

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
& ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Αρ. Πρωτοκ. 1916
Ημερομηνία: 11-9-07



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Υδρογραφία και Κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου, με έμφαση
στο Λεβαντινό Πέλαγος**

ΝΙΚΟΣ ΖΑΡΟΚΑΝΕΛΛΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2007



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 6833/1
Ημερ. Εισ.: 15-01-2009
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΙΥΠ
2007
ZAP

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ενότητα 1

1 Εισαγωγή	
1.1.1 Το μακρινό παρελθόν της Μεσογείου	10
1.1.2 Η γένεση και η εξέλιξη της Αρχέγονης Μεσογείου	11
1.1.3 Η επαναδημιουργία της Μεσογείου	13
1.1.4 Φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της Μεσογείου	13
1.2 Κλιματολογικά Χαρακτηριστικά	14
1.3 Υδρογραφικά Χαρακτηριστικά	15
1.4 Θαλάσσιες Λεκάνες Της Μεσογείου	17
1.4.1 Δυτική Μεσόγειος	17
1.4.2 Ανατολική Μεσόγειος	17
1.5 Τοπογραφία-Μορφολογία της Λεβαντινής λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου	18
1.6 Κλιματολογικές συνθήκες του Λεβαντινού Πελάγους	19
1.7 Κλιματολογικές αλλαγές που παρουσιάστηκαν στην Ανατολική Μεσόγειο κατά την περίοδο 1980 μέχρι και της αρχές του 1990	20

Ενότητα 2

2 Εισαγωγή στην υδρολογία και υδρογραφία της Ανατολικής Μεσογείου.	
2.1 Εισαγωγή	26
2.2 Διεργασίες	27
2.3 Διαχωρισμός της κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου με βάση την χρονική και χωρική κατανομή της	29
2.4 Μέσης κλίμακας διακύμανση που παρουσιάζεται στην Ανατολική Μεσόγειο	30
2.5 Θερμοαλατική κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου	30
2.6 Οι κυριότερες υδάτινες μάζες της Ανατολικής Μεσογείου	33

Ενότητα 3

3. Ιστορική αναδρομή	36
----------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Ερευνητικό πρόγραμμα ΡΟΕΜ (1985-1988)	
2.1.1 Εισαγωγή	40
2.1.2 Η βαθιά θερμοαλατική κυκλοφορία	41
2.1.3 Τα στοιχεία της επιφανειακής γενικής κυκλοφορίας σε κλίμακα υπολεκάνης (sub basin)	42
2.1.4 Η κυκλοφορία του Λεβαντινού Πελάγους υστέρα από την διερεύνηση του προγράμματος ΡΟΕΜ 1985-1987 και του Ωκεανογραφικού σκάφους έρευνας Bilim.	

2.1.4.1 Η κυκλοφορία του Λεβαντινού Πελάγους το καλοκαίρι (POEM-ON85).	48
2.1.4.2 Η κυκλοφορία του Λεβαντινού Πελάγους το χειμώνα (POEM-MA86).	52
2.1.4.3 Υδρογραφία του Λεβαντινού Πελάγους το θέρος (POEM-ON85).	54
2.1.4.4 Υδρογραφία του Λεβαντινού Πελάγους το χειμώνα (POEM-MA86).	62
2.1.5 Ιούνιος 1986 (Ωκεανογραφικό σκάφος ερευνάς “Bilim”).	68
2.1.6 Η κυκλοφορία του Λεβαντινού Πελάγους κατά τη διάρκεια του (POEM- FM 87).	69
2.1.7 Ιούνιος 1987 (Ωκεανογραφικό σκάφος έρευνας “Bilim”).	71
2.1.8 Κυκλοφορία του Λεβαντινού Πελάγους στα πλαίσια του (POEM V, AS 1987).	72
2.2 Ερευνητικό πρόγραμμα METEOR 1987	
2.2.1 Εισαγωγή	74
2.2.2.1 Πυθμενικά ύδατα	76
2.2.2.2 Βαθιά ύδατα	77
2.2.2.3 Κατώτερα ενδιάμεσα ύδατα	78
2.3 Λεβαντινό Ενδιάμεσο Νερό και Ατλαντικό Νερό	78
2.4 Ιούλιος 1988 (Ωκεανογραφικό σκάφος έρευνας “Bilim”).	80
2.5 Οκτώβριος 1988 (Ωκεανογραφικό σκάφος έρευνας “Bilim”).	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
3 Ερευνητικό πρόγραμμα GOIN (1987-1990).	
3.1 Εισαγωγή	82
3.2 Σύγκριση των κατακόρυφων τομών των προγραμμάτων POEM και GOIN	82
3.3 Σύγκριση των χωρικών κατανομών των προγραμμάτων POEM και GOIN	83
3.4 Περιγραφή της θερμοκρασίας και της αλατότητας στην Λεβαντινή Λεκάνη κατά την διάρκεια του θέρους και του χειμώνα όπως απεικονίζονται από τα δεδομένα PGDB.	83
3.5 Περιγραφή της επιφανειακής θερμοκρασίας και της επιφανειακής αλατότητας στην Λεβαντινή Λεκάνη κατά την διάρκεια του θέρους όπως απεικονίζεται από τα δεδομένα PGDB.	86
3.6 Περιγραφή της θερμοκρασίας και της αλατότητας στην Λεβαντινή λεκάνη κατά την διάρκεια του χειμώνα όπως απεικονίζονται από τα δεδομένα PGDB για την χρονική περίοδο (1986-1989).	88
3.7 Σύγκριση της βάσης δεδομένων PGDB και των κλιματολογικών δεδομένων.	89

3.8 Γύρα της Ιεράπετρας.	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
4 Ερευνητικό πρόγραμμα ΡΟΕΜ-BC-091	
4.1 Εισαγωγή	95
4.2 Υδάτινες μάζες και κατακόρυφες κατανομές.	
4.2.1 θ/S διαγράμματα	95
4.2.2 Κατακόρυφες κατανομές.	98
4.2.3 Η κυκλοφορία του ανώτερου στρώματος του θερμοκλινούς το 1987 και το 1991.	101
4.2.4 Ενδιάμεσα και Βαθιά στρώματα	105
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
5 Ερευνητικό πρόγραμμα METEOR 95.	
5.1 Εισαγωγή	108
5.2 Η μεγάλη υδρολογική μετάβαση της Ανατολικής Μεσογείου (Eastern Mediterranean Transient) αποκαλύπτεται στον πλόα METEOR 1995 σε σχέση με το METEOR 1987.	109
5.3 Σύγκριση και περιγραφή των κατακόρυφων κατανομών από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους πλόες που πραγματοποιήθηκαν το 1987 και το 1995.	111
5.4 Σύγκριση και περιγραφή των οριζόντιων κατανομών από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους πλόες που πραγματοποιήθηκαν το 1987 και το 1995.	118
5.5 Σύγκριση και περιγραφή των οριζόντιων κατανομών για το κατώτερο όριο που συναντάμε το LIW από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την διάρκεια των πλόων που πραγματοποιήθηκαν το 1987 και το 1995.	120
5.6 Σύγκριση και περιγραφή των οριζόντιων κατανομών για τα βαθιά ύδατα από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την διάρκεια των πλόων που πραγματοποιήθηκαν το 1987 και το 1995.	125
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
6 Ερευνητικό πρόγραμμα LIWEX 1995	
6.1 Εισαγωγή.	126
6.2 Χρονική εξέλιξη των ατμοσφαιρικών δυνάμεων κατά την διεξαγωγή του προγράμματος (LIWEX).	126
6.3 Η κυκλοφορία των υδάτινων μαζών τον Ιανουάριο κατά την διεξαγωγή του προγράμματος LIWEX.	130
6.3.1 Η κυκλοφορία που επικρατεί στη Γύρα της Ρόδου (περιοχή ανάδυσης).	131
6.3.2 Η δημιουργία του LIW στην Βόρεια Λεβαντινή λεκάνη.	132

6.4 Η κυκλοφορία των υδάτινων μαζών το Φεβρουάριο κατά την διεξαγωγή του προγράμματος LIWEX.	134
6.5 Η κυκλοφορία των υδάτινων μαζών τους Μάρτιο και Απρίλιο κατά την διεξαγωγή του προγράμματος LIWEX.	138
6.5.1 Η κυκλοφορία της υδάτινης μάζας LDW.	139
6.5.2 Η κυκλοφορία της υδάτινης μάζας LIW.	141
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
7 Υδρογραφία και Κυκλοφορία Νότια της Κύπρου (1995-1996).	
7.1 Εισαγωγή.	142
7.2 Υδρολογία της περιοχής Νότια της Κύπρου τον Σεπτέμβριο-Οκτώβριο του 1995.	142
7.3 Κυκλοφορία της περιοχής Νότια της Κύπρου τον Σεπτέμβριο-Οκτώβριο του 1995.	144
7.4 Επιφανειακή υδρολογία της περιοχής Νότια της Κύπρου τον Μάιο του 1996.	146
7.5 Ενδιάμεση και βαθιά υδρολογία της περιοχής Νότια της Κύπρου τον Μάιο του 1996.	148
7.6 Επιφανειακή κυκλοφορία της περιοχής Νότια της Κύπρου τον Μάιο του 1996.	150
7.7 Ενδιάμεση και βαθιά κυκλοφορία της περιοχής Νότια της Κύπρου τον Μάιο του 1996.	151
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	
8 Ερευνητικό πρόγραμμα MATER 1997-1999	
8.1 Εισαγωγή.	152
8.2 Η θερμοαλατική κυκλοφορία του ανώτερου στρώματος την χρονική περίοδο (1997-1999).	152
8.3 Εξάπλωση και μεταφορά των ενδιάμεσων και βαθιών υδάτινων μαζών. Σύγκριση μεταξύ της χρονικής περιόδου 1998-1999 και 1995-1997.	155
8.4 Ερευνητικό πρόγραμμα MATER 2001-2002.	
8.4.1 Εισαγωγή.	163
8.4.2 Λεβαντινή θάλασσα.	164
8.4.3 Σύνοψη των υδρολογικών αλλαγών 1999 με 2001.	165
8.4.4 Οι δρόμοι της Αιγιαλίτιδας επιρροής.	166
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	
9 Χρήση δορυφορικών εικόνων για την μελέτη της επιφανειακής κυκλοφορίας.	
9.1 Εισαγωγή.	167
9.2 Σύγκριση των αποτελεσμάτων του προγράμματος ΡΟΕΜ με τα αποτελέσματα της δορυφορικής τηλεπισκόπησης των αντίστοιχων περιόδων.	167

9.3 Μελέτη των ιδιαίτερων γύρων και δινών της Ανατολικής Μεσογείου	
9.3.1 Πέλοπας.	171
9.3.2 Η δυτική γύρα της Κρήτης.	172
9.3.3 Ιεράπετρα.	172
9.3.4 Mersa-Matruh.	173
9.3.5 Shikmona.	173
9.3.6 Δίνες στον κόλπο της Αντάλιας.	174
9.3.7 Η γύρα της Ρόδου.	174
9.4 Συμπεράσματα που προέκυψαν για την κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου από την ανάλυση των υπέρυθρων δορυφορικών εικόνων.	175
9.4.1 Η επιφανειακή κυκλοφορία που επικρατούσε Νότια της Κρήτης και στο Νοτιοδυτικό Λεβαντινό Πέλαγος από το 1996 έως 1999.	175
9.4.2.1 Η πορεία της Γύρας Ιεράπετρας (I96).	177
9.4.2.2 Η συνένωση της Γύρας Ιεράπετρας που δημιουργήθηκε το 1996 με την Γύρα της Ιεράπετρας που δημιουργήθηκε το 1997.	
9.4.3. Η πορεία που ακολουθείται από τις συγχωνευμένες γύρες (I96 και I97) κατά μήκος της Δυτικής Λεβαντινής λεκάνης.	178
9.4.4 Η δημιουργία και η συνύπαρξη των Γύρων I98/99 και I00/1.	180
9.4.5 Συγχώνευση των στροβίλων που υφίσταντο στην Νοτιοδυτική Λεβαντινή λεκάνη.	183
9.4.6 Η επιφανειακή κυκλοφορία που επικρατούσε στην Νοτιοανατολική Λεβαντινή Λεκάνη το 1996, 1998 και 1999.	184
9.4.7 Η επιφανειακή κυκλοφορία που επικρατούσε στην Βόρεια Λεβαντινή Λεκάνη από το 1996 έως το 1999.	187
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	
Αναπάντητα ερωτήματα που προέκυψαν τόσο από την ανάλυση δορυφορικών υπέρυθρων εικόνων όσο και από την ανάλυση των δεδομένων του POEM.	
Εισαγωγή.	188
Αναπάντητα ερωτήματα.	188
Διάφορα σενάρια για την φαινομενική σταθερότητα που παρατηρείται στην κυκλοφορία σε αντίθεση την μεταβλητότητα που υφίσταται η περιοχή στην πάροδο του χρόνου.	189
Αλλαγές που παρατηρήθηκαν στην κυκλοφορία και στην λειτουργία της Μεσογείου και πως τα αποτελέσματα που προέκυψαν έχουν παρερμηνευτεί.	189
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.	191

**Υδρογραφία και Κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου, με έμφαση στο
Λεβαντινό Πέλαγος.**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- 1. Α.Ι Θεοδώρου, Καθηγητής , Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
(επιβλέπων).**
- 2. Σ. Κλαουδάτος, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.**
- 3. Α.Ψιλοβίκος, Λέκτορας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.**

Στην οικογένεια μου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σκεπτόμενος να βρω τις κατάλληλες λέξεις για να ευχαριστήσω τον κύριο Αθανάσιο Θεοδώρου, Καθηγητή Ωκεανογραφίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας συνειδητοποίησα ότι «δάσκαλος» δεν είναι ένα άτομο που μεταλαμπαδεύει απλά γνώσεις σε κάποιον , αλλά είναι αυτός που μέσα από την μάθηση σε καθοδηγεί... Σε καθοδηγεί να κατανόησης ότι η εκπαίδευση δεν είναι το γέμισμα ενός κουβά, αλλά το άναμμα ενός κεριού «Γουλιαν Μπατλερ Γιτς, συγγραφέας». Τον ευχάριστο ολόψυχα που είναι τέτοιος «δάσκαλος».

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κύριο Σπυρίδων Κλαουδάτο, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, καθώς και τον κύριο Άρη Ψίλοβίκο, Λέκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν κατά την διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων.

Ένα ευχαριστώ για την κυρία Μπέλλα Θεοδώρου δεν αρκεί για να περιλάβει όσα τις οφείλω, το μονό που γνωρίζω είναι ότι μακάρι όλα τα παιδιά του κόσμου να είχαν τέτοιες μητέρες.

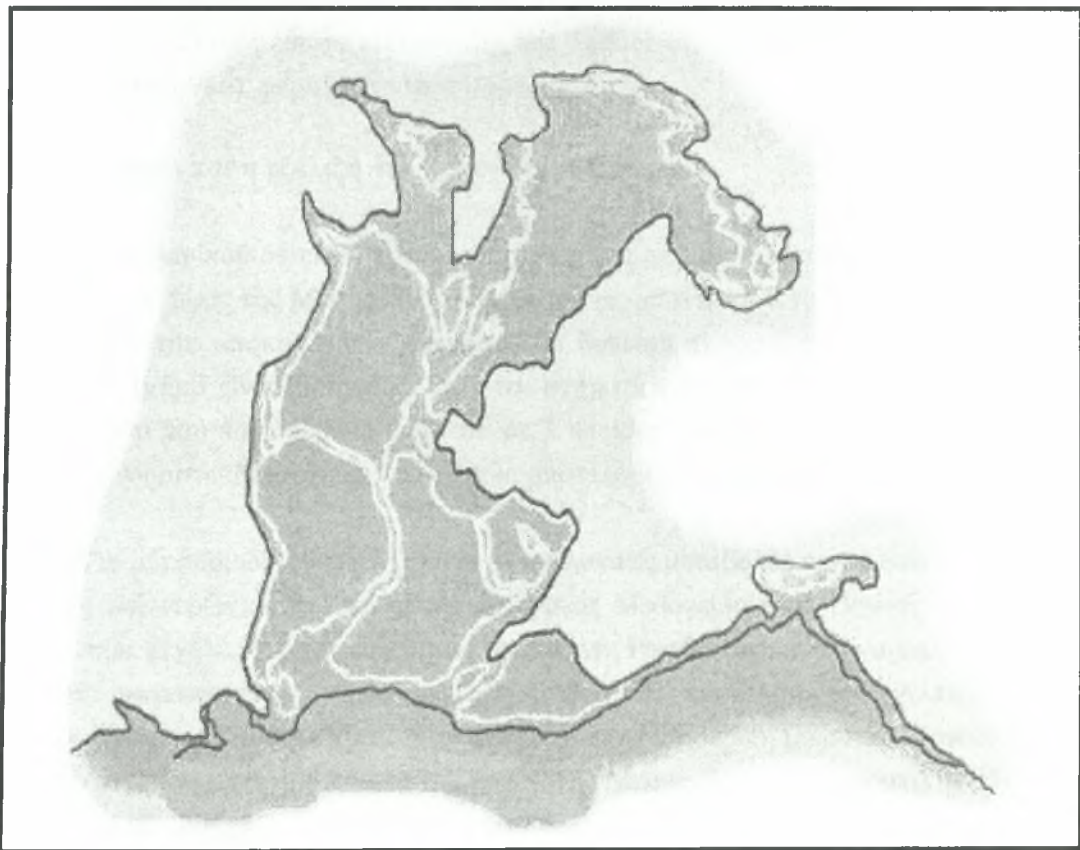
Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την Βαλεντίνα Φράγκος, τον Χάρη Δημοτάκη, τον Σπύρο Μουρτζινη, τον Νίκο Μπέη, τον Αλέξη Τάνο, τον Δημήτρη Λούσα, τον Γιώργο Καπετανάκη,

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον συνάδελφο, Γιώργο Λεμπέση και τον Δρ Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη για τις πολύτιμες συμβουλές τους, καθώς και ότι στάθηκαν δίπλα μου σαν πραγματικοί φίλοι.

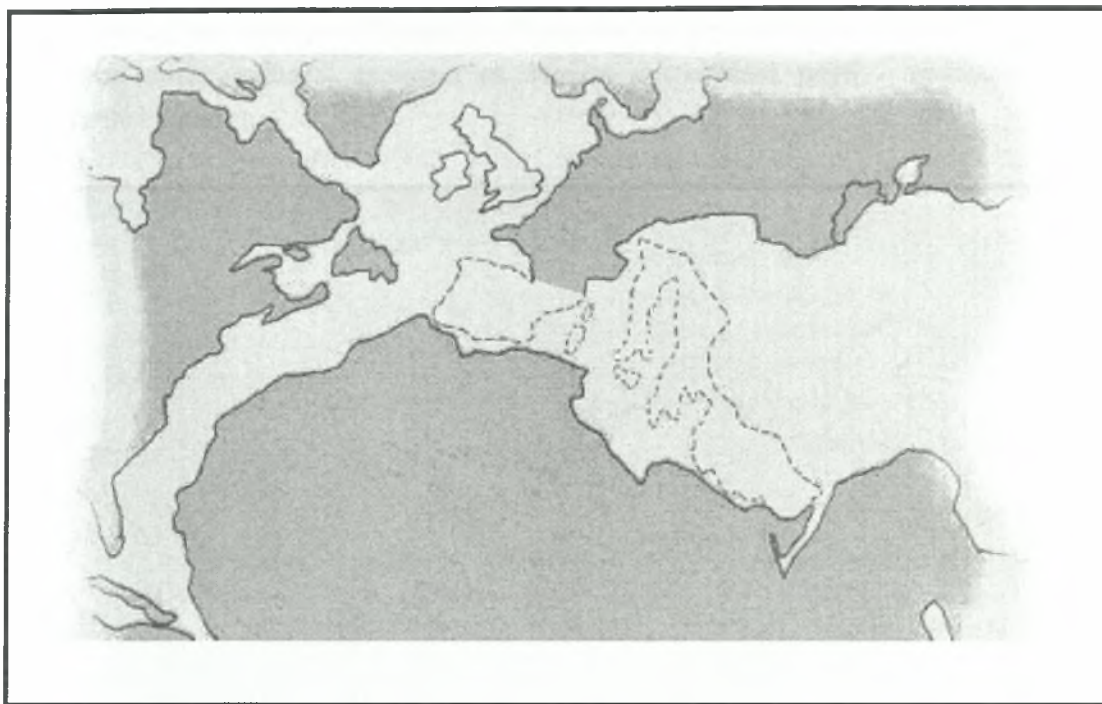
ΕΝΟΤΗΤΑ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1.1 Το μακρινό παρελθόν ...

Η Μεσόγειος Θάλασσα προήλθε από την “Τήθυ Θάλασσα” (370 εκ. χρόνια πριν). Το όνομα, που έδωσαν οι γεωλόγοι στη μεγάλη, αρχέγονη θάλασσα (ή καλύτερα ωκεανό) που συγκέντρωνε γύρω της όλες τις ηπείρους που σχημάτιζαν μια ενιαία ήπειρο, την Παγγαία (Εικόνα 1.1.1), προέρχεται από την μυθική Τήθυ, κόρη της Γης και του Ουρανού, αδελφή και σύζυγο του Ωκεανού και ήταν σύμβολο της γονιμότητας για τους αρχαίους Έλληνες. Πριν περίπου 180 εκατ. χρόνια η διαρκής μετακίνηση των ηπειρωτικών πλακών είχε ως αποτέλεσμα τον τεμαχισμό της Παγγαίας με την αποκοπή της Αφρικής από την Ευρασία, την απομάκρυνση προς τα Δυτικά των Αμερικανικών Ηπείρων καθώς και μια σειρά άλλων μεταβολών που συνεχίστηκαν για περίπου 110 εκατ. χρόνια (Εικόνα 1.1.2).



Εικόνα 1.1.1: Γενική εικόνα απεικόνισης της Παγγαίας (370 εκατ. χρόνια πριν) [από Mojetta (1996), μερικώς τροποποιημένη].



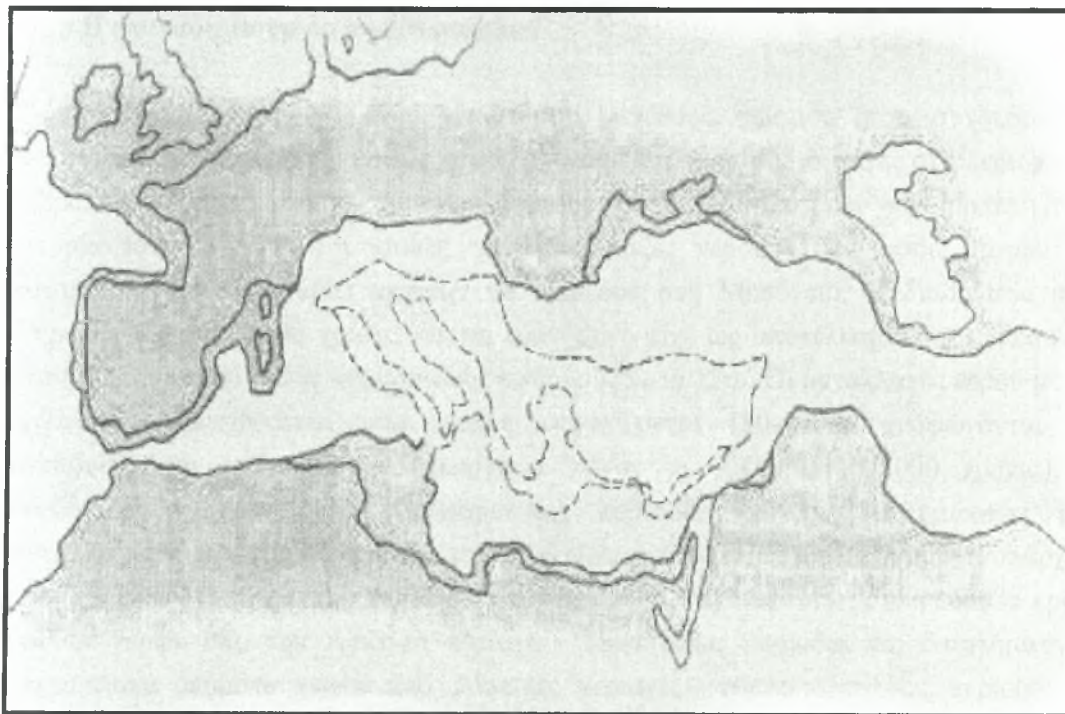
Εικόνα. 1.1.2: Γενική εικόνα απεικόνισης της Τηθύος Θάλασσας (110 εκατ. χρόνια πριν) [από Mojetta (1996), μερικώς τροποποιημένη].

1.1.2 Η γένεση και η εξέλιξη της Αρχέγονης Μεσογείου

Πριν περίπου 65 εκατ. χρόνια οι γεωλογικές μεταβολές (σύγκρουση Αφρικής και Ευρασίας στο ύψος της Μέσης Ανατολής) είχαν ως αποτέλεσμα τον κατακερματισμό της Τηθύος και την αποκοπή του μακρόστενου δυτικού τμήματος (Ατλαντικός) από το ανατολικό τμήμα (ΙνδοΕιρηνικός) και έτσι σχηματίστηκε στο μέσο της παλιάς Τηθύος μια θάλασσα που παγιδευμένη ανάμεσα σε 3 ηπείρους στο μέσο της Γης δεν μπορούσε παρά να ονομαστεί Μεσόγειος και η οποία αποτελούσε την **αρχέγονη Μεσόγειο** (Εικόνα 1.1.2.1).

Για μια περίοδο 10 εκατ. χρόνια οι γεωλογικές μεταβολές και οι διακυμάνσεις της στάθμης των νερών στην λεκάνη της αρχέγονης Μεσογείου ήταν έντονες και είχαν ως αποτέλεσμα μεγάλες χερσαίες εκτάσεις (σημερινές Ρωσία, Γερμανία) να καλύπτονταν με νερά σε συγκεκριμένες περιόδους πλημμύρων. Η εμφάνιση των Άλπεων και η απομάκρυνση της Σαρδηνίας και Κορσικής από την Ν. Ευρώπη (περίπου 25 εκατ. χρόνια πριν) σήμανε την αρχή του τέλους της αρχέγονης Μεσογείου ως μιας τροπικής θάλασσας και την αρχή αποκοπής της από τον Ινδο-Ειρηνικό Ωκεανό. 10-12 εκατ. χρόνια πριν η αρχέγονη Μεσόγειος αποτελούσε μια θάλασσα που κάλυπτε μεγάλο μέρος των ακτών της Β. Ευρώπης. 10 εκατ. χρόνια πριν νερά της μετακινήθηκαν προς την Α. Ευρώπη

(καλύπτοντας την σημερινή Ουγγαρία, Ρουμανία και μεγάλο μέρος της Ν. Ρωσίας). Η θαλάσσια αυτή λεκάνη - τεράστια σε έκταση και σχετικά ρηχή - αποτελούσε την Παρατεθύ Θάλασσα



Εικόνα 1.1.2.1: Η Αρχέγονη Μεσόγειος (65 εκατ. χρόνια πριν) [από Mojetta (1996), μερικώς τροποποιημένη].

Μέσα σε 3 περίπου εκατ. χρόνια η συνεχής απόθεση ιζημάτων είχε ως αποτέλεσμα τη μετατροπή της αρχέγονης Μεσογείου σε χερσαίο κομμάτι, τα τελευταία υπολείμματα της αρχέγονης Μεσογείου απετέλεσαν λίμνες με διαφορετική αλατότητα (π.χ. σημερινή Κασπία, λίμνες Balaton και Aral). Οι αλλαγές μεταξύ χερσαίων και θαλάσσιων τμημάτων την τελευταία περίοδο στην αρχέγονη Μεσόγειο είχαν ως αποτέλεσμα να εμφανισθούν **σημαντικές κλιματικές αλλαγές** (μείωση θερμοκρασιών σε σχέση με αυτές που επικρατούσαν την προηγούμενη χρονική περίοδο) και συνεπακόλουθη μετατροπή της θάλασσας σε **υποτροπική**. Η αποκοπή της λεκάνης από την επαφή της με τον Ινδο-Ειρηνικό και η σταδιακή μείωση της επικοινωνίας με τον Ατλαντικό μέχρι την ολοκληρωτική αποκοπή της και από την θάλασσα αυτή (κλείσιμο του Γιβραλτάρ) - που έλαβε χώρα 6 – 6,5 εκατ. χρόνια πριν - είχε ως τελικό αποτέλεσμα την μετατροπή της αρχέγονης Μεσογείου σε μια κλειστή θάλασσα. Η διατήρηση των νερών της λεκάνης βασιζόταν πλέον μόνον στην ισορροπία ανάμεσα στις εισροές γλυκού νερού από την ξηρά και τις βροχοπτώσεις από την μία και την εξάτμιση από την άλλη. Καθώς όμως το ποσοστό εξάτμισης ήταν ιδιαίτερα αυξημένο υπήρξε σταδιακή μείωση

της στάθμης του νερού (με ρυθμό 1m/χρόνο) που τελικά οδήγησε σε ολοκληρωτική αποξήρανση της αρχέγονης Μεσογείου (πολύ μικρές μόνον εκτάσεις καλύπτονταν από πολύ αλμυρό νερό).

1.1.3 Η επαναδημιουργία της Μεσογείου

Πριν 5,5 εκατ. χρόνια ένας γιγαντιαίου μεγέθους σεισμός (που συνδεόταν με γεωστατικές μετακινήσεις) καθώς και το σπάσιμο της χερσαίας έκτασης στη περιοχή του Γιβραλτάρ είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία του μεγαλύτερου καταρράκτη στην ιστορία του Πλανήτη Γη καθώς τεράστιες μάζες νερού (1000 φορές αυτών του καταρράκτη του Νιαγάρα) άρχισαν να εισρέουν στη Μεσόγειο. Η διαδικασία αυτή διήρκεσε περίπου 1000 χρόνια και το φαινόμενο είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της στάθμης του νερού στους παγκόσμιους ωκεανούς κατά 12m. Οι ανταλλαγές νερού με τον Ατλαντικό συνεχίστηκαν και ακόμη συνεχίζονται (80-100m ανυψώνονται και καταβυθίζονται τα νερά της Μεσογείου μόνον τα τελευταία 18.000 χρόνια). Οι διαδοχικές κλιματολογικά διαφορετικές περιόδους και οι διακυμάνσεις στις ανταλλαγές νερού της Μεσογείου με τον Ατλαντικό είχαν ως αποτέλεσμα να υπάρχουν στην εξελικτική ιστορία της Μεσογείου την περίοδο αυτή διαστήματα με ρεύματα κρύων βαθιών νερών από την Αρκτική περιοχή - Παγετώδεις περιόδους και διαστήματα με επιφανειακά ρεύματα νερών από Τροπικές περιοχές - Μεσοπαγετώδεις περιόδους. Το τελευταίο συμβάν στην εξελικτική αυτή πορεία της λεκάνης αυτής - που ήταν αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας - και πιο συγκεκριμένα η διάνοιξη της Διώρυγας του Σουέζ το 1878 - είχε ως αποτέλεσμα την αποκατάσταση επικοινωνίας της Μεσογείου με τον Ινδο-Ειρηνικό Ωκεανό.

1.1.4 Φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της Μεσογείου

Η Μεσόγειος Θάλασσα στη σημερινή της μορφή (Εικόνα 1.1.4.1), αποτελεί μια μοναδική θάλασσα σε παγκόσμιο επίπεδο. Ανάλογα με την οπτική γωνία που θα το δει κάποιος **“μπορεί να θεωρηθεί ταυτόχρονα ως μια εκτεταμένη και ως μια περιορισμένη υδάτινη λεκάνη”**. Η θεώρηση ως εκτεταμένη υδάτινη λεκάνη έχει βάση καθώς καταλαμβάνει έκταση που φτάνει τα 2.500.000 km² ενώ το μήκος των ακτών της είναι 46.000km² που είναι μεγαλύτερο από την περίμετρο της Γης στον Ισημερινό.

Η θεώρηση ως περιορισμένη υδάτινη λεκάνη επίσης έχει βάση καθώς καταλαμβάνει μόνον το 0,7% της έκτασης των Ωκεανών ενώ συγκρινόμενη με τον γειτονικό Ατλαντικό Ωκεανό δεν υπερβαίνει το 1/35 της έκτασης που αυτός καταλαμβάνει. Επιπρόσθετα αποτελεί μια πολύ στενή θαλάσσια περιοχή καθώς η

μέγιστη απόσταση μεταξύ των χερσαίων τμημάτων της δεν είναι μεγαλύτερη από 800km (μεταξύ Γένοβας & Τυνησίας).



Εικόνα 1.1.4.1: Η Μεσόγειος και οι διαφορετικές θαλάσσιες περιοχές της από Φραντζή (1996).

Για το μέγεθος της η Μεσόγειος παρουσιάζει μια **εκτεταμένη σχετικά ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα** καθώς αυτή καταλαμβάνει το 17% της συνολικής επιφάνειάς της (έναντι 7,6% της επιφάνειας που καταλαμβάνει η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα των παγκόσμιων Ωκεανών). Το μέσο βάθος της είναι μικρό (1429m) έναντι 3800m που είναι το μέσο βάθος Ωκεανών, ενώ μειωμένη εμφανίζεται και η παρουσία αβυssiικών βαθών, καθώς βάθη μεταξύ 3000 και 6000m, που καλύπτουν τα 3/4 της επιφάνειας παγκόσμιων Ωκεανών, στη Μεσόγειο είναι μόλις το 1/10.

1.2 Κλιματολογικά Χαρακτηριστικά

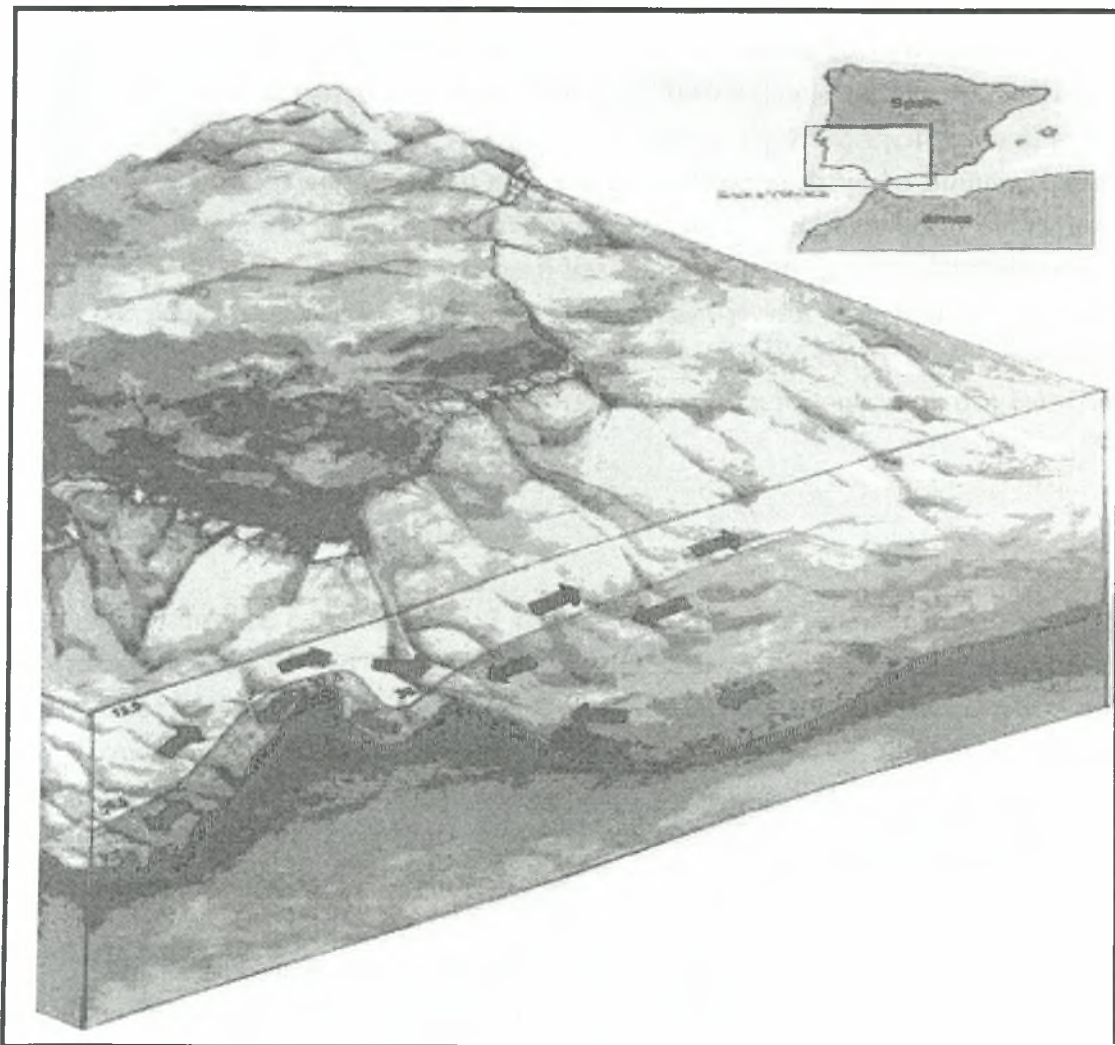
Η Μεσόγειος παρουσιάζει εκτεταμένη ηλιοφάνεια (18-22kcal ηλιακής ακτινοβολίας/cm² επιφάνειας) που σε συνδυασμό με την σχετική απομόνωση της έχει ως αποτέλεσμα τα νερά να είναι σχετικά θερμά στη λεκάνη και αυτό συμβάλλει με την σειρά του στη διαμόρφωση ενός ιδιαίτερου κλίματος που κοινώς αποκαλείται

“Μεσογειακό κλίμα”. Η ηλιακή ακτινοβολία και οι επικρατούντες άνεμοι (θερμοί & υγροί το καλοκαίρι - ξηροί και από ξηρά προς θάλασσα τον χειμώνα), έχουν ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται στην θάλασσα αυτή σχετικά υψηλοί ρυθμοί εξάτμισης, σε σχέση με άλλες θαλάσσιες περιοχές (3000km³ νερού μετατρέπονται σε υδρατμούς), γεγονός που έχει μια σημαντική επίδραση τόσο στα φυσικοχημικά όσο και στα βιολογικά χαρακτηριστικά της. Τα ιδιαίτερα κλιματολογικά χαρακτηριστικά της Μεσογείου έχουν ως αποτέλεσμα να εμφανίζεται στρωμάτωση των νερών της και παρουσία θερμοκλινούς κυρίως στη διάρκεια του καλοκαιριού. Τον χειμώνα, λόγω ανάμιξης νερών, το θερμοκλινές καταστρέφεται, με αποτέλεσμα τα επιφανειακά ρεύματα να βυθίζονται φέρνοντας σε μεγάλα βάθη οξυγόνο, ενώ βαθύτερα νερά φέρνουν στην επιφάνεια θρεπτικά στοιχεία από τον βυθό, ενώ η θερμοκρασία σε όλη την στήλη του νερού δεν είναι μικρότερη από 13°C σε όλη τη διάρκεια του έτους.

1.3 Υδρογραφικά Χαρακτηριστικά

Η Μεσόγειος είναι μια σχετικά απομονωμένη λεκάνη καθώς υπάρχουν 2 διάυλοι επικοινωνίας της με άλλες θάλασσες: α) τα Στενά Γιβραλτάρ - 17km, μέγιστο βάθος 350m - μέσω των οποίων γίνεται η επικοινωνία με τον Ατλαντικό Ωκεανό και β) η Διώρυγα του Σουέζ - 400m ελάχιστο βάθος – μέσω της οποίας γίνεται η επικοινωνία με την Ερυθρά Θάλασσα. Βέβαια υπάρχει και ένας ακόμη διάυλος επικοινωνίας με την Μαύρη Θάλασσα μέσω των στενών των Δαρδανελίων και τον Βόσπορο αλλά για πολλούς αυτή η θαλάσσια περιοχή αποτελεί μια “εσωτερική θάλασσα” της Μεσογείου. Το ποσό εξάτμισης των νερών της Μεσογείου είναι μεγαλύτερο από το ποσό των νερών που εισέρχεται στη λεκάνη αυτή μέσα από τα ποτάμια και την βροχόπτωση. Έτσι τα στενά του Γιβραλτάρ θεωρούνται ως ο “ομφάλιος λώρος” της Μεσογείου από πλευράς προμήθειας με νερό (Εικόνα 1.3.1). Το υδατικό έλλειμμα της Μεσογείου είναι τόσο μεγάλο ώστε αν τα στενά έκλειναν, η Μεσόγειος σε 1000-1500 χρόνια θα είχε υποστεί πλήρη εξάτμιση. Αυτό το έλλειμμα των νερών της Μεσογείου έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει ένα επιφανειακό ρεύμα εισόδου νερών από τον Ατλαντικό προς την Μεσόγειο αλλά και ένα αντι-παράλληλο ρεύμα εξόδου βαθύτερων στρωμάτων νερού της Μεσογείου προς τον Ατλαντικό.

Πιο αναλυτικά, από τα στενά του Γιβραλτάρ εισέρχονται στη Μεσόγειο κρύα νερά από τον Ατλαντικό και χαμηλής αλατότητας (περίπου 35-36psu), ενώ θερμά νερά από Μεσόγειο και υψηλής αλατότητας (περίπου 38-39psu) εξέρχονται από τα στενά του Γιβραλτάρ προς τον Ατλαντικό. Στη Μεσόγειο εμφανίζονται 3 διαφορετικές κατηγορίες ρευμάτων: (α) **Επιφανειακά Ρεύματα** (σε βάθη 0-200m). Τα επιφανειακά νερά από τον Ατλαντικό εισέρχονται μέσω των στενών Γιβραλτάρ στη Μεσόγειο.



Εικόνα 1.3.1: Η ανταλλαγή νερών μεταξύ της Μεσογείου και του Ατλαντικού Ωκεανού (από Mojetta, 1996).

(β) **Ενδιάμεσα Ρεύματα** (σε βάθη 200-700m). Τα ρεύματα αυτά σχηματίζονται με τον εξής τρόπο: η αλατότητα των επιφανειακών νερών του Ατλαντικού στην πορεία τους στη Μεσόγειο από Δυτικά προς Ανατολικά - που προαναφέρθηκε - αυξάνεται σχηματίζοντας έτσι ένα επιφανειακό στρώμα που εκτείνεται σε βάθος έως 200m; Στη διάρκεια του χειμώνα αυτό το νερό μετατοπίζεται σε βαθύτερα σημεία (200-700m) σχηματίζοντας ένα ενδιάμεσο στρώμα που είναι γνωστό ως Intermediate Levantine Water, καθώς στη τελική του μορφή το στρώμα σχηματίζεται στη Λεβαντινή Θάλασσα. Το LIW, μετά από μια μεγάλη πορεία στη Μεσόγειο από Ανατολικά προς Δυτικά (κύρια σημεία της διαδρομής του περιλαμβάνουν το Ιόνιο, την Τυρρηναϊκή Θάλασσα, τις ακτές της Ισπανίας), μέσω των στενών του Γιβραλτάρ εξέρχεται προς τον Ατλαντικό. (γ) **Ρεύματα Βαθιών Νερών** (σε βάθη >2000m). Στη Μεσόγειο εμφανίζονται 2 περιοχές (μια στα ανοικτά του κόλπου του Λέοντος και μια στην κεντρική περιοχή Ιονίου) όπου εμφανίζεται κυκλοφορία νερών σε μεγάλα βάθη (>2000m); ο σχηματισμός βαθιών νερών γίνεται όταν νερά σε μικρότερα βάθη με πολύ χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη πυκνότητα, εξαιτίας της επίδρασης ακραίων και παρατεταμένων καιρικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στη διάρκεια του χειμώνα, βυθίζονται σε πολύ μεγάλα βάθη.

1.4 Θαλάσσιες Λεκάνες Της Μεσογείου

Η Μεσόγειος διακρίνεται σε 2 κύριες λεκάνες: την Δυτική Μεσόγειο και την Ανατολική Μεσόγειο. Το γεωγραφικό φράγμα που χωρίζει τις 2 αυτές κύριες μεσογειακές λεκάνες είναι το κανάλι μεταξύ Δυτικά της Σικελίας και Βορειοανατολικά της Τυνησίας, μια θαλάσσια περιοχή με μικρό σχετικά βάθος (400m) λόγω της ανύψωσης που παρουσιάζει ο υποθαλάσσιος βυθός.

1.4.1 Δυτική Μεσόγειος

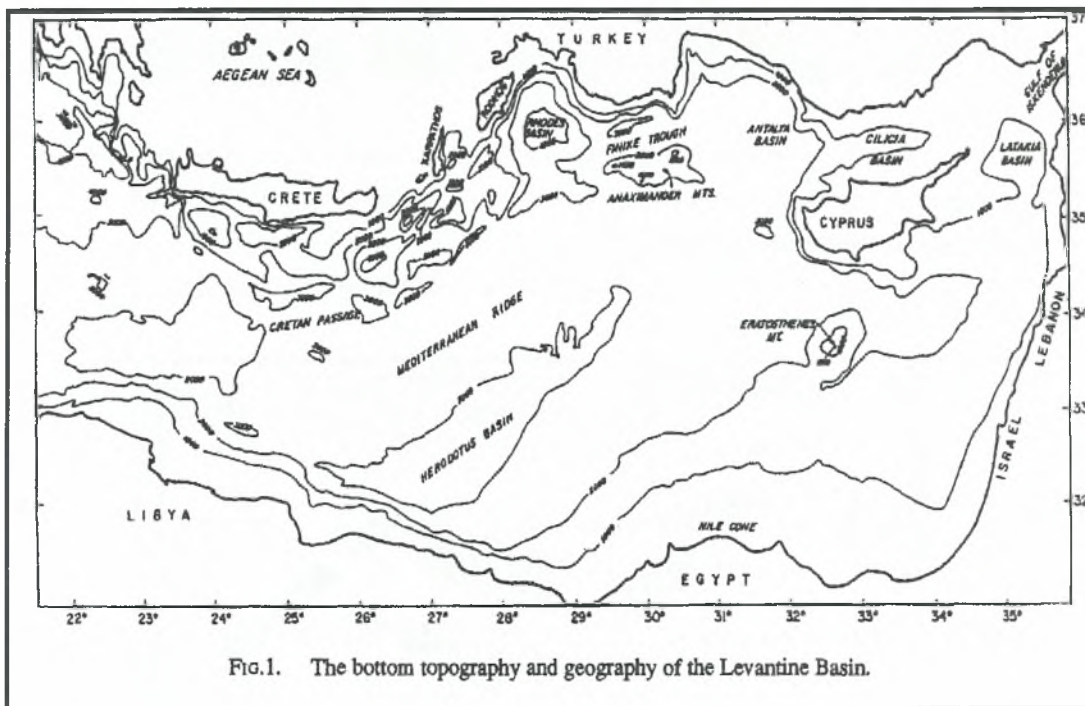
Στη λεκάνη αυτή εντάσσονται μικρότερες θάλασσες (Θάλασσα του Alboran, Θάλασσα Αλγερίας, Τυρρηναϊκή Θάλασσα). Η θαλάσσια αυτή λεκάνη εμφανίζει μικρότερο μέγιστο βάθος (<3600m) σε σχέση με την Ανατολική Μεσόγειο αλλά βαθιές πεδιάδες και οροσειρές καταλαμβάνουν ένα μεγάλο ποσοστό της έκτασής της.

1.4.2 Ανατολική Μεσόγειος

Στη λεκάνη αυτή εντάσσονται μικρότερες θάλασσες (Αδριατική Θάλασσα, Ιόνιο Πέλαγος, Αιγαίο Πέλαγος, Λεβαντινή Θάλασσα). Η θαλάσσια αυτή λεκάνη εμφανίζει μεγαλύτερο μέγιστο βάθος [5121m - ΝΔ Πελοπόννησος (Φρέαρ Οινουσσών) σε σχέση με την Δυτική Μεσόγειο], αλλά μεγάλα τμήματά της είναι σχετικά ρηχά (βάθος <500m).

1.5 Τοπογραφία - Μορφολογία της Λεβαντινής λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου

Η ανατολική Μεσόγειος βρίσκεται ανατολικά των Σικελικών στενών. Η Λεβαντινή λεκάνη είναι η δεύτερη μεγαλύτερη λεκάνη της Μεσογείου. Συνορεύει με το Κρητικό Αρχιπέλαγος και με τις Μικρασιατικές Ακτές από Βορρά, με την Μέση Ανατολή Ανατολικά και Νότια με την Βόρειο-Ανατολική Αφρική.



Εικόνα 1.5.1: Η τοπογραφία και η γεωγραφία του πυθμένα της Λεβαντινής λεκάνης.

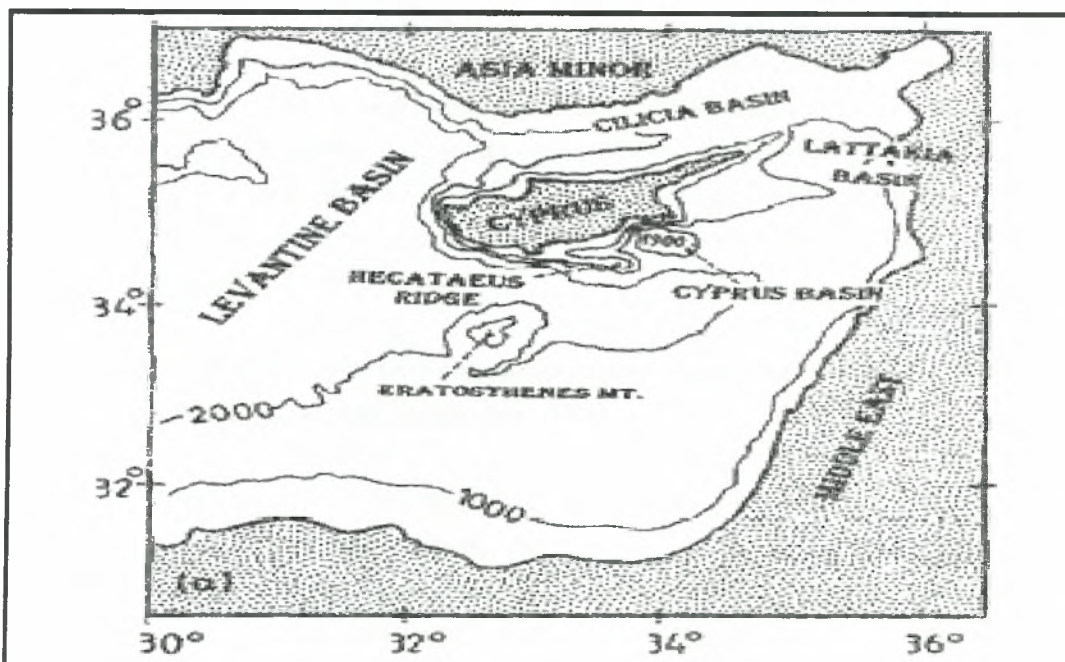
Το Λεβαντινό Πέλαγος επικοινωνεί Βορειοδυτικά μέσω τριών περασμάτων με το Αιγαίο Πέλαγος. Είναι το στενό της Κάσσου μεταξύ της χερσονήσου Κρήτης και Καρπάθου νήσου (πλάτος 67km και βάθος κατωφλίου 1000m), το στενό της Καρπάθου μεταξύ της Καρπάθου νήσου και της Ρόδου νήσου (πλάτος 43 km και βάθος κατωφλίου 850m) και το στενό της Ρόδου μεταξύ των τούρκικων ακτών και της Ρόδου νήσου (πλάτος 17km και βάθος 350m). Επιπλέον, επικοινωνεί μέσω του Κρητικού Περάσματος (πλάτος 300km και βάθος που ξεπερνά τα 2000m) Νότια της Κρητικής χερσονήσου ανάμεσα των Κρητικών και των Λιβυκών ακτών με την υπόλοιπη Μεσόγειο (Εικόνα 1.5.1).

Η Λεβαντινή λεκάνη απαρτίζεται από 5 μικρότερες λεκάνες με τα ακόλουθα βυθομετρικά χαρακτηριστικά που δίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Οι επιμέρους λεκάνες της Λεβαντινής Θάλασσας και τα μέσα βάθη τους

ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ	ΒΑΘΟΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ
Λαττάκια	(1000-1500) m
Κιλικίας	1000 m
Αντάλιας	(2000-3000) m
Ρόδου	4300 m
Ηρόδοτου	3000 m

Παρατηρούμε την υποθαλάσσια οροσειρά Αναξίμανδρο (1500m) που βρίσκεται ανάμεσα στην λεκάνη της Ρόδου και της Αντάλιας, την Ηράκλεια και την υποθαλάσσια οροσειρά του Ερατοσθένη (1000m) που βρίσκεται Νότια της Κύπρου. Ακόμα έχουμε την κατωφέρεια της Κύπρου (1900m) (Εικόνα 1.5.2).



Εικόνα 1.5.2: Η τοπογραφία του πυθμένα της Ανατολικής Λεβαντινής λεκάνης.

1.6 Κλιματολογικές συνθήκες του Λεβαντινού Πελάγους.

Οι κλιματολογικές συνθήκες στη περιοχή παρουσιάζουν έντονη μεταβλητότητα. Οι ετήσιοι δυτικοί άνεμοι και οι θαλάσσιες αύρες είναι τα κυρίαρχα συστήματα ανέμου

που εμφανίζονται το καλοκαίρι και το φθινόπωρο στην περιοχή. Συχνά, Μέσο-τροπικοί κυκλώνες και τοπικά συστήματα ανέμου όπως Βορειοανατολικοί και Δυτικοί άνεμοι χαρακτηρίζουν τον χειμώνα και την άνοιξη (Reiter, 1975; Mediterranean Pilot, 1976; Brody & Nestor, 1980; Ozsoy, 1981). Το καλοκαίρι και κατά της αρχές του φθινοπώρου οι Δυτικοί άνεμοι ενισχύονται από τους Βορείους ετήσιους στο Νότιο Αιγαίο (Peparis *et al.*, 1987) με αποτέλεσμα Νότιο-Νοτιοδυτικοί άνεμοι να δραστηριοποιούνται πάνω από την Λεβαντινή λεκάνη (Brody & Nestor, 1980). Το χειμώνα περίπου 30 με 75 κυκλώνες ετησίως παρατηρούνται στην περιοχή της Μεσογείου.

Οι κυκλώνες συνήθως προέρχονται από την περιοχή του Ιονίου Πελάγους και μερικοί από την Βόρεια Αφρική (Reiter, 1975; Brody & Nestor, 1980). Ύστερα όμως από το πέρασμα των κυκλώνων έχουμε βορείους ψυχρούς και βορειοανατολικούς ξηρούς ανέμους που η ένταση τους αυξάνεται καθώς περνούν ανάμεσα στην οροσειρά Ταύρος και στις Τουρκικές ακτές (Ozsoy, 1981). Επιπρόσθετα, οι βόρειοι άνεμοι επικρατούν στο μεγαλύτερο μέρος του Αιγαίου. Γενικά, αυτά τα ψυχρά, ξηρά μέτωπα περιμένουμε να επηρεάσουν τις επιφανειακές υδάτινες μάζες μέχρι και στο βάθος των 200m. Έτσι διαφαίνεται η αστάθεια που υπάρχει στην κατανομή του ανέμου και εξηγείται η εκτεταμένη εξάτμιση που έχει η περιοχή. Τελευταία, έχει αναγνωριστεί αυτή η διεργασία σαν η κύρια πηγή δημιουργίας του ενδιάμεσου LIW. Πρέπει πρώτα να συνδέσουμε τις περιοχές όπου σχηματίζονται υδάτινες μάζες μέσα στην Μεσόγειο με αυτές των Βόρειων ψυχρών μετώπων. Η ταχεία ψύξη των παρακτίων νερών κατά την διάρκεια των γεγονότων που έχουν αναφερθεί έδειξαν ότι η σταδιακή ψύξη κοντά στις ακτές το χειμώνα συμπίπτει με τα μετεωρολογικά φαινόμενα που πραγματοποιούνται Βορειοανατολικά στην Μεσόγειο.

1.7 Κλιματολογικές αλλαγές που παρουσιάστηκαν στην Ανατολική Μεσόγειο κατά την περίοδο 1980 μέχρι και της αρχές του 1990.

Κατά την περίοδο 1980 μέχρι τις αρχές του 1990 υπήρξαν αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες της Ανατολικής Μεσογείου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν σημαντικές αλλαγές και να υπάρξει διακύμανση στην κυκλοφορία και μεταφορά των υδάτινων μαζών (Pinardi *et al.*, 1997; Korres *et al.*, 2000; Wu *et al.*, 2000; Castellari *et al.*, 2000).

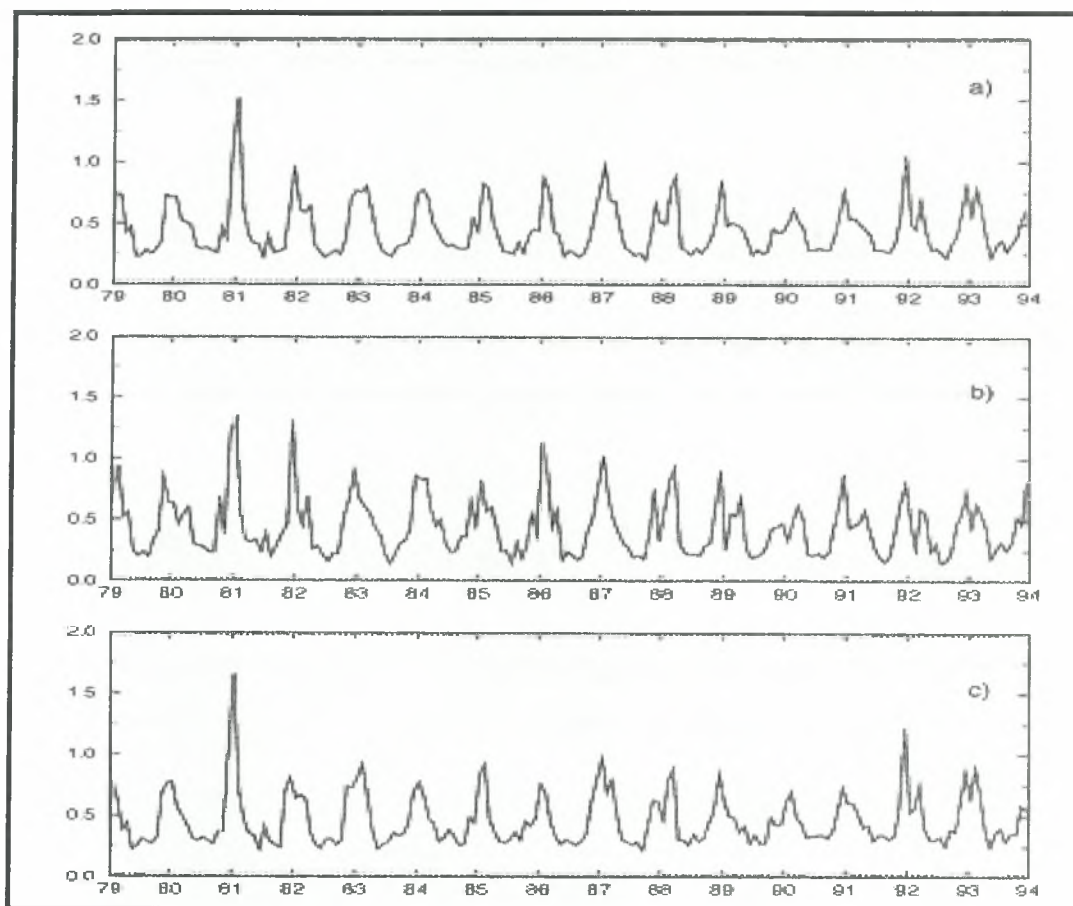
Οι διαθέσιμες παρατηρήσεις και τα αποτελέσματα των ερευνών προτείνουν ότι υπάρχουν τρεις αλλαγές στις ατμοσφαιρικές δυνάμεις που επιδρούν στο EMED κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου:

- (a) Έτσι, σύμφωνα με τους Tselepidaki *et al.* (1990) & Lascaratos *et al.* (1999), την χρονική περίοδο 1988-1993 επικρατούσε ξηρασία και είχαμε λίγα κατακρημνίσματα.
- (b) Σύμφωνα με τους Korres *et al.* (2000), το 1981 ήταν μια εξαιρετικά ψυχρή χρονιά με ισχυρούς ανέμους. Οι Brankart & Pinardi (2001) έδειξαν ότι η χρονική περίοδος 1981-1983 ήταν πολύ ψυχρή για ολόκληρη για την Λεβαντινή λεκάνη. Μερικά χρόνια αργότερα, το 1987 ήταν μια εξαιρετικά ψυχρή χρονιά για όλο το Αιγαίο Πέλαγος (Lascaratos *et al.*, 1999; Wu *et al.*, 2000).
- (c) Τα συστήματα των ανέμων που επικρατούν σε όλη την EMED & WMED για την περίοδο 1980-1987 είναι διαφορετικά σε σχέση με αυτά που επικρατούν την χρονική περίοδο 1988-1993. Οι Samuel *et al.* (1999) έδειξε ότι την πρώτη περίοδο σε σχέση με την δεύτερη είχαμε μια μείωση της έντασης των ανέμων του Μιστρά, ενώ τα συστήματα των ανέμων που επικρατούν πάνω στο Αιγαίο εντατικοποιήθηκαν.

Η χρονοσειρά της μηνιαίας μέσης επιφανειακής έντασης του ανέμου (Εικόνα 1.7.1) για την χρονική περίοδο 1979-1993 αποκαλύπτει έναν έντονο εποχιακό κύκλο. Το ελάχιστο της αλατότητας δεν μεταβάλλεται σημαντικά από χρόνο σε χρόνο, ωστόσο κατά την περίοδο του χειμώνα το μέγιστο της έντασης του ανέμου έχει να επιδείξει μια ισχυρή ετήσια διακύμανση. Οι μήνες που η ένταση του ανέμου ήταν μεγάλη για την WMED (Εικόνα 1.7.1.b) είναι ο Ιανουάριος των 1981, 1982, 1986 και 1987, ενώ στην EMED (Εικόνα 1.7.1.c) είναι ο Ιανουάριος του 1981 και ο Δεκέμβριος 1991. Την χρονιά 1981 η ένταση του ανέμου ήταν πολύ ισχυρή και για τις δυο λεκάνες και το εύρος που είχε έφτανε τα $1,7 \text{ dyn/cm}^2$ στην EMED και τα $1,4 \text{ dyn/cm}^2$ στην WMED. Κατά την διάρκεια του 1982 και του 1986, οι δυνάμεις του αέρα είναι σχετικά ισχυρές μόνο στην WMED. Από το 1988 μέχρι το 1990, ο άνεμος και στις δυο περιοχές έχει τάση να εξασθενεί.

Ο μέσος όρος της έντασης της αναστροφής του ανέμου είναι θετικός στο μεγαλύτερο μέρος της επικράτειας της λεκάνης και δίνει έναν κυκλωνικό χαρακτήρα σε ολόκληρη την λεκάνη. Αλλάζει σημαντικά κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, όταν λαμβάνουν χώρα αρνητικές τιμές. Σε ολόκληρη την Μεσόγειο (Εικόνα 1.7.2.a), την υψηλότερη τιμή του χειμώνα την λαμβάνει το 1981 και την χαμηλότερη το 1990. Οι μήνες με τις υψηλότερες τιμές για την WMED είναι (Εικόνα 1.7.2.b) ο Δεκέμβριος 1981, οι Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος του 1986, οι Ιανουάριος και τον Φεβρουάριος του 1987

και ο Δεκέμβριος του 1990. Από την άλλη μεριά, σε αυτούς του μήνες στην EMED είναι σχετικά εξασθετισμένη (Εικόνα 1.7.2.c).

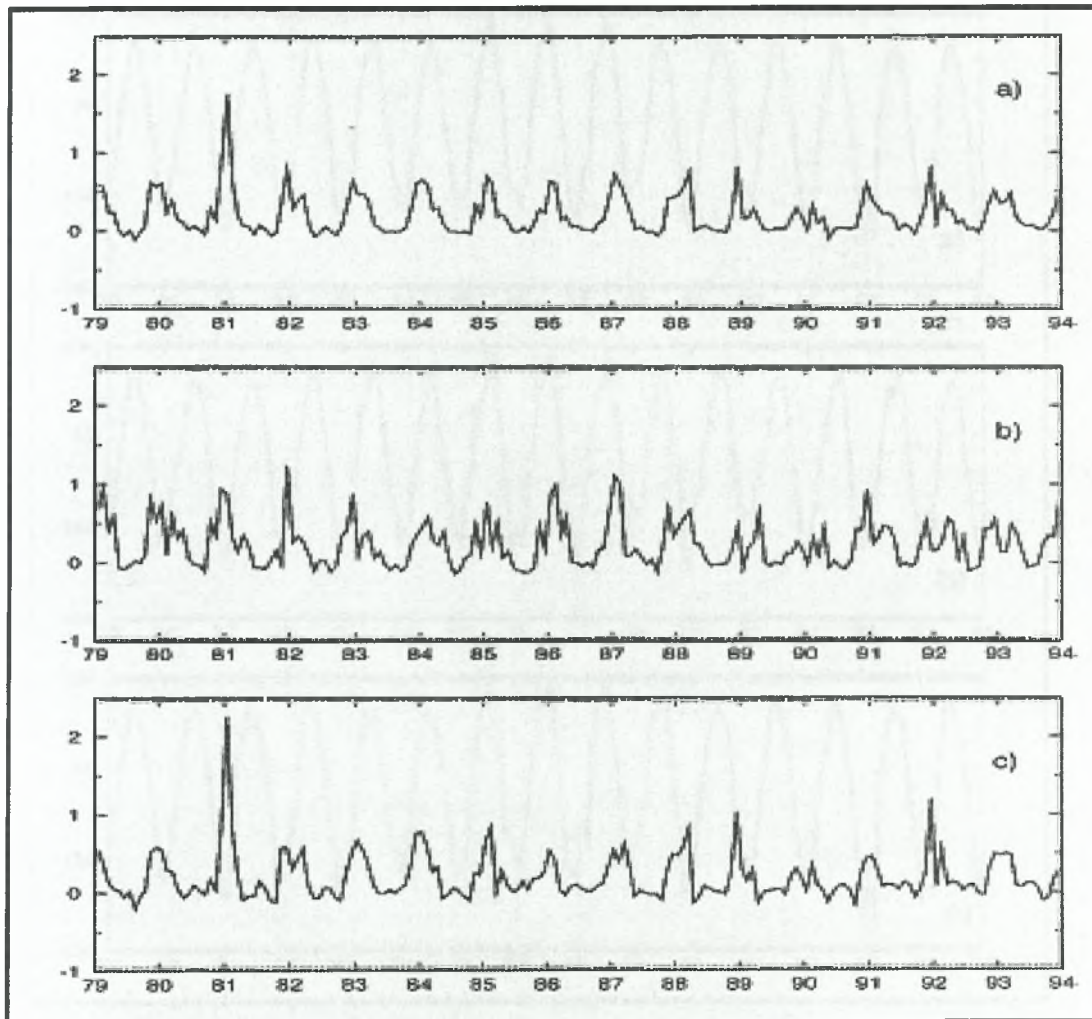


Εικόνα 1.7.1: Ο μηνιαίος μέσος όρος της έντασης του επιφανειακού ανέμου (dyn/cm^2) υπολογισμένη: (a) για ολόκληρη την Μεσόγειο θάλασσα, (b) για τη Δυτική Μεσόγειο και (c) για την Ανατολική Μεσόγειο.

Ωστόσο, στη EMED κατά την διάρκεια του Ιανουαρίου του 1981 έχουμε σχετικά υψηλές τιμές της αναστροφής της έντασης του ανέμου. Μια σχετικά μικρή ένταση αναστροφής του ανέμου λαμβάνει χώρα το 1989 και 1990 στην WMED και την περίοδο 1990 και 1991 για όλο το χρόνο.

Η μέση μηνιαία απώλεια θερμότητας για ολόκληρη την Μεσόγειο αποκαλύπτει την ύπαρξη τριών θερμών καλοκαιριών, των 1985, 1986 και 1987 (Εικόνα 1.7.3.a). Κατά την διάρκεια των περιόδων που ακολουθούν, το μέγιστο της απώλειας θερμότητας δεν ποικίλει σημαντικά από χρόνο σε χρόνο. Από την άλλη μεριά, η ετήσια διακύμανση τις χειμερινές περιόδους είναι περισσότερο έντονη.

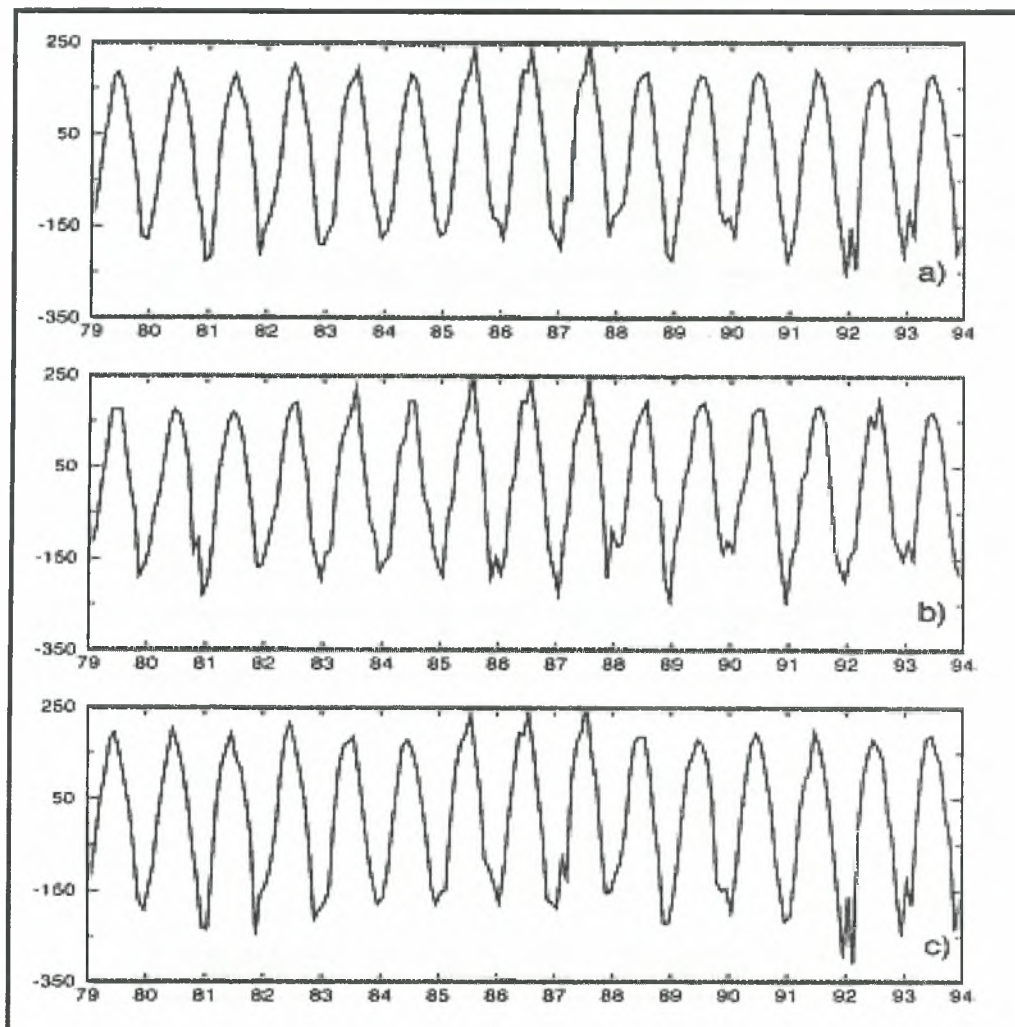
Σε ολόκληρη την λεκανή της Μεσογείου οι ψυχρότερες χρονιές ήταν 1981, 1983, 1989, 1991 και 1992. Στην WMED (Εικόνα 1.7.3.b) οι ψυχρότεροι χειμώνες είναι 1981, 1987, 1989 και το 1991, ενώ στην EMED είναι 1981, 1982 και 1992 (Εικόνα 1.7.3.c).



Εικόνα 1.7.2: Ο μηνιαίος μέσος όρος της αναστροφής της έντασης του επιφανειακού ανέμου (dyn/cm^2) υπολογισμένος: (a) για ολόκληρη την Μεσόγειο Θάλασσα, (b) για τη Δυτική Μεσόγειο και (c) για την Ανατολική Μεσόγειο.

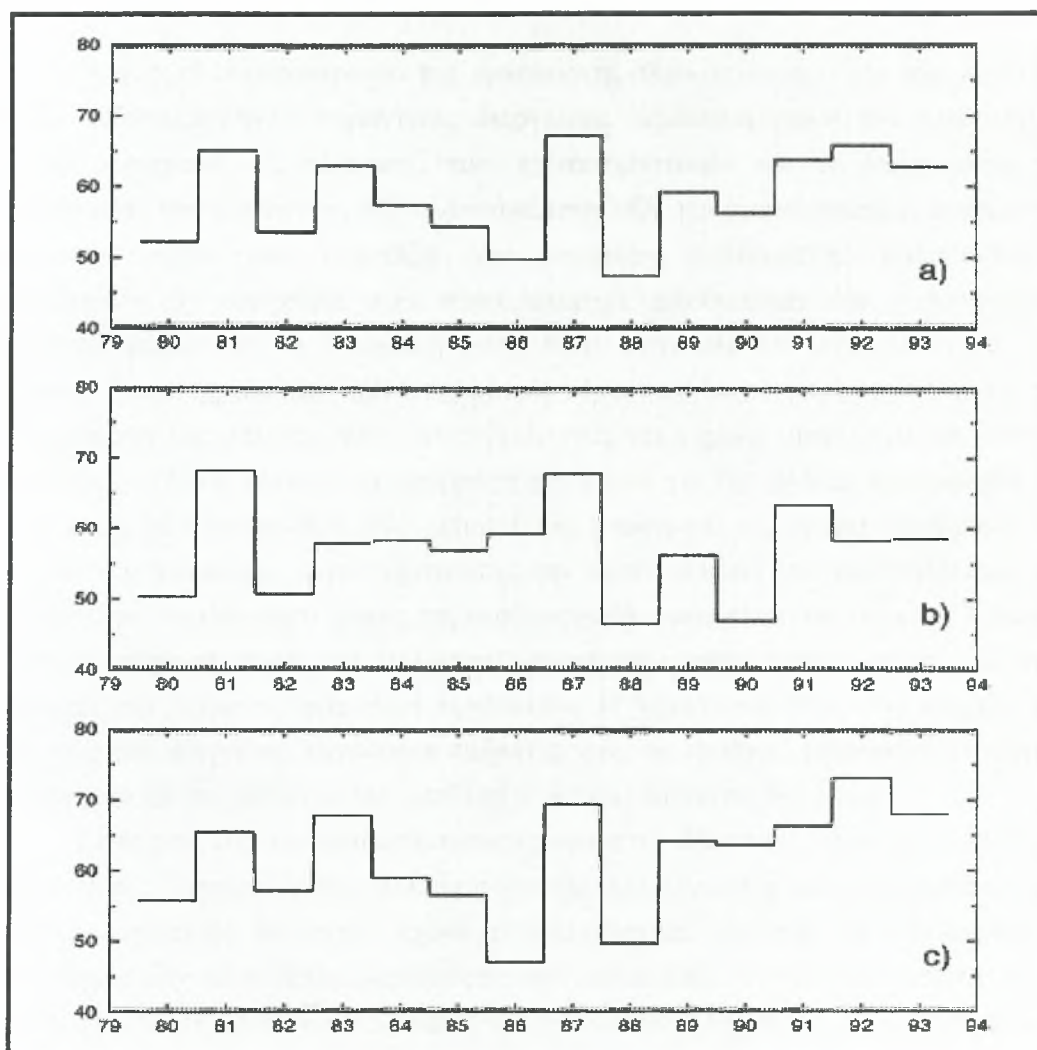
Κατά την διάρκεια αυτών των χρόνων, ψυχρότεροι μήνες είναι οι Δεκέμβριος, Ιανουάριος και Φεβρουάριος. Ωστόσο, υπάρχουν όσο αφορά τον χειμώνα μερικές εξαιρέσεις, έχει επίσης παρατηρηθεί ότι μπορούμε να έχουμε μεγάλη επιφανειακή ψύξη ακόμα και τον Μάρτιο, όπως αυτό συνέβη το 1987. Σύμφωνα με τους Leaman & Schott, (1991) πραγματοποιήθηκε μια ισχυρή ψύξη την περίοδο Φεβρουαρίου-Μαρτίου του 1987 στην WMED, όπως παρουσιάζεται στην (Εικόνα 1.7.3.b).

Οι Gertman *et al.* (1987) περιγράφουν την ψύξη που υπήρξε σε όλη την Βορειοανατολική Λεβαντινή λεκάνη τον Μάρτιο του 1987, όπου έχουμε την παρουσία



Εικόνα 1.7.3: Ο μηνιαίος μέσος όρος απαγωγής επιφανειακής θερμότητας υπολογισμένος: (a) για ολόκληρη την Μεσόγειο Θάλασσα, (b) για τη Δυτική Μεσόγειο και (c) για την Ανατολική Μεσόγειο.

δύο κορυφών το 1987 (Εικόνα 1.7.3.c). Η συνολική ψύξη στην MED (Εικόνα 1.7.4.a) είναι έντονη κατά τα έτη 1981, 1983, 1987 και 1992, ενώ για την WMED είναι 1981, 1987 και 1991 (Εικόνα 1.7.4.b) και για την EMED είναι 1981, 1983, 1987 και 1992 (Εικόνα 1.7.4.c).



Εικόνα 1.7.4: Ο μηνιαίος μέσος ορός της ψύξης (W/m^2) όπως έχει υπολογιστεί: (a) για ολόκληρη την Μεσόγειο Θάλασσα, (b) για τη Δυτική Μεσόγειο και (c) για την Ανατολική Μεσόγειο.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2

Εισαγωγή στην Υδρολογία και Υδρογραφία της Ανατολικής Μεσογείου.

2.1 Εισαγωγή.

Η φυσική ωκεανογραφία της Ανατολικής Μεσογείου έχει επί του παρόντος μεγάλο ενδιαφέρον γιατί σημαντικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα που έχουν σχέση με την περιγραφή τις κλίμακας, των χαρακτηριστικών και τη διακύμανση της κυκλοφορίας των υδάτινων μαζών. Αυτό εξασφαλίζει την πρωτότυπη και πραγματικά δυναμική έρευνα και ανάπτυξη των μοντέλων μαθηματικής προσομοίωσης. Επιπρόσθετα, η ικανότητα που τώρα υπάρχει, αποδεικνύει ότι η πραγματική μεταφορά μαζών και η δυναμική ροής είναι αναγκαία και αποκαλύπτεται από αρκετές διεπιστημονικές ωκεανογραφικές έρευνες (π.χ. παραγωγικότητα) και επιστράτευση της μελέτης πάνω στην βιολογική και χημική ωκεανογραφία. Αυτή η σειρά εφοδιάζει τις βάσεις για εφαρμογή μοντέλων για την βαθιά κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου που είναι απαραίτητη γνώση για τον τρόπο διαχείρισης και ελέγχου της ρύπανσης, περιλαμβάνοντας την προσομοίωση και την πρόβλεψη των αλλαγών των υλικών κατά μήκος της υφαλοκρηπίδας που είναι στα όρια της λεκάνης. Η αλληλεπίδραση αέρα και θάλασσας αναφέρεται στον τοπικό καιρό και στην επίδραση του κλίματος που είναι πολύπλοκη. Η Μεσόγειος Θάλασσα παρόλο που είναι σχετικά μικρή σε παγκόσμια κλίμακα, έχει το επαρκές μέγεθος έτσι ώστε η κυκλοφορία να επηρεάζεται από μεγάλης κλίμακας ωκεάνιες δυνάμεις.

Είναι από της πιο ενδιαφέρουσες ημίκλειστες θάλασσες επειδή μεγάλη σειρά από φυσικές διεργασίες και αλληλεπιδράσεις λαμβάνουν χώρα. Οι περισσότερες φυσικές διεργασίες οι οποίες έχουν χαρακτηριστικά από την γενική παγκόσμια κυκλοφορία δεν είναι καλά κατανοητές και αντιληπτές. Έτσι, η πλειονότητα των δυνάμεων όπως ο επιφανειακός αέρας και η ανταλλαγή υδάτινων μαζών επηρεάζουν την γενική κυκλοφορία της περιοχής. Ωστόσο, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ αέρα και θάλασσας είναι ασθενείς με αποτέλεσμα να έχουμε την δημιουργία βαθιάς και ενδιάμεσης υδάτινης μάζας στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου. Η πυκνότητα αυξάνεται λόγω της αύξησης της αλατοτητας που οφείλεται στην έντονη εξάτμιση. Η διεργασία αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για την δημιουργία των υδάτινων μαζών.

Η Μεσόγειος επικοινωνεί με τον Ατλαντικό από το στενό του Gibraltar και αποτελείται από δυο περίπου ίδιες λεκάνες οι οποίες ενώνονται μέσω του στενού της Σικελίας. Συνεπώς, η Ανατολική Μεσόγειος είναι σχεδόν απομονωμένη με πολύπλοκες δυνάμεις και υδάτινες μάζες που δημιουργούνται στην ευρύτερη περιοχή. Παρόλα αυτά, πολλές μελέτες έχουν γίνει αυτά τα χρόνια για να ερμηνεύσουν τις φυσικές διεργασίες που συμβαίνουν στην περιοχή με ελάχιστα αποτελέσματα αρχικά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την συντονισμένη διεθνή έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος POEM (Malanotte-Rizzoli & Robinson, 1988). Το

POEM περιλάμβανε την ανάλυση, την επεξεργασία και την μαθηματική προσομοίωση των δεδομένων από τους πλόες που πραγματοποιήθηκαν.

Ύστερα από την επεξεργασία των δεδομένων οι επιστήμονες θα είναι σε θέση να κατανοήσουν σε ένα ποσοστό τις διεργασίες δημιουργίας, κατανομής και μεταφοράς των υδάτινων μαζών στην Ανατολική Μεσόγειο. Ακόμα, ύστερα από το πρόγραμμα POEM πραγματοποιήθηκε το POEM-BC που μελετάει την βιολογικές και την χημικές διεργασίες που γίνονται στην Ανατολική Μεσόγειο. Επιπλέον, μια νέα εικόνα δημιουργείται για την κλίμακα, την δομή και την δυναμικότητα της γενικής κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου. Συνέπεια αυτού είναι να αρχίζει να φαίνεται πλέον η διακύμανση τόσο στην ένταση όσο και στο μέγεθος που λαμβάνει χώρα στη κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου. Αυτή η βάση δεδομένων θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε τις κλιματικές συνθήκες και τις αλλαγές που συμβαίνουν στην περιοχή ούτως ώστε να είμαστε σε θέση να εξετάσουμε λεπτομερώς τα τοπικά φαινόμενα που δημιουργούνται.

Έτσι, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη για δημιουργία μοντέλων που πλέον στις μέρες μας παίζουν καθοριστικό ρόλο στην επιστημονική έρευνα. Πολλές και σε αλληλεπίδραση κλίμακες και διεργασίες χρειάζονται για την δημιουργία ενός μοντέλου όπου θα προσομοιάζει όσο το δυνατό καλύτερα το περιβάλλον που μελετάμε. Ωστόσο, εμείς δεν θα εκβαθύνουμε στην ανάλυση μοντέλων αλλά θα ασχοληθούμε με την υδρογραφία και κυκλοφορία της ευρύτερης περιοχής.

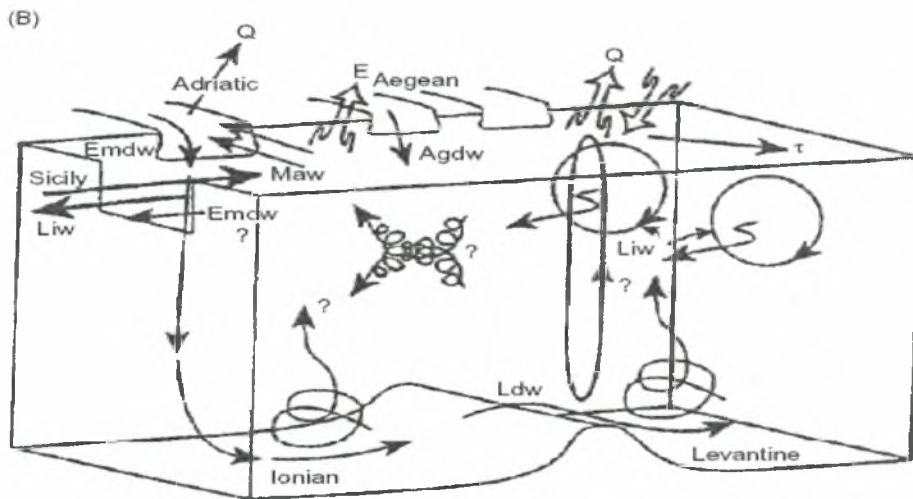
2.2 Διεργασίες.

Διεργασίες που έχουν παγκόσμια συνάφεια με τις κλιματικές δυνάμεις περιλαμβάνονται στην θερμοαλατική κυκλοφορία, στη δημιουργία υδατινών μαζών, στην μεταφορά, διασπορά και ανάμιξη.

Το νερό που εισέρχεται από το Gibraltar έχει προέλευση από τον Ατλαντικό και εισέρχεται στην Ανατολική Μεσόγειο μέσα από το στενό της Σικελίας. Η κυκλοφορία του επηρεάζεται από τον άνεμο που επικρατεί στην περιοχή και από τις δυνάμεις εξάτμισης, με αποτέλεσμα το επιφανειακό νερό που προέρχεται από τον Ατλαντικό να αποκτά μεγαλύτερη αλατότητα και πυκνότητα. Διεργασίες θέρμανσης λαμβάνουν χώρα το καλοκαίρι και ψύξης το χειμώνα.

Στην Λεβαντινή λεκάνη, κυρίως τον Μάρτιο, το Λεβαντινό Ενδιάμεσο Νερό (LIW) δημιουργείται κυρίως κατά την διάρκεια έντονων καταιγίδων. Η υδάτινη μάζα που έχει δημιουργηθεί κυκλοφορεί και εξαπλώνεται μερικά εκατοντάδες μετρά κάτω από την επιφάνεια. Ένα μέρος από το LIW επανακυκλοφορεί μέσα στην λεκάνη και ένα μέρος της υδάτινης μάζας εξέρχεται κάτω από το AW μέσα από το στενό της Σικελίας. Το ποσοστό της επανακυκλοφορίας δεν το γνωρίζουμε καλά αλλά η μεταφορά προς τα στενά της Σικελίας είναι 1-1,5 Sv. ($10^6 \text{ m}^3/\text{s}$). Επιπλέον, το LIW είναι η κυρίαρχη υδάτινη μάζα που εξέρχεται από τα στενά του Gibraltar στον Ατλαντικό.

Η βαθειά δημιουργία υδάτινης μάζας λαμβάνει χώρα στην Αδριατική Θάλασσα η οποία παράγει το Βαθύ Πυθμενικό Νερό της Ανατολικής Μεσογείου (EMDW). Ωστόσο, έχουμε την δημιουργία του Βαθιού Νερού του Αιγαίου (AGDW) που βυθίζεται κάπου στο ενδιάμεσο της υδάτινης στήλης. Η περιοχή όπου έχουμε την δημιουργία EMDW το χειμώνα είναι Νότια της Αδριατικής και σε αρκετά μετρά βάθος, συγκεκριμένα σε περιοχές όπου έχουμε πολύ ψυχρές και με υψηλή υγρασία καταιγίδες που προφανώς είναι η κύρια αιτία για την βαθειά μεταφορά που πραγματοποιείται μέσα στην υδάτινη στήλη. Τις λεπτομέρειες από την διεργασία δημιουργίας της υδάτινης μάζας δεν τις γνωρίζουμε πολύ καλά αλλά περιλαμβάνει επιφανειακό νερό που αναμιγνύεται με LIW το οποίο εισέρχεται από την Ανατολική Μεσόγειο. Το EMDW που έχει δημιουργηθεί εξέρχεται υστέρα από την Αδριατική Θάλασσα μέσω των στενών του Otranto, υφίσταται βύθιση και κινείται κατά μήκος των δυτικών ορίων της λεκάνης του Ιονίου. Μια μοναδική κατακόρυφη θερμοαλατική κυκλοφορία συμβαίνει σε ολόκληρη την Ανατολική Μεσόγειο, παρόλο που ο διαχωρισμός και ο τρόπος κατά τον οποίο κινείται μεταξύ της λεκάνης του Ιονίου και της Λεβαντινής δεν είναι γνωστός. Επιπλέον, δεν γνωρίζουμε την τοποθεσία και το ποσοστό ανάμιξης που προκύπτει από το LIW και το EMDW. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει επίσης καμία παρατήρηση βασισμένη σε ποσοτική



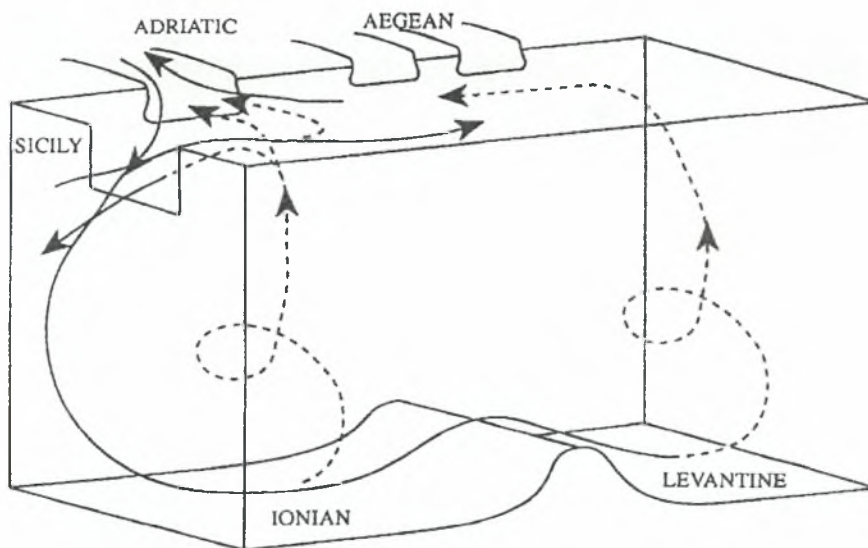
Εικόνα 2.2.1: Διεργασίες δημιουργίας υδατίνων μαζών, κατανομή τους και μεταφορά τους στην Ανατολική Μεσόγειο, (Robinson *et al.* 1992)

εκτίμηση της ποσότητας του EMDW που αναμιγνύεται και υπάρχει στην ροή του LIW που εκρέει μέσω των στενών της Σικελίας.

Οι θερμοαλατικές κυκλοφορίες που περιλαμβάνονται στην (Εικόνα 2.2.1) έχουν ξανασχεδιαστεί στην (Εικόνα 2.2.2) Για λόγους απλότητας, η σχηματική ανάμιξη του EMDW και του LIW έχει παραληφθεί. Υπάρχει μια εσωτερική μονή κυκλοφορία που καλύπτει τόσο την λεκάνη του Ιονίου όσο και τη Λεβαντινή λεκάνη και μια εξωτερική κυκλοφορία. Η εξωτερική κυκλοφορία περιλαμβάνει τις

ανταλλαγές των υδάτινων μαζών μέσω των στενών της Σικελίας. Ωστόσο, οι διαδρομές του EMDW και ο τρόπος επανακυκλοφορίας του στην Δυτική Μεσόγειο και στον Ατλαντικό Ωκεανό δεν είναι ακόμα γνωστά.

Υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον σχετικά με την εσωτερική κυκλοφορία που είναι μια κλειστή θερμοαλατική κυκλοφορία στην οποία η δημιουργία του βαθιού νερού περιλαμβάνει μια διαδικασία προετοιμασίας με αύξηση της πυκνότητας λόγω της αύξησης της αλατότητας. Συνεπώς, η κυκλοφορία της Μεσογείου είναι σε κάποιο βαθμό ανάλογη με τον θερμοαλατικό μάντα του οποίου τα βαθιά νερά δημιουργούνται στον Βόρειο Ατλαντικό. Μια λεπτομερής κατανόηση της κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου πρέπει να επιτευχθεί στο σύντομο μέλλον που αναμένεται να συνεισφέρει στη κατανόηση παρόμοιων παγκόσμιων διεργασιών.



Εικόνα 2.2.2 Σχηματική αναπαράσταση της θερμοαλατικής κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου.

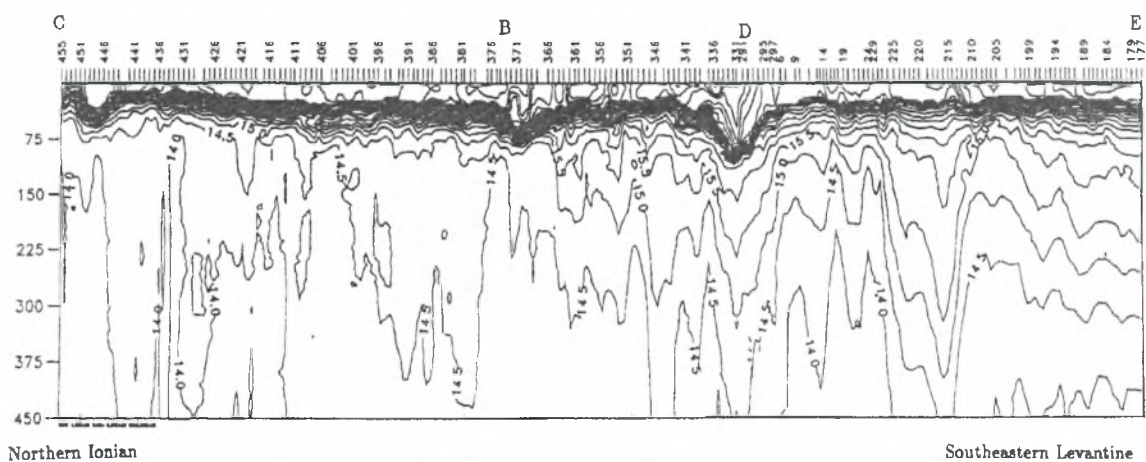
2.3 Διαχωρισμός της κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου με βάση την χρονική και χωρική κατανομή της.

Είναι τώρα γνωστό ότι η γενική κυκλοφορία και η διακύμανση της αποτελούνται από τρεις κυρίαρχες χωρικές κλίμακες που πρέπει να γίνουν κατανοητές μαζί με τις μη γραμμικές αλληλεπιδράσεις τους. Η θερμοαλατική κυκλοφορία που λαμβάνει χώρα σε ολόκληρη την λεκάνη αποτελείται από μικρότερης κλίμακας γύρες και συνδέεται με ρευματοχειμάρρους που επικρατούν τοπικά στην περιοχή. Υπάρχει ποικιλία στο μέγεθος της αστάθειας που παρουσιάζουν τα μικρής κλίμακας φαινόμενα στην περιοχή μελέτης. Το πρόγραμμα POEM οδήγησε σε 5 εν μέρει συνοπτικά υδρογραφικά ταξίδια από το 1985 μέχρι το 1987 (Robison *et al.*, 1991).

2.4 Μέσης κλίμακας διακύμανση που παρουσιάζεται στην Ανατολική Μεσόγειο.

Η Λεβαντινή λεκάνη παρουσιάζεται να έχει μεγαλύτερη ενεργητικότητα από την Λεκάνη του Ιονίου όσον αφορά τα φαινόμενα μέσης κλίμακας που παρατηρούνται στην περιοχή.

Έτσι, στην Εικόνα (2.4.1) έχουμε μεγαλύτερη σταθερότητα της θερμοκρασία με το βάθος στην περιοχή του βόρειου Ιονίου (αριστερά) σε σχέση με την νότια περιοχή της Λεβαντινής λεκάνης (κέντρο και δεξιά). Η θερμοκρασία κυμαίνεται για το Ιόνιο μεταξύ 14-14,5 °C ανάμεσα σε βάθος από 75m μέχρι 450m.



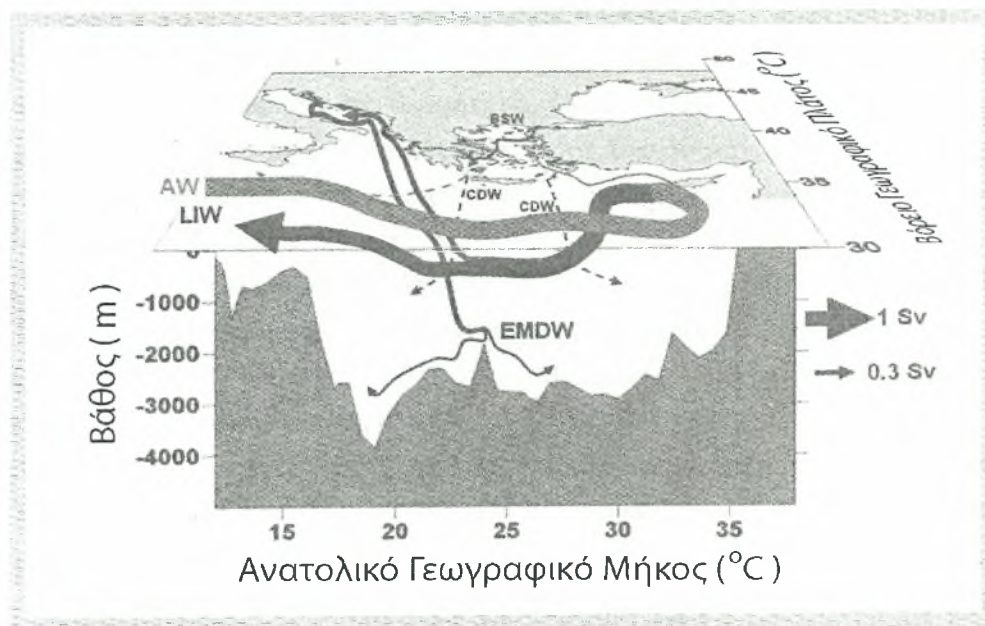
Εικόνα 2.4.1: Κατακόρυφη κατανομή της επιτόπιας θερμοκρασίας κατά μήκος της εγκάρσιας τομής CBDE.

2.5 Θερμοαλατική κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου.

Η κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογειακής Θάλασσας καθορίζεται από τις ανταλλαγές νερού και θερμοκρασίας με την ατμόσφαιρα διαμέσου του επιφανειακού στρώματος της θάλασσας. Οι δυνάμεις που προκαλούν τις ανταλλαγές στην οριακή επιφάνεια μεταξύ της θάλασσας και της ατμοσφαιράς ονομάζονται θερμοαλατικές και συνήθως γίνονται σε μεγάλη κλίμακα. Σαν ημίκλειστη λεκάνη που είναι η Ανατολική Μεσόγειος χαρακτηρίζεται σαν μια περιοχή όπου γίνονται διεργασίες παραγωγής νερού με αυξημένη πυκνότητα. Το συμπέρασμα προκύπτει από την ανάμιξη υδάτινων μαζών μεταξύ των πυκνών βαθιών νερών της Ανατολικής Μεσογείου με αυτών της Δυτικής μεσογείου. Έτσι, η Ανατολική Μεσόγειος δέχεται νερά με χαμηλή πυκνότητα (Hopkins, 1978) επιφανειακά και εκρέει ενδιάμεσα και βαθειά νερά με υψηλή πυκνότητα δια μέσου του στενού της Σικελίας και των Δαρδανελίων.

Μια απλοποιημένη απεικόνιση της θερμοαλατικής κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου παρουσιάζεται στην (Εικόνα 2.5.1). Υπολογισμοί της

υδατίνης μάζας που προέρχεται από τον Ατλαντικό (AW) και εισέρχεται στην Ανατολική Μεσόγειο μέσα από το στενό της Σικελίας έδειξαν ότι εισροή του κυμαίνεται από 20.000 σε 40.000 κυβικά χιλιόμετρα. Η αντίστοιχη εκροή των ενδιάμεσων νερών που προέρχονται από τη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, κυρίως το Λεβαντινό Ενδιάμεσο Νερό (LIW) υπολογίζεται να κυμαίνεται από 18.000 σε 38.000 κυβικά χιλιόμετρα. Η εισροή του AW διαμέσου του στενού της Σικελίας χαρακτηρίζεται από χαμηλή αλατότητα η οποία έχει τροποποιηθεί κατά την δυτική της ροή κατά μήκος της Αφρικανικής Ακτής, λόγω της ανάμιξης και της αλληλεπίδρασης που υφίσταται το επιφανειακό στρώμα με την ατμόσφαιρα. Το πάχος του στρώματος που καταλαμβάνει το AW κυμαίνεται μεταξύ 150-200 μέτρων. Το πάχος αυτού του επιφανειακού στρώματος μειώνεται καθώς ρέει προς τα ανατολικά. Από το ελάχιστο της αλατότητας μπορεί να αναγνωρισθεί το AW το οποίο κατά την διάρκεια του καλοκαιριού εντοπίζεται στα 50m, ενώ το χειμώνα κοντά στη επιφάνεια του επιφανειακού στρώματος. Η αλατοτητα του AW αυξάνεται από 36.8psu που είναι στο Gibraltar κατά προσέγγιση, σε 37,5psu στα στενά της Σικελίας και 38.6psu κοντά στο Κρητικό Πέρασμα. Επιπλέον, το βάθος του πυρήνα όπου συναντάμε το AW αυξάνεται από τα 20 στα 100 μετρά το καλοκαίρι και το φθινόπωρο κατά την μετάδοση προς Ανατολάς. Το AW συνεχίζει την Ανατολική του πορεία φτάνοντας στην Λεβαντινή λεκάνη με αλατοτητα 38,9psu. Την ίδια αλατότητα έχει και όταν εισέρχεται στο Αιγαίο Πέλαγος διαμέσου των στενών του Κρητικού Τόξου.



Εικόνα 2.5.1: Θερμοαλατική κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου (1987).

Η ανταλλαγή των υδατίνων μαζών μεταξύ Μαύρης θάλασσας και Ανατολικής Μεσογείου περιλαμβάνει την εισροή επιφανειακού νερού (1.250 km³/yr)

προερχόμενου από την Μαύρη Θάλασσα BSW και τη βαθειά εκροή των νερών του Αιγαίου Πελάγους ($950 \text{ km}^3/\text{yr}$) μέσα από τα στενά των Δαρδανελίων (Unluata *et al.*, 1990). Τα προερχόμενα νερά της Μαύρης Θάλασσας, όντας λιγότερα σε ποσότητα από αυτά του Ατλαντικού δημιουργούν μια ξεχωριστή υδάτινη μάζα, την BSW που εντοπίζεται από το ελάχιστο της αλατοτητας που παρατηρείται. Αυτή η υδάτινη μάζα είναι εντοπισμένη μονό στο Βόρειο και Δυτικό Αιγαίο Πέλαγος μέχρι και τα στενά των Κυθήρων. Η επιφανειακή αλατοτητα των νερών BSW είναι χαμηλή και η τιμή της μπορεί να φτάσει να κυμαίνεται από 29-30psu στην περιοχή των στενών των Δαρδανελίων στις συνθήκες του καλοκαιριού όπου επικρατεί έντονη στρωμάτωση.

Καθώς το BSW εξαπλώνεται στο Βορειο Αιγαίο η τιμή της αλατότητας του φτάνει 35-36psu . Το χειμώνα, υψηλές τιμές αλατοτητας υπάρχουν λόγω της αύξησης που υφίστανται από την ανάμιξη του επιφανειακού στρώματος με το Λεβαντινό Νερό. Η εκροή των υδάτινων μαζών προς την Μαύρη Θάλασσα μέσω των στενών Δαρδανελίων έχουν μια αλατοτητα της τάξης των 38psu.

Έτσι, τόσο στο στενό των Δαρδανελίων όσο και της Σικελίας, η Ανατολική Μεσόγειος εισάγει νερά με χαμηλή αλατοτητα και εκρέει νερά με αυξημένη αλατότητα., λειτουργεί δηλαδή σαν μια «μηχανή» οπού παράγει νερά με μεγάλη πυκνότητα. Αυτή η κυκλοφορία που δημιουργείται στα στενά εισάγει νερά με χαμηλή πυκνότητα που αυξάνεται η αλατοτητα τους και βυθίζονται βαθύτερα σε κάποιο σημείο της διαδρομής τους., δημιουργώντας τελικά πυκνά νερά που εκρέουν ως αντιρρεύματα διαμέσου των στενών. Ο μηχανισμός που μετατρέπει μια υδάτινη μάζα με χαμηλή πυκνότητα σε πιο πυκνή είναι η απώλεια θερμότητας που μπορεί να έχουν με την αλληλεπίδραση τους με την ατμόσφαιρα ή να αυξηθεί η αλατοτητα τους λόγω εξάτμισης. Έτσι, η ροή του νερού και η ανταλλαγή μέσα από τα στενά που υφίσταται επιταχύνεται όταν η απώλεια της θερμότητας αυξάνεται με αποτέλεσμα περισσότερο νερό να παράγεται. Αυτή η διαδικασία παραγωγής πυκνού νερού στην περιοχή είναι ο μηχανισμός της θερμοαλατικής κυκλοφορίας σε μια ημίκλειστη περιοχή. Οι περιοχές όπου έχουμε την δημιουργία πυθμενικών νερών είναι το Αιγαίο Πέλαγος και η Αδριατική Θάλασσα. Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι και οι δυο περιοχές έχουν την δυνατότητα να τροφοδοτούν με βαθύ πυθμενικό νερό το Ιόνιο και Λεβαντινό Πέλαγος. Αυτές οι υδάτινες μάζες περιλαμβάνουν και το Βαθύ Μεσογειακό Ανατολικό Νερό που δημιουργείται στο Ιόνιο Πέλαγος από την ανάμιξη των ενδιάμεσων νερών με το ψυχρό βαθύ νερό της Αδριατικής που εκρέει μέσα από τα στενά του Οτράντο. Ένα χαρακτηριστικό αξιοσημείωτο για το EMDW είναι ότι διατηρεί τα θερμοαλατικά του χαρακτηριστικά σχεδόν αμετάβλητα για μεγάλες χρονικές περιόδους. Επιπλέον, το Αιγαίο Πέλαγος συνέβαλε τουλάχιστον για μια φορά τον τελευταίο αιώνα στην βαθειά κυκλοφορία αλλάζοντας τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά των υδατινών μαζών.

