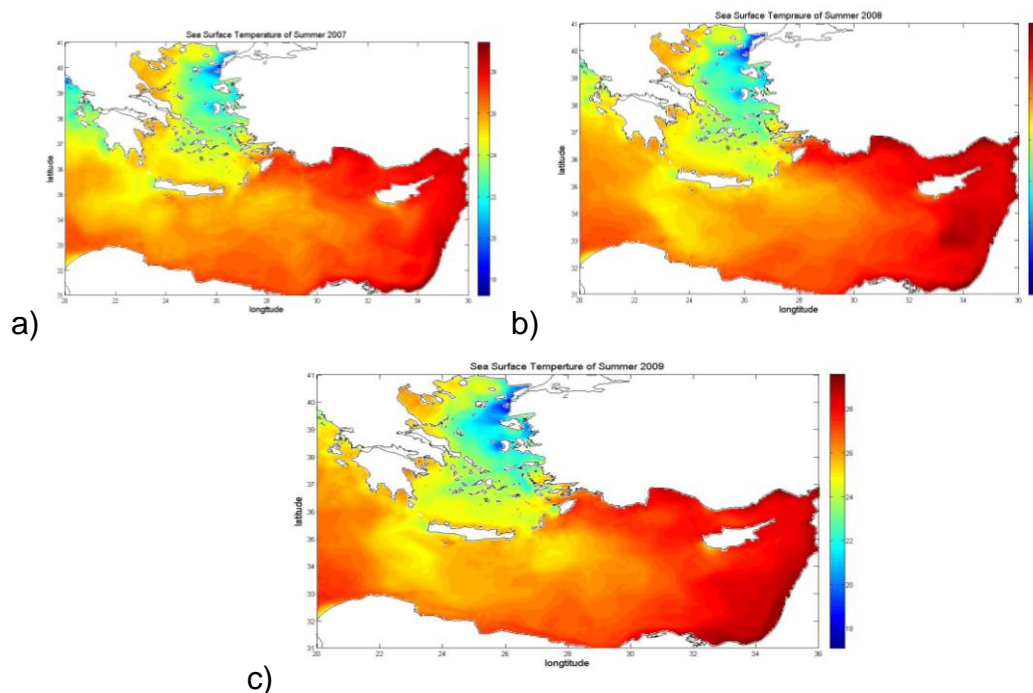
του Αιγαίου και $1,54^{\circ}\text{C}$ από τη λεκάνη του Ιονίου. Επίσης η τυπική απόκλιση της Λεβαντίνης είναι μεγαλύτερη από αυτή του Αιγαίου και του Ιονίου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην έντονη θερμοκρασιακή μεταβλητότητα λόγω των φαινομένων μέσης κλίμακας που λαμβάνουν χώρα στη λεκάνη της Λεβαντίνης (κυκλώνας Ρόδου, αντικυκλωνικοί σχηματισμοί). Αποτέλεσμα αυτών των σχηματισμών είναι η θερμοκρασιακή διαφορά(φαίνεται και από το εύρος των τιμών) μεταξύ των υδάτων που περικλείονται στους σχηματισμούς και των περιβάλλοντων υδάτων. Η λεκάνη του Αιγαίου εμφανίζει τις χαμηλότερες τιμές τόσο της μέσης τιμής όσο και των ελάχιστων και μέγιστων τιμών. Η επιφανειακή θερμοκρασία της λεκάνης του Αιγαίου τόσο τη χειμερινή όσο και τη θερινή περίοδο κυμαίνεται στα χαμηλότερα επίπεδα. Αξιοσημείωτη είναι η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των μέγιστων($3,11^{\circ}\text{C}$) και των ελάχιστων τιμών($2,5^{\circ}\text{C}$) της επιφανειακής θερμοκρασίας μεταξύ των λεκανών του Αιγαίου και της Λεβαντίνης. Η μεγαλύτερη θερμοκρασιακή διαφορά παρατηρείται κατά τη θερινή περίοδο και αυτό οφείλεται στην εισροή κρύων και υφάλμυρων νερών από το στενό των Δαρδανελλίων καθώς και της παράκτιας ανάβλυσσης υδάτων λόγω των Ετησίων. Από την άλλη πλευρά την χειμερινή περίοδο παρατηρείται μικρότερη θερμοκρασιακή διαφορά, αυτό οφείλεται στην εισροή των θερμών επιφανειακών υδάτων της Λεβαντίνης στην λεκάνη του Αιγαίου. Η λεκάνη του Ανατολικού Ιονίου εμφανίζει σχεδόν ίδια θερμοκρασιακή διαφορά τόσο από τη λεκάνη του Αιγαίου όσο και από της Λεβαντίνης, αυτό οφείλεται στην απορροή υδάτων και των δύο λεκανών στη λεκάνη του Ιονίου.

Οι υψηλότερες τιμές της μέσης θερμοκρασίας καταγράφονται στη λεκάνη της Λεβαντίνης και συγκεκριμένα στο ανατολικό τμήμα της(Σχήμα 3.5). Οι χαμηλότερες τιμές παρατηρούνται στο δυτικό τμήμα της Λεβαντίνης δημιουργώντας μια κλίση της θερμοκρασίας ανατολής-δύσης. Αυτή η χωρική κατανομή της θερμοκρασίας οφείλεται στην εισροή της MAW(Modified Atlantic Water), η οποία έχει ανατολική ροή, και εισέρχεται στη λεκάνη της Λεβαντίνης από το στενό της Σικελίας. Η υδάτινη μάζα λόγω της κυκλωνικής κυκλοφορίας της περιοχής μεταφέρεται ως το ανατολικό τμήμα της Λεβαντίνης. Κατά την πορεία αυτή η θετική ροή(προς τη θάλασσα) θερμότητας αυξάνει την επιφανειακή θερμοκρασία. Στο κεντρικό τμήμα της Λεβαντίνης παρατηρείται η χαμηλότερη τιμή της θερμοκρασίας της λεκάνης, όπου η στρωμάτωση, κυκλωνικής ροής, έχει αποτέλεσμα το ελάχιστο στη επιφανειακή θερμοκρασία.



Σχήμα 3.5: Χωρική κατανομή της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας της περιοχής του ALERMO για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010.

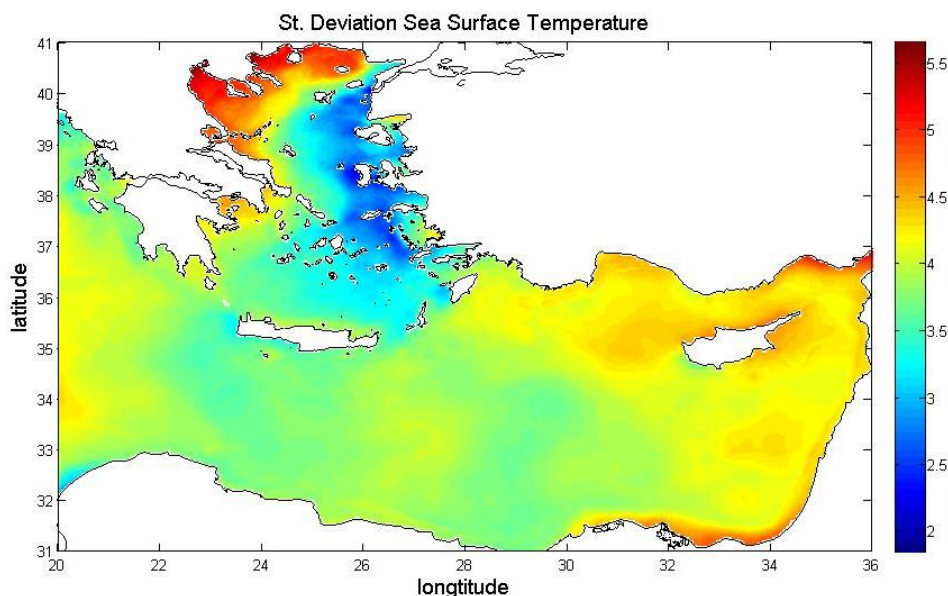
Η λεκάνη του Αιγαίου εμφανίζει τις χαμηλότερες τιμές αλλά και το μικρότερο εύρος τιμών της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας(Σχήμα 3.3). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και απο τη χωρική κατανομή της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας(Σχήμα 3.5). Οι χαμηλότερες τιμές καταγράφονται στη λεκάνη του Αιγαίου ιδίως στις ανατολικές ακτές του Αιγαίου δημιουργώντας μια δευτέρουσα κλίση ανατολής-δύσης.Οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται στο νότιο τμήμα της λεκάνης του Αιγαίου δημιουργώντας κλίση βοριοανατολική-νοτιοδυτική . Η κατανομή αυτή οφείλεται στην εισροή κρύων υδάτων απο το στενό των Δαρδανελλίων, μια μέγιστη ροή περί τα μέσα Ιουλίου, καθώς και το πεδίο ανέμου που το καλοκαίρι οδηγεί σε ανάβλυση των υδάτων στα ανατολικά με συνέπεια τον υποβιβασμό της επιφανειακής θεμοκρασίας το καλοκαίρι. Ο συνδυασμός των δύο αυτών φαινομένων οδηγεί στο μικρό εποχικό κύκλο της λεκάνης του Αιγαίου. Η εισροή θερμών υδάτων απο τη λεκάνη της Λεβαντίνης δημιουργεί ένα ισχυρό μέτωπο στη περιοχή των Κυκλάδων, ενισχύοντας ταυτόχρονα τις χωρικές διακυμάνσεις που επικρατούν στη περιοχή του Αιγαίου.



Σχήμα 3.6: Χωρική κατανομή της επιφανειακής θερμοκρασίας της περιοχής του ALERMO της θερινής περιόδου α)καλοκαίρι του 2007,β)καλοκαίρι 2008 και γ)καλοκαίρι 2009.

Τα παραπάνω απεικονίζονται και στις χωρικές κατανομές του σχήματος 3.6 που παρουσιάζουν τη μέση επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας της θερινής περιόδου της χρονιάς του 2007,2008,2009. Στη λεκάνη του Αιγαίου καταγράφονται οι χαμηλότερες τιμές της θερμοκρασίας 18-22⁰C στις ανατολικές ακτές του Αιγαίου λόγω του παράκτιου upwelling, το οποίο οφείλεται στη δράση των αλλαγών που δημιουργούν η μεταφορά κατά Ekman του Αιγαίου, με συνέπεια την ανάβλυση κρύων υδάτων από τα κατώτερα στρώματα της περιοχής. Επίσης σημαντικό ρόλο στην κατανομή της θερμοκρασίας στο Βορειοανατολικό Αιγαίο παίζει η εισροή της υδάτινης μάζας BSW στα μέσα Ιουλίου. Ο συνδυασμός του upwelling και downwelling στις ανατολικές και δυτικές ακτές του Αιγαίου αντίστοιχα δικαιολογεί την βαθμίδα ανατολής-δύσης που δημιουργείται στη περιοχή του κεντρικού Αιγαίου .

Η λεκάνη του Ιονίου εμφανίζει εύρος τιμών(Σχήμα 3.3) ανάμεσα στο εύρος τιμών των άλλων δύο λεκανών και παρατηρείται διακύμανση στις μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας. Η θερμοκρασιακή διακύμανση της λεκάνης του Ιονίου επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση –ανταλλαγή με τις γειτονικές λεκάνες. Με την ελάχιστη τιμή της θερινής περιόδου, ιδιαίτερα στις δυτικές ακτές την Στερεάς Ελλάδας, στη λεκάνη του Ιονίου(Σχήμα 3.6) οφείλεται η δράση των Βορειοδυτικών ανέμων που επικρατούν στην περιοχή, με αποτέλεσμα τη δημιουργία παράκτιου upwelling.

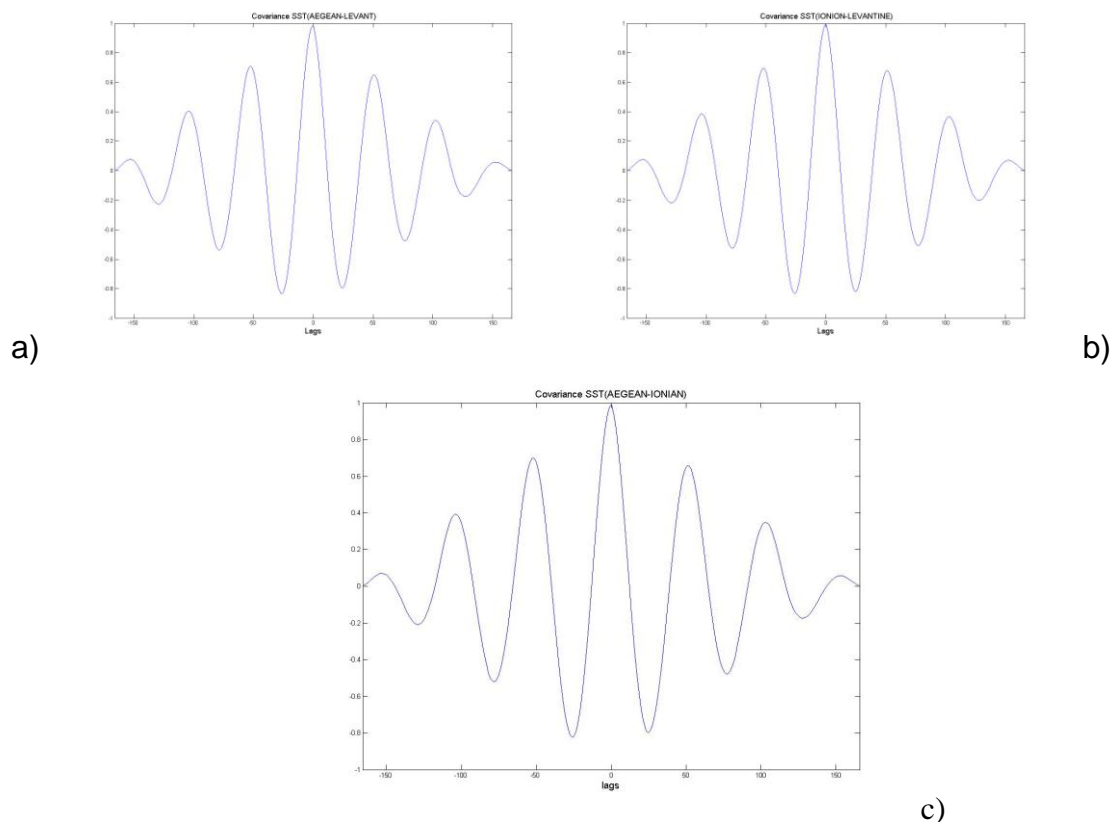


Σχήμα 3.7: Χωρική κατανομή της τυπικής απόκλισης της επιφανειακής θερμοκρασίας της περιοχής του ALERMO για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010.

Η μεταβλητότητα της επιφανειακής θερμοκρασίας εκφράζεται μέσω της τυπικής απόκλισης (Σχήμα 3.7). Η μεγαλύτερη τιμή τυπικής απόκλισης, η οποία κυριαρχείται από τον εποχικό κύκλο, καταγράφεται στο βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης του Αιγαίου. Από την άλλη πλευρά η ελάχιστη τιμή της τυπικής απόκλισης παρουσιάζεται στο Ανατολικό Αιγαίο, λόγω της επίδρασης ισχυρών φαινομένων τόσο κατά τη θερινή όσο και τη χειμερινή περίοδο, με συνέπεια την εξισορόπηση της μεταβλητότητας της επιφανειακής θερμοκρασίας. Επίσης μεγάλη τιμή της τυπικής απόκλισης καταγράφεται και στο βόρειο τμήμα της λεκάνης λόγω του αντικυκλώνα της Σαμοθράκης. Η λεκάνη της Λεβαντίνης παρουσιάζει, επίσης έντονη μεταβλητότητα σε όλη την έκτασή της.

