



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Υδρογραφία και Κυκλοφορία στο Λεβαντινό Πέλαγος, με
έμφαση στη γεωστρωφική ισορροπία»**

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΖΑΡΟΚΑΝΕΛΛΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2009

««Υδρογραφία και Κυκλοφορία στο Λεβαντινό Πέλαγος, με έμφαση στη γεωστρωφική ισορροπία»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

- 1) **Αθανάσιος Θεοδώρου**, Καθηγητής, Ωκεανογραφία, με έμφαση στις σχέσεις φυτών και ζώων των θαλασσών και ωκεανών, τις φυσικές διεργασίες και την ανταλλαγή ενέργειας στο θαλάσσιο περιβάλλον και την κυκλοφορία, παλίρροια, κυματισμό και γεωμαγνητικά φαινόμενα των ωκεανών. Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**,
- 2) **Γεώργιος Δήμος**, Καθηγητής, Τοπολογία στη Διαφορική και Αλγεβρική Γεωμετρία, Ολική Ανάλυση και Εφαρμογές των Διαφορικών Εξισώσεων και Γραμμικής Άλγεβρας στον Προγραμματισμό, Υπολογιστές και Υπολογιστικές Μεθόδους. Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**,
- 3) **Γιώργος Παπαθεοδώρου**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Περιβαλλοντική Γεωλογική Ωκεανογραφία. Τμήμα Γεωλογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών, **Μέλος**.

Στην οικογένεια μου...

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον μέντορα μου κ. Αθανάσιο Θεοδώρου, Καθηγητή Ωκεανογραφίας του Πανεπιστήμιου Θεσσαλίας που μου δίδαξε την αξία της γνώσης, του ήθους και τη διαρκή πνευματική προσπάθεια που απαιτείται για να πραγματοποιήσεις τα όνειρα σου. Τον ευχαριστώ ολόψυχα για όλα.

Ευχαριστώ τον Καθηγητή κ. Γεώργιο Δήμου καθώς και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Γεώργιο Παπαθεοδώρου για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν τόσο κατά τη διάρκεια εκπόνησης της Μεταπτυχιακής μου, όσο και κατά τη διάρκεια των φοιτητικών μου σπουδών.

Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην κα. Μπέλλα Θεοδώρου που μου στάθηκε, αλλά και στέκεται δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια σαν πραγματική μητέρα.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου για την κατανόηση και την συμπαράσταση που έδειξαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της Μ.Δ.Ε μου.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος την κα Βαλεντίνα Φράγκου, τον Λέκτορα κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη, τον κ. Μανώλη Μαλανδράκη, καθώς και τον κ. Μενέλαο Κάβουρα για τις πολύτιμες συμβουλές τους, όπως για το γεγονός ότι στάθηκαν δίπλα μου σαν πραγματικοί φίλοι.

Περίληψη

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία (Μ.Δ.Ε) βασίζεται στην επεξεργασία δεδομένων που συλλέχθηκαν στα τέλη του καλοκαιριού του 1995. Σκοπός της εργασίας ήταν να μελετηθούν τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά που παρατηρούνται νότια της Κύπρου στη Λεβαντινή Θάλασσα. Από την ανάλυση των δεδομένων εντοπίστηκαν τα ακόλουθα δυναμικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης. Στα βορειοανατολικά της περιοχής μελέτης παρατηρήθηκε μια κυκλωνική δίνη τοπικού χαρακτήρα. Σε αυτήν την περιοχή, όπως προέκυψε και από την ανάλυση των υδάτινων μαζών, συντελείται η δημιουργία του Λεβαντινού Ενδιάμεσου Νερού (Levantine Intermediate Water, LIW). Το LIW έχει κυρίαρχο ρόλο στη θερμοαλατική κυκλοφορία της ανατολικής Μεσογείου. Επίσης, ένας κυκλώνας μεγαλύτερης έντασης και έκτασης παρατηρήθηκε στα νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης, ενώ στα νοτιοανατολικά εντοπίστηκε μια αντικυκλωνική δίνη. Από τα νοτιοδυτικά εισέρχεται στην περιοχή μελέτης το Mid-Mediterranean Jet (MMJ), το οποίο διακλαδίζεται σε δύο κλάδους. Ο πρώτος κατευθύνεται ανατολικά μεταξύ της κυκλωνικής και αντικυκλωνικής δίνης που παρατηρείται στην περιοχή μελέτης, ενώ ο κλάδος κατευθύνεται δυτικά, ανάμεσα στα νοτιοδυτικά παράλια της Κύπρου και της κυκλωνικής δίνης που απαντάται στην περιοχή.

Για την καλύτερη κατανόηση της περιοχής μελέτης εξετάστηκε και η ευρύτερη περιοχή της νοτιοανατολικής Λεβαντινής λεκάνης. Στην περίπτωση αυτή, τα δεδομένα προήλθαν από το πρόγραμμα POEM το 1985 την ίδια ετήσια περίοδο. Στόχος ήταν η κατανόηση της δυναμικής και η συμβολή της περιοχής στη θερμοαλατική κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου. Ειδικότερα, στην περιοχή εντοπίστηκαν πέντε

αντικυκλωνικές δίνες και τέσσερις κυκλωνικές. Επίσης, από τα νότια παρατηρήθηκε η είσοδος του MMJ, το οποίο διακλαδίζεται, με τον έναν του κλάδο να κατευθύνεται βόρεια και τον άλλο προς τα δυτικά. Τέλος, επιβεβαιώνεται ο αξιολογούμενος ρόλος της Λεβαντινής λεκάνης στη διατήρηση της θερμοαλατικής κυκλοφορίας της Μεσόγειου.

Λέξεις κλειδιά: κυκλοφορία/Mid Mediterranean Jet/ κυκλωνική δίνη/
αντικυκλωνική δίνη/ LIW/Λεβαντινή λεκάνη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Εισαγωγή.....	10
1.1.Σύνοψη βιβλιογραφίας της Περιοχής Μελέτης.....	11
1.1.1.Τοπογραφία - Μορφολογία της Λεβαντινής λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου.....	11
1.1.2.Κλιματολογικές συνθήκες του Λεβαντινού Πελάγους.....	13
1.1.3.Υδρογραφία του Λεβαντινού Πελάγους.....	14
1.1.4.Η Θερμοαλατική κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου.....	19
2.Υλικά και Μέθοδοι.....	24
2.1.1.Δεδομένα.....	24
2.1.2.Περιοχή μελέτης – Σταθμοί.....	26
2.2.Μέθοδοι Επεξεργασίας.....	27
2.2.1.Διαγράμματα Θ-S και ανάλυση υδάτινων μαζών με την μέθοδο των τριγώνων ανάμιξης (μέθοδος mamayev).....	27
2.2.2.Η χρήση των διαγραμμάτων Θ-S στην Ωκεανογραφία.....	28
2.2.3.Η ανάλυση των ισόπυκνων επιφανειών.....	30
2.2.4.Η Γεωστροφική Μέθοδος.....	30
3.Αποτελέσματα – Συζήτηση.....	36
3.1.Υδρογραφία του Λεβαντινού Πελάγους.....	36
3.1.1.Οριζόντιες κατανομές στα τέλη του καλοκαιριού (1995)	36
3.1.2.Κατακόρυφες κατανομές στα τέλη του καλοκαιριού (1995)	52
❖ Θερμοκρασία – Αλατότητα - Πυκνότητα	
3.2.Μελέτη της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης.....	89
3.2.1. Οριζόντιες κατανομές στα τέλη του καλοκαιριού (1985).....	89

3.2.2.Κατακόρυφες κατανομές στα τέλη του καλοκαιριού (1985).....	98
❖ Θερμοκρασία – Αλατότητα - Πυκνότητα	
3.3.Ισοπυκνική ανάλυση.....	111
❖ Τοπογραφίες των ισόπυκνων επιφανειών και αντίστοιχες κατανομές των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών τους.....	111
3.4.Ανάλυση Υδάτινων Μαζών.....	126
3.4.1.Διαγράμματα T-S.....	126
3.4.2.Ποσοστό συμμετοχής των υδάτινων μαζών MAW και LIW.....	131
3.4.3.Χωρικές κατανομές των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών του πυρήνα του MAW και του LIW.....	152
3.5.Γεωστροφικές ροές.....	157
3.5.1.Δυναμική τοπογραφία της νοτιοανατολικής Λεβαντινής λεκάνης.....	157
3.5.2.Δυναμική τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής μελέτης.....	162
3.5.3.Γεωστροφικά ρεύματα της νοτιοανατολικής Λεβαντινής λεκάνης.....	167
3.5.4.Γεωστροφικά ρεύματα της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης.....	176
4.Συμπεράσματα.....	184
5.Βιβλιογραφία.....	187
6.Abstract.....	192
7.Παραρτήματα.....	194
Παράρτημα 1.....	195
❖ Εισαγωγή.....	195
❖ Δημιουργία οριζόντιων κατανομών με το ODV.....	196
Παράρτημα 2	202

❖ Δημιουργία εγκάρσιων κατανομών με το ODV.....	202
Παράρτημα 3	206
❖ Γεωστροφικές ροές.....	206
Παράρτημα 4.....	210
❖ Ανάλυση υδάτινων μαζών.....	210
❖ Δημιουργία κατακόρυφων προφίλ με το ODV.....	211
❖ Η χρήση του EXCEL στην ανάλυση των υδάτινων μαζών.....	213
❖ Πίνακες στο EXCEL.....	215
❖ Επίλυση εξισώσεων στο EXCEL με τη μέθοδο της αντιστροφής πινάκων.....	215
Παράρτημα 5.....	218
❖ Δημιουργία οριζόντιων κατανομών με το Surfer.....	218
❖ Δημιουργία εγκάρσιων τομών με το Surfer.....	226
Παράρτημα 6.....	232
❖ Διαγράμματα T-S - κατακόρυφα προφίλ θερμοκρασίας, αλατότητας και πυκνότητας των σταθμών της περιοχής μελέτης.....	232

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

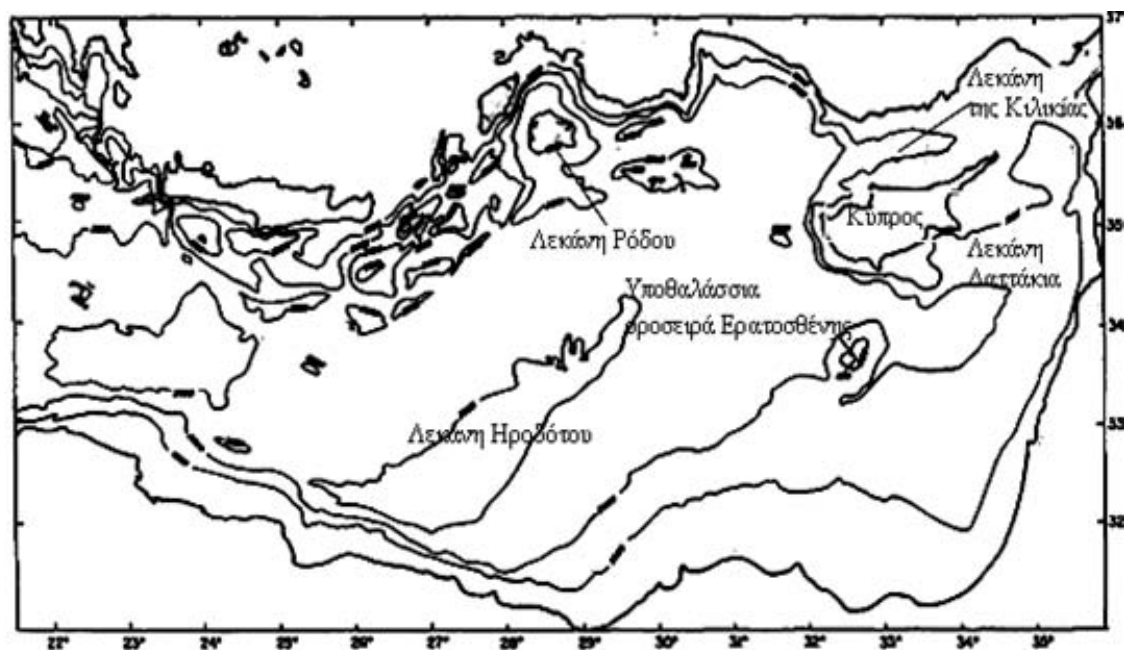
Η Μεσόγειος Θάλασσα παρ'όλο που είναι σχετικά μικρή σε παγκόσμια κλίμακα, ωστόσο, έχει επαρκές μέγεθος έτσι ώστε η κυκλοφορία της να επηρεάζεται από μεγάλης κλίμακας ωκεάνιες διεργασίες. Επικοινωνεί με τον Ατλαντικό διαμέσου του στενού του Γιβραλτάρ και αποτελείται από δυο ισομεγέθει λεκάνες, οι οποίες επικοινωνούν μέσω του στενού της Σικελίας. Είναι μια από τις πιο ενδιαφέρουσες ημίκλειστες θαλάσσιες περιοχές, δεδομένου ότι ένας μεγάλος αριθμός από φυσικές διεργασίες και αλληλεπιδράσεις λαμβάνουν χώρα εκεί.

Οι περισσότερες φυσικές διεργασίες που δρουν στην περιοχή της Μεσογείου έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά της παγκόσμιας κυκλοφορίας. Ωστόσο η πλειονότητα των τελευταίων, δεν είναι άμεσα κατανοητές. Για παράδειγμα, η ανταλλαγή υδάτινων μαζών και οι επιφανειακές ατμοσφαιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη γενική κυκλοφορία της περιοχής σε μεγάλο βαθμό. Παρ' όλα αυτά, η αλληλεπίδραση μεταξύ ατμόσφαιρας και θάλασσας δεν είναι ασθενής. Αυτό έχει ως συνέπεια το σχηματισμό τόσο βαθιών όσο και ενδιάμεσων υδάτινων μαζών στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου. Η πυκνότητα των επιφανειακών υδάτων αυξάνεται λόγω της έντονης εξάτμισης που επικρατεί στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, με συνέπεια τη δημιουργία επιφανειακών υδάτων με αυξημένη αλατότητα και πυκνότητα που σταδιακά βυθίζονται σε μεγαλύτερα βάθη και εξαπλώνονται σε ολόκληρη την Ανατολική Μεσόγειο. Η διεργασία που λαμβάνει χώρα είναι ιδιαίτερα σημαντική για το σχηματισμό των ενδιάμεσων και βαθιών υδάτινων μαζών στη Μεσόγειο.

1.1.Σύνοψη βιβλιογραφίας της Περιοχής Μελέτης.

1.1.1.Τοπογραφία - Μορφολογία της Λεβαντινής λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου.

Η Λεβαντινή λεκάνη έχει έκταση $7,5 \cdot 10 \text{ km}^2$ και είναι η δεύτερη σε μέγεθος λεκάνη της Μεσογείου. Οριοθετείται με το Κρητικό πέλαγος και τις Μικρασιατικές Ακτές προς βορρά, με τη Μέση Ανατολή ανατολικά και νότια με τη βορειοανατολική Αφρική (E.Ozsoy *et al.*, 1988). Το Λεβαντινό Πέλαγος επικοινωνεί βορειοδυτικά με το Αιγαίο Πέλαγος μέσω τριών διαύλων. Το στενό της Κάσσου μεταξύ της Κρήτης και της Καρπάθου (πλάτος 67 km και βάθος κατωφλίου 1000 m), το στενό της Καρπάθου, μεταξύ της Καρπάθου και της Ρόδου (πλάτος 43 km και βάθος κατωφλίου 850 m) και τέλος το στενό της Ρόδου μεταξύ των ακτών της Τουρκίας και της Ρόδου (πλάτος 17 km και βάθος 350 m). Επίσης, το Λεβαντινό Πέλαγος επικοινωνεί μέσω του Κρητικού Περάσματος (πλάτος 300 km και βάθος που ξεπερνά τα 2000 m) μεταξύ των Κρητικών και των Λιβυκών ακτών με την υπόλοιπη Μεσόγειο (Εικ.1.1.1.1),(E.Ozsoy *et al.*, 1988).



Εικόνα 1.1.1.1: Πυθμενική Τοπογραφία και Γεωγραφία της Λεβαντινής Λεκάνης

Η Λεβαντινή λεκάνη απαρτίζεται από 5 μικρότερες λεκάνες με τα ακόλουθα βυθομετρικά χαρακτηριστικά όπως απεικονίζονται στον Πίνακα 1.1.1.1

Πίνακας 1.1.1.1: Οι επιμέρους λεκάνες της Λεβαντινής Θάλασσας και τα μέσα βάθους τους.

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

Η παρούσα διατριβή κυρίως εστιάζει το ενδιαφέρον της, στη νοτιοανατολική Λεβαντινή λεκάνη αλλά και στην ευρύτερη περιοχή, όπου εντοπίζονται τα ακόλουθα τοπογραφικά χαρακτηριστικά: η υποθαλάσσια οροσειρά Ερατοσθένης (1000 m), νότια της Κύπρου, η λεκάνη Λαττάκια με βάθη (1000 m- 1500 m) και η λεκάνη της Αντάλιας με βάθη (2000-3000 m), (G.Zodiatis *et al.*, 1998).

Συνήθως, οι περισσότεροι κυκλώνες προέρχονται από την περιοχή του Ιονίου Πελάγους και μερικοί από τη Βόρεια Αφρική (Reiter, 1975 : Brody & Nestor, 1980). Μετά από το πέρασμα των κυκλώνων στην εν λόγω περιοχή πνέουν βόρειοι ψυχροί και ξεροί άνεμοι που εντατικοποιούνται καθώς περνούν ανάμεσα στην οροσειρά Ταύρος και τα Τουρκικά παράλια (Ozsoy, 1981). Επιπλέον βόρειοι άνεμοι επικρατούν στο μεγαλύτερο μέρος του Αιγαίου. Γενικά, αυτά τα ψυχρά, ξηρά μέτωπα επηρεάζουν τις επιφανειακές υδάτινες μάζες μέχρι το βάθος των 200m.

Έτσι εξηγείται τόσο η αστάθεια που υπάρχει στην κατανομή του ανέμου όσο και η μεγάλη εξάτμιση που χαρακτηρίζει τη περιοχή. Τελευταία έχει γίνει αποδεκτό ότι οι επικρατούσες συνθήκες που αναφέραμε συντελούν στη δημιουργία του Ενδιάμεσου Λεβαντινού Νερού (LIW). Οι Lacombe and Tchernia (1974) έδειξαν ότι ψυχρά μέτωπα δραστηριοποιούνται στις περιοχές δημιουργίας των υδάτινων μαζών της Μεσογείου. Επίσης η διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων στη Λεβαντινή Λεκάνη είναι βορειοδυτική, με εξαίρεση τον χειμώνα όπου επικρατούν δυτικοί άνεμοι.

1.1.2: Κλιματολογικές συνθήκες του Λεβαντινού Πελάγους.

Οι κλιματολογικές συνθήκες στη περιοχή μελέτης παρουσιάζουν έντονη μεταβλητότητα. Οι ετήσιοι δυτικοί άνεμοι και οι θαλάσσιες αύρες είναι τα κυρίαρχα συστήματα ανέμων που επικρατούν ιδιαίτερα το καλοκαίρι και το φθινόπωρο στη περιοχή. Συχνά, μέσο-τροπικοί κυκλώνες και τοπικά συστήματα ανέμου όπως βορειοανατολικοί και δυτικοί άνεμοι παρατηρούνται τον χειμώνα και την άνοιξη (Reiter, 1975 : Mediterranean Pilot, 1976 : Brody & Nestor, 1980, Ozsoy, 1981). Το καλοκαίρι και κατά τις αρχές του φθινοπώρου, οι δυτικοί άνεμοι ενισχύονται από τους βορείους ετήσιους ανέμους που πνέουν στο νότιο Αιγαίο πέλαγος (Reparis *et al.*, 1978). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επικράτηση των νότιο-νοτιοδυτικών ανέμων πάνω από τη Λεβαντινή λεκάνη (Brody & Nestor, 1980). Το χειμώνα 30 με 75 κυκλώνες παρατηρούνται ετησίως κατά μήκος των βόρειων ακτών της Λεβαντινής λεκάνης.

Συνήθως, οι περισσότεροι κυκλώνες προέρχονται από τη περιοχή του Ιονίου Πελάγους και μερικοί από τη Βόρεια Αφρική (Reiter, 1975 : Brody & Nestor, 1980). Μετά από το πέρασμα των κυκλώνων στην εν λόγω περιοχή πνέουν βόρειοι ψυχροί και ξεροί άνεμοι που εντατικοποιούνται καθώς περνούν ανάμεσα στην οροσειρά Ταύρος

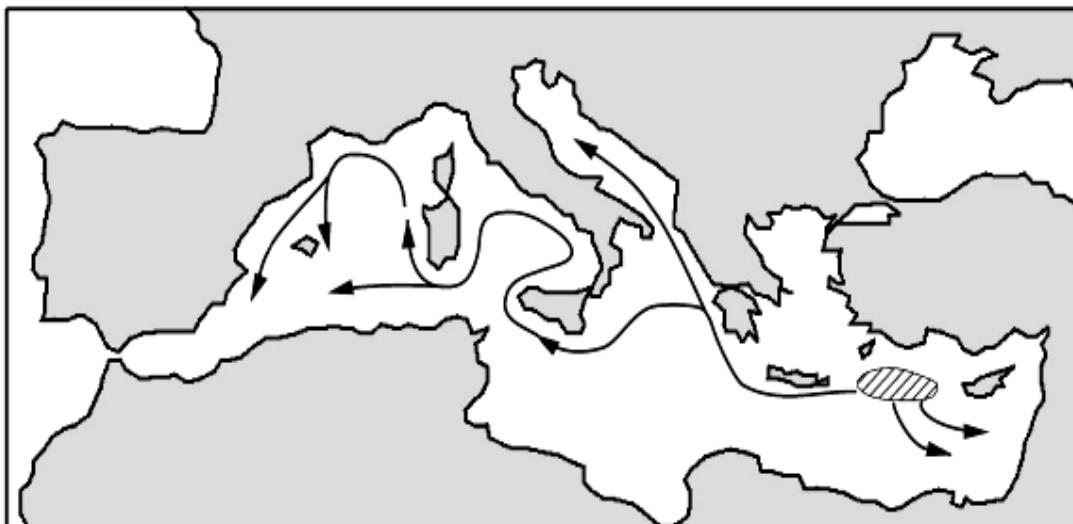
και τα Τουρκικά παράλια (Ozsoy, 1981). Επιπλέον βόρειοι άνεμοι επικρατούν στο μεγαλύτερο μέρος του Αιγαίου. Γενικά, αυτά τα ψυχρά, ξηρά μέτωπα επηρεάζουν τις επιφανειακές υδάτινες μάζες μέχρι το βάθος των 200m. Έτσι εξηγείται τόσο η αστάθεια που υπάρχει στην κατανομή του ανέμου όσο και η μεγάλη εξάτμιση που χαρακτηρίζει τη περιοχή. Τελευταία έχει γίνει αποδεκτό ότι οι επικρατούσες συνθήκες που αναφέραμε συντελούν στη δημιουργία του Ενδιάμεσου Λεβαντινού Νερού (LIW). Οι Lacombe and Tchernia (1974) έδειξαν ότι ψυχρά μέτωπα δραστηριοποιούνται στις περιοχές δημιουργίας των υδάτινων μαζών της Μεσογείου. Επίσης η διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων στη Λεβαντινή λεκάνη είναι βορειοδυτική, με εξαίρεση τον χειμώνα όπου επικρατούν δυτικοί άνεμοι.

1.1.3. Υδρογραφία του Λεβαντινού Πελάγους.

Μια από τις πιο σημαντικές υδάτινες μάζες της ανατολικής Μεσογείου είναι το Λεβαντινό Ενδιάμεσο Νερό (LIW) το οποίο επηρεάζει άμεσα ολόκληρη τη Μεσόγειο και έμμεσα τον Ατλαντικό Ωκεανό (Arhan, 1987). Αρκετές περιοχές στο εσωτερικό της Λεβαντινής λεκάνης λειτουργούν ως ‘πηγές’ για τη δημιουργία του LIW (Morcos, 1972). Ωστόσο, κατά τη δυτική εξάπλωση του LIW τροποποιούνται τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά του (Onchinnikov, 1984). Μέσα από τη διαδικασία της ανάμειξης (Hopkins, 1978). Ωστόσο δεν είναι ευρέως γνωστοί όλοι οι μηχανισμοί που συντελούν στη δημιουργία του LIW. Παρ’ όλα αυτά ξέρουμε ότι σημαντικός είναι ο ρόλος της εξάτμισης που πραγματοποιείται σε ολόκληρη τη Λεβαντινή λεκάνη και η οποία σε συνδυασμό με την έντονη ανάμειξη που λαμβάνει χώρα στα βόρεια της Λεβαντινής λεκάνης (Wust, 1961 : Morcos, 1972) συντελούν από κοινού στη δημιουργία του LIW. Η ανάμειξη των επιφανειακών με τα βαθύτερα στρώματα είναι αποτέλεσμα της ψύξης

των αυξημένης αλατότητας επιφανειακών στρωμάτων κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Παρ' όλα αυτά κατακόρυφα το LIW περιορίζεται στα ενδιάμεσα βάθη κατά τις αρχές του καλοκαιριού. Διάφορες υποθέσεις έχουν διατυπωθεί για τη θέση και τον τρόπο δημιουργίας του, καθώς και για το πως εξαπλώνεται το LIW στη Μεσόγειο. Ο Onchinnikov (1984) αναφέρει ότι η δημιουργία του LIW σχετίζεται με τη δημιουργία του ψυχρού και χαμηλής αλατότητας νερού που προέρχεται από την κυκλωνική γύρα της Ρόδου. Το νερό αυτό στη συνέχεια γίνεται ακόμα πιο ψυχρό ενώ η αλατότητα του αυξάνεται κάτω από την επίδραση των χειμερινών συνθηκών. Συνεπώς ένας νέος τύπος νερού δημιουργείται περιφερειακά του κυκλώνα, το οποίο βυθίζεται σχεδόν ισόπυκνα περιμετρικά του κυκλώνα και εγκλωβίζεται στα ενδιάμεσα βάθη. Έτσι το LIW απαντά στις αντικυκλωνικές δίνες που βρίσκονται περιμετρικά της κυκλωνικής γύρας ή ανάμεσα στις κυκλωνικές δίνες που δραστηριοποιούνται στην περιοχή και την ακτή. Ένα σημαντικό συμπέρασμα που προέκυψε από τις μελέτες του Ozturgut (1976) και του Onchinnikov (1984) είναι ότι υπάρχει μεγάλη συσχέτιση μεταξύ της δημιουργίας του LIW και των φαινομένων μέσης κλίμακας που δρουν στην περιοχή. Ραγδαίες αλλαγές στην υπάρχουσα κυκλοφορία, έντονα μέτωπα και ρευματοχειίμαροι, όπως επίσης και μικρότερου χαρακτήρα δυναμικά χαρακτηριστικά (Ozturgut, 1976) που δραστηριοποιούνται στη περιοχή της Λεβαντινής λεκάνης επιδρούν σε ολόκληρη τη Μεσόγειο. Στην πραγματικότητα, η παρουσία ευδιάκριτων γύρων στη Λεβαντινή λεκάνη συντελεί στο να ισχυροποιηθεί η θερμοαλατική κυκλοφορία της Μεσογείου. Επίσης το 1993 δημοσιεύτηκε (Lascaratos *et al.*, 1993) η μορφή της γενικής κυκλοφορίας του LIW στη Μεσόγειο καθώς και οι διάφοροι κλάδοι που δημιουργούνται καθώς αυτό εξαπλώνεται στα δυτικά και βόρεια. (Εικ.1.1.3.1).

Η δεύτερη πιο αξιοσημείωτη υδάτινη μάζα της Ανατολικής Μεσογείου είναι το Τροποποιημένο Ατλαντικό Νερό (MAW), το οποίο εισέρχεται μέσα από τα στενά του Γιβραλτάρ για να αντισταθμίσει το έλλειμμα μάζας νερού που δημιουργείται στη Μεσόγειο λόγω της έντονης εξάτμισης. Τόσο η αλατότητα του όσο και το βάθος που εντοπίζεται το MAW αυξάνονται καθώς αυτό κατευθύνεται ανατολικά. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο το μεικτό επιφανειακό στρώμα το οποίο έχει αυξημένη αλατότητα και θερμοκρασία υπερκείται του AW. Έτσι το MAW αναγνωρίζεται υποεπιφανειακά από την ελάχιστη τιμή της αλατότητας του (Lacombe and Tchernia, 1960 : Oren, 1971 : Morcos, 1972). Η διείσδυση του MAW αυξάνεται τη διάρκεια εκείνων των καλοκαιριών που η εισροή του μέσα από τα στενά του Γιβραλτάρ και της Σικελίας είναι επιδρούν σε ολόκληρη τη Μεσόγειο. Στην πραγματικότητα, η παρουσία ευδιάκριτων γύρων στη Λεβαντινή λεκάνη συντελεί στο να ισχυροποιηθεί η θερμοαλατική κυκλοφορία της Μεσογείου. Επίσης το 1993 δημοσιεύτηκε (Lascaratos *et al.*, 1993) η μορφή της γενικής κυκλοφορίας του LIW στη Μεσόγειο καθώς και οι διάφοροι κλάδοι που δημιουργούνται καθώς αυτό εξαπλώνεται στα δυτικά και βόρεια. (Εικ.1.1.3.1).

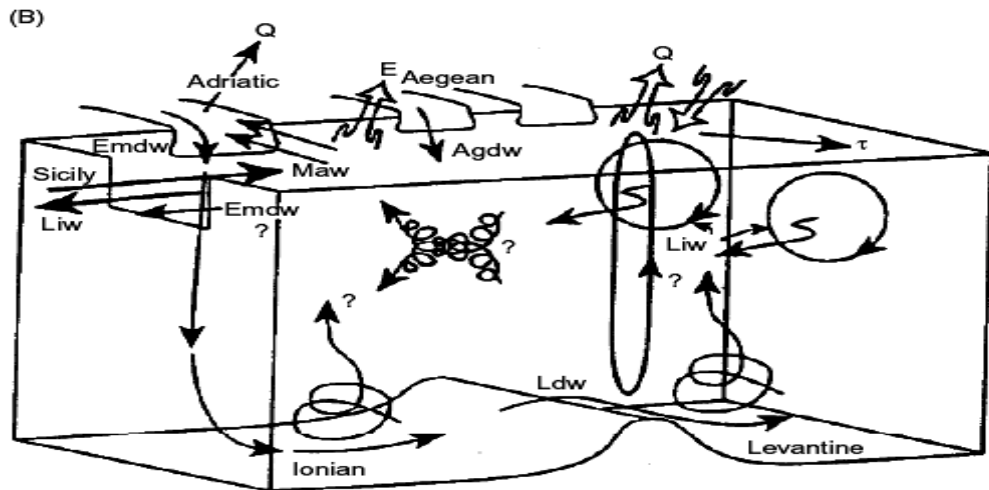


Εικόνα 2.1.3.1: Δημιουργία και εξάπλωση του LIW στην Μεσόγειο.

Η δεύτερη πιο αξιοσημείωτη υδάτινη μάζα της Ανατολικής Μεσογείου είναι το Τροποποιημένο Ατλαντικό Νερό (MAW), το οποίο εισέρχεται μέσα από τα στενά του Γιβραλτάρ για να αντισταθμίσει το έλλειμμα μάζας νερού που δημιουργείται στη Μεσόγειο λόγω της έντονης εξάτμισης. Τόσο η αλατότητα του όσο και το βάθος που εντοπίζεται το MAW αυξάνονται καθώς αυτό κατευθύνεται ανατολικά. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο το μεικτό επιφανειακό στρώμα το οποίο έχει αυξημένη αλατότητα και θερμοκρασία υπερκείται του AW. Έτσι το MAW αναγνωρίζεται υποεπιφανειακά από την ελάχιστη τιμή της αλατότητας του (Lacombe and Tchernia, 1960 : Oren, 1971 : Morcos, 1972). Η διείσδυση του MAW αυξάνεται τη διάρκεια εκείνων των καλοκαιριών που η εισροή του μέσα από τα στενά του Γιβραλτάρ και της Σικελίας είναι μέγιστη. Αυτό οφείλεται τόσο στο έλλειμμα του υδατικού ισοζυγίου που έχει δημιουργηθεί όσο και των δυτικών ανέμων που εντατικοποιούνται πάνω από τη Λεβαντινή λεκάνη (Lacombe and Tchernia, 1960 : Zore–Armanda, 1969). Το χειμώνα η παρουσία του MAW μειώνεται λόγω της ανάμειξης που υφίσταται με το επιφανειακό μεικτό στρώμα και της μειωμένης εισροής του, διαμέσου των στενών της Σικελίας. Επίσης την ίδια εποχή το MAW απομακρύνεται τόσο από τις βόρειες ακτές της Αφρικής όσο και από τα βόρεια της Κρήτης (Onchinnikov, 1966). Η απόκλιση που υφίσταται το AW από τις βόρειες ακτές της Αφρικής πιθανόν να είναι αποτέλεσμα των κυκλωνικών δινών που δραστηριοποιούνται στην περιοχή (Onchinnikov, 1966 : Hopkins, 1978) ή ενός νότιου ανέμου, του Σιρόκου που αναπτύσσεται όταν οι Αληγείς άνεμοι σταματήσουν να πνέουν στην περιοχή (Oren, 1971 : Hopkins, 1978).

Η Αδριατική θάλασσα θεωρείται ως πηγή των βαθιών και πυθμενικών νερών (EMDW) του Ιονίου Πελάγους και του Λεβαντινού Πελάγους. Επίσης το Αιγαίο Πέλαγος έχει λειτουργήσει κατά το παρελθόν ως μια δεύτερη ‘πηγή’ παραγωγής βαθιού νερού

(AGDW) (Nielsen, 1912 : Miller, 1963 : Schlitzer *et al.*, 1991) που επηρεάζει κατά κύριο λόγο την περιοχή του Κρητικού πελάγους. Πρόσφατα ο Roether *et al.*, (1996) απέδειξε ότι το Αιγαίο πέλαγος συνεισφέρει στα βαθιά νερά του Ιονίου. Ωστόσο κατά πόσο συμβάλει το Αιγαίου πελάγους στη δημιουργία πυθμενικών νερών της Μεσογείου δεν έχει ακόμα καθοριστεί. Η περιοχή δημιουργίας του EMDW τον χειμώνα βρίσκεται νότια της Αδριατικής, εκεί επικρατούν πολύ ψυχροί και ξηροί άνεμοι και καταιγίδες. Προφανώς οι συνθήκες αυτές είναι η κύρια αιτία για την κατακόρυφη κυκλοφορία που πραγματοποιείται μέσα στην υδάτινη στήλη. Τις λεπτομέρειες για τις διεργασίες που συντελούνται για τη δημιουργία του EMDW δεν τις γνωρίζουμε με βεβαιότητα, αλλά αυτές περιλαμβάνουν το επιφανειακό νερό της περιοχής το οποίο αναμιγνύεται με το LIW που εισέρχεται στην Αδριατική από τα στενά του Otrando. Το νεοσχηματισθέν EMDW εξέρχεται στη συνέχεια από την Αδριατική Θάλασσα μέσω των στενών του Otranto. Η υδάτινη μάζα αυτή βυθίζεται και κινείται κατά μήκος των δυτικών ορίων της λεκάνης του Ιονίου. Έτσι, μια μοναδική κατακόρυφη θερμοαλατική κυκλοφορία δημιουργείται σε ολόκληρη την Ανατολική Μεσόγειο, παρόλο που ο διαχωρισμός και ο τρόπος κατά τον οποίο πραγματοποιείται μεταξύ της λεκάνης του Ιονίου και της Λεβαντινής δεν είναι γνωστός. Επίσης δεν γνωρίζουμε την τοποθεσία και σε τι ποσοστό αναμιγνύονται το LIW και το EMDW. Παρόλα αυτά ακόμα και σήμερα δεν υπάρχει καμία ένδειξη που να καθορίζει το βαθμό που το EMDW αναμιγνύεται με το LIW και εκρέει στα δυτικά μέσω των στενών της Σικελίας (Robinson A.R., *et al.*, 1992) (Σχ.1.1.3.1).



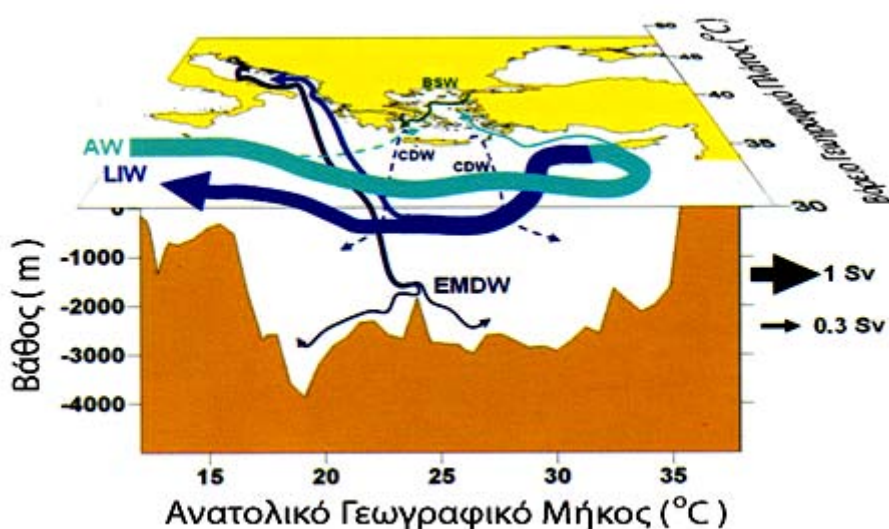
Σχήμα 1.1.3.1: Διεργασίες δημιουργίας υδατίνων μαζών, κατανομή τους και μεταφορά τους στην Ανατολική Μεσόγειο. Πηγή: (Robinson A.R., *et al.*, 1992).

1.1.4. Η Θερμοαλατική κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου.

Η κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου καθορίζεται από τις ανταλλαγές νερού και θερμοκρασίας που πραγματοποιούνται μεταξύ ατμόσφαιρας και της θάλασσας. Οι δυνάμεις που προκαλούν τις ανταλλαγές στην οριακή επιφάνεια θάλασσας και ατμόσφαιρας ονομάζονται θερμοαλατικές και λαμβάνουν χώρα σε μεγάλη κλίμακα. Σαν ημίκλειστη λεκάνη που είναι η Ανατολική Μεσόγειος λειτουργεί ως λεκάνη δημιουργίας νερού υψηλής πυκνότητας. Αυτό προκύπτει από την ανάμιξη υδατίνων μαζών μεταξύ των πυκνών και βαθιών νερών της Ανατολικής Μεσογείου με τα επιφανειακά και λιγότερο πυκνά νερά της δυτικής Μεσογείου. Έτσι, η ανατολική Μεσόγειος είναι αποδέχτης επιφανειακών νερών με χαμηλή πυκνότητα (Hopkins, 1978) και πηγή ενδιάμεσων και βαθιών νερών υψηλής πυκνότητας που εισέρχονται στη Δυτική Μεσόγειο.

Μια απλούστερη απεικόνιση της θερμοαλατικής κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.1.4.1. Η ποσότητα των υδάτων που εισρέει στην Ανατολική Μεσόγειο μέσα από το στενό της Σικελίας ανέρχεται σε 20.000 με 40.000km³. Μεγάλες ποσότητες υδάτων που εισέρχονται στη Μεσόγειο προέρχονται

κυρίως από τα επιφανειακά στρώματα. Το MAW που εισρέει στην Ανατολική Μεσόγειο διαμέσου του στενού της Σικελίας χαρακτηρίζεται από χαμηλή αλατότητα η οποία τροποποιείται κατά τη δυτική του εξάπλωση. Έτσι κατά μήκος των ακτών της Αφρικής, λόγω της ανάμιξης και της αλληλεπίδρασης που υφίσταται το επιφανειακό στρώμα με την ατμόσφαιρα οι τιμές των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών μεταβάλλονται. Το πάχος του στρώματος που καταλαμβάνει το MAW κυμαίνεται μεταξύ των ανώτερων 150m με 200m της υδάτινης στήλης. Ωστόσο το πάχος αυτό της υδάτινης στήλης δεν παραμένει σταθερό και μειώνεται καθώς κατευθύνεται προς τα



Εικόνα 1.1.4.1: Θερμοαλατική κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου (1987).

ανατολικά. Το MAW εντοπίζεται από το υποεπιφανειακό ελάχιστο της αλατότητας το οποίο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού απαντά στα ανώτερα 50m της υδάτινης στήλης, ενώ το χειμώνα κοντά στη επιφάνεια της θάλασσα. Η αλατότητα του MAW αυξάνεται από 36,8 psu που είναι στο Gibraltar κατά προσέγγιση, σε 37,5 psu στα στενά της Σικελίας και 38,6 psu κοντά στο Κρητικό Πέρασμα. Επιπλέον, το βάθος του πυρήνα του MAW αυξάνεται από τα 20m στα 100m το καλοκαίρι και το φθινόπωρο

καθώς μεταδίδεται προς τα ανατολικά. Το MAW συνεχίζει την ανατολική του πορεία φτάνοντας στη Λεβαντινή λεκάνη με αλατότητα που πλησιάζει τα 38,9 psu. Την ίδια αλατότητα έχει και όταν εισέρχεται στο Αιγαίο Πέλαγος μέσα από τα στενά του Κρητικού Τόξου.

Η Ανατολική Μεσόγειος τροφοδοτεί τη Δυτική Μεσόγειο με ποσότητα υδάτων που κυμαίνεται μεταξύ των 18.000 και 38.000 km³. Τα ύδατα αυτά αποτελούνται κυρίως από LIW.

Ωστόσο ανταλλαγή υδατίνων μαζών λαμβάνει χώρα μεταξύ της Μαύρης θάλασσας και της Ανατολικής Μεσογείου. Έτσι, έχουμε την εισροή επιφανειακού νερού (1.250 km³/yr) προερχόμενου από τη Μαύρη Θάλασσα BSW και την εκροή βαθιών νερών του Αιγαίου Πελάγους (950 km³/yr) μέσα από τα στενά των Δαρδανελίων (Unluata *et al.*, 1990). Τα προερχόμενα από τη Μαύρη Θάλασσα νερά αποτελούν μια υδάτινη μάζα, τη BSW, η οποία εντοπίζεται από το ελάχιστο της αλατότητας που τη χαρακτηρίζει. Αυτή η υδάτινη μάζα εντοπίζεται μονό στο Βόρειο και Δυτικό Αιγαίο Πέλαγος μέχρι και τα στενά των Κυθήρων. Η επιφανειακή αλατότητα του νερού της Μαύρης Θάλασσας (BSW) είναι χαμηλή και οι ελάχιστες τιμές της αλατότητας της κυμαίνονται από 29 psu μέχρι 30 psu στην περιοχή των στενών των Δαρδανελίων. Οι ελάχιστες αυτές τιμές της αλατότητας εμφανίζονται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού οπότε επικρατεί έντονη στρωμάτωση.

Καθώς η υδάτινη μάζα BSW εξαπλώνεται προς νότο στο βόρειο Αιγαίο, η τιμή της αλατότητας αυξάνεται και σταδιακά ανέρχεται στα 35-36 psu. Το χειμώνα οι σχετικά υψηλότερες τιμές αλατότητας οφείλονται στην ανάμιξη του επιφανειακού στρώματος με το Λεβαντινό νερό. Η αλατότητα των υδάτων που εισρέουν προς τη Μαύρη Θάλασσα μέσω των στενών Δαρδανελίων ανέρχεται στα 38 psu.

Μέσα από το στενό των Δαρδανελίων και του στενού της Σικελίας εισάγονται στην Ανατολική Μεσόγειο επιφανειακά νερά χαμηλής αλατότητας. Από την άλλη μεριά η Ανατολική Μεσόγειος εκρέει ενδιάμεσα και βαθιά νερά υψηλής πυκνότητας. Δηλαδή λειτουργεί σαν μια «μηχανή» παραγωγής νερών υψηλής πυκνότητας. Μέσω αυτής της κυκλοφορίας εισάγονται νερά χαμηλής πυκνότητας των οποίων η αλατότητα αυξάνεται και τελικά βυθίζονται σε κάποιο σημείο της διαδρομής τους, δημιουργώντας πυκνά νερά τα οποία εκρέουν ως αντιρρεύματα διαμέσου των στενών της Σικελίας και των Δαρδανελίων. Ο κύριος μηχανισμός που μετατρέπει μια υδάτινη μάζα σχετικά χαμηλής πυκνότητας σε μια πυκνότερη είναι η απώλεια θερμότητας. Η απώλεια θερμότητας στη θάλασσα όμως μπορεί να είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης της με την ατμόσφαιρα ή της αύξησης της αλατότητας της λόγω εξάτμισης. Μεγάλη ροή νερού και ανάμειξης πραγματοποιείται στα στενά όταν η απώλεια της θερμότητας αυξάνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα περισσότερο πυκνό νερό να παράγεται. Η διαδικασία αυτή παραγωγής πυκνού νερού στην περιοχή είναι ο μηχανισμός της θερμοαλατικής κυκλοφορίας σε μια ημίκλειστη περιοχή. Οι περιοχές όπου λαμβάνει χώρα δημιουργία πυθμενικών νερών είναι το Αιγαίο πέλαγος και η Αδριατική θάλασσα. Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι και οι δυο περιοχές έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτούν με βαθύ πυθμενικό νερό το Ιόνιο και Λεβαντίνο πέλαγος. Αυτές οι υδάτινες μάζες περιλαμβάνουν και το EMDW που δημιουργείται στο Ιόνιο πέλαγος από την ανάμειξη του ενδιάμεσου νερού (LIW) με το ψυχρό βαθύ νερό της Αδριατικής που εκρέει μέσα από τα στενά του Οτράντο. Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό είναι ότι το EMDW διατηρεί τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά του σχεδόν αμετάβλητα για μεγάλες χρονικές περιόδους. Επιπλέον, το Αιγαίο πέλαγος συνέβαλε τουλάχιστον για μια φορά

τον τελευταίο αιώνα στη βαθειά κυκλοφορία αλλάζοντας τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά των υδατίνων μαζών.

Πιθανόν σημαντικό ρόλο για τη δημιουργία της θερμοαλατικής κυκλοφορίας και της δομής που έχει η υδάτινη στήλη στην Ανατολική Μεσόγειο είναι οι περιοχές δημιουργίας 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 στη Μεσόγειο. Καθώς τα επιφανειακά ύδατα εξαπλώνονται ανατολικά, μεγάλες ποσότητες ύδατος εξατμίζονται με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αλατότητα. Έτσι κατά τη διέλευση τους από τα στενά της Σικελίας η αλατότητα κυμαίνεται στα 38,5 psu, φτάνοντας όμως στη νότιο-νοτιοδυτική περιοχή της Μικράς Ασίας οι τιμές της αλατότητας μπορεί να ξεπεράσουν τα 39,1 psu. Μεγάλη απώλεια θερμότητας και εξάτμιση πραγματοποιείται σε αυτήν την περιοχή που σε συνδυασμό με μια κυκλωνική κυκλοφορία δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες για τη δημιουργία μιας υδάτινης μάζας με αυξημένη αλατότητα και υψηλές τιμές θερμοκρασίας που βυθίζεται στα ενδιάμεσα βάθη. Η υδάτινη μάζα που δημιουργείται ονομάζεται LIW και θεωρείται ένα από τα κυρίαρχα χαρακτηριστικά της μεγάλης σε κλίμακα κυκλοφορίας που λαμβάνει χώρα στη Μεσόγειο. Καθώς κατανέμεται σε ολόκληρη την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου. Το LIW δημιουργείται κυρίως στη βόρεια Λεβαντινή λεκάνη και ειδικότερα νοτιοανατολικά της νήσου της Ρόδου από τον Φεβρουάριο μέχρι τον Μάρτιο κάτω από την επίδραση ξηρών και κρύων ηπειρωτικών αερίων μαζών. Η κυκλωνική Γύρα της Ρόδου παίζει σημαντικό ρολό στη εξάπλωση και στη δημιουργία του LIW. Το LIW είναι κυρίως ένα λεπτό στρώμα που βρίσκεται κάτω από το επιφανειακό στρώμα της υδάτινης στήλης σε βάθος που κυμαίνεται μεταξύ των 100m με 200m.

2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.

2.1.1.Δεδομένα

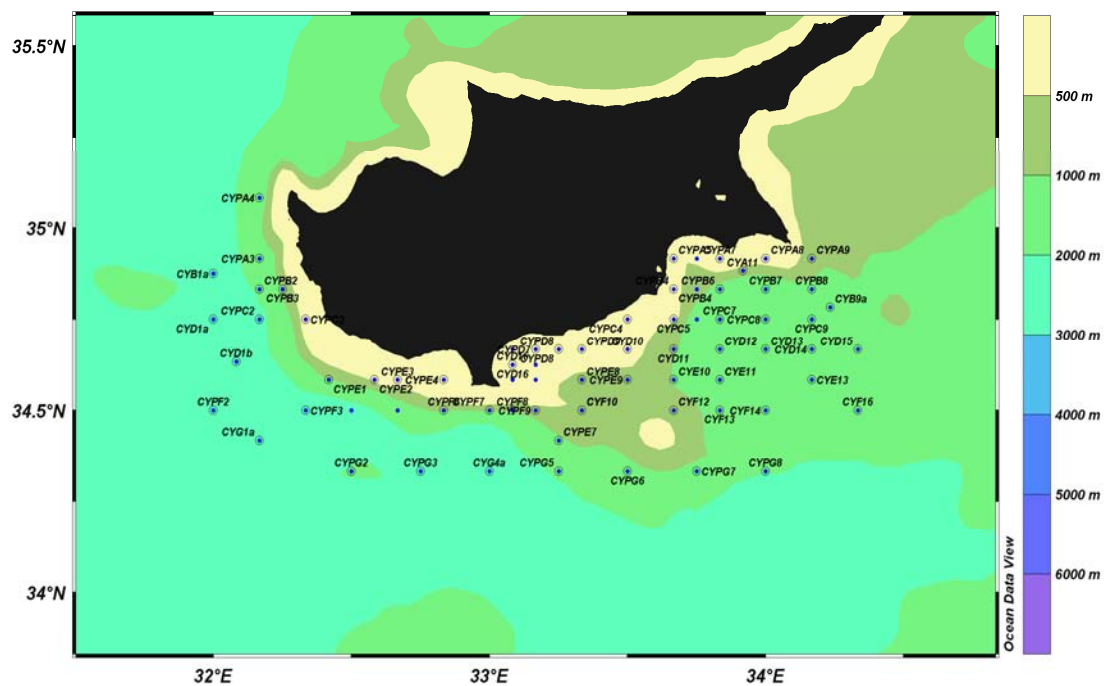
Τα δεδομένα που επεξεργάστηκαν στην παρούσα εργασία συλλέχθηκαν κατά τη διεξαγωγή του πλόα που πραγματοποιήθηκε στα τέλη του καλοκαιριού από τις 22 Σεπτεμβρίου μέχρι τις 16 Οκτωβρίου του 1995 (CYBO-1). Ο πλόας πραγματοποιήθηκε από το ερευνητικό σκάφος M/V TRITON και διεξάγηκε νότια της Κύπρου σε ένα πλέγμα 72 σταθμών, των οποίων οι μεταξύ τους αποστάσεις ήταν περίπου 10 km (Εικ.2.1.2.1).

Η λήψη των δεδομένων έγινε με τη χρησιμοποίηση ενός S.B.E (Sea Bird Electronics) model 9/11. Τα επίπεδα ακρίβειας του CTD είναι της τάξης των 0,004 °C/έτος για τη θερμοκρασία, 0,003 S/m/μήνα για την αγωγιμότητα και 0,02% για την πίεση σε db. Η συχνότητα των μετρήσεων του CTD ήταν 24 μετρήσεις το δευτερόλεπτο. Για ελαχιστοποίηση των spike της αλατότητας τα δεδομένα πέρασαν από ειδικά φίλτρα κατά τη διάρκεια της εξαγωγής τους.

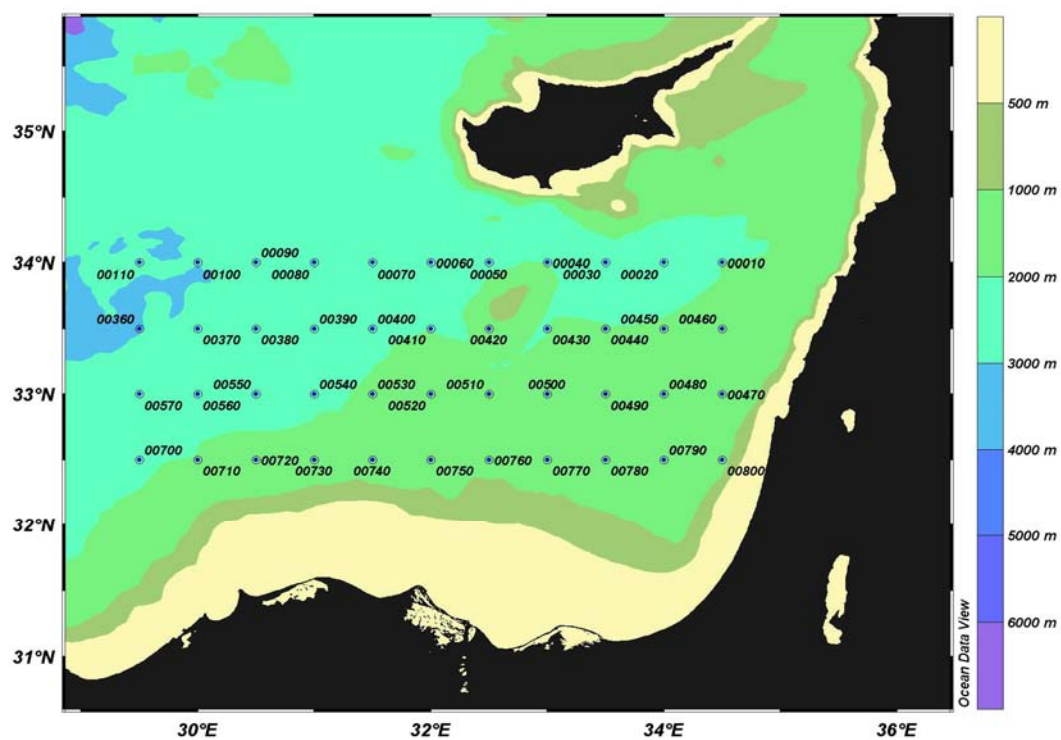
Επίσης, τα δεδομένα από την περιοχή μελέτης συγκρίθηκαν με δεδομένα της ευρύτερης περιοχής που συλλέχθηκαν κατά τη διεξαγωγή του προγράμματος POEM (Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean) μεταξύ Οκτωβρίου και Νοεμβρίου του 1985 και συγκεκριμένα με τον πλόα που πραγματοποιήθηκε από το ερευνητικό σκάφος R/V Bilim στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής λεκάνης (Εικ.2.1.2.2). Κατά τον πλόα αυτό χρησιμοποιήθηκαν 44 σταθμοί ενώ οι μετρήσεις έγιναν με CTD με τα ίδια επίπεδα ακρίβειας με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην κύρια περιοχή μελέτης. Η ευρύτερη περιοχή μελετήθηκε για να κατανοηθεί καλύτερα η υδρογραφία αλλά και η κυκλοφορία στην περιοχή που εστιάστηκε το ενδιαφέρον μας.

Η εξαγωγή των δεδομένων της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε από την τράπεζα των δεδομένων Medatlas και η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη χρήση του ωκεανογραφικού προγράμματος Ocean Data View (ODV), του Surfer 8 καθώς και του Excel. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται εκτενέστερα στο παράρτημα, και αφορούν στην ανάλυση των υδάτινων μαζών από τα διαγράμματα T- θ που προέκυψαν κατά την επεξεργασία των δεδομένων, την ισοπυκνική ανάλυση και τη γεωστροφική ροή καθώς και στον τρόπο κατασκευής τόσο οριζόντιων όσο και κατακόρυφων κατανομών με τη χρήση των παραπάνω αναφερθέντων προγραμμάτων.

2.1.2.Περιοχή Μελέτης- Σταθμοί



Εικόνα 2.1.2.1:Περίοδος Δειγματοληψίας - 22 Σεπτεμβρίου με 16 Οκτωβρίου του 1995 (CYBO-1)



Εικόνα 2.1.2.2:Περίοδος Δειγματοληψίας - 16 Οκτωβρίου με 4 Νοεμβρίου του 1985 (POEM).

2.2.ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

2.2.1.Διαγράμματα Θ-S και ανάλυση υδάτινων μαζών με τη μέθοδο των τριγώνων ανάμιξης (μέθοδος mamayev, 1975).

Στο θαλάσσιο περιβάλλον η θερμοκρασία και η αλατότητα δε μεταβάλλονται ανεξάρτητα η μια από την άλλη. Εάν για κάθε δείγμα θαλάσσιου νερού που έχει συλλεχθεί από τα διάφορα βάθη ενός ωκεανογραφικού σταθμού, τοποθετηθεί στον οριζόντιο άξονα η αλατότητα και στον η κάθετο η δυναμική θερμοκρασία κάθε δείγματος σε σχέση με την αντίστοιχη αλατότητα, θα διαπιστωθεί ότι τα διαδοχικά σημεία σχηματίζουν καμπύλη. Η καμπύλη που σχηματίζεται ονομάζεται «διάγραμμα Θ-S». Εάν σε ένα διάγραμμα Θ-S τοποθετηθούν όλα τα ζεύγη θερμοκρασίας και αλατότητας που αντιστοιχούν σε όλα τα δείγματα θαλασσινού νερού όλων των σταθμών μιας γεωγραφικής περιοχής, θα προκύψει το «σύνθετο διάγραμμα Θ-S». Το τελευταίο αυτό διευκολύνει να καθορισθούν οι χαρακτηριστικές τιμές θερμοκρασίας και αλατότητας των υδάτινων τύπων που συμμετέχουν στην υδάτινη στήλη της περιοχής μελέτης, όπως επίσης και να εντοπισθούν σημεία τα οποία αποκλίνουν σημαντικά από τη διασπορά της πλειονότητας των άλλων σημείων και τα οποία πολλές φορές πρέπει να θεωρούνται αμφιβόλου ποιότητας. Έτσι ένα διάγραμμα Θ-S αποτελεί επίσης και ένα μέσο επαλήθευσης της αξιοπιστίας των στοιχείων που έχουν συλλεχθεί σε ένα ωκεανογραφικό πλόα.

Όταν ένας υδάτινος τύπος, ο οποίος συμβολίζεται με ένα σημείο στο διάγραμμα Θ-S, βυθιστεί λόγω αύξησης της πυκνότητάς του, ο μόνος τρόπος μεταβολής της θερμοκρασίας και της αλατότητάς του είναι μέσω ανάμιξής του με άλλους υδάτινους τύπους, που χαρακτηρίζονται από διαφορετικές θερμοαλατικές ιδιότητες. Έτσι, τα

θερμοαλατικά χαρακτηριστικά μιας υδάτινης μάζας, η οποία γενικά συμβολίζεται ως ευθύγραμμο ή καμπυλόγραμμο τμήμα ενός διαγράμματος Θ-S, παρέχουν πληροφόρηση τόσο για την προέλευση της, όσο και για τις μεταβολές που αυτή έχει υποστεί λόγω ανάμιξης του υδάτινου τύπου μετά την απομάκρυνση του από την πηγή. Η θερμοκρασία και η αλατότητα επίσης καθορίζουν την πυκνότητα (σε κάποιο επίπεδο αναφοράς), επομένως μπορούμε σε ένα διάγραμμα Θ-S να χαράξουμε και τις ισόπυκνες καμπύλες. Αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να μπορούμε να εκτιμήσουμε τη μεταβολή της πυκνότητας με το βάθος. Άρα μπορούμε να εξετάσουμε τη σταθερότητα της υδάτινης στήλης και να εντοπίσουμε περιοχές όπου παρατηρείται αναστροφή της υδάτινης στήλης. Η σταθερότητα της υδάτινης υπολογίζεται από τη γωνία που σχηματίζει η καμπύλη του διαγράμματος Θ-S με τις ισόπυκνες καμπύλες και είναι ανάλογη με το μέγεθος της γωνίας. Όταν δηλαδή η καμπύλη Θ-S τέμνει τις ισόπυκνες κάθετα, η σταθερότητα της υδάτινης στήλης, στο βάθος που συμβαίνει αυτό, είναι μέγιστη. Έτσι κρίνεται αναγκαία η χρήση των διαγραμμάτων Θ-S στην ωκεανογραφία τόσο για τον εντοπισμό των υδάτινων μαζών που συμμετέχουν όσο και για τη σταθερότητα που επικρατεί στην περιοχή.

2.2.2. Η χρήση των διαγραμμάτων Θ-S στην Ωκεανογραφία.

Τα διαγράμματα Θ-S χρησιμοποιούνται στην Ωκεανογραφία κυρίως για την αναγνώριση υδάτινων μαζών, αλλά και για τον καθορισμό του βαθμού της ανάμιξης των υδάτινων μαζών σε μια περιοχή μελέτης. Αν έχουμε δύο υδάτινους τύπους που αναμιγνύονται σε μια περιοχή, έστω ότι έχουμε μια μάζα m_1 του υδάτινου τύπου 1 και μια μάζα m_2 του υδάτινου τύπου 2. Παίρνοντας ένα σημείο πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει τους δύο υδάτινους τύπους, αυτόματα χωρίζουμε το τμήμα αυτό σε

δύο μικρότερα ευθύγραμμα τμήματα, έστω α το τμήμα προς τον υδάτινο τύπο 1 και β το τμήμα προς τον υδάτινο τύπο 2. Η σχετική αναλογία του μίγματος θα είναι $m_1/m_2 = \beta/\alpha$. Με τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε και τη σχετική αναλογία για τρεις και περισσότερους υδάτινους τύπους. Όταν λοιπόν δύο ή και περισσότεροι υδάτινοι τύποι με γνωστά θερμοαλατικά χαρακτηριστικά αναμιγνύονται, μπορούμε με βάση το διάγραμμα Θ - S να αναγνωρίσουμε τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά του μίγματος και να υπολογίσουμε τις αναλογίες με τις οποίες συμμετέχουν οι δύο τύποι στην υδάτινη στήλη.

Οι λόγοι για τους οποίους το διάγραμμα Θ - S θεωρείται ως ένα ιδιαίτερο χρήσιμο εργαλείο για την αναγνώριση και παρακολούθηση της εξάπλωσης των υδάτινων μαζών είναι δύο. Ο πρώτος είναι ότι και οι δύο παράμετροι, αλατότητα και θερμοκρασία, μετρώνται με σχετική εύκολα. Ο δεύτερος λόγος αφορά το γεγονός ότι όταν μια υδάτινη μάζα απομακρυνθεί από την ατμόσφαιρα δηλαδή μόλις εγκαταλείψει το επιφανειακό μικτό στρώμα και βρεθεί στο εσωτερικό της υδάτινης στήλης, τα θερμοαλατικά της χαρακτηριστικά μπορούν να μεταβληθούν μόνο μέσα από τη διεργασία της ανάμιξης. Έτσι, όπως γίνεται αντιληπτό, η διεργασία της ανάμειξης συμβάλλει στο να δημιουργηθούν νερά με διαφορετικά θερμοαλατικά χαρακτηριστικά. Για το λόγο αυτό τόσο η αλατότητα όσο και η δυναμική θερμοκρασία χαρακτηρίζονται ως «συντηρητικές ιδιότητες». Η επιτόπια θερμοκρασία δε χρησιμοποιείται γιατί μπορεί να μεταβληθεί από άλλες διεργασίες πέραν της ανάμιξης, όπως λόγω αδιαβατικής συμπίεσης και εκτόνωσης, και έτσι δε χαρακτηρίζεται ως συντηρητική ιδιότητα. Η χρήση των διαγραμμάτων T - S έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια για την αποφυγή σφαλμάτων και στη θέση τους χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα Θ - S που δίνουν πιο ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα.

2.2.3. Η ανάλυση των ισόπυκνων επιφανειών

Η έννοια της ισόπυκνης εξάπλωσης των χαρακτηριστικών μιας υδάτινης μάζας στο θαλάσσιο περιβάλλον έλκει την καταγωγή της από την αντίστοιχη έννοια της ισεντροπικής εξάπλωσης που έχει εφαρμοσθεί στην ατμόσφαιρα από τον Rossby (1937). Εφόσον ισεντροπική ροή προϋποθέτει αδιαβατική μετατόπιση, ένα στοιχειώδες σωματίδιο νερού που κινείται αδιαβατικά διατηρεί την αρχική του δυναμική πυκνότητα, παρά τις μεταβολές της επιτόπιας θερμοκρασίας και πυκνότητας που οφείλονται στις μεταβολές της πίεσης. Έτσι, για την πλέον κατάλληλη σε κάθε περίπτωση πίεση αναφοράς, μια επιφάνεια δυναμικής πυκνότητας είναι και επιφάνεια διασποράς των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών που ορίζουν την εκάστοτε υδάτινη μάζα. Έτσι όταν επικρατούν συνθήκες σταθερής στρωμάτωσης στην υδάτινη στήλη η μετατόπιση ενός σωματιδίου από την επιφάνεια αυτή θα αντισταθμίζεται από τις ανωστικές δυνάμεις που επικρατούν στην περιοχή.