Πιθανόν σημαντικό ρόλο για την δημιουργία της θερμοαλατικής κυκλοφορίας και της δομής που έχει η υδάτινη στήλη στην Ανατολική Μεσόγειο είναι οι περιοχές οπού έχουμε δημιουργία ενδιάμεσων νερών. Ένα μεγάλο ποσοστό των επιφανειακών

νερών που εισέρχονται στο Ιόνιο Πέλαγος από τα στενά της Σικελίας δεν φτάνουν ποτέ στις περιοχές όπου έχουμε δημιουργία πυκνών νερών στην Μεσόγειο. Κατά τη διάρκεια της Ανατολικής τους εξάπλωσης μεγάλες ποσότητες ύδατος εξατμίζονται με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αλατότητα. Συνέπεια αυτού είναι, ότι κατά την διέλευση τους από τα στενά της Σικελίας η αλατότητα να κυμαίνεται στα 38,5psu, φτάνοντας όμως στην Νότια-Νοτιοδυτική περιοχή της Μικράς Ασίας η αλατότητα φτάνει να αποκτά τιμές που κυμαίνονται στα 39,1psu. Σε αυτήν την περιοχή, μεγάλη απώλεια θερμότητας και εξάτμιση πραγματοποιείται, όπου σε συνδυασμό με μια κυκλωνική κυκλοφορία δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες για την δημιουργία μιας υδάτινης μάζας με αυξημένη αλατότητα και υψηλές τιμές θερμοκρασίας που βυθίζεται στα ενδιάμεσα βάθη. Η υδάτινη αυτή μάζα ονομάζεται LIW και θεωρείται ένα από τα κυρίαρχα στοιχεία στην μεγάλης κλίμακας κυκλοφορία που λαμβάνει χώρα στη Μεσόγειο επειδή κατανέμεται σε ολόκληρη την περιοχή. Δημιουργείται κυρίως στην Βόρεια Λεβαντινή λεκάνη και ειδικότερα Νοτιοανατολικά της νήσου της Ρόδου τον Φεβρουάριο και τον Μάρτιο κάτω από την επίδραση ξηρών και κρύων ηπειρωτικών αερίων μαζών. Η κυκλωνική Γύρα της Ρόδου παίζει σημαντικό ρόλο στη εξάπλωση και στη δημιουργία του LIW. Το LIW είναι κυρίως ένα λεπτό στρώμα που βρίσκεται κάτω από το επιφανειακό στρώμα της υδάτινης στήλης.

Το βάθος του πυρήνα του κυμαίνεται στα 50 m κάτω από τους κυκλώνες και φτάνει τα 600 m κάτω από τους αντικυκλώνες. Βρίσκεται πάνω από το EMDW που είναι αρκετά πιο ψυχρό και έχει μικρότερη αλατότητα από το LIW.

2.6 Οι κυριότερες υδάτινες μάζες της Ανατολικής Μεσογείου.

Οι κυριότερες υδάτινες μάζες της Ανατολικής Μεσογείου είναι το Τροποποιημένο Ατλαντικό Νερό (MAW) που εξαπλώνεται δυτικά διαμέσου των στενών της Σικελίας στο επιφανειακό στρώμα. Πολλές φορές μπορεί να αναγνωριστεί από το υποεπιφανειακό ελάχιστης αλατότητας που είναι μεταξύ 30 και 200 m. Το MAW είναι υπερκείμενο του Λεβαντινού Ενδιάμεσου Νερού LIW που εισέρχεται στο Ιόνιο Πέλαγος διαμέσου του Κρητικού Περάσματος που εξαπλώνεται από την περιοχή όπου δημιουργείται στα Βορειοανατολικά της Λεβαντινής Θάλασσας.

Το LIW αναγνωρίζεται από το μέγιστο της αλατότητας που παρουσιάζεται μεταξύ των 200 και 600 m. Το βαθύ στρώμα κάτω από τα 1600 m καλύπτεται από το ψυχρό και λιγότερο αλμυρό νερό, το EMDW. Το στρώμα της υδάτινης στήλης μεταξύ των 700 και 1600 μέτρων καταλαμβάνεται από μια μεταβατική υδάτινη μάζα όπου έχει ενδιάμεσες ιδιότητες από το LIW και το EMDW. Εκτός από αυτές τις υδάτινες μάζες μπορούμε να προσθέσουμε ακόμα μία υδάτινη μάζα, το Ιόνιο Επιφανειακό Νερό (ISW), το οποίο διαφοροποιείται το καλοκαίρι από το MAW στο επιφανειακό στρώμα όπου γίνεται πιο αλμυρό και θερμό.

Ο πυρήνας του EMDW είναι πολύ καλά διαμορφωμένος με συνέπεια να επηρεάζεται ελάχιστα από τις διεργασίες μετασχηματισμού που συμβαίνουν. Από την

άλλη μεριά, το MAW και το LIW υφίστανται ουσιαστικές τροποποιήσεις κατά μήκος της πορείας που ακολουθούν, εξαρτωμένη πάντα από την απόσταση που έχουν από την πηγή ή από την περιοχή τροποποίησης τους. Στο Πίνακα 1 συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά που έχουν οι πυρήνες των υδάτινων μαζών του MAW και του LIW στις υπολεκάνες της Ανατολικής Μεσογείου όπως απορρέει από τις πιο σύντομες αναφορές που έχουν γίνει στην περιοχή (Manzella *et al.*, 1988; Demail *et al.*, 1990; Mosetti *et al.*, 1993; Ozsoy *et al.*, 1993; Theocharis *et al.*, 1993) καθώς επίσης και οι ιδιότητες του LIW στην περιοχή δημιουργίας του (Ozsoy *et al.*, 1993).

Table 1. Winter values

	Temperature in °C; salinity; σ_θ in kg/m ³			
	Sicily Straits	Ionian Sea	Cretan Passage	Levantine Basin
MAW	$\theta = 15^\circ$	$15^\circ \leq \theta < 17^\circ$	$15^\circ < \theta < 17^\circ$	
	$S \leq 37.5$	$S < 38.6$	$38.6 < S < 38.8$	$S < 38.9$
	$\sigma_\theta \leq 27.8$	$27.4 < \sigma_\theta < 28.6$	$28.5 < \sigma_\theta < 28.8$	
LIW	$\theta = 14.3^\circ$	$14^\circ \leq \theta \leq 15^\circ$	$\theta = 14.5^\circ$	$15^\circ \leq \theta \leq 16^\circ$
	$S \approx 38.78$	$S \geq 38.8$	$S \approx 38.9$	$39.0 \leq S \leq 39.2$
	$\sigma_\theta = 29.1$	$29.0 < \sigma_\theta \leq 29.1$	$\sigma_\theta = 29.1$	$28.9 \leq \sigma_\theta \leq 29.0$

Πίνακας 2. Τιμές αλατότητας και θερμοκρασίας του πυρήνα των υδατινών μαζών AW και LIW σε ορισμένες περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου τη χειμερινή περίοδο, (Malanotte- Rizzoli *et al.*, 1997).

Ο (Πίνακας 2) αναφέρεται στον χειμώνα. Το καλοκαίρι η θερμοκρασιακή μεταβολή που παρατηρείται προκαλείται από την επιφάνεια θέρμανση των υδάτων που εντοπίζεται ως σημεία σε ένα διάγραμμα T/S για το MAW. Στα στενά της Σικελίας για παράδειγμα, η καλοκαιρινή θέρμανση ελαττώνει την πυκνότητα του MAW σε <27.0 (Moretti *et al.*, 1993). Από την άλλη μεριά η τιμή της αλατοτητας του πυρήνα του MAW είναι σχετικά σταθερή κατά την διάρκεια των χρόνων.

Ενώ το MAW γίνεται προοδευτικά αλμυρότερο κατά την διαδρομή του από τα στενά της Σικελίας προς την Λεβαντινή Θάλασσα, το LIW γίνεται ψυχρότερο κατά τη Δυτική του διάδοση. Οι τιμές που αποκτάει το LIW κατά το πέρασμα του από το Κρητικό Πέρασμα είναι στο σημείο που εισέρχεται στο Αιγαίο Πέλαγος (Theocharis *et al.*, 1993). Στο Ιόνιο Πέλαγος το LIW είναι πυκνότερο λόγω της μείωσης της θερμοκρασίας που εξισορροπείται από την ταυτόχρονη μείωση της αλατότητας. Στην Λεβαντινή λεκάνη κοντά στην τιμή της επιφανειακής αλατοτητας με την οποία αναγνωρίζουμε το MAW ($S < 38,9$ psu) είναι και η τιμή της αλατοτητας $S \sim 39,0$ psu

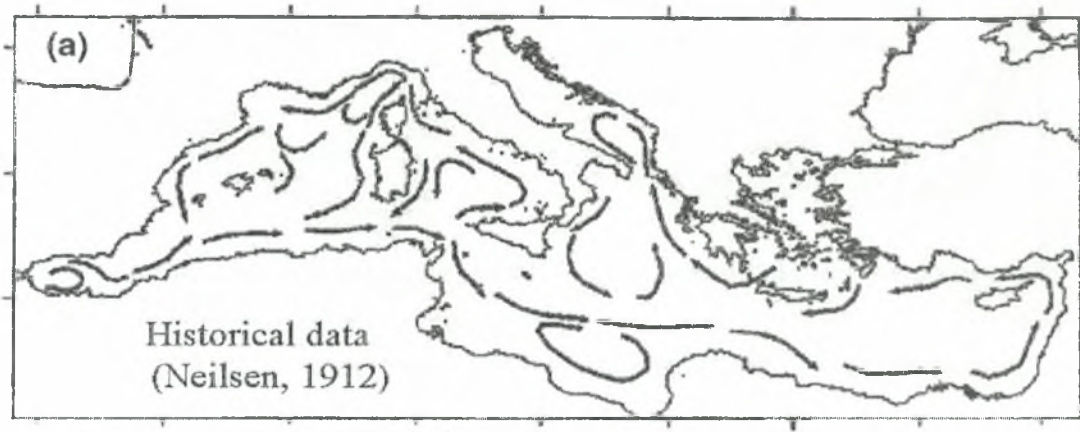
για να αναγνωρίσουμε στο ενδιάμεσο στρώμα το LIW. Ωστόσο, είναι δύσκολο να προσδιορίσουμε τα όρια των θερμοαλατικών τιμών για κάθε υδάτινη μάζα. Ακόμα, στο Ιόνιο Πέλαγος όπου η τιμή της αλατοτητας είναι ($S \geq 38,8$ psu), την χρησιμοποιούμε για να εντοπίσουμε το LIW.

Οι τιμές των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών του πυρήνα του πυθμενικού EMDW παραμένουν σχεδόν αμετάβλητες σε ολόκληρη λεκάνη: $T < 13,4^{\circ}\text{C}$; $S = 38,6-38,7$ psu; $\sigma_{\theta} > 29,17$ kg/m^3 (Schlitzer *et al.*, 1991). Ακόμα, οι τιμές του πυρήνα του ADW περιορίζονται κοντά στα στενά του Otranto σε: $T < 13,3^{\circ}\text{C}$; $S < 38,7$; $\sigma_{\theta} > 29,18$ kg/m^3 παρά το γεγονός ότι το ADW παρατηρήθηκε να έχει τιμή $\sigma_{\theta} > 29,20$ kg/m^3 το χειμώνα του 1994-1995 (Gaclo *et al.*, 1996).

ΕΝΟΤΗΤΑ 3

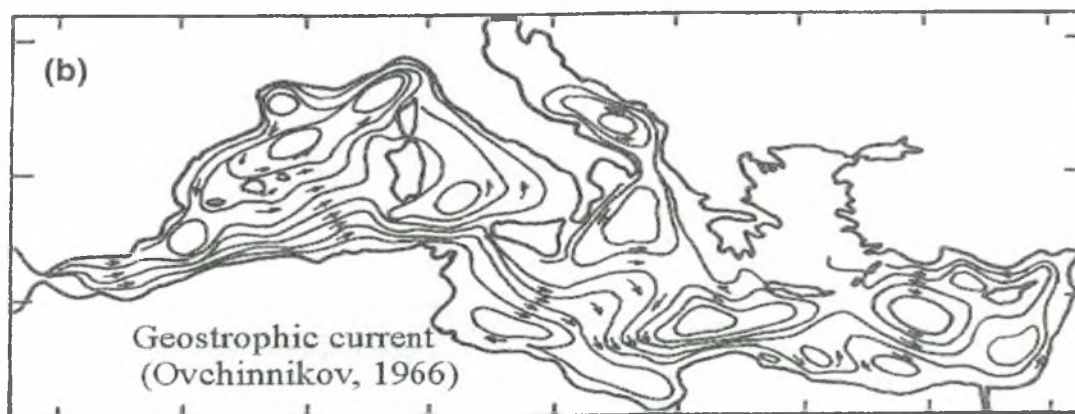
3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.

Όπως γνωρίζουμε, για αρκετά χρόνια έχει γίνει αντικείμενο μελέτης η Ανατολική Μεσόγειος. Ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα έχει αρχίσει να μελετάται η κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου. Ο πρώτος που μελέτησε την κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου ήταν ο (Nielsen., 1912), ωστόσο περιέγραψε την κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου σαν μια ευρύτατη κυκλωνική γύρα που είναι ισχυρότερη στα παράλια (Εικόνα 3.1). Η υπόθεση αυτή στηρίχτηκε στην επίδραση της Κοριόλειας δύναμης στην περιοχή.

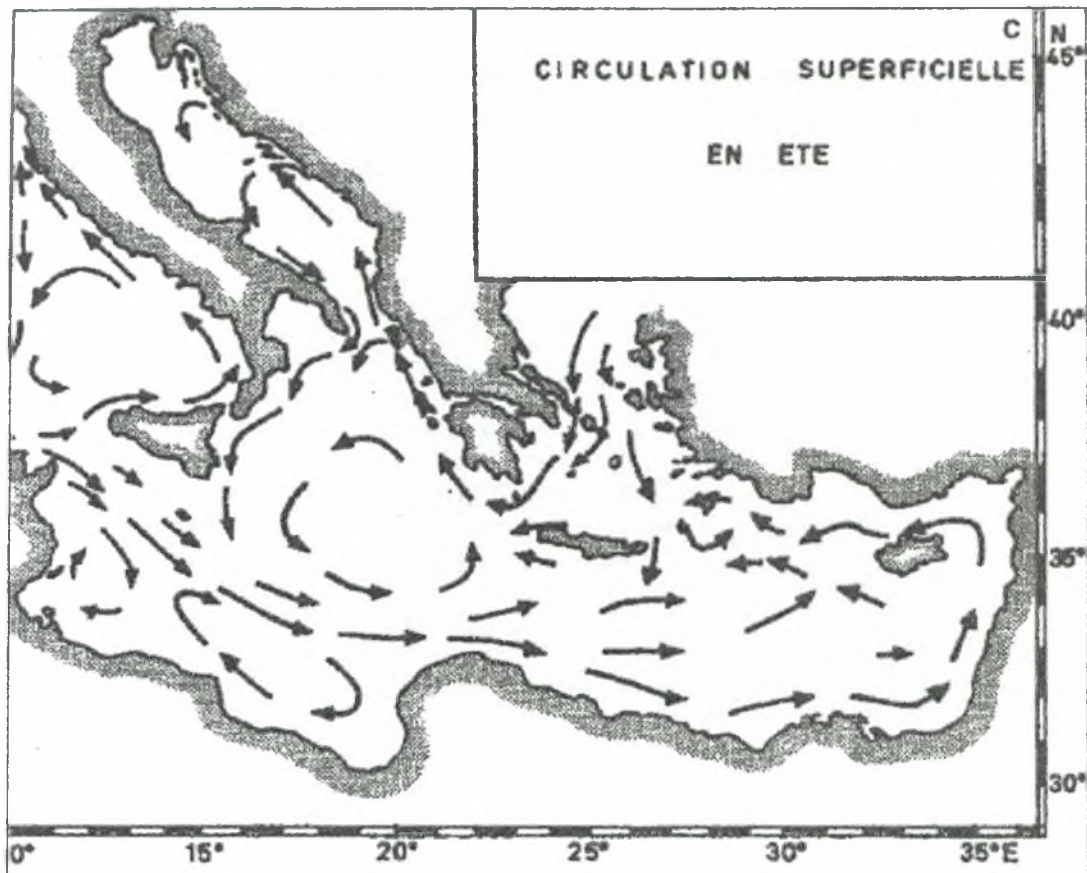


Εικόνα 3.1: Σχηματική αναπαράσταση της επιφανειακής κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου κατά Nielsen (1912).

Η ανάγκη για περισσότερες πληροφορίες για την περιοχή οδήγησε σε μια σειρά από μελέτες τη δεκαετία 1960-1970. Αυτές οι μελέτες έδειξαν την παρουσία κυκλώνων και αντικυκλώνων μέσης κλίμακας που λαμβάνουν μέρος στην κυκλοφορία της περιοχής. Το 1966 ο Ovchinnikov απεικόνισε την επιφανειακή κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου με βάση τα επιφανειακά γεωστροφικά ρεύματα (Εικόνα 3.2).

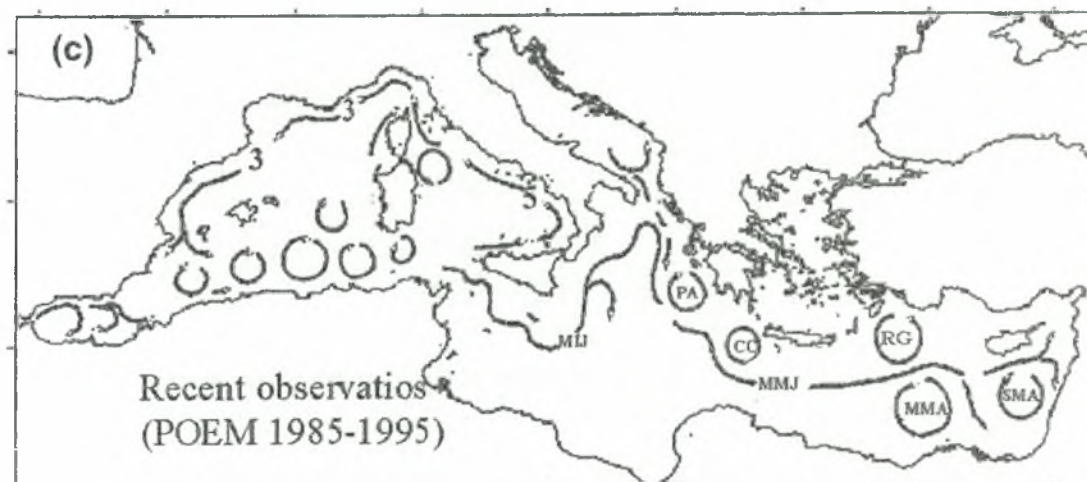


Εικόνα 3.2 :Σχηματική αναπαράσταση της επιφανειακής κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου κατά Ovchinnikov (1966).



Εικόνα 3.3: Η θερινή επιφανειακή κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου κατά Lacombe & Tchernia (1972).

Το 1972, οι Lacombe & Tchernia μελέτησαν τις υδάτινες μάζες χρησιμοποιώντας υδρογραφικά δεδομένα της περιοχής (Εικόνα 3.3). Παρόλα αυτά, πάρα πολλά προβλήματα υπήρχαν στο να μελετήσουμε την Ανατολική Μεσόγειο. Όλα αυτά συγκεντρώθηκαν σε μια αναφορά που έγινε για την περιοχή το 1988 από την Malanotte-Rizzoli & Hecht. Έτσι, η ανάγκη για την επίλυση των προβλημάτων και για περισσότερο ακριβή συμπεράσματα δημιουργήθηκε. Έτσι, έχουμε την δημιουργία του προγράμματος POEM στην προσπάθεια να καθορίσουμε την κυκλοφορία και την υδρογραφία της Ανατολικής Μεσογείου (Εικόνα 3.4).



Εικόνα 3.4: Η κυκλοφορία της Μεσογείου όπως προέκυψε από την ανάλυση των δεδομένων κατά την διεξαγωγή του προγράμματος (POEM 1985-1995)

Το πρόγραμμα ΡΟΕΜ εκτέλεσε έξι περίπου ισοδύναμες έρευνες με συνολικά 1674 σταθμούς δειγματοληψίας (Πίνακας 3) από τον Οκτώβριο του 1985 μέχρι τον Νοέμβριο του 1991. Από αυτούς τους πλόες μονό οι δυο κάλυψαν εξ' ολοκλήρου την Ανατολική Μεσόγειο, ενώ οι άλλοι τέσσερις είχαν μικρή κάλυψη.

<u>Όνομα</u>	<u>Ημερομηνίες</u>	<u>Αριθμός των Σταθμών</u>
ΡΟΕΜ-01	15OCT85-12NOV85	156
ΡΟΕΜ-02	19MAR86-26APR86	298
ΡΟΕΜ-04	20FEB87-04MAY87	222
ΡΟΕΜ-05	18AUG87-20OCT87	462
ΡΟΕΜ-06	13JUL88-22AUG88	121
ΡΟΕΜ-BC	02OCT91-10NOV91	415

Πίνακας 3:(Πηγή Artur Hecht, Isaac Gerrtman 2000)

Ωστόσο, σχεδόν παράλληλα με το πρόγραμμα ΡΟΕΜ έδειξαν ενδιαφέρον και κάποιοι Ρώσοι ωκεανογράφοι με αποτέλεσμα κατά την περίοδο 1987 μέχρι το 1990 να δημιουργηθεί το πρόγραμμα GOIN και να εκτελεστούν εννιά πλόες (Πίνακας 4) όπου συγκεντρώθηκαν δεδομένα από 1778 σταθμούς.

Το πρόγραμμα GOIN συνέβαλε στο να κατανοήσουμε τον σχηματισμό του ενδιαμέσου και του βαθιού νερού στην Ανατολική Μεσόγειο. Παρόλα αυτά, και τα

<u>Όνομα</u>	<u>Ημερομηνίες</u>	<u>Αριθμός των Σταθμών</u>
GAK28	07MAR87-19APR87	191
GAK29	09SEP87-19OCT87	197
GAK31	22FEB88-25APR88	420
GAK33	26FEB89-03APR89	100
PAR02	21SEP89-16OCT89	188
GAK36	24JAN90-02APR90	275
PAR04	02APR90-07APR90	30
GAK38	24AUG90-07OCT90	264
PAR06	08OCT90-27OCT90	113

Πίνακας 4:(Πηγή Artur Hecht, Isaac Gerrtman 2000).

δύο προγράμματα που πραγματοποιηθήκαν στην περιοχή έθεσαν νέες βάσεις για πολλά ερωτήματα που θα επιλυθούν μονό με μακροχρόνια συλλογή δεδομένων από την περιοχή. Γιατί χάρη σε μια μεγάλη βάση δεδομένων θα είμαστε έτοιμοι να αντιληφθούμε την υδρογραφία και την κυκλοφορία της περιοχής αλλά και τις κλιματικές αλλαγές συμβαίνουν.

Έτσι, μια νέα περιγραφή των φαινομένων της Ανατολικής Μεσογείου παρουσιάζεται βασισμένη σε μία περιεκτική συγκεντρωμένη υδρογραφική βάση δεδομένων που συλλέχθηκε κατά τη διάρκεια του 1985-1987 και αναλύθηκε από διάφορους επιστήμονες που συνεργαστήκαν από διάφορα έθνη (πρόγραμμα ΡΟΕΜ). Σχετικά δυναμικές διαδικασίες και μελέτες μοντέλων ωστόσο περιλαμβάνονται.

Μεγάλη σημασία έδωσαν στην κυκλοφορία και στην διακύμανση που υπάρχει στις τρεις κλίμακες που αλληλεπιδρούν τα διαφορά φαινόμενα (κλίμακα λεκάνης, κλίμακα υπολεκάνης και μέσης κλίμακας φαινόμενα).

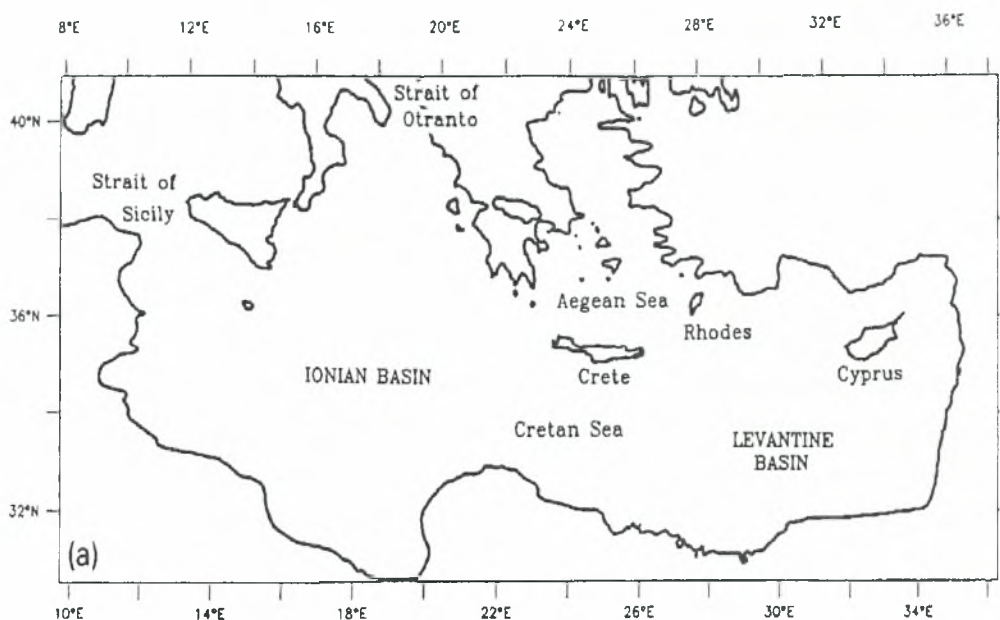
Ιδιαίτερα προσεγμένοι και αντικειμενικοί χάρτες της ευρείας κυκλοφορίας του θερμοκλιτικού στρώματος παρουσιάζονται που δείχνουν μια νέα απεικόνιση της γενικής κυκλοφορίας του θερμοκλιτικού στρώματος που περιλαμβάνουν συνδυασμούς από γύρες της κλίμακας των υπολεκάνων που αλληλοσυνδέονται με ρευματοχειμάρρους και ρεύματα. Ημιμόνιμα χαρακτηριστικά εμφανίζονται αλλά υπάρχουν σημαντικές διακυμάνσεις που συμβαίνουν στις υπολεκάνες.

Ακόμα, οι μέσης κλίμακας διακυμάνσεις διαμορφώνουν τις δίνες που βρίσκονται στις υπολεκάνες και μικρής κλίμακας δίνες δημιουργούνται στην ανοικτή θάλασσα, ειδικά στα νοτιοανατολικά της Λεβαντινής λεκάνης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το LIW εμφανίζεται σε όλη την Λεβαντινή λεκάνη, επιπλέον η δημιουργία του LIW δεν είναι τοπική αλλά πανταχού. Ακόμα, στο Ιόνιο και στην Λεβαντινή λεκάνη διαπιστώθηκε η δημιουργία της βαθιάς θερμοαλατικής κυκλοφορίας με βαθύ νερό προερχόμενο από την Αδριατική που έχει ρυθμό ανανέωσης 125 χρόνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΡΟΕΜ (1985-1988)

2.1.1 Εισαγωγή

Οι δυο κύριες λεκάνες που παίζουν καθοριστικό ρόλο τόσο στη κυκλοφορία όσο και στην υδρογραφία της Ανατολικής Μεσογείου είναι η λεκάνη του Ιονίου και η Λεβαντινή λεκάνη (Εικόνα 2.1.1.1).



Εικόνα 2.1.1.1: Η γεωγραφική θέση της Ανατολικής Μεσογείου, (A.R. Robinson *et al.*, 1991).

Στην Ανατολική Μεσόγειο έχουμε έναν συνδυασμό εκροής και εισροής υδάτων, επιφανειακές ροές, δημιουργία και τροποποίηση υδάτινων μαζών που αλληλεπιδρούν βέβαια με την ατμόσφαιρα. Είμαστε ικανοί ύστερα από την ανάλυση των δεδομένων του προγράμματος ΡΟΕΜ να έχουμε κατανοήσει σε ένα μεγάλο βαθμό την κυκλοφορία και την υδρογραφία της περιοχής. Έτσι, από τη γενική κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου είμαστε σε θέση να έχουμε την δύναμη να γνωρίζουμε έναν αριθμό από δίνες και γύρες καθώς και από ρευματοχειμάρους και ρεύματα που επικρατούν στην περιοχή. Οι πιο ασταθές διακυμάνσεις που παρουσιάζονται είναι:

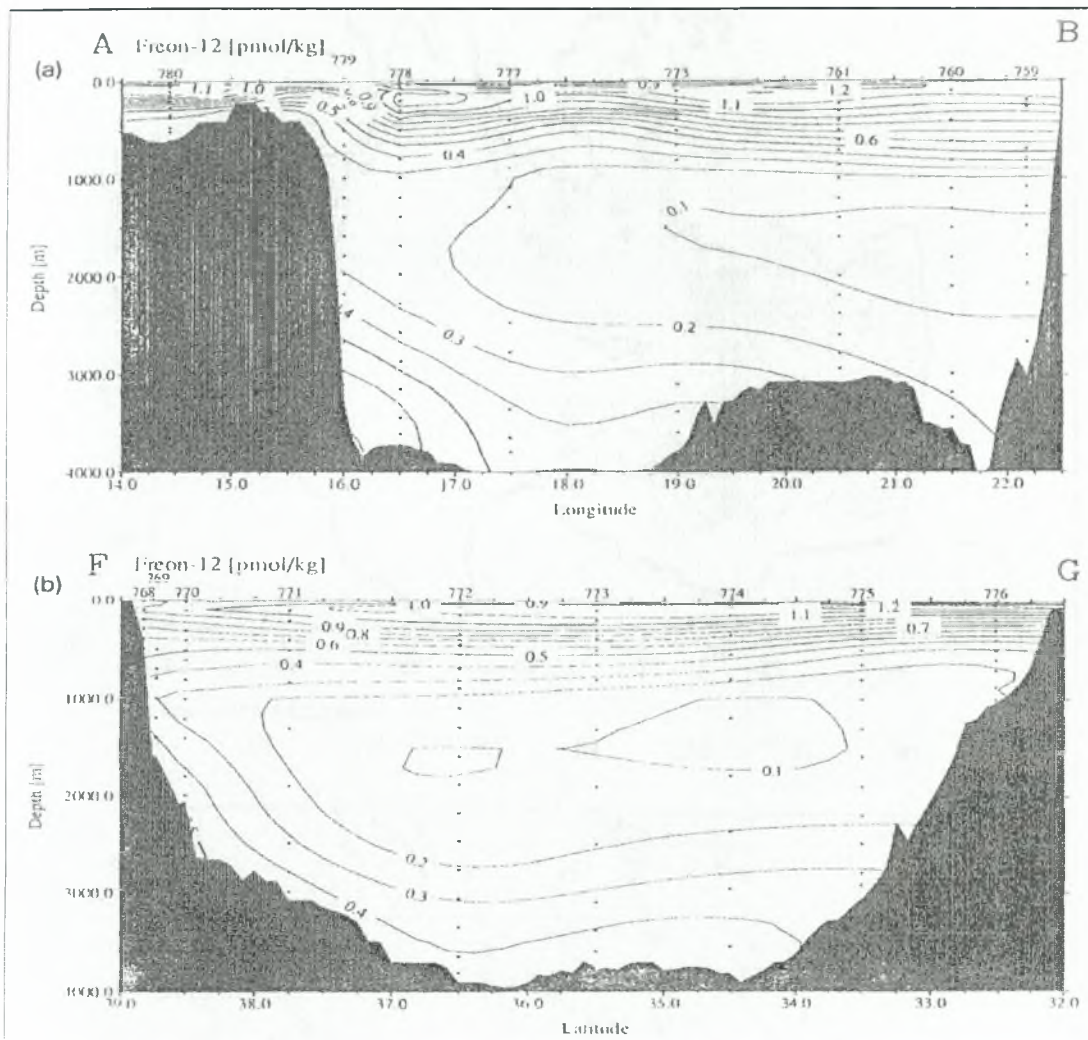
- 1) Στην κατάσταση, θέση και μονιμότητα της εκάστοτε γύρας.
- 2) Στους μαιανδρικούς σχηματισμούς που δημιουργούνται, στη δομή και στη δύναμη που έχουν για να διατηρήσουν το μόνιμο χαρακτήρα τους.
- 3) Στο να λαμβάνουν υπόψη τους την μεταφορά των υδάτινων μαζών καθώς και την απεριοδικότητα των δινών και των ρευμάτων.

Ωστόσο, κατά την πραγματοποίηση της πρώτης φάσης του προγράμματος POEM, οι πλόες που έγιναν δεν κάλυψαν ολόκληρη την Λεβαντινή λεκάνη. Οι πλόες που πραγματοποιήθηκαν από το πρόγραμμα POEM είναι: POEM-I 1985, POEM-II 1986, POEM-IV 1987 και POEM-IV 1987. Επίσης, άλλοι πλόες που έγιναν, κυρίως από το ωκεανογραφικό σκάφος έρευνας Bilim στην Βόρεια Λεβαντινή λεκάνη, παρόλο που ήταν λιγότερο εκτενείς παρήγαγαν πολύτιμες πληροφορίες ώστε να γεφυρωθούν οι χρονικές περίοδοι μεταξύ τους και να εξάγουν πολύτιμα συμπεράσματα. Οι κινήσεις των υδάτινων μαζών που πραγματοποιούνται στην Λεβαντινή λεκάνη χαρακτηρίζονται από ευρύ φάσμα χωρικής και χρονικής κλίμακας, αυτές όμως που παίζουν κυρίαρχο ρόλο στην κυκλοφορία της περιοχής είναι η μέσης κλίμακας και μικρής κλίμακας κυκλοφορία.

2.1.2 Η βαθιά θερμοαλατική κυκλοφορία

Για την μελέτη της βαθιάς θερμοαλατικής κυκλοφορίας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ιχνηθέτησης της υδάτινης στήλης χρησιμοποιώντας την μέθοδο CFM σε 62 σταθμούς σε ολόκληρη την Μεσόγειο (Schlitzer *et al.*, 1991). Παρατήρησαν ότι το νερό που δημιουργείται στην Αδριατική είναι αποτέλεσμα ανάμιξης του επιφανειακού AW και του ενδιάμεσου LIW (Εικόνα 2.1.2.1). Κατά συνέπεια, η Ιόνια Θάλασσα είναι η λεκάνη μετάβασης για τη διάδοση της βαθιάς θερμοαλατικής κυκλοφορίας από την πηγή Νότια της Αδριατικής στο Λεβαντίνο Πέλαγος. Έτσι, τα αποτελέσματά τους δείχνουν σαφώς ότι η θερμοαλατική κυκλοφορία αποτελείται από μια ενιαία κάθετη κυκλοφορία που περιλαμβάνει ολόκληρη την Ανατολική Μεσόγειο και ρέει με συνοχή τόσο στην λεκάνη του Ιονίου όσο και στην Λεβαντινή λεκάνη. Η έξοδος του ADW από τα στενά Otranto οφείλεται λόγω της περιορισμένης συντήρησης της δυναμικής στροβιλότητας όπως κατανέμεται στο πύθμενικά στρώμα του Ιονίου, που υστέρη κατά την Ανατολική του εξάπλωση στην Μεσόγειο μετασχηματίζεται σε EMDW (Roether *et al.*, 1994).

Ο χρόνος επανακυκλοφορίας για τα μεγάλα θαλάσσια βάθη είναι 126 έτη. Το ποσοστό βαθιάς παροχής νερού είναι $0,29 \pm 0,09$ Sverdrups ($10^6 \text{ m}^3/\text{s}$). Αυτό είναι το ένα τρίτο του ποσοστού εισροής ή εκροής όλων των υδάτων μέσω του στενού της Σικελίας. Υπάρχουν κάποια ποιοτικά στοιχεία που παρατηρήθηκαν από την μέθοδο CFM (Roether & Schlitzer, 1991), ότι ένα ποσοστό από EWDW δεν εξέρχεται από τα στενά της Σικελίας. Οι μόνες ποσοτικές πληροφορίες προέρχονται από ένα αριθμητικό μοντέλο για τη γενική κυκλοφορία για την Ανατολική Μεσόγειο όπου έχουμε θερμοδυναμικές διεργασίες (Malanotte-Rizzoli & Bergamasco, 1991). Ωστόσο, η στρωματοποίηση υπάρχει και η βαθιά εκ μεταφοράς διαδικασία δεν μοντελοποιείται. Στο μοντέλο το ένα τρίτο περίπου του νερού που εκρέει δια μέσου των στενών της Σικελίας είναι βαθύ νερό που αναδύεται Νότια στην λεκάνη του Ιονίου.

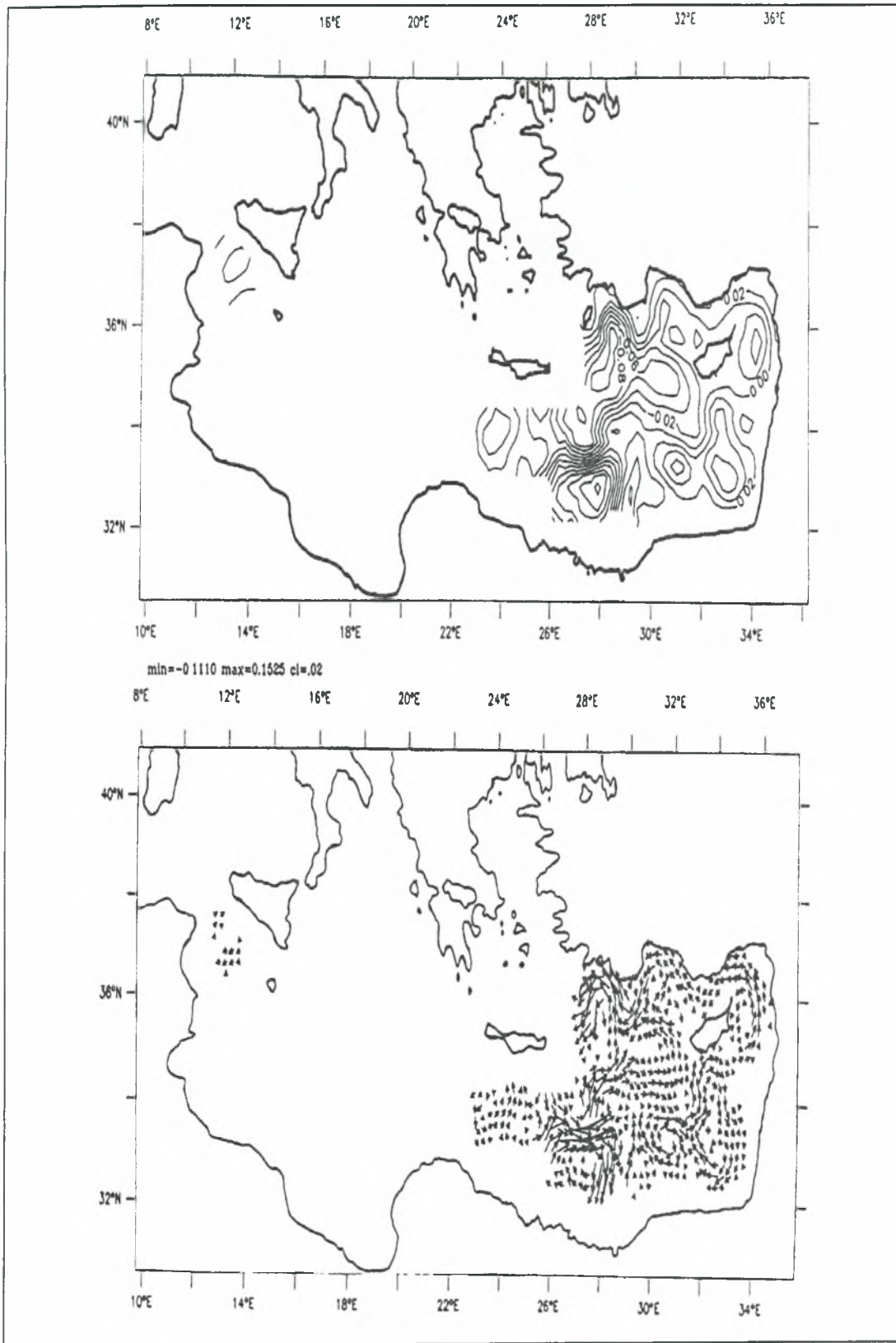


Εικόνα 2.1.2.1:Κατακόρυφη τομή του CFC-12 κατά μήκος της τομής διεύθυνσης από τα Ανατολικά στα Δυτικά, (A.R. Robinson *et al.*, 1992).

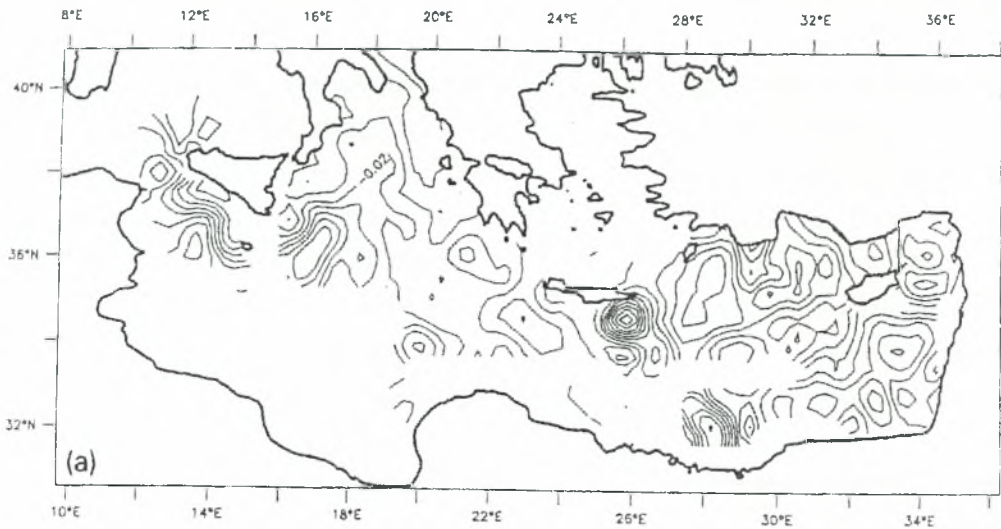
2.1.3 Τα στοιχεία της επιφανειακής γενικής κυκλοφορίας σε κλίμακα υπολεκάνης (sub basin).

Μια πολυσύνθετη μελέτη έχει πραγματοποιηθεί από τους 5 πλόες που έγιναν και περιέχουν όλα τα δεδομένα από το πρόγραμμα POEM, με συνέπεια οι Ozsoy *et al.* (1991) να συνοψίσουν τα δεδομένα του POEM για την Λεβαντινή λεκάνη μαζί με μερικά επιπρόσθετα δεδομένα για την Βόρεια λεκάνη όπου τα δεδομένα φτάνουν χρονολογικά μέχρι το 1988. Τα ρεύματα και η κυκλοφορία του επιφανειακού στρώματος για το καλοκαίρι του 1987 και το φθινόπωρο του 1985 παρουσιάζονται στους χάρτες των δυναμικών υψών και ταχυτήτων των ρευμάτων στην (Εικόνα 2.1.3.1).

Ακόμα, τα αποτελέσματα του δυναμικού ύψους για την επιφανειακή κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου παρουσιάζονται σε χάρτες (30/450 dbar) στην (Εικόνα 2.1.3.2).

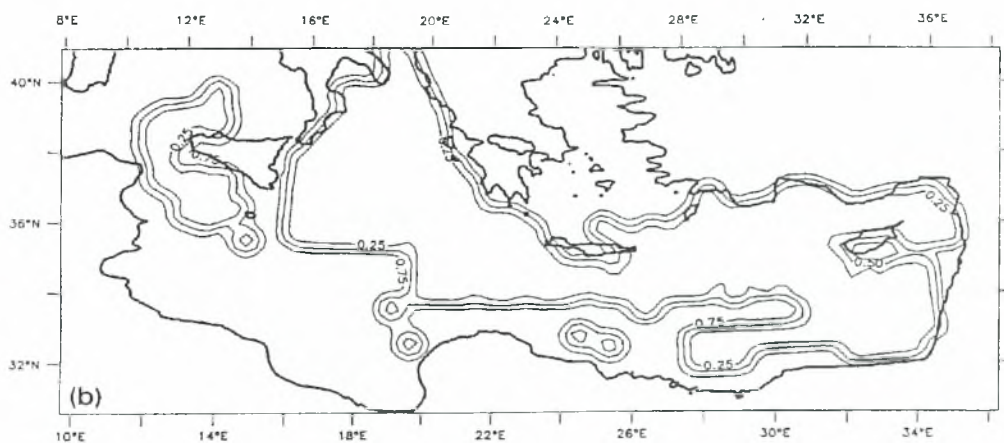


Εικόνα 2.1.3.1: Δυναμικό ύψος των 30/450 dbar τον Οκτώβριο-Νοέμβριο του 1985. (A.R. Robinson *et al.*, 1992).



Εικόνα 2.1.3.2: Δυναμικό ύψος των 30/450dbar τον Αύγουστο-Σεπτέμβριο του 1987, (A.R. Robinson *et al.*, 1992).

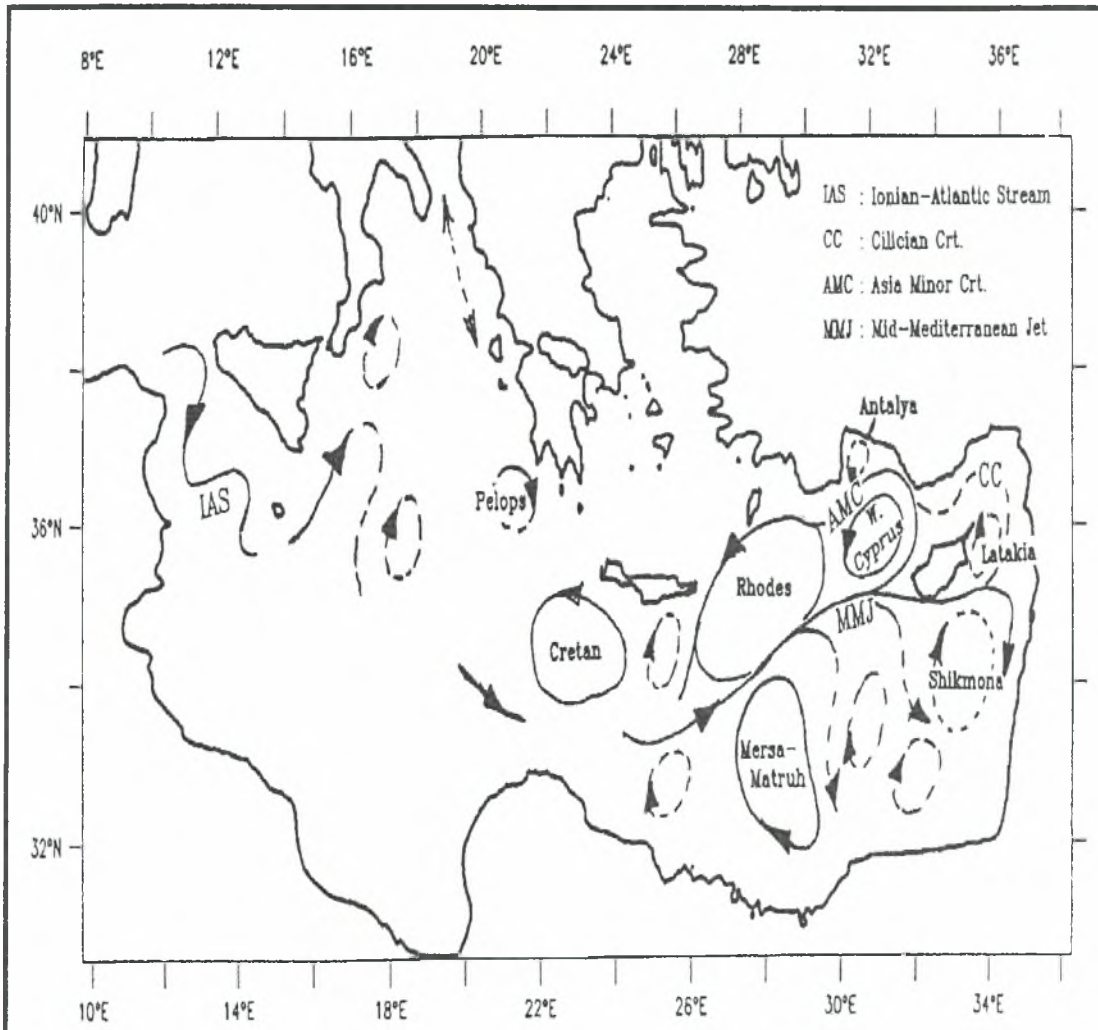
Αυτά τα βάθη έχουν επιλεγεί να λαμβάνουν υπόψη την κατακόρυφη δομή της ροής που υπάρχει και για την κατανομή των βαθών υδρογραφικά. Οι χάρτες έγιναν με την μέθοδο της αντικειμενικής ανάλυσης κατά Carter & Robinson (1987) με συσχέτισμό των παραμέτρων από την εργασία που έγινε από τον Pinardi (1988). Κάτι σημαντικό που πρέπει να εξετάσουμε σχετίζεται με την ομοιογένεια που έχουμε στα παράλια όπου παρουσιάζεται ανισοτροπία στην ανάλυση της κυματικής και της γεωστροφικής ροής. Έτσι μια πολύπλοκη κυκλοφορία από κυκλωνικές και αντικυκλωνικές γύρες που συνδέονται με χειμάρρους και ρεύματα είναι γεγονός. Επιπλέον οι περιοχές με σφάλμα μεγαλύτερο του 75% δεν έχουν σχεδιαστεί (Εικόνα 2.1.3.3).



Εικόνα 2.1.3.3: Οι περιοχές όπου το δυναμικό ύψος έχει σφάλμα μεγαλύτερο του 75% και δεν έχουν σχεδιαστεί, (A.R. Robinson *et al.*, 1991).

Τα γενικά χαρακτηριστικά της επιφανειακής κυκλοφορίας παρουσιάζονται στον (Πίνακα 5). Στο χάρτη παρατηρούμε δυο κυκλοφορίες που φαίνεται να δείχνουν

τα γενικά στοιχεία και την μεταβλητότητα της περιοχής. Έχουμε τον χείμαρρο του Ατλαντικού Νερού που εισέρχεται μέσω των στενών της Σικελίας και κινείται μαιανδρικά στο Ιόνιο Πέλαγος. Πιστεύουμε ότι συνεχίζει και ενισχύει το Μέσο - Μεσογειακό Ρεύμα (MMJ) που ρέει προς το Λεβαντινό Πέλαγος. Ένας κλάδος του MMJ ρέει προς την Κύπρο και έπειτα προς τον Βορρά, όπου γίνεται το ρεύμα της Μικράς Ασίας (AMC). Ένας δεύτερος κλάδος διαχωρίζεται και πρώτα ρέει προς τα Ανατολικά και υστέρτα προς τα Νότια. Ενίοτε μια διακλάδωση του MMJ ρέει γύρω από την Κύπρο με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση του ρεύματος Cilician (CC) (Εικόνα 2.1.3.4).



Εικόνα 2.1.3.4: Σχηματική αναπαράσταση της γενικής κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου,(A.R. Robinson *et al.*, 1992).

Μια περιοχή κυκλωνικών κυκλοφοριών βρίσκεται μεταξύ της Ρόδου και της Κύπρου, που αποτελείται από δύο η τρία ήπια κυκλωνικά συστήματα συμπεριλαμβανομένου της Γύρας Ρόδου που βόρεια συνορεύει με το ρεύμα AMC και του ισχυρού αντικυκλώνα Mersa-Matruh που δραστηριοποιείται ανοικτά της Αιγύπτου. Ο αντικυκλώνας Mersa-Matruh μπορεί να έχει επιμήκη μορφή είτε σε διεύθυνση Βορρά-Νότου είτε Δύσης-Ανατολής. Σημειώνουμε βέβαια και τη

μεταφορά των δινών Νοτιοανατολικά της Λεβαντινής Θάλασσας. Ακόμα, ο αντικυκλώνας Shikmona, Νότια της Κύπρου, δείχνει να εμφανίζεται για μεγάλες περιόδους παρόλο που είναι ένα ημιμόνιμο χαρακτηριστικό της περιοχής. Οι συνήθεις ταχύτητες που απαντώνται στους γύρους και στα ρεύματα είναι της τάξεως των 20-30cm/sec.

Αναλύοντας τα δεδομένα από όλους τους πλόες μπορούμε να συνοψίσουμε όλη την επιφανειακή κυκλοφορία της Μεσογείου στον (Πίνακα 5) όπου περιγράφονται τα μόνιμα χαρακτηριστικά που παρατηρούνται, η επανακυκλοφορία των ρευμάτων και η μεταφορά των ρευμάτων. Οι διακυμάνσεις χαρακτηρίζουν την μονιμότητα και την επανακυκλοφορία και περιλαμβάνουν το κέντρο, το μέγεθος και την δομή που έχουν οι γύρες και την αστάθεια που παρουσιάζουν.

Upper thermocline features (from Robinson et al., 1991, table 1)

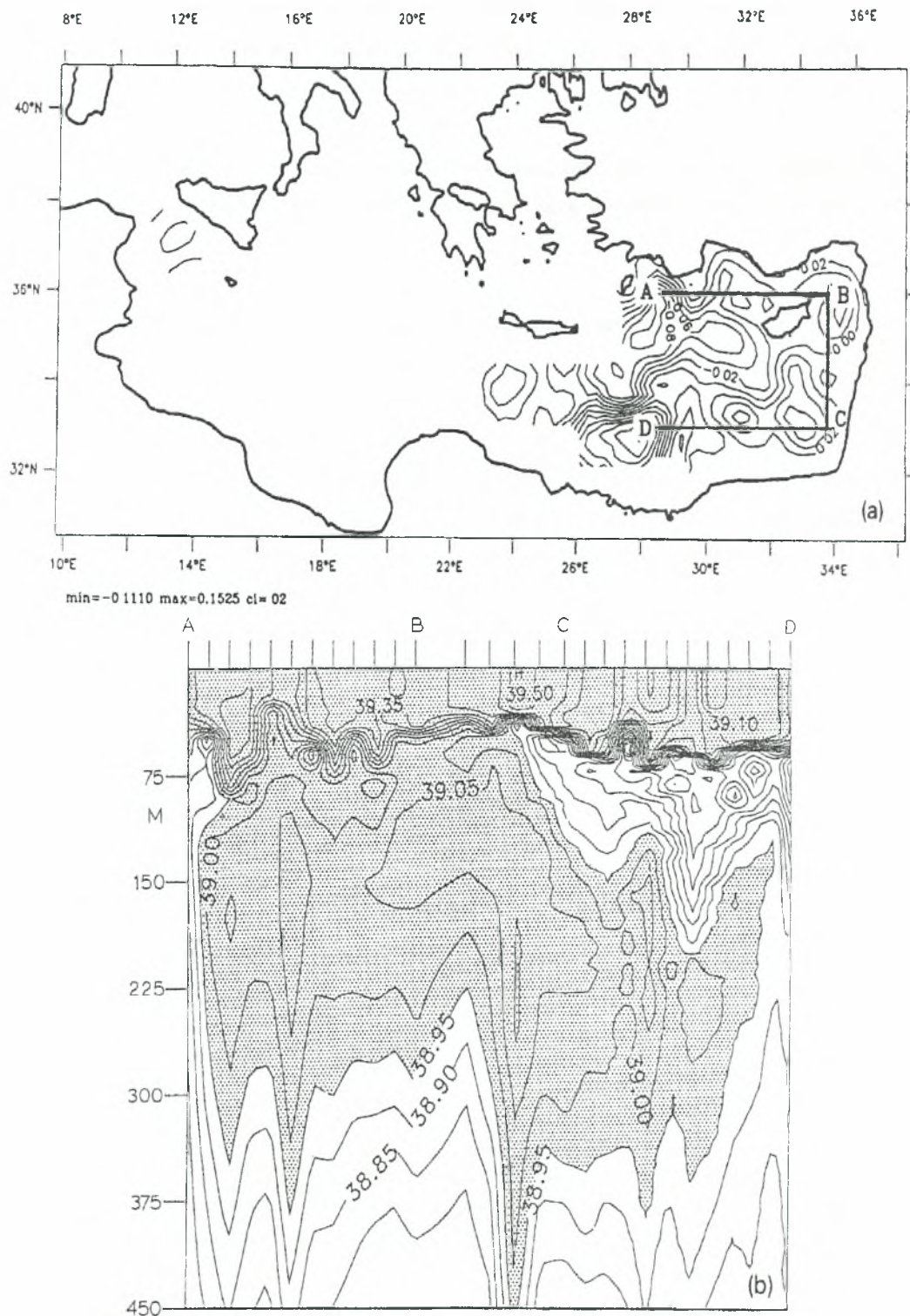
Features	Type	ON 85	MA 86	MA 87	AS 87
Ionian Atlantic Stream	P	-	-	Y	Y
Mid Med. Current	P	Y	Y	-	Y
Asia Minor Current	P	Y	N	Y	N
Cilician Current	R	Y	Y	-	Y
Southeast Levantine Jets	T	Y	Y	-	Y
Rhodes C	P	Y	Y	-	Y
West Cyprus C	P	Y	Y	-	Y
Mersa Matruh AC	P	Y	Y	-	Y
Cretan Sea C	P	Y	?	-	Y
Shikmona AC	R	Y	Y	-	Y
Latakia C	R	Y	N	N	Y
Antalya AC	R	?	Y	-	N
Pelops AC	?	-	Y	?	Y
Ionian eddies AC	T	-	-	-	Y
SE Levantine eddies AC	T	Y	Y	-	Y
Eddies in the Strait of Crete	T	Y	Y	-	Y

Definitions P = Permanent, R = Recurrent, T = Transient, ? = Not enough information to classify, C = Cyclone, AC = Anticyclone

Πίνακας 5: Τα επιφανειακά χαρακτηριστικά του θερμοκλινούς στρώματος, ,(A.R. Robinson *et al.*, 1991).

Οι χρονικές κλίμακες είναι συνδεδεμένες με μικρής κλίμακας διακυμάνσεις και αλληλεπιδρούν με μέσης κλίμακας που όμως ακόμα και σήμερα δεν είναι καθορισμένο αν πραγματοποιούνται. Παρόλα αυτά εμφανίζονται μια σειρά ετών πχ η επανακυκλοφορία της γύρας του Shikmona. Τα αποτελέσματα για την κυκλοφορία και τις μεταβολές όλων των πλόων συνθέτονται σχηματικά στην (Εικόνα 2.1.3.5).

Υπάρχει ένας αριθμός τόσο μόνιμων όσο και μεταβλητών χαρακτηριστικών σχετιζόμενα με διαφορετικές χρονικές κλίμακες που αφορούν την δομή που θα έχει η επιφανειακή κυκλοφορία. Άλλα στοιχεία είναι ημιμόνιμα, δηλαδή εξαφανίζονται και επανεμφανίζονται ύστερα από μια σειρά διεργασιών που έχουν συμβεί. Μεταβατικές



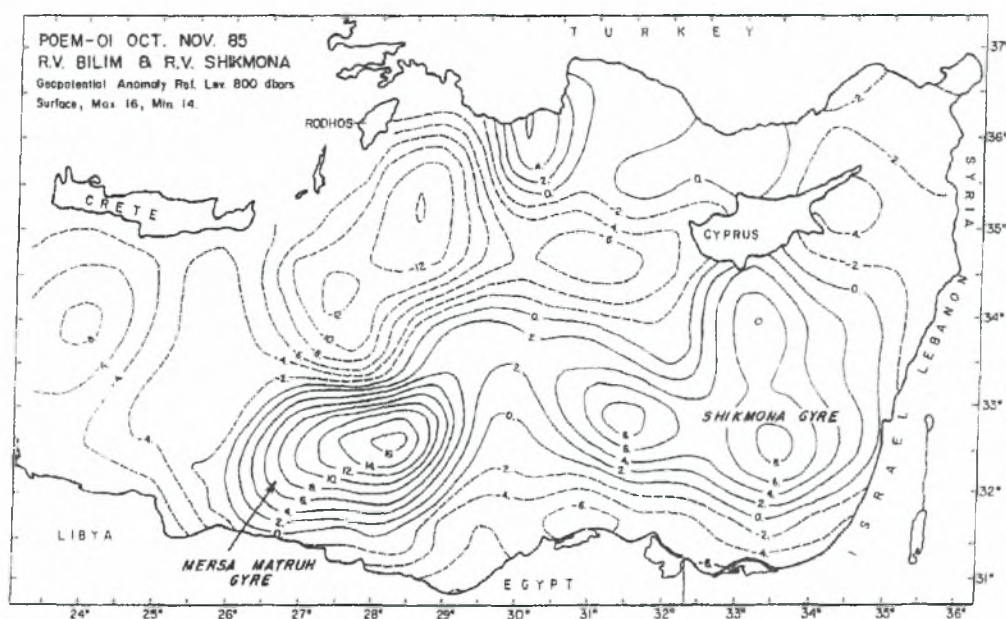
Εικόνα 2.1.3.5: a) Δυναμικό ύψος των 30/450m τον Οκτώβριο του 1985. b) Κατακόρυφη τομή της αλατότητας (psu) κατά μήκος τομής ABCD της εικόνας 2.1.3.5, (A.R. Robinson *et al.*, 1992).

γύρες και χείμαρροι επίσης απαντώνται τυχαία στην λεκάνη. Οι μεταβλητές που χαρακτηρίζουν τα μόνιμα και επαναλαμβανόμενα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας είναι το κέντρο, το μέγεθος και η ένταση των γύρων, η αστάθεια που παρουσιάζουν, η θέση τους στον άξονα, οι μαιανδρισμοί που αποκτούν καθώς και η δομή που έχουν οι διακλαδώσεις των ρευμάτων. Οι χρονικές κλίμακες που σχετίζονται με την μεταβλητότητα της επιφανειακής κυκλοφορίας και την συσχέτιση της με την ενδιάμεση κυκλοφορία δεν είναι ακόμα καλά καθορισμένες αλλά φαίνονται να κυμαίνονται από έτη έως ημέρες.

2.1.4 Η κυκλοφορία του Λεβαντινού Πελάγους υστέρα από την διερεύνηση του προγράμματος POEM 1985-1987 και του Ωκεανογραφικού σκάφους έρευνας Bilim

2.1.4.1 Η κυκλοφορία του Λεβαντινού Πελάγους το καλοκαίρι (POEM-ON85).

Η τοπογραφία της γεωδυναμικής ανωμαλίας της επιφάνειας (Εικόνα 2.1.4.1.1) το καλοκαίρι αποκαλύπτει: (α) μια κυκλωνική δίνη στο Κρητικό Πέρασμα, (β) μια μεγάλη κυκλωνική γύρα Νοτιοανατολικά της Ρόδου (Γύρα της Ρόδου), που η επέκτασή της είναι προς την Κύπρο, (γ) μια σημαντική αντικυκλωνική γύρα είναι ο Mersa Matruh που είναι παρόμοιου μεγέθους με την Γύρα της Ρόδου και βρίσκεται Νοτιοδυτικά της Λεβαντινής λεκάνης, (δ) ένα έντονο ρεύμα με τρέχουσες ταχύτητες της τάξης των 40 cm/s περνά ανάμεσα τους.



Εικόνα 2.1.4.1.1: Η τοπογραφία της γεωστροφικής ανωμαλίας της επιφάνειας όπως προέκυψε από την ανάλυση των δεδομένων του POEM-ON85, (E, Ozsoy *et al.*, 1988).

Το έντονο αυτό ρεύμα διακλαδώνεται και ο ένας κλάδος του ρέει Βόρεια γύρω από τον κυκλώνα της Ρόδου. Εκεί, μέρος των υδάτων του εισέρχεται στο Αιγαίο Πέλαγος μέσω του στενού της Ρόδου, ενώ ένα μέρος του ρέει με κατεύθυνση Νότια, κατά μήκος του Κρητικού Αρχιπελάγους και πιθανόν να έχει Δυτική κατεύθυνση διαμέσου του Βορείου τμήματος του Κρητικού Περάσματος.

Ο άλλος κλάδος αυτού του έντονου ρεύματος ρέει Ανατολικά όπου διακλαδώνεται πάλι, με αποτέλεσμα ένας κλάδος να επιστρέφει Βορειοδυτικά της Κύπρου. Τα ελάχιστα δεδομένα που έχουμε εμπόδισαν στο σωστό προσδιορισμό τόσο της ακριβούς διαδρομής που ακολουθείται όσο και τη περιγραφή της ροής στους δυο τελευταίους κλάδους.

Ωστόσο, η επέκταση του ρευματοχείμαρου στα Δυτικά είναι επίσης περιορισμένη επειδή δεν έχουμε την αναγκαία πληροφορία κατά μήκος των Λιβυκών ακτών και η δίνη στο Κρητικό Πέρασμα δεν είναι καλά προσδιορισμένη λόγω ανεπάρκειας των δεδομένων. Στην Ανατολική Λεβαντινή λεκάνη, Νότια της Κύπρου και Δυτικά της περιοχής Tel Shikmona εμφανίζεται μια μεγάλη αντικυκλωνική γύρα (η Γύρα Shikmona), η οποία περιλαμβάνει τρεις μικρότερης κλίμακας αντικυκλωνικές δίνες. Αυτή η γύρα κατευθύνει την ροή Νότια κατά μήκος της ακτής του Ισραήλ και υστέρη Δυτικά κατά μήκος τώρα της Αιγυπτιακής ακτής. Ακόμα, παρατηρούμε μια κυκλωνική δίνη Ανατολικά της Κύπρου και μια σειρά από αντικυκλωνικές δίνες Βόρεια της Κύπρου που επεκτείνονται μέχρι την λεκάνη Cilician. Αυτά τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας διακρίνονται και διαχωρίζονται από την περιοχή επέκτασης της Γύρας της Ρόδου από έναν κλάδο του ρευματοχειμάρρου όπου ενισχύει την επανακυκλοφορία της γύρας. Η κυκλωνική Γύρα της Ρόδου είναι ιδιαίτερα γνωστή για τα μόνιμα χαρακτηριστικά που διαθέτει και καλύπτει μια μεγάλη περιοχή πάνω στην λεκάνη της. Στο κέντρο της έχουμε την παρουσία πυκνών ισόθερμων που έχουν σχετικά σταθερές ιδιότητες και δείχνουν την μόνιμη ανάδυση που δραστηριοποιείται στην περιοχή. Το φαινόμενο αυτό ενισχύεται το καλοκαίρι (Anati., 1984), το οποίο περιμένει κανείς να δει δηλαδή την αύξηση που ασκεί ο άνεμος να συνδέεται με το ανατολικό όριο του ετησίου συστήματος και να ακολουθείται από επιφανειακή απόκλιση όπως περιγράφεται από τον Onchinnikov (1966). Οι χάρτες θερμοκρασίας και αλατότητας επιφάνειας που κατασκευάζονται από τη συνεχή δειγματοληψία θερμοαλατικών χαρακτηριστικών που πραγματοποιήθηκε από τον Ozirtugut (1976) και επίσης κατά τη διάρκεια του POEM-ON85 από τους Ozsoy *et al.* (1986) παρουσιάζουν πολλές λεπτές λεπτομέρειες στην δομή (μέτωπα, ίνες, διακυμάνσεις, στροβίλους) που περιλαμβάνονται στην ευρύτερη κλίμακα της επιφανειακής κυκλοφορίας των γύρων και των δινών.

Επιπλέον, το κεντρικό Λεβαντινό χειμαρρώδες ρεύμα της λεκάνης που βρίσκεται στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη μεταξύ των Γύρων της Ρόδου και του Mersa-Matruh με κατεύθυνση Δυτική που έχει κάποιες ανατολικές προεκτάσεις, εμφανίζεται τόσο στην καλοκαιρινή όσο και χειμερινή επιφανειακή κυκλοφορία. Το

ρεύμα αυτό παρατηρήθηκε από τους Onchinnikov & Fedoseyev (1965) και υποθέτουμε ότι πρέπει να είναι συνέχεια του Βόρειου Αφρικανικού Ρεύματος.

Οι κύριες διαφορές μεταξύ των περιγραφών της επιφανειακής κυκλοφορίας το καλοκαίρι δόθηκαν από τους Onchinnikov & Fedoseyev (1965) λαμβάνοντας υπόψη τους τα ακραία χαρακτηριστικά που μπορεί να εμφανίζει η λεκάνη. Οι χάρτες που παρήχθησαν είναι συνδυασμός από δεδομένα που συλλέχθηκαν από διαφόρους πλόες που έγιναν κατά την διάρκεια των χρόνων χωρίς όμως να υπάρχει συγχρονισμός και σωστή κατανομή των δεδομένων. Στα Δυτικά της λεκάνης, οι χάρτες των Onchinnikov & Fedoseyev (1965) έδειξαν ότι η ροή των νερών έχει κατεύθυνση Ανατολική διαμέσου του Βόρειου τμήματος του Κρητικού Πελάγους από την αντίθετη κατεύθυνση του ρεύματος που περιγράψαμε.

Συνδυάζοντας τους γεωστροφικούς υπολογισμούς και τις τρέχουσες μετρήσεις που έγιναν στην περιοχή φαίνεται ότι στο Βόρειο τμήμα του Κρητικού Περάσματος τα ρεύματα ρέουν Δυτικά. Οι δυναμικοί υπολογισμοί δεδομένων που πήραν τον Αύγουστο του 1967 οι Mosetti *et al.* (1972), επίσης παρουσιάζουν Δυτικά ρεύματα στο Βόρειο τμήμα του Κρητικού Περάσματος. Επιπλέον, οι μετρήσεις GEK που έγιναν από τους Accerboni & Grancini (1972) στο επιφανειακό στρώμα της επιφάνειας στο Κρητικό Πέρασμα τον Σεπτέμβριο του 1968 παρουσίασαν Ανατολική ροή στο Βόρειο τμήμα του περάσματος, ενώ οι γεωστροφικοί υπολογισμοί τους παρουσιάζουν Δυτική ροή στην ίδια θέση. Είναι αξιοσημείωτο ότι στην υπόλοιπη περιοχή του Κρητικού Περάσματος οι γεωστροφικοί υπολογισμοί συμπίπτουν σε μεγάλο βαθμό με την μετρήσεις GEK. Τέλος, η επιφανειακή κυκλοφορία του Κρητικού Περάσματος όπως προέκυψε κατά τον Onchinnikov (1976) εμφάνισε να έχουν τα ρεύματα Δυτική ροή. Επίσης, στο Δυτικό τέλος της λεκάνης, όπου οι χάρτες της θερινής κυκλοφορίας των Onchinnikov & Fedoseyev (1965) απεικονίζουν μια κυκλωνική γύρα, βρήκαμε μια μεγάλη ευδιάκριτη αντικυκλωνική γύρα (Mersa-Matruh).

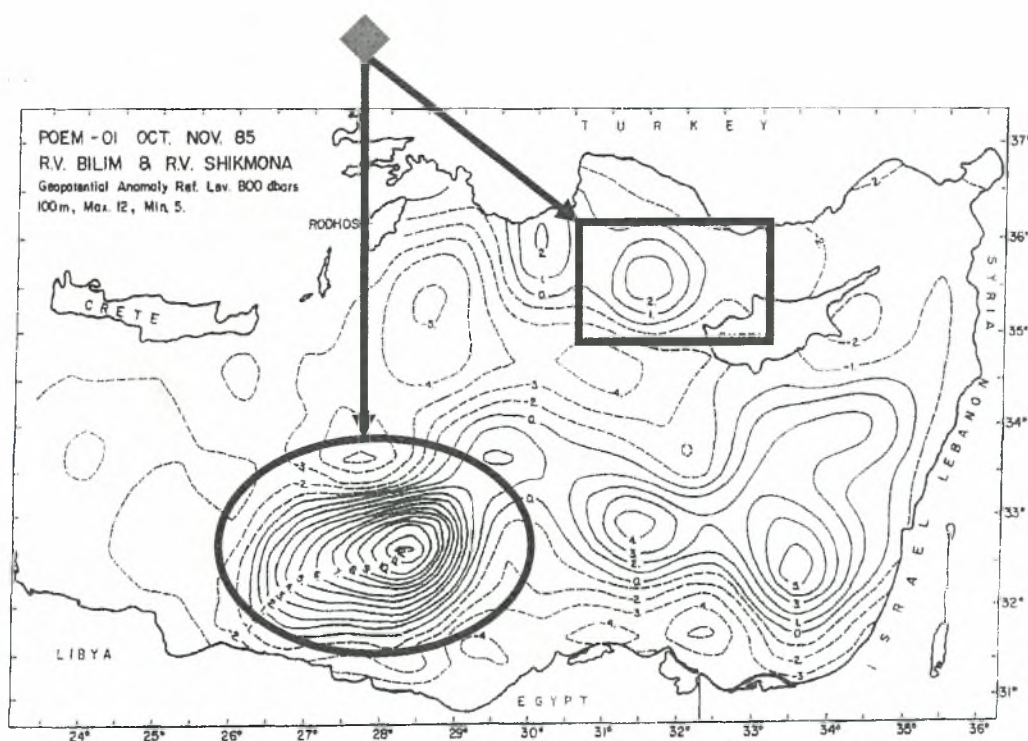
Στην Ανατολική λεκάνη, σε πλήρη αντίφαση με τα αποτελέσματά μας, αλλά σε συμφωνία με την παραδοσιακή περιγραφή του Nielsen (1912), ο χάρτη των Onchinnikov & Fedoseyev (1965) δείχνει ότι το μεγαλύτερο μέρος της μεταφοράς γίνεται Ανατολικά και έχει αντίθετη φορά με αυτή των δεικτών του ρολογιού γύρω από την Κύπρο, ωστόσο έχει σχεδόν μηδαμινή Νότια ροή κατά μήκος της ισραηλινής ακτής. Το 1967, ο Engel (1967) ήταν ο πρώτος που ήρθε σε αντίθεση με τις προηγούμενες μελέτες και παρουσίασε την αντικυκλωνική γεωστροφική ροή που υπάρχει Νοτιοανατολικά της Λεβαντινής λεκάνης. Παρατηρήθηκε ότι το AW εμφανίζεται στην Νοτιοανατολική Λεβαντινή λεκάνη ως κηλίδες (Rosentroub *et al.*, 1985) και αυτό στήριξε αυτήν την ερμηνεία. Ο Engel (1967) σημείωσε τον περιοριστικό παράγοντα από την ηπειρωτική ράχη Βορειοανατολικά της Κύπρου που πιθανόν να είναι υπεύθυνη για την εξασθένιση και τους μαιανδρισμούς που προκαλεί στο ρεύμα της Μικράς Ασίας. Οι Pinardi *et al.* (1986) έδειξαν το περιστατικό μιας αντικυκλωνικής δίνης που εγκλωβίζεται τοπογραφικά στην θαλάσσια οροσειρά

Ερατοσθένης με συνέπεια κυκλωνικές δίνες να δημιουργούνται εκεί. Το πρόγραμμα POEM-ON85 στην ίδια περιοχή που μελετήθηκε από τους Robinson *et al.* (1987) παρουσίασε μια μικρή σύνοψη των δινών μέσης κλίμακας και ρευμάτων. Τέλος, κάποιος μπορεί να θεωρήσει τη Shikmona μια αντικυκλωνική γύρα με καθιερωμένα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της θερινής κυκλοφορίας της περιοχής.

Μια σειρά από δίνες που εμφανίζονται στην λεκάνη της Αντάλειας και της Κιλικίας αποκρύπτουν την κυκλωνική προδιάθεση που υπάρχει για ροή των υδάτινων μαζών κατά μήκος ολόκληρης της Κύπρου (ρεύμα της Μικράς Ασίας). Ωστόσο, αυτό το ρεύμα συχνά παρουσιάζει μαιανδρική ροή και αρχίζει να εξασθενεί όταν ρέει στην Νοτιοδυτική πλευρά της Κύπρου.

Τελικά η γενική κυκλοφορία έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την αντίληψη που είχε ο Onchinnikov (1966) για τις αντικυκλωνικές γύρες που απλώνονται Νότια και διαχωρίζονται από το Βόρειο Αφρικανικό Ρεύμα και τις κυκλωνικές δίνες του Βορρά. Οι αντικυκλωνικές δίνες στην Βόρεια Λεβαντινή λεκάνη δείχνουν να είναι παγιδευμένες ανάμεσα στην κυκλωνική κυκλοφορία και στην ακτή.

Τα γενικά χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας δεν αλλάζουν μέχρι τα 50 m. Στα 100m, τόσο η γύρα Mersa-Matruh όσο και η κεντρική δίνη που βρίσκεται κόλπο της Αντάλειας εμφανίζουν να εντείνονται και οι κυκλωνικές δίνες εξασθενούν και αλλάζουν κατεύθυνση προς τα Ανατολικά (Εικόνα 2.1.4.1.2).



Εικόνα 2.1.4.1.2: Η γεωστροφική ανωμαλία των 100 μέτρων σε σχέση με τα 800 όπως προέκυψε από την ανάλυση των δεδομένων του POEM-ON85, (E, Ozsoy *et al.*, 1988).

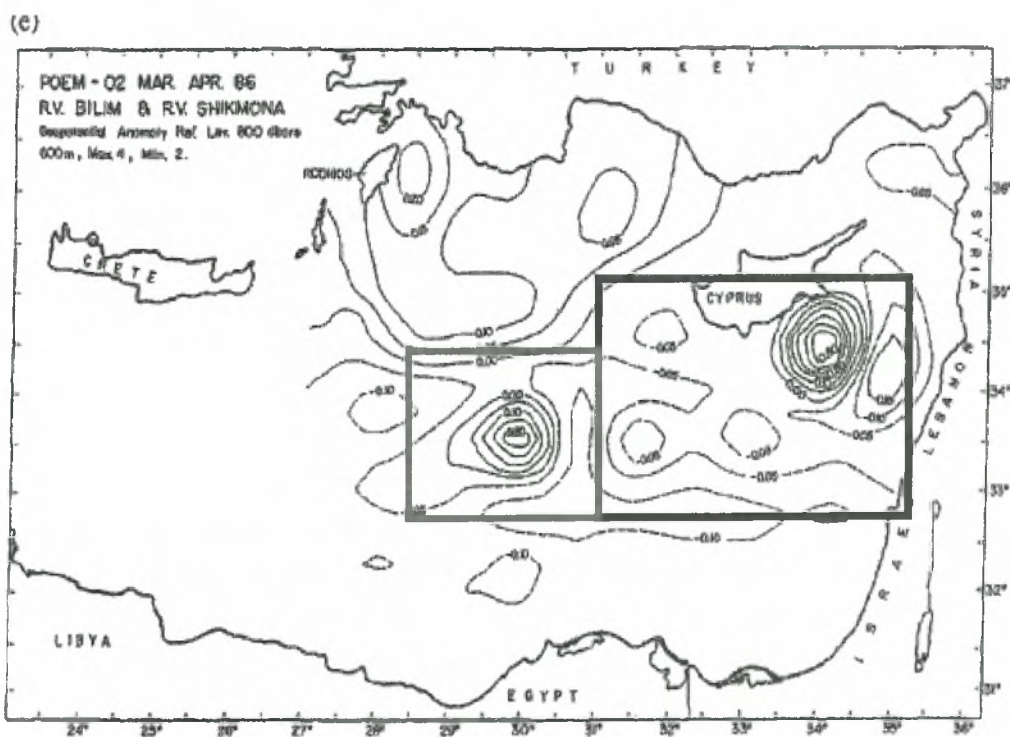
Βαθύτερα, αυτή η τάση αρχίζει να γίνεται πιο καθοριστική (Εικόνα 2.1.4.1.2). Η Γύρα Mersa-Matruh ξεκινά να διαχωρίζεται σε δυο μικρότερες δίνες στα 200 db όπου η βορειοανατολική δίνη αρχίζει να επικρατεί στα 600 db.

Σε αυτό το επίπεδο οι δίνες που απομένουν προέρχονται από την γύρα Mersa-Matruh, από τις αντικυκλωνικές δίνες του κόλπου της Αντάλιας και μια από το Νοτιοανατολικό σημείο της Κύπρου.

Από την άλλη μεριά, οι δίνες με κυκλωνική κυκλοφορία σε αυτό το επίπεδο δεν υπάρχουν. Οι υποεπιφανειακοί χάρτες των Onchinnikov & Fedoseyev (1965) έδειξαν επίσης μερικές γύρες και δίνες.

2.1.4.2 Η κυκλοφορία του Λεβαντινού Πελάγους το χειμώνα (POEM-MA86).

Παρόλο που το χειμώνα οι πλόες έγιναν 4-5 μήνες αργότερα από ότι το καλοκαίρι, παρατηρούμε μια εντυπωσιακή ομοιότητα ανάμεσα στα κύρια χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας όπως μπορούν αμέσως να αναγνωριστούν από την γεωδυναμική ανωμαλία που παρουσιάζουν σε όλα τα επίπεδα. Ωστόσο, παρατηρούμε μερικές διαφορές. Έτσι, ενώ κατά την καλοκαιρινή περίοδο όταν αυξάνεται το βάθος του Mersa-Matruh, εμφανίζεται να διαχωρίζεται σε δυο μικρότερες γύρες οι οποίες προέρχονται από την Βορειοανατολική κυκλοφορία και γίνονται πιο εντατικές. Κατά την διάρκεια του χειμώνα το ίδιο μοτίβο παρουσιάζεται, αλλά στα 600 dbar έχει σχεδόν εξαλειφθεί (Εικόνα 2.1.4.2.1).



Εικόνα 2.1.4.2.1: Η γεωστροφική ανωμαλία των 600 μέτρων σε σχέση με τα 800 όπως προέκυψε από την ανάλυση των δεδομένων του POEM-MA86, (E. Ozsoy *et al.*, 1988).

Μια παρόμοια κατάσταση συμβαίνει στην βορειανατολική Λεβαντινή λεκάνη όπου κατά την διάρκεια του καλοκαιριού εμφανίζονται τρεις αντικυκλωνικές δίνες που περιλαμβάνονται στην Γύρα Shikmona και όπου τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κάποια ίχνη από αυτήν την κυκλοφορία διατηρήθηκαν κατά την διάρκεια του χειμώνα. Ωστόσο, εμφανίζεται να υπάρχει μια μετατόπιση και τελικά σε βάθος 600 dbar μόνο η Βορειότερη δίνη υπάρχει. Μπορεί κανείς να μην υπολογίζει αυτές τις δίνες σαν ανεξάρτητα γεγονότα που υποβάλλονται σε κάποιο μετασχηματισμό αλλά σαν μια ενιαία δίνη που τα δυναμικά της χαρακτηριστικά εκτείνονται από την γύρα Mersa-Matruh μέχρι την ακτή του Λιβάνου.

Η Γύρα της Ρόδου δεν είναι τόσο έντονη το χειμώνα όσο το καλοκαίρι και εμφανίζεται επίσης να αποδυναμώνεται με το βάθος. Εντούτοις, καλύπτει μια ημισελινοειδή περιοχή περιβάλλοντας Νότια την αντικυκλωνική Γύρα Mersa-Matruh. Όπως πριν, τα νερά μέσα στην λεκάνη της Κιλικίας διαιρούνται σε μεγάλο αριθμό από κυκλωνικές και αντικυκλωνικές δίνες δίνοντας την εντύπωση ενός μαιανδρικού ρεύματος της Κιλικίας στην υπήνεμη πλευρά της Κύπρου.

Στα ενδιάμεσα βάθη το χειμώνα οι δίνες που βρίσκονται στον κόλπο της Αντάλιας και Νότια της Κύπρου εντείνονται. Στα 600dbar οι μόνες δίνες που φαίνονται να αναγνωρίζονται είναι της αντικυκλωνικής Γύρας Mersa-Matruh και του Shikmona. Η ζωνική ροή που παρατηρείται 34°30'Β στα Δυτικά είναι αποτέλεσμα του κακού συνδυασμού μεταξύ των σταθμών που επιλέχθηκαν για τον χειμώνα και το καλοκαίρι.

Οι χάρτες του χειμώνα δείχνουν ότι επιφανειακά διαμέσου του Νοτίου μέρους του Κρητικού Περάσματος εισάγεται το παράκτιο οριακό Λεβαντινό Ρεύμα (CLBC) που ρέει μέχρι της ακτές του Ισραήλ και ύστερα αλλάζει πορεία με κατεύθυνση τον Βορρά. Εκεί, ρέει περιμετρικά της Κύπρου και κινείται Δυτικά διασχίζοντας την λεκάνη της Κιλικίας και έπειτα στο Ιόνιο Πέλαγος μέσα από το Βόρειο τμήμα του Κρητικού Περάσματος. Δυτικά της Κύπρου, το ρεύμα αυτό φαίνεται να διακλαδίζεται και ο ένας κλάδος του να κινείται προς τον Βορρά, διαμορφώνοντας μια μεγάλη κυκλωνική γύρα στην κεντρική και στην Βόρεια Λεβαντινή λεκάνη (Γύρα της Ρόδου). Κλείνοντας, ένας άλλος κλάδος δημιουργεί μια κυκλωνική δίνη κοντά στη ακτή του Ισραήλ.

Γενικά, μικρής κλίμακας χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας είναι πιο κυρίαρχα το χειμώνα λόγω της μειωμένης σταθερότητας που έχουν σε σχέση με το καλοκαίρι. Οι πιο απότομες κλίσεις λαμβάνουν χώρα στην περιφέρεια της γύρας Mersa-Matruh όπου η ταχύτητα του ρεύματος είναι τουλάχιστον 35cm/s. Εντούτοις, η πλειονότητα των κύριων γύρων δεν είναι ομογενοποιημένη λόγω του γεγονότος ότι στις εσωτερικές περιοχές υπάρχει μεγάλη διακύμανση στα μικρής κλίμακας χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της κυκλοφορίας είναι ο διαχωρισμός των αντικυκλωνικών δινών σε μικρότερες με πολλαπλά κέντρα, όπου αυτό ποικίλει με το

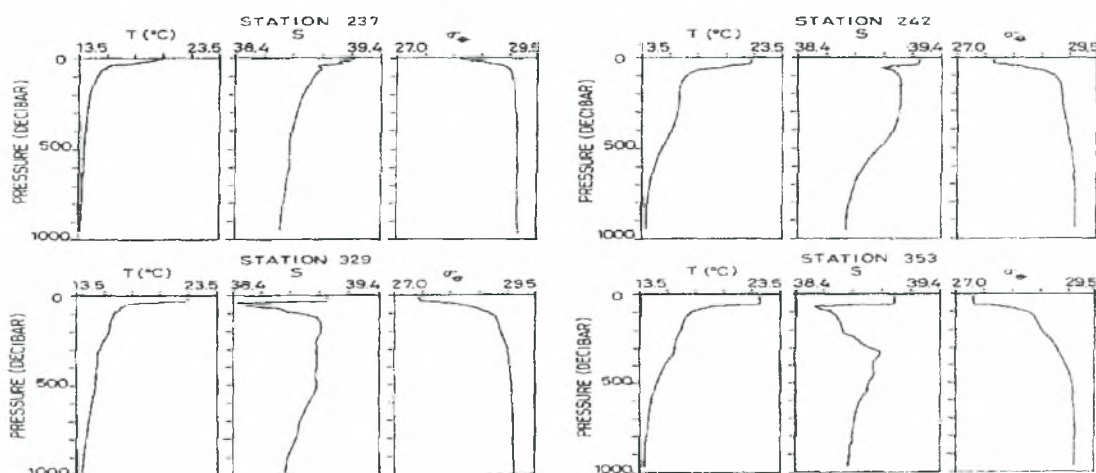
βάθος. Αυτό συμβαίνει στον κόλπο της Αντάλιας όπου τελικά συγχωνεύονται σαν μια αντικυκλωνική δίνη στη επιφάνεια.

Τέλος, είναι επίσης σημαντικό να αναγνωριστούν οι ομοιότητες στην κυκλοφορία μεταξύ των δύο ερευνών που αναφέρονται, παρά το γεγονός ότι χωρίζονται από αρκετούς μήνες. Τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα εμφανίζονται να είναι επίμονα, αν και τροποποιούνται σε κάποια μορφή.

Φαίνεται πιθανό ότι τα κύρια γνωρίσματα των γύρων είναι ημιμόνιμα, ωστόσο δείχνουν να έχουν μια εποχιακή και διαχρονική μεταβλητότητα. Επιπλέον, μερικές μέσης κλίμακας δίνες δείχνουν να διατηρούνται περίπου έναν χρόνο στη Νοτιοανατολική Λεβαντινή λεκάνη (Feliks and Itzikowitz, 1987; Hecht *et al.*, 1988).

2.1.4.3 Υδρογραφία του Λεβαντινού Πελάγους το θέρος (POEM-ON85).

Το πιο διακριτικό υδρογραφικό χαρακτηριστικό της Λεβαντινής λεκάνης είναι η ακραία μεταβλητότητά που παρουσιάζεται η οποία φαίνεται με τα κατακόρυφα προφίλ από επιλεγμένους σταθμούς (Εικόνα 2.1.4.3.1). Από τα δεδομένα του POEM-ON85 και έχοντας επιλέξει τον σταθμό 242 παρατηρήθηκε από το προφίλ της κατακόρυφης κατανομής ότι παρατηρούμε ένα θερμό και αλμυρό νερό (LIW) να βρίσκεται κάτω από το κέντρο της δίνης Αντάλιας και σε βάθος 400 dbar. Στον ίδιο σταθμό το AW εμφανίζεται πολύ λίγο σαν ίχνος κάτω από το θερμοκλινές. Αντίθετα, στο σχεδιάγραμμα για το σταθμό 237 που βρίσκεται στο κέντρο της Γύρας της Ρόδου

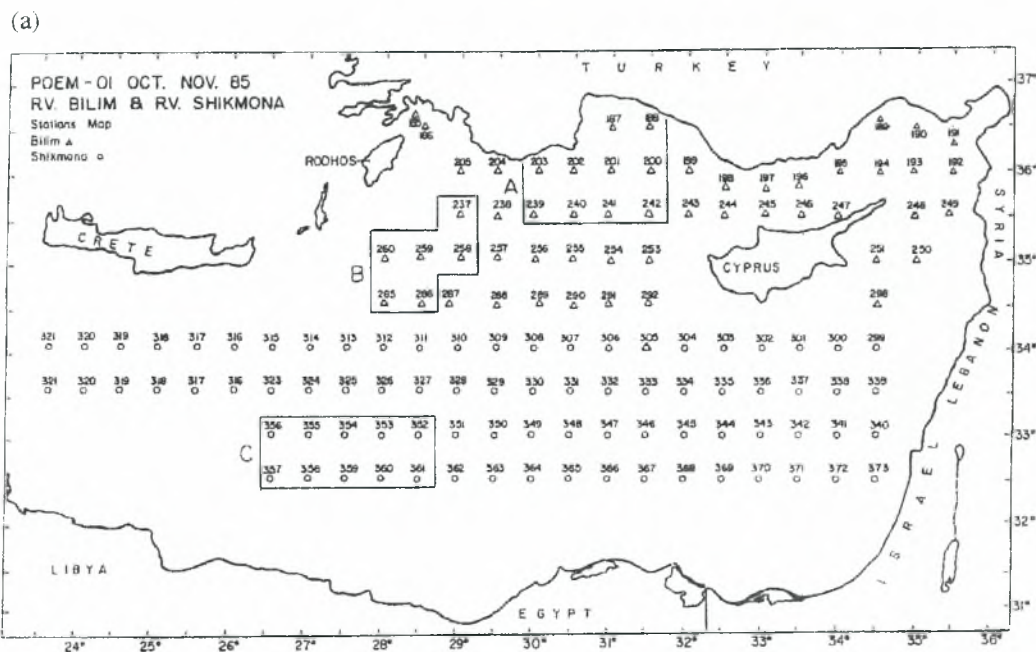


Εικόνα 2.1.4.3.1: Προφίλ θερμοκρασίας, αλατότητας και πυκνότητας από επιλεγμένους σταθμούς της Λεβαντινής λεκάνης κατά την διεξαγωγή του προγράμματος POEM-ON85, (E. Ozsoy *et al.*, 1988).

παρουσιάζονται σχεδόν ομοιόμορφες θερμοαλατικές ιδιότητες σε όλη την υδάτινη στήλη λόγω της ανάδυσσης που έχουμε σε εκείνη την περιοχή. Στο κατακόρυφο προφίλ στον σταθμό 353 που βρίσκεται κάτω από την Γύρα Mersa-Matruh το AW

εμφανίζεται σε βάθος 300dbar με ελάχιστη αλατότητα 38,5psu κάτω από το σχετικά αδύνατο επιφανειακό θερμοκλινές. Αμέσως βορειοανατολικά της γύρας στον σταθμό 329 συναντάμε το AW να έχει υψηλή αλατότητα (39,0psu), σε βάθος μόνο 150-500 dbar.

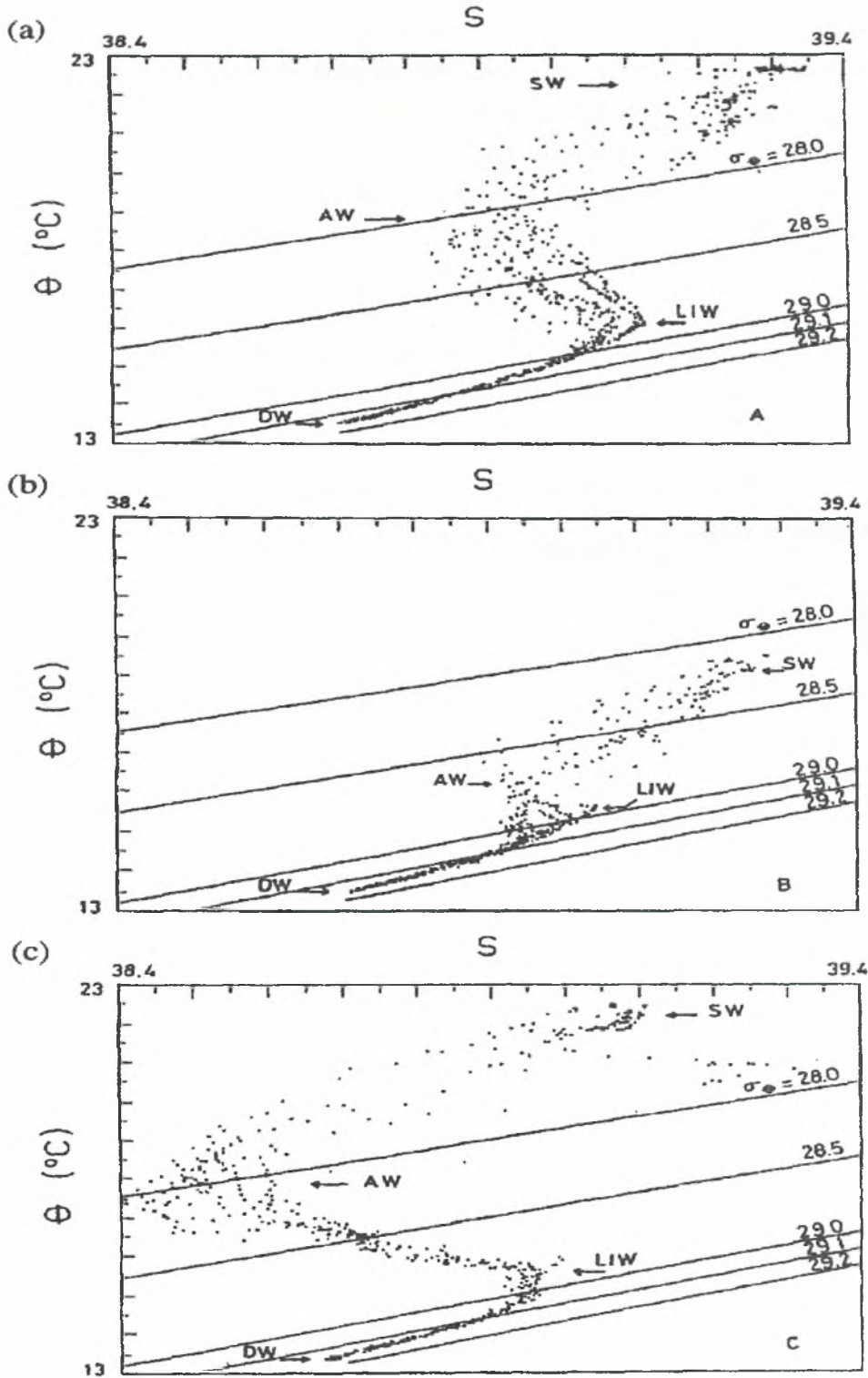
Οι παραλλαγές που συμβαίνουν στα διαγράμματα θ-S είναι οφείλονται στις διαφορετικές περιοχές όπου έχουμε ανάλυση των δεδομένων. Κάθε περιοχή δεδομένων αντιστοιχεί σε μια δίνη που λαμβάνει χώρα στην Λεβαντινή λεκάνη. Έτσι, η περιοχή A αντιστοιχεί στην δίνη της Αντάλειας, η περιοχή B αντιστοιχεί στην Γύρα



Εικόνα 2.1.4.3.2: Οι θέσεις των σταθμων κατά την διεξαγωγή του POEM-ON85, (E. Ozsoy *et al.*, 1988).

της Ρόδου και η περιοχή C στην Γύρα Mersa-Matruh (Εικόνα 2.1.4.3.2) όπως και τα αντίστοιχα διαγράμματα τους θ-S (Εικόνα 2.1.4.3.3).

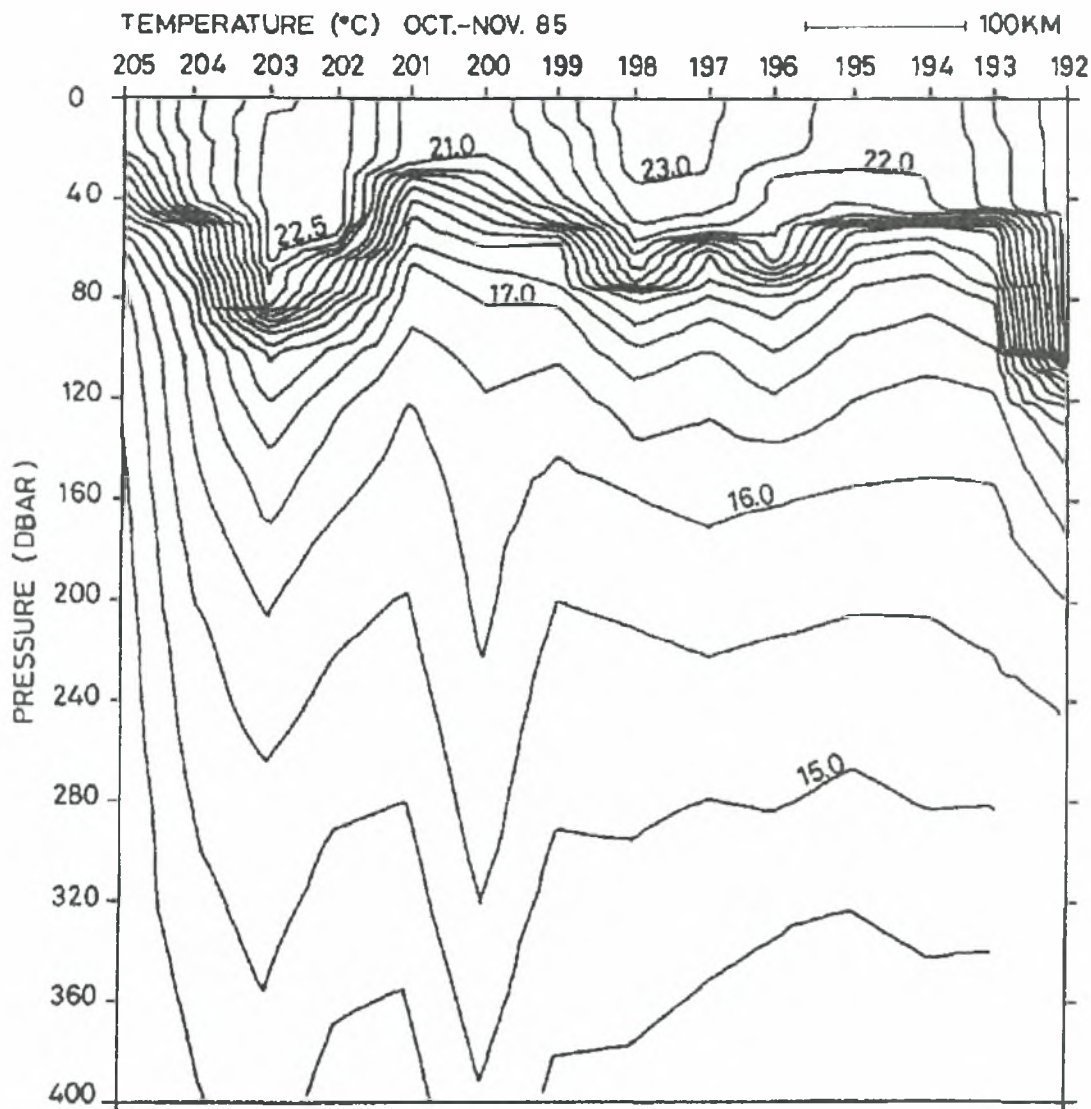
Τα επιφανειακά ύδατα (SW) επηρεάζονται από το AW και το LIW και η μεταφορά βαθιών νερών προσδιορίζεται στα διαγράμματα θ-S. Στις περιοχές A και C θερμό και αλμυρό νερό κοντά στην επιφάνεια χαρακτηρίζει το επιφανειακό στρώμα. Το μέγιστο του Ατλαντικού Νερού λαμβάνει χώρα στην περιοχή C και μερική από την επίδραση του εισέρχεται στη περιοχή A κάτω από το επιφανειακό στρώμα. Σε σύγκριση με τα νερά της γύρας της Ρόδου στην περιοχή B έχουν πιο ομογενοποιημένα χαρακτηριστικά. Έτσι, τα επιφανειακά νερά αυτής της περιοχής είναι πιο ψυχρά από τις άλλες περιοχές κατά μέσο όρο 3°C. Επιπλέον, ο πυρήνας του LIW έχει την υψηλότερη αλατότητα και θερμοκρασία στην περιοχή A με μέγιστη τιμή αλατότητας 39,12 psu και θερμοκρασία 16,1°C.



Εικόνα 2.1.4.3.3: Διαγράμματα T-S για τις περιοχές a) A, b) B, c) C όπως απεικονίζονται στην εικόνα 4.1.4.3.2 για το θερος 1985, (E. Ozsoy *et al.*, 1988).

Η διασπορά των χαρακτηριστικών δείχνεται στις επιλεγμένες εγκάρσιες τομές. Οι ισοαλατικές καμπύλες στις αντίστοιχες κατακόρυφες κατανομές έχουν σχεδιαστεί για ευκολότερη κατανόηση έτσι ώστε οι χαμηλότερες καμπύλες ($S=38,95\text{psu}$) να υποδεικνύουν τα χαμηλότερα όρια του LIW, και οι συνεχόμενες καμπύλες ($S<39\text{psu}$), ακριβώς κάτω από το αναμειγμένο στρώμα και πάνω από το

LIW, να υποδεικνύουν το στρώμα του AW. Οι κατακόρυφες κατανομές έχουν σχεδιαστεί μέχρι το βάθος των 400dbar έτσι ώστε να τονίζονται οι λεπτομέρειες των ανώτερων στρωμάτων. Η βαθύτερη δομή είναι παρόμοια αλλά όχι το ίδιο έντονη, αν και σε ορισμένους αντικυκλωνικούς στροβίλους τα θερμοαλατικά ίχνη εκτείνονται έως τα βάθη των 1000 dbar.