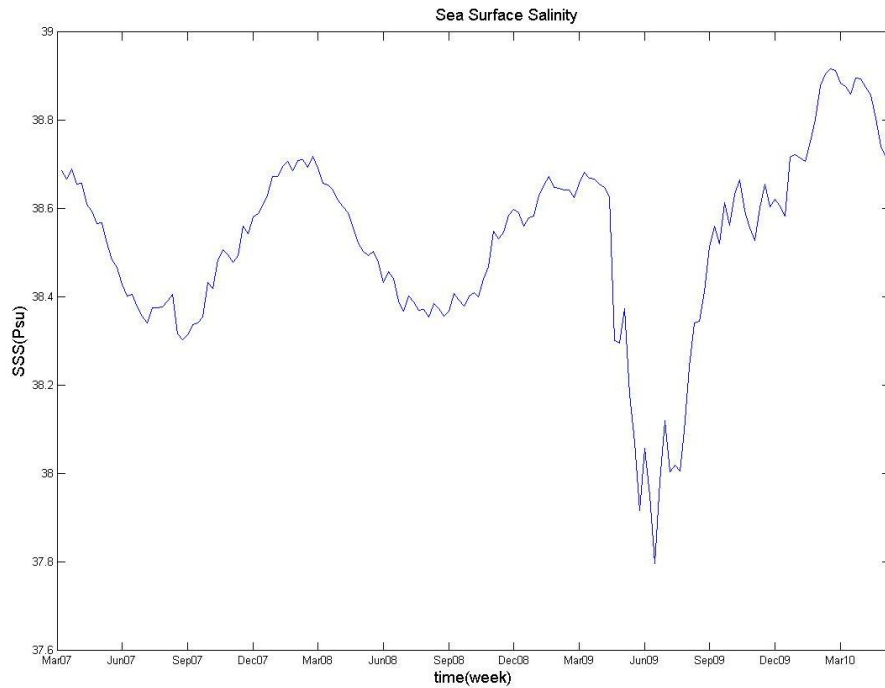
Η συσχέτιση των λεκανών (ανά δύο) της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας (Σχήμα 3.8) πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού μεγέθους της συνδιακύμανσης. Οι λεκάνες Αιγαίου-Ιονίου εμφανίζουν πολύ καλή συσχέτιση σχεδόν 1 χωρίς καμία υστέρηση (το οποίο φαίνεται και από τον εποχικό κύκλο των λεκανών). Αντίθετα η συνδιακύμανση των λεκανών του Ιονίου-Λεβαντίνης και Αιγαίου-Λεβαντίνης είναι σχεδόν 1 με μια μικρή υστέρηση (μιας εβδομάδας). Αυτή η υστέρηση πιθανόν οφείλεται σε φαινόμενα συνοπτικής κλίμακας της ατμόσφαιρας που επιδρούν στο επιφανειακό στρώμα της θάλασσας. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από τη συνδιακύμανση των λεκανών του εποχικού κύκλου της λεκάνης Λεβαντίνης-Αιγαίου καθώς και Αιγαίου-Ιονίου, όπου δεν εμφανίζει υστέρηση. Τα φαινόμενα συνοπτικής κλίμακας στη λεκάνη του Αιγαίου είναι εντονότερα

ιδίως κατά τη θερινή περίοδο, με την επίδραση των Ετησίων στο επιφανειακό στρώμα της θάλασσας σε σχέση με τις άλλες δύο λεκάνες.

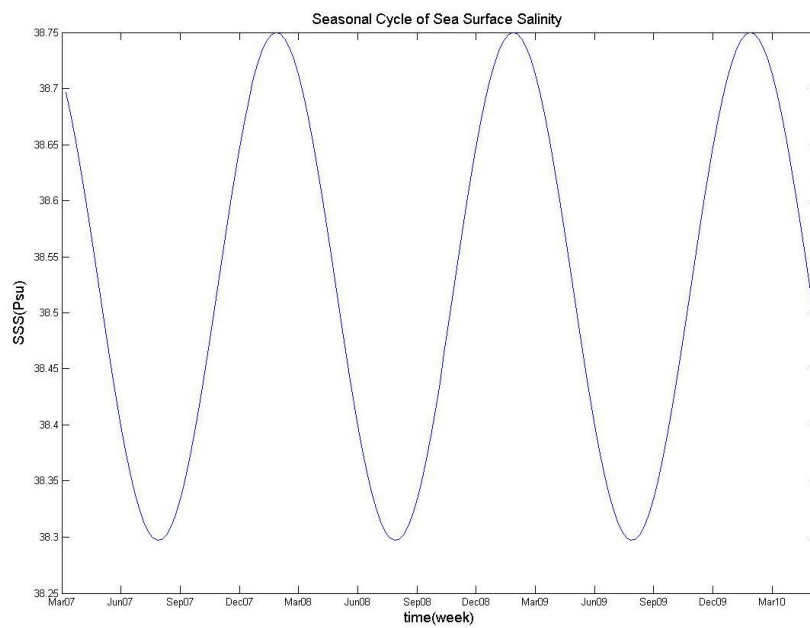


Σχήμα 3.8: Covariance της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας a) Αιγαίο-Λεβαντίνη, b). Ιόνιο-Λεβαντίνη, c) Αιγαίο-Ιόνιο

Η χρονική διακύμανση(Σχήμα 3.9) της μέσης τιμής της αλατότητας όλης της εξεταζόμενης περιοχής για τα τρία χρόνια μελέτης εμφανίζει εποχικότητα με τις μέγιστες τιμές να καταγράφονται το Μάρτιο και τις ελάχιστες το Σεπτέμβριο(Σχήμα 3.10). Σημαντικό ρόλο, στη χρονική κατανομή της αλατότητας, παίζει η εισροή υφάλμυρων υδάτων στη λεκάνη του Αιγαίου(μέγιστη εισροή τον Ιούλιο με τιμή 28 Psu) από το στενό των Δαρδανελίων. Η μέση τιμή της αλατότητας κυμαίνεται από 38,3-39,92 . Τον Ιούνιο του 2009 παρατηρείται μια δραματική μείωση μέσης τιμής της αλατότητας, η οποία οφείλεται στην αλλαγή των οριακών συνθηκών του μοντέλου της Μεσογείου (από όπου γίνεται «επανεκκίνηση» της πρόγνωσης του ALERMO). Η χρονική κατανομή της μέσης τιμής της αλατότητας της λεκάνης του Αιγαίου, επηρεάζει τη διακύμανση όλης της εξεταζόμενης περιοχής όπως φαίνεται στη συνέχεια.



Σχήμα 3.9: Χρονική κατανομή της μέσης τιμής επιφανειακής της αλατότητας της θάλασσας για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010



Σχήμα 3.10: Εποχιακός κύκλος της μέσης επιφανειακής αλατότητας για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010

<i>Salinity</i>	Seasonal Cycle	
Mean	38.52 Psu	38.53 Psu
St.Deviation	0.2087 Psu	0.1575 Psu
Min(Σεπτ.)	37.8 Psu	38.3 Psu
Max(Μαρτ.)	38.92 Psu	38.75 Psu
Range	1.12 Psu	0.4527 Psu

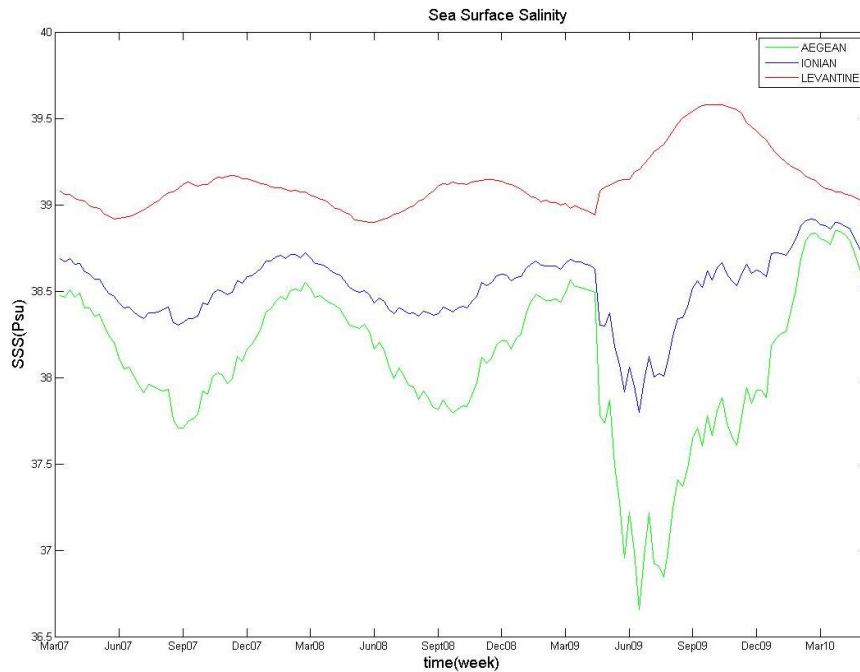
Πίνακας 3: Στατιστικά στοιχεία της μέσης αλατότητας και ο εποχιακός κύκλος της περιοχής του ALERMO.

Sea Surface Salinity				Seasonal Cycle of Salinity		
UNITS/Psu	ΛΕΒΑΝΤΙΝΗ	ΑΙΓΑΙΟ	ΙΟΝΙΟ	ΛΕΒΑΝΤΙΝΗ	ΑΙΓΑΙΟ	ΙΟΝΙΟ
Mean	39.13	38.09	38.52	39.12	38.11	38.53
St.Deviat.	0.1727	0.448	0.2087	0.1031	0.3353	0.1575
Min	38.9	36.66	37.8	38.98	37.62	38.3
Max	39.58	38.85	38.92	39.27	38.57	38.75
Range	0.6829	2.191	1.12	0.2855	0.9506	0.4527

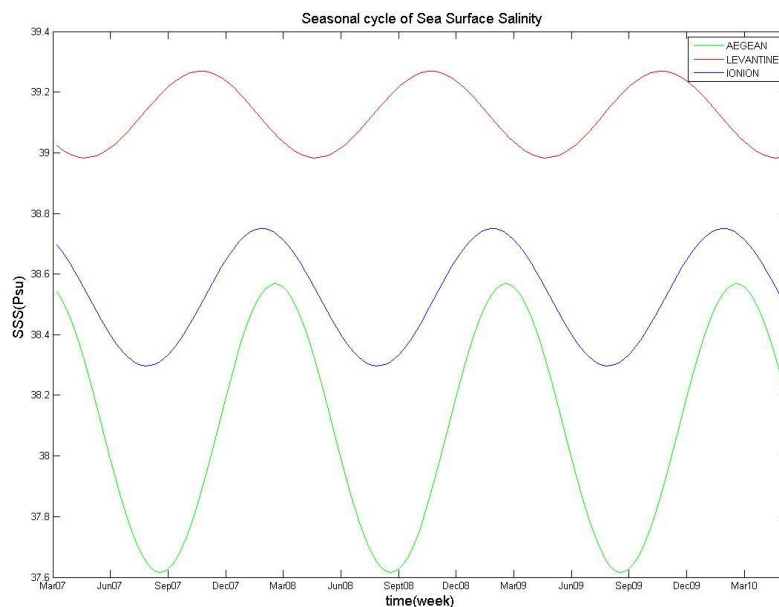
Πίνακας 4: Στατιστική ανάλυση της μέσης τιμής της επιφανειακής αλατότητας και ο εποχικός κύκλος των λεκανών Λεβαντίνης-Αιγαίο-Ιόνιο

Η στατιστική ανάλυση της μέσης τιμής της αλατότητας(πίνακας 4) της κάθε λεκάνης δείχνει ότι η λεκάνη της Λεβαντίνης εμφανίζει τη μεγαλύτερη μέση τιμή της σε σχέση με τις άλλες δύο λεκάνες, ενώ η μεγαλύτερη τιμή της τυπικής απόκλισης παρατηρείται στη λεκάνη του Αιγαίου, λόγω της εισροής υφάλμυρων υδάτων από το στενό των Δαρδανελίων. Επίσης στη λεκάνη της Λεβαντίνης καταγράφεται η μεγαλύτερη τιμή των μέγιστων τιμών και η μικρότερη στη λεκάνη του Αιγαίου. Αυτή η διαφορά οφείλεται στο ότι στη λεκάνη της Λεβαντίνης παρατηρείται εισροή των γλυκών υδάτων MAW , ενώ στη λεκάνη του Αιγαίου η εισροή υφάλμυρων υδάτων από το στενό των Δαρδανελίων. Η λεκάνη του Ιονίου εμφανίζει μια πιο ομαλή διακύμανση ακολουθώντας την εποχικότητα της λεκάνης του Αιγαίου. Μια άλλη παρατήρηση είναι η αντίθετη φορά των μέγιστων και των ελάχιστων τιμών. Ο εποχιακός κύκλος της αλατότητας(Σχήμα 3.12) δείχνει ότι οι μέγιστες τιμές στη λεκάνη της Λεβαντίνης εμφανίζονται τη φθινοπωρινή περίοδο ενώ οι ελάχιστες την καλοκαιρινή περίοδο. Από την άλλη πλευρά η λεκάνη του Αιγαίου και του Ιονίου εμφανίζουν τις μέγιστες τιμές την χειμερινή περίοδο και οι ελάχιστες την θερινή περίοδο. Η εποχική διακύμανση της λεκάνης του Αιγαίου οφείλεται στο ότι τη χειμερινή περίοδο εισέρχονται τα γλυκά επιφανειακά νερά της Λεβαντίνης, ενώ το καλοκαίρι εισέρχονται τα BSW. Η εποχική διακύμανση στη λεκάνη της Λεβαντίνης οφείλεται στο ότι τα

φαινόμενα που συμβαίνουν στη λεκάνη του Αιγαίου, κατά τη θερινή περίοδο, επηρεάζουν και τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά της λεκάνης της Λεβαντίνης.



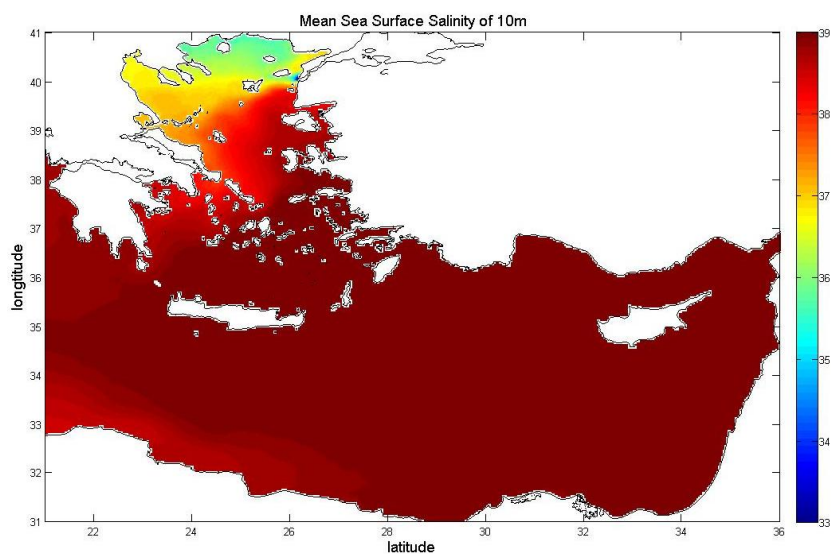
Σχήμα 3.11: Χρονική κατανομή της μέσης τιμής της επιφανειακής αλατότητας της θάλασσας των λεκανών Αιγαίου-Λεβαντίνης-Ιονίου για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010.



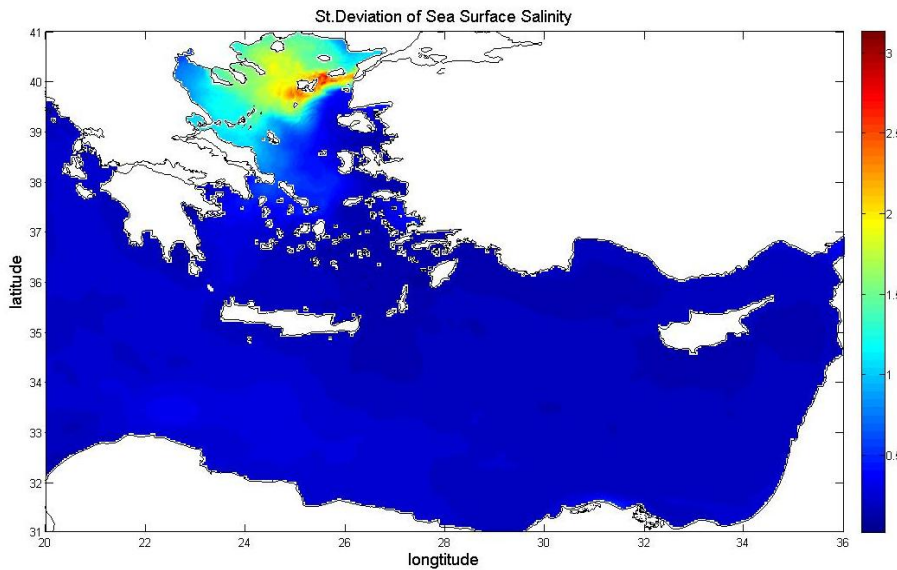
Σχήμα 3.12: Εποχιακός κύκλος της μέσης τιμής της επιφανειακής αλατότητας της θάλασσας των λεκανών Αιγαίου-Λεβαντίνης-Ιονίου για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010

Η χρονική διακύμανση(Σχήμα 3.11) της μέσης τιμής της αλατότητας της κάθε λεκάνης σε συνδυασμό με τον πίνακα 4, υποδηλώνουν ότι το μεγαλύτερο εύρος τιμών εμφανίζεται στη λεκάνη του Αιγαίου με τιμή 2,191

Psu ενώ το μικρότερο εύρος τιμών στη λεκάνη της Λεβαντίνης 0,6829 PSU. Ομοίως η τιμή της τυπικής απόκλισης του Αιγαίου είναι μεγαλύτερη από την τυπική απόκλιση των άλλων δύο λεκανών. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από τη χωρική κατανομή της τυπικής απόκλισης της αλατότητας(Σχήμα 3.14). Η μεγαλύτερη μεταβλητότητα παρατηρείται στη λεκάνη του Αιγαίου και σημαντικό ρόλο για την κατανομή αυτή παίζει η εισροή των υδάτων από το στενό των Δαρδανελίων τα οποία έχουν βορειδυτική ροή καθώς και η ένταση και η θέση του ισχυρού μετώπου που δημιουργείται στην περιοχή σύγκλισης των θερμών επιφανειακών υδάτων της Λεβαντίνης(LSW) και των κρύων και υφάλμυρων υδάτων της Μαύρης θάλασσας(BSW) .