2.2.4. Η Γεωστροφική Μέθοδος

Με τη γεωστροφική μέθοδο είναι δυνατός ο υπολογισμός της ταχύτητας ροής θαλασσίων ρευμάτων βάσει μετρήσεων θερμοκρασίας και αλατότητας. Ο άνεμος προκαλεί την κίνηση των επιφανειακών στρωμάτων νερού της υδάτινης στήλης, στη συνέχεια, η επακολουθούσα κίνηση εξαρτάται από την εξισορρόπηση μεταξύ της δύναμης του ανέμου και της κοριόλειας δύναμης. Η ύπαρξη όμως οριακών επιφανειών (π.χ. πυθμένα, ακτών) περιπλέκει την εξιδανικευμένη κατάσταση που έχει χρησιμοποιηθεί για την εξήγηση της δημιουργίας των ανεμογενών ρευμάτων, καθώς τα όρια αυτά, αφ' ενός επιβραδύνουν τις ροές λόγω τριβής, αφ' ετέρου δημιουργούν

κλίσεις στην επιφάνεια της θάλασσας. Το γεγονός αυτό δηλαδή η δημιουργία κλίσης στην επιφάνεια της θάλασσας έχει ως συνέπεια την πρόκληση των εγκάρσιων μεταβολών της υδροστατικής πίεσης με το βάθος. Έτσι έχουμε τη δημιουργία οριζοντίων βαθμίδων πίεσης στην υδάτινη στήλη. Αυτό έχει ως συνέπεια το νερό της κάθε βαθμίδας να ρέει με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να εξαλειφθούν οι διαφορές της πίεσης που δημιουργούνται. Η δύναμη που προκαλεί την κίνηση αυτή ονομάζεται «δύναμη της οριζόντιας βαθμίδας πίεσης». Εάν λοιπόν η κοριόλεια δύναμη εξισορροπείται από τη δύναμη της οριζόντιας βαθμίδας πίεσης, το ρεύμα βρίσκεται σε γεωστροφική ισορροπία και ονομάζεται «γεωστροφικό ρεύμα».

Όπως αναφέραμε η γεωστροφική ισορροπία προκύπτει από τις εξισώσεις κινήσεις κάτω από τις εξής παραδοχές:

1. Σταθερή χρονικά κατάσταση : δεν υπάρχουν τοπικές επιταχύνσεις.
2. Γραμμική κίνηση ($Ro \ll 1$) : δεν υπάρχουν όροι μεταφοράς.
- 3 Αμελητέα τριβή.
4. Υδροστατική ισορροπία στην κατακόρυφη διεύθυνση.

$$\frac{du}{dt} - fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\theta p}{\theta x} + \frac{\theta}{\theta x} \left[Ax \frac{\theta u}{\theta x} \right] + \frac{\theta}{\theta y} \left[Ay \frac{\theta u}{\theta y} \right] + \frac{\theta}{\theta z} \left[Az \frac{\theta u}{\theta z} \right]$$

$$\frac{dv}{dt} - fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\theta p}{\theta y} + \frac{\theta}{\theta x} \left[Ax \frac{\theta v}{\theta x} \right] + \frac{\theta}{\theta y} \left[Ay \frac{\theta v}{\theta y} \right] + \frac{\theta}{\theta z} \left[Az \frac{\theta v}{\theta z} \right]$$

$$g = -\frac{1}{\rho} \frac{\theta p}{\theta z}$$

Οι εξισώσεις τις γεωστροφικής ροής που προκύπτουν είναι:

$$-fv = \frac{-1}{\rho} \frac{\theta p}{\theta x}$$

$$-fu = \frac{-1}{\rho} \frac{\theta p}{\theta y}$$

Οι παραπάνω παραδοχές ισχύουν για την περιγραφή ροών σε περιοχές σχετικά

ανεπηρέαστες (κατά μέσο όρο) από την επίδραση του ανέμου και την πυθμενική τριβή.

Στην περίπτωση αυτή, και αν η επιφάνεια της θάλασσας (καθώς και όλες οι άλλες ισοβαρικές επιφάνειες μέχρι τον πυθμένα - μιλώντας για βαροτροπικές συνθήκες) σχηματίζει γωνία θ με την οριζόντια διεύθυνση, η δύναμη της οριζόντιας βαθμίδας πίεσης που ασκείται στη μονάδα μάζας θαλάσσιου νερού δίνεται από τη σχέση $g*\epsilon\phi\theta$, επομένως η δύναμη που ασκείται σε σωματίδιο μάζας m είναι ίση με $m*g*\epsilon\phi\theta$. Γνωρίζουμε επίσης ότι η κοριόλεια δύναμη που ασκείται σε σωματίδιο νερού μάζας m κινούμενου με ταχύτητα u είναι $m*f*u$, όπου f είναι η κοριόλεια παράμετρος. Σε συνθήκες γεωστροφικής ισορροπίας η κοριόλεια δύναμη και η δύναμη της οριζόντιας βαθμίδας πίεσης εξισορροπούνται $m*f*u=m*g*\epsilon\phi\theta$, ή $\epsilon\phi\theta=f*u/g$. Η τελευταία εξίσωση είναι γνωστή ως εξίσωσης κλίσης και στη γεωστροφική ροή ισχύει για κάθε ισοβαρική επιφάνεια.

Ωστόσο τα γεωστροφικά ρεύματα ορίζονται όταν η δύναμη της οριζόντιας βαθμίδας πίεσης αντισταθμίζεται από την κοριόλεια δύναμη. Τα ρεύματα αυτά εμφανίζονται είτε όταν επικρατούν συνθήκες ομοιογένειας (βαροτροπικές συνθήκες) είτε όταν έχουμε εγκάρσιες μεταβολές στην πυκνότητα (βαροκλιτικές συνθήκες). Είναι σαφές ότι το γεωστροφικό ρεύμα δεν κινείται σύμφωνα με την οριζόντια βαθμίδα πίεσης (δηλαδή από τις υψηλές προς τις χαμηλές πιέσεις) αλλά κάθετα προς αυτήν.

Για να υπολογίσουμε τις ταχύτητες των γεωστροφικών ρευμάτων πρέπει να μετρήσουμε τις αποκλίσεις των ισοβαρικών από την οριζόντια επιφάνεια. Όπως γνωρίζουμε ο φλοιός της γης δεν είναι επίπεδος αλλά παρουσιάζει ένα τοπογραφικό ανάγλυφο. Έτσι αν δεν είχαμε την παρουσία των ρευμάτων η επιφάνεια της θάλασσας θα ταυτιζόταν με αυτήν της ισοδυναμικής επιφάνειας.

Όμως, η επιφάνεια της θάλασσας μπορεί να μην είναι επίπεδη - έτσι θα υπάρχει μια

άγνωστη κλίση μεταξύ των δυο σταθμών CTD.

Οπότε έχουμε $d\Phi = -a dp$ ολοκληρώνοντας τη σχέση προκύπτει:

$$\Phi(P_1) - \Phi(P_0) = - \int_{P_0}^{P_1} a dp \Leftrightarrow \Phi(P_1) = \Phi(P_0) - \int_{P_0}^{P_1} a dp$$

Θα κάνουμε το ίδιο και για τον ειδικό όγκο a . Θα τον χωρίσουμε σε δύο μέρη: ένα (μεγάλο) σταθερό μέρος $a(35,0,P)$ και ένα μικρότερο μεταβαλλόμενο μέρος, την απόκλιση ή ανωμαλία του ειδικού όγκου $\delta(S,T,P)$:

$$a(S,T,P) = a(35,0,P) + \delta \quad \text{ή} \quad \delta = a(S,T,P) - a(35,0,P)$$

οπότε η σχέση μας για τη διαφορά γεωδυναμικού μπορεί να γραφτεί:

$$\Phi(P_1) - \Phi(P_0) = - \int_{P_0}^{P_1} a dp = - \int_{P_0}^{P_1} a_{35,0,p} dp - \int_{P_0}^{P_1} \delta dp$$

Για τα γεωστροφικά όμως ρεύματα η πιο σημαντική ιδιότητα μιας ισοδυναμικής επιφάνειας είναι ότι η δυναμική ενέργεια ενός σωματιδίου, που κινείται επάνω σε μια τέτοια επιφάνεια παραμένει σταθερή. Ωστόσο ένα σωματίδιο νερού μπορεί να μετακινηθεί από μια ισοδυναμική επιφάνεια σε μια άλλη με τη δυναμική του ενέργεια είτε να αυξάνεται είτε να μειώνεται. Η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας εξαρτάται από την κατακόρυφη απόσταση μετακίνησης που υφίσταται το σωματίδιο του νερού και από την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας, g .

Λόγω της σχέσης που παρουσιάζεται μεταξύ μιας ισοβαρικής επιφάνειας και της δυναμικής ενέργειας, οι αποκλίσεις των ισοβαρικών επιφανειών από την οριζόντια διεύθυνση αναφέρονται ως «**δυναμικά ύψη**» και μετρώνται σε μονάδες δυναμικής ενέργειας ή έργου. Οι διακυμάνσεις του δυναμικού ύψους σε μια ισοβαρική επιφάνεια,

σε σχέση με κάποιο επίπεδο αναφοράς στο οποίο υποθέτουμε ότι η αντίστοιχη ισοβαρική επιφάνεια είναι οριζόντια αναφέρεται ως «**δυναμική τοπογραφία**». Έτσι γίνεται σαφές ότι ένας χάρτης δυναμικής τοπογραφίας μας δείχνει τη γεωστροφική κυκλοφορία της περιοχής μελέτης. Συγκεκριμένα το γεωστροφικό ρεύμα ρέει σε διεύθυνση κάθετη προς την κλίση της ισοβαρικής επιφάνειας και επομένως ρέει κατά μήκος και παράλληλα με τις καμπύλες του δυναμικού ύψους.

Στο σημείο αυτό εισάγουμε δυο ορισμούς:

$$\text{Δυναμικό ύψος: } D_{\frac{p_j}{p_i}} = \int_{p_i}^{p_j} \frac{1}{\rho} dp$$

$$\text{Ανωμαλία δυναμικού ύψους: } \Delta D_{\frac{p_j}{p_i}} = \int_{p_i}^{p_j} \delta dp$$

Υπολογίζοντας το δυναμικό ύψος από δεδομένα υδρογραφικού σταθμού

$$\Delta D_{\frac{p_0}{p_{ref}}} = \int_{p_0}^{p_{ref}} \delta dp$$

$$\Delta D_{\frac{p_0}{p_{ref}}} = \delta_1 P_1 + \sum_{i=1}^{k-1} \frac{(\delta_{i+1} + \delta_i)}{2} (P_{i+1} - P_i)$$

Το συνεχούς χαρακτήρα ολοκλήρωμα προσεγγίζεται με το άθροισμα επιμέρους διαστημάτων:

Βάσει του τελευταίου ορισμού έχουμε:

$$\Phi(P_1) = \Phi(P_0) - \int_{P_0}^{P_1} \frac{1}{\rho} dp = \Phi(P_0) - D_{\frac{P_0}{P_1}}$$

Τέλος οι καμπύλες του δυναμικού ύψους σχετίζονται με την ταχύτητα του γεωστροφικού ρεύματος, μέσω της εξίσωσης κλίσης. Άρα όσο μεγαλύτερη ταχύτητα έχει το γεωστροφικό ρεύμα, τόσο πιο απότομη θα είναι η κλίση της ισοβαρικής

επιφάνειας και συνεπώς τόσο πιο πυκνά διατεταγμένες θα είναι οι καμπύλες δυναμικού ύψους. Με τις γεωστροφικές ταχύτητες να προκύπτουν από τις παρακάτω σχέσεις:

$$fv_1 = \frac{\theta\Phi_1}{\theta x} = \frac{\Phi_{\beta_1} - \Phi_{A_1}}{\Delta x} = \frac{(\Phi_{\beta_0} - \Phi_{\beta_{0,1}}) - (\Phi_{A_0} - \Phi_{A_{0,1}})}{\Delta x}$$

$$fv_2 = \frac{\theta\Phi_2}{\theta x} = \frac{\Phi_{\beta_2} - \Phi_{A_2}}{\Delta x} = \frac{(\Phi_{\beta_0} - \Phi_{\beta_{0,2}}) - (\Phi_{A_0} - \Phi_{A_{0,2}})}{\Delta x}$$

$$f(v_1 - v_2) = \frac{(D_{B_{1,2}} - D_{A_{1,2}})}{\Delta x}$$

$$f(v_1 - v_2) = \frac{(D_{B_{1,2}} - D_{A_{1,2}})}{\Delta x} \rightarrow f(v_1 - v_2) = \frac{(\Delta D_{B_{1,2}} - \Delta D_{A_{1,2}})}{\Delta x}$$

Οπότε και πάλι γνωρίζουμε τις σχετικές αλλά όχι τις απόλυτες ταχύτητες. Τώρα, ο μόνος τρόπος για να βρούμε την απόλυτη ταχύτητα, για παράδειγμα, την V_1 , βάσει της γεωστροφικής εξίσωσης είναι να γνωρίζουμε το V_2 , δηλαδή να αποτελέσει το V_2 τιμή αναφοράς.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Υδρογραφία του Λεβαντινού Πελάγους.

3.1.1. Οριζόντιες κατανομές στα τέλη του καλοκαιριού (1995)

Σε αυτήν την ενότητα περιγράφεται η οριζόντια κατανομή της θερμοκρασίας, της αλατότητας και της πυκνότητας συναρτήσει του βάθους. Έχουν επιλεγεί 9 οριζόντιες κατανομές για κάθε παράμετρο στα βάθη των 2 m, 50 m 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 600 m, 700 m, 800 m και 900 m. Στόχος είναι η κατανόηση της εξάπλωσης των υπ' εξέταση παραμέτρων στην περιοχή μελέτης, αλλά και των αλλαγών που αυτές υφίστανται με το βάθος.

❖ Επιφάνεια (2 m)

Το εύρος διακύμανσης της θερμοκρασίας (Εικ.3.1.1.1) ανέρχεται στους 3 °C. Οι υψηλότερες τιμές (26,2 °C) παρατηρούνται στα βορειοανατολικά και οι ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας (23,4 °C) στα βορειοδυτικά της περιοχής μελέτης. Γενικά από τα ανατολικά προς τα δυτικά παρατηρείται μια σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας.

Η οριζόντια κατανομή της αλατότητας (Εικ.3.1.1.2) παρουσιάζει σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις. Οι μέγιστες τιμές (39,54 psu) εντοπίζονται στα βορειοανατολικά και οι ελάχιστες τιμές (39,34 psu) στα νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης. Αρκετά κέντρα σχετικά υψηλής και χαμηλής αλατότητας παρατηρούνται στα νότια – νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης, όπου το εύρος διακύμανσης της αλατότητας κυμαίνεται μεταξύ 39,34 psu και 39,48 psu. Όπως και στην οριζόντια κατανομή της θερμοκρασίας έτσι και σε εκείνη της αλατότητας οι υψηλές τιμές απαντώνται στα ανατολικά και οι αντίστοιχες χαμηλές στα δυτικά.

Η οριζόντια κατανομή της πυκνότητας παρουσιάζει μεγάλες ομοιότητες με την αντίστοιχη κατανομή της θερμοκρασίας (Εικ.3.1.1.3). Η μέγιστη τιμή της πυκνότητας είναι $27,3 \text{ kg/m}^3$ (βορειοδυτικά) και η ελάχιστη $26,35 \text{ kg/m}^3$ (βορειοανατολικά). Γενικά από τα δυτικά προς τα ανατολικά της περιοχής μελέτης παρατηρείται μια σταδιακή μείωση της πυκνότητας που αντανακλά της αντίστοιχη αύξηση της θερμοκρασίας.

❖ Στα 50 m.

Στα 50 m μερικά μόνο χαρακτηριστικά της επιφανειακής κατανομής διατηρούνται, όπως λ.χ οι υψηλές θερμοκρασίες και αλατότητες στα ανατολικά της περιοχής μελέτης. Ειδικότερα το εύρος της θερμοκρασίας στα 50 m κυμαίνεται μεταξύ των $17 \text{ }^\circ\text{C}$ και $19,8 \text{ }^\circ\text{C}$ (Εικ.3.1.1.4). Ωστόσο οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας ($19,4^\circ\text{C} - 19,8^\circ\text{C}$) τώρα σημειώνονται στα νότιο-νοτιοδυτικά. Εκεί απαντούν δύο δίνες θερμού πυρήνα (αντικυκλώνες) με μέγιστη θερμοκρασία $19,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Οι ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας ($17 \text{ }^\circ\text{C} - 17,2 \text{ }^\circ\text{C}$) παρατηρούνται στα νοτιοδυτικά όπως και πριν. Στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται τρεις δίνες ψυχρού πυρήνα (κυκλώνες). Η πρώτη εντοπίζεται νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης, η δεύτερη στα βόρεια και τέλος η τελευταία στα βορειοανατολικά. Επίσης στην περιοχή μελέτης έχουμε την παρουσία ενός μαιανδρισμού στο πλαίσιο της γεωστροφικής ισορροπίας που εισέρχεται από τα νοτιοδυτικά και κατευθύνεται ανατολικά.

Η οριζόντια κατανομή της αλατότητας δεν παρουσιάζει ομοιότητες με αυτής της επιφάνειας (Εικ.3.1.1.5). Στα βόρεια της περιοχής μελέτης εντοπίζονται αρκετές περιοχές με κέντρα υψηλής ή χαμηλής αλατότητας, με το εύρος της αλατότητας να κυμαίνεται μεταξύ των 38,82 psu και 38,94 psu. Υψηλές τιμές αλατότητας απαντώνται στα νότιο-νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης, εκεί δηλαδή όπου έχουμε την παρουσία δινών θερμού πυρήνα, με την τιμή της αλατότητας να ανέρχεται στα 39,16

psu. Στις θέσεις που εντοπίζονται οι δίνες ψυχρού πυρήνα (κυκλώνες) στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται σχετικά χαμηλές τιμές αλατότητας.

Η οριζόντια κατανομή της πυκνότητας αντανακλά αυτήν της θερμοκρασίας (Εικ.3.1.1.6). Η πυκνότητα στην περιοχή μελέτης κυμαίνεται μεταξύ των 28 kg/m^3 και $28,45 \text{ kg/m}^3$. Οι μέγιστες τιμές της πυκνότητας εμφανίζονται στις περιοχές όπου υπάρχουν δίνες ψυχρού πυρήνα (κυκλώνες) και οι ελάχιστες στις περιοχές όπου απαντούν δίνες θερμού πυρήνα (αντικυκλώνες).

Συνοψίζοντας τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των υπό εξέταση παραμέτρων για την οριζόντια κατανομή στα 50 m προκύπτουν τα ακόλουθα: Πρώτον, ότι στην περιοχή απαντούν δίνες ψυχρού πυρήνα (κυκλώνες). Δεύτερον, ότι στην περιοχή υπάρχει δύο δίνες θερμού πυρήνα (αντικυκλώνες). Τέλος, παρατηρείται ένας μαιανδρισμός που στο πλαίσιο της γεωστροφικής προσέγγισης φαίνεται να εισέρχεται στην περιοχή μελέτης από τα νότιο-νοτιοδυτικά και να κατευθύνεται προς τα ανατολικά

❖ Στα 100 m.

Στα 100 m ορισμένα από τα χαρακτηριστικά που περιγράψαμε παραπάνω έχουν εξαφανιστεί. Για παράδειγμα στα βόρεια απουσιάζει η δίνη ψυχρού πυρήνα (κυκλώνας). Στα νότιο-νοτιανατολικά της περιοχής μελέτης οι δυο δίνες θερμού πυρήνα φαίνεται να έχουν ενσωματωθεί και δεν διακρίνονται μεταξύ τους. Επίσης στα δυτικά της περιοχής μελέτης παρατηρείται για πρώτη φορά μια δίνη θερμού πυρήνα (αντικυκλώνας). Ο μαιανδρισμός διακλαδίζεται σε δύο κλάδους εκ των οποίων ο ένας συνεχίζει προς τα ανατολικά και ο άλλος κατευθύνεται προς τα δυτικά συνεπικουρούμενος από την κυκλωνική δίνη της περιοχής. Η παρουσία της κυκλωνικής δίνης είναι σαφής στην οριζόντια κατανομή της πυκνότητας. Τέλος οι θερμοκρασίες

που επικρατούν στην περιοχή μελέτης κυμαίνονται μεταξύ των 15,8°C και 17°C (Εικ.3.1.1.7).

Το εύρος της αλατότητας στην περιοχή μελέτης κυμαίνεται μεταξύ των 38,9 psu και 39,04 psu (Εικ.3.1.1.8). Οι χαμηλότερες τιμές στην περιοχή απαντούν στα νοτιο-νοτιοανατολικά, ενώ οι υψηλότερες στα βορειοδυτικά. Εκατέρωθεν του μαιανδρισμού που δραστηριοποιείται στην περιοχή παρατηρούνται θύλακες σχετικά υψηλής και μικρότερης αλατότητας (από 38,98 psu έως 39,04 psu).

Το εύρος της πυκνότητας στην περιοχή μελέτης είναι περίπου 0,3 kg/m³ (Εικ.3.1.1.9). Οι υψηλές τιμές της πυκνότητας εντοπίζονται στις περιοχές όπου παρατηρούνται οι δίνες ψυχρού πυρήνα (κυκλώνας), ενώ αντίστοιχα οι χαμηλές εκεί που δραστηριοποιούνται οι δίνες θερμού πυρήνα (αντικυκλώνας).

❖ Στα 200 m

Το μόνο εμφανές χαρακτηριστικό που παρατηρείται στην οριζόντια κατανομή της θερμοκρασίας είναι η δίνη θερμού πυρήνα (αντικυκλώνας) στα νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης με τη μέγιστη τιμή της να ανέρχεται στα 15,8 °C (Εικ.3.1.1.10). Το θερμοκρασιακό εύρος της περιοχής μελέτης κυμαίνεται μεταξύ των 15 °C και 15,8 °C.

Η αλατότητα σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης κυμαίνεται μεταξύ των 39 psu και 39,08 psu (Εικ.3.1.1.11). Οι μέγιστες τιμές της αλατότητας (39,08 psu) εντοπίζονται στη δίνη θερμού πυρήνα (αντικυκλώνας) η οποία δραστηριοποιείται στα νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης. Αντίστοιχα οι ελάχιστες τιμές αλατότητας (39 psu) παρατηρούνται στη δίνη ψυχρού πυρήνα (κυκλώνας) που παρατηρείται στα νοτιοδυτικά της Κύπρου.

Στην οριζόντια κατανομή της πυκνότητας οι μέγιστες τιμές της πυκνότητας εντοπίζονται στην περιοχή που παρατηρούνται οι ελάχιστες τιμές αλατότητας και

αντίστροφα (Εικ.3.1.1.12). Με τη μέγιστη πυκνότητα της περιοχής να ανέρχεται στα $29,1 \text{ kg/m}^3$ (νοτιοδυτικά) και η ελάχιστη στα $28,95 \text{ kg/m}^3$ (νοτιοανατολικά).

❖ Στα 300m.

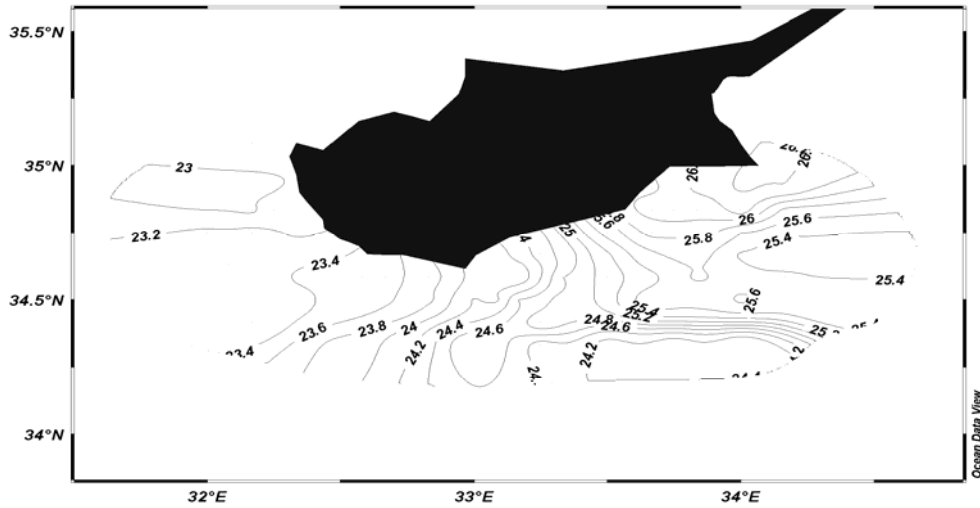
Το εύρος διακύμανσης και των τριών υπό εξέταση παραμέτρων είναι σχετικά μικρό. Η θερμοκρασία της περιοχής μελέτης κυμαίνεται μεταξύ των $14,4 \text{ }^\circ\text{C}$ και $14,8 \text{ }^\circ\text{C}$ (Εικ.3.1.1.13). Αντίστοιχα το εύρος της αλατότητας κυμαίνεται μεταξύ των $38,9 \text{ psu}$ και $38,98 \text{ psu}$ (Εικ.3.1.1.14) και τέλος το εύρος της πυκνότητας είναι μεταξύ των $29,12 \text{ kg/m}^3$ και $29,15 \text{ kg/m}^3$. Οι υψηλές και εδώ τιμές των υποεξέταση παραμέτρων παρατηρούνται στα νοτιοανατολικά της περιοχής και οι χαμηλές αντίστοιχα στα νοτιοδυτικά. Επίσης το μόνο χαρακτηριστικό που διατηρείται είναι η δίνη θερμού πυρήνα (αντικυκλώνας) στα νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης. Ωστόσο τόσο η κλίμακα του όσο και η ένταση του έχουν εξασθενήσει αρκετά.

❖ Από τα 400 m μέχρι τα 900 m.

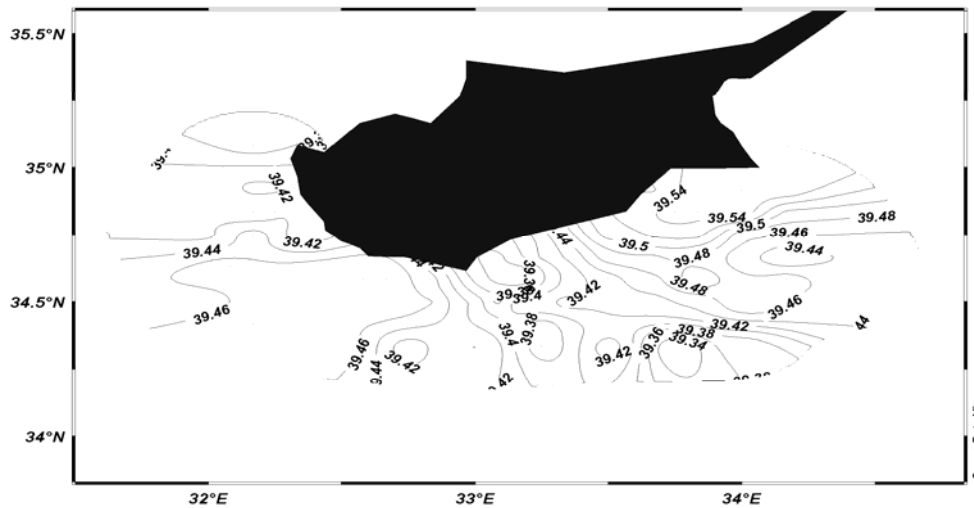
Από τα 500 m και μέχρι τα 900 m παρατηρούνται μικρές αλλαγές των παραμέτρων στις οριζόντιες κατανομές. Στον πίνακα 3.1.1.1 συνοψίζεται το εύρος διακύμανσης των υπό εξέταση παραμέτρων στην περιοχή μελέτης.

Πίνακας 3.1.1.1: Εύρος διακύμανσης των υπό εξέταση παραμέτρων.

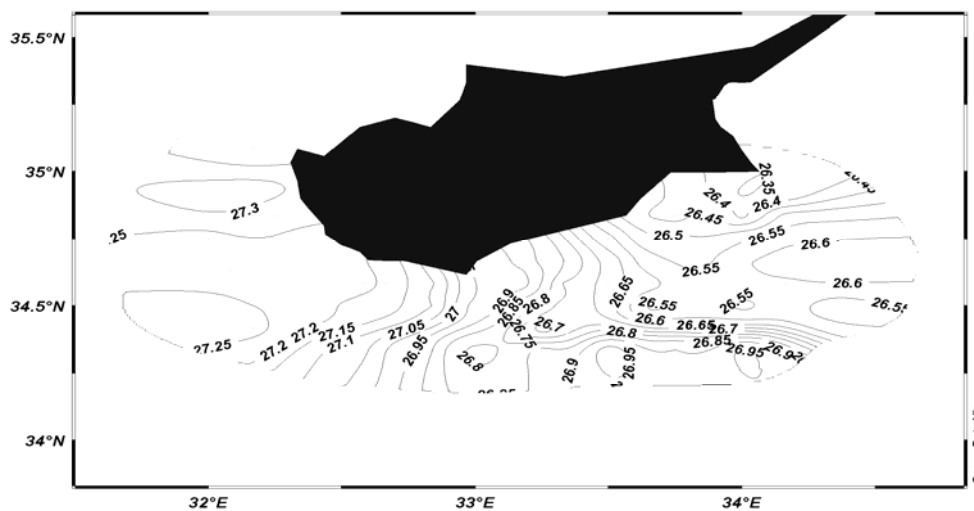
Βάθη (m)	Θερμοκρασία ($^\circ\text{C}$)	Αλατότητα (psu)	Πυκνότητα (kg/m^3)
Στα 400	14,2 (Εικ.3.1.1.16)	38,86-38,89 (Εικ.3.1.1.17)	29,16-29,17 (Εικ.3.1.1.21)
Στα 500	14 (Εικ.3.1.1.19)	38,82-38,84 (Εικ.3.1.1.20)	29,17 (Εικ.3.1.1.21)
Στα 600	13,8 (Εικ.3.1.1.22)	38,78-38,82 (Εικ.3.1.1.23)	29,18 (Εικ.3.1.1.24)
Στα 700	13,8 (Εικ.3.1.1.25)	38,76-38,78 (Εικ.3.1.1.26)	29,18 (Εικ.3.1.1.27)
Στα 800	13,6 (Εικ.3.1.1.28)	38,74-38,76 (Εικ.3.1.1.29)	29,18 (Εικ.3.1.1.30)
Στα 900	13,6 (Εικ.3.1.1.31)	38,72-38,76 (Εικ.3.1.1.32)	29,18 (Εικ.3.1.1.33)



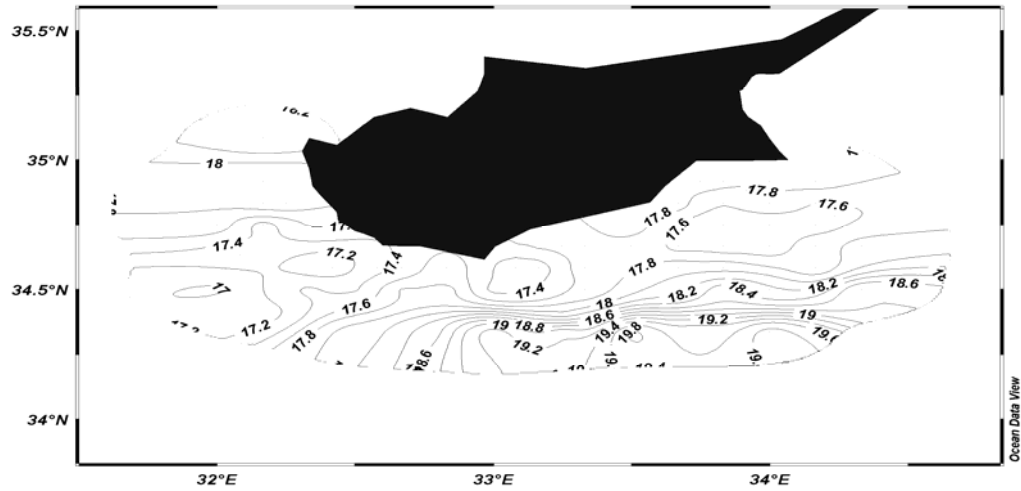
Εικόνα 3.1.1.1: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (2 m)



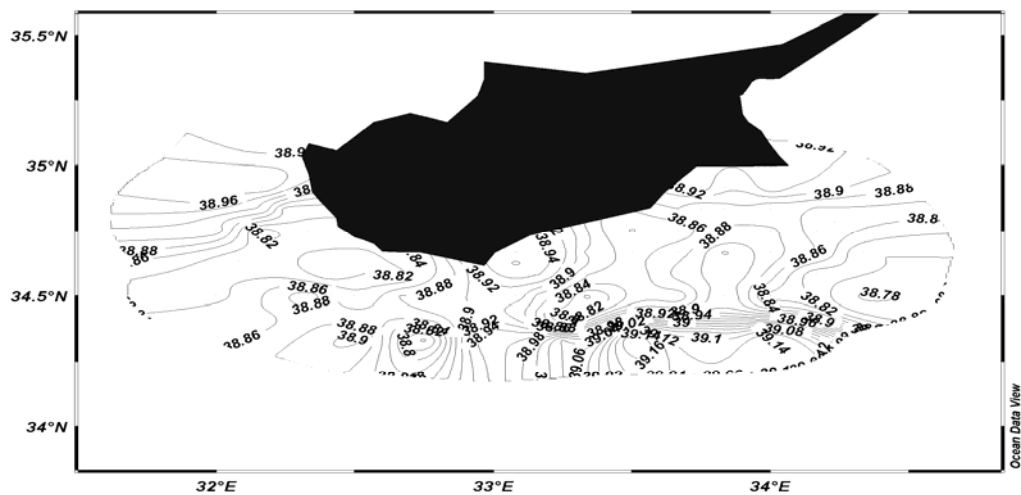
Εικόνα 3.1.1.2: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (2 m)



Εικόνα 3.1.1.3: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (2 m)



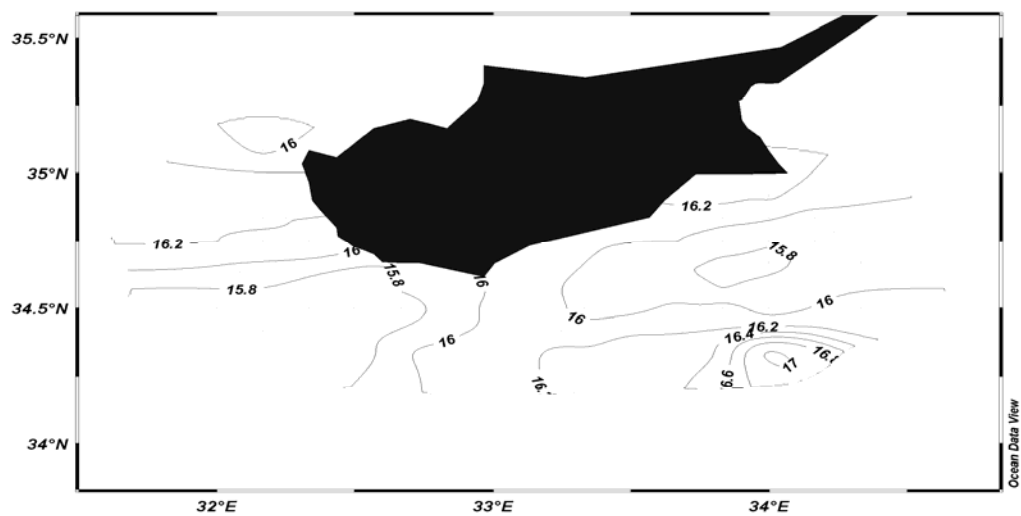
Εικόνα 3.1.1.4: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (50 m)



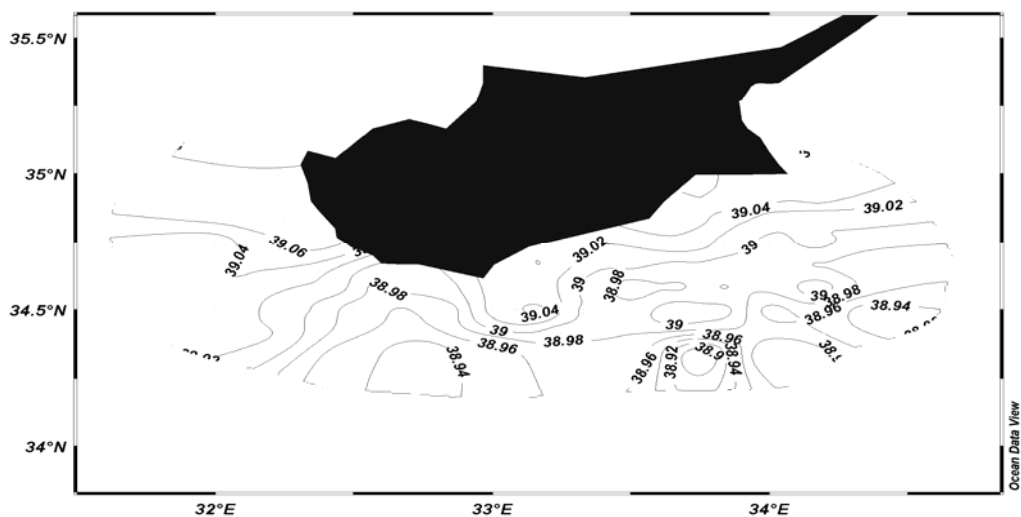
Εικόνα 3.1.1.5: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (50 m)



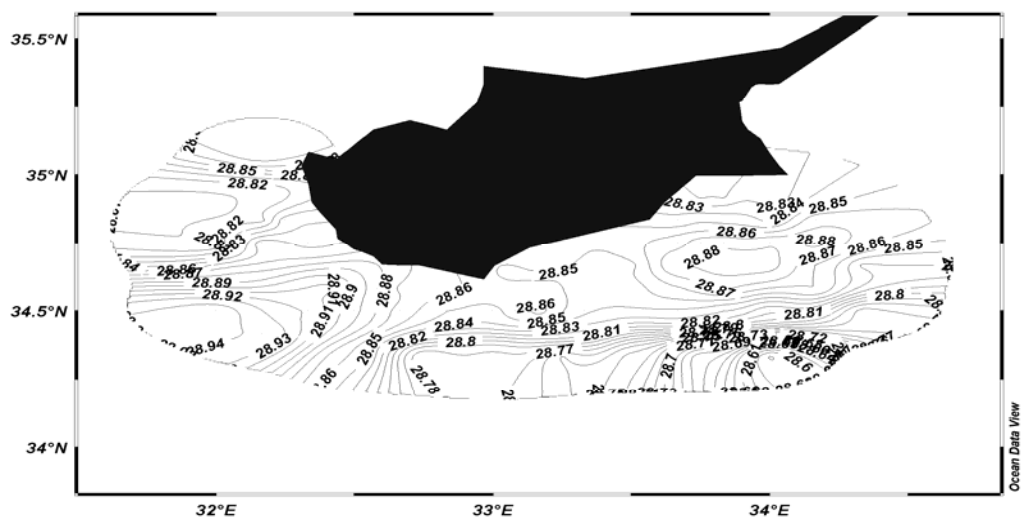
Εικόνα 3.1.1.6: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (50 m)



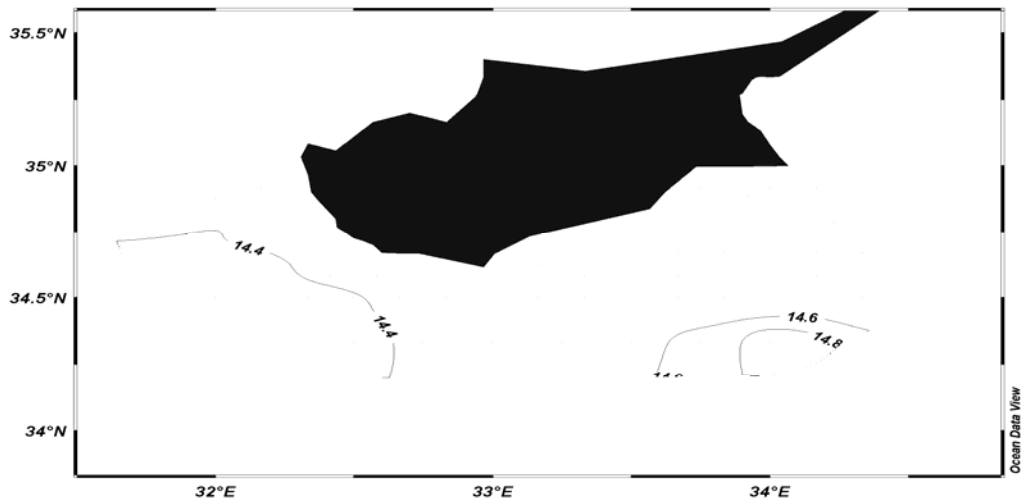
Εικόνα 3.1.1.7: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (100 m)



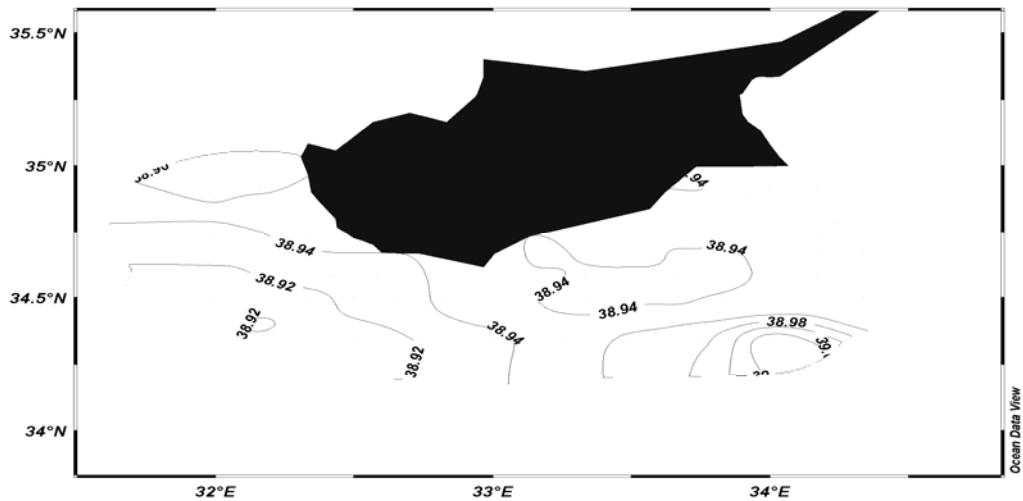
Εικόνα 3.1.1.8: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (100 m)



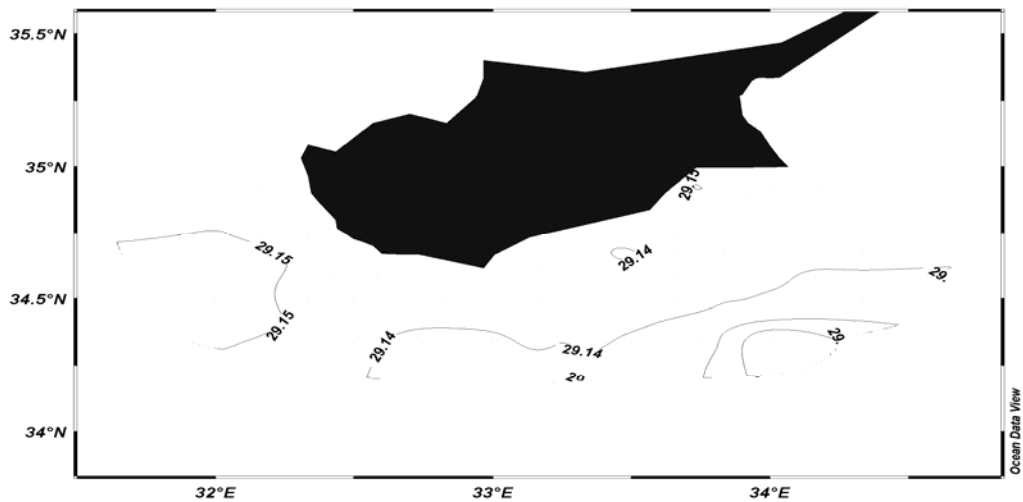
Εικόνα 3.1.1.9: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (100 m)



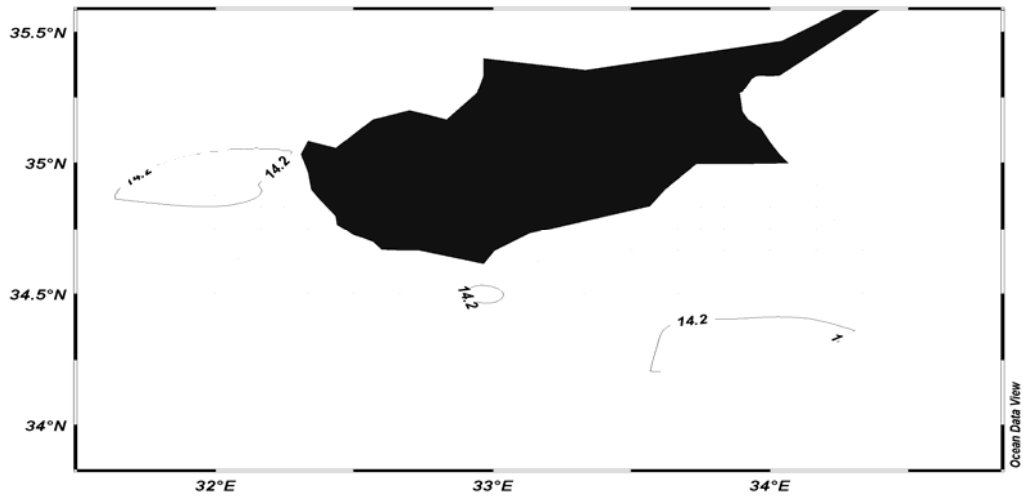
Εικόνα 3.1.1.13: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (300 m)



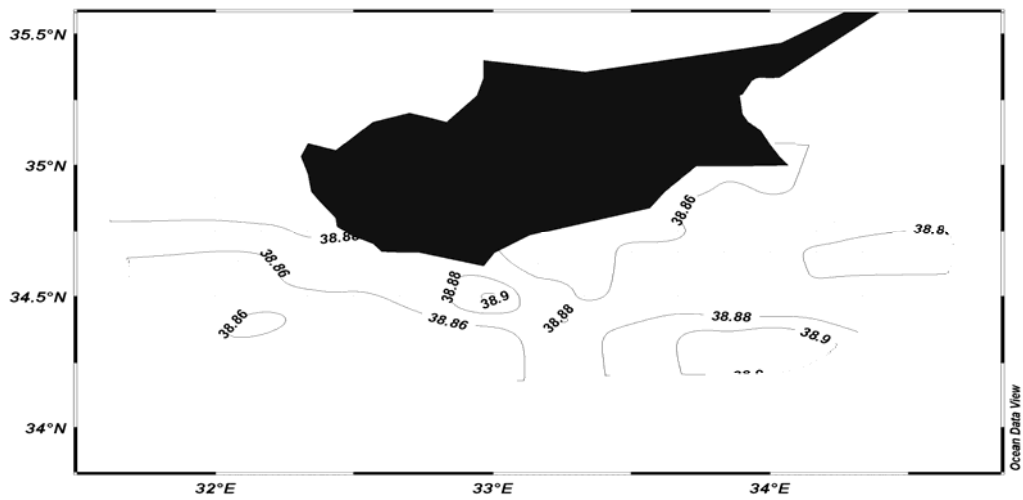
Εικόνα 3.1.1.14: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (300 m)



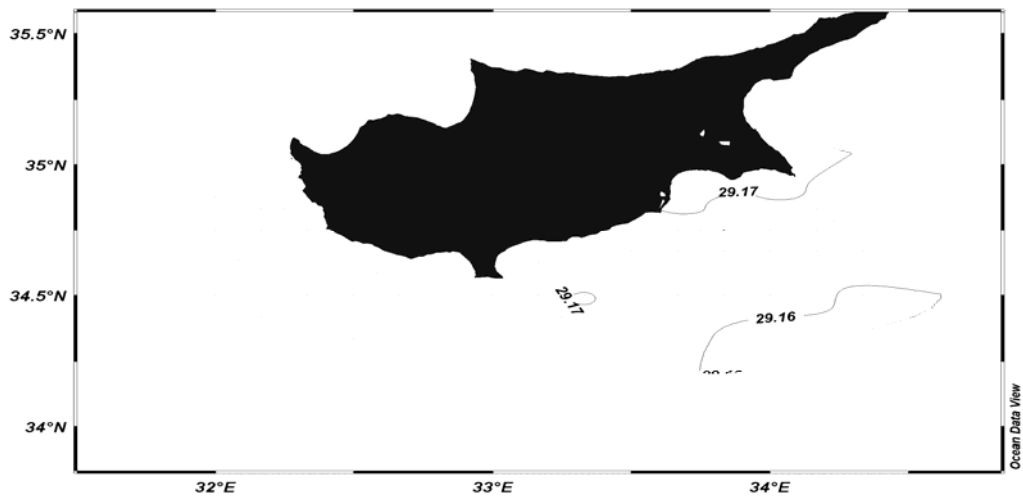
Εικόνα 3.1.1.15: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (300 m)



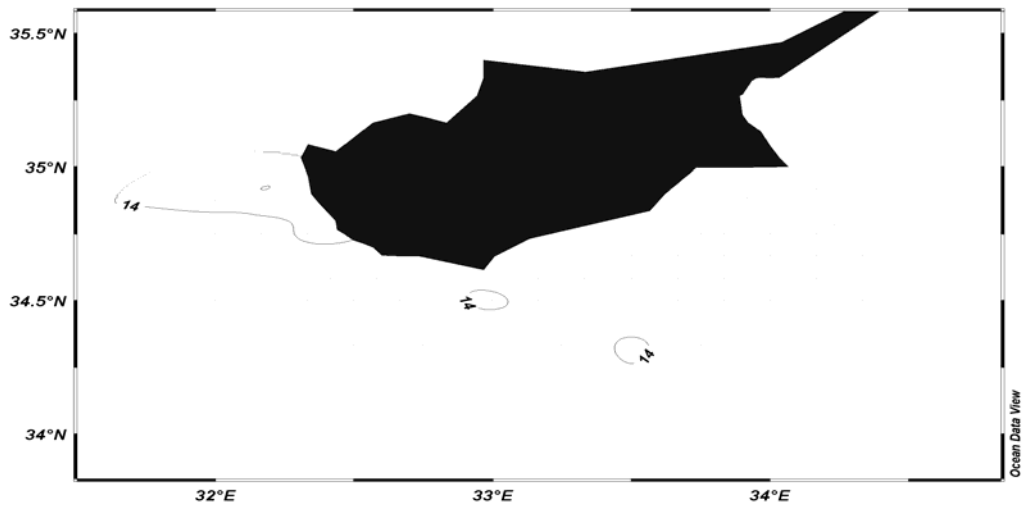
Εικόνα 3.1.1.16: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (400 m)



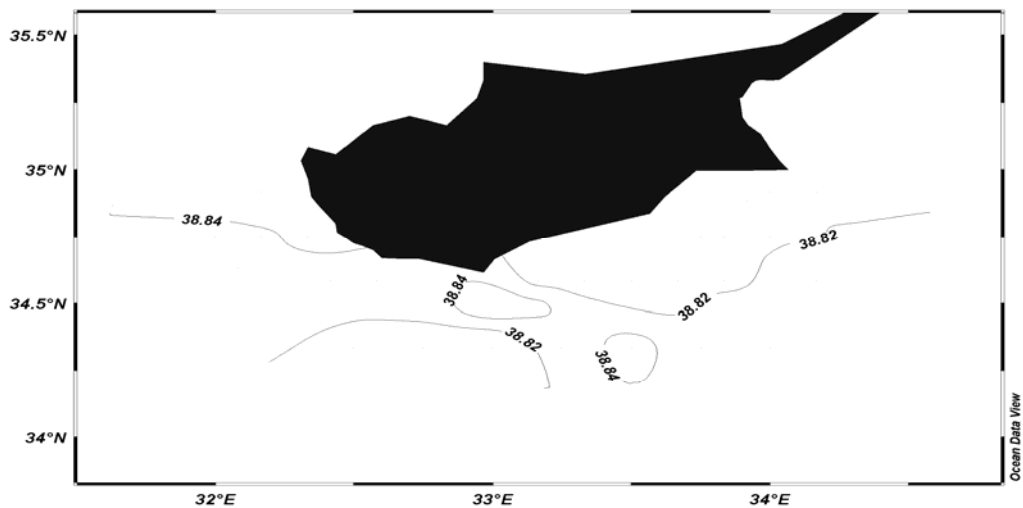
Εικόνα 3.1.1.17: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (400 m)



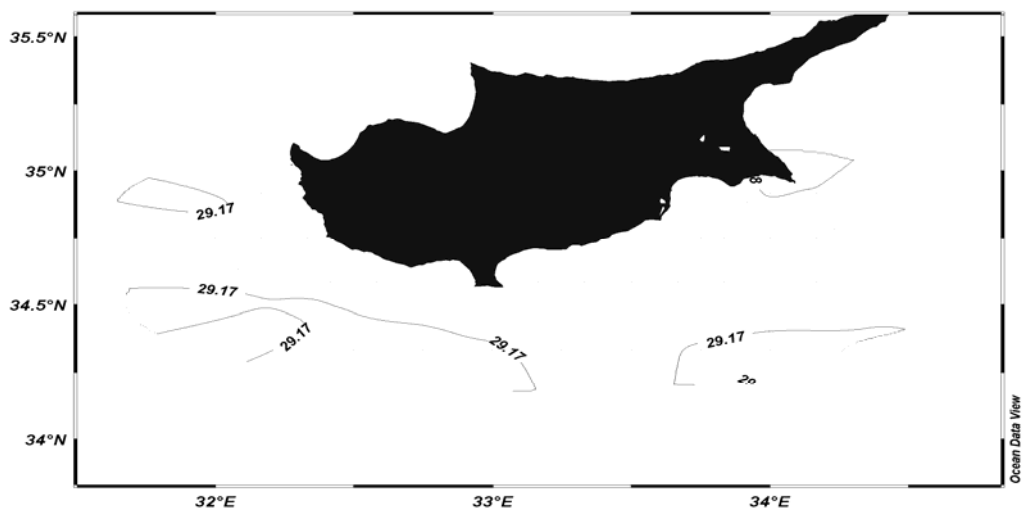
Εικόνα 3.1.1.18: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (400 m)



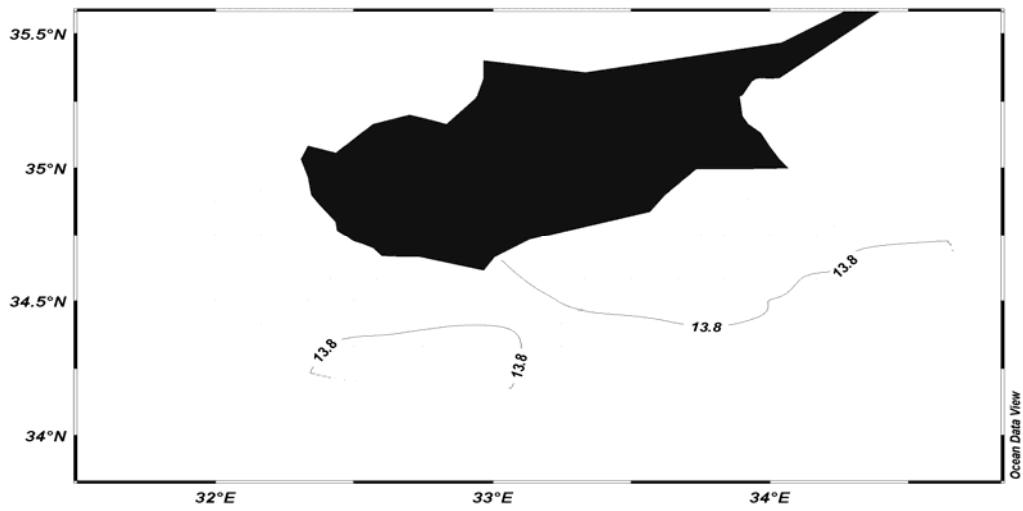
Εικόνα 3.1.1.19: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (500 m)



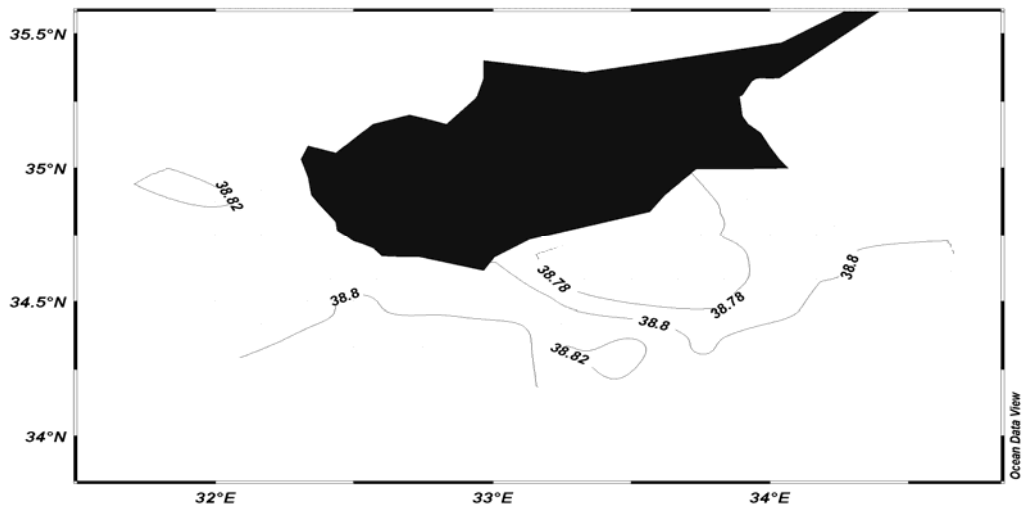
Εικόνα 3.1.1.20: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (500 m).



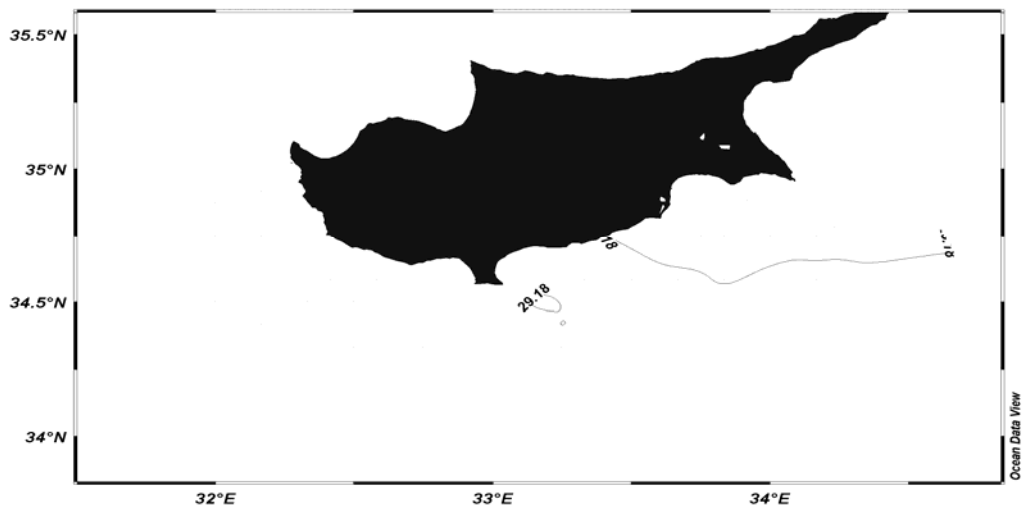
Εικόνα 3.1.1.21: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (500 m)



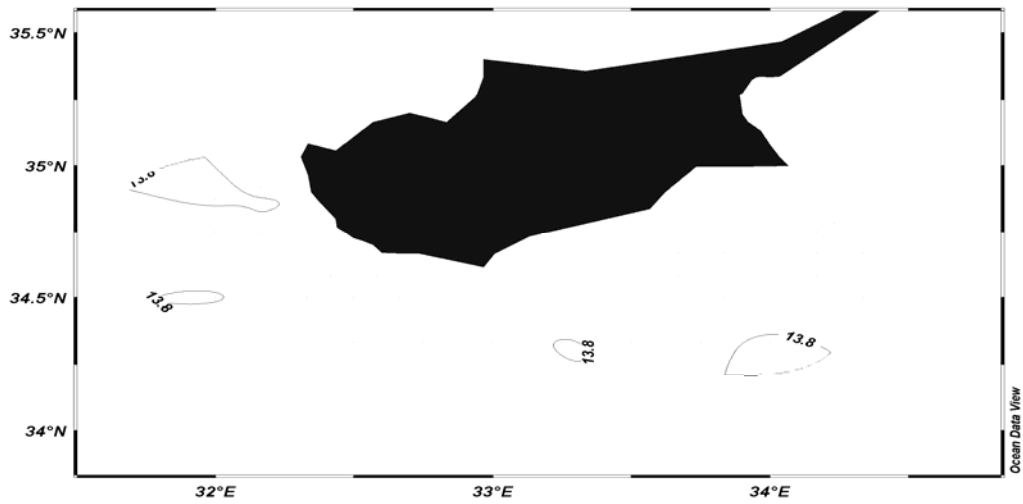
Εικόνα 3.1.1.22: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (600 m)



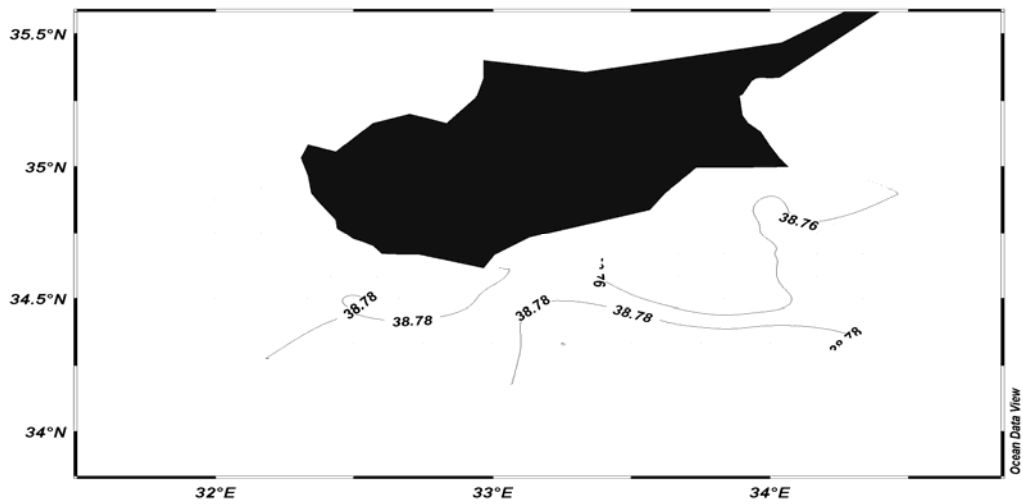
Εικόνα 3.1.1.23: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (600 m).



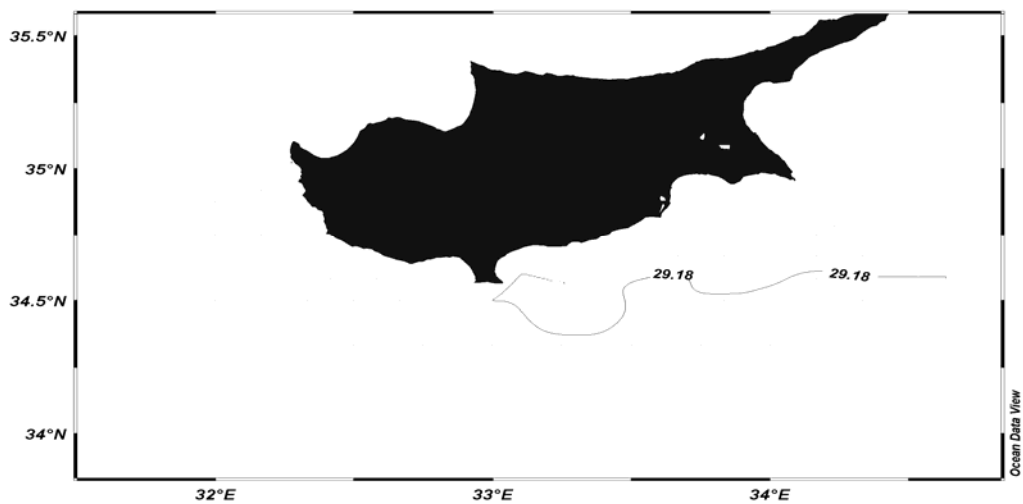
Εικόνα 3.1.1.24: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (600 m)



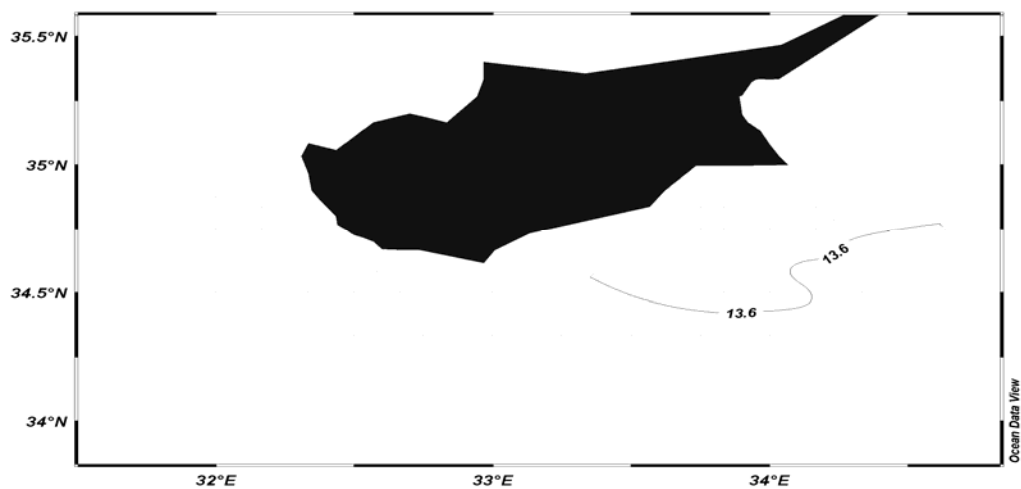
Εικόνα 3.1.1.25: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (700 m)



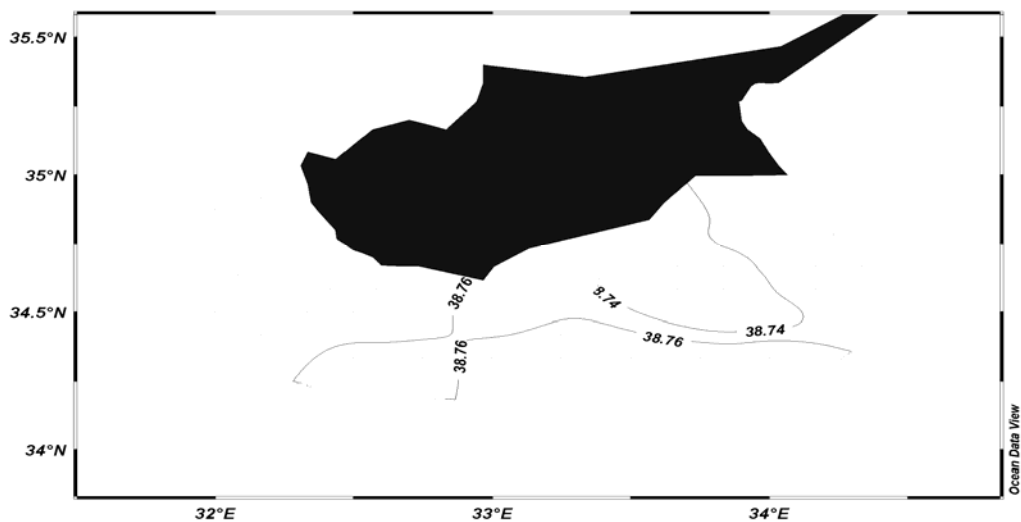
Εικόνα 3.1.1.26: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (700 m).