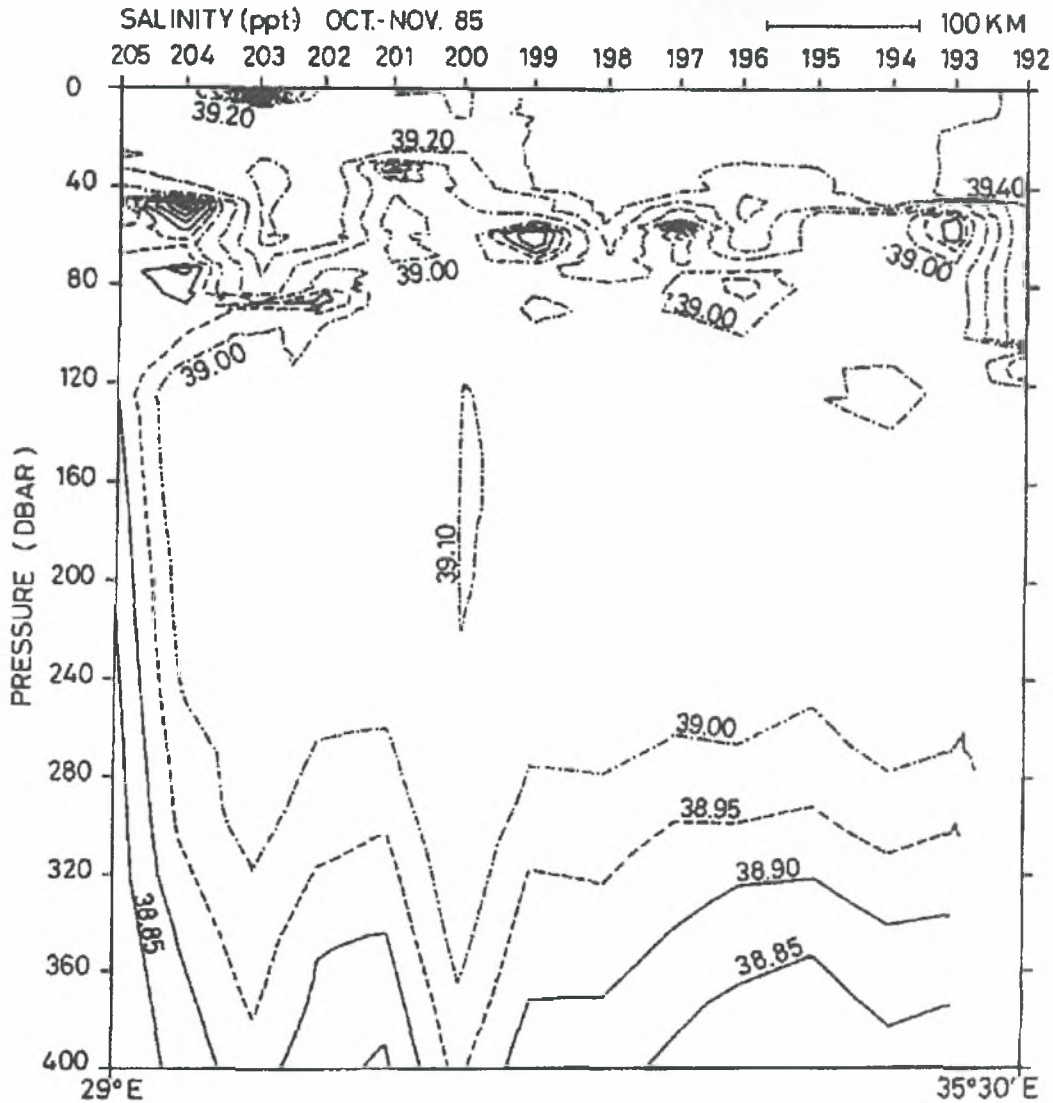


Εικόνα 2.1.4.3.4: Κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας σε εγκάρσια τομή διεύθυνσης Δυσης-Ανατολης στο γ.μ. τον 36°N, κατά την διεξαγωγή του προγράμματος POEM-ON85. Η βαθμίδα των ισοθέρμων είναι ανα 0,5°C ,(E. Ozsoy *et al.*, 1988).

Κατά μήκος της Βορειότερης κατακόρυφης τομής, το κατακόρυφο ομοιόμορφο στρώμα ανάμιξης δείχνει οριζόντιες παραλλαγές της θερμοκρασίας με το βάθος (Εικόνα 2.1.4.3.4). Οι περιοχές όπου το στρώμα ανάμιξης είναι σε μεγαλύτερο

βάθος αντιστοιχούν σε αντικυκλωνικές ζώνες, ενώ περιοχές όπου το στρώμα ανάμιξης αντιστοιχεί σε ρηχότερες περιοχές, είναι περιοχές κυκλωνικής κυκλοφορίας.

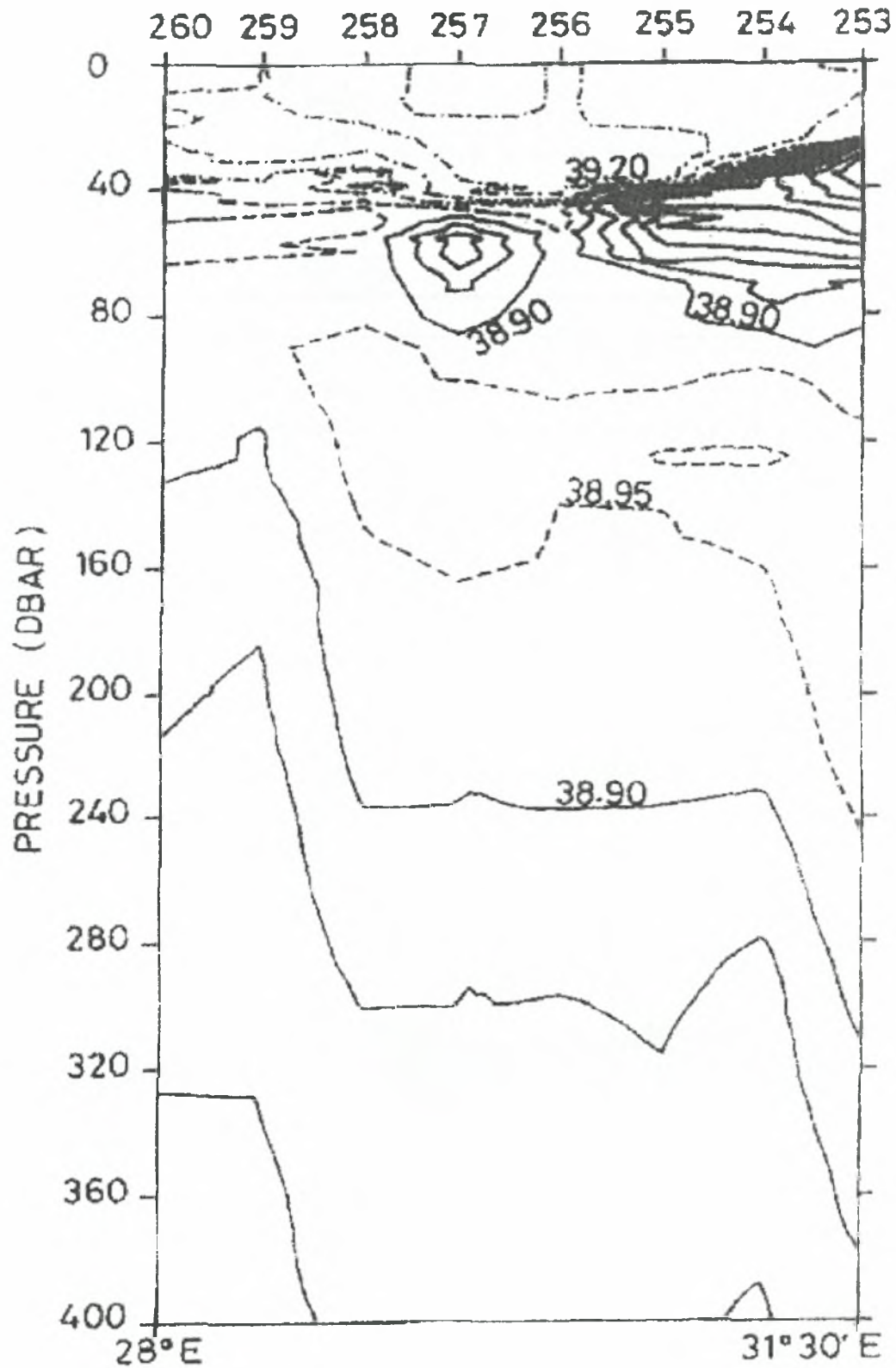
Στην τομή της αλατότητας (Εικόνα 2.1.4.3.5), υψηλές τιμές αλατότητας εμφανίζονται στο στρώμα ανάμιξης και κάτω από αυτό το στρώμα παρατηρούνται κηλίδες όπου έχουμε χαμηλή αλατότητα και έχουν προέλευση το AW. Βαθύτερα, κάτω από το AW μια ομοιογενής υδάτινη μάζα, το LIW, παρατηρείται ανάμεσα στα βάθη 100-400m. Στην μόνη περίπτωση όπου δεν διακρίνεται το AW και το LIW είναι δυτικά της Ρόδου.



Εικόνα 2.1.4.3.6: Κατακορυφή κατανομή της αλατότητας σε εγκάρσια τομή διεύθυνσης Δυσης-Ανατολης στο γ.μ. τον 36°N, κατά την διεξαγωγή του προγράμματος POEM-ON85. Η βαθμίδα των ισοαλατικών είναι ανα 0,05psu, (E. Ozsoy *et al.*, 1988).

Στην Εικόνα 2.1.4.3.7 φαίνεται η τομή της αλατότητας δυτικά της Κύπρου. Δείχνει την κυκλοφορία του AW περιμετρικά της ανατολικής προέκτασης της Γύρας

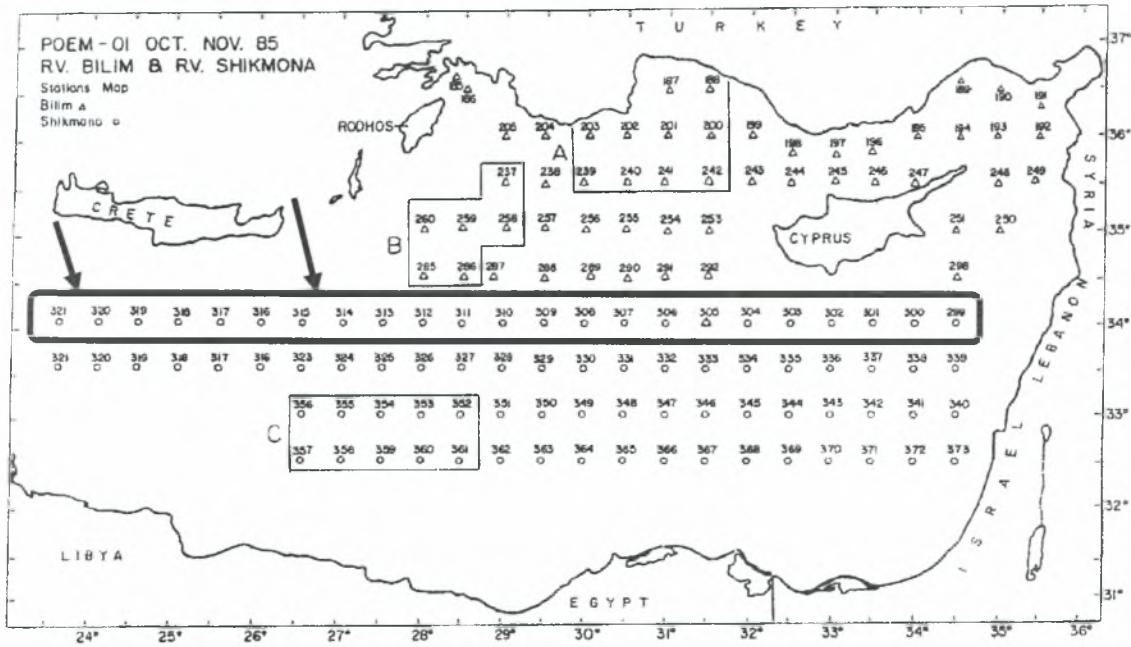
της Ρόδου και εισέρχεται με την μορφή νήματος στην βόρεια Λεβαντινή λεκάνη κάτω από το στρώμα ανάμιξης. Βορειότερα, αυτή η υδάτινη μάζα εμφανίζεται με την μορφή κηλίδων όπου είναι η συνέχεια της μορφής που είχε (Εικόνα 2.1.4.3.6).



Εικόνα 2.1.4.3.7: Κατακορυφή κατανομή της αλατότητας σε εγκάρσια τομή διεύθυνσης Δυσης-Ανατολής στο γ.μ. τον 35°N, κατά την διεξαγωγή του προγράμματος POEM-ON85. Η βαθμίδα των ισοαλατικών είναι ανα 0,05psu, (E. Ozsoy *et al.*, 1988).

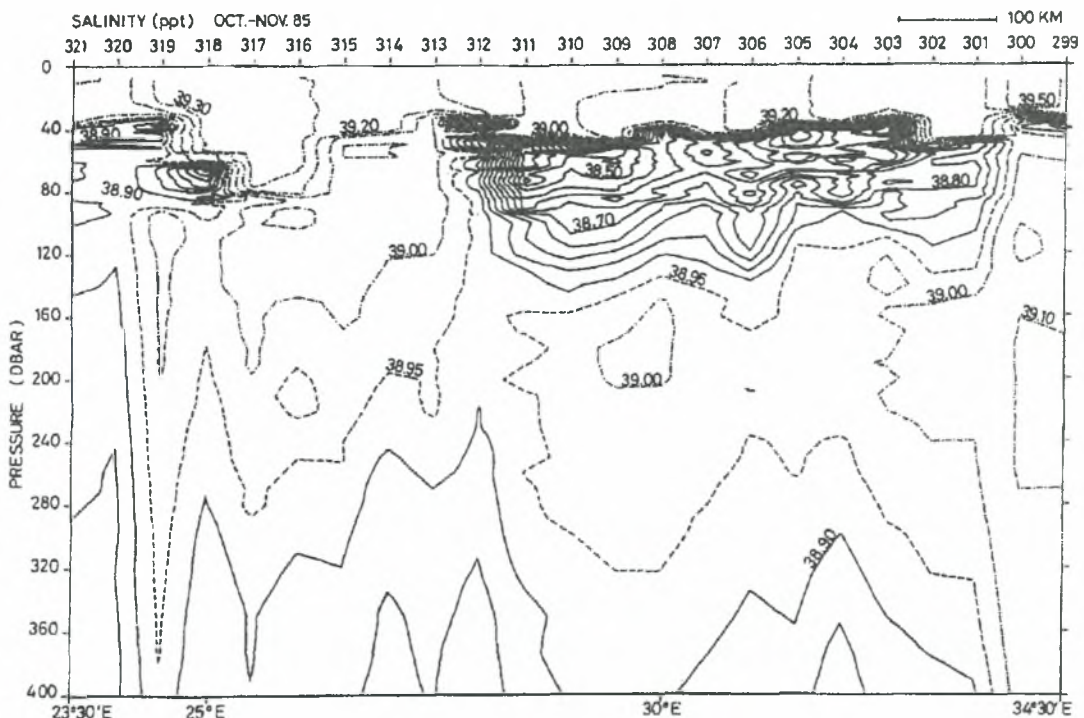
Οι Εικόνες 2.1.4.3.8a και 2.1.4.3.8b, μας δείχνουν την κατακόρυφη τομή της αλατότητας και της θερμοκρασίας από τα ανατολικά προς τα δυτικά κατά μήκος του γεωγραφικού πλάτους 34°B (Εικόνα 2.1.4.3.7).

(a)

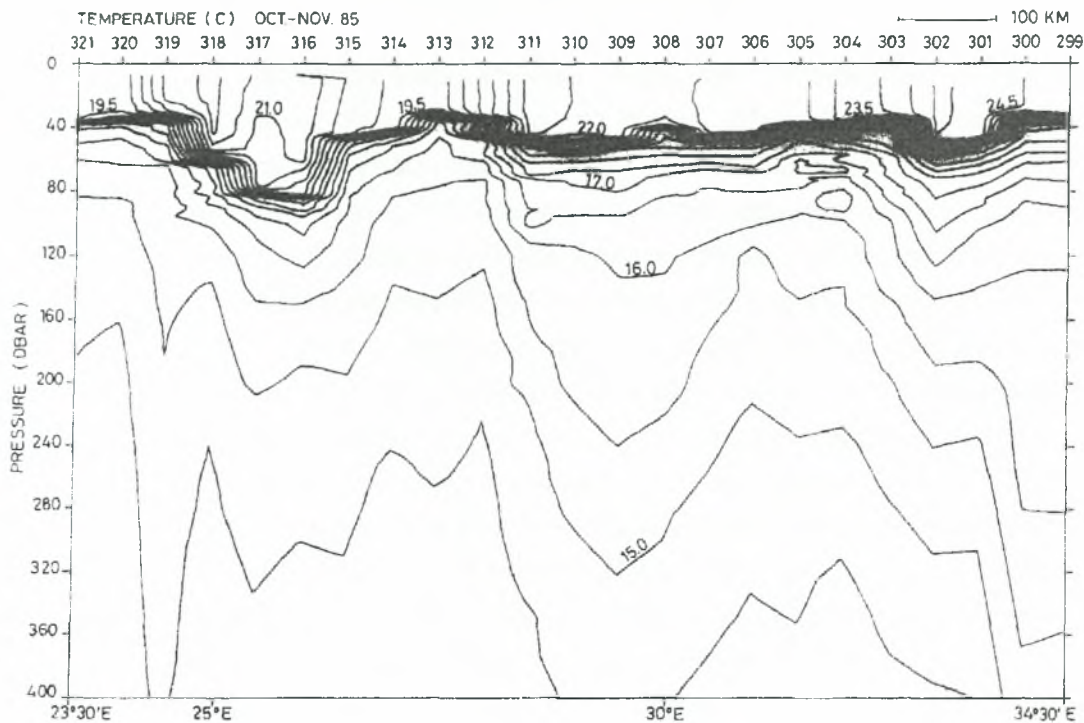


Εικόνα 2.1.4.3.7:Οι θέσεις των σταθμών κατά την διεξαγωγή του POEM-ON85 , (E. Ozsoy *et al.*, 1988).

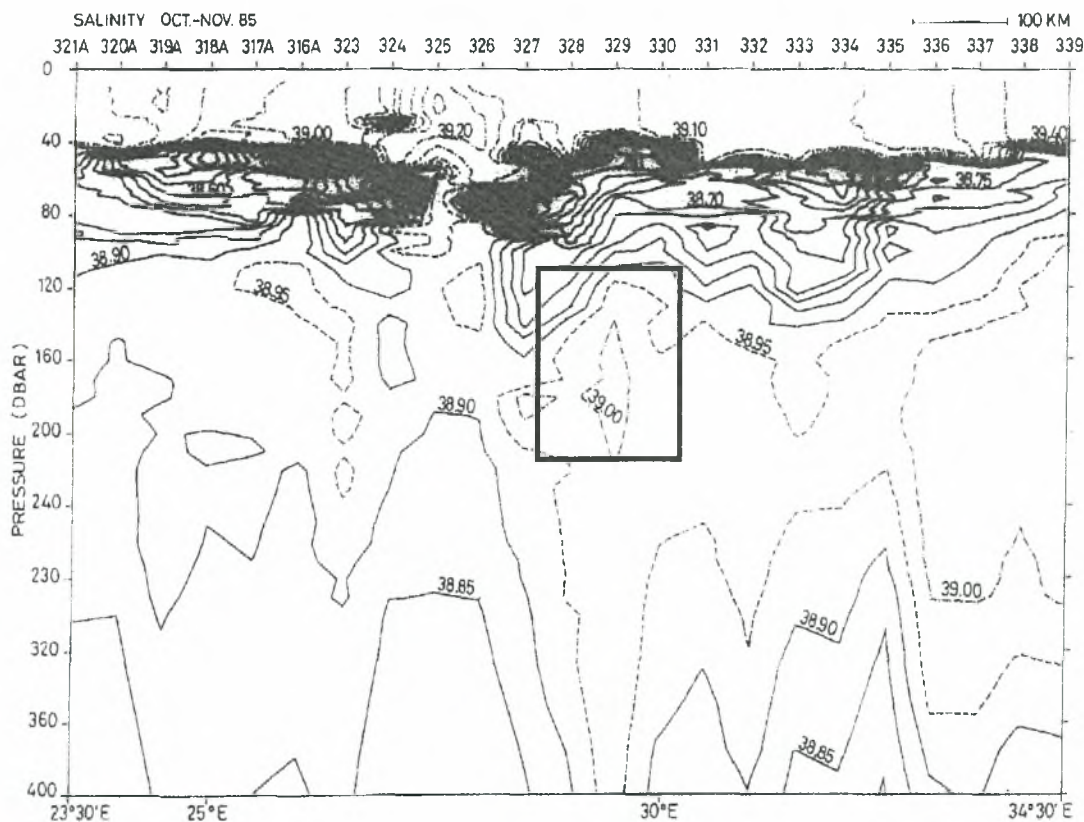
Ψυχρό νερό εισέρχεται από τα κέντρα των κυκλώνων που υπάρχουν νοτιοανατολικά και νοτιοδυτικά της Κρήτης. Ανάμεσα σε αυτά τα κυκλωνικά κέντρα μικρής κλίμακας, αντικυκλωνικές δίνες υπάρχουν, όπου το LIW με υψηλή αλατότητα λαμβάνει μέρος στο επιφανειακό στρώμα και επεκτείνεται μέχρι το βάθος των 300m.



Εικόνα 2.1.4.3.8a



Εικόνα 2.1.4.3.8b: Κατακορυφή κατανομή της α) αλατότητας & β) θερμοκρασίας σε εγκάρσια τομή διεύθυνσης Δύσης-Ανατολής στο γ.μ. τον 34°N, κατά την διεξαγωγή του προγράμματος POEM-ON85, (E. Ozsoy *et al.*, 1988).



Εικόνα 2.1.4.3.9: Κατακορυφή κατανομή της αλατότητας σε εγκάρσια τομή διεύθυνσης Δύσης-Ανατολής στο γ.μ. τον 33°30' N, κατά την διεξαγωγή του προγράμματος POEM-ON85, (E. Ozsoy *et al.*, 1988).

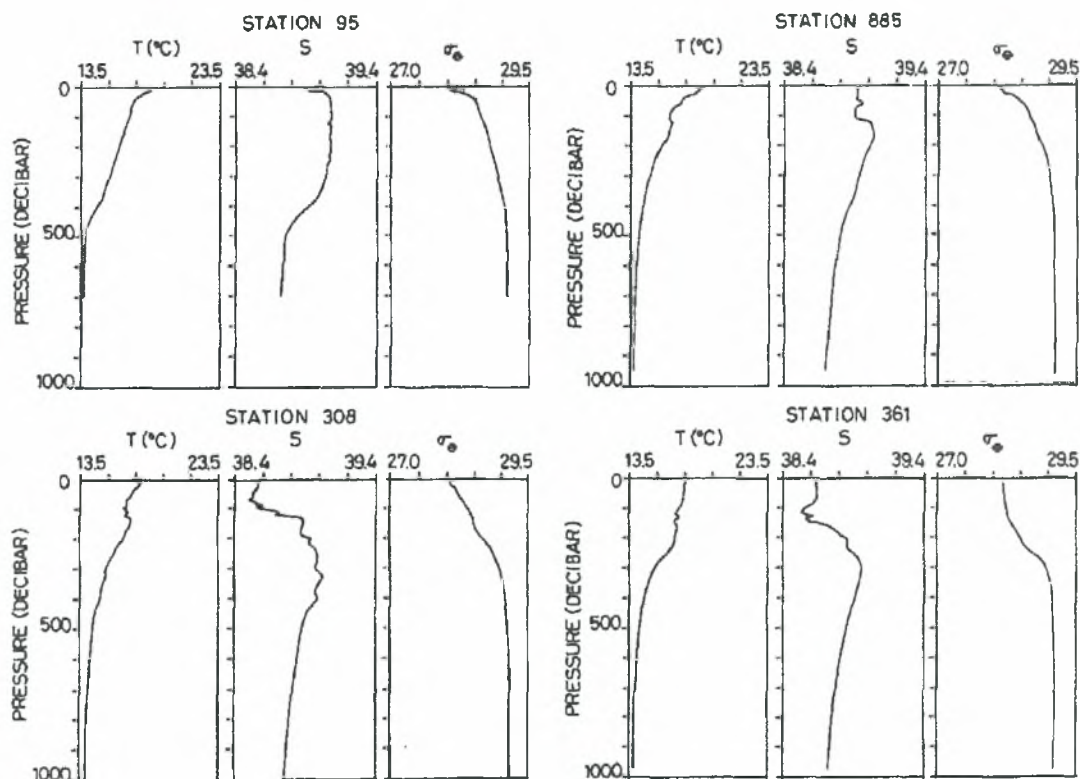
Αυτά τα χαρακτηριστικά φτάνουν μέχρι την Νοτιοδυτική πλευρά της κυκλωνικής Γύρας της Ρόδου. Ωστόσο, το ισχυρό ρεύμα (CLBC) που υπάρχει ανάμεσα στην Γύρα της Ρόδου και τη Mersa Matruh-Shikmona Γύρα δείχνει να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες ΑW στα ανώτερα στρώματα όπου επεκτείνεται μέχρι την νότια της Κύπρου. Η θερμοκρασία και η αλατότητα του ΑW παρουσιάζει πολλές εναλλαγές που είναι χαρακτηριστικό της μετωπικής περιοχής που βρίσκεται. Από την άλλη πλευρά, το LIW που βρίσκεται στην Ανατολική πλευρά της Λεβαντινής λεκάνης και το συναντάμε σε μεγαλύτερα βάθη κάτω από το ΑW, επίσης συντηρεί και αυξάνει το βάθος του λόγω της αντικυκλωνικής δίνης που υπάρχει στην περιοχή.

Η κατακόρυφη τομή της αλατότητας στο γεωγραφικό πλάτος 33°30'Β απεικονίζεται στην (Εικόνα 2.1.4.3.9). Έτσι παρατηρούμε ένα ελάχιστο αλατότητας για το ΑW στο νότιο μέρος του Κρητικού Περάσματος. Η κηλίδα του LIW που παρατηρείται μειώνεται σε μέγεθος λόγω της κυκλωνικής ροής που έχουμε από την Γύρα της Ρόδου με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η διαδικασία βύθισης του LIW.

Στο Ανατολικό τμήμα της τομής, το ΑW και το LIW εμφανίζονται στα συνήθη βάθη. Ωστόσο ο πυρήνας της αντικυκλωνικής βαθιάς δίνης εκτοπίζει το LIW στο σταθμό 329 σε μεγαλύτερο βάθος.

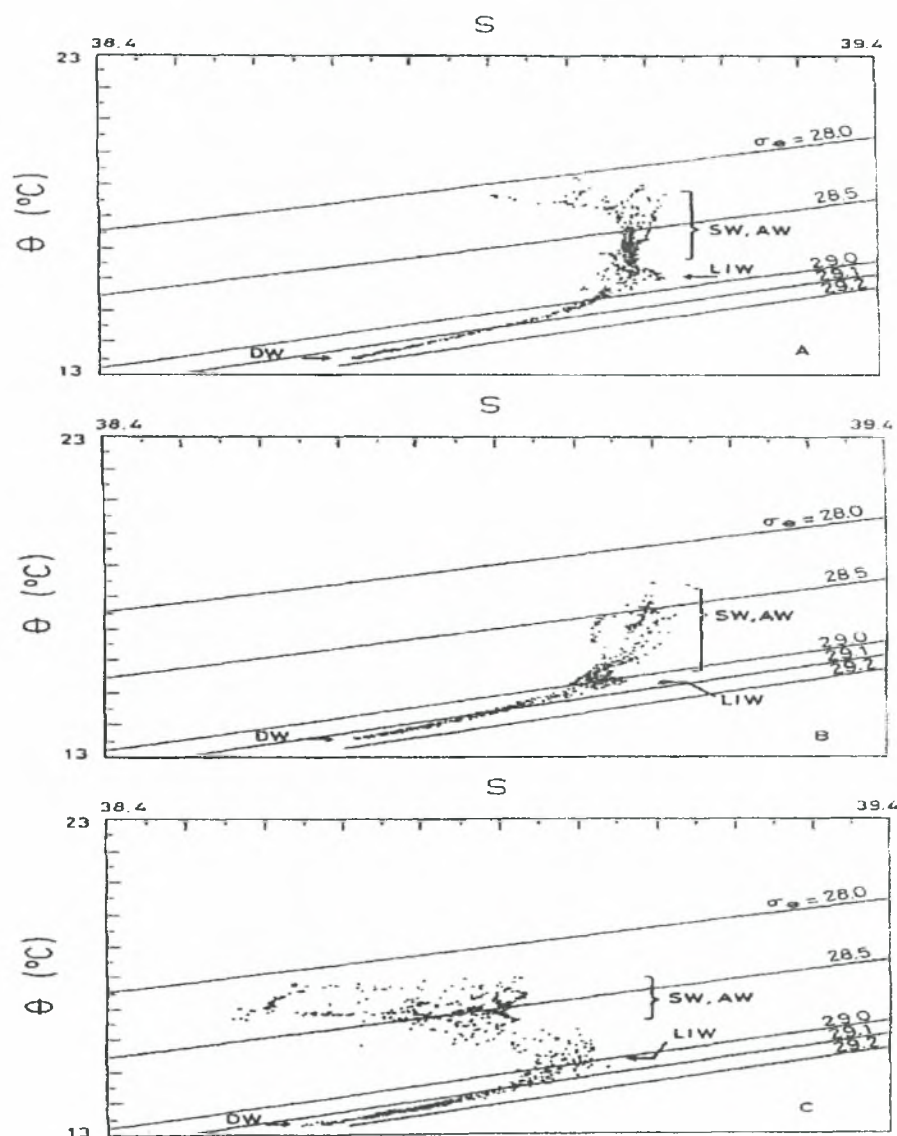
2.1.4.4 Υδρογραφία του Λεβαντινού πελάγους το χειμώνα (POEM-MA86).

Οι κατακόρυφες κατανομές που έγιναν από την ανάλυση των δεδομένων του POEM-MA86 (Εικόνα 2.1.4.4.1), σε ορισμένους σταθμούς έδειξαν ότι στα



Εικόνα 2.1.4.4.1: Προφίλ θερμοκρασίας, αλατότητας και πυκνότητας από επιλεγμένους σταθμούς της Λεβαντινής λεκάνης κατά την διάρκεια του προγράμματος POEM-MA86, (E. Ozsoy *et al.*, 1988).

υποεπιφανειακά νερά η ανάμιξη λαμβάνει χώρα σε βάθη έως 200-400dbar. Μόνο σε μερικούς σταθμούς στην βόρεια περιοχή της Λεβαντινής λεκάνης βρέθηκαν ίχνη από την υδάτινη μάζα AW, όπως στον σταθμό 885. Εντούτοις, κοντά στην βορειοανατολική ακτή του κόλπου της Αντάλιας βρέθηκε LIW σε βάθος 400 dbar, όπως δείχνει και η κατακόρυφη κατανομή από τον σταθμό 95. Επίσης, το AW παρατηρούμε να έχει εγκλωβιστεί στους σταθμους 308 και 361, εκεί όπου έχουμε το ελάχιστο της αλατοτητάς και το συναντάμε μέχρι το βάθος τον 300dbar. Σημειώνοντας ότι η ανάμιξη του επιφανειακού στρώματος δεν έχει ξεκινήσει να γίνεται, με αποτέλεσμα το AW να περιλαμβάνεται στο επιφανειακό στρώμα. Η στρωμάτωση των υδάτινων μαζών στο σταθμό 308 παρατηρήθηκε και σε άλλους σταθμούς στη περιοχή σε θέσεις όπου παρατηρούνται μέτωπα.

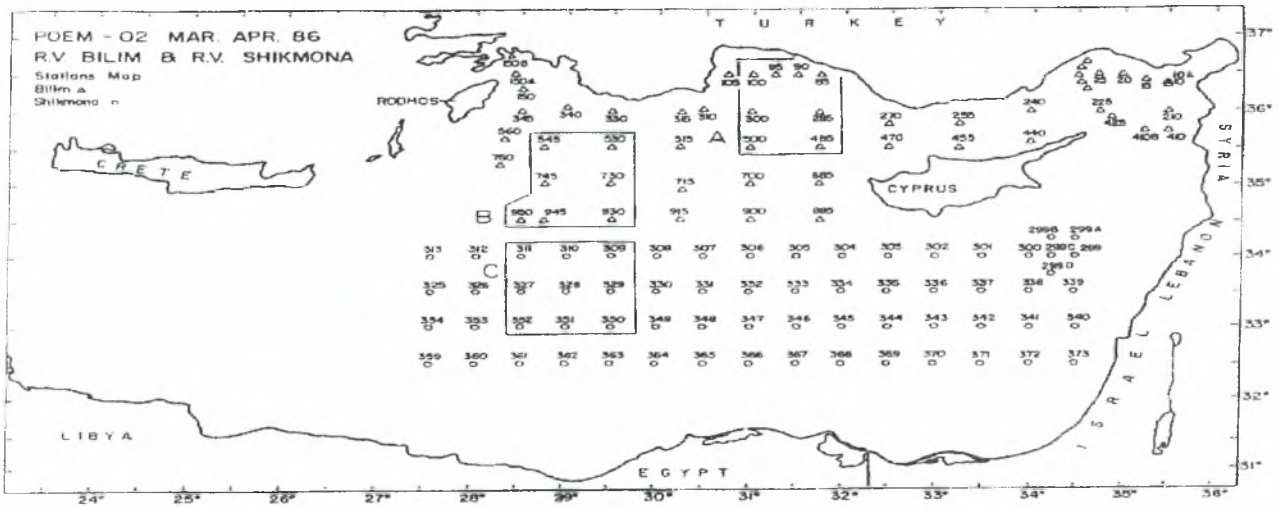


Εικόνα 2.1.4.4.2: Διαγράμματα T-S για τις περιοχές a) A, b) B, c) C όπως απεικονίζονται στην εικόνα 4.1.4.4.1 για το χειμώνα 1986, (E. Ozsoy *et al.*, 1988).

Λεπτομέρειες μικρής κλίμακας εμφανίζονται το χειμώνα σαν αποτέλεσμα της μείωσης της έντασης της στρωμάτωσης λόγω της αυξημένης ανάμιξης στα επιφανειακά στρώματα. Τα ύδατα υψηλής αλατότητας γενικά εκτείνονται από την επιφάνεια έως τα ενδιάμεσα βάθη με σχετικά πιο ομοιόμορφα χαρακτηριστικά και η αναγνώριση του AW είναι δύσκολη λόγω της ανάμιξης..

Τα διαγράμματα θ-S (Εικόνα 2.1.4.4.2) αντιστοιχούν στις περιοχές A, B και C της Εικόνας (2.1.4.4.1).

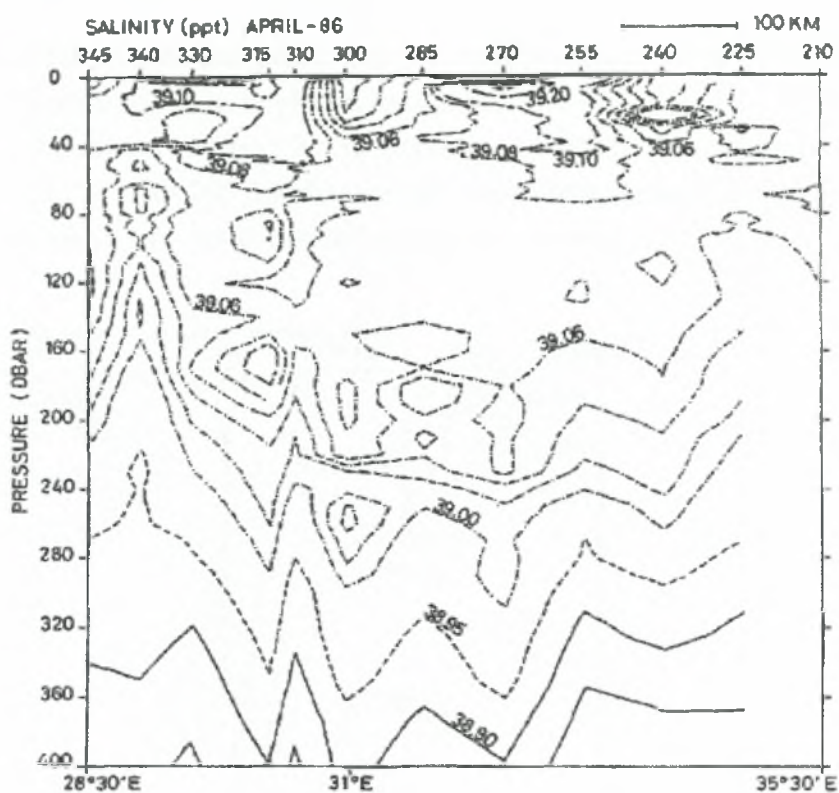
(b)



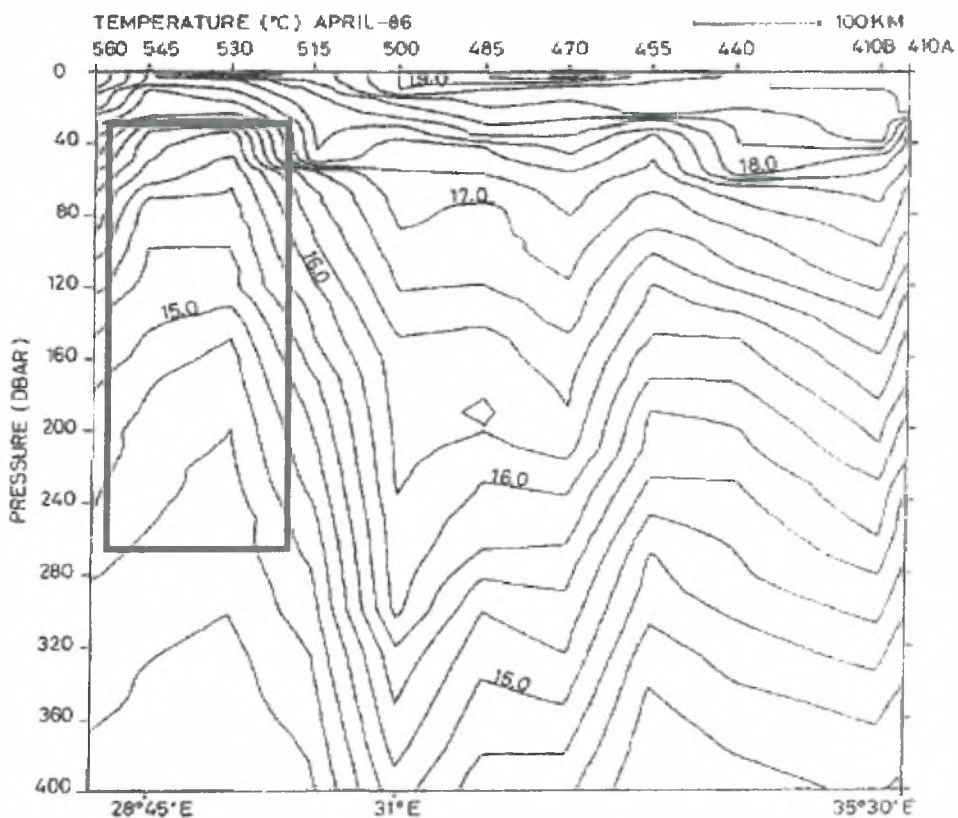
Εικόνα 2.1.4.4.1: Οι θέσεις των σταθμών κατά την διεξαγωγή του POEM-MA86, (E. Ozsoy *et al.*, 1988).

Στην περιοχή A, τα επιφανειακά και ενδιάμεσα νερά είναι σχεδόν ομοιόμορφα σε αλατότητα, ωστόσο η θερμοκρασιακή στρωμάτωση υφίσταται σε όλα τα στρώματα. Μέρος της διακύμανσης της θερμοκρασίας λαμβάνει χώρα στην αρχή της άνοιξης κοντά στα επιφανειακά ύδατα και αποτελείται εν μέρει από μερικές κηλίδες AW. Σε αυτήν την περίπτωση, αυτές οι δομές εμφανίζονται στα πρώτα 100m και στα περισσότερα προφίλ το LIW εμφανίζεται πιο κοντά στη επιφάνεια. Το LIW σε αυτήν την περιοχή αποκτά την μέγιστη αλατότητα και θερμοκρασία το καλοκαίρι. Τώρα, στην B περιοχή, η υδάτινη στήλη γίνεται λιγότερο στρωματοποιημένη με αποτέλεσμα το επιφανειακό στρώμα να γίνεται πιο λεπτό. Συνέπεια αυτού είναι τα επιφανειακά νερά να γίνονται πιο πυκνά. Από την άλλη μεριά, το επιφανειακό AW έχει παίξει σημαντικό ρόλο στην περιοχή C όπου έχουμε την δημιουργία και επικάλυψη των υδάτινων μαζών από το AW.

Για περαιτέρω περιγραφή των υδατινών μαζών χρησιμοποιούμε τις κατακόρυφες τομές. Κατά μήκος του γεωγραφικού πλάτους 36°B, η κατακόρυφη τομή της αλατότητας της (Εικόνας 2.1.4.4.3) δείχνει ότι νερά με υψηλή αλατότητα επεκτείνονται από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι σε βάθος 300 dbar.

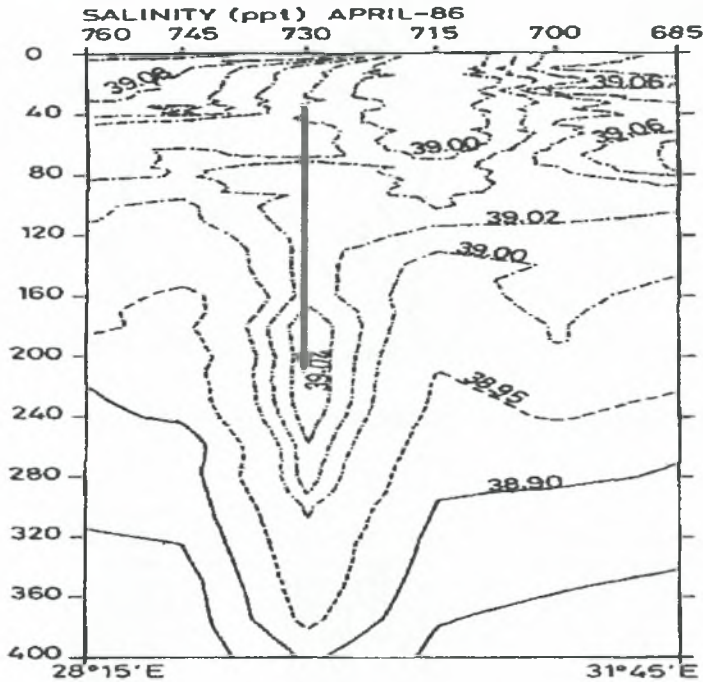


Εικόνα 2.1.4.4.3: Κατακόρυφη κατανομή της αλατότητας σε εγκάρσια τομή διεύθυνσης Δυσης-Ανατολίας στο γ.μ. τον 35°30'N,κατά την διεξαγωγή του POEM-MA86, (E. Ozsoy *et al.*, 1988).



Εικόνα 2.1.4.4.4: Κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας σε εγκάρσια τομή διεύθυνσης Δύσης-Ανατολίας στο γ.μ. τον 35°30'N, κατά την διεξαγωγή του προγράμματος POEM-MA86. , (E. Ozsoy *et al.*, 1988).

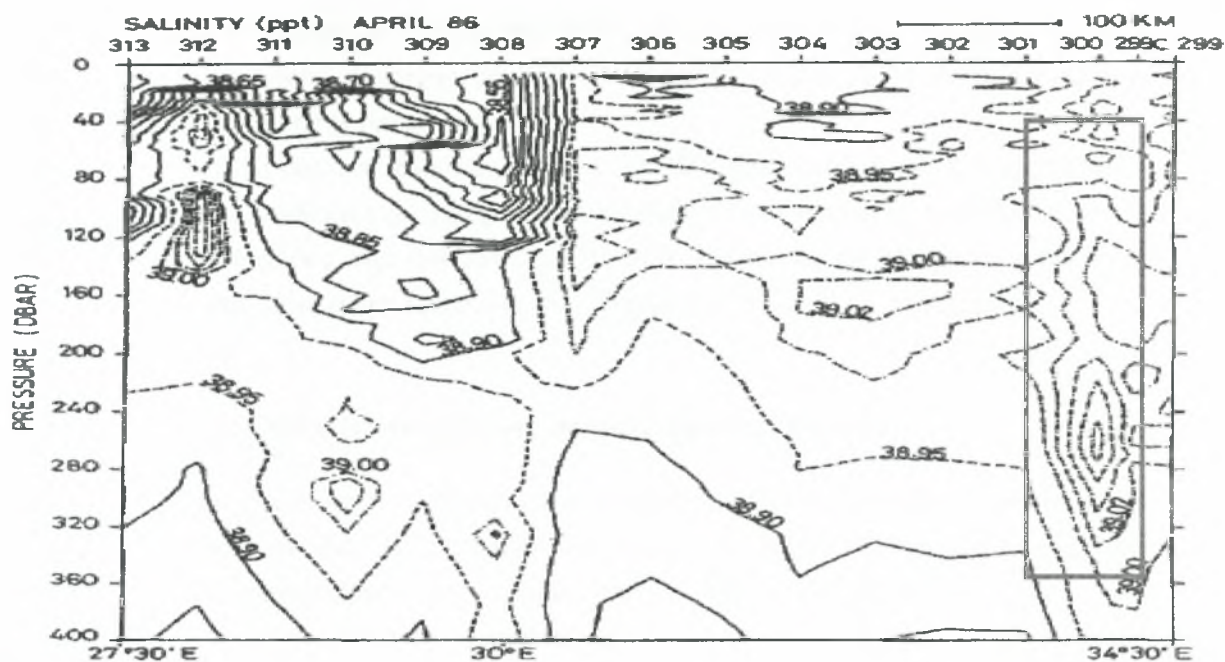
Στον σταθμό 340 ένα μέρος από την ανάδυση που γίνεται στην γύρα της Ρόδου παρατηρείται, αλλά αυτό γίνεται πιο ευκρινές σε ένα τμήμα της κατακόρυφης τομής του γεωγραφικού πλάτους $35^{\circ}30'N$ (Εικόνα 2.1.4.4). Το μέγιστο βάθος όπου συναντάμε το LIW είναι 200-300dbar και βρίσκεται στην αντικυκλωνική δίνη στον κόλπο της Αντάλειας που γειτονεύει με την περιοχή ανάδυσης.



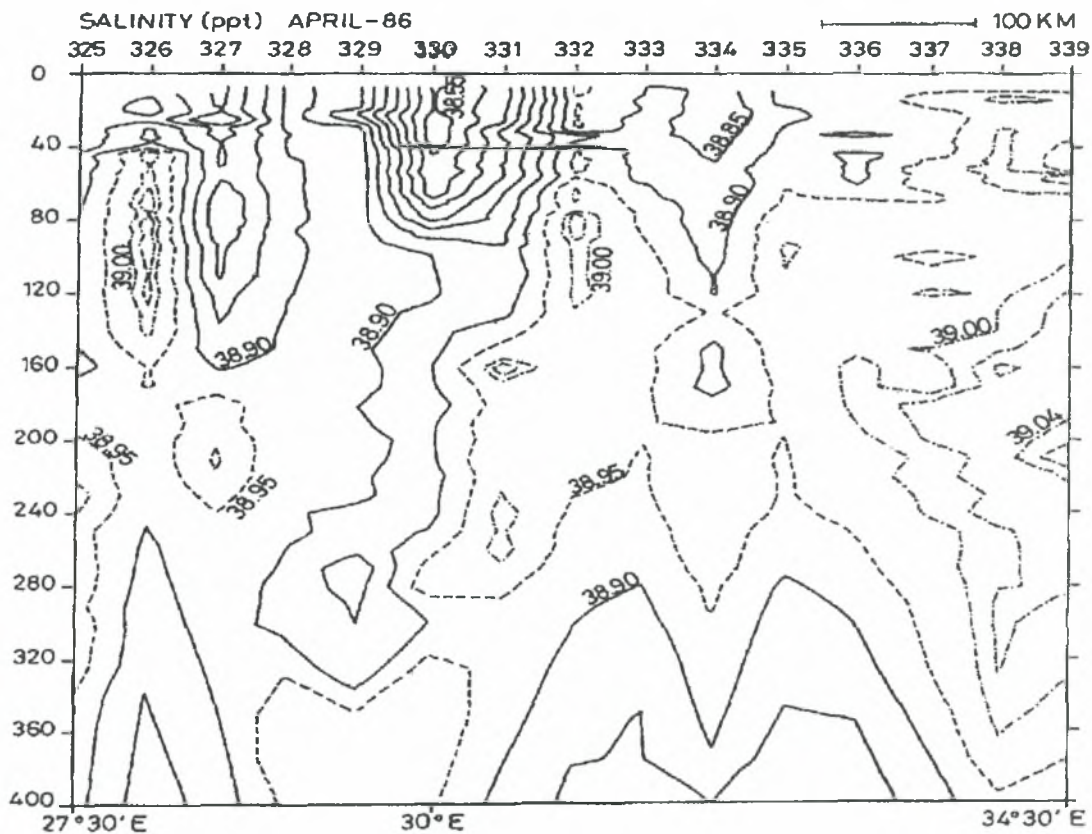
Εικόνα 2.1.4.5: Κατακορυφή κατανομή της αλατότητας σε εγκάρσια τομή διεύθυνσης Δυσης-Ανατολής στο γ.μ. τον $35^{\circ}N$, κατά την διεξαγωγή του POEM-MA86

Στην (Εικόνα 2.1.4.5) όπου είναι η κατακόρυφη τομή της αλατότητας για το γεωγραφικό πλάτος των $35^{\circ}N$, μια μικρή κηλίδα αποτελούμενη από LIW παρατηρείται να βυθίζεται στον σταθμό 730 όπου έχει εγκλωβιστεί σε ένα από τα στενά τμήματα της Γύρας της Ρόδου, όπου οι αντικυκλωνικές δίνες που βρίσκονται σε κάθε πλευρά της τείνουν να συγκλίνουν.

Η εγκάρσια τομή κατά μήκος του γεωγραφικού πλάτους $34^{\circ}N$ (Εικόνα 2.1.4.6) δείχνει μια ανοδική κίνηση των υπερκείμενων υδάτινων μαζών στο στενό δυτικό τμήμα της ημισεληνοειδούς μορφής που έχει η κυκλωνική Γύρα της Ρόδου. Μία υδάτινη μάζα (AW) στην επιφάνεια καταλαμβάνει το δυτικό τμήμα αυτής της τομής και παγιδεύεται στην γύρα Mersa-Matruh. Υπάρχει ένα έντονο μέτωπο που διαχωρίζει αυτήν την γύρα από το ανατολικό τμήμα της Γύρας της Ρόδου.



Εικόνα 2.1.4.4.6: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας στο γεωγραφικό πλάτος 34° N, MA86



Εικόνα 2.1.4.4.7: Κατακόρυφη τομή αλατότητας στο γεωγραφικό πλάτος 33°30' B, MA86

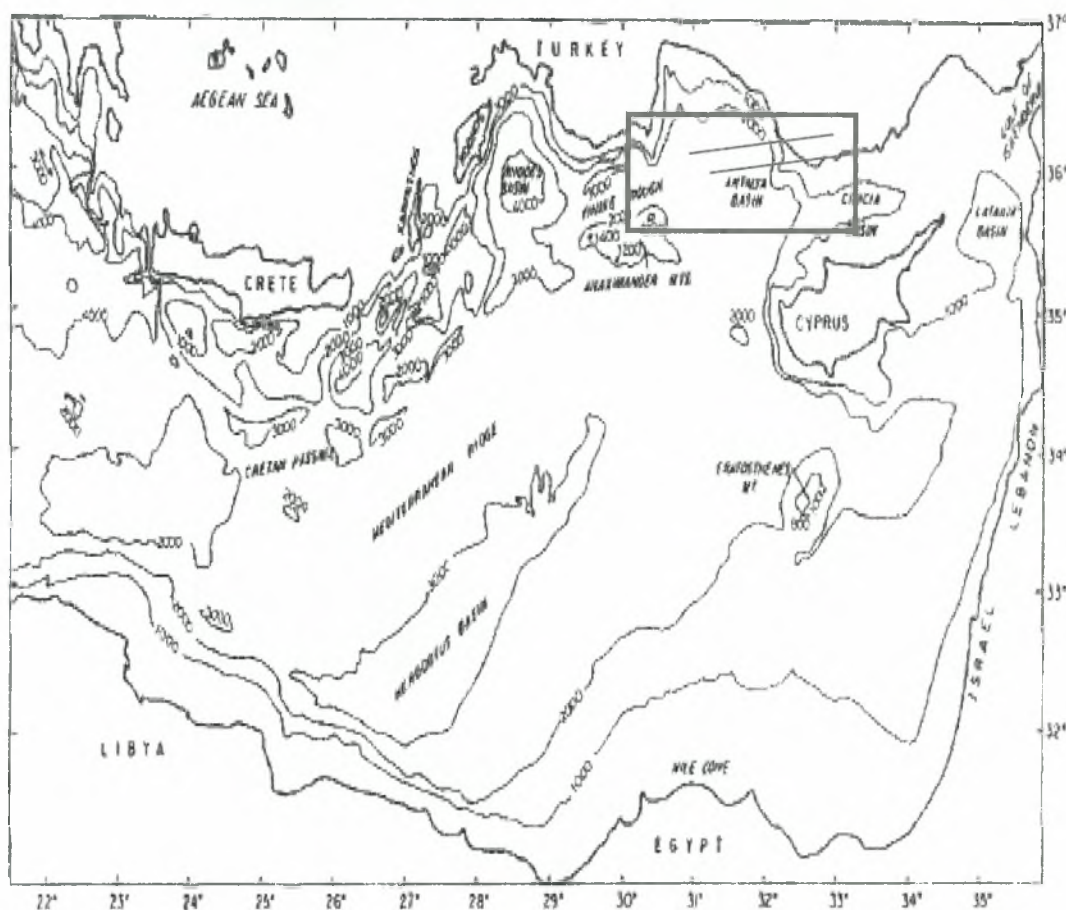
Το LIW είναι παγιδευμένο στα βαθύτερα στρώματα της Γύρας Mersa-Matruh και απαντάται επίσης στην Ανατολική Λεβαντίνη λεκάνη όπου βρίσκεται ακριβώς

κάτω από την επιφάνεια. Το μέγιστο του LIW εμφανίζεται στον σταθμό 300, εντός μια αντικυκλωνικής περιοχής μέσα στην Γύρα Shikmona. Επιπλέον, κάποια ίχνη εμφανίζονται και στην επιφάνεια.

Κατά μήκος του παράλληλου των 33°30'Β (Εικόνα 2.1.4.7) επικρατούν οι ίδιες περίπου συνθήκες με εξαίρεση το γεγονός ότι οι ανοδικές κινήσεις είναι πιο έντονες. Ένα μέρος της υδάτινης μάζας AW βρίσκεται παγιδευμένο στην Γύρα Mersa-Matruh που εμφανίζεται σε δυο ξεχωριστά σημεία με εκτεταμένες κάθετες επιμηκύνσεις.

2.1.5 Ιούνιος 1986 (Ωκεανογραφικό σκάφος ερευνάς “Bilim”).

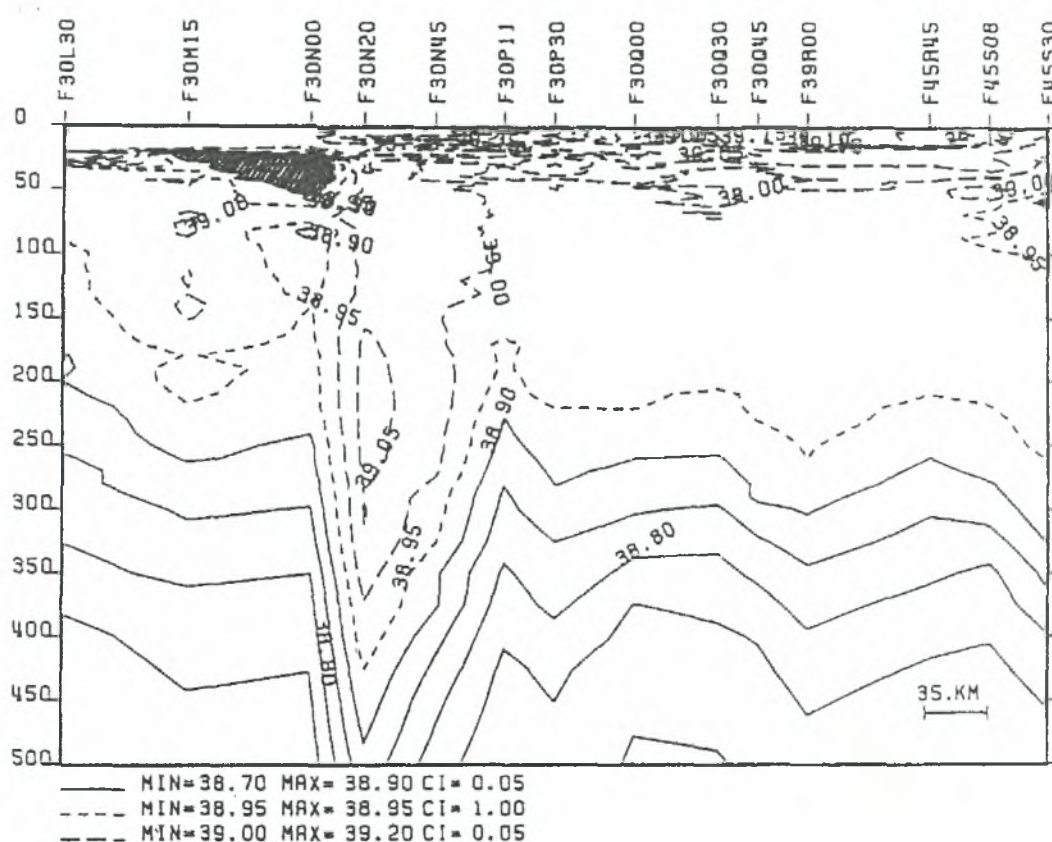
Κατά την διάρκεια του πλόα που πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο του 1986 από το ερευνητικό σκάφος Bilim μελετήθηκε μόνο το βόρειο τμήμα της Λεβαντινής λεκάνης. Παρατηρήθηκε μια σειρά από μόνιμες αντικυκλωνικές δίνες που επεκτείνονται ανάμεσα στην λεκάνη της Κιλικίας και στην θαλάσσια οροσειρά Αναξιμανδρος όπως απεικονίζονται στην (Εικόνα 2.1.5.1)



Εικόνα 2.1.5.1: Τοπογραφικός και βυθομετρικός χάρτης της Ανατολικής Μεσογείου (E. Ozsoy *et al.*, 1990)

Η παρουσία της Γύρας της Ρόδου δείχνει μια κυκλωνική κυκλοφορία που εμφανίζεται στη δυτική πλευρά της περιοχής όπου εμφανίστηκαν οι αντικυκλωνικές δίνες. Επίσης, οι αντικυκλωνικές δίνες του Αναξιμανδρου και της Αντάλιας παρουσιάζονται και εμφανίζονται ξανά στις ίδιες περιοχές όπου είχαν αναγνωριστεί κατά την διάρκεια του POEM I, ON 1985.

Τον Ιούνιο 1986 ο έντονος Αντικυκλώνας Αντάλεια που υπάρχει στην ευρύτερη περιοχή απεικονίζεται στην κατακόρυφη τομή της αλατότητας (Εικόνα 2.1.5.2). Μια κηλίδα του AW εμφανίζεται στην δυτική πλευρά της αντικυκλωνικής δίνης Αντάλεια και πιθανότητα η προέλευση του AW να είναι από την δυτική πλευρά της Κύπρου. Εμφανίζεται ωστόσο και μια μικρή κηλίδα στον ανατολικότερο σταθμό της τομής και δείχνει μια μικρή διαπερατότητα που υπάρχει στην Ανατολική πλευρά της Κύπρου.

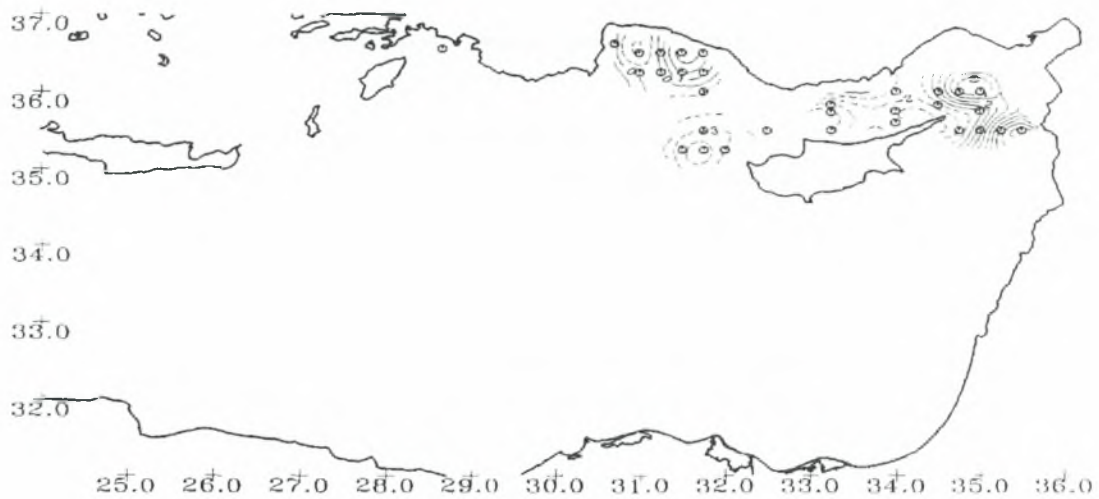


Εικόνα 2.1.5.2: Κατακόρυφη τομή αλατότητας κατά μήκος της Δυτικής-Ανατολικής πλευράς στην Βόρεια Λεβαντινή Θάλασσα, Ιούνιος 1986 (E. Ozsoy *et al.*, 1990).

2.1.6 Η κυκλοφορία του Λεβαντινού Πελάγους κατά τη διάρκεια του (POEM-FM87).

Σε αυτόν τον πλόα το μεγαλύτερο μέρος των μετρήσεων έγιναν στο βόρειο τμήμα της λεκάνης (Εικόνα 2.1.6.1). Σε αντίθεση με τον προηγούμενο πλόα, η

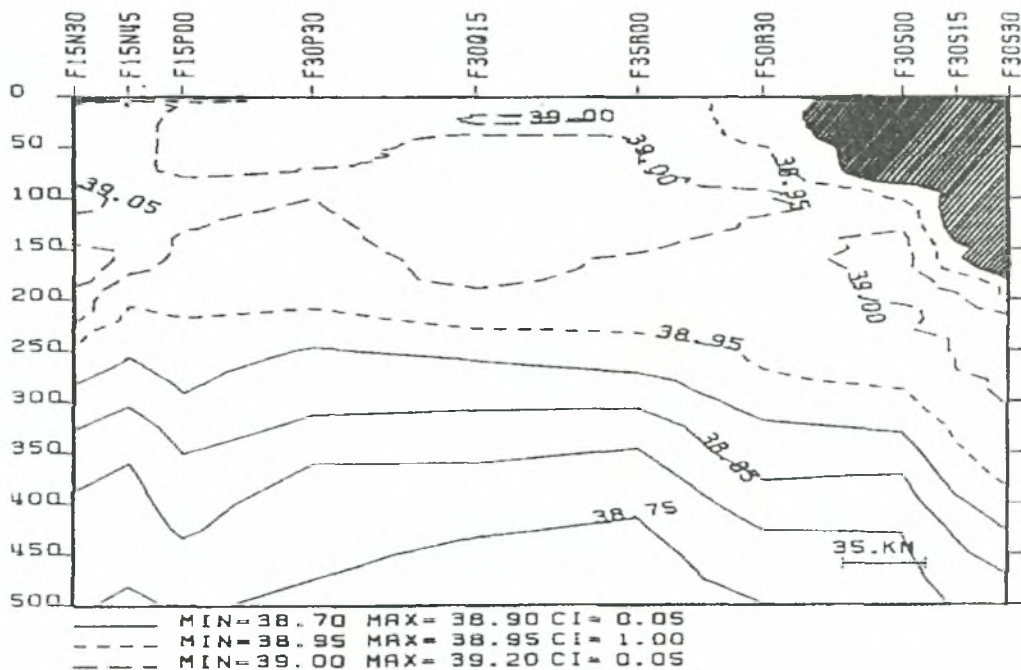
κυκλοφορία που παρατηρείται κατά κύριο λόγο στην Λεκάνη της Κιλικίας είναι κυρίως κυκλωνική. Ωστόσο παρατηρούμε να αναπτύσσονται δυο νέες αντικυκλωνικές δίνες στην λεκάνη Λαττάκια στο Ανατολικό τμήμα της λεκάνης της



Εικόνα 2.1.6.1: Ένδειξη της επιφανειακής γεωδυναμικής ανωμαλίας σε σχέση με τα 800 dbar (E. Ozsoy *et al.*, 1990).

Κιλικίας. Οι δίνες αυτές είναι ιδιαίτερες γιατί δείχνουν μεγάλες ποσότητες AW στην περιοχή σε σχέση με τους άλλους πλόες που έγιναν. Παρόλα αυτά, ο πλόας δεν κάλυψε το δυτικό τμήμα του κόλπου της Αντάλιας, με αποτέλεσμα να μην εμφανίζεται ο αντικυκλώνας της Αντάλιας στην ανατολική πλευρά της όπως εμφανιζόταν στους προηγούμενους πλόες.

Μόνο τον Φεβρουάριο του 1987 (Εικόνα 2.1.6.2) παρατηρήσαμε μεγάλες ποσότητες AW στην περιοχή ανατολικά της Κύπρου. Για πρώτη φορά σε αυτήν την

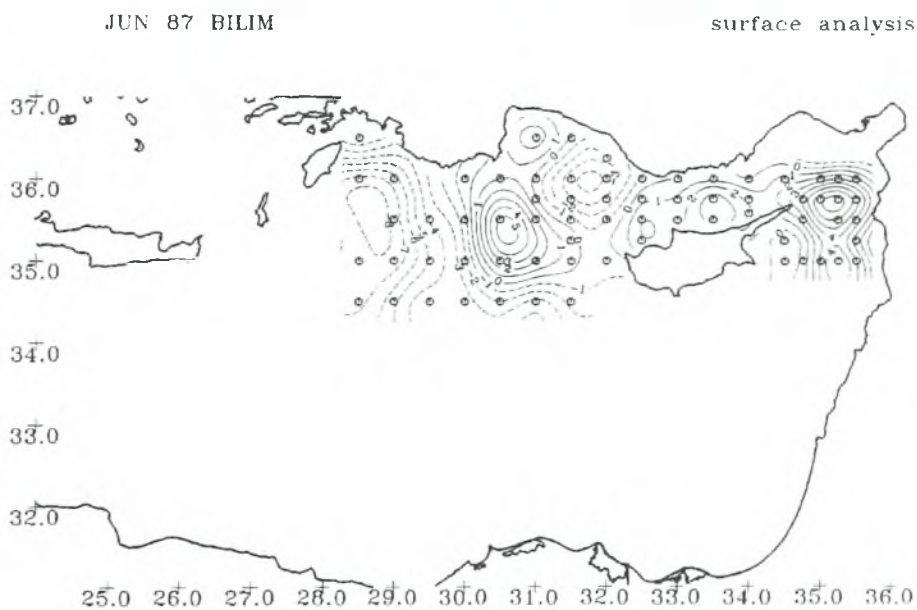


Εικόνα 2.1.6.2: Κατακόρυφη τομή της αλατότητας κατά μήκος της Δυτικής-Ανατολικής πλευράς στην Βόρεια Λεβαντινή Θάλασσα, Φεβρουάριος 1987 (E. Ozsoy *et al.*, 1990).

περιοχή παρατηρήθηκε ένα στρώμα από AW που επεκτείνεται από την επιφάνεια μέχρι το βάθος των 200m. Το AW εμφανίζεται σε αυτόν το πλάνα να είναι παγιδευμένο ανάμεσα στις αντικυκλωνικές δίνες που δραστηριοποιούνται στη λεκάνη Λαττάκια και στον κόλπο Iskenderun.

2.1.7 Ιούνιος 1987 (Ωκεανογραφικό σκάφος έρευνας “Bilim”)

Στην (Εικόνα 2.1.7.1), η Γύρα της Ρόδου εμφανίζεται να υποχωρεί στην δυτική της πλευρά και μια αντικυκλωνική δίνη να λαμβάνει χώρα ανά τακτικά χρονικά διαστήματα προερχόμενη από την λεκάνη της Αντάλιας. Στην πραγματικότητα οι αντικυκλωνικές δίνες της Αντάλιας και του Αναξιμανδρου στα πρώτα τρία ταξίδια εμφανίζονται να αντικαθίστανται από μια αντικυκλωνική δίνη όπου βρίσκεται στην νότια πλευρά των θέσεων όπου οι δίνες σχηματίζονται. Συνεπώς τα ρεύματα της περιφέρειας της Γύρας της Ρόδου ρεύουν δυτικά/νοτιοδυτικά της

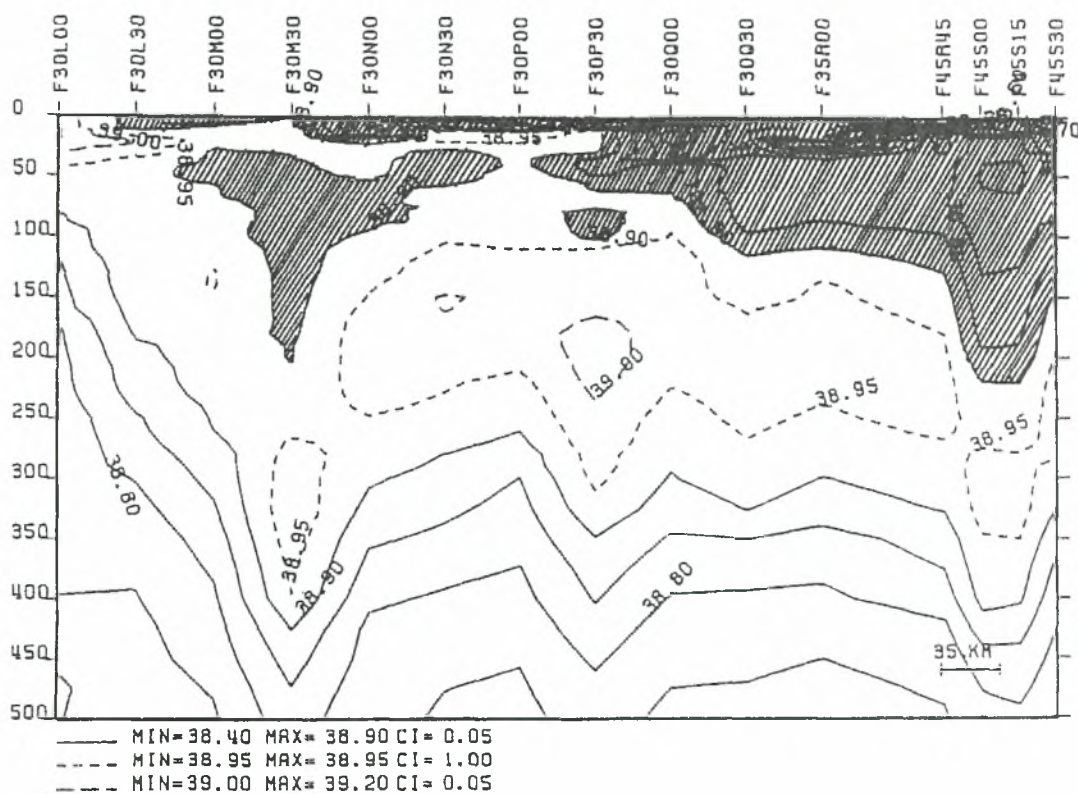


Εικόνα 2.1.7.1: Ένδειξη της επιφανειακής γεωδυναμικής ανωμαλίας σε σχέση με τα 650 dbar, Ιούνιος 1987 (E. Ozsoy *et al.*, 1990).

Κύπρου και, ύστερα αλλάζουν κατεύθυνση και κινούνται βόρεια κατά μήκος των ακτών της Ανατολίας. Μια κυκλωνική δίνη εμφανίζεται στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης Αντάλιας και η περιοχή ανατολικά αυτής της δίνης, οι λεκάνες της Κιλικίας και της Λαττάκιας καταλαμβάνονται από αντικυκλωνική κυκλοφορία· η κυκλοφορία της λεκάνης της Κιλικίας έχει αντιστρέψει την κατεύθυνση της για μία ακόμα φορά σε αντικυκλωνική και το ζευγάρι των δινών της λεκάνης της Κιλικίας εξακολουθεί να υφίσταται. Εδώ σημειώνουμε και θα παρουσιαστεί αργότερα ότι τα Ατλαντικά νερά που εισέρχονται στην περιοχή των αντικυκλώνων κατά την διάρκεια του

προηγούμενου πλόα εξακολουθούν να υπάρχουν και σε αυτόν το πλόα. Το ποσοστό του AW που παρατηρείται στην περιοχή έχει αυξηθεί. Επιπλέον, από την πρώτη φορά τον Φεβρουάριο 1987 που εμφανίστηκε το AW στη λεκάνη Λαττάκια, πλέον έχει φτάσει σε μεγάλο βαθμό επέκτασης, με αποτέλεσμα να καλύπτει πλέον και την λεκάνη της Κιλικίας. Την επέκταση αυτή την επιτυγχάνει με τη σύνδεση των αντικυκλωνικών δινών των δύο λεκανών.

Κλείνοντας, παρατηρούμε μια κηλίδα αποτελούμενη από AW να εμφανίζεται στον αντικυκλωνικό στρόβιλο που βρίσκεται στην λεκάνη της Αντάλειας. Ωστόσο, δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως πως αυτή η κηλίδα αποτελούμενη από AW βρέθηκε εκεί, αλλά το μονό που γνωρίζουμε είναι ότι δεν είχε εμφανιστεί εκεί πριν τον Φεβρουάριο του 1987 (Εικόνα 2.1.7.2).



Εικόνα 2.1.7.2: Κατακόρυφη τομή της αλατότητας κατά μήκος της Δυτικής-Ανατολικής πλευράς στην Βόρεια Λεβαντινή Θάλασσα, Ιούνιος 1987 (E. Ozsoy *et al.*, 1990).

2.1.8 Κυκλοφορία του Λεβαντινού Πελάγους στα πλαίσια του POEM V, AS 1987

Κατά την διάρκεια των Αύγουστο – Σεπτέμβριο του 1987, η ερευνητική ομάδα του POEM προσπάθησε την ταυτόχρονη συλλογή δεδομένων σε ολόκληρη την Ανατολική Μεσόγειο με το πρόγραμμα POEM-V.

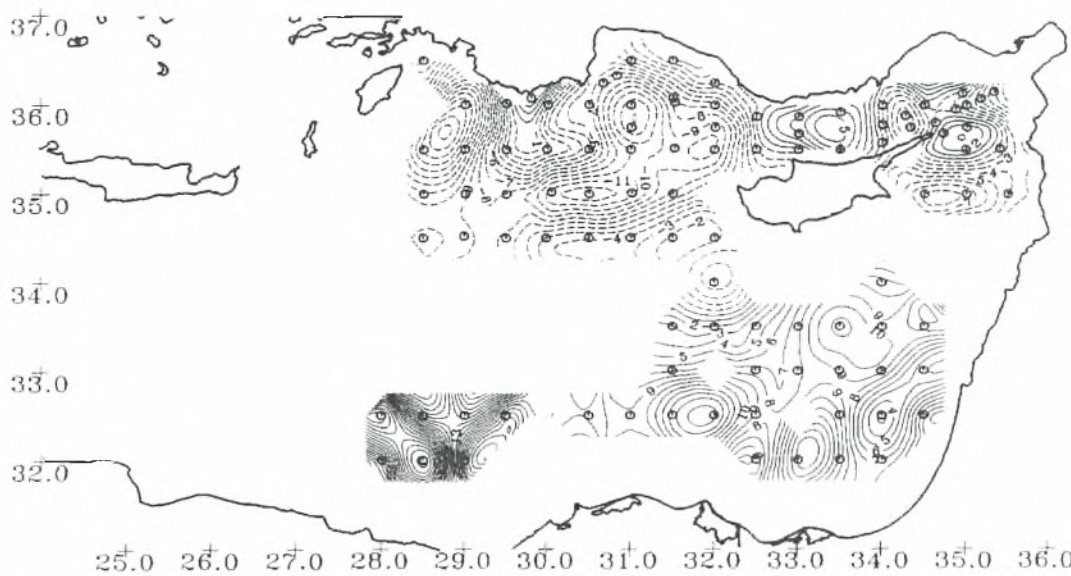
Σε αντίθεση με τους πλόες που διεξήχθησαν από τους Τούρκους και τους Ισραηλινούς, οι επιστήμονες του POEM από τις Ιταλία, Ελλάδα, Γιουγκοσλαβία, Γερμανία και Αμερική συνεργάστηκαν στην συλλογή δεδομένων με διάφορα σκάφη

με τα οποία έγιναν οι μετρήσεις και αργότερα, στη διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων. Οι αναλύσεις που δόθηκαν από την επιστημονική ομάδα του ΡΟΕΜ και τους Robinson *et al.* (1991) από την συλλογή δεδομένων από το πρόγραμμα ΡΟΕΜ στην Ανατολική Μεσόγειο περιλαμβάνουν και το πρόγραμμα ΡΟΕΜ-V. Ωστόσο, οι αναλύσεις που παρουσιάζονται είναι βασισμένες στα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους Ισραηλινούς και τους Τούρκους.

Τα αποτελέσματα (Εικόνα 2.1.8.1) δείχνουν την κυκλωνική Γύρα της Ρόδου να επεκτείνεται στην λεκάνη Αντάλια και η αντικυκλωνική κυκλοφορία στην λεκάνη της Κιλικίας να υφίσταται όπως στους προηγούμενους πλόες. Επιπλέον, ο αντικυκλώνας της Αντάλιας έχει πλήρως εξαφανιστεί και δεν εμφανίζεται καθόλη την διάρκεια των μετρήσεων. Η δίνη Αναξίμανδρος εντατικοποιείται και βρίσκεται κοντά στις Τουρκικές ακτές. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι δίνες Αντάλια και Αναξίμανδρος έχουν αναγνωριστεί ως ημιμόνιμα χαρακτηριστικά της περιοχής επειδή δραστηριοποιούνταν από τον Οκτώβριο του 1985 έως τον Ιούνιο του 1986. Αυτό που εμφανίστηκε στους τελευταίους πλόες τους Φεβρουάριο και Ιούνιο του 1987 είναι ότι πρέπει πιθανόν τώρα οι δίνες να είναι ενωμένες και ακόμα πως η δίνη Αναξίμανδρος αναγνωρίστηκε σε αυτόν το πλόα πως έχει αλλάξει κατεύθυνση.

AUG-SEP 87 BILIM & SHIKMONA

surface analysis



Εικόνα 2.1.8.1: Ένδειξη της επιφανειακής γεωδυναμικής ανωμαλίας σε σχέση με τα 450 dbar, Αύγουστος/Σεπτέμβριος 1987 (E. Ozsoy *et al.*, 1990).

Στο Νότιο τμήμα της λεκάνης και σχεδόν δυο χρόνια μετά την πρώτη αναγνώριση τους, δομές που θυμίζουν τις πρωταρχικές απεικονίσεις των Γύρων του Mersa-Matruh και του Shikmona παρατηρούνται για μια ακόμα φορά.

Η Γύρα Mersa-Matruh περιλαμβάνει δυο έντονους αντικυκλωνικούς στροβίλους πιο κοντά στην ακτή σε σχέση με προηγούμενες παρατηρήσεις. Ουσιαστικά, η Γύρα Shikmona αποτελείται από δυο αντικυκλωνικές δίνες. Η έντονη Βορειότερη δίνη από αυτές τις δυο παρατηρείται να βρίσκεται πιο Νότια στον προηγούμενο πλόα. Παρόλο που έχουμε έλλειψη δεδομένων από την περιοχή, το κεντρικό Λεβαντινό Ρεύμα εμφανίζεται ανάμεσα στην Γύρα της Ρόδου και της Mersa-Matruh όπου διακλαδίζεται δυτικά της Κύπρου. Η απόκλιση του λαμβάνει χώρα στο γεωγραφικό πλάτος 28°Α-34°Β. Ο ένας κλάδος του ρεύματος έχει κατεύθυνση Βορειοανατολικά και έπειτα συνεχίζει την πορεία του δυτικά, περιφερειακά της Γύρας της Ρόδου.

Ο άλλος κλάδος ρέει Νότια της Κύπρου και ύστερα κατευθύνεται προς το Νότο, όπου ρέει τελικά Δυτικά στην Βόρεια περιφέρεια της γύρας Shikmona. Κλείνοντας, να αναφέρουμε πως κανένα ρεύμα που δραστηριοποιείται στη Λεβαντινή λεκάνη δεν το συναντάμε στην λεκάνη της Κιλικίας.

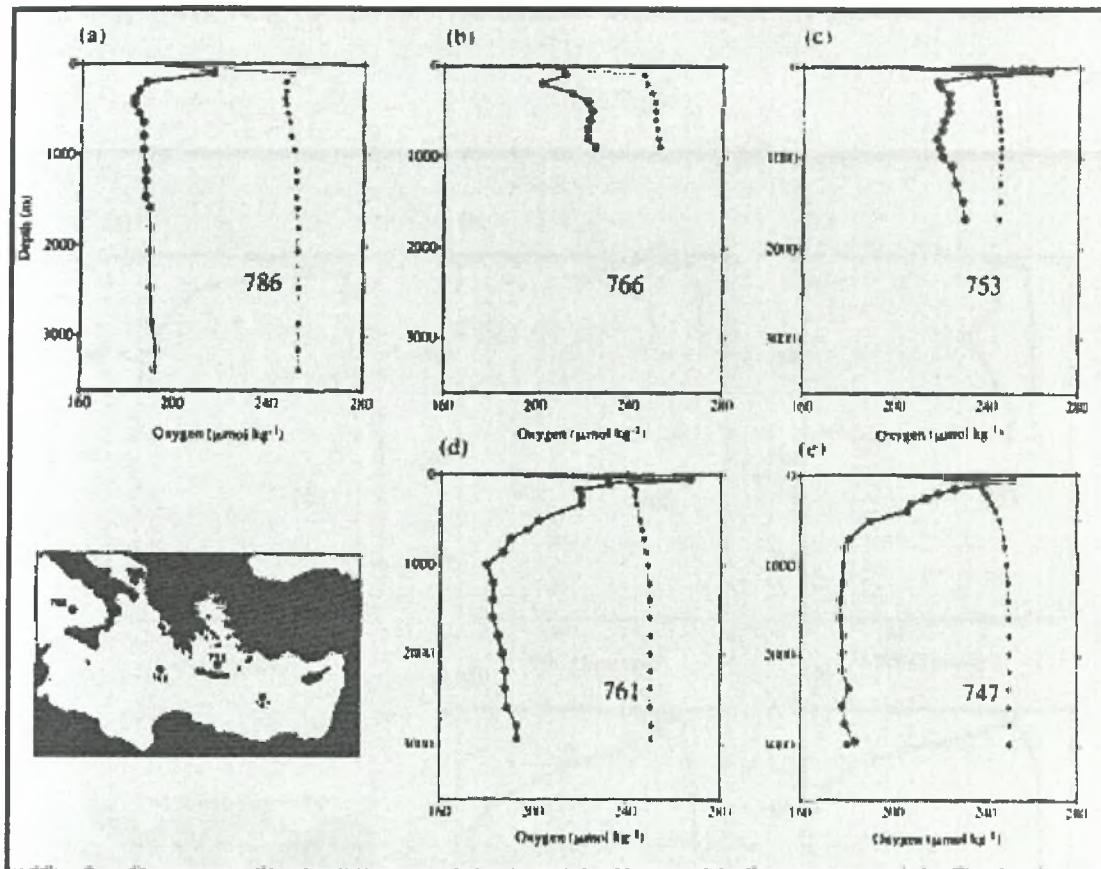
2.2 METEOR 1987

2.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παράλληλα με το POEM V, AS87 πραγματοποιήθηκε και ο πλόας METEOR 1987 που αποτελεί επέκταση του πλόα που αναφέραμε. Σκοπός αυτού του πλόα είναι να μελετήσει την κυκλοφορία των υδάτινων μαζών χρησιμοποιώντας ιχνηλάτες και να παρουσιάσει τυχόν διαφορές τόσο στην κυκλοφορία όσο και στην δομή της υδάτινης στήλης. Έτσι, τα δεδομένα που συλλέχτηκαν από τον πλόα περιλαμβάνουν μετρήσεις οξυγόνου, θρεπτικών συστατικών και CFM. Οι (Εικόνες 2.2.1.1 και 2.2.1.2) δείχνουν τις ενδεικτικές κατακόρυφες κατανομές του οξυγόνου και του CFM από διαφορετικές υπολεκάνες της Ανατολικής Μεσογείου και παρέχουν μια γενική εικόνα της περιοχής. Επιπλέον, ένας σταθμός από την θάλασσα της Τυρριηνίας περιλαμβάνεται στην σύγκριση. Κοντά στην επιφάνεια οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου είναι σχετικά παρόμοιες σε όλη την Ανατολική Μεσόγειο (μ.ο. ~206 $\mu\text{mol/kg}$). Οι συγκεντρώσεις μεγαλώνουν απότομα κάτω από την επιφάνεια και αγγίζουν ένα ρηχό μέγιστο κάτω από το αναμεμιγμένο στρώμα, που βρίσκεται περίπου στα 50m και οι μέγιστες τιμές τους αγγίζουν τα 250 $\mu\text{mol/kg}$. Αυτή η αύξηση οφείλεται εν μέρει στις χαμηλότερες θερμοκρασίες που συναντάμε υποεπιφανειακά, αλλά ο υπερκορεσμός αυτός επιμένει και είναι ιδιαίτερα υψηλός στο Αιγαίο, στο Ιόνιο και στην Λεβαντινή λεκάνη.

Κάτω από τα 200m βάθος, οι συγκεντρώσεις του οξυγόνου μειώνονται με το βάθος και είναι σημαντικά χαμηλότερες από το σημείο κορεσμού παντού. Στην Αδριατική Θάλασσα και στο Αιγαίο Πέλαγος οι συγκεντρώσεις του οξυγόνου είναι σημαντικά χαμηλότερες και αντιστοιχούν στο 88 με 93% του κορεσμού. Η αύξηση

της συγκέντρωσης του οξυγόνου στον πυθμένα είναι πιο εμφανής στην Αδριατική, το Αιγαίο και το Ιόνιο.

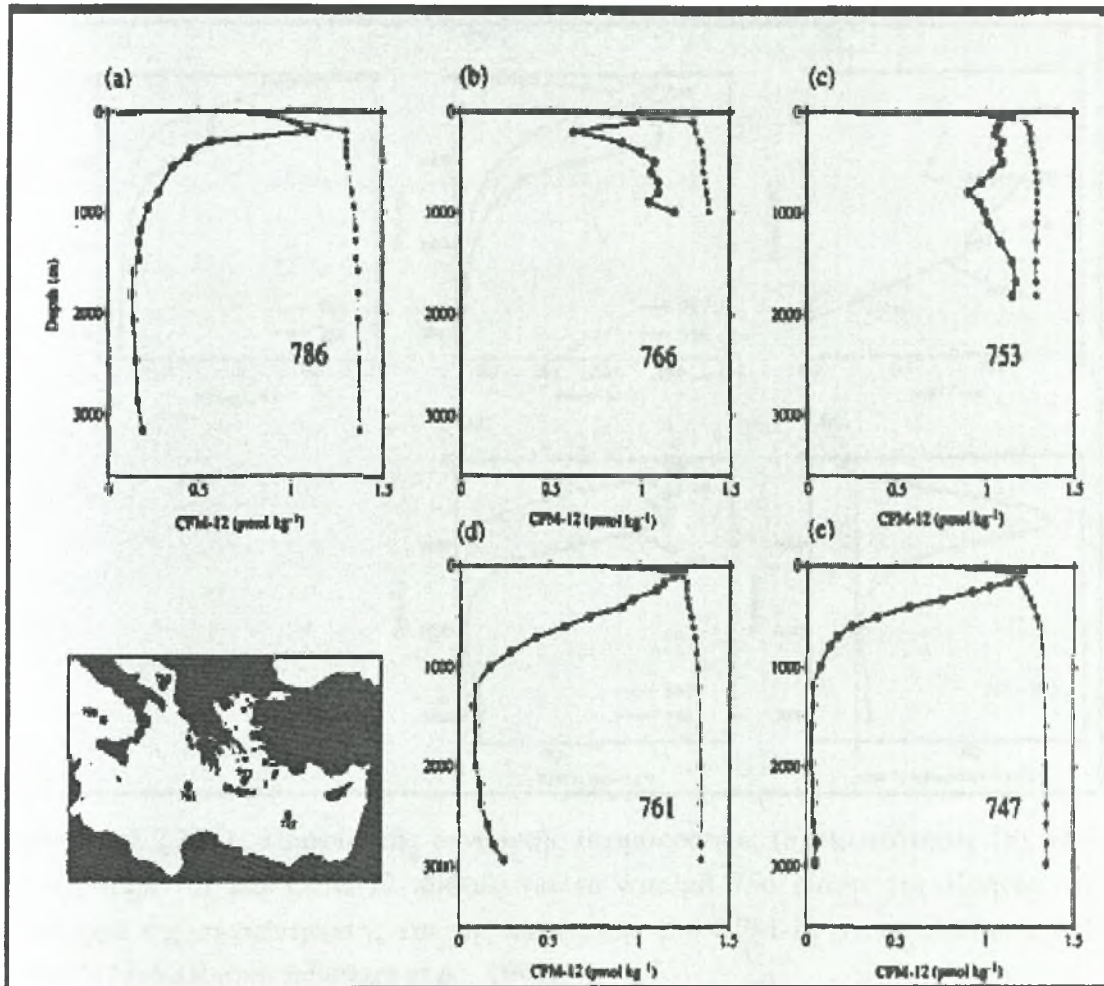


Εικόνα 2.2.1.1: Κατακόρυφα προφίλ οξυγόνου σε διαφορετικές υπολεκάνες της Ανατολικής Μεσογείου και της Τυρρηνίας: (a) Τυρρηνίας, (b) Αδριατικής, (c) Αιγαίου, (d) Ιονίου και (e) Λεβαντινής (Reiner Schlitzer *et al.*, 1991).

Παρόμοια παρουσιάζεται και η κατάσταση και στα αντίστοιχα κατακόρυφα προφίλ CFM-12 (Εικόνα 2.2.1.2). Όπως και για το οξυγόνο, οι συγκεντρώσεις του CFM-12 είναι υψηλότερες κοντά στα 50m βάθος όπου είναι μεγαλύτερες των συγκεντρώσεων "ισορροπίας" (Warner & Weiss, 1985), σε σχέση με τις ατμοσφαιρικές τιμές του CFM-12 για το 1987. Στην Θάλασσα της Τυρρηνίας, το Ιόνιο και στην Λεβαντινή Θάλασσα οι συγκεντρώσεις CFM-12 μειώνονται απότομα με το βάθος κάτω από τα 100m περίπου.

Οι συγκεντρώσεις είναι ελάχιστες περίπου στα ίδια βάθη όπου είναι ελάχιστο και το οξυγόνο και από εκεί αυξάνονται ελαφρώς με το βάθος έως τον πυθμένα. Παρόμοια με το διαλυμένο οξυγόνο, τα προφίλ του CFM-12 στην Αδριατική και το Αιγαίο χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις σε όλη την υδάτινη στήλη με ένα αδύναμο ελάχιστο στα ενδιάμεσα βάθη. Οι τιμές των πυθμενικών υδάτων συγκρίνονται ή και ξεπερνούν (στο Αιγαίο και την Αδριατική αντίστοιχα) τις κοντά στην επιφάνεια συγκεντρώσεις του CFM-12 και αγγίζουν το 87 και 91% αντίστοιχα

των συγκεντρώσεων κορεσμού. Οι υψηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου και CFM-12 των βαθιών και ενδιάμεσων υδάτων των Βόρειων λεκανών της Ανατολικής Μεσογείου επιβεβαιώνουν ότι η Αδριατική και το Αιγαίο χαρακτηρίζονται από διεργασίες γρήγορης ανανέωσης των βαθιών και πυκνών υδάτων κατά την χειμερινή περίοδο.

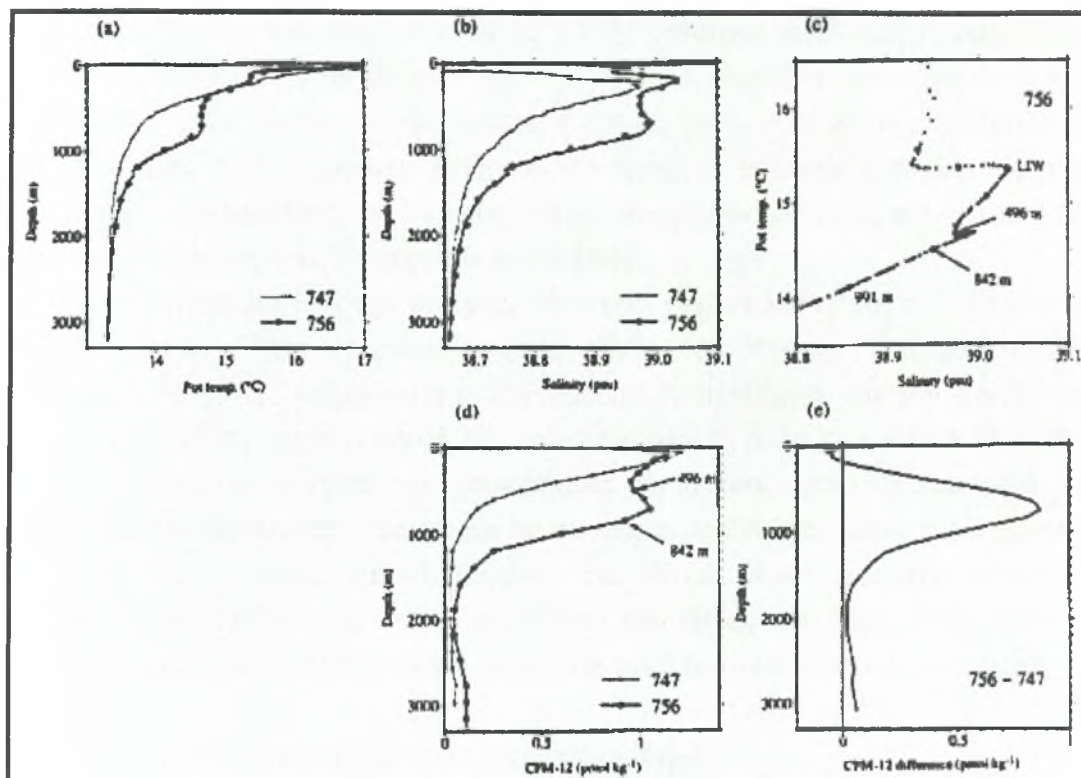


Εικόνα 2.2.1.2: Κατακόρυφα προφίλ CFM-12 σε διαφορετικές υπολεκάνες της Ανατολικής Μεσογείου και της Τυρρηνίας: (a) Τυρρηνίας, (b) Αδριατικής, (c) Αιγαίου, (d) Ιονίου και (e) Λεβαντινής (Reiner Schlitzer *et al.*, 1991).

2.2.2.1 Πυθμενικά ύδατα.

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις οξυγόνου και CFC-12 βρίσκονται σταθερά στη νότια Αδριατική, στο δυτικό τμήμα του στενού του Οτράντο (σταθμός 767) και κατά μήκος των Βόρειων και Δυτικών ορίων της Ιόνιας λεκάνης. Οι συγκεντρώσεις μειώνονται ομαλά προς τα Νοτιοδυτικά και είναι ελάχιστες στην Ανατολική Λεβαντινή Θάλασσα. Το γεγονός αυτό σαφέστατα καθορίζει τα Αδριατικά βαθιά ύδατα σαν τη πηγή των πυθμενικών υδάτων του Ιονίου και της Λεβαντινής. Δεν

υπάρχουν ενδείξεις στα δεδομένα μας για νερά που προέρχονται από το Αιγαίο να συνεισφέρουν στα βαθιά και πυθμενικά ύδατα του Ιονίου και της Λεβαντινής Θάλασσας. Από το σύνολο των δεδομένων μας καταλήγουμε σε ένα μέσο όρο εισροής των Αδριατικών βαθιών νερών στο Ιόνιο να είναι της τάξης των $0,3 \pm 0,1$ Sv. Αυτός ο μέσος όρος αντιστοιχεί σε ένα χρόνο ανανέωσης 84 ετών όλων των βαθιών υδάτων (>1500m) της Ανατολικής Μεσογείου.



Εικόνα 2.2.2.1.1: Προφίλ της δυναμικής θερμοκρασίας (a), αλατότητας (b), Θ -S διάγραμμα (c) και CFM-12 προφίλ για το σταθμό 756 Νότια της Κρήτης (d), διαφορά της συγκέντρωσης και της κατανομής του CFM-12 στους σταθμούς 756 και 747 (e), (Reiner Schlitzer *et al.*, 1991).

2.2.2.2 Βαθιά ύδατα

Το στρώμα της υδάτινης στήλης μεταξύ 2800 και 1200m βάθος έχει τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις CFM-12. Συνεπώς, πρέπει να θεωρείται το παλαιότερο νερό που συναντάμε στην Ανατολική Μεσόγειο. Στην Λεβαντινή λεκάνη, αυτή η υδάτινη μάζα είναι γενικά παλαιότερη με τις συγκεντρώσεις να αγγίζουν τα όρια του εντοπισμού. Τόσο στο Ιόνιο όσο και στην Λεβαντινή Θάλασσα τα ύδατα στο στρώμα ελάχιστου CFM-12 δεν έχουν κάποια πηγή να τα ανανεώνει άμεσα αλλά ανανεώνονται έμμεσα με την ανάδυση του πυθμενικού στρώματος και με την κατακόρυφη ανάμιξη με τα ανωτέρα στρώματα.

2.2.2.3 Κατώτερα ενδιάμεσα ύδατα

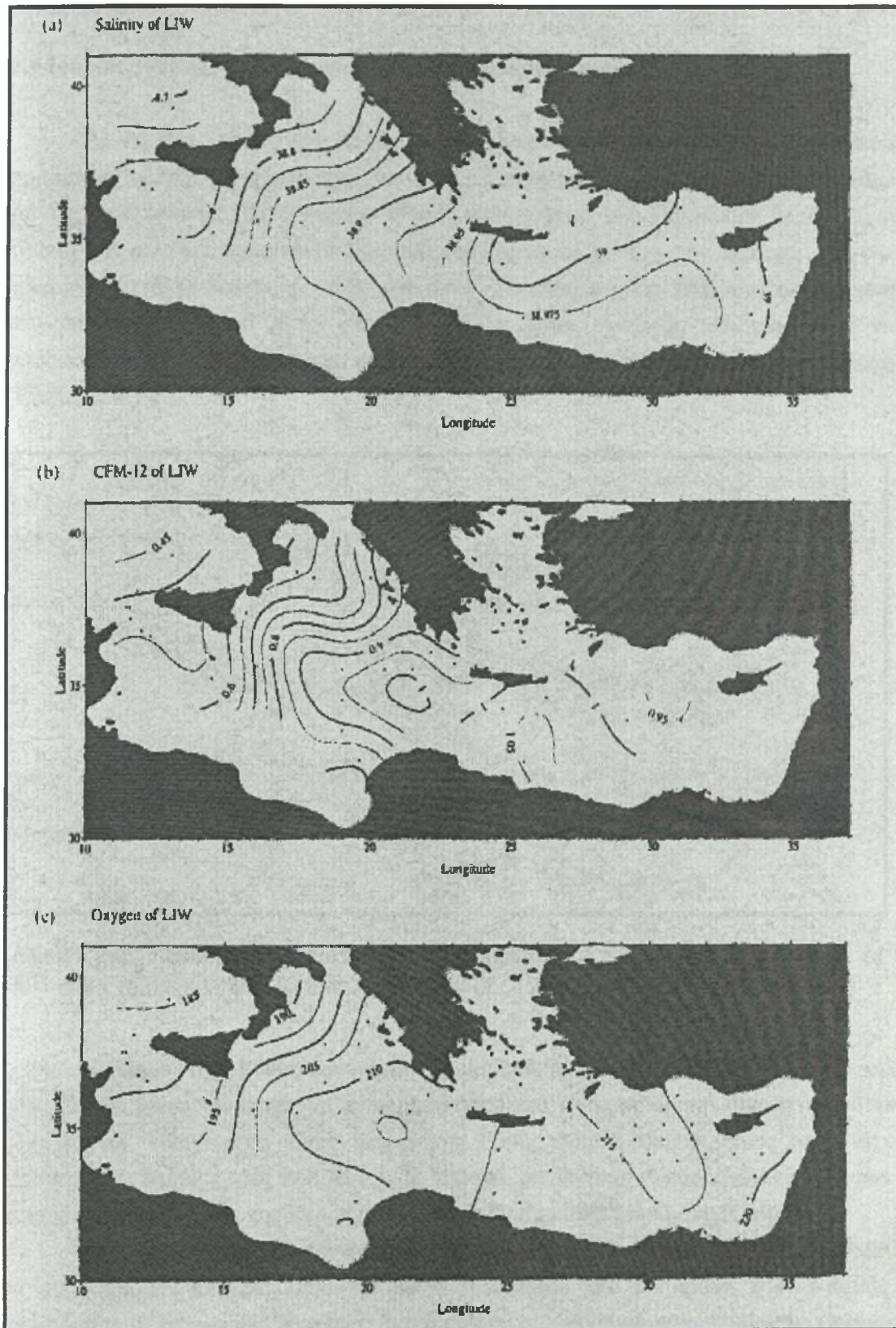
Πάνω από τα 1000m βάθος οι συγκεντρώσεις του CFM-12 και του οξυγόνου στην Ανατολική Μεσόγειο αυξάνονται ραγδαία. Τα προφίλ των σταθμών 761 και 747 είναι τυπικά παραδείγματα για το Ιόνιο και την Λεβαντινή αντίστοιχα. Μία μη τυπική κατάσταση παρουσιάζεται στο σταθμό 756, Νοτίως της Κρήτης. Προφίλ της δυναμικής θερμοκρασίας, αλατότητας και CFM-12, καθώς και Θ-S διαγράμματα για αυτό το σταθμό δίνονται στην (Εικόνα 2.2.2.1.1). Επιπλέον, πολύ υψηλές τιμές CFM-12 παρατηρούνται σε έναν θύλακα ύδατος με υψηλή αλατότητα που έχει το κέντρο του στα 700m. Οι υψηλές συγκεντρώσεις CFM-12 σε αυτό το βάθος, καθώς επίσης και οι υψηλές τιμές οξυγόνου δείχνουν ότι αυτός ο θύλακας έχει δημιουργηθεί "πρόσφατα". Οι ιδιότητες της υδάτινης μάζας ταιριάζουν με αυτές των υδάτων του Κρητικού Πελάγους στα 300 περίπου μέτρα βάθος.

Το διάγραμμα Θ/S του σταθμού 756 και η χωρική κατανομή της αλατότητας στο βάθος των 700m δείχνουν πως τα ύδατα του Αιγαίου εισέρχονται στην Ανατολική Μεσόγειο διάμεσου του Στενού των Αντικυθήρων και του Στενού της Κάσσου. Εντούτοις, αυτή η εκροή δεν είναι συνεχόμενη αλλά σποραδική. Οι βαθιές υδάτινες μάζες του Αιγαίου και οποιοδήποτε μίγμα τους με ενδιάμεσα νερά του Αιγαίου αποκλείονται από συμμετοχή σε αυτούς τους θύλακες λόγω πολύ χαμηλής δυναμικής θερμοκρασίας και αλατότητας. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι η παρουσία μίας γλώσσας με υψηλή αλατότητα στο βάθος των 700m που κατάγεται κοντά από τα Στενά του Αιγαίου και εκτείνεται προς τα Δυτικά στην Ιόνια λεκάνη.

2.3 Λεβαντινό Ενδιάμεσο Νερό και Ατλαντικό Νερό.

Όπως είναι αναμενόμενο, το AW βρίσκεται μεταξύ των 30 και 90m βάθος υποεπιφανειακά και το LIW βρίσκεται μεταξύ 150 και 350m βάθος. Οι κατανομές της αλατότητας, του CFM-12 και του οξυγόνου του LIW που καθορίζονται από το μέγιστο της αλατότητας όπως απεικονίζεται στην (Εικόνα 2.3.1).

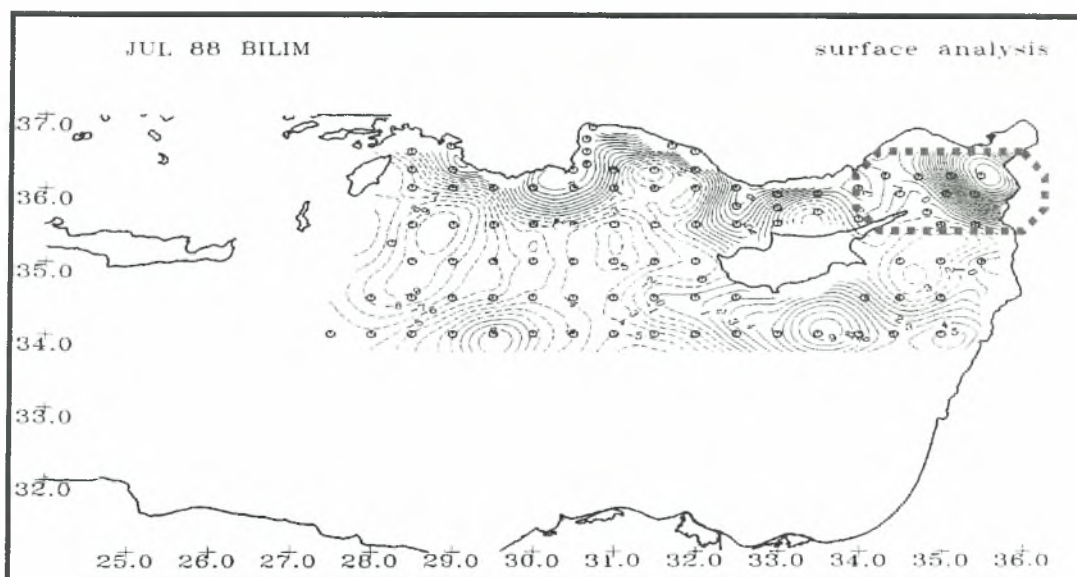
Παρατηρούμε ότι και οι τρεις δείκτες παρουσιάζουν παρόμοια κατανομή. Το LIW είναι πιο αλμυρό και έχει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις οξυγόνου και CFM-12 εκεί που θεωρείται ότι δημιουργείται, στην Βόρεια και Ανατολική Λεβαντινή Θάλασσα. Από την άλλη μεριά, οι συγκεντρώσεις και των 3 δεικτών μειώνονται σταδιακά προς τα Δυτικά και διακρίνεται μια γλωσσά του LIW που εισβάλλει στο κεντρικό Ιόνιο καθαρά. Τα χαρακτηριστικά του LIW είναι σχετικά σταθερά στο Λεβαντινό Πέλαγος και στο Ανατολικό Ιόνιο, αλλά ωστόσο σημαντικές αλλαγές σημειώνονται στο Δυτικό τμήμα του Ιονίου Πελάγους, για παράδειγμα κοντά στην είσοδο του στενού της Σικελίας.