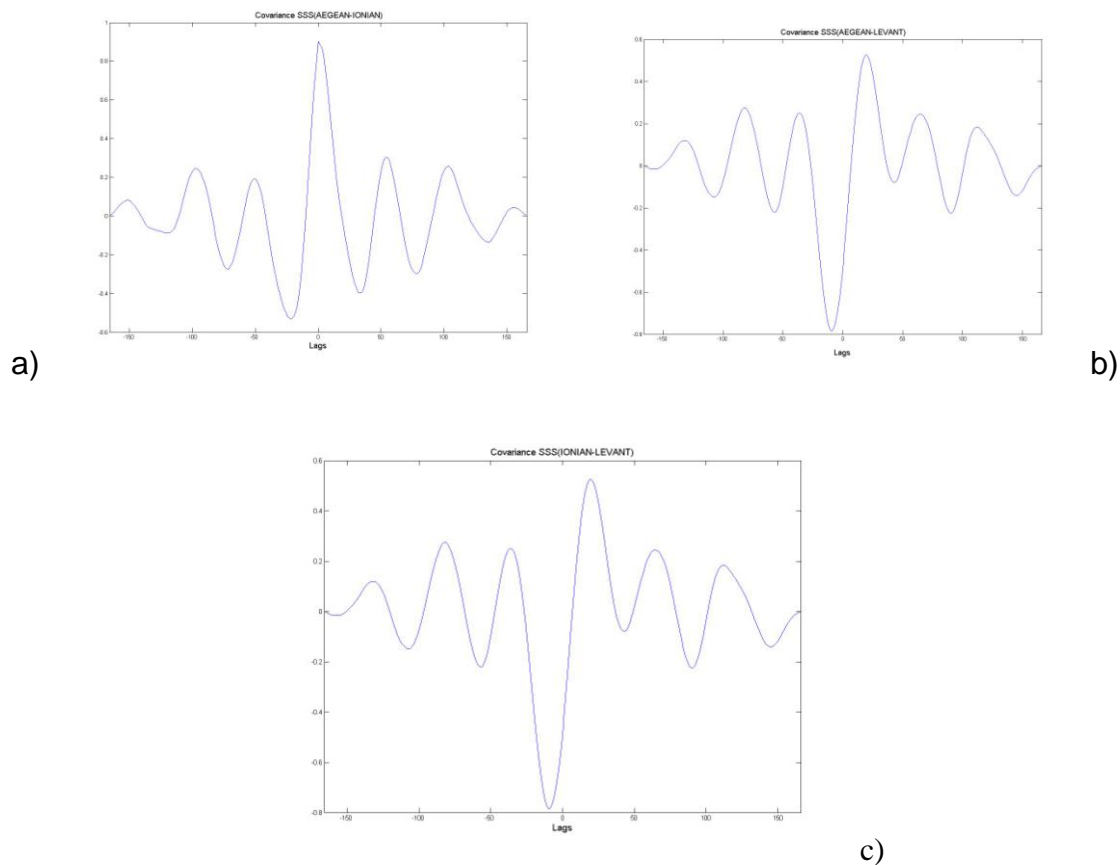


Σχήμα 3.13: Χωρική κατανομή της μέσης τιμής επιφανειακής αλατότητας της περιοχής του ALERMO για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010



Σχήμα 3.14: Χωρική κατανομή της τυπικής απόκλισης της επιφανειακής αλατότητας της περιοχής του ALERMO για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010

Η συνδιακύμανση των λεκανών για την παράμετρο της αλατότητας (Σχήμα 3.15 a),b),c)) δείχνει ότι η καλύτερη συσχέτιση των μέγιστων τιμών είναι μεταξύ των λεκανών Αιγαίου-Ιονίου με τιμή 0,8. Η επιβεβαίωση έρχεται και από την κατανομή του εποχικού κύκλου της αλατότητας των δύο λεκανών λόγω του ότι βρίσκονται στην ίδια φάση. Από την άλλη πλευρά η συνδιακύμανση των λεκανών μεταξύ των λεκανών Αιγαίου-Λεβαντίνης και Ιονίου-Λεβαντίνης παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση -0,8, η οποία δικαιολογείται από την αντίθετη φάση των εποχικών κύκλων των λεκανών (Σχήμα 3.15 a) και b)). Ο εποχικός κύκλος του Αιγαίου κυριαρχείται από την εισροή BSW ενώ ο εποχικός κύκλος της Λεβαντίνης από τις αλληλεπιδράσεις (E-P), με την ατμόσφαιρα. Στο Ιόνιο, οι δύο κύκλοι και η αλληλεπίδραση με τις γειτονικές λεκάνες οδηγούν σε μια «ενδιάμεση» κατάσταση.



Σχήμα 3.15: Covariance της μέσης τιμής της επιφανειακής αλατότητας της θάλασσας a) Αιγαίο-Ιόνιο, b) Αιγαίο-Λεβαντίνη και c) Ιόνιο Λεβαντίνη

Συμπερασματικά η γενική διακύμανση των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών της περιοχής του ALERMO δείχνει ότι τη χειμερινή περίοδο επικρατούν τα κρύα και γλυκά νερά, ενώ τη θερινή περίοδο τα ζεστά και αλμυρά νερά. Επίσης ένα άλλο σημείο άξιο παρατήρησης είναι ότι η έντονη μεταβλητότητα της αλατότητας και της θερμοκρασίας της λεκάνης του Αιγαίου, η οποία είναι μικρότερης έκτασης σε σχέση με τη λεκάνη της Λεβαντίνης, επηρεάζει την συμπεριφορά της γενικής διακύμανσης όλης της εξεταζόμενης περιοχής και των δύο αυτών παραμέτρων.

3.3 Γενική Κυκλοφορία

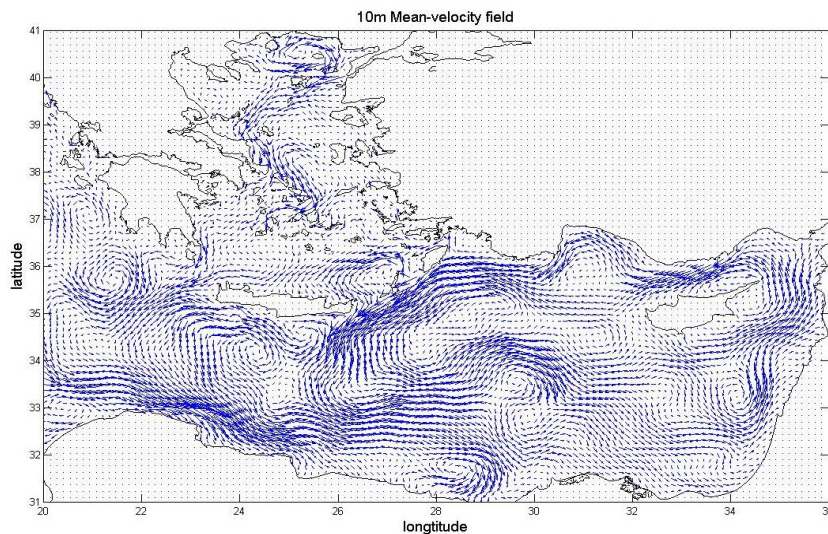
Στην ενότητα αυτή αναλύονται τα δυναμικά χαρακτηριστικά της περιοχής και πώς αυτά καθορίζουν τη γενική κυκλοφορία του επιφανειακού στρώματος των 10m. Για τη μελέτη της γενικής κυκλοφορίας της περιοχής υπολογίστηκε ο μέσος διανυσματικός όρος των επιφανειακών ταχυτήτων (10m) από όλη τη χρονική διάρκεια της προσομοίωσης του μοντέλου ALERMO. Η μέση κυκλοφορία της εξεταζόμενης περιοχής απεικονίζεται στο σχήμα 3.16. Η μέση γενική κυκλοφορία στη λεκάνη του Αιγαίου και της

Λεβαντίνης εμφανίζει γενικά κυκλωνικό χαρακτήρα, όμως η γενική δομή επηρεάζεται σημαντικά από την παρουσία σχηματισμών (κυρίως δινών) με διάσταση μερικών ακτίνων αποδιαμόρφωσης του Rossby. Η δομή και έκταση των ρευμάτων και δινών, επηρεάζει σημαντικά όπως θα δούμε και στη συνέχεια τη χωρική κατανομή των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών.

Στη λεκάνη του Ιονίου ($20-24,6^{\circ}\text{E}$ και $31-41^{\circ}\text{N}$) και στο γεωγραφικό μήκος 22°E παρατηρείται ένα ρεύμα με ανατολική ροή, μεταφέροντας την υδάτινη μάζα MAW (όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 1.4), η οποία εισέρχεται στη λεκάνη της Λεβαντίνης ($24,6^{\circ}\text{E}-36^{\circ}\text{E}$ και $32-36,5^{\circ}\text{N}$) και κινείται παράλληλα των ακτών της Βόρειας Αφρικής (γνωστό και ως North African Current). Στις 28°E κοντά στην ακτή της Βόρειας Αφρικής παρατηρείται ο σχηματισμός μιας ισχυρής δίνης, αντικυκλωνικής μορφής (Mersha-Matruh), η οποία πιθανότατα να οφείλεται σε αστάθεια του NAC. Βορειότερα και στη περιοχή του Mersa-Matruh, στη κεντρική Λεβαντίνη παρατηρείται ένα σύστημα αντικυκλωνικών δινών. Στο βορειοανατολικό μέρος της λεκάνης της Λεβαντίνης ($31,8-34^{\circ}\text{E}$ και $34,9-35,9^{\circ}\text{N}$) παρατηρείται ένα ρεύμα με δυτική ροή (γνωστό ως Asian Minor Current).

Το AMC, με δυτική ροή κινείται περιφερειακά της κυκλωνικής δομής (γνωστό ως Κυκλώνας της Ρόδου) στις $27,8-31,8^{\circ}\text{E}$ και $34-35,5^{\circ}\text{N}$ και εισέρχεται στη λεκάνη του Αιγαίου μέσω του στενού της Κρήτης-Καρπάθου-Ρόδου-Τουρκίας, με το ένα μέρος του να κινείται παράλληλα στο βόρειο τμήμα της Κρήτης. Στο βόρειο τμήμα της λεκάνης αυτής κυριαρχεί η απορροή των υδάτων από το στενό των Δαρδανελίων, τα οποία αναμειγνύονται με τα νερά του Αιγαίου και ο σχηματισμός μιας αντικυκλωνικής δίνης $25,8-26,2^{\circ}\text{E}$ και $40-41^{\circ}\text{N}$ (γνωστός ως αντικυκλώνας της Σαμοθράκης).

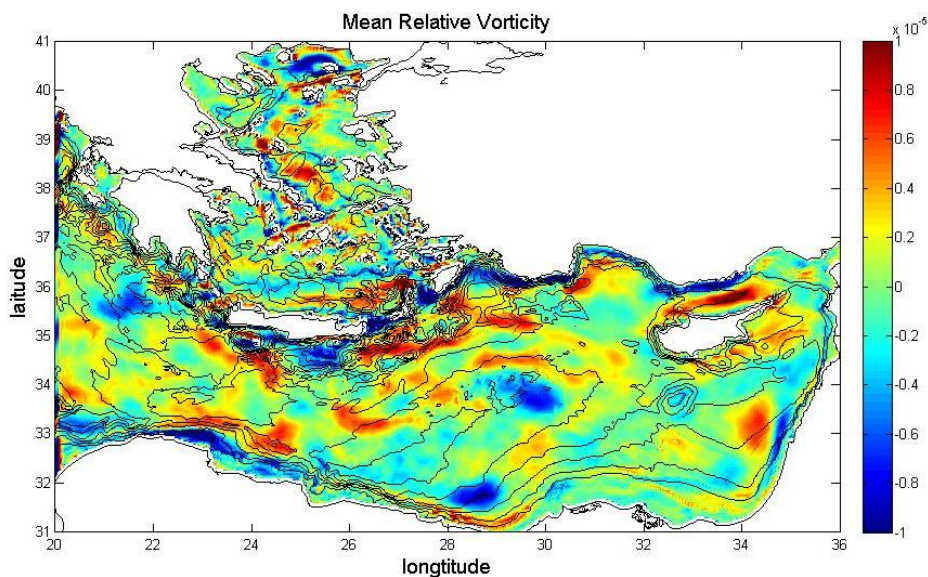
Στο δυτικό τμήμα παρατηρείται έντονη κυκλοφορία, λόγω της παρουσίας ενός ρεύματος το οποίο κινείται παράλληλα των ανατολικών ακτών της Στερεάς Ελλάδας, γνωστό και ως ρεύμα της Εύβοιας. Το ρεύμα αυτό μεταφέρει τροποποιημένο BSW στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης. Στη συνέχεια, η τροποποιημένη υδάτινη μάζα, απορρέει στο Ιόνιο μέσω του στενού μεταξύ Κρήτης-Πελοποννήσου.



Σχήμα 3.16 : Πεδίο μέσων ταχυτήτων στο επιφανειακό στρώμα των 10 m της περιοχής του ALERMO από τις 2/3/2007 έως 30/4/2010.

3.4 Χωρικές και χρονικές κατανομές των δυναμικών χαρακτηριστικών της περιοχής του ALERMO

Οι μηχανισμοί δημιουργίας κυκλωνικών και αντικυκλωνικών δινών είναι πολύπλοκη διαδικασία. Η δημιουργία τους πιθανόν να οφείλεται στην επίδραση συγκεκριμένης τοπογραφίας της περιοχής, στην αστάθεια των ρευμάτων ή στην επίδραση ατμοσφαιρικών συνθηκών. Για καλύτερη ανάλυση της δομής των διαφόρων σχηματισμών της κυκλοφορίας στην περιοχή, υπολογίστηκε η χωρική κατανομή της μέσης τιμής του σχετικού στροβιλισμού Σχήμα 3.17. Η λεκάνη της Λεβαντίνης εμφανίζει μεγαλύτερη ένταση του μέσου σχετικού στροβιλισμού σε σχέση με τις άλλες δύο λεκάνες, λόγω της δημιουργίας εντονότερων και σημαντικότερων κυκλωνικών και αντικυκλωνικών δινών καθώς και ισχυρότερων ρευμάτων (με μπλε χρώμα εμφανίζονται οι σχηματισμοί με αρνητικό σχετικό στροβιλισμό (αντικυκλώνες) και με κόκκινο χρώμα αυτοί με θετικό σχετικό στροβιλισμό (κυκλωνικοί σχηματισμοί)). Στο υπόλοιπο πεδίο παρατηρούνται τιμές μικρότερης έντασης σχετικού στροβιλισμού. Ο αντικυκλώνας παράκτια της βόρειας Αφρικής, γνωστός και ως Mersa-Matruh, ο οποίος είναι μερικών διαστάσεων αποδιαμόρφωσης ακτίνας του Rossby, περίπου 12Km, προέρχεται πιθανώς από βαροκλιτική αστάθεια του NAC. Ο αντικυκλώνας στη κεντρική Λεβαντίνη οφείλεται στην τοπογραφία, λόγω έντονου βυθίσματος της τοπογραφίας. Στη λεκάνη του Αιγαίου παρατηρείται ένταση του στροβιλισμού με αρνητική τιμή στο βόρειο τμήμα της λεκάνης, γνωστό και ως αντικυκλώνας της Σαμοθράκης.

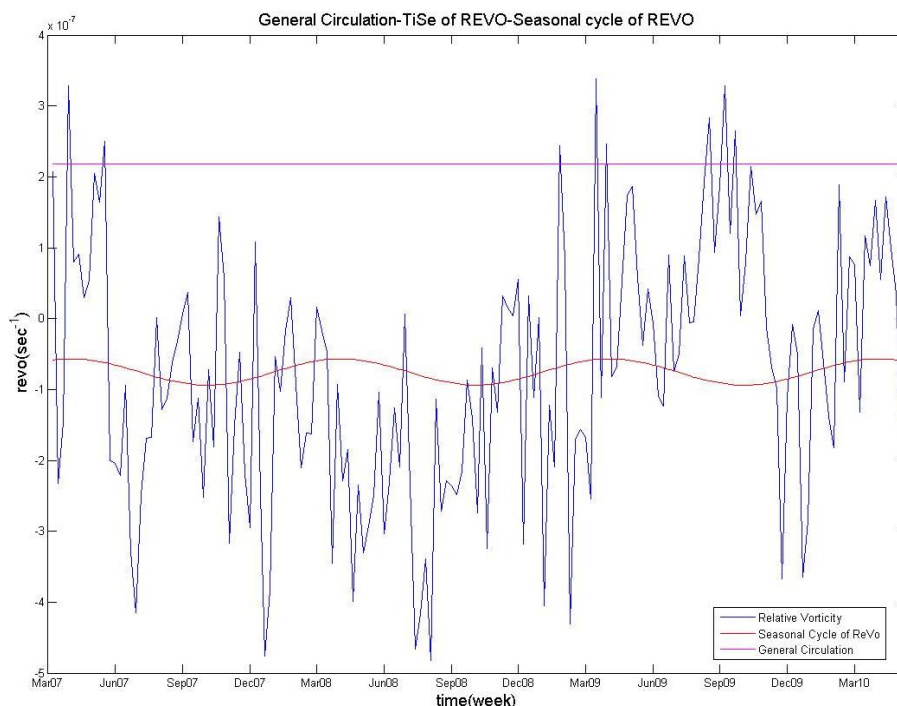


Σχήμα 3. 17 :Χωρική κατανομή της μέσης τιμής του σχετικού στροβιλισμού της περιοχής του ALERMO από τις 2/3/2007 έως 30/4/2010.