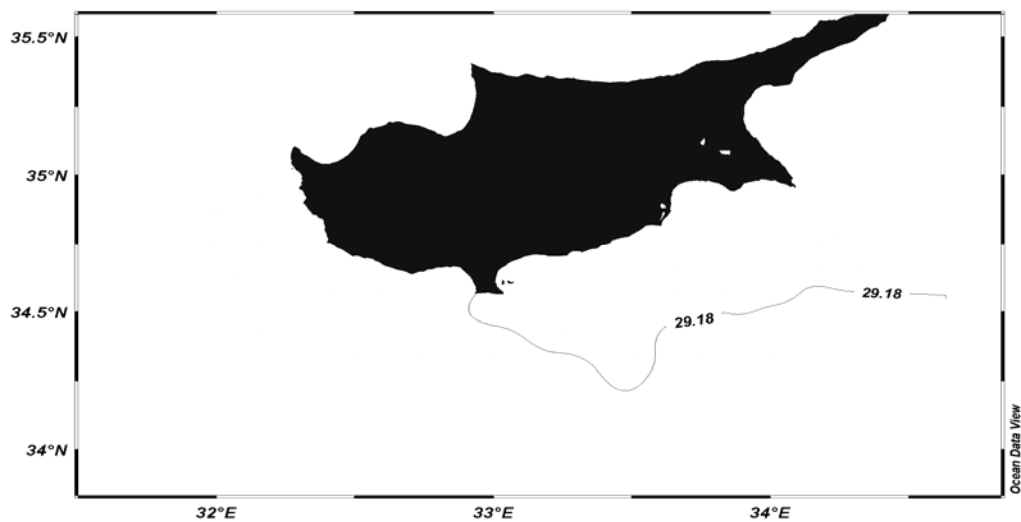
Εικόνα 3.1.1.27: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (700 m)



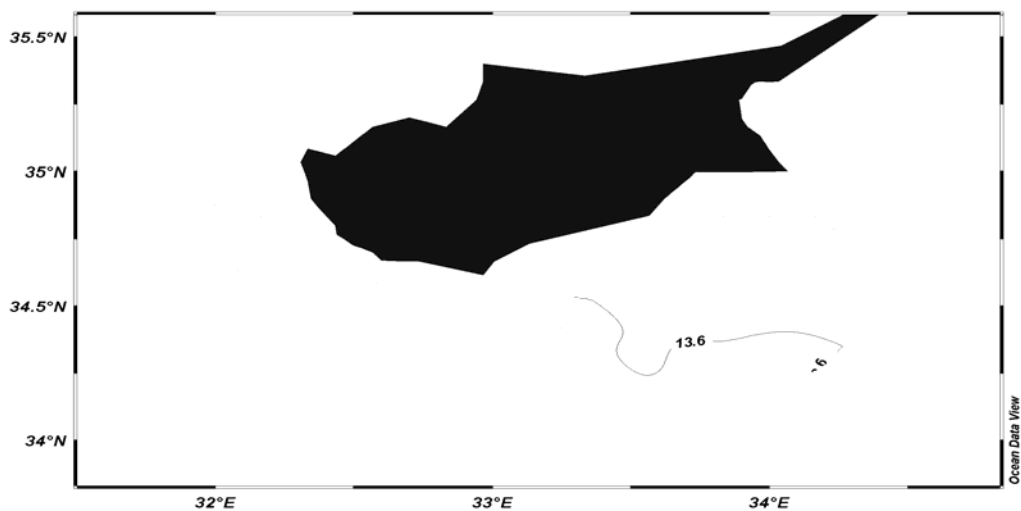
Εικόνα 3.1.1.28: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (800 m)



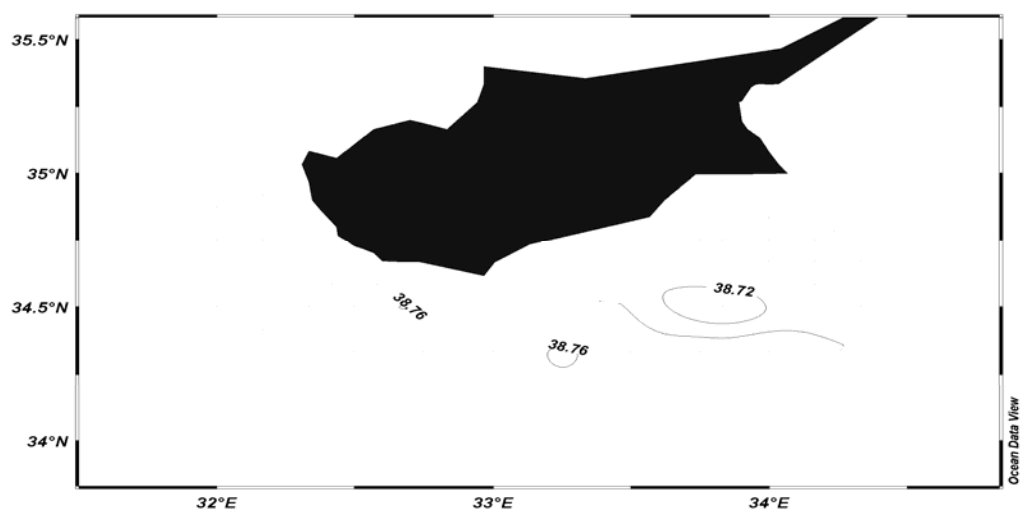
Εικόνα 3.1.1.29: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (800 m).



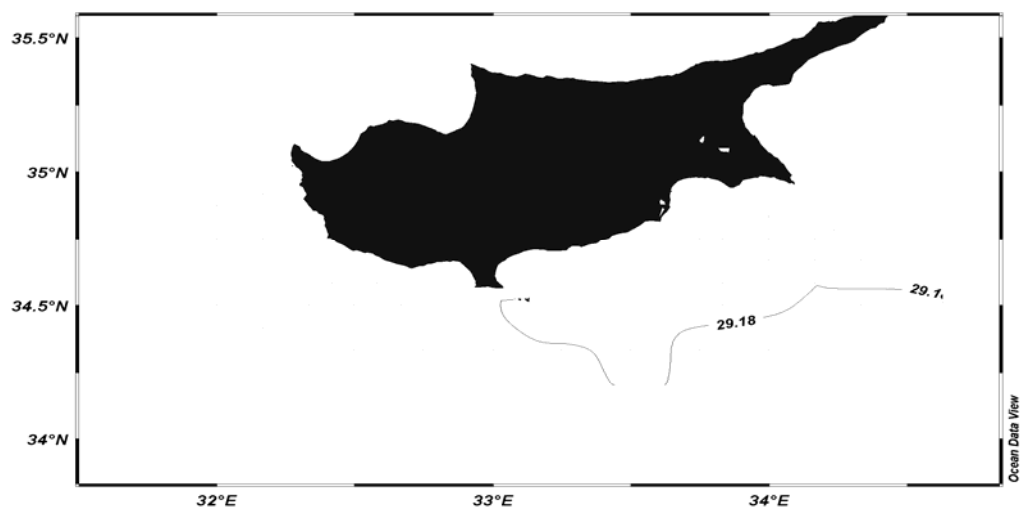
Εικόνα 3.1.1.30: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (800 m)



Εικόνα 3.1.1.31: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (900 m)



Εικόνα 3.1.1.32: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (900 m).



Εικόνα 3.1.1.33: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (900 m)

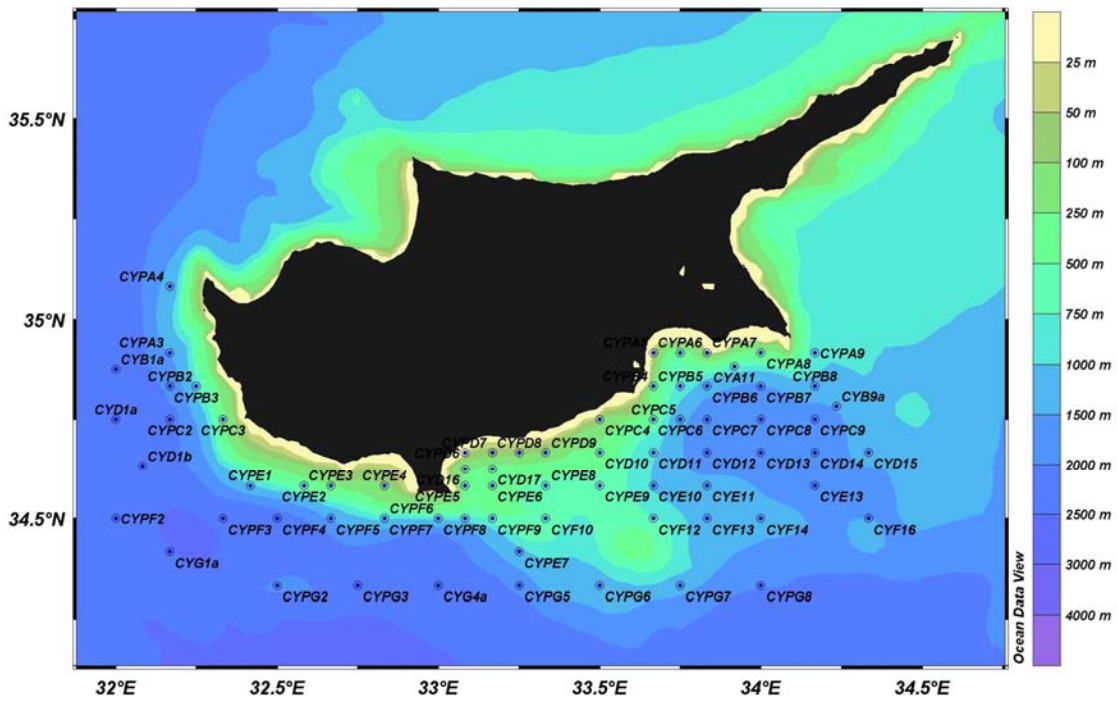
3.1.2. Κατακόρυφες κατανομές στα τέλη του καλοκαιριού (1995).

Τόσο οι σταθμοί όσο και οι κατακόρυφες κατανομές που θα μελετηθούν για την περίοδο του καλοκαιριού του 1995 παρουσιάζονται στις Εικόνες 3.1.2.1 και 3.1.2.2. Έχουν επιλέγει να σχεδιαστούν για την περιοχή μελέτης δεκαέξι κατακόρυφες κατανομές με βάση τις οποίων θα κατανοηθεί η κυκλοφορία των υδάτινων μαζών στην περιοχή μελέτης. Θα εξεταστούν οι κατακόρυφες κατανομές της αλατότητας, της θερμοκρασίας και της πυκνότητας.

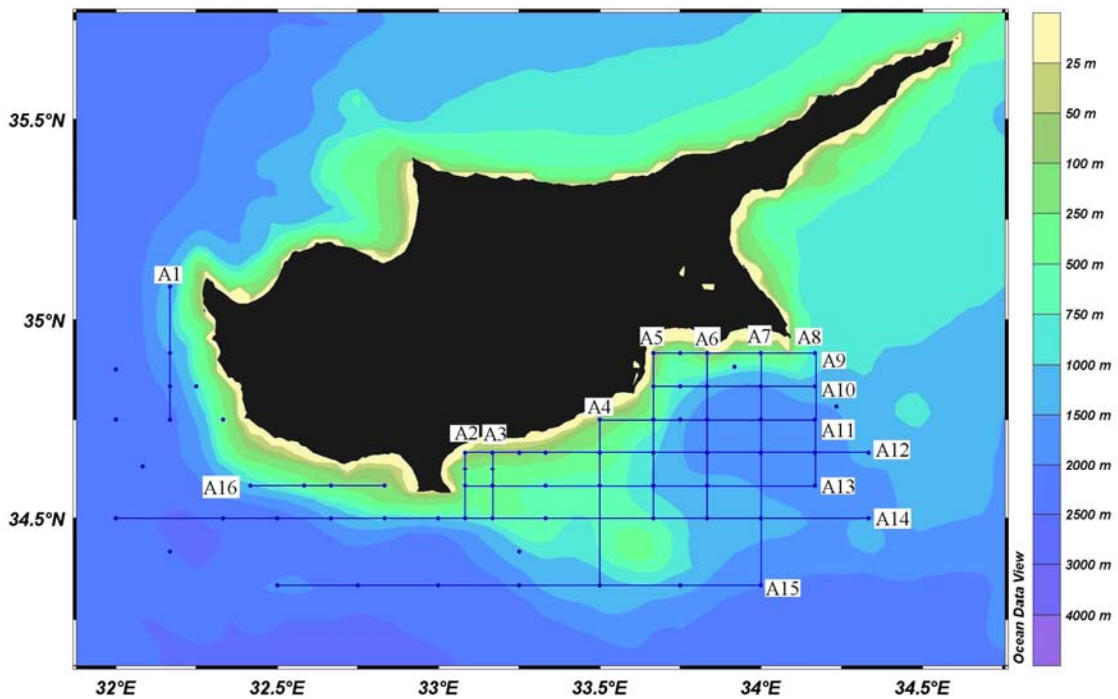
Επίσης για τους σταθμούς με βάθη μεγαλύτερα των 300m θα εξεταστούν ξεχωριστά τα ανώτερα 300m μέτρα της υδάτινης στήλης. Στόχος μας είναι η ερμηνεία και η κατανόηση των δυναμικών χαρακτηριστικών του επιφανειακού στρώματος της υδάτινης στήλης.

Θερμοκρασία-αλατότητα-πυκνότητα.

Σχεδόν σε όλες τις εγκάρσιες τομές παρατηρείται έντονη στρωμάτωση στα ανώτερα 100m περίπου της υδάτινης στήλης (θέρος-εποχικό θερμοκλινές). Στον πίνακα 3.1.2.1 παρουσιάζεται το θερμοκρασιακό εύρος και το μέγιστο βάθος που απαντάται το εποχικό θερμοκλινές. Επίσης κάτω από το εποχικό θερμοκλινές παρατηρείται σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας με το βάθος. Οι τομές της θερμοκρασίας αντανακλούν αυτές της πυκνότητας. Ωστόσο, το ενδιαφέρον μας εστιάζεται στην παρουσία των υδάτινων μαζών MAW και του LIW που εντοπίζονται από το υποεπιφανειακό ελάχιστο και μέγιστο της αλατότητας αντίστοιχα. Στον πίνακα 3.1.2.2 συνοψίζεται το εύρος διακύμανσης της αλατότητας των υπό εξέταση υδάτινων μαζών καθώς και το βάθος που παρατηρούνται.



Εικόνα 3.1.2.1: Χάρτης της περιοχής μελέτης όπου απεικονίζονται οι σταθμοί δειγματοληψίας.



Εικόνα 3.1.2.2: Χάρτης της περιοχής μελέτης όπου απεικονίζει τις εγκάρσιες τομές.

Πίνακας 3.1.2.1: Θερμοκρασιακό εύρος και μέγιστο βάθος που παρατηρείται το εποχικό θερμοκλίνας.

Τομή	Μέγιστο Βάθος (m)	Θερμοκρασιακό εύρος (°C)
A1	100	16,2-22,6
A2	120	16,4-20,4
A3	100	16,2-24,2
A4	125	16,2-22,6
A5	80	16,6-25,4
A6	110	16,2-24,6
A7	90	16,5-26,1
A8	80	16,6-25,8
A9	75	17-26,2
A10	90	16,5-25,7
A11	100	16,2-25
A12	125	16,2-24,6
A13	90	16,2-25
A14	70	16,6-25
A15	75	16,6-24,2
A16	80	16,2-23

Πίνακας 3.1.2.2: Εύρος διακύμανσης της αλατότητας των υδάτινων μαζών MAW και LIW καθώς και το βάθος που εντοπίζονται.

Τομή	AW (psu)	Βάθος MAW (m)	LIW (psu)	Βάθος LIW (m)
A1	38,98-39	60-80	39,06-39,08	75-175
A2	38,96-38,98	40-60	39,06	150-250
A3	38,94-38,98	25-60	39,08	150-175
A4	38,94-38,98	60-100	39,02-39,04	125-250
A5	38,86-38,98	40-90	39,06-39,08	100-200
A6	38,94-38,98	40-80	39,06-39,1	90-200
A7	38,88-38,96	40-125	39,04-39,12	100-280
A8	38,86-38,94	50-75	39,06-39,1	100-210
A9	38,96-39	40-70	39,08-39,1	100-200
A10	38,88-38,96	50-70	39,06-39,1	100-200
A11	38,86-38,96	50-75	39,02-39,1	110-180
A12	38,88-38,96	40-70	39,02-39,06	120-220
A13	38,9-38,94	30-80	39-39,08	130-200
A14	38,88-38,92	50-80	39,02-39,08	130-220
A15	38,78-38,94	50-90	39,04-39,12	150-230
A16	38,92-38,94	50-80	39,02-39,04	130-200

Ειδικότερα, όσον αφορά τις εγκάρσιες τομές τις θερμοκρασίας και πυκνότητας θα εξετάσουμε εκείνες που δηλώνουν και επιβεβαιώνουν την ύπαρξη των δυναμικών χαρακτηριστικών που εξετάσαμε στην προηγούμενη ενότητα. Έτσι η βύθιση των ισόθερμων (ισοπυκνων) καμπύλων μας δηλώνει την παρουσία ενός αντικυκλώνα στην περιοχή μελέτης, ενώ αντίστοιχα η ανύψωση τους έναν κυκλώνα.

❖ Εγκάρσια τομή A1

Οι ισόθερμες (ισόπυκνες) καμπύλες μεταξύ των 21,4 °C και 22,2 °C του εποχικού θερμοκλινούς ανέρχονται μέχρι την επιφάνεια μεταξύ των σταθμών CYPA4 και CYPA3 (Εικ.3.1.2:3, 5, 6, 8).

Επίσης δύο θύλακες MAW εντοπίζονται στον σταθμό CYPA4 και στον σταθμό CYPC2 (Εικ.3.1.2:4, 7). Στον σταθμό CYPA3 παρατηρείται ένας θύλακας LIW.

❖ Εγκάρσια τομή A2 και A3.

Στην τομή A3 οι ισόθερμες (ισόπυκνες) καμπύλες των ανώτερων 50 m μεταξύ των σταθμών CYPF9 και CYPE6 ανέρχονται μέχρι την επιφάνεια.(Εικ.3.1.2:9, 12, 15, 11, 14, 17). Επίσης η επιφανειακή θερμοκρασία των παράκτιων σταθμών των τομών είναι σχετικά υψηλότερη. Στην εγκάρσια τομή A2 της αλατότητας δεν παρατηρείται έντονη στρωμάτωση στα ανώτερα μέτρα της υδάτινης στήλης (Εικ.3.1.2:10). Στην τομή A3 στα ανώτερα 50 m της υδάτινης στήλης μεταξύ των σταθμών CYPE6 και CYD17 παρατηρείται ένας θύλακας MAW (Εικ.3.1.2:13, 16). Αντίστοιχα το LIW εντοπίζεται και στις δύο τομές στα ανώτερα 150 m της υδάτινης στήλης.

❖ Εγκάρσια τομή A4

Στην τομή A4 έντονη μείωση της θερμοκρασίας και της πυκνότητας παρατηρείται μέχρι τα ανώτερα 125 m της υδάτινης στήλης (Εικ.3.1.2:18, 20, 21, 23). Ανάμεσα στα 60 m με 100 m της υδάτινης στήλης εντοπίζεται ένας θύλακας MAW στον σταθμό CYPC4 (Εικ.3.1.2:19, 22). Αντίστοιχα μια γλώσσα LIW εντοπίζεται στα ανώτερα 150 m της υδάτινης στήλης.

❖ Εγκάρσιες τομές A5, A6, A7 και A8

Οι υψηλότερες τιμές της θερμοκρασίας και αντίστοιχα οι χαμηλότερες της πυκνότητας παρατηρούνται στους παράκτιους σταθμούς των τομών (Εικ.3.1.2:24, 26,

27, 29, 30, 32, 33, 35, 36, 38, 39, 41, 42, 44, 45, 47). Στην τομή A5 υπάρχει ανύψωση της ισόθερμης καμπύλης των 15,8 °C από τα 145 m στα 110 m μεταξύ των σταθμών CYPC5 και CYF12 λόγω της κυκλωνικής δίνης που παρατηρείται στην περιοχή μελέτης. Αντίστοιχη βύθιση της ισόθερμης των 15,7 °C από τα 120 m στα 200 m παρατηρείται στον σταθμό CYPG8 στην εγκάρσια τομή A7 που οφείλεται στην αντικυκλωνική δίνη που παρατηρείται στην περιοχή μελέτης.

Στην τομή A5 μεταξύ των 40 m και 80 m της υδάτινης στήλης παρατηρούνται δυο θύλακες MAW με τον πρώτο να εντοπίζεται στον σταθμό CYPC5 και τον δεύτερο στον σταθμό CYF12 (Εικ.3.1.2:25, 28). Ωστόσο καθώς παρατηρούμε την εξάπλωση του MAW θα δούμε ότι ο πρώτος θύλακας που αναφέραμε εντοπίζεται στην τομή A6 (Εικ.3.1.2:31, 34) στον σταθμό CYPB6, στην τομή A7 (Εικ.3.1.2:37, 40) στον σταθμό CYPB7 και στην τομή A8 (Εικ.3.1.2:43, 46) στον σταθμό CYPB8. Ουσιαστικά παρατηρείται η ανατολική εξάπλωση του MAW, κάτι που είναι αναμενόμενο. Αντίστοιχα ο δεύτερος θύλακας του MAW εντοπίζεται στους σταθμούς CYF12, CYF14 και CYF16.

Η κύρια περιοχή δημιουργίας του LIW είναι βορειοανατολικά της περιοχής μελέτης, εκεί όπου απαντώνται και οι υψηλότερες θερμοκρασίες. Στις τομές που εξετάσουμε το LIW εντοπίζεται σαν γλώσσα υψηλής αλατότητας που σταδιακά εξαπλώνεται προς τα ανατολικά. Οι υψηλότερες τιμές αλατότητας (39,1 psu) του LIW απαντώνται στις εγκάρσιες τομές A7 και A8.

❖ Εγκάρσιες τομές A9, A10, A11, A12 και A13

Τα χαρακτηριστικά που παρατηρούνται στους κοινούς σταθμούς των μεσημβρινών εγκάρσιων τομών A2 έως A8 εντοπίζονται και στις υπό εξέταση εγκάρσιες τομές (Εικ.3.1.2:48, 77).

❖ Εγκάρσια τομή A14

Οι υψηλότερες τιμές επιφανειακής θερμοκρασίας (χαμηλές πυκνότητας) παρατηρούνται στους ανατολικούς σταθμούς της εγκάρσιας τομής (Εικ.3.1.2:78, 80, 81, 83). Επίσης δύο θύλακες MAW εντοπίζονται σε βάθος 50 m στους σταθμούς CYPF5 και CYF10 αντίστοιχα. Ωστόσο, στα ανώτερα 100 m με 200 m της υδάτινης έχουμε την παρουσία ενός θύλακα LIW μεταξύ των σταθμών CYPF5 και CYF14 (Εικ.3.1.2:79, 82).

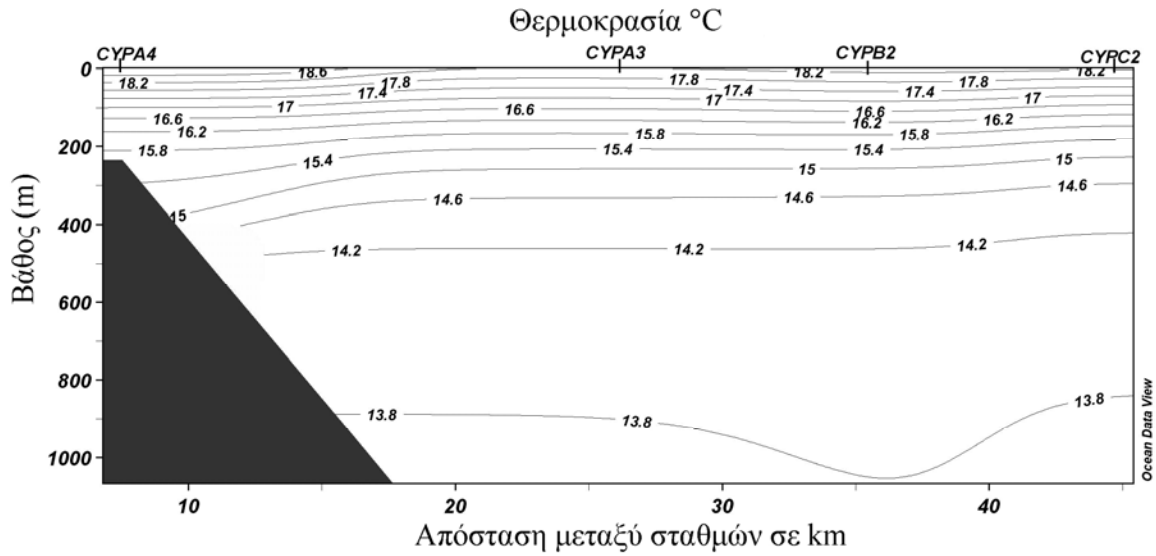
❖ Εγκάρσια τομή A15

Μεταξύ των σταθμών CYPG7 και CYPG8 παρατηρείται βύθιση των ισόθερμων (ισόπυκνων) λόγω της αντικυκλωνικής δίνης από τα 100 m στα 300 m της υδάτινης στήλης (Εικ.3.1.2:84, 86, 87, 89).

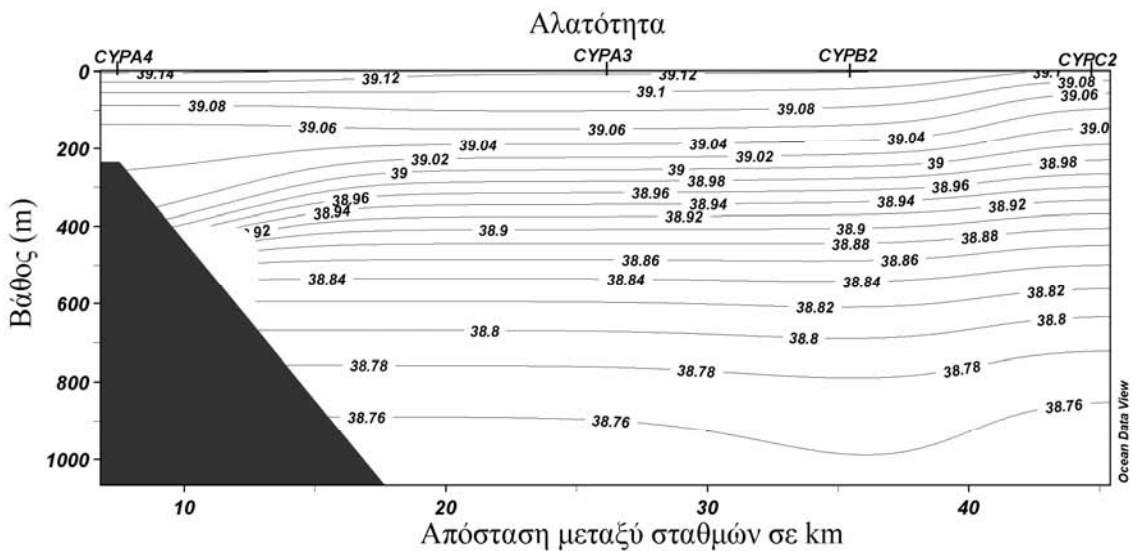
Στην εγκάρσια κατανομή της αλατότητας A15 στα ανώτερα 10m της υδάτινης στήλης έχει εγκλωβιστεί νερό υψηλής αλατότητας (Εικ.3.1.2:85, 88). Επίσης δύο θύλακες MAW παρατηρούνται, με τον πρώτο θύλακα να εντοπίζεται μεταξύ των σταθμών CYPG2 και CYPG4 και ο δεύτερος μεταξύ των σταθμών CYPG6 και CYPG7. Το LIW εμφανίζεται στα ανώτερα 150m με 200m της υδάτινης στήλης κατά μήκος της εγκάρσιας τομής αλλά λόγω της αντικυκλωνικής δίνης βυθίζεται σε μεγαλύτερα βάθη μεταξύ των σταθμών CYPG7 και CYPG8.

❖ Εγκάρσια τομή A16

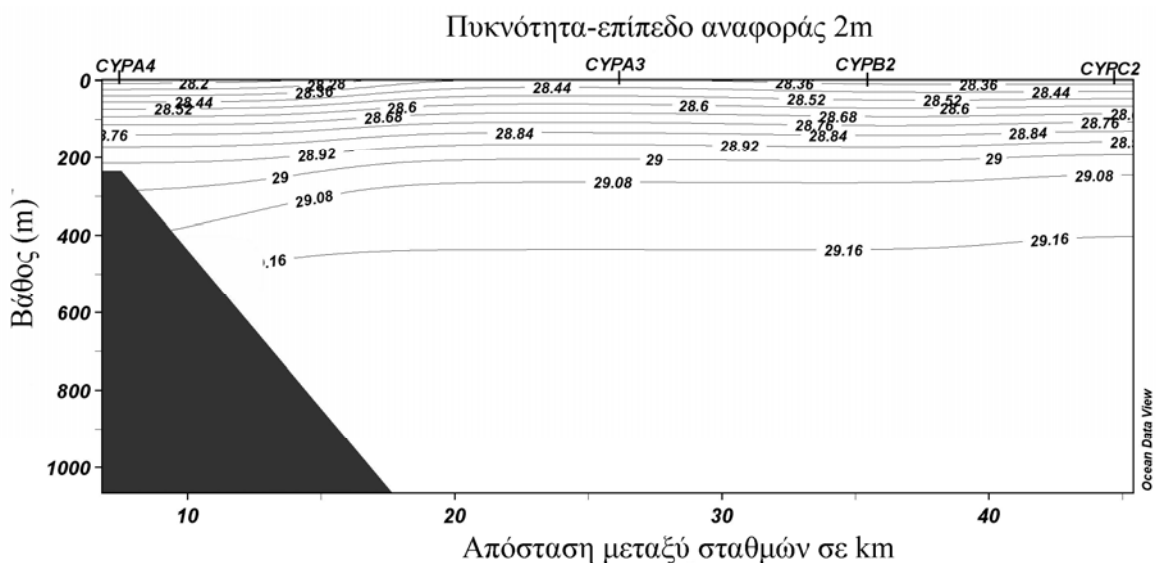
Τόσο για τη θερμοκρασία όσο και για την πυκνότητα επικρατούν οι συνθήκες που περιγράψαμε προηγουμένως (Εικ.3.1.2:90, 92). Στον σταθμό CYPE2 και σε βάθος 80m εντοπίζεται ένας θύλακας MAW (38,92 psu). Τέλος το LIW απαντάται στα ανώτερα 130 m με 200 m της υδάτινης στήλης (Εικ.3.1.2.91).



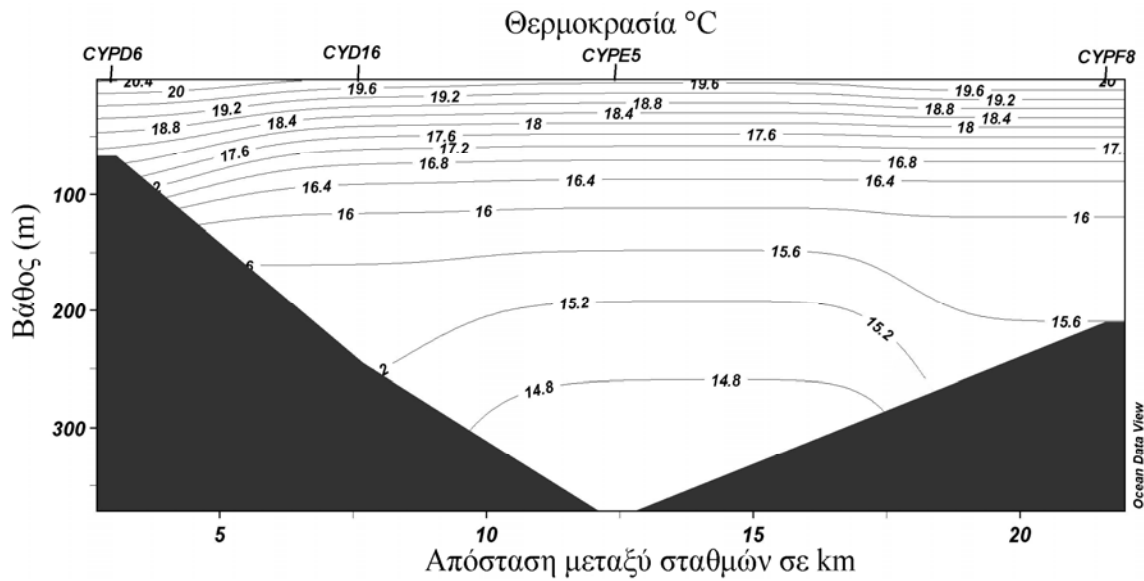
Εικόνα 3.1.2.3: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας Α1



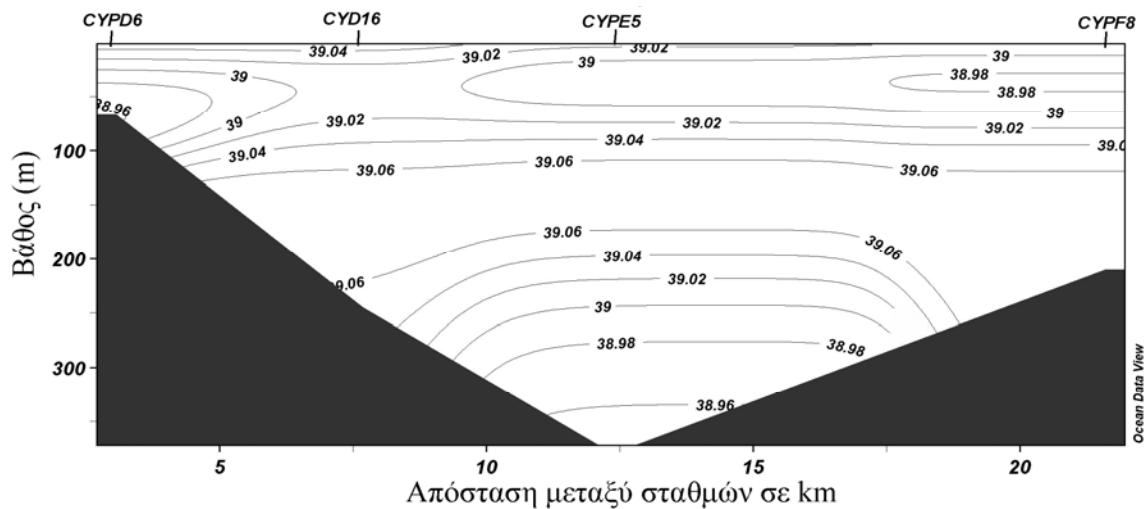
Εικόνα 3.1.2.4: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – Α1



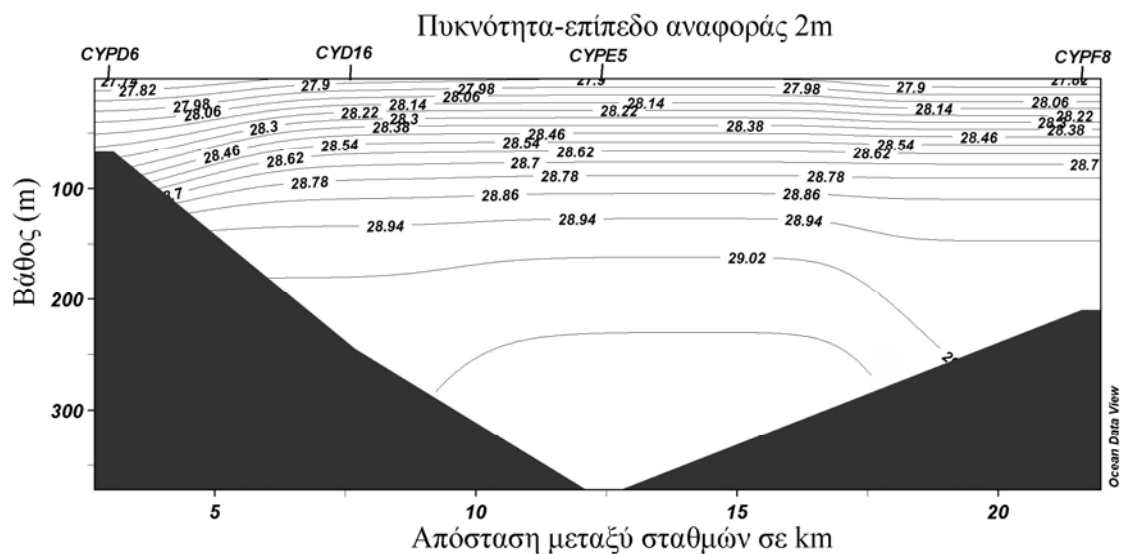
Εικόνα 3.1.2.5: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας– Α1



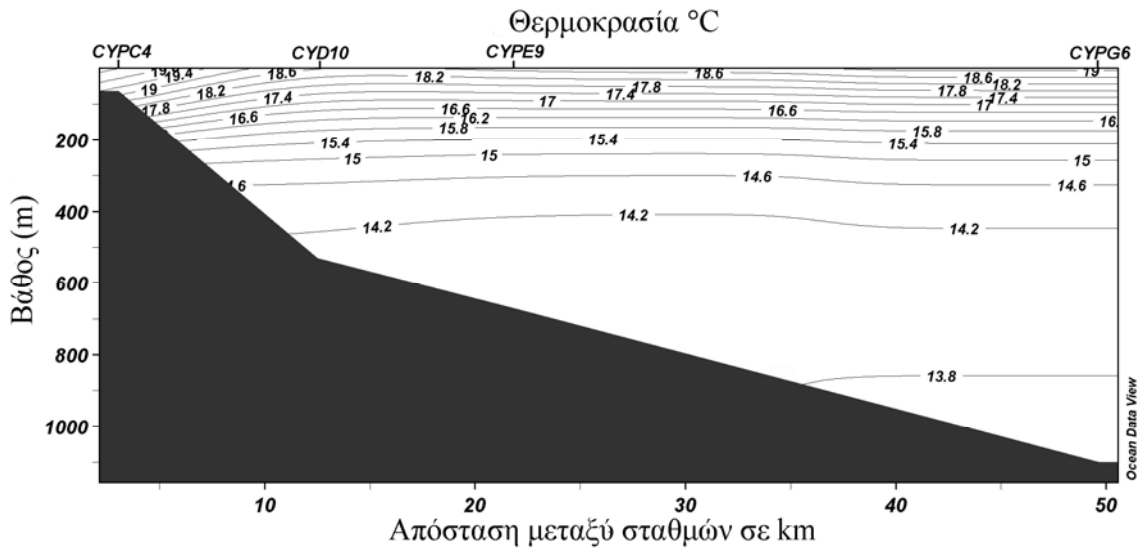
Εικόνα 3.1.2.9: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας A2



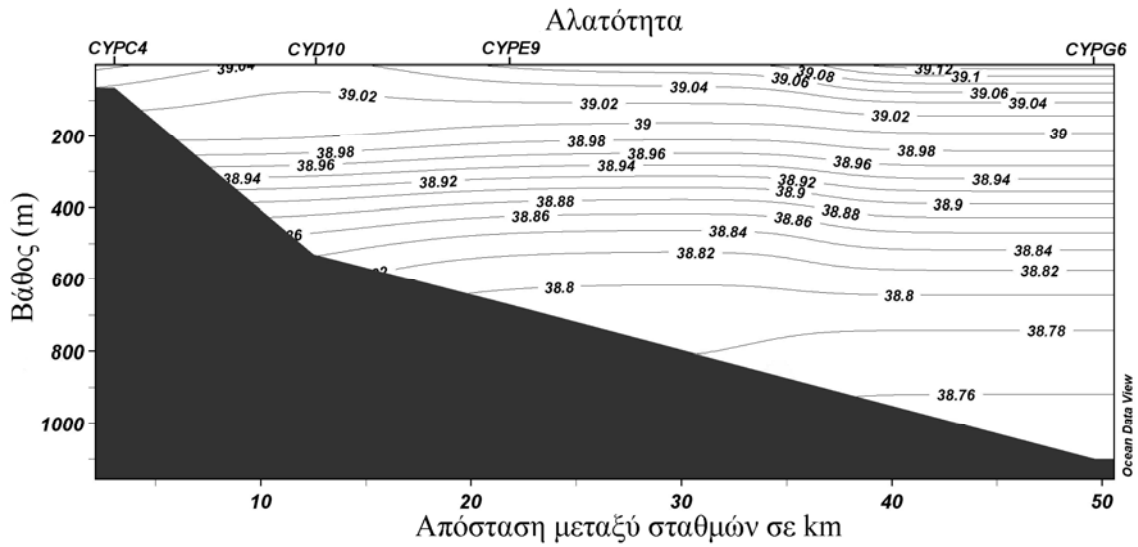
Εικόνα 3.1.2.10: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – A2



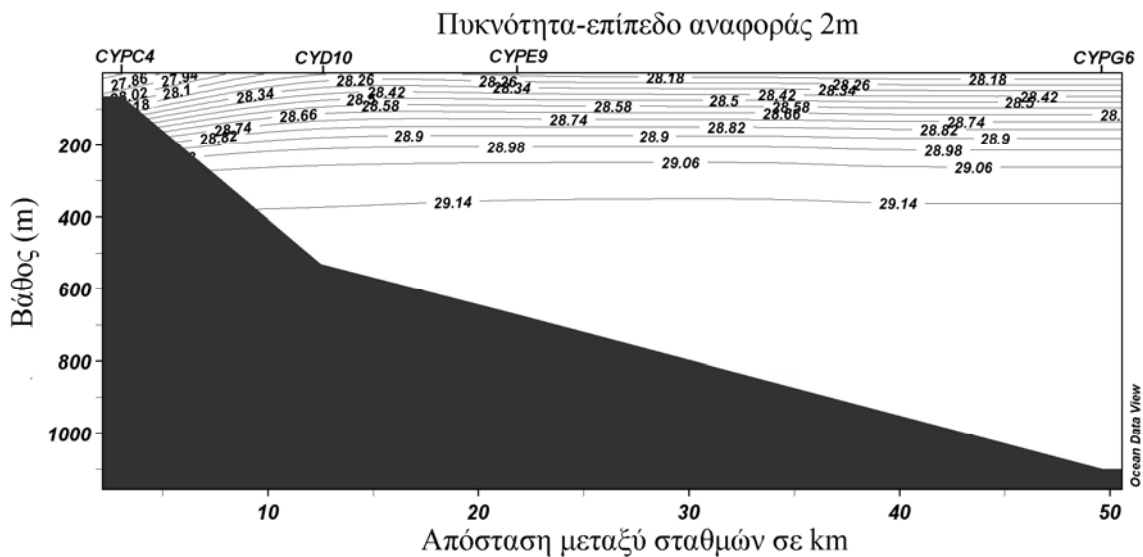
Εικόνα 3.1.2.11: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας– A2



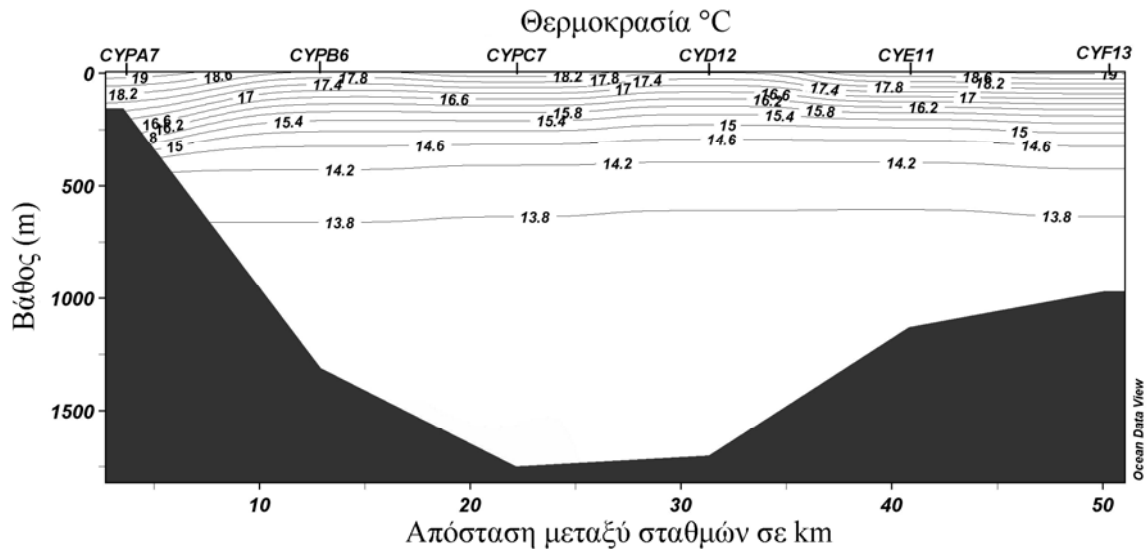
Εικόνα 3.1.2.18: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας Α4



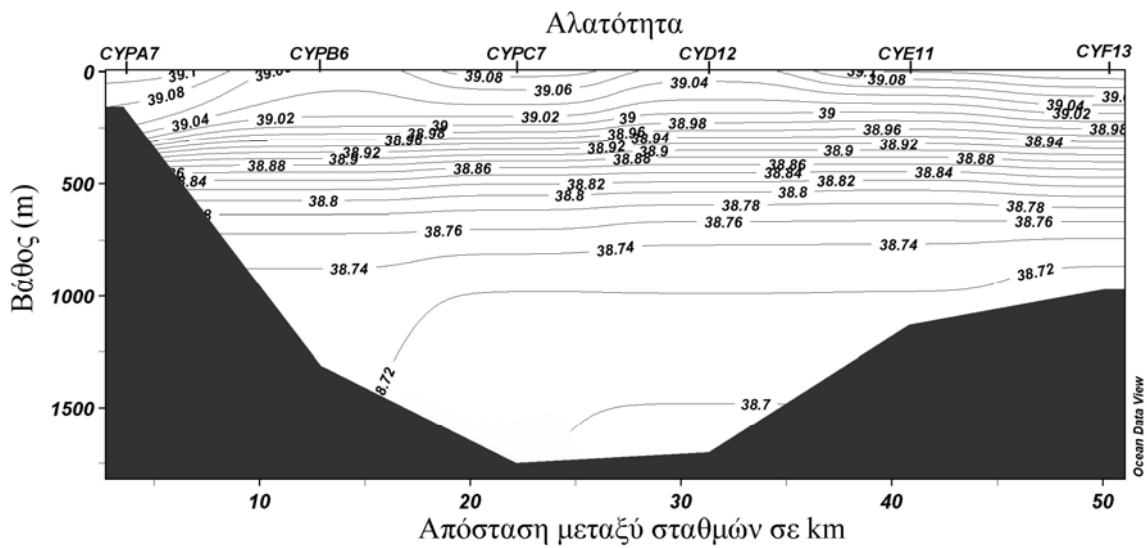
Εικόνα 3.1.2.19: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – Α4



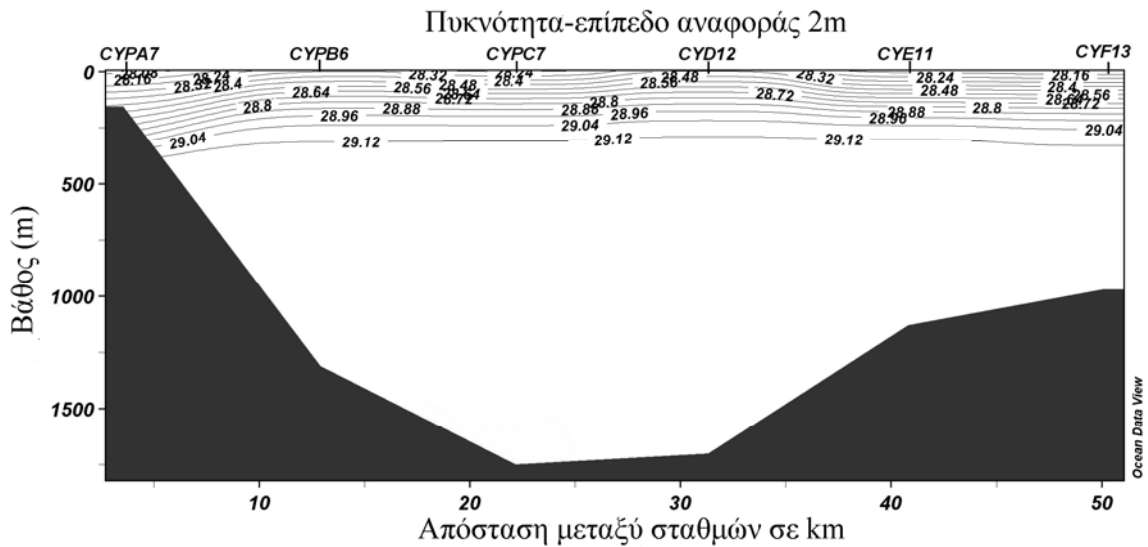
Εικόνα 3.1.2.20: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας– Α4

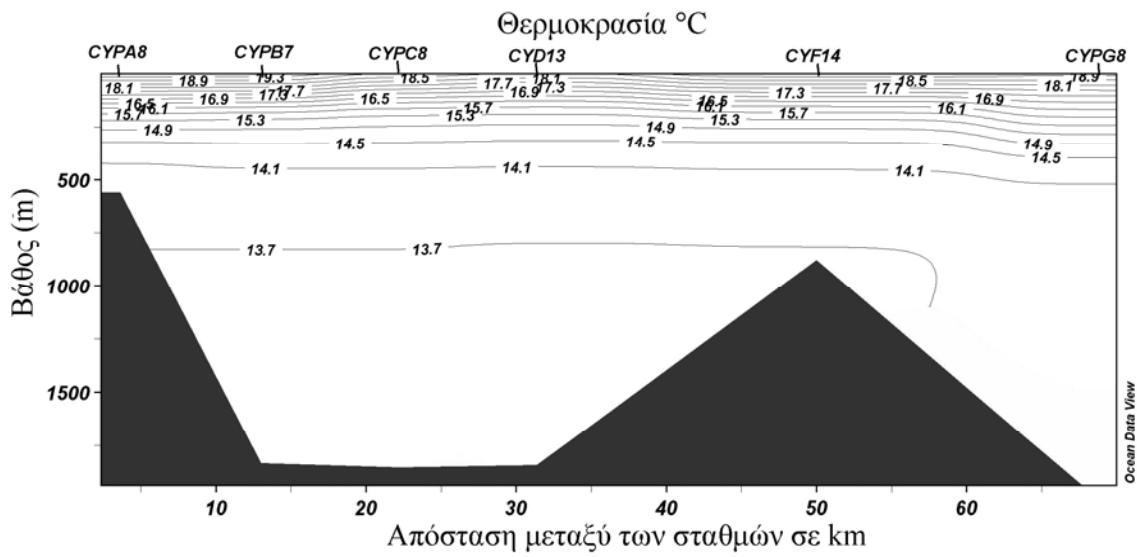


Εικόνα 3.1.2.30: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας-Α6

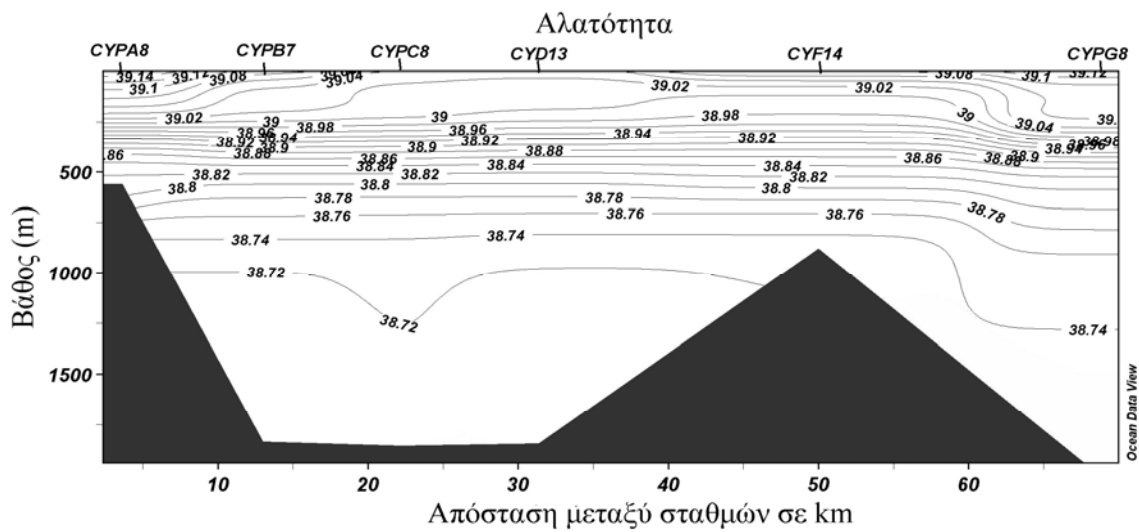


Εικόνα 3.1.2.31: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – Α6

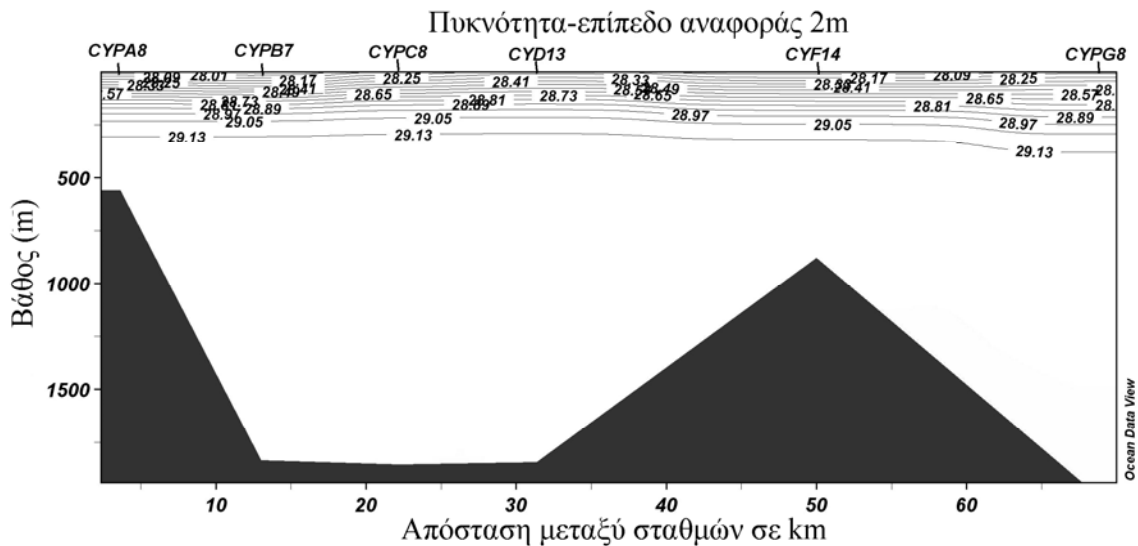




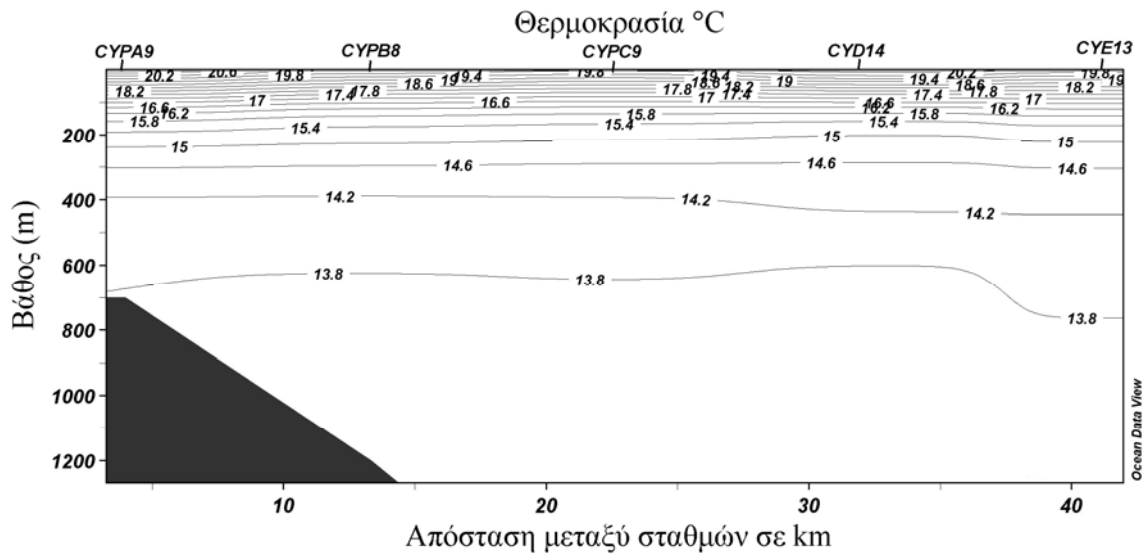
Εικόνα 3.1.2.36: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας-Α7

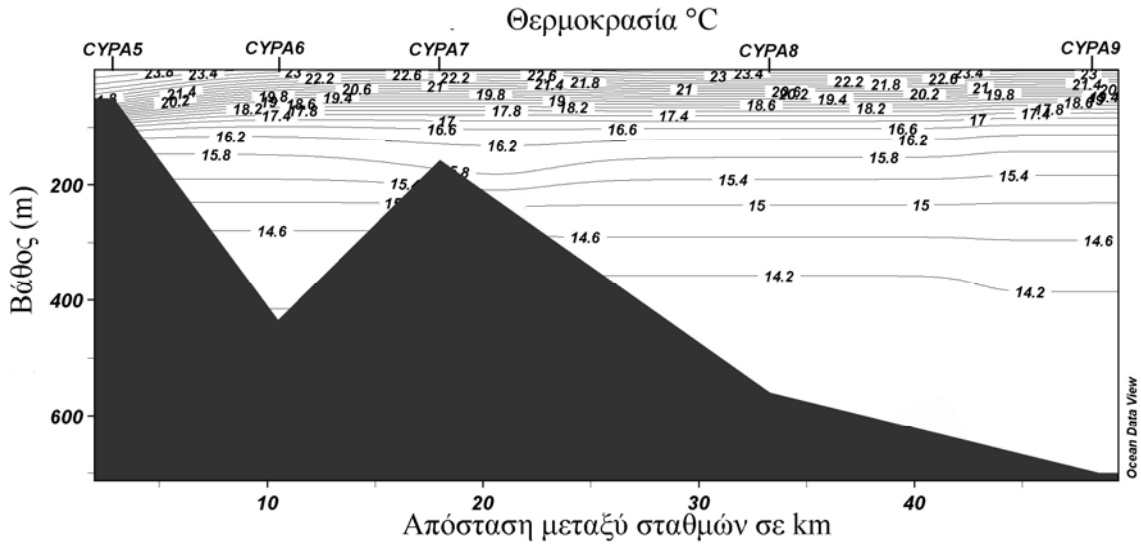


Εικόνα 3.1.2.37: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – Α7

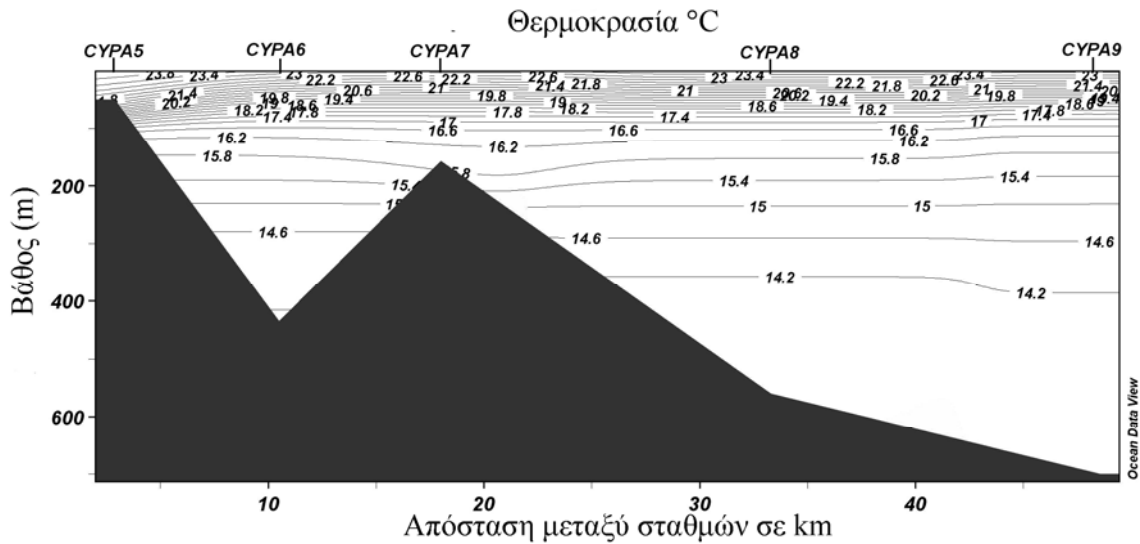


Εικόνα 3.1.2.38: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας- Α7

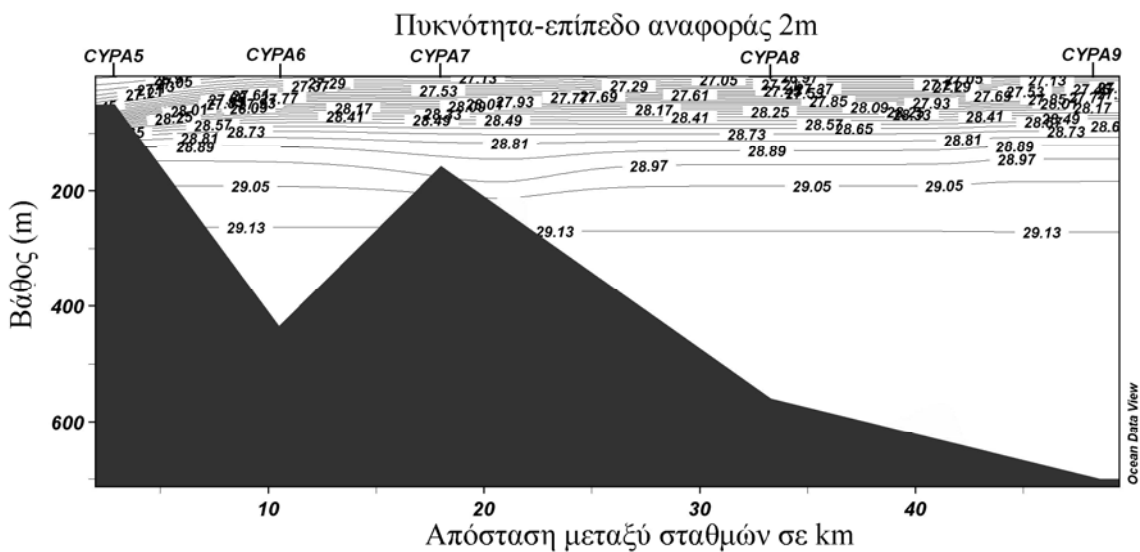




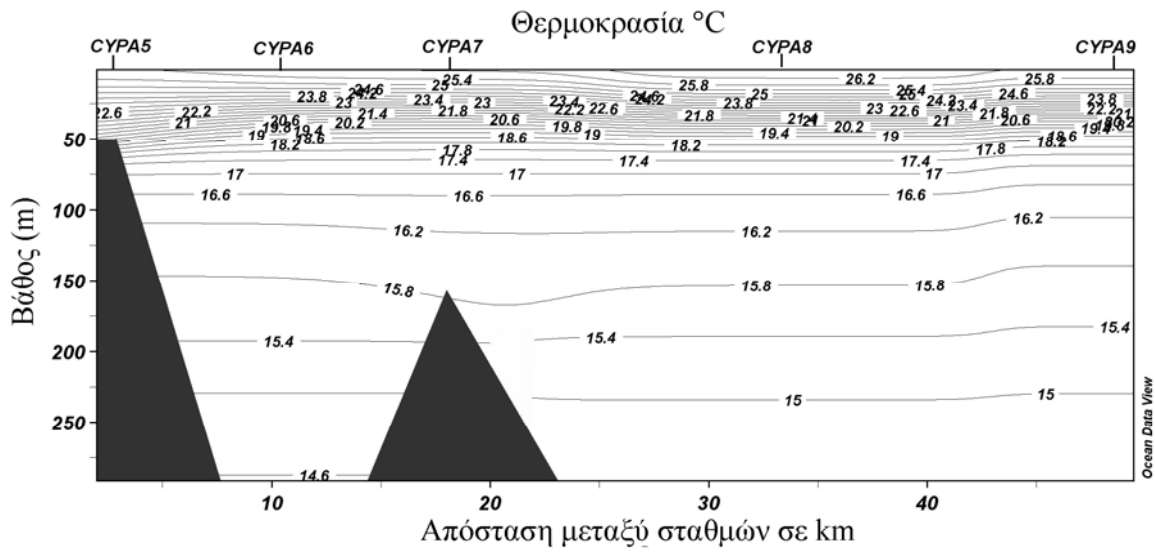
Εικόνα 3.1.2.48: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας-Α9