Εικόνα 2.3.1: Οι κατανομές της αλατότητας (a), του CFM-12 (b) και του οξυγόνου (c) του LIW που καθορίζεται από το μέγιστο της αλατότητας (Reiner Schlitzer *et al.*, 1991).

2.4 Ιούλιος 1988 (Ωκεανογραφικό σκάφος έρευνας “Bilim”).

Άλλος ένας πλόας που έλαβε μέρος μόνο στην Βόρεια λεκάνη αποκαλύπτει σημαντικές αλλαγές συγκρίνοντας τον με τα προηγούμενα αποτελέσματα που είχαμε για την κυκλοφορία της περιοχής. Η ροή κατά μήκος τον Τουρκικών ακτών είναι έντονη και συνδέει με εντόνους μαιανδρισμούς με ολόκληρη την περιοχή από την λεκάνη (Λαττάκια-Κιλικίας) μέχρι την Ρόδο. Το μόνο σημείο όπου έχουμε διακοπή του ρευματοχειμάρρου είναι στο ακρωτήριο Άγιος Ανδρέας και μπορούμε να αποδώσουμε αυτό το φαινόμενο στην έντονη τοπογραφία που έχει εκείνη η περιοχή (Εικόνα 2.4.1).



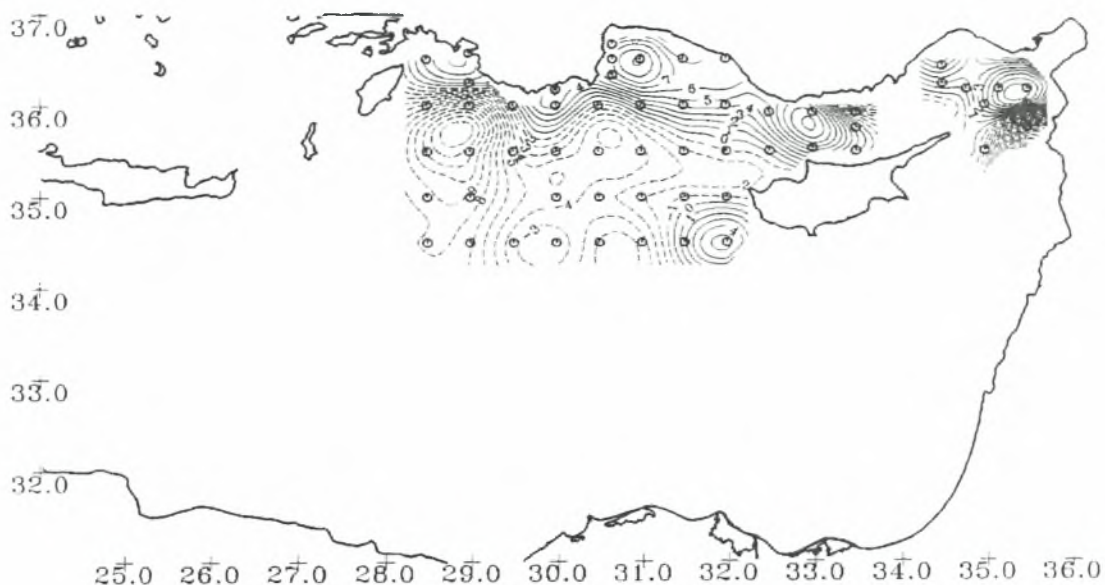
Εικόνα 2.4.1. Ένδειξη της επιφανειακής γεωδυναμικής ανωμαλίας σε σχέση με τα 800 dbar, Ιούλιος 1988, (Reiner Schlitzer *et al.*, 1991).

Η Γύρα της Ρόδου φαίνεται να καλύπτει μια εκτεταμένη περιοχή και εμφανίζεται μέσα σε αυτήν να ενσωματώνεται μια αντικυκλωνική δίνη στην νότια πλευρά που πιθανόν να είναι τμήμα της Γύρας Mersa-Matruh όπως αυτή είχε παρατηρηθεί στους πλόες POEM I & II. Επίσης, μια έντονη αντικυκλωνική δίνη που πιθανόν να είναι μέρος της Γύρας Shikmona παρατηρείται Νότια της Κύπρου.

Ενώ η παρουσία του κεντρικού ρεύματος της Λεβαντινής λεκάνης δεν μπορεί να αναγνωριστεί πλήρως λόγω έλλειψης δεδομένων από τον πλόα, η ροή καθώς πλησιάζει την Νότια της Κύπρου, διακλαδώνεται Νοτιοδυτικά του νησιού. Ο ένας κλάδος του ρεύματος κατευθύνεται προς την λεκάνη της Αντάλιας, ενώ ο άλλος κλάδος, ο οποίος εμφανίζεται να μεταφέρει το μεγαλύτερο τμήμα των ροών ανάμεσα στην Γύρα Shikmona και στην νήσο Κύπρο, αλλάζει κατεύθυνση προς τα Βόρεια και συναντά την μαιανδρική ροή στην λεκάνη της Κιλικίας.

2.5 Οκτώβριος 1988 (Ωκεανογραφικό σκάφος έρευνας “Bilim”)

Πρόκειται για έναν ακόμα πλόα που απεικονίζει τον μαιανδρικό ρευματοχείμαρρο που επεκτείνεται από τις λεκάνες της Λαττάκιας και της Κιλικίας μέχρι τις λεκάνες της Ρόδου και της Αντάλιας (Εικόνα 2.5.1). Επειδή όμως το τμήμα Νότια και Ανατολικά της Κύπρου δεν έχει μελετηθεί αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην γνωρίζουμε αρκετά για την Βόρεια ροή δυτικά της Κύπρου.



Εικόνα 2.5.1: Ένδειξη της επιφανειακής γεωδυναμικής ανωμαλίας σε σχέση με τα 800 dbar, Οκτώβριος 1988, (Reiner Schlitzer *et al.*, 1991).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ GOIN (1987-1990)

3.1 Εισαγωγή

Παράλληλα με το ερευνητικό πρόγραμμα POEM που διεξαγόταν στην Ανατολική Μεσόγειο, την περίοδο 1985-1988 λάμβανε χώρα και το ερευνητικό πρόγραμμα GOIN. Ωστόσο, τα δυο ερευνητικά προγράμματα δεν ήρθαν σε συνεργασία με αποτέλεσμα οι έρευνες που έγιναν στις περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου να αλληλοκαλύπτονται ή να συμπληρώνει η μία την άλλη τόσο χρονικά όσο και χωρικά. Αποτέλεσμα ήταν να κρίνεται επιτακτική η ανάγκη για σύγκριση τόσο των δεδομένων που προήλθαν από τα ερευνητικά προγράμματα όσο και για την δημιουργία μια κοινής βάσης δεδομένων που όμως θα έπρεπε πρώτα να εξαλείψει την αλληλοκάλυψη των δεδομένων που υφίσταται. Έτσι, ο συνδυασμός των δεδομένων από τα POEM - GOIN οδήγησε σε μια κοινή βάση δεδομένων που ονομάστηκε PGDB. Σκοπός της βάσης αυτής ήταν να περιγράψει την κατανομή της θερμοκρασίας και της αλατοτητας τον χειμώνα και το καλοκαίρι στην ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου την περίοδο 1985-1990.

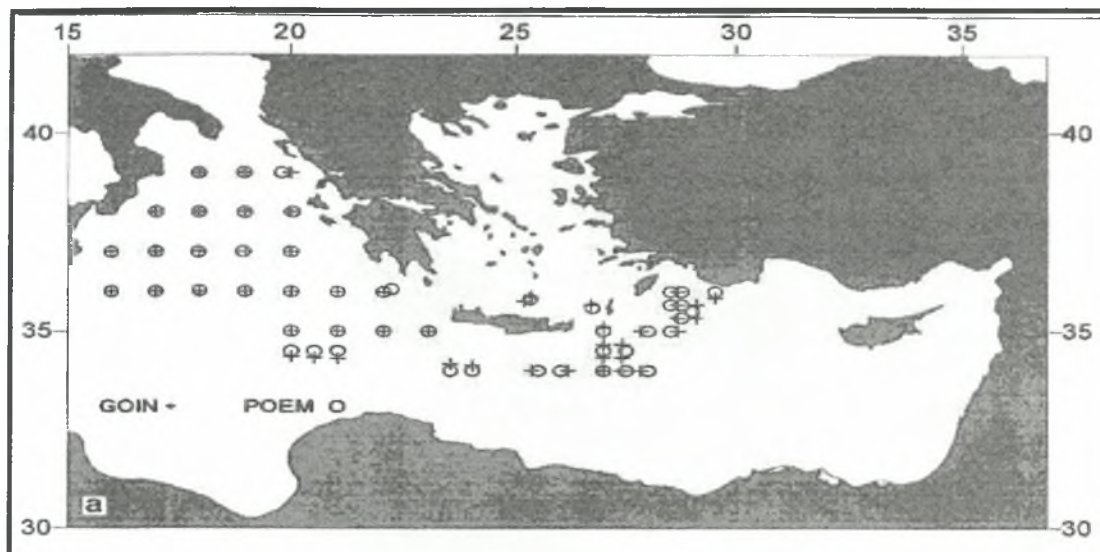
Η ανάλυση των δεδομένων του GOIN συνέβαλε στο να κατανοήσουμε τις διεργασίες της Ανατολικής Μεσογείου και συγκεκριμένα τις διεργασίες που αφορούν την δημιουργία του ενδιάμεσου και βαθιού νερού. Παρόλο που και τα δύο προγράμματα δια φωτίζουν πολλά ερωτήματα απαιτείται περαιτέρω έρευνα όπως π.χ. η μακροχρόνια μεταβολή που υφίσταντο οι ιδιότητες του νερού. Ωστόσο, για να ενώσουμε κατάλληλα τις μετρήσεις από τα δυο προγράμματα σε μια κοινή βάση δεδομένων πρέπει πρώτα να εξακριβώσουμε την συμβατότητα που έχουν και να γίνουν οι κατάλληλες διορθώσεις αν απαιτούνται.

3.2 Σύγκριση των κατακόρυφων τομών των προγραμμάτων POEM και GOIN.

Για να συγκρίνουμε τα δεδομένα από το πρόγραμμα POEM και GOIN έπρεπε πρώτα να βρούμε τους σταθμούς που περίπου συμπίπτουν τόσο χωρικά όσο χρονικά. Ένας μεγάλος αριθμός από σταθμούς συμπίπτει και αντιπροσωπεύει σχεδόν ολόκληρη την Ανατολική Μεσόγειο (Εικόνα 3.2.1). Εντούτοις, το πρόγραμμα GOIN δεν λαμβάνει χώρα στην Ανατολική Λεβαντινή λεκάνη.

Όταν συγκρίναμε τα δεδομένα περιμέναμε ότι οι τιμές από το επιφανειακό στρώμα θα είναι διαφορετικές παρόλο που οι σταθμοί συμπίπτουν. Από την άλλη μεριά, στα βαθιά στρώματα οι διαφορές που συναντάμε στις φυσικοχημικές παραμέτρους είναι πολύ μικρές. Έτσι, η διαφορά του μέσου όρου των τιμών της αλατότητας και της θερμοκρασίας που προέκυψε από την σύνθεση των δυο προγραμμάτων μας δείχνει ότι αυξάνεται με το βάθος, ενώ η τυπική του απόκλιση μειώνεται με το βάθος. Κλείνοντας, στην σύγκριση που έγινε μεταξύ των σταθμών,

τη μεγαλύτερη διαφορά στις μετρήσεις την παρατηρούμε στις περιοχές όπου έχουμε δυνατές δίνες, ρευματοχειμάρρους και στα στενά.



Εικόνα 3.2.1: Ζευγάρια σταθμών όπου έγινε σύνθεση των δεδομένων του POEM και του GOIN (A. Hecht, I.Gertman, 2000).

3.3 Σύγκριση των χωρικών κατανομών των προγραμμάτων POEM και GOIN.

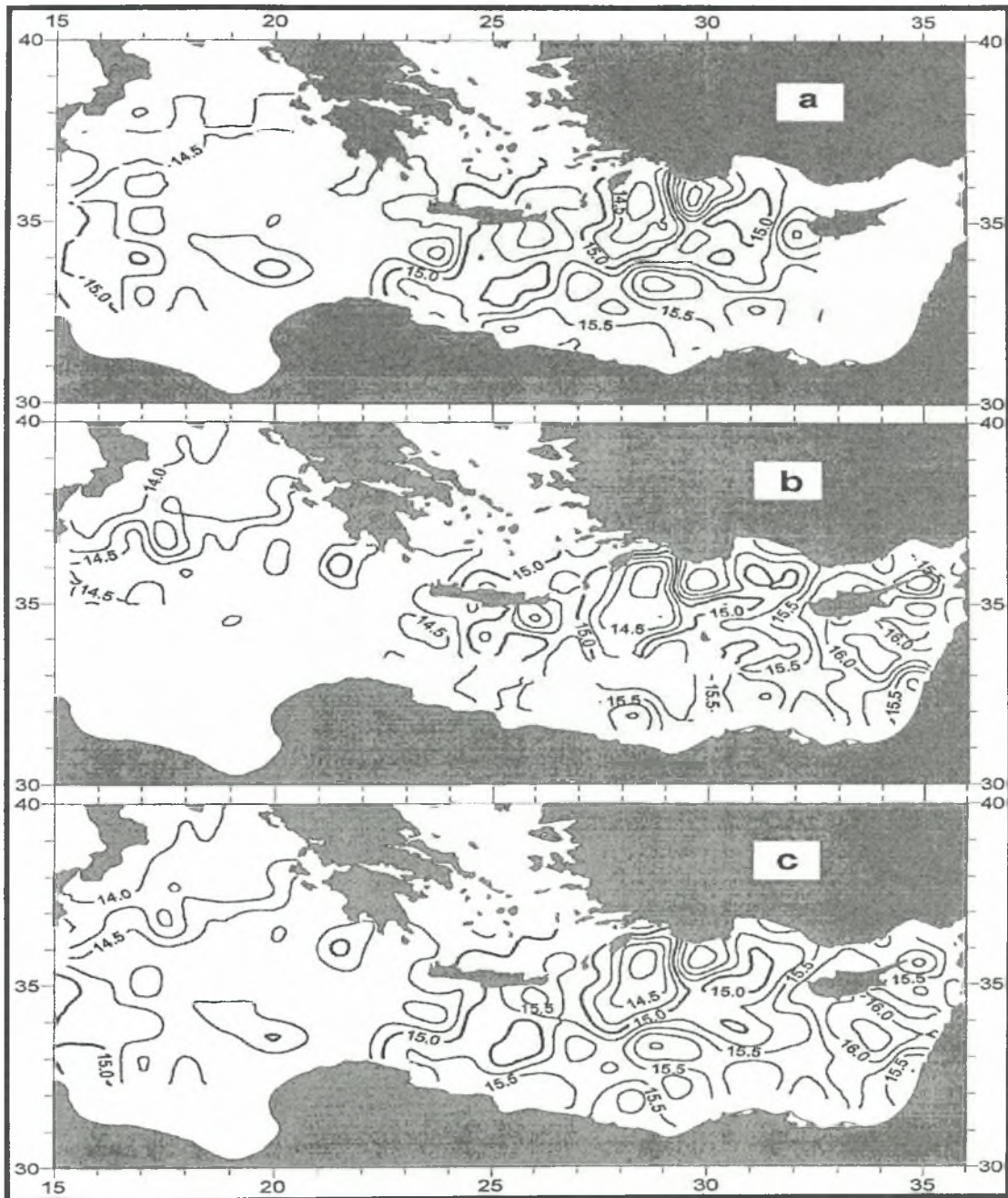
Ο αριθμός των πλόων του POEM που συμπίπτει με τους πλόες του GOIN είναι δύο. Έτσι, ο πλόας POEM 04 συμπίπτει με τον Gakkel 28, ο POEM 05 με τον Gakkel 29, ο LBDS 1 με τον Gakkel 33 και ο LBDS 2 με τον Gakkel 38. Οι δύο τελευταίοι πλόες που συγκρίνονται με τους πλόες του GOIN δεν είναι POEM αλλά έχουν γίνει οι μετρήσεις με τον ίδιο εξοπλισμό και την ίδια μεθοδολογία.

Τα αποτελέσματα από την σύνθεση των δυο βάσεων δεδομένων θα εξηγηθούν από την σύνθεση του POEM 05 με τον Gakkel 29 όπου έχουμε και την μεγαλύτερη βάση δεδομένων. Από την σύνθεση των δεδομένων προέκυψε ότι τα 200dbar είναι κατάλληλα για δούμε την κατανομή της αλατότητας και της θερμοκρασίας στην Ανατολική Μεσόγειο (Εικόνα 3.4.1 και Εικόνα 3.4.2).

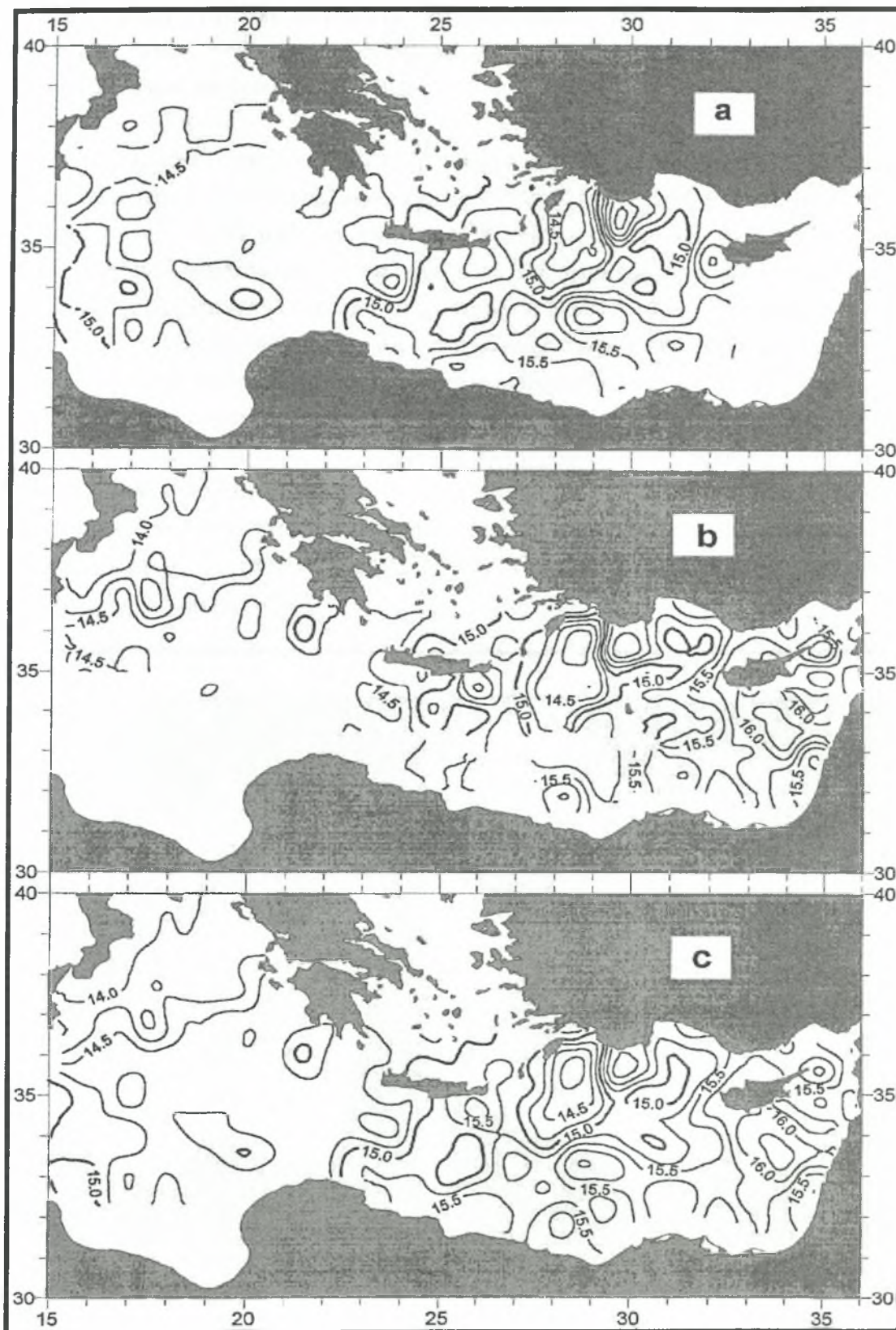
3.4 Περιγραφή της θερμοκρασίας και της αλατότητας στην Λεβαντινή Λεκάνη κατά την διάρκεια του θέρους και του χειμώνα όπως απεικονίζονται από τα δεδομένα PGDB.

Η κοινή βάση δεδομένων χρησιμοποιήθηκε για να ερευνήσουμε τις διαφορές που υπάρχουν για την αλατότητα και την θερμοκρασία στην Λεβαντινή λεκάνη. Μια αντιπροσωπευτική βάση δεδομένων που προήλθε κατά την διάρκεια του POEM 5 και του GAKKEL 29 για το καλοκαίρι του 1987. Από την άλλη, για το χειμώνα η κοινή βάση που προήλθε από τα δυο προγράμματα ήταν πιο δύσκολο να συλλεχθεί. Ο

λόγος οφείλεται στο γεγονός ότι δεν είχαμε πλόες σε που να κάλυπταν ολόκληρη την περιοχή μελέτης για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Δεν υπάρχει καμιά αμφιβολία ότι αυτή η διαδικασία οδήγησε σε μια εικονική χωρική μεταβλητότητα και ιδιαίτερα στα επιφανειακά στρώματα της περιοχής μελέτης.



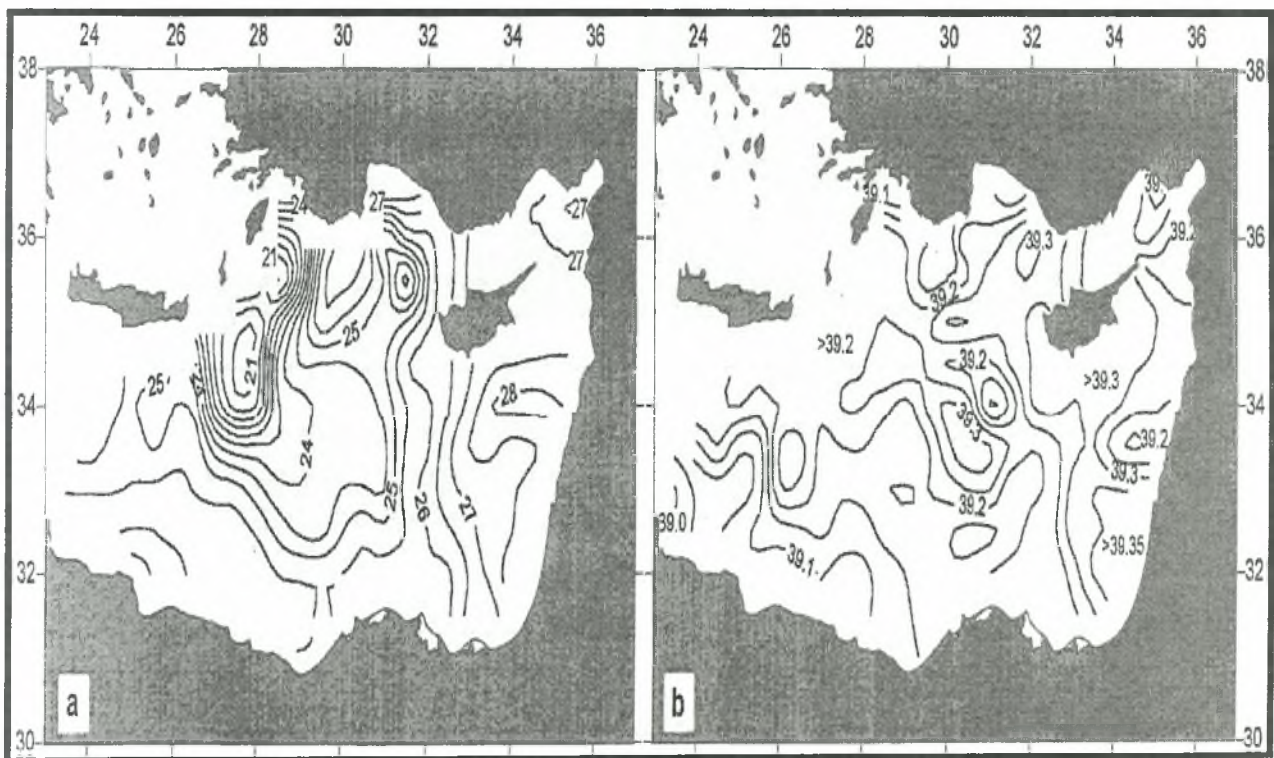
Εικόνα 3.4.1: Περιγραφή της δυναμικής θερμοκρασίας στην Ανατολική Μεσογείο στα 200 dbar σύμφωνα με τα δεδομένα που προέρχονται από: (a) Gakkel 29 (b) POEM 05 (c) σύνθεση των δεδομένων PGDB (A. Hecht, I.Gertman, 2000).



Εικόνα 3.4.2: Περιγραφή της αλατότητας στην Ανατολική Μεσόγειο στα 200 dbar σύμφωνα με τα δεδομένα που προέρχονται από: (a) Gakkel 29 (b) POEM 05 (c) σύνθεση των δεδομένων (PGDB) (A. Hecht, I.Gertman, 2000).

3.5 Περιγραφή της επιφανειακής θερμοκρασίας και της επιφανειακής αλατότητας στην Λεβαντινή Λεκάνη κατά την διάρκεια του θέρους όπως απεικονίζεται από τα δεδομένα PGDB.

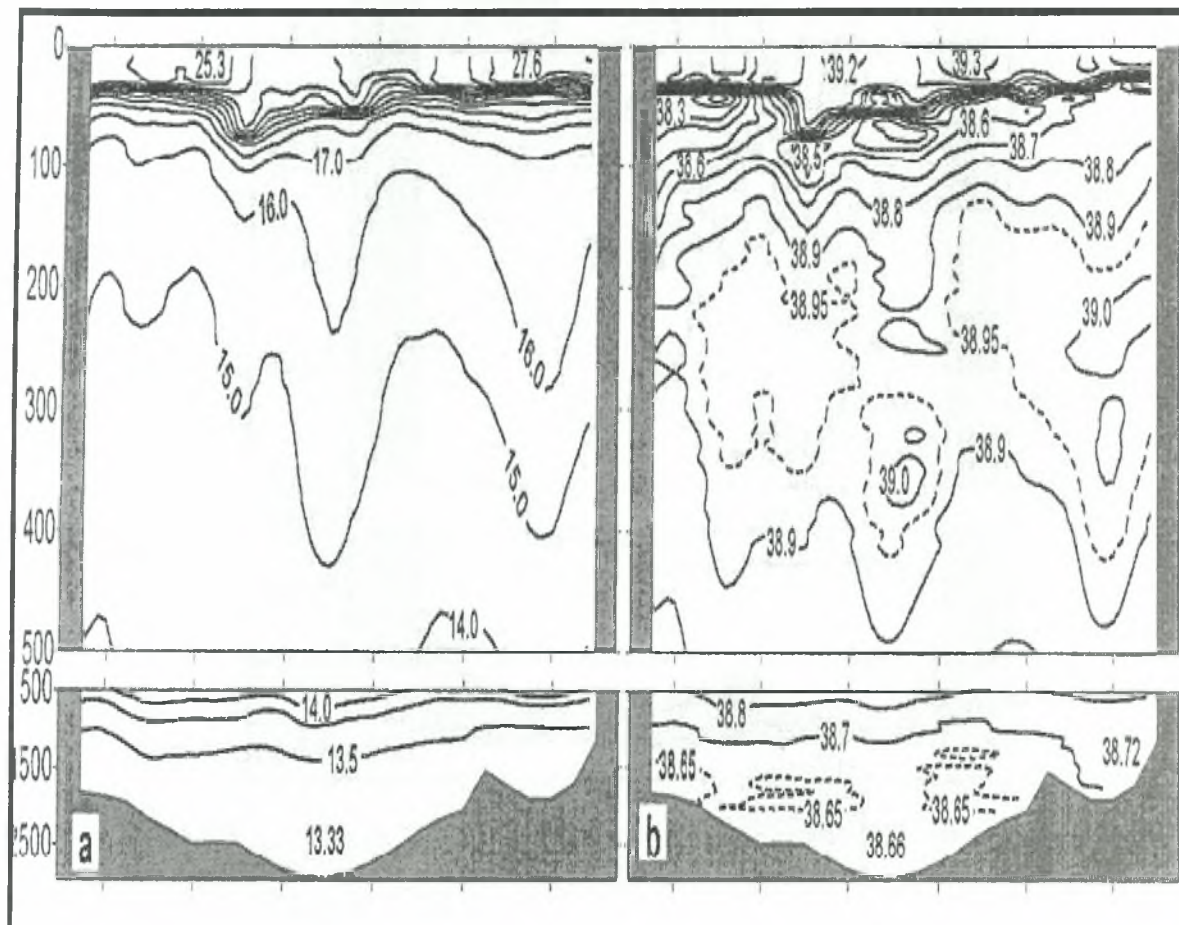
Το ελάχιστο της επιφανειακής θερμοκρασίας είναι $20,5^{\circ}\text{C}$ και το παρατηρούμε στο Βορειοδυτικό μέρος της Λεβαντινής λεκάνης, όπου οφείλεται στην ανάδυση ψυχρού νερού από την κυκλωνική Γύρα της Ρόδου (Εικόνα 3.5.1a). Η επιφανειακή θερμοκρασία αυξάνεται όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο της κυκλωνικής γύρας και φτάνει να έχει την μέγιστη τιμή $28,1^{\circ}\text{C}$ στις Ανατολικές ακτές της λεκάνης. Η επιφανειακή αλατότητα στην περιοχή επηρεάζεται λιγότερο από την Γύρα της Ρόδου σε σχέση με την επιφανειακή θερμοκρασία. Ωστόσο, το ελάχιστο της επιφανειακής αλατότητας με τιμή $38,95\text{psu}$ το παρατηρούμε κοντά στις ακτές του Λιβάνου και είναι αποτέλεσμα της μεταφοράς λιγότερου αλμυρού νερού από το Ιόνιο Πέλαγος (Εικόνα 3.5.1b). Λόγω της μεγάλης εξάτμισης που υφίσταται η περιοχή η αλατότητα αυξάνεται ταχύτατα και αποκτά τιμή $39,2\text{psu}$ σε ολόκληρη σχεδόν την Λεβαντινή λεκάνη. Το μέγιστο της αλατότητας είναι $39,38\text{psu}$ και το παρατηρούμε κοντά στις ακτές του Ισραήλ.



Εικόνα 3.5.1: Κατανομή της επιφανειακής θερμοκρασίας (α) και επιφανειακής αλατότητας (β) για το καλοκαίρι του 1987 από την σύνδεση των δεδομένων (PGDB), (A. Hecht, I.Gertman, 2000).

Το επιφανειακό Λεβαντινό στρώμα νερού κυμαίνεται μεταξύ 40 και 70m. Το επιφανειακό στρώμα περιορίζεται από το εποχικό θερμοκλινές και αλοκλινές, το οποίο δημιουργείται ανάμεσα στο LSW και το AW (Εικόνα 3.5.2a & 3.5.3b). Η

δυναμική θερμοκρασία κάτω από το LSW μειώνεται από 17°C που έχει στο κάτω μέρος του καλοκαιρινού θερμοκλινές, στα 13,32-13,31°C σε βάθη μεγαλύτερα των 2500m. Οι κατακόρυφες κατανομές της δυναμικής θερμοκρασίας δεν είναι τα πιο κατάλληλα εργαλεία για να περιγράψουμε τις υδάτινες μάζες αλλά είναι χρήσιμες για

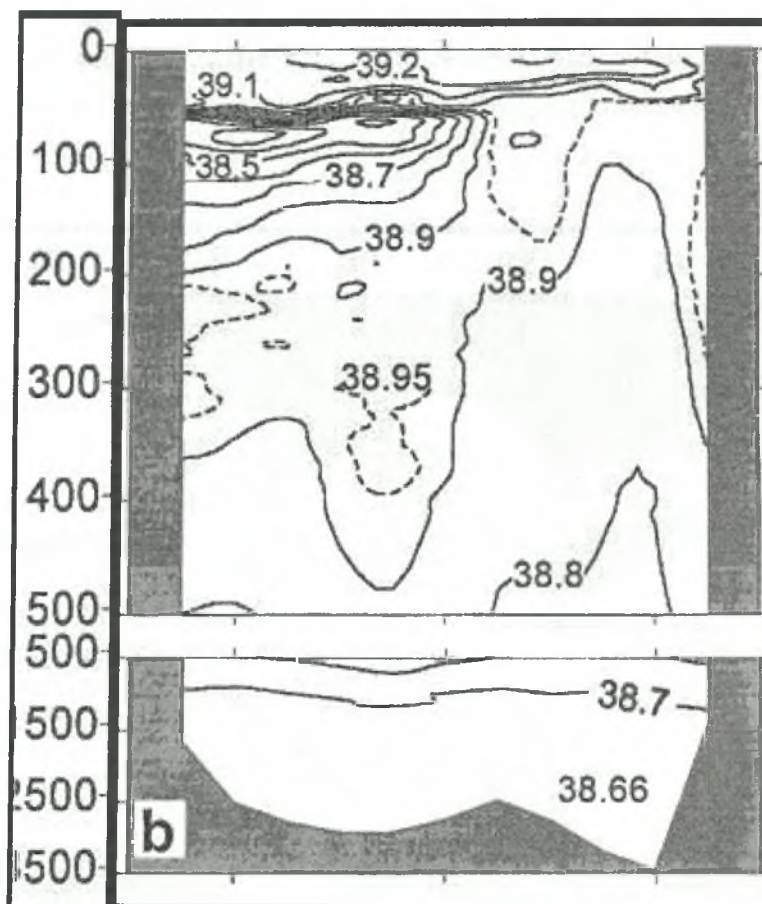


Εικόνα 3.5.2: Κατακόρυφη κατανομή στο γεωγραφικό πλάτος των 33,5°N της θερμοκρασίας (α) και αλατότητας (β) για το καλοκαίρι του 1987 από την σύνδεση των δεδομένων (PGDB), (A. Hecht, I.Gertman, 2000).

να περιγράψουμε τις ημιμόνιμες κυκλωνικές και αντικυκλωνικές γύρες που εμφανίζονται στην περιοχή.

Οι κατακόρυφες κατανομές της αλατότητας στις (Εικόνες 3.5.2b & 3.5.3) μας δείχνουν μια καθαρή περιγραφή των θέσεων που έχουν οι κυριότερες υδάτινες μάζες στην Λεβαντινή λεκάνη. Ο πυρήνας του AW εμφανίζει ένα ελάχιστο αλατότητας που βρίσκεται ανάμεσα 50-75m και η τιμή της αλατότητας του κυμαίνεται στα 38,0-38,7psu. Κάτω από το AW στο βάθος των 200 με 300m εμφανίζεται ένα μέγιστο αλατότητας (38,9-39,1psu), όπου η πιθανή του προέλευση να είναι το LIW.

Επιπλέον, κάτω από αυτόν τον πυρήνα έχουμε μια σταδιακή μείωση της αλατότητας που κυμαίνεται σε 38,66-38,68psu σε βάθη μεγαλύτερα των 2000m



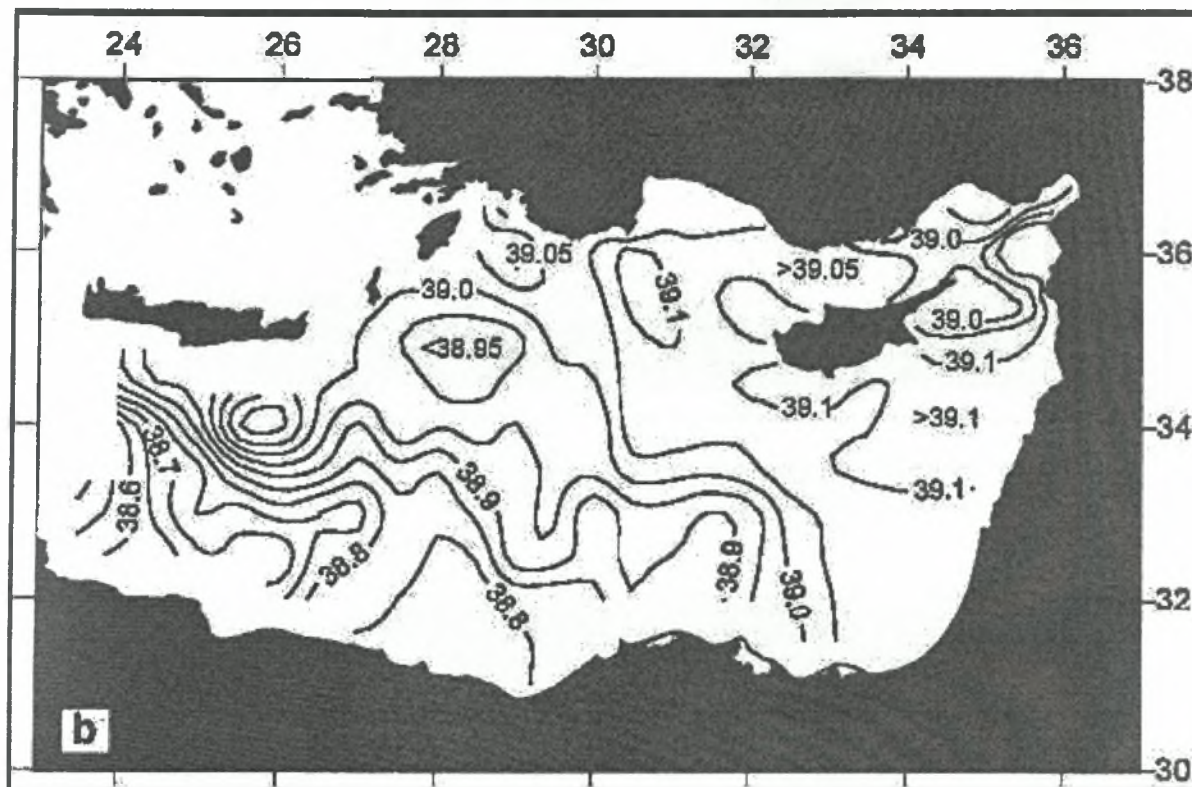
Εικόνα 3.5.3: Κατακόρυφη κατανομή στο γεωγραφικό πλάτος τον 28,5°B της αλατότητας για το καλοκαίρι του 1987 από την σύνθεση των δεδομένων PGDB, (A. Hecht, I.Gertman, 2000).

3.6 Περιγραφή της θερμοκρασίας και της αλατότητας στην Λεβαντινή λεκάνη κατά την διάρκεια του χειμώνα όπως απεικονίζονται από τα δεδομένα PGDB για την χρονική περίοδο (1986-1989).

Οι επιφανειακές θερμοκρασίες είναι 10°C χαμηλότερες από αυτές του καλοκαιριού, παρόλα αυτά τα όρια των χειμερινών θερμοκρασιών εμφανίζονται στα ίδια σημεία με εκείνα του καλοκαιριού. Το ελάχιστο της θερμοκρασίας εμφανίζεται στην περιοχή ανάδυσης της Γύρας της Ρόδου και κυμαίνεται στους 14,5°C. Από την άλλη μεριά, το μέγιστο της θερμοκρασίας παρατηρείται στις ακτές του Ισραήλ και η τιμή του κυμαίνεται στους 17,37°C.

Οι τιμές της αλατότητας παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές τον χειμώνα σε σχέση με αυτές του καλοκαιριού στο επιφανειακό στρώμα της Λεβαντινής λεκάνης (Εικόνα 3.6.1). Αυτό είναι αποτέλεσμα έντονων διεργασιών ανάμιξης του επιφανειακού στρώματος με λιγότερο αλμυρό AW, η μείωση της αλατότητας του

AW προκύπτει από την μείωση της εξάτμισης που υφίσταται η περιοχή κατά την διάρκεια του χειμώνα. Η ελάχιστη αλατότητα στην περιοχή της Λεβαντινής λεκάνης εμφανίζεται κοντά στις ακτές της Λιβύης και η τιμή της κυμαίνεται στα 38,48psu. Ωστόσο, το μέγιστο της αλατότητας εμφανίζεται στην Ανατολική ακτή της Λεβαντινής λεκάνης όπως είχε παρατηρηθεί και το καλοκαίρι του 1987.



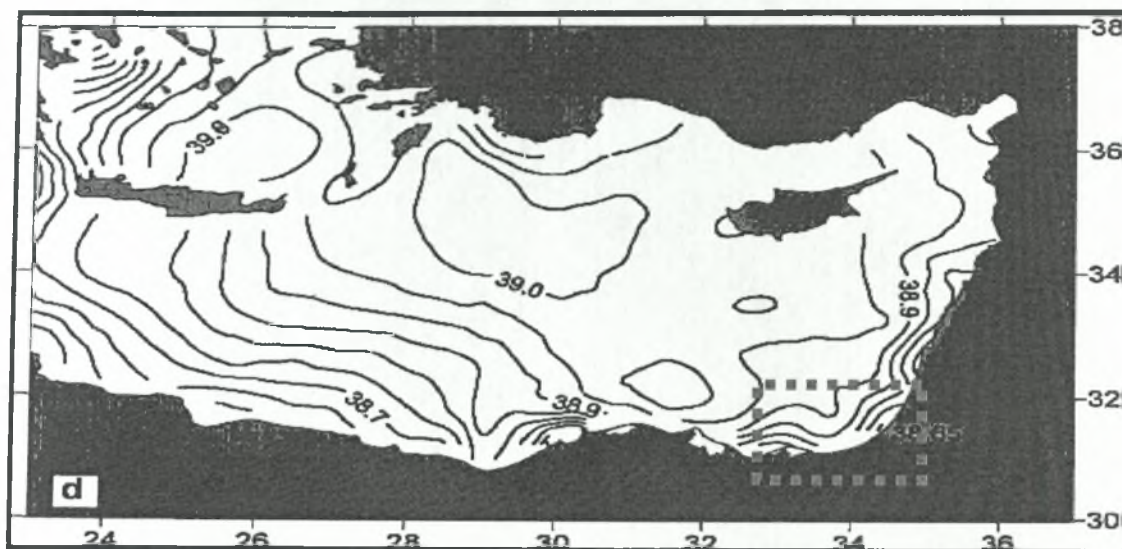
Εικόνα 3.6.1: Επιφανειακή αλατότητα για τον χειμώνα την χρονική περίοδο 1986-1989 από την σύνδεση των δεδομένων PGDB, (A. Hecht, I.Gertman, 2000).

3.7 Σύγκριση της βάσης δεδομένων PGDB και των κλιματολογικών δεδομένων.

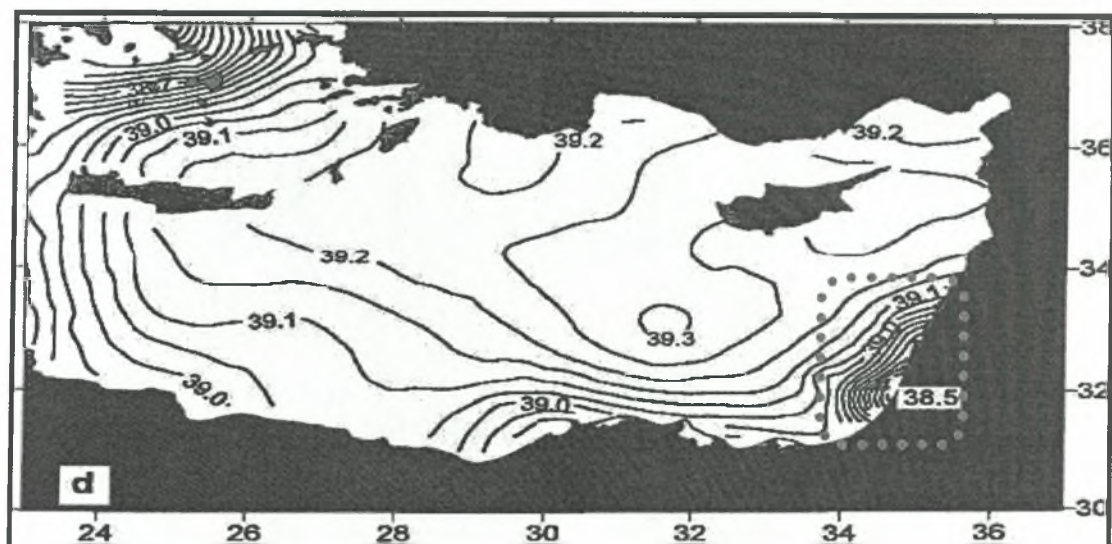
Τα δεδομένα του PGDB που προέκυψαν από την σύνθεση των POEM και GOIN συγκρίθηκαν με αυτά που προήλθαν από την κλιματολογική βάση δεδομένων MODB-MED5 (Brasseur *et al.*, 1996). Γενικά μιλώντας, οι οριζόντιες κατανομές της αλατότητας και της θερμοκρασίας είναι περίπου ίδιες με την κλιματολογική περιγραφή που δίνεται και για τον χειμώνα και για το καλοκαίρι. Παρόλα αυτά, τα δεδομένα του PGDB προσδιορίζουν καλύτερα της γύρες που επικρατούν στην Λεβαντινή λεκάνη.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό γνώρισμα που προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων MODB είναι οι χαμηλές τιμές της αλατότητας κοντά στις ακτές του Ισραήλ, τόσο για το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι, και οι χαμηλές τιμές της αλατότητας που εμφανίζονται κοντά στο δέλτα του Νείλου (Εικόνα 3.7.1a & 3.7.1b).

Ωστόσο, την περιοχή Νότια της Κύπρου την κάλυψε μόνο το ερευνητικό πρόγραμμα ΡΟΕΜ. Κλείνοντας θα ήθελα να αναφέρω ότι τα δεδομένα MODB απεικονίζουν μερικά προσωρινά χαρακτηριστικά που δεν αναφέρονται πουθενά αλλού.



. Εικόνα 3.7.1a: Κατανομή της επιφανειακής θερμοκρασίας για το καλοκαίρι του 1987 από την σύνδεση των δεδομένων MODB, (A. Hecht, I.Gertman, 2000).



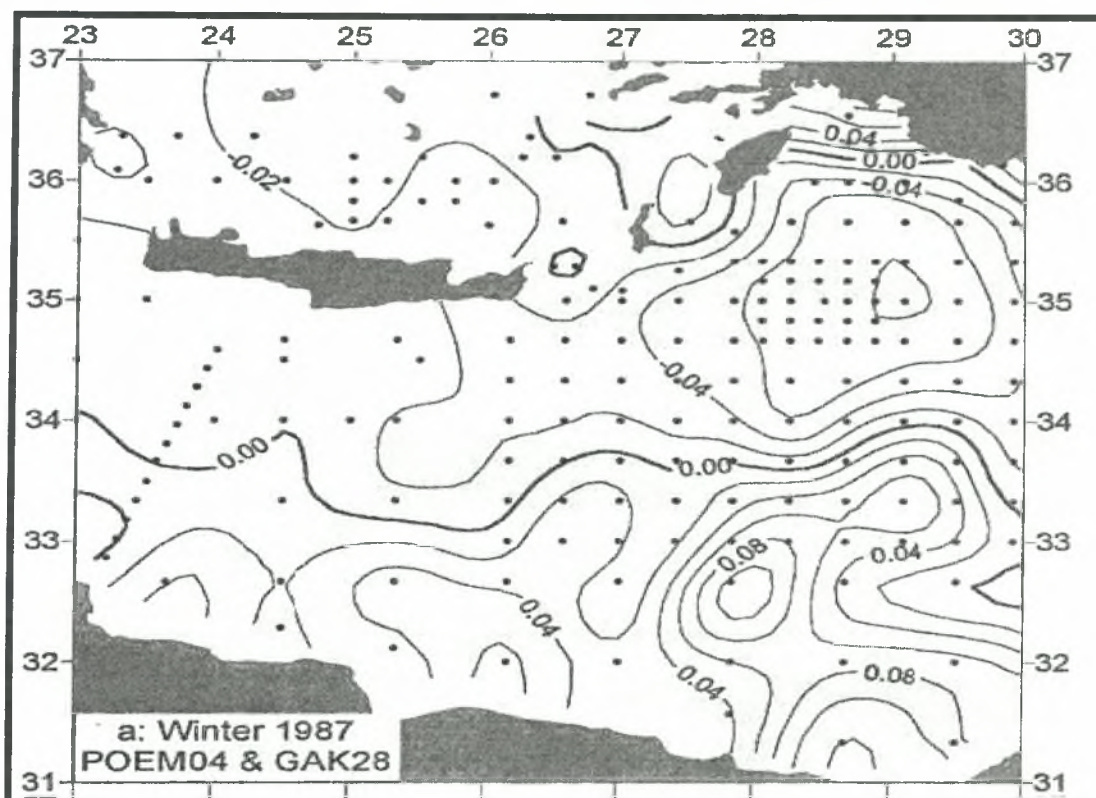
Εικόνα 3.7.1b: Κατανομή της επιφανειακής αλατότητα για το καλοκαίρι του 1987 από την σύνδεση των δεδομένων MODB, (A. Hecht, I.Gertman, 2000).

3.8 Γύρα της Ιεράπετρας.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σταθούμε στην εμφάνιση ενός αξιοσημείωτου δομικού στοιχείου της κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου που επηρεάζει την

Λεβαντινή λεκάνη είναι η Γύρα της Ιεράπετρας που την συναντάμε Νότιο-Νοτιοδυτικά της Κρήτης. Αυτή η γύρα ανακαλύφθηκε από δύο ανεξάρτητους πλόες, τον πλόα του POEM 05 (Nittis *et al.*, 1990) που διεξάχθηκε την περίοδο Αύγουστο-Οκτώβριο του 1987 και από τον πλόα GAKKEL 29 (Poron, 1991; Poron *et al.*, 1994) που πραγματοποιήθηκε τους Σεπτέμβριο-Οκτώβριο του 1987. Η ομάδα του POEM επισήμαναν ότι η Γύρα της Ιεράπετρας δεν παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια του χειμώνα και πιθανώς να αναφέρεται στο πλόα που διεξάχθηκε τους Μάρτιο-Απρίλιο του 1986 (POEM-MA86). Επιπλέον, δεν υπάρχουν δεδομένα να δηλώσουν πια ήταν η κατάσταση το καλοκαίρι του 1986. Από την σύνδεση των δεδομένων των (POEM-FM87) και GAKKEL φαίνεται ότι δεν υπήρχε η Γύρα της Ιεράπετρας κατά την διάρκεια του χειμώνα του 1987 (Εικόνα 3.8.1).

Η (Εικόνα 3.8.2) παρουσιάζει την γύρα όπως απεικονίζεται από την σύνθεση των δεδομένων PGDB-AS87. Ωστόσο, ο πλόας GAKKEL 31 κατά την διάρκεια του

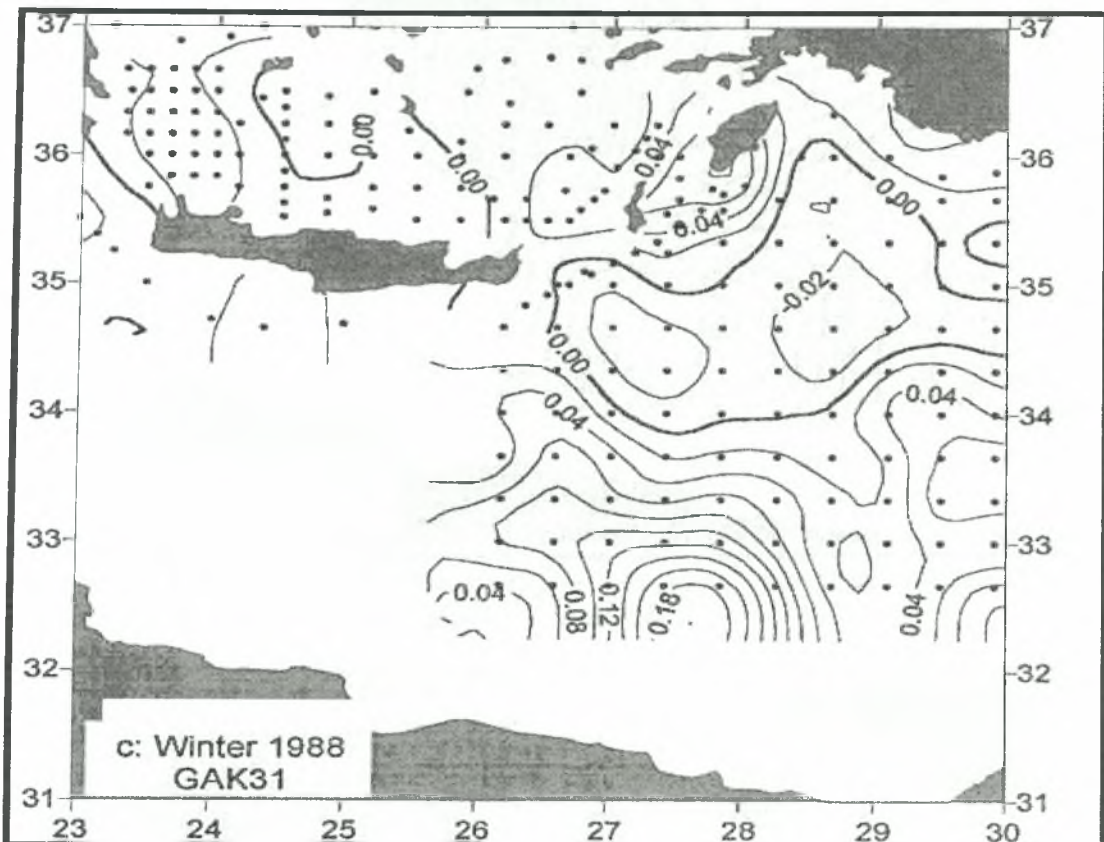


Εικόνα 3.8.1: Ένδειξη της γεωδυναμικής ανωμαλίας στα 50m σε σχέση με τα 800m, χειμώνας 1987,(A. Hecht, I.Gertman, 2000).

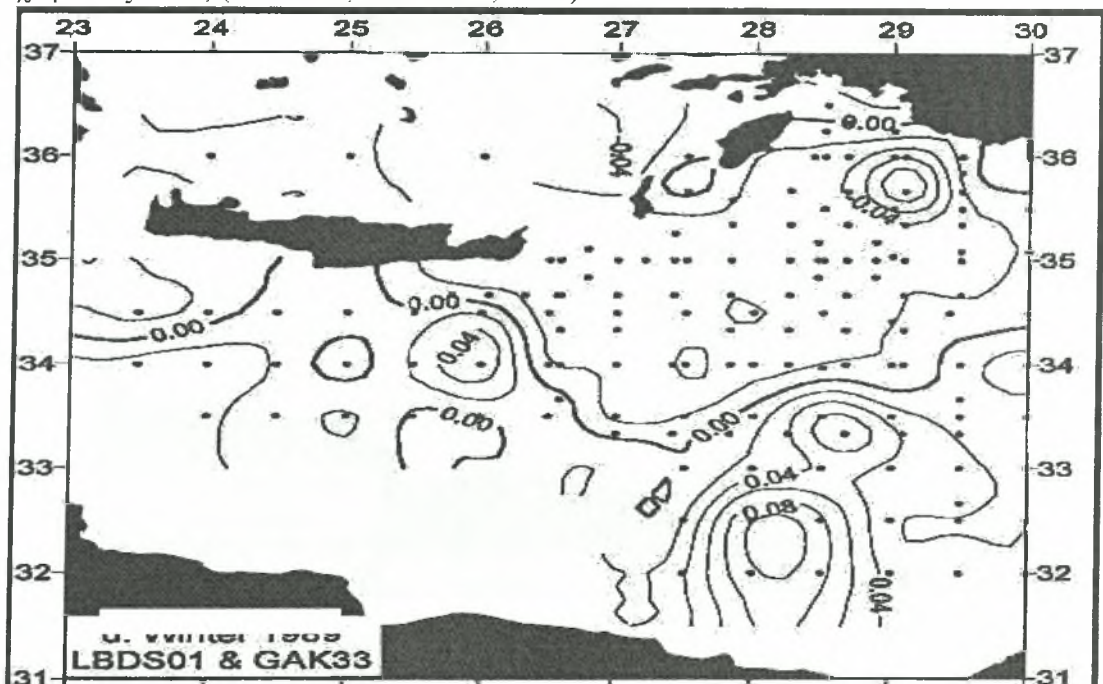
χειμώνα του 1988 δεν κάλυψε ολόκληρο το Κρητικό Πέρασμα και δεν είχαμε σαφείς αποδείξεις για να αναγνωρίσουμε αν υφίσταται ή όχι η Γύρα της Ιεράπετρας.

Κατά την διάρκεια του πλόα (POEM-JA88) που διεξάχθηκε το καλοκαίρι του 1988, δεν έγιναν καθόλου μετρήσεις στο Κρητικό Πέρασμα. Ωστόσο, ο Poron *et al.* (1994) έδειξαν ότι η Γύρα της Ιεράπετρας υπήρχε το καλοκαίρι του 1988 ύστερα από την επεξεργασία των δεδομένων από τον πλόα που διεξάχθηκε από το πρόγραμμα

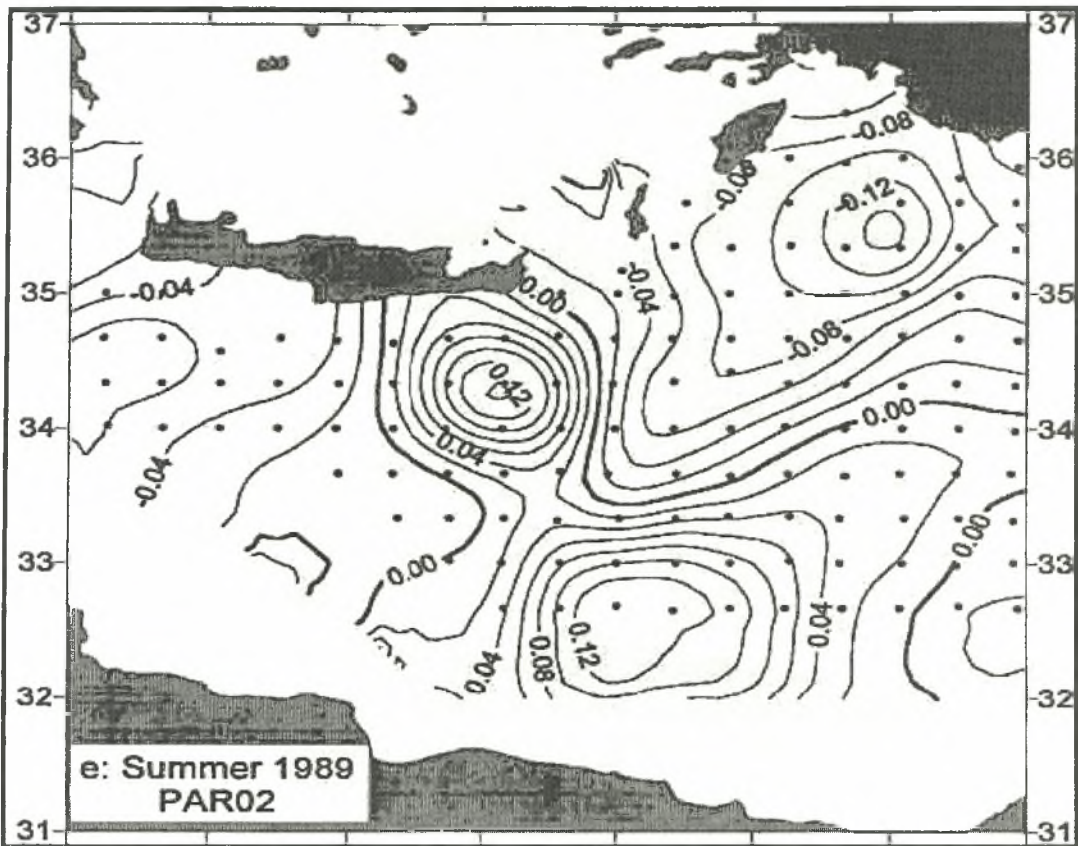
GOIN. Η Γύρα της Ιεράπετρας εμφανίζεται καθαρά κατά την διάρκεια του χειμώνα του 1989 από τα δεδομένα που αντλήθηκαν από τους πλόες GAKKEL 33 και LBD01 (Εικόνα 3.8.3). Επιπλέον, ακολουθεί η απεικόνιση της Γύρας κατά την διάρκεια του καλοκαιριού του 1989, κατά την διάρκεια του πλόα Parshin 02 (Εικόνα 3.8.4), το χειμώνα του 1990 από τον πλόα GAKKEL 36 (Εικόνα 3.8.5) και κλείνοντας απεικονίζεται κατά την διάρκεια του καλοκαιριού του 1990 από τους πλόες GAKKEL 38, LBD02 & PARSHIN 06 (Εικόνα 3.8.6).



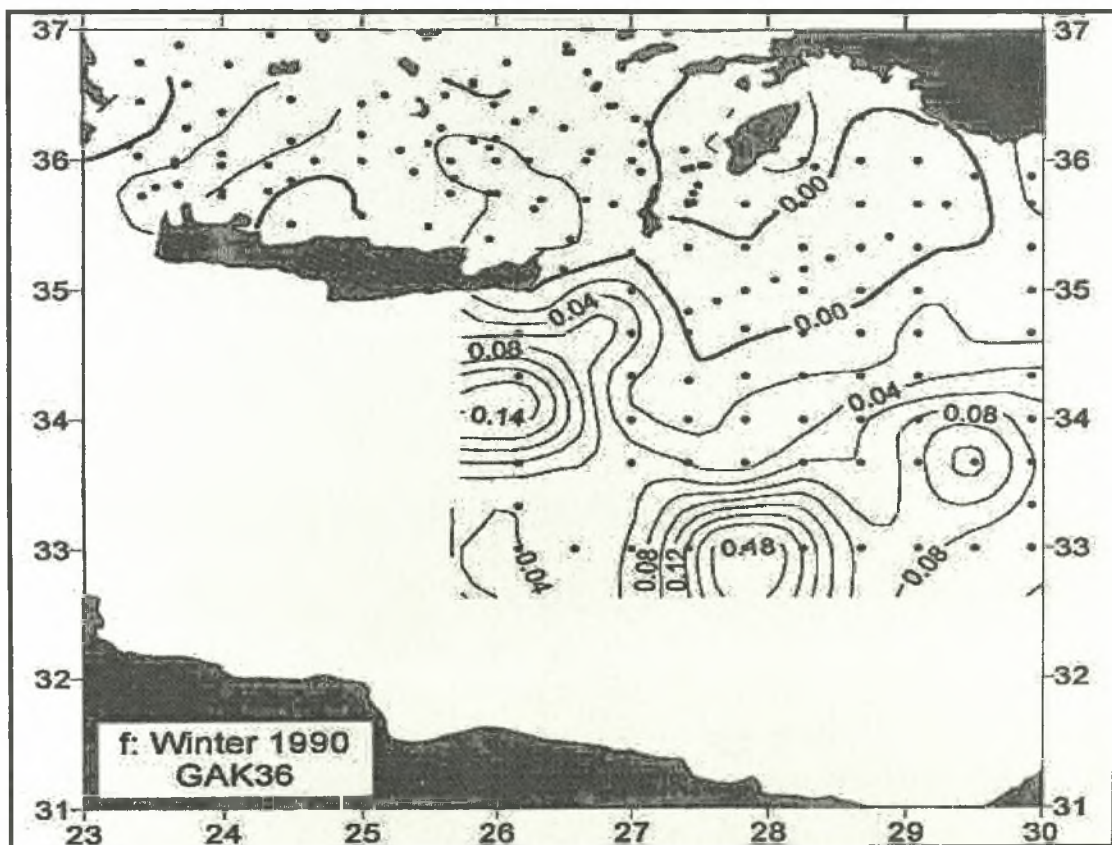
Εικόνα 3.8.2: Ένδειξη της γεωδυναμικής ανωμαλίας στα 50m σε σχέση με τα 800m, χειμώνας 1988, (A. Hecht, I.Gertman, 2000).



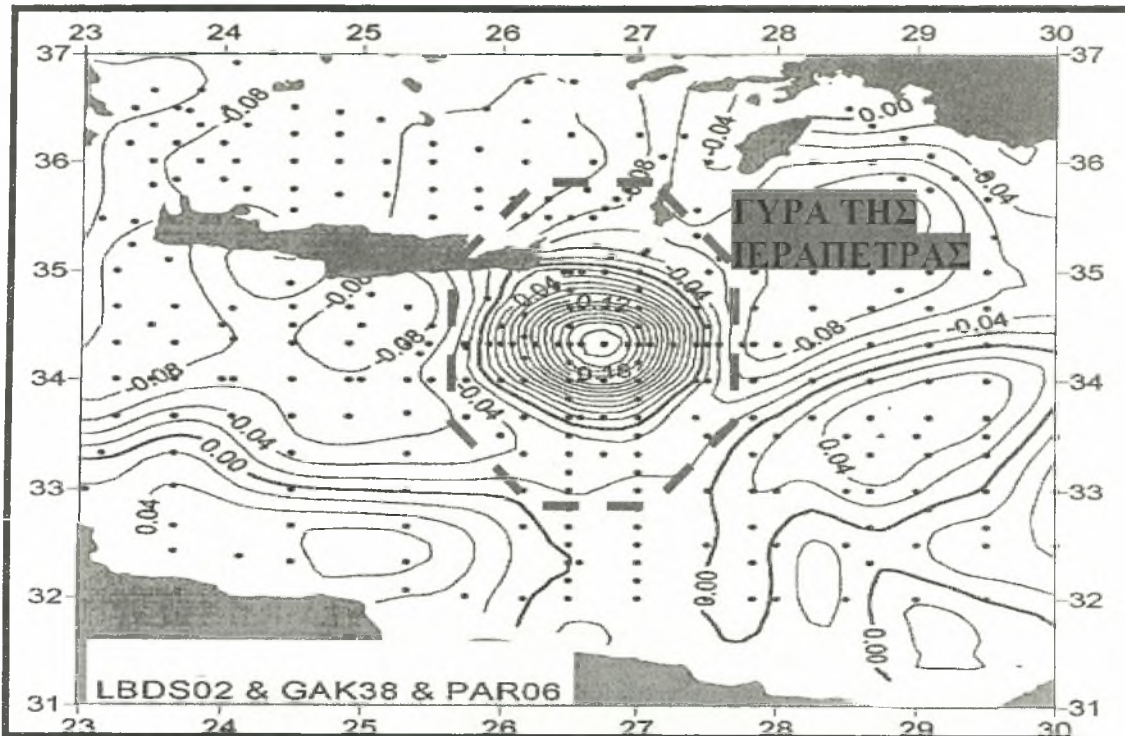
Εικόνα 3.8.3: Ένδειξη της γεωδυναμικής ανωμαλίας στα 50m σε σχέση με τα 800m, χειμώνας 1989, (A. Hecht, I.Gertman, 2000).



Εικόνα 3.8.4: Ένδειξη της γεωδυναμικής ανωμαλίας στα 50m σε σχέση με τα 800m, καλοκαίρι 1989, (A. Hecht, I.Gertman, 2000).



Εικόνα 3.8.5: Ένδειξη της γεωδυναμικής ανωμαλίας στα 50m σε σχέση με τα 800m, χειμώνας 1990, (A. Hecht, I.Gertman, 2000).



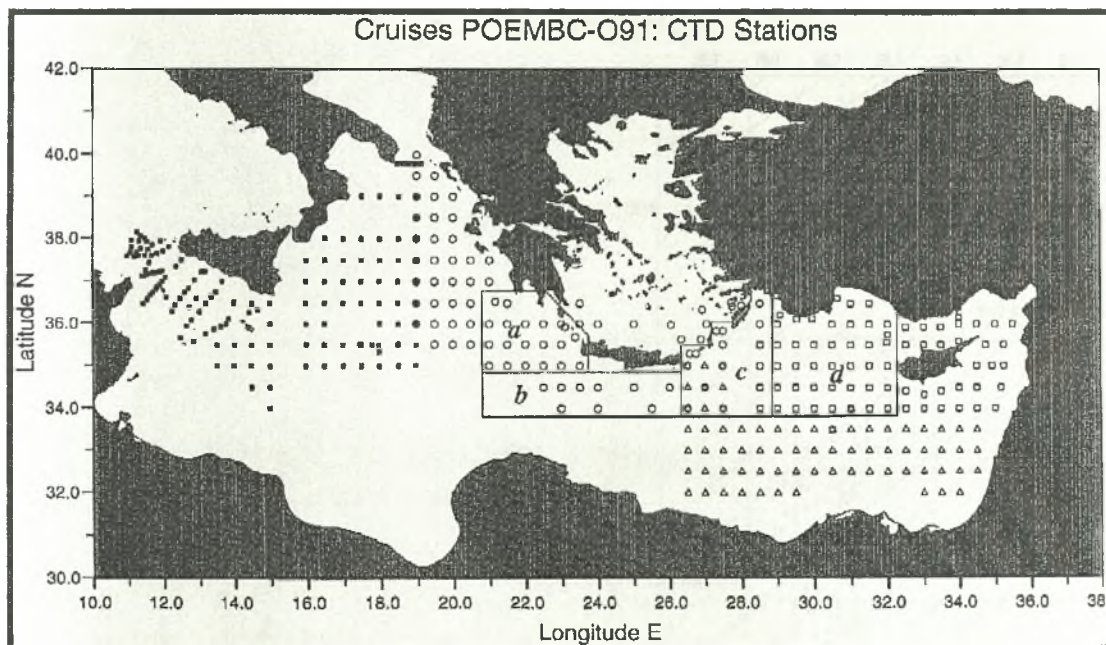
Εικόνα 3.8.6: Ένδειξη της γεωδυναμικής ανωμαλίας στα 50m σε σχέση με τα 800m, καλοκαίρι 1990.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΡΟΕΜ-BC-091

4.1 Εισαγωγή.

Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιάσουμε τις πρώτες αποδείξεις ότι η δραματική αλλαγή στη βαθειά κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου ξεκίνησε πριν το 1991 και είχε να κάνει όχι με τις βαθιές υδάτινες μάζες αλλά και τις ενδιάμεσες, ειδικά με την προέλευση τους και μεταφορά τους, π.χ. του Κρητικού ενδιάμεσου νερού (CIW) και του LIW. Οι αποδείξεις βασίζονται στην πρώτη ενοποιημένη ανάλυση του ΡΟΕΜBC-091 που πραγματοποιήθηκε τον Οκτώβριο του 1991 από τα ωκεανογραφικά σκάφη έρευνας της Ελλάδας, του Ισραήλ, της Ιταλίας και της Τουρκίας. Η (Εικόνα 4.1) δείχνει το πλέγμα των σταθμών της δειγματοληψίας.



Εικόνα 4.1: Απεικονίζεται το πλέγμα των σταθμών κατά την διεξαγωγή του προγράμματος ΡΟΕΜ-BC-091 στην Ανατολική Μεσογείου (Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1999).

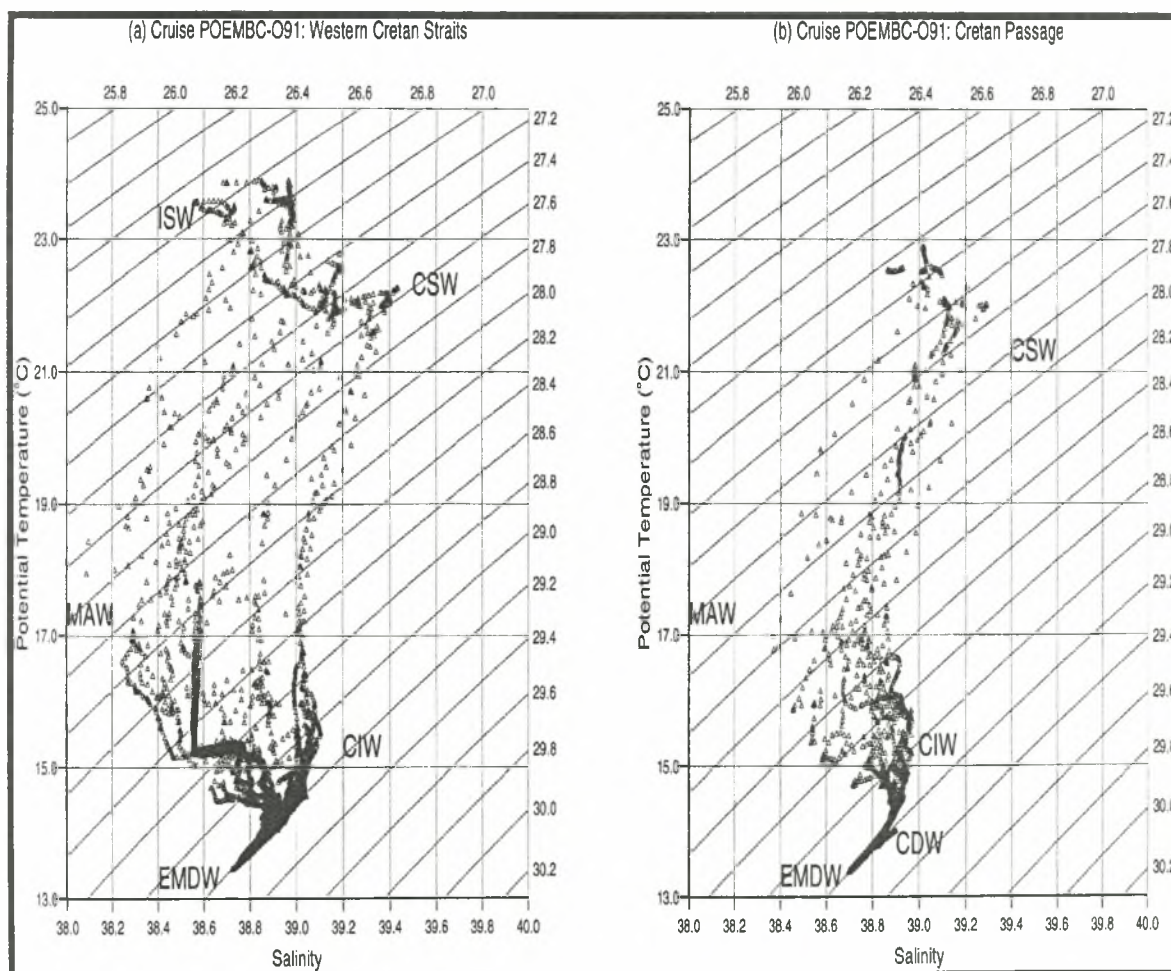
4.2 Υδάτινες μάζες και κατακόρυφες κατανομές.

4.2.1 θ/S διαγράμματα

Για να καθορίσουμε τις υδάτινες μάζες και τις σημαντικές μεταβολές τους κατά την διάρκεια του ΡΟΕΜBC-091 στην Ανατολική Μεσόγειο παρουσιάζουμε διαγράμματα θ/S ξεχωριστά για τις τέσσερις περιοχές όπως φαίνεται στην (Εικόνα

4.2.1.1-a,b,c,d) όπου και οι περισσότερες αλλαγές έλαβαν χώρα σε σχέση με το POEM-AS87.

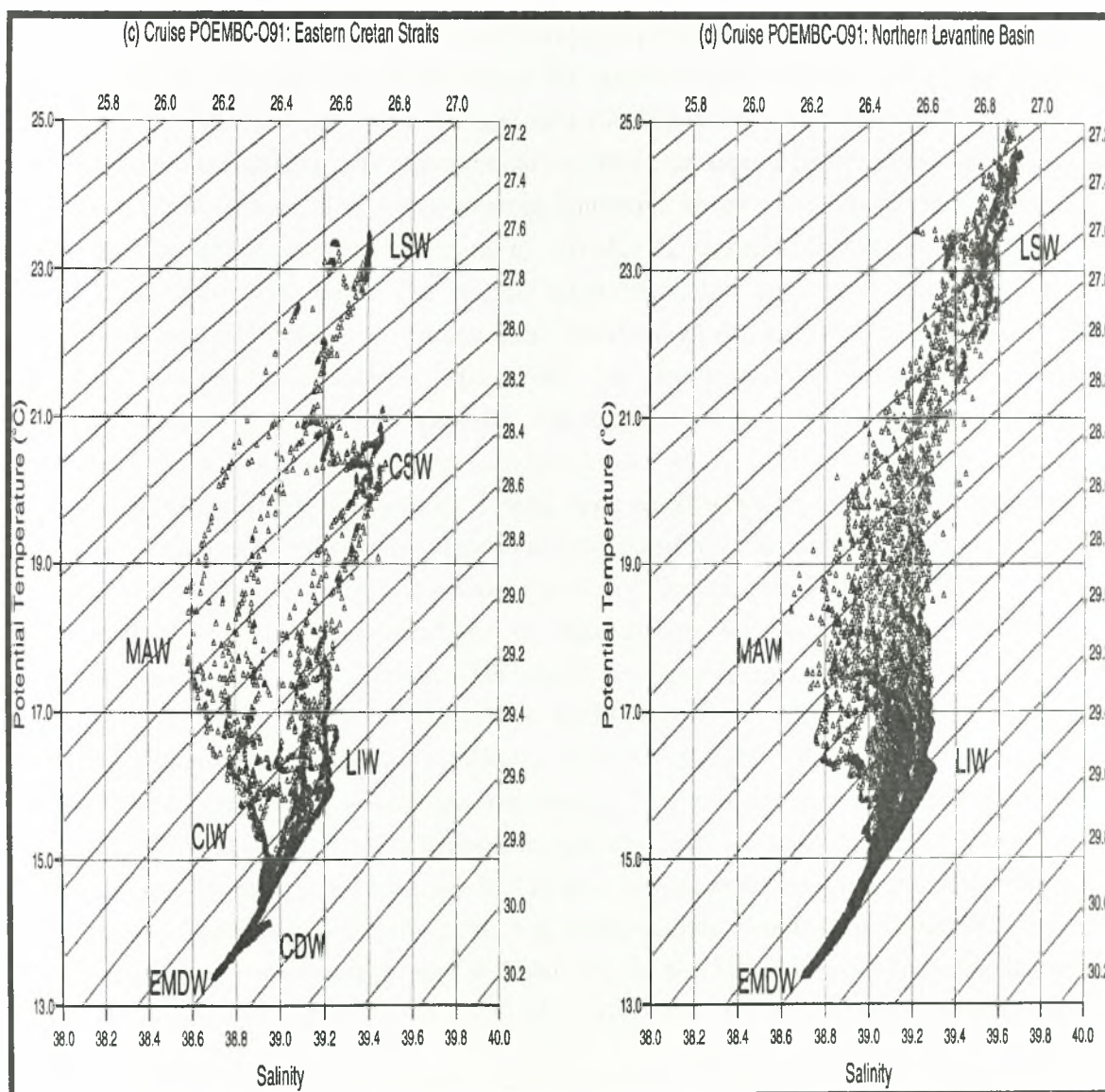
Τα δυο πρώτα διαγράμματα έχουν σχεδιαστεί για τις δυτικές περιοχές (α) και (β) της (Εικόνας 4.2.1.1 a,b). Χαρακτηρίζονται από μια ισχυρή παρουσία του MAW και ένα υποεπιφανειακό μέγιστο της αλατότητας. Τα διαγράμματα παρουσιάζονται στην (Εικόνα 4.2.1.1a και 4.2.1.1b) όπου οι περιοχές (α) και (β) αντιστοιχούν σε δεδομένα που συλλέχτηκαν Δυτικά των Δυτικών στενών του Κρητικού Τόξου και του Κρητικού Περάσματος αντίστοιχα. Και οι δύο περιοχές είναι άμεσα εκτεθειμένες στην εκροή υδάτινων μαζών από το Αιγαίο Πέλαγος. Οι υδάτινες μάζες σημειώνονται στα διαγράμματα. Η κατάσταση των υδατινών μαζών το 1991 είναι αρκετά διαφορετική από αυτή που υπήρχε το 1987, καθώς οι περισσότερες υδάτινες μάζες που παρουσιάζονται σε αυτές τις περιοχές έχουν Κρητική προέλευση.



Εικόνα 4.2.1.1 a και b: Διαγράμματα T/S: a) Δυτικά των Δυτικών στενών του Κρητικού Τόξου (περιοχή a) και b) για το Κρητικό Πέρασμα (περιοχή b). (Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1999).

Η δεύτερη ομάδα διαγραμμάτων στην (Εικόνα 4.2.1.1c και 4.2.1.1d) περιλαμβάνει τα δεδομένα των σταθμών Ανατολικά των Ανατολικών στενών του

Κρητικού Τόξου (περιοχή c) και της Βόρειας Λεβαντινής λεκάνης (περιοχή d). Αξιοσημείωτη είναι η εμφάνιση του Λεβαντινού Επιφανειακού Νερού (LSW) στο ανώτερο στρώμα ($S > 39,2$ psu), θερμότερου (Θ από 23° μέχρι 25°C) του CSW, καθώς το τελευταίο είναι το ίδιο αλμυρό αλλά είναι ψυχρότερο (Θ από 19° μέχρι 21°C). Στο ενδιάμεσο στρώμα, ύδατα με χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά του LIW στις περιοχές δημιουργίας του δραστηριοποιούνται (Θ από 16° μέχρι 17°C , S από $39,0$ psu μέχρι $39,3$ psu και σ_θ από $28,8$ - $29,1$ kg/m^3). Παρατηρείται ταυτόχρονη παρουσία του CIW και του LIW στο Θ/S διάγραμμα της (Εικόνας 4.2.1.1c). Τα CIW και LIW δεν είναι παρόντα στο διάγραμμα της (Εικόνας 4.2.1.1d), ωστόσο στην πιο Ανατολική περιοχή συναντάμε το LIW και το LSW. Η μετάβαση από την Ιόνια στην Λεβαντινή λεκανή μέσω του Κρητικού Περάσματος χαρακτηρίζεται το 1991 από την παρουσία υδατίνων μαζών Αιγιαλίτιδας προέλευσης, το CSW, CIW και CDW.



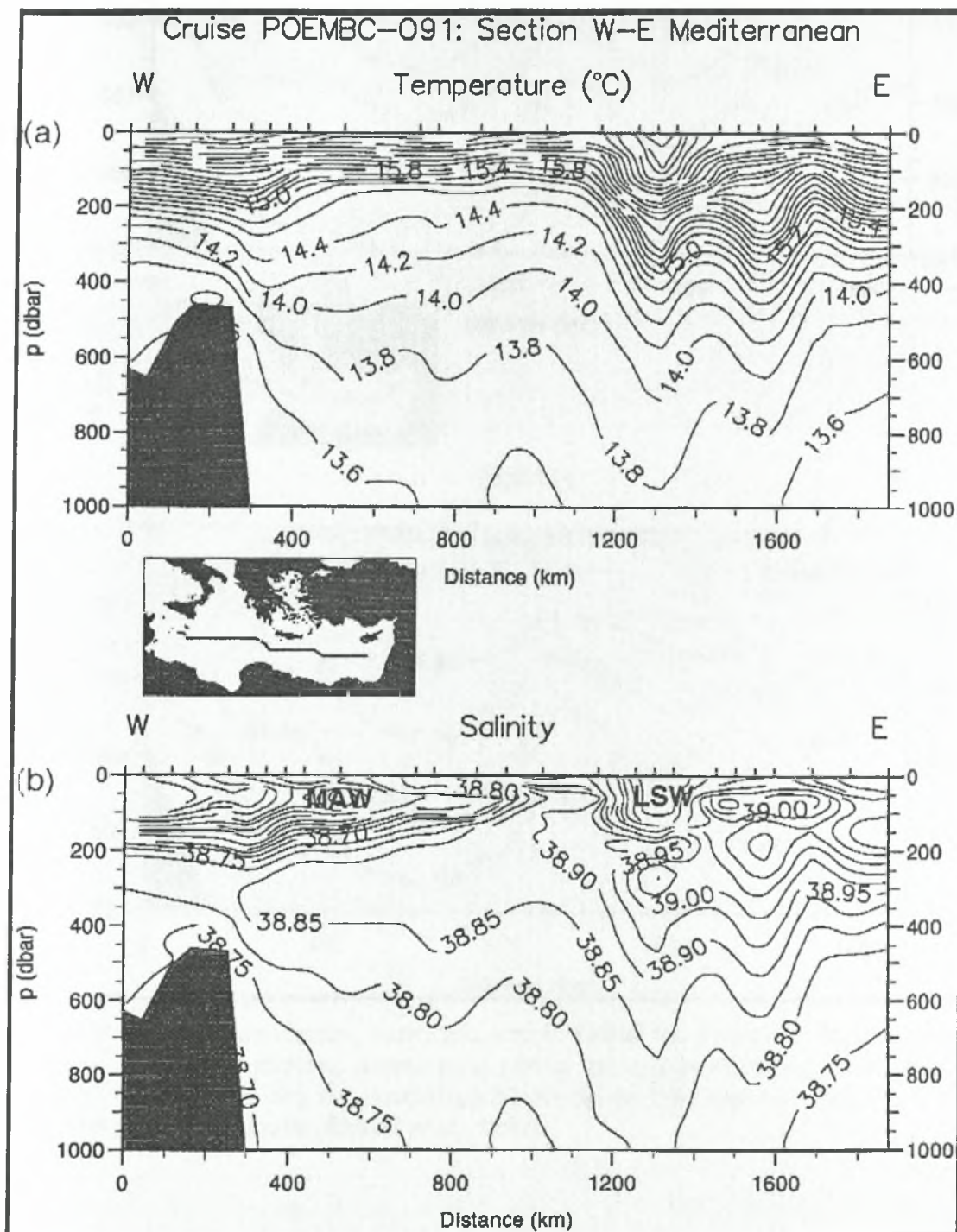
Εικόνα 4.2.1.1 c και d: Διαγράμματα Θ/S : c) Ανατολικά των Ανατολικών στενών του Κρητικού Τόξου (περιοχή c) και d) για την Βόρεια Λεβαντινή λεκάνη (περιοχή d).

4.2.2 Κατακόρυφες κατανομές.

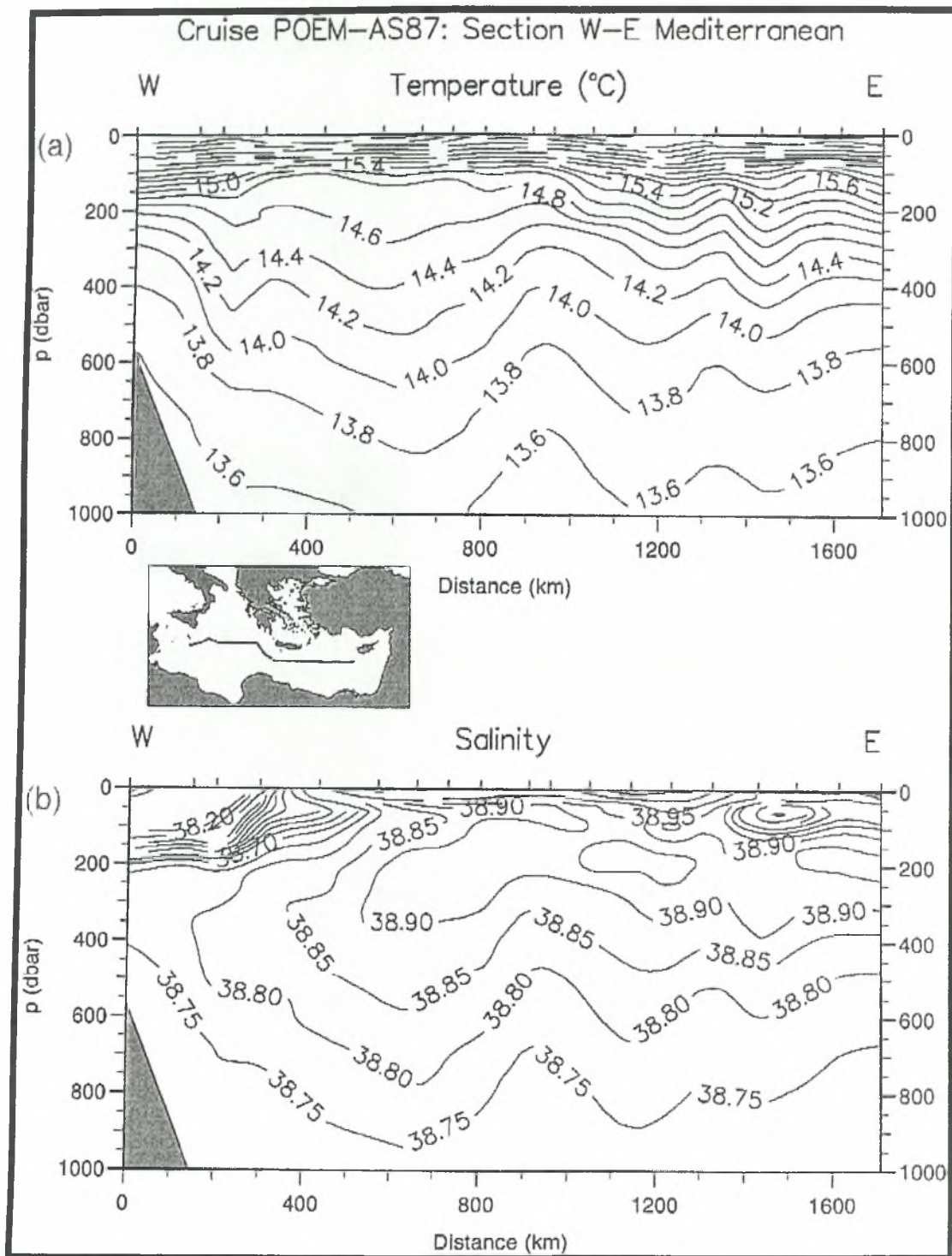
Στην (Εικόνα 4.2.2.1) φαίνονται οι κατακόρυφες κατανομές της δυναμικής θερμοκρασίας (πάνω) και της αλατότητας (κάτω) κατά μήκος της εγκάρσιας τομής με διεύθυνση από την Δύση προς την Ανατολή σε όλη την Ανατολική Μεσόγειο. Το ανώτερο στρώμα της υδάτινης στήλης δείχνει τη σύνδεση μεταξύ της κυκλοφορίας στο ανώτερο στρώμα του θερμοκλινούς και την διασπορά που έχουν οι υδάτινες μάζες. Τα πιο σημαντικά στοιχεία είναι: (i) η διασπορά του MAW μέσα από το κεντρικό Ιόνιο. (ii) το LIW με μέγιστη αλατότητα $S \approx 39,00$ psu που είναι αποθηκευμένο στο πυρήνα μιας έντονης αντικυκλωνικής περιοχής στη Δυτική Λεβαντινή Θάλασσα (iii) μια αλμυρή “γλώσσα” ($S \approx 38,85$ psu) που κινείται προς τα δυτικά και φτάνει στο υψίπεδο της Μάλτας στο Ιόνιο και ρέει πάνω από το κατώφλι του στενού της Σικελίας προς τη Δυτική Μεσόγειο. Οι αντίστοιχες κατανομές δείχνονται στην (Εικόνα 4.2.2.2). Η σημαντικότερη διαφορά ανάμεσα στις (Εικόνες 4.2.2.1 και 4.2.2.2) είναι η παρουσία των δυο ισχυρών αντικυκλώνων στη Λεβαντινή λεκάνη το 1991, που φαίνονται καθαρά από την εμβάθυνση των ισόθερμων και των ισοαλατικών καμπύλων που τροποποιούν τις οδούς μεταφοράς των υδάτινων μαζών. Ο πρώτος από αυτούς τους αντικυκλώνες βρίσκεται νότια της Κρήτης και πρόκειται για τον αντικυκλώνα της Ιεράπετρας. Αυτές οι αντικυκλωνικές περιοχές δεν υφίσταντο το 1987, οπότε και η ροή χαρακτηριζόταν από την “παραδοσιακή” εξάπλωση του LIW προς τα Δυτικά, από την περιοχή δημιουργίας του που είναι η Βόρεια Λεβαντινή Θάλασσα. Το 1991, οι αντικυκλώνες παγιδεύουν LIW κατευθύνοντας το σε μία Ανατολική επανακυκλοφορία στη Λεβαντινή λεκάνη. Επίσης, το CIW παρατηρείται να εξέρχεται από τα Δυτικά στενά του Κρητικού Τόξου και να εξαπλώνεται προς τα Δυτικά προς το Ιόνιο και προς τα Ανατολικά στο Βόρειο τμήμα του Κρητικού Περάσματος. Επομένως, η αλμυρή “γλώσσα” με αλατότητα $S = 38,85$ psu που φτάνει στα στενά της Σικελίας το 1991 πιθανόν να είναι το παλιό LIW που δημιουργήθηκε σε παλαιότερα έτη και ενδέχεται να είναι αναμεμιγμένο με το πιο αλμυρό CIW. Αυτή η εξήγηση προκύπτει από το γεγονός περιορισμού όλων των ισοαλατικών με $S > 38,90$ psu (νέο LIW) στη περιοχή που καταλαμβάνεται από τους αντικυκλώνες το 1991, ενώ το 1987 η ισοαλατική των $S = 38,90$ psu εκτείνεται περισσότερο στα Δυτικά. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι ότι το 1991, παρά τη μεγάλη εξάπλωση που είχε στο Ιόνιο Πελάγος στο ανώτερο στρώμα των 200m, το στρώμα του MAW δεν έφτασε στην λεκάνη της Λεβαντινής Θάλασσας, αλλά περιορίστηκε εντός της κυκλοφορίας του Ιονίου Πελάγους όπως φαίνεται από την ισοαλατική των 38,70psu του Ιονίου Πελάγους και από το μέτωπο που έχει αναπτυχθεί στην είσοδο της Λεβαντινής λεκάνης που καταλαμβάνεται από LIW.

Τέλος, στην εγκάρσια μεσημβρινή τομή του POEM-BC091 της (Εικόνας 4.2.2.3), μικρές μάζες του πυρήνα του LIW με αλατότητα $S \geq 39,00$ psu φαίνεται να είναι περιορισμένες κάτω από τον Αντικυκλώνα της Ιεράπετρας ακολουθώντας μια

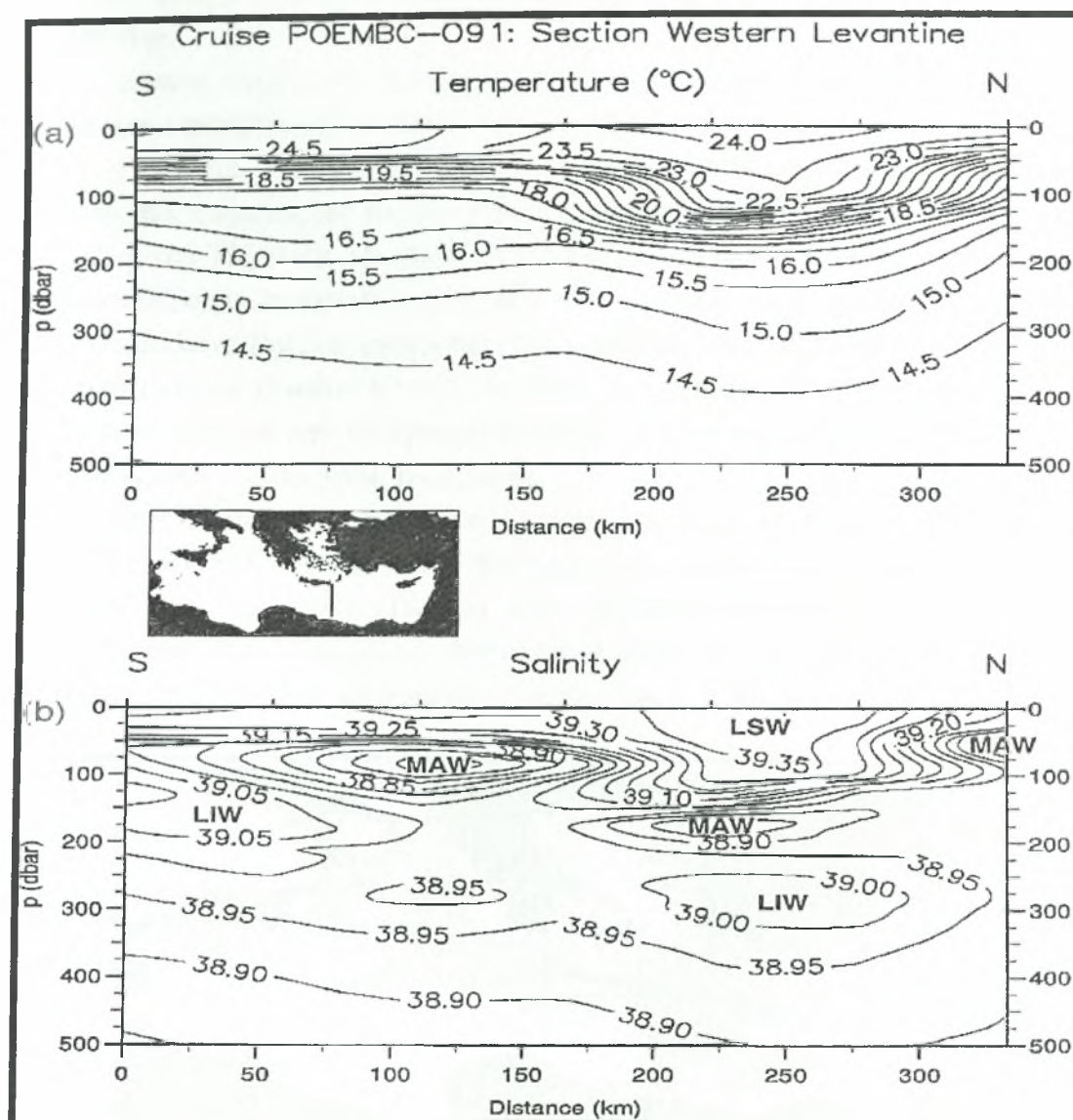
Δυτική πορεία στο Νότιο τμήμα του Κρητικού Περάσματος. Οι υδάτινες μάζες ($S < 38,90$ psu) που είναι παρούσες Νοτίως της Ιεράπετρας μεταξύ 100 και 200m, είναι πιθανότατα μάζες του MAW που ρέουν προς τα Ανατολικά. Το ανώτερο στρώμα του κεντρικού Κρητικού Περάσματος, από την άλλη μεριά, καταλαμβάνεται από μια αλμυρότερη υδάτινη μάζα που φαίνεται να είναι LSW που κυκλοφορεί στην Γύρα της Ιεράπετρας. Αυτές οι διαφορετικές υδάτινες μάζες απεικονίζονται στην (Εικόνα 4.2.2.3).



Εικόνα 4.2.2.1: Κατακόρυφες κατανομές στα 1000dbar της δυναμικής θερμοκρασίας (πάνω) και της αλατότητας (κάτω) κατά μήκος της εγκάρσιας τομής με διεύθυνση Δύση - Ανατολή σε όλη την Ανατολική Μεσόγειο το 1991 (Malanotte-Rizzoli *et al.*),



Εικόνα 4.2.2.2: Κατακόρυφες κατανομές στα 1000dbar της δυναμικής θερμοκρασίας (πάνω) και της αλατότητας (κάτω) κατά μήκος της εγκάρσιας τομής με διεύθυνση Δύση - Ανατολή σε όλη την Ανατολική Μεσόγειο το 1987 από την διεξαγωγή του POEM AS87, (Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1999).



Εικόνα 4.2.2.3: Κατακόρυφες κατανομές στα 500dbar της δυναμικής θερμοκρασίας (πάνω) και της αλατότητας (κάτω) κατά μήκος της εγκάρσιας τομής με διεύθυνση Βορρά - Νότο στην Δυτική πλευρά της Λεβαντινής λεκάνης το 1991, (Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1999).

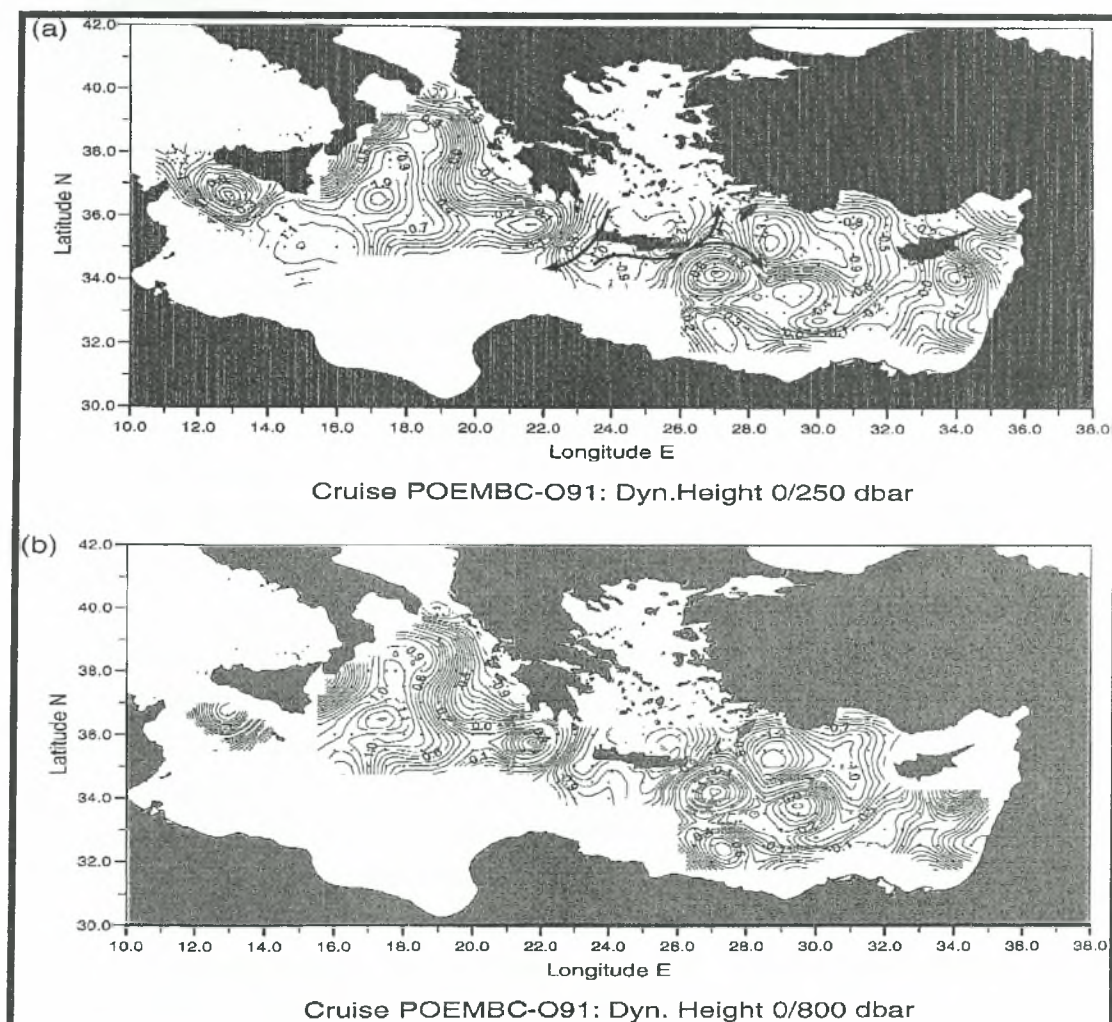
4.2.3 Η κυκλοφορία του ανώτερου στρώματος του θερμοκλινούς το 1987 και το 1991.

Στις (Εικόνες 4.2.3.1α και 4.2.3.1β) απεικονίζετε το δυναμικό ύψος της επιφάνειας σε σχέση με τα 250dbar και τα 800dbar αντίστοιχα, για τον πλόα POEM-BC091. Δίνουμε έμφαση στις ισχυρές ομοιότητες μεταξύ των δυο χαρτών, καθαρή απόδειξη ότι η κυκλοφορία στο ανώτερο στρώμα καθορίζεται από τα ισχυρά ρεύματα και τις γύρες που λαμβάνουν χωρά στο ανώτερο στρώμα των περίπου 250m. Τα

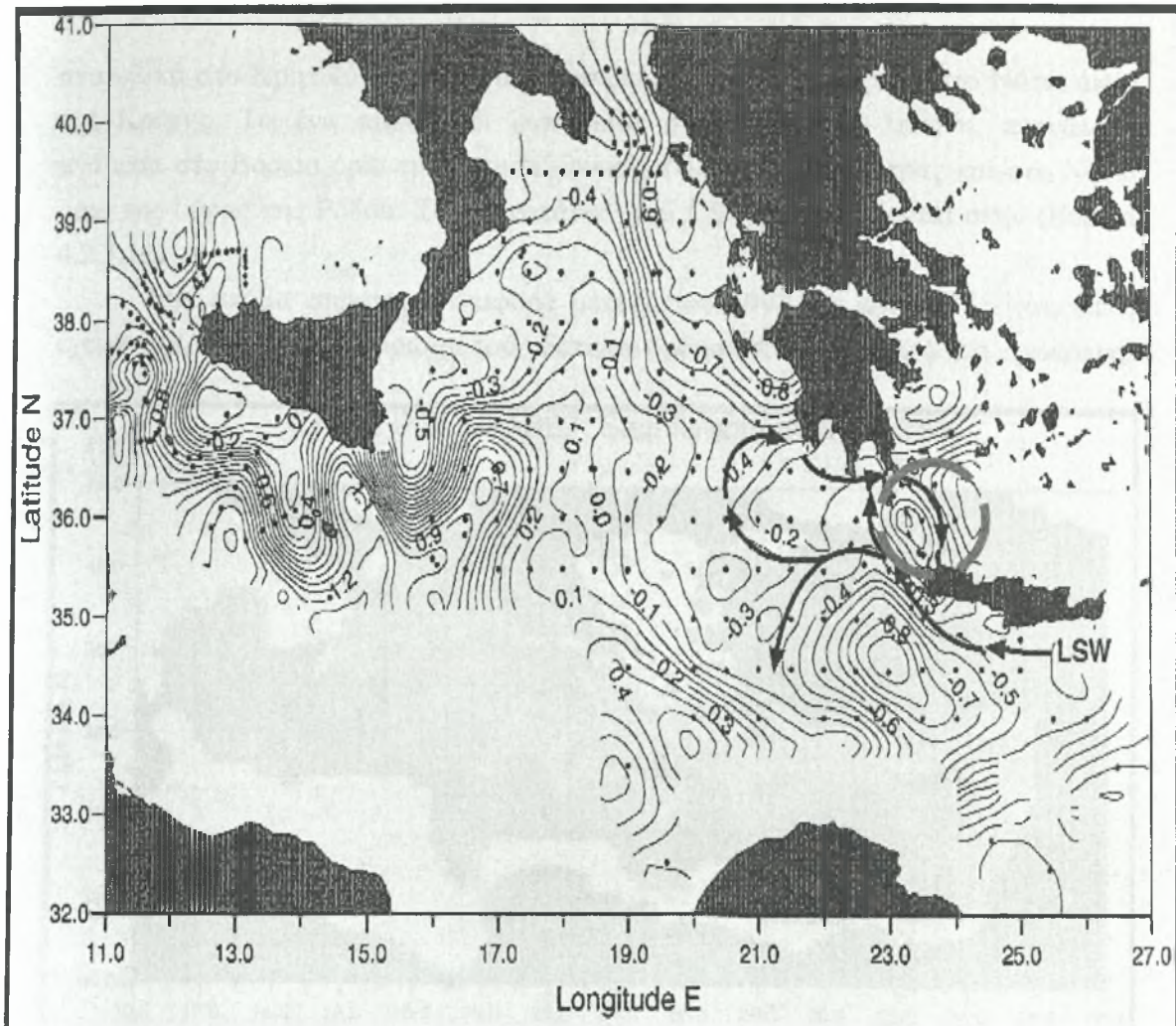
στοιχεία που εμφανίζονται πολύ έντονα τόσο στην (Εικόνα 4.2.3.1α) όσο και στην (Εικόνα 4.2.3.1β) είναι έντονα βαροτροπικά, που δραστηριοποιούνται και κάτω από τα 250 dbar.