Στο σχήμα 3.18 απεικονίζεται η χρονική κατανομή της μέσης τιμής του μέσου σχετικού στροβιλισμού(μπλε γραμμή), ο εποχιακός κύκλος του μέσου σχετικού στροβιλισμού(κόκκινο χρώμα) και η μέση γενική κυκλοφορία(magenta) της περιοχής του ALERMO από όλη τη χρονική διάρκεια της μελέτης. Η magenta γραμμή, η οποία έχει προκύψει από τη γενική κυκλοφορία της περιοχής(Σχήμα 3.16), υποδεικνύει ότι η μέση κυκλοφορία της είναι κυκλωνική. Η κόκκινη γραμμή του σχήματος 3.18 απεικονίζει τον εποχικό κύκλο του στροβιλισμού, ο οποίος έχει σχεδόν μηδενικό εύρος τιμών.

Η μπλε γραμμή του σχήματος 3.18 απεικονίζει τη μέση τιμή του μέσου σχετικού στροβιλισμού με έντονη διακύμανση και εναλλαγές θετικών-αρνητικών τιμών του στροβιλισμού. Η χρονική αυτή κατανομή εμφανίζει και υπερετήσιες διακυμάνσεις. Υπάρχουν περίοδοι όπου η χρονική κατανομή του μέσου σχετικού στροβιλισμού κυμαίνεται γύρω από τις θετικές τιμές(πρώτο μισό του 2009), ενώ σε άλλες κυμαίνεται γύρω από αρνητικές τιμές (πρώτο μισό του 2008). Η μέση τιμή του μέσου σχετικού στροβιλισμού της υπό μελέτης περιοχής έχει αρνητική τιμή(πίνακας 5) . Αυτό σημαίνει ότι στην περιοχή του ALERMO επικρατούν οι αντικυκλωνικοί σχηματισμοί έναντι των κυκλωνικών. Παρότι η μελέτη των διακυμάνσεων αυτών ξεφεύγει από τους

στόχους της παρούσας εργασίας, τέτοιες διακυμάνσεις μπορεί να σχετίζονται με μεγάλης κλίμακας διακυμάνσεις ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας



Σχήμα 3.18: Χρονική κατανομή του μέσου σχετικού στροβιλισμού (μπλε γραμμή) της περιοχής του ALERMO από τις 2/3/2007 έως 30/4/2010. Εποχιακός κύκλος (κόκκινη γραμμή) του μέσου σχετικού στροβιλισμού. Γενική κυκλοφορία (magenta) της περιοχής του ALERMO.

Units/sec ⁻¹	Relative Vorticity	General Vorticity	Seasonal Cycle of Vorticity
Min	-4.818*10 ⁻⁷	>>	-9.392*10 ⁻⁸
Max	3.383*10 ⁻⁷	>>	-5.676*10 ⁻⁸
Mean	-7.534*10 ⁻⁷	2.18*10 ⁻⁷	-7.429*10 ⁻⁸
St.Dev.	1.807*10 ⁻⁷	>>	1.344*10 ⁻⁸
Range	8.201*10 ⁻⁷	>>	3.715*10 ⁻⁸

Πίνακας 5: Στατιστικά στοιχεία της χρονικής κατανομής του μέσου σχετικού στροβιλισμού(1^η στήλη), της μέσης γενικής κυκλοφορίας(2^η στήλη) και του εποχιακού κύκλου του μέσου σχετικού στροβιλισμού(3^η στήλη).

3.5 Χωρική ανάλυση των σχηματισμών

Η μέση γενική κυκλοφορία της περιοχής καθορίζεται από έντονους σχηματισμούς. Για περαιτέρω ανάλυση αυτών των σχηματισμών (δινών και ρευμάτων) χρησιμοποιήθηκε η παράμετρος της μέσης ροής Okubo-Weiss. Η παράμετρος Okubo-Weiss (Okubo 1970; Weiss 1991;) ορίζεται από τον τύπο:

$$W = Sn^2 + Ss^2 - \omega^2 \quad (3.5.1)$$

$$\text{όπου } S_n = \frac{\partial U}{\partial X} - \frac{\partial V}{\partial Y}$$

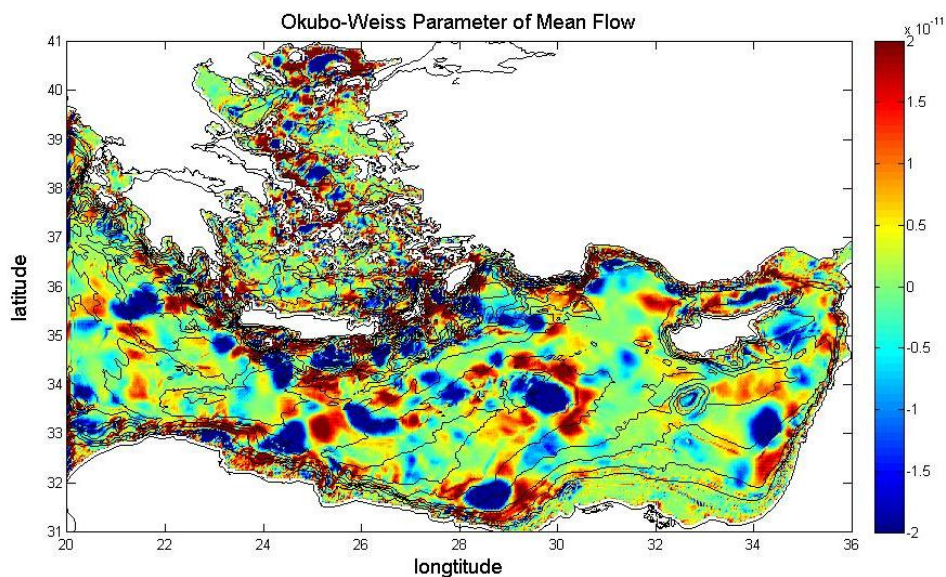
$$S_s = \frac{\partial V}{\partial X} + \frac{\partial U}{\partial Y} \text{ και}$$

$$\omega = \frac{\partial V}{\partial X} - \frac{\partial U}{\partial Y}.$$

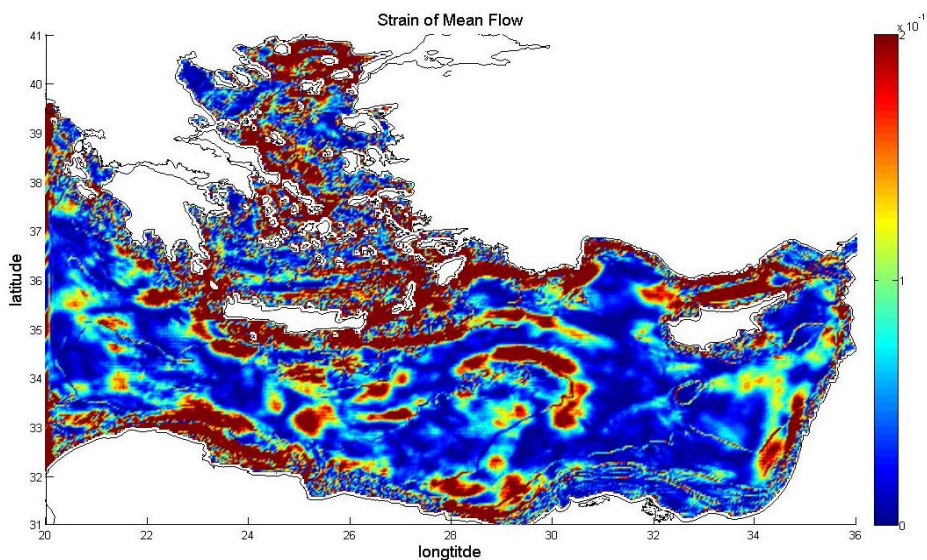
Το S_n υποδηλώνει τη shear(διάτμηση) των βαθμίδων ταχύτητας και S_s το stretch(τέντωμα). Οι δύο όροι S_n και S_s αποτελούν το strain των ταχυτήτων ενώ το ω το σχετικό στροβιλισμό. Ο τελευταίος όρος ορίζεται και ως Ενστροφία (το τετράγωνο του σχετικού στροβιλισμού). Οι πληροφορίες που παρέχονται μέσω της παραμέτρου O-W, έχει να κάνει με την επικράτηση του strain ή του στροβιλισμού. Βάση της εξίσωσης (3.5.1) σε συνδυασμό με το Σχήμα 3.19, συμπεραίνουμε ότι όταν $W > 0$ επικρατεί το strain(διάταση των ρευμάτων) και τέτοιες περιοχές απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα . Ενώ όταν $W < 0$ επικρατούν οι δίνες, και αυτά τα σημεία απεικονίζονται με μπλε χρώμα. Η υπόλοιπη περιοχή αποτελείται από θετικές και αρνητικές τιμές μικρής έντασης του W , αυτό σημαίνει ότι οι όροι του strain και της Ενστροφίας αλληλοεξουδετερώνονται(Jimenez 1996; Pasquero et al.2001).

Το κριτήριο της παραμέτρου Okubo–Weiss ορίζεται από τον τύπο $W_0 = 0.2 \cdot \sigma_w$, όπου σ_w η χωρική κατανομή της τυπικής απόκλισης του W . Η τιμή της τυπικής απόκλισης της παραμέτρου Okubo-Weiss είναι $\sigma_w = 1,53 \cdot 10^{-11} \text{s}^{-2}$. Η χωρική κατανομή της παραμέτρου O-W (Σχήμα 3.19) δείχνει τις περιοχές που επικρατεί το strain(με κόκκινο χρώμα) και τις περιοχές που επικρατεί η Ενστροφία (μπλε χρώμα). Έντονο strain παρατηρείται σε παράκτιες περιοχές και περιφερειακά του κυκλώνα της Ρόδου, ενώ έντονη ενστροφία παρατηρείται στις περιοχές σχηματισμού κύριων δινών(π.χ., Mersa Matruh, Κεντρική Λιβαντίνη, Shikmona, Pelops και Σαμοθράκης) .

Στη συνέχεια απεικονίζονται το strain(ΣΧ.3.20) και η ενστροφία(Σχ.3.21) της περιοχής. Η κατανομή του strain δείχνει τις περιοχές όπου επικρατούν τα ρεύματα δηλαδή οι οριζόντιες διατμητικές τάσεις των ταχυτήτων. Αντίθετα, η ενστροφία δείχνει τις περιοχές όπου ο στροβιλισμός επικρατεί των διατμήσεων των ρευμάτων.



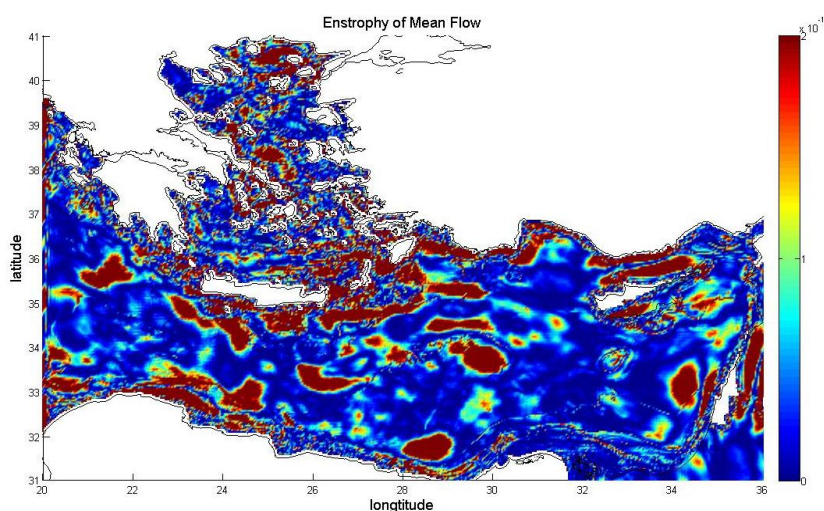
Σχήμα 3.19: Χωρική κατανομή της παραμέτρου Okubo-Weiss της περιοχής του ALERMO από τις 2/3/2007 έως 30/4/2010.



Σχήμα 3.20: Χωρική κατανομή του Strain της περιοχής του ALERMO από τις 2/3/2007 έως 30/4/2010.

Η Χωρική κατανομή του Strain (Σχήμα 3.20) δείχνει τα ισχυρότερα ρεύματα στην περιοχή του ALERMO. Εντονότερο strain παρατηρείται στις παράκτιες περιοχές και στις περιοχές γύρω από ισχυρούς σχηματισμούς δινών (π.χ. κυκλώνα της Ρόδου και αντικυκλώνα Σαμοθράκης). Αντίθετα η χωρική κατανομή της Ενστροφίας (Σχήμα 3.21) δείχνει τις περιοχές σχηματισμού δινών. Επίσης όπως φαίνεται και από το σχήμα 3.19 υπάρχουν περιοχές, τόσο στη λεκάνη της Λεβαντίνης όσο και στις άλλες δύο λεκάνες, που παρατηρείται έντονο strain αλλά και Ενστροφή. Αυτό υποδηλώνει ότι στις περιοχές αυτές υπάρχει εναλλαγή strain και Ενστροφίας χωρίς να

αλληλοεξουδετερώνονται οι δύο όροι. Μια τέτοια χαρακτηριστική περιοχή είναι η περιοχή γύρω από το νησί της Σαμοθράκης όπου δε φαίνεται καθαρά ποιος από τους δύο όρους επικρατεί. Μια πιθανή εξήγηση αυτής της κατανομής είναι η μεταβλητότητα της τοπογραφίας της περιοχής καθώς και το αρνητικό curl του ανέμου το οποίο τείνει να ενισχύσει την αντικυκλωνική κυκλοφορία στην περιοχή, ενώ η θερμοαλατική επίδραση τείνει να ενισχύσει την κυκλωνική κυκλοφορία (Sofianos, 2005). Μια άλλη περιοχή με έντονο strain και Ενστροφία είναι η περιοχή στο νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης του Αιγαίου, λόγω της εισροής των επιφανειακών υδάτων της Λεβαντίνης στη λεκάνη του Αιγαίου.



Σχήμα 3.21: Χωρική κατανομή της Ενστροφίας της περιοχής του ALERMO από τις 2/3/2007 έως 30/4/2010.

Η χωρική κατανομή της Ενστροφίας (τετράγωνο του σχετικού στροβιλισμού), υποδεικνύει τις περιοχές σχηματισμού κυριάρχων δινών. Στον πίνακα 6 φαίνεται η διάμετρος των πιο σημαντικών δινών που εμφανίζονται στη περιοχή και με διάσταση του Rossby Radius Deformation μερικών διατάσεων. Ο καθορισμός της διαμέτρου των δινών βασίστηκε στο σχηματισμό των δινών της μέσης ροής. Επίσης παρατηρήθηκε μεταβλητότητα της διαμέτρου των δινών σε σχέση με τις εποχές καθώς και από την επίδραση γνωστών ατμοσφαιρικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή, της οποίας η διερεύνηση δεν ήταν δυνατή στην παρούσα διπλωματική.

Δίνες	Km
Mersa-Matruh	121
Shikmona	73.33
Κεντρική Λεβαντίνη	99
Σαμοθράκη	113,6677
Pelops	193,34

Πίνακας 6: Διάμετρος των κύριων δινών της εξεταζόμενης περιοχής

3.6 Χωρικές και χρονικές κατανομές της κινητικής ενέργειας και του Eddy Kinetic Energy

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται τα δυναμικά χαρακτηριστικά της περιοχής του ALERMO με οριζόντια ανάλυση 493*316 για τα τρία χρόνια μελέτης. Η μελέτη των δυναμικών χαρακτηριστικών, τα οποία εμπλέκονται στην γενική κυκλοφορία της περιοχής, χωρίζονται σε δύο συνιστώσες: την κινητική ενέργεια της μέσης ροής (3.6.1) και το Eddy Kinetic Energy(3.6.2). Η κινητική ενέργεια της μέσης ροής στη μονάδα της μάζας(MKE), για το βάθος των 10m υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$MKE = \frac{1}{2} \times (\bar{U} + \bar{V}) \quad (3.6.1)$$

Όπου $\bar{U} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m U_j$ και $\bar{V} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m V_j$ είναι η μέση ζωνική και μέση

μεσημβρινή συνιστώσα της οριζόντιας ταχύτητας.