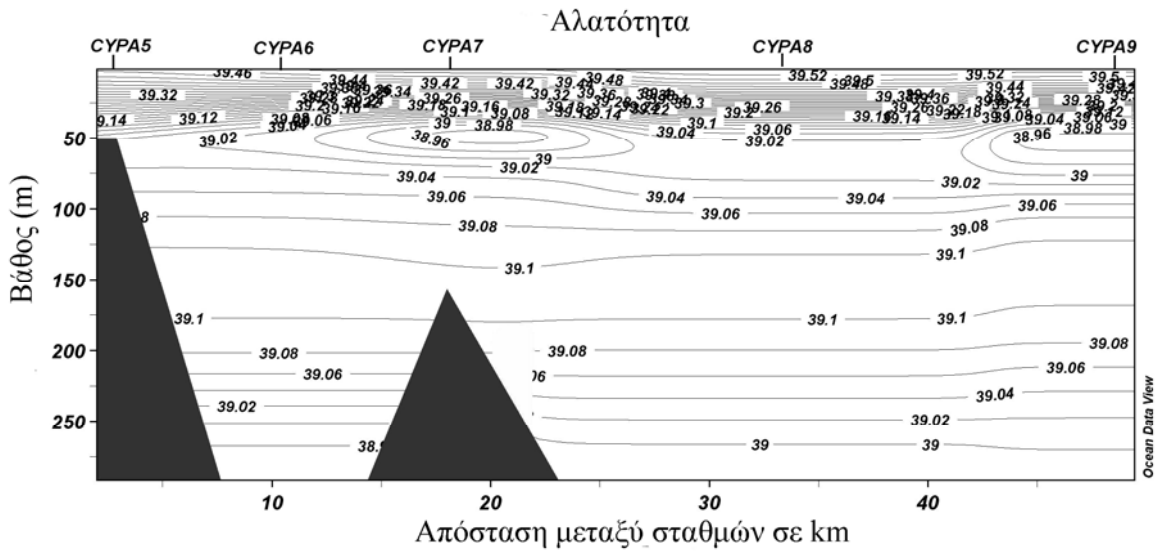
Εικόνα 3.1.2.49: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – Α9



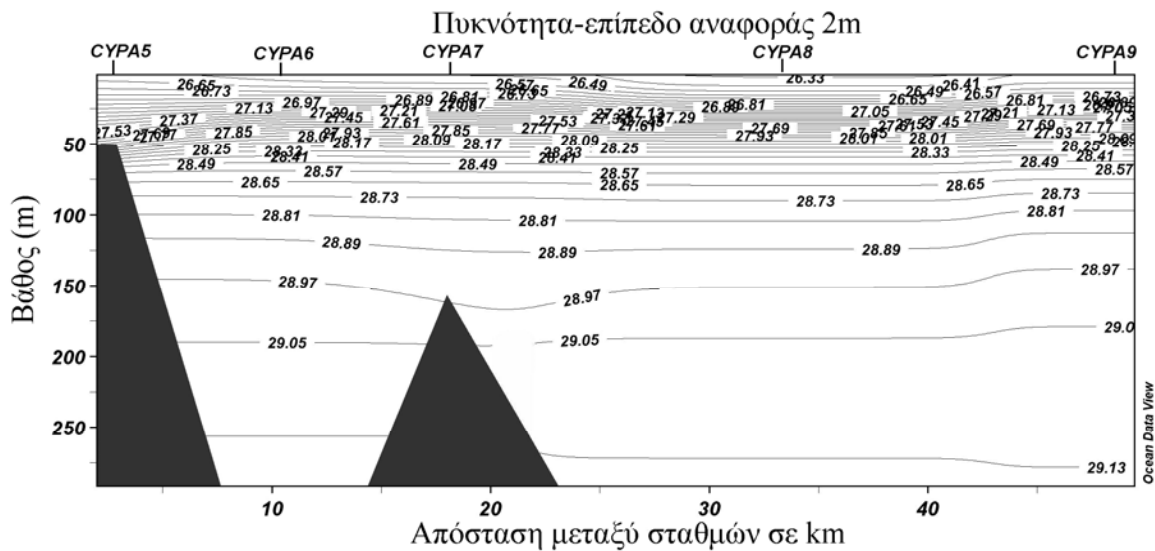
Εικόνα 3.1.2.50: Εγκάρσια τομή της πυκνότητα – Α9



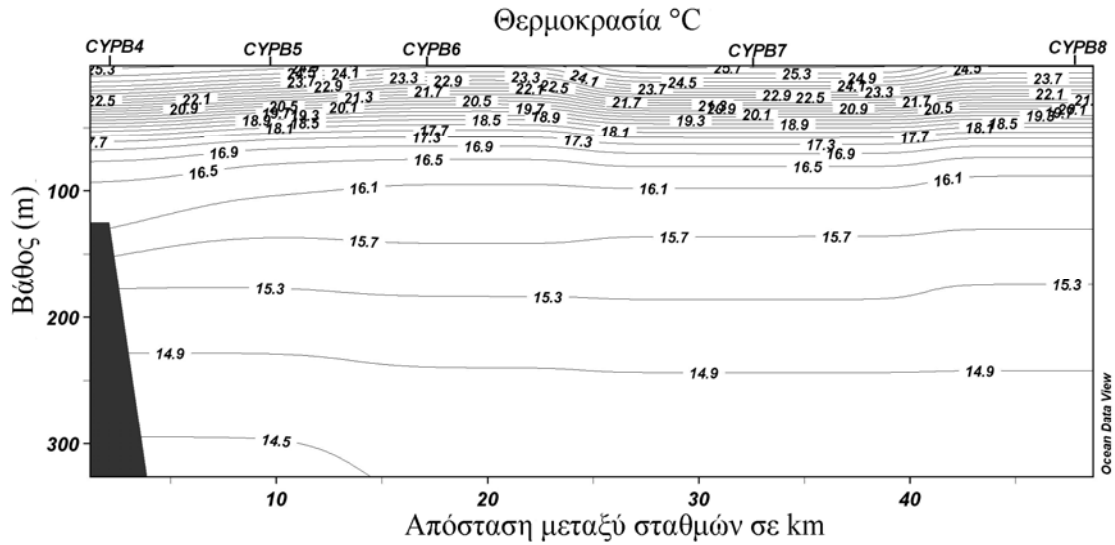
Εικόνα 3.1.2.51: Εγκάρσια τομή της θερμοκρασίας – A9 zoom στα (300 m)



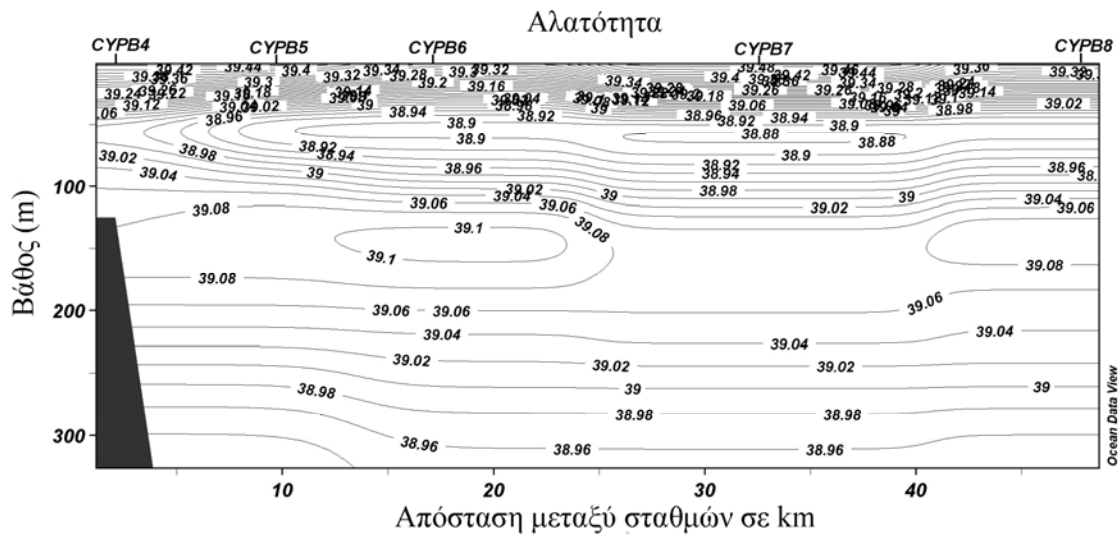
Εικόνα 3.1.2.52: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – A9 zoom στα (300 m)



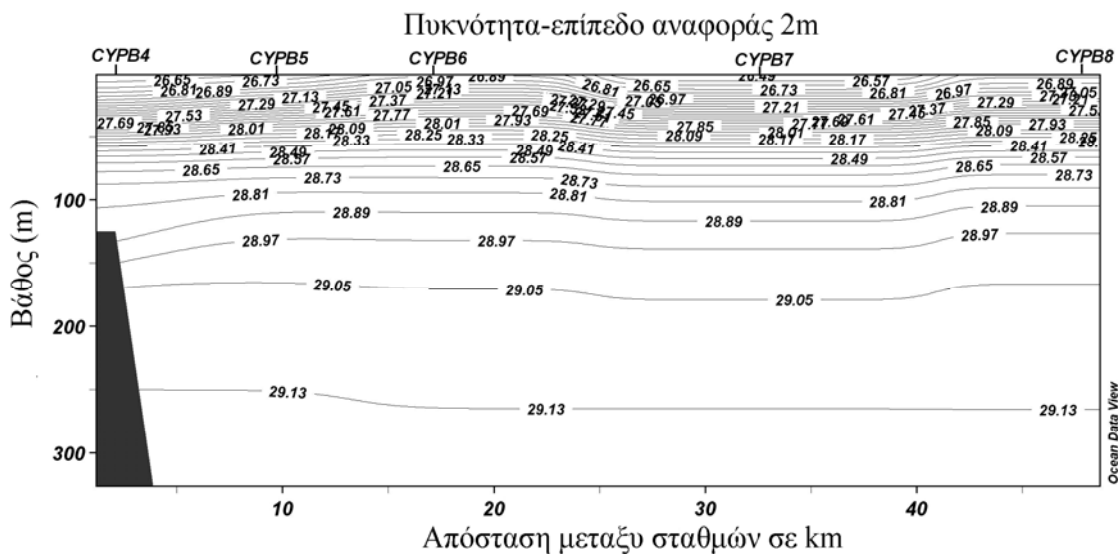
Εικόνα 3.1.2.53: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας – A9 zoom στα (300 m)



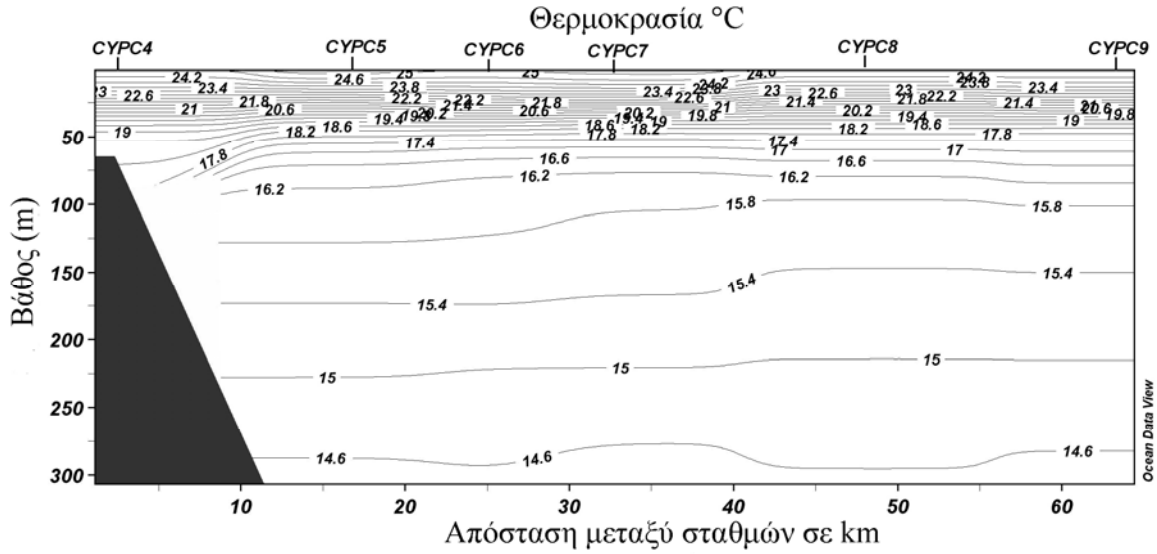
Εικόνα 3.1.2.57: Εγκάρσια τομή της θερμοκρασίας – A10 zoom στα (300 m)



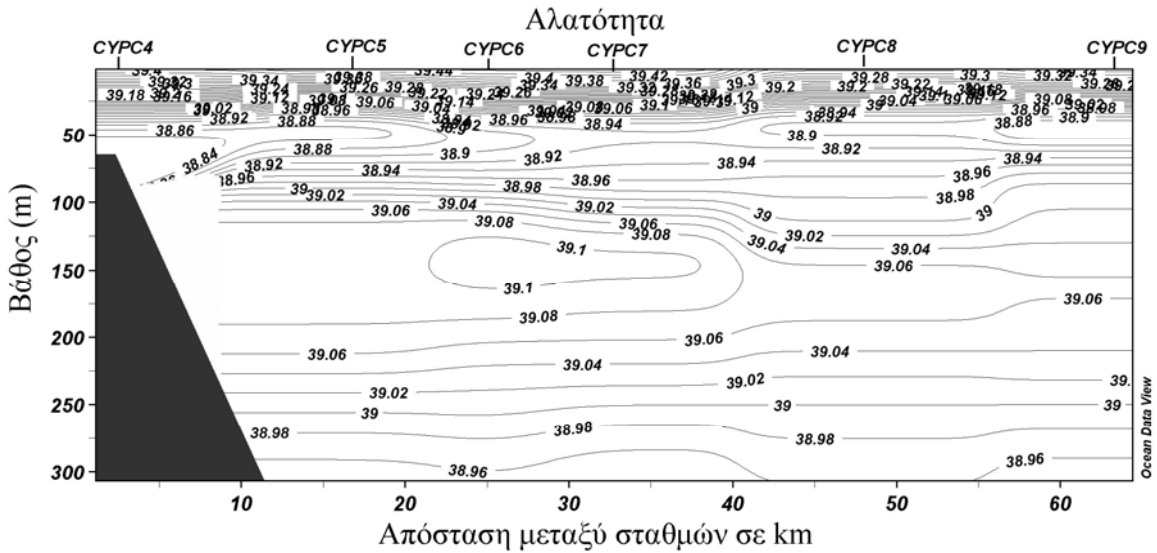
Εικόνα 3.1.2.58: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – A10 zoom στα (300 m)



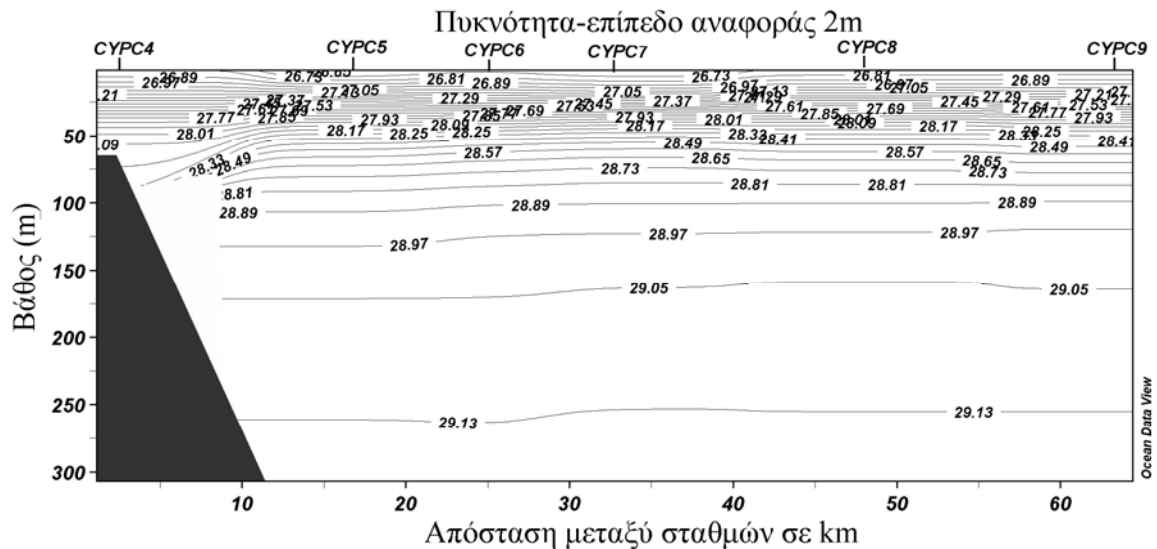
Εικόνα 3.1.2.59: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας – A10 zoom στα (300 m)



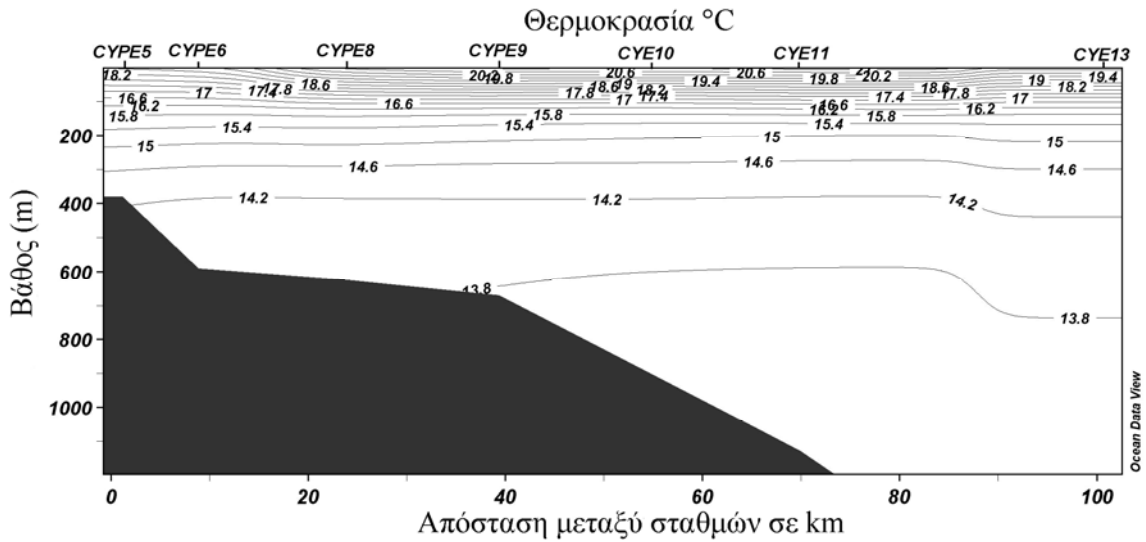
Εικόνα 3.1.2.63: Εγκάρσια τομή της θερμοκρασίας – A11 zoom στα (300 m)



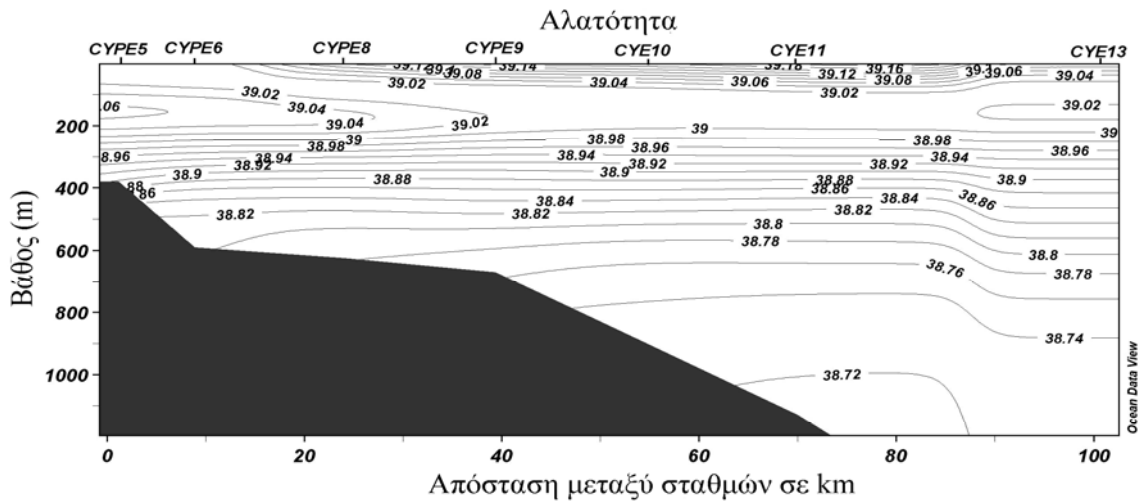
Εικόνα 3.1.2.64: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – A11 zoom στα (300 m)



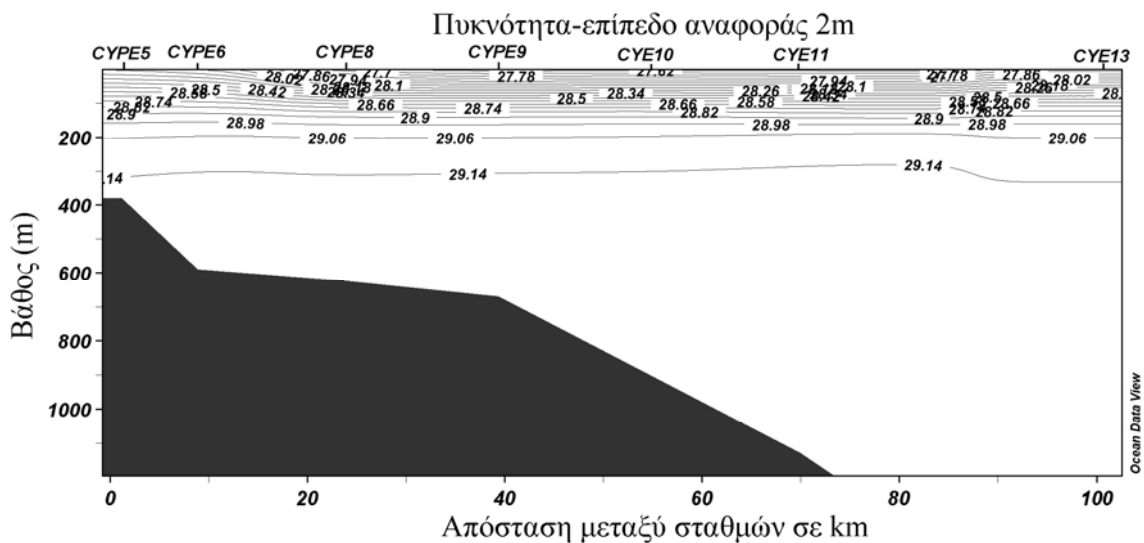
Εικόνα 3.1.2.65: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας – A11 zoom στα (300 m)

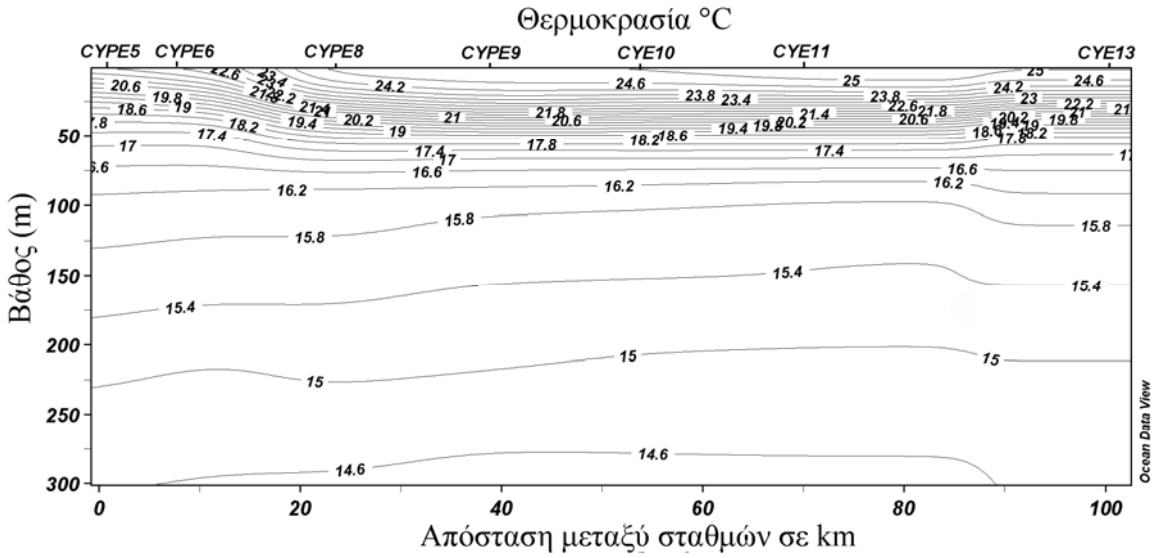


Εικόνα 3.1.2.72: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας-A13

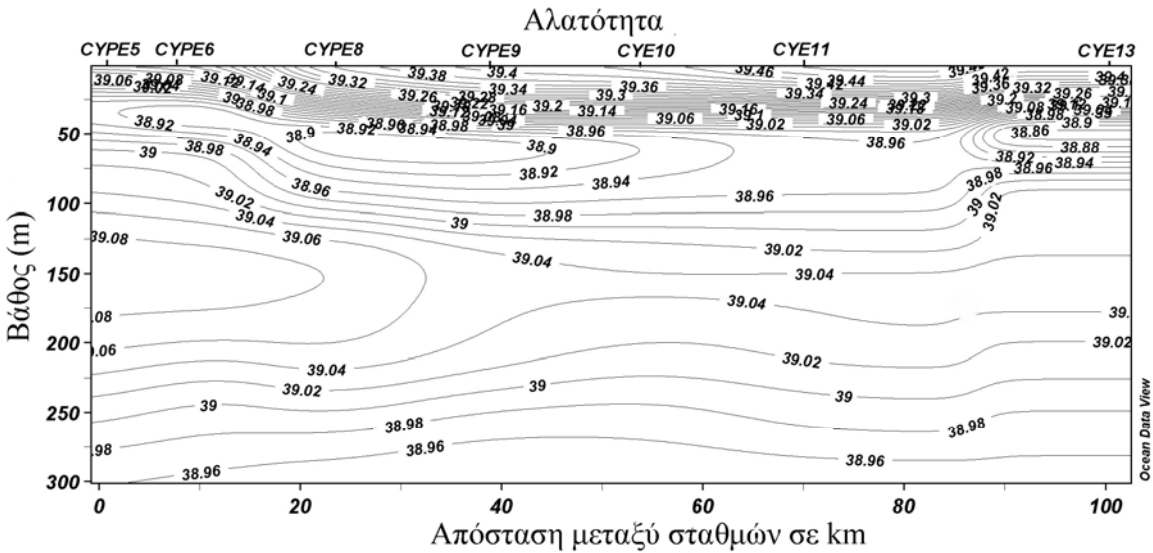


Εικόνα 3.1.2.73: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – A13

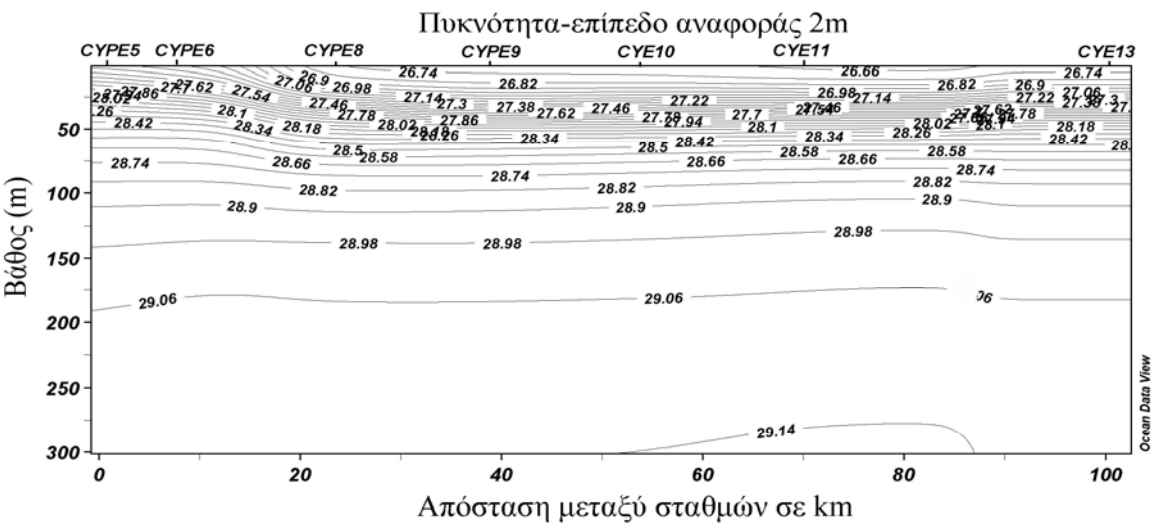




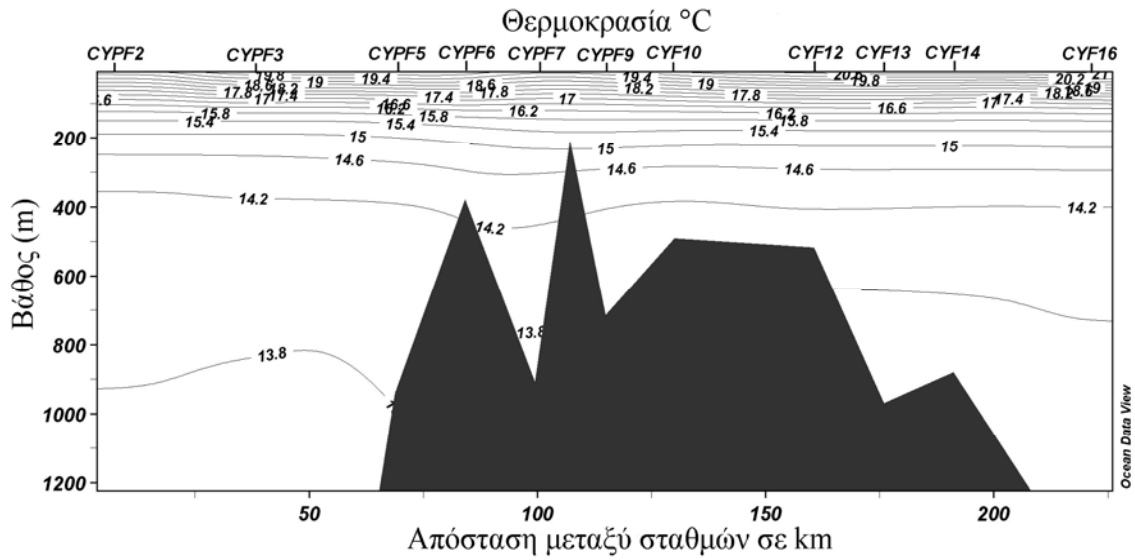
Εικόνα 3.1.2.75: Εγκάρσια τομή της θερμοκρασίας – A13 zoom στα (300 m)



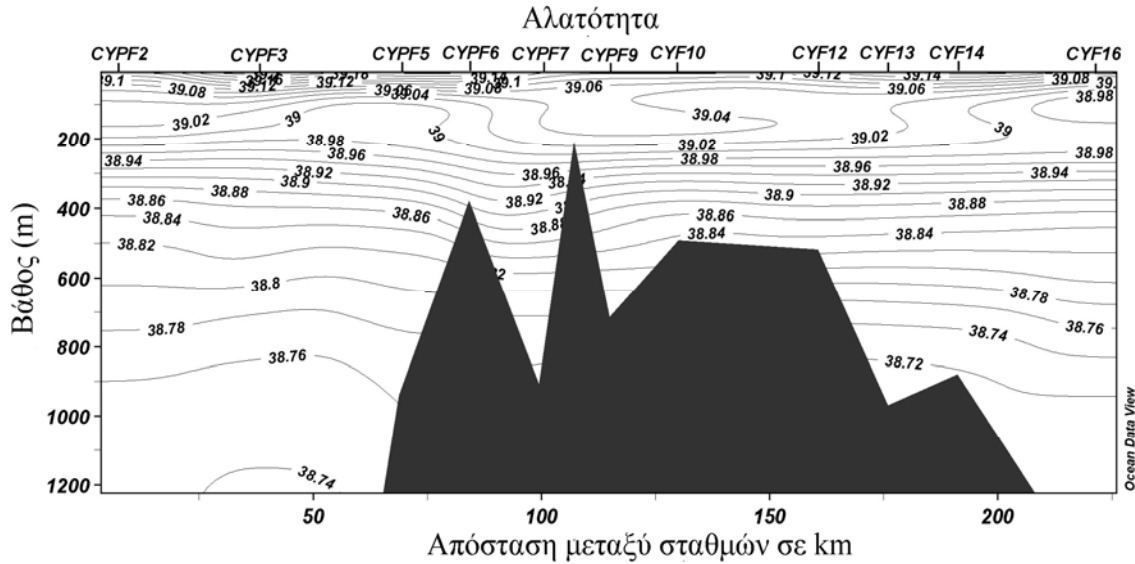
Εικόνα 3.1.2.76: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – A13 zoom στα (300 m)



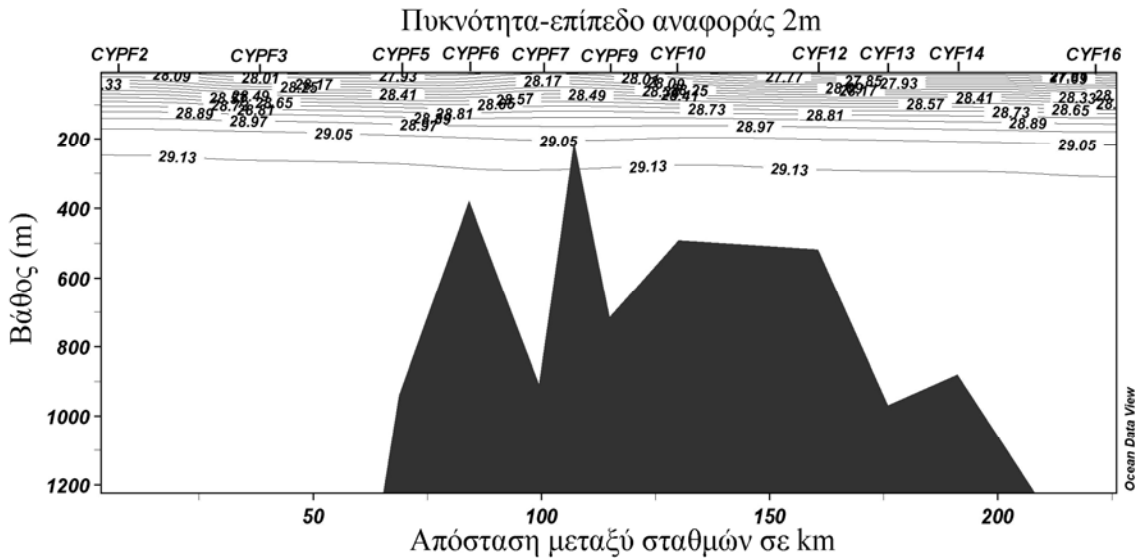
Εικόνα 3.1.2.77: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας – A13 zoom στα (300 m)



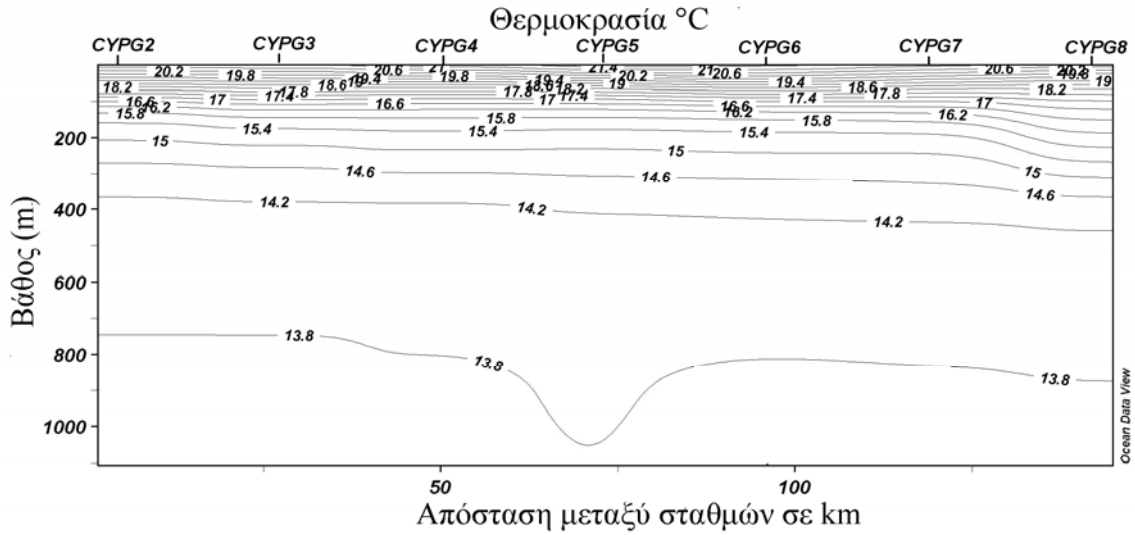
Εικόνα 3.1.2.78: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας-A14



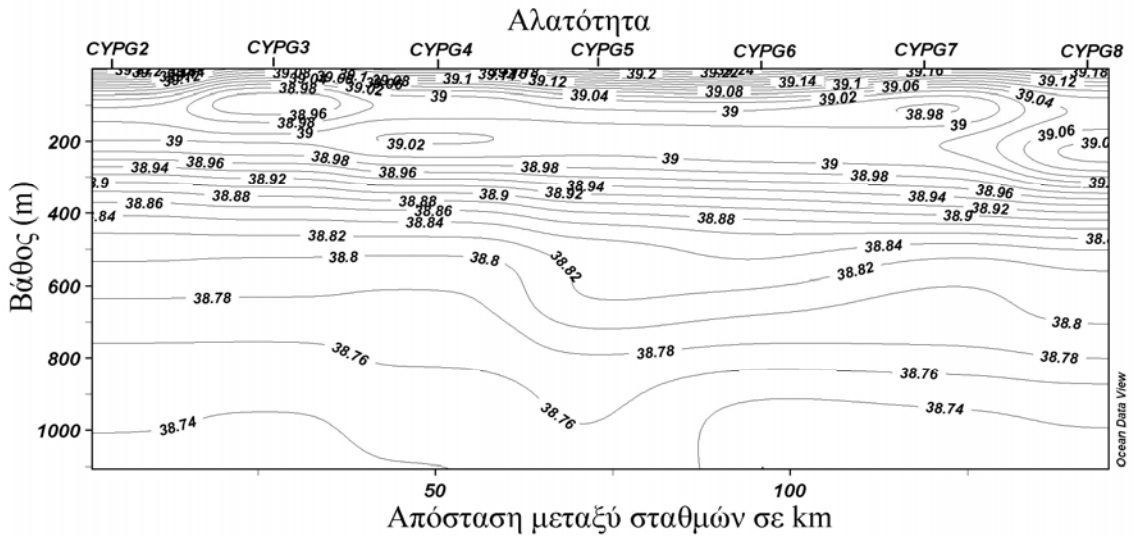
Εικόνα 3.1.2.79: Εγκάρσια τομή αλατότητας - A14



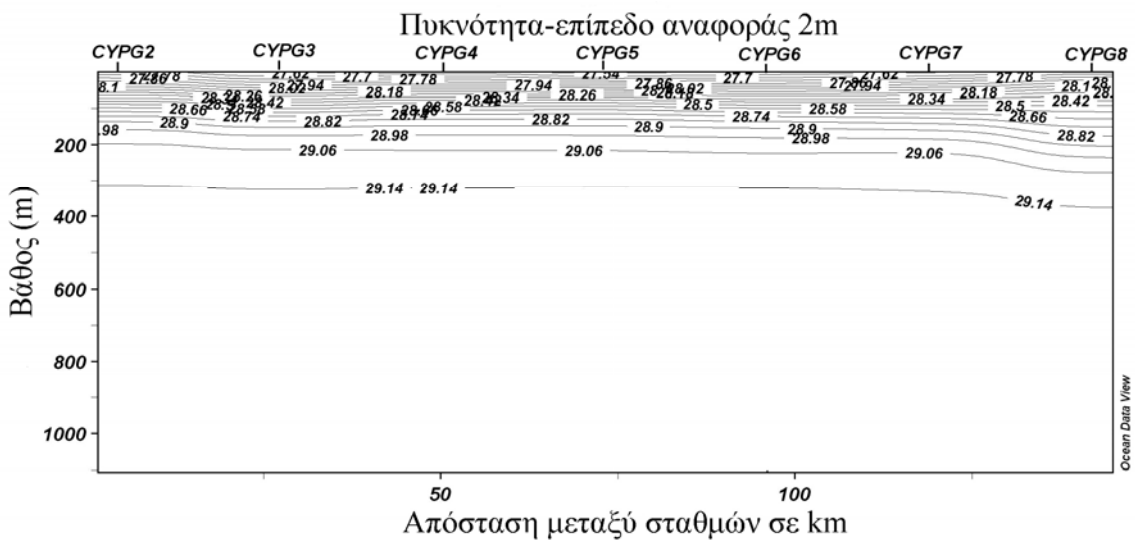
Εικόνα 3.1.2.80: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας - A14



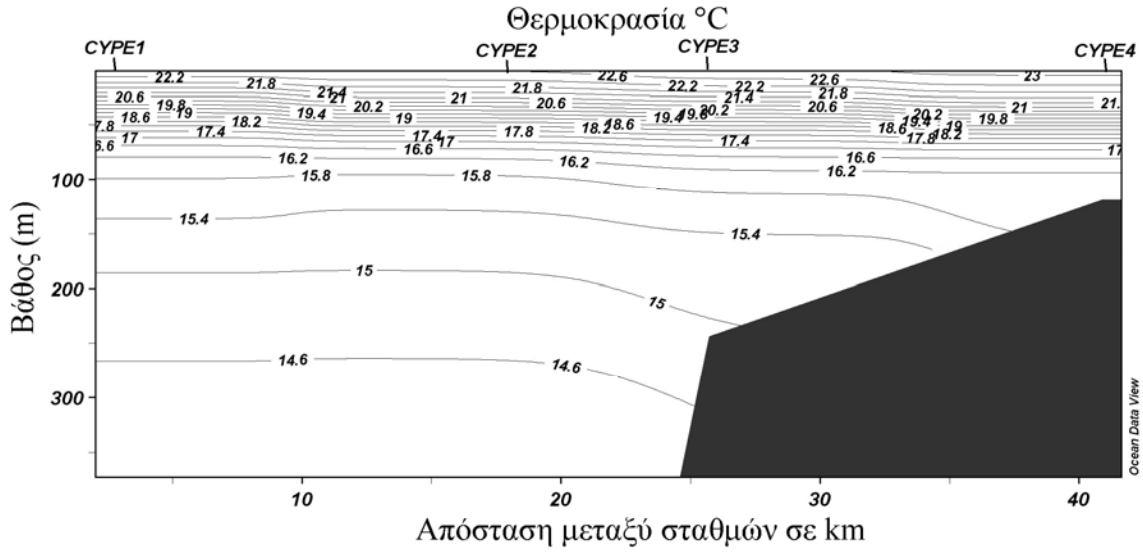
Εικόνα 3.1.2.84: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας-A15



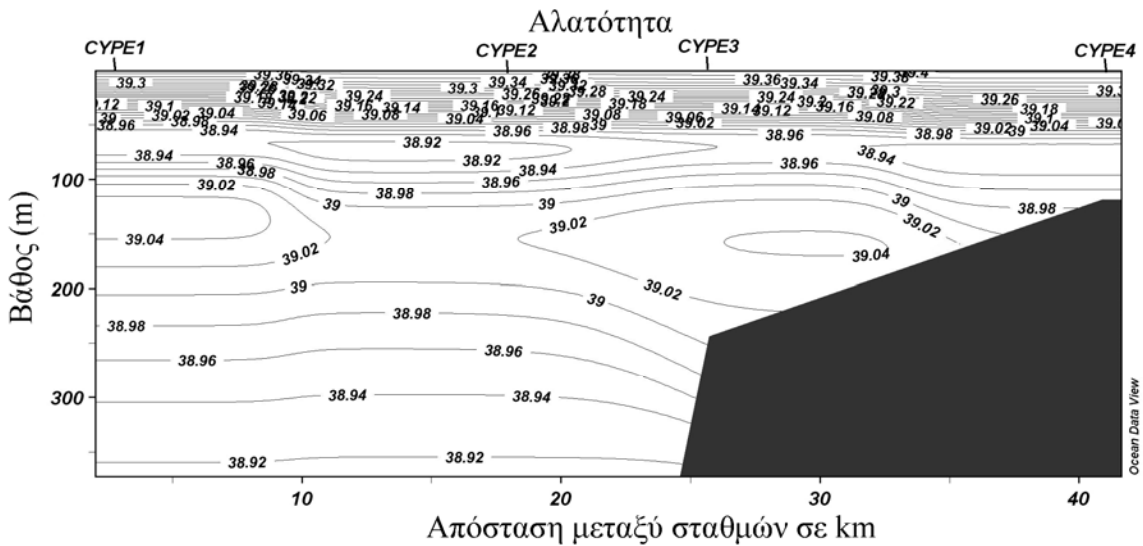
Εικόνα 3.1.2.85: Εγκάρσια τομή αλατότητας - A15



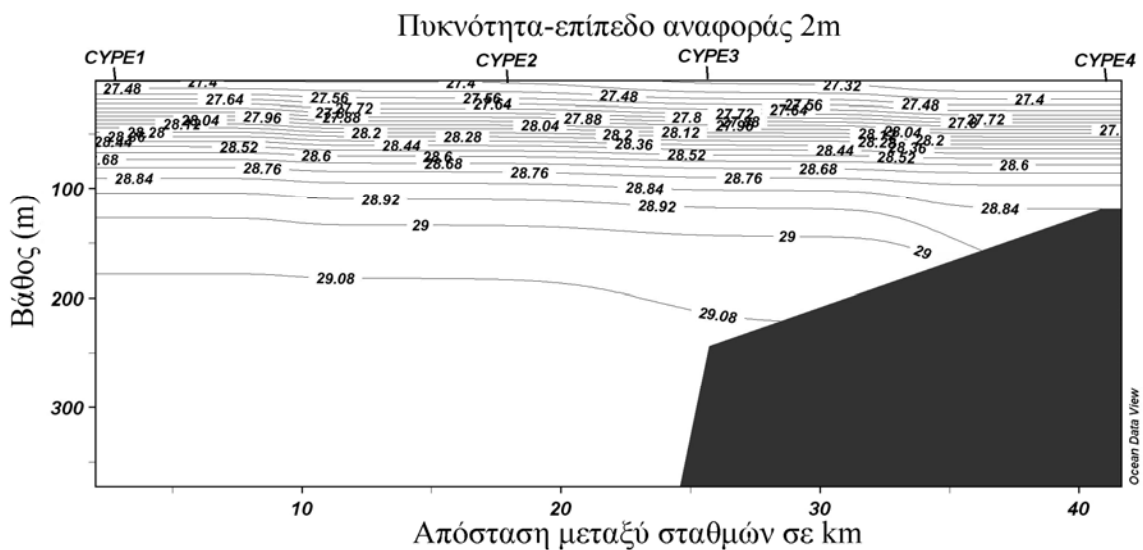
Εικόνα 3.1.2.86: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας – A15



Εικόνα 3.1.2.90: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας-Α16



Εικόνα 3.1.2.91: Εγκάρσια τομή αλατότητας - Α16



Εικόνα 3.1.2.92: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας – Α16

3.2 Μελέτη της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης

Για την καλύτερη κατανόηση της περιοχής μελέτης μελετηθεί η υδρογραφία και η κυκλοφορία της ευρύτερης περιοχής. Τα δεδομένα που επεξεργαστήκαμε προήλθαν από το πρόγραμμα ROEM που πραγματοποιήθηκε τον Οκτώβριο του 1985. Ενδεικτικά έχουν σχεδιαστεί τόσο οριζόντιες όσο και εγκάρσιες κατανομές της ευρύτερης περιοχής.

3.2.1 Οριζόντιες κατανομές στα τέλη του καλοκαιριού (1985).

❖ Στην επιφάνεια (2 m).

Το θερμοκρασιακό εύρος της περιοχής είναι της τάξεως των 3,2 °C (Εικ.3.2.1.1). Στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται τρεις δίνες θερμού πυρήνα στις θέσεις 1, 2 και 6 με τις μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας να εντοπίζονται στη θέση 2 (24,8 °C). Στην περιοχή μελέτης παρουσιάζονται επίσης τρεις δίνες ψυχρού πυρήνα στις θέσεις 3, 4 και 5 με τις θερμοκρασίες να κυμαίνονται μεταξύ των 21,6 °C και 22,4 °C.

Αρκετά κέντρα υψηλής και χαμηλής αλατότητας παρατηρούνται στο πλαίσιο της Εικόνας 3.2.1.2. Οι υψηλές τιμές αλατότητας εντοπίζονται στα βορειοανατολικά της περιοχής μελέτης με τη μέγιστη τιμή της να ανέρχεται στα 39,52 psu. Στη θέση 1 εντοπίζονται οι χαμηλότερες τιμές αλατότητας (ελάχιστη τιμή 38,96 psu).

Η κατάσταση που επικρατεί στην οριζόντια κατανομή της πυκνότητας είναι παρόμοια με αυτήν της θερμοκρασίας (Εικ.3.2.1.3). Με τη μόνη διαφορά ότι, όπως αναμένεται οι υψηλές τιμές πυκνότητας απαντώνται στις περιοχές όπου επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες και αντίστροφα.

❖ Στα 50 m.

Το θερμοκρασιακό εύρος της περιοχής μελέτης κυμαίνεται μεταξύ 18,3 °C και 22,7 °C (Εικ.3.2.1.4). Τα δυναμικά χαρακτηριστικά που διατηρούνται στην περιοχή

είναι αυτά των θέσεων 2, 3, 5, και 6. Ωστόσο, η δίνη θερμού πυρήνα που παρατηρείται στη θέση 2 έχει εξασθενήσει. Παρ'όλα αυτά τέσσερα νέα δυναμικά χαρακτηριστικά εντοπίζονται στην περιοχή. Έτσι, στις θέσεις 7, 8 και 10 παρατηρούνται τρεις δίνες ψυχρού πυρήνα, ενώ στη θέση 9 μια δίνη θερμού πυρήνα. Οι χαμηλότερες τιμές της θερμοκρασίας (18,3 °C) απαντώνται στις θέσεις 3 και 8. Αντίστοιχα στη θέση 6 συναντάμε την υψηλότερη τιμή θερμοκρασίας (22,7 °C).

Το εύρος της αλατότητας είναι 0,74 psu (Εικ.3.2.1.5). Η μέγιστη τιμή της αλατότητας (39,32 psu) στη θέση 6, ενώ η ελάχιστη τιμή της (38,58 psu) στις θέσεις 3 και 8 στους πυρήνες των ψυχρών δινών.

Η οριζόντια κατανομή της πυκνότητας όπως αναμένεται αντικατοπτρίζει την κατανομή της θερμοκρασίας (Εικ.3.2.1.6). Το εύρος της πυκνότητας κυμαίνεται μεταξύ των 27,25 kg/m³ και 28 kg/m³. Οι μέγιστες τιμές της πυκνότητας παρατηρούνται στις δίνες ψυχρού πυρήνα και αντίστοιχα οι ελάχιστες τιμές της πυκνότητας στις δίνες θερμού πυρήνα.

❖ Στα 100 m

Στην περιοχή μελέτης εξακολουθούν να διατηρούνται τα δυναμικά χαρακτηριστικά των θέσεων 2, 6, 7, 8 και 9. Το θερμοκρασιακό εύρος της περιοχής μελέτης κυμαίνεται ανάμεσα στους 16,3 °C και 17,5 °C (Εικ.3.2.1.7). Επίσης ένας μαιανδρισμός στα πλαίσια της γεωστροφικής προσέγγισης φαίνεται να εισέρχεται στην περιοχή μελέτης από τα νότια και να κατευθύνεται προς τα ανατολικά.

Στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται αρκετά κέντρα υψηλής και χαμηλής αλατότητας (Εικ.3.2.1.8). Η αλατότητα κυμαίνεται από 38,68 psu έως 39,04 psu. Η μέγιστη τιμή της αλατότητας παρατηρείται στη θέση 7 και ανέρχεται στα 39,06 psu, αντίστοιχα η χαμηλότερη τιμή της αλατότητας (38,68 psu) στη θέση 9.

Η πυκνότητα κυμαίνεται ανάμεσα στα $28,3 \text{ kg/m}^3$ και $28,75 \text{ kg/m}^3$ (Εικ.3.2.1.9). Υψηλές τιμές πυκνότητας απαντώνται στις θέσεις 7 και 8 (δίνες ψυχρού πυρήνα) και οι ελάχιστες τιμές εντοπίζονται στις θέσεις 2, 6 και 9 (δίνες θερμού πυρήνα).

❖ Στα 200 m

Τα δυναμικά χαρακτηριστικά που διατηρούνται στην περιοχή μελέτης, σε σχέση με ότι περιγράψαμε προηγουμένως, είναι αυτά των θέσεων 6, 8 και 9 (Εικ.3.2.1.10). Ωστόσο, στην περιοχή έχουμε την επανεμφάνιση της δίνης ψυχρού πυρήνα στη θέση 3. Επίσης μια νέα δίνη ψυχρού πυρήνα εμφανίζεται στη θέση 11. Το θερμοκρασιακό εύρος της περιοχής μελέτης κυμαίνεται μεταξύ των $14,8 \text{ }^\circ\text{C}$ και $16,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται όπως είναι αναμενόμενο στις δίνες ψυχρού πυρήνα και οι μέγιστες στις δίνες θερμού πυρήνα.

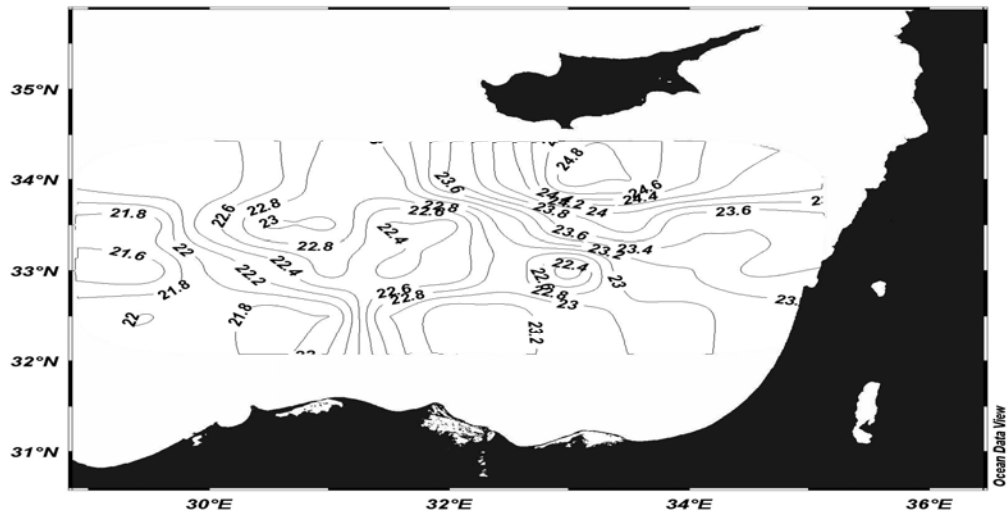
Στην κατανομή της αλατότητας παρουσιάζονται αρκετά κέντρα υψηλής ή χαμηλής αλατότητας σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης (Εικ.3.2.1.11). Ωστόσο οι υψηλές τιμές της αλατότητας απαντώνται στα ανατολικά της περιοχής μελέτης, ενώ στα δυτικά συναντάμε τις χαμηλές τιμές της αλατότητας. Η αλατότητα της περιοχής μελέτης κυμαίνεται μεταξύ των $38,96 \text{ psu}$ και $39,06 \text{ psu}$

Χαμηλές τιμές πυκνότητας ($28,8 \text{ kg/m}^3$) εντοπίζονται στις θέσεις 6 και 9 (Εικ.3.2.1.12). Αντίστοιχα οι υψηλές τιμές πυκνότητας απαντώνται στις θέσεις 3 και 11 (29 kg/m^3 με $29,5 \text{ kg/m}^3$).