Κάποια στοιχεία της Λεβαντινής κυκλοφορίας, όπως η κυκλωνική Γύρα της Ρόδου και ο στρόβιλος Shikmona Νοτίως της Κύπρου είναι παρόμοια το 1987 και το 1991. Εντούτοις, κάποιες σημαντικές διαφορές εμφανίζονται στους υδάτινους δρόμους των επιφανειακών και υποεπιφανειακών υδάτινων μαζών γύρω από τα στενά του Κρητικού Τόξου και στη Λεβαντινή λεκάνη. Το 1987, το LSW εισερχόταν στο Κρητικό Πέρασμα, προχωρούσε προς τα Δυτικά γύρω από τον Κρητικό Κυκλώνα και τον Αντικυκλώνα Πέλοπα, εισερχόταν στο ανατολικό Ιόνιο και τελικά κατέληγε στο Κρητικό Πέλαγος (Εικόνα 4.3.2.2). Το 1991, το LSW έχει αντικατασταθεί από το CSW που εξέρχεται από το Κρητικό πέλαγος και ρέει στην αντίθετη κατεύθυνση, προς τα Ανατολικά στα Νότια της Κρήτης.

Στην Νοτιοδυτική Λεβαντινή λεκάνη, ένα πολύ σημαντικό πολυκεντρικό αντικυκλωνικό πεδίο αναπτύσσεται, που είναι ουσιαστικά η μεγάλη διαφορά μεταξύ του 1987 και του 1991. Παρόλο που πολλαπλοί αντικυκλωνικοί στρόβιλοι δραστηριοποιούνταν στη Νότια Λεβαντινή λεκάνη στις προηγούμενες χρονικές περιόδους του POEM, αυτό διαφέρει κατά την διάρκεια του προγράμματος POEM-



Εικόνα 4.2.3.1: α) Δυναμική ανωμαλία ύψους (m^2/s^2) της επιφάνειας σε σχέση με τα 250 dbar για το 1991 και β) Δυναμική ανωμαλία ύψους (m^2/s^2) της επιφάνειας σε σχέση με τα 800 dbar για το 1991. (Malanotte-Rizzoli *et al.* 1999)



Εικόνα 4.3.2.2: Δυναμική ανωμαλία ύψους (m^2/s^2) της επιφανείας σε σχέση με τα 250 dbar για το 1987, (Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1999).

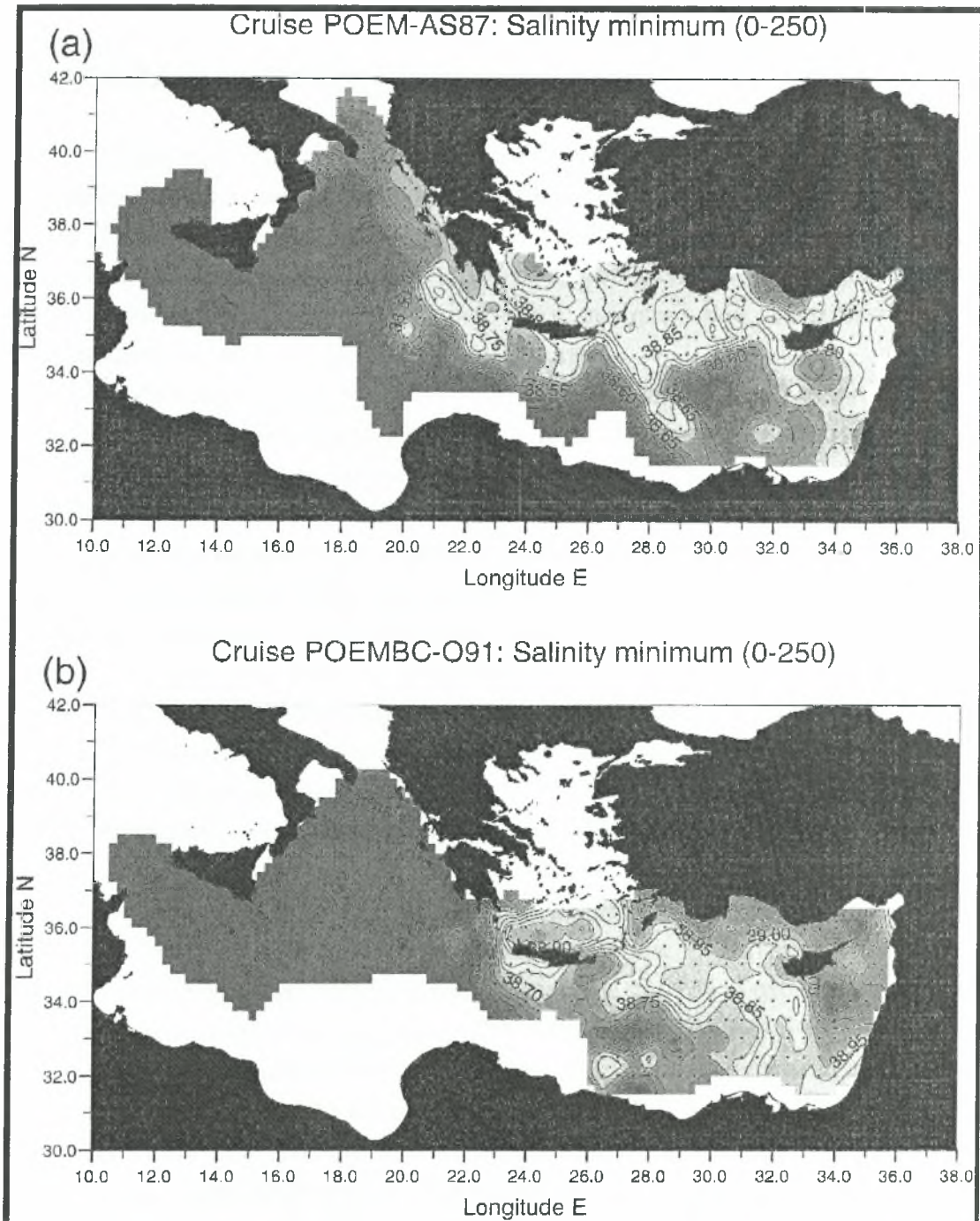
BC που πραγματοποιήθηκε το 1991. Έτσι, το 1991 διαφέρει σημαντικά δείχνοντας τρεις αντικυκλώνες σχετικά μεγάλου μεγέθους που καλύπτουν ολόκληρη την Νοτιοδυτική Λεβαντινή λεκάνη.

Οι δυο Βόρειοι αντικυκλώνες έχουν ήδη αποκαλυφθεί νωρίτερα στις κατακόρυφες κατανομές. Μια μεγάλη αντικυκλωνική δομή με πολλά και βαθειά κέντρα σαν την Γύρα Mersa-Matruh το 1986 και 1987 (Ozsoy *et al.*, 1989, 1991, 1993), όταν δεν υπήρχε καμία ένδειξη για τον αντικυκλώνα της Ιεράπετρας. Το 1987 (Robinson *et al.*, 1991; Theocharis *et al.*, 1993; Ozsoy *et al.*, 1991, 1993), ο αντικυκλώνας της Ιεράπετρας μπορούσε εύκολα να αναγνωριστεί. Το 1991, τα στοιχεία εμφανίστηκαν σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα με αποτέλεσμα να μπλοκάρουν το παραδοσιακό “μονοπάτι” του LSW και αποτρέποντας το να ρέει Δυτικά στο Κρητικό Πέρασμα.

Ακόμα το 1987 και το 1989 τα πολλαπλά αντικυκλωνικά κέντρα στην περιοχή οδήγησε σε ένα συνδυασμένο υδάτινο δρόμο. Έτσι το MMJ μετέφερε το MAW στη Λεβαντινή λεκάνη μεταξύ του Νότιου ορίου της Γύρας της Ρόδου και του Βόρειου ορίου του Αντικυκλώνα Mersa-Matruh. Το 1991, CSW μεταφέρεται προς τα

ανατολικά στο Κρητικό Πέρασμα από ένα ρεύμα που διακλαδίζεται στο Νότιο άκρο της Κρήτης. Το ένα παρακλάδι εισέρχεται στη Λεβαντινή λεκάνη, περνώντας ανάμεσα στο Βόρειο όριο της αντικυκλωνικής Γύρας της Ιεράπετρας και στο Νότιο όριο της Γύρας της Ρόδου. Τα “μονοπάτια” του CSW απεικονίζονται στην (Εικόνα 4.2.3.1α)

Μια ακόμα σημαντική διαφορά μεταξύ του 1991 και του 1987 είναι, όπως έχει αναφερθεί, το μπλοκάρισμα του υδάτινου δρόμου του MAW προς τα Ανατολικά



Εικόνα 4.2.3.3: Χωρική κατανομή του ελάχιστου της αλατότητας στο ανώτερο στρώμα των 0-250dbar σε ολόκληρη την Ανατολική Μεσόγειο στα: (α) 1987 και (β) 1991. (Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1999).

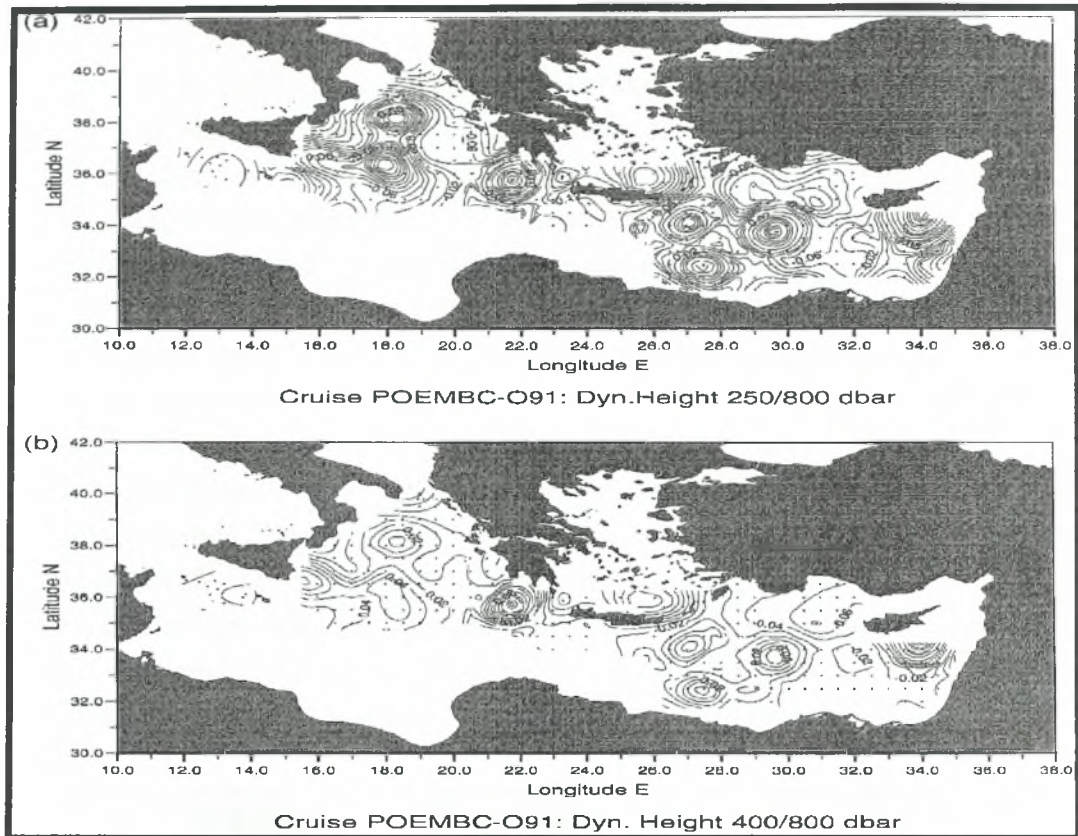
από το CSW με αλατότητα $S=38,70\text{psu}$ που εξέρχεται από τα δυτικά στενά του Κρητικού Τόξου και εξαπλώνεται προς τα Ανατολικά στο Κρητικό Πέρασμα έως την Βορειοδυτική Λεβαντινή Θάλασσα. Το μέτωπο αλατότητας που δείχνεται από την ισοαλατική των $38,90$ καθορίζει τη περιοχή του LSW με αλατότητα $S>39,00\text{psu}$ να καταλαμβάνει το Βόρειο και Ανατολικό τμήμα της Λεβαντινής λεκάνης. Συνεπώς, το 1991 η Ιόνια λεκάνη και η Λεβαντινή λεκάνη παρουσιάζουν λιγότερη σύνδεση σε σχέση με το 1987 όσον αφορά τις μετακινήσεις των υδάτινων μαζών στο ανώτερο θερμοκλιτικό στρώμα (Εικόνα 4.2.3.3α και 4.2.3.3β).

4.2.4 Ενδιάμεσα και Βαθιά στρώματα.

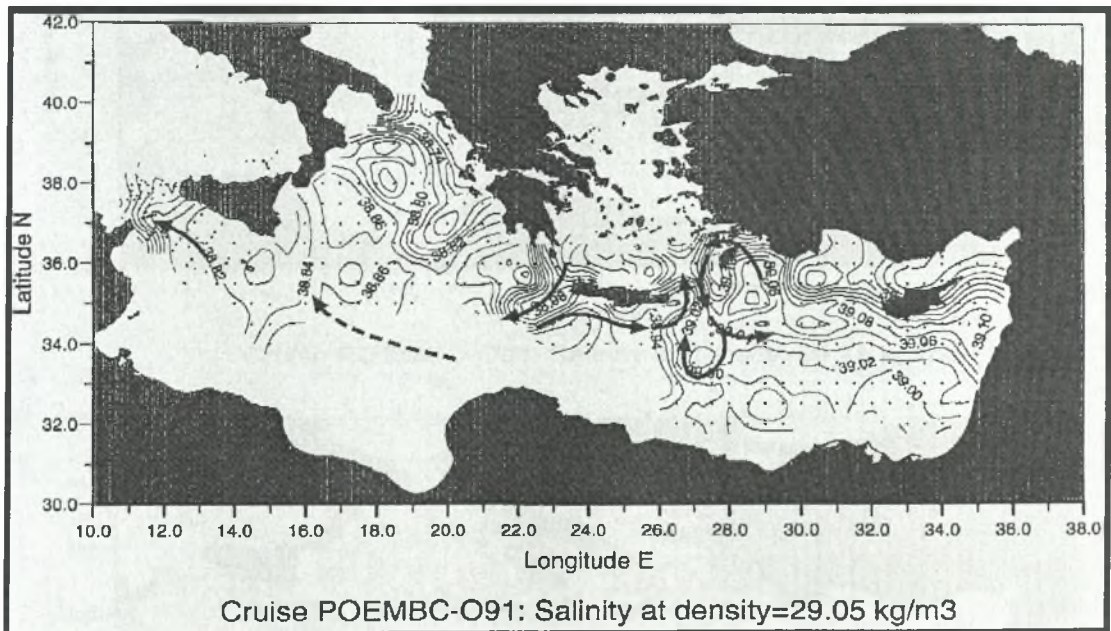
Οι πιο σημαντικές διαφορές μεταξύ του 1987 και 1991 είναι η προέλευση και οι υδάτινοι δρόμοι που ακολουθούν οι ενδιάμεσες και βαθιές υδάτινες μάζες. Η (Εικόνα 4.2.4.1α,β) δείχνει τα δυναμικά ύψη στα 250dbar και στα 400dbar σε σχέση με τα 800dbar . Έτσι, τα κύρια στοιχεία της κυκλοφορίας του ανώτερου θερμοκλινού έχουν απαλειφθεί, αφήνοντας μόνο τα στοιχεία που εντατικοποιούνται υποεπιφανειακά και τα έντονα βαροτροπικά στοιχεία.

Η εξέταση της (Εικόνας 4.2.4.1α,β) αποκαλύπτει μια σειρά αντικυκλωνικών περιοχών με πολλαπλά κέντρα, κάποιες από τις οποίες φαίνονται και στην ανώτερη κυκλοφορία. Πρώτη και σημαντικότερη είναι ο τριπλός αντικυκλώνας που τοποθετείται στην ίδια περιοχή του Γύρου Mersa-Matruh στη Νότια Λεβαντινή λεκάνη, με την προσθήκη του ισχυρού Αντικυκλώνα Ιεράπετρα και έναν ακόμα έντονο αντικυκλωνικό κέντρο που λαμβάνει χώρα ($29-30^{\circ}\text{A}$ και $33-34^{\circ}\text{B}$). Βόρεια αυτής της περιοχής, η κυκλωνική Γύρα της Ρόδου είναι εμφανής, αν και δεν είναι ιδιαίτερα έντονη σε αυτά τα στρώματα. Αυτοί οι αντικυκλώνες της Νότιας Λεβαντινής Θάλασσας μας δείχνουν αρκετά καθαρά ότι εμποδίζουν την προς τα Δυτικά επέκταση των ενδιάμεσων και βαθιών υδάτινων μαζών που σχηματίζονται στη Βόρεια Λεβαντινή Θάλασσα.

Η κατανομή της αλατότητας για το POEM-BC-091 πάνω στην ισόπικνη επιφάνεια $\sigma_{\theta}=29,05\text{kg/m}^3$ φαίνεται στην (Εικόνα 4.2.4.2). Η αλατότητα στο κέντρο της Γύρας της Ρόδου το 1991 είναι $39,02\text{psu}$, αρκετά μεγαλύτερη των $38,92\text{psu}$ του 1987. Το 1991, το LIW ακολουθεί συγκεκριμένα και διαφορετικά "μονοπάτια". Αρχικά οδηγείται από το AMC διαμέσου του στενού της Ρόδου στο Νοτιοανατολικό Αιγαίο. Έπειτα, εκρέει μερικώς προς την Βορειοδυτική Λεβαντινή Θάλασσα μέσω των Ανατολικών Κρητικών στενών, δημιουργώντας μια καλοσχηματισμένη γλώσσα που επεκτείνεται προς τα Νότια και ρέει κυκλωνικά στη Νότια περιφέρεια της Γύρας της Ρόδου. Το LIW δεν φαίνεται να κινείται προς Δυτικά εντός του Κρητικού Περάσματος. Αυτό είναι φανερό από το μέτωπο που σχηματίζεται ανάμεσα στο αλμυρό νεοσχηματισμένο LIW στη δυτική Λεβαντινή λεκάνη και τη λιγότερο αλμυρή υδάτινη μάζα με αλατότητα ($S<38,90$) που πιθανότατα να έχει σχηματισθεί παλαιότερα.



Εικόνα 4.2.4.1: Δυναμική ανωμαλία ύψους (m^2/s^2): (α) στα 250 και (β) στα 400 dbar σε σχέση με τα 800 dbar το 1991. (Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1999).

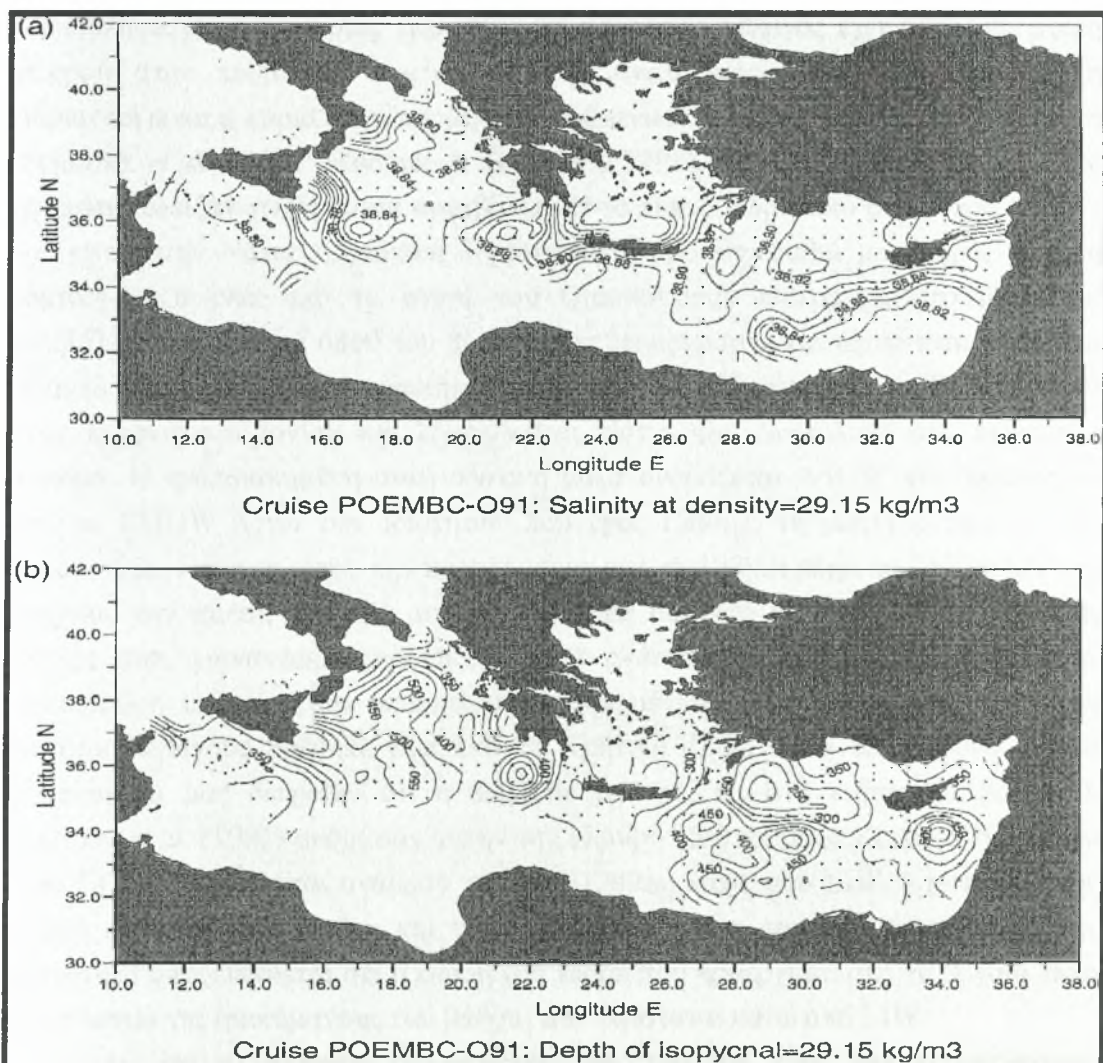


Εικόνα 4.2.4.2: Χωρική κατανομή της αλατότητας στην επιφάνεια της ισόπυκνης των $\sigma_\theta=29.05 \text{ kg/m}^3$. (Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1999).

Ένας κλάδος του CIW που εκρέει από τα Δυτικά στενά του Κρητικού Τόξου κινείται προς τα Ανατολικά, στο Βόρειο τμήμα του Κρητικού Περάσματος. Αναμιγνύεται με το προαναφερθέν "παλιό" LIW και επανεισέρχεται στο Κρητικό Πέλαγος Ανατολικά της Κρήτης.

Σε σχέση με το 1987, οι αλατότητες στην ισόπυκνη επιφάνεια των $\sigma_{\theta}=29,05$ είναι 0,15 υψηλότερες στη Γύρα της Ρόδου και στην περιοχή της Λεβαντινής λεκάνης, Βόρεια της Κύπρου. Οι υδάτινοι δρόμοι και οι τοποθεσίες δημιουργίας των αλμυρών υδάτινων μαζών που φαίνονται στην ισόπυκνη των $\sigma_{\theta}=29,05$, εμφανίζονται επίσης και στις ισόπυκνες των $\sigma_{\theta}=29$ και $\sigma_{\theta}=29,10$ με παρόμοια μορφή.

Η αλατότητα και το βάθος της ισόπυκνης επιφάνειας των $\sigma_{\theta}=29,15$ παρουσιάζονται στην (Εικόνα 4.2.4.3). Μια μεταβατική υδάτινη μάζα κάτω από τις ενδιάμεσες και πάνω από τις βαθιές υδάτινες μάζες (EMDW) δημιουργείται εντός του Κρητικού Πελάγους και εξαπλώνεται ομοιόμορφα εκτός των στενών του Κρητικού Τόξου. Οι Schlitzer *et al.* (1991) κατηγοριοποίησαν αυτές τις υδάτινες μάζες σαν ενδιάμεσες επειδή "σφηνώνονται" ανάμεσα στο λιγότερο πυκνό CIW και το πυκνότερο CDW. Σε σχέση με το 1987, η κατανομή της αλατότητας στην (Εικόνα 4.2.4.3α), δείχνει μια μαζικότερη εξάπλωση αυτών των μεταβατικών υδατινών μαζών εκτός του Κρητικού Πελάγους γύρω από τα στενά του Κρητικού Τόξου, τόσο στα Ανατολικά όσο και στα Δυτικά.



Εικόνα 4.2.4.3: Χωρική κατανομή (α) της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $29,15 \text{ kg/m}^3$ (β) το βάθος της ισόπυκνης των $29,15 \text{ kg/m}^3$ στην Ανατολική Μεσόγειο, Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1999).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ METEOR 95

5.1 Εισαγωγή

Αρκετά χρόνια μετά την διεξαγωγή του ΡΟΕΜ ΒC-091, έλαβε χώρα ο πλόας METEOR 95, που πραγματοποιήθηκε το 1995, και αποτελεί μέρος του αρχικού προγράμματος. Τα δεδομένα από το πρόγραμμα METEOR μας έκαναν να κατανοήσουμε την νέα θερμοαλατική κυκλοφορία που παρουσιάστηκε στην Ανατολική Μεσόγειο το 1995. Ο πλόας του METEOR περιλαμβάνει μετρήσεις από ιχνηλάτες σε συνδυασμό με δειγματοληψίες θρεπτικών συστατικών. Ωστόσο, σκοπός του προγράμματος είναι η απόκτηση ικανών πληροφοριών από περιοχές όπου υπάρχει έλλειψη δεδομένων και έχουμε πολύπλοκη δυναμική δομή. Επιπλέον, οι προσπάθειες που έγιναν για τον καθορισμό της βαθιάς κυκλοφορίας στην Ανατολική λεκανή της Μεσογείου από τις κατανομές της αλατότητας και της θερμοκρασίας είναι περιορισμένες. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην εξαιρετική ομοιογένεια της υδάτινης στήλης τόσο κατακόρυφα όσο και οριζόντια κάτω από τα 1500m. Η εικόνα της θερμοαλατικής κυκλοφορίας εμφανίζει ότι το Αιγαίο πέλαγος έχει μόνο μια μικρή επιρροή στην πυθμενική κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου και ότι η Αδριατική είναι η κύρια πηγή προμήθειας πυθμενικού και βαθιού νερού στην περιοχή (Schlitzer *et al.*, 1991; Roether & Schlitzer, 1991). Έτσι, τα δεδομένα από τους ιχνηλάτες έδειξαν χωρίς καμία αμφιβολία ότι το πυκνό Αδριατικό βαθύ νερό (ADW) που είναι στην Νότια Αδριατική δημιουργείται από την βαθιά μεταφορά. Αυτή η υδάτινη μάζα ρέει από τα στενά του Otranto όπου εισέρχεται στο Ιόνιο και περιβάλλεται από νερά όπου του προσδίδουν θερμοκρασία και αλατότητα παρόμοια με αυτή του EMDW. Η τροποποιημένη αυτή υδάτινη μάζα προστίθεται Βορειοδυτικά στην λεκάνη του Ιονίου και εξαπλώνεται Νότια και Ανατολικά στο πυθμενικό στρώμα. Η τροποποιημένη αυτή υδάτινη μάζα ονομάζεται ASOW και διακρίνεται από το EMDW λόγω των ιδιοτήτων που έχει. Επίσης, τη μικρή μεταφορά που παρουσιάζουν οι ιχνηλάτες, την παρατηρούμε από τα 1200m μέχρι τα 2600m και μας δείχνουν την άμεση απουσία της κυκλοφορίας σε αυτό το κομμάτι της υδάτινης στήλης, έτσι η ανανέωση περιορίζεται στην ανάδυση πυθμενικών νερών και στην κατακόρυφη ανάμιξη των υπερκείμενων στρωμάτων. Ένα μέρος των νερών του Αιγαίου Πελάγους βρέθηκε έξω από το Κρητικό Τόξο, αλλά το οξυγόνο και τα ιχνοστοιχεία μας δείχνουν ότι η επιρροή περιορίζεται στα ενδιάμεσα βάθη. Οι Schlitzer *et al.* (1991) ονόμασαν αυτήν την αλμυρή υδάτινη μάζα Κρητικό ενδιάμεσο νερό CIW και βρίσκεται ανάμεσα στα 500-1200m, κάτω από LIW. Σχετικά με την υψηλή συγκέντρωση τριτίου και την μεγάλη συσχέτιση που έχει το τρίτιο με την αλατότητα αποδεικνύεται ότι η εκροή του νερού που προέρχεται από το Αιγαίο είναι αποτέλεσμα της διακύμανσης του βάθους που υφίσταται κάτω από LIW.

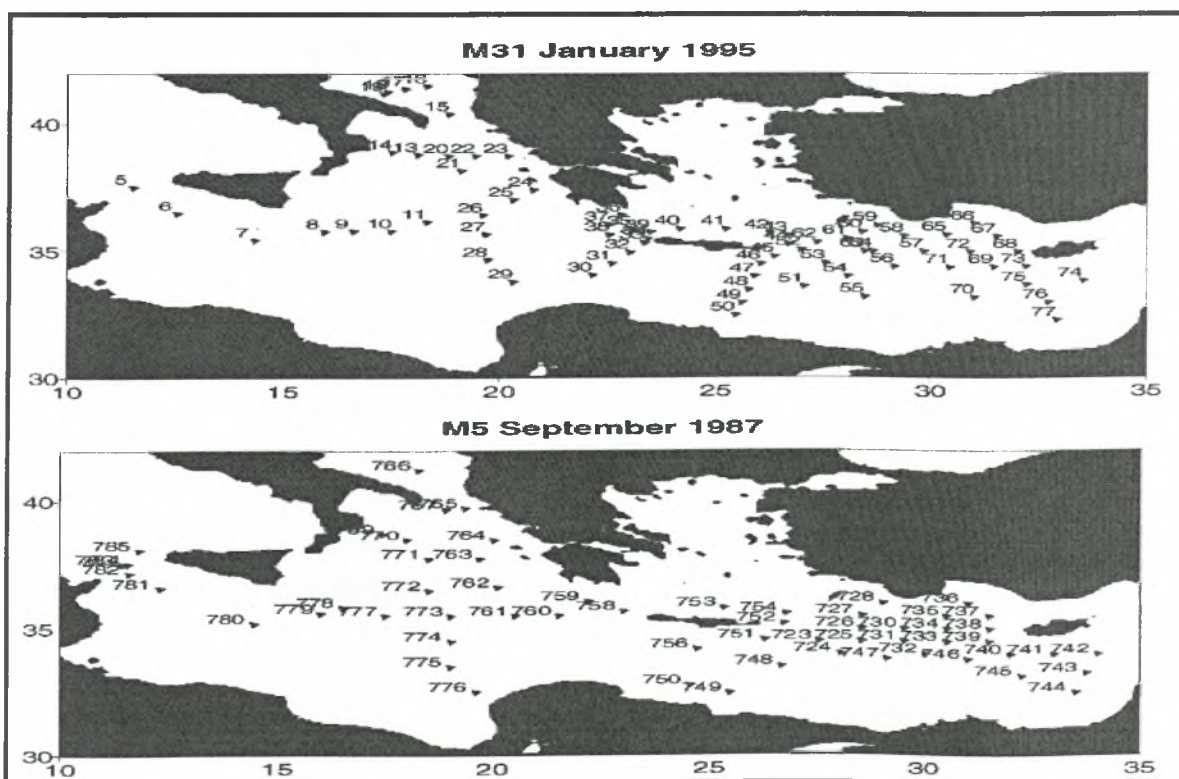
Αν και οι αλλαγές στο στρώμα του πυθμένα είναι πιο εντυπωσιακές, πολύπλοκες αλλαγές ακόμα ανιχνεύονται στα ανώτερα στρώματα της υδάτινης

στήλης περιλαμβάνοντας και το στρώμα της υδάτινης στήλης όπου συναντάμε το LIW. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει διαφορά στην εξάπλωση και κατανομή του LIW το 1995 σε σχέση με το 1987.

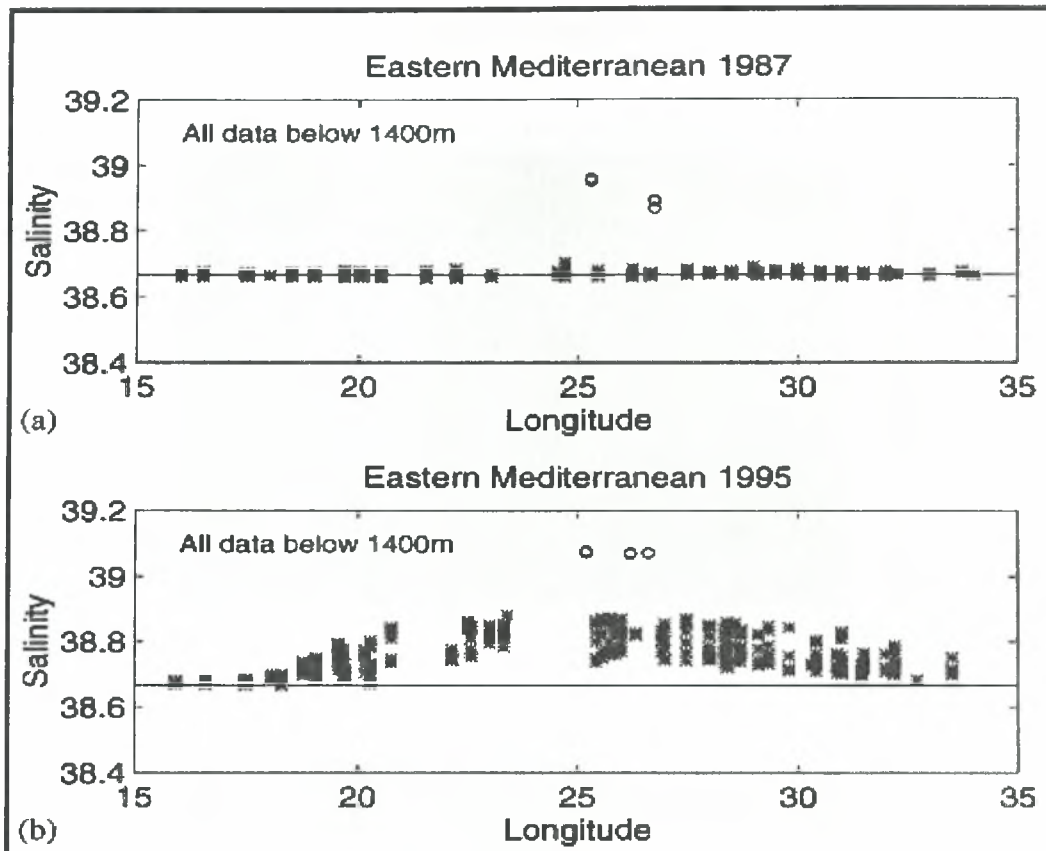
Το 1995 βλέπουμε ότι το LIW απουσιάζει στο κεντρικό τμήμα της Δυτικής λεκάνης και στο Βόρειο τμήμα του Κρητικού Περάσματος. Το LIW συγκεντρώνεται στην Ανατολική Λεβαντινή λεκάνη και στην Βόρεια πλευρά της περιμέτρου της Γύρας της Ρόδου (Malanotte Rizzoli *et al.*, 1996a). Αλλά η συγκέντρωση του CFC πρόσφατα δείχνει μια μείωση στην κυκλοφορία του LIW στην Ανατολική Λεβαντινή λεκάνη και Νοτιοδυτικά της Γύρας της Ρόδου. Η συγκέντρωση του CFC είναι σαφώς μεγαλύτερη το 1995 σε σχέση με το 1987 δείχνοντας επιπλέον ότι η ανάδυση σχετίζεται με την εισβολή πυκνού νερού προερχόμενο από τον πυθμένα στον πυρήνα του LIW. Η αραίωση που δέχεται το LIW από την ανάδυση πυθμενικού νερού φτάνει να ανέρχεται στο 30%.

5.2 Η μεγάλη υδρολογική μετάβαση της Ανατολικής Μεσογείου (Eastern Mediterranean Transient) αποκαλύπτεται στον πλόα METEOR 1995 σε σχέση με το METEOR 1987.

Στην (Εικόνα 5.2.1) βλέπουμε τις διαφορές από τους πλόες ως προς τους σταθμούς δειγματοληψίας. Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του πυθμενικού στρώματος στην Ανατολική Μεσόγειο στο παρελθόν είναι ότι είναι εξαιρετικά ομογενοποιημένο (Εικόνα 5.2.2a). Τα νερά με βάθος μεγαλύτερο των 2500m έχουν σχετικά σταθερές τιμές τόσο για την δυναμική θερμοκρασία (περίπου 13.3°C), όσο και στην αλατότητα (περίπου 38.663psu) σε ολόκληρη την λεκάνη της

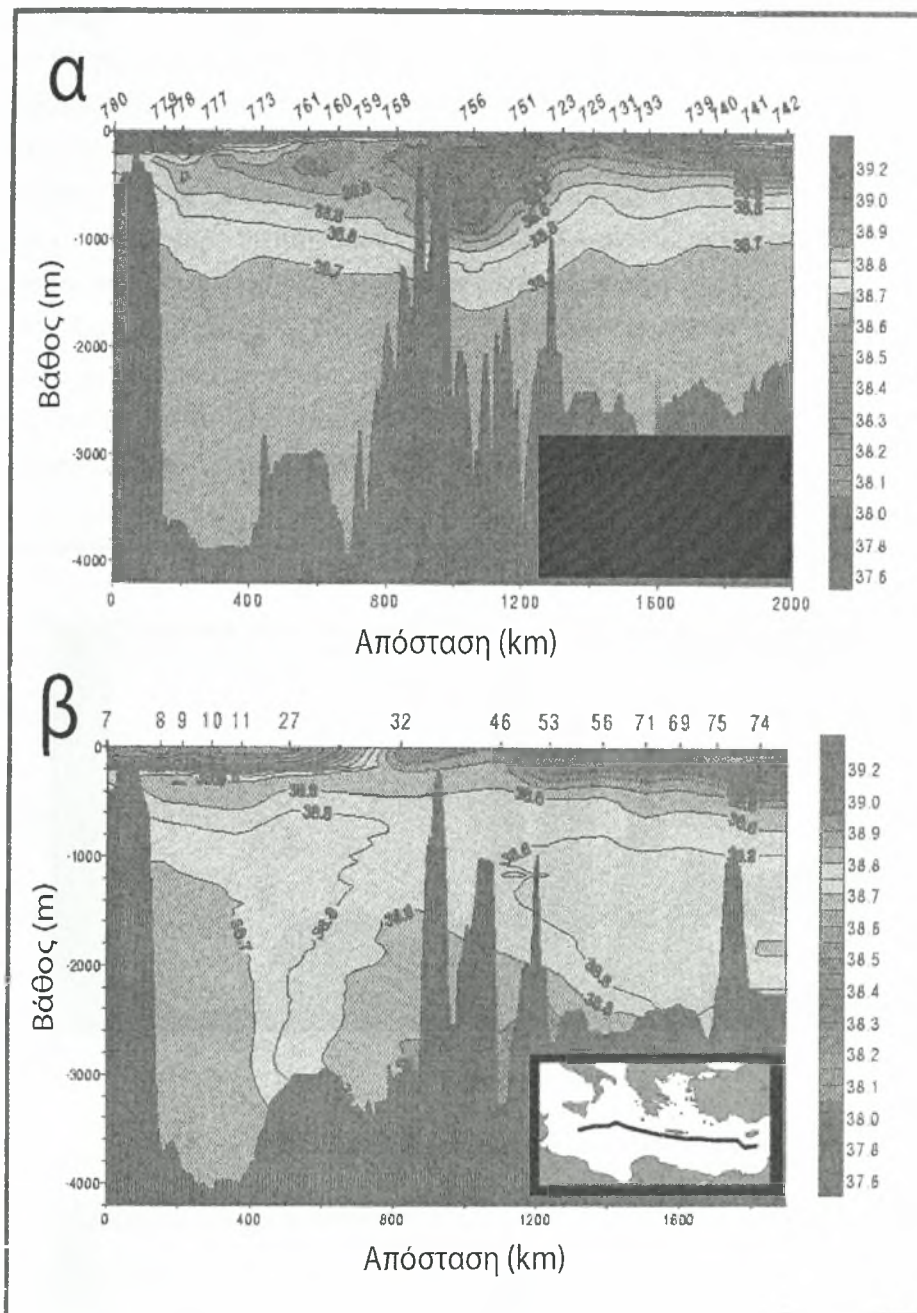


Εικόνα 5.2.1: Χάρτης σταθμών για τον πλόα M31 για το πρόγραμμα METEOR το 1995 (a) και για τον πλόα M5 για το πρόγραμμα METEOR το 1987 (b).



Εικόνα 5.2.2a,b: Οι τιμές της αλατότητας σε βάθος μεγαλύτερο των 1400m: (a) το 1987 και (b) το 1995 από τους Schlitzer *et al.* (1991). Οι κύκλοι που απεικονίζονται στο σχεδιάγραμμα αναφέρονται σε σταθμούς μέσα στο Αιγαίο Πέλαγος.

Ανατολικής Μεσογείου. Η μόνη εξαίρεση είναι κάποια δεδομένα που προέρχονται από κάποια βαθιά σημεία του Αιγαίου Πελάγους όπου η αλατότητα ξεπερνά τα 38,8psu. Το 1995 (Εικόνα 5.2.2b), κάθε ομογενοποίηση που υπήρχε το 1987 των υδάτινων μαζών κάτω από τα 2500m έχει εξαφανιστεί και σχεδόν παντού η αλατότητα έχει αυξηθεί υπερβαίνοντας τα 38,7psu στο μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης (Εικόνα 5.2.3). Οι τιμές της αλατότητας που προέρχονται από σταθμούς μέσα από την περιοχή του Αιγαίου αγγίζουν τα 39,1psu. Έξω από την περιοχή του Αιγαίου, η αλατότητα αυξάνεται κυρίως στο κέντρο της λεκάνης και είναι υψηλότερη ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη των 22° και 27°Α, Νότια του Κρητικού Τόξου. Το μέγεθος της αλλαγής μέσα σε λιγότερο από 8 χρόνια από την εκροή πολύ αλμυρού νερού από το Αιγαίο είναι εντυπωσιακό, αν υπολογίσει κανείς ότι το προηγούμενο στάδιο παραμονής του νερού κάτω από τα 1400 μετρά έχει υπολογιστεί γύρω στα 130 χρόνια (Roether & Schlitzer, 1991).



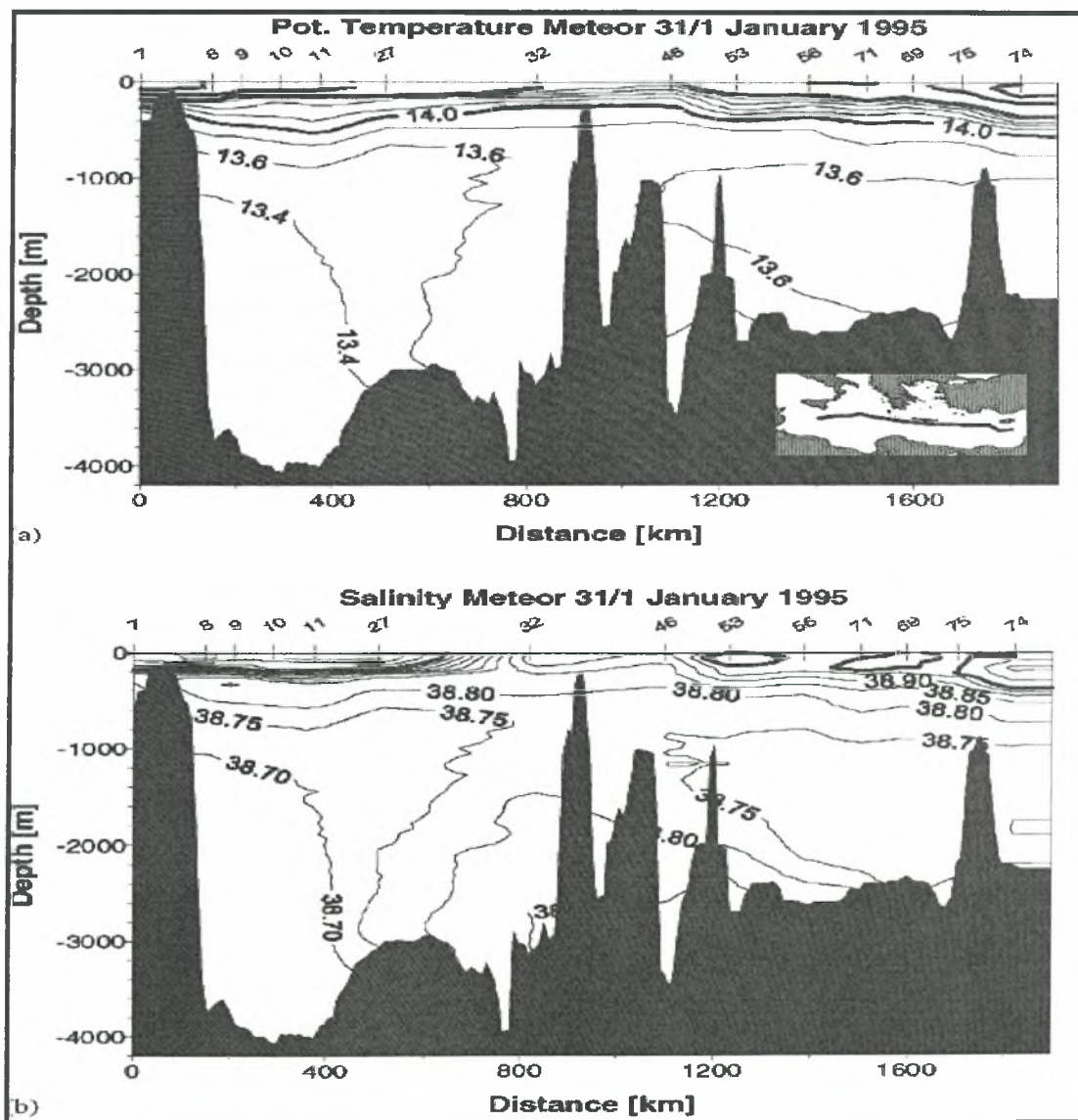
Εικόνα 5.2.3 α,β: Κατακόρυφες κατανομές της αλατότητας κατά μήκος της εγκάρσιας τομής με διεύθυνση Δύση - Ανατολή σε όλη την Ανατολική Μεσόγειο α) το 1987 και β) το 1995 κατά την διεξαγωγή του προγράμματος Meteor, (Roether *et al.*, 1996)

5.3 Σύγκριση και περιγραφή των κατακόρυφων κατανομών από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους πλόες που πραγματοποιήθηκαν το 1987 και το 1995.

Στην (Εικόνα 5.3.1) περιγράφονται οι κατακόρυφες κατανομές της θερμοκρασίας και της αλατότητας κατά μήκος μιας ζωνικής τομής από τα στενά της

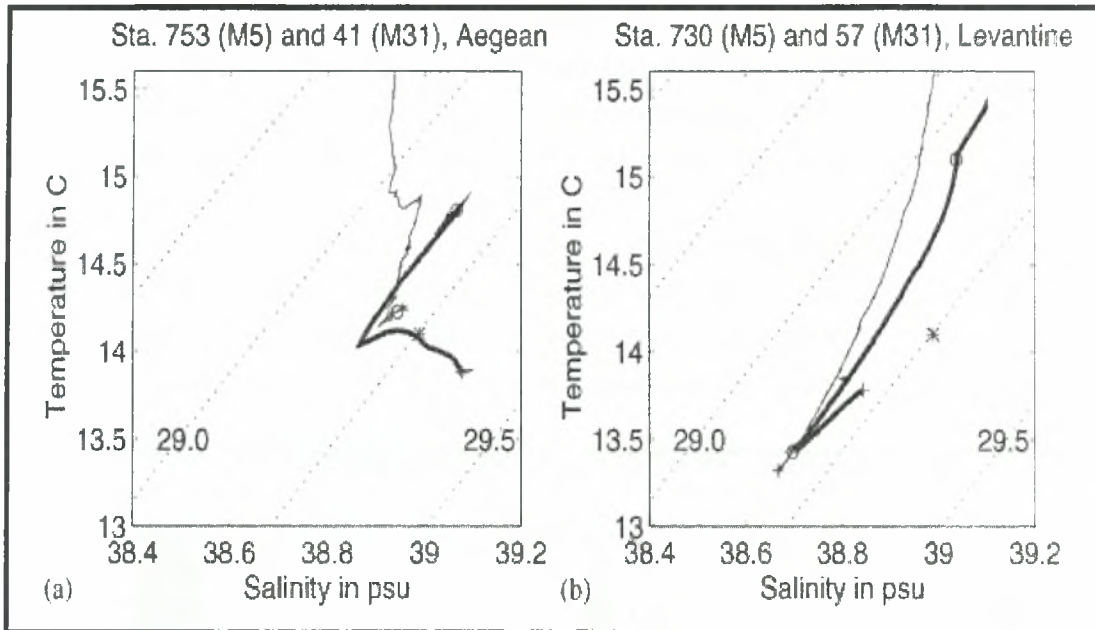
Σικελίας μέχρι την Κύπρο. Οι υψηλές τιμές της αλατότητας απεικονίζονται σαν ανώμαλα θερμά και αλμυρά πυθμενικά νερά μέσα και κοντά στο Κρητικό πέραςμα (Εικόνα 5.3.1 α,β). Επίσης, τα νερά που έχουν προστεθεί στο πυθμενικό στρώμα είναι σημαντικά πιο θερμά ($>0,3^{\circ}\text{C}$) και πιο αλμυρά ($>0,2\text{psu}$) από αυτά που τα περιβάλλουν. Ειδικά στην Λεβαντινή λεκάνη, ψυχρό νερό βρέθηκε πάνω σε υπερκείμενο στρώμα θερμότερου πυθμενικού νερού, ωστόσο παρατηρήθηκε σταθερότητα παρά τις αλλαγές που είχαμε στην αλατότητα.

Τα διαγράμματα T/S (Εικόνα 5.3.2α,β) αποδεικνύουν ότι η πηγή για την δημιουργία ενός νέου πυκνού νερού είναι το Αιγαίο Πέλαγος. Ο λόγος που η απορροή από το Αιγαίο Πέλαγος εκτείνεται μέχρι το πυθμένα είναι η μεγάλη αύξηση της αλατότητας στο Αιγαίο Πέλαγος. Η αλατότητα στον πυθμένα αυξάνεται από



Εικόνα 5.3.1: Κατακόρυφη τομή της δυναμικής θερμοκρασίας (α) και της αλατότητας (β) σε εγκάρσια τομή από τα στενά της Σικελίας έως την Κύπρο, (B. Klein *et al.*, 1998)

38,995psu σε 39,076psu ανάμεσα στο 1987 και 1995, ενώ η τιμή της θερμοκρασίας έχει μια ασήμαντη μείωση στο 13,88°C, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η πυκνότητα από 29,20 σε 29,37kg/m³. Επιπλέον, αυτή η αύξηση της πυκνότητας παρατηρήθηκε και στο ανώτερο στρώμα της υδάτινης στήλης μεταξύ 600-1000m.



Εικόνα 5.3.2α,β: Διαγράμματα T/S στην λεκάνη του Αιγαίου (α) και στην Λεβαντινή λεκάνη (β). Τα προφίλ του 1987 έχουν σχεδιαστεί με λεπτή γραμμή, ενώ τα προφίλ του 1995 έχουν σχεδιαστεί με έντονη γραμμή, (B. Klein *et al.*, 1998).

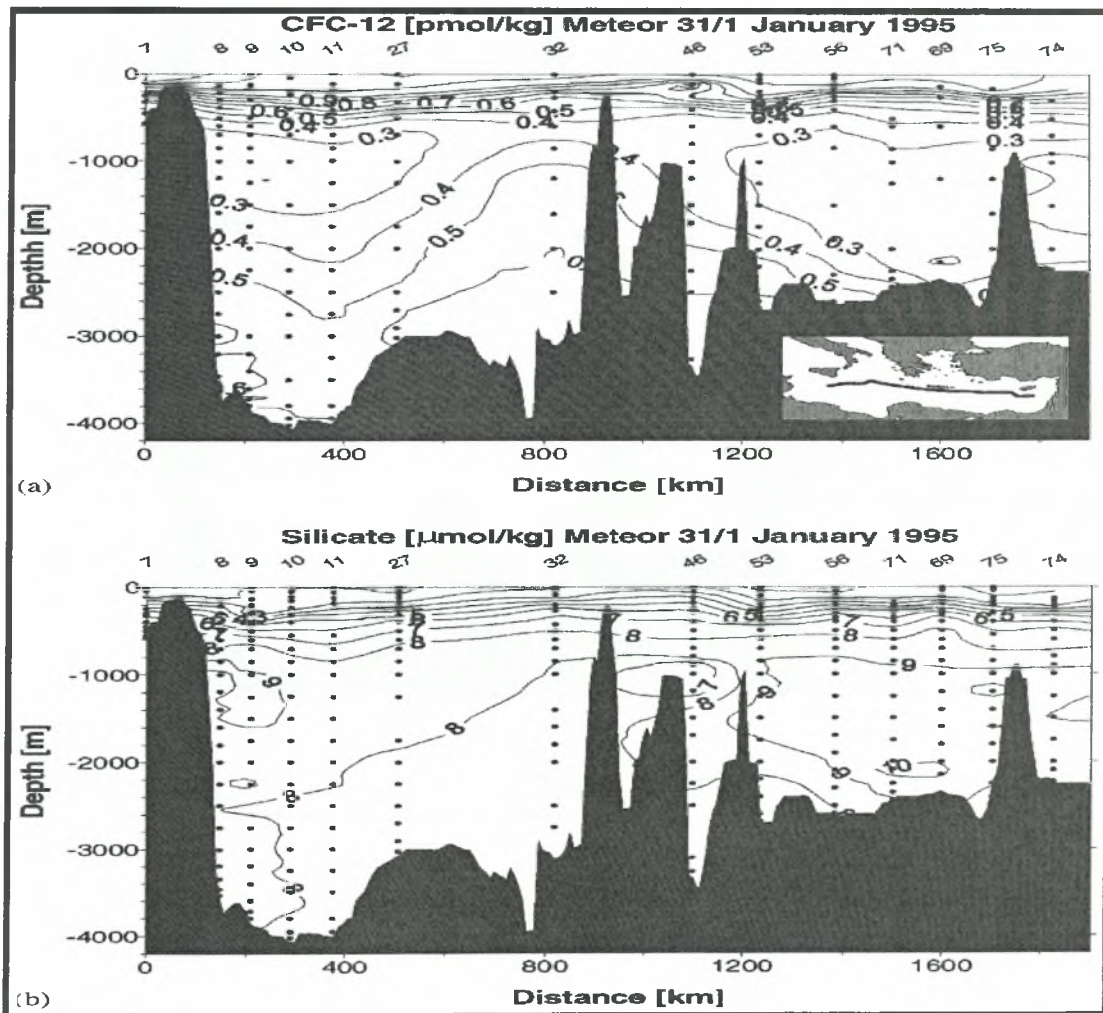
Το 1995, η πυκνότητα στο βάθος κατωφλίου ήταν κοντά στο 29,22kg/m³, υπερβαίνοντας αρκετά αυτή των υδάτινων μαζών που βρίσκονται έξω από το Αιγαίο Πέλαγος και έχουν πυκνότητα 29,16 kg/m³. Αυτή η υπέρβαση του ορίου προφανώς επιτρέπει στις υδάτινες μάζες που προέρχονται από το Αιγαίο Πέλαγος να βυθιστούν ολότελα μέχρι τον πυθμένα και να αναμιχθούν με το βαθύ νερό που τις περιβάλλει. Η διείσδυση του νερού που προέρχεται από το Αιγαίο Πέλαγος στο πυθμενικό στρώμα μας δείχνει ένα σημείο της καμπύλης T/S στα 1200m (Εικόνα 5.3.2β).

Το ελάχιστο στρώμα του CFC-12 στην υδάτινη στήλη κυμαίνεται μεταξύ των 600 με 1400m στην λεκάνη του Ιονίου και στα 600 με 2000m για την Λεβαντινή λεκάνη, ωστόσο βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με την κατάσταση που επικρατούσε το 1987. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από την άνοδο προγενέστερων νερών από την εισχώρηση του CSOW στον πυθμένα (Roether *et al.*, 1996).

Η περιγραφή των πυριτικών (Εικόνα 5.3.3) δείχνει παρόμοια κατανομή με αυτή του CFC-12, δηλαδή χαμηλή συγκέντρωση των πυριτικών στην υδάτινη μάζα CSOW που αποδεικνύει την πρόσφατη επικοινωνία που υπήρχε με την επιφάνεια. Η προσθήκη της υδάτινης μάζας CSOW έχει μειώσει την συγκέντρωση των πυριτικών που υπήρχε κάτω από τα 2000m, με αποτέλεσμα να συναντάμε τιμές μικρότερες των

8 $\mu\text{mol/kg}$ στην Ανατολική πλευρά του Ιονίου Πελάγους (Εικόνα 5.3.3β). Στην προηγούμενη κατάσταση η συγκέντρωση των πυριτικών ξεπερνούσε τα 9 $\mu\text{mol/kg}$ όπως βρέθηκε για τα πυθμενικά νερά από τους Miller *et al.* (1970). Στο παρελθόν, πολύ υψηλές τιμές συγκεντρώσεων πυριτικών που ξεπερνούσαν τα 11 $\mu\text{mol/kg}$ στην Ανατολική Λεβαντινή λεκάνη έδειχναν ότι είχαμε μεγάλο χρόνο παραμονής και μικρή ανανέωση (Krom *et al.*, 1991, 1993). Η απορροή του CSOW μέσα στην Λεβαντινή λεκάνη μείωσε την συγκέντρωση των πυριτικών εγκάρσια σε ολόκληρη την υδάτινη στήλη. Το μέγιστο της συγκέντρωσης εξακολουθεί να βρίσκεται στην Ανατολική Λεβαντινή λεκάνη (Εικόνα 5.3.3β) αλλά είναι μειωμένο από 2 μέχρι 9 $\mu\text{mol/kg}$.

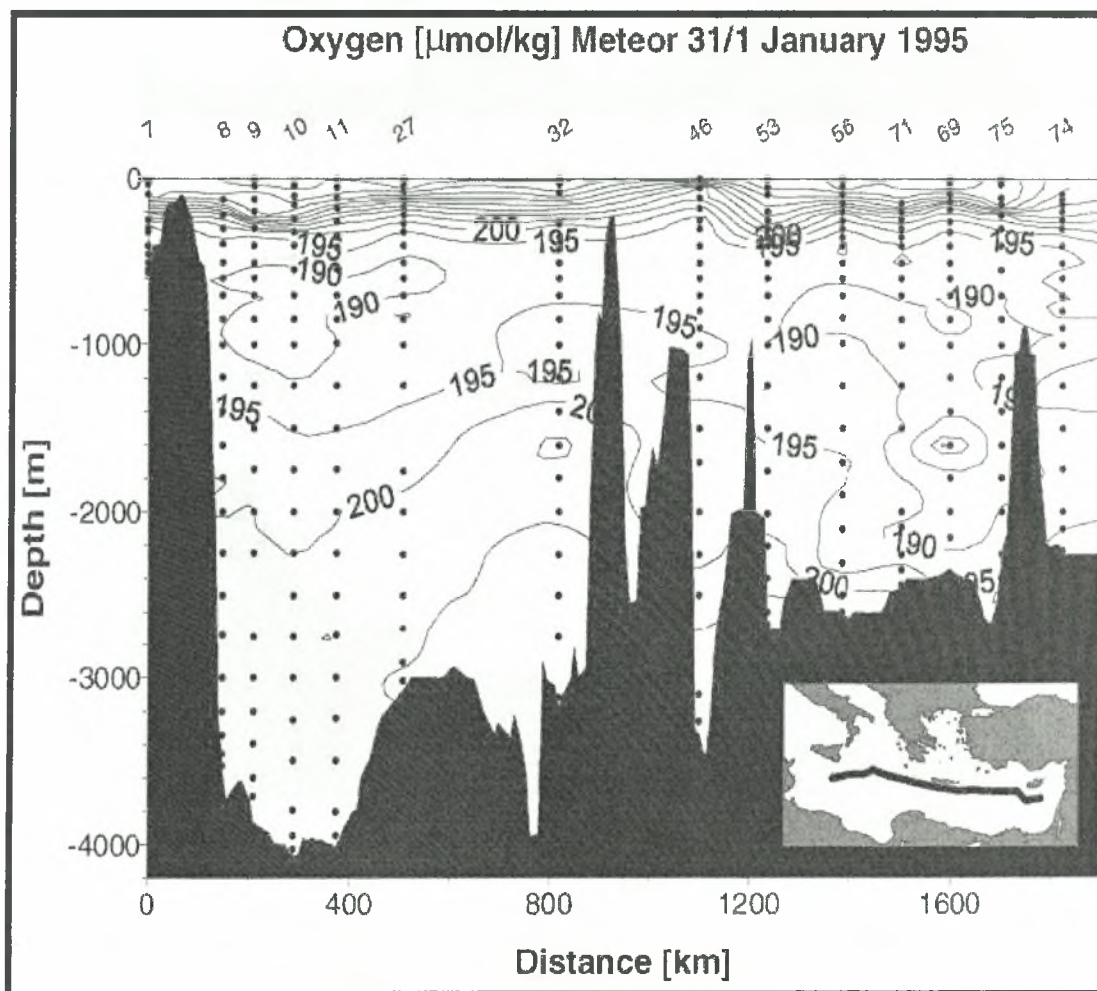
Επιπλέον, τα βαθιά στρώματα του Αιγαίου χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου λόγω της γρήγορης ανανέωσης των υδάτων μέσα στο Αιγαίο (Εικόνα 5.3.3γ). Οι αλλαγές στην περιεκτικότητα του οξυγόνου που οφείλονται στην απορροή του CSOW είναι επομένως πιο έντονες. Περιμετρικά του



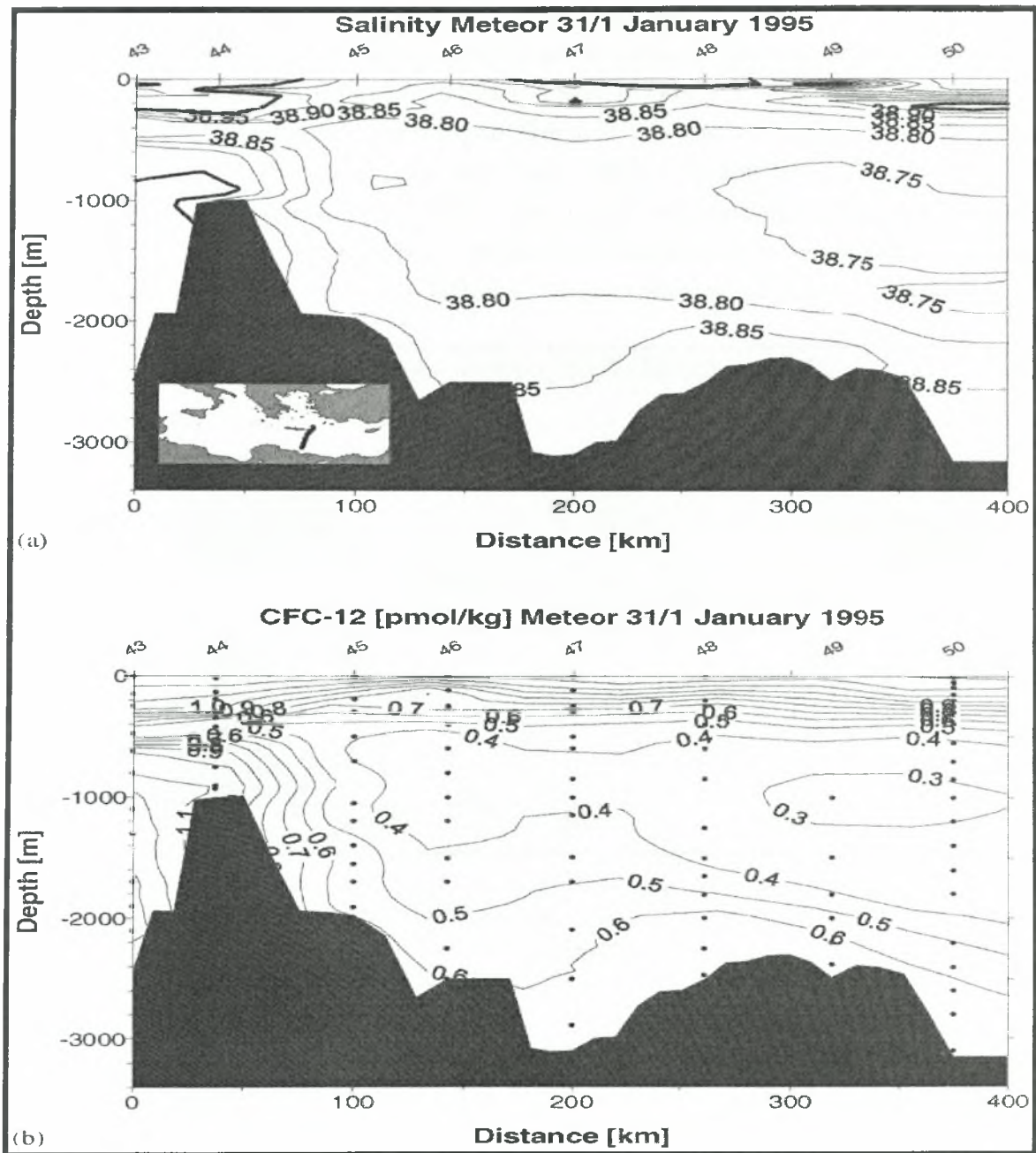
Εικόνα 5.3.3: Κατακόρυφη κατανομή των: CFC-12 (a) και πυριτικών (b) στη τομή από τα στενά της Σικελίας έως την Κύπρο, (B. Klein *et al.*, 1998).

Κρητικού Τόξου εμφανίζεται ένας μεγάλος πυρήνας οξυγόνου όπου η τιμή του ξεπερνά τα 250 $\mu\text{mol/kg}$ και υποδεικνύει το CSOW. Αυτή η αύξηση της συγκέντρωσης του οξυγόνου είναι πιο σημαντική στον πυθμένα. Η αύξηση εμφανίζεται σε κάθε σημείο της υδάτινης στήλης τόσο στο Ιόνιο όσο και στην Λεβαντινή λεκάνη.

Οι χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου της τάξης των 177 $\mu\text{mol/kg}$ στην Ανατολική Λεβαντινή λεκάνη (Schlitzer et al., 1991) δείχνουν μεγάλη παραμονή του (EMDW) στην περιοχή κατά το παρελθόν. Οι συγκεντρώσεις αυτές έχουν αυξηθεί πάνω από 10 $\mu\text{mol/kg}$ με την προσθήκη του (CSOW) Η απορροή του CSOW μέσα από τα στενά της Κάσσου στην Λεβαντινή λεκάνη απεικονίζεται στην (Εικόνα 5.3.4).



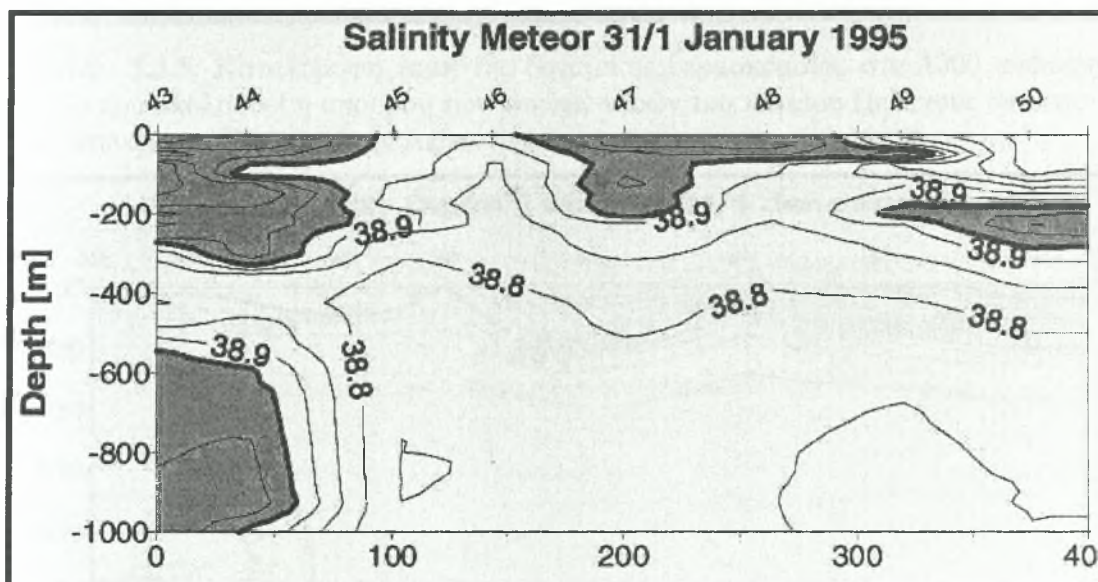
Εικόνα 5.3.3γ: Κατακόρυφη κατανομή του οξυγόνου σε εγκάρσια τομή από τα στενά της Σικελίας έως τη Κύπρο, (B. Klein *et al.*, 1998).



Εικόνα 5.3.4α,β: Κατακόρυφη τομή της αλατότητας (a) και του CFC-12 (b) που ακολουθεί η απορροή των πυκνών νερών του Αιγαίου Πελάγους διαμέσου των στενών της Κάσσου στην Λεβαντινή λεκάνη,(B. Klein *et al.*,1998).

Ωστόσο, το βαθύτερο σημείο του Αιγαίου Πελάγους δεν επικοινωνεί με το Λεβαντινό Πέλαγος. Μόνο τα ύδατα άνωθεν του βάθους κατοφλίου, που εγκλωβίζονται στα 1000m περίπου (IBCM, 1981) και είναι σε άμεση επικοινωνία με την γειτονική λεκάνη. Τα νερά που απορρέουν από τα στενά της Κάσσου χαρακτηρίζονται από αλατότητα 38,95psu και θερμοκρασία 13,9°C. Τα νερά αυτά βυθίζονται αμέσως στο πυθμένα και δημιουργούν ένα θερμό, αλμυρό στρώμα με υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου και CFC-12 κατά μήκος της κατακόρυφης τομής.

Η απορροή του (CSOW) μέσα στην Λεβαντινή λεκάνη επιπλέον τροποποιεί την κατακόρυφη δομή των υδάτινων μαζών παρακείμενα του Κρητικού Τόξου. Επιπλέον προγενέστερο EMDW εμφανίζεται σαν γλώσσα χαμηλής αλατότητας, με αλατότητα ($S < 38,8\text{psu}$) και με χαμηλή συγκέντρωση CFC-12, που προφανώς εκτοπίζεται προς τα πάνω. Ωστόσο, το ελάχιστο του CFC-12 όπως απεικονίζεται στην (Εικόνα 5.3.4β) εμφανίζεται σε βάθος 1000m, δηλαδή πολύ πιο ρηχά από προηγουμένως (Roether *et al.*, 1996). Ένα μέρος της υδάτινης μάζας φτάνει σε επίπεδα αρκετά ρηχά έτσι ώστε τελικά να ενσωματώνεται στην εισροή που πραγματοποιείται προς το Αιγαίο Πέλαγος. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η τοπική

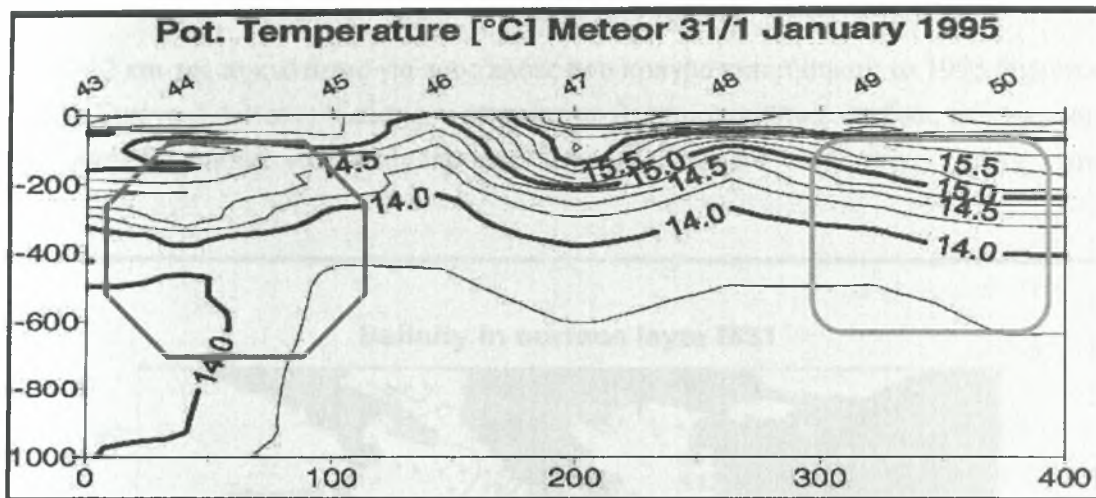


Εικόνα 5.3.4.γ: Κατακόρυφη τομή της αλατότητας τα 1000 ανώτερα μέτρα όπου απεικονίζονται οι πυρήνες της αλατότητας με χρώμα γκρι που ακολουθεί η απορροή των πυκνών νερών του Αιγαίου Πελάγους διαμέσου των στενών της Κάσσου στην Λεβαντινή λεκάνη, (B. Klein *et al.*, 1998).

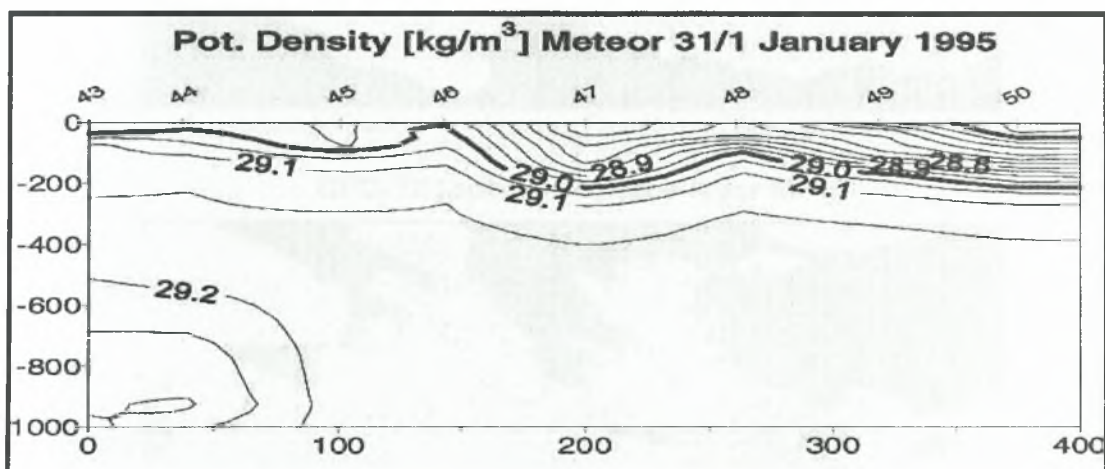
αλατότητα που έχει το LIW απουσιάζει στο κεντρικό τμήμα της κατακόρυφης τομής, όπου προγενέστερα νερά εισβάλουν στο Αιγαίο. Αυτό εμφανίζεται λεπτομερώς στην (Εικόνα 5.3.4γ), όπου φαίνονται μόνο τα ανώτερα 1000m της κατακόρυφης τομής. Δυο πυρήνες αλατότητας με υψηλή τιμή που απεικονίζονται με γκρι μπορούν να εντοπιστούν στα 200 περίπου μέτρα στο Βόρειο και Νότιο τμήμα της τομής.

Το μέγιστο της αλατότητας που επικρατεί στον Βορρά έχει λίγο μεγαλύτερη τιμή σε σχέση με αυτό που υπάρχει στο Νότο, ωστόσο οι διαφορές που έχουν στις θερμοκρασίες διευκρινίζουν πλήρως ότι είναι δύο υδάτινες μάζες με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Στο Αιγαίο Πέλαγος, στους συγκεκριμένα στους σταθμούς 43 και 44 η υποεπιφανειακή αλατότητα με μέγιστο ($S > 39,05\text{psu}$) βρίσκεται ανάμεσα στις ισόθερμες των $14,0^{\circ}\text{C}$ και 15°C (Εικόνα 5.3.5) και στις ισόπυκνες των $29,1$ και $29,15$ kg/m^3 (Εικόνα 7.3.6).



Εικόνα 5.3.5: Κατακόρυφη τομή της δυναμικής θερμοκρασίας στα 1000 ανώτερα μέτρα που ακολουθεί η απορροή των πυκνών νερών του Αιγαίου Πελάγους διαμέσου των στενών της Κάσσου στην Λεβαντινή λεκάνη, (B. Klein *et al.*, 1998).



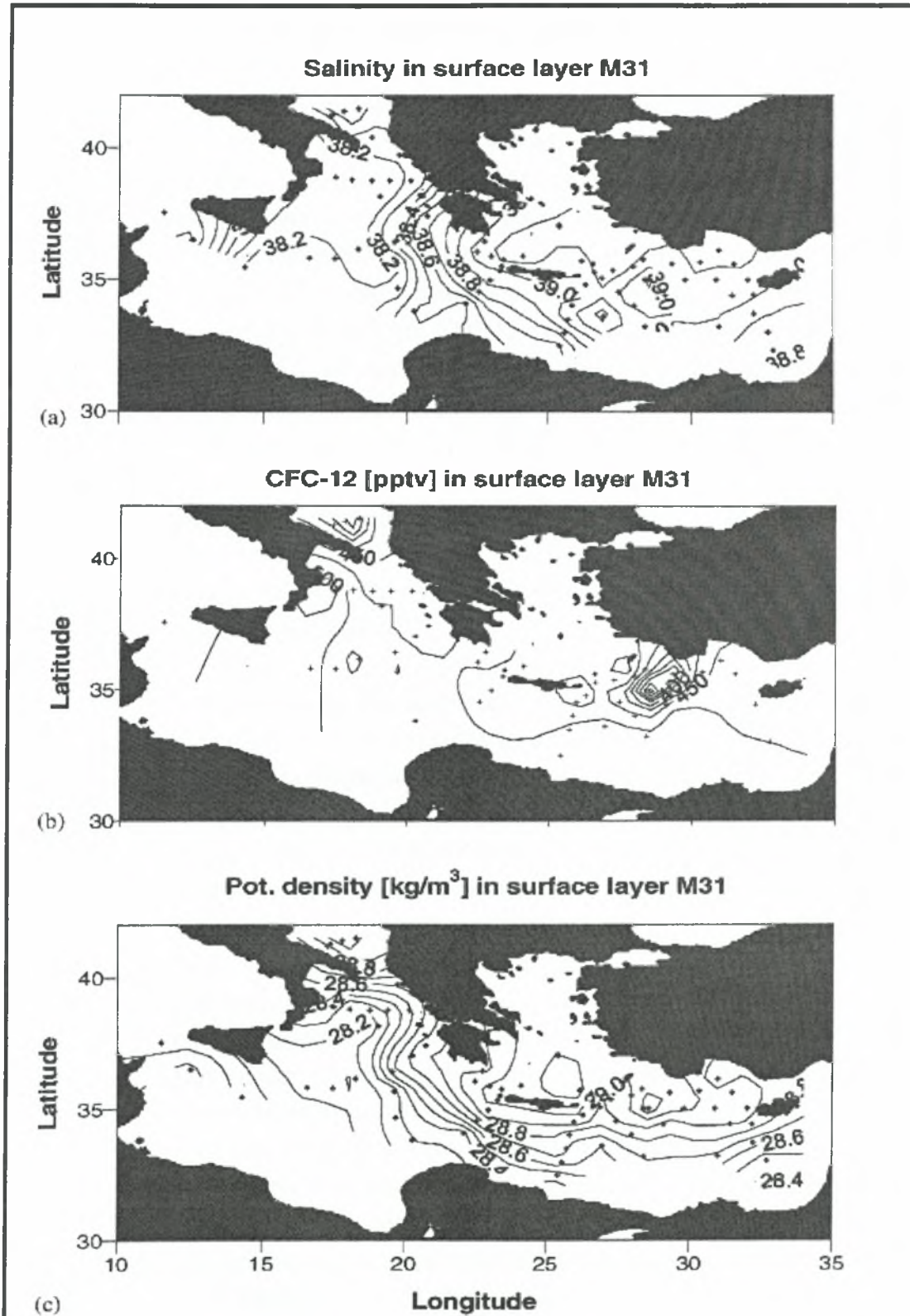
Εικόνα 5.3.6: Κατακόρυφη τομή της πυκνότητας στα 1000 ανώτερα μέτρα που ακολουθεί η απορροή των πυκνών νερών του Αιγαίου Πελάγους διαμέσου των στενών της Κάσσου στην Λεβαντινή λεκάνη, (B. Klein *et al.*, 1998).

Επίσης, το LIW είναι περιορισμένο στο Νότιο τμήμα του Κρητικού Περάσματος και πιθανόν να εγκλωβίζεται κατά την επικοινωνία του με το Κρητικό Τόξο. Ακόμα, η ισόπυκνη των $29,1 \text{ kg/m}^3$ είναι το τελευταίο όριο του πυκνοκλινούς. Η έντονη βύθιση των ισόπυκνων που παρατηρείται στην μέση της κατακόρυφης τομής στην (Εικόνα 5.3.6) είναι ένδειξη της αντικυκλωνικής κίνησης που υπάρχει και πιθανόν να σχετίζεται με την Γύρα της Ιεράπετρας, στην οποία πολύ αλμυρό ($S > 38,9 \text{ psu}$) και θερμό LSW επανακυκλοφορεί (Theocharis *et al.*, 1993).

5.4 Σύγκριση και περιγραφή των οριζόντιων κατανομών από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους πλόες που πραγματοποιήθηκαν το 1987 και το 1995.

Σε αυτήν την ενότητα θα εξετάσουμε τις οριζόντιες κατανομές από τους δυο πλόες που πραγματοποιήθηκαν. Οι επιφανειακές κατανομές της αλατότητας, του

CFC-12 και της πυκνότητας για τους πλόες που πραγματοποιήθηκαν το 1995 δίνονται στην (Εικόνα 5.4.1 α-γ). Επίσης, η πυκνότητα χρησιμοποιήθηκε ως ένας δείκτης που θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε την κυκλοφορία στο πάνω μέρος του



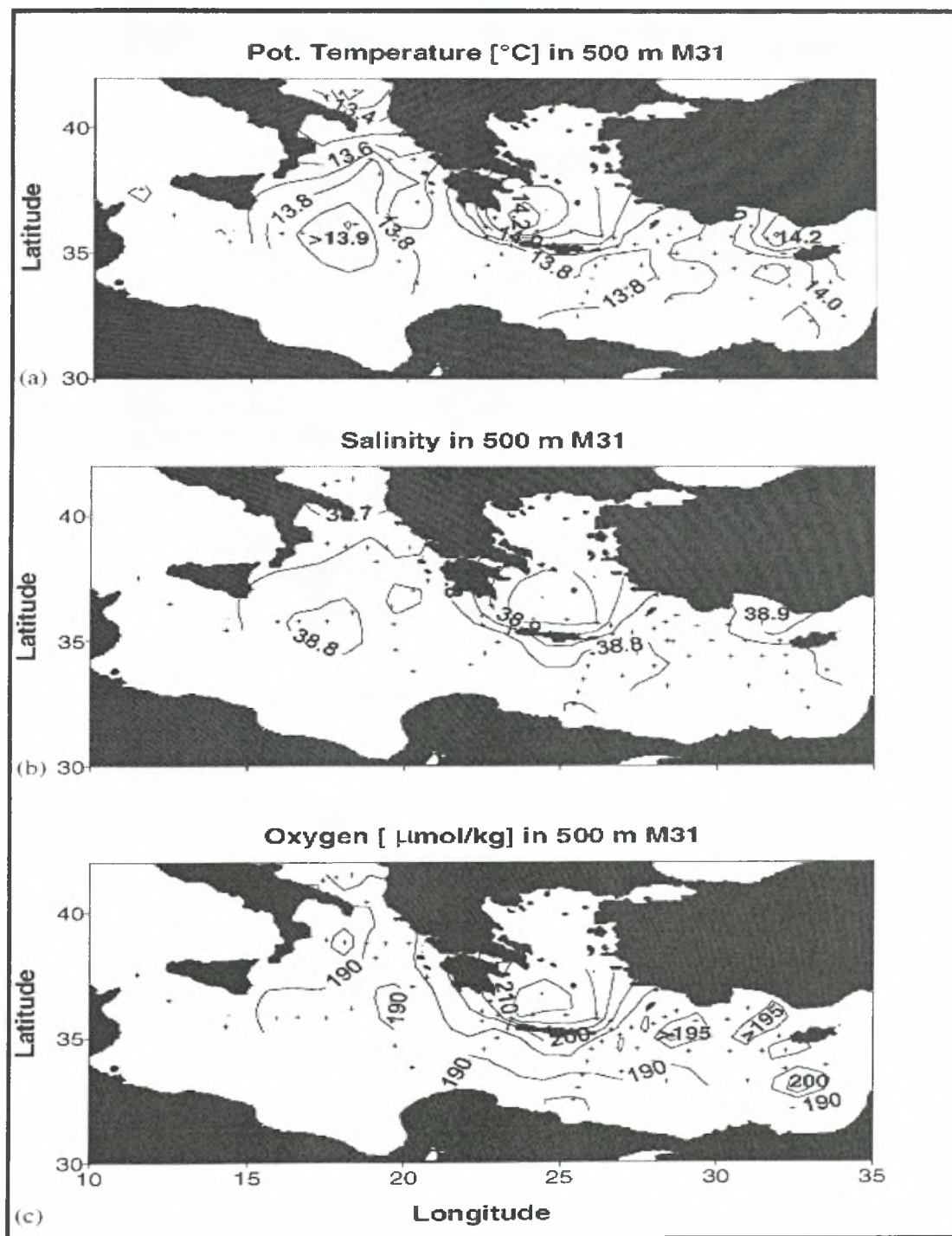
Εικόνα 5.4.1: Οριζόντιες κατανομές της αλατότητας (α), CFC-12 (β) και της πυκνότητας (γ) το 1995 στο επιφανειακό στρώμα (10m). Οι τιμές του CFC-12 δίνονται σαν ισοδύναμες τις μερικής πίεσης, (B. Klein *et al.*, 1998).

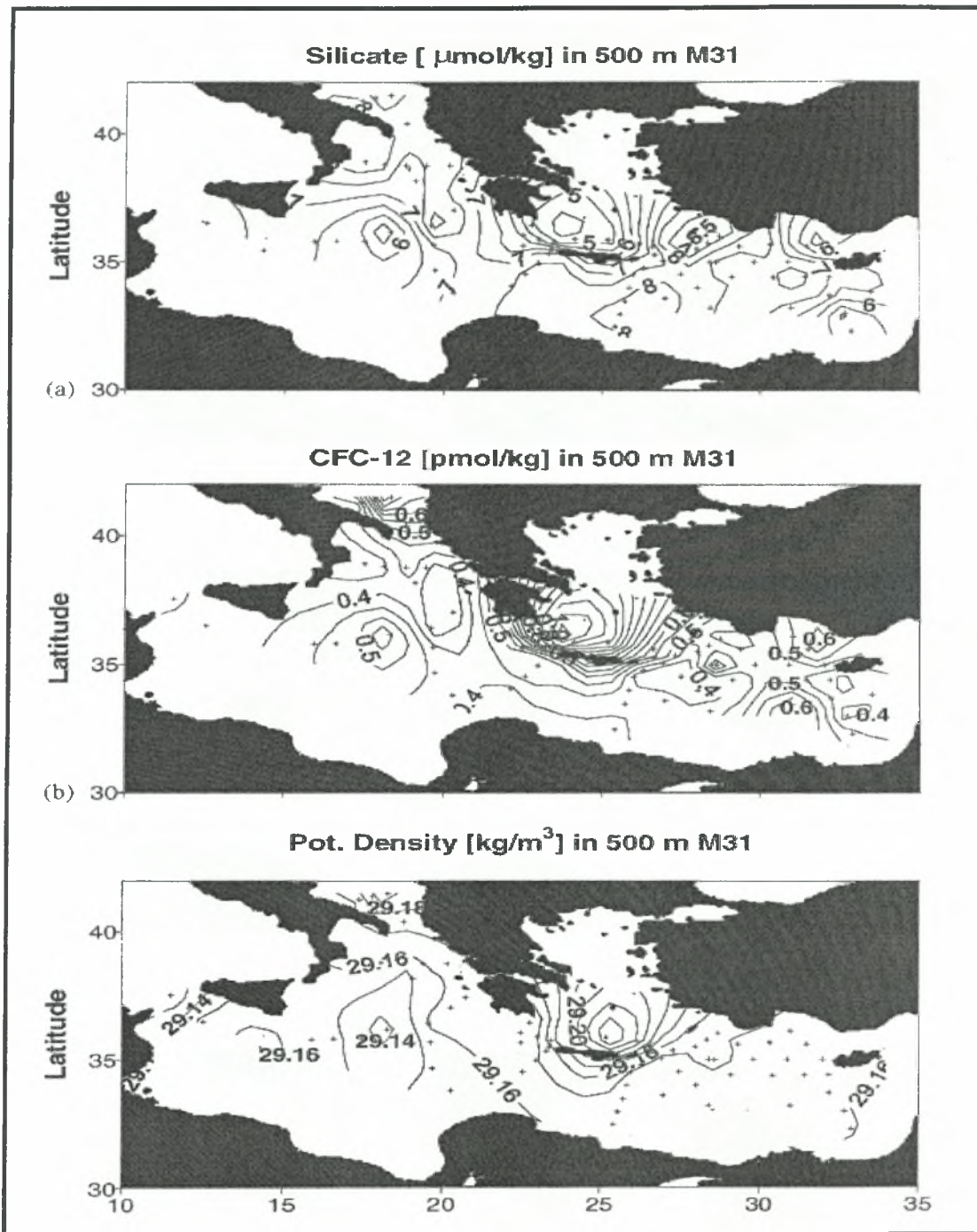
θερμοκλινούς. Το τροποποιημένο Ατλαντικό νερό εισέρχεται από τα στενά της Σικελίας με αλατότητα 37,8psu (Εικόνα 5.4.1α), μεταφέρεται Ανατολικά και αφήνει τα στενά της Σικελίας, αφού έχει τροποποιήσει την αλατότητα του σε 38,2psu, ύστερα γυρίζει Βόρεια και κατευθύνεται στην λεκάνη του Ιονίου (Εικόνα 5.4.1γ). Το MAW δημιουργεί ένα δυνατό ζωνικό μέτωπο με το πιο αλμυρά ύδατα να έχουν προέλευση από την Λεβαντινή λεκάνη στην Ανατολική πλευρά της λεκάνης του Ιονίου. Στο μέσο της Νοτιοανατολικής πλευράς της λεκάνης του Ιονίου ενώνεται με το MMJ και κατευθύνονται πλέον μαζί σαν ένα ρεύμα προς τη Λεβαντινή λεκάνη (Εικόνα 5.4.1γ). Υπάρχει μια σύνθετη δυναμική δομή από αντικυκλωνικές και κυκλωνικές γύρες στην Λεβαντινή λεκάνη (Robinson & Golnaraghi, 1994), οι οποίες όμως δεν έχουν κατανοηθεί με την βάση δεδομένων που έχουμε με τις μετρήσεις του CTD. Αλατότητες που ξεπερνούν τα 39,00psu απαντώνται στην Λεβαντινή λεκάνη και χαρακτηρίζουν το LSW, καθώς επίσης υψηλές αλατότητες έχουν παρατηρηθεί στο Νότιο Αιγαίο. Ακόμη, οι τιμές του CFC-12 στην επιφάνεια (Εικόνα 5.4.1β) είναι σχεδόν ομογενοποιημένες, με εξαίρεση βέβαια δυο περιοχές που παρατηρείται χαμηλή ποσότητα CFC-12. Οι περιοχές αυτές είναι Νότια της Αδριατικής και στην περιοχή όπου δραστηριοποιείται η Γύρα της Ρόδου. Και στις δύο περιοχές οι επιφανειακές συγκεντρώσεις του CFC-12 είναι χαμηλότερες, γεγονός το οποίο οφείλεται σε ύδατα που ανέρχονται από τα βαθύτερα στρώματα. Η πυκνότητα που παρατηρείται στην επιφάνεια της Γύρας της Ρόδου φτάνει μέχρι 29,16 kg/m³ και η αλατότητα πλησιάζει τις τυπικές τιμές της αλατότητας που έχει το LIW στην Λεβαντινή λεκάνη σε μεγάλο βαθμό.

5.5 Σύγκριση και περιγραφή των οριζόντιων κατανομών για το κατώτερο όριο που συναντάμε το LIW από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την διάρκεια των πλόων που πραγματοποιήθηκαν το 1987 και το 1995.

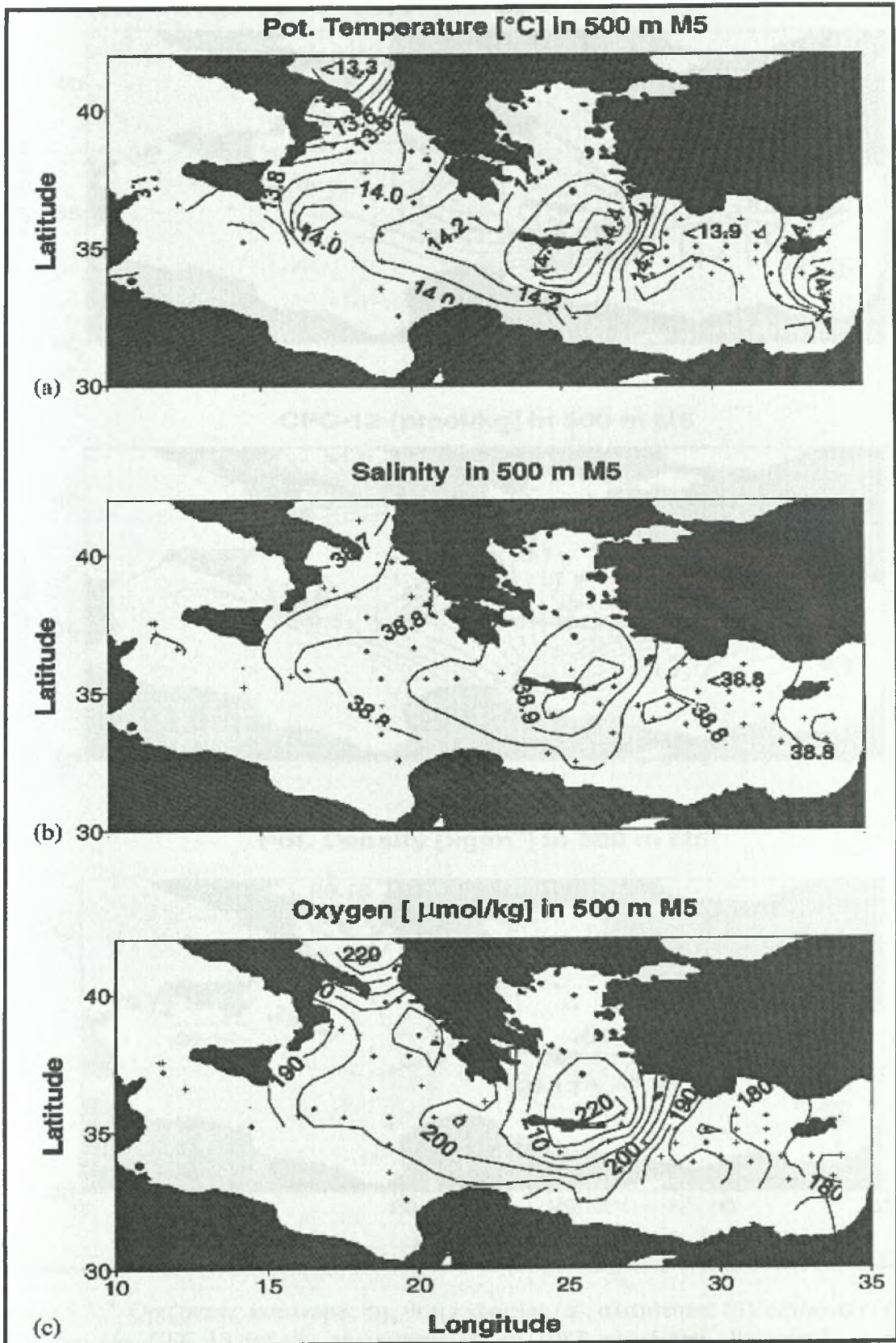
Οι χάρτες των 500m απεικονίζουν το χαμηλότερο στρώμα που συναντάμε το LIW το 1995 (Εικόνα 5.5.1α-ζ) και αντίστοιχα το 1987 (Εικόνα 5.5.2α-ζ), περιγράφουν τις αλλαγές στην κατακόρυφη δομή με αφορμή την εισροή του CSOW στα βαθύτερα στρώματα. Στο παρελθόν, αυτό το βάθος υφίσταντο διακύμανση λόγω της επίδρασης προκαλούσε το LIW και το CIW. Τώρα στο βάθος των 500m προγενέστερα νερά επικρατούν. Η άνοδος αυτή των υδάτων από τα ενδιάμεσα βάθη σε ρηχότερα βάθη φαίνεται καλύτερα στην λεκάνη του Ιονίου, όπου οι τιμές της θερμοκρασίας και της αλατότητας (Εικόνα 5.5.1α,β) μειώθηκαν σημαντικά σε σχέση με το παρελθόν (Εικόνα 5.5.2α,β) και είναι καθαρή απόδειξη ότι η Δυτική εξάπλωση απουσιάζει στην παρούσα κατάσταση. Το 1987, το επίπεδο των 500m ήταν ακόμα υπό την επίδραση της δυτικής εξάπλωσης του LIW στην λεκάνη του Ιονίου. Η ελάττωση της αλατότητας και της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη στην λεκάνη του Ιονίου και Νότια της Κρήτης.

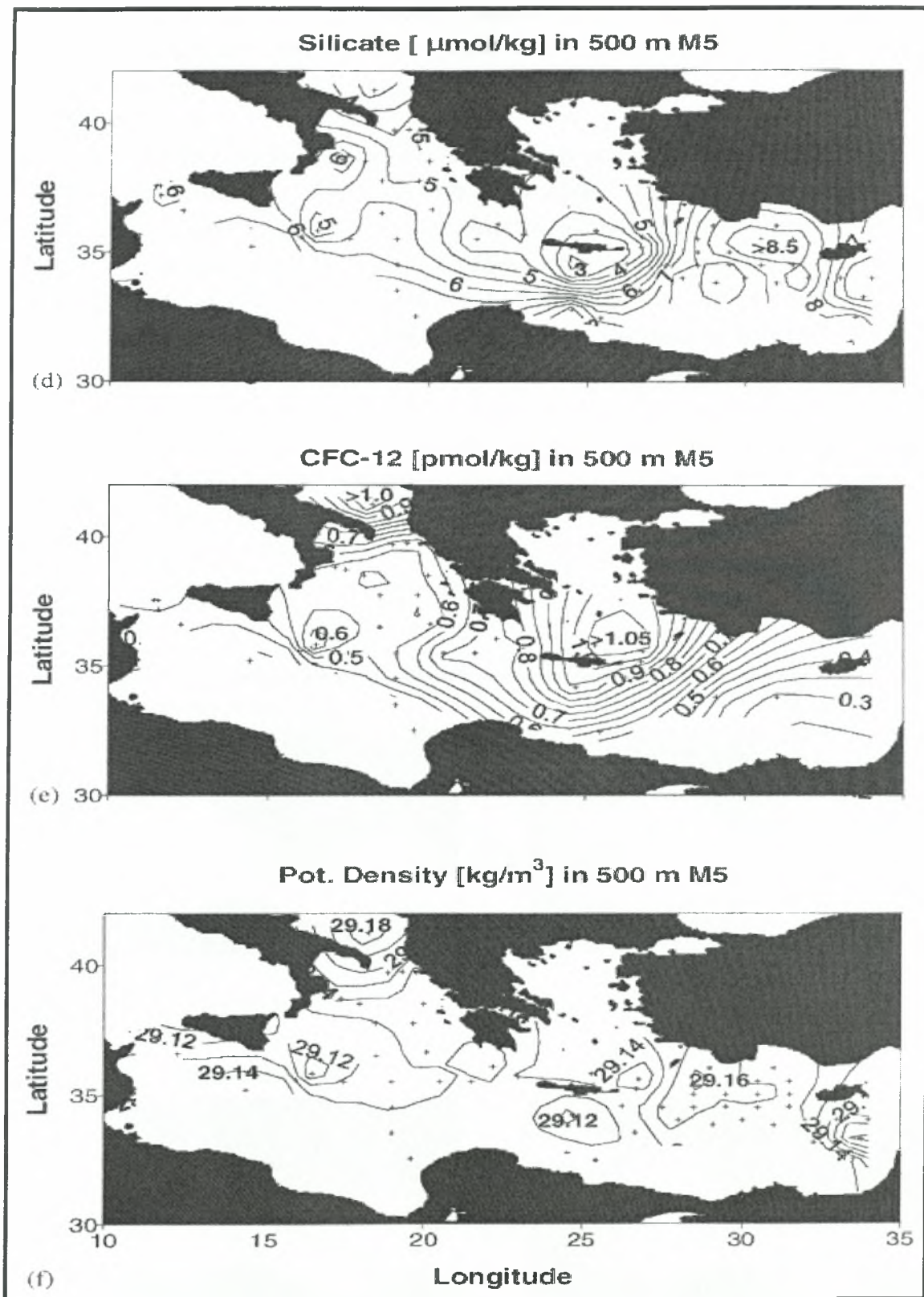
Η άνοδος υδάτων που βρίσκονται στα ενδιάμεσα βάθη σε ρηχότερα οδηγεί επίσης σε μία μείωση των συγκεντρώσεων του οξυγόνου και αύξηση του επιπέδου των πυριτικών (Εικόνα 5.5.1γ,δ και 5.5.2γ,δ). Επιπλέον, η ανοδική μετατόπιση των "παλιών" υδάτων έχει επιφέρει μείωση της συγκέντρωσης CFC-12 στην λεκάνη του Ιονίου (Εικόνα 5.5.2ε και 5.5.2ε). Κλείνοντας η έλλειψη δεδομένων CFC-12 που υπάρχει στην Ανατολική Λεβαντινή λεκάνη το 1987 καθιστά την κατανομή των 500m αναξιόπιστη.





Εικόνα 5.5.1: Οριζόντιες κατανομές της θερμοκρασίας (α), αλατότητας (β), οξυγόνου (γ), πυριτικών (δ), CFC-12 (ε) και πυκνότητας (ζ) το 1995 στα 500m. Το επίπεδο αυτό αντιπροσωπεύει το κατώτερο όριο του LIW, (B. Klein *et al.*,1998).