Ενώ το Eddy Kinetic Energy στη μονάδα της μάζας (EKE) υπολογίστηκε από τον τύπο:

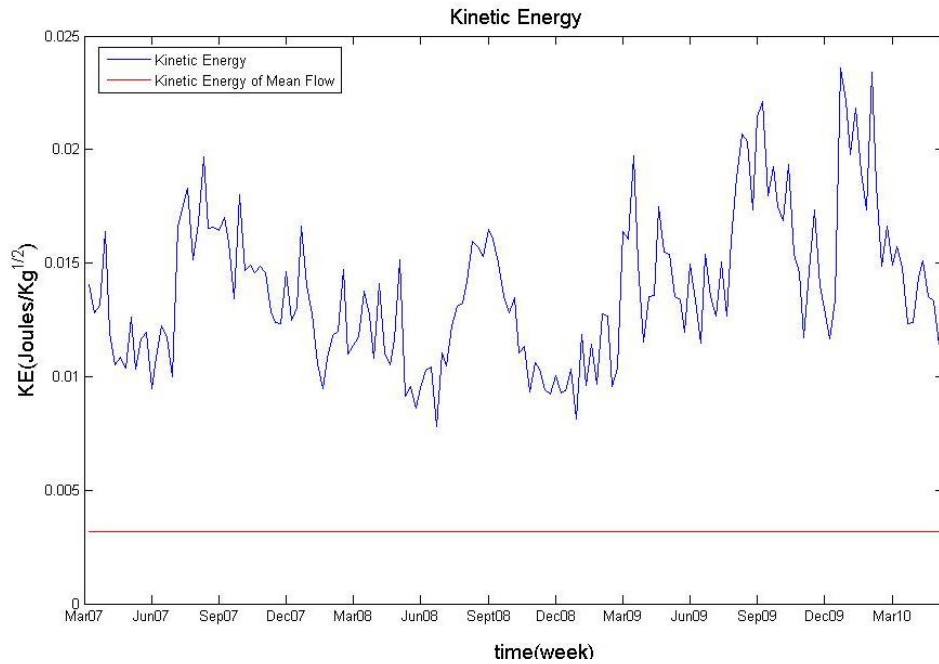
$$EKE = \frac{1}{2} \times (U'^2 + V'^2), \quad (3.6.2) \text{ όπου}$$

$$U' = U - \bar{U} \text{ και } V' = V - \bar{V}.$$

Και η κινητική ενέργεια στη μονάδα της μάζας υπολογίστηκε από τον τύπο

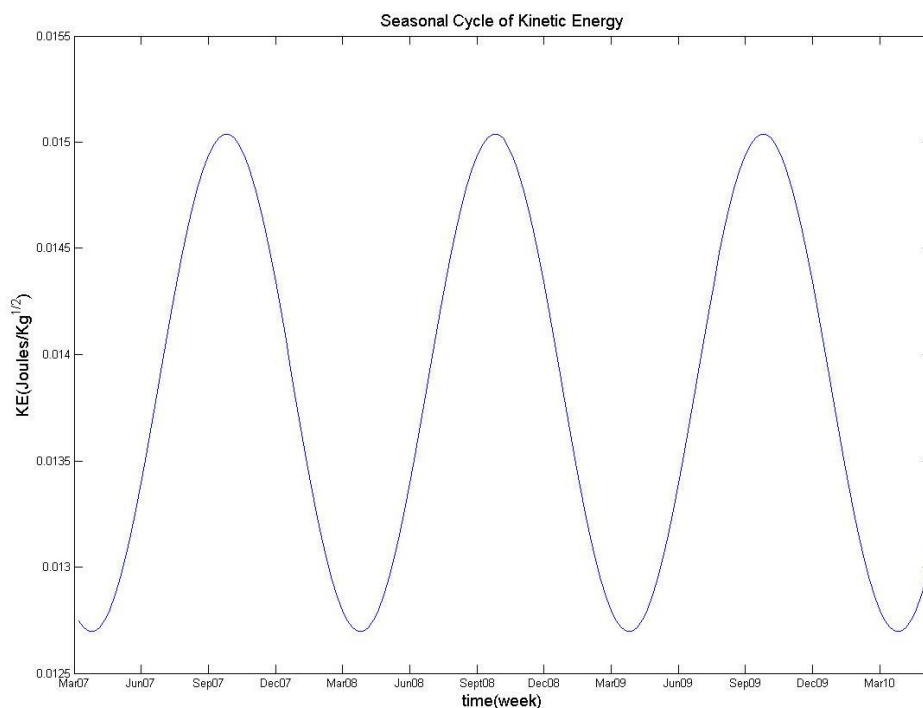
$$KE = \frac{1}{2} \times (U^2 + V^2) \quad (3.6.3) \text{ όπου } U \text{ και } V \text{ η ζωνική και η μεσημβρινή που}$$

παράγονται από το μοντέλο ALERMO.



Σχήμα 3.22: Χρονική κατανομή της κινητικής ενέργειας (μπλε γραμμή) της περιοχής του ALERMO για τη χρονική 2/3/2007 έως 30/4/2010 και η κινητική ενέργεια της μέσης ροής(κόκκινη γραμμή)

Στο σχήμα 3.22 απεικονίζεται η χρονική κατανομή της κινητικής(μπλε γραμμή) και η κινητική ενέργεια της μέσης ροής(κόκκινη γραμμή),η οποία ισούται με $0,0032 \text{ Joules/Kg}^{1/2}$. Η χρονική κατανομή της κινητικής ενέργειας (Σχήμα 3.22) καταγράφει την έντονη διακύμανση που επικρατεί στην περιοχή για τα τρία χρόνια μελέτης. Η έντονη αυτή διακύμανση οφείλεται κατά κύριο λόγο σε συνοπτικής κλίμακας φαινόμενα. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από το ότι ο εποχικός κύκλος(Σχήμα 3.23) της κινητικής ενέργειας είναι πολύ μικρότερος από αυτόν της γενικής διακύμανσης. Οι υψηλότερες τιμές της κινητικής ενέργειας καταγράφονται κατά τη χειμερινή περίοδο του 2010 και οι χαμηλότερες τον Ιούλιο του 2008 και τον Ιανουάριο του 2009.Η γενική εικόνα της κινητική ενέργειας δείχνει ότι από το Μάρτιο του 2007 έως και το Δεκέμβριο του 2008,με εξαίρεση τον καλοκαίρι του 2007, δείχνει μια μείωση της κινητικής ενέργειας. Ενώ από τον Ιανουάριο του 2009 έως και τον Απρίλιο του 2010 παρατηρείται αύξηση της κινητικής ενέργειας. Το εύρος τιμών κυμαίνεται στα $0.0158 \text{ Joules/Kg}^{1/2}$. Ο εποχιακός κύκλος της κινητικής ενέργειας(Σχήμα 3.23) δείχνει ότι οι μέγιστες τιμές καταγράφονται Αύγουστο ($0.01504 \text{ Joules/Kg}^{1/2}$) και οι ελάχιστες τον Μάρτιο ($0.0127 \text{ Joules/Kg}^{1/2}$) με εύρος τιμών $0,002341 \text{ Joules/Kg}^{1/2}$.

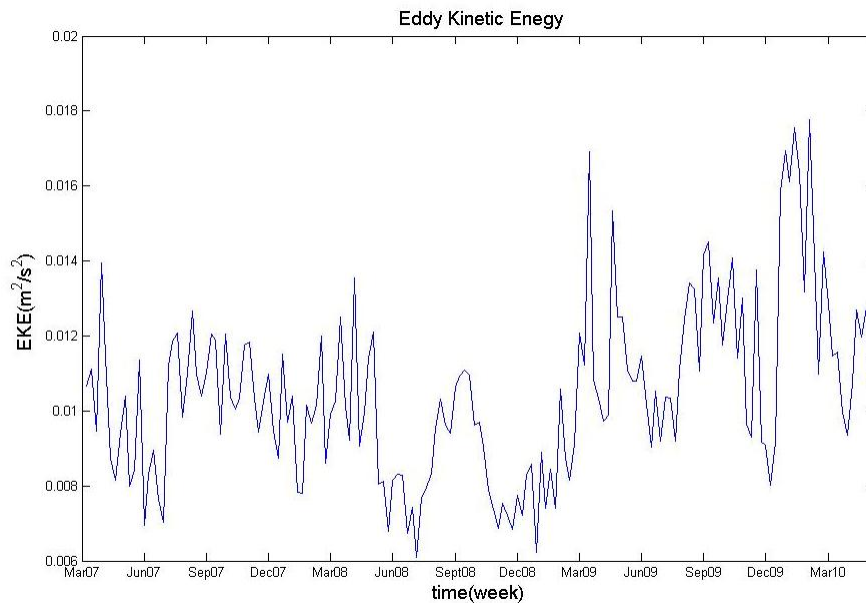


Σχήμα 3.23: Εποχιακός κύκλος της της κινητικής ενέργειας της περιοχής του ALERMO για τη χρονική 2/3/2007 έως 30/4/2010

Η κατανομή αυτή πιθανόν να οφείλεται σε διάφορα επεισόδια που δρουν, τα οποία οφείλονται στη γενική κυκλοφορία και στην επίδραση του ανέμου.

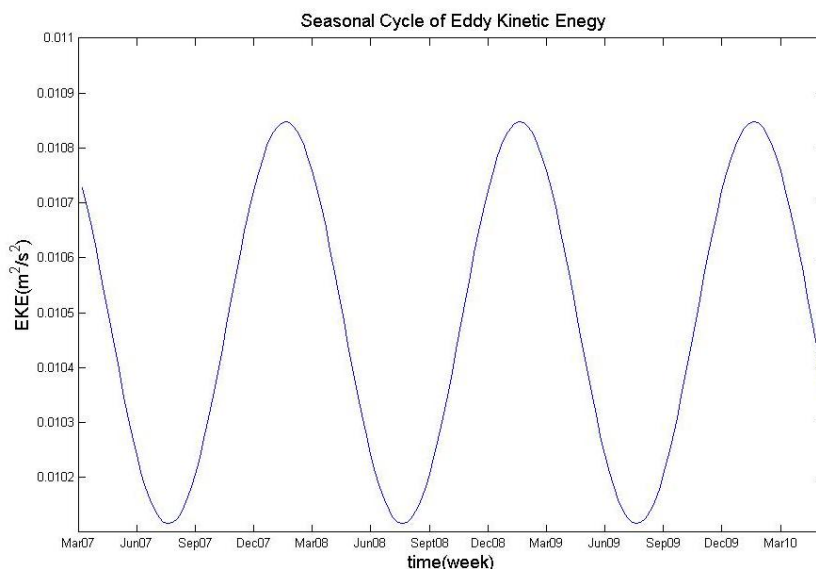
Kinetic Energy(Joules/Kg ^{1/2})	Timeseries	Seasonal Cycle
Mean	0.013	0.013
Min	0.007	0.012
Max	0.023	0.015
St.Deviation	0.003	0.002

Πίνακας 7: Στατιστικά στοιχεία της μέσης τιμής της κινητικής ενέργειας και του εποχιακού κύκλου



Σχήμα 3.24: Χρονική κατανομή της μέσης τιμής του Eddy Kinetic Energy της περιοχής του ALERMO για τη χρονική 2/3/2007 έως 30/4/2010

Η χρονική κατανομή(Σχήμα 3.24) του Eddy Kinetic Energy καταγράφει έντονη διακύμανση στα τρία χρόνια μελέτης. Οι διακυμάνσεις των τιμών δείχνουν ότι επικρατεί μια περιοδικότητα των τιμών του Eddy Kinetic Energy με τις ελάχιστες τιμές να παρατηρούνται τη θερινή περίοδο και τις μέγιστες την χειμερινή περίοδο. Την φθινοπωρινή περίοδο του 2008 παρατηρείται μια αλλαγή της διακύμανσης με αύξηση των τιμών τη φθινοπωρινή περίοδο των τιμών. Ενώ απο τη χειμερινή περίοδο του 2009 έως του 2010, η διακύμανση σημειώνει την ίδια περιοδικότητα με τα προηγούμενα έτη αλλά οι τιμές του Eddy Kinetic Energy κυμαίνονται σε υψηλότερα επίπεδα.



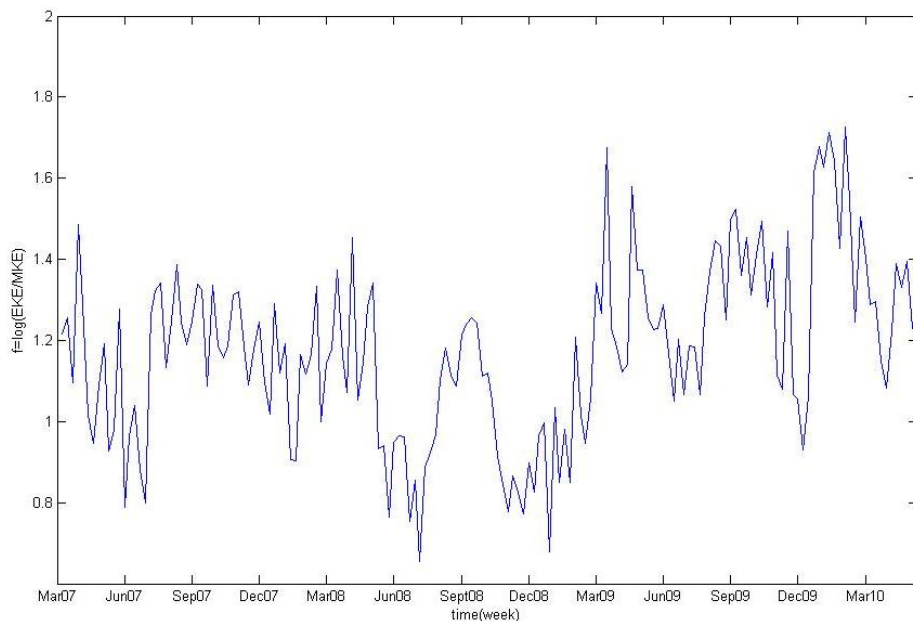
Σχήμα 3.25: Εποχιακός κύκλος της μέσης τιμής του Eddy Kinetic Energy της περιοχής του ALERMO για τη χρονική 2/3/2007 έως 30/4/2010

Ο εποχιακός κύκλος(Σχήμα 3.25) του Eddy Kinetic Energy δείχνει ότι οι μέγιστες τιμές καταγράφονται κατά τη χειμερινή περίοδο(Μάρτιο) και οι ελάχιστες τη θερινή περίοδο (Αύγουστο). Το εύρος των τιμών του εποχικού κύκλου είναι πολύ μικρό ($0.0007\text{m}^2/\text{s}^2$), αυτό υποδεικνύει ότι η διαμόρφωση του Eddy Kinetic Energy οφείλεται κυρίως σε φαινόμενα συνοπτικής κλίμακας.

Eddy Kinetic Energy(m^2/s^2)	Timeseries	Seasonal Cycle
Mean	0.010	0.01049
Min	0.006	0.01012
Max	0.017	0.01085
St.Deviation	0.0023	0.0002

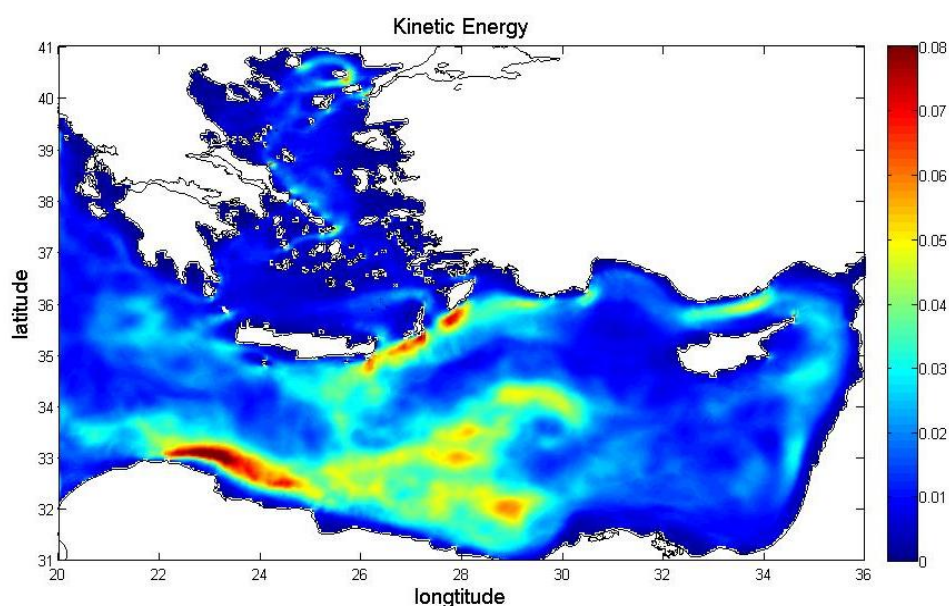
Πίνακας 8: Στατιστική ανάλυση της μέσης τιμής Eddy Kinetic Energy και του εποχιακού κύκλου του

Για καλύτερη ανάλυση και αξιολογήση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε η παράμετρος Φ . Όπου $\Phi = \log((EKE/MKE))$, ο λογαριθμικός λόγος των δύο παραμέτρων δίνει πληροφορίες για την ενεργειακή κατανομή μεταξύ των μέσων σταθερών και κυμαινόμενων ρευμάτων της περιοχής του ALERMO. Σε γενικές γραμμές ισχύει η συνθήκη ότι ,αν $\Phi < 0$ τότε η κινητική ενέργεια της μέσης ροής υπερτερεί του Eddy Kinetic Energy. Σε περίπτωση που $\Phi = 0$ τότε οι δύο όροι είναι της ίδια τάξης και αν $\Phi > 0$ τότε το Eddy Kinetic Energy υπερτερεί της κινητικής ενέργειας της μέσης ροής. Στη συνέχεια ακολουθεί το διάγραμμα της παραμέτρου Φ (Σχήμα 3.26) σε σχέση με το χρόνο. Από το παρακάτω διάγραμμα και με την παραπάνω συνθήκη συμπεραίνουμε ότι το Eddy Kinetic Energy υπερτερεί της κινητικής ενέργειας της μέσης ροής. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από το ποσοστό επί τοις εκατό του Eddy Kinetic Energy 76.64% σε σχέση με τη συνολική κινητική ενέργεια έναντι της κινητικής ενέργειας της μέσης ροής που είναι 23.35% της συνολικής κινητικής ενέργειας όλης της υπο εξέτασης περιοχής. Γενικά στην περιοχή του ALERMO το EKE είναι ο καθοριστικός παράγοντας στο ενεργειακό ισοζύγιο.