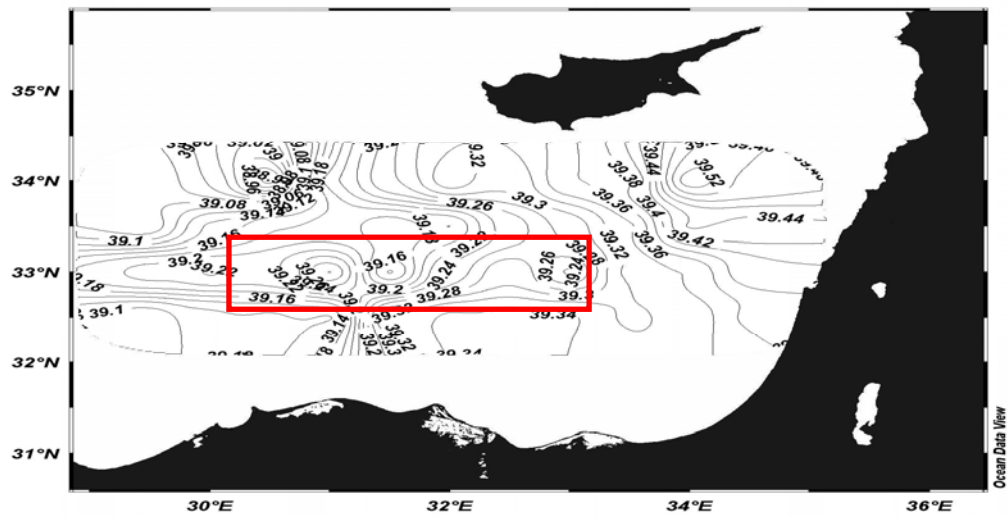
❖ Στα 300 m

Στην περιοχή μελέτης τα μόνα δυναμικά χαρακτηριστικά που διατηρούνται είναι αυτά των θέσεων 6, 9 και 11 (Εικ.3.2.1.13). Ωστόσο, στη θέση 12 εμφανίζεται για πρώτη φορά μια δίνη θερμού πυρήνα. Το εύρος της θερμοκρασίας κυμαίνεται μεταξύ των $14,4 \text{ }^\circ\text{C}$ και $15,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

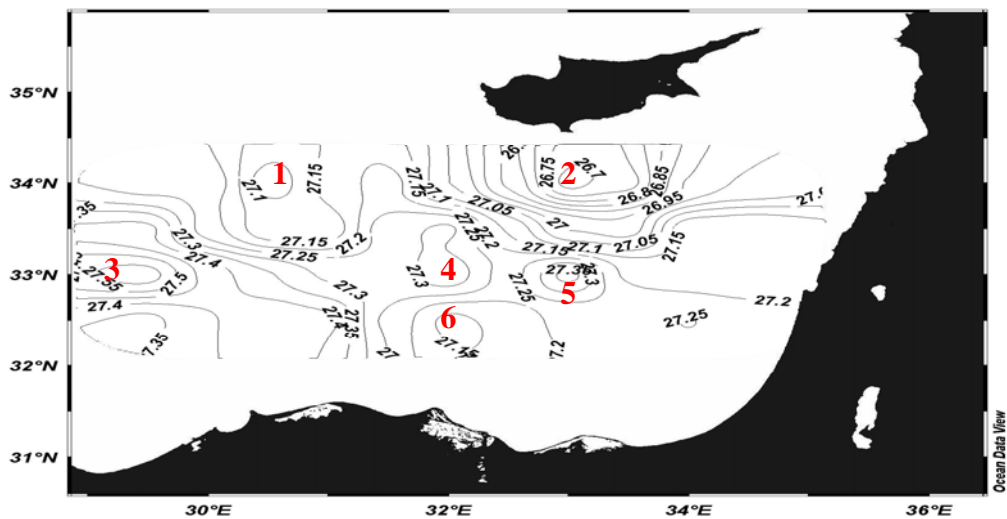
Αρκετά κέντρα υψηλής ή χαμηλής αλατότητας παρατηρούνται στην περιοχή μελέτης. Οι τιμές της αλατότητας είναι μεταξύ 38,88 psu και 39,06 psu (Εικ.3.2.1.14). Τέλος στην κατανομή της πυκνότητας δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερες μεταβολές, με την πυκνότητα να κυμαίνεται μεταξύ των $28,9 \text{ kg/m}^3$ και $29,1 \text{ kg/m}^3$ (Εικόνα.3.2.1.15)



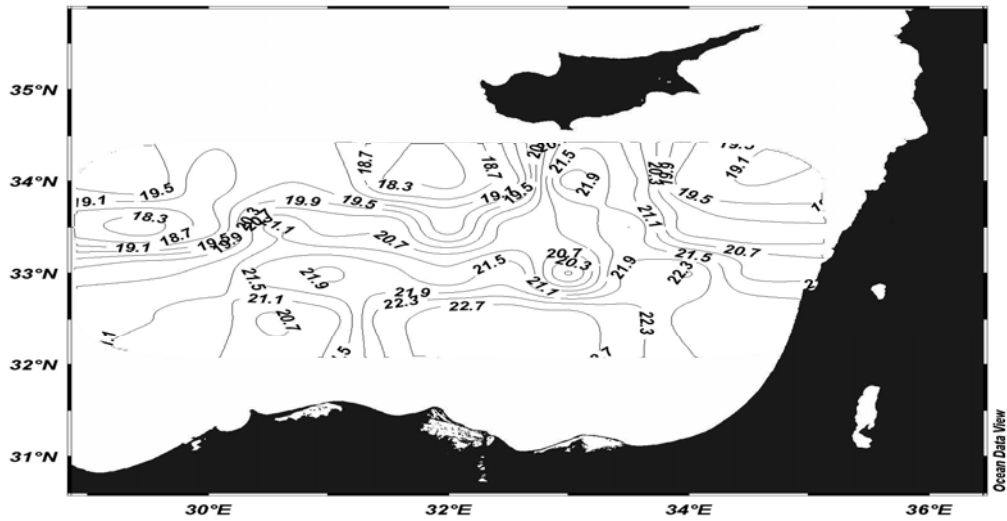
Εικόνα 3.2.1.1: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (2 m)



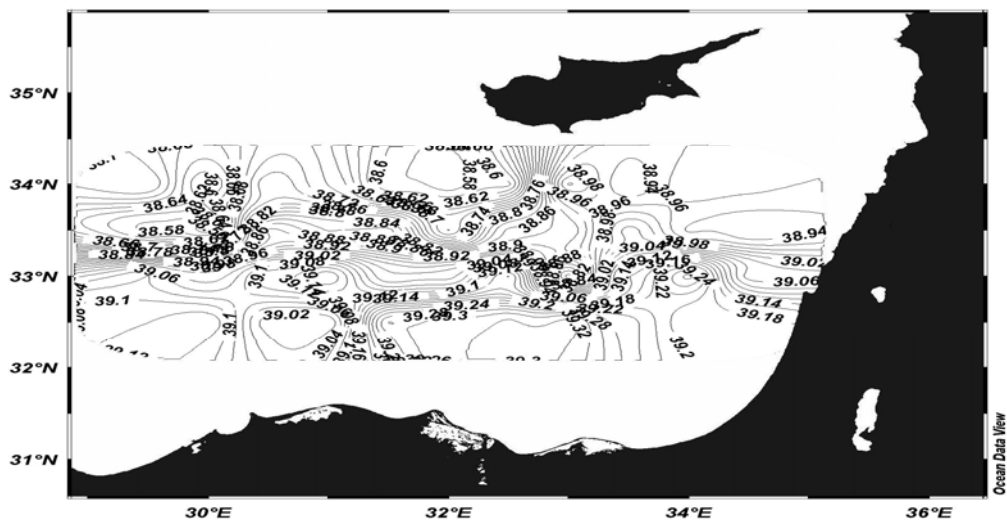
Εικόνα 3.2.1.2: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (2 m)



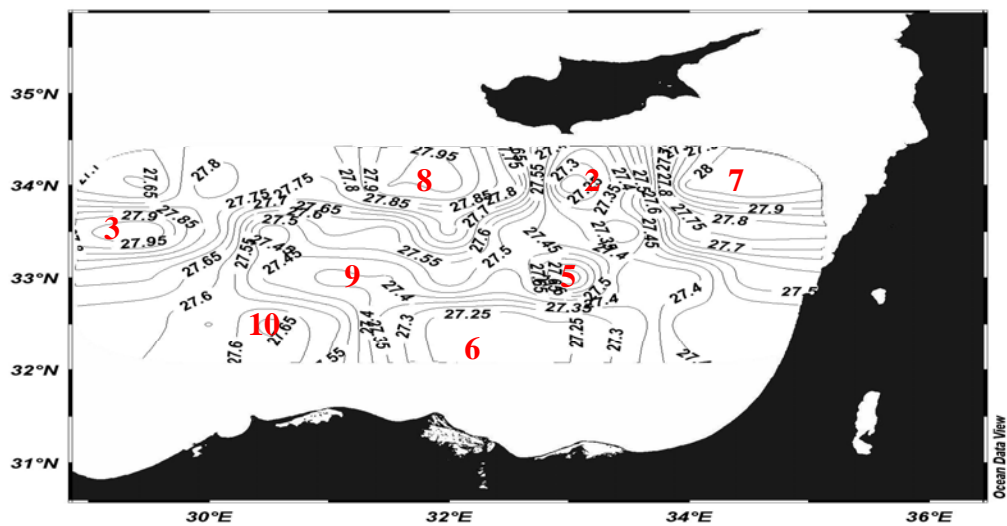
Εικόνα 3.2.1.3: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (2 m)



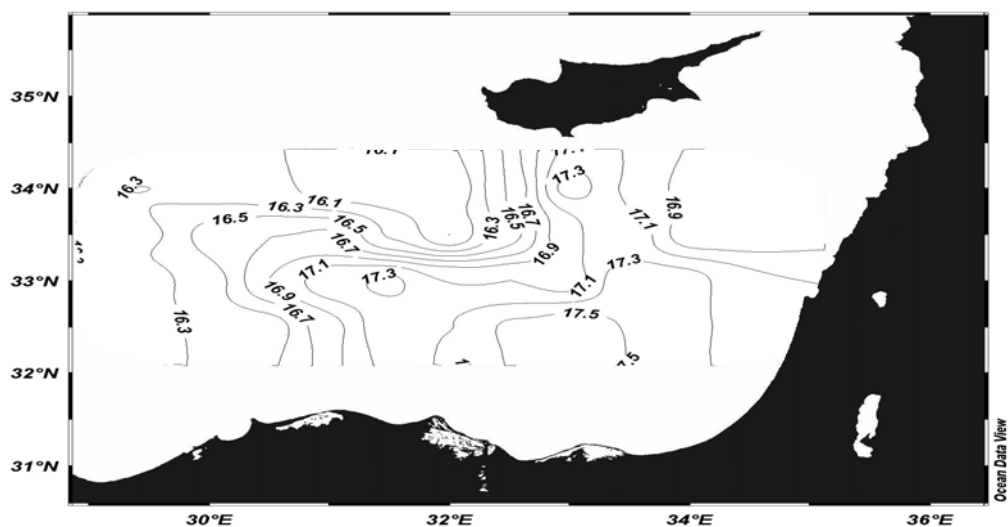
Εικόνα 3.2.1.4: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (50 m)



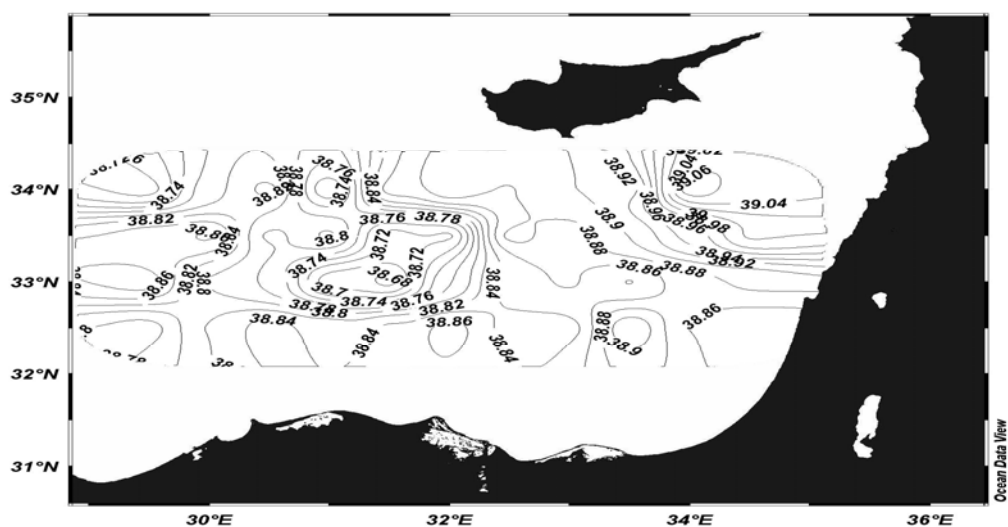
Εικόνα 3.2.1.5: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (50 m)



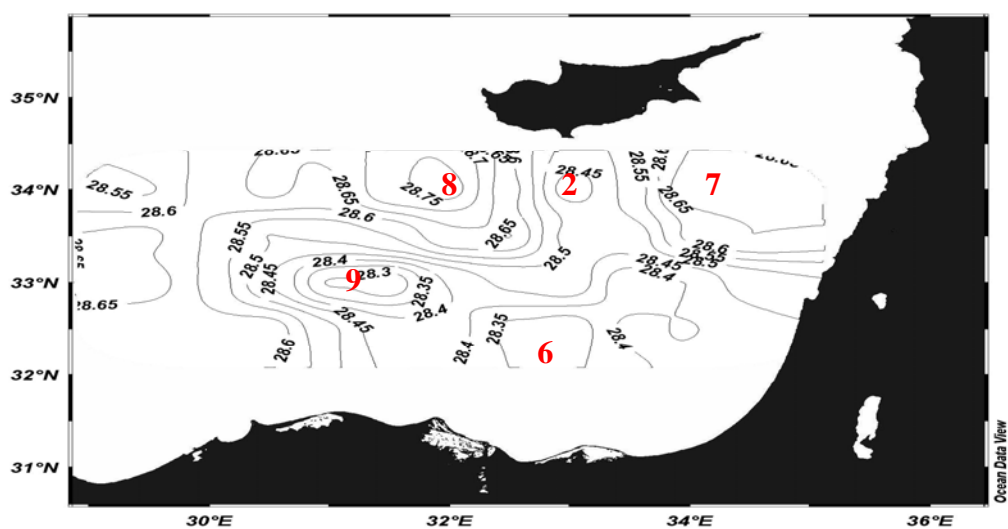
Εικόνα 3.2.1.6: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (50 m)



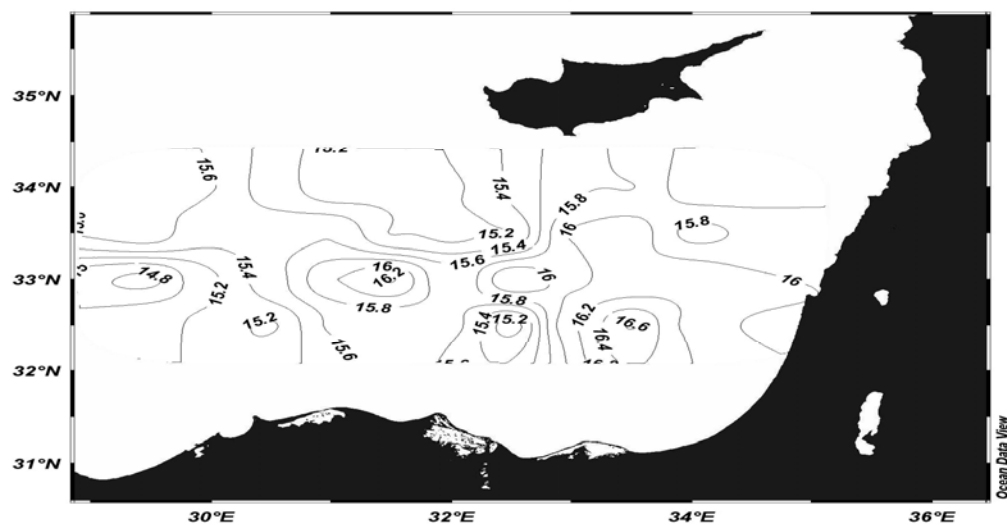
Εικόνα 3.2.1.7: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (100 m)



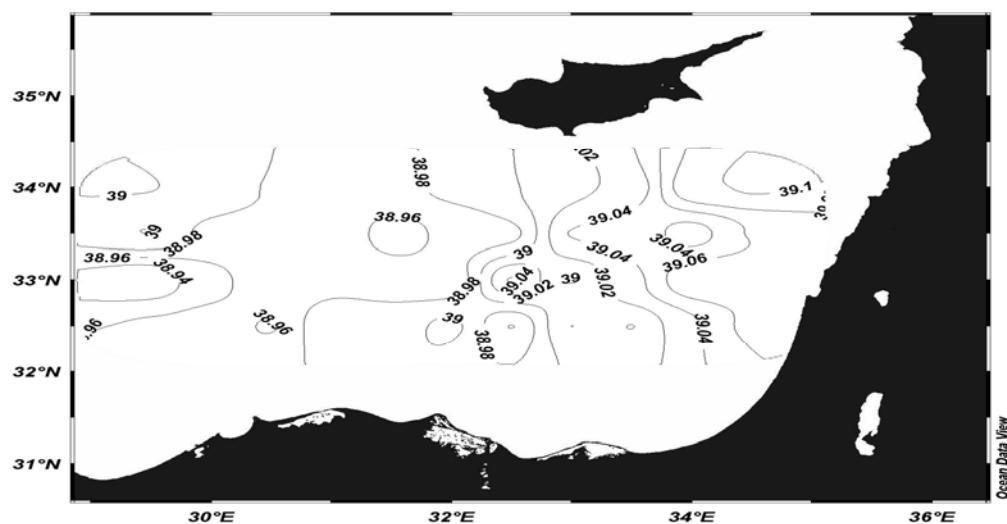
Εικόνα 3.2.1.8: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (100 m)



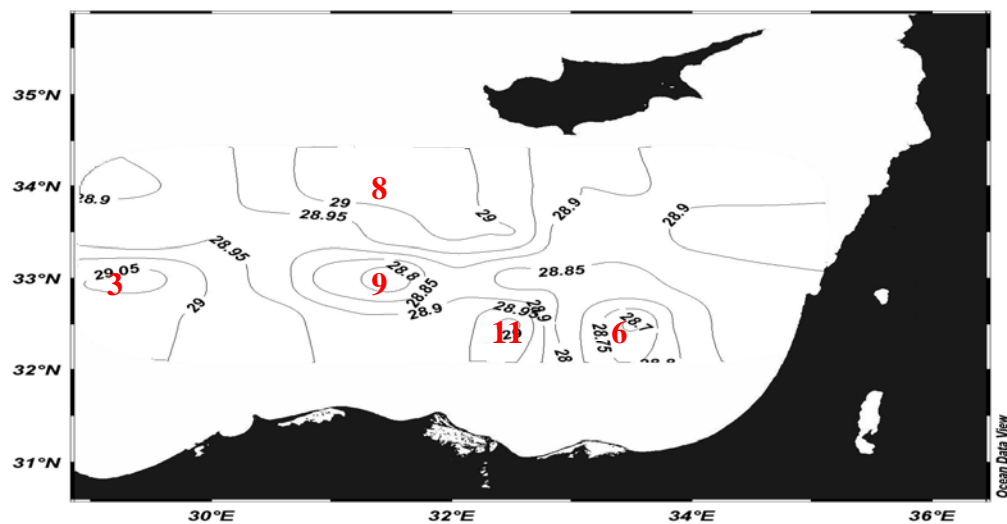
Εικόνα 3.2.1.9: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (100 m)



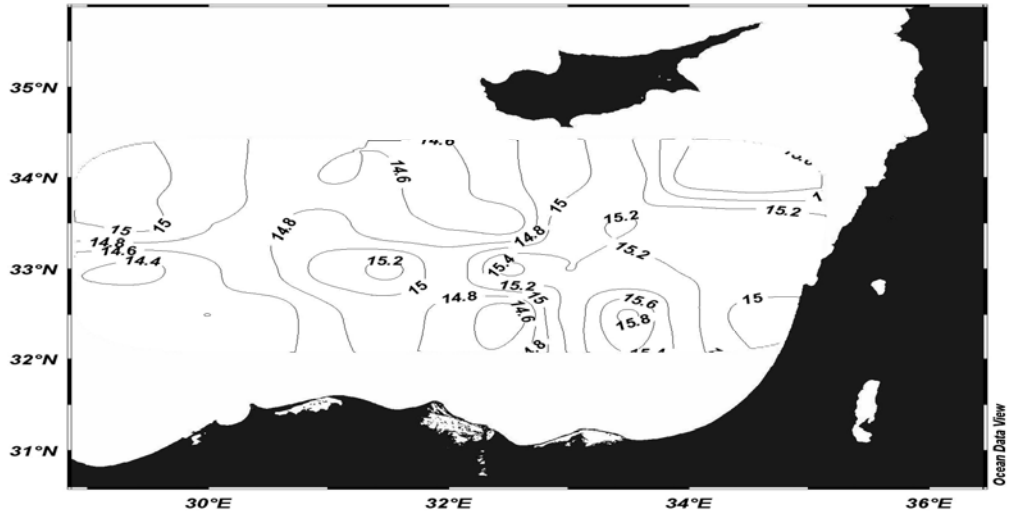
Εικόνα 3.2.1.10: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (200 m)



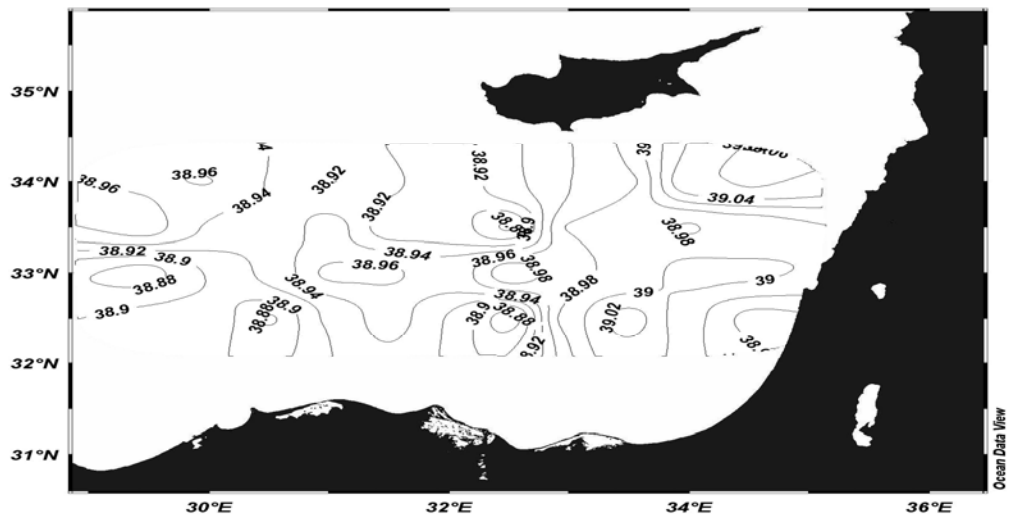
Εικόνα 3.2.1.11: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (200 m)



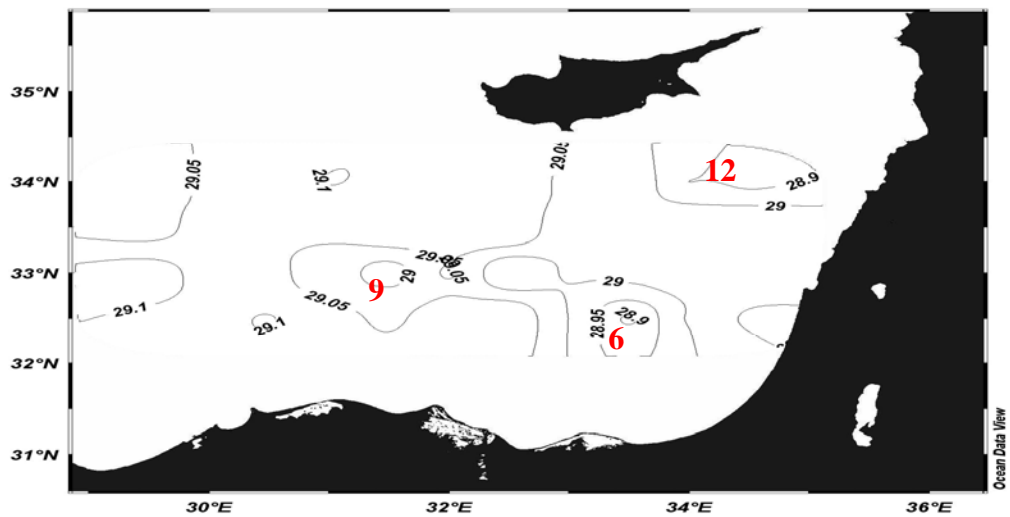
Εικόνα 3.2.1.12: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (200 m)



Εικόνα 3.2.1.13: Οριζόντια κατανομή της δυναμικής θερμοκρασίας Rev.Level (2 m) – (300 m)



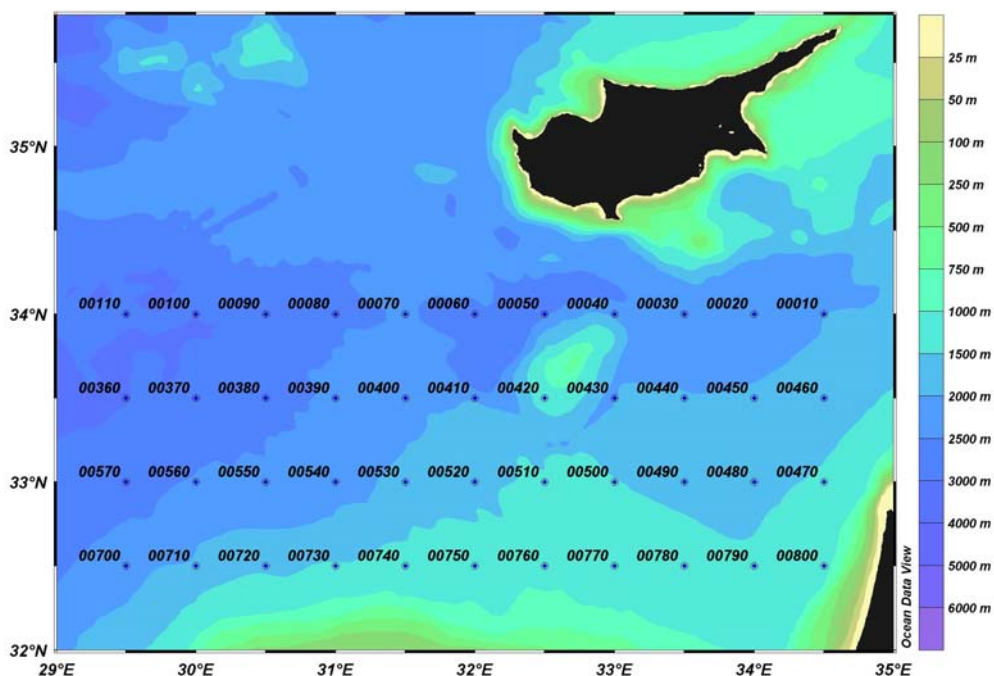
Εικόνα 3.2.1.14: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας (300 m)



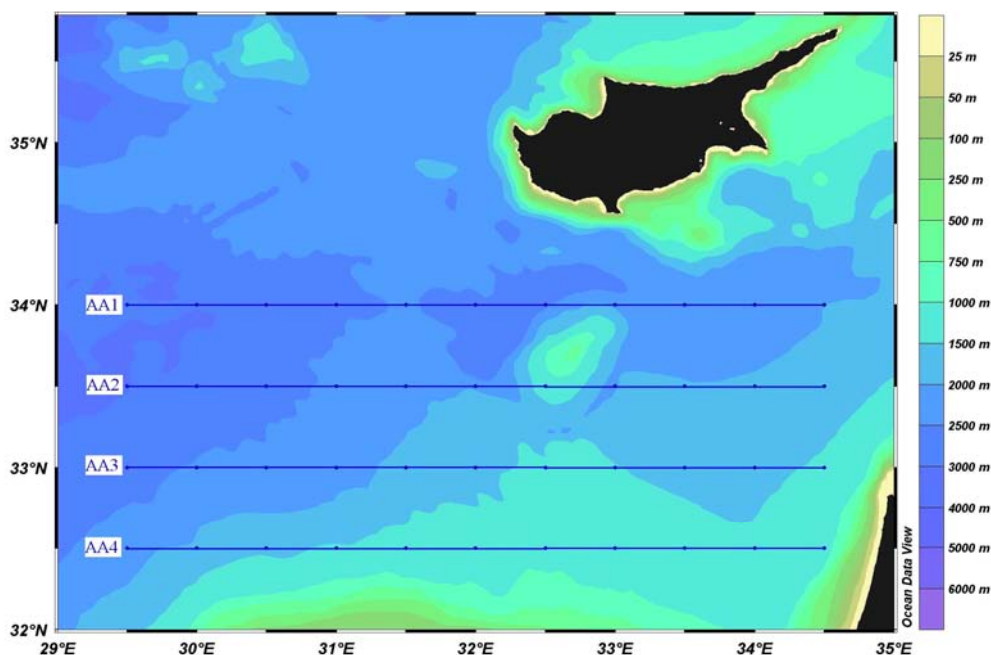
Εικόνα 3.2.1.15: Επιφανειακή κατανομή της δυναμικής πυκνότητας Rev.Level (2 m) – (300 m)

3.2.2. Κατακόρυφες κατανομές στα τέλη του καλοκαιριού (1985).

Για την κατανόηση της κυκλοφορίας των υδάτινων μαζών της ευρύτερης περιοχής μελέτης έχουν επιλεγεί τέσσερις εγκάρσιες τομές. Όπως και στην ενότητα 3.1.2 έτσι και εδώ θα εξεταστούν οι κατανομές της θερμοκρασίας, της αλατότητας και της πυκνότητας. Ειδικότερα, θα εξεταστούν ξεχωριστά τα ανώτερα 300 m της υδάτινης στήλης. Σκοπός είναι η κατανόηση των δυναμικών χαρακτηριστικών του επιφανειακού στρώματος. Παρ'όλο που τα δεδομένα που συγκρίνουμε έχουν πραγματοποιηθεί σε δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους, ωστόσο μπορούμε να εξαγάγουμε συμπεράσματα για την κυκλοφορία της ανατολικής Μεσογείου. Οι σταθμοί και οι εγκάρσιες τομές που θα εξετάσουμε παρουσιάζονται στις Εικόνες 3.2.2:1, 2.



Εικόνα 3.2.2.2: Χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης που απεικονίζει στους σταθμούς μελέτης.



Εικόνα 3.2.2.2: Χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης που απεικονίζει τις εξεταζόμενες εγκάρσιες τομές.

Θερμοκρασία-αλατότητα-πυκνότητα.

Σε όλες τις κατακόρυφες τομές διαπιστώνεται η παρουσία του εποχικού θερμοκλινές στα ανώτερα 100 m περίπου της υδάτινης στήλης. Και σε αυτήν την ενότητα το ενδιαφέρον μας θα στραφεί στην παρουσία των υδάτινων μαζών του MAW και του LIW καθώς και σε ποια βάθη εντοπίζεται. Το MAW, όπως αναφέραμε, αναγνωρίζεται από το υποεπιφανειακό ελάχιστο της αλατότητας, ενώ το LIW από μέγιστο της αλατότητας. Στον πίνακα 3.1.2.1 συνοψίζεται το εύρος διακύμανσης της αλατότητας των υπό εξέταση υδάτινων μαζών καθώς και το βάθος που εντοπίζονται.

Ειδικότερα, έχουν επιλεγεί τέσσερις ζωνικές τομές, που περιλαμβάνουν όλους τους σταθμούς της περιοχής μελέτης. Προχωρώντας από την τομή AA1 προς την τομή AA4 θα εξεταστεί και θα εντοπιστεί η διασπορά των υδάτινων μαζών από τα βόρεια προς τα νότια της περιοχής μελέτης. Από τις εγκάρσιες τομές της πυκνότητας και της

θερμοκρασίας μπορούν να εντοπιστούν τα δυναμικά χαρακτηριστικά της υπ'εξέταση περιοχής.

Πίνακας 3.1.2.1: Εύρος διακύμανσης της αλατότητας καθώς και βάθος εντοπισμού τόσο του MAW όσο και του LIW

	MAW (psu)	Βάθος (m)	LIW (psu)	Βάθος (m)
AA1	38,58-38,96	50-150	39,04-39,1	80-300
AA2	38,62-38,9	50-125	39,02-39,04	110-250
AA3	38,66-38,86	40-150	39,02-39,08	170-270
AA4	38,68-38,9	40-140	39-39,06	150-270

❖ Εγκάρσια τομή AA1

Κάτω από το εποχικό θερμοκλινές και σε βάθος 200 m οι ισόθερμες (ισόπυκνες) καμπύλες ανέρχονται μεταξύ των σταθμών 100 και 50 λόγω της κυκλωνικής δίνης που παρατηρείται στην περιοχή (Εικ.3.2.2:1, 3, 4, 6).

Υδατα υψηλής αλατότητας (39,28 psu) εισέρχονται στα ανώτερα 40 m της υδάτινης στήλης από τον σταθμό 10 και σταδιακά εξαπλώνονται μέχρι τον σταθμό 70 (Εικ.3.2.2:4, 6). Από τα δυτικά (σταθμός 110) στα ανώτερα 20 m με 50 m παρατηρείται είσοδος MAW που σταδιακά διαδίδεται προς τα ανατολικά (σταθμός 20). Δύο θύλακες χαμηλής αλατότητας (38,6 psu) έχουν δημιουργηθεί κατά την ανατολική εξάπλωση του MAW. Ωστόσο, το LIW (39,1 psu) εισέρχεται από τα ανατολικά (σταθμός 10) και κατευθύνεται προς τα δυτικά (σταθμός 50).

❖ Εγκάρσια τομή AA2

Στα ανώτερα 30 m της υδάτινης στήλης εντοπίζονται δύο θύλακες θερμού νερού (χαμηλής πυκνότητας) με τη θερμοκρασία τους να κυμαίνεται μεταξύ των 22,6 °C και 23,8 °C (Εικ.3.2.2:9, 11, 12, 14). Ο πρώτος παρατηρείται μεταξύ των σταθμών 360 και

400 και ο δεύτερος μεταξύ των σταθμών 420 και 450. Επίσης σε βάθος 100 m εντοπίζεται ένας θώκος στον σταθμό 410.

Στα ανώτερα 40 m της υδάτινης στήλης στην εγκάρσια τομή AA2 έχουμε την παρουσία υδάτων υψηλής αλατότητας (Εικ.3.2.2:10, 13). Με την τιμή της αλατότητας να μειώνεται από τα ανατολικά (39,42 psu) προς τα δυτικά (39,14 psu). Το MAW εντοπίζεται σαν μια γλώσσα χαμηλής αλατότητας που εισέρχεται στον σταθμό 360 (δυτικά) και σταδιακά εξαπλώνεται μέχρι τον σταθμό 450 (ανατολικά). Παρατηρούνται δύο θύλακες MAW να έχουν σχηματιστεί (38,62 psu). Με τον πρώτο να εντοπίζεται στον σταθμό 360 και τον δεύτερο μεταξύ των σταθμών 400 και 420. Το LIW (39,02 psu) εισέρχεται από τον σταθμό 460 (ανατολικά) και κατευθύνεται προς τον σταθμό 420.

❖ Εγκάρσια τομή AA3

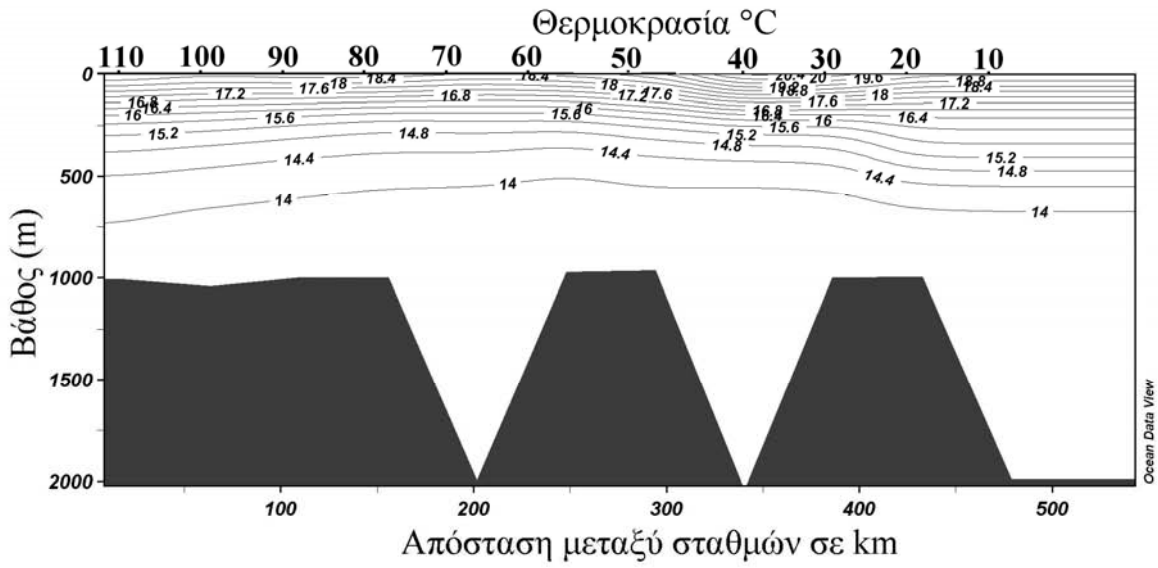
Παρατηρούμε ότι το εποχικό θερμοκλίνας έχει περιοριστεί στα ανώτερα 50 m με 100 m της υδάτινης στήλης (Εικ.3.2.2:15, 17, 18, 20). Από τα 100 μέτρα και μέχρι τα 300m, εντοπίζονται αρκετές μεταβολές στη δομή των ισόθεμων. Αυτό οφείλεται στα δυναμικά χαρακτηριστικά που απαντώνται στην περιοχή μελέτης. Ειδικότερα μεταξύ των σταθμών 570 και 540 μια αντικυκλωνική δίνη συμπιέζει τις ισόθεμες καμπύλες σε μεγαλύτερα βάθη. Ωστόσο οι ισόθεμες καμπύλες ανυψώνονται κάτω από την επίδραση της κυκλωνικής δίνης που παρατηρείται στον σταθμό 520.

Στο στρώμα του MAW εντοπίζονται δυο θύλακες χαμηλής αλατότητας (38,66 psu και 38,7 psu αντίστοιχα). Με τον πρώτο να παρατηρείται στον σταθμό 560 και τον δεύτερο μεταξύ των σταθμών 540 και 520. Το LIW εισέρχεται από τον σταθμό 470 και σταδιακά εξαπλώνεται μέχρι τον σταθμό 560 δημιουργώντας θύλακες υψηλής αλατότητας (Εικ.3.2.2:16, 19).

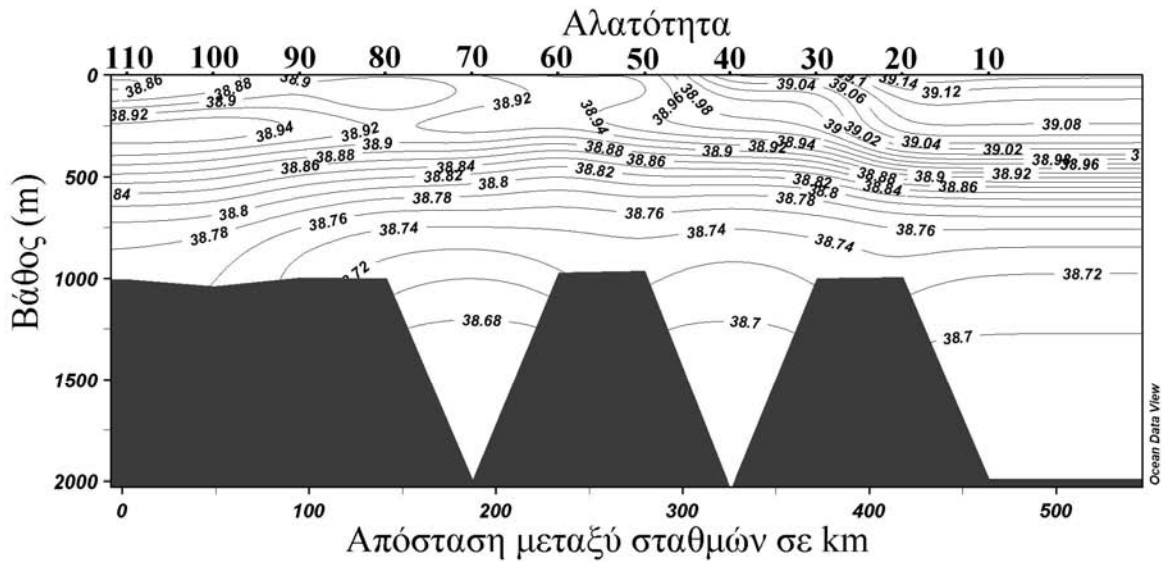
❖ Εγκάρσια τομή ΑΑ4

Στα ανώτερα 50 m της υδάτινης στήλης εντοπίζονται δύο θύλακες θερμού νερού (23°C), τον πρώτο μεταξύ του σταθμού 730 και 780 και τον δεύτερο στον σταθμό 700 (Εικ.3.2.2:21, 23, 24, 26). Οι ισόθερμες καμπύλες μεταξύ των σταθμών 750 και 770 ανυψώνονται από τα 300 m στα 100 m λόγω της κυκλωνικής δίνης που παρατηρείται στην περιοχή μελέτης.

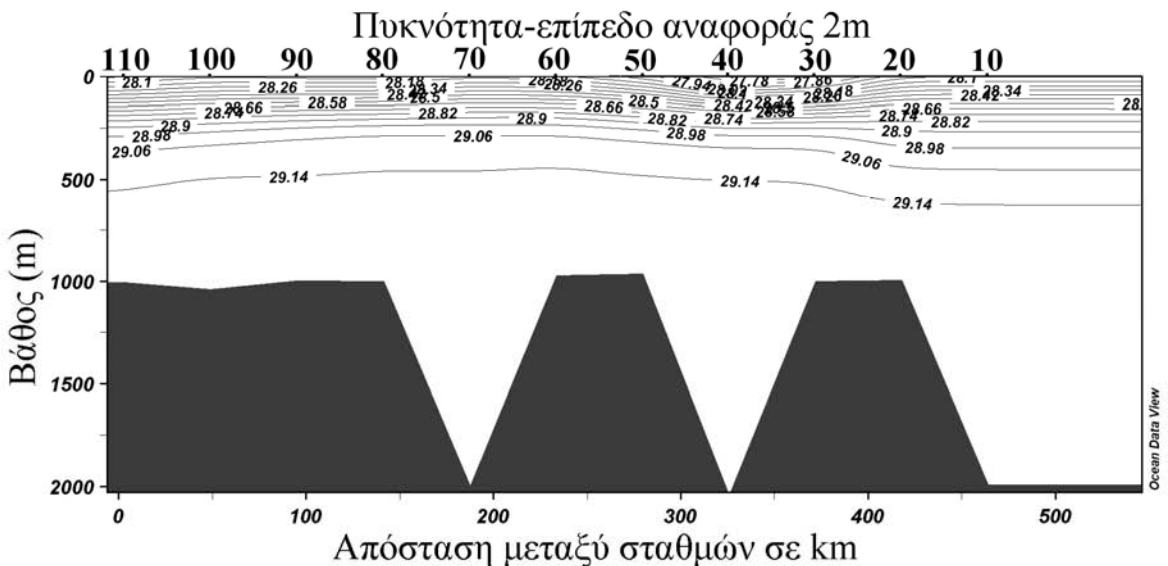
Στην τομή της αλατότητας η κατάσταση που επικρατεί είναι πολυπλοκότερη (Εικ.3.2.2.22, 25). Στα ανώτερα 50m της υδάτινης στήλης, μεταξύ των σταθμών 730 και 740, απαντώνται νερά υψηλής αλατότητας (39,34 psu). Τέσσερις θύλακες ΜΑW εντοπίζονται, ο πρώτος στον σταθμό 710 (38,72 psu), ο δεύτερος στον σταθμό 730 (38,62 psu), ο τρίτος μεταξύ των σταθμών 750 και 770 (38,82 psu) και ο τελευταίος στον σταθμό 800 (38,84 psu). Επίσης ένας θύλακας LIW (39,02 psu) δραστηριοποιείται ανάμεσα στους σταθμούς 710 και 760.



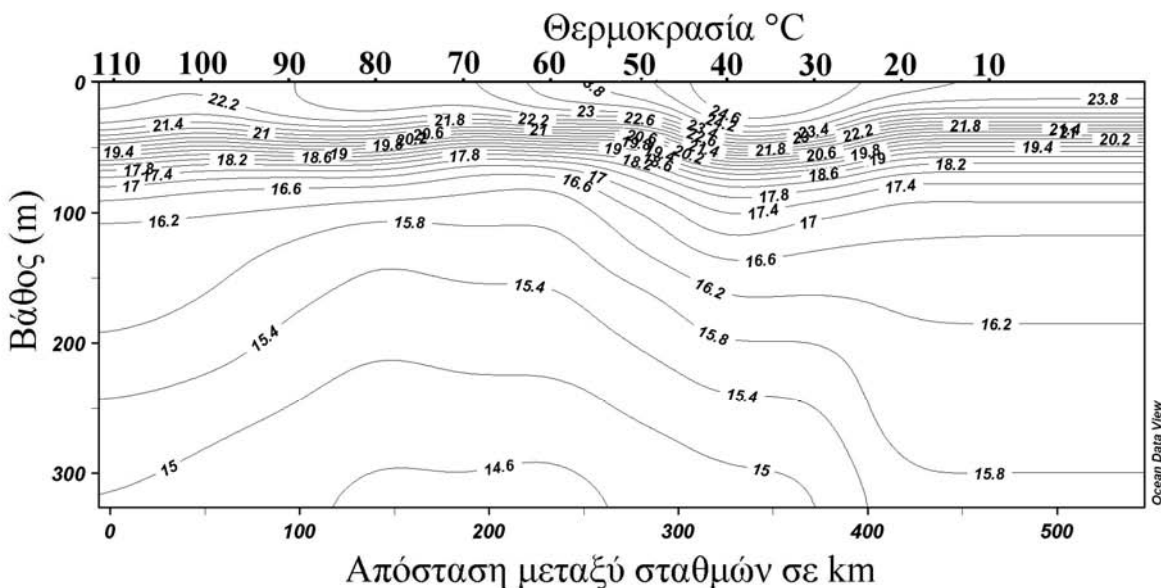
Εικόνα 3.2.2.3: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας AA1



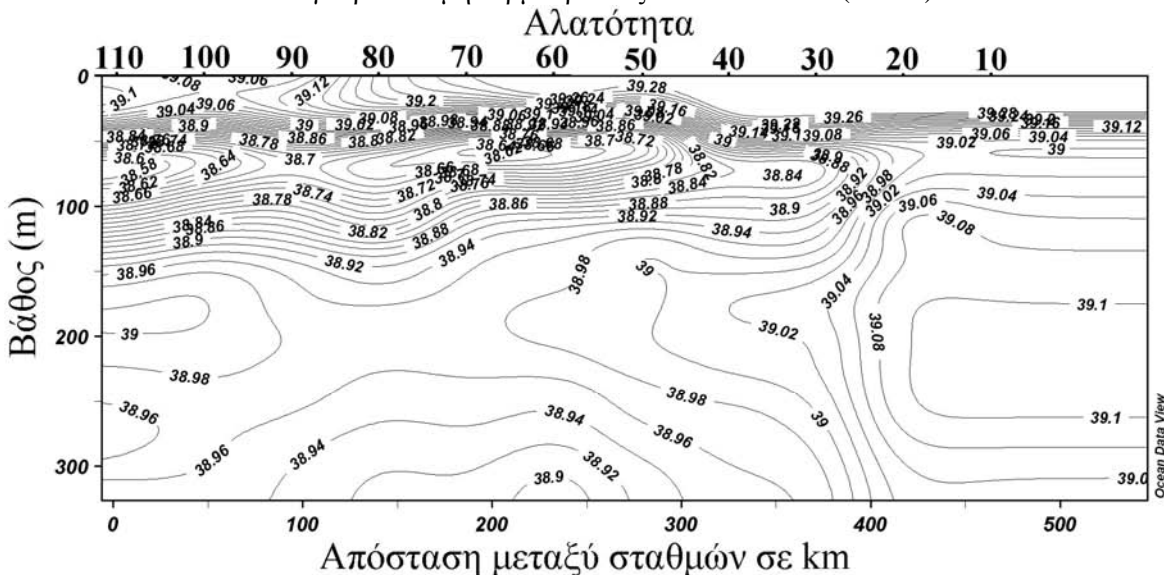
Εικόνα 3.2.2.4: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – AA1



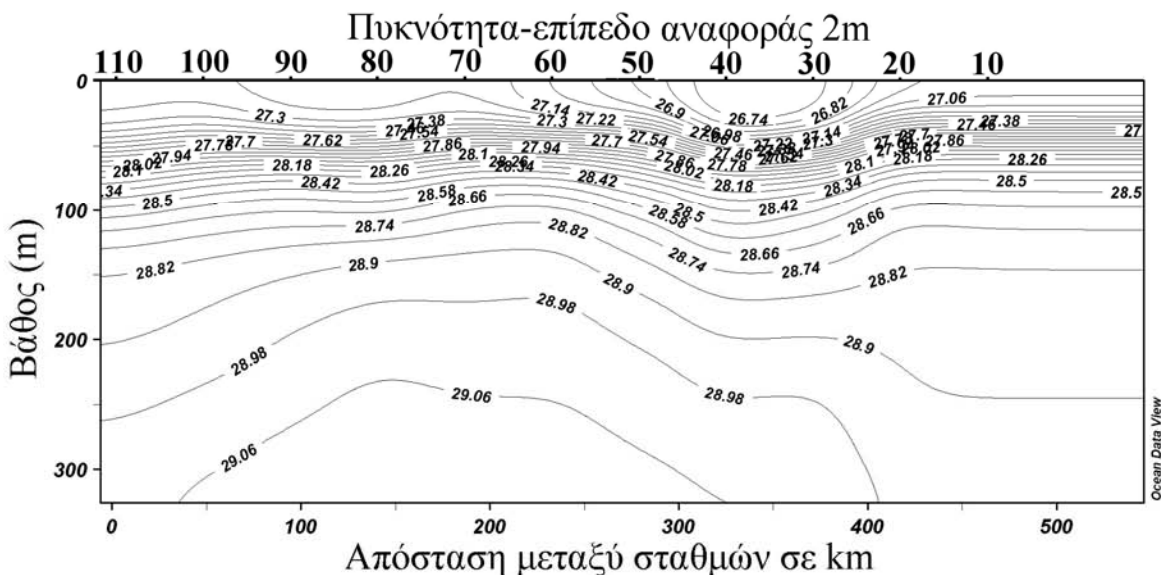
Εικόνα 3.2.2.5: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας– AA1



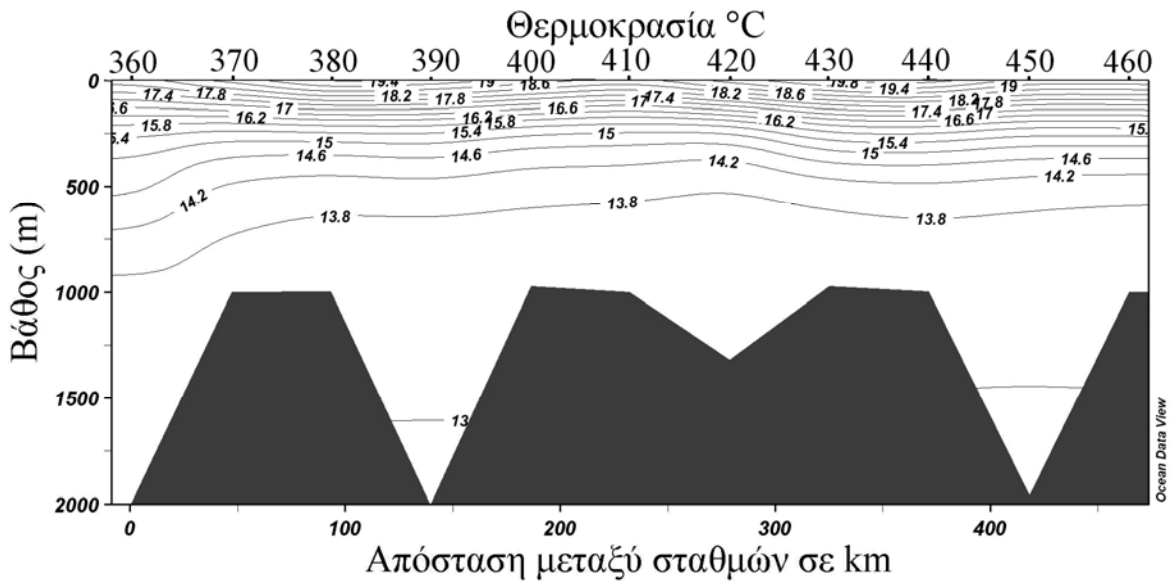
Εικόνα 3.2.2.6: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας AA1 zoom στα (300 m)



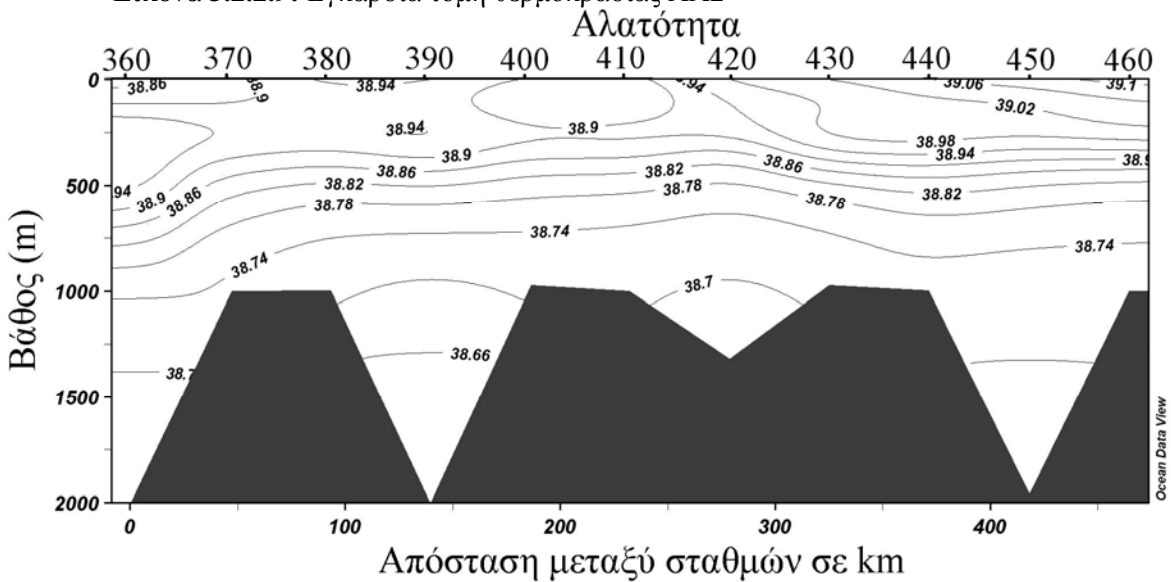
Εικόνα 3.2.2.7: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – AA1 zoom στα (300 m)



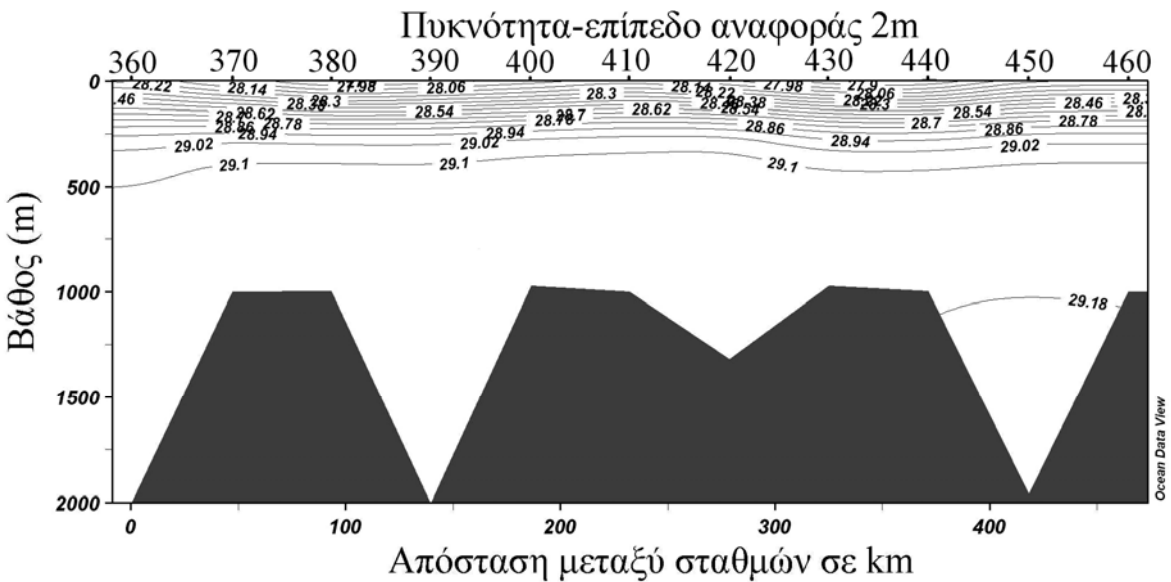
Εικόνα 3.2.2.8: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας– AA1 zoom στα (300 m)



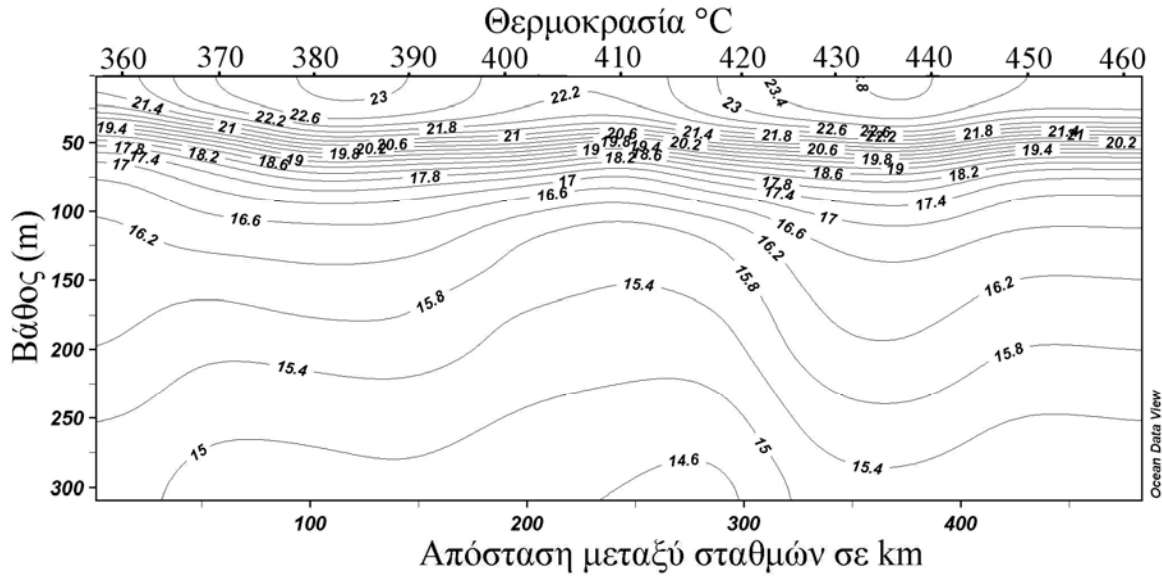
Εικόνα 3.2.2.9: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας ΑΑ2



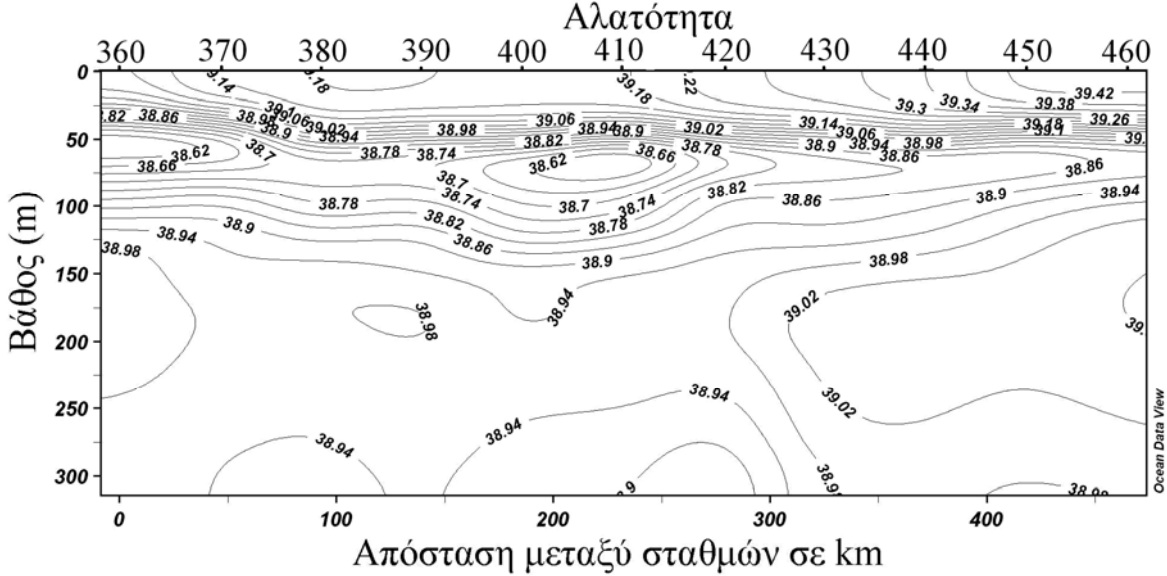
Εικόνα 3.2.2.10: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – ΑΑ2



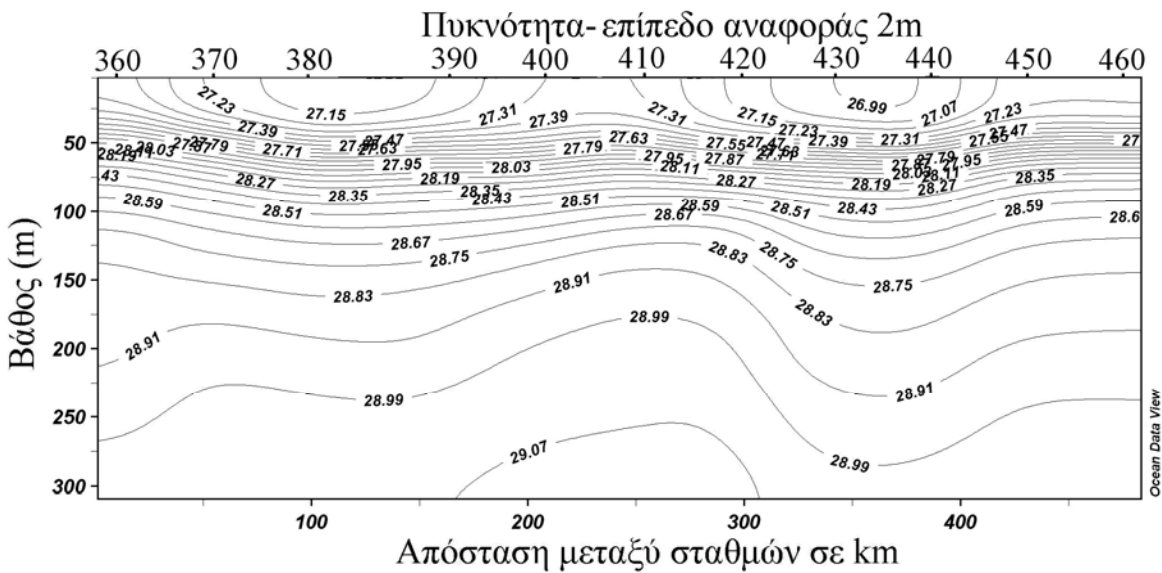
Εικόνα 3.2.2.11: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας– ΑΑ2



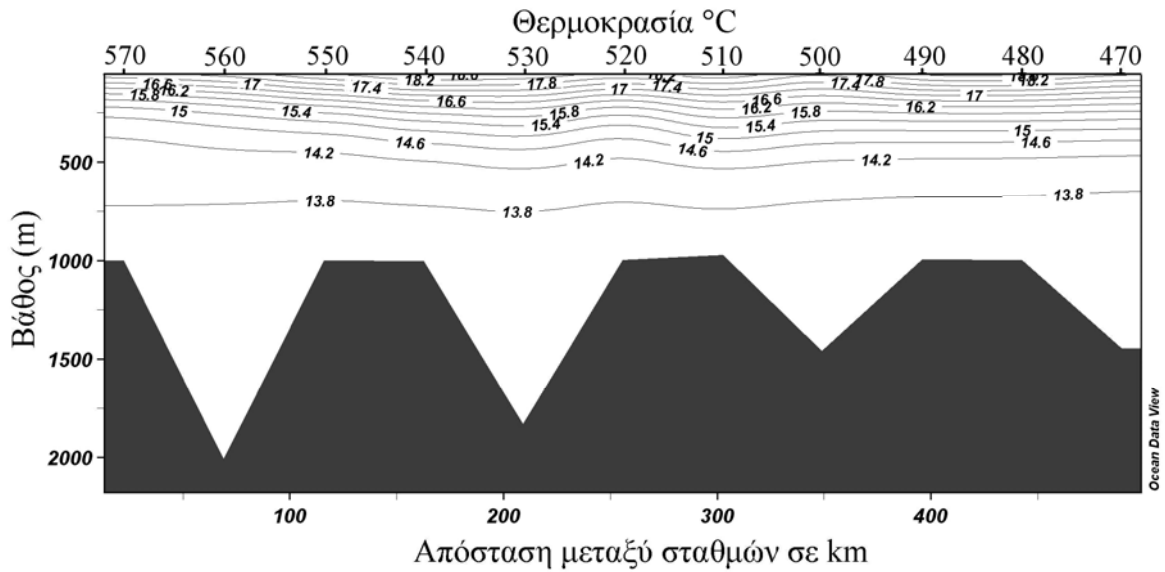
Εικόνα 3.2.2.12: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας AA2 zoom στα (300 m)



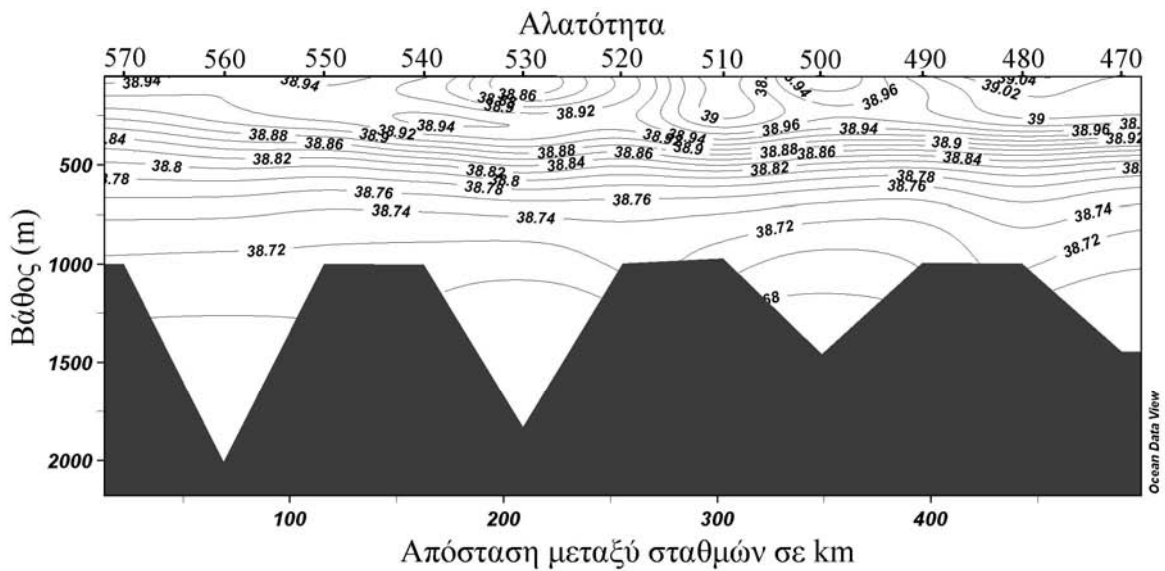
Εικόνα 3.2.2.13: Εγκάρσια τομή της αλατότητας - AA2 zoom στα (300 m)



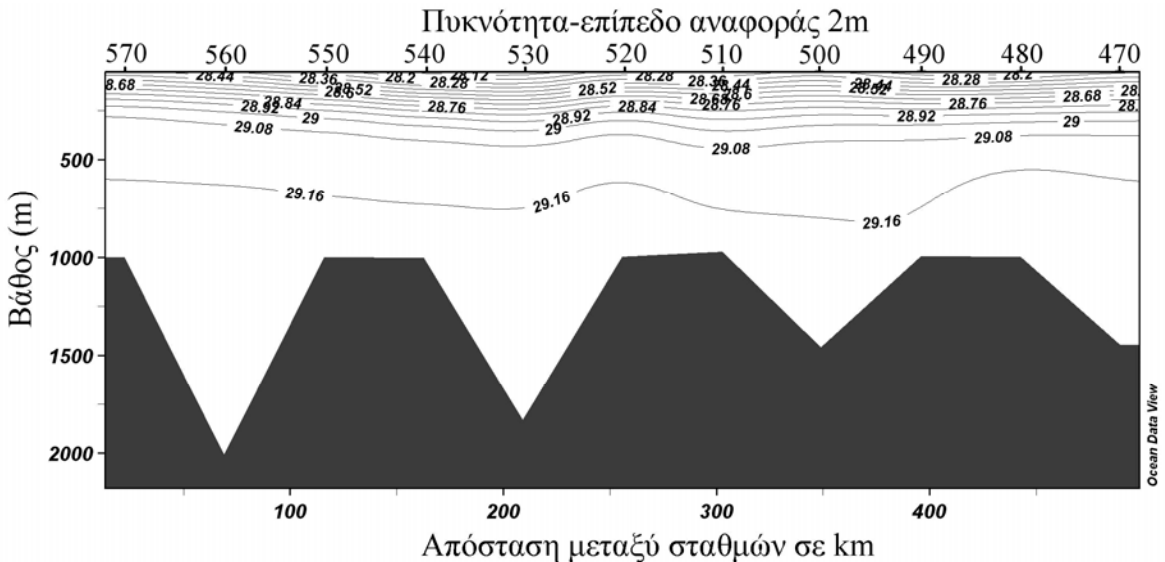
Εικόνα 3.2.2.14: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας- AA2 zoom στα (300 m)



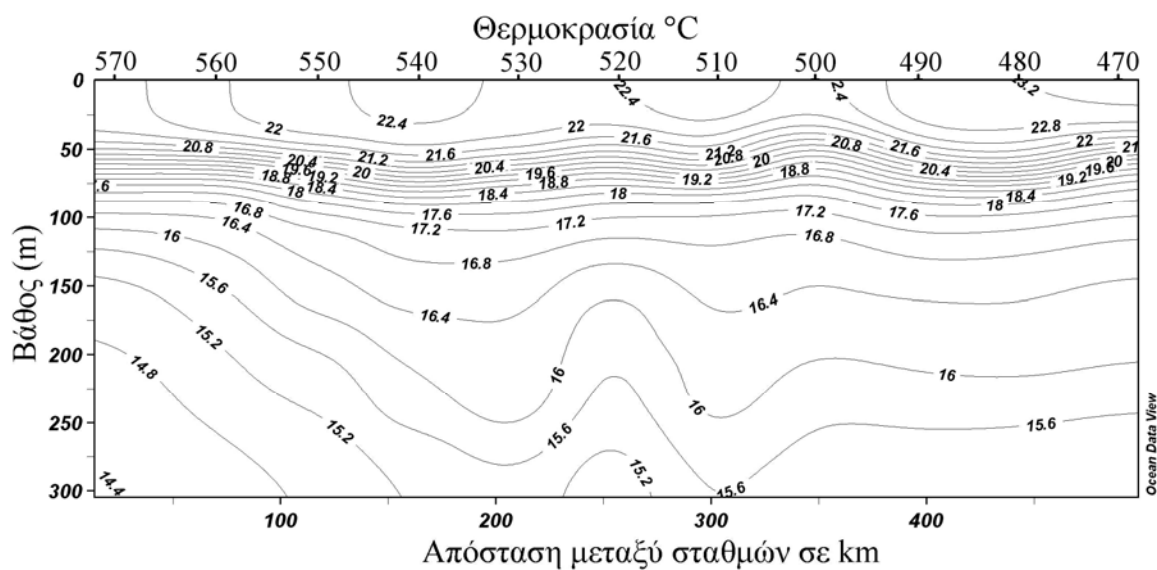
Εικόνα 3.2.2.15: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας ΑΑ3