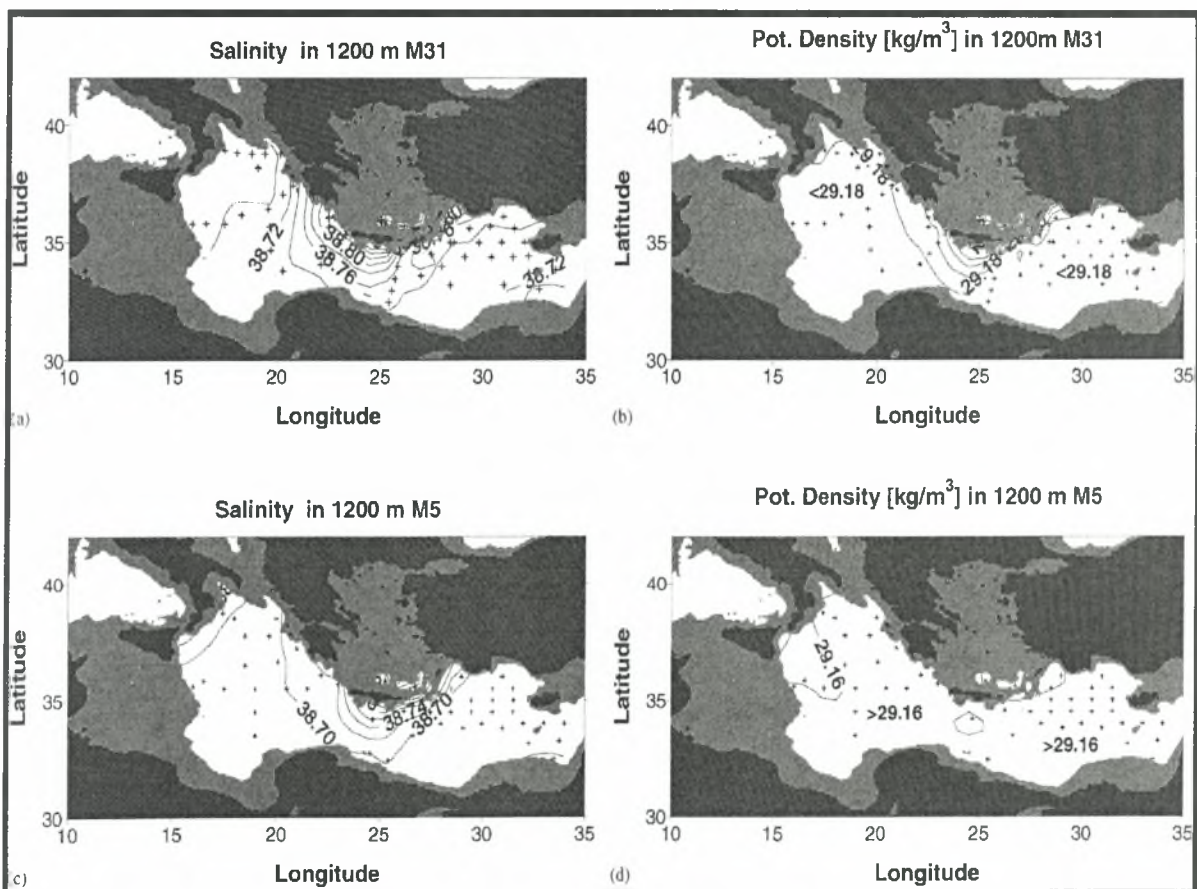




Εικόνα 5.5.2: Οριζόντιες κατανομές της θερμοκρασίας (α), αλατότητας (β), οξυγόνου (γ), πυριτικών (δ), CFC-12 (ε) και πικνότητας (ζ) το 1987 στα 500m. Το επίπεδο αυτό αντιπροσωπεύει το κατώτερο όριο του LIW, (B. Klein *et al.*, 1998).

5.6 Σύγκριση και περιγραφή των οριζοντίων κατανομών για τα βαθιά ύδατα από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την διάρκεια των πλόων που πραγματοποιήθηκαν το 1987 και το 1995.

Κάτω από το βάθος των 1200m επικρατεί σχετική ομοιογένεια στις οριζόντιες κατανομές ανάμεσα στο 1995 και 1987. Τα προφίλ και από τις δυο έρευνες συμπίπτουν σχεδόν σε αυτό το επίπεδο, οπότε και οι αλλαγές είναι επομένως μικρές. Οι ισοαλατικές παρουσιάζουν σχεδόν την ίδια κατανομή και στους δυο πλόες με τις μέγιστες τιμές να εμφανίζονται κοντά στο Κρητικό Τόξο. Το 1987 η κατανομή της αλατότητας στο επίπεδο των 1200m εξακολουθεί να επηρεάζεται από το CIW. Το στρώμα του CIW που παρατηρήθηκε Νότια της Κρήτης συμπίπτει της ισοαλατικής αρκετά με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα μέγιστο αλατότητας Νότια της Κρήτης (Εικόνα 5.6.1γ), αν και το κέντρο του πυρήνα της αλατότητας του CIW βρίσκεται πιο ρηχά. Η πυκνότητα αυτού του νερού είναι περιορισμένη μόνο σε ανώτερα επίπεδα (Εικόνα 5.6.1δ). Το 1995 η αλατότητα είναι αυξημένη σε όλη την επικράτεια του οριζόντιου επιπέδου λόγω της απορροής του CSOW και απότομες βαθμίδες της αλατότητας και της πυκνότητας περιμετρικά του Αιγαίου δημιουργούνται (Εικόνα 5.6.1α,β).



Εικόνα 5.6.1: Οριζόντιες κατανομές της αλατότητας και της πυκνότητας στα 1200m το 1995 (α,β) και το 1987 (γ,δ). Τα βάθη που είναι λιγότερο από 1200m απεικονίζονται στους χάρτες με σκίαση, (B. Klein *et al.*, 1998).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 LIWEX

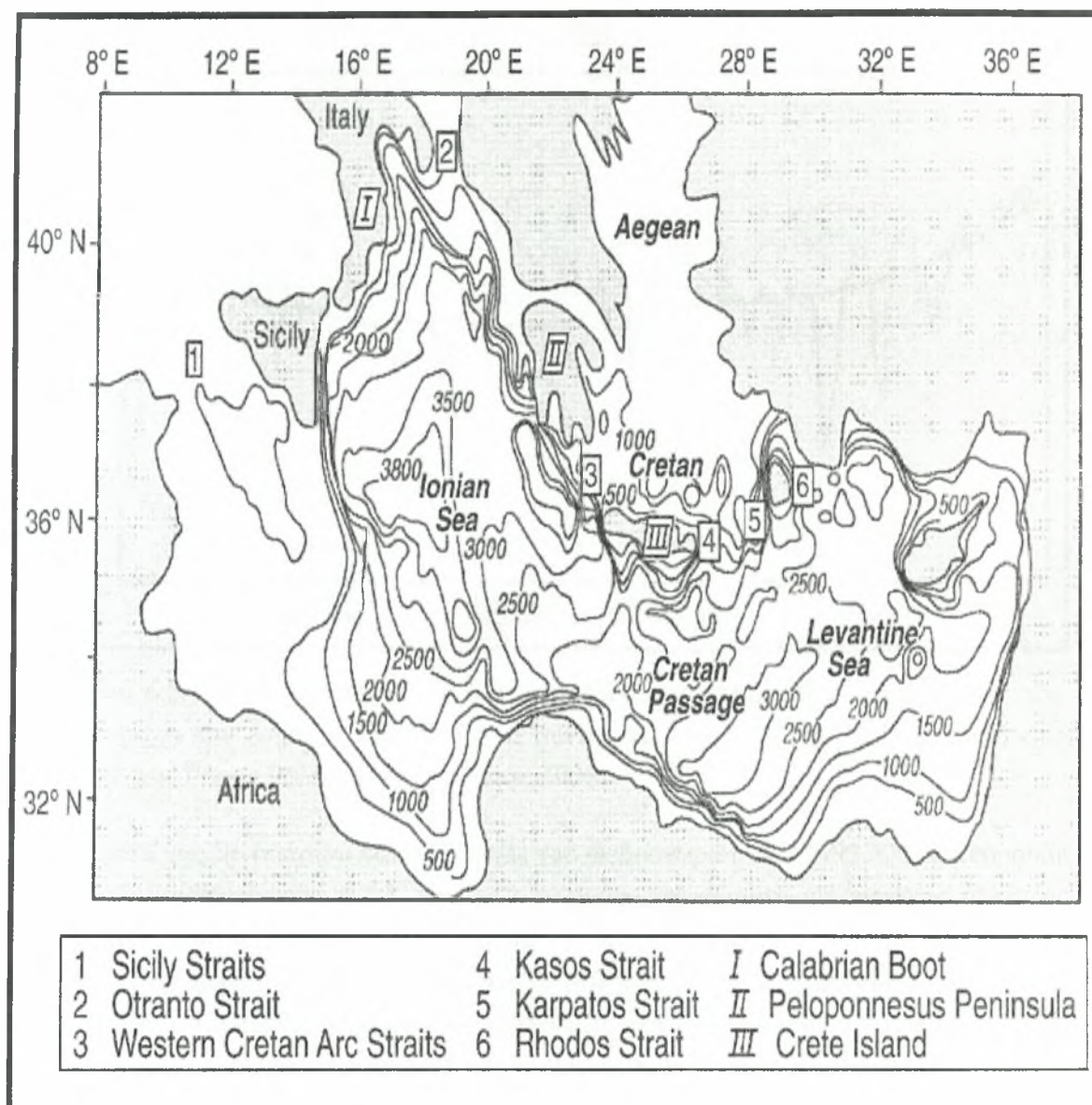
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πρόγραμμα LIWEX πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της ανάγκης για καλύτερη κατανόηση των ενδιάμεσων και βαθιών νερών που παρουσιάζονται στην Λεβαντινή λεκάνη και είναι επέκταση του προγράμματος ROEM. Στην έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε εκτενής ανάλυση από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τρεις διαδοχικούς πλόες που πραγματοποιήθηκαν τους Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο – Απρίλιο του 1995. Όπως έχουμε αναφέρει, 3 είναι οι κυρίαρχες κλίμακες της κυκλοφορίας που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή. Δυο γενικές θερμοαλατικές κυκλοφορίες υπάρχουν, η πρώτη συνδέει την Ανατολική με την Δυτική Μεσόγειο και χαρακτηρίζεται από την εισροή AW από τον Ατλαντικό στο επιφανειακό στρώμα και από την επανακυκλοφορία του LIW στα ενδιάμεσα βάθη. Η δεύτερη θερμοαλατική κυκλοφορία εγκλωβίζεται μέσα στην Ανατολική Μεσόγειο και έχει να κάνει τόσο με την βαθιά όσο και με την ενδιάμεση κυκλοφορία κατά κύριο λόγο. Επιπλέον, η δεύτερη κλίμακα κυκλοφορίας αφορά τις κινήσεις των υδατίνων μαζών σε κλίμακα υπολεκάνης. Τέλος, υπάρχει και η μέσης κλίμακας κυκλοφορία που συνδέει τα φαινόμενα που συμβαίνουν στις δυο κλίμακες κυκλοφορίας.

Ωστόσο, το πρόγραμμα LIWEX λειτούργησε σαν μια δεύτερη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή και χρησιμοποιεί την μέθοδο των ιχνηθετών. Η δεύτερη αυτή έρευνα έδειξε τις έντονες αλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί στην βαθιά και πυθμενική κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου. Η έντονη αυτή αλλαγή στην θερμοαλατική κυκλοφορία έχει πραγματοποιηθεί ανάμεσα στην χρονική περίοδο 1987 και 1995. Το 1987 η κύρια πηγή της δημιουργίας του βαθιού νερού είναι η Νότια Αδριατική, όπου το ADW εξαπλώνεται έξω από τα στενά του Οτραντο και ύστερα τροποποιείται σε EMDW που κανείς μπορεί να το συναντήσει μέχρι την Ανατολική Λεβαντινή. Από την άλλη μεριά, το 1995 αντί για την γνωστή θερμοαλατική κυκλοφορία, είχαμε την δημιουργία θερμού, αλμυρού και πυκνού ύδατος από το Αιγαίο Πέλαγος - ονομαζόμενο CDW (Theocharis *et al.*, 1999) - που εξέρχεται από το Κρητικό Τόξο και διαδίδεται σε ολόκληρη την λεκάνη προς τα δυτικά στο Ιόνιο Πέλαγος και προς τα Ανατολικά στη Λεβαντινή λεκάνη, που εκτοπίζει το λιγότερο πυκνό EMDW που έχει προέλευση από την Αδριατική (Εικόνα 6.1.1) (Roether *et al.*, 1996; Klein *et al.*, 1999, Roether & Well, 2001).

6.2 Χρονική εξέλιξη των ατμοσφαιρικών δυνάμεων κατά την διεξαγωγή του προγράμματος (LIWEX).

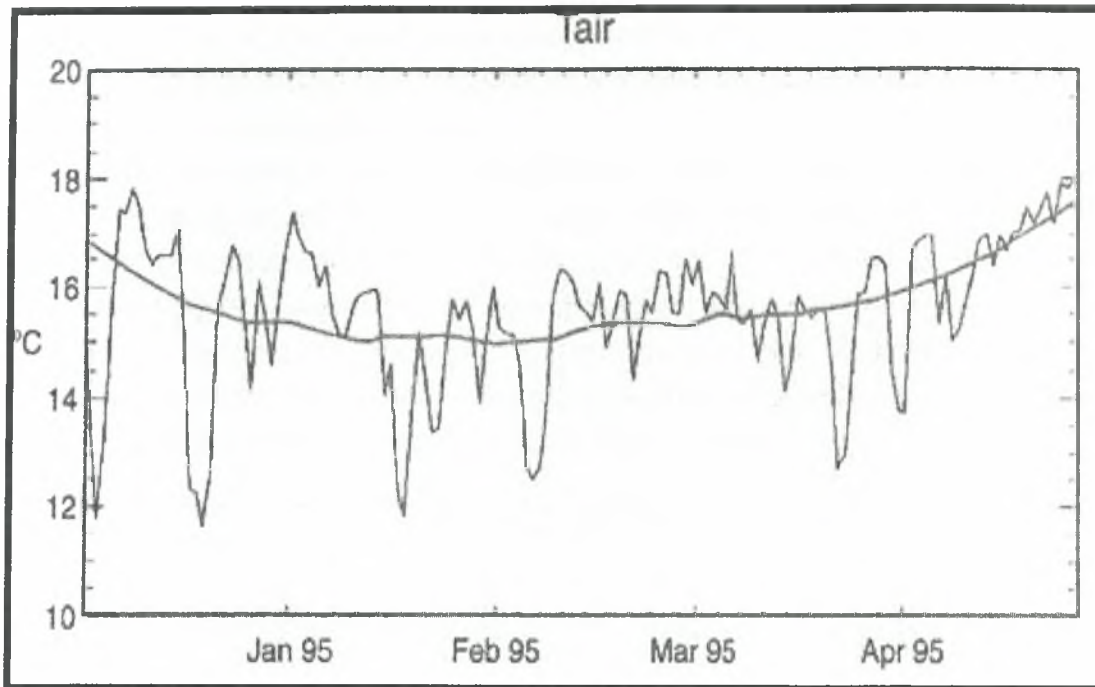
Σε αυτήν την ενότητα θα μελετήσουμε την χρονική εξέλιξη της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας και τις ατμοσφαιρικές παραμέτρους στην περιοχή της



Εικόνα 6.1.1: Σχηματισμός και βαθυμετρία της Ανατολικής Μεσογείου. Τα κυριότερα ονόματα των υπολεκάνων και των στενών δίνονται, (Liwex Group, 2006).

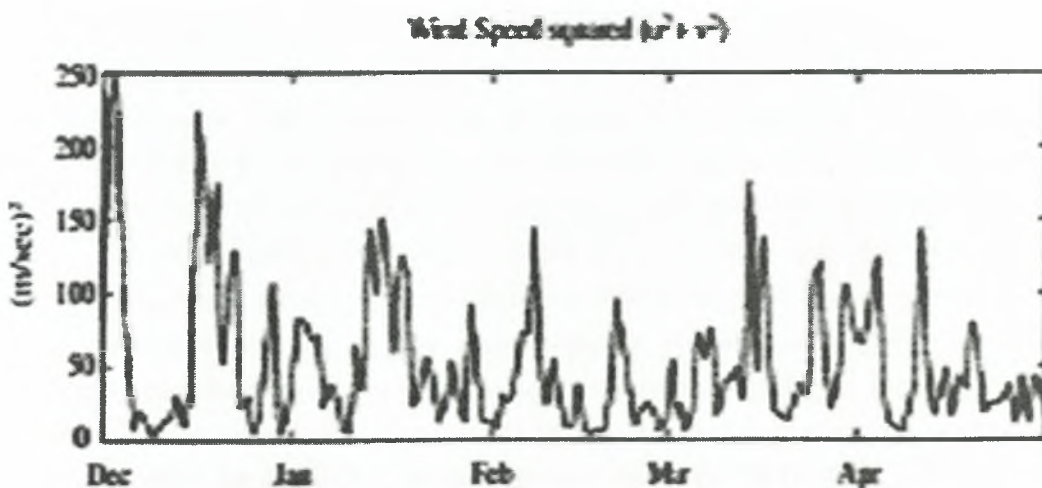
Γύρας της Ρόδου κατά την διάρκεια του προγράμματος LIWEX. Στην Εικόνα 6.2.1 απεικονίζεται μια χρονοσειρά με τον μέσο όρο της ημερήσιας θερμοκρασίας του αέρα από τον Δεκέμβριο του 1994 μέχρι τον Απρίλιο του 1995 στην γεωγραφική θέση που συναντάμε την Γύρα της Ρόδου.

Αναλύοντας την Εικόνα 6.2.1 παρατηρούμε μια βαθμιαία μείωση από τον Δεκέμβριο μέχρι τα μέσα του Ιανουαρίου έχοντας ένα ελάχιστο στους 15°C το οποίο παραμένει περίπου σταθερό μέχρι τα μέσα Φεβρουαρίου. Έπειτα, η θερμοκρασία του αέρα ανεβαίνει στους 15,5°C μέχρι τα μέσα του Μαρτίου και τελικά από το Μάρτιο μέχρι τα τέλη του Απριλίου λαμβάνει χώρα μια βαθμιαία αύξηση που αγγίζει τους 18°C. Βλέποντας αυτές τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας βλέπουμε σημαντικά επεισόδια να πραγματοποιούνται στις αρχές και στα τέλη του Δεκεμβρίου του 1994,



Εικόνα 6.2.1: Χρονική σειρά της θερμοκρασίας του αέρα από τον Δεκέμβριο του 1994 μέχρι τον Απρίλιο του 1995 στις συντεταγμένες 35°B και $28,5^{\circ}\text{A}$, κοντά στο κέντρο της Γύρας Ρόδου, (Liwex Group, 2006).

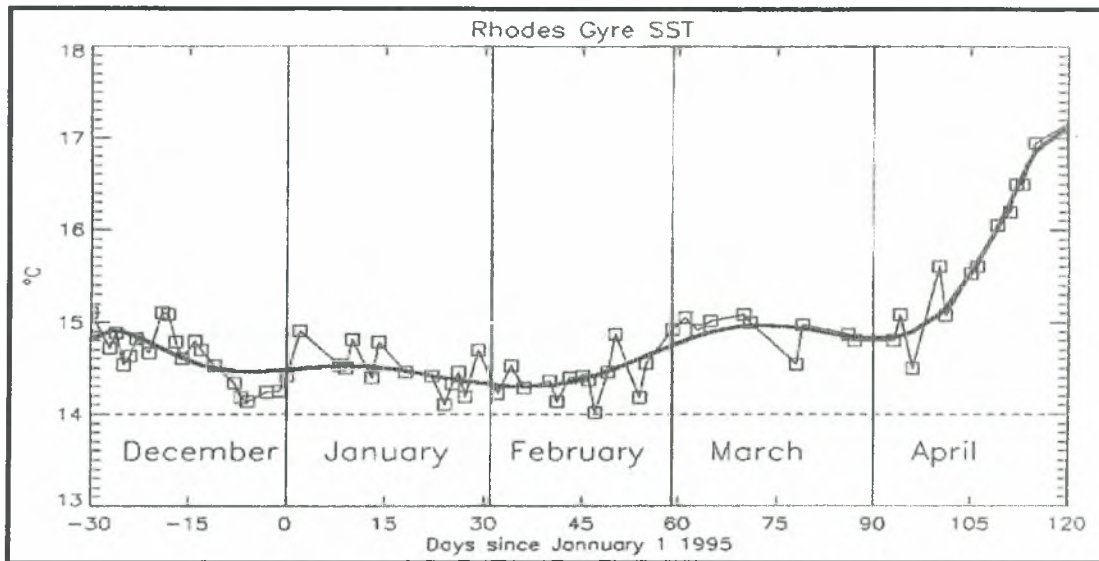
στα μέσα του Ιανουαρίου και στις αρχές του Φεβρουαρίου του 1995. Όπως μπορούμε να δούμε στην Εικόνα 6.2.2, και τα 4 γεγονότα σχετίζονται με έντονους ισχυρούς Βόρειους ανέμους (καταιγίδες) πάνω από την περιοχή της Γύρας Ρόδου, ψυχρούς και ξηρούς, συνεπώς πολύ αποτελεσματικούς στη ψύχρανση της θαλάσσιας επιφάνειας, μέσω τόσο απευθείας απαγωγής θερμότητας όσο και μέσω απαγωγής λανθάνουσας θερμότητας. Η τελευταία οφείλεται σε έντονη εξάτμιση που αυξάνει την επιφανειακή



Εικόνα 6.2.2: Χρονική σειρά του αέρα από τον Δεκέμβριο 1994 μέχρι τον Απρίλιο 1995 με της εξής συντεταγμένες 35°N - $28,5^{\circ}\text{W}$ κοντά στο κέντρο της Γύρας Ρόδου, (Liwex Group, 2006).

αλατότητα. Και οι δύο αυτοί παράγοντες (απώλεια θερμότητας και αύξηση της επιφανειακής αλατότητας) συνεισφέρουν στην αύξηση της επιφανειακής πυκνότητας και προκαλούν κατακόρυφη ανάμιξη.

Η επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας (SST) στο κέντρο της Γύρας της Ρόδου απεικονίζεται στην Εικόνα 6.2.3. Αρχικά τείνει να μειώνεται από 15,2°C στις αρχές του Δεκεμβρίου σε 14,2-14,3°C στις αρχές του Φεβρουαρίου με ένα τοπικό ελάχιστο στους 14°C στο τέλος του Δεκεμβρίου, στο τέλος του Ιανουαρίου και στα μέσα Φεβρουαρίου. Στο δεύτερο μισό του Φεβρουαρίου βαθμιαία αυξάνεται φτάνοντας τους 15°C στο τέλος της πρώτης εβδομάδας του Απριλίου και ύστερα από διαδοχικές αυξήσεις φτάνει στους 17,7°C στο τέλος του μήνα.



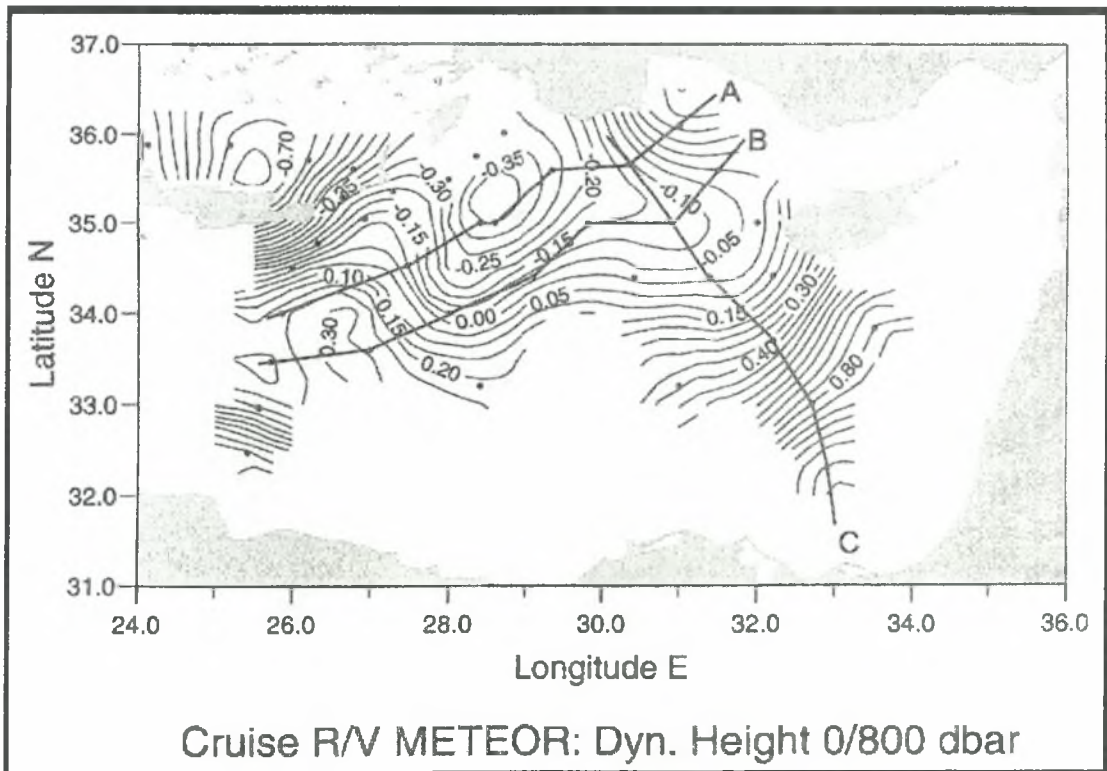
Εικόνα 6.2.3: Χρονική σειρά της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας (SST) στο κέντρο της γύρας Ρόδου, (Liwex Group, 2006).

Ένα σημαντικό στοιχείο που προκύπτει από τα αποτελέσματα, είναι ότι η ψύξη του χειμώνα 1995 εμφανίζεται να ξεκινά στις αρχές του Δεκεμβρίου. Οι περισσότερες από τις καταιγίδες και τα επεισόδια ψύξης λαμβάνουν χώρα στην πραγματικότητα στην διάρκεια αυτού του μήνα, ενώ κατά τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο τα επεισόδια είναι λιγότερο έντονα. Δηλαδή η περίοδος όπου έχουμε απώλεια θερμότητας στην Γύρα της Ρόδου να έχει μεταφερθεί νωρίτερα σχεδόν ένα μήνα αν την συγκρίνουμε με τον κλιματολογικό χειμώνα του οποίου οι έντονες καταιγίδες και η απώλεια θερμότητας λαμβάνουν χώρα κυρίως τον Φεβρουάριο και τον Μάρτιο. Στην πραγματικότητα το ελάχιστο της θερμοκρασίας στο κέντρο της Γύρας της Ρόδου το Δεκέμβριο φτάνει να κυμαίνεται σε 14,1-14,2°C, που τη τιμή αυτή κανείς την συναντά στα τέλη του κλιματολογικού χειμώνα, τον Φεβρουάριο (Lascaratos *et al.*, 1993). Αυτός ο πρώιμος χειμώνας μπορεί να ερμηνευθεί ως

αρμόδιος για τον σχηματισμό των βαθιών νερών στο κέντρο της Γύρας της Ρόδου αντί των ενδιάμεσων νερών λόγω της μακροχρόνιας διάρκειας που έχει.

6.3 Η κυκλοφορία των υδάτινων μαζών τον Ιανουάριο κατά την διεξαγωγή του προγράμματος LIWEX.

Το ύψος της δυναμικής ανωμαλίας στην επιφάνεια σε σχέση με τα 800dbar (Εικόνα 6.3.1), που αναλύθηκε από τον πλόα METEOR τον Ιανουάριο του 95 δείχνει τα κύρια χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας στο ανώτερο στρώμα του θερμοκλινούς στην Λεβαντινή λεκάνη. Επιπλέον, στην Εικόνα 6.3.1, οι σταθμοί απεικονίζονται με τελείες. Η κυκλωνική Γύρα της Ρόδου Νοτιοανατολικά της Ρόδου καλύπτει μια μεγάλη έκταση, από 28° μέχρι 32°Α και 34,5° μέχρι 36°Β. Η Δυτική κυκλωνική Γύρα της Κύπρου παρατηρήθηκε και στα Ανατολικά, στην ίδια περίπου τοποθεσία όπως είχε παρατηρηθεί με τους προηγούμενους πλόες του POEM (POEM Group, 1992) και επικοινωνεί με την Γύρα της Ρόδου μέσω του κεντρικού ρεύματος της Λεβαντινής λεκάνης (Ozsoy *et al.*, 1993), που ευρέως εσωκλείει την συνολική κυκλωνική περιοχή στην Βόρεια Λεβαντινή λεκάνη. Αυτή η κυκλωνική κυκλοφορία εκτείνεται από τα

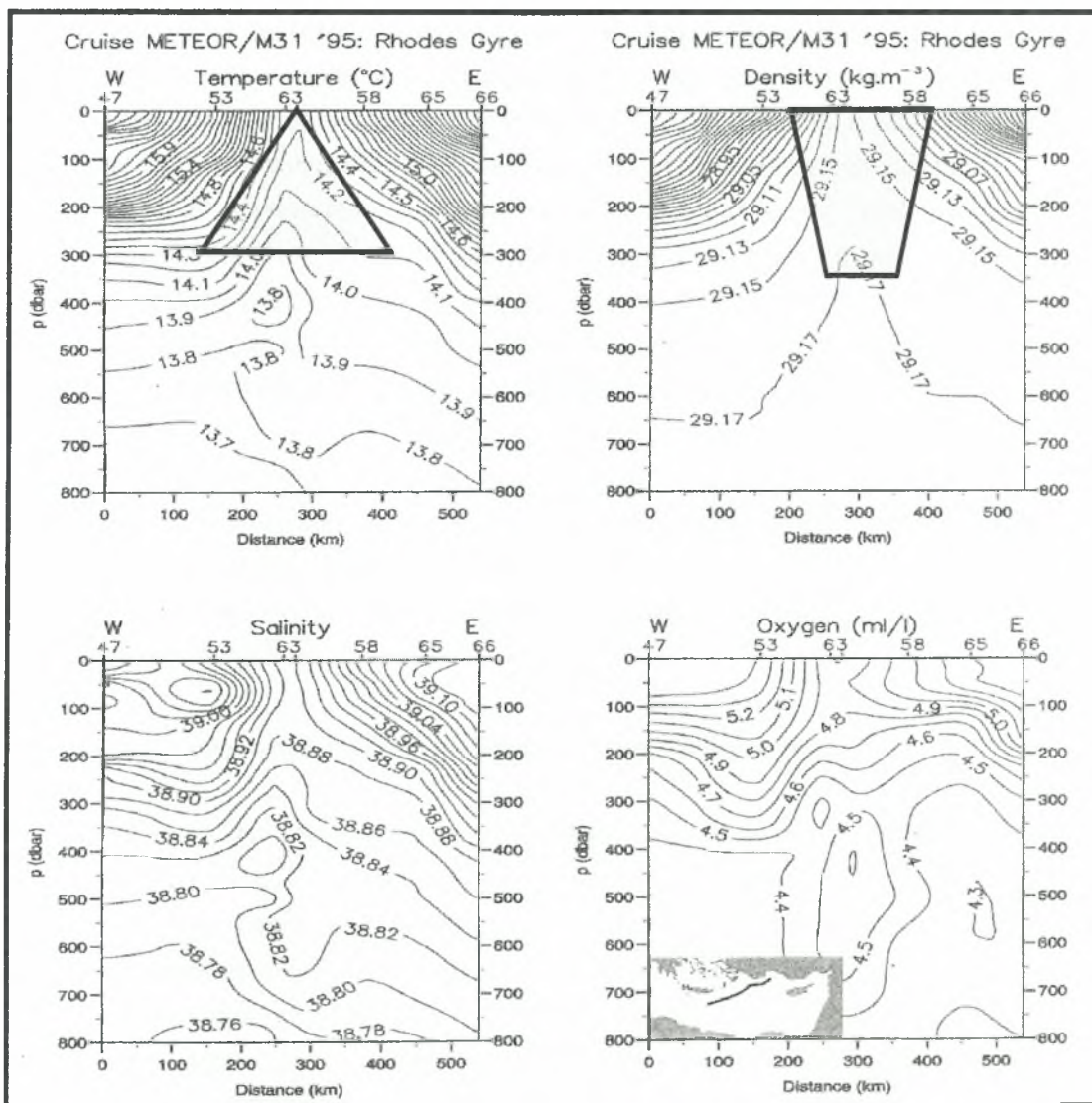


Εικόνα 6.3.1: Ύψη επιφανειακής δυναμικής ανωμαλίας σε σχέση με τα 800dbar. Στα Νοτιοδυτικά της Γύρας της Ρόδου έχει αρχίσει να εμφανίζεται πενιχρά ο Αντικυκλώνας Ιεράπετρα. Στην εικόνα απεικονίζονται οι 3 τομές που θα τις αναλύσουμε ακολούθως, (Liwex Group, 2006).

Ανατολικά των στενών του Κρητικού Τόξου μέχρι την Κύπρο και συνορεύει στον Βορρά με το ρεύμα της Μικράς Ασίας (AMC) το οποίο έχει κατεύθυνση Δυτική κατά μήκος των Τουρκικών ακτών.

6.3.1 Η κυκλοφορία που επικρατεί στη Γύρα της Ρόδου (περιοχή ανάδυσης).

Στην Εικόνα 6.3.1.1 βλέπουμε τις κατακόρυφες κατανομές της αλατότητας, της πυκνότητας, της θερμοκρασίας και του οξυγόνου μέχρι τα 800m κατά μήκος της τομής A που περνά από το κέντρο της κυκλωνικής Γύρας της Ρόδου. Καθαρά εμφανίζεται ότι στην περιοχή πραγματοποιείται ανάδυση και έχουμε μεταφορά υδάτινων μαζών κατά την διάρκεια του Ιανουαρίου, με τις ισόθερμες, τις ισοαλατικές



Εικόνα 6.3.1.1: Κατακόρυφες κατανομές της αλατότητας, του οξυγόνου, της θερμοκρασίας και της πυκνότητας στην περιοχή ανάδυσης της κυκλωνικής Γύρας της Ρόδου κατά μήκος της τομής A που απεικονίζεται στην Εικόνα 6.3.1, (Liwex Group, 2006).

και τις ισόπυκνες να εμφανίζονται στην επιφάνεια της υδάτινης στήλης. Η πρώτη ισόθερμη που εμφανίζεται στην επιφάνεια είναι των $\Theta=14,3^{\circ}\text{C}$ και ο πυρήνας της περιοχής όπου έχουμε ανάδυση υδάτων έχει αδύναμη στρωμάτωση με τις ισόθερμες να ξεκινούν να ανέρχονται προς την επιφάνεια από τα 400m. Η κατανομή της αλατότητας μας δείχνει ότι ο πυρήνας της περιοχής ανάδυσης έχει αλατότητα $S=38,90\text{psu}$ και φτάνει στην περιφέρεια της κυκλωνικής γύρας της Ρόδου στα 38,96-38,98psu.

Επιπλέον, τον χειμώνα έχουμε το σχηματισμό του LDW μέσα στην κυκλωνική Γύρα της Ρόδου αντί του LIW. Στην πραγματικότητα η τυπική απόκλιση του LDW είναι $\Theta=13,7-14,5^{\circ}\text{C}$ και αλατότητα $S=38,8-38,9\text{psu}$ (Ozsoy *et al.*, 1993; Gertman *et al.*, 1994), ενώ στο LIW η αλατότητα ξεπερνά τα 39,00psu και η θερμοκρασία τους 15°C . Στην Εικόνα 6.3.1.1 όπου έχουμε την κατακόρυφη κατανομή της αλατότητας, φαίνονται δυο “γλώσσες” όπου ύδατα με μεγαλύτερη αλατότητα περικλείουν την περιοχή όπου έχουμε ανάδυση. Η πρώτη “γλώσσα” έχει σχηματιστεί στα Νοτιοδυτικά με αλατότητα ($S=39,02\text{psu}$), ενώ η δεύτερη που έχει και μεγαλύτερη αλατότητα ($S=39,10\text{psu}$) έχει σχηματιστεί Βορειοανατολικά.

Η μικρή στρωμάτωση που απεικονίζεται στις κατανομές της αλατότητας και της θερμοκρασίας εξισορροπείται από την κατανομή της πυκνότητας όπου μπορούμε καλά να αναγνωρίσουμε την κυκλοφορία που πραγματοποιείται στην περιοχή ανάδυσης. Έτσι παρατηρούμε ότι η πρώτη ισόπυκνη είναι η $\sigma_{\theta}=29,15\text{kg/m}^3$ και ο πυρήνας της πυκνότητας φτάνει να έχει μέγιστη πυκνότητα $29,17\text{kg/m}^3$ περίπου στα 600m.

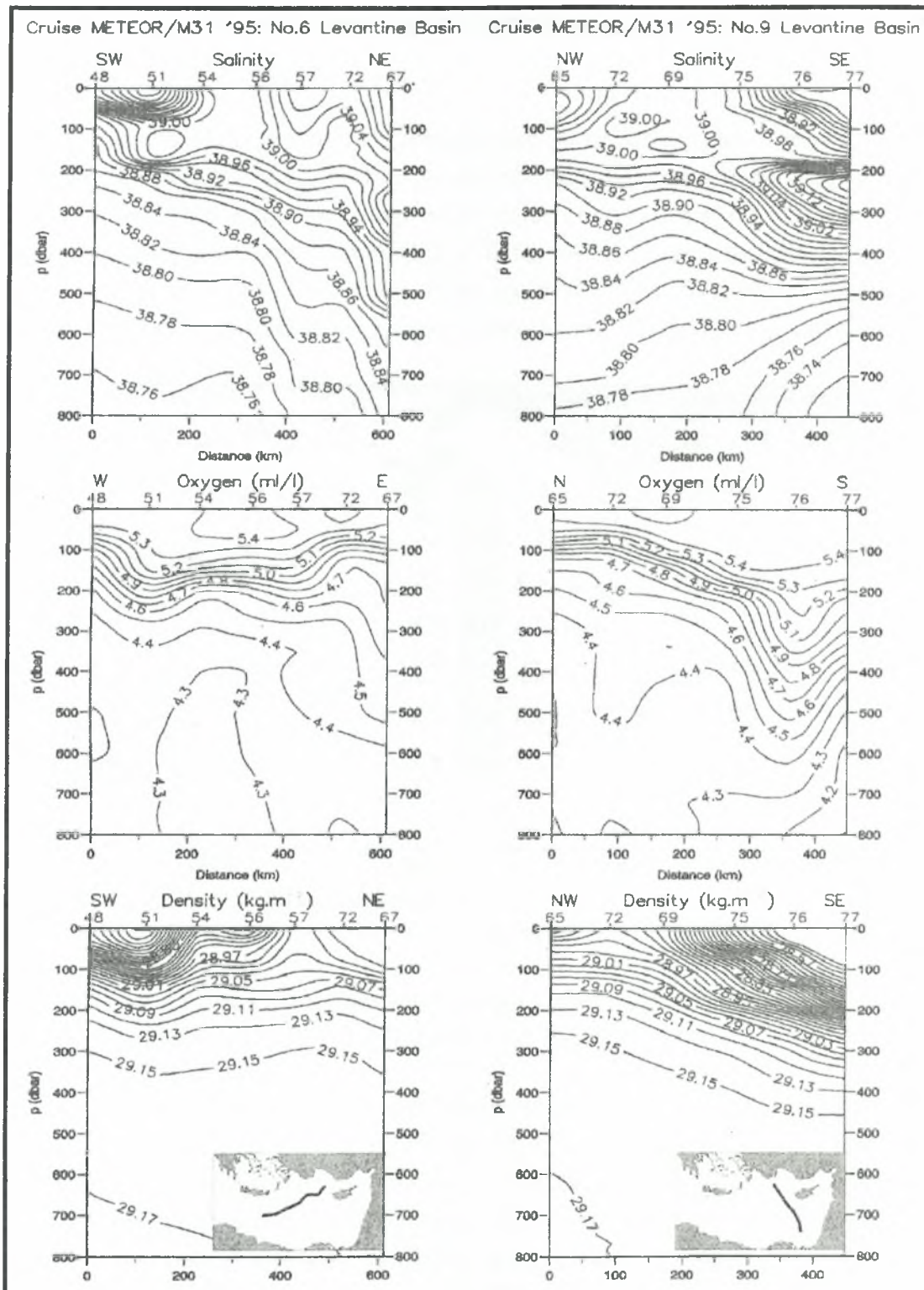
Η κατανομή του οξυγόνου στην Εικόνα 6.3.1.1 μας δείχνει ότι τιμή του οξυγόνου στην επιφάνεια να φτάνει τα 4,9ml/l στην περιοχή κυκλοφορίας. Ένας πυρήνας με ένα δεύτερο μέγιστο οξυγόνου παρουσιάζεται στα ενδιάμεσα βάθη. Αυτό το δεύτερο μέγιστο παρουσιάζεται περίπου στα 500m και φτάνει την τιμή των 4,5ml/l στην περιοχή της ανάδυσης.

6.3.2 Η δημιουργία του LIW στην Βόρεια Λεβαντινή λεκάνη.

Αν το LDW έχει δημιουργηθεί μέσα στην κυκλωνική Γύρα της Ρόδου, παράλληλα το LIW έχει δημιουργηθεί στην Βορειοανατολική Λεβαντινή λεκάνη κατά μήκος των Τουρκικών ακτών. Στην Εικόνα 6.3.2.1 απεικονίζονται δύο τομές που διασχίζουν διαγωνίως την λεκάνη, η τομή Β και η τομή C της Εικόνας 6.3.1.

Η κατανομή της τομής Β στην Εικόνα 6.3.2.1, έδειξε την παρουσία ρηχής κυκλοφορίας στην περιοχή ανάδυσης, με την ισόπυκνη των $29,01\text{kg/m}^3$ να οριοθετεί τον πυρήνα στην περιοχή που δραστηριοποιείται η ανάδυση. Ο θόλος των ισόπυκνων που σχηματίζεται είναι εμφανής μόνο μέχρι τα 100m και οι πυκνότητες αντιστοιχούν μεταξύ των $29,03-29,05\text{kg/m}^3$. Η περιοχή όπου εμφανίζεται το φαινόμενο ανάδυσης βρίσκεται κοντά στον Σταθμό 57 και χαρακτηρίζεται από ένα μέγιστο αλατότητας με τιμή 39,06psu και ένα μέγιστο οξυγόνου που κυμαίνεται σε 5,3-5,4ml/l.

Μια δεύτερη περιοχή όπου έχουμε παρουσία ανάδυσης εμφανίζεται στην τομή 3 και είναι κοντά στον σταθμό 72 στην Βορειοδυτική πλευρά αυτής της τομής. Οι τιμές των ιδιοτήτων του πυρήνα είναι λίγο μικρότερες αλλά οι τιμές των ιδιοτήτων

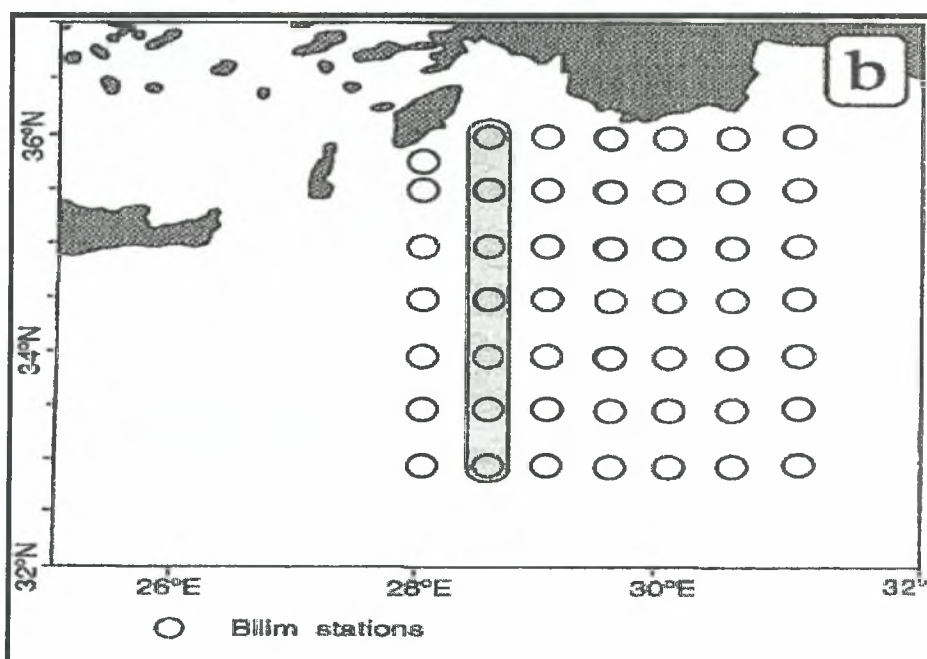


Εικόνα 6.3.2.1: Κατακόρυφες κατανομές αλατότητας, οξυγόνου και πυκνότητας στα 800m το μήνα Ιανουάριο του 1995 κατά μήκος της τομής Β στα (δεξιά) και C στα (αριστερά) όπως απεικονίζονται στην Εικόνα 8.3.1. (Liwex Group, 2006).

της υδάτινης μάζας LIW παραμένουν σχεδόν αμετάβλητες. Και οι δυο περιοχές εμφανίζονται να λαμβάνουν μέρος στη συνολική κυκλωνική κυκλοφορία της Βόρειας Λεβαντικής λεκάνης.

6.4 Η κυκλοφορία των υδάτινων μαζών το Φεβρουάριο κατά την διεξαγωγή του προγράμματος LIWEX.

Το τελευταίο σημαντικό μέτωπο από ψυχρούς, ξηρούς ανέμους, που προέρχονται από την ηπειρωτική χώρα, εμφανίστηκε περίπου στις 10 Φεβρουαρίου με την απώλεια θερμότητας να φτάνει στην μέγιστη τιμή της (περίπου 300 w/m^2). Το Φεβρουάριο, ο πλόας πραγματοποιήθηκε κατά την διεξαγωγή του προγράμματος LIWEX από το Τουρκικό πλοίο R/V Bilim και στην Εικόνα 6.4.1 απεικονίζονται οι σταθμοί όπου πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία από 10 μέχρι 17 Φεβρουαρίου.



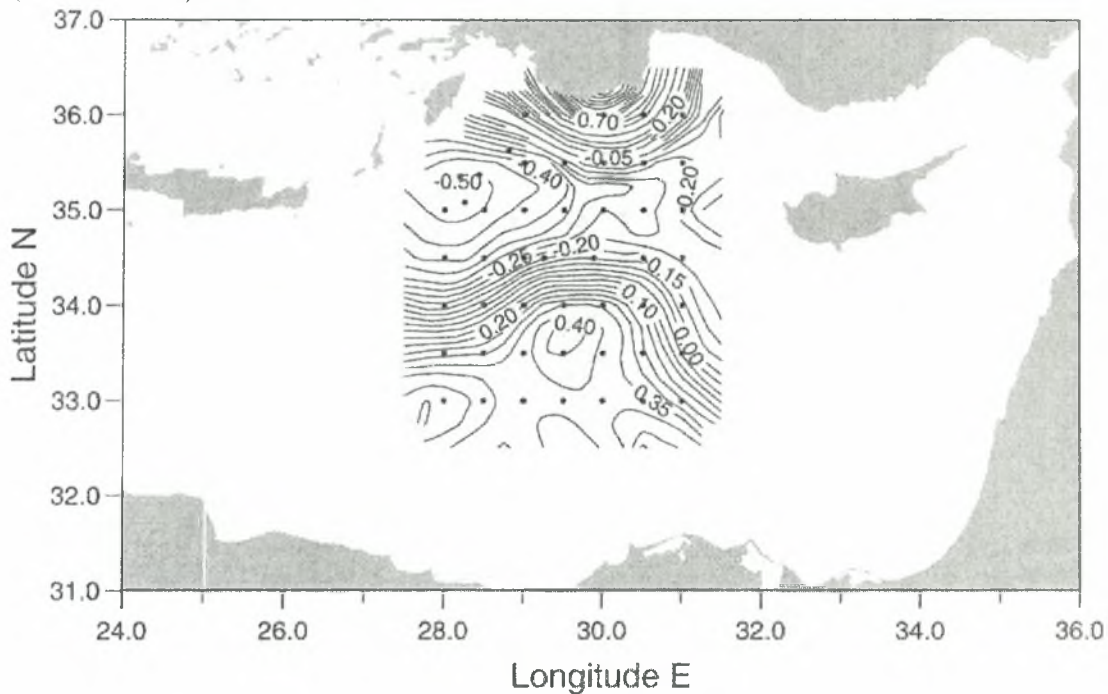
Εικόνα 6.4.1: Σταθμοί όπου πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες από το Τουρκικό πλοίο R/V Bilim, (Liwex Group, 2006).

Η κυκλοφορία της περιοχής απεικονίζεται στον χάρτη της δυναμικής ανωμαλίας ύψους (Εικόνα 6.4.2) της επιφάνειας σε σχέση με το επίπεδο των 800dbar. Η κυκλωνική Γύρα της Ρόδου εκτείνεται από γ.π 28° μέχρι 30° Α με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος της Δυτικής πλευράς της να μην καλύπτεται από αυτόν τον πλόα. Η κυκλωνική Γύρα της Ρόδου έχει μόλις χωριστεί από τον Δυτικό κυκλώνα της Κύπρου που εμφανίζεται στο γ.π των 31° Α. Στον Βορρά, παρατηρείται το ερχόμενο από τα Ανατολικά AMC κατά μήκος των Τουρκικών ακτών. Στο Νότο, ένα έντονο

ρεύμα που ονομάζεται CLBC ρέει κατά μήκος ολόκληρης της Λεβαντινής λεκάνης από τα Δυτικά στα Ανατολικά.

Το μέρος εκείνο της σχεδόν ομογενοποιημένης υδάτινης στήλης που παρατηρήθηκε τον Ιανουάριο, εμφανίζεται βαθύτερα και έχει αναμιχθεί πλήρως στο διάστημα των 15 ημέρων που διαμεσολάβησε από τον πλόα που πραγματοποιείται τον Φεβρουάριο.

Η καλή ανάμιξη που πραγματοποιείται στην περιοχή ανάδυσης μεταξύ 35°-35°20'Β, 28°-28°30'Α λαμβάνει χώρα έως τις 15 Φεβρουαρίου. Επιπλέον, στο επίπεδο των 500dbar η κυκλωνική κυκλοφορία γύρω από την περιοχή ανάδυσης επικρατεί στο Βορειοδυτικό μέρος της περιοχής μελέτης. Αυτό απεικονίζεται στην (Εικόνα 6.4.2).

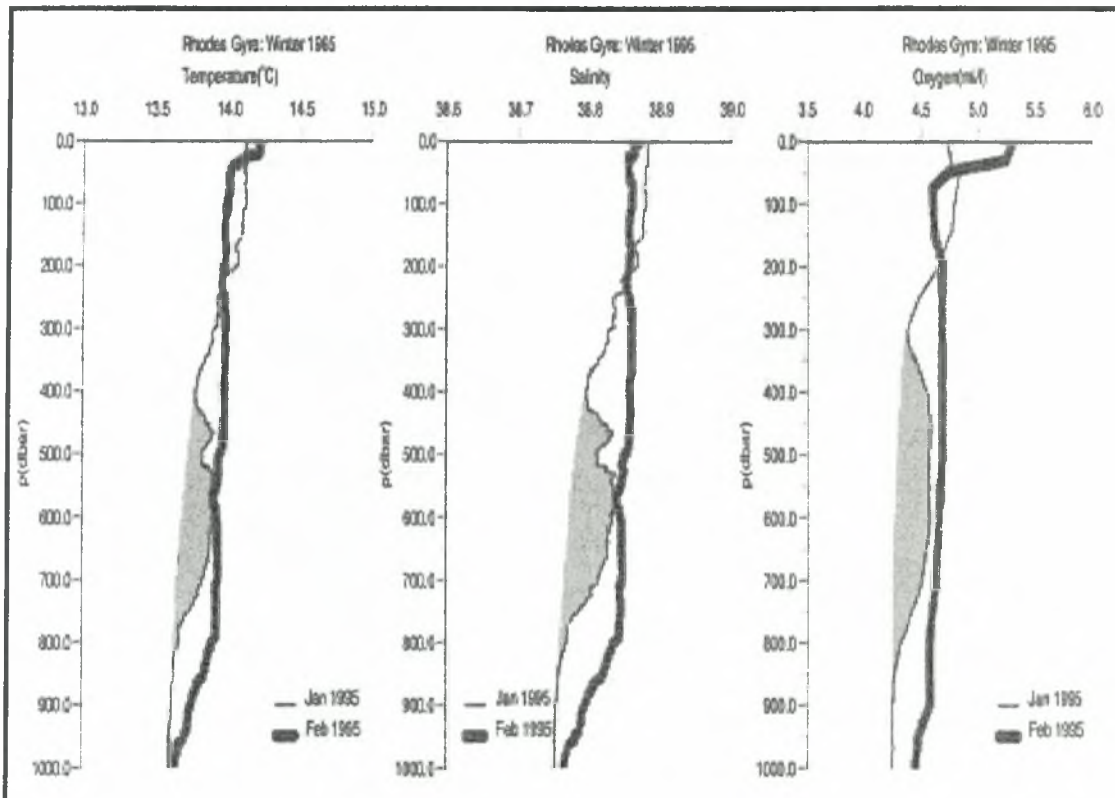


Εικόνα 6.4.2: Επιφανειακή δυναμική ανωμαλία ύψους σε σχέση με τα 800 dbars το Φεβρουάριο 1995, (Liwex Group, 2006).

Ακόμα, στην Εικόνα 6.4.3 γίνεται σύγκριση των κατακόρυφων προφίλ της θερμοκρασίας, της αλατότητας και της πυκνότητας για το μήνα Ιανουάριο και το Φεβρουάριο όπου οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μέσα στην περιοχή ανάδυσης της κυκλωνικής Γύρας Ρόδου. Συγκρίνοντας τους δύο μήνες είμαστε σε θέση να κατανοήσουμε την κυκλοφορία που υφίσταται σε αυτή τη κυκλωνική περιοχή της Γύρας της Ρόδου και να μελετήσουμε τις διαφορές που έχουν τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά.

Τον Ιανουάριο, τα προφίλ της αλατότητας, της θερμοκρασίας και της πυκνότητας απεικονίζονται στην Εικόνα 6.4.3 με λεπτές γραμμές και μας δείχνουν ότι

τα πρώτα 200m της υδάτινης στήλης είναι καλά ομογενοποιημένα. Ο πυρήνας της περιοχής ανάδυσης φτάνει περίπου μέχρι τα 350m με την θερμοκρασία να κυμαίνεται από 14,1-14,2°C και την αλατότητα στα 38,86-38,88psu. Το ελάχιστο και των δύο αυτών παραμέτρων το συναντάμε περίπου στα 400m, ενώ του οξυγόνου στα 300m. Στο στρώμα των 400-800m, θετικές ανωμαλίες στην θερμοκρασία, την αλατότητα και την πυκνότητα παρουσιάστηκαν από την σύγκριση των προφίλ.



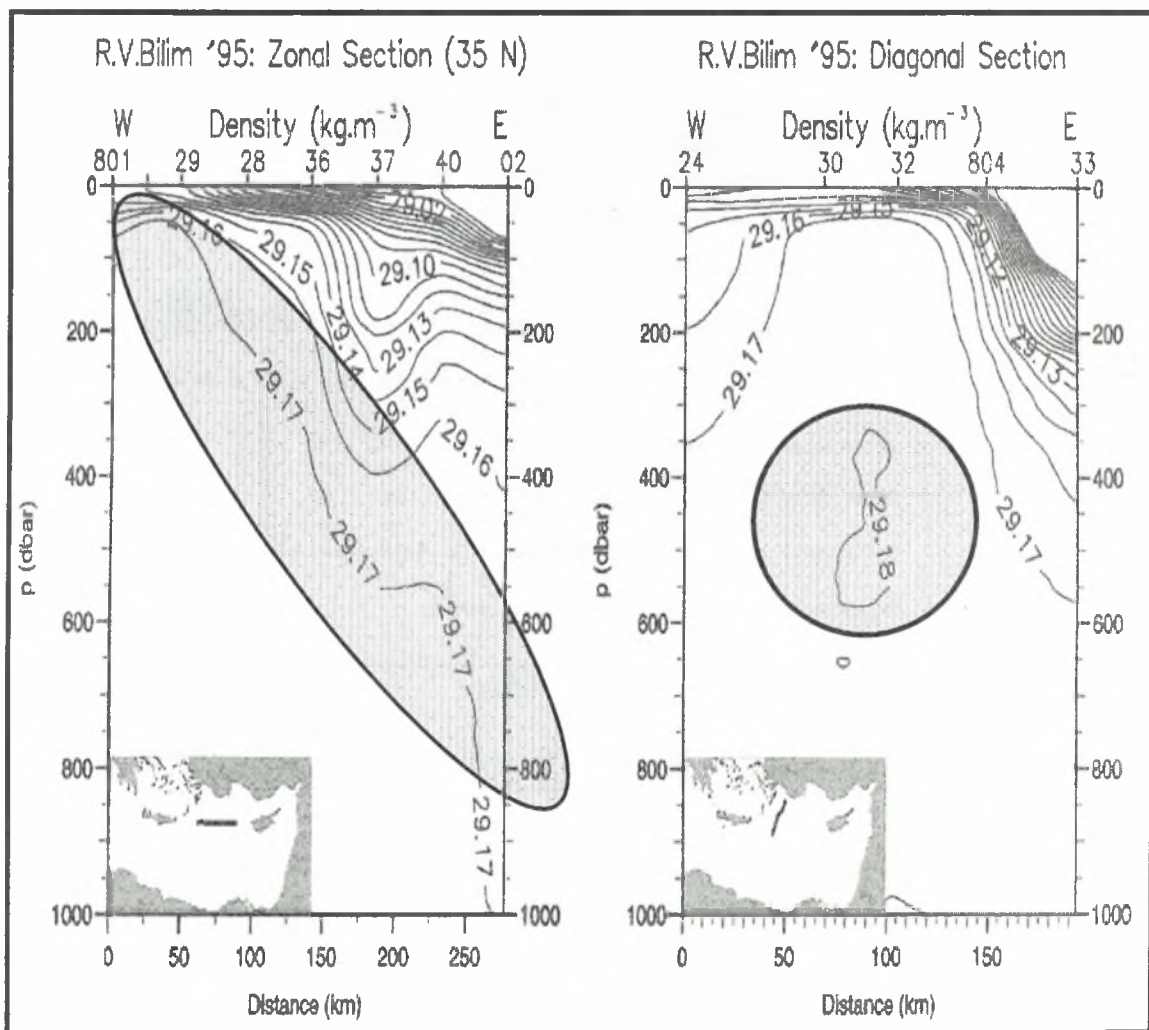
Εικόνα 6.4.3: Σύγκριση των κατακόρυφων κατανομών της θερμοκρασίας, της αλατότητας και του οξυγόνου τον μήνα Ιανουάριο (λεπτή γραμμή) και τον Φεβρουάριο (έντονη γραμμή) στους σταθμούς που βρίσκονται μέσα στην περιοχή ανάδυσης της κυκλωνικής Γύρας της Ρόδου, (Liwex Group, 2006).

Στις 15 Φεβρουαρίου, μετά από γεγονός έντονης κλιματικής αλλαγής που έγινε στις 10 Φεβρουαρίου, η υδάτινη στήλη έχει ομογενοποιηθεί σχεδόν πλήρως κατακόρυφα.. Η δυναμική θερμοκρασία είναι περίπου 13,96°C μέχρι το βάθος των 800dbar, εκτός από τα πρώτα 50m όπου η στρωμάτωση ξεκινά να δημιουργείται έπειτα από το ψυχρό μέτωπο (Εικόνα 6.4.3).

Από την άλλη, η τιμή της αλατότητας είναι περίπου 38,86psu από την επιφάνεια μέχρι τα 800dbar. Οι τιμές της θερμοκρασίας και της αλατότητας καθώς και το βάθος της καλά αναμεμιγμένης περιοχής ανάδυσης δείχνουν ότι η Γύρα της

Ρόδου το χειμώνα του 1995 είναι η περιοχή όπου δημιουργείται το LDW. Τα προφίλ του οξυγόνου παρουσιάζουν μια ομοιόμορφη κατανομή με το βάθος.

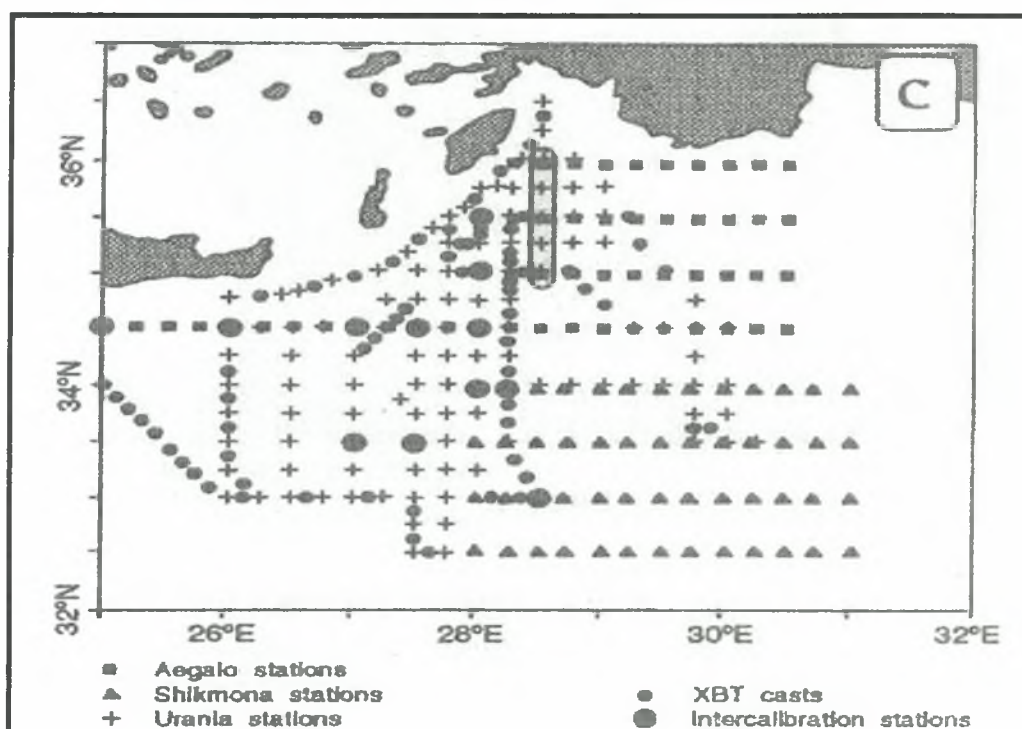
Στην κατακόρυφη κατανομή ανάμεσα στο γ.π 28E και 28,5E και στο γ.μ 35N η περιοχή όπου έχουμε ανάδυση παρατηρείται στο Δυτικότερο σημείο του χάρτη, με την πυκνότητα της ομογενοποιημένης υδάτινης μάζας να ξεπερνά τα $\sigma_\theta > 29,17 \text{ kg/m}^3$ και να επεκτείνεται σε βάθος μεγαλύτερο των χιλίων μέτρων. Στην διαγώνια κατακόρυφη κατανομή η περιοχή όπου έχουμε ανάδυση είναι πιο εμφανής με το σχηματισμό ενός “τρούλου” από τις ισόπυκνες των $29,16-29,17 \text{ kg/m}^3$ και έναν καλά σχηματισμένο πυρήνα με $\sigma_\theta > 29,18 \text{ kg/m}^3$ (Εικόνα 6.4.4).



Εικόνα 6.4.4: Κατακόρυφες τομές της δυναμικής πυκνότητας στα 1000m στο γ.μ. 35°B και της διαγώνιας τομής κατά μήκος της περιοχής ανάδυσης. (Liwex Group, 2006).

6.5 Η κυκλοφορία των υδάτινων μαζών τους Μάρτιο και Απρίλιο κατά την διεξαγωγή του προγράμματος LIWEX.

Ο πλόας που πραγματοποιήθηκε κατά την διάρκεια του Μαρτίου και του Απριλίου (Εικόνα 6.5.1) σχεδιάστηκε για να κατανοήσουμε την κυκλοφορία των νέων υδάτινων μαζών από την περιοχή δημιουργίας τους σε γειτονικές περιοχές. Οι σταθμοί απείχαν μεταξύ τους κατά ένα $0,25^\circ$ στο γ.π. και $0,5^\circ$ στο γ.μ. και βρίσκονταν μεταξύ του γ.π. των 26° - 31° . Επίσης, το πλέγμα των σταθμών είναι πυκνότερο κατά μήκος του Κρητικού Τόξου για να παρακολουθήσουμε καλύτερα τις ανταλλαγές των υδάτινων μαζών ανάμεσα στην Λεβαντινή λεκάνη και τη λεκάνη του Αιγαίου (Manca *et al.*, 1999).

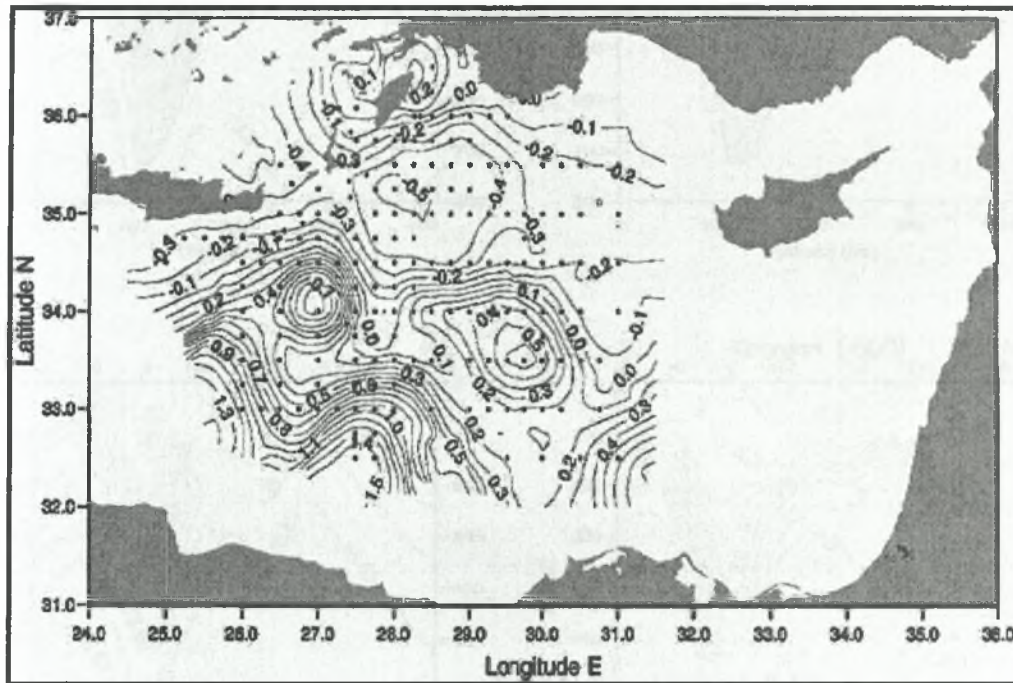


Εικόνα 6.5.1: Το δίκτυο των σταθμών από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονα από τα ωκεανογραφικά πλοία έρευνας (R/Vs') Urania (Italy), Aegaeo (Greece) και Shikmona (Israel), (Liwex Group, 2006).

Η δυναμική ανωμαλία ύψους για την κυκλοφορία του ανώτερου στρώματος του θερμοκλινούς σε σχέση τα 800dbar απεικονίζεται στην Εικόνα 6.5.2. Στο Βορρά δραστηριοποιείται η εκτεταμένη κυκλωνική Γύρα Ρόδος που το Βόρειο όριο της αποτελείται από το AMC που ρέει Δυτικά κατά μήκος των Τούρκικων ακτών και εισέρχεται στο Αιγαίο διαμέσου του στενού της Καρπάθου.

Ένας έντονος ρευματοχείμαρρος διαχωρίζει την Βόρεια κυκλωνική περιοχή από μια Νότια αντικυκλωνική περιοχή. Στην είσοδο της Λεβαντινής λεκάνης, στο

Κρητικό πέραςμα, το MMJ διακλαδίζεται σε δυο κλάδους. Ο ένας κλάδος είναι το CLBC που έχει ήδη παρατηρηθεί από το Φεβρουάριο και ρέει Ανατολικά ανάμεσα στην Νότια πλευρά της περιφέρειας της κυκλωνικής Γύρας της Ρόδου και τη Βόρεια πλευρά της περιφέρειας του Αντικυκλώνα της Ιεράπετρας. Ο άλλος κλάδος, δηλαδή η συνέχεια του MMJ στην Λεβαντινή λεκάνη διαμορφώνει το Βόρειο όριο του Νότιου Αντικυκλώνα Mersa – Matruh και δε καλύπτεται επαρκώς με δεδομένα σε αυτόν πλόα.

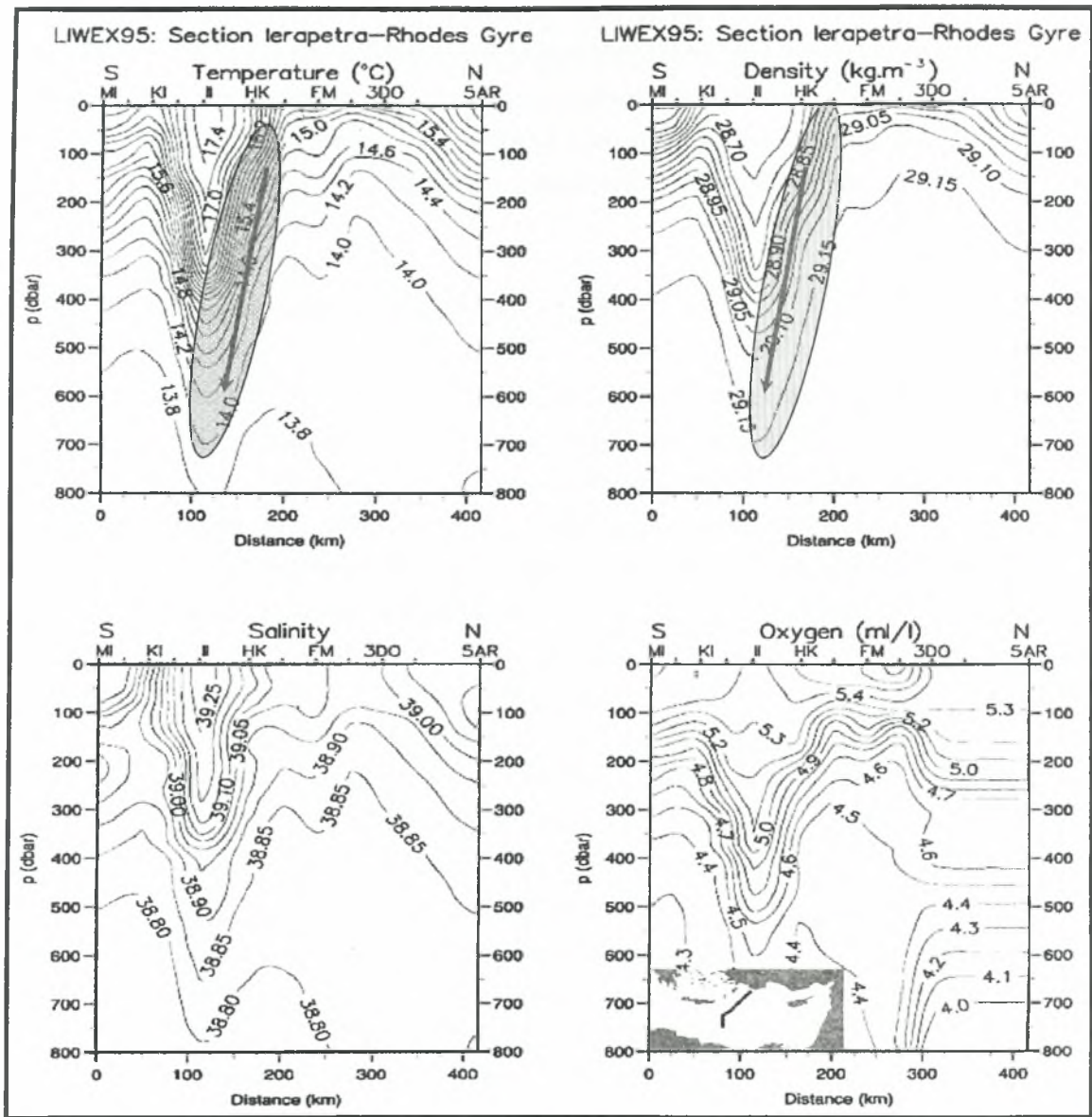


Εικόνα 6.5.2: Επιφανειακή δυναμική ανωμαλία ύψους σε σχέση με τα 800dbars τους Μάρτιο - Απρίλιο του 1995, (Liwex Group, 2006).

6.5.1 Η κυκλοφορία της υδάτινης μάζας LDW.

Κατά την διάρκεια του πλόα που πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο και τον Απρίλιο, η Γύρα της Ρόδου δείχνει σημαντική κυκλοφορία και αποκαθίσταται η στρωμάτωση της υδάτινης στήλης από την βαθμιαία θέρμανση του επιφανειακού στρώματος. Στην Εικόνα 6.5.1.1 απεικονίζονται οι κατακόρυφες τομές θερμοκρασίας, αλατότητας, πυκνότητας και οξυγόνου στο γ.μ πού εντοπίζεται ο κυκλώνας της Ρόδου και ο Αντικυκλώνας της Ιεράπετρας.

Στο Νότιο μέρος των κατακόρυφων τομών εντοπίζεται ο Αντικυκλώνας της Ιεράπετρας που η στρωμάτωση εμφανίζεται μέχρι τα 300m, με θερμοκρασία $\Theta \geq 16^{\circ}\text{C}$, αλατότητα $S \geq 39,05\text{psu}$ και πυκνότητα $\sigma_{\theta} \leq 28,95\text{kg/m}^3$. Οι μέγιστες τιμές του οξυγόνου που απαντώνται στη επιφάνεια, βρίσκονται στον πυρήνα, όπου οι τιμές του



Εικόνα 6.5.1.1: Κατακόρυφες κατανομές της αλατότητας, της θερμοκρασίας, της πυκνότητας και του οξυγόνου στα 800m κατά μήκος του Αντικυκλώνα Ιεράπετρα και της κυκλωνικής Γύρας Ρόδου κατά την διάρκεια του Μαρτίου-Απριλίου 1995, (Liwex Group, 2006).

οξυγόνου είναι $O_2 > 5,2 \text{ ml/l}$). Να σημειωθεί ότι ο αντικυκλώνας της Ιεράπετρας αντλεί νερό με πυκνότητα μικρότερη του LIW, έως εκ τούτου είναι σε κάποιο βαθμό ρηχότερα από την ισόπυκνη τον 29,00 που χαρακτηρίζει την υδάτινη μάζα LIW. Στη Νότια πλευρά των κατανομών οι ισόπυκνες, ισοαλατικές και ισόθερμες συμπίεζονται στα μεγαλύτερα βάθη.

Τον Ιανουάριο, το επιφανειακό στρώμα της κυκλωνικής Γύρας της Ρόδου έχει αλληλεπίδραση με την ατμόσφαιρα. Η κατακόρυφη ανάμιξη του επιφανειακού

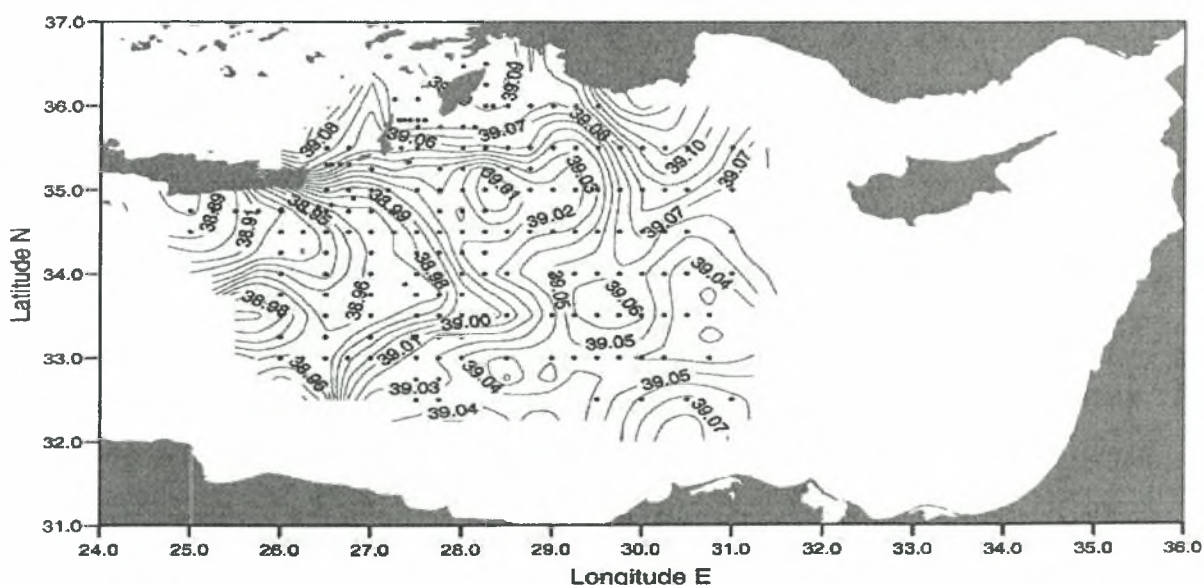
στρώματος ξεκινά τον Φεβρουάριο ύστερα έντονα καιρικά φαινόμενα που έγιναν, που οδήγησαν στην δημιουργία του LDW. Το στρώμα του LDW βρίσκεται ανάμεσα στα 200 με 800m στην υδάτινη στήλη, χαρακτηρίζεται από ένα πυρήνα με τα εξής χαρακτηριστικά: θερμοκρασία $\theta=14^{\circ}\text{C}$, αλατότητα $S\approx 38,85\text{psu}$, οξυγόνο $\text{O}_2\approx 4,5\text{ ml/l}$ και $\sigma_{\theta}=29,15\text{kg/m}^3$. Ωστόσο, το πιο καλά οξυγονωμένο και αλμυρό νερό βρίσκεται μέσα στην Γύρα της Ρόδου και παρατηρείται ότι το LDW δεν εξαπλώνεται έξω από την Λεβαντινή λεκάνη.

6.5.2 Η κυκλοφορία της υδάτινης μάζας LIW.

Από την άλλη μεριά, το LIW εμφανίζεται να εξαπλώνεται μακριά από τις Βορειοανατολικές περιοχές σχηματισμού του. Στην Εικόνα 6.5.2.1 απεικονίζεται η χωρική κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη των $\sigma_{\theta}=29,00\text{kg/m}^3$. Από το μεγάλο αριθμό σταθμών που έχουμε κατά την διεξαγωγή του πλόα τους Μάρτιο- Απρίλιο μπορούμε εύκολα να κατανοήσουμε την κυκλοφορία του LIW. Συγκεκριμένα, δυο είναι οι κυρίαρχες κυκλοφορίες του LIW.

Στην πρώτη μετάβαση, η υδάτινη μάζα LIW κινείται Δυτικά και παρασύρεται από το ρεύμα της Μικράς Ασίας. Ένας κλάδος κατά την Δυτική του εξάπλωση κινείται μπροστά από την Ανατολική πλευρά του Κρητικού Τόξου. Η είσοδος του LIW μέσα στο Αιγαίο και το Κρητικό Πέλαγος πρέπει να είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την προπαρασκευή των επιφανειακών υδάτων στο Νότιο Αιγαίο, που οδηγεί σε αύξηση των υδάτινων όγκων CIW και CDW κάτω από τις καιρικές συνθήκες του χειμώνα. Ύστερα από τον διαχωρισμό, ο δεύτερος κλάδος του LIW ρέει κυκλωνικά, περιμετρικά της Γύρας της Ρόδου.

Από την άλλη μεριά, στην δεύτερη μετάβαση το LIW κατευθύνεται προς το Νότο από την Βόρεια περιοχή δημιουργίας του και φτάνει μέχρι τον Ανατολικό αντικυκλώνα που βρίσκεται στις συντεταγμένες $33,5^{\circ}\text{B}$ και $29,7^{\circ}\text{A}$.



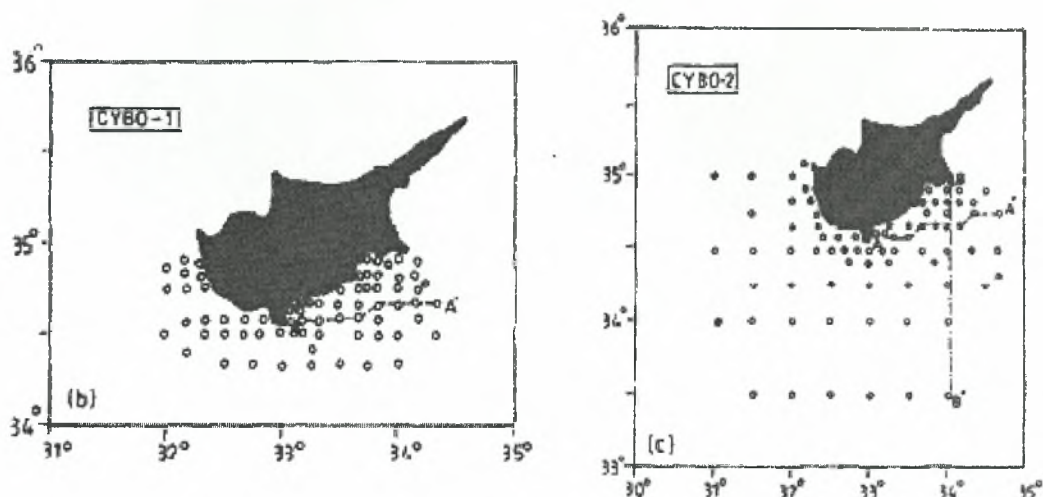
Εικόνα 6.5.2.1: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας του LIW στην ισόπυκνη επιφάνεια των $29,00\text{kg/m}^3$ κατά την διάρκεια του Μαρτίου-Απριλίου του 1995. (Liwex Group, 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Υδρογραφία και Κυκλοφορία Νότια της Κύπρου (1995-1996)

7.1 Εισαγωγή

Το 1995 που πραγματοποιήθηκε και το ερευνητικό πρόγραμμα LIWEX, διεξάγηκε τον Σεπτέμβριο-Οκτώβριο και ο πλόας από το ερευνητικό σκάφος TRITON. Ακόμα η ίδια ομάδα επιστημών συνέλλεξε δεδομένα για τον Μάιο του 1996. Σκοπός των δυο πλόων που πραγματοποιήθηκαν Νότια της Κύπρου ήταν να κατανοήσουμε την υδρογραφία και κυκλοφορία της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης (Εικόνα 7.1.1α,β).

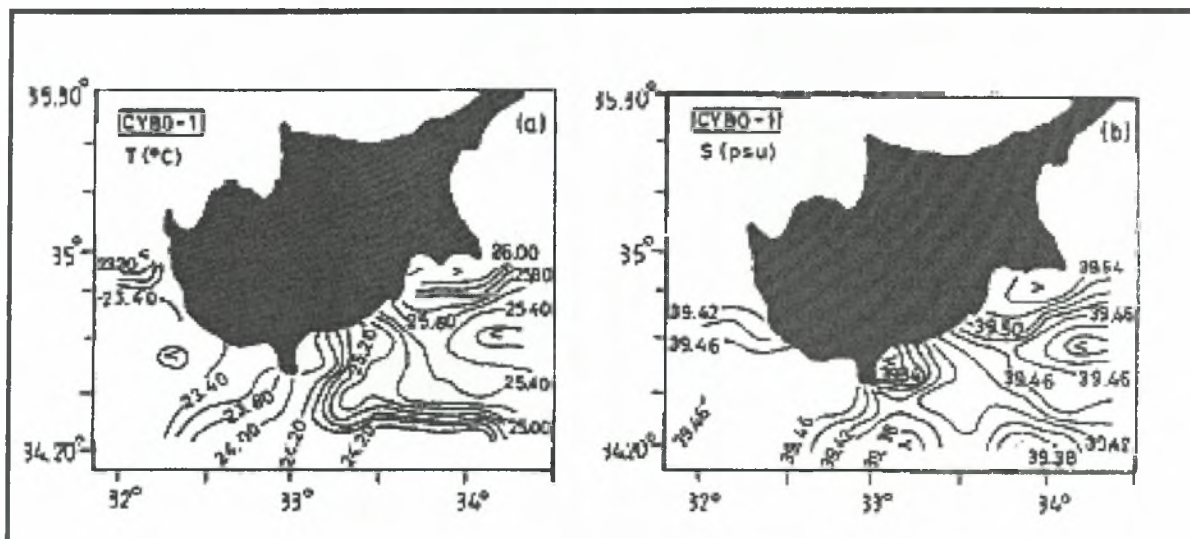


Εικόνα 7.1.1α,β: Θέσεις των σταθμών από τους πλόες που πραγματοποιήθηκαν α) από το ωκεανογραφικό σκάφος M/V Triton τον Σεπτέμβριο-Οκτώβριο του 1995, CYBO-1 και β) από το ωκεανογραφικό σκάφος M/V Sentinel το Μάιο του 1996, CYBO-2, (G. Zodiatis *et al.*, 1998)

7.2 Υδρολογία της περιοχής Νότια της Κύπρου τον Σεπτέμβριο-Οκτώβριο του 1995.

Οι κατακόρυφες κατανομές της αλατότητας και της θερμοκρασίας μας δείχνουν ότι το ανώτερο στρώμα (20-30m) της υδάτινης στήλης έχει υπερβολικά υψηλές τιμές αλατότητας (34,4-39,55psu) και θερμοκρασίας (24-26,5°C). Αυτό οφείλεται στην έντονη ηλιοφάνεια που επικρατεί στην περιοχή και στην εξάτμιση. Στην (Εικόνα 7.2.1α,β) οι θερμοαλατικές μεταβολές που παρατηρούνται στο επιφανειακό στρώμα κατά 2C και 0,15 εμφανίζονται κάθε 20km περίπου, πιθανών να οφείλεται στις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Ωστόσο στην περιοχή εμφανίζονται δυο υδάτινες μάζες με θερμοαλατικά χαρακτηριστικά παρόμοια του LIW. Στο Βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης, θερμό και αλμυρό νερό

λαμβάνει χώρα που πιθανόν να δημιουργείται στην λεκανη Λαττάκια παρά στην Λεβαντινή λεκάνη. Επιπλέον η ροή στην λεκάνη Λαττάκια έχει κατεύθυνση προς το Νότο λόγω της Γύρας Shikmona που υφίσταται στην περιοχή. Στο Νοτιοδυτικό μέρος της περιοχής μελέτης έχουμε ψυχρότερα ($22,8-23,4^{\circ}\text{C}$) και σχετικά λιγότερο αλιμυρά ύδατα ($39,36-39,42\text{psu}$) που πιθανόν να έχουν προέλευση από την Ανατολική επέκταση της κυκλωνικής Γύρας της Ρόδου που δραστηριοποιείται το καλοκαίρι.



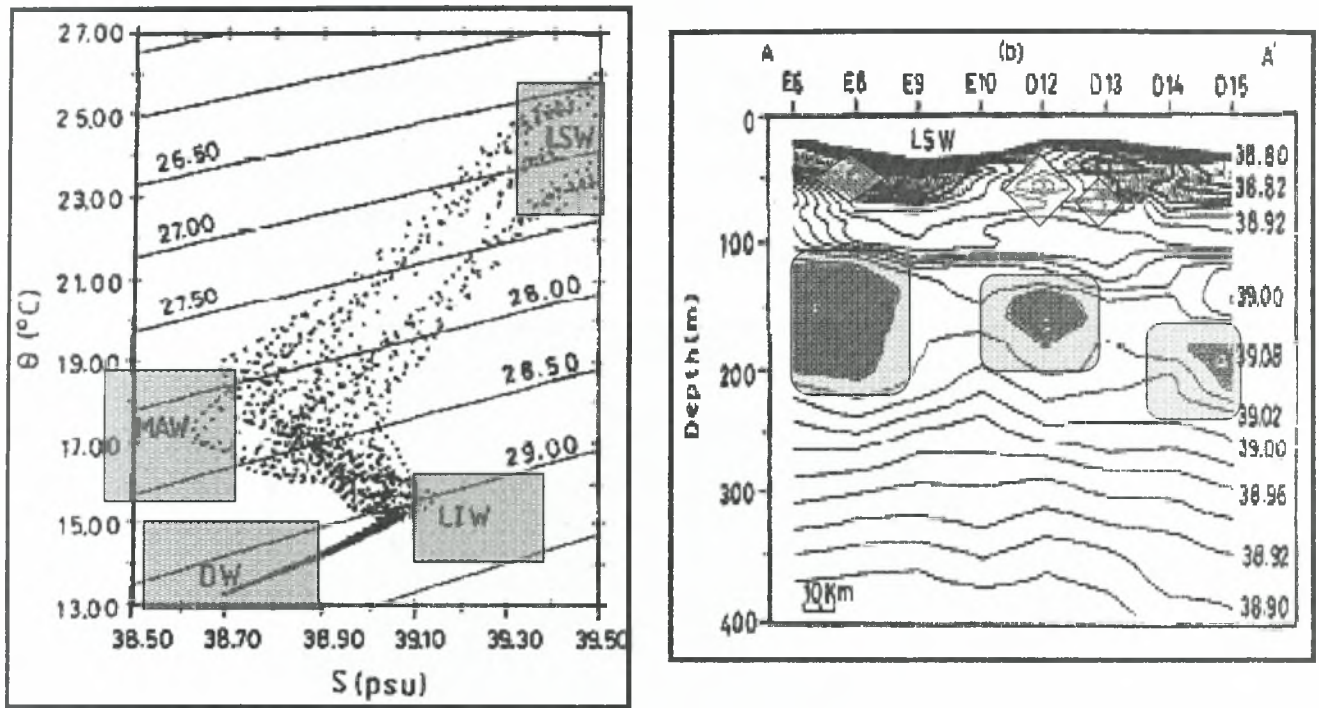
Εικόνα. 7.2.1α,β: Επιφανειακή κατανομή (α) της θερμοκρασίας και (β) της αλατότητας Νότια της Κύπρου τον Σεπτέμβριο- Οκτώβριο του 1995, (G. Zodiatis *et al.* .. 1998).

Επίσης στην (Εικόνα 7.2.1α) παρατηρούμε ένα έντονο θερμό μέτωπο στο Βόρειο τμήμα της Ηράκλειας ράχης όπου ύδατα με μικρή αλατότητα και χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλονται από ύδατα με υψηλή αλατότητα και με σχετικά υψηλή θερμοκρασία. Αυτό μας δείχνει την κυκλωνική δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα στην περιοχή. Εντούτοις ένα τέτοιο χαρακτηριστικό εμφανίζεται ακόμα στην κατωφέρεια της Κυπριακής λεκάνης.

Το διάγραμμα T/Θ της (Εικόνας 7.2.2α) απεικονίζει την μεταφορά των υδάτινων μαζών i) του LSW που χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές αλατότητας ($39,5-39,55\text{psu}$), ii) του υποεπιφανειακού τροποποιημένου Ατλαντικού νερού που η αλατότητα του κυμαίνεται ($38,65\text{psu}$), iii) του υποεπιφανειακού Λεβαντινού ενδιάμεσου νερού με μέγιστη αλατότητα ($39,15\text{psu}$) και του iv) DW με χαμηλή αλατότητα ($38,7\text{psu}$).

Η κατακόρυφη κατανομή της αλατότητας AA' (Εικόνα 7.2.2β) παρουσιάζει ένα ισχυρό αλοκλινές που υπάρχει μεταξύ του επιφανειακού στρώματος και του MAW. Ωστόσο παρατηρούμε ότι το LIW και το MAW εμφανίζεται στην υδάτινη στήλη υπό μορφή κηλίδων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει ισχυρή

στρωμάτωση που δυσχεραίνει την κατακόρυφη ανάμιξη και ως επακόλουθο είναι να τροποποιείται το MAW, που ο πυρήνας του κυμαίνεται στα 40 με 80 μέτρα. Μεταξύ 100 με 200 μέτρων αναγνωρίζουμε το πυρήνα του LIW ενώ το DW το συναντάμε σε μεγαλύτερα βάθη.



Εικόνα 7.2.2α,β: α) Διάγραμμα T/S για όλους τους σταθμούς της περιοχής μελέτης β) Κατακόρυφη κατανομή της αλατότητας στα 400 πρώτα μέτρα της υδάτινης στήλης το καλοκαίρι του 1995, (G. Zodiatis *et al.*, 1998).

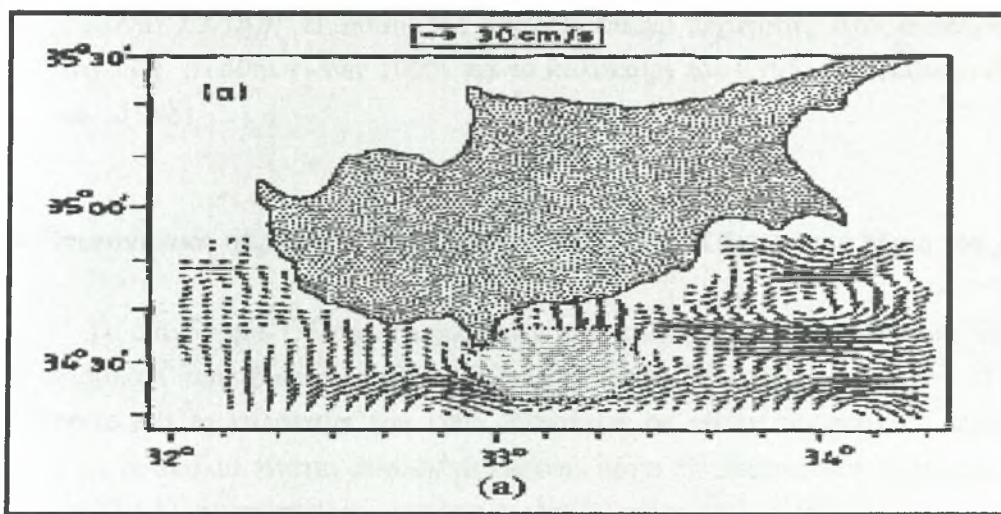
7.3 Κυκλοφορία της περιοχής Νότια της Κύπρου τον Σεπτέμβριο- Οκτώβριο του 1995.

Η επιφανειακή κυκλοφορία της περιοχής αποκαλύπτει την παρουσία δυο κυκλωνικών δινών. Η πρώτη βρίσκεται Βόρεια της θαλάσσιας Ηράκλειας ράχης και η δεύτερη στην λεκανη της Κύπρου. Επίσης ένα άλλο χαρακτηριστικό της κυκλοφορίας είναι ο ρευματοχείμαρος MMJ που επικρατεί στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης και το παράκτιο Κυπριακό ρεύμα που ρέει Δυτικά προς την Βόρεια πλευρά της Κυπριακής λεκάνης. Το τελευταίο ρεύμα μεταφέρει θερμά ύδατα και ύδατα με μεγάλη αλατότητα από την λεκανη Λαττάκια κατά μήκος των Νότιων ακτών της Κύπρου.

Το μεγάλο ποσοστό νερού που χάνεται από την εξάτμιση στην Λεβαντινή λεκανη αντισταθμίζεται από την εισροή νερού από το MMJ. Η μέση ταχύτητα του ρεύματος κυμαίνεται ανάμεσα $20-25 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ και η μέγιστη του τιμή φτάνει τα $40 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$. Η Ανατολική μαιανδρική κίνηση του MMJ μεταφέρει τις υποεπιφανειακές

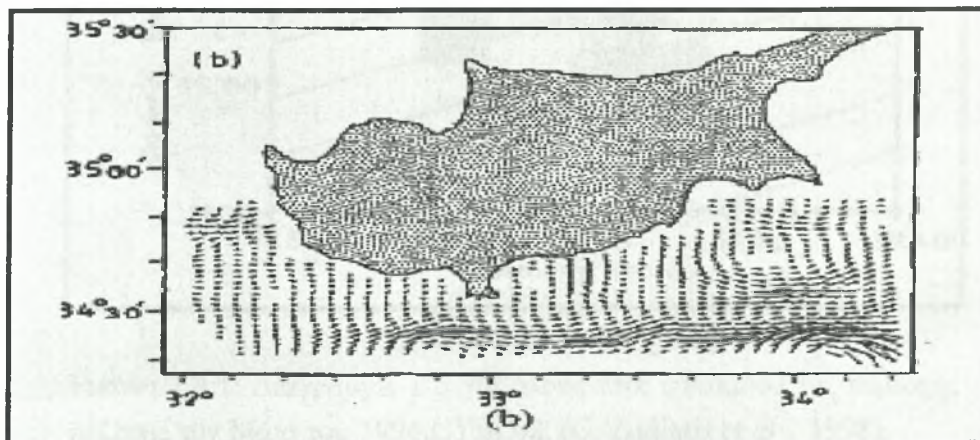
υδάτινες μάζες MAW και LIW από την Δυτική πλευρά της Λεβαντινής λεκάνης στην περιοχή μελέτης. Στην Νοτιοδυτικά της Κύπρου, ένας σχετικά αδύναμος κλάδος του MMJ διακλαδίζεται Βόρεια, στην συνέχεια γυρίζει και κατευθύνεται Βορειοδυτικά κατά μήκος των Νοτιοδυτικών ακτών της Κύπρου (Εικόνα 7.3.1α). Ο κλάδος αυτός περικυκλώνει την Ανατολική περίμετρο της κυκλωνικής Γύρας της Ρόδου.

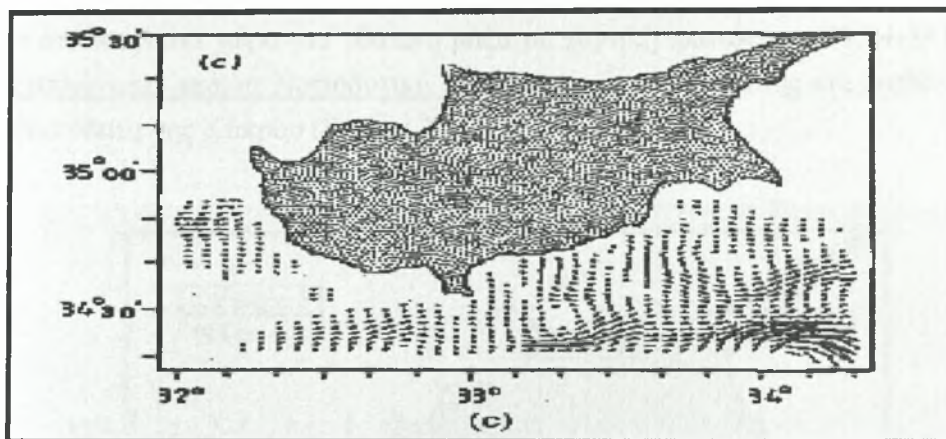
Ο κυκλώνας που εμφανίζεται να δημιουργείται στην λεκανη της Κύπρου πιθανόν να δημιουργείται από την αλληλεπίδραση της σύγκρουσης του (MMJ) και του παρακτίου Κυπριακού ρεύματος. Αντίθετα η διακλάδωση του (MMJ) στην Νοτιοδυτική περιοχή της Ηράκλειας ράχης πιθανόν να οφείλεται στην βαροτροπική αστάθεια που υπάρχει στην περιοχή. Ωστόσο η μορφολογία της περιοχής πιθανόν να είναι υπεύθυνη για την δημιουργία της Ηράκλειας κυκλωνικής δίνης.



Εικόνα 7.3.1α: Η δομή της γεωστροφικής ταχύτητας στην επιφάνεια (2m) για το καλοκαίρι του 1995, (G. Zodiatis *et al.*, 1998).

Από την άλλη μεριά στα ενδιάμεσα βάθη (50 και 100 μέτρων) η ροή εμφανίζεται αδύναμη και οι ταχύτητες που λαμβάνουν χώρα δεν ξεπερνούν τα ($<5\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$) όπως εμφανίζονται στις (Εικόνες 7.3.1β,γ). Παρόλα αυτά, ο Βόρειος κλάδος του (MMJ) Νοτιοδυτικά της Κύπρου είναι περιορισμένος στα πρώτα 50m. Αξιοσημείωτο είναι ότι κάτω από το στρώμα των 50m το MMJ ρέει στα Ανατολικά χωρίς καμία εκτροπή (Εικόνα 7.3.1γ).

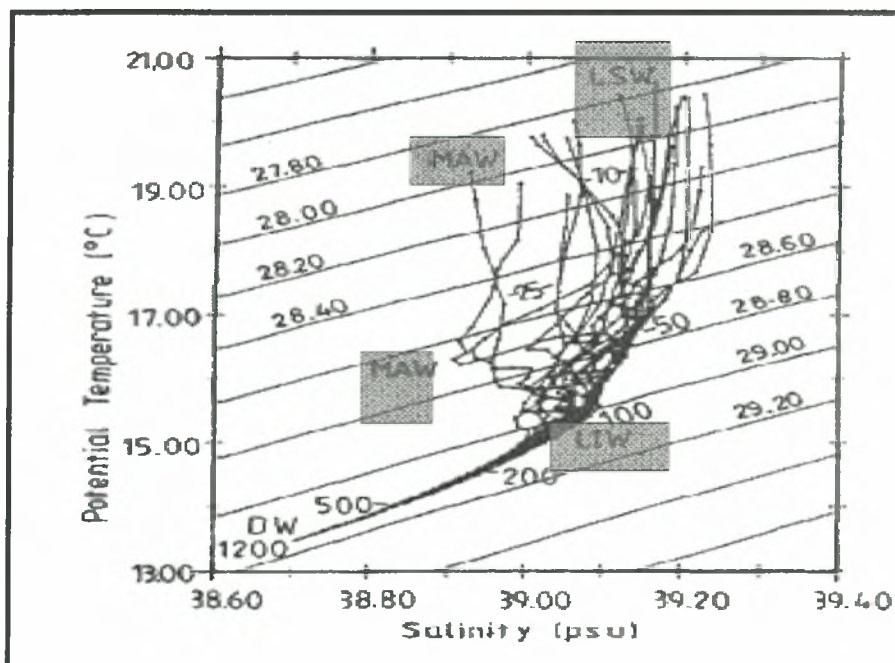




Εικόνα 7.3.1β,γ: Η δομή της γεωστροφικής ταχύτητας στο ανώτερο στρώμα β) 50m γ) των 100m για το καλοκαίρι του 1995, (G. Zodiatis *et al.*, 1998).

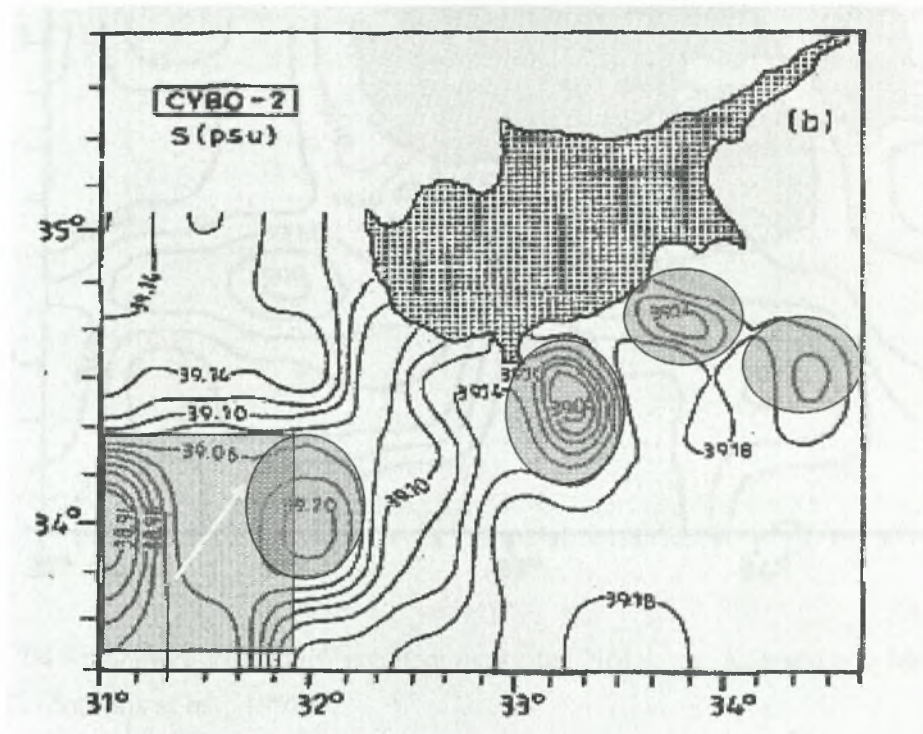
7.4 Επιφανειακή υδρολογία της περιοχής Νότια της Κύπρου τον Μάιο του 1996.

Το διάγραμμα T/S από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν τον Μάιο μας δείχνουν την παρουσία των ίδιων υδάτινων μαζών δηλαδή LIW, MAW, LSW και DW που υφίσταντο και το καλοκαίρι του 1995. Εντούτοις σε αυτήν την χρονική περίοδο το MAW με δυσκολία γίνεται αντιληπτό πιθανόν λόγω των διεργασιών αναμίξεως. Στην (Εικόνα 7.4.1) παρουσιάζεται κίολας ο σχηματισμός του εποχιακού θερμοκλινούς ανάμεσα στα (10-20m).



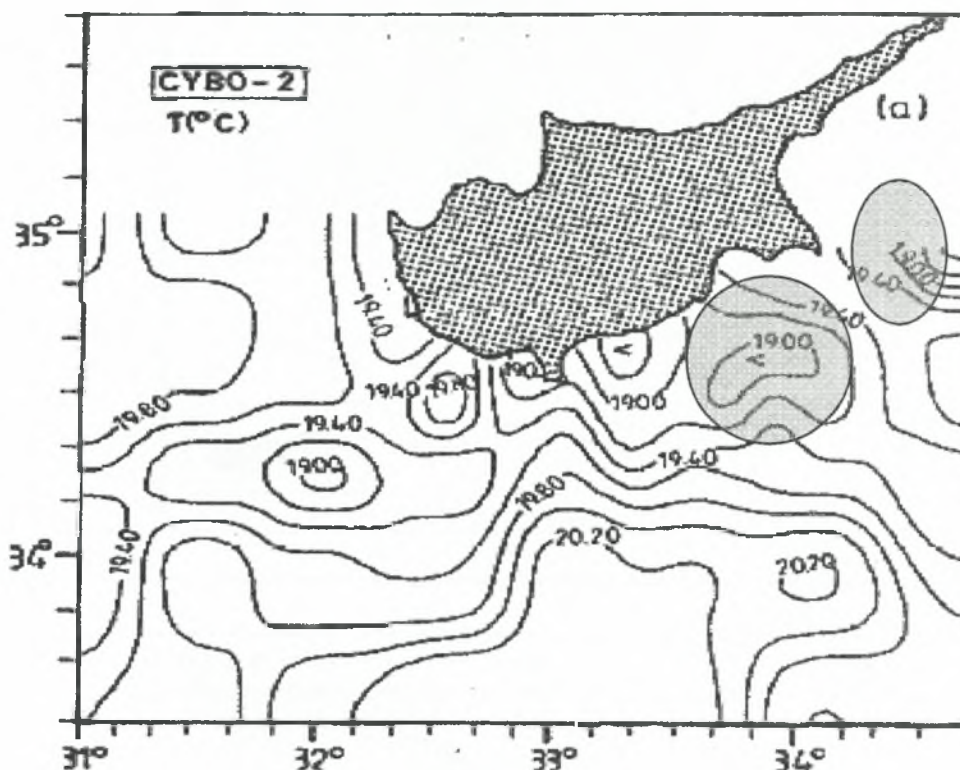
Εικόνα 7.4.1: Διάγραμμα T/S για όλους τους σταθμούς της περιοχής μελέτης τον Μάιο του 1996, CYBO-2, (G. Zodiatis *et al.*, 1998).