Σχήμα 3.26: Χρονική κατανομή της παραμέτρου Φ και EKE είναι η μέση τιμή του Eddy Kinetic Energy και MKE μέση τιμή της κινητικής ενέργειας της μέσης ροής για όλη τη χρονική περίοδο εξέτασης.

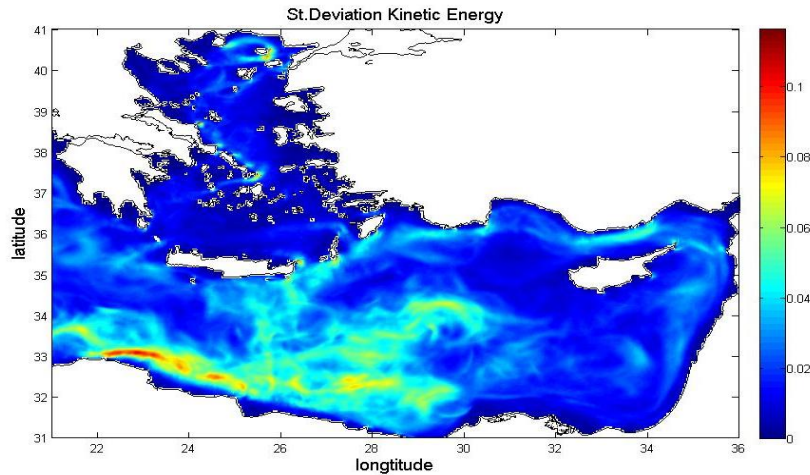
Η χωρική κατανομή της κινητικής ενέργειας για το επιφανειακό στρώμα των 10m του συνόλου της χρονικής περιόδου αποτυπώνεται στο Σχήμα 3.27. Η εντονότερη κυκλοφορία απαντάται στη λεκάνη της Λεβαντίνης με μέγιστη τιμή περίπου στα $0,08 \text{ Joules/Kg}^{1/2}$. Η συσσώρευση ενέργειας στη λεκάνη της Λεβαντίνης πιθανώς οφείλεται στη δημιουργία έντονων σχηματισμών, όπως παρατηρήθηκαν και στο Σχήμα 3.19. Η δημιουργία αυτών των σχηματισμών έχει ως αποτέλεσμα και την αύξηση της έντασης της κινητικής ενέργειας. Η μέγιστη τιμή της κινητικής ενέργειας της μέσης ροής εμφανίζεται παράλληλα στη Βόρεια Αφρική 22° - 25° E, λόγω του παράκτιου ρεύματος της Βόρειας Αφρικής NAC. Στη συνέχεια, προχωρώντας προς το ανατολικότερο τμήμα της Λεβαντίνης σημειώνεται μείωση της έντασης της κινητικής ενέργειας. Αύξηση της έντασης της κινητικής ενέργειας παρατηρείται πάλι στις 34 - 36° E και 33 - 36° N λόγω των δινών που σχηματίζονται στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης τροφοδοτώντας το AMC, το οποίο έχει δυτική ροή και κινείται περιφερειακά του κυκλώνα της Ρόδου. Το AMC διακλαδώνεται στη περιοχή της Ρόδου με το ένα κομμάτι να εισέρχεται στη λεκάνη του Αιγαίου μέσω του στενού Ρόδου-Κρήτης-Τουρκίας-Καρπάθου και το άλλο να κινείται κάτω από το νότιο τμήμα της Κρήτης κατά την έξοδο των επιφανειακών νερών της Λεβαντίνης. Στη περιοχή 24 - 28.5° E και 34 - 36° N παρατηρείται αύξηση της έντασης της κινητικής ενέργειας λόγω των δινών και των ρευμάτων κατά την έξοδο των επιφανειακών νερών της Λεβαντίνης από τη λεκάνη .



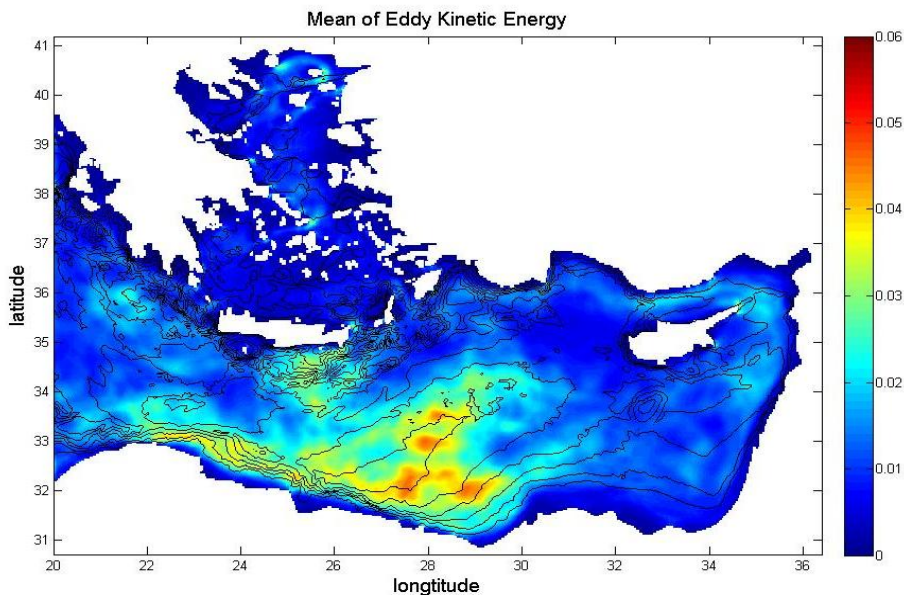
Σχήμα 3.27: Χωρική κατανομή της κινητικής ενέργειας της περιοχής του ALERMO για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010.

Στη λεκάνη του Αιγαίου έντονη δραστηριότητα της κινητικής ενέργειας παρατηρείται στη περιοχή γύρω από τη περιοχή της Σαμοθράκης λόγω της δίνης που σχηματίζεται για τη διατήρηση της κυκλωνικής κυκλοφορίας στη λεκάνη του Αιγαίου. Ένα άλλο σημείο με αύξηση της έντασης της κινητικής ενέργειας βρίσκεται παράκτια της Εύβοιας λόγω του ρεύματος της Εύβοιας το οποίο, όπως έχει προαναφερθεί, μεταφέρει τροποποιημένο BSW στο νότιοδυτικό τμήμα της λεκάνης του Αιγαίου.

Η χωρική κατανομή της τυπικής απόκλισης της κινητικής ενέργειας (Σχήμα 3.28), επαληθεύει τα όσα αναφέρθηκαν και ότι η μεγαλύτερη μεταβλητότητα της κινητικής ενέργειας παρατηρείται στις περιοχές με έντονη δραστηριότητα της κινητικής ενέργειας. Η μεταβλητότητα αυτή ίσως να οφείλεται στη μεταβλητότητα της θέσης ενός σχηματισμού, όπως του παράκτιου ρεύματος NAC, στην εποχικότητα των δινών όπως ο αντικυκλώνας της Ιεράπετρας, ο οποίος εμφανίζεται κυρίως κατά τη θερινή περίοδο καθώς και από τη διαστολή και συστολή μόνιμων δινών (Mersha-Matruh). Στη λεκάνη του Αιγαίου έντονη μεταβλητότητα της κινητικής ενέργειας καταγράφεται στη περιοχή της Σαμοθράκης, λόγω του ομώνυμου αντικυκλώνα. Ο αντικυκλώνας της Σαμοθράκης εμφανίζεται κυρίως κατά τη θερινή περίοδο, λόγω της ενισχυμένης απορροής των υδάτων από τη Μαύρη Θάλασσα.



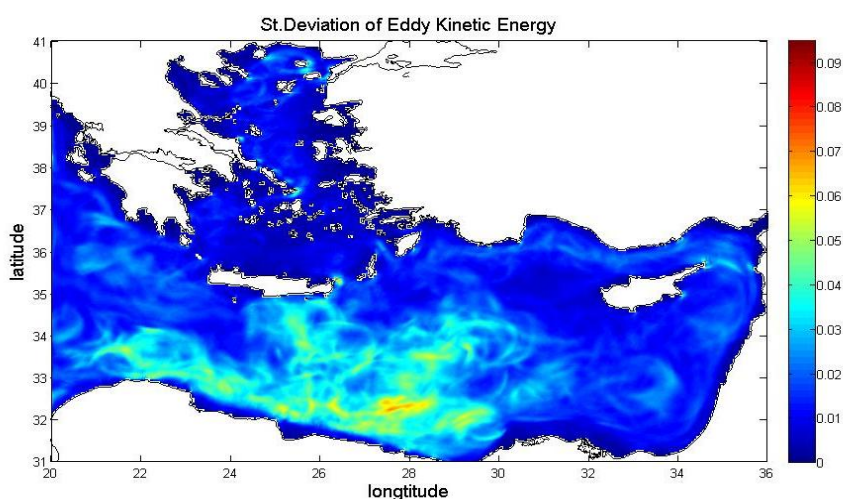
Σχήμα 3.28: Χωρική κατανομή της τυπικής απόκλισης της κινητικής ενέργειας της περιοχής του ALERMO για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010.



Σχήμα 3.29: Χωρική κατανομή της μέσης τιμής του Eddy Kinetic Energy για την περιοχή του ALERMO για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010.

Η χωρική κατανομή της μέσης τιμής του Eddy Kinetic Energy των 10m απεικονίζεται στο (Σχήμα 3.29). Η χωρική κατανομή δείχνει τις περιοχές με μικρή ή μεγάλη ένταση του Eddy Kinetic Energy στην περιοχή του ALERMO. Η λεκάνη της Λεβαντίνης εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές του Eddy Kinetic Energy λόγω έντονης δραστηριότητας των φαινομένων μέσης κλίμακας, των δυνατών παράκτιων ρευμάτων και δινών καθώς και της τοπογραφίας της περιοχής. Στο σχήμα 3.29 είναι εμφανές ότι οι μέγιστες τιμές του Eddy Kinetic Energy παρατηρούνται σε περιοχές όπου οι έντονοι σχηματισμοί(ρεύματα, δίνες) αλληλεπιδρούν με τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά. Το NAC εμφανίζει

έντονη διακύμανση στα όρια της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας ενώ στην περιοχή όπου ελαχιστοποιείται η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα εμφανίζεται ο Mersha-Matruh. Μεγάλη τιμή του EKE που σχετίζεται με τη δημιουργία δινών ακολουθούν την τοπογραφική ύψωση βορειοανατολικά του Mersha-Matruh και φαίνεται ότι παγιδεύονται στην κεντρική Λεβαντίνη στην περιοχή της υποθαλάσσιας κοιλάδας. Η λεκάνη του Αιγαίου εμφανίζει μικρότερη ένταση του Eddy Kinetic Energy, με σημαντική αύξηση των τιμών στο βορειοανατολικό Αιγαίο κυρίως λόγω φαινομένων συνοπτικής κλίμακας(δίνη της Σαμοθράκης) και της μεταβλητότητας της τοπογραφίας.

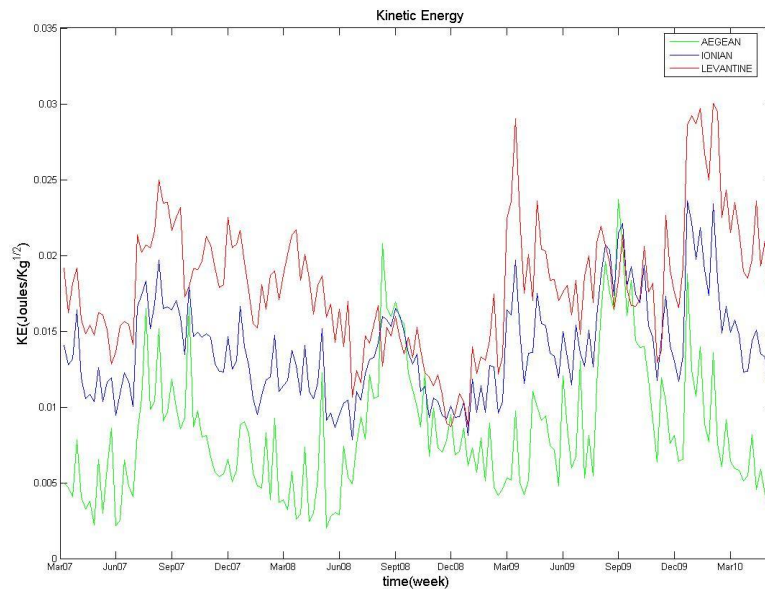


Σχήμα 3.30: Χωρική κατανομή της τυπικής απόκλισης του Eddy Kinetic Energy της περιοχής του ALERMO για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010.

3.7 Εποχική διακύμανση της κινητικής ενέργειας και του Eddy Kinetic Energy για τις λεκάνες Λεβαντίνη-Αιγαίο-Ιόνιο και συσχέτισή τους .

Η χρονική κατανομή της κινητικής ενέργειας κάθε λεκάνης απεικονίζεται στο Σχήμα 3.31 , όπου σε συνδυασμό με τον πίνακα 9 , παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο εύρος τιμών καταγράφεται στη λεκάνη του Αιγαίου. Παράλληλα οι μέγιστες τιμές σημειώνονται στα τέλη του καλοκαιριού, παρότι οι τιμές της κινητικής ενέργειας στη λεκάνη του Αιγαίου κυμαίνονται σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις άλλες δύο λεκάνες. Οι μέγιστες τιμές της λεκάνης του Αιγαίου ξεπερνούν ακόμα και τις τιμές των άλλων δύο λεκανών. Αυτή η έξαρση της κινητικής ενέργειας στη λεκάνη του Αιγαίου την καλοκαιρινή περίοδο δικαιολογείται από τα δύο ισχυρά φαινόμενα που δρουν στην περιοχή ,την εισροή κρύων υδάτων από το στενό των Δαρδανελλίων και την επίδραση των βόρειων ανέμων στο επιφανειακό στρώμα της θάλασσας. Αντίθετα η χρονική κατανομή για τη λεκάνη της Λεβαντίνης(Σχήμα 3.31) δεν εμφανίζει τόσο έντονη διακύμανση όσο η λεκάνη του Αιγαίου, με το εύρος των

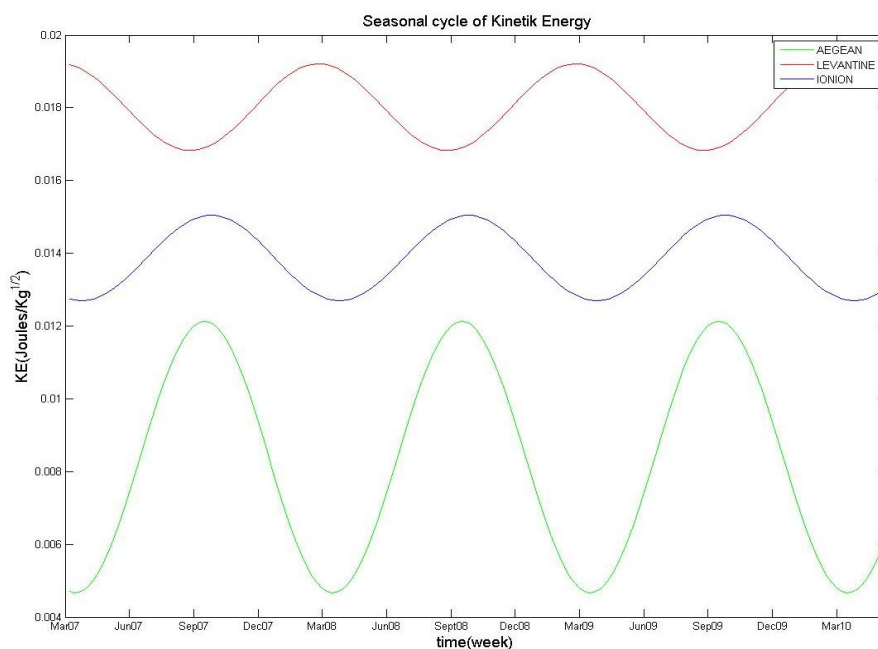
τιμών να κυμαίνεται στα $0.004 \text{ Joules/Kg}^{1/2}$, παρότι οι τιμές της κινητικής ενέργειας κυμαίνονται στα υψηλότερα επίπεδα. Οι μεγαλύτερες εξάρσεις των τιμών παρατηρούνται κατά την χειμερινή περίοδο και συγκεκριμένα το χειμώνα του 2009 και 2010 και αυτό ίσως οφείλεται στην εξάπλωση του κυκλώνα της Ρόδου. Η χρονική κατανομή στη λεκάνη του Ιονίου εμφανίζει ομαλή διακύμανση χωρίς μεγάλες εξάρσεις των τιμών ακολουθώντας την διακύμανση της λεκάνης της Λεβαντίνης.