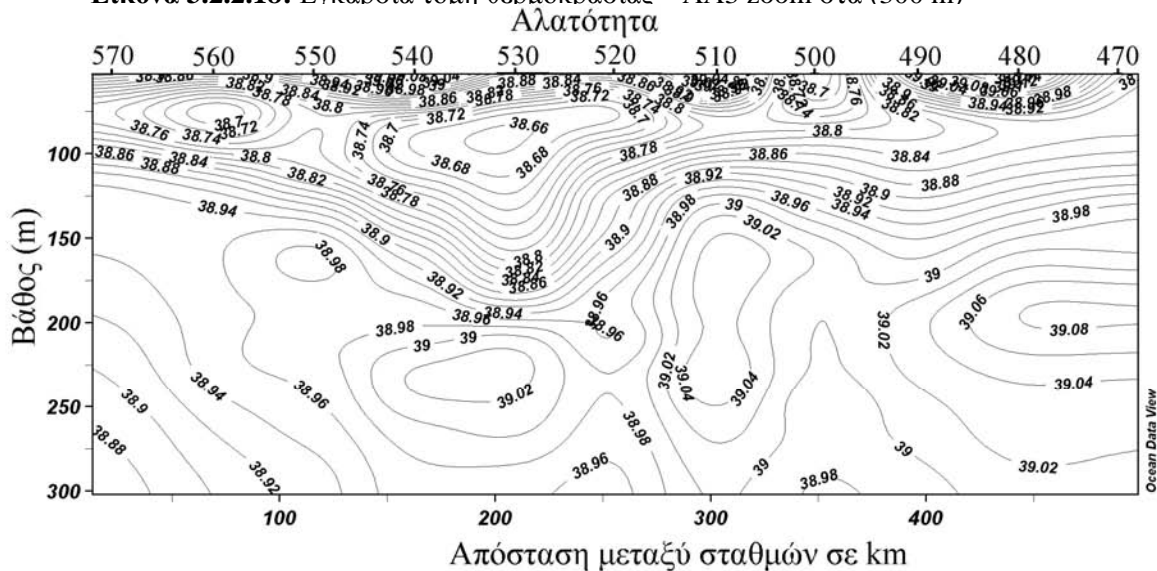
Εικόνα 3.2.2.16: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – ΑΑ3



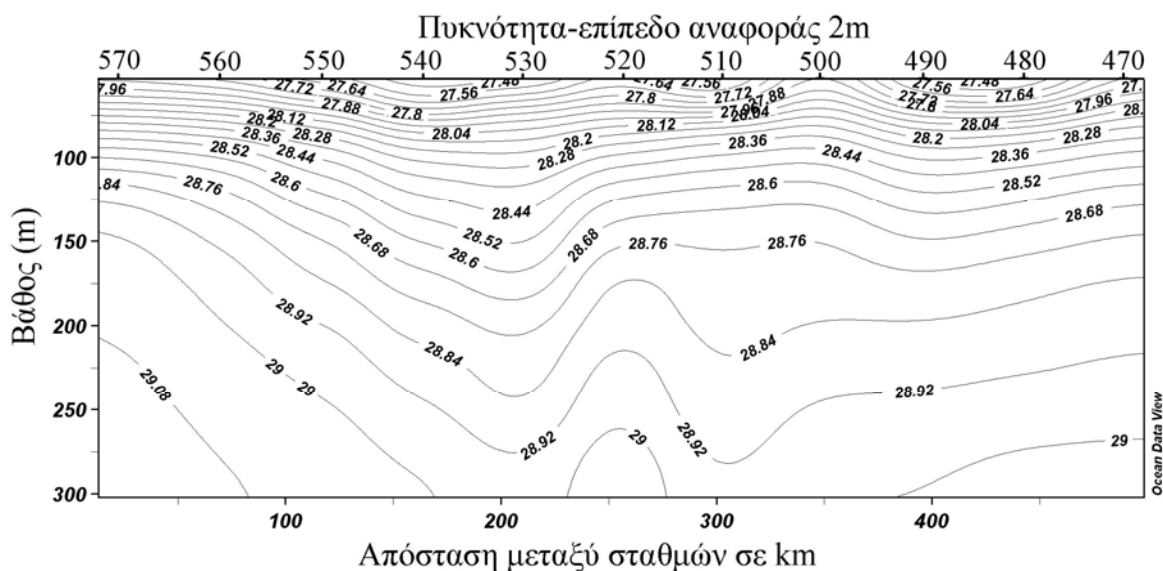
Εικόνα 3.2.2.17: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας – ΑΑ3



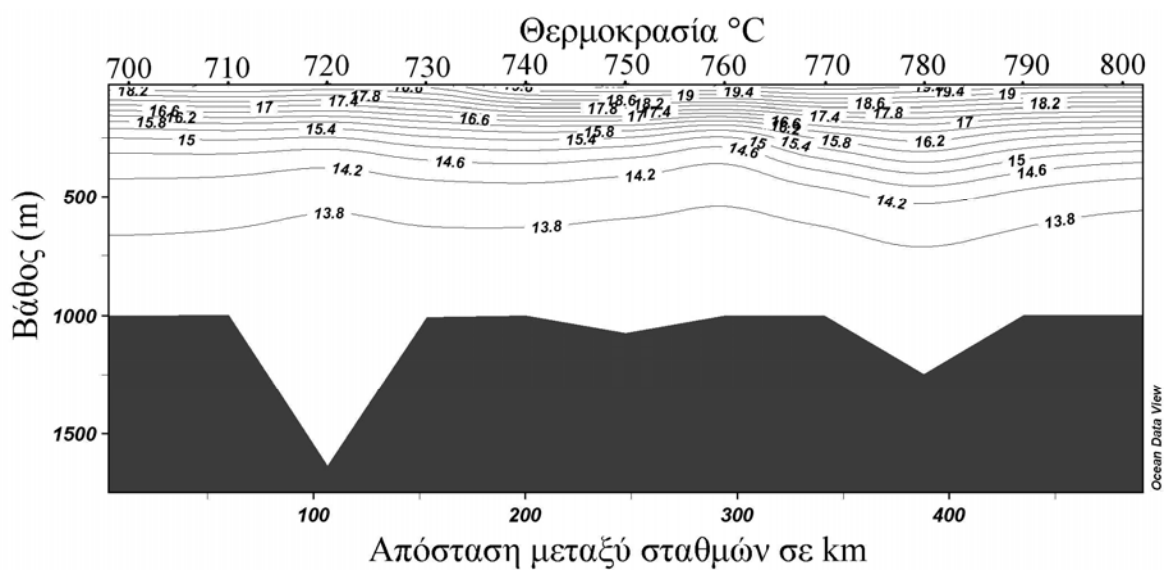
Εικόνα 3.2.2.18: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας – AA3 zoom στα (300 m)



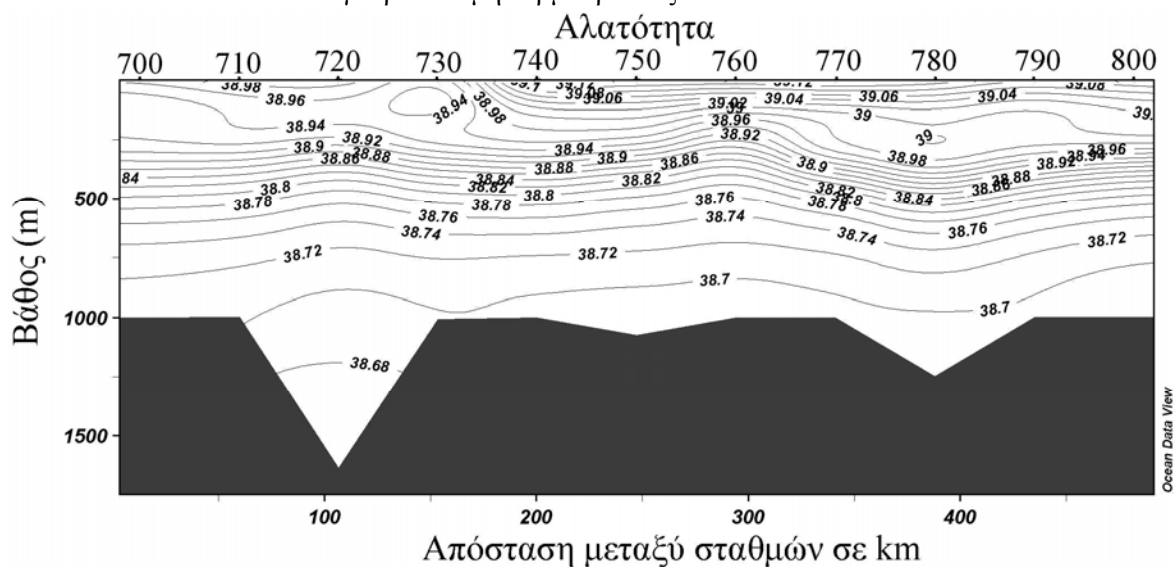
Εικόνα 3.2.2.19: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – AA3 zoom στα (300 m)



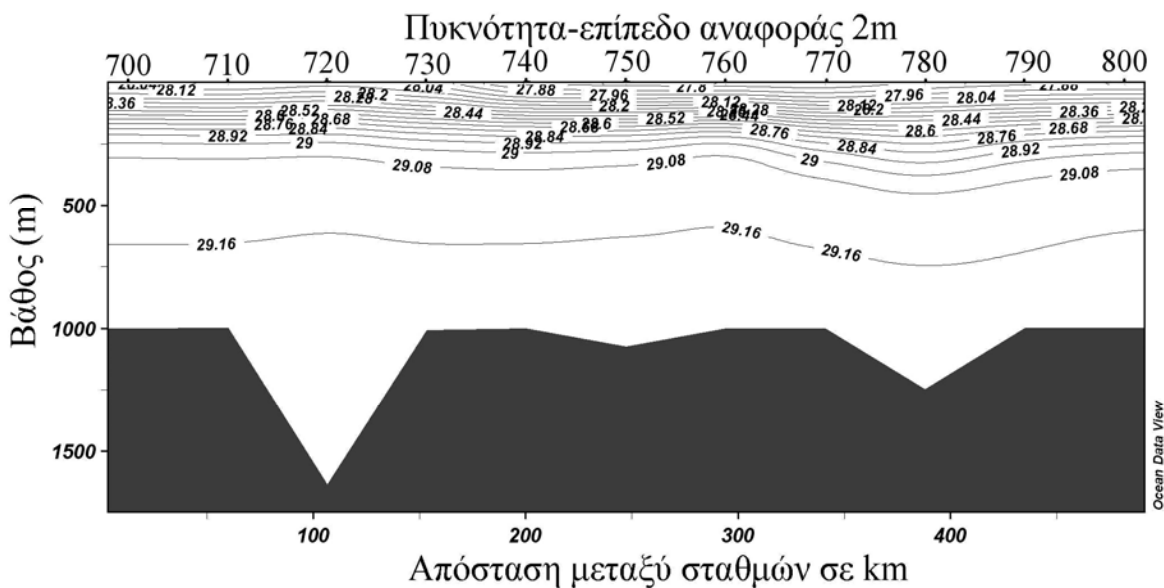
Εικόνα 3.2.2.20: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας – AA3 zoom στα (300 m)



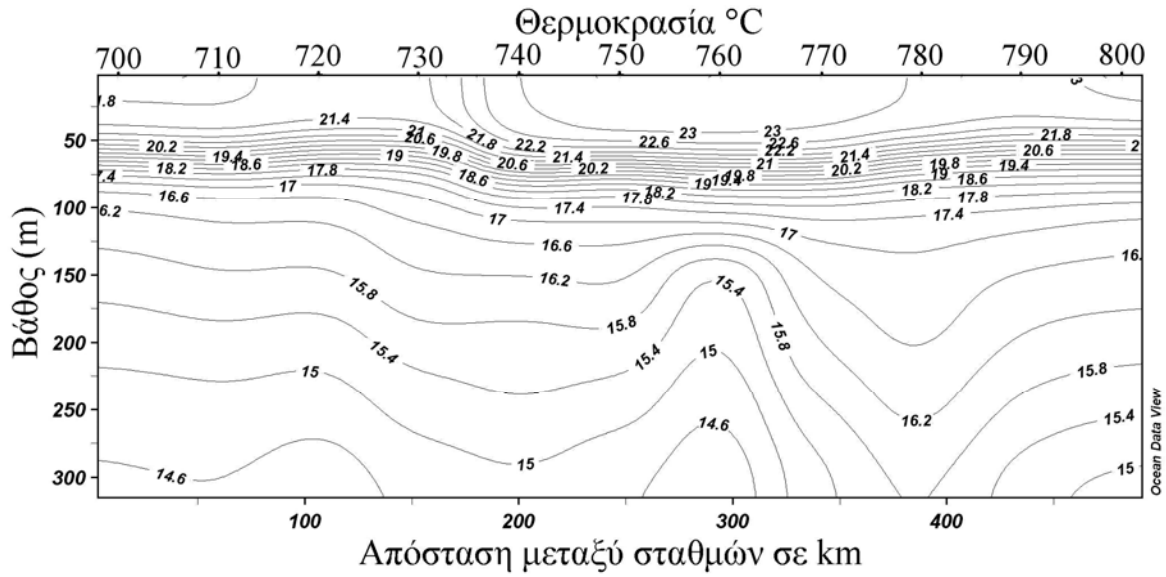
Εικόνα 3.2.2.21: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας ΑΑ4



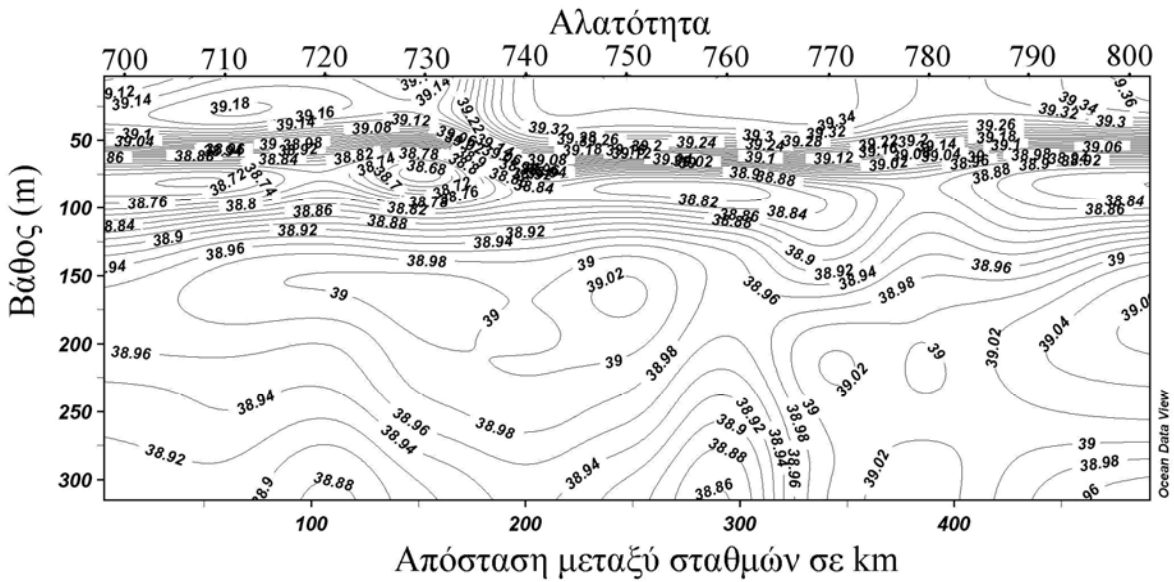
Εικόνα 3.2.2.22: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – ΑΑ4



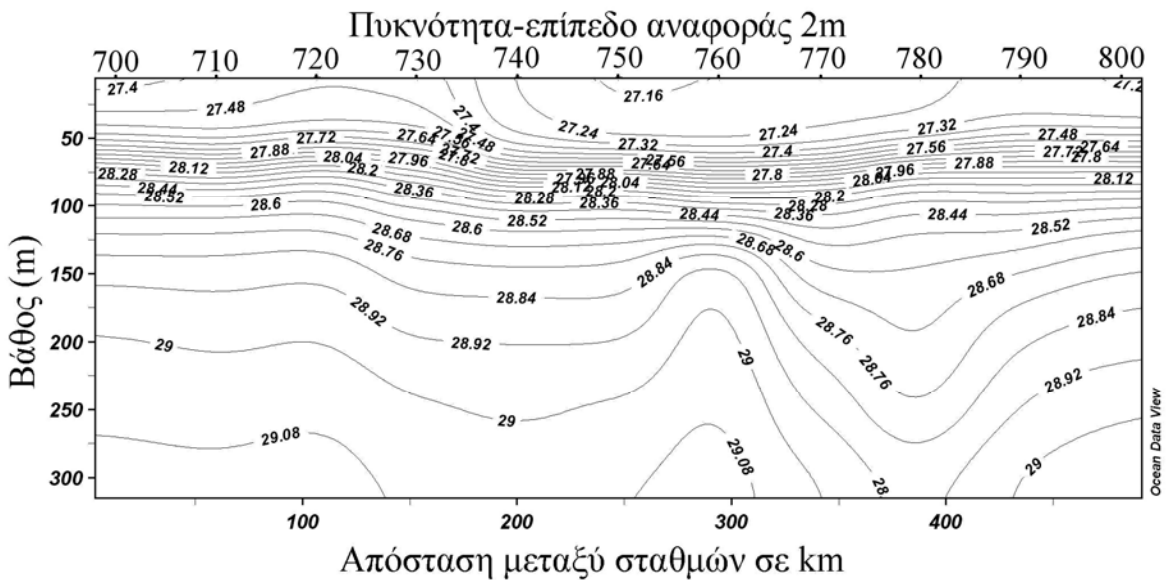
Εικόνα 3.2.2.23: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας – ΑΑ4



Εικόνα 3.2.2.24: Εγκάρσια τομή θερμοκρασίας – AA4 zoom στα (300 m)



Εικόνα 3.2.2.25: Εγκάρσια τομή της αλατότητας – AA4 zoom στα (300 m)



Εικόνα 3.2.2.26: Εγκάρσια τομή της πυκνότητας – AA4 zoom στα (300 m)

3.3.Ισοπυκνική ανάλυση

Μια επιφάνεια δυναμικής πυκνότητας είναι και επιφάνεια διασποράς των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών που ορίζουν την εκάστοτε υδάτινη μάζα. Συνδυάζοντας την τοπογραφία των ισόπυκνων επιφανειών στο πλαίσιο της γεωστροφίας μπορούν να εντοπιστούν τα δυναμικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης. Δώδεκα ισόπυκνες επιφάνειες έχουν επιλεγεί για την περιοχή μελέτης (27 kg/m^3 , $27,2 \text{ kg/m}^3$, $27,4 \text{ kg/m}^3$, $27,6 \text{ kg/m}^3$, $27,8 \text{ kg/m}^3$, 28 kg/m^3 , $28,2 \text{ kg/m}^3$, $28,4 \text{ kg/m}^3$, $28,6 \text{ kg/m}^3$, $28,8 \text{ kg/m}^3$, 29 kg/m^3 και $29,1 \text{ kg/m}^3$).

Τοπογραφίες των ισόπυκνων επιφανειών και οι αντίστοιχες κατανομές των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών τους.

Αρχικά θα εξεταστούν οι ισόπυκνες με τη μεγαλύτερη πυκνότητα που παρατηρούνται στην περιοχή για να δούμε την πλήρη ανάπτυξη των δυναμικών χαρακτηριστικών. Επίσης όπου έχουμε την παρουσία αντικυκλώνα οι ισόπυκνες καμπύλες βυθίζονται σε μεγαλύτερα βάθη και αντίστροφα όπου δραστηριοποιείται κυκλώνας οι ισόπυκνες καμπύλες ανέρχονται σε μικρότερα βάθη. Στον πίνακα 3.3.1 συνοψίζεται το εύρος των υπ' εξέταση παραμέτρων στην περιοχή μελέτης.

Πίνακας 3.3.1: Εύρος τιμών των υπό εξέταση παραμέτρων

Ισόπυκνη επιφάνεια	Βάθος (m)	Θερμοκρασία (°C)	Αλατότητα (psu)
$\sigma_{\theta}=29,1$	190-270 (Εικ.3.3.1)	14,9-15 (Εικ.3.3.2)	39-39,05 (Εικ.3.3.2)
$\sigma_{\theta}=29$	120-220 (Εικ.3.3.4)	15,4-15,6 (Εικ.3.3.5)	39,05-39,1 (Εικ.3.3.6)
$\sigma_{\theta}=28,8$	80-150 (Εικ.3.3.7)	16-16,3 (Εικ.3.3.8)	38,95-39,05 (Εικ.3.3.9)

$\sigma\theta=28,6$	60-100 (Εικ.3.3.10)	16,4-17 (Εικ.3.3.11)	38,85-39 (Εικ.3.3.12)
$\sigma\theta=28,4$	45-70 (Εικ.3.3.13)	17,1-17,7 (Εικ.3.3.14)	38,8-38,95 (Εικ.3.3.15)
$\sigma\theta=28,2$	35-55 (Εικ.3.3.16)	17,9-18,7 (Εικ.3.3.17)	38,8-39,05 (Εικ.3.3.18)
$\sigma\theta=28$	25-50 (Εικ.3.3.19)	18,8-19,7 (Εικ.3.3.20)	38,8-39,15 (Εικ.3.3.21)
$\sigma\theta=27,8$	20-45 (Εικ.3.3.22)	19,6-20,6 (Εικ.3.3.23)	38,85-39,2 (Εικ.3.3.24)
$\sigma\theta=27,6$	20-40 (Εικ.3.3.25)	20,6-21,5 (Εικ.3.3.26)	38,95-39,25 (Εικ.3.3.27)
$\sigma\theta=27,4$	15-35 (Εικ.3.3.28)	21,5-22,5 (Εικ.3.3.29)	39,05-39,35 (Εικ.3.3.30)
$\sigma\theta=27,2$	15-35 (Εικ.3.3.31)	22,5-23,4 (Εικ.3.3.32)	39,15-39,45 (Εικ.3.3.33)
$\sigma\theta=27$	5-30 (Εικ.3.34)	23,5-23,8 (Εικ.3.3.35)	39,2-39,4 (Εικ.3.3.36)

❖ Στην $29,1 \text{ kg/m}^3$ και 29 kg/m^3 .

Στην ισόπυκνη επιφάνεια των $29,1 \text{ kg/m}^3$ παρατηρούνται τα εξής δυναμικά χαρακτηριστικά: Τρεις αντικυκλωνικές δίνες εντοπίζονται στις θέσεις 1, 3 και 5. Επίσης παρατηρούνται δύο κυκλωνικές δίνες στις θέσεις 2 και 4. Η ισόπυκνη των 29 kg/m^3 είναι παρόμοια με εκείνης των $29,1 \text{ kg/m}^3$, με μόνη διαφορά ότι η αντικυκλωνική δίνη στη θέση 3 δεν υφίσταται πλέον. Η κατανομή της αλατότητας και της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη των $29,1 \text{ kg/m}^3$ και των 29 kg/m^3 δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες μεταβολές σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης. Ωστόσο η ισόπυκνη επιφάνεια των $29,1 \text{ kg/m}^3$ αντανάκλα της εξάπλωση του LIW από τα ανατολικά της περιοχής μελέτης προς τα δυτικά.

❖ Στην $28,8 \text{ kg/m}^3$

Τα δυναμικά χαρακτηριστικά που διατηρούνται αναλλοίωτα στην περιοχή μελέτης είναι η αντικυκλωνική δίνη στη θέση 5 και οι κυκλωνικές δίνες στη θέση 2 και 4. Η αλατότητα και η θερμοκρασία δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες μεταβολές.

❖ Στην $28,6 \text{ kg/m}^3$

Στην ισόπυκνη επιφάνεια των $28,6 \text{ kg/m}^3$ τα δυναμικά χαρακτηριστικά που διατηρούνται είναι εκείνα στις θέσεις 2 και 5. Ωστόσο, έχουμε την εμφάνιση ενός νέου κύκλωνα τοπικού χαρακτήρα στη θέση 6. Στα νότιο-νοτιοδυτικά της περιοχή μελέτης επικρατούν χαμηλές τιμές αλατότητας και θερμοκρασίας. Αντίστοιχα οι υψηλές τιμές παρατηρούνται στα βορειοδυτικά.

❖ Στην $28,4 \text{ kg/m}^3$.

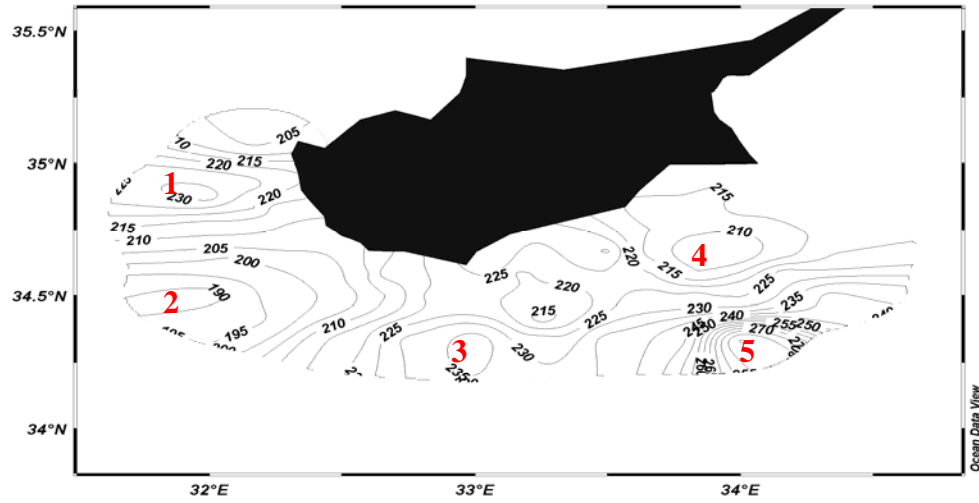
Στην ισόπυκνη επιφάνεια των $28,4 \text{ kg/m}^3$ παρατηρείται εξασθένηση της αντικυκλωνικής δίνης στη θέση 5 ενώ η κυκλωνική δίνη στη θέση 6 δεν υφίσταται καμία μεταβολή. Στην περιοχή παρατηρούνται αρκετές περιοχές σχετικά υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής αλατότητας. Ειδικότερα στα νοτιοδυτικά της περιοχής η τιμή της αλατότητα δεν ξεπερνά τα $38,88 \text{ psu}$. Συνδυάζοντας τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά πάνω στην ισόπυκνη επιφάνεια των $28,4 \text{ kg/m}^3$ παρατηρούμε την εξάπλωση του MAW από τα νοτιοδυτικά της περιοχή μελέτης στα ανατολικά.

❖ Από την $28,2 \text{ kg/m}^3$ έως την $27,2 \text{ kg/m}^3$.

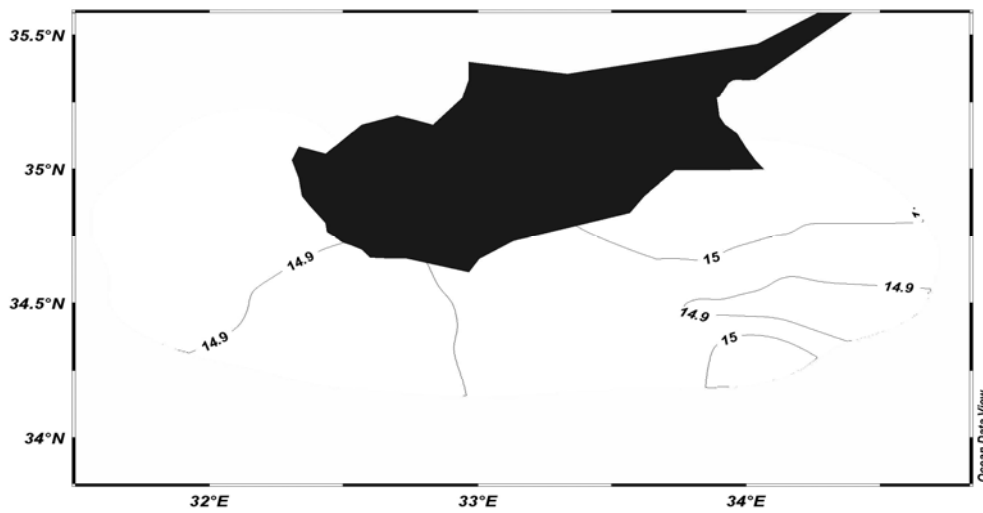
Το μόνο δυναμικό χαρακτηριστικό που εξακολουθεί να εντοπίζεται στην περιοχή είναι η κυκλωνική δίνη στη θέση 6. Η αλατότητα και η θερμοκρασία της περιοχής μελέτης κυμαίνονται μεταξύ των $17,9 \text{ }^\circ\text{C}$ με $23,4 \text{ }^\circ\text{C}$ και από $38,8 \text{ psu}$ με $39,45 \text{ psu}$ αντίστοιχα.

❖ Στην 27 kg/m^3 .

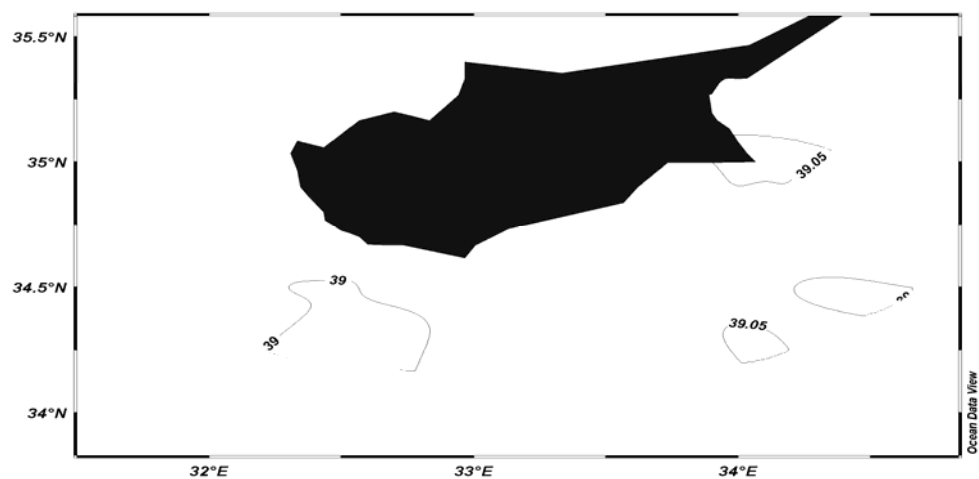
Δεν παρατηρούνται δυναμικά χαρακτηριστικά άξια μνείας στην περιοχή μελέτης. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι οι μέγιστες τιμές της αλατότητας και της θερμοκρασίας εντοπίζονται στα νοτιοανατολικά.



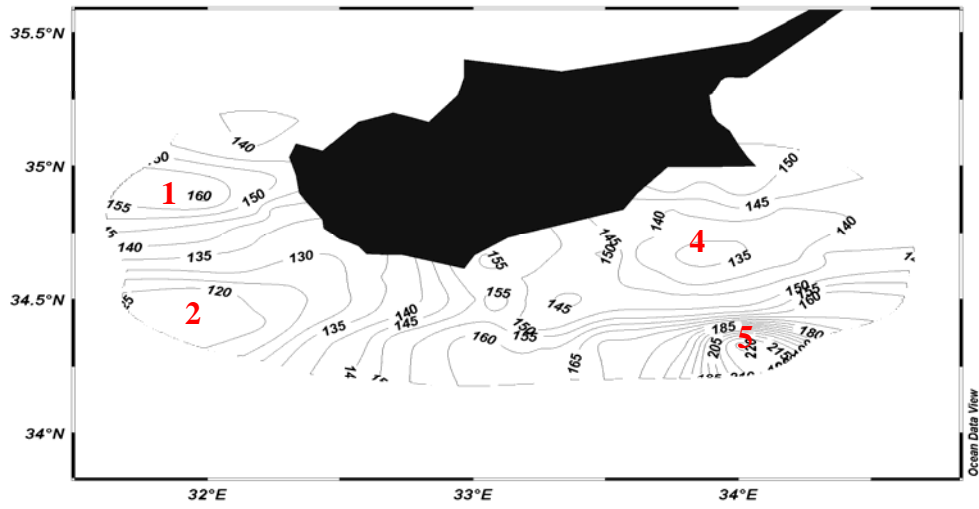
Εικόνα 3.3.1: Τοπογραφία της ισόπυκνης επιφάνειας των $29,1 \text{ kg/m}^3$



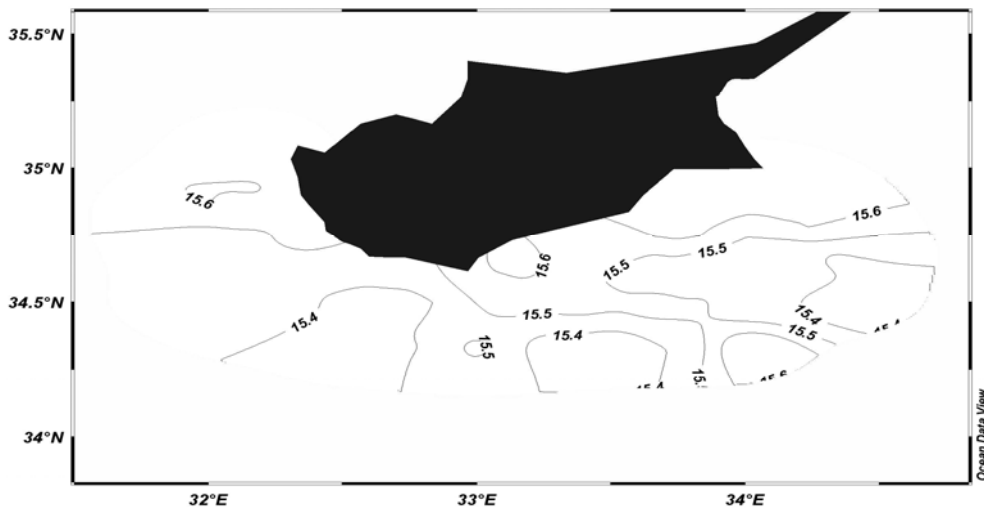
Εικόνα 3.3.2: Κατανομή της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $29,1 \text{ kg/m}^3$



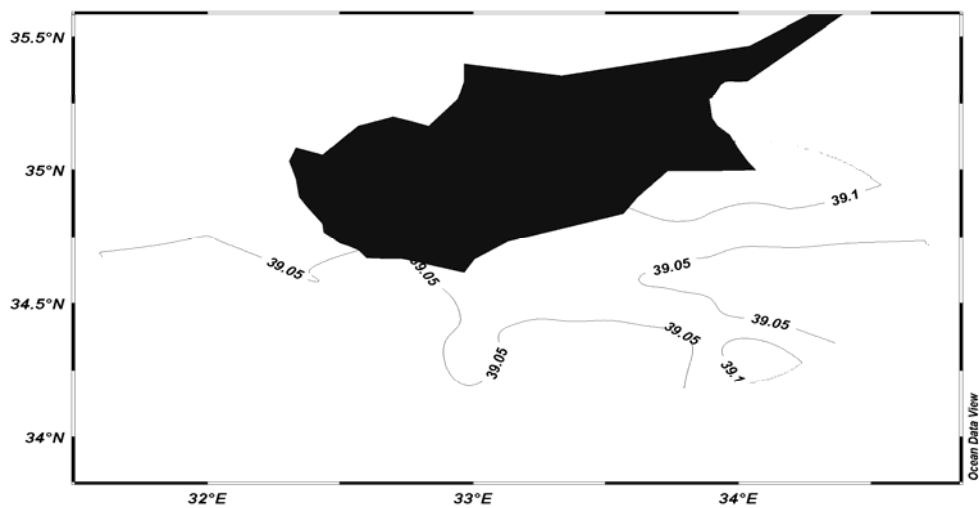
Εικόνα 3.3.3: Κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $29,1 \text{ kg/m}^3$



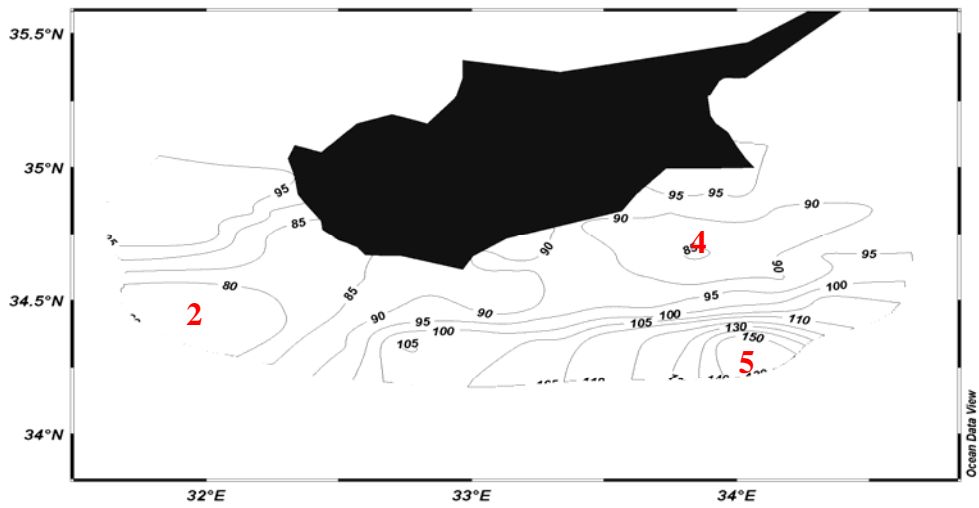
Εικόνα 3.3.4: Τοπογραφία της ισόπυκνης επιφάνειας των 29 kg/m^3



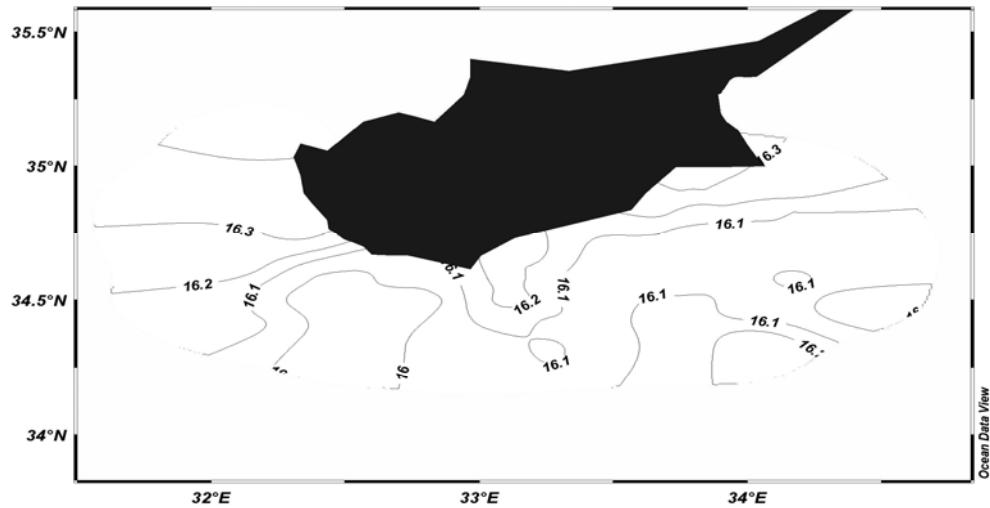
Εικόνα 3.3.5: Κατανομή της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη επιφάνεια των 29 kg/m^3



Εικόνα 3.3.6: Κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των 29 kg/m^3



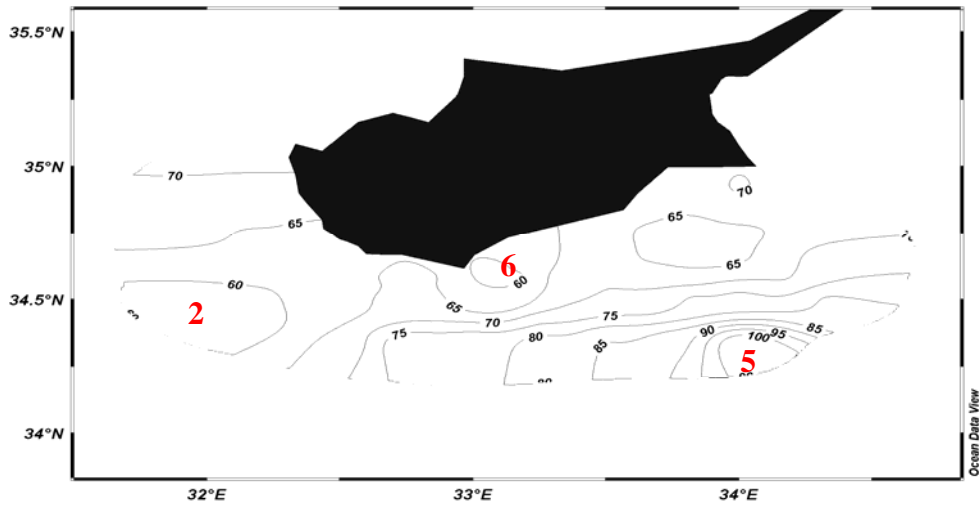
Εικόνα 3.3.7: Τοπογραφία της ισόπυκνης επιφάνειας των $28,8 \text{ kg/m}^3$



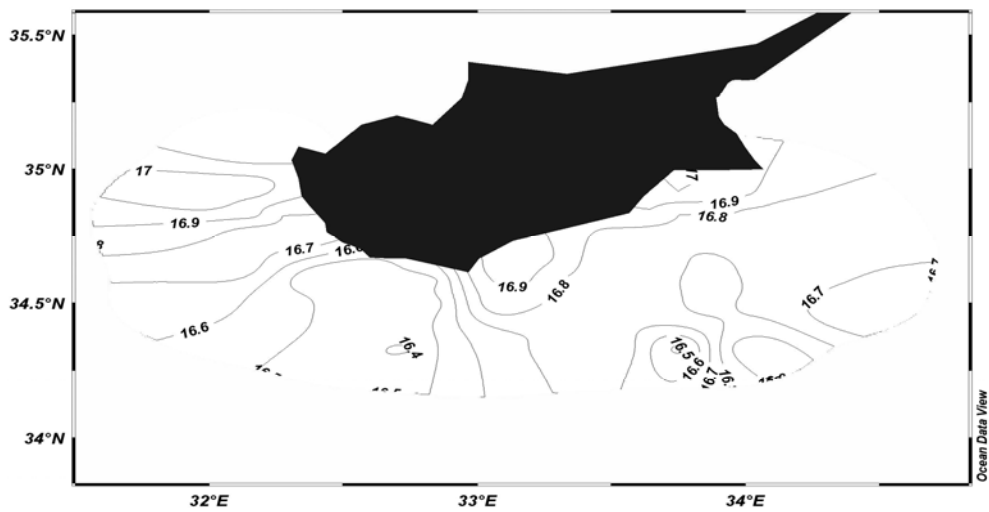
Εικόνα 3.3.8: Κατανομή της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $28,8 \text{ kg/m}^3$



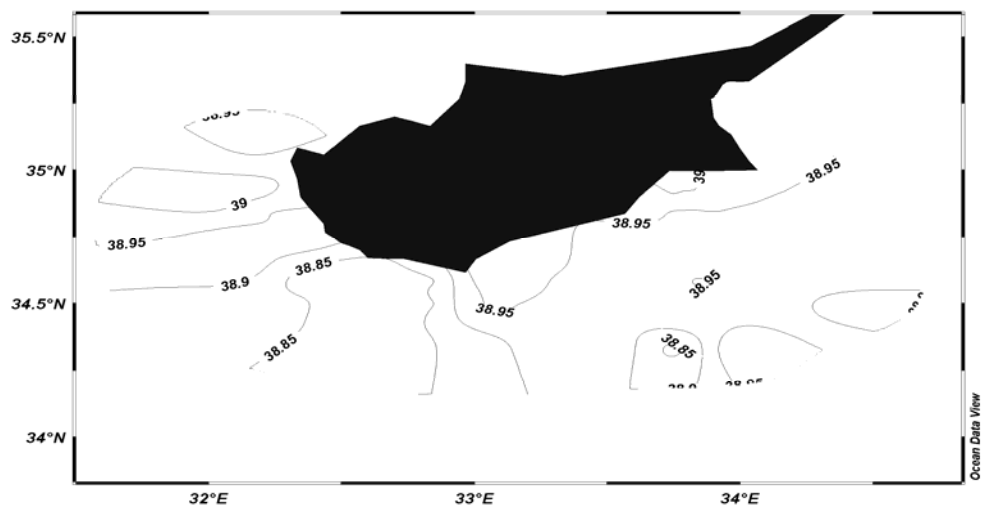
Εικόνα 3.3.9: Κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $28,8 \text{ kg/m}^3$



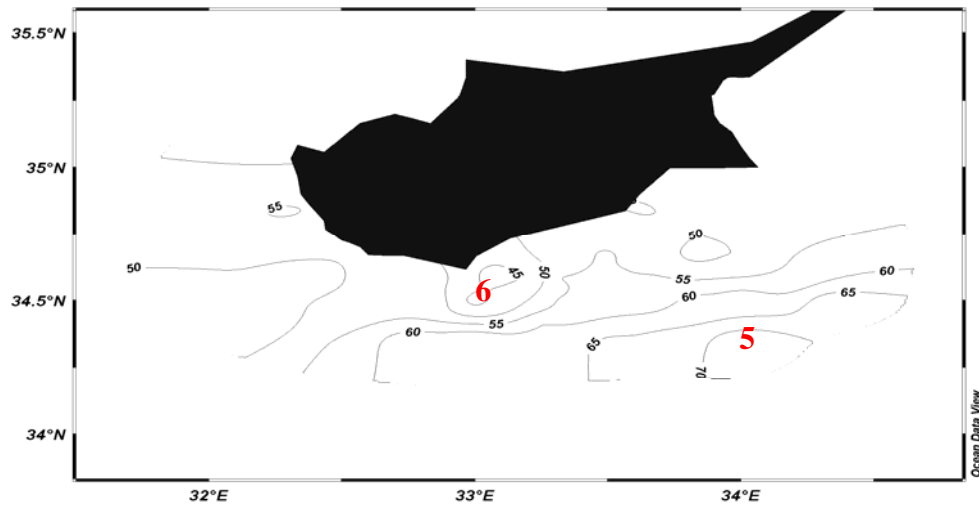
Εικόνα 3.3.10: Τοπογραφία της ισόπυκνης επιφάνειας των $28,6 \text{ kg/m}^3$



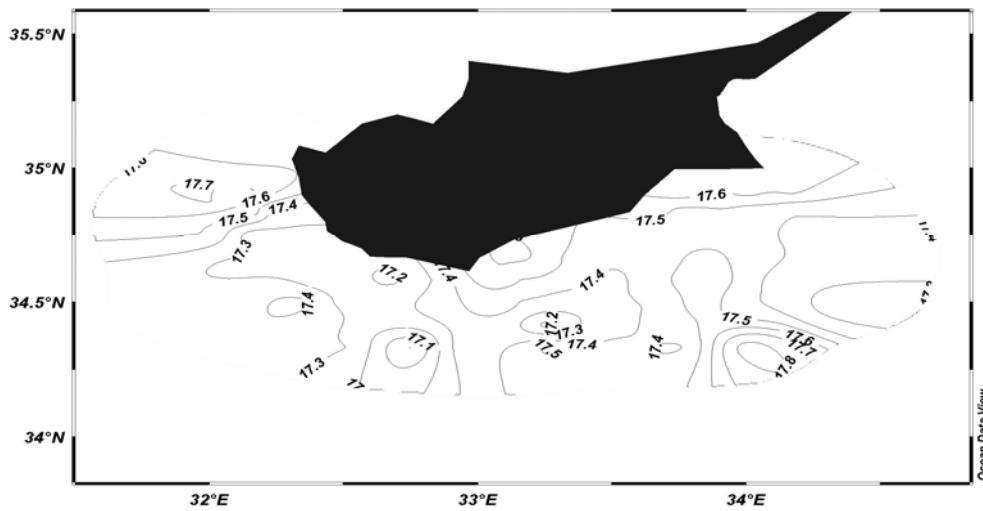
Εικόνα 3.3.11: Κατανομή της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $28,6 \text{ kg/m}^3$



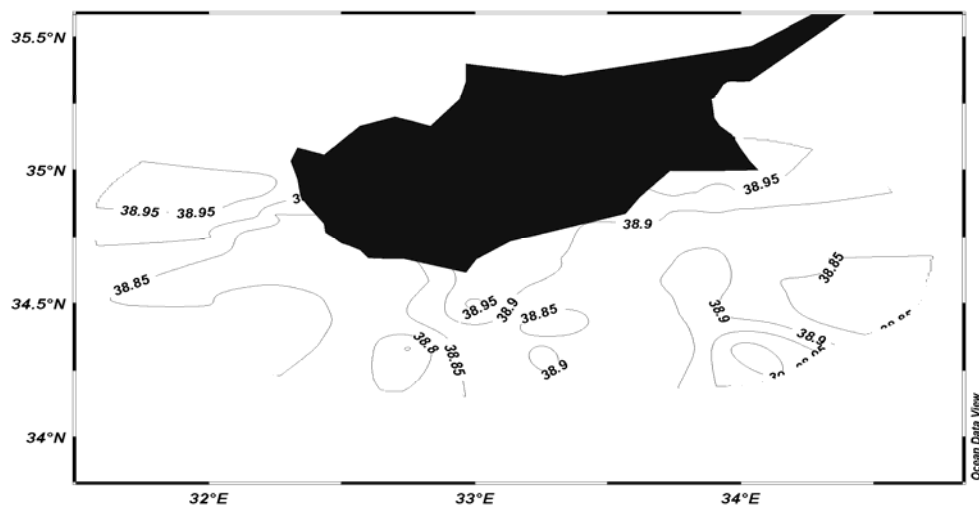
Εικόνα 3.3.12: Κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $28,6 \text{ kg/m}^3$



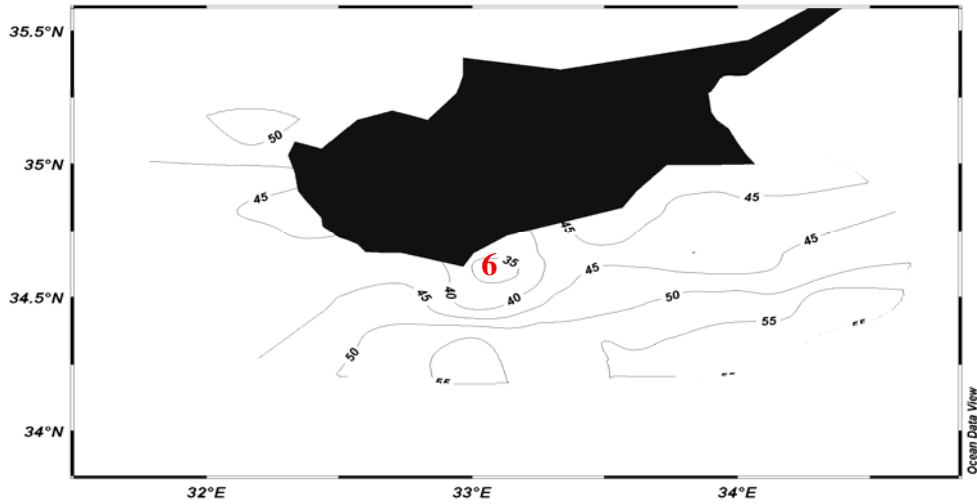
Εικόνα 3.3.13: Τοπογραφία της ισόπυκνης επιφάνειας των $28,4 \text{ kg/m}^3$



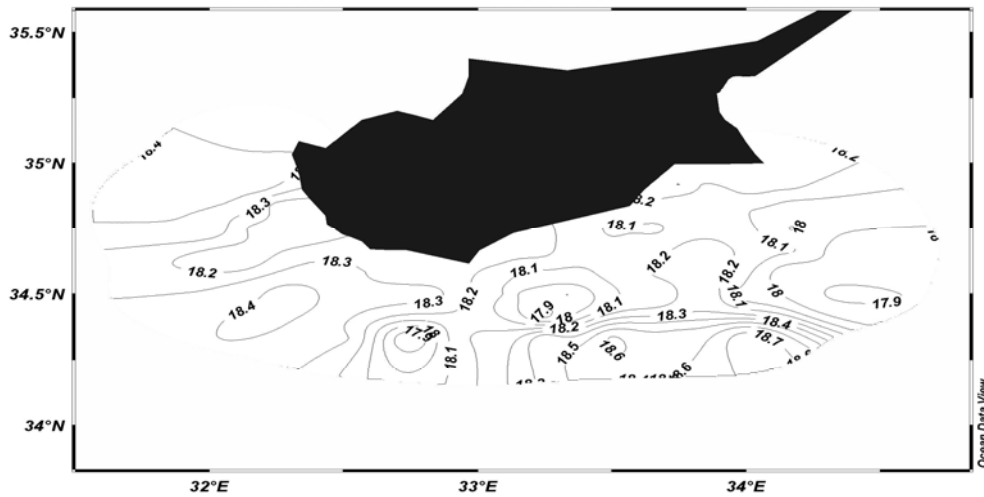
Εικόνα 3.3.14: Κατανομή της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $28,4 \text{ kg/m}^3$



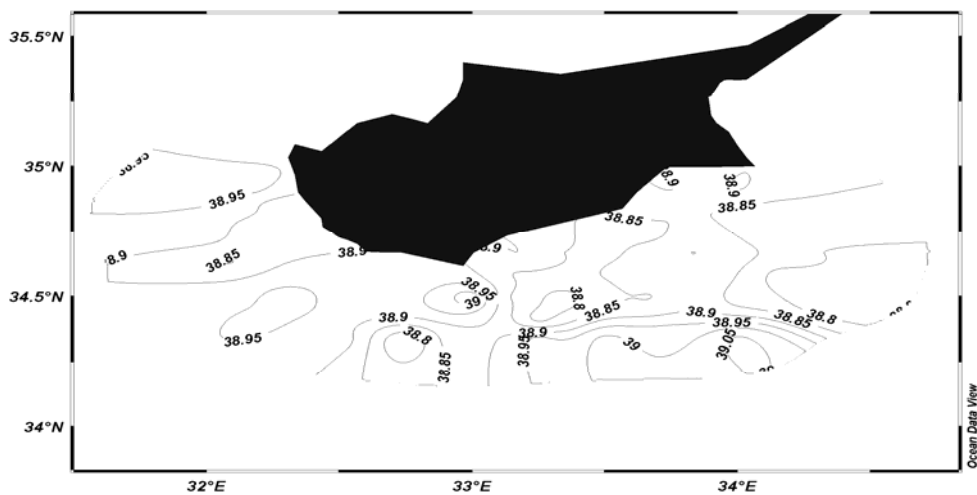
Εικόνα 3.3.15: Κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $28,4 \text{ kg/m}^3$



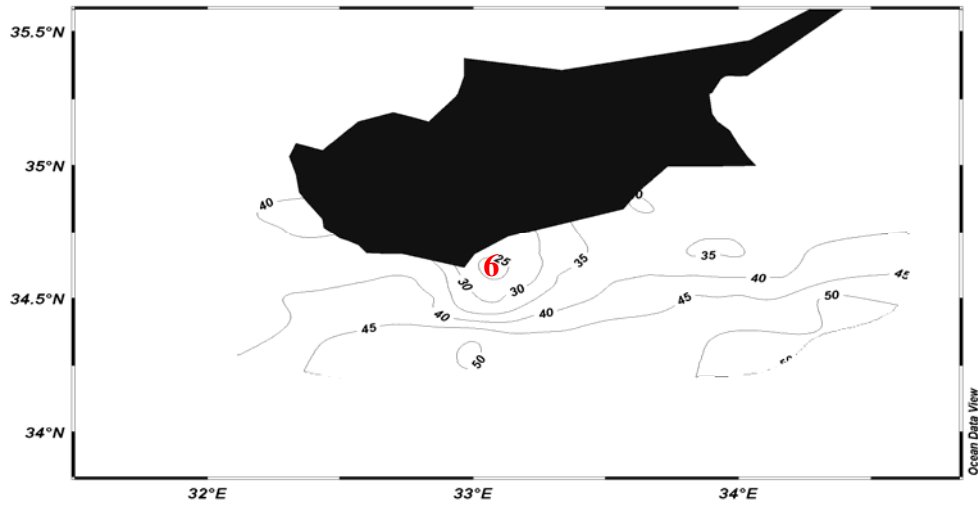
Εικόνα 3.3.16: Τοπογραφία της ισόπυκνης επιφάνειας των $28,2 \text{ kg/m}^3$



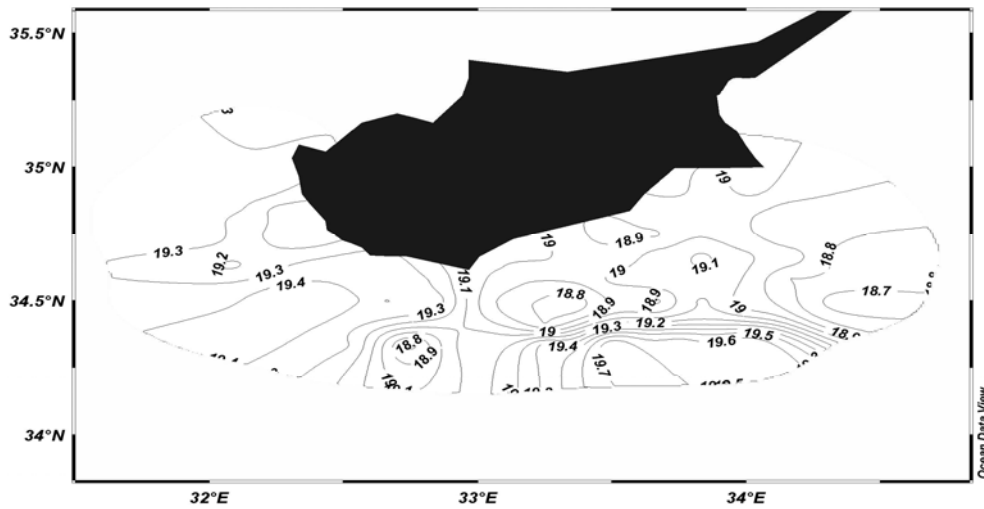
Εικόνα 3.3.17: Κατανομή της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $28,2 \text{ kg/m}^3$



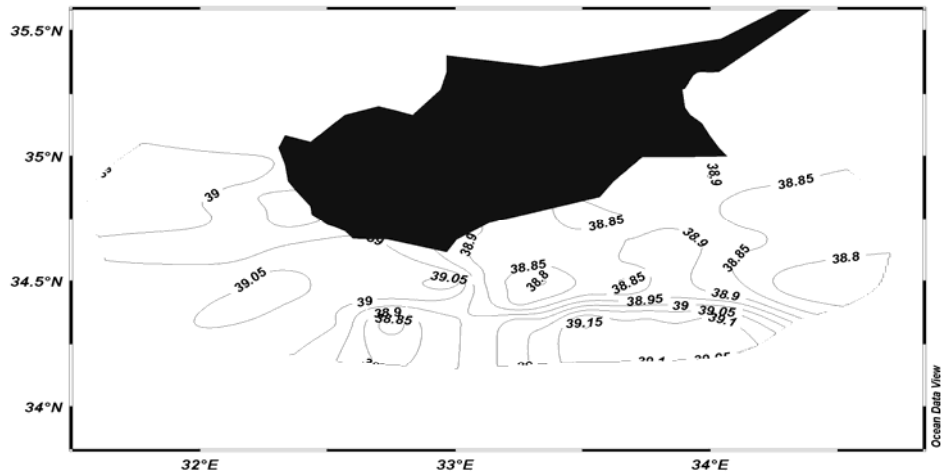
Εικόνα 3.3.18: Κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $28,2 \text{ kg/m}^3$



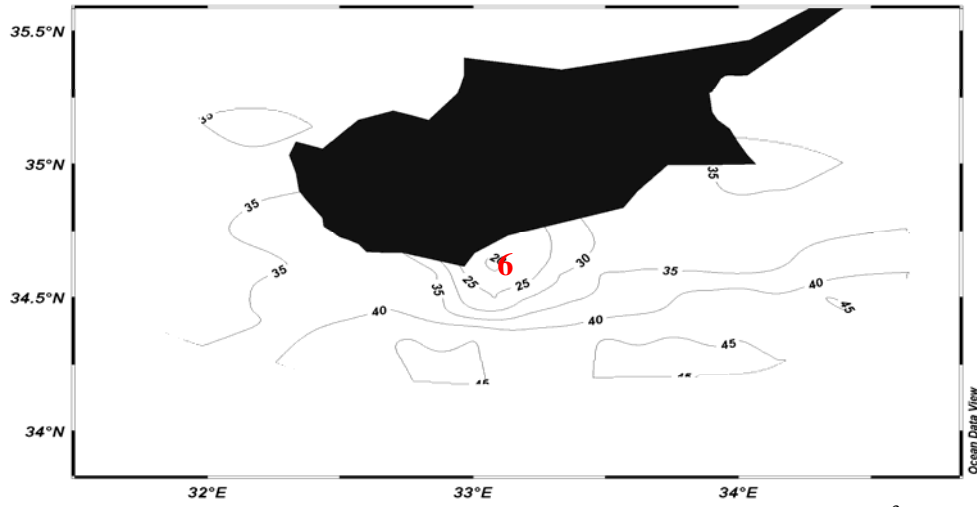
Εικόνα 3.3.19: Τοπογραφία της ισόπυκνης επιφάνειας των 28 kg/m^3



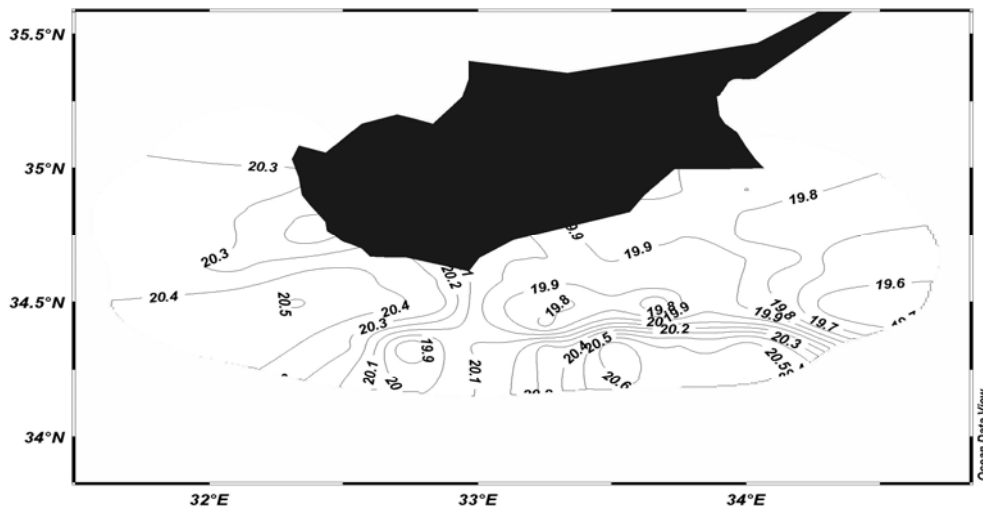
Εικόνα 3.3.20: Κατανομή της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη επιφάνεια των 28 kg/m^3



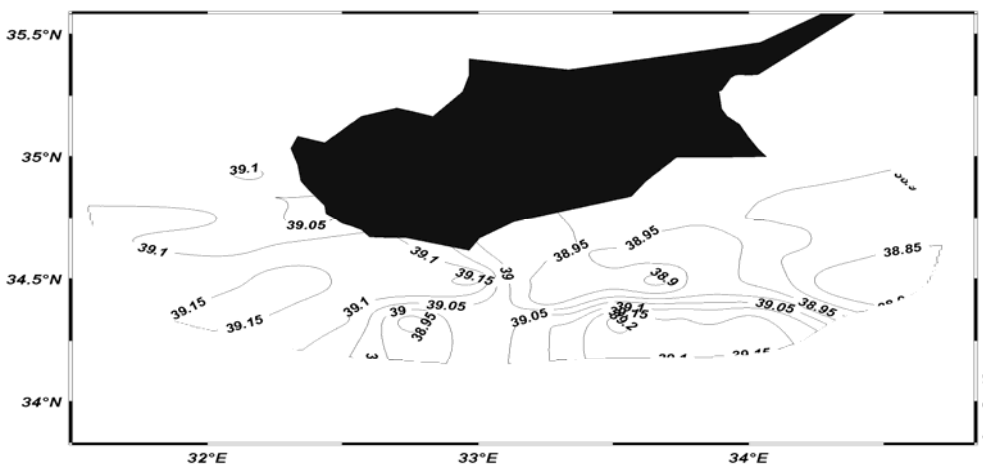
Εικόνα 3.3.21: Κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των 28 kg/m^3



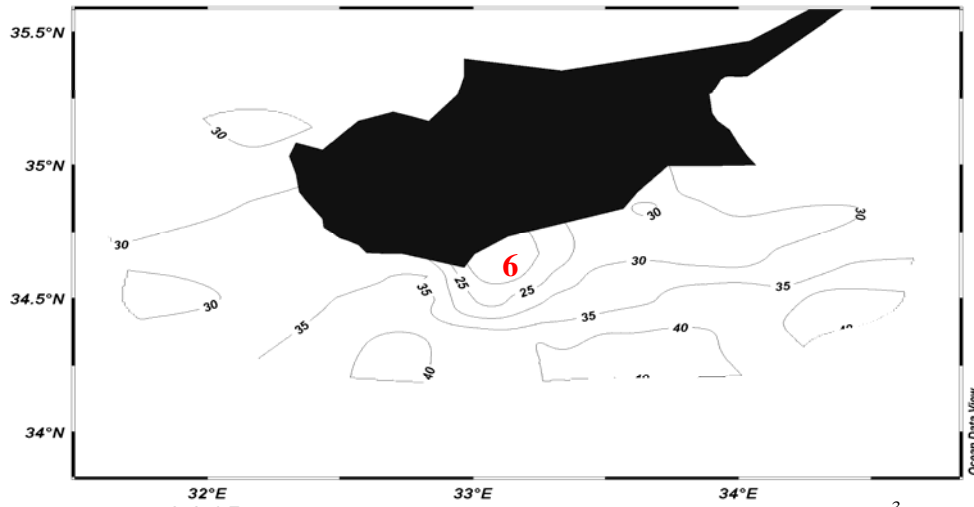
Εικόνα 3.3.22: Τοπογραφία της ισόπυκνης επιφάνειας των $27,8 \text{ kg/m}^3$