Η χωρική κατανομή των επιφανειακών θερμοαλατικών χαρακτηριστικών δείχνει ότι λαμβάνει χώρα μια υδάτινη μάζα με χαμηλή αλατότητα (38,94-39,00psu) που εξαπλώνεται από το Νοτιοδυτικό μέρος της περιοχής μελέτης και εισβάλλει στα παράκτια ύδατα της Κύπρου (Εικόνα 7.4.2).



Εικόνα 7.4.2: Χωρική κατανομή της αλατότητας Νότια της Κύπρου τον Μάιο του 1996, (G. Zodiatis *et al.*, 1998).

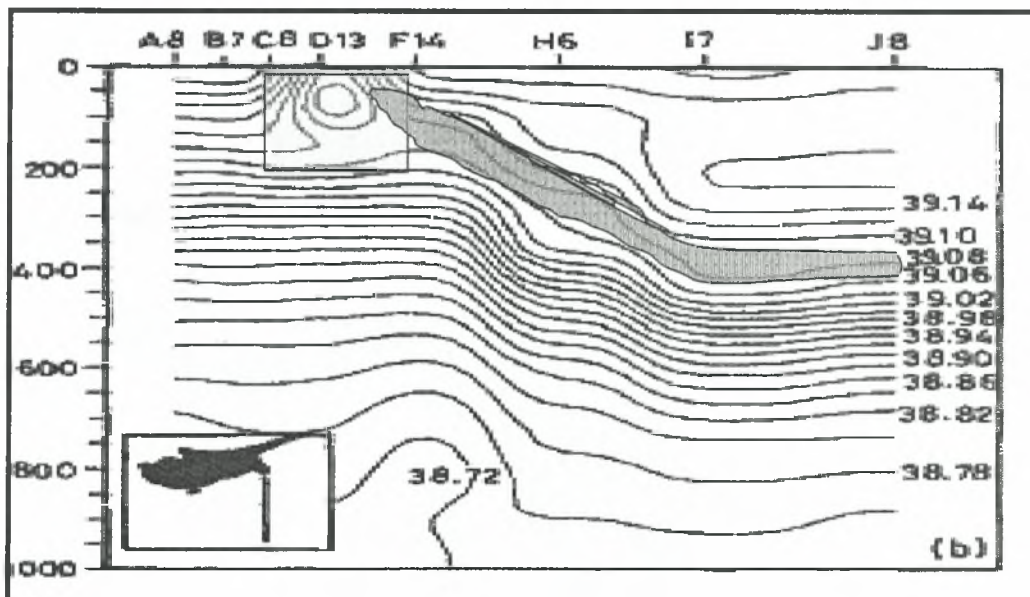
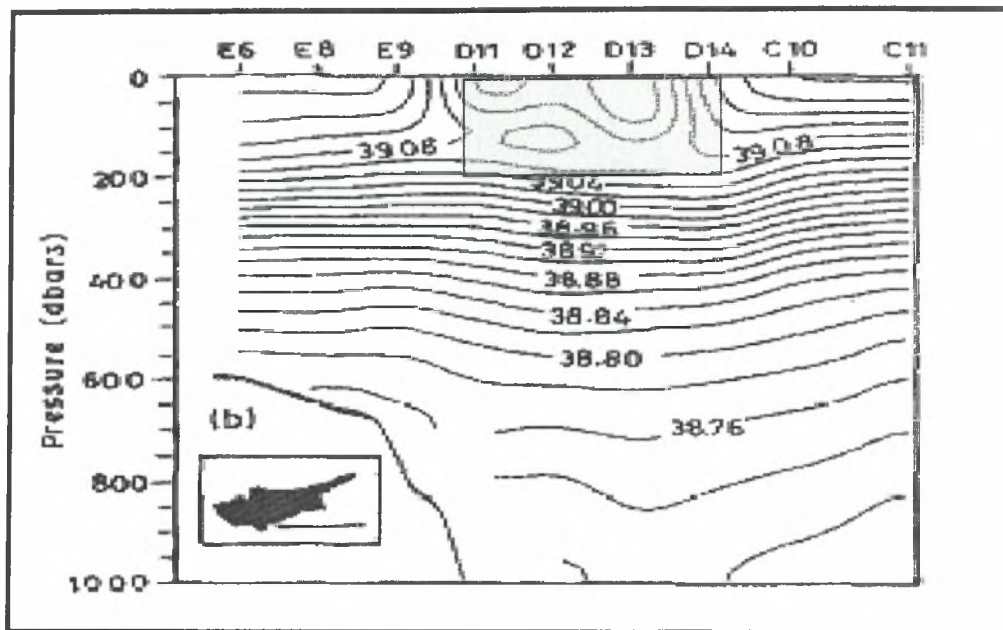
Αυτή η υδάτινη μάζα με την χαμηλή αλατότητα συνορεύει Νοτιοανατολικά με ύδατα με αυξημένη αλατότητα (39,18-39,20psu) όπου βρίσκεται και η αντικυκλωνική δίνη της Κύπρου. Το Βόρειο μέρος της περιοχής μελέτης καλύπτεται από ψυχρά και με χαμηλή αλατότητα νερά, ενώ σχετικά θερμά και αμυρά νερά λαμβάνουν χώρα στο Νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης. Ωστόσο σε μικρά τμήματα του επιφανειακού στρώματος υπάρχουν κηλίδες με ύδατα όπου έχουν μικρότερη αλατότητα όπως απεικονίζεται και στην (Εικόνα 7.4.2), που πιθανή προέλευση τους είναι η μαιανδρική ροή του (MMJ). Από την άλλη μεριά οι θερμικές αλλαγές που υφίσταται η περιοχή μελέτης στην επιφανειακή θερμοκρασία είναι σχετικά μικρές (Εικόνα 7.4.3). Ωστόσο μερικά χαρακτηριστικά ξεχωρίζουν. Έτσι στο Βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης, κοντά στην λεκάνη Λαττάκια ψυχρό επιφανειακό νερό (18,6-19°C) λαμβάνει χώρα, που πιθανή προέλευση του είναι η κυκλωνική δίνη της περιοχής. Ακόμα μια άλλη ψυχρή (18,9-19,04°C) και χαμηλής αλατότητας (39,02-39,04psu) υδάτινη μάζα λαμβάνει χώρα στην Κυπριακή λεκάνη, που προέλευση και αυτή έχει την κυκλωνική δίνη της περιοχής.



Εικόνα 7.4.3: Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας Νότια της Κύπρου τον Μάιο του 1996, (G. Zodiatis *et al.*, 1998).

7.5 Ενδιάμεση και βαθιά υδρολογία της περιοχής Νότια της Κύπρου τον Μάιο του 1996.

Τόσο η κατακόρυφη τομή AA' όσο και η τομή BB' της (εικόνας 7.1.1α,β) μας δείχνουν ότι η έντονη ανάμιξη που πραγματοποιήθηκε το χειμώνα έλαβε χώρα στην περιοχή της κυκλωνικής δίνης που δραστηριοποιείται στην λεκάνη Κύπρου. Τα έντονα καιρικά φαινόμενα συνέβαλαν στην αύξηση της επιφανειακής πυκνότητας με αποτέλεσμα την κατακόρυφη ανάμιξη της υδάτινης στήλης σε ένα μεγάλο βαθμό. Η τομή AA' διέρχεται ανάμεσα από την κυκλωνική δίνη της Κύπρου και μας δείχνει (Εικόνα 7.5.1α) τον σχηματισμό ενός θερμοαλατικού «θόλου» όπου καλά αναμιγμένα ύδατα φτάνουν μέχρι τα 200m της υδάτινης στήλης. Συγκεκριμένα ο θερμοαλατικός «θόλος» παρατηρούμε ότι σχηματίζεται ανάμεσα στους σταθμούς (D11-D14). Από την άλλη μεριά η κατακόρυφη τομή BB' (Εικόνα 7.5.1β) μας δείχνει την παρουσία ενός θερμοαλατικού «θόλου» που περιβάλλεται από έντονα κεκλιμένες ισοαλατικές καμπύλες που μας δείχνουν την επιρροή που έχει η γύρα Shikmona στην περιοχή.

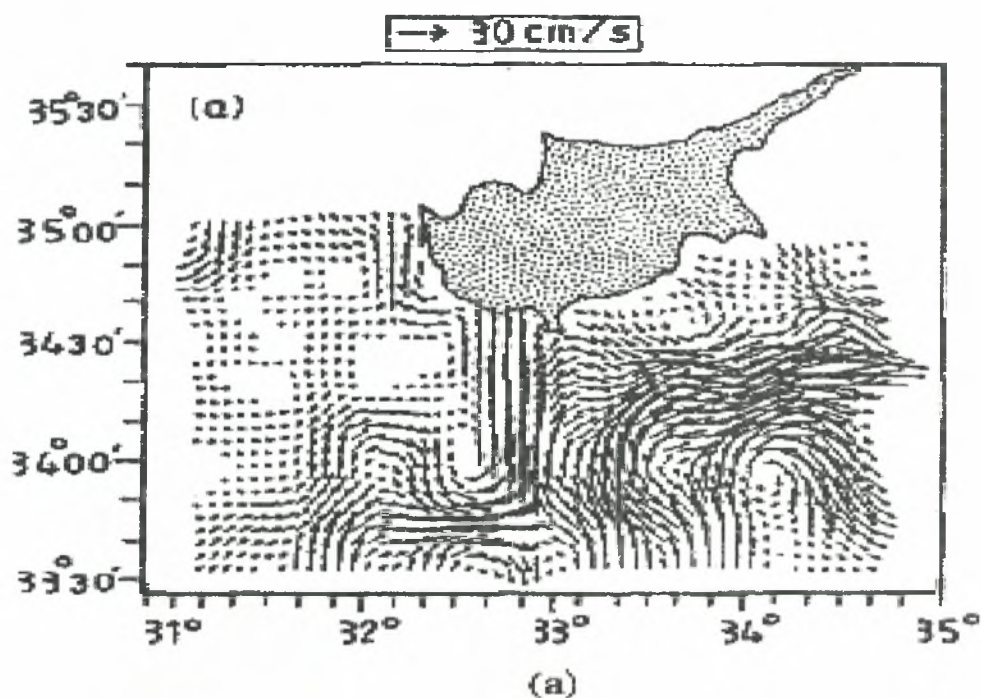


Εικόνα 7.5.1α,β: Κατακόρυφες τομές της αλατότητας AA' και BB' κατά μήκος της κυκλωνικής δίνης στην λεκανη της Κύπρου το Μάιο του 1996, (G. Zodiatis *et al.*, 1998).

Στην κατακόρυφη τομή BB' της αλατότητας η ισολατική τον 39,08 εκτείνεται από την επιφάνεια στα Βόρεια (στο κέντρο της Κυπριακής δίνης) και βυθίζεται μέχρι (400-450 μετρά) στα Νότια. Κλείνοντας και οι δυο κατακόρυφες κατανομές της αλατότητας μας δείχνουν τις διεργασίες ανάμιξης και βύθισης που πραγματοποιούνται στην λεκανη της Κύπρου. Οι διεργασίες αυτές είναι σχεδόν παρόμοιες με αυτές που συμβαίνουν στην γύρα της Ρόδου όπου έχουμε και στις δυο περιπτώσεις την δημιουργία του LIW.

7.6 Επιφανειακή κυκλοφορία της περιοχής Νότια της Κύπρου τον Μάιο του 1996.

Τον Μάιο του 1996 η επίδραση της κυκλωνικής δίνης στην Κυπριακή λεκανη επηρεάζει την περιοχή που λαμβάνει χώρα Νότια της Κύπρου. Τα χωρικά χαρακτηριστικά αυτού του κυκλωνικού στροβίλου όταν συγκρίνεται με εκείνα στα τέλη του καλοκαιριού 1995, παρουσιάζουν σημαντικές εποχιακές αλλαγές στη μορφή, το μέγεθος και την ένταση τους. Αυτές οι αλλαγές συνδέονται πρώτιστα με τις εποχιακές διακυμάνσεις του (MMJ), και δευτερευόντως με τις έντονες διαδικασίες ανάμιξης που εμφανίζονται στο κέντρο της κυκλωνικής δίνης. Η διάμετρος του στροβίλου είναι της τάξης των 50 km, η οποία είναι σχεδόν δύο φορές μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή που είχε τα τέλη του καλοκαιριού του 1995. Οι κατ' εκτίμηση ταχύτητες είναι μάλλον αδύνατες (8-12 cm/s.) εντούτοις, ο στρόβιλος επηρεάζει την υδάτινη στήλη σε μεγάλο βάθος. Τον Μάιο του 1996, ο κύριος άξονα του MMJ μετακινήθηκε περίπου 45 με 55 km επιτρέποντας την κυκλωνική δίνη της Κύπρου να επεκταθεί καλύτερα (Εικόνα.7.6.1).



Εικόνα 7.6.1: Η δομή της γεωστροφικής ταχύτητας στο ανώτερο στρώμα των (5m) τον Μάιο του 1996, (G. Zodiatis *et al.*, 1998).

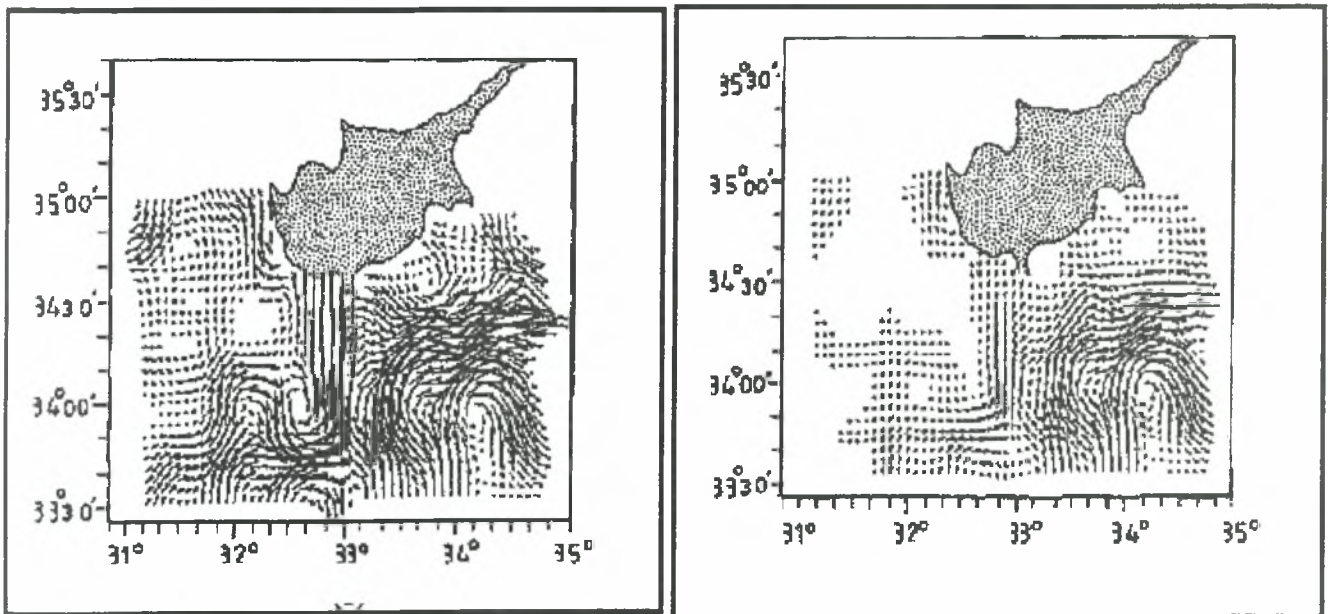
Η θαλάσσια οροσειρά Ερατοσθένης προκάλεσε την εκτροπή του MMJ στα Βόρεια. Η εκτροπή του MMJ κατευθύνεται στις Νοτιοδυτικές ακτές της Κύπρου όπου διακλαδώνεται Βορειοδυτικά και Ανατολικά. Η κύρια ροή του (MMJ) συνεχίζει

μετά από την διακλάδωση του να ρέει μαιανδρικά στα Ανατολικά ανάμεσα στην κυκλωνική δίνη της Κύπρου και Βόρεια της αντικυκλωνικής δίνης Shikmona.

Η Ανατολική επέκταση της γύρας της Ρόδου απεικονίζεται στην (Εικόνα 7.6.1) Δυτικά της Κύπρου και έχει μικρή ένταση. Από την άλλη μεριά στο Νοτιοανατολικό μέρος της περιοχής μελέτης, Νότια του μαιανδρικού ρεύματος (MMJ) λαμβάνει χώρα η αντικυκλωνική δίνη της Κύπρου, όπου είναι η Βορειότερη θερμή δίνη της γύρας Shikmona. Ο αντικυκλωνικός στρόβιλος της Κύπρου, του οποίου η επιρροή επεκτείνεται στα βάθη των 400 περίπου μέτρων, αποτελεί το πιο έντονο ($30-35 \text{ cm/s}^{-1}$) και κυρίαρχο δυναμικό χαρακτηριστικό γνώρισμα της άνοιξης του 1996. Επιπλέον, αυτός ο στρόβιλος διαδραματίζει έναν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό και στην διάδοση του LIW που παράγεται Νότια της κυκλωνικής δίνης στην λεκανη της Κύπρου.

7.7 Ενδιάμεση και βαθιά κυκλοφορία της περιοχής Νότια της Κύπρου τον Μάιο του 1996.

Η υποεπιφανειακή (Εικόνα 7.7.1α) και η ενδιάμεση (Εικόνα 7.7.1β) κυκλοφορία είναι σχεδόν παρόμοια με δυο εξαιρέσεις: Η πρώτη είναι ότι η ροή Δυτικά της Κύπρου και στην περιοχή της Κυπριακής κυκλωνικής δίνης είναι πιο αδύνατη. Η δεύτερη είναι ότι ανάμεσα στην κυκλωνική και αντικυκλωνική δίνη της Κύπρου ένα αντίθετο ρεύμα δραστηριοποιείται.



Εικόνα 7.7.1α,β: Η δομή της γεωστροφικής ταχύτητας στο ανώτερο στρώμα των (α) 50m & (β) των 100m για τον Μάιο του 1996, (G. Zodiatis *et al.*, 1998).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ MATER 1997-1999

8.1 Εισαγωγή

Η υδρολογική μετάβαση της Ανατολικής Μεσογείου (EMT) είναι το σημαντικότερο κλιματικό γεγονός που πραγματοποιήθηκε τον τελευταίο αιώνα στην Μεσόγειο. Σκοπός του προγράμματος **MATER** είναι να περιγράψει την εξέλιξη της (EMT) από το 1995 έως τα 1997-1999, χρησιμοποιώντας ιχνηθέτες και υδρολογικά δεδομένα. Μερικές σημαντικές αλλαγές παρατηρήθηκαν στην κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου. Μια από τις σημαντικές αλλαγές ήταν ότι οι μηχανισμοί που συντελούσαν στην αύξηση της αλατότητας στο Αιγαίο κατά την περίοδο αιχμής της υδρολογικής μετάβασης πλέον δεν υφίστανται. Η πιο σημαντική όμως αλλαγή ήταν στην θερμοαλατική δομή του Κρητικού Πελάγους όπου εξασθενεί η παρουσία του ενδιάμεσου και βαθιού νερού της Μεσογείου και μαζί με την τροποποίηση των ιδιοτήτων του COW οδηγούν σταδιακά στην αποσταθεροποίηση της στρωμάτωσης. Ωστόσο, το Αιγαίο Πέλαγος εξακολουθεί να είναι η μόνη πηγή των CDW & CIW στην Ανατολική Μεσόγειο με τροποποιημένα όμως χαρακτηριστικά. Συνεπώς, κατά την απορροή, το CDW δεν είναι αρκετά πυκνό έτσι ώστε να βυθίζεται στον πυθμένα με αποτέλεσμα να βρίσκεται στα ενδιάμεσα βάθη μεταξύ 1500 και 2500m. Επίσης, το CIW που η δημιουργία του λάμβανε χώρα στο Αιγαίο Πέλαγος, διαφέρει σε σχέση με το “παλιό” CIW πριν από την EMT, όπου το συναντούσαμε στην υδάτινη στήλη κάτω από το στρώμα όπου βρισκόταν το LIW. Έτσι το “νέο” CIW επεκτείνεται τώρα στην λεκάνη του Ιονίου. Κλείνοντας, το CDW ύστερα από την υδρολογική μετάβαση βλέπουμε να καταλαμβάνει ολόκληρο το πυθμενικό στρώμα στην Λεβαντινή λεκάνη.

8.2 Η θερμοαλατική κυκλοφορία του ανώτερου στρώματος την χρονική περίοδο (1997-1999)

Στην (Εικόνα 8.2.1) απεικονίζεται το δυναμικό ύψος τους Οκτώβριο/Νοέμβριο του 1998 όπου παρατηρούμε τα κυριότερα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας. Έτσι έχουμε έναν μεγάλο αριθμό μονίμων και ημιμόνιμων ρευμάτων, δινών και γύρων. Τα χαρακτηριστικά αυτά αναγνωρίζονταν τις δεκαετίες του ‘80 & ‘90 ως τα κυρία χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας. Ωστόσο, από τα στοιχεία που συλλέξαμε το 1998 ανιχνεύσαμε αρκετές ομοιότητες αλλά και ορισμένες διαφορές στην κυκλοφορία σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια.

Η κυκλωνική Γύρα της Ρόδου λαμβάνει χώρα Νοτιοανατολικά της Ρόδου και της Καρπάθου στην Βορειοδυτική Λεβαντινή λεκάνη. Η κυκλωνική Γύρα της Ρόδου απεικονίζεται στην (Εικόνα 8.2.1α) και εξασθενεί με το βάθος (Εικόνα 8.2.1β). Περιβάλλεται από το AMC στα Βόρεια και από τρεις αντικυκλώνες που κυριαρχούν στην περιοχή (Εικόνα 10.2.1α). Ο πρώτος αντικυκλώνας είναι της Ιεράπετρας στα

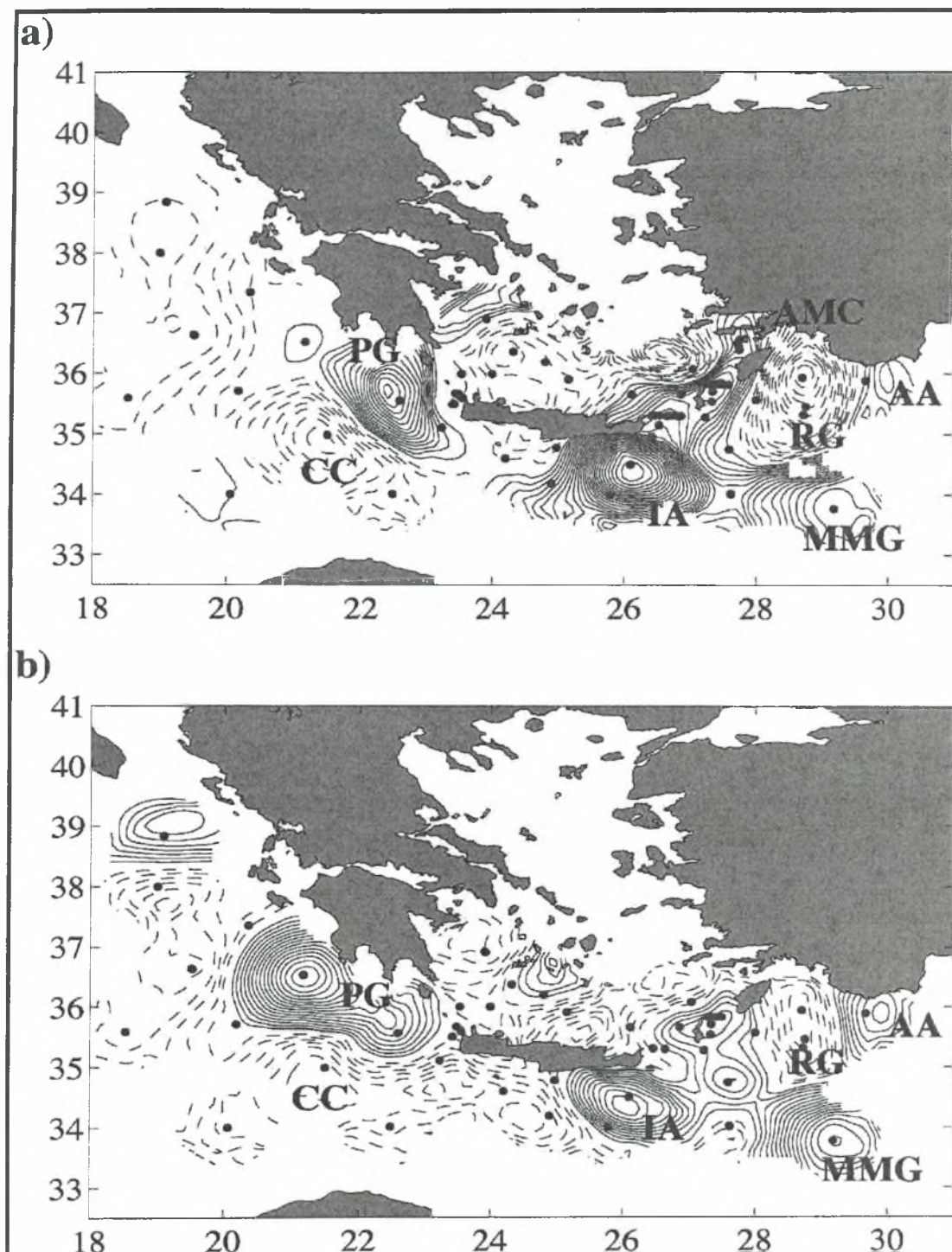
Δυτικά, ο δεύτερος ο Mersa-Matruh στα Νότια και κλείνοντας ο αντικυκλώνας Αναξίμανδρος βρίσκεται στα Βορειοανατολικά (Ozsoy *et al.*, 1993; Theocharis *et al.*, 1993). Επιπλέον ένας μικρότερος αντικυκλωνικός στρόβιλος υπάρχει στο στενό της Καρπάθου. Στα ενδιάμεσα στρώματα έχει αναπτύξει μια ευδιάκριτη επέκταση Νοτιοανατολικά που στο εσωτερικό της ένα δεύτερο κέντρο δημιουργείται κοντά στην Δυτική πλευρά της Γύρας της Ρόδου που περιορίζεται σε αυτά τα βάθη. Αυτή η μέσης κλίμακας αντικυκλωνική δίνη που σχηματίζεται πολλές φορές αντικαθίσταται από μια κυκλωνική δίνη (Theocharis *et al.*, 1999b; Theocharis & Kontoyiannis, 1999). Αυτές οι μικρές σε κλίμακα δίνες τροποποιούν την ροή του νερού και έτσι με αυτόν τον τρόπο οι ανταλλαγές των υδάτινων μαζών στο στενό δείχνουν να συνδυάζονται με τους μαιανδρισμούς του AMC κατά μήκος του Κρητικού Τόξου (Theocharis & Kontoyiannis, 1999). Το 1998 δεν παρουσιάζεται κανένας κλάδος να διακλαδώνεται προς το Αιγαίο διαμέσου των στενών της Καρπάθου και της Κάσσου όπως αυτό γινόταν τις χρονικές περιόδους 1986-1987 και 1994-1995. Εντούτοις, ένας κλάδος του AMC μεταφέρει θερμό και αλμυρό Λεβαντινό νερό προς Νοτιοανατολικό Αιγαίο διαμέσου του στενού της Ρόδου.

Επιπλέον στην (Εικόνα 8.2.1 α,β) απεικονίζεται να παρουσιάζεται μια μεγάλης κλίμακας αντικυκλωνική γύρα ονομαζόμενη Πέλοπας που βρίσκεται Νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου. Η Γύρα Πέλοπας αποτελείται από δυο αντικυκλωνικές δίνες οι οποίες είναι τα μόνιμα χαρακτηριστικά της περιοχής και έχουν κατακόρυφη βαροτροπική δομή (Theocharis & Kontoyiannis, 1999). Ωστόσο, μόνο η Νότια πλευρά της γύρας δραστηριοποιείται έντονα στην επιφάνεια. Παρόλα αυτά και δυο πλευρές εμφανίζονται στα βαθύτερα στρώματα.

Από την άλλη μεριά, η κυκλωνική Γύρα της Κρήτης είναι ένα χαρακτηριστικό της περιοχής που παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση (Theocharis & Kontoyiannis, 1999). Η κυκλωνική Γύρα της Κρήτης βρίσκεται Νότια της Γύρας Πέλοπας, έχει επιμηκυμένη μορφή και καλύπτει μια μεγάλη περιοχή στο Νοτιοανατολικό Ιόνιο (Εικόνα 8.2.1α), που επεκτείνεται επίσης προς τα Δυτικά του Κρητικού Περάσματος στα βαθύτερα στρώματα (Εικόνα 8.2.1β). Αυτός ο κυκλώνας συμβάλλει αρκετά στην επανακυκλοφορία του MAW στο Νοτιοανατολικό Ιόνιο και καθορίζει την κυκλοφορία στην περιοχή κοντά στα Δυτικά στενά μέσω των οποίων το MAW εισέρχεται στο Κρητικό Πέλαγος. Το LIW ακολουθεί επίσης την ίδια πορεία και εισέρχεται στο Αιγαίο.

Είναι σημαντικό ότι το MAW ρέει από το Κρητικό Πέρασμα προς την Λεβαντινή και ύστερα προς το Αιγαίο διαμέσου των στενών του Κρητικού Τόξου με αλατότητα μεγαλύτερη από εκείνη των περιόδων 1991 (Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1999) και 1995. Η τιμή της αλατότητας είναι ακόμα μεγαλύτερη από αυτήν του 1987 στο Κρητικό Τόξο (Theocharis *et al.*, 1993). Η κυκλοφορία του MAW δείχνει να απενεργοποιείται λόγω δυο σημαντικών γεγονότων.

Το πρώτο είναι η αλλαγή της κυκλοφορίας που υφίσταται το MAW στο Κεντρικό και Δυτικό Ιόνιο και η δεύτερη αλλαγή έχει να κάνει με το μπλοκάρισμα



Εικόνα 8.2.1α,β: Δυναμικό ύψος την χρονική περίοδο Οκτώβριος/Νοέμβριος του 1998 (a) στα 10 dbar σε σχέση με τα 250 dbar και (b) στα 200 dbar σε σχέση με τα 800 dbar,(A. Theocharis et al., 2001).

της κυκλοφορίας που παρατηρείται το 1991 στο Δυτικό Λεβαντικό Πέλαγος (Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1999). Η υδάτινη μάζα MAW έχει χαμηλή τιμή αλατότητας καθώς εισέρχεται στα Ανατολικά επειδή λαμβάνει μέρος στην κατακόρυφη ανάμιξη που γίνεται το χειμώνα.

Ο αντικυκλώνας της Ιεράπετρας που ένα μέρος του δραστηριοποιείται στη Νοτιοανατολική πλευρά της Κρήτης είναι ένα επαναλαμβανόμενο χαρακτηριστικό γνώρισμα της περιοχής που παρουσιάζει χωρική και χρονική μεταβλητότητα. (Theocharis & Kontoyiannis, 1999). Επιπλέον παρουσιάζει ισχυρή στρωμάτωση στο ανώτερο θερμοκλινές που έχει η περιοχή και σημαντική διείσδυση πραγματοποιεί στο Αιγαίο διαμέσου των στενών της Κάσσου. Αυτή η διείσδυση πραγματοποιείται όταν δεν λαμβάνει χώρα η επιφανειακή εκροή από το Αιγαίο διαμέσου του στενού της Κάσσου. Επομένως το μεγάλο ποσοστό της υδάτινης μάζας MAW που κυκλοφορεί περιμετρικά της γύρας εισέρχεται στο Αιγαίο διαμέσου του στενού της Κάσσου. Συνοψίζοντας, παρατηρούμε ότι πρέπει να υπάρχει μια εισροή ύδατος με μικρή αλατότητα στο Αιγαίο Πέλαγος σε αυτά τα στρώματα σε σχέση με την κατάσταση που επικρατούσε την τελευταία δεκαετία (Theocharis *et al.*, 1999).

Στο Νότιο Αιγαίο έχουμε μια διαδοχική σειρά από κυκλώνες και αντικυκλώνες που επικρατούν στην περιοχή. Η Δυτική κυκλωνική δίνη έχει το κέντρο της Βορειοδυτικά του Κρητικού Πελάγους και εκτείνεται μέχρι το κεντρικό Κρητικό Πέλαγος. Αυτή δίνη μαζί με μια μικρότερη αντικυκλωνική Βόρεια της Μυρτώας λεκάνης, παράγει μια περιορισμένη επανακυκλοφορία υδάτων με χαμηλή αλατότητα που έχουν προέλευση από την Μαύρη θάλασσα (BSW) και προέρχονται από το Βόρειο Αιγαίο.

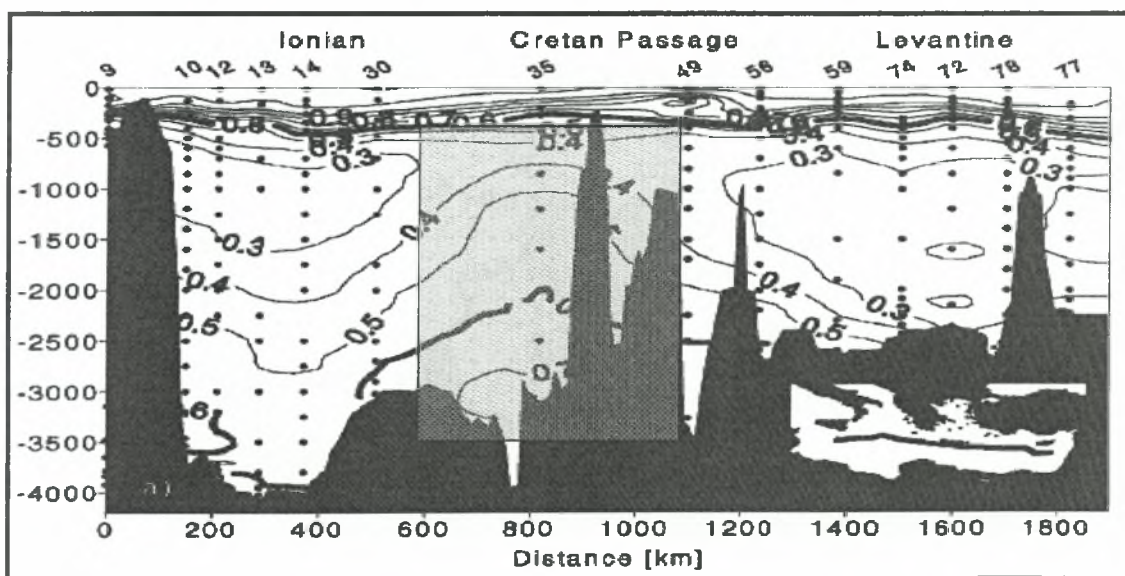
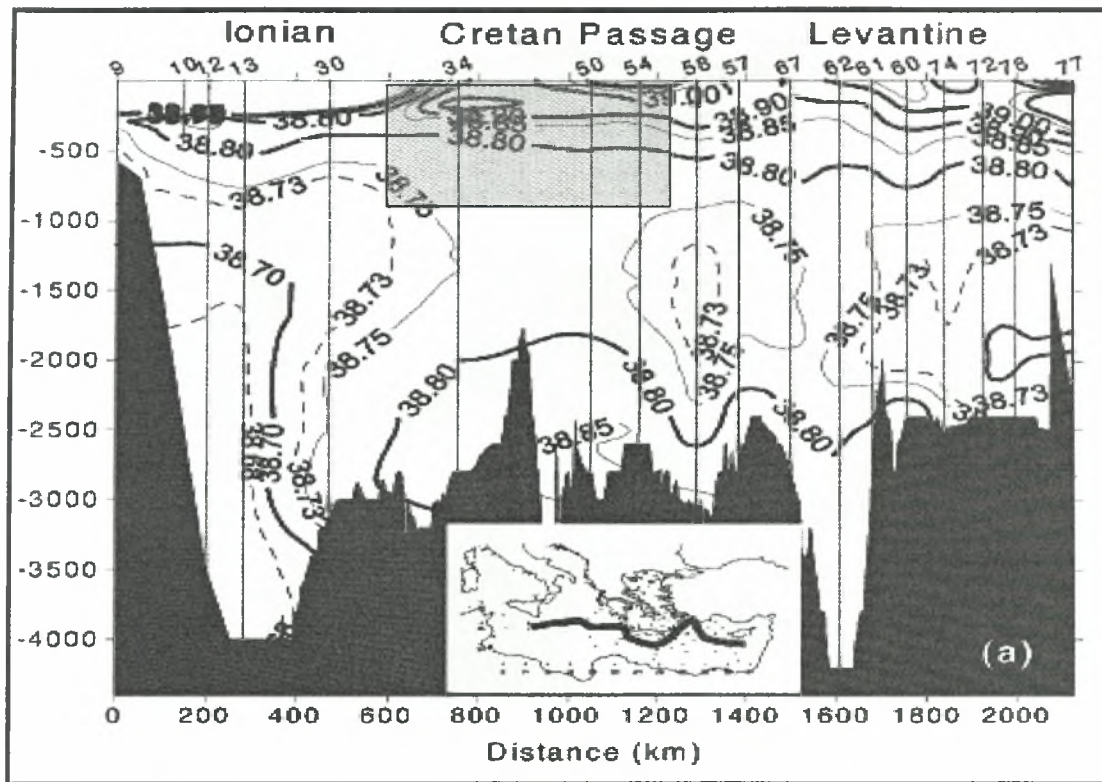
8.3 Εξάπλωση και μεταφορά των ενδιάμεσων και βαθιών υδάτινων μαζών. Σύγκριση μεταξύ της χρονικής περιόδου 1998-1999 και 1995-1997.

Σε αυτήν την ενότητα θα συγκρίνουμε τις διαφορές στην εξάπλωση και μεταφορά των υδάτινων μαζών τη χρονική περίοδο 1995-1997 και 1998-1999 στην Ανατολική Μεσόγειο μέσα από κατακόρυφες τομές θερμοκρασίας, αλατότητας, πυκνότητας, διαλυμένου οξυγόνου και CFC-12, έτσι ώστε να έχουμε μια κατανοητή εικόνα της υδρολογικής μετάβασης της Ανατολικής Μεσογείου σε όλα τα στρώματα της υδάτινης στήλης.

Η πιο σημαντική αλλαγή των βαθιών και πυθμενικών στρωμάτων της Ανατολικής Μεσογείου το 1995 είναι ο σχηματισμός ενός “θόλου” που έχει προέλευση από το Αιγαίο και λαμβάνει χώρα στο κέντρο του Κρητικού Περάσματος. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αυτού του “θόλου” είναι $O_2 > 4.5$ ml/l, $CFC-12 > 0.5$ pmol/kg, καθώς και μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας ($\theta > 13.6^\circ C$), αλατότητας ($S > 38.75$) (Εικόνα 8.3.1α,β) και μεγαλύτερη πυκνότητα ($\sigma_\theta > 29.2$).

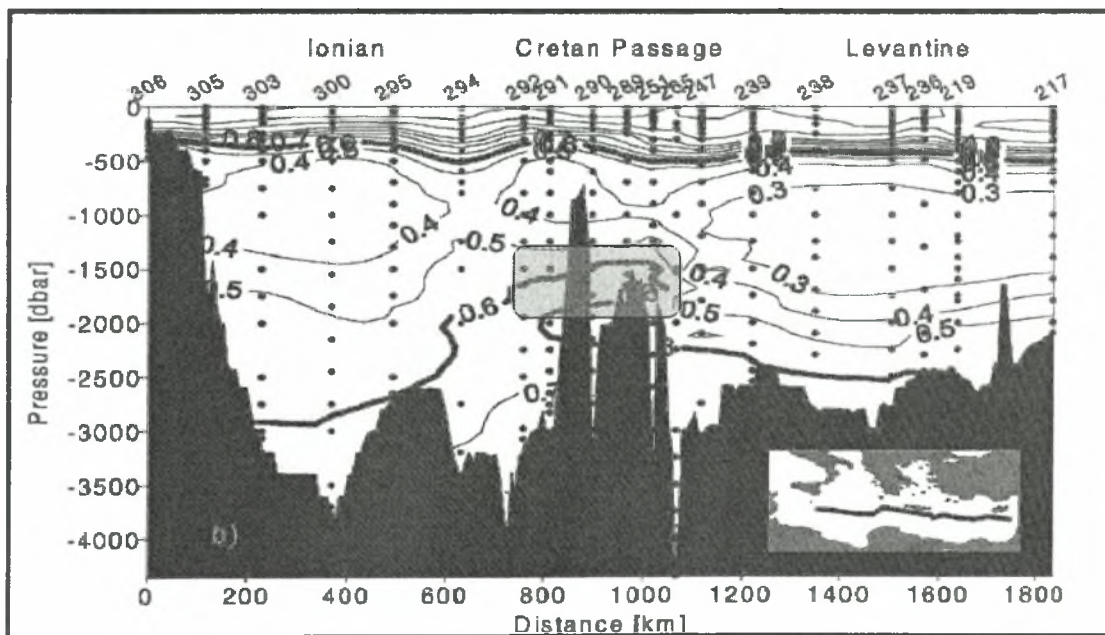
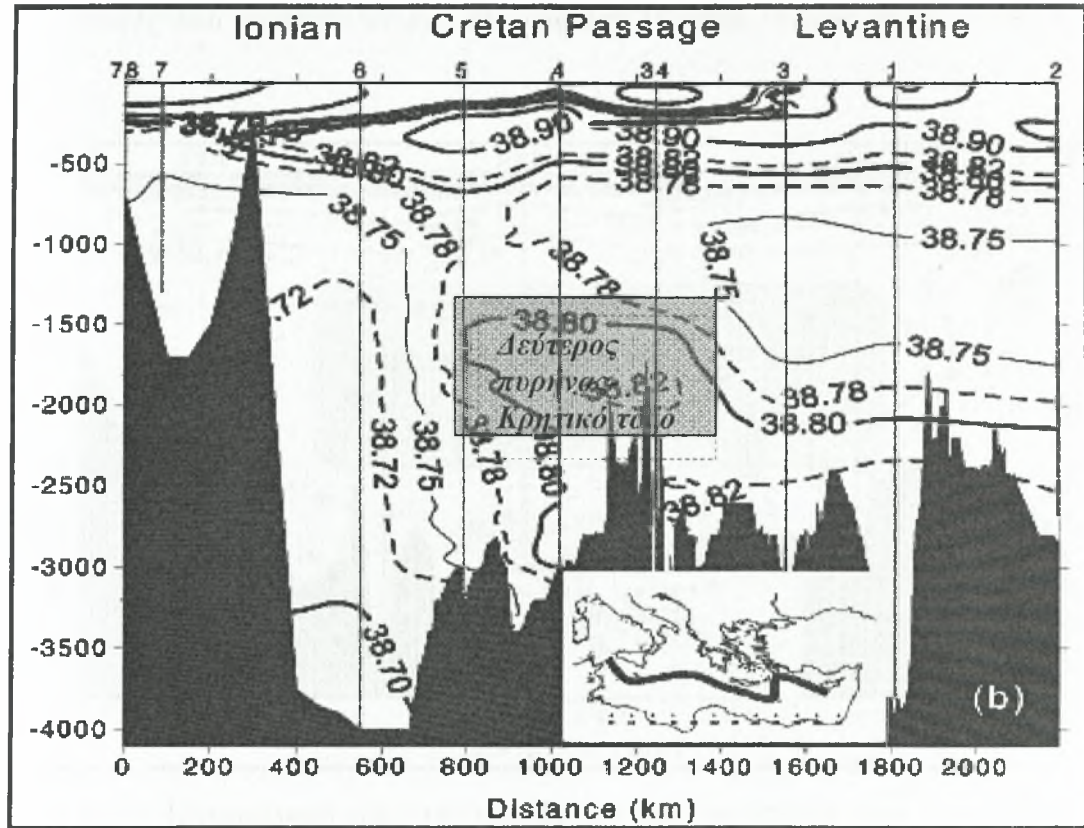
Η παρούσα δομή αντικαθιστά την κατάσταση που επικρατούσε τα τελευταία 80 χρόνια όπου είχαμε μεγάλη ομογενοποίηση τόσο σε κατακόρυφο όσο και οριζόντιο επίπεδο των φυσικών ιδιοτήτων των βαθιών και πυθμενικών νερών της Ανατολικής Μεσογείου. Έξω από το Κρητικό Πέρασμα η διείσδυση των υδάτων του Αιγαίου επεκτάθηκε Ανατολικά μέσα στην Λεβαντινή λεκάνη και Δυτικά μέσα στην λεκάνη του Ιονίου καλύπτοντας μεγάλες εκτάσεις και των δυο λεκανών. Ο μεγάλος

όγκος υδάτων CDW που διεισδύει, ανεβάζει το “παλιό” EMDW στην υδάτινη στήλη (Roether *et al.*, 1996) και αυτή η υδάτινη μάζα είναι ανιχνεύσιμη από την θερμοκρασία, αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο και το CFC-12 ($\theta < 13.7^{\circ}\text{C}$, $S < 38.75\text{psu}$, $\text{O}_2 < 4.3\text{ml/l}$ and $\text{CFC-12} < 0.3\text{pmol/kg}$) σε βάθη ανάμεσα στα 800 με 2500m στη Λεβαντινή λεκάνη και στα 600 με 1500m στη λεκάνη του Ιονίου.



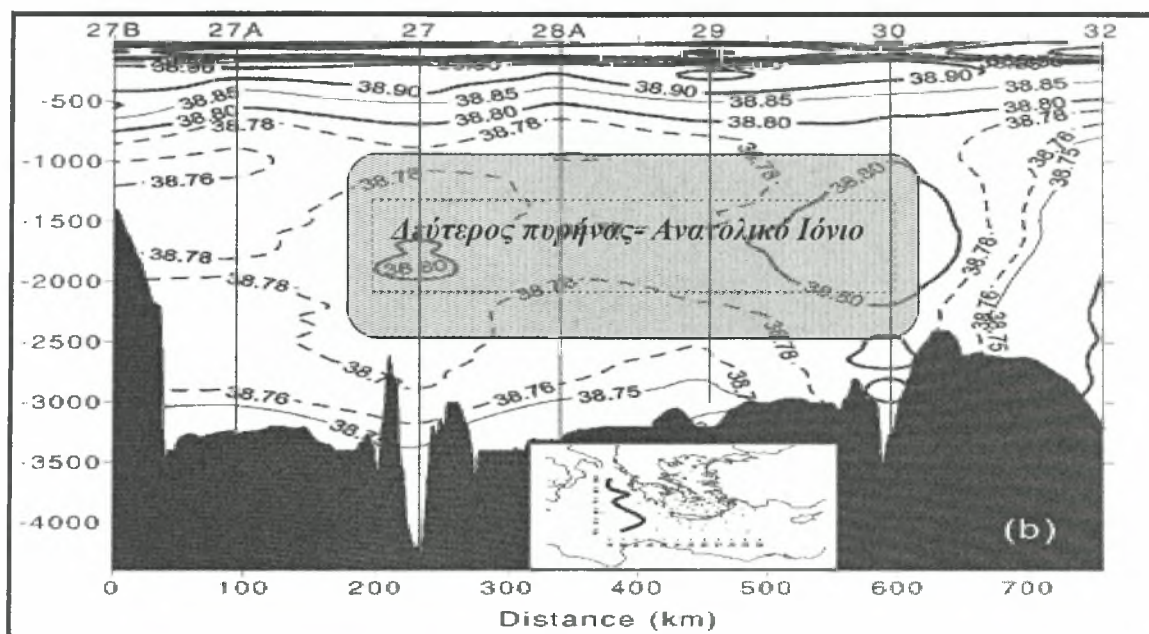
Εικόνα 8.3.1α,β: Κατακόρυφη τομή από την Δύση στην Ανατολή (α) αλατότητας (πάνω) και (β) CFC-12 κατά την διάρκεια του ωκεανογραφικού πλόα που διεξάχθηκε από το σκάφος R/V METEOR το Ιανουάριο του 1995, (A. Theocharis *et al.*, 2001).

Τέσσερα χρόνια αργότερα η διάδοση των υδάτων του Αιγαίου στις γύρω περιοχές είχε προχωρήσει περαιτέρω (Εικόνα 8.3.2α,β). Η παρούσα δομή δείχνει μια αλλαγή στην συμβολή που έχουν τα ύδατα του Αιγαίου με συνέπεια να έχουμε την εμφάνιση δυο υδάτινων πυρήνων με αυξημένη πυκνότητα. Ο πρώτος πυρήνας



Εικόνα 8.3.2α,β: Κατακόρυφη τομή από την Δύση στην Ανατολή (α) αλατότητα (πάνω) και (β) CFC-12 κατά την διάρκεια του ωκεανογραφικού πλόα που διέξαγε από το σκάφος R/V AEGAEΟ, τον Ιούλιο 1999, (Α. Theocharis et al., 2001).

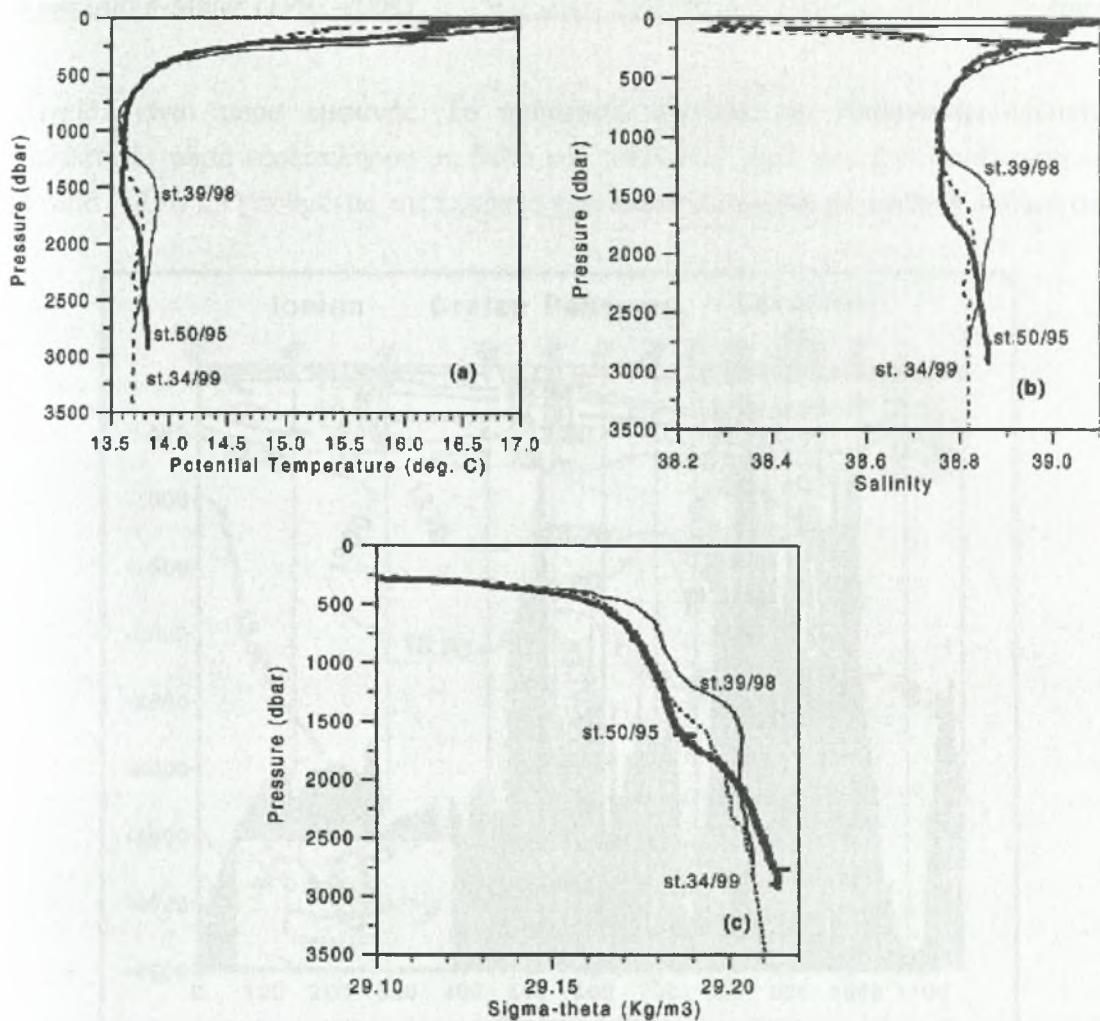
εμφανίζεται να έχει προέλευση τα κατώτερα στρώματα (2500m) και ο δεύτερος πυρήνας εμφανίζεται ανάμεσα στα 1500 με 2000m κατά μήκος του Κρητικού Τόξου (Εικόνα 8.3.2β, km:800-1300)&Ανατολικά του Ιονίου (Εικόνα 8.3.3, σταθμοί 27-30). Ειδικότερα, η σημαντικότερη επιρροή αυτής της αλλαγής παρουσιάστηκε στο Κρητικό Πέρασμα, Νότια της Κρήτης όπου η κατανομή του CFC-12 μας δείχνει αντιστροφές που προκύπτουν στη στρωμάτωση (Εικόνα 8.3.2β, σταθμοί 292 έως 251).



Εικόνα 8.3.3: Κατακόρυφη τομή της αλατότητας από τον Βορρά στον Νότο κατά την διάρκεια του ωκεανογραφικού πλόα που διεξάγηκε τον Οκτώβριο/Νοέμβριο 1998.

Σε αυτήν την περιοχή αναμένεται η πυκνότητα των υδάτων του Αιγαίου να εξυπηρετεί την πρώτη φάση της υδρολογικής μετάβασης στην Ανατολική Μεσόγειο (Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1999). Έτσι ο “θόλος” που σχηματίζεται από το CDW συγκεντρώνεται στο Κρητικό Πέρασμα και κατά ένα μέρος πληρώνει την λεκάνη του Ιονίου και της Λεβαντινής. Επιπλέον, στο Κρητικό Πέρασμα παρατηρούμε ότι στο πυθμενικό στρώμα που αρχικά εναποτίθεται το CDW έχουμε τώρα απώλεια αλατότητας της τάξεως των ($\Delta S \sim 0,04 \text{ psu}$) και θερμότητας ($\Delta \theta \sim 0,1^\circ \text{C}$), λόγω της ανάμιξης με διάχυση του “παλιού” EMDW που βρίσκεται στο υπερκείμενο στρώμα (Εικόνα 8.3.4α,β). Συνεπώς και η πυκνότητα υφίσταται μια μείωση της τάξης μεγέθους $< 0,01$ (Εικόνα 8.3.4γ).

Στην πραγματικότητα κοντά στον πυθμένα οι συγκεντρώσεις του CFC-12 δεν αυξάνονται ουσιαστικά στην λεκάνη του Ιονίου και στην Λεβαντινή λεκάνη ανάμεσα στο 1995 και το 1999. Επιπλέον φαίνεται ότι η διαδοχική προσθήκη CDW στο πυθμενικό στρώμα έχει ενισχυθεί από την πρόσφατη απορροή αλλά δεν εισέρχονται νερά που έχουν παρόμοια πυκνότητα από το Αιγαίο γιατί αυτό θα προκαλούσε

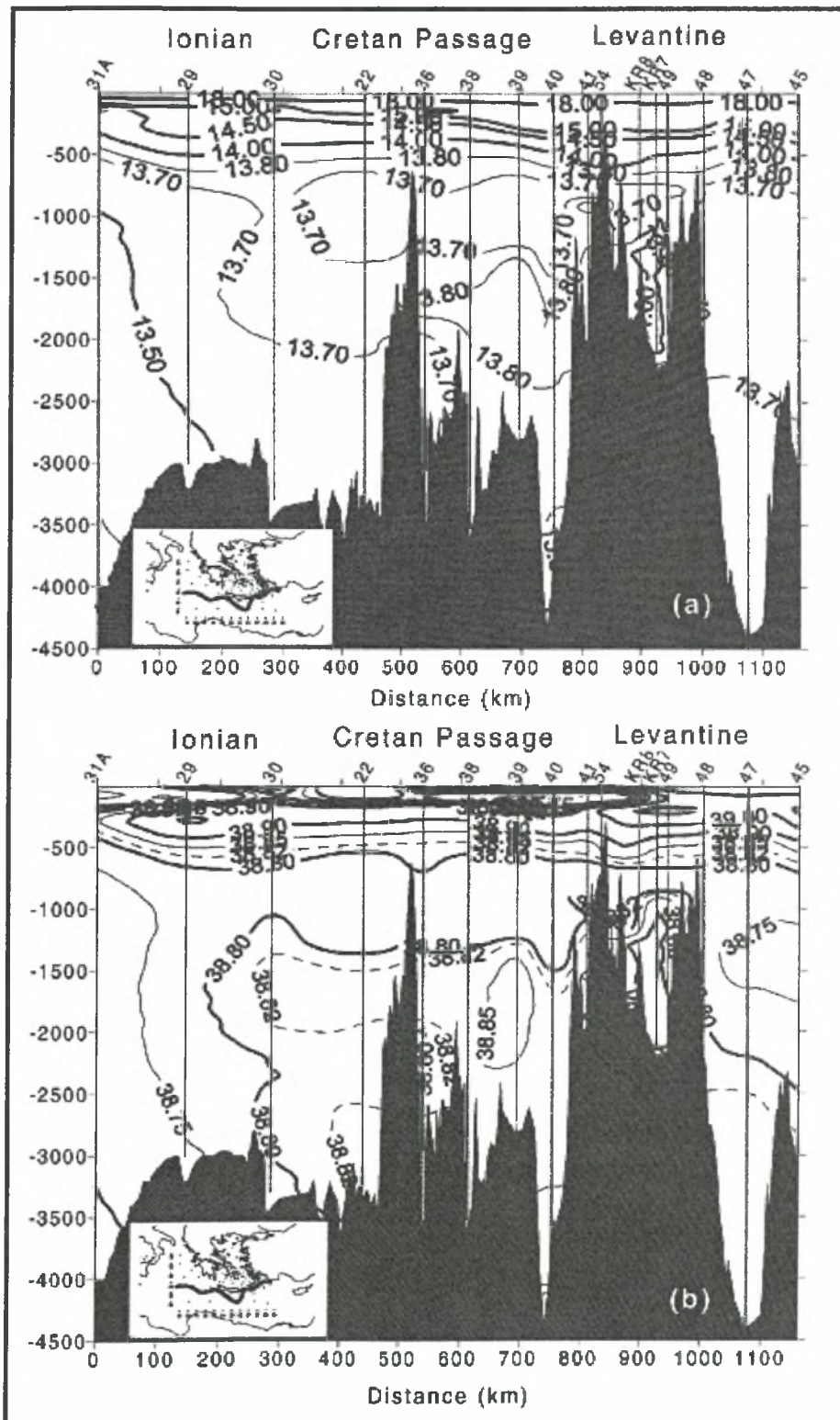


Εικόνα 8.3.4α,β,γ: Προφίλ θερμοκρασίας (α), αλατότητας (β) και διάγραμμα T-S (γ) στο Κρητικό Πέρασμα τον Ιανουάριο του 1995 και τους Οκτώβριο/Νοέμβριο του 1998 (St. 50/95 lat.: 34.00°N long.: 25.86°E, St. 39/98 lat.: 34.00°N long.: 25.79°E, St. 34/99 lat.: 34.24°N long.: 25.00°E), (A. Theocharis et al., 2001).

αύξηση της συγκέντρωσης του CFC-12. Επιπλέον η παρουσία του δεύτερου πυρήνα πυκνότητας από τα ύδατα του Αιγαίου το 1998 δείχνει την αύξηση της αλατότητας ($\Delta S \sim 0,11 \text{ psu}$), της θερμοκρασίας ($\Delta \theta \sim 0,3^\circ \text{C}$) και της πυκνότητας ($\Delta \sigma_\theta \sim 0,02$) ανάμεσα στο βάθος 1500-2500m, συγκρίνοντας με τις ιδιότητες του νερού το 1995 στο ίδιο βάθος. Το τελευταίο είναι προϊόν ανάμιξης με το πάνω μέρος του EMDW και της απορροής των υδάτων από το Αιγαίο (Klein *et al.*, 1999). Αυτό δείχνει ότι έχουμε μια νέα πιο ρηχή απορροή από το Αιγαίο όπου έχει προέλευση από τα Ανατολικά στενά του Κρητικού Τόξου και εξαπλώνεται Δυτικά προς το Ιόνιο Πέλαγος (Εικόνα 8.3.5α,β). Όπως παρατηρούμε η θερμή και αλμυρή “γλώσσα” που βρίσκεται ανάμεσα στα 1500 και 2500m έχει προέλευση τα στενά της Κάσσου. Ακόμα το πάχος και η πυκνότητα της απορροής των υδάτων του Αιγαίου στο βάθος κατοφλίου είναι μειωμένο κατά 100m και $0,2 \text{ kg/m}^3$ αντίστοιχα σε σύγκριση με το 1995.

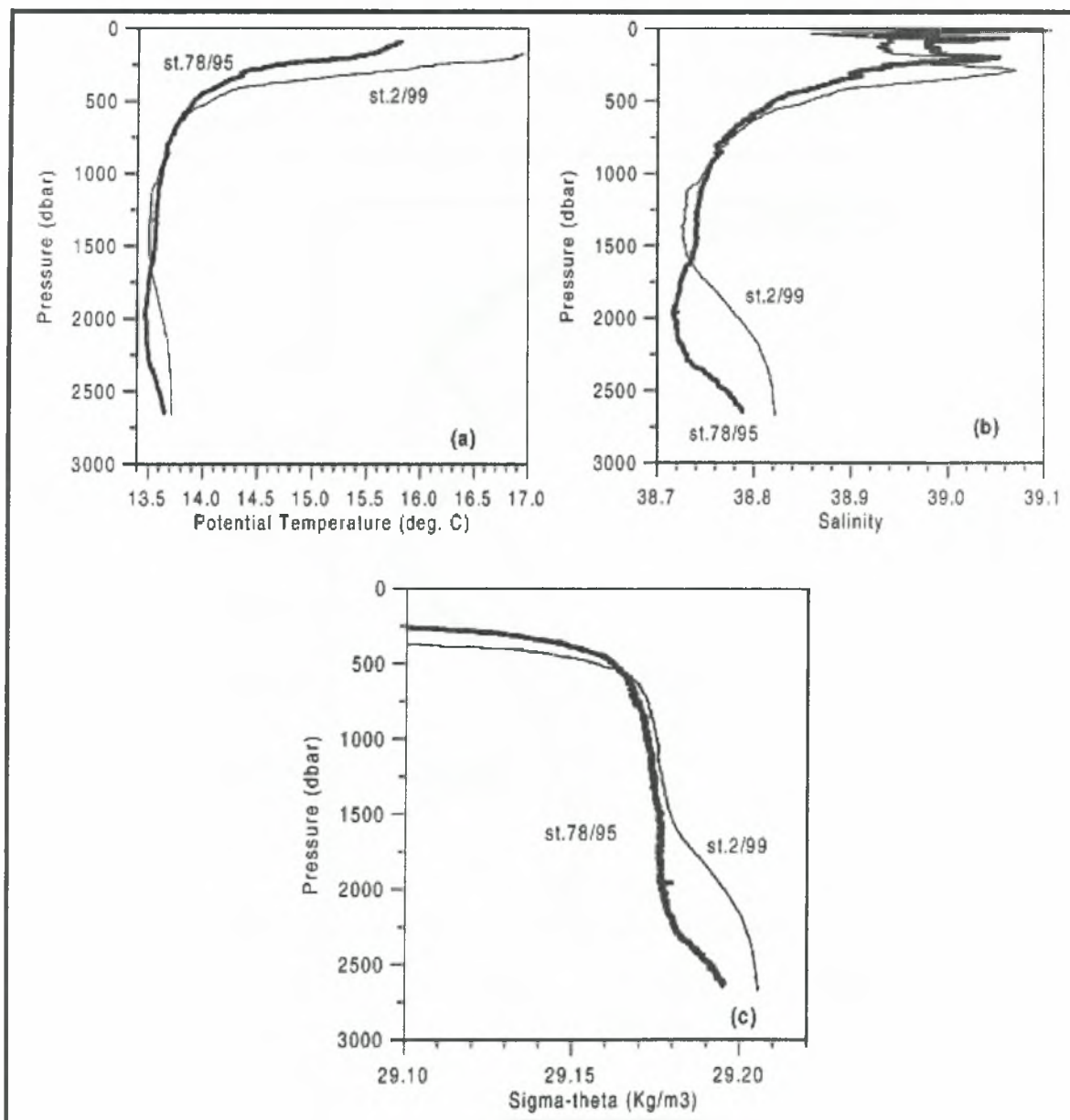
Από την άλλη μεριά, η Λεβαντινή λεκάνη παρουσιάζει μια λιγότερο σύνθετη εικόνα. Η περαιτέρω Ανατολική εξάπλωση του πυκνού πυθμενικού νερού του

Αιγαίου είναι τώρα εμφανής. Το πυθμενικό στρώμα της Λεβαντινής λεκάνης καλύπτεται τώρα εξολοκλήρου με βαθύ και πυθμενικό νερό που έχει προέλευση το Αιγαίο (CDW). Ο πυθμένας της λεκάνης έχει πλέον πληρωθεί με το βαθύ πυθμενικό



Εικόνα 8.3.5α,β: Κατακόρυφη τομή από την Δύση στην Ανατολή (α) της θερμοκρασίας (πάνω) και (β) της αλατότητας κατά την διάρκεια του ωκεανογραφικού πλόα που διεξάγηκε τους Οκτώβριο/Νοέμβριο του 1998 ,(A. Theocharis et al., 2001).

νερό που προέρχεται από το Αιγαίο Πέλαγος (CDW) (Εικόνα 8.3.2α,β). Το παλιό στρώμα, με το ελάχιστο στην συγκέντρωση των ιχνηλατών, που σχετίζεται με την άνοδο του “παλιού” EMDW, είναι τώρα αρκετά μειωμένο σε κατακόρυφη έκταση και το 1999 καταλαμβάνει μόνο το στρώμα της υδάτινης στήλης που κυμαίνεται μεταξύ των 800 και 1800m. Το 1995 καταλάμβανε ένα παχύτερο στρώμα που εκτεινόταν μέχρι τα 2300m περίπου (Εικόνα 8.3.1α,β). Οι κατακόρυφες αλλαγές στην υδάτινη στήλη Ανατολικά της Λεβαντινής φαίνονται καθαρά στην (Εικόνα 8.3.6α,β,γ). Η διείσδυση τώρα των υδάτων του Αιγαίου πραγματοποιείται στα 1600-1700m, 500-1000m πιο ρηχά σε σχέση με το 1995 (Εικόνα 8.3.6α,β,γ). Κοντά στον πυθμένα υπάρχει μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά $0,25^{\circ}\text{C}$, της αλατότητας κατά $0,1\text{psu}$ και της πυκνότητας κατά $0,02\text{kg/m}^3$.

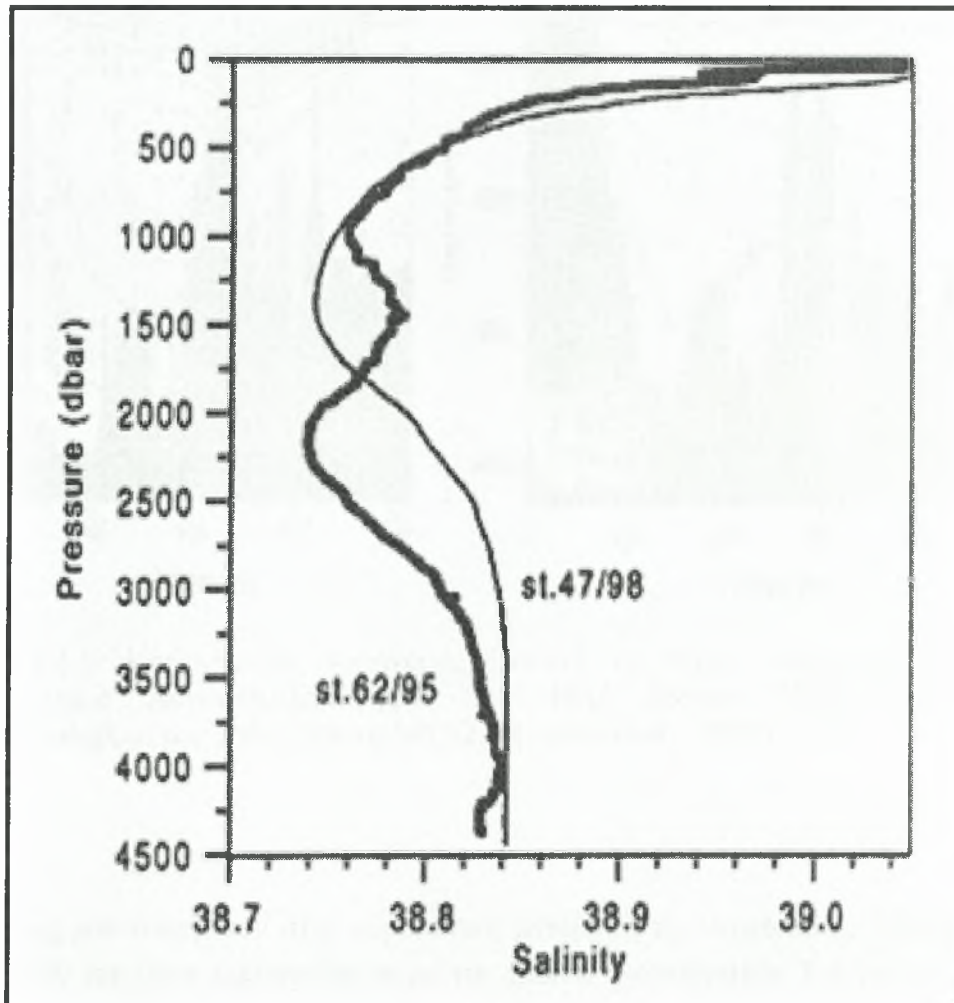


Εικόνα 8.3.6α,β,γ: Προφίλ θερμοκρασίας (α), αλατότητας (β) διάγραμμα T-S (γ) στην Ανατολική Λεβαντινή τον Ιανουάριο του 1995 και τον Ιούνιο του 1998, (St. 78/95 lat.: 33.70°N long.: 32.20°E , St. 2/99 lat.: 34.15°N long.: 32.68°E), (A. Theocharis et al., 2001).

Αξίζει να σημειώσουμε ότι η διασπορά των υδάτινων μαζών στο Βόρειο τμήμα της Γύρας της Ρόδου παρουσίασε μια διαφορετική εξέλιξη στην δομή της (Εικόνα 8.3.7). Το 1995, η επιρροή του Αιγαίου εμφανιζόταν σαν ένα διπλό μέγιστο με ένα πρώτο ίχνος στα 1200-1700m και ένα δεύτερο ίχνος κάτω από τα 2500m.

Συνεπώς, τα προγενέστερα ενδιάμεσα ύδατα παρουσίαζαν δυο ελάχιστα θερμοκρασίας και αλατότητας στα κατακόρυφα προφίλ στα 1000m και 2100m. Αντιθέτως, την περίοδο 1998-1999, η ανώτερη εισροή που είχε το Αιγαίο Πέλαγος εξαφανίστηκε. Τώρα τα σχετικά θερμά και αλμυρά ύδατα του Αιγαίου έχουν αντικατασταθεί από τα ανυψωμένα “παλιά” ύδατα του EMDW, ο πυρήνας των οποίων εμφανίζεται στα 1500. Φαίνεται ότι σημαντικά ποσά αλατότητας και θερμότητας έχουν μεταφερθεί ανάμεσα στα 1800 και 4000m.

Συγκρίνοντας τα προφίλ των 1998 και 1999, παρατηρούμε μια μικρή απώλεια θερμότητας και αλατιού στα “παλιά” ύδατα που έχουν ανέρθει. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει την προσθήκη “νέου” CDW σε αυτήν την περιοχή μεταξύ των ταξιδιών που πραγματοποιήθηκαν τα 1998 και 1999.

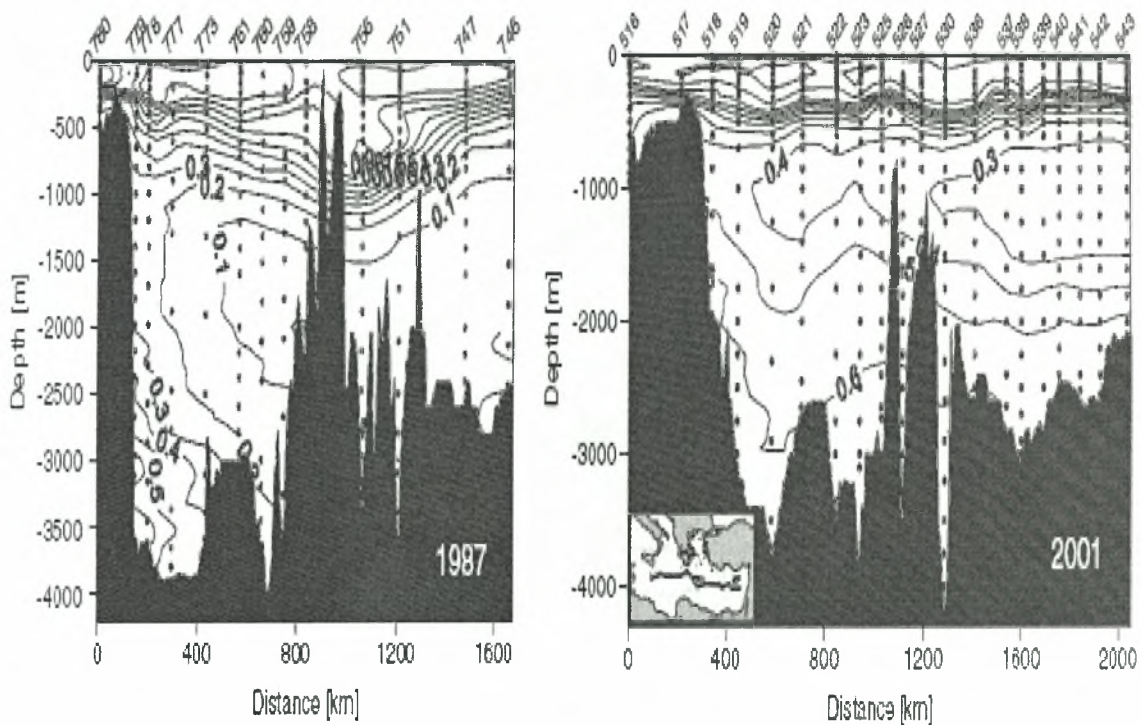


Εικόνα 8.3.7: Προφίλ αλατότητας στην Βορειοδυτική Λεβαντινή (κυκλωνική Γύρα Ρόδου) τους Ιανουάριο του 1995 και Οκτώβριο/Νοέμβριο του 1998 (St. 62/95 lat.: 36.01°N long.: 28.70°E, St. 47/98 lat.: 35.94°N long.: 28.70°E). (A. Theocharis et al., 2001).

8.4 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ MATER 2001-2002

8.4.1 Εισαγωγή

Συνεχία του προγράμματος Mater πραγματοποιήθηκε στα τέλη του 2001 με τον πλοα Meteor M51/2 του ωκεανογραφικού πλοίου έρευνας Meteor σε μια τομή Δύσης-Ανατολής στην λεκανή της Ανατολικής Μεσογείου. Σε γενικές γραμμές τα αποτελέσματα δείχνουν μια τάση προς οριζόντια ομογενοποίηση των υδρολογικών χαρακτηριστικών της Ανατολικής Μεσογείου να συνεχίζει να υφίσταται (Εικόνα 8.4.1.1). Βεβαία, τα βαθεια ύδατα της Ανατολικής Μεσογείου θα παραμείνουν μεταβατικά για αρκετές δεκαετίες.



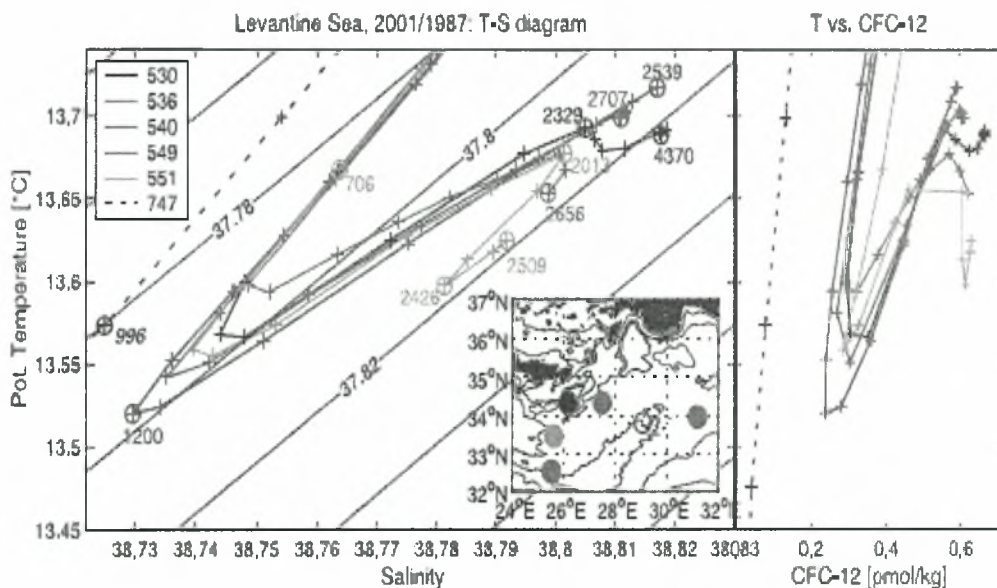
Εικόνα 8.4.1.1: Κατακόρυφες κατανομές CFC-12 σε τομές διεύθυνσης Δύσης Ανατολής τους Αύγουστο/Σεπτέμβριο του 1987 Meteor M5/6 και τους Οκτώβριο/Νοέμβριο του 2001, Meteor M51/2, (Roether *et al.*, 2007).

Οι αλλαγές που συνέβισαν στην υδρολογική μεταβαση της Ανατολικής Μεσογείου από το 1992 και μετά τεκμηριώνεται με την χρήση διαγραμμάτων T-S για το 1995 και το 2001/2002. Έτσι τα διαγράμματα T-CFC-12 αυξανονται και περιλαμβάνουν περιοχές από σταθμούς τους 1987. Η Ανατολική Μεσόγειος

8.4.2 Λεβαντινή θαλάσσα.

Σε σύγκριση με το 1995, τα διαγράμματα T-S του 2001 (Εικόνα 8.4.2.1) είναι πιο ομοιόμορφα και το συνολικό εύρος των τιμών T,S των βαθιών νερών είναι μικρότερο (η τιμή της αλατότητας είναι 0,09psu από 0,17psu από 0,17 που ήταν το 1995). Ακόμα οι πυκνότητες των πυθμενικών νερών είναι ελαφρώς μειωμένες ($\sigma_3=41,985$), με εξαίρεση βεβαία τον σταθμό 530(ο σταθμός 530 απεικονίζεται με μαύρο χρώμα). Ένα ακόμα καινούργιο χαρακτηριστικό που εμφανίζεται στην περιοχή είναι οι μειωμένες τιμές που έχει τόσο η αλατότητα όσο και η θερμότητα κάτω από τα 2000dbar στο σταθμό 551 και ακόμα λιγότερες τιμές έχουμε στον σταθμό 536 και οι δυο σταθμοί βρίσκονται Βόρεια του EMR (Eastern Mediterranean Ridge).

Η (Εικόνα 8.4.2.1) δείχνει την εισροή πυθμενικών υδάτων από το Ιόνιο



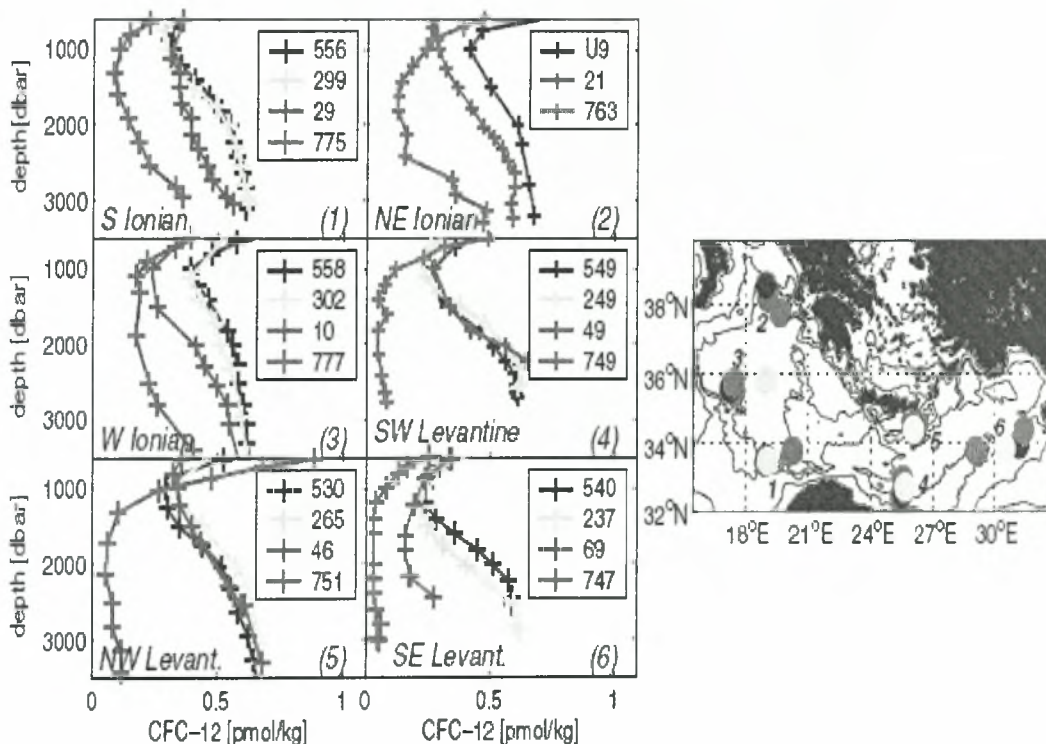
Εικόνα 8.4.2.1: Διάγραμμα T-S (αριστερά) και CFC-12[pmol/kg] στα (δεξιά) από επιλεγμένους σταθμούς στην Λεβαντινή λεκάνη κατά την διεξαγωγή του πλόα Meteor M51/2(2001), (Roether *et al.*, 2007).

Πέλαγος με μικρότερη Αιγαλιτίδα επιρροή. Συνέπεια αυτού είναι οι δυο σταθμοί Νότιος της EMR (ο σταθμός 540 και ο σταθμός 549, που συμβολίζονται με κόκκινο και με μπλε αντίστοιχα) να έχουν τις υψηλότερες πυθμενικές θερμοκρασίες. Ο σταθμός 530 στο βάραθρο της γύρας Ιεράπετρας, επίσης Βόρεια από την EMR, διαφέρει καθώς δείχνει μόνο την αρχή της αναστροφής που πραγματοποιείται που ακολουθείται από μια περαιτέρω αύξηση του T-S κάτω από τα 3000dbar. Το τελευταίο χαρακτηριστικό, καθώς επίσης η υψηλή πυθμενική πυκνότητα μπορούν να εξηγηθούν από την περιορισμένη ανταλλαγή που λαμβάνει χώρα ανάμεσα στα βαθιά

νερά που βρίσκονται κάτω από το βάραθρο της Ιεράπετρας με αυτά που βρίσκονται ρηχότερα στην υδάτινη στήλη. Υπάρχει ακόμα μια τάση των τιμών T-S να ελαττώνονται καθώς απομακρύνονται από το στενό της Κάσσου, με τις ελάχιστες τιμές να είναι παρούσες στον σταθμό 540 στα Νοτιοανατολικά. Όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία αντικατροπτίζονται και στις αντίστοιχες T-CFC-12 κατανομές. Υψηλές τιμές του CFC-12 στο σταθμό 551, πάνω από το βάθος εκείνο που έχουμε το ελάχιστο του ιχνηθέτη δείχνει την εκροή από το στενό της Κάσσου μετά το 1995, που δεν έχει την κατάλληλη πυκνότητα για να διεισδύσει σε βαθύτερα στρώματα.

8.4.3 Σύνοψη των υδρολογικών αλλαγών του 1999 και του 2001.

Όπως φαίνεται και στην (Εικόνα 8.4.3.1) αντιστροφές στις κατακόρυφες κατανομές των υδρολογικών χαρακτηριστικών των υδάτων της Ανατολικής Μεσογείου εξακολουθούν να υφίσταντο, αλλά η ανάμιξη των υδάτων έχει μειώσει τα ευρήματα των τιμών. Συγκρινοντας τις τιμες του 1995 και του 2001 παρατηρει κανεις μια μικρη μειωση στην Λεβαντινη Θαλασσα, καμια αλλαγη στην Δυτικη Λεβαντινη Θαλασσα και στα Βορειο και Δυτικο Ιονιο Πελαγος, και μια μικρη αυξηση στο Νοτιο Ιονιο Πελαγος.

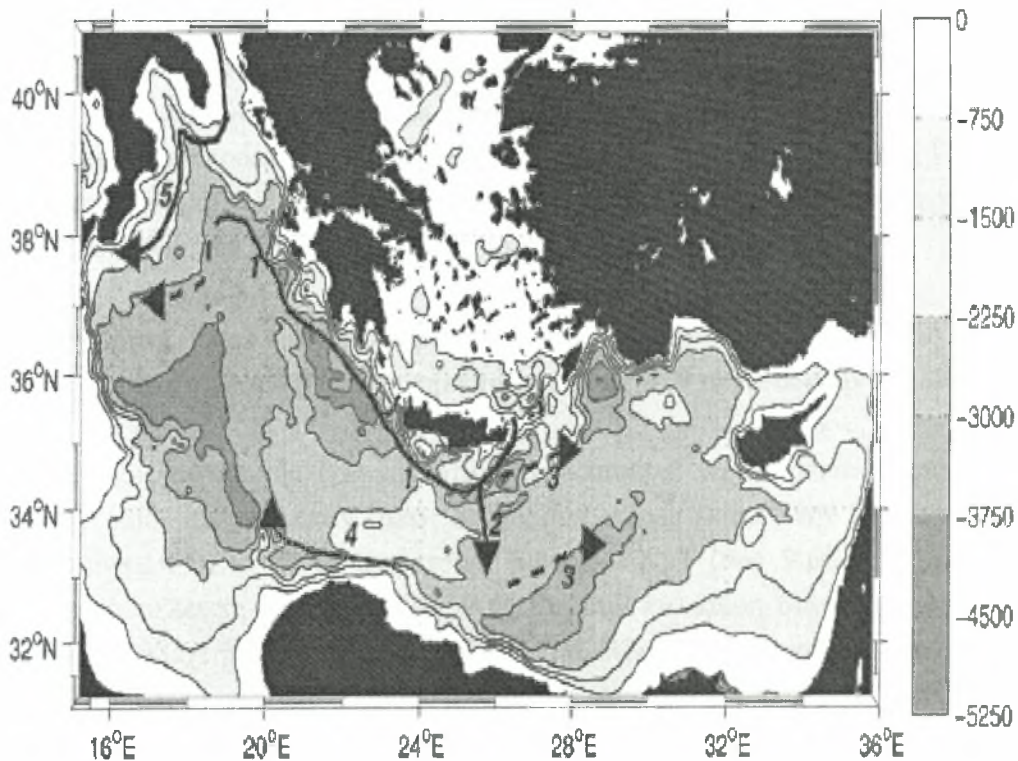


Εικόνα 8.4.3.1: Προφίλ CFC-12(pmol/kg) με το βάθος σε περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου το 1987 (Κόκκινο, M5/6), το 1995 (Μπλε, M31/1), 1999 (Γαλάζιο, M44/4) και 2001/2002 (Μαύρο, M51/2), (Roether *et al.* 2007).

Όσον αφορά συγκεκριμένα τις συγκεντρώσεις CFC-12 (Εικόνα 8.4.3.1) η διαφορά μεταξύ 1999 και 2001/2002 είναι μικρή στο Νοτιοανατολικό και Δυτικό Ιόνιο, ενώ οι συγκεντρώσεις εξακολουθούν να αυξάνονται στην Ανατολική Λεβαντινή και έχουν ελαφρώς μειωθεί στην Βορειοδυτική και Νοτιοδυτική Λεβαντινή λεκανη μετά από το μέγιστο που παρουσίασαν το 1999. Το μέγιστο του 1999 δείχνει ξεκάθαρα εκροή υδάτων από το Αιγαίο μετά από 1995

8.4.4 Οι δρόμοι της Αιγιαλίτιδας επιρροής.

Από όλες τις παρατηρήσεις των υδρολογικών χαρακτηριστικών της Ανατολικής Μεσογείου και των αλλαγών τους την τελευταία δεκαετία μπορούμε να αναπαραστήσουμε σχηματικά τις οδούς που ακολούθησε η Αιγιαλίτιδα επιρροή στην λεκανη της Ανατολικής Μεσογείου. Μπορούμε σχηματικά και χονδρικά να παρατηρήσουμε την δημιουργία, εξέλιξη και πορεία της υδρολογικής μετάβασης της Ανατολικής Μεσογείου (Εικόνα 8.4.4.1).



Εικόνα 8.4.4.1: Σχηματική αναπαράσταση των βαθιών και πυθμενικών υδάτων κατά την υδρολογική μετάβαση της Ανατολικής Μεσογείου, (Roether *et al.*, 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΧΡΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ.

9.1 Εισαγωγή

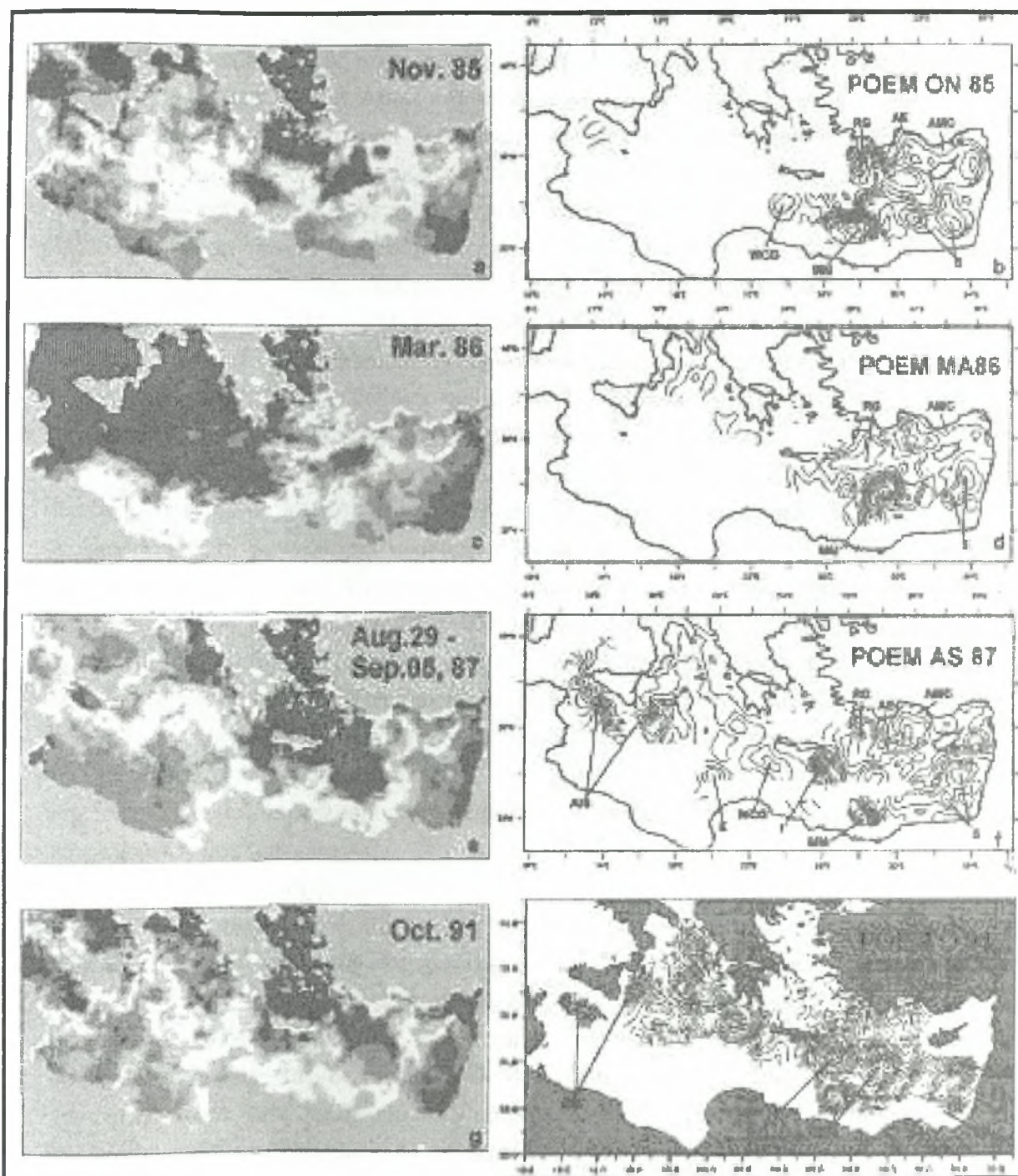
Την ίδια χρονική περίοδο που λάμβανε χώρα το πρόγραμμα MATER, πραγματοποιήθηκε μελέτη της επιφανειακής κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου με τη χρήση δορυφορικών υπέρυθρων εικόνων. Διάφορα σχέδια έχουν προταθεί για να περιγράψουν την κυκλοφορία του ΑW στη λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου και συγκεκριμένα από το 1912 μέχρι το 1980 έχουν προταθεί 3 βασικά σχέδια που περιγράφουν την κυκλοφορία στην Μεσόγειο περιμετρικά. Παρόλα αυτά τα πιο πρόσφατα σχέδια για την κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων του προγράμματος POEM, και δείχνουν ότι η εξάπλωση του ΑW δεν γίνεται περιμετρικά αλλά στο μέσο της λεκάνης, καθώς το MMJ συντελεί στην εξάπλωση του.

Για την καλύτερη κατανόηση της επιφανειακής κυκλοφορίας αναλύθηκαν σύνθετες υπέρυθρες εικόνες οι οποίες προέρχονται από εξειδικευμένα ερευνητικά κέντρα. Έτσι αναλύθηκαν όλες οι μηνιαίες υπέρυθρες εικόνες από το 1985 και αντίστοιχα την περίοδο 1996-2000, όλες οι ημερήσιες και οι εβδομαδιαίες. Προέκυψε ότι η επιφανειακή και ανά χρόνο σύγκριση προσεγγίζει τα προγενέστερα σχέδια (περιμετρικά) για την κυκλοφορία παρά τα τωρινά του POEM.

9.2 Σύγκριση των αποτελεσμάτων του προγράμματος POEM με τα αποτελέσματα της δορυφορικής τηλεπισκόπησης των αντίστοιχων περιόδων.

Σκοπός αυτής της έρευνας ήταν να καταφέρει να συνθέσει τα υδρολογικά δεδομένα που συλλέχθηκαν από διάφορους πλόες κατά την διεξαγωγή του προγράμματος POEM με τα αντίστοιχα δεδομένα SST (Sea Surface Temperature) που είχαν προέλευση από την PODAAC. Για την καλύτερη δυνατή σύγκριση των δεδομένων επιλέχθηκαν εβδομαδιαία ή μηνιαία δεδομένα για να ταιριάζουν όσο το δυνατόν καλύτερα με την περίοδο όπου διεξαχθήκαν οι πλόες. Η Εικόνα 9.2.1 απεικονίζει τη δυναμική επιφανειακή κυκλοφορία από την ανάλυση των (υδρολογικών) δεδομένων με τις αντίστοιχες SST. Έτσι, η Εικόνα 9.2.1α,β μας περιγράφει την επιφανειακή κυκλοφορία κατά την διεξαγωγή του προγράμματος POEM ON85. Διακρίνονται οι δομές της ψυχρής Γύρας Δυτικά της Κρήτης (WCG), της θερμής Γύρας Mersa-Matruh (MM) στην Νοτιοδυτική Λεβαντινή, της Γύρας Shikmona που αποτελείται από 3 κέντρα (S), της Γύρας της Ρόδου (RG) και της Νοτιοανατολικής της επέκτασης, καθώς και το ρεύμα της Μικράς Ασίας (AMC). Στο POEM MA86 (Εικόνα 9.2.1γ,δ) έχουμε την παρουσία του “MM” στο κέντρο της

Λεβαντινής λεκάνης, την Γύρα Shikmona να αποτελείται από δυο κέντρα και την κατεύθυνση που ακολουθεί το ρεύμα της Μικράς Ασίας (AMC) στην Κρήτη. Στην

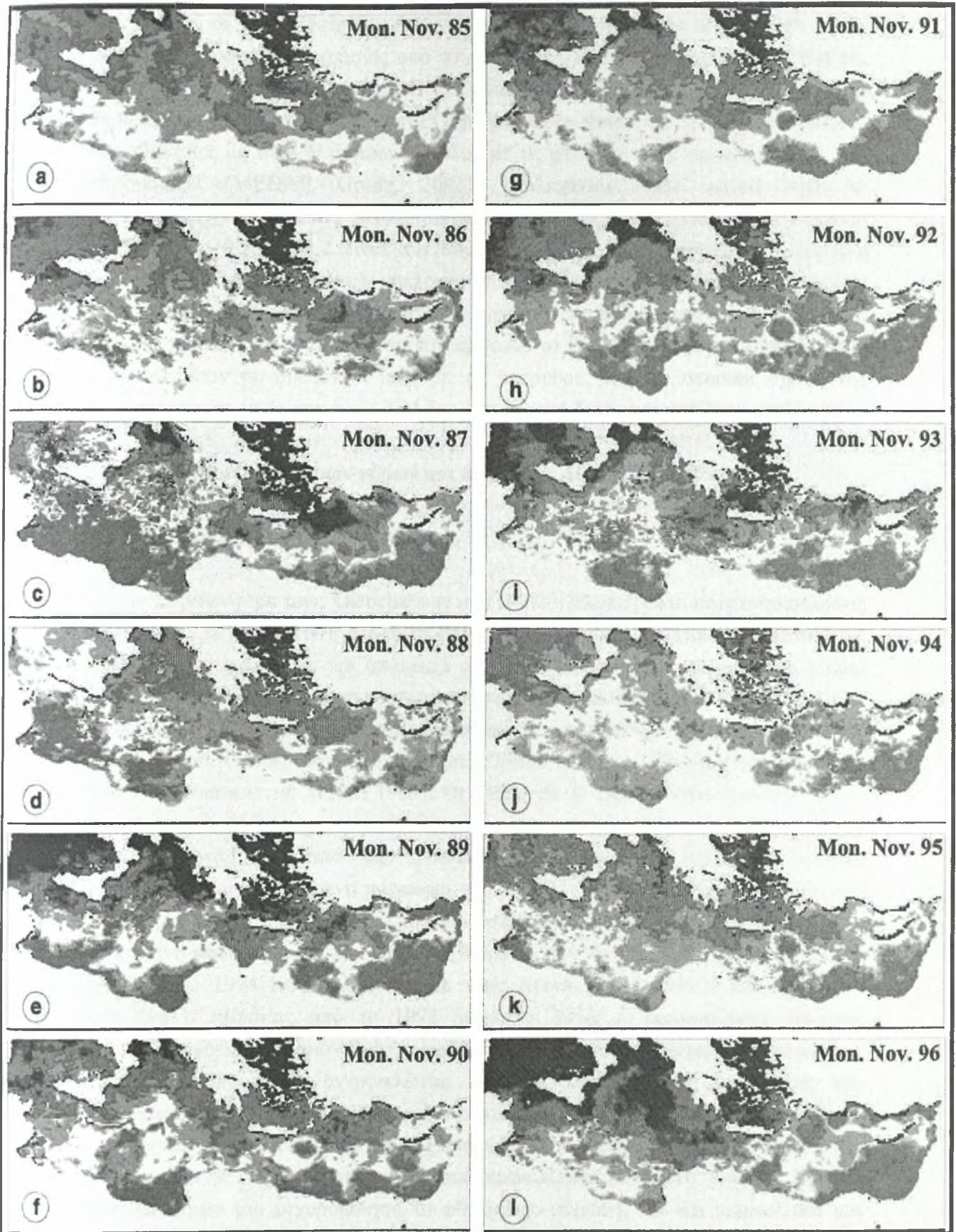


Εικόνα 9.2.1: Σύγκριση των δορυφορικών εικόνων με την ανωμαλία δυναμικού ύψους για την επιφάνεια κατά την διεξαγωγή των πλοών που πραγματοποιήθηκαν με το πρόγραμμα POEM από Robinson *et al.* (1991) και από Malanotte-Rizzoli *et al.* (1999): α,β (Νοέμβριος 1985, POEM ON85), γ,δ (Μάρτιος 1986, POEM MA86), ε,ζ (Αύγουστος – αρχές Σεπτεμβρίου 1987, POEM AS 87), η,θ (Οκτώβριος 1991, POEM 091). Τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα της περιοχής έχουν αναγνωριστεί χρησιμοποιώντας την ονοματολογία που δόθηκε από το POEM, (Hamad *et al.*, 2006).

Εικόνα 9.2.1ε.ζ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την διεξαγωγή του προγράμματος POEM AS 87. Έτσι έχουμε την παρουσία του AIS στα στενά της Σικελίας και στο Βόρειο Ιόνιο, μιας παράκτιας Γύρας στην Αίγυπτο και τη Λιβύη, τη Γύρα WCG, την αντικυκλωνική Γύρα Ιεράπετρα, την Γύρα Mersa-Matruh (MM), τη Γύρα Shikmona που όμως τώρα έχει πολλαπλά κέντρα, την Κυπριακή αντικυκλωνική δίνη, το ρεύμα της Μικράς Ασίας που κινείται μαιανδρικά και τη Γύρα της Ρόδου που επεκτείνεται Βορειοανατολικά. Κατά την διεξαγωγή του προγράμματος POEM O91 τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην Εικόνα 9.2.1η,θ δείχνουν μια αλλαγή της πορείας του ρεύματος AIS σε σχέση με αυτή που είχε κατά την διεξαγωγή του POEM AS 87. Έτσι, κινείται γύρω από τα στενά της Σικελίας και στο Βόρειο Ιόνιο, έχουμε την παρουσία της Γύρας Πέλοπα Νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου, τη Γύρα της Ιεράπετρας και της Mersa-Matruh (MM), μια δίνη στο κέντρο της Λεβαντινής λεκάνης, την Γύρα Shikmona που αποτελείται τώρα από ένα κέντρο, την αντικυκλωνική δίνη της Κύπρου, το ρεύμα της Μικράς Ασίας και την Γύρα της Ρόδου όπου επεκτείνεται τόσο Νοτιοδυτικά όσο και Βορειοδυτικά.

Ένα σημαντικό σημείο που θέλουμε να εξετάσουμε με την Εικόνα 9.2.1 είναι ότι οι πλόες του POEM δεν καλύπτουν της περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες επιφανείας. Στο μεγαλύτερο μέρος του Ιονίου και της Λεβαντινής, ιδιαίτερα στις ακτές της Τυνησίας, της Αιγύπτου και της Λιβύης, θερμά νερά βρέθηκαν Νότια από τις έρευνες που πραγματοποίησε το πρόγραμμα POEM. Έτσι, Νοτιοανατολικά της Λεβαντινής, δεν έχουμε δεδομένα από το πρόγραμμα POEM, ωστόσο οι υπέρυθρες εικόνες δείχνουν ότι κοντά στις ακτές Ανατολικά της Αιγύπτου και Νοτιοανατολικά της Μέσης Ανατολής έχουμε την παρουσία θερμών υδάτων. Έτσι, τα δεδομένα που συλλέχτηκαν από την Ανατολική Μεσόγειο δεν είναι ικανά να καλύψουν ολόκληρη την περιοχή με αποτέλεσμα να υπάρχουν αρκετές ελλείψεις όσον αφορά την επιφανειακή κυκλοφορία.

Ωστόσο διαφορές μεταξύ της κυκλοφορίας από τα δεδομένα του POEM και από προηγούμενες έρευνες που διεξάγησαν στην περιοχή υπάρχουν. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται και στη μεταβλητότητα των υδρολογικών στοιχείων της περιοχής. Ένας ακόμη λόγος που μπορεί να χρησιμοποιηθούν οι δορυφορικές υπέρυθρες εικόνες είναι για να εκτιμήσει κανείς τις μεταξύ τους διαφορές. Αναλύοντας όλα τα διαθέσιμα σύνθετα δεδομένα βρέθηκε ότι τα γενικά χαρακτηριστικά που προηγούμενα περιγράψαμε στην Εικόνα 9.2.1 μπορούν να αναγνωριστούν, συγκεκριμένα οι περιοχές όπου επικρατούν θερμά ύδατα στα Νότια και Ανατολικά τμήματα της λεκάνης. Στην Εικόνα 9.2.2 παρουσιάζεται η χρονοσειρά του μήνα Νοέμβρη από το 1985 μέχρι το 1996 που καλύπτει όλους τους πλόες που πραγματοποιήθηκαν από το πρόγραμμα POEM και ταιριάζει με τη μέση διάρκεια που είχε ο κάθε πλόας. Από την άλλη, όλοι οι άλλοι μήνες δείχνουν παρόμοια γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής, με εξαίρεση εκείνους του μήνες που συνδέονται με την εποχική διακύμανση.