Σχήμα 3.31 : Χρονική κατανομή της μέσης τιμής του Eddy Kinetic Energy της περιοχής του ALERMO για τη χρονική 2/3/2007 έως 30/4/2010

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ/Units	Λεκάνες	Min	Max	Range	Seasonal Cycle	Min	Max	Range
Κινητική Ενέργεια/ Joules/Kg ^{1/2}	Λεβαντίνης	0.013	0.03 Μάρτιο 2009 και 2010	0.004		0,014 Αύγουστο	0,017 Μάρτιο	0,003
	Αιγαίου	0,006 Ιούνιο 2008	0,016 Αύγουστο 2009	0,01		0,005 Μάρτιο	0,012 Σεπτέμβριο	0,007
	Ιονίου	0,008 Ιούνιο 2008	0,02 Σεπτέμβριο 2009	0,012		0,013 Μάρτιο	0,016 Σεπτέμβριο	0,003

Πίνακας 9: Στατιστική ανάλυση μέσης τιμής της κινητικής ενέργειας και του εποχιακού κύκλου της κάθε λεκάνης χωριστά



Σχήμα 3.32: Εποχιακός κύκλος της μέσης τιμής της κινητικής ενέργειας των τριών λεκανών Αιγαίο-Λεβαντίνη-Ιόνιο για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010

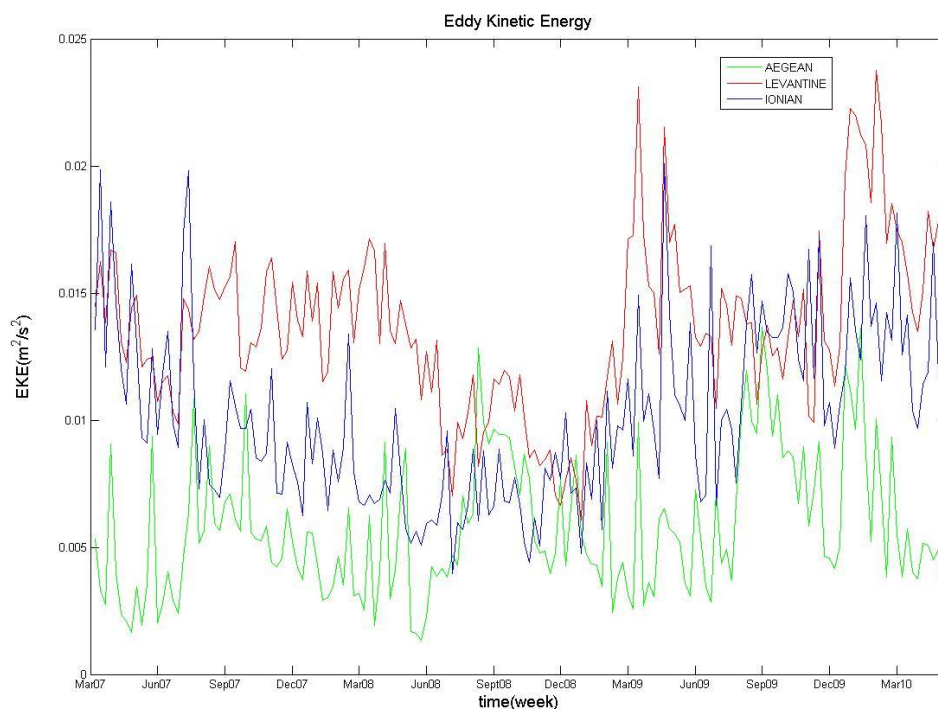
Το διάγραμμα του εποχιακού κύκλου της κινητικής ενέργειας (Σχήμα 3.32) των τριών λεκανών δείχνει ότι η λεκάνη του Αιγαίου και του Ιονίου έχουν την ίδια φάση ενώ η λεκάνη της Λεβαντίνης έχει αντίθετη. Το μεγαλύτερο εύρος τιμών παρατηρείται στη λεκάνη του Αιγαίου με τιμή 0.007 Joules/Kg^{1/2}, ενώ οι άλλες δύο λεκάνες εμφανίζουν το ίδιο εύρος τιμών 0.003 Joules/Kg^{1/2}. Η λεκάνη της Λεβαντίνης εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές της κινητικής

ενέργειας με τη μέγιστη τιμή να καταγράφεται το Μάρτιο και την ελάχιστη το Σεπτέμβριο. Αυτή η διακύμανση στη λεκάνη της Λεβαντίνης πιθανόν να οφείλεται στην έντονη δραστηριότητα των φαινομένων μέσης κλίμακας, τα οποία είναι πιο έντονα τη χειμερινή περίοδο.

Η εποχική διακύμανση της λεκάνης του Αιγαίου(Σχήμα 3.32) εμφανίζει το μεγαλύτερο εύρος τιμών αν και κυμαίνεται στα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μέγιστες τιμές στη λεκάνη του Αιγαίου καταγράφονται κατά τη θερινή περίοδο(Σεπτέμβριο) και οι ελάχιστες κατά την χειμερινή περίοδο(Μάρτιο).

Η χρονική κατανομή του Eddy Kinetic Energy απεικονίζεται στο Σχήμα 3.33 και σε συνδυασμό με τον πίνακα 6 παρατηρείται ότι οι υψηλότερες τιμές του Eddy Kinetic Energy καταγράφονται στη λεκάνη της Λεβαντίνης και οι χαμηλότερες στη λεκάνη του Αιγαίου, με το εύρος των τιμών τους να είναι σχεδόν ίδιο. Η διακύμανση στη λεκάνη του Αιγαίου(Σχήμα 3.33) δείχνει καθαρά την εποχική διακύμανση της μέσης τιμής του Eddy Kinetic Energy, με τις μέγιστες τιμές να παρατηρούνται κατά τη θερινή περίοδο και οι ελάχιστες την χειμερινή ,με εξαίρεση τον χειμώνα του 2010 , όπου παρατηρείται αύξηση της έντασης της διακύμανσης.

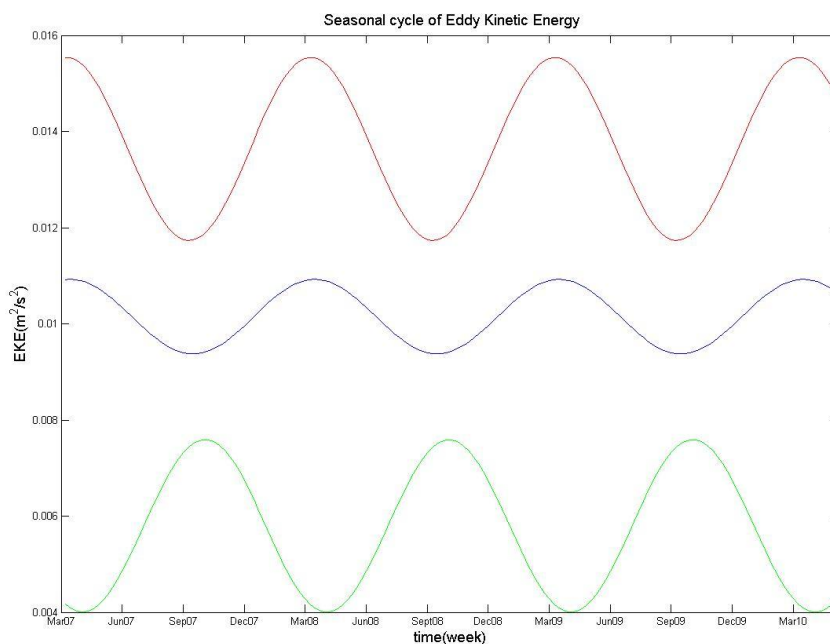
Η λεκάνη της Λεβαντίνης(Σχήμα 3.33), της οποίας οι τιμές κυμαίνονται στα υψηλότερα επίπεδα από το Μάρτιο του 2007 έως και Ιανουάριο του 2009, εμφανίζει μια ομαλή διακύμανση με αύξηση της έντασης του Eddy Kinetic Energy από το τέλος του καλοκαιριού το 2007 έως το τέλος του χειμώνα το 2008. Αντίθετα, μείωση των τιμών καταγράφεται από την άνοιξη του 2009 έως το Δεκέμβριο του 2008. Από την άλλη πλευρά, το Μάρτιο του 2009 και 2010 παρατηρείται έξαρση της διακύμανσης των τιμών. Αυτή η κατανομή της διακύμανσης του Eddy Kinetic Energy πιθανόν να οφείλεται στις έντονες διατμήσεις των θαλάσσιων ρευμάτων κατά τη χειμερινή περίοδο και στη δημιουργία έντονων σχηματισμών.



Σχήμα 3.33:Χρονική κατανομή της μέσης τιμής του Eddy Kinetic Energy των τριών λεκανών Αιγαίο-Λεβαντίνη-Ιόνιο για τη χρονική περίοδο 2/3/2007 έως 30/4/2010

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ/Units	Λεκάνες	Min	Max	Range	Seasonal Cycle	Min	Max	Range
Eddy Kinetic Energy/m ² /s ²	Λεβαντίνης	0.006	0.02	0.017		0,011	0,015	0,03
	Αιγαίου	0,0013	0,013	0,012		0,004	0,007	0,03
	Ιονίου	0,0039	0,02	0,016		0,009	0,0010	0,01

Πίνακας 10:Στατιστική ανάλυση της μέσης τιμής του Eddy Kinetic Energy και του εποχιακού κύκλου της κάθε λεκάνης χωριστά



Σχήμα 3.34: Εποχικός κύκλος του Eddy Kinetic Energy των λεκανών της περιοχής του ALERMO από τις 2/3/2007 έως 30/4/2010.

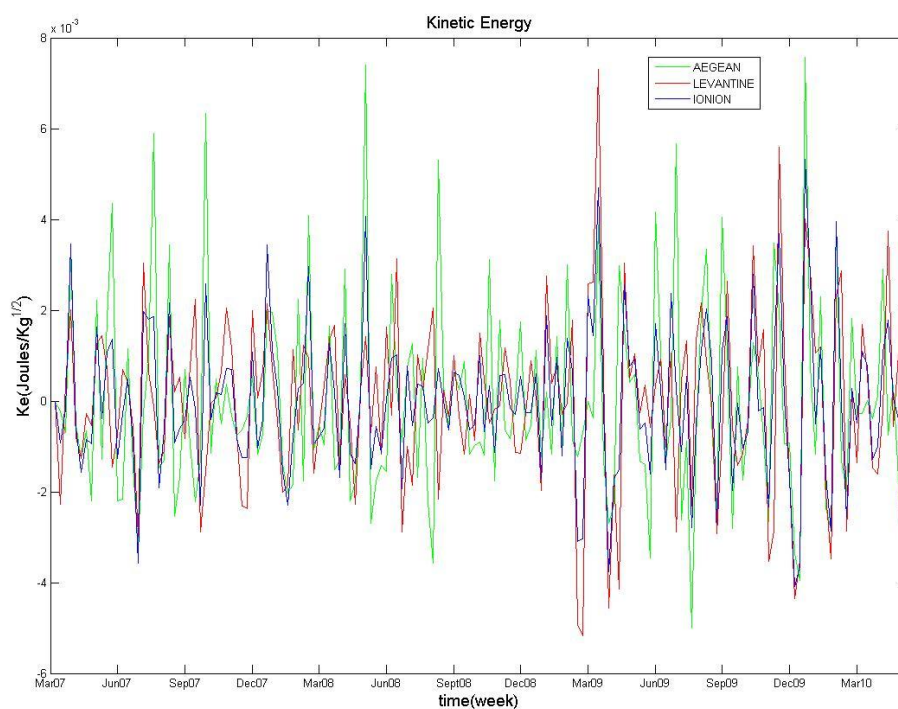
Βάση του εποχικού κύκλου του Eddy Kinetic Energy της κάθε λεκάνης ξεχωριστά(Σχήμα 3.34) φαίνεται ότι η λεκάνη της Λεβαντίνης εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές αλλά με αντίθετο εποχικό κύκλο σε σχέση με τις άλλες δύο λεκάνες . Ωστόσο παρουσιάζει το ίδιο εύρος τιμών με τη λεκάνη του Αιγαίου γύρω στα $0,003\text{m}^2/\text{s}^2$. Οι μέγιστες τιμές αυτής παρατηρούνται τον Μάρτιο, λόγω των έντονων διατμήσεων των ρευμάτων, καθώς και μιας σειράς αντικυκλωνικών δινών μέσης κλίμακας στη λεκάνη της Λεβαντίνης .Η λεκάνη του Ιονίου έχει το μικρότερο εποχικό κύκλο ,με μέγιστη τιμή το Δεκέμβριο και ελάχιστη τον Ιούλιο. Από την άλλη μεριά, η λεκάνη του Αιγαίου εμφανίζει μέγιστη τιμή το Σεπτέμβριο, λόγω των δύο ισχυρών φαινομένων που επηρεάζουν τη λεκάνη, και ελάχιστη τον Μάρτιο. Η λεκάνη του Ιονίου εμφανίζει τη μικρότερη διακύμανση του εποχιακού κύκλου. Συμπερασματικά αναφέρεται ότι ο εποχιακός κύκλος της κάθε λεκάνης είναι πολύ μικρότερος από τη γενική διακύμανση τους, η διαφορά αυτή κατά κύριο λόγο οφείλεται στην επίδραση συνοπτικής κλίμακας φαινομένων.

3.8 Διακύμανση των δυναμικών χαρακτηριστικών συνοπτικής κλίμακας

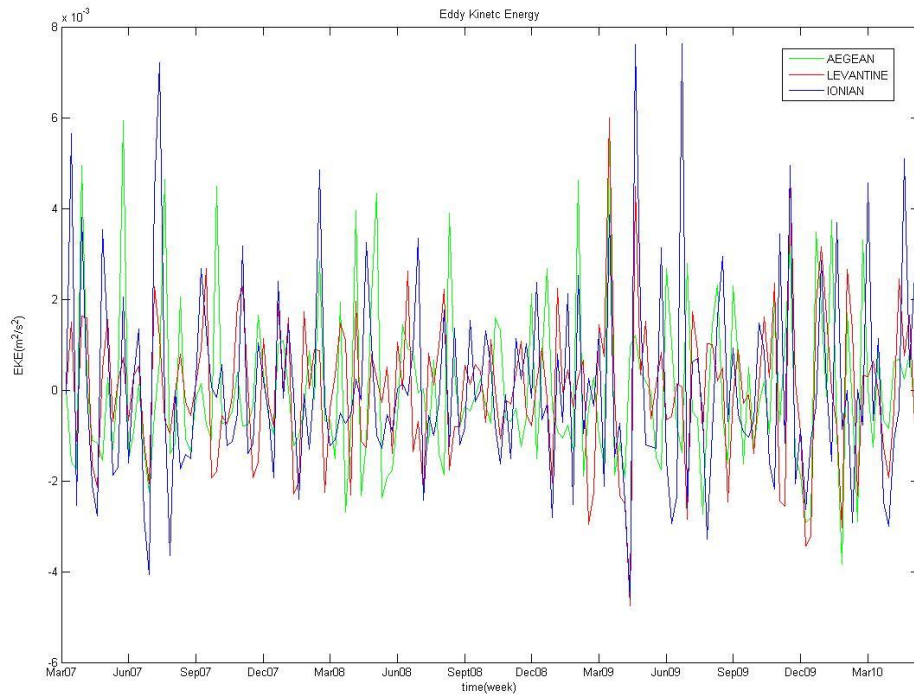
Για τη μελέτη της χρονικής διακύμανσης της κινητικής ενέργειας και του Eddy Kinetic Energy σε συνοπτική κλίμακα, περάστηκαν τα δεδομένα, από ένα ψηφιακό φίλτρο Butterworth υπερτετατό, τέταρτης τάξης και με διάστημα αποκοπής περίπου έναν μήνα. Με την εφαρμογή του φίλτρου αφαιρέθηκαν οι διακυμάνσεις, οι οποίες ήταν στις χαμηλές συχνότητες. Με αυτό τον τρόπο

μπορούμε να δούμε τη μεταβλητότητα των λεκανών που οφείλεται στα φαινόμενα συνοπτικής κλίμακας .