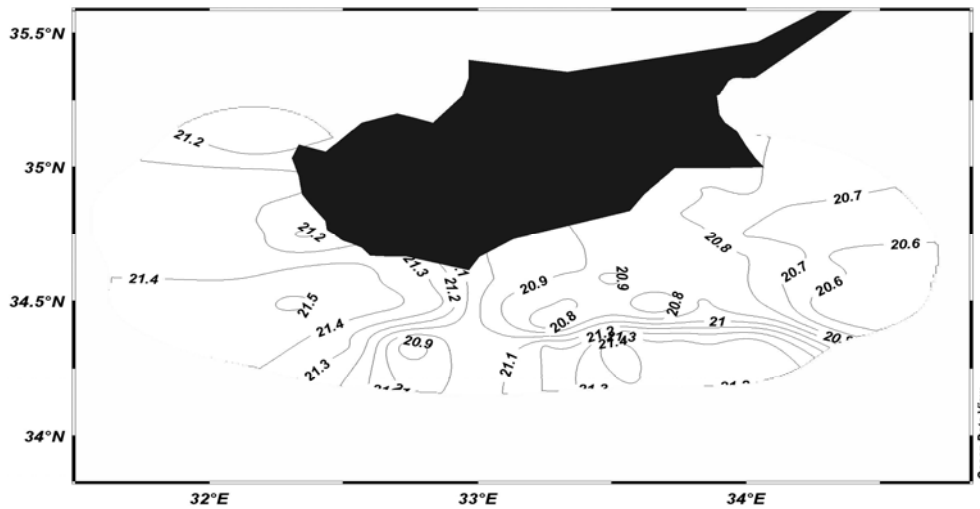
Εικόνα 3.3.23: Κατανομή της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $27,8 \text{ kg/m}^3$



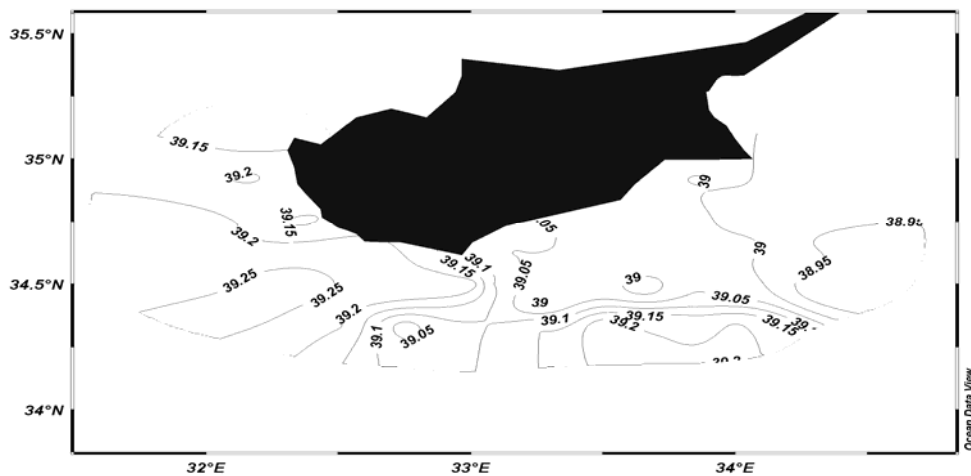
Εικόνα 3.3.24: Κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $27,8 \text{ kg/m}^3$



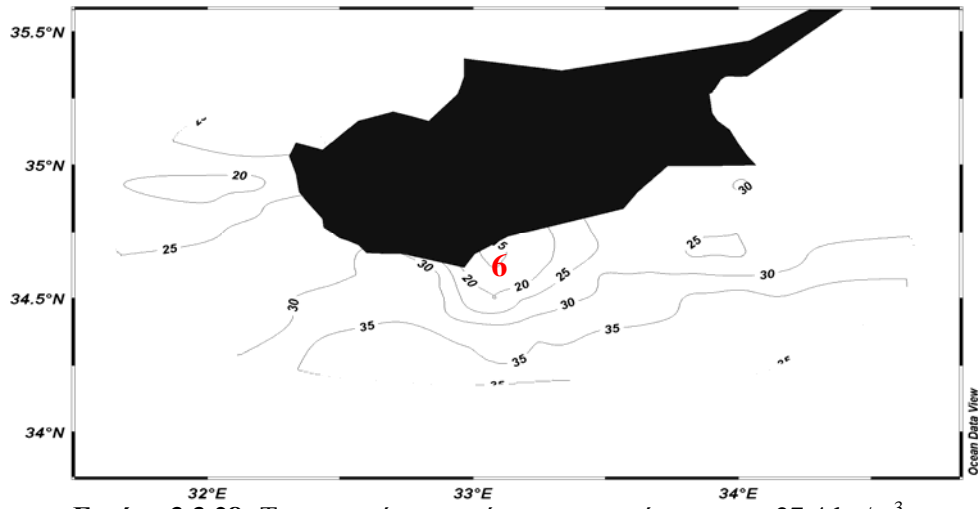
Εικόνα 3.3.25: Τοπογραφία της ισόπυκνης επιφάνειας των $27,6 \text{ kg/m}^3$



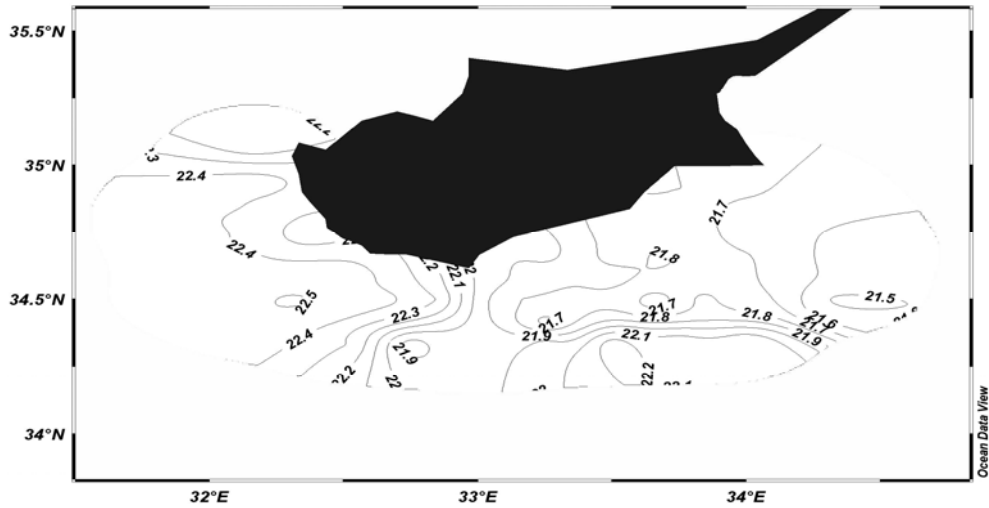
Εικόνα 3.3.26: Κατανομή της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $27,6 \text{ kg/m}^3$



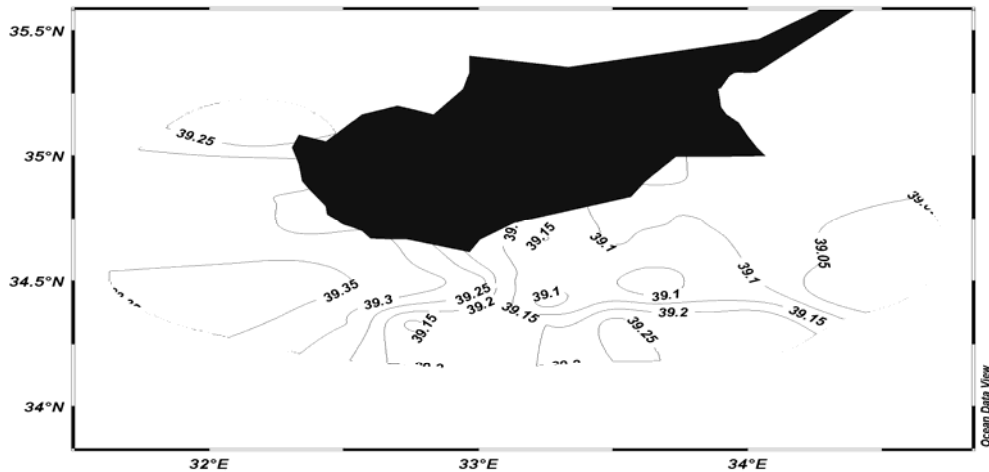
Εικόνα 3.3.27: Κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $27,6 \text{ kg/m}^3$



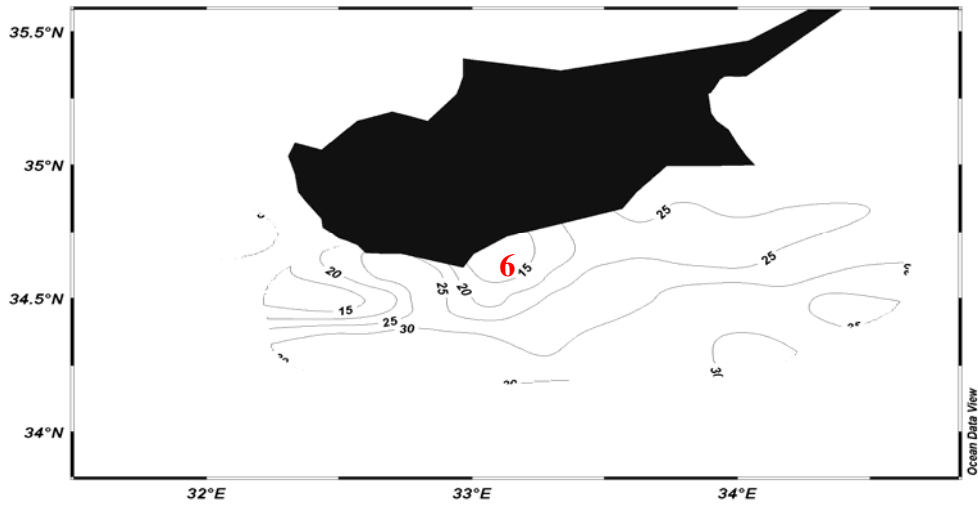
Εικόνα 3.3.28: Τοπογραφία της ισόπυκνης επιφάνειας των $27,4 \text{ kg/m}^3$



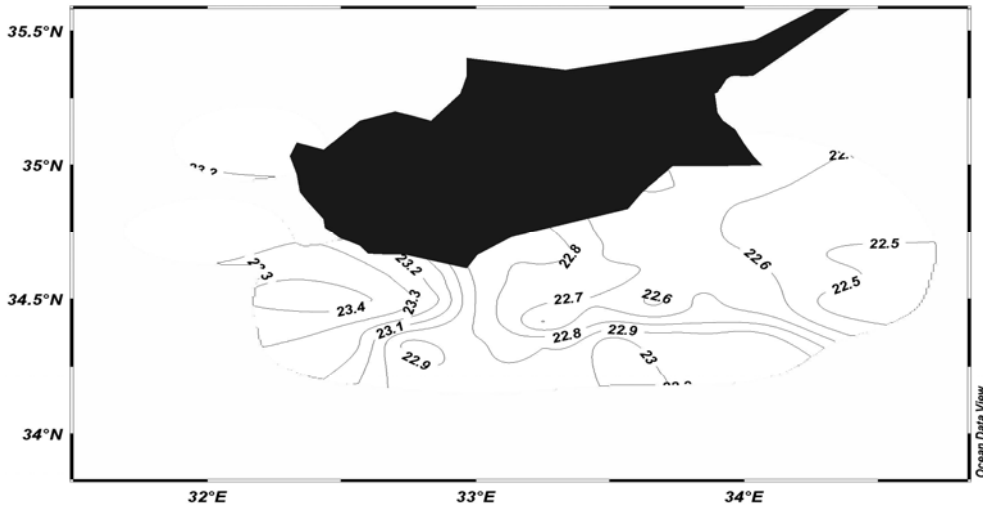
Εικόνα 3.3.29: Κατανομή της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $27,4 \text{ kg/m}^3$



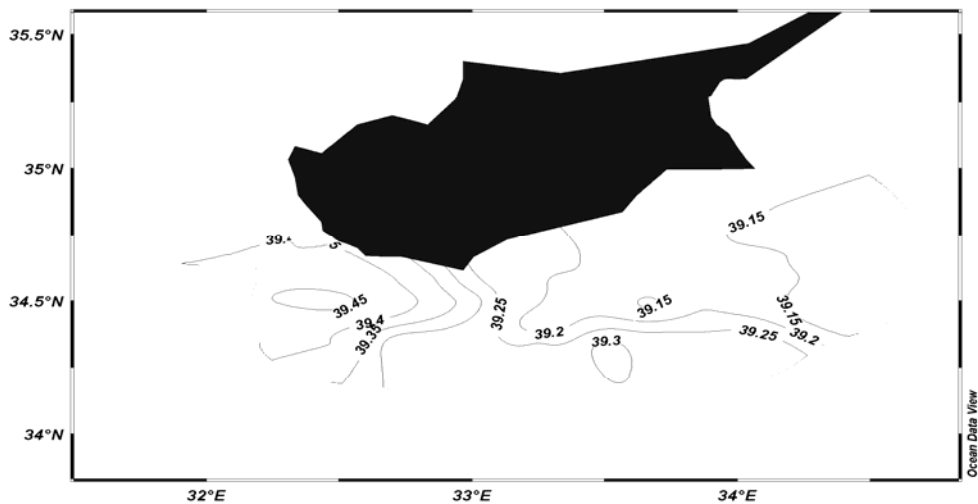
Εικόνα 3.3.30: Κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $27,4 \text{ kg/m}^3$



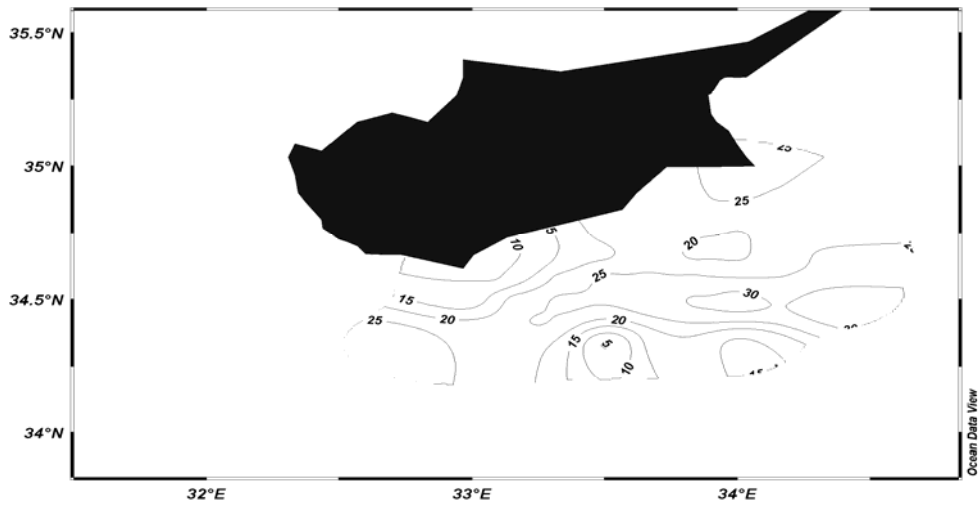
Εικόνα 3.3.31: Τοπογραφία της ισόπυκνης επιφάνειας των $27,2 \text{ kg/m}^3$



Εικόνα 3.3.32: Κατανομή της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $27,2 \text{ kg/m}^3$



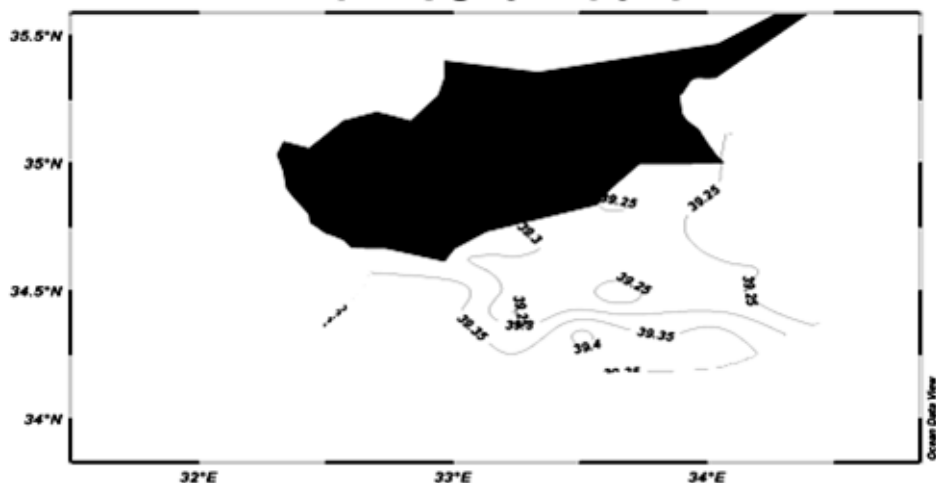
Εικόνα 3.3.33: Κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των $27,2 \text{ kg/m}^3$



Εικόνα 3.3.34: Τοπογραφία της ισόπυκνης επιφάνειας των 27 kg/m^3



Εικόνα 3.3.35: Κατανομή της θερμοκρασίας στην ισόπυκνη επιφάνεια των 27 kg/m^3



Εικόνα 3.3.36: Κατανομή της αλατότητας στην ισόπυκνη επιφάνεια των 27 kg/m^3

3.4.Ανάλυση Υδάτινων Μαζών

3.4.1.Διαγράμματα T-S

Στην περιοχή μελέτης σημειώνεται η παρουσία τεσσάρων υδάτινων τύπων, όπως προέκυψαν από τη βιβλιογραφία και από το σύνθετο διάγραμμα T-S (Σχ.3.4.1.1). Τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων υδάτινων τύπων συνοψίζονται παρακάτω (Πίν.3.4.1.1). Ωστόσο, για την καλύτερη κατανόηση των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών κάθε σταθμού έχουν κατασκευαστεί α) το διάγραμμα T-S του και β) τα προφίλ αλατότητας, θερμοκρασίας και πυκνότητας (βλέπε Παράρτημα 6).

Πίνακας 3.4.1.1: Καθορισμός υδάτινων τύπων για το 1995

Υδάτινοι τύποι (καλοκαίρι 1995)	LSW	AW (E.Ozsoy <i>et.,al</i> 1988)	LIW (Roether <i>et.,al</i> 1998)	EMDW
Αλατότητα	39,6	38,55	39,16	38,75
Θερμοκρασία	26,79	17,5	17,5	13,6

Συγκρίνοντας τα δεδομένα μας με προγενέστερα δεδομένα της ευρύτερης περιοχής προέκυψαν ορισμένες αξιοσημείωτες διαφορές στις τιμές των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών που καθορίζουν τους υδάτινους τύπους της περιοχής μελέτης μας (Σχ.3.4.1.3). Τα δεδομένα που συγκρίναμε προέρχονται από το πρόγραμμα ROEM, που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου την ίδια χρονική περίοδο με τα δεδομένα που επεξεργαστήκαμε στην παρούσα διατριβή των οποίων όμως η συλλογή πραγματοποιήθηκε μια δεκαετία πριν (τέλη καλοκαιριού του 1985). Έτσι οι τιμές των υδάτινων τύπων όπως

καθορίστηκαν από το σύνθετο διάγραμμα T-S (Σχ.3.4.1.2) για τα δεδομένα του ΡΟΕΜ συνοψίζονται στο Πινάκα. 3.4.1.2.

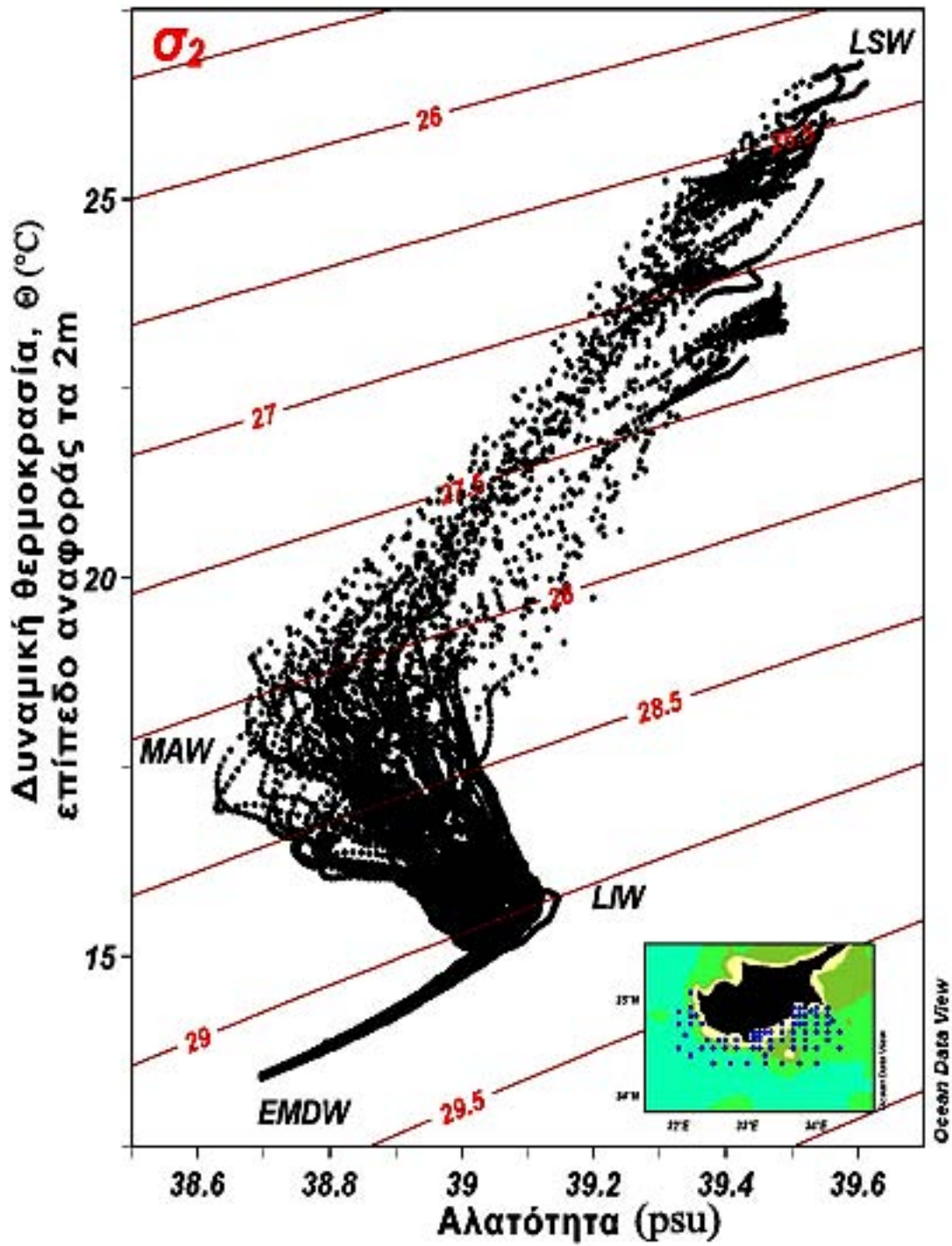
Πίνακας 3.4.1.2: Καθορισμός υδάτινων τύπων για το 1985

Υδάτινοι τύποι (τέλη καλοκαιριού 1985)	LSW	AW	LIW	EMDW
Αλατότητα (psu)	39,56	38,32	39,13	38,63
Θερμοκρασία (°C)	24,48	17,56	16,74	13,67

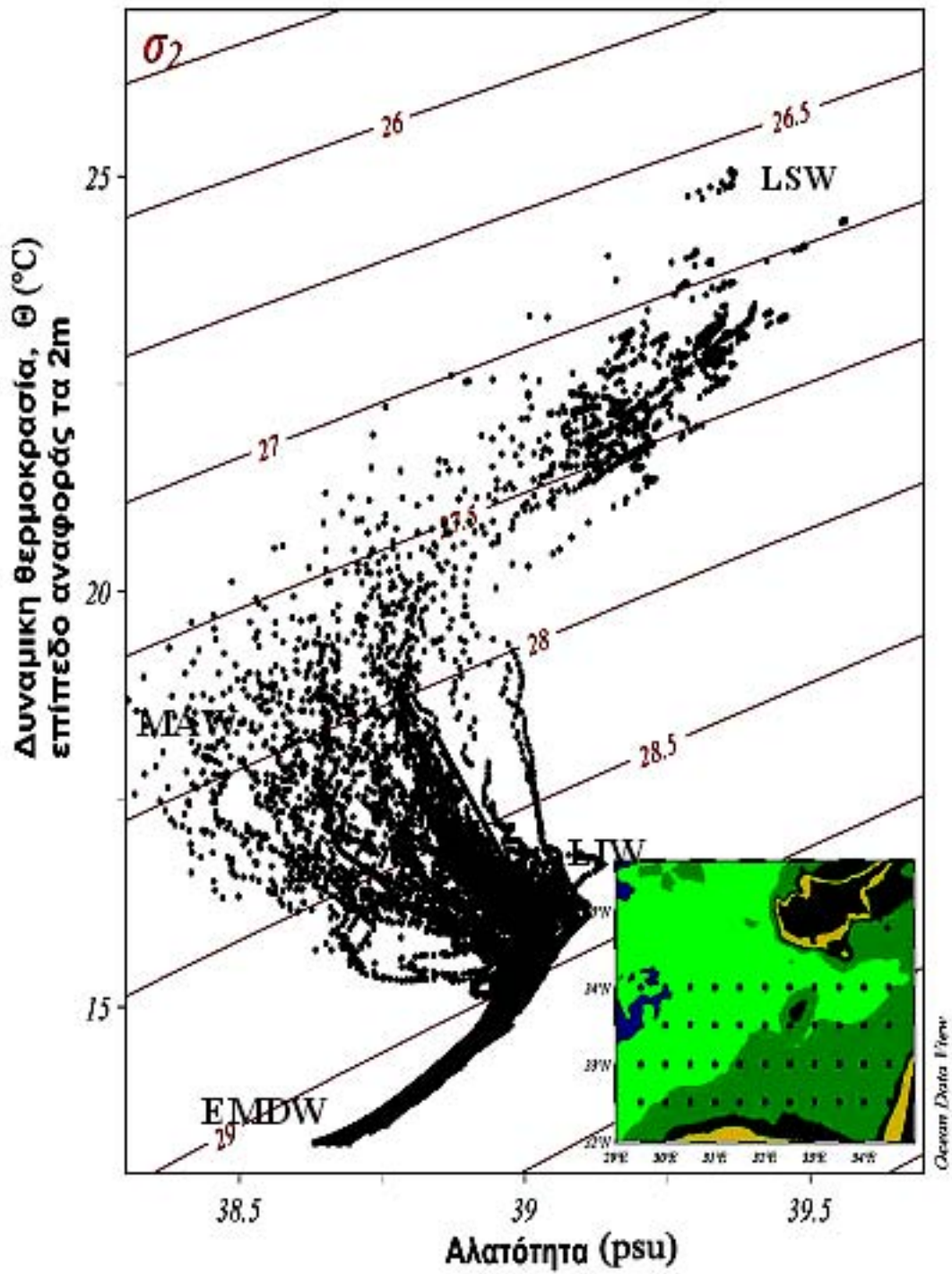
Οι διαφορές που προέκυψαν στα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά των υδάτινων τύπων μεταξύ της περιοχής μελέτης με αυτήν της ευρύτερης περιοχής μπορεί να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες τους οποίους όμως εμείς δεν θα εξετάσουμε στην παρούσα διατριβή. Ενδεικτικά, μπορούμε να αναφέρουμε ότι κατά την εξάπλωση των υδάτινων μαζών στα ανατολικά, τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά τροποποιούνται, με αποτέλεσμα να παρατηρείται αύξηση των τιμών της θερμοκρασίας και της αλατότητας λόγω της έντονης εξάτμισης που επικρατεί στην περιοχή (Πιν.3.4.1.3).

Πίνακας 3.4.1.3: Θερμοαλατικές διαφορές μεταξύ των υδάτινων τύπων που συμμετέχουν τόσο στην περιοχή μελέτης όσο και στην ευρύτερη περιοχή.

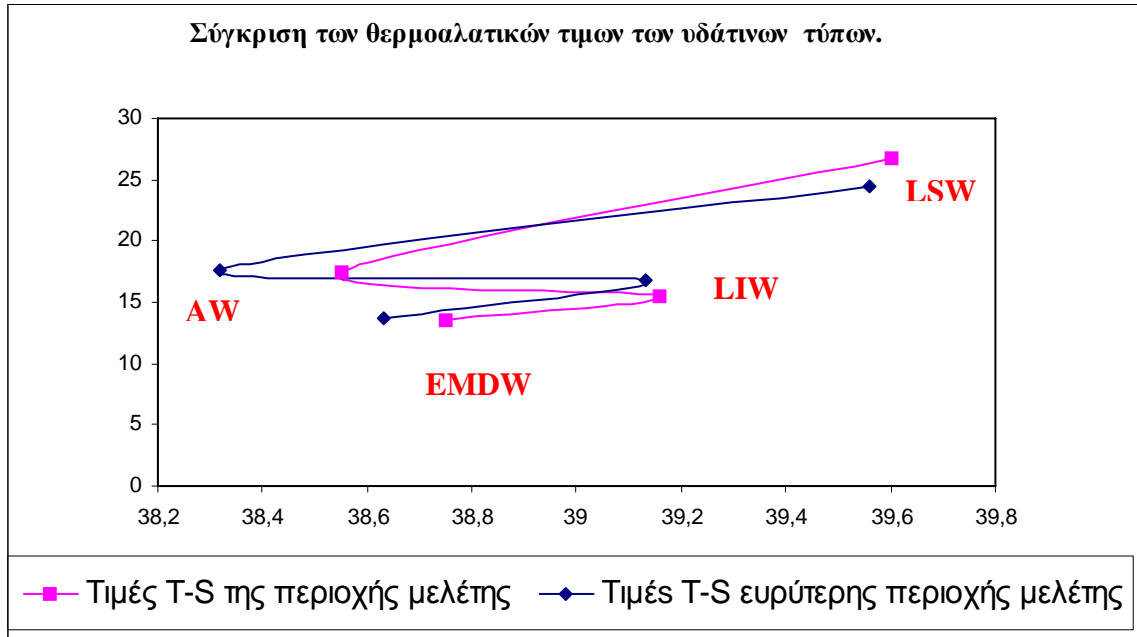
Θερμοαλατικές διαφορές μεταξύ της περιοχής μελέτης και της ευρύτερης περιοχής	LSW	AW	LIW	EMDW
Αλατότητα (psu)	0,04	0,23	0,03	0,12
Θερμοκρασία (°C)	2,31	-0,06	-1,24	-0,07



Σχήμα 3.4.1.1: Σύνθετο διάγραμμα T-S της περιοχής μελέτης (1995).



Σχήμα 3.4.1.2: Σύνθετο διάγραμμα T-S της περιοχής μελέτης (1985).

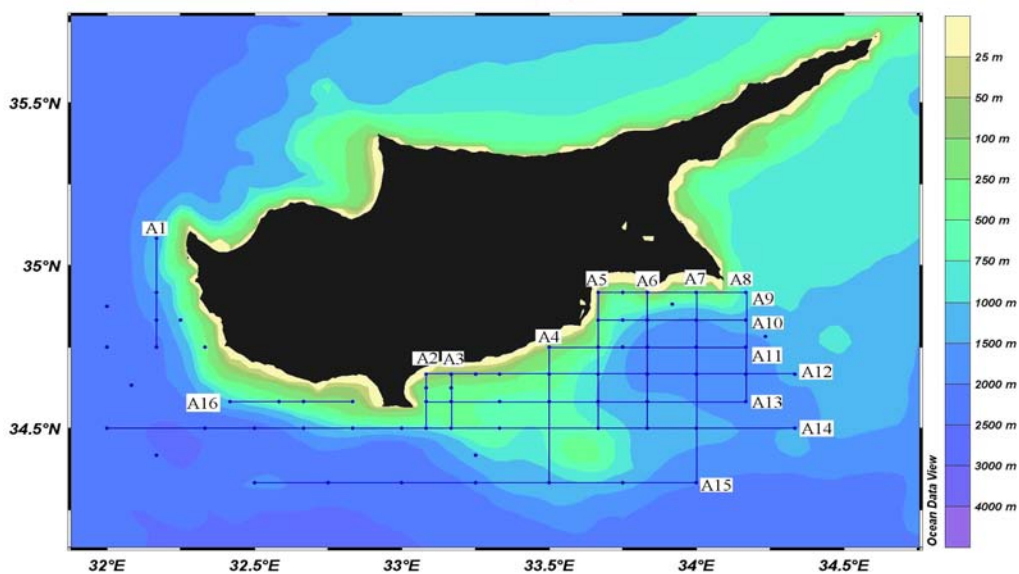


Εικόνα 3.3.1.3: Σύγκριση των θερμοαλατικών τιμών των υδάτινων τύπων που συμμετέχουν στην λεβαντινή λεκάνη τον Οκτώβριο 1985 και τον Οκτώβριο 1995.

3.4.2. Ποσοστό συμμετοχής των υδάτινων μαζών MAW και LIW

Η σύσταση μιας θαλάσσιας υδάτινης μάζας, κατά κανόνα, οφείλεται στην ανάμιξη δυο, τριών ή και τεσσάρων υδάτινων τύπων. Στην προκειμένη περίπτωση έχουμε την παρουσία τεσσάρων υδάτινων τύπων, όπως προέκυψε από το σύνθετο διάγραμμα T-S. Στην πράξη, η ανάλυση της σύστασης μιας υδάτινης μάζας δηλαδή ο καθορισμός της ποσοστιαίας συμμετοχής των υδάτινων τύπων που την αποτελούν βρίσκονται από το τρίγωνο ανάμιξης (βλέπε παράρτημα 4). Στην περίπτωση μας έχουμε τον σχηματισμό δυο τριγώνων, ενός επιφανειακού και ενός βαθιού. Τα δε τρίγωνα προκύπτουν ενώνοντας με ευθύγραμμα τμήματα τα σημεία εκείνα που καθορίζουν τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά των υδάτινων τύπων.

Και στις δεκαέξι εγκάρσιες τομές, που έχουν επιλεγεί για την απεικόνιση του ποσοστού συμμετοχής των υδάτινων τύπων, το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής τόσο του MAW όσο και του LIW εμφανίζονται σε βάθη της υδάτινης στήλης όπου παρατηρούνται το υποεπιφανειακό ελάχιστο και μέγιστο αντίστοιχα της αλατότητας (Εικ.3.4.2.1).



Εικόνα 3.1.2.1: Χάρτης της περιοχής μελέτης όπου απεικονίζει τις εγκάρσιες τομές.

Στη συνέχεια θα περιγραφεί αναλυτικότερα τα ποσοστά συμμετοχής των δύο εξεταζόμενων υδάτινων τύπων. Για την καλύτερη κατανόηση χωρίσαμε την περιοχή σε δύο υποπεριοχές μια δυτική και μια ανατολική. Στη δυτική περιλαμβάνονται οι εγκάρσιες τομές A1 και A16, ενώ η ανατολική περιλαμβάνει τις εγκάρσιες τομές (A2 έως A13). Επίσης δύο ζωνικές τομές έχουν επιλεγεί κατά μήκος της περιοχής μελέτης (A14 και A15). Ομαδοποιώντας τις εγκάρσιες τομές ανά περιοχές και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν θα εστιάσουμε το ενδιαφέρον μας στις τομές A1, A3, A5, A12 A14, A15 και A16.

❖ Εγκάρσια τομή A1

Το μέγιστο ποσοστό του MAW εντοπίζεται στον σταθμό CYPA3 σε βάθος 150 m και να ξεπερνά το 55% (Εικ.3.2.1.2). Επίσης μεταξύ των σταθμών CYPC2 και CYG1a συναντάμε την ελάχιστη συμμετοχή του MAW (15%). Κάτω από τα 300 m η συμμετοχή του AW δεν ξεπερνά το 5%.

Το LIW εντοπίζεται σε βάθος 200 m με το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του ανέρχεται στα 80% και παρατηρείται στον σταθμό CYPA3. Από τα 250 m και κάτω παρατηρείται μια σταδιακή μείωση του LIW κατά μήκος όλης της τομής με την ελάχιστη συμμετοχή του να μην ξεπερνά το 5% σε βάθος μεγαλύτερο των 900 m.

❖ Εγκάρσιες τομές A2 και A3.

Οι μέγιστες τιμές του MAW σημειώνεται στα βόρεια της εγκάρσιας τομής σε βάθος 50m (Εικ.3.4.2.4). Αντίστοιχα το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής (>90%) του LIW απαντάται στα 200 m (Εικ.3.4.2.5)

Ωστόσο στην εγκάρσια τομή A3 το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής (65%) του MAW παρατηρείται στον σταθμό CYPF9 στα ανώτερα 40 m με 80 m της υδάτινης

στήλης (Εικ.3.4.2.6). Επίσης από τα 200 m και κάτω η συμμετοχή του MAW είναι μηδαμινή.

Το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του LIW (85%) παρατηρείται ανάμεσα στα ανώτερα 100 m με 200 m της υδάτινης στήλης κατά μήκος όλης της τομής (Εικ.3.4.2.7). Επιπλέον το ποσοστό συμμετοχής του LIW σταδιακά μειώνεται με το βάθος.

❖ Εγκάρσιες τομές A4, A5, A6, A7 και A8

Στην εγκάρσια τομή A4 οι μέγιστες τιμές του MAW (60%) παρατηρούνται στον σταθμό CYPE9 σε βάθος 50 m (Εικ.3.4.2.8). Ωστόσο και το μέγιστο ποσοστό του LIW (80%) εντοπίζεται στον ίδιο σταθμό σε βάθος όμως 200 m (Εικ.3.4.2.9).

Στα ανώτερα 30 m με 80 m της υδάτινης στήλης (τομή A5) παρατηρείται το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του MAW (45%) μεταξύ των σταθμών CYP A5 και CYP B4 (Εικ.3.4.2.10). Όσο απομακρυνόμαστε από τους παράκτιους σταθμούς της εγκάρσιας τομής το ποσοστό συμμετοχής του MAW μειώνεται. Επίσης σε βάθη μεγαλύτερα των 200 m το ποσοστό συμμετοχής του MAW δεν ξεπερνά το 5%.

Κάτω από το στρώμα της υδάτινης στήλης που εντοπίζεται το MAW παρατηρείται το LIW στα ανώτερα 100 m με 210 m της υδάτινης στήλης (Εικ.3.4.2.11). Δυο θύλακες με μέγιστο ποσοστό συμμετοχής LIW (85%) απαντώνται. Με την πρώτη περιοχή βρίσκεται στον σταθμό CYP C5 και η δεύτερη στο σταθμό CYP F12. Κάτω από τα 800 m δεν παρατηρείται συμμετοχή του LIW.

Ο θύλακας MAW που είχε σχηματιστεί στην τομή A5 πλέον δεν υφίσταται στην τομή A6 (Εικ.3.4.2.12). Ωστόσο η επικρατούσα κατάσταση για το LIW είναι ίδια με αυτήν που περιγράψαμε προηγουμένως (Εικ.3.4.2.13).

Τόσο στην τομή A7 όσο και στην τομή A8 το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του MAW δεν ξεπερνά το 30% (Εικ.3.4.2:14,16).

Το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του LIW (90%) στην εγκάρσια τομή A7 εντοπίζεται σε βάθος 230 m στον σταθμό CYPG8 (Εικ.3.4.2.15). Ωστόσο στην εγκάρσια τομή A8 το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του LIW παρατηρείται στα ανώτερα 200 m της υδάτινης στήλης με τις τιμές τους να κυμαίνονται μεταξύ 70% και 85% (Εικ.3.4.2.17)

❖ Εγκάρσια τομή A9, A10, A11 και A12

Στην εγκάρσια τομή A9 οι μέγιστες τιμές (45%) του MAW παρατηρούνται στον σταθμό CYPA7 (Εικ.3.4.2.18). Επίσης κάτω από τα 200 m η συμμετοχή του AW είναι σχεδόν μηδαμινή.

Επίσης στην τομή A10 το MAW εντοπίζεται στα ανώτερα 200m της υδάτινης στήλης (Εικ.3.4.2.20) και υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται στα δυτικά (55%).

Τόσο στην εγκάρσια τομή A11 όσο και στην A12 οι υψηλότερες τιμές του MAW παρατηρούνται στα δυτικά με το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του να ανέρχεται μεταξύ 50% και 55% (Εικ.3.4.2:22, 24) . Επίσης στους δυτικούς σταθμούς και των δύο τομών το MAW εντοπίζεται μέχρι και το βάθος 600 m.

Το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του LIW και στις τέσσερις τομές παρατηρείται στα ανώτερα 100 m με 200m της υδάτινης στήλης και κυμαίνεται μεταξύ 70% και 90% (Εικ.3.4.2:19, 21, 23, 25).

❖ Εγκάρσιες τομές A13, A14 και A15

Η ζωνική τομή A13, A14 και A15 μας δείχνει την εξάπλωση τόσο του MAW όσο και του LIW στην περιοχή μελέτης. Το MAW εξαπλώνεται από τα δυτικά προς τα ανατολικά, ενώ το LIW ακολουθεί αντίθετη διεύθυνση. Ειδικότερα τόσο στην εγκάρσια

τομή A13 όσο και στην A14 το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του MAW ανέρχεται στο 30% και παρατηρείται στα ανώτερα 50 m της υδάτινης στήλης. Επίσης κάτω από τα 210m η συμμετοχή του MAW είναι σχεδόν μηδαμινή (Εικ.3.4.2:25, 27).

Είναι αξιοσημείωτο ότι οι τομές A13 και A14 αντιπροσωπεύουν πλήρως την περιοχή δημιουργίας του LIW και τη σταδιακή βύθιση που υφίσταται στα ανώτερα 200 m της υδάτινης στήλης κατά την προς τα δυτικά εξάπλωσή του (Εικ.3.4.2:26, 28). Το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του ανέρχεται στα 85% (εγκάρσια τομή A14) και παρατηρείται στους μεταξύ των σταθμών CYF13 και CYF10. Επίσης το LIW και στις δύο τομές συμμετέχει μέχρι τα 800 m.

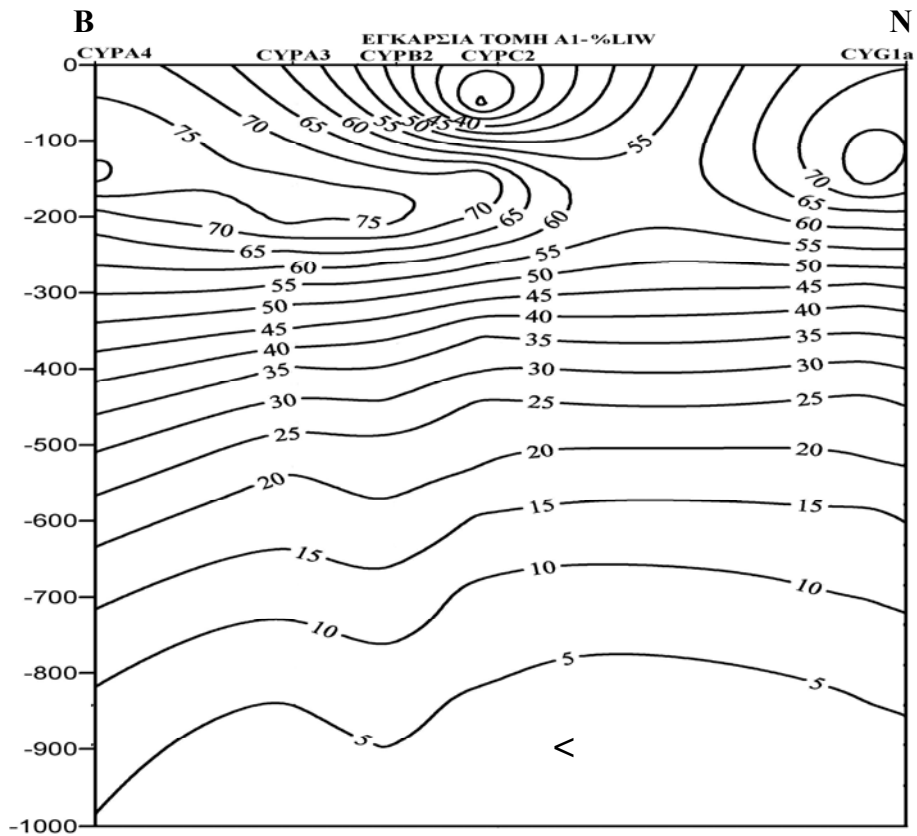
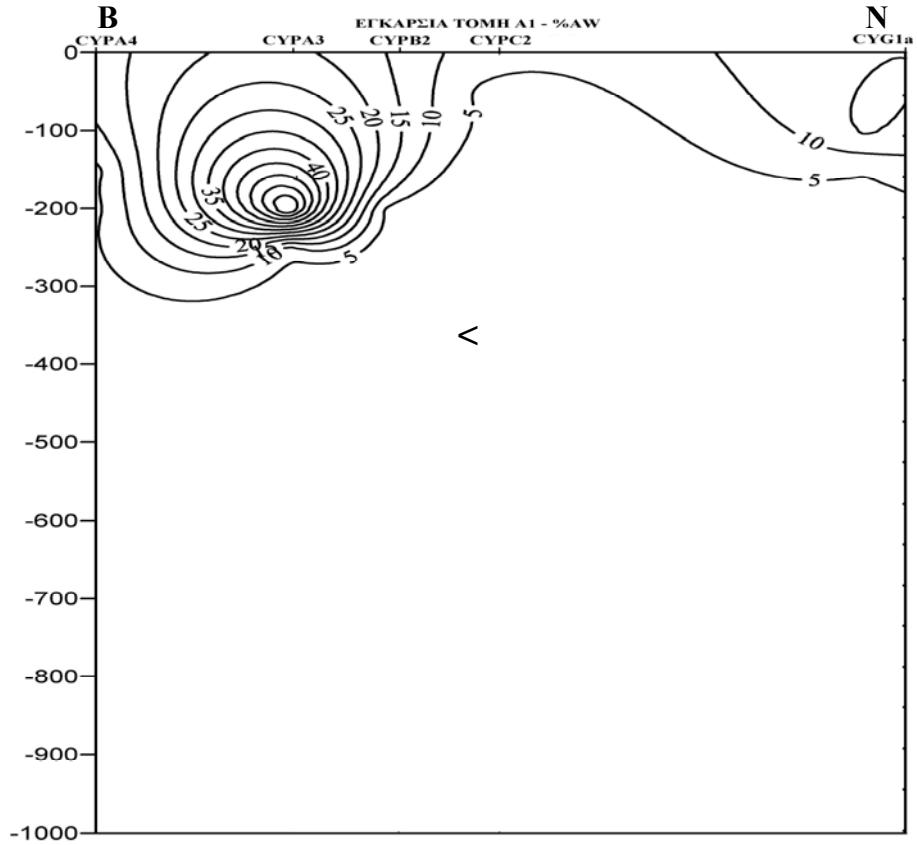
Στην τομή A15 το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του MAW (55%) εντοπίζεται στον σταθμό CYPG8 και οφείλεται στην αντικυκλωνική δίνη που παρατηρείται στην περιοχή η οποία βυθίζει επιφανειακά νερά σε μεγαλύτερα βάθη (Εικ.3.4.2.30). Επίσης κάτω από τα 200 m δεν παρατηρείται συμμετοχή του MAW.

Στους σταθμούς CYPG6 και CYPG2 εντοπίζεται το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής (75%) του LIW (Εικ.3.4.2.31). Επίσης η συμμετοχή του LIW μειώνεται καθώς αλληλεπιδρά με την υπόλοιπη υδάτινη στήλη μεταξύ των σταθμών CYPG8 και CYPG7.

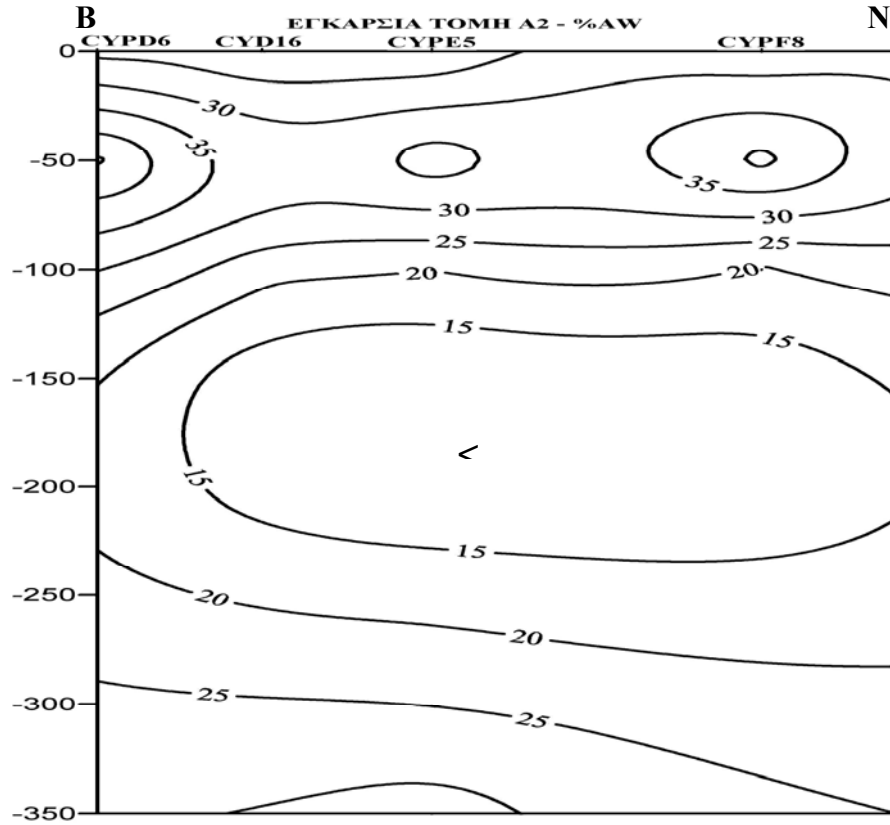
❖ Εγκάρσια τομή A16

Οι μέγιστες τιμές συμμετοχής του MAW εντοπίζονται δυτικά (CYPE1) σε βάθος 50m (Εικ 3.4.2.32). Κατά μήκος της τομής το MAW εντοπίζεται μεταξύ 40 m και 80 m.

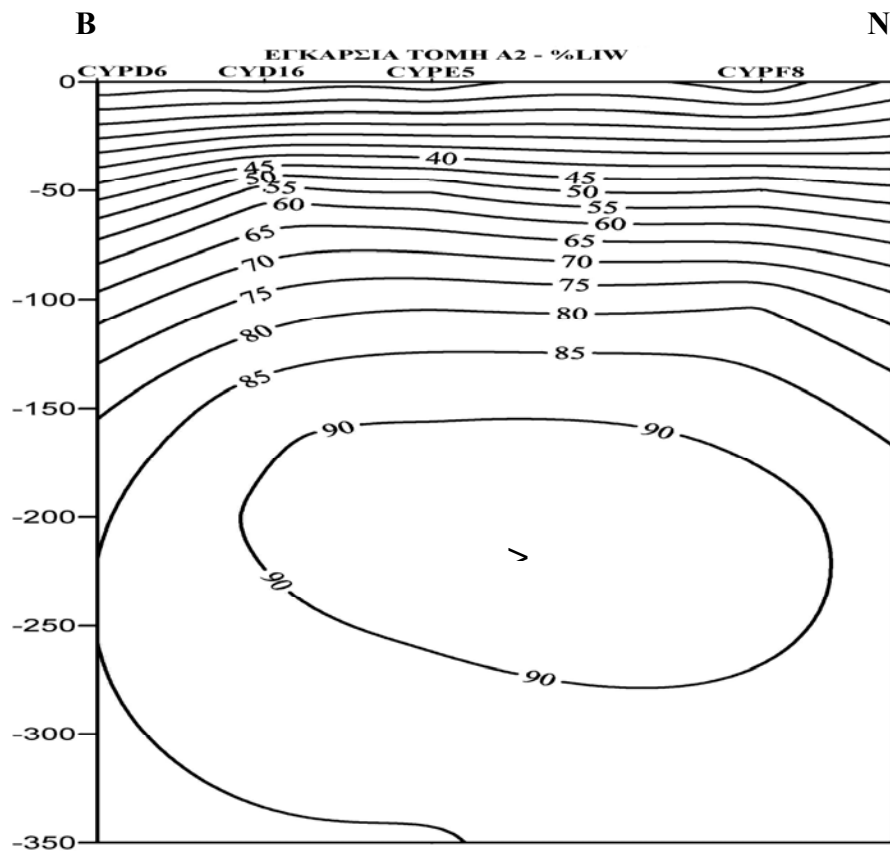
Το μέγιστο ποσοστό του LIW ανέρχεται στο 75% και εμφανίζεται στα ανώτερα 100 m με 200 m της υδάτινης στήλης (Εικ.3.4.2.33). Επίσης ύδατα υψηλής περιεκτικότητας σε LIW (75%) ανέρχονται μέχρι την επιφάνεια μεταξύ των σταθμών CYPE4 και CYPE3 λόγω της κυκλωνικής δίνης που παρατηρείται στην περιοχή.



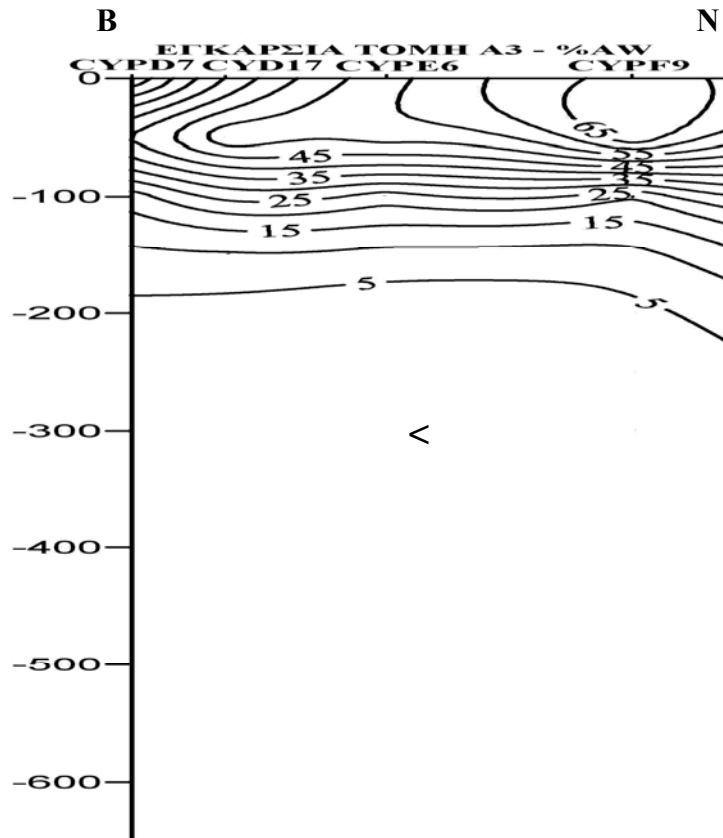
Εικόνα 3.4.2.3: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α1.



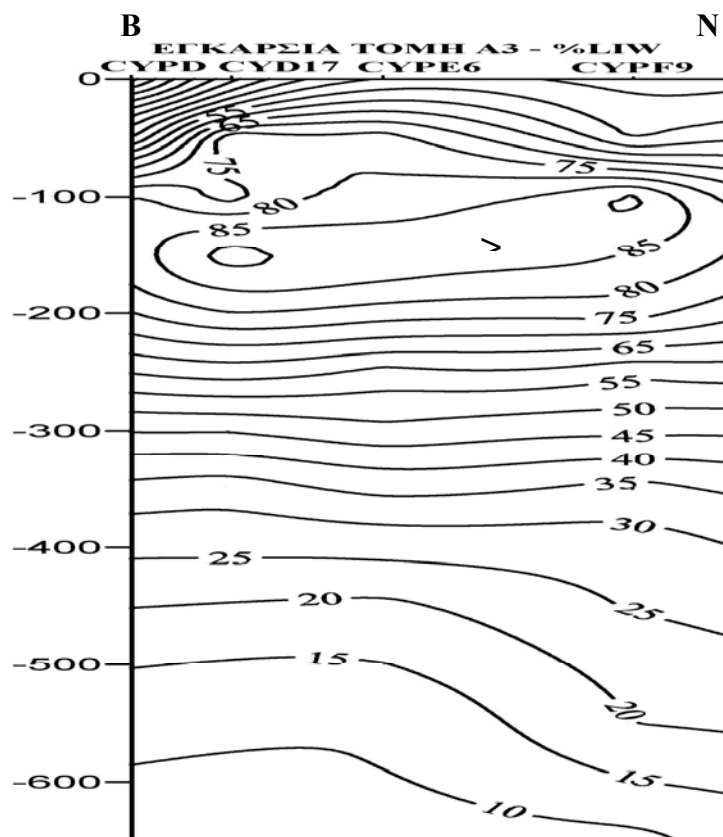
Εικόνα 3.4.2.4: Ποσοστό συμμετοχής του MAW κατά μήκος της τομής Α2.



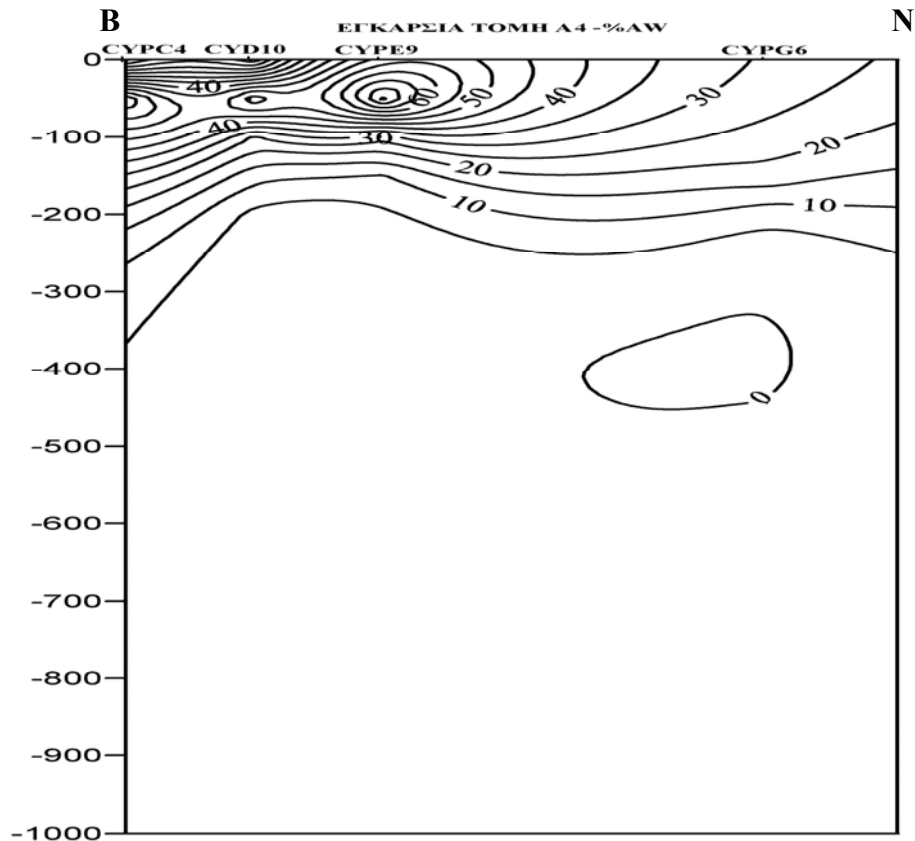
Εικόνα 3.4.2.5: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α2.



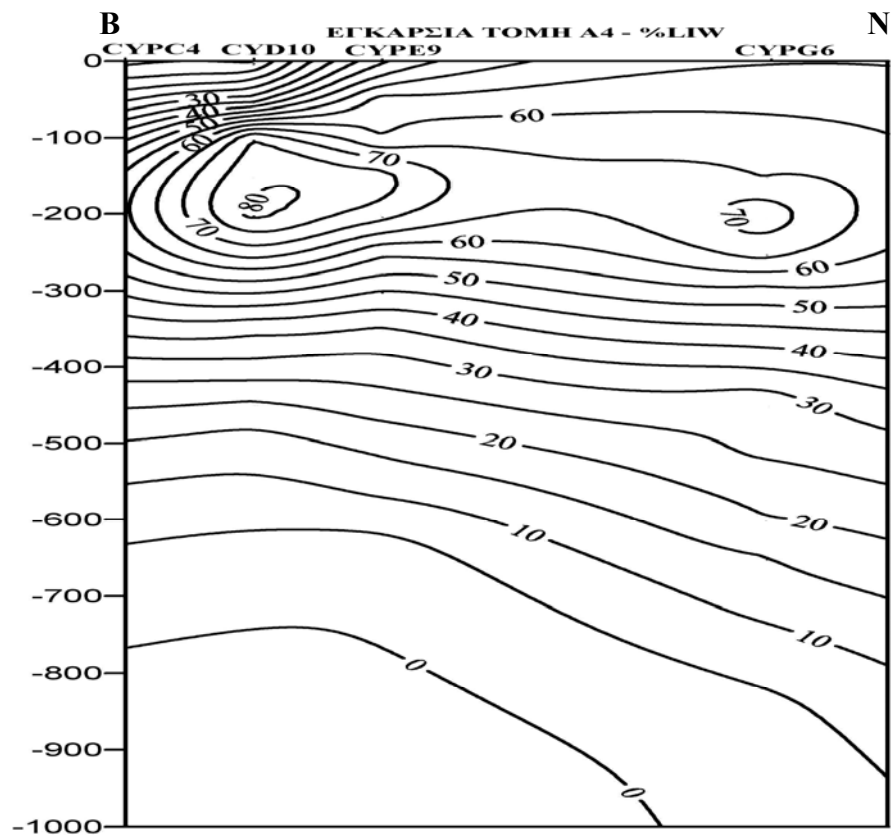
Εικόνα 3.4.2.6: Ποσοστό συμμετοχής του MAW κατά μήκος της τομής Α3.



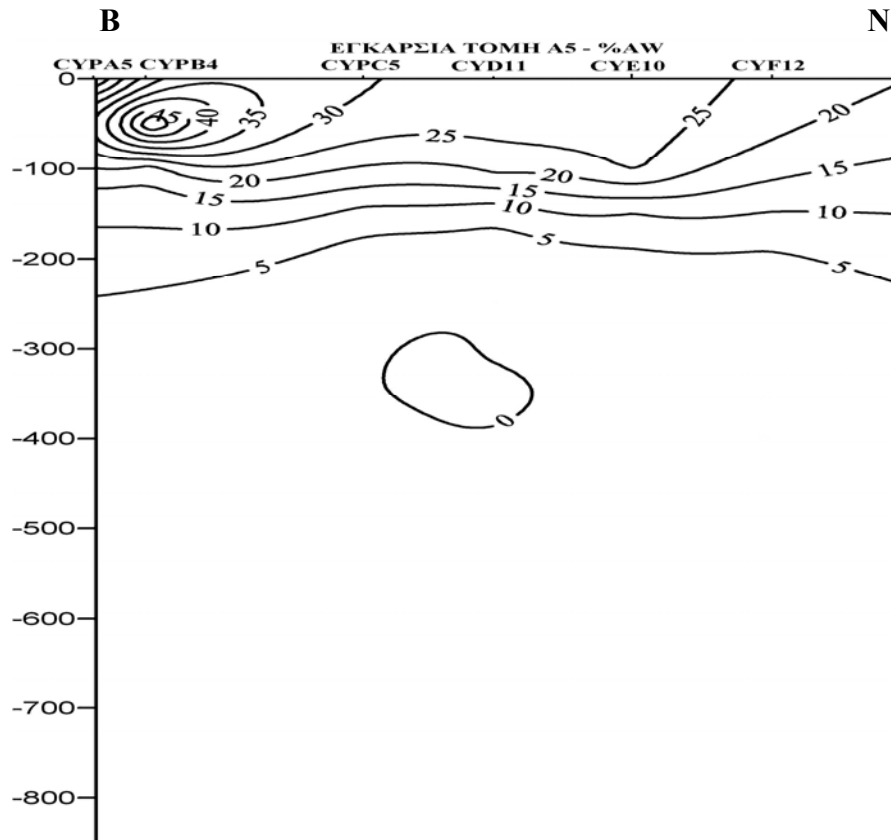
Εικόνα 3.4.2.7: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α3.