Εικόνα 9.2.2: Δορυφορικές υπέρυθρες εικόνες για τον μήνα Νοέμβρη από το 1985 έως το 1996 της Ανατολικής λεκάνης της Μεσογείου, (Hamad *et al.*, 2006).

Όλοι οι χάρτες δείχνουν την συνέχεια και τη μονιμότητα των υψηλών τιμών της επιφανειακής θερμοκρασίας από το στενό της Σικελίας να αυξάνεται Νότια της Τουρκίας και της Κρήτης. Στις τελευταίες περιοχές, όλες οι εικόνες περιλαμβανομένων και αυτών του POEM συνδέουν αυτές τις υψηλές επιφανειακές θερμοκρασίες με το AW σύμφωνα κιόλας με τις χαμηλές τιμές της αλατότητας που παρουσιάζει (MEDAR Group, 2002). Τουλάχιστον όσον αφορά αυτό το συγκεκριμένο σημείο, είναι κατανοητό ότι οι υπέρυθρες εικόνες όπως απεικονίζονται στις Εικόνες 9.2.1&9.2.2 είναι πιο σύμφωνες με τις προηγούμενες έρευνες που μελετούσαν την επιφανειακή κυκλοφορία παρά με την εικόνα της επιφανειακής κυκλοφορίας που προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων του POEM. Είναι ακόμα ξεκάθαρο ότι η απεικόνιση που πρότείνει το POEM για την κυκλοφορία είναι σύμφωνη όταν συνδυάζονται μαζί με τις υπέρυθρες και τα ιστορικά σχέδια της κυκλοφορίας σε μέρη που το POEM δεν έχει επαρκή δεδομένα από δειγματοληψίες.

9.3 Μελέτη των ιδιαίτερων γύρων και δινών της Ανατολικής Μεσογείου.

9.3.1 Πέλοπας.

Σύμφωνα με τους Theocharis *et al.* (1999), Πέλοπας είναι ένας αντικυκλώνας που επηρεάζει την υδάτινη στήλη σε βάθος >2000m και βρίσκεται Νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου. Είναι γενικά αποδεκτό ότι η αιτία δημιουργίας του είναι οι άνεμοι που επικρατούν στην περιοχή (Le Vouch *et al.*, 1992; Golnaraghi & Robinson, 1994; Ayoub *et al.*, 1998). Έχει επίσης θεωρηθεί σαν μαιανδρισμός του AIS από τους Marullo *et al.* (1999), σαν δίνη από τους Robinson *et al.* (1991) και σαν γύρα από τους Theocharis *et al.* (1993, 1999). Οι Matteoda & Glen (1996) πρότειναν ότι ο αντικυκλώνας Πέλοπας είναι ένα σχεδόν μόνιμο χαρακτηριστικό της ετήσιας μεταβλητότητας και από τις εβδομαδιαίες δορυφορικές υπέρυθρες εικόνες συμπεράναν την συνεχόμενη παρουσία του από το φθινόπωρο του 1990 μέχρι την άνοιξη του 1992. Έπειτα είχαμε την απουσία του περίπου για δύο χρόνια και την προσωρινή επανεμφάνιση του κατά την διάρκεια των περιόδων του χειμώνα και της άνοιξης του 1994-1995. Σύμφωνα με τους Ayoub *et al.* (1997) που ανάλυσαν δεδομένα αλτιμετρίας από το 1992 μέχρι το 1996, ο αντικυκλώνας Πέλοπας αντιπροσωπεύεται από μια σύνθετη σειρά δινών οι οποίες κινούνται κατά μήκος των Ελληνικών ακτών. Ο αντικυκλώνας Πέλοπας δημιουργείται στο τέλος του Φθινοπώρου μέχρι το τέλος του χειμώνα και έχει μέγιστη ένταση τους Νοέμβριο-Δεκέμβριο. Οι Larnicol *et al.* (2002) αναλύοντας παρόμοια δεδομένα από το 1993 μέχρι το 1999 δείχνουν ότι ο Πέλοπας εμφανίζεται περιοδικά έχοντας εποχική διακύμανση με μια ισχυροποίηση το φθινόπωρο-χειμώνα. Αν και εμφανίζεται μια ετήσια διακύμανση όσον αφορά την τοποθεσία του Πέλοπα, σε γενικές γραμμές πάντα εμφανίζεται Νότια της Πελοποννήσου το φθινόπωρο και τον χειμώνα και Δυτικά - Νοτιοδυτικά την άνοιξη και το καλοκαίρι.

9.3.2 Η δυτική γύρα της Κρήτης.

Έχει περιγραφή σαν μια κυκλωνική γύρα που βρίσκεται Νοτιοδυτικά της Κρήτης και το μέγεθός της μεταβάλλεται σύμφωνα με τους συγγραφείς (Ovchinnikov, 1966; Robinson *et al.*, 1991-1993). Ωστόσο, σύμφωνα με τις δορυφορικές υπέρυθρες εικόνες και τα δεδομένα από τους πλόες (Le Vourch *et al.*, 1992; Theocharis *et al.*, 1993; Matteoda & Glen, 1996), οι σχετικά ψυχρές επιφανειακές τιμές θερμοκρασίας ο “θόλος” που σχηματίζει η δομή της Δυτικής γύρας της Κρήτης από τα τέλη του καλοκαιριού μέχρι τις αρχές του χειμώνα είναι επακόλουθο των ετησίων ανέμων.

9.3.3 Ιεράπετρα.

Αυτή η έντονη αντικυκλωνική γύρα εμφανίζεται Νοτιοανατολικά της Κρήτης και οι πρώτοι που τη μελέτησαν ήταν οι Burnett *et al.* (1991), που την ονόμασαν Ανατολική Κρητική δίνη και οι Theocharis *et al.*, (1993) ήταν ο πρώτοι που την ονόμασαν Ιεράπετρα. Η αντικυκλωνική δίνη της Ιεράπετρας έχει διάμετρο 100 με 150km, καταλαμβάνει το μισό πέλαγος νοτιώς της Κρήτης και επηρεάζει την υδάτινη στήλη μέχρι το βάθος των 1500m (Theocharis *et al.*, 1999). Επίσης, αντικυκλωνική δίνη της Ιεράπετρας έχει αναφερθεί και σαν γύρα από τους Larnicol *et al.* (1995), Lascaratos & Tsantilas, (1997) και Theocharis *et al.* (1993, 1999). Αυτό δείχνει να είναι σε γενικές γραμμές σύμφωνο με την υπόθεση των Horton *et al.* (1994), ότι η Ιεράπετρα αποκτά ελικοειδής κίνηση λόγω της επίδρασης των ετησίων ανέμων που προέρχονται από την Κρητική ορογραφία. Η αντικυκλωνική γύρα της Ιεράπετρας μπορεί να ενδυναμωθεί από την εκροή από το Αιγαίο Πέλαγος υδάτων διαμέσου των στενών της Κάσσου (Kotsovinos, 1997).

Ωστόσο υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις για την περίοδο δημιουργίας και για τη διάρκεια της αντικυκλωνικής δίνης. Οι Larnicol *et al.* (1995) παρουσιάζουν ότι ο αντικυκλώνας της Ιεράπετρας εντείνεται στο τέλος του καλοκαιριού, εξασθενεί την άνοιξη και απουσιάζει τους Ιούνιο-Ιούλιο κατά την διάρκεια της περιόδου του Οκτωβρίου 1992 μέχρι το Σεπτέμβριο του 1994. Από την άλλη μεριά ο Ayoub, (1997) και οι Ayoub *et al.* (1998) μας παρουσιάζουν ότι η δίνη εξασθενεί από τον χειμώνα μέχρι την άνοιξη και εντείνεται από το καλοκαίρι μέχρι τα τέλη του φθινοπώρου από την χρονική περίοδο του Οκτωβρίου του 1992 μέχρι το Δεκέμβριο του 1993. Σύμφωνα με τους Matteoda & Glen (1996), η αντικυκλωνική δίνη της Ιεράπετρας εμμένει καθ' όλη την διάρκεια της έρευνας (Οκτώβριος του 1990 μέχρι τον Μάρτιο του 1995), εκτός από τα καλοκαίρια των 1993 & 1994. Η δίνη της Ιεράπετρας δημιουργείται από την άνοιξη μέχρι το καλοκαίρι, αναπτύσσεται πλήρως στα τέλη του καλοκαιριού και εξαφανίζεται την άνοιξη που ακολουθεί. Επίσης, σύμφωνα με τους Larnicol *et al.* (2002) η Γύρα της Ιεράπετρας στα 1996 και 1997

δημιουργήθηκε αρκετά μακριά από το Νότο όπου είναι η συνηθισμένη θέση εμφάνισής της.

9.3.4 Mersa-Matruh.

Σύμφωνα με τον Brenner's (1989) από την ανάλυση των δεδομένων των πλόων του POEM (Οκτώβριος 1985, Μάρτιος 1986) αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα της περιοχής επονομαζόμενο και ως αιγυπτιακή δίνη δημιουργείται κοντά στις Αιγυπτιακές ακτές από την αστάθεια του μαιανδρικού ρεύματος NAC και έπειτα διαδίδεται περίπου 160km Βορειοανατολικά σε βάθος περίπου 1000m.

Σύμφωνα με μια άλλη μελέτη αυτό το χαρακτηριστικό είναι μόνιμη γύρα και ονομάζεται "Αιγυπτιακή Γύρα" κατά τον Said (1984) και Mersa-Matruh Γύρα από τους Robinson *et al.* (1991), Tziperman & Malanotte-Rizzoli (1991), Malanotte-Rizzoli & Bergamasco (1991). Ο Golnaraghi (1993) ισχυρίζεται ότι είναι η ισχυρότερη γύρα στην Ανατολική λεκάνη με την διάμετρο της να ξεπερνά τα 350km όπου συχνά αλληλεπιδρά με το MMJ. Ο Mersa - Matruh έχει επίσης περιγραφή σαν ένα σύνθετο σύμπλεγμα αποτελούμενο από πολλές μικρής κλίμακας δίνες. (Ozsoy *et al.*, 1989; Horton *et al.*, 1994; Ayoub *et al.*, 1997) ή ως μαιανδρισμός του MMJ από τους Larnicol *et al.* (2002). Από την άλλη μεριά, οι Zervakis *et al.*, 2002 μελέτησαν τον Mersa-Matruh σαν έναν διαρκή αντικυκλώνα που προοδευτικά ελαττώνεται κατά μήκος μιας συγκεκριμένης περιοχής που πιθανόν να υπάρχουν μικρής κλίμακας δίνες, και προτείνει ότι είναι μια δίνη παρά ένας μαιανδρισμός του ρεύματος NAC.

Οι Horton *et al.* (1994) και ο Ayoub (1997) κάνουν λόγω ότι η πιο κατάλληλη περίοδος για να παρατηρήσει κανείς την σφοδρότητα του Mersa-Matruh πρέπει να είναι κατά την διάρκεια που εξασθενεί ή απουσιάζει η Γύρα της Ιεράπετρας, ενώ η ανάλυση των δεδομένων από το POEM-1991 από τους Malanotte-Rizzoli *et al.* (1999) έδειξε την ταυτόχρονη έντονη παρουσία της γύρας Mersa-Matruh και της Ιεράπετρας. Σύμφωνα με τις αριθμητικές έρευνες των Roussenon *et al.* (1995), ο Mersa-Matruh δημιουργείται το καλοκαίρι και εντείνεται τον Νοέμβριο πριν διαχωριστεί σε δύο μέρη. Οι Larnicol *et al.* (1995) αναφέρουν ότι δεν υπάρχει ξεκάθαρη περίοδος επανεμφάνισης και χαρακτηρίζεται από μικρής κλίμακας χρονικές περιόδους. Από την άλλη μεριά, σύμφωνα με άλλα μοντέλα ανάλυσης (Malanotte-Rizzoli, 1994; Zavaterelli & Mellor, 1995; Brankart & Brasseur, 1998) και ανάλυση εβδομαδιαίων και μηνιαίων δορυφορικών εικόνων έδειξαν ότι τη χρονική περίοδο από το 1983 μέχρι το 1992 (Marullo *et al.*, 1999) ο Mersa-Matruh μπορεί να απουσιάζει.

9.3.5 Shikmona.

Μερικοί συγγραφείς δείχνουν ότι ο "Shikmona" ότι αποτελείται από αντικυκλωνικές δίνες μέσης κλίμακας που προέρχονται από το Νότο (Feliks &

Itzikowitz, 1987; Brenner, 1989). Ωστόσο, οι Ozsoy *et al.* (1989, 1991), POEM Group (1992), Robinson *et al.* (1991) και Larnicol *et al.* (2002) δείχνουν ότι η περιοδικότητα της δεξιόστροφης γύρας έχει δημιουργηθεί από το ρεύμα MMJ. Σύμφωνα με τους Ayoub *et al.* (1998) και τους Zodiatis *et al.* (1998), ο Shikmona αντιπροσωπεύει ένα σύνθετο σύστημα που αποτελείται από μέσης κλίμακας δίνες, το μέγεθος, η θέση και η ένταση των οποίων ποικίλει. Η αντικυκλωνική δίνη Νότια της Κύπρου, που ο Brenner (1989) τον ονομάζει Κυπριακή δίνη και υπολογίζεται ότι έχει διάρκεια ζωής 3 χρόνια (Brenner, 1993), εκτιμάται ότι είναι το κυρίαρχο στοιχείο αυτού του συστήματος (Ozsoy *et al.*, 1993; Ayoub, 1997).

Ο Shikmona θεωρείται μόνιμη (Hecht, 1988; Ozsoy *et al.*, 1989) ή επανεμφανιζόμενη δίνη (Robinson *et al.*, 1991). Η αντικυκλωνική δίνη εμφανίζεται έτσι και αλλιώς σε όλες τις εποχές εκτός του χειμώνα κατά Tziperman & Malanotte-Rizzoli, 1991), ή δημιουργείται το καλοκαίρι και εξασθενεί στα τέλη του φθινοπώρου (Roussenon *et al.*, 1995). Οι Larnicol *et al.* (1995) δείχνουν ότι δεν υπάρχει ξεκάθαρη εικόνα για την περίοδο επανεμφάνισης και χαρακτηρίζεται από μικρής κλίμακας χρονικές μεταβολές. Από την άλλη μεριά, σύμφωνα με τον Brenner (1993) και τους Horton *et al.* (1994) η αντικυκλωνική δίνη Shikmona εμφανίζεται αδύναμη στο επιφανειακό στρώμα τον χειμώνα και δεν εντοπίζεται το καλοκαίρι λόγω της ισχυρής στρωμάτωσης του εποχικού θερμοκλινούς.

9.3.6 Δίνες στον κόλπο της Αντάλιας.

Οι Ozsoy *et al.* (1993) δείχνουν την επαναλαμβανόμενη παρουσία των δινών στο κόλπο της Αντάλιας από το 1986 μέχρι το 1990 με την κατακόρυφη επέκταση των στα 300m περίπου. Αυτό εμφανίζεται τόσο στην είσοδο (όπου η δίνη έχει χαρακτήρα επανεμφανιζόμενο) όσο και στην έξοδο (όπου η δίνη έχει χαρακτήρα μόνιμο).

9.3.7 Η γύρα της Ρόδου.

Είναι ευρέως γνωστό ότι διαδικασία της δημιουργίας νερού με αυξημένη πυκνότητα λαμβάνει χώρα στην Βόρεια Λεβαντινή λεκάνη, συγκεκριμένα Νότια της Ρόδου. Η ερευνητική ομάδα των Ozsoy *et al.* (1989) συσχέτισε τη Γύρα της Ρόδου με τους ετήσιους ανέμους, έτσι αναμένεται να είναι πιο έντονη το καλοκαίρι. Ακόμη έχει προταθεί ότι η Γύρα της Ρόδου δημιουργείται από την απορροή του Κρητικού Πελάγους (Kotsoninos, 1997) και τερματίζεται Νότια από το ρεύμα MMJ (Robinson *et al.*, 1991). Ακόμα, οι Theocharis *et al.* (1993, 1999) περιγράφουν ότι το AMC περικυκλώνει τη Γύρα της Ρόδου Βορειοανατολικά και Δυτικά.

9.4 Συμπεράσματα που προέκυψαν για την κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου από την ανάλυση των υπέρυθρων δορυφορικών εικόνων.

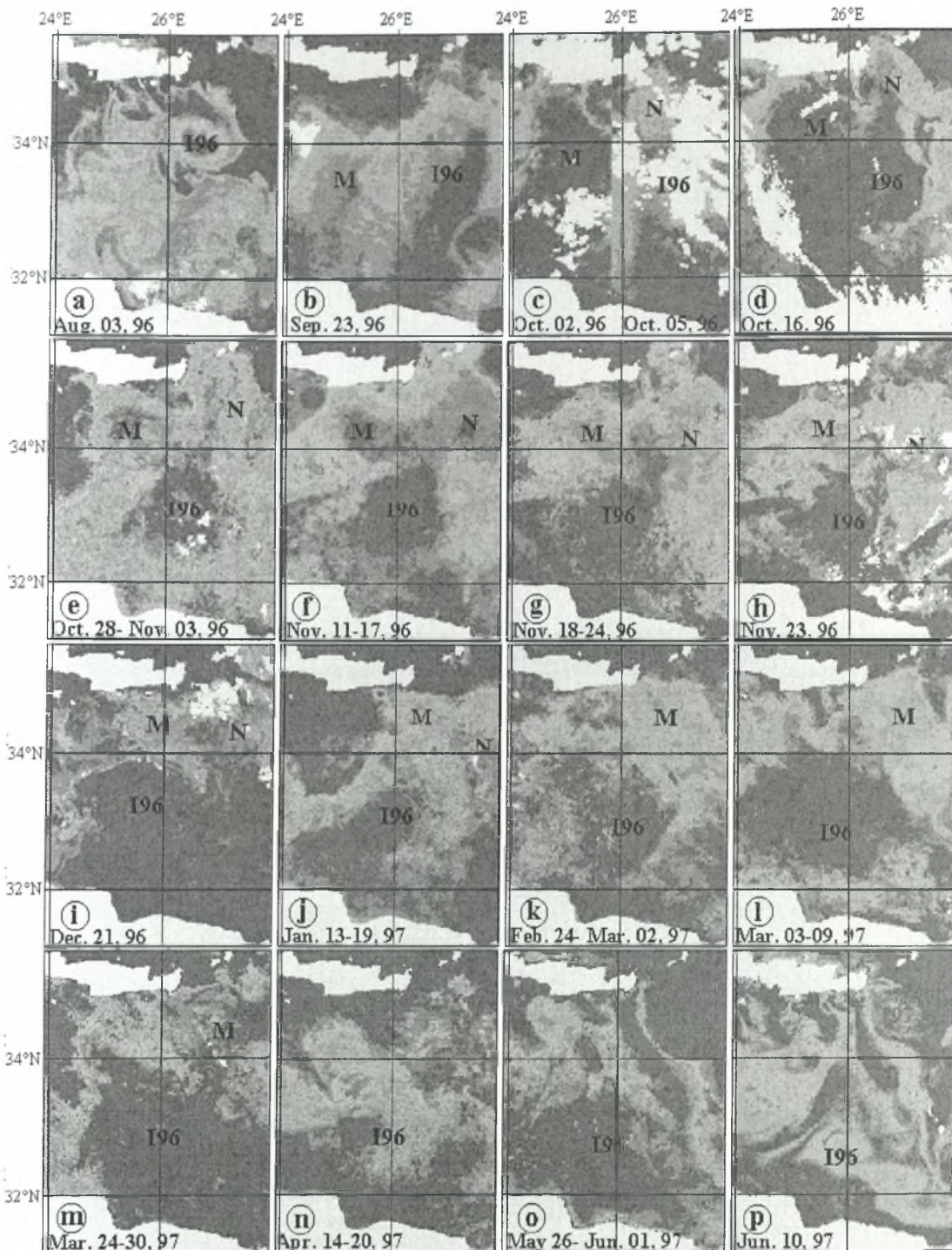
Η ανάλυση των δορυφορικών εικόνων έδειξε ότι πιο εύκολα γίνονται αντιληπτές περιοχές που έχουν ιδιαίτερα δυναμικά χαρακτηριστικά. Ακόμα η ανάλυση των δορυφορικών εικόνων έγινε ανά περιοχές. Η μελέτη του AW για την μεταφορά και την κυκλοφορία που υφίσταται στην Μεσόγειο έδειξε ότι είναι ένα μόνιμο χαρακτηριστικό γνώρισμα της επιφανειακής κυκλοφορίας και εντοπίστηκε σε όλες τις περιοχές μελέτης. Έτσι μέσα από την ανάλυση και επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων θα είμαστε σε θέση να κατανοήσουμε την επιφανειακή κυκλοφορία του AW στην Ανατολική Μεσόγειο.

9.4.1 Η επιφανειακή κυκλοφορία που επικρατούσε Νότια της Κρήτης και στο Νοτιοδυτικό Λεβαντινό Πέλαγος από το 1996 έως 1999.

Σε αυτήν την περιοχή μελέτης έχουμε την αντικυκλωνική Γύρα της Ιεράπετρας. Ο αντικυκλώνας της Ιεράπετρας είχε μεταβολές τόσο στην ένταση όσο και στην έκταση που καταλαμβάνει κατά την χρονική περίοδο (1996-1999). Στην (Εικόνα 9.4.1.1) βλέπουμε την εξέλιξη του αντικυκλώνα της Ιεράπετρας την χρονική περίοδο (1996-1997). Το 1996 στις αρχές του Αυγούστου ο αντικυκλώνας της Ιεράπετρας τροφοδοτείται από τα Νότια με θερμά ύδατα που προέρχονται από ένα σύμπλεγμα θερμών δινών της περιοχής. Στην συνέχεια θα περιγράψουμε χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας και της έντασης της Γύρας που δεν έχουνε επισημανθεί όπως: α) η μεγάλη μετακίνηση που υφίσταται η Γύρα της Ιεράπετρας (I96) το 1996 (Εικόνα 9.4.1.1), β) την συγχώνευση των 2 γύρων της Ιεράπετρας (I96 και I97 που δημιουργήθηκαν αντίστοιχα το 1996 και 1997). Έτσι η γύρα της Ιεράπετρας το 1996 κατά την πορεία της Νότια διατηρήθηκε και τελικά συνενώθηκε με την νέα Γύρα της Ιεράπετρας που δημιουργήθηκε το 1997. Η μετακίνηση τους απεικονίζεται στις (Εικόνες 9.4.1.2&9.4.1.3), γ) την διατήρηση των θέσεων των γύρων της Ιεράπετρας (I00 και I98) που δημιουργήθηκαν αντίστοιχα το 1998 και 2000 που ενισχύουν και συμβάλουν στο να διατηρηθούν αντίστοιχα οι γύρες που δημιουργήθηκαν το 1999 και 2001 (I99 και I01) (Εικόνα 9.4.1.4,13) δ) στην συνύπαρξη των (I98 και I00/1) (Εικόνα 9.4.1.5,13), ε) στην διάδοση των Λιβυκών στροβίλων προς τα Ανατολικά, και κλείνοντας στην συγχώνευση των δυο στροβίλων που έχουν δημιουργηθεί από την κυκλοφορία του δημιουργηθεί AW (Εικόνα 9.4.1.6,14).

9.4.2 Η πορεία της Γύρας Ιεράπετρας (I96).

Στις αρχές του Αυγούστου η Γύρα της Ιεράπετρας (I96) τροφοδοτείται από τα Νότια από μια πολύπλοκη σχετικά περιοχή θερμών δινών. Επιπλέον στα τέλη του



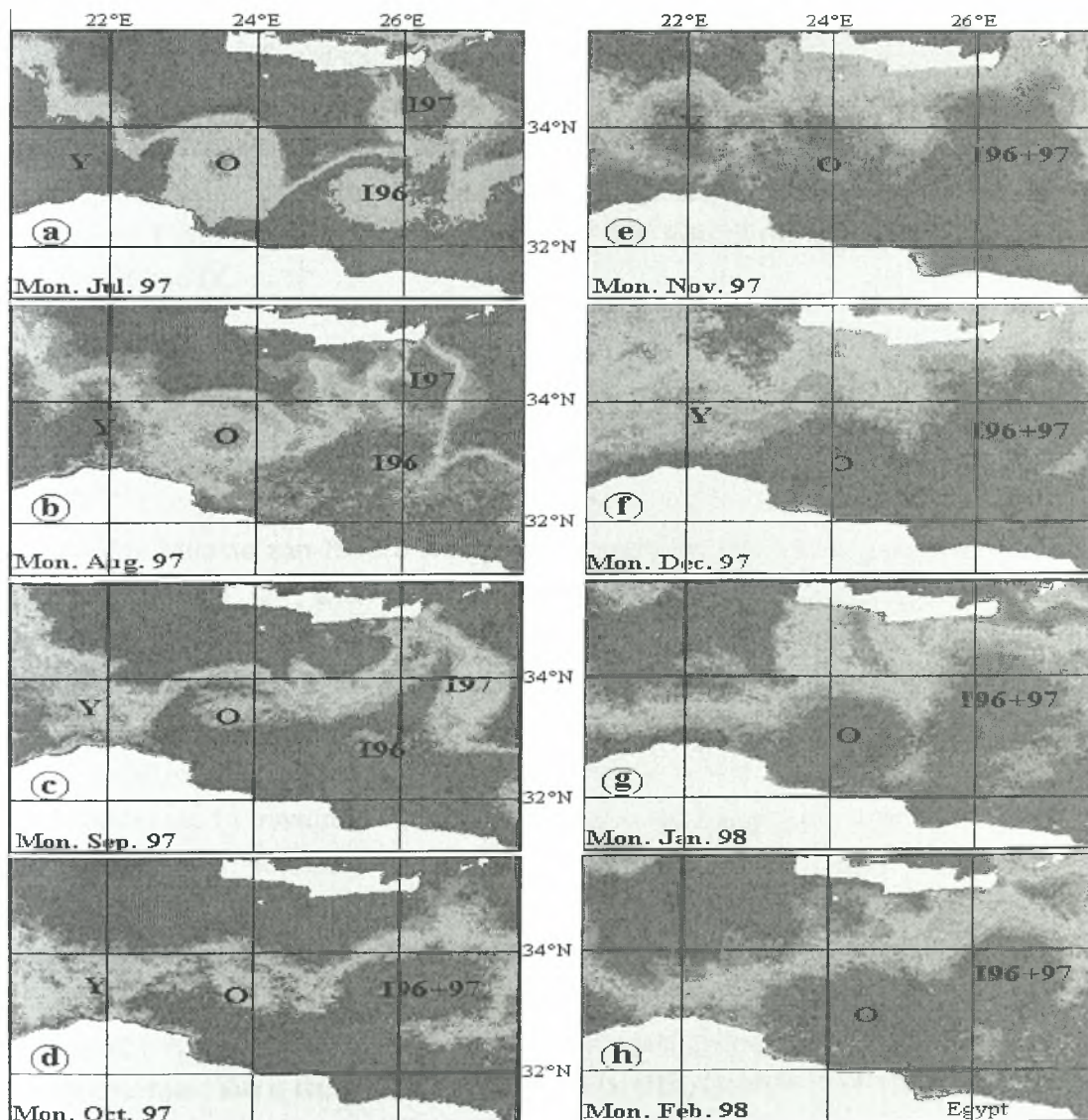
Εικόνα 9.4.1.1: Η επιφανειακή κυκλοφορία που επικρατούσε Νότια της Κρήτης και στο Νοτιοδυτικό Λεβαντινό Πέλαγος στις αρχές του Αυγούστου το 1996 έως και τα μέσα του Ιουνίου 1999, (N.Hamad *et al.*, 2006).

Σεπτεμβρίου ο I96 μετακινείται Νοτιοανατολικά ενώ η δίνη που συμβολίζεται με M στην (Εικόνα 9.4.1.1) μετακινείται Βορειοδυτικά από αυτήν. Την ίδια πορεία συνεχίζει ο I96 μέχρι τα μέσα του Οκτωβρίου και η δίνη M περιστρέφεται γύρω από την I96. Στην (Εικόνα 9.4.1.1) παρουσιάζεται και μια ακόμα δίνη που μεγαλώνει

συνεχώς μέχρι τα μέσα του Οκτωβρίου και συμβολίζεται με Ν. Τόσο η δίνη Μ όσο και η δίνη Ν περιβάλλουν την Γύρα της Ιεράπετρας μέχρι τον Μάρτιο του 1997 όπου εξαφανίζεται η δίνη Ν. Ακόμα από την ανάλυση των δορυφορικών εικόνων παρατηρούμε ότι από τον Φεβρουάριο μέχρι τον Απρίλιο του 1997 ο Ι96 σταματάει την πορεία που είχε προς τον Νότο και δραστηριοποιείται στην περιοχή μέχρι την στιγμή που λαμβάνει χώρα η δημιουργία του Ι97. Έτσι την άνοιξη του 1997 παρατηρούμε την σταδιακή δημιουργία και ανάπτυξη του Ι97 στην περιοχή (Εικόνα 9.4.1.1n,o,p)

9.4.2 Η συνένωση της Γύρας Ιεράπετρας που δημιουργήθηκε το 1996 με την Γύρα της Ιεράπετρας που δημιουργήθηκε το 1997.

Η (Εικόνα 9.4.1.2a) απεικονίζει την απόσταση που έχουν η (Ι96) και (Ι97) τον μήνα Ιούλιο του 1997 και έχει υπολογιστεί ότι είναι περίπου 100 km μακριά.

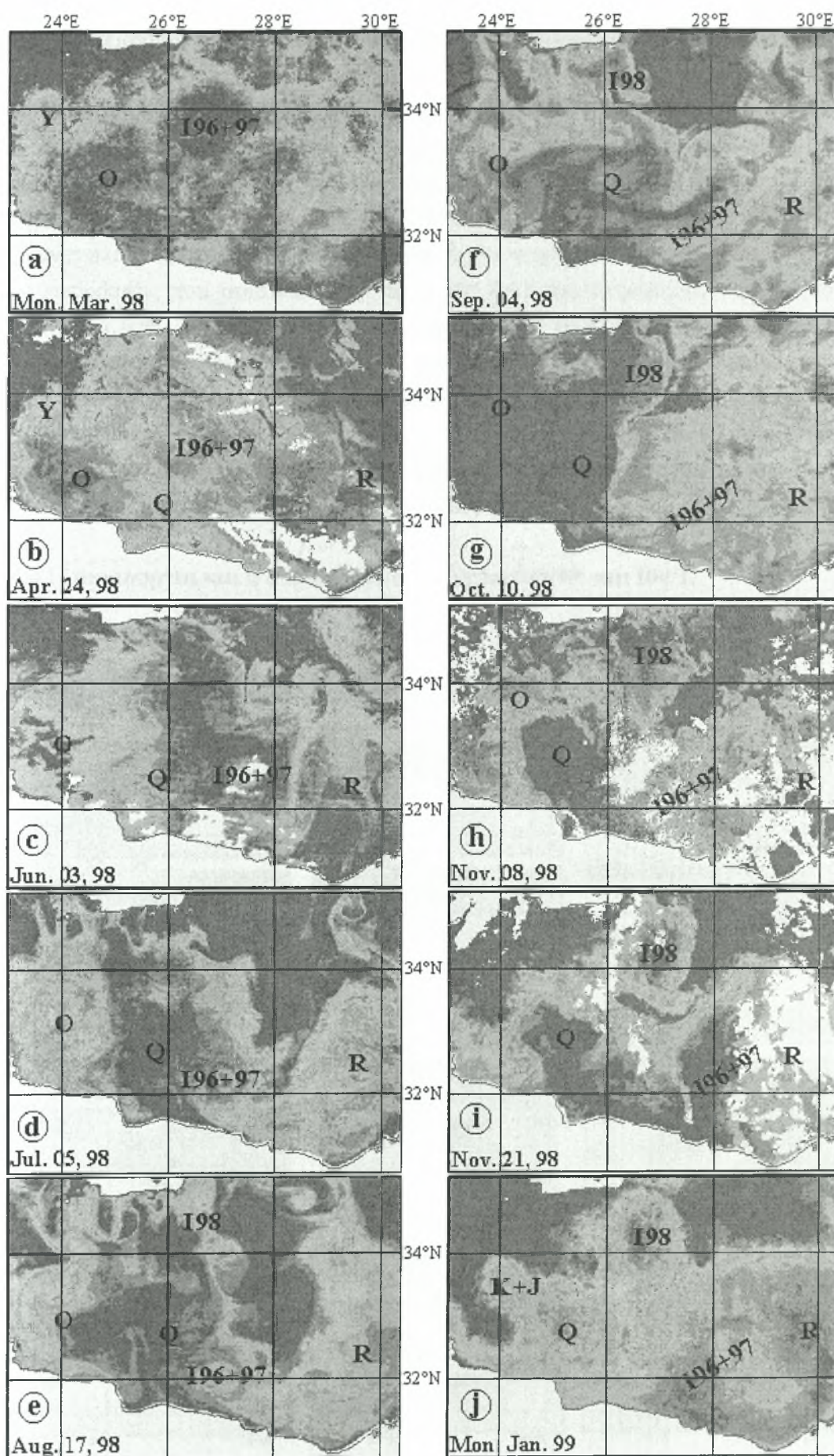


Εικόνα 9.4.1.2: Η επιφανειακή κυκλοφορία που επικρατούσε Νότια της Κρήτης και στο Νοτιοανατολικό Ιόνιο από τον Ιούλιο του 1997 έως τον Φεβρουάριο 1998. (N.Hamad et al., 2006).

Οι στρόβιλοι O και Y όπως απεικονίζονται στην (Εικόνα 9.4.1.2) δημιουργήθηκαν λόγω της αστάθειας της ροής κατά μήκος της Λιβυκής κατωφέρειας η οποία έχει έντονη κλίση και εκεί λαμβάνει χώρα ο στρόβιλος Y. Άξιο σημασίας είναι ότι τόσο ο στρόβιλος O όσο και ο I96 που δημιουργήθηκαν μέσω διαφορετικών διεργασιών χαρακτηρίζονται από την παρουσία θερμών υδάτων προερχόμενων κοντά από την ακτή αλλά και ψυχρών υδάτων που προέρχονται από το Κρητικό πέλαγος. Ωστόσο ενώ ο στρόβιλος O έχει διαφορετικά δυναμικά στοιχεία από τον στρόβιλο Y παρόλα αυτά και οι δυο έχουν την ίδια πηγή προέλευσης. Τον Αύγουστο του 1997 (Εικόνα 9.4.1.2b) ο (I96) κατευθύνεται Βορειοανατολικά ενώ η Γύρα (I97) μένει στάσιμη στην περιοχή. Οι δυο Γύρες αρχίζουν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους τον Σεπτέμβριο του 1997 (Εικόνα 9.4.1.2c) και συγχωνεύονται μεταξύ τους τον Οκτώβριο του 1997 (Εικόνα 9.4.1.2d). Η συνένωση της Γύρας (I96) και (I97) διατηρήθηκε μέχρι τον Φεβρουάριο του 1998 και στις δορυφορικές εικόνες απεικονίζονται ως (I96+97). Επίσης οι στρόβιλοι O και Y που παρέμειναν στάσιμοι μέχρι το Οκτώβριο του 1997 σταδιακά αρχίζουν να διαδίδονται προς τα Ανατολικά τον Νοέμβριο του 1997 (Εικόνα 9.4.1.2e). Τον Φεβρουάριο του 1998 ο στρόβιλος O και η γύρα (I96+97) βρίσκονται πολύ κοντά (Εικόνα 9.4.1.2h). Αυτή την χρονική περίοδο ο στρόβιλος Y μείωσε σημαντικά το μέγεθος του και τον Ιανουάριο του 1998 έχει σταματήσει να δραστηριοποιείται στην περιοχή (Εικόνα 9.4.1.2g). Αυτό οφείλεται στον γεγονός ότι το σταδιακά παρασέρνεται από το ρεύμα του AW και ξεκινά να κινείται περιφερικά του στρόβιλου O.

9.4.3. Η πορεία που ακολουθείται από τις συγχωνευμένες γύρες (I96 και I97) κατά μήκος της Δυτικής Λεβαντινής λεκάνης.

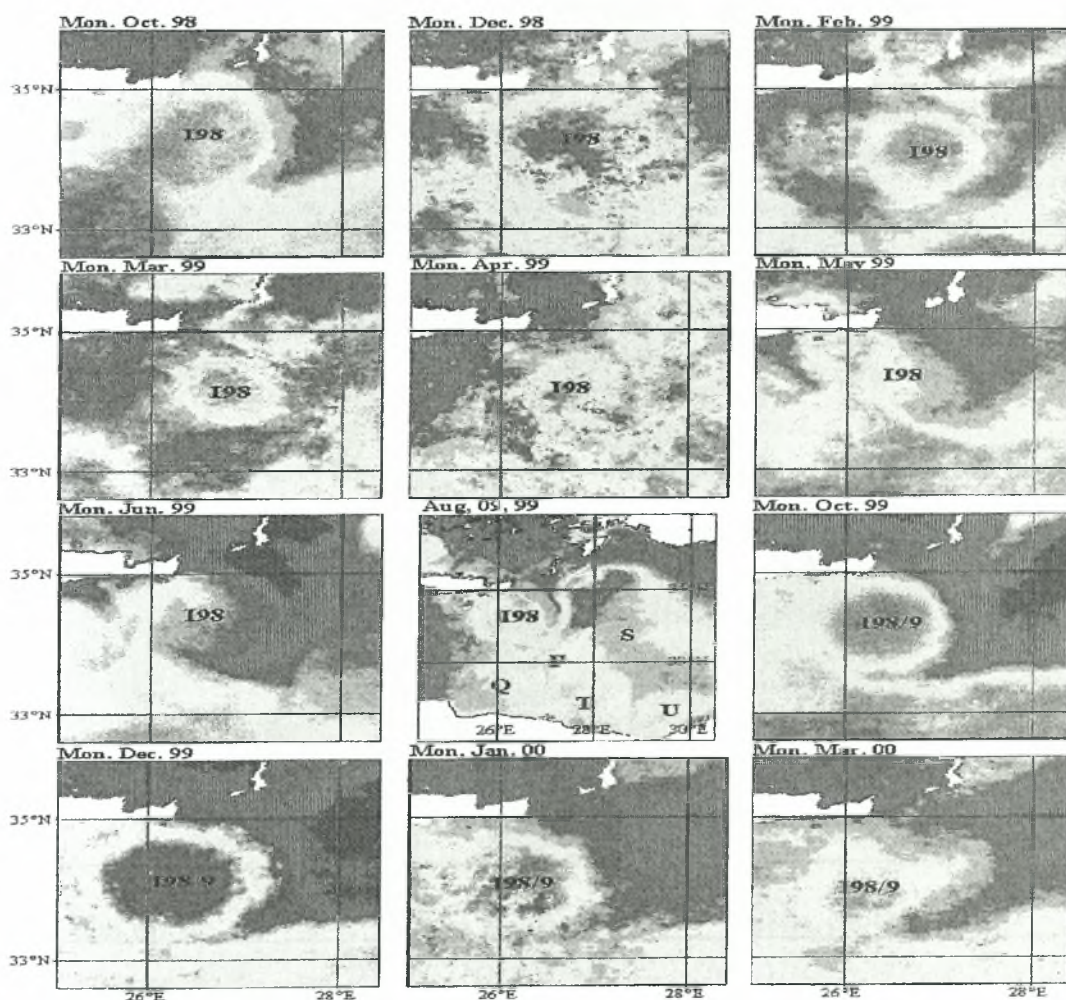
Τον Μάρτιο του 1998 ο στρόβιλος Y συνεχίζει την πορεία του γύρω από τον O (Εικόνα 9.4.1.3a). Στα τέλη του Απριλίου ο στρόβιλος Q δημιουργήθηκε Ανατολικά του O και ο στρόβιλος Y συνεχίζει να διατηρεί την ίδια θέση του. Τον Ιούνιο ο στρόβιλος Y κινείται προς τα Δυτικά. Η Γύρα (I96+97) κινείται Νοτιοανατολικά και ευθυγραμμίζεται με τον στρόβιλο O τον Ιούνιο. Ακόμα τον μηνά Απρίλιο μια πολύπλοκη ζώνη από θερμά ύδατα όπου δεν μπορούμε να αναγνωρίσουμε τα δυναμικά της χαρακτηριστικά (R) εμφανίζεται από τα Ανατολικά. Στις αρχές του Ιουλίου του 1998 οι κυρίες εξελίξεις που υφίσταντο τα χαρακτηριστικά της περιοχής είναι τα ακόλουθα: α) έχουμε την αύξηση της διαμέτρου Q, την στασιμότητα του στρόβιλου O, την Γύρα (I96+97) κοντά στην ακτή και οι μικρές σε κλίμακα δίνες να δραστηριοποιούνται Βόρεια του στρόβιλου Q και της Γύρας (I96+97), (Εικόνα 9.4.1.3d). Στα μέσα του Αυγούστου ο στρόβιλος O είναι ακόμα στάσιμος και ο στρόβιλος Q βρίσκεται μεταξύ του (I96+97) και του O, ακόμα ο I98 εμφανίζεται κοντά στην Κρήτη. Εντούτοις στα τέλη του Αυγούστου με



Εικόνα 9.4.1.3: Η επιφανειακή κυκλοφορία που επικρατούσε Νοτιοανατολικά της Κρήτης και Δυτικά της Λεβαντινής λεκάνης τον Μάρτιο του 1998 μέχρι τον Ιανουάριο του 1999, (N.Hamad *et al.*, 2006).

αρχές Σεπτεμβρίου ο στρόβιλος O και η Γύρα I98 παρουσιάζουν παρόμοιες τροχιές ενώ ο στρόβιλος Q και η Γύρα (I96-97) επιμηκώνονται προς τα Βορειοανατολικά.(Εικόνα 9.4.1.3e,f). Στις αρχές του Οκτωβρίου του 1998 η δομή του στρόβιλου O εξασθενεί, ο Q που κινείται Δυτικά τροφοδοτεί την Γύρα I98 και η Γύρα (I96+97) κινείται Ανατολικά, αντίθετα στην κατεύθυνση που έχει η πολύπλοκη ζώνη με τα θερμά ύδατα (R) (Εικόνα 9.4.1.3g). Έτσι στις αρχές Νοεμβρίου ο στρόβιλος O δεν είναι πλέον ορατός, αυτό μπορεί να οφείλεται στην αποσταθεροποίηση λόγω της αλληλεπίδρασης που υφίσταται από της δινες K+J που πλησιάζουν στην περιοχή (Εικόνα 9.4.1.3h). Ακόμα ο στρόβιλος Q συνεχίζει να τροφοδοτεί τον I98. Επιπλέον στο Νοτιοδυτικό Λεβαντινό Πέλαγος η Γύρα (I96+97) αρχίζει να αλληλεπιδρά με τα θερμά ύδατα της περιοχής (R) με αποτέλεσμα να έχουμε την δημιουργία μια μεγάλης αντικυκλωνικής Γύρας που η διάμετρος αγγίζει σχεδόν τα 200km. Κλείνοντας τον Ιανουάριο του 1999 ο στρόβιλος Q έρχεται σε αλληλεπίδραση με τις δινες K+J (Εικόνα 9.4.1.3j) που κατευθύνονται Βορειοδυτικά.

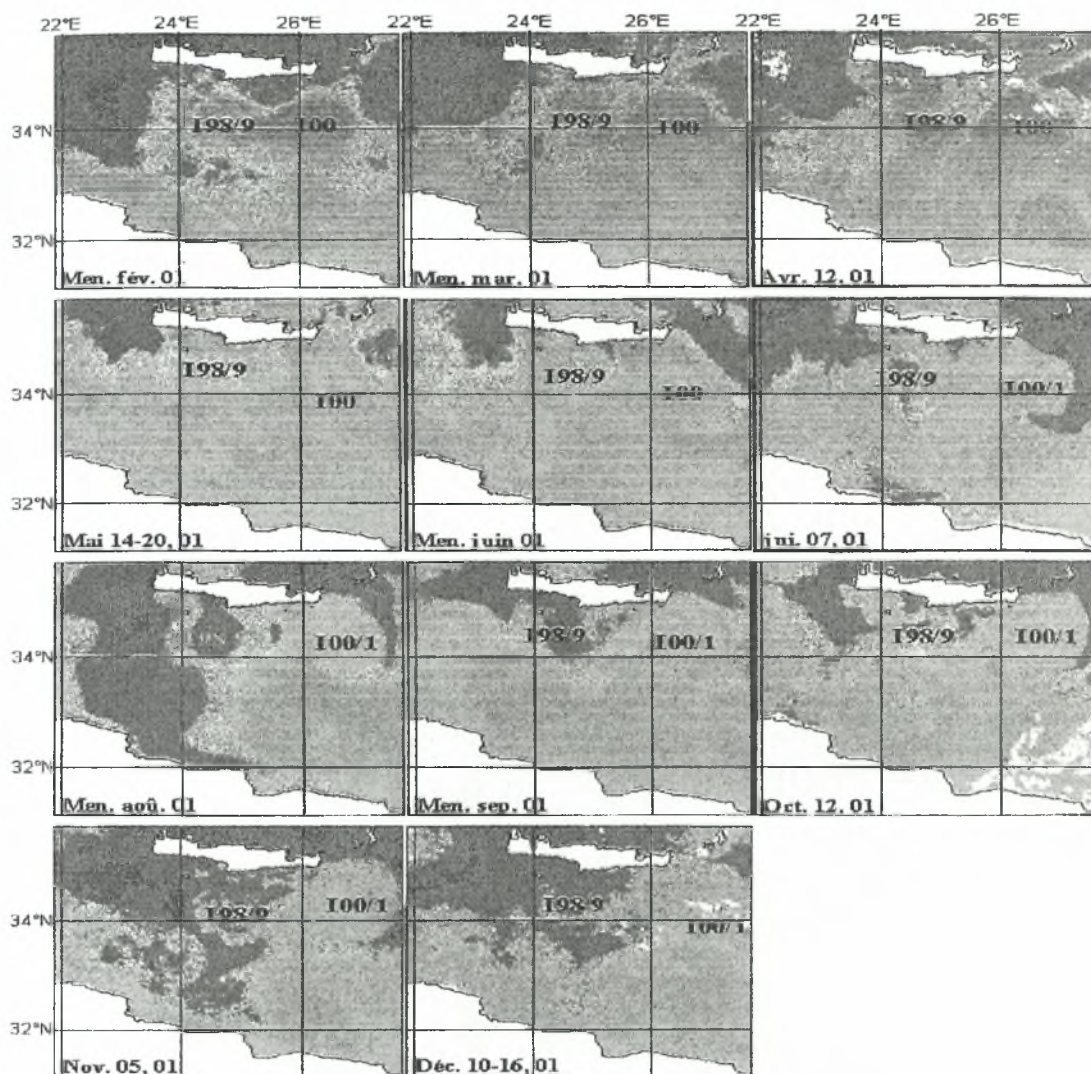
9.4.4 Η δημιουργία και η συνύπαρξη των Γύρων I98/99 και I00/1.



Εικόνα 9.4.1.4α: Η επιφανειακή κυκλοφορία της Γύρας Ιεράπετρας από τον Οκτώβριο του 1998 μέχρι τον Δεκέμβριο του 2001, (N.Hamad *et al.*, 2006)



Εικόνα 9.4.1.4β: Η επιφανειακή κυκλοφορία της Γύρας Ιεράπετρας από τον Οκτώβριο του 1998 μέχρι τον Δεκέμβριο του 2001, (N.Hamad *et al.*, 2006)



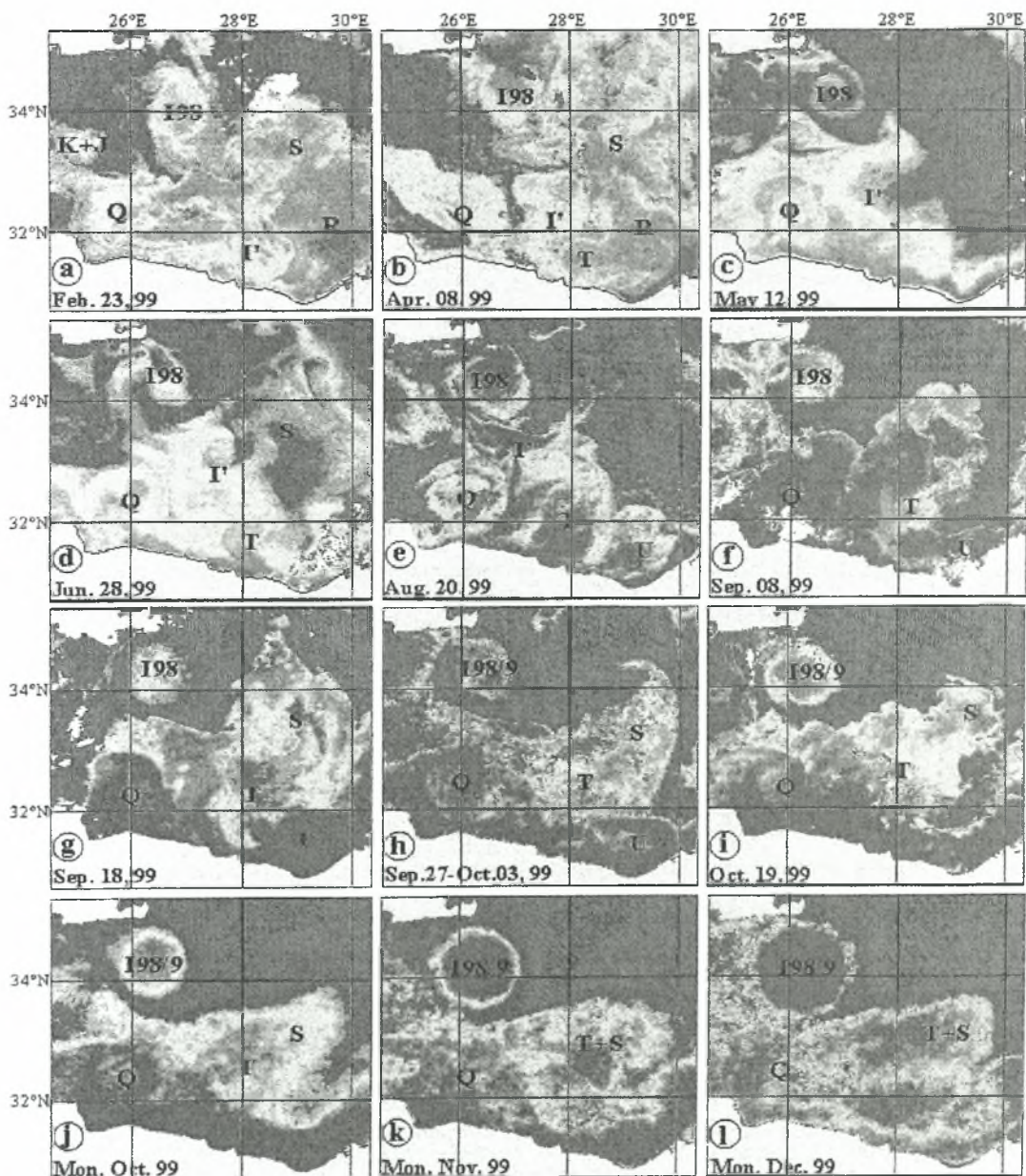
Εικόνα 9.4.1.4γ: Η επιφανειακή κυκλοφορία της Γύρας Ιεράπετρας από τον Οκτώβριο του 1998 μέχρι τον Δεκέμβριο του 2001, (N.Hamad *et al.*, 2006)

Αντίθετα με την Νότια κατεύθυνση που ακολούθησαν οι γύρες I96 και I97 πριν την συγχώνευσή τους, η γύρα I98 (που παρουσιάζει συγκεκριμένα δυναμικά χαρακτηριστικά το φθινόπωρο) παρέμεινε στάσιμη στην περιοχή από τον χειμώνα μέχρι την άνοιξη του 1998. Επιπλέον η γύρα I98 ήταν καλά αναπτυγμένη τον Μάιο – Ιούνιο του 1999. Η εικόνα του Αυγούστου μας δείχνει ότι η γύρα της Ιεράπετρας τροφοδοτείται με νερό τόσο από τον Νότο (μέσα από μικρή κλίμακα δίνες) όσο και Βορειοανατολικά (από το ρεύμα AMC). Οι ετήσιοι άνεμοι δημιούργησαν στην περιοχή μια επιπλέον δίνη με αποτέλεσμα η γύρα I99 να μετονομαστεί I98/9 (τουλάχιστον μέχρι τον Οκτώβριο του 1999) και διαφέρει στα δυναμικά της χαρακτηριστικά με την Γύρα (I96+97). Τα δυναμικά της χαρακτηρίστηκαν παρέμειναν έντονα κατά την διάρκεια του χειμώνα 1999-2000. Στην αρχή της άνοιξης ο I98/9 ξεκίνησε να κατευθύνεται Δυτικά, και εντοπίζεται κοντά στις Νοτιοανατολικές ακτές της Κρήτης όταν η γύρα I00 αρχίζει να αναπτύσσεται στην περιοχή. Τόσο η γύρα

198/99 όσο και η Γύρα I00 παρόλο που η απόσταση που απέχουν είναι μικρή είναι ευκρινώς αναγνωρίσιμοι στην περιοχή και επιπλέον διατηρούν την υπάρχουσα θέση τους μέχρι την άνοιξη του 2001 (Εικόνα 9.4.1.4).

9.4.5 Συγγώνευση των στροβίλων που υφίσταντο στην Νοτιοδυτική Λεβαντινή Λεκάνη.

Τα θερμά ύδατα που σχετίζονται με την Γύρα I96+97 και την περιοχή R στα τέλη του Φεβρουαρίου (Εικόνα 9.4.5.1a) έχουν παρόμοια θερμοαλατικά χαρακτηριστικά με αυτά που επικρατούσαν στην περιοχή (Εικόνα 9.4.1.3j). Παρόλα αυτά οι εικόνες μεταξύ τους δεν είναι ξεκάθαρες αρκετά έτσι ώστε να δείξουν ότι η Γύρα I96+97 έχει διατηρηθεί. Έτσι αυτό το δυναμικό χαρακτηριστικό της περιοχής έχει ονομαστεί Γ'. Ενώ στην περιοχή δεν έχουν παρουσιαστεί μεγάλες αλλαγές στα

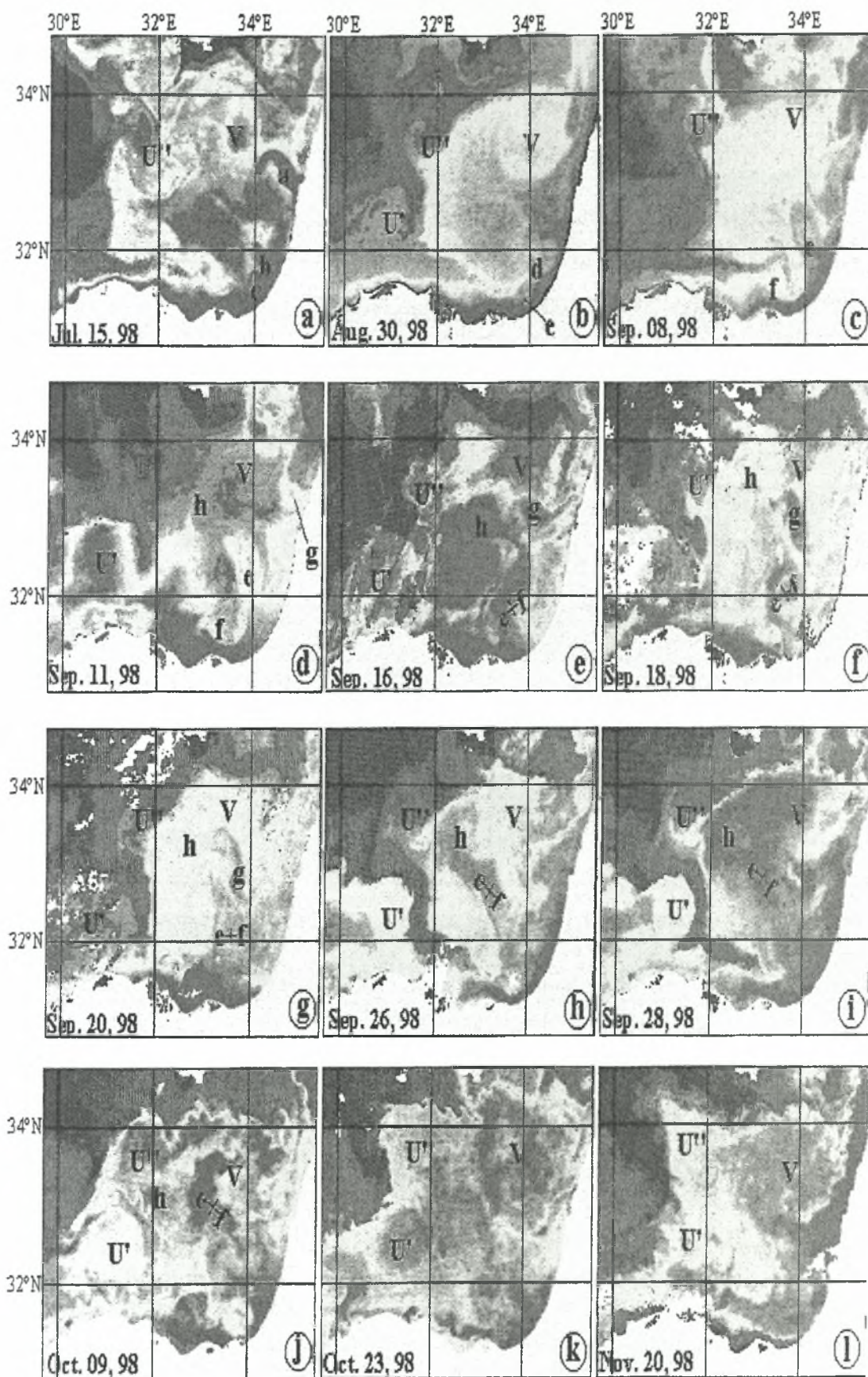


Εικόνα 9.4.5.1: Η επιφανειακή κυκλοφορία που επικρατούσε Νοτιοανατολικά της Κρήτης και Νοτιοδυτικά της Λεβαντινής λεκάνης από τα τέλη του Φεβρουαρίου μέχρι τον Δεκέμβριο του 1999. (N Hamad *et al.* 2006)

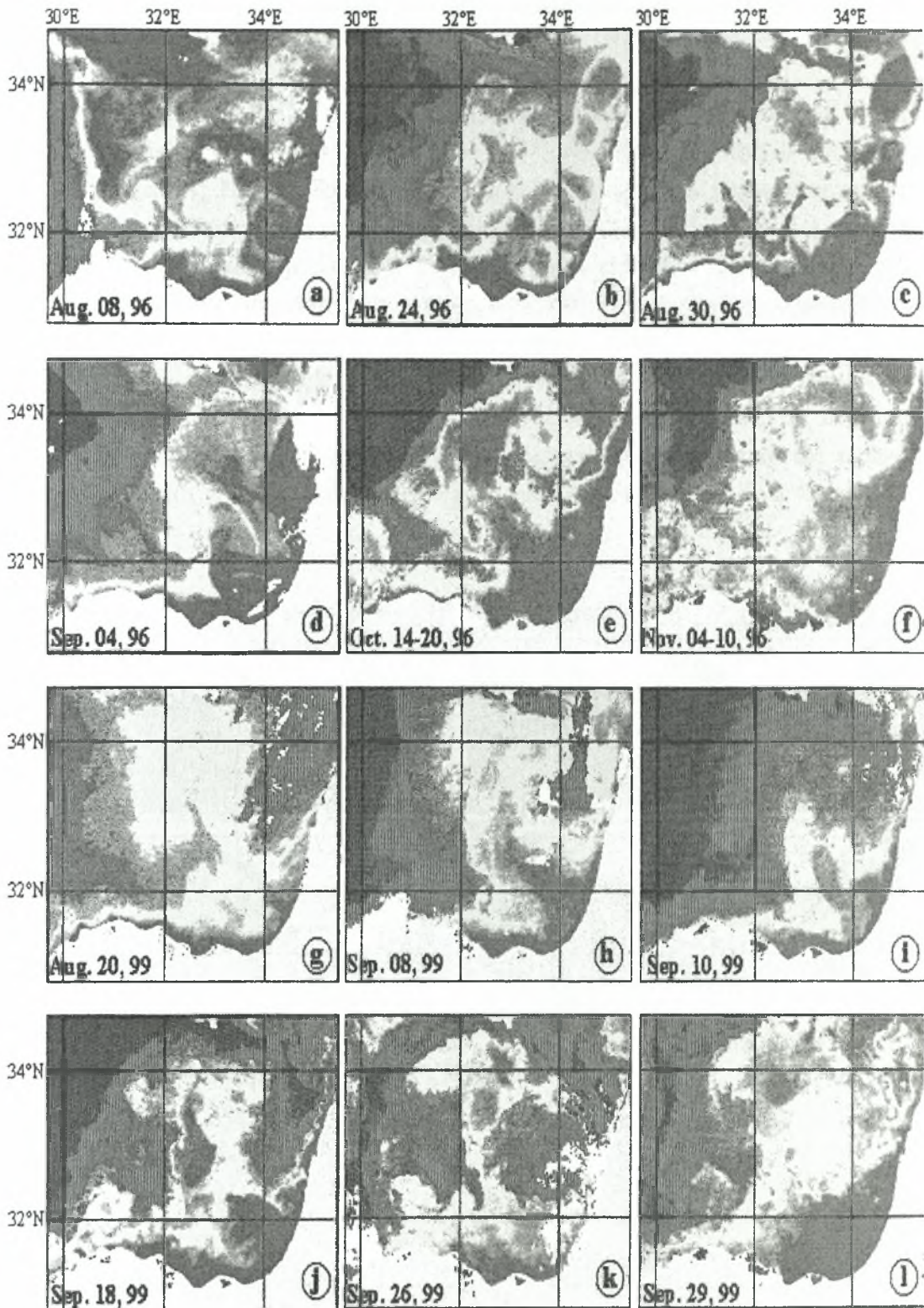
δυναμικά χαρακτηριστικά έχουμε την δημιουργία ενός νέου στροβίλου (S) που αναπτύσσεται Βόρεια του R και του I'. Ακόμα τον Απρίλιο του 1998 παρατηρήθηκε ότι οι θερμικές μεταβολές εξασθενούν και στην περιοχή έχουμε την δημιουργία ενός νέου κυκλωνικού στροβίλου (T). Κατά τα μέσα του Μαΐου η κατάσταση στην περιοχή μεταβάλλεται. Έτσι εκτός από την παρουσία του στροβίλου Q και της γύρας I98 έχουμε και την αλληλεπίδραση του στροβίλου I' με τον στρόβιλο S καθώς κατευθύνεται Βορειοανατολικά. Οι πορείες που ακολουθεί ο T και ο R δεν είναι εύκολο να εντοπιστούν σε αυτή την εικόνα. Ωστόσο ο εντοπισμός του R δείχνει την σταδιακή εξαφάνιση του ενώ ο στρόβιλος T εμμένει στην θέση του. Στα τέλη τον Ιουνίου του 1999 ο στρόβιλος I' κατευθύνεται προς τα Βόρεια αυτή η μετάδοση του συντελεί στην αποσταθεροποίηση του με αποτέλεσμα τον Αύγουστο να έχει εξαφανιστεί. Τον Αύγουστο του 1999 έχουμε την δημιουργία του στροβίλου U' κοντά στις ακτές. Επίσης τον Αύγουστο του 1999 η Γύρα I98 τροφοδοτείται από τα ύδατα του I' στα Νοτιοανατολικά και στα Βορειοανατολικά από το ρεύμα AMC. Στα μέσα του Σεπτεμβρίου οι στρόβιλος T και S αρχίζουν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (Εικόνα 9.4.5.1g). Συνέπεια αυτής της αλληλεπίδρασης είναι η συγχώνευση των στροβίλων T και S και η δημιουργία ενός εντονότερου και ισχυρότερου στροβίλου που ονομάζεται T+S (Εικόνα 9.4.5.1k,i). Το ίδιο διάστημα, η γύρα I98 εξελίχθηκε σε I98/9 και χαρακτηρίζεται την μεγάλη έκταση που καταλαμβάνει.

9.4.6 Η επιφανειακή κυκλοφορία που επικρατούσε στην Νοτιοανατολική Λεβαντινή Λεκάνη το 1996,1998 και 1999.

Είναι σχετικά δύσκολο να περιγραφεί η περιοχή της αντικυκλωνικής δραστηριότητας του Shikmona. Πρώτον γιατί κατά την θερινή περίοδο αναπτύσσεται ένα θερμό επιφανειακό στρώμα που συχνά καλύπτει τα θερμικά ίχνη. Δεύτερον επειδή μέσης κλίμακας στρόβιλοι εκεί έχουν μικρές διαστάσεις και αλλάζουν ταχέως μορφή και θέση. Τρίτον επειδή πολλές διεργασίες αποσταθεροποιήσεις επηρεάζουν την γενική ροή κατά μήκος των ακτών. Διάφορες είναι οι καταστάσεις που επικρατούν στην περιοχή το 1996,1998, και 1999 από το φθινόπωρο μέχρι το καλοκαίρι. Ωστόσο οι συνθήκες της επιφανειακής κυκλοφορίας που επικρατούν στην Νοτιοανατολική Λεβαντινή λεκάνη από το θέρος μέχρι το φθινόπωρο την περίοδο 1998, 1996 και 1999 περιγράφονται λεπτομερώς (Εικόνες 9.4.6.1 και 9.4.6.2). Στην περιοχή παρατηρούνται τόσο σχετικά μεγαλύτερες δομές (U,U' που πιθανότατα να έχουν την ίδια πηγή δημιουργίας) και ο στρόβιλος V (που μπορεί να έχει διαφορετική πηγή προέλευσης). Ακόμα στις (Εικόνες 9.4.6.1, 9.4.6.2 και 9.4.7.1) απεικονίζονται και μικρότερα δομικά στοιχεία που έχουν ονομαστεί με μικρά γράμματα (a,b,c.. κ.λ.π). Κλείνοντας θα ήθελα να αναφέρω ότι η γενικότερη επιφανειακή κυκλοφορία της περιοχής δεν φαίνεται να παρουσιάζει μεγάλες αλλαγές από χρόνο σε χρόνο.



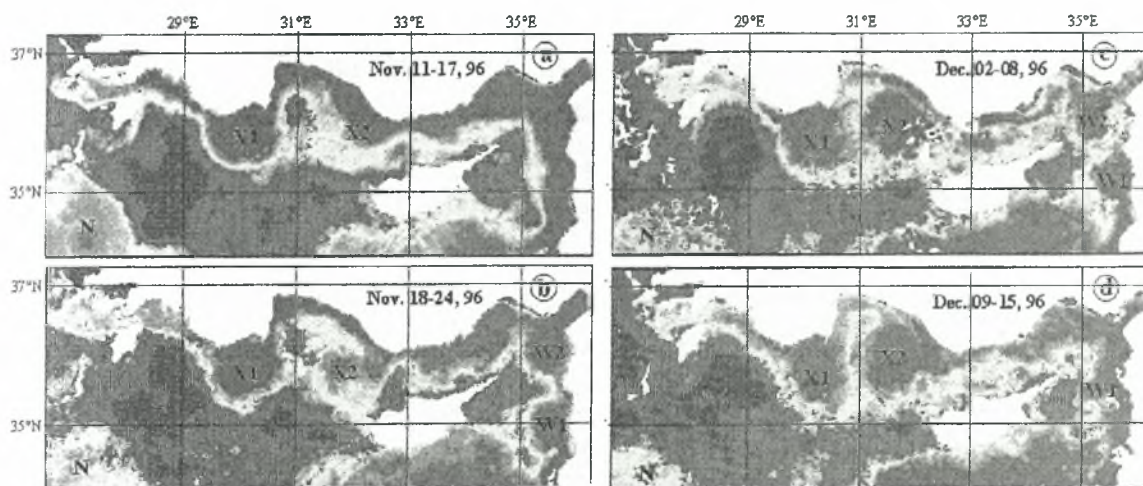
Εικόνα 9.4.6.1: Η Νοτιοανατολική Λεβαντινή λεκανή από τα μέσα του Ιουλίου μέχρι τα μέσα του Νοεμβρίου του 1998. (N.Hamad *et al.*, 2006).



Εικόνα 9.4.6.1: Η Νοτιοανατολική Λεβαντινή λεκανη από τις αρχές του Αυγούστου μέχρι τις αρχές Νοεμβρίου του 1996 (a-f), από τα μέσα Αυγούστου μέχρι το τέλος Σεπτεμβρίου του 1999. (N.Hamad *et al.*, 2006).

9.4.7 Η επιφανειακή κυκλοφορία που επικρατούσε στην Βόρεια Λεβαντική Λεκάνη από το 1996 έως το 1999.

Οι χρονοσειρές της (Εικόνας 9.4.7.1) ,αποτελούν συνέχεια των (Εικόνων 9.4.6.1, 9.4.6.2) και δείχνουν την κυκλοφορία του ΑW κατά μήκος των ακτών της Μέσης Ανατολής και της Νότιας Τουρκίας. Το καινούργιο δυναμικό χαρακτηριστικό της περιοχής που προκύπτει από την επεξεργασία δορυφορικών εικόνων είναι η εμφάνιση κατά μήκος των ακτών Νοτίως της Τουρκίας δυο αντικυκλωνικών δινών (X1,X2) που δημιουργούνται και ενίοτε παρασύρονται προς τα Δυτικά μέχρι να εξαφανιστούν, μπλοκάροντας τον " παραδοσιακό δρόμο AMC. Επίσης οι μικρής κλίμακας κυκλώνες (διαμέτρου 30-60 km) W1 και W2 διαδίδονται προς τα Νότια και απέχουν από της ακτές της Μικράς Ασίας (1-3 km). Ο κύριος σκοπός αυτής της ανάλυσης είναι να δώσει μια διαφορετική ερμηνεία στα δυναμικά χαρακτηριστικά της περιοχής όπως στην Γύρα της Ρόδου, στην Δυτική Δίνη της Κύπρου και στην δίνη Λαττάκια.



Εικόνα 9.4.7.1: Η Νοτιοανατολική Λεβαντική λεκανη από τα μέσα του Νοεμβρίου του 1996 μέχρι τα μέσα του Δεκεμβρίου του 1996. (N.Hamad *et al.*, 2006).

10 Αναπάντητα ερωτήματα που προέκυψαν τόσο από την ανάλυση δορυφορικών υπέρυθρων εικόνων όσο και από την ανάλυση των δεδομένων του POEM.

10.1 Εισαγωγή.

Ο Millot (2005) παρουσίασε μια σειρά αποδείξεων που δείχνουν πως η γενικότερη γνώση μας για την Ανατολική λεκάνη την Μεσογείου και ειδικότερα τα ευρήματα του προγράμματος POEM τις δεκαετίες 1980 και 1990 δεν είναι επαρκή. Δίνουν μάλιστα μια λανθασμένη άποψη αν δεν συνδυαστούν και με διαφορετικές έρευνες (Hamad *et al.*, 2005a,2005b) για τη κυκλοφορία των υδάτινων μαζών στην Ανατολική Μεσόγειο. Για την Δυτική Μεσόγειο μια γενικότερη κυκλοφορία με φορά αντίθετη αυτής των δεικτών του Ρολογιού είναι πλέον αποδεκτή για το AW. Αφού η λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά με την Δυτική Μεσογειακή λεκάνη γιατί έχει γίνει αποδεκτό ότι λειτουργεί με διαφορετικό τρόπο? Επιπλέον γιατί το AW αναφέρεται ότι κινείται στο εσωτερικό της λεκάνης και όχι περιμετρικά? Σχετικά μεγάλοι αντικυκλώνες μέσης κλίμακας δημιουργούνται από την αποσταθεροποίηση της κυκλοφορίας του AW στα Νότια της Δυτικής Μεσογείου και φτάνουν να έχουν χρόνο ζωής έως έτη. Είναι πιθανόν να εκτείνονται έως τον πυθμένα και να παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στην διασπορά όλων των υδάτινων μαζών. Ωστόσο ενώ στην Ανατολική Μεσόγειο παρόμοιοι στρόβιλοι λαμβάνουν χώρα δεν έχει γίνει αναλυτική μελέτη από τους επιστήμονες. Κλείνοντας στην κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου οι επιστήμονες δεν έχουν λάβει υπόψη τους βασικές αρχές της δυναμικής όπως την κοριόλια παράμετρο.

10.2 Αναπάντητα ερωτήματα

Κάποια ερωτήματα ακόμα και στις μέρες μας δεν έχουν απάντηθει. Όπως πόση είναι η συνολική κυκλοφορία του AW και του LIW σε κλίμακα λεκάνης; Δεύτερον ποια είναι η κυκλοφορία του AW όταν το LIW αρχίζει να δημιουργείται και να βυθίζεται στα βαθύτερα στρωματά; Ποια είναι η δομή των δυναμικών στοιχείων της μέσης κλίμακας και ποσό αυτά επηρεάζουν την κυκλοφορία των υδάτινων μαζών;

Παρόλα αυτά πρέπει να αναφερθούν πιο γενικά ερωτήματα και προβλήματα που αφορούν την κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου. Έτσι για να περιγράψουμε την κυκλοφορία όσον το δυνατό ακριβέστερα οι ερευνητές πρέπει να αναλύσουν τα δεδομένα που έχουν συλλέξει όσο το δυνατό καλύτερα. Με την καλή ανάλυση των δεδομένων θα είμαστε σε θέση να προσομοιάσουμε σε έναν ικανοποιητικό βαθμό την κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου. Όμως η καλή ανάλυση των δεδομένων απαιτεί μαθηματικές εξισώσεις. Έτσι για να απεικονίσουν την κυκλοφορία της περιοχής και τελικά να κατανοήσουν τις διεργασίες που την δημιουργούν χρειάζεται να έχουν τόσο το μαθηματικό όσο και το ωκεανογραφικό γνωστικό υπόβαθρο κάτι

που σπάνια βρίσκεται σε ένα άτομο. Συνεπώς από την περιγραφή έως την κατανόηση η απόσταση είναι μεγάλη. Έτσι μια κοινότητα από επιστήμονες όπως αυτή των φυσικών ωκεανογράφων που μελετούν την Μεσόγειο Θάλασσα καλούνται να αντιμετωπίσουν μια σειρά προβλημάτων που δυσχεραίνει το έργο τους. Σε γενικές γραμμές θα πρέπει να αναρωτηθούμε αν έχουμε τα σωστά αξιώματα και υποθέσεις; Έτσι τα μοντέλα που δημιουργούν οι φυσικοί ωκεανογράφοι είναι σε μεγάλο βαθμό ικανά για να προσομοιάσουν την κυκλοφορία που πραγματικά συμβαίνει στην περιοχή μελέτης;

10.3 Διάφορα σενάρια για την φαινομενική σταθερότητα που παρατηρείται στην κυκλοφορία σε αντίθεση την μεταβλητότητα που υφίσταται η περιοχή στην πάροδο του χρόνου.

Για αρκετές δεκαετίες αλλά ακόμα και σήμερα αναφέρουμε ότι η μεταφορά υδάτων μέσα από τα στενά του Gibraltar μπορεί να εκτιμηθεί από την αναλογία του όγκου και της αλατότητας της θαλάσσιας περιοχής. Καθώς ο όγκος των υδάτων περίπου διατηρείται και μπορεί να εκτιμηθεί σχετικά σωστά, τι γίνεται όμως με το ποσοστό της αλατότητας και πως αυτό διατηρείται? Αντίστοιχα για μεγάλες χρονικές περιόδους (δεκαετίες) έχουν παρατηρηθεί αλλαγές στα υδρολογικά χαρακτηριστικά ορισμένων υδατινών μαζών (π.χ WMDW) που πιθανόν να οφείλεται είτε στις κλιματικές συνθήκες (Bethoux *et al.*, 1990), είτε σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Rohling and Bryden, 1992). Γιατί να μην υποθέσουμε ότι το AW καθώς εισέρχεται από τα στενά του Gibraltar μπορεί να έρχεται αντιμέτωπο μια μεγάλη χρονικά διακύμανση που μεταβάλλει τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά (Millot and Briand, 2002), καθώς αποδεικτικέ στους Ωκεανούς (Levitus *et al.*, 2002). Γενικότερα γιατί να μην υποθέσουμε αυτό για ολόκληρο το σύστημα, δηλαδή ότι τόσο ωκεανός όσο και η θάλασσα μόνιμα αλληλεπιδρών με την ατμόσφαιρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι υδρολογικοί παράμετροι να μην μένουν σταθεροί. Λαμβάνοντας υπόψη τα Μεσογειακά ύδατα μπορούν να προκύψουν τα ακόλουθα: α) για μικρή χρονική περίοδο της τάξης (1-2 δεκαετίες) οι υδρολογικοί παράμετροι θεωρούνται ότι παραμένουν σταθεροί, β) αλλά με μεγαλύτερες χρονικές περιόδους (μερικές δεκαετίες) αυτή η σταθερότητα των υδρολογικών τιμών τείνει να μην ισχύει, και γ) οι χρονικές περίοδοι (αρκετών δεκαετιών η αιώνων) είναι χρήσιμες στο να καθορίσουμε της τωρινές διακυμάνσεις που έχουν οι υδρολογικοί παράμετροι από την συχνότητα επανεμφάνισης τους.

10.4 Αλλαγές που παρατηρήθηκαν στην κυκλοφορία και στην λειτουργία της Μεσογείου και πως τα αποτελέσματα που προέκυψαν έχουν παρερμηνευτεί.

Στην προηγούμενη ενότητα υποστηρίξαμε ότι οι υδρολογικοί παράμετροι που χαρακτηρίζουν τις Μεσογειακές υδάτινες μάζες (και το AW) παρουσιάζουν μεγάλη

χρονική διακύμανση. Μπορούν ωστόσο αυτές οι χρονικές διακυμάνσεις (αρκετών δεκαετιών) να οδηγήσουν σε δραματικές αλλαγές τόσο στην λειτουργία της θάλασσας όσο και στην κυκλοφορία των υδάτινων μαζών.

Για παράδειγμα μια πλέον αποδεκτή αλλαγή που πραγματοποιήθηκε στη λειτουργία της Μεσογείου και έλαβε μέρος την τελευταία δεκαετία είναι η υδρολογική μετάβαση της Ανατολικής Μεσογείου (EMT, Rother *et al.*, 1996). Αυτό το αποτέλεσμα προκύπτει από το γεγονός ότι τα ύδατα του Αιγαίου γίνονται πιο πυκνά από αυτά της Αδριατικής στα τέλη του 1980 και στις αρχές του 1990, το οποίο έρχεται σε αντίθεση με τα δεδομένα που είχαμε τόσο προγενέστερα όσο και μετέπειτα. Λιγότερο γνωστές αλλαγές πραγματοποιούνται στα Μεσογειακά ύδατα που εκρέονται από τα στενά του Gibraltar, όπως έχει αποδεικτική από την συλλογή αρκετών υδρολογικών δεδομένων την χρονική περίοδο 1994,1995,2003 και το 2004 (Millot *et al.*, 2005). Η αύξηση προκαλείται στην αλατότητα (~0,06psu) και στην θερμοκρασία (~0,3°C) εξηγείται από την εκροή που παρατηρήθηκε την τελευταία δεκαετία από την αντικατάσταση της υδάτινης μάζας WMDW από ύδατα που προέρχονται από την Ανατολική λεκάνη της Μεσογείου, το οποίο μπορεί θεωρηθεί ως υδρολογική μετάβαση της Μεσογείου (MST). Ακόμα υποθέτουμε ότι η MST μπορεί να είναι αποτέλεσμα της EMT και οι συνέπειες που μπορεί να προκαλέσει η MST να είναι πιο δραματικές στον ωκεανό σε σχέση με αυτές που προκαλεί η EMT. Ακόμα τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων και δείχνουν ότι το WMDW εκρέει. Ωστόσο από μερικούς συναδέλφους δεν έχει γίνει αποδεκτό με την πρόφαση ότι δεν μπορεί καλά να αναγνωριστεί και ότι έχουν εξαχθεί λανθασμένα αποτελέσματα. Αν φανταστούμε την λειτουργία που πραγματοποιείται στην θάλασσα θα δούμε ότι αποτελείται από σειρά μικρών περιοχών στις οποίες παράγονται ύδατα, η ποσότητα που παράγει κάθε περιοχή έχει να κάνει με την χρονική διακύμανση που υφίσταται. Πιστεύουμε ότι οι αλλαγές στα υδρολογικά χαρακτηριστικά και η ποσότητα των υδάτων που παράγεται έχει να κάνει με το ποσό έντονη είναι η ανάμειξη στην περιοχή και μέχρι ποιο βάθος δραστηριοποιείται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα άλλοτε να είναι αναγνωρίσιμη η υδάτινη μάζα που εκρέει και άλλοτε όχι.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Accerboni, E. and G. Grancini (1972) Measures Hydrologiques en Mediterranee Orientale (Septembre 1968) Bolleatino di Geofisica Teoretica ed Applicata, 14 (53-54), 24pp.
2. Anati, D.A. (1984) A Dome of Cold Water in the Levantine Basin. Deep-Sea Research, 31 (10), 1251-1257.
3. Brankart, J.-M., Pinardi, N., 2001. Abrupt cooling of the Mediterranean Levantine Intermediate water at the beginning of the eighties: observational evidence and model simulation. J. Phys. Oceangr. 31, 2307– 2320.
4. Brasseur, P., Beckers, J.M., Brankart, J.M., Schoenauen, R., 1996. Seasonal temperature and salinity fields in the Mediterranean Sea: climatological analyses of an historical data set. Deep-Sea Research I 43, 159;192
5. Bethoux, J.P., B.Gentili and D. Tailliez-1990. Warming trend in the Western Mediterranean Deep Water. Nature, 347: 660-662.
6. Castellari, S., Pinardi, N., Leaman, K.D., 2000. Simulation of water mass formation processes in the Mediterranean Sea: influence of the time frequency of the atmospheric forcing. J. Geophys. Res. 105 (N 10), 24157– 24181.
7. Demaio A., Moretti M., Sansone E & Spezle G. (1990) Seasonal salinity variations of the LIW entering into the South Tyrrhenian Sea. II Nuovo Cimento 13C, 221-232.
8. Engel, I. (1967). Currents in the Eastern Mediterranean. International Hydrographic Review, 44, 23-40.
9. El-Gindy, A.A.H., El-Din, S.H.S., 1986. Water masses and circulation patterns in the deep layer of the Eastern Mediterranean, Oceanologica Acta 9(3), 239-248.
10. Feliks, Y. and S. Itzikowitz (1987) Movement and Geographical Distribution Of Anticyclonic Eddies in the Eastern Levantine Basin. Deep-Sea Research. 34 (9A), 1499-1508.
11. Gacic M., Kovacevic V., Manca B., Papageorgiou E., Poulain P.M., Scarazzato P. and Vetrano A. (1996). Thermohaline properties and circulation in the Otranto Strait. In: Dynamics of Mediterranean Straits and Channels, ed. F.Briand, CIESM Science Series no. 2. Bulletin de l'Institut Oceanographique. Monaco 17, 117-145.
12. Gertman, I. F., I. M. Ovchinnikov, and Y. I. Popov, Deep convection in the eastern basin of the Mediterranean Sea, Oceanology, 34, 19–25, 1994.
13. Hamad, N., Millot C., and Taupier-Letage I., The surface circulation in the eastern basin of the Mediterranean Sea, 2006.
14. Hamad, N., Millot C., and Taupier-Letage I., A new hypothesis about the surface circulation in the eastern basin of the Mediterranean sea, 2005.

15. Hecht, A., N. Pinardi and A. Robonson (1988) Currents, Water Masses, Eddies and Jets in the Mediterranean Levantine Basin. *Journal of Physical Oceanography*, 18, 1320-1353.
16. Horton, C., J. Kerling, G. Athey, J. Schmitz and M. Clifford-1994. Airborne expendable bathythermograph surveys of Eastern Mediterranean. *J. Geophys. Res.*, 99(C5): 9891-9905.
17. Hopkins, T.S (1978). 'Physical Processes in the Mediterranean Basin'. In: *Estuarine Transport Processes*. Bjorn Kjerfve (ed.) Columbia : University of south Carolina Press, 269-310.
18. Kotsovinos, N.E.-1997. The Ierapetra and Rhodes Gyres: an assumption for their generation. *Proc. Hell. Symp. Oceanogr Fish*, 1:161-164.
19. Krom, M.D., Brenner, S., Israilov, L., Krungal, B.S., 1991. Dissolved nutrients, preformed nutrients and calculated elemental ratios in the Eastern Mediterranean sea. *Oceanologica Acta* 14, 189-194.
20. Krom, M.D., Brenner, S., Kress, N., Neori, A., Gordon, L.I., 1993. Nutrient distributions during an annual cycle across a warm-core eddy from the E. Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research I* 40(4), 805-825.
21. Klein, B., W. Roether, B. B. Manca, D. Bregant, V. Beitzel, V. Kovacevic, and A. Lucchetta, The large deep water transient in the eastern Mediterranean, *Deep Sea Res., Part I*, 46, 371– 414, 1999.
22. Korres, G., Pinardi, N., Lascaratos, A., 2000. The ocean response to low frequency interannual atmospheric variability in the Mediterranean Sea: Part I. Sensitivity experiments and energy analysis. *J. Climate* 13, 705–731.
23. Katz, E.J., 1972. The Levantine Intermediate Water between the Strait of Sicily and the Strait of Gibraltar. *Deep-Sea Res.* 19, 507–520.
24. Lacombe, H., & Tchernia, P. (1972). Caracteres hydrologiques et circulation des eaux en Mediterranee. In D. J. Stanley (Ed.), *The Mediterranean Sea, a national sedimentation laboratory* (pp. 25–36). Stroudsburg: Dowden, Hutchinson & Ross.
25. Larnicol, G., P.Y. Le Traon, N. Ayoub and P. De Mey-1995. Mean sea level and surface -2002. Major Changes in the Mediterranean Sea level and surface circulation Variability from 2 years of TOPEX/POSEIDON altimetry. *J. Geophys. Res.*, 100:25163-25177
26. Larnicol, G., N. Ayoub and P.Y. Le Traon -2002. Major changes in Mediterranean sea level variability from 7 years of TOPEX/POSEIDON and ERS-1/2 data. *J. Mar. Syst.*, 33-34:63-89.
27. Lascaratos, A., R. G. Williams, and E. Tragou, A mixed layer study of the formation of Levantine Intermediate Water, *J. Geophys. Res.*, 98, 14,739–14,749, 1993.

28. Lascaratos, A., Roether, W., Nittis, K., Klein, B., 1999. Recent changes in deep water formation and spreading in the eastern Mediterranean Sea: a review. *Prog. Ocean.* 44, 5–36.
29. Lascaratos, A and S.Tsantilas-1997. Study of the seasonal cycle of the Ierapetra gyre, using satellite imager. *Proc.Hell.Symp. Oceanogr. Fish*, 1:165-168.
30. Le Vourch, J., C.Millot, N.Castagne, P.Le Borgne and J.P.Olry-1992. Atlas of thermal fronts of the Mediterranean Sea derived from satellite imagery. *Mem. Inst. Oceanogr. Monaco*, 16.
31. Leaman, K.D., Schott, F.A., 1991. Hydrographic structure of the convective regime in the Gulf of Lions: winter 1987. *J. Phys. Oceanogr.* 21 (N4), 575–598
32. Malanotte-Rizzoli, P. and Hecht, A., 1988. Large-scale properties of the Eastern Mediterranean: a review. *Oceanol. Acta*, 11 (4): 323-335.
33. Malanotte-Rizzoli, P and Bergamasco, A., 1991. The wind and thermally driven circulation of the Eastern Mediterranean Sea *Dyn Atmos Oceans*, 15: 355-420.
34. Malanotte-Rizzoli, P., Robinson, A.R., Roether, W., Manca, B., Bergamasco, A., Brenner, S., Civitarese, G., Georgopoulos, D., Haley, P.J., Kioroglou, S., Kontoyannis, H., Kress, N., Latif, M.A., Leslie, W.G., Ozsoy, E., d'Alcala, M.R., Salihoglu, I., Sansone, E., Theocharis, A., 1996a. Experiment in Eastern Mediterranean probes origin of deep water masses. *EOS* 77(32), 305, c311.
35. Malanotte-Rizzoli, P., Manca, B.B., Ribera d'Alcala, M., Theocharis, A., Brenner, S., Budillon, G., Ozsoy, E., 1999. The Eastern Mediterranean in the 80s and in the 90s: the big transition in the intermediate and circulation. *Dynamics of Atmosphere and Oceans* 29(2-4), 365-395.
36. Malanotte-Rizzoli, P., Manca, B.B., d'Alcala, M.R., Teocharis, A., Bergamasco, A., Bregant, D., Budillon, G., Civitarese, G., Georgopoulos, D., Michelato, A., Sansone, E., Scarazzato, P., Souvermezoglou, E., 1997. A synthesis of the Ionian Sea hydrography, circulation and water mass pathways during POEM-Phase I. *Progress in Oceanography* 39, 153}204.
37. Malanotte-Rizzoli, P and A.Bergamasco-1989. The circulation of the Eastern Mediterranean, part I: The barotropic, wind-driven circulation. *Oceanol Acta*, 12 (4): 355-419.
38. Malanotte-Rizzoli, P and A.Bergamasco-1991. The wind and thermally driven circulation of the Eastern Mediterranean, part II: The barotropic case. *Dyn. Atm. Oceans*, 15 (3-5): 355-419.
39. Malanotte-Rizzoli, P-1994. Modeling the general circulation of the Mediterranean. In: P.Malanotte-Rizzoli and A.R.Rodinson (eds) *Ocean processes in the Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples*, NATO ASI Series, 419, pp. 307-321. Kluwer Academic Publ., Dordrecht.

40. Manca, B.B., Ursella, L. and P. Scarazzato-2002. New development of the Eastern Mediterranean circulation based on the hydrological observations and current measurements. In F. Boero et al. (eds) 2nd National Conference of Conisma, Mar. Ecol., PSZN, 23 (1): 237-257.
41. Marullo, S., R. Santoleri, P. Malanotte-Rizzoli and A. Bergamasco.-1999a. The sea surface temperature field in the Eastern Mediterranean from the advanced very high resolution radiometer (AVHRR) data-Part I. Seasonal variability. *J. Mar. Syst.*, 20:63-81.
42. Marullo, S., R., Santoleri, P. Malanotte-Rizzoli and A. Bergamasco.-1999b. The sea surface temperature field in the Eastern Mediterranean from the advanced very high resolution radiometer (AVHRR) data-Part II. Interannual variability. *J. Mar. Syst.*, 20:83-112.
43. Matteoda, A.M and S.M. Glenn-1996. Observations of recurrent mesoscale eddies in the Eastern Mediterranean. *J. Geophys. Res.*, 101(C9):20687-20709.
44. Miller, A.R., Tschernia, P., Charnock, H., McGill, D.A., 1970. Mediterranean Sea Atlas. The Woods Hole Oceanographic Institution Atlas Series, vol. 11.
45. Millot, C and I. Taupier-Letage-2005a. Additional evidence of LIW entrainment across the Algerian Basin by mesoscale eddies and not by a permanent westward-flowing vein. *Prog. Oceanogr.*, (in press)
46. Millot, C and I. Taupier-Letage-2005b. Circulation in the Mediterranean sea. *Handbook of Environmental Chemistry.*, Vol 1.
47. Millot, C: Circulation in the Mediterranean Sea: evidences, debate and unanswered questions, 2005.
48. Manzella G.M.R., Gasparini G.P. & Asirai di M. (1988) Water exchange between the Eastern and Western Mediterranean through the Strait of Sicily. *Deep-Sea Research* 35, 1021-1035.
49. Moretti M., Sansone E., Spezie G. & Demaio A. (1993) Results of investigations in the Sicily Chalmel (1986-1990). *Deep-Sea Research (Part II, Special Issue)* 40, 1181- 1192.
50. Mosetti, F., E. Accerboni and A. Lavenia (1972) *Recherches Oceanographiques en Mediterranee Orientale (Aout 1967), Rapports et Proces-Verbaux des Reunions. Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mediterranee*, 20, 623-625.
51. Manca, B. B., A. Theocharis, S. Brenner, H. Kontoyiannis, and E. Sansone, Water masses and transports between the Aegean and Levantine basins during LIWEX '95, in *The Eastern Mediterranean as a Laboratory Basin for the Assessment of Contrasting Ecosystems*, NATO Sci. Ser., vol. 51, edited by P. Malanotte-Rizzoli and V. N. Eremeev, pp. 483-493, Kluwer Acad., Norwell, Mass., 1999.
52. Nittis, K., Theocharis, A., Lascaratos, A., 1990. Objective analysis of POEM Greek data: general circulation features and water masses in the Eastern

- Mediterranean (March/April 1986, September/October 1987). Rapport Comm. int. Mer Mediterranean 32, 161.
53. Oren, O.H., 1971. The Atlantic Water in the Levant Basin and on the Shores of Israel. Cahiers Oceanogr., 23: 291-297.
54. Ovchinnikov, I.M. (1965). The Sixth Mediterranean Expedition on the Research Vessel Akademik S. Vavilov. Oceanology, 4, 143-148.
55. Ovchinnikov I.M., A. Plakhiv , L.V. Moskalenko, K.V. Neglyad, A.S. Osadchiy, A.F. Fedoseyev, V.G. Krishova and K.V. Voutova (1976) Hydrology of the Mediterranean Sea, Gidrometeoizdat, Leningrad, 375pp.
56. Ovchinnikov, I. M. (1966). Circulation in the surface and intermediate layers of the Mediterranean. Oceanology, 6, 48-57.
57. Ozsoy, E., Hecht, A. and Unluata, U., 1989. Circulation and hydrography of the Levantine Basin. Results of POEM Coordinated Experiments 1985-1986. Prog. Oceanogr., 22: 125-170.
58. Ozsoy E., Hecht A., Unluata U., Brenner S., Gguz T., Bishop J., Latif M.A., Rozentraub Z., A Review of the Levantine Basin Circulation and its Variability during 1985-1988; Dyn. Atmos. Oceans 15 (1991) 421-456.
59. Ozsoy, E., Unluata, U., Oguz, T, Latif, M.A, Hecht, A., Brenner, S., Bishop, J. and Rozentroub, Z. 1991. A review of the Levantine Basin circulation and its variabilities during 1985-1988 Dyn Atmos. Oceans, 15:421-456
60. Ozsoy, E., C. Saydam, I. Salihoglu and U. Unluata (1986) Sea surface expression of meso-scale eddies in the Northeastern Mediterranean - November 1985, Unesco/IOC First POEM Scientific Workshop, Erdemli, Turkey, 16-20 June 1986. In: Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean (POEM): Initial results, Unesco Reports in Marine Science, 44, 92pp.
61. Ozsoy, E., M.A Latif and U. Unluata (1986). Meso-scale Hydrographic Characteristics in the Northeastern Mediterranean - November 1985, Unesco/IOC First POEM Scientific Workshop, Erdemli, Turkey, 16-20 June 1986. In: Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean (POEM): Initial Results. Unesco Reports in Marine Science, 44, 92pp.
62. Ozsoy, E., T. Oguz and U Unluata (1986). Meso-scale Circulation Features in the Northeastern Mediterranean - November 1985, Unesco/IOC First POEM Scientific Workshop, Fxdemli, Turkey, 16-20 June 1986, In: Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean (POEM): Initial Results. Unesco Reports in Marine Science. 44, 92pp.
63. Ozsoy, E., A. Hecht, U. Unluata, S. Brenner, H. I. Sur, J. Bishop, M. A. Latif, Z. Rozentraub, and T. Oguz, A synthesis of Levantine basin circulation and hydrography 1985-1990, Deep Sea Res., Part II, 40, 1075-1120, 1993

64. Ozturgut, E. (1976) The Source and Spreading of the Levantine Intermediate Water in the Eastern Mediterranean. Saclant ASW Research Centre Memorandum SM-92, La Spezia, Italy, 45pp.
65. Pinardi, N., A.R. Robinson and A. Hecht (1986) Process Studies in the Eastern Levantine Basin. In: Proceedings of a UNESCO/IOC First POEM Workshop, Erdemli-Icel, Turkey, 1986. Part 2, A.R. Robinson and P. Malanotte-Rizzoli, editors, POEM Scientific Reports No.1, Cambridge, Mass.
66. Pinardi, N., Korres, G., Lascaratos, A., Roussenov, V., Stanev, E., 1997. Numerical simulation of the interannual variability of the Mediterranean Sea upper ocean circulation. *Geophys. Res. Lett.* 24, 425– 428.
67. POEM Group, The general circulation of the eastern Mediterranean, *Earth Sci. Rev.*, 32, 285– 309, 1992.
68. Popov, Yu.I., 1991. Effect of the structure of the South Aegean water mass on structure and dynamics in the Eastern Mediterranean Sea (the 38th cruise of the R/V Yakov Gakkel in the Eastern Mediterranean, August 20}November 6, 1990). *Oceanology* 31, 794}796.
69. Popov, Yu.I., Ovchinnikov, I.M., Gertman, I.F., 1994. Vliyanie kritskith vod na gidrologicheskuiu strukturu i dinamiku vostochnogo sredizemnomoria. *Ukrainskii nauchnyi tsentr ekologii moria. VINITI Paper No 340-B94*, 80 pp. (in Russian).
70. Robinson, A R. and Golnaraghl, M., 1991. Progress in understanding the Eastern Mediterranean Sea. *ICSEM Proc.*, Perpignan, France 1990.
71. Robinson, A R. and Golnaraghl, M., 1993. Circulation and dynamics of the Eastern Mediterranean Sea; Quasi-Synoptic data driven simulations. *Deep-Sea Res.*, 40(6): 1207-1246.
72. Robinson, A R., Golnaraghl, M., Leslie, W.G., Arteglare, A., Hecht, A., Lazzoni, E., Michelato, A., Sansone, E., Theocharis, A. and Unluata, IJ., 1991. Structure and variability of the Eastern Mediterranean general circulation. *Dyn Atmos. Oceans* 15, (3-5)" 215-240
73. Robinson, A.R., Hecht, A., Pinardi, N., Bishop, J., Leshe, W G., Rozentroub, Z., Mariano, A J and Brenner, S, 1987. Small synoptic/ mesoscale eddies: The energetic variability of the Eastern Levantine Basin *Nature*, 327 (6118)" 131-134.
74. Robinson, A.R and Walstad, L.J., 1987. The Harvard Open Ocean Model: Calibration and application to dynamical process, forecasting, and data assimilation studies. *Appl. Numer. Math.*, 3 (1-2): 89-131.
75. Robinson, A., Golnaraghi, M., 1994. The physical and dynamical oceanography of the Mediterranean Sea. In: Malanotte-Rizzoli, P., Robinson, A.R. (Eds.), *Ocean Processes in Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples*. NATO ASI Series, vol. 419, pp. 255-306.

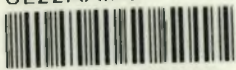
76. Robinson, A.R., Golnaraghi, M., Leslie, W.G., Artegiani, A., Hecht, A., Michelato, A., Sansone, E., Theocharis, A. and Onliata, O., 1991. The eastern Mediterranean general circulation: features, structure and variability. *Dyn. Atmos. Oceans*, 15: 215-240.
77. Roether, W., Schlitzer, R., 1991. Eastern Mediterranean deep water renewal on the basis of chlorofluoromethane and tritium data. *Dynamics of Atmosphere and Oceans* 15, 333-354.
78. Roether, W., Manca, B.B., Klein, B., Bregant, D., Georgopoulos, D., Beitzel, V., Kovacevic, V., Luchetta, A., 1996. Recent changes in Eastern Mediterranean deep waters. *Science* 271, 333-335.
79. Roether, W. and Schlitzer, R., 1991. Eastern Mediterranean deep water renewal on the basis of chlorofluoromethane and tritium data *Dyn. Atmos Oceans*, 15 (3-5) 333-354.
80. Roether, W., and R. Well, Oxygen consumption in the eastern Mediterranean, *Deep Sea Res., Part I*, 38, 1531– 1551, 2001.
81. Roether, W., B. B. Manca, B. Klein, D. Bregant, D. Georgopoulos, V. Beitzel, V. Kovacevic, and A. Luchetta, Recent changes in the eastern Mediterranean deep waters, *Science*, 271, 333–335, 1996.
82. Roether, W., Klein B., Volker Beitzel., Manca, B.B., Property distribution and transient-tracer ages in the Levantine Intermediate Water in the Eastern Mediterranean, 1997.
83. Roether, W., Klein, B., Manca, B.B, Theocharis A., Kioroglou S.,b Transient Eastern Mediterranean deep waters in response to the massive dense-water output of the Aegean Sea in the 1990s, 2007.
84. Roling, E.J and H. Bryden-1992. Main- induced salinity and temperature increases in Mediterranean Deep Water. *J.Geophys. Res.*, 97: 11191-11198.
85. Roussenov, V., E. Stanev, V. Artale and N. Pinardi- 1995. A seasonal model of the Mediterranean Sea general circulation. *J. Geophys. Res.*, 100(C7): 13515-13538.
86. Unluata, U., Oguz, T., Latif, M.A & Oszoy, E. (1990). "On the physical Oceanography of the Turrkish Straits". In: *The Physical Oceanography of Sea Straits*. Edited by L.J. Pratt, Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 26-60.
87. UNESCO, 1984. *Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean (POEM): An Overview and Research Plan*. Report of Workshop, September 1983, Lerici (Italy). UNESCO Reports Mar. Sci., No. 30.
88. UNESCO, 1985. *Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean (POEM): A Research Programme*. Reports of Organizing Committee Meeting, August 1984, Paris and Scientific Workshop, Lucerne, October 1984. UNESCO Report Mar. Sci., No. 35,
89. Theocharis A., Georgopoulos D., Lascaratos A. and Nittis K. (1993) Water masses and circulation in the central region of the Eastern Mediterranean:

- Eastern Ionian, South Aegean and Northwest Levantine, 1986-1987, Deep-Sea Research Part II Special Issue 40, 1121 - 1142.
90. Theocharis, A., K. Nittis, H. Kontoyiannis, E. Papageorgiou, and E. Balopoulos, Climatic changes in the Aegean Sea influence the eastern Mediterranean thermohaline circulation, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 1617– 1620, 1999.
91. Theocharis, A., Kontoyiannis, H., 1999. Interannual variability of the circulation and hydrography in the Eastern Mediterranean (1986-1995). In: Malanotte-Rizzoli, P., Eremeev, V.N (Eds.), NATO Science Series. Environmental Security: The Eastern Mediterranean as a Laboratory Basin for the Assessment of Contrasting Ecosystems, Vol.51 (2).Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, The Netherlands pp 453-464.
92. Theocharis, A., Balopoulos, E., Kioroglou, S., Kontoyiannis, H., Iona, A., 1999b. A synthesis of the circulation and Hydrography of the South Aegean Sea and the Straits of the Cretan Arc (March 1994- January 1995). *Progress in the Oceanography* 44, 468-509.
93. A. Theocharis, B. Klein , K. Nittis , W. Roether 2002. Evolution and status of the Eastern Mediterranean Transient (1997-1999). *Journal of Marine Systems* 33-34,91-116.
94. Theodorou A.J., Some considerations on neutral surface analysis, *Oceanol. Acta.* 14, 3 (1991b) 205-222.
95. Theodorou A.J., The circulation of Levantine Intermediate Water in the northeastern Ionian Sea (late winter/ early spring 1986), *J.Mar. System* 1 (1999a) 359-372.
96. The Liwex Group: The Intermediate Water Experiment (LIWEX) Group: Levantine Basin- A Laboratory for multiple water mass formation process, 2003.
97. Nielsen, J. N. (1912). Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters (pp. 72–191). In: Report of the Danish Oceanographic Expedition 1908–1910, Copenhagen, Vol. 1.
98. Tselepidaki, I., Zarifis, B., Asimakopoulos, D.N., 1990. Low precipitations over Greece during 1989–1990. *Theor. Appl. Climatol.* 46, 115– 121.
99. Tziperman, E and P.Malanotte-Rizzoli-1991. The climatological seasonal circulation of the Mediterranean Sea. *J.Mar.Res.*, 49:411-434.
100. Schlitzer, R., Roether, W., Oster, H., Junghans, H-G., Hausmann, M., Hohannsen, H. and Michelato, A, 1991 Chlorofluoromethane and oxygen in the Eastern Mediterranean. *Deep-Sea Res.*, 38(12): 1531- 1551.
101. Samuel, S., Haines, K., Josey, S., Myers, P., 1999. Response of the Mediterranean Sea thermohaline circulation to observed changes in the winter wind stress field in the period 1980 –1993. *J. Geophys. Res.* 104 (C4), 7771– 7784.

102. Warner M.J., and R.F., Weiss (1985) Solubilities of chlorofluorocarbons 11 and 12 in water and seawater. Deep-Sea Research. 32. 1485-1497.
103. Wu, P., Haines, K., Pinardi, N., 2000. Toward understanding of deep-water renewal in the eastern Mediterranean. J. Phys. Oceanogr. 30, 443– 498.
104. Zavatarelli, M and G.L. Mellor-1995. A numerical study of the Mediterranean Sea circulation. J.Phys. Oceanogr., 25(6): 1384-1414.
105. Zervakis, V., G.Papadoniou, C.Tziavos and A.Lascaratos.-2002. Seasonal variability and geostrophic circulation in the Eastern Mediterranean as revealed through a repeated XBT transect. Ann.Geophys.,20:1-15.
106. Zodiatis G., A., Theodorou and A., Demetropoulos, (1998). Hydrography and circulation south of Cyprus in the late summer 1995 and in spring 1996. Oceanol. Acta, 21:447-458.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097469