Στα διαγράμματα 3.35 και 3.36 φαίνεται η χρονική κατανομή της κινητικής ενέργειας και του Eddy Kinetic Energy σε συνοπτική κλίμακα. Η κατανομή αυτή δείχνει ότι για τη χρονική διάρκεια 2/3/2007 έως 30/4/2010, στη λεκάνη του Αιγαίου παρατηρείται η μεγαλύτερη διακύμανση των δύο παραμέτρων. Παρότι η λεκάνη του Αιγαίου και του Ιονίου είναι μικρότερης έκτασης από τη λεκάνη της Λεβαντίνης εντούτοις κατά τη θερινή περίοδο εμφανίζει τη μεγαλύτερη έξαρση των τιμών. Η διακύμανση αυτή πιθανώς οφείλεται στην ατμοσφαιρική επίδραση καθώς και στην εισροή κρύων υδάτων(BSW) από το στενό των Δαρδανελίων που έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ισχυρού μετώπου μεταξύ των υφάλμυρων νερών BSW και των αλμυρών νερών LSW. Τα μέτωπο αυτό μπορεί να γίνεται ασταθές με δημιουργία μαιάνδρων και στροβίλων μεγάλης ταχύτητας(Tzali et al.,2010).



Σχήμα 3.35 :Χρονική κατανομή της Κινητικής Ενέργειας των λεκανών συνοπτικής κλίμακας της περιοχής του ALERMO από τις 2/3/2007 έως 30/4/2010.



Σχήμα 3.36 : Χρονική κατανομή του Eddy Kinetic Energy των λεκανών συνοπτικής κλίμακας της περιοχής του ALERMO από τις 2/3/2007 έως 30/4/2010.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη παρούσα εργασία μελετήθηκαν τα θερμοαλατικά και ενεργειακά χαρακτηριστικά της περιοχής του ALERMO και έγινε προσπάθεια ανάλυσης, ποιοτικά και ποσοτικά, των χωροχρονικών διακυμάνσεων της θερμοκρασίας, της αλατότητας, της Κινητικής ενέργειας, του Eddy Kinetic Energy για το επιφανειακό στρώμα βάθους 10m.

- Οι χρονικές διακυμάνσεις των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών όλης της υπό μελέτη περιοχής κυριαρχείται από τον εποχικό κύκλο, ο οποίος καθορίζεται από τις αλληλεπιδράσεις θάλασσας - ατμόσφαιρας και τις πλευρικές ροές, που έχουν εποχικό χαρακτήρα. Παρότι η λεκάνη της Λεβαντίνης έχει ισχυρότατο εποχικό κύκλο θερμοκρασίας εντούτοις η λεκάνη του Αιγαίου παρουσιάζει εντονότερο εποχικό κύκλο αλατότητας.
- Οι σημαντικά ασθενέστερες διακυμάνσεις θερμοκρασίας σε εποχική κλίμακα οφείλονται τόσο στον εποχικό κύκλο εισόδου των BSW από τη Μαύρη θάλασσα, όσο και στην επίδραση των μελτεμιών που οδηγούν σε ανάβλυση στην ανατολική πλευρά της λεκάνης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, υποβαθμίζοντας τη μέση θερμοκρασία.
- Η επίδραση των BSW οδηγεί και σε αντίστροφους εποχικούς κύκλους αλατότητας μεταξύ των λεκανών, ενώ η θερμοκρασιακές διακυμάνσεις βρίσκονται σε φάση(με υστέρηση μιας εβδομάδας για τη λεκάνη της Λεβαντίνης).
- Η μέση κυκλοφορία και των τριών λεκανών έχει γενικά κυκλωνικό χαρακτήρα. Παρά την επίδραση των σχηματισμών μέσης και μικρής κλίμακας (αντικυκλωνικού και κυκλωνικού χαρακτήρα), κυριαρχεί στην κυκλοφορία της περιοχής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επίδραση του στις χωροχρονικές κατανομές της κινητικής ενέργειας, με την Eddy Kinetic Energy να κυριαρχεί στα δυναμικά χαρακτηριστικά της περιοχής.
- Μέγιστη των διακυμάνσεων της κινητικής ενέργειας καθώς και του Eddy Kinetic Energy εμφανίζεται στη λεκάνη της Λεβαντίνης και υπάρχουν ενδείξεις για σημαντική επίδραση της τοπογραφίας στην κατανομή αυτή.

- Η συμπεριφορά των τριών λεκανών είναι έντονα διαφορετική με το Αιγαίο να εμφανίζει μεγάλη τιμή ενέργειας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού σε αντίθεση με τη Λεβαντίνη που έχει ενεργειακό μέγιστο το χειμώνα (το Ανατολικό Ιόνιο εμφανίζει ενδιάμεσο χαρακτήρα).
- Οι εποχικοί κύκλοι της κινητικής ενέργειας και του Eddy Kinetic Energy μεταξύ Αιγαίου και Λεβαντίνης βρίσκονται σε αντίθετη φάση, ενώ στη συνοπτική κλίμακα το Αιγαίο εμφανίζει εντονότερα επεισόδια που χαρακτηρίζονται από υψηλή τιμή της κινητικής ενέργειας.
- Στη λεκάνη του Αιγαίου σημαντικό ρόλο, για την εποχικότητα των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών, παίζει η εισροή BSW δημιουργώντας ένα ισχυρό μέτωπο στη περιοχή σύγκλισης μεταξύ των υδάτων BSW και LSW. Η εποχικότητα των χαρακτηριστικών αυτών στη λεκάνη της Λεβαντίνης οφείλεται στην αλληλεπίδραση θάλασσας-ατμόσφαιρας E-P. Η κατανομή των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών στη λεκάνη του Ανατολικού Ιονίου οφείλεται στην απορροή των λεκανών τόσο του Αιγαίου όσο και της Λεβαντίνης.

4.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Στη παρούσα διπλωματική έγινε προσπάθεια για την καλύτερη κατανόηση και απεικόνιση της γενικής κυκλοφορίας της περιοχής του ALERMO. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ο σημαντικός ρόλος των σχηματισμών (μέσης και συνοπτικής κλίμακας) χωρίς να είναι πάντα κατανοητός ο μηχανισμός δημιουργίας τους.

Στο μέλλον θα ήταν σημαντικό να συμπεριληφθεί η ανάλυση των ατμοσφαιρικών συνθηκών που επηρεάζουν την κυκλοφορία του επιφανειακού στρώματος. Επίσης αναλυτικότερη μελέτη και πειράματα ευαισθησίας (με χρήση αριθμητικών μοντέλων) θα συμβάλουν στην κατανόηση της γενικής κυκλοφορίας με τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά των λεκανών. Τέλος, η ανάλυση των αποτελεσμάτων σε τρισδιάστατη μορφή μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας και για το ρόλο της κυκλοφορίας στις τρισδιάστατες κατανομές των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών.

Βιβλιογραφία

- Auclair, F., Casitas, S., and Marsaleix, P.: Application of an inverse method to coastal modeling, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 17, 1368–1391, 2000.
- Bethoux, J.P., 1979. Budgets of the Mediterranean Sea: their dependence on the local characteristics of the Atlantic waters. *Ocean. Acta* 2, 157-163.
- Blumberg, A. and Mellor, G. L.: A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model, in: *Three-Dimensional Coastal Ocean Models*, edited by: Heaps, N. S., Am. Geophys. Union, Washington, DC, 1–16, 1987.
- Boyum, G., 1967. Hydrology and currents in the area West of Gibraltar. Tech. Rep. 36 and NATO sub-Committee on Oceanographic Research
- Brasseur, P., Beckers J. M., Brankart J. M., and Schoenauen, R.: Seasonal Temperature and Salinity fields in the Mediterranean Sea: Climatological Analyses of an Historical Data Set, *Deep Sea Res.*, 43(2), 159–192, 1996.
- Brenner, Stephen. “Structure and evolution of warm core eddies in the eastern mediterranean levantine basin.” *Journal of. Geophysical Research* 94, no. C9: PP. 12,593-12,602
- Bryden, H.L., Kinder, T.H., 1991a. Steady two-layer exchange through the Strait of Gibraltar. *Deep-Sea Res.* 38, 445-463, Suppl. 1.
- Bryden, H.L., Kinder, T.H., 1991b. Recent progress in strait dynamics. *Rev. Geophys.*, Supplement, pp. 617-631.
- Bunker, A.F., Charnock, H., Goldsmith, R.A., 1982. A note on the heat balance of the Mediterranean and the Red Seas. *J. Mar. Res.* 40, 73-84, Suppl.
- Castellari, S., Pinardi, N., Leaman, K., 1998. A model-study of air-sea interactions in the Mediterranean Sea. *J. of Marine Systems* 18, 89-114.
- Demirov, E., and N. Pinardi. “Simulation of the Mediterranean Sea circulation from 1979 to 1993: Part I. The interannual variability.” *Journal of Marine Systems* 33-34 (June 1, 2002): 23-50.
- Drakopoulos, P. G. and Lascaratos, A.: Modeling the Mediterranean Sea: climatological forcing, *J. Mar. Sys.*, 20, 157–173, 1997.
- Elhmaïdi, Dalila, Antonello Provenzale, and Armando Babiano. “Elementary Topology of Two-Dimensional Turbulence from a Lagrangian Viewpoint and Single-Particle Dispersion.” *Journal of Fluid Mechanics* 257 (1993): 533-558.
- Feliks, Y., and S. Itzikowitz. “Movement and geographical distribution of anticyclonic eddies in the eastern Levantine basin.” *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers* 34, no. 9 (September 1987): 1499-1508.
- Forcing mechanisms of the Aegean Sea Circulation, S. Sofianos, N. Skliris, and A. Lascaratos, CIESM 2004 Meeting, Barcelona, May 2004.
- Gerin R., Poulain P.-M., Taupier-Letage I., Millot, C., Ben Ismail S. and Sammari C., 2009. Surface circulation in the Eastern Mediterranean using drifters (2005-2007). *Ocean Sci.*, 5: 559–57).
- Jaeger, L., 1976. Monatskarten des Niederschlags für die ganze Erde. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* 18, 38.
- Jiménez, J., 1996: Algebraic probability density tails in decaying isotropic two-dimensional turbulence. *J. Fluid Mech.*, 313, 223–240.
- Kallos, G., Sofianos, S., Pytharoulis, I., Katsafados, P., and Skliris, N.: Limited Area Atmosphere/Ocean Forecasting System for the East Mediterranean MFSTEP Activities: Performance Analysis, June 6–10, 2005, Int. Ocean Res. Conference, UNESCO, Paris, 2005.

- Korres, G. and Lascaratos, A.: An eddy resolving model of the Aegean and Levantine basins for the Mediterranean Forecasting System Pilot Project (MFSP): Implementation and climatological runs, *Ann. Geophys.*, 21, 205–220, 2003.
- Korres, G., Lascaratos, A., HatziaPOSTOULOU, E., and Katsafados, P.: The Implementation of an Ocean Forecast System for the Aegean Sea, *The Global Atmos. Ocean Syst.*, 8, 2–3, 191–218, 2002.
- Kotsovinos, N.E.- 1997. The Ierapetra and Rhodes Gyres: an assumption for their generation. *Proc. Hell. Symp. Oceanogr. Fish* 1:161-164.
- Kourafalou, V., and K. Tsiaras. "A nested circulation model for the North Aegean Sea," January 24, 2007.
- Lacombe, H., Tchernia, P., Richez, C., Gamberoni, L., 1964. Deuxième contribution à l'étude du régime du détroit de Gibraltar. *Cah. Oceanogr.* 16, 283-327.
- Lascaratos A, Roether W, Nittis K and Klein B (1999) Recent changes in deep water formation and spreading in the Eastern Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography* 44: 5}36.
- Legates, D.R., Willmott, C. J., 1990. Mean seasonal and spatial variability in gauge-corrected, global precipitation. *Int. J. Climatol.* 10, 111-127
- Lykousis, V., G. Chronis, A. Tselepides, N. B. Price, A. Theocharis, I. Siokou-Frangou, F. Van Wambeke, et al. "Major outputs of the recent multidisciplinary biogeochemical researches undertaken in the Aegean Sea." *Journal of Marine Systems* 33-34 (June 1, 2002): 313-334.
- Macdonald, A., Candela, J., Bryden, H.L., 1994. An estimate of the net heat transport through the Strait of Gibraltar, Vol. 46. *Coastal Estuarine Stud.*, AGU, Washington, DC.
- Malanotte-Rizzoli, P. – 1994. Modeling the general circulation of the Mediterranean. In: P. Malanotte-Rizzoli and A.R. Rodinson (eds.) *Ocean processes in Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples*, NATO ASI Series, 419, pp. 307-321. Kluwer Academic Publ., Dordrecht.
- Mallanotte-Rizzolli, P. and a. Hecht, 1988. Large-Scale Properties of the Eastern Mediterranean: A review, *Oceanologia Acta* 11(4), 323-335
- McWilliams, James C. "The emergence of isolated, coherent vortices in turbulent flow." In *AIP Conference Proceedings*, 205-222, 1983.
- Nittis, K., A. Lascaratos, and A. Theocharis (2003), Dense water formation in the Aegean Sea: numerical simulations during the Eastern Mediterranean Transient, *Journal of Geophysical Research* 108, 8102.
- Okubo, Akira. "Horizontal dispersion of floatable particles in the vicinity of velocity singularities such as convergences." *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts* 17, no. 3 (June 1970): 445-454.
- Olson DB, Kourafalou VH, Johns WE, Samuels G, Veneziani M (2007) Aegean surface circulation from a satellite-tracked drifter array. *J Phys Oceanogr* 37(7):1898–1917.
- Ovchinnikov, I.M. -1966 Circulation in the surface and Intermediate Layers of the Mediterranean. *Oceanology*, 6:48-59.
- Pasquero, C., A. Provenzale, and A. Babiano (2001), Parametrization of dispersion in two-dimensional turbulence, *J. Fluid Mech.*, 439, 279–303.
- POEM group (1992) General circulation of the Eastern Mediterranean. *Earth Sciences Review* 32 :285}308.
- Poulos, S.E., P.G. Drakopoulos, and M.B. Collins. "Seasonal variability in sea surface oceanographic conditions in the Aegean Sea (Eastern

- Mediterranean): an overview.” *Journal of Marine Systems* 13, no. 1-4 (October 1997): 225-244.
- Robinson AR and Golnaraghi M (1994) The physical and dynamical oceanography of the Mediterranean Sea. In: Malanotte-Rizzoli P and Robinson AR (eds). *Proceedings of a NATO-ASI, Ocean Processes in Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples*, pp.255-306. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Robinson, A.R., M. Golnaraghi, W.G. Leslie, A. Artegiani, A. Hecht, E. Lazzoni, A. Michelato, E. Sansone, A. Theocharis, and Ü. Ünlüata. “The eastern Mediterranean general circulation: features, structure and variability.” *Dynamics of Atmospheres and Oceans* 15, no. 3-5 (April 1991): 215-240.
- Robinson, Allan R., and Maryam Golnaraghi. “Circulation and dynamics of the Eastern Mediterranean Sea; quasi-synoptic data-driven simulations.” *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 40, no. 6 (1993): 1207-1246.
- Skliris N, Sofianos S, Lascaratos A (2007) Hydrological changes in the Mediterranean Sea in relation to changes in the freshwater budget: a numerical modelling study. *J Mar Syst* 65:400–416.
- Sofianos S, Skliris N, Vervatis V, Olson D, Kourafalou V, Lascaratos A, Johns W (2005) On the forcing mechanisms of the Aegean Sea surface circulation. *Geophys Res Abst* 7:04223
- SoHeIME, 2005. State of the Hellenic Marine Environment, HCMR Publ.360.
- Theocharis, A., D. Georgopoulos, A. Lascaratos and K. Nittis. – 1993. Water masses and circulation in the central region of the Eastern Mediterranean : Eastern Ionian, South Aegean and Northwest Levantine, 1986-1987. *Deep-Sea Res.*, 40 (6): 1121-1142.
- Tzali M., Sofianos S., Mantziafou A., Skliris N., 2010, “Modelling the impact of Black Seawater inflow on the North Aegean Sea hydrodynamics”, *Ocean Dynamics*, Vol. 60, No 3. pp.585-596.
- Tziperman, E and P. Malanotte-Rizzoli -1995 The climatological seasonal circulation of the Mediterranean Sea. *J. Mar. Res.*, 49: 411-434
- Weiss, John. “The dynamics of enstrophy transfer in two-dimensional hydrodynamics.” *Physica D: Nonlinear Phenomena* 48, no. 2-3 (March 1991): 273-294.
- Zavatarelli M, Mellor GL (1995) A numerical study of the Mediterranean Sea circulation. *J Phys Oceanogr* 25:1384–1414
- Zervakis, Vassilis; Georgopoulos, Dimitrios (2002): Hydrology and circulation in the North Aegean (eastern Mediterranean) throughout 1997 and 1998. *Mediterranean Marine Science*, 3/1, 5-19.
- Zodiatis, G., S. Alexandri, P. Pavlakis, L. Jonsson, G. Kallos, A. Demetropoulos, G. Georgiou, A. Theodorou, and E. Balopoulos. “Tentative study of flow patterns in the North Aegean Sea using NOAA-AVHRR images and 2D model simulation.” *Annales Geophysicae* 14, no. 11 (1996): 1221-1231.

ΔΥΚΤΙΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

www.mersea.eu.org

www.esa.int/gmes

www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin124/bul124g_drinkwater.pdf