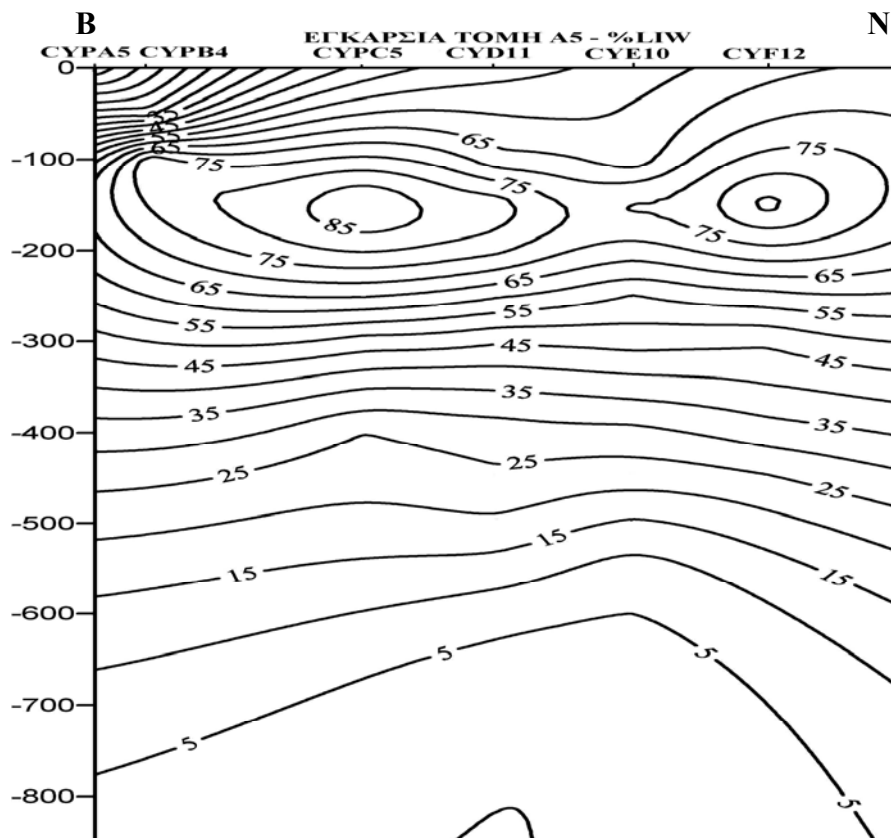
Εικόνα 3.4.2.8: Ποσοστό συμμετοχής του MAW κατά μήκος της τομής Α4



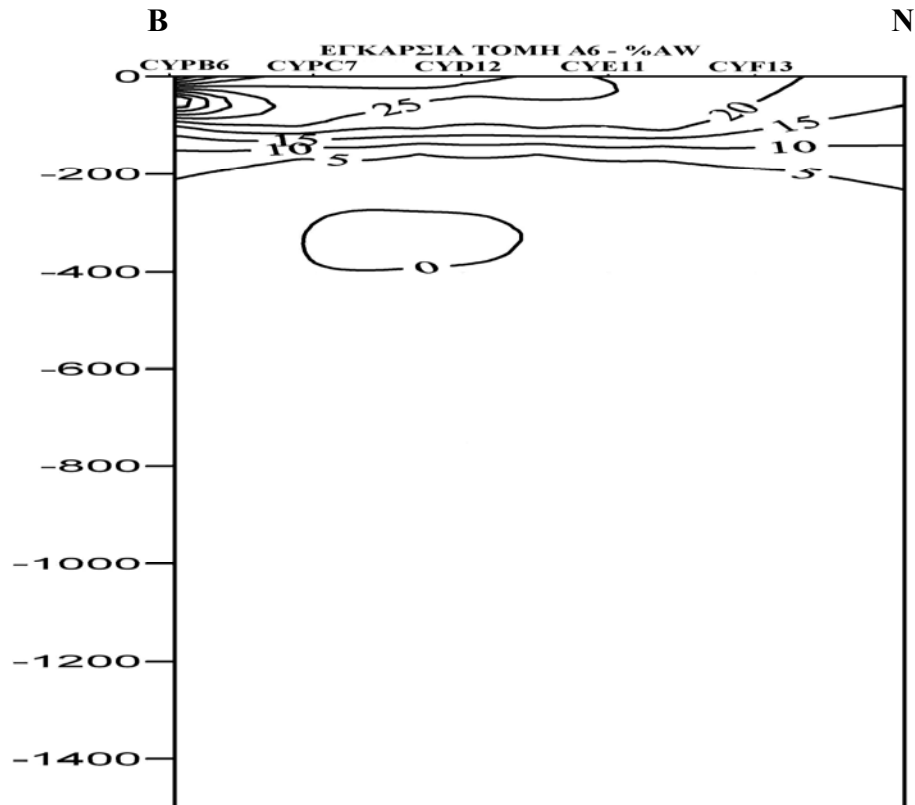
Εικόνα 3.4.2.9: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α4



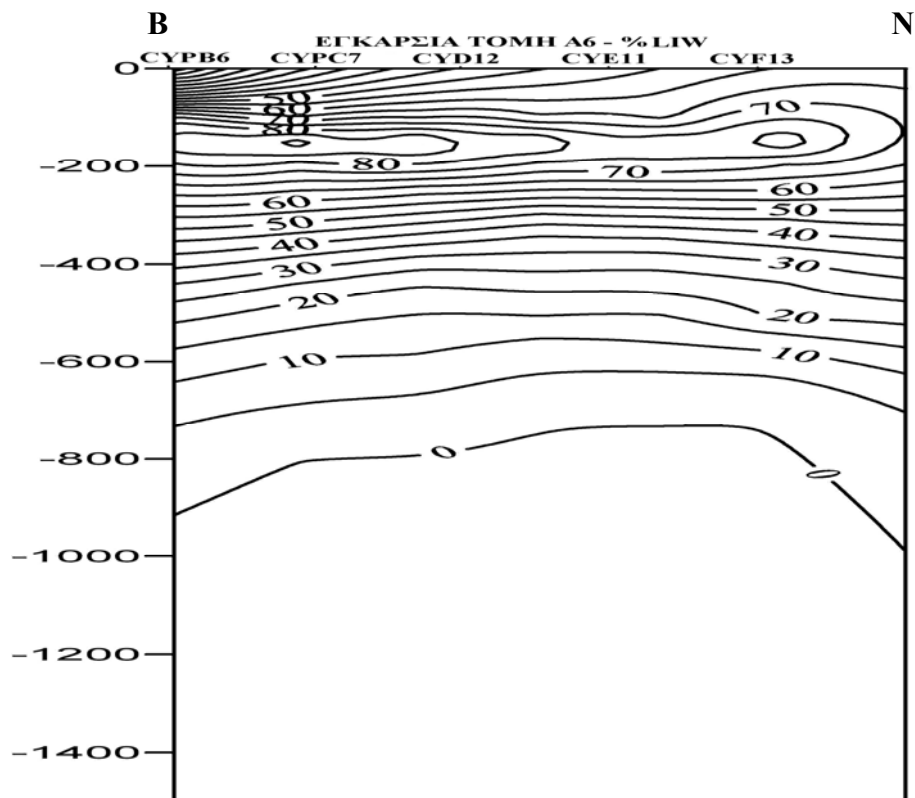
Εικόνα 3.4.2.10: Ποσοστό συμμετοχής του MAW κατά μήκος της τομής Α5



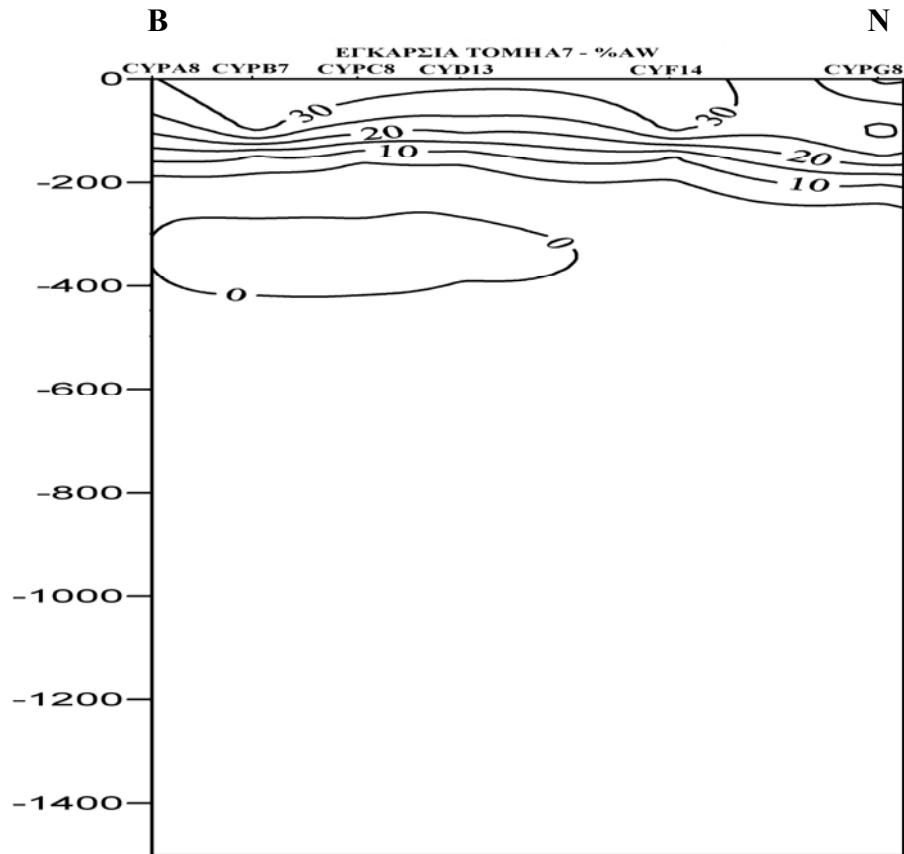
Εικόνα 3.4.2.11: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α5



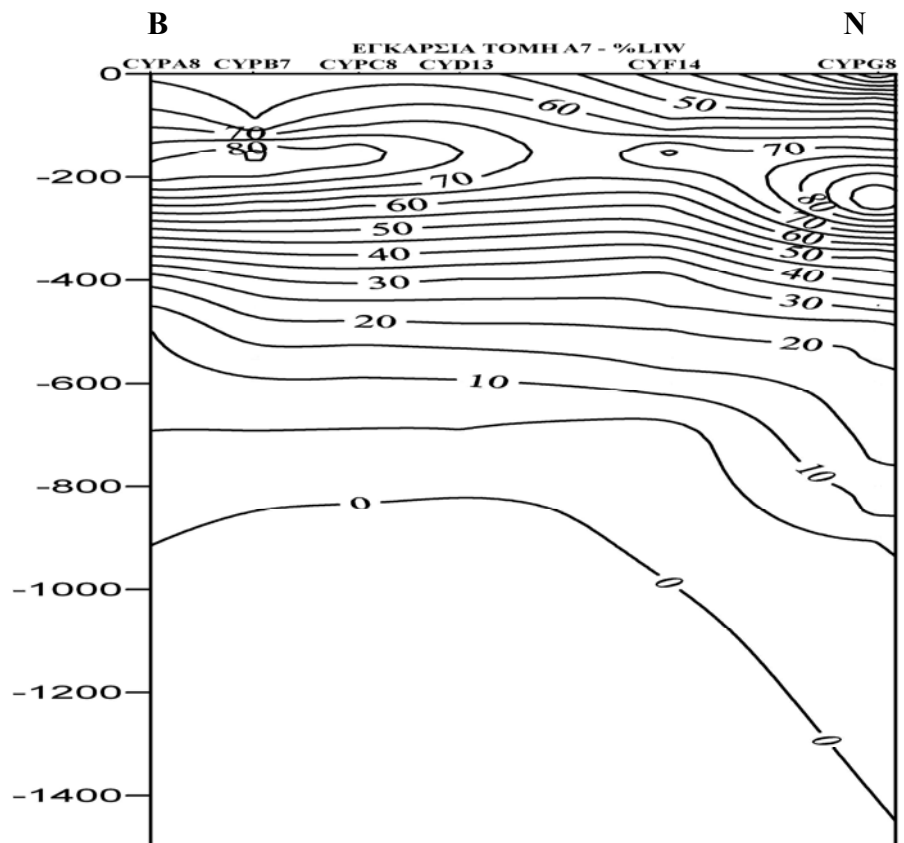
Εικόνα 3.4.2.12: Ποσοστό συμμετοχής του MAW κατά μήκος της τομής Α6



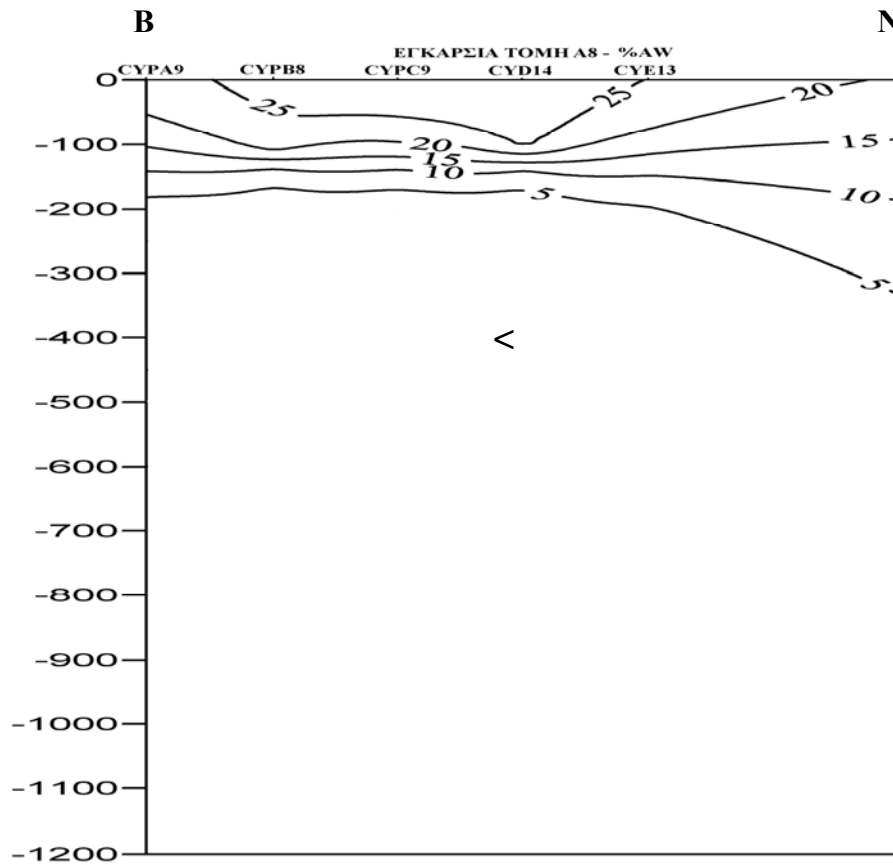
Εικόνα 3.4.2.13: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α6



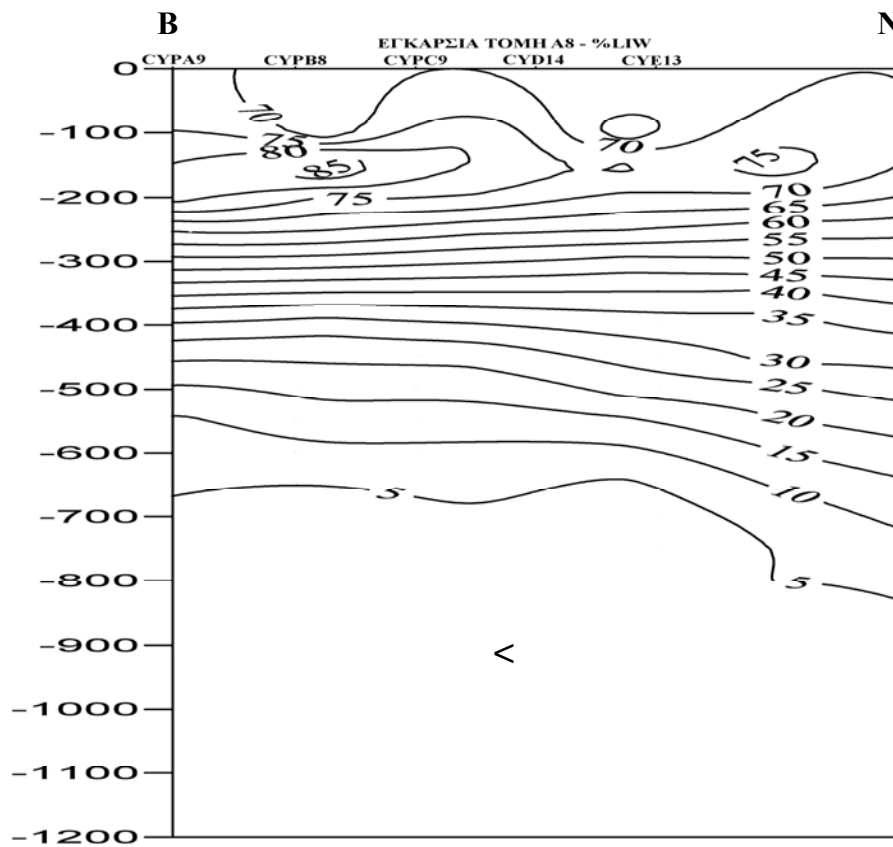
Εικόνα 3.4.2.14: Ποσοστό συμμετοχής του MAW κατά μήκος της τομής Α7



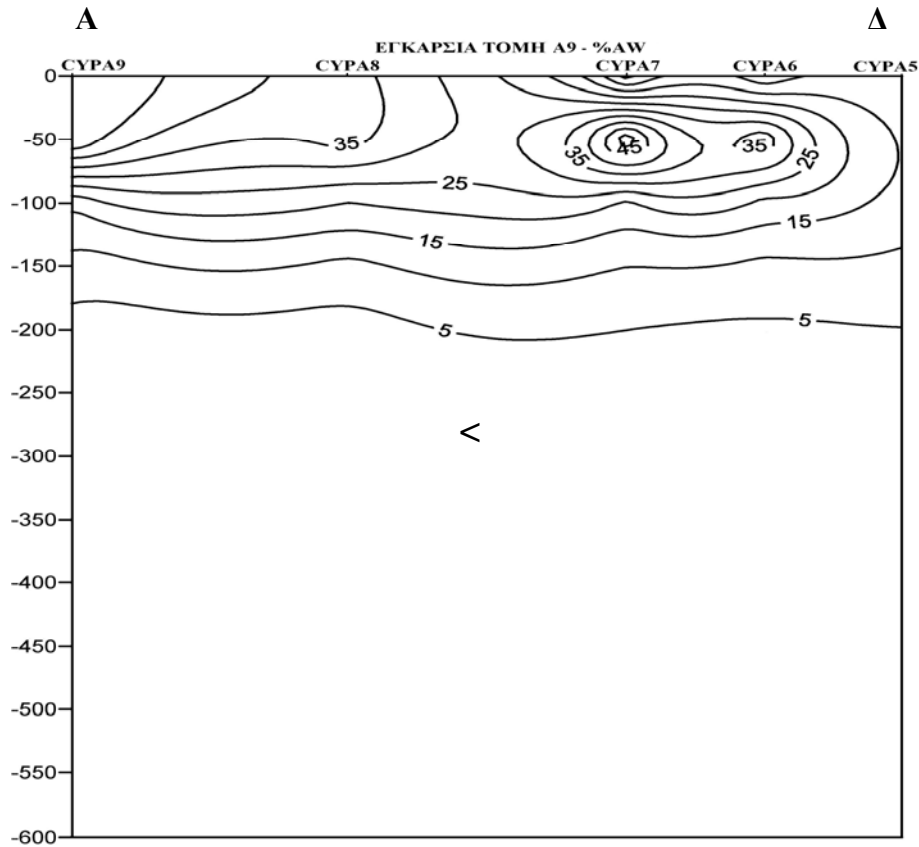
Εικόνα 3.4.2.15: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α7



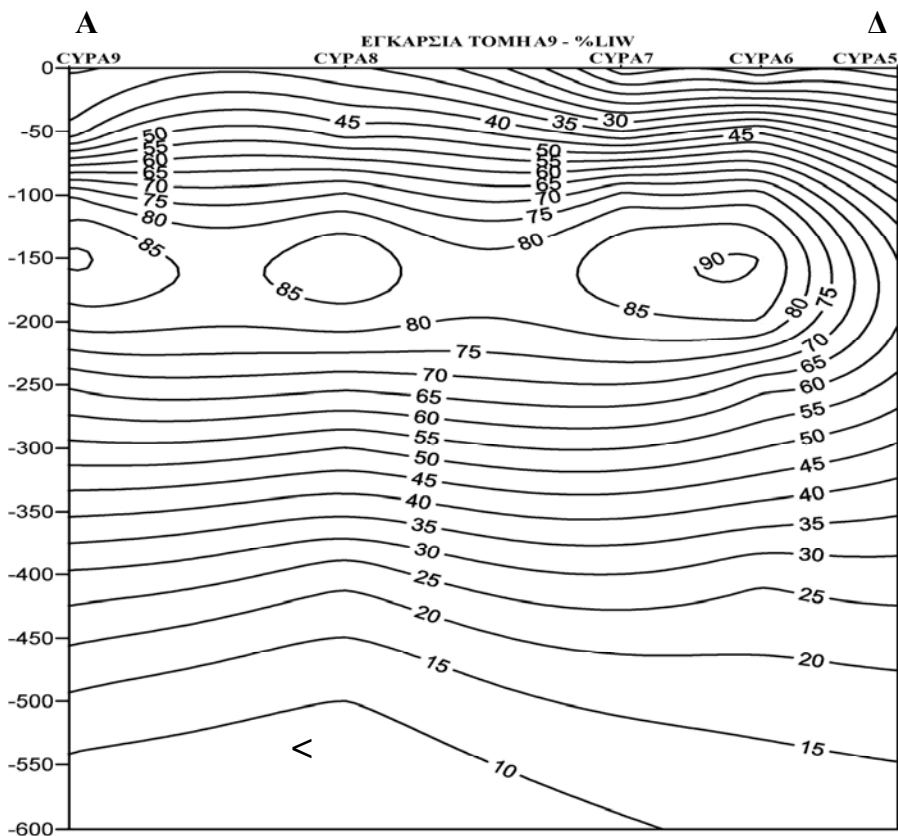
Εικόνα 3.4.2.16: Ποσοστό συμμετοχής του MAW κατά μήκος της τομής Α8



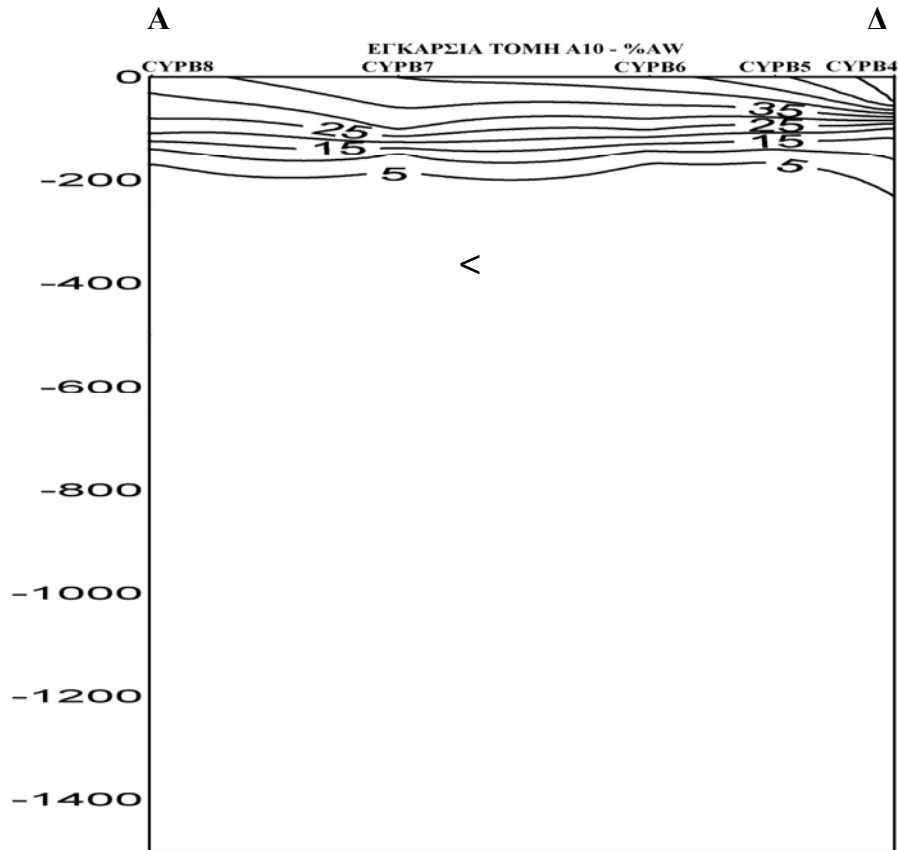
Εικόνα 3.4.2.17: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α8



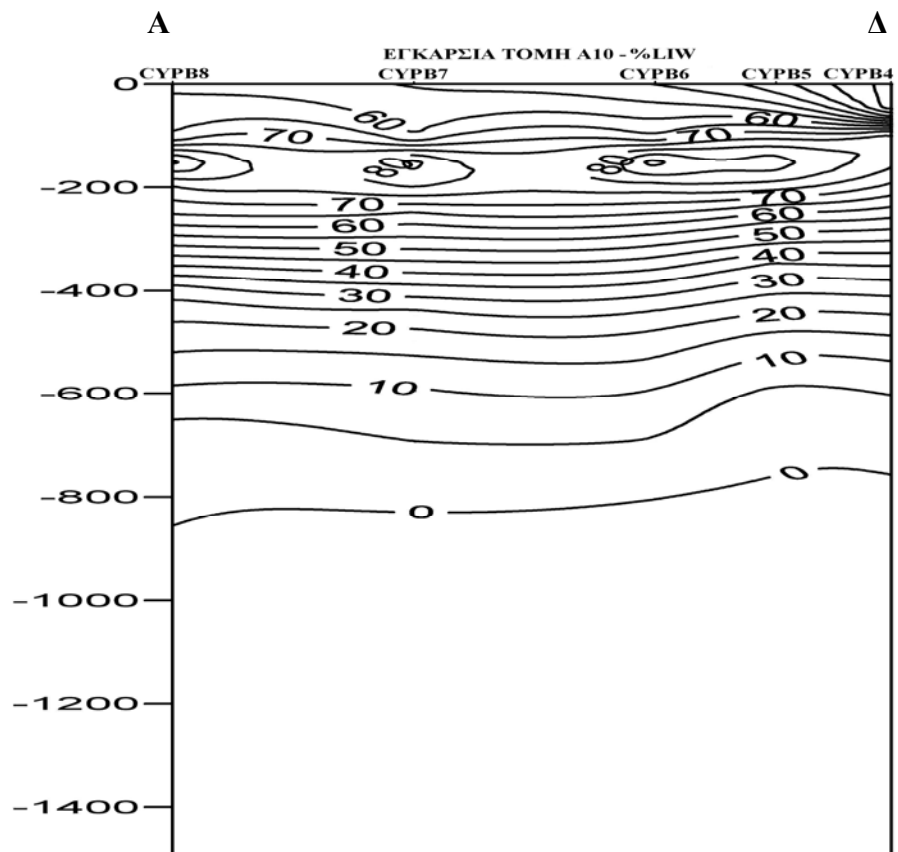
Εικόνα 3.4.2.18: Ποσοστό συμμετοχής του MAW κατά μήκος της τομής Α9



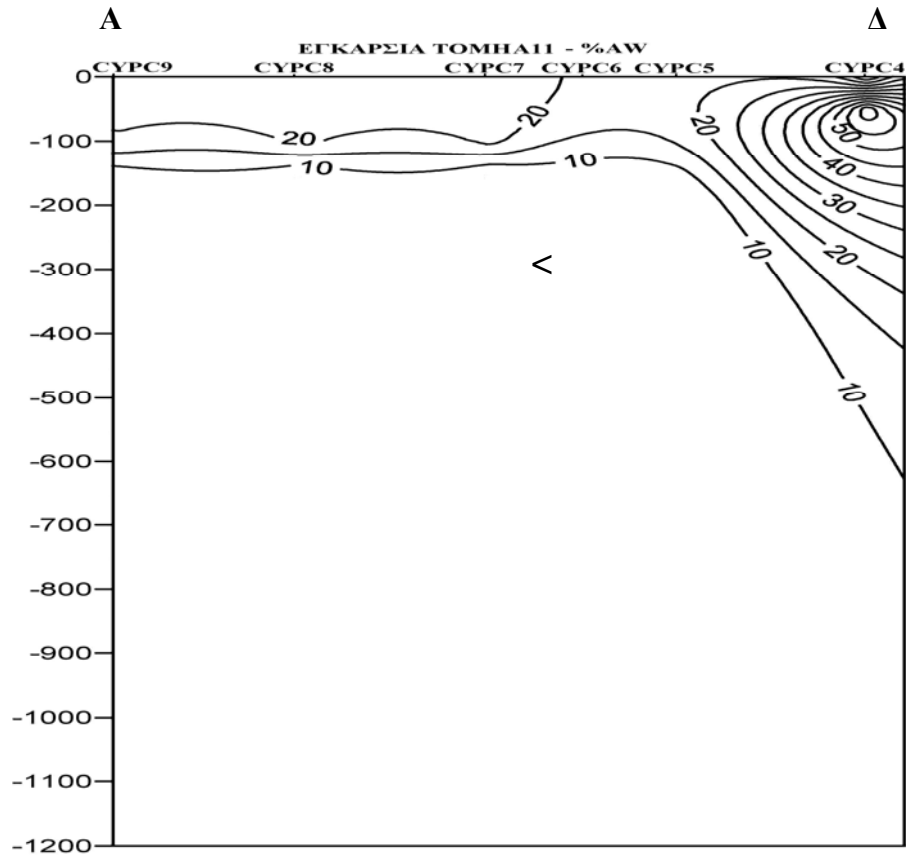
Εικόνα 3.4.2.19: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α9



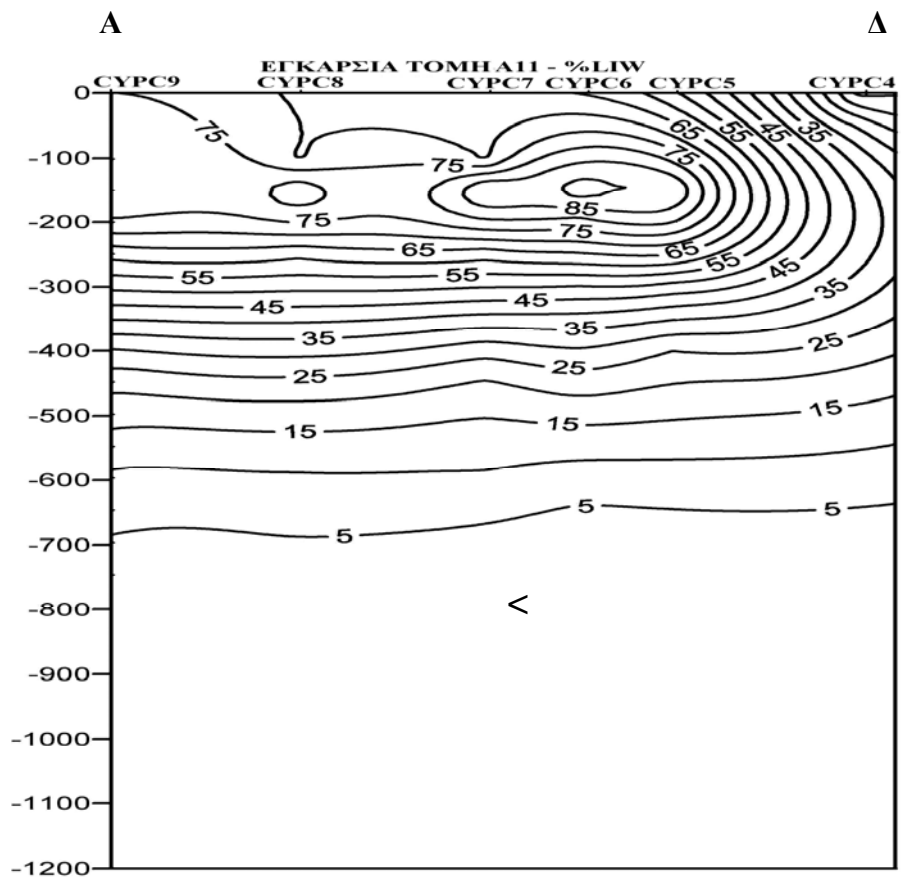
Εικόνα 3.4.2.20: Ποσοστό συμμετοχής του ΜΑΩ κατά μήκος της τομής Α10



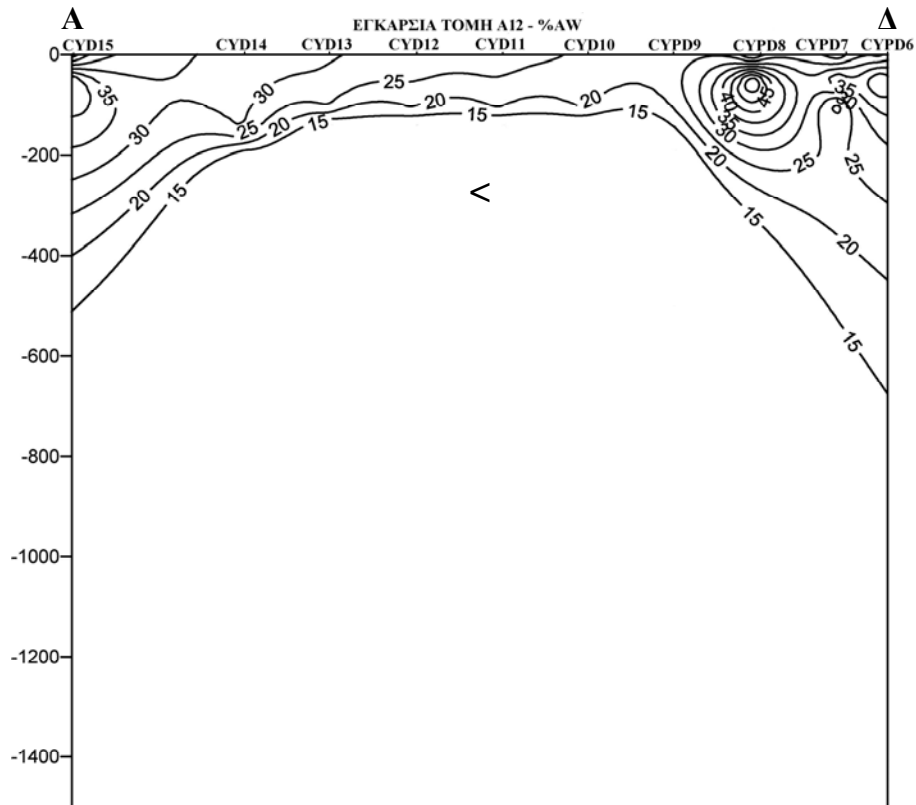
Εικόνα 3.4.2.21: Ποσοστό συμμετοχής του ΛΙΩ κατά μήκος της τομής Α10



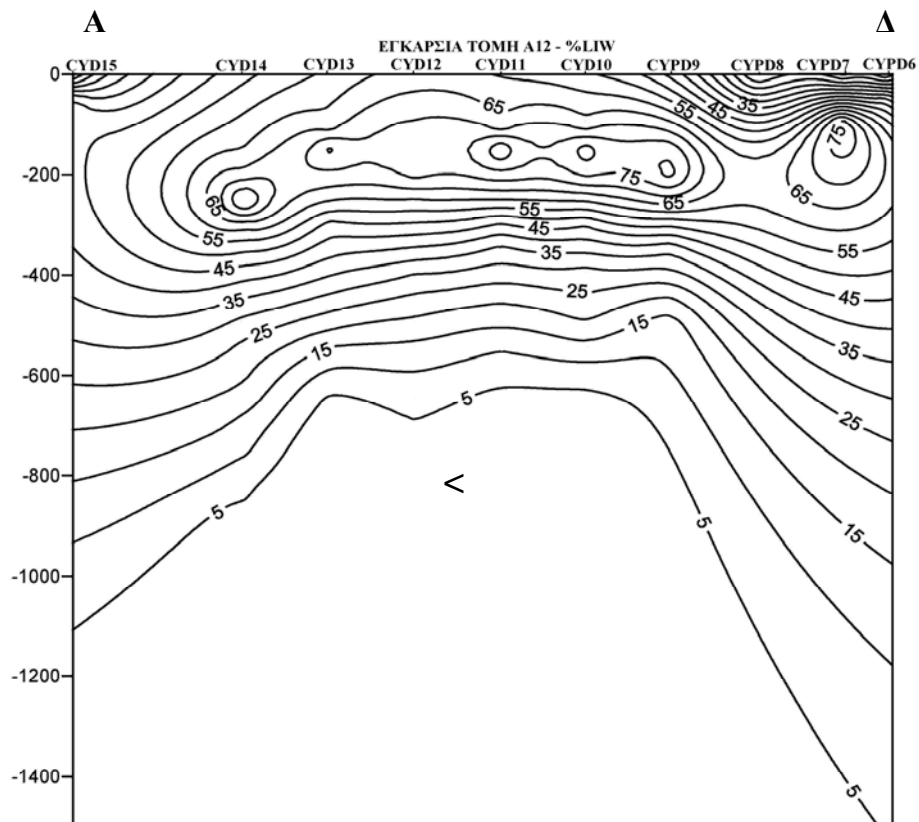
Εικόνα 3.4.2.22: Ποσοστό συμμετοχής του ΜΑW κατά μήκος της τομής Α11



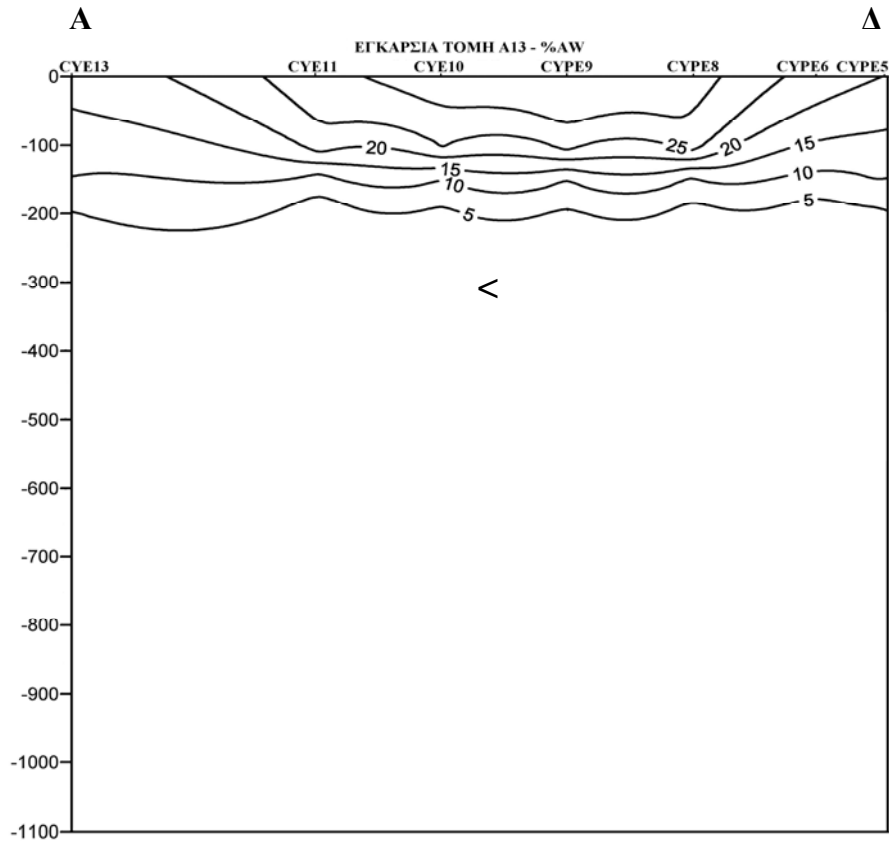
Εικόνα 3.4.2.23: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α11.



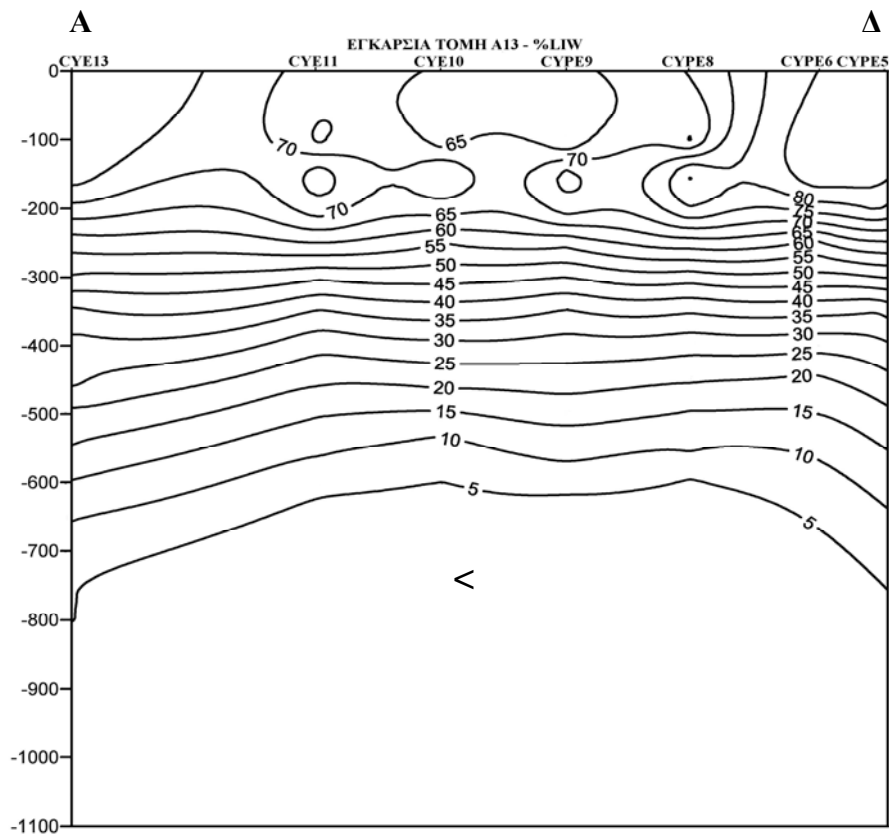
Εικόνα 3.4.2.24: Ποσοστό συμμετοχής του MAW κατά μήκος της τομής Α12.



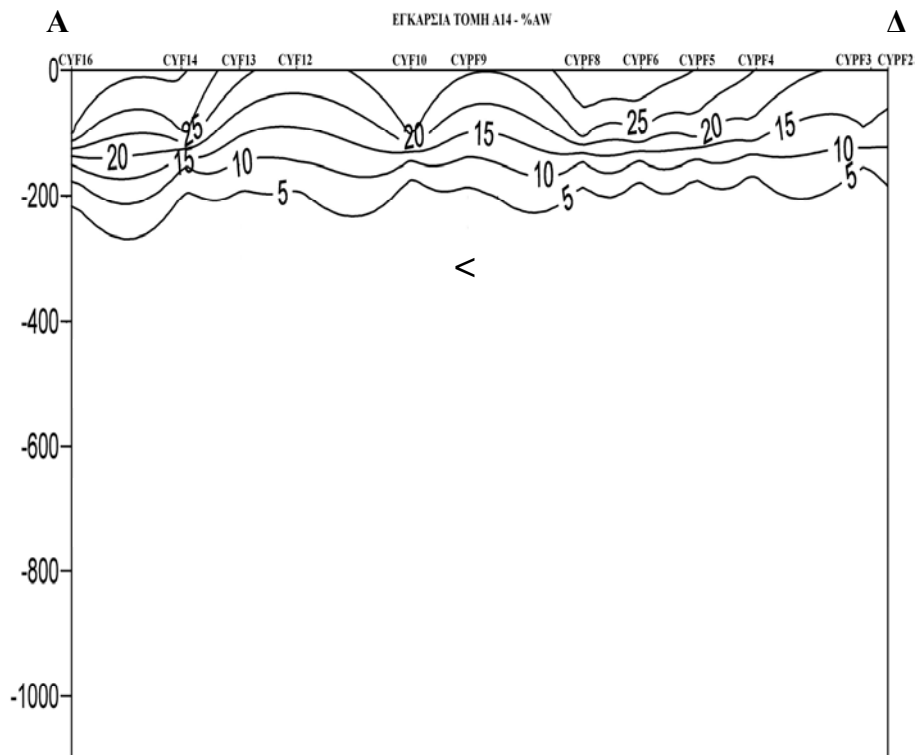
Εικόνα 3.4.2.25: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α12.



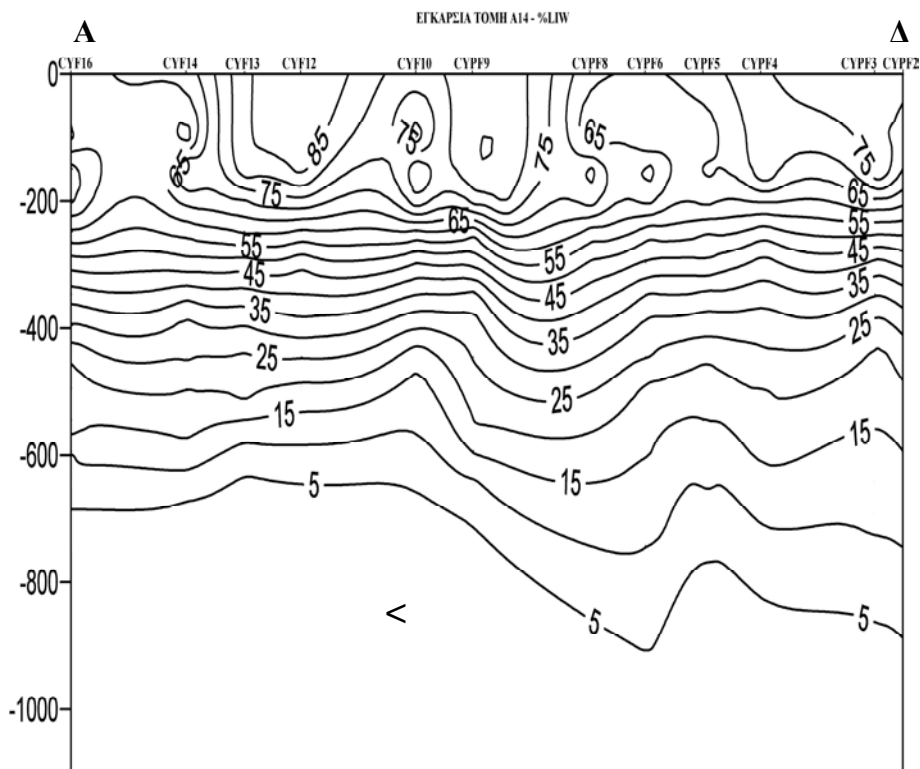
Εικόνα 3.4.2.26: Ποσοστό συμμετοχής του ΜΑΥ κατά μήκος της τομής Α13



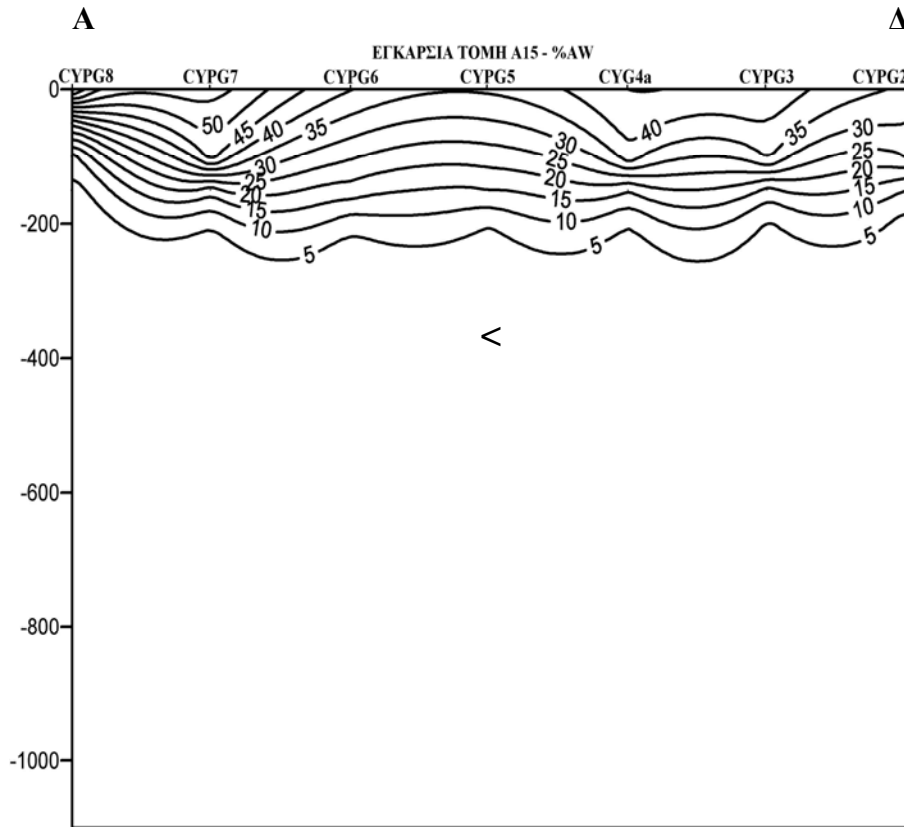
Εικόνα 3.4.2.27: Ποσοστό συμμετοχής του ΛΙΩ κατά μήκος της τομής Α13



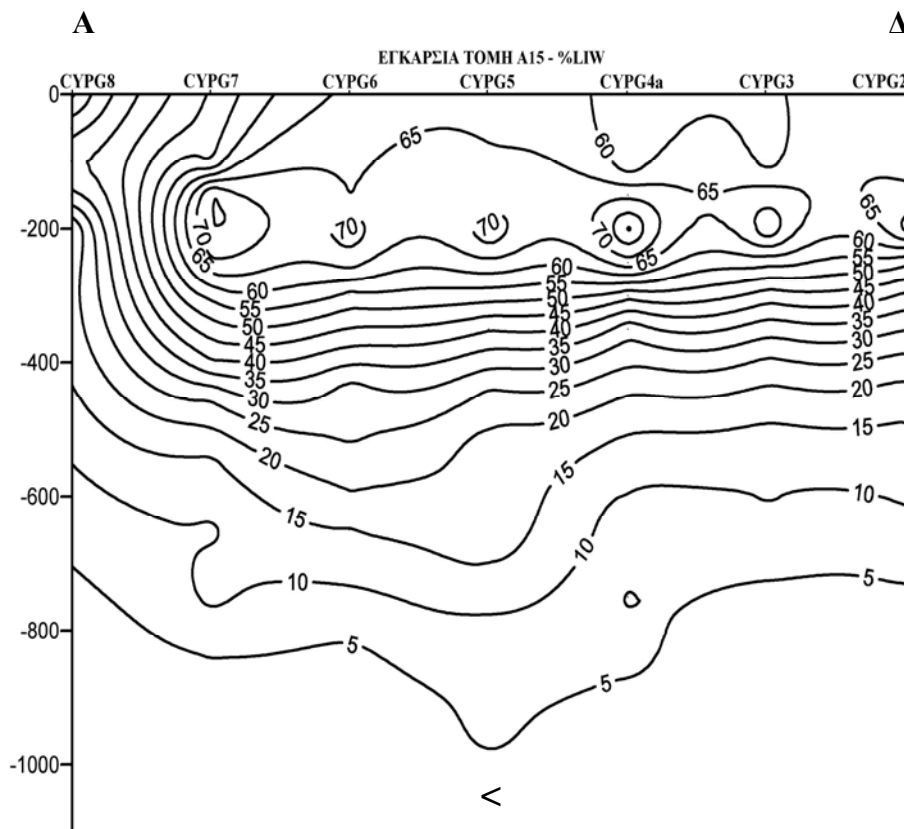
Εικόνα 3.4.2.28: Ποσοστό συμμετοχής του MAW κατά μήκος της τομής Α14



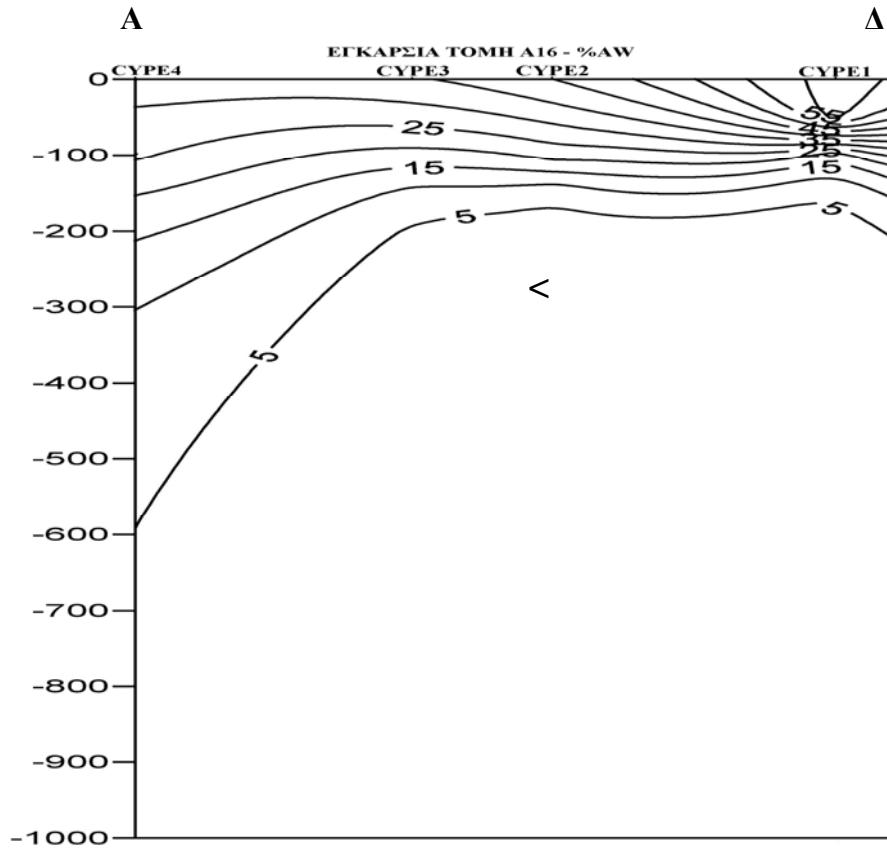
Εικόνα 3.4.2.29: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α14



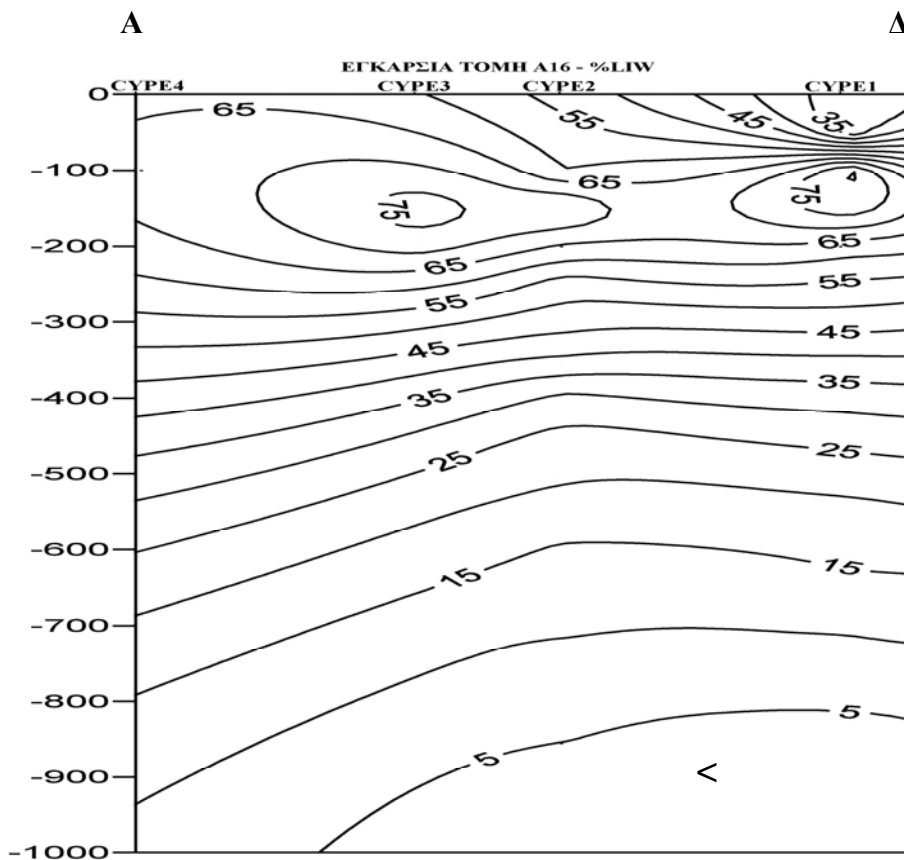
Εικόνα 3.4.2.30: Ποσοστό συμμετοχής του MAW κατά μήκος της τομής Α15



Εικόνα 3.4.2.31: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α15



Εικόνα 3.4.2.32: Ποσοστό συμμετοχής του AW κατά μήκος της τομής Α16



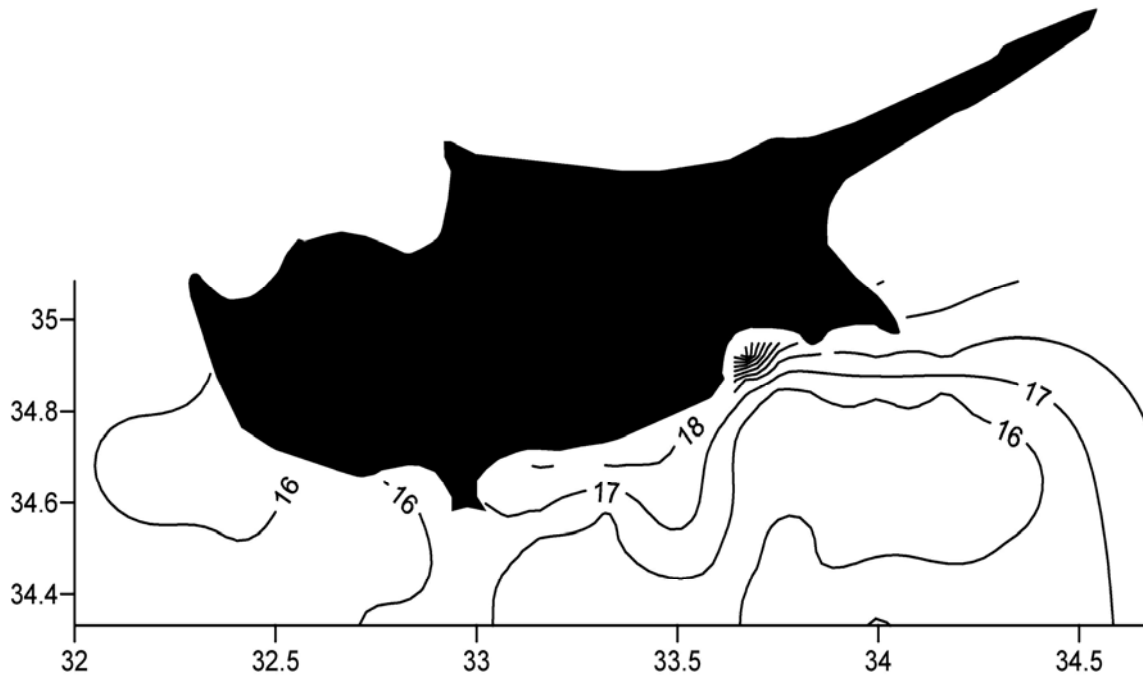
Εικόνα 3.4.2.33: Ποσοστό συμμετοχής του LIW κατά μήκος της τομής Α16

3.4.3. Χωρικές κατανομές των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών του πυρήνα του MAW και του LIW

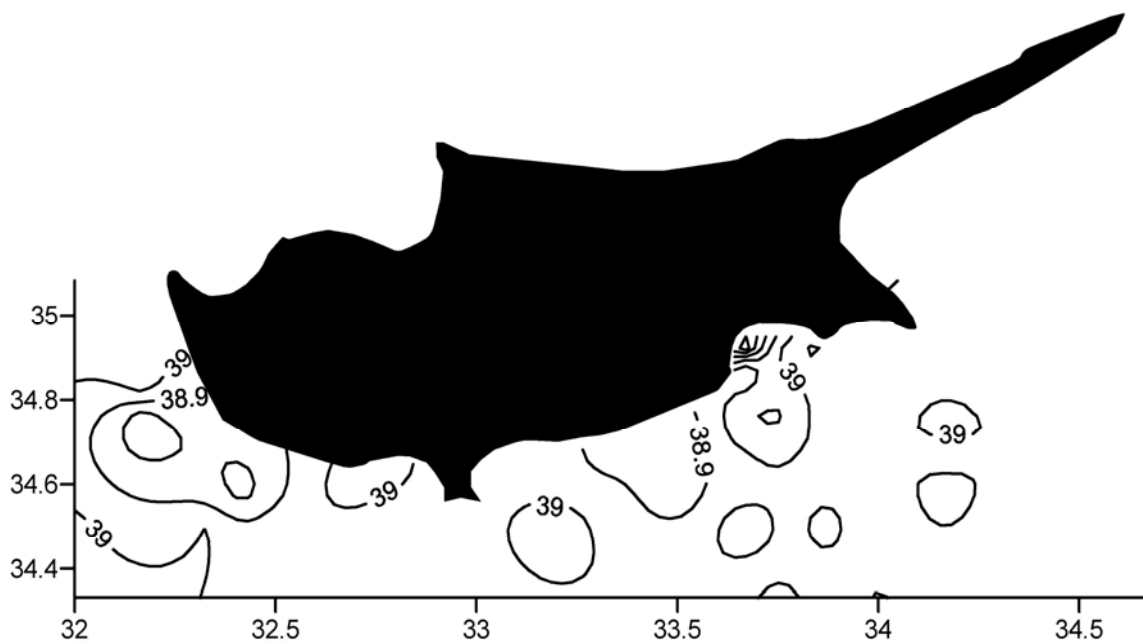
Τέσσερις υδάτινες μάζες (LSW, MAW, LIW και EMDW) εντοπίζονται τόσο στην περιοχή μελέτης αλλά και στην ευρύτερη περιοχή. Ωστόσο έμφαση δόθηκε μας στις υδάτινες μάζες MAW και LIW. Από την ανάλυση των υδάτινων μαζών προέκυψαν χάρτες της τοπογραφίας του μέγιστου ποσοστού συμμετοχής του MAW και του LIW στην περιοχή μελέτης, το πώς κατανέμονται οι συντηρητικές τους ιδιότητες (δυναμική θερμοκρασία και αλατότητα) και που εντοπίζεται το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής τους.

Από την κατανομή του μέγιστου ποσοστού συμμετοχής αντιλαμβανόμαστε ότι το AW εισέρχεται από τα δυτικά της περιοχής μελέτης βυθίζεται και επηρεάζεται από την κυκλωνική δίνη που δραστηριοποιείται στην περιοχή, ωστόσο το MMJ ενισχύει την προς ανατολάς εξαπλώσή του (Εικ.3.4.3.3). Αυτό επιβεβαιώνεται και από την τοπογραφία του πυρήνα του MAW (Εικ.3.4.3.4). Επίσης τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά του MAW υφίστανται τροποποίηση κατά την προς τα ανατολικά εξάπλωση του (Εικ.3.4.3:1, 2).

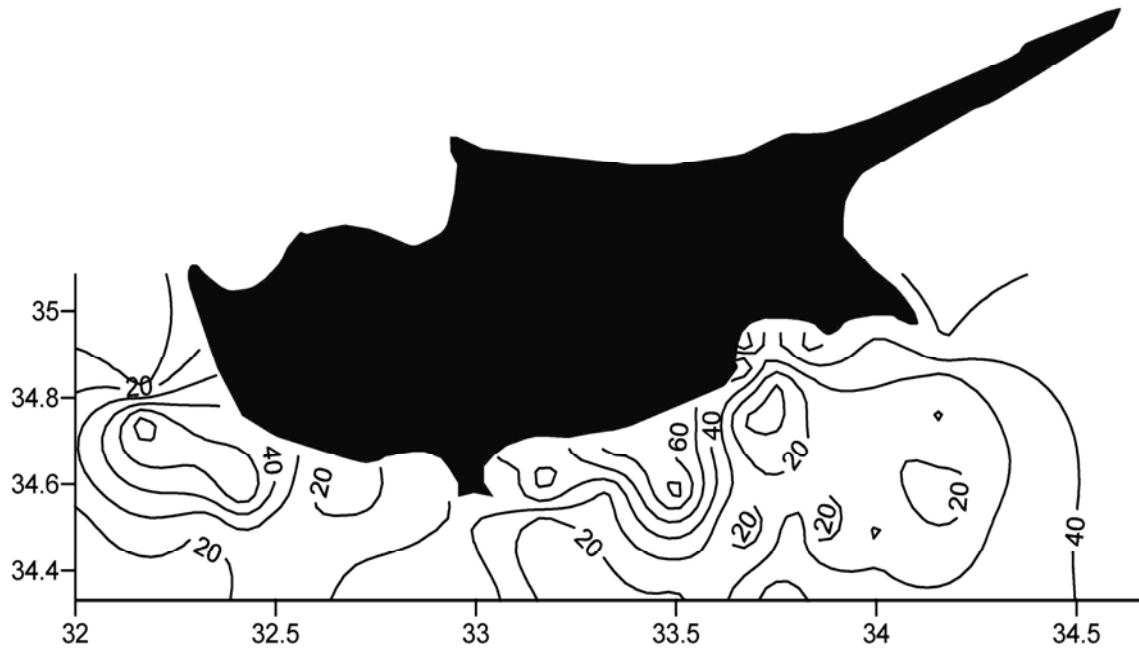
Το LIW δημιουργείται νότια και νοτιοανατολικά της Κύπρου (Εικ.3.4.3.7). Σταδιακά βυθίζεται μέχρι τα 230 m και κινείται νότιο-νοτιοδυτικά (Εικ 3.4.3.8). Καθώς εξαπλώνεται σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης στα ανώτερα 100 m με 200 m της υδάτινης στήλης τα θερμοαλατικά του χαρακτηριστικά διατηρούνται (Εικ.3.4.3:5, 6). Με την αλατότητα του LIW να κυμαίνεται μεταξύ των 39.04 psu και 39.08 psu, και αντίστοιχα η θερμοκρασία μεταξύ των 15.5 °C και 16.5 °C.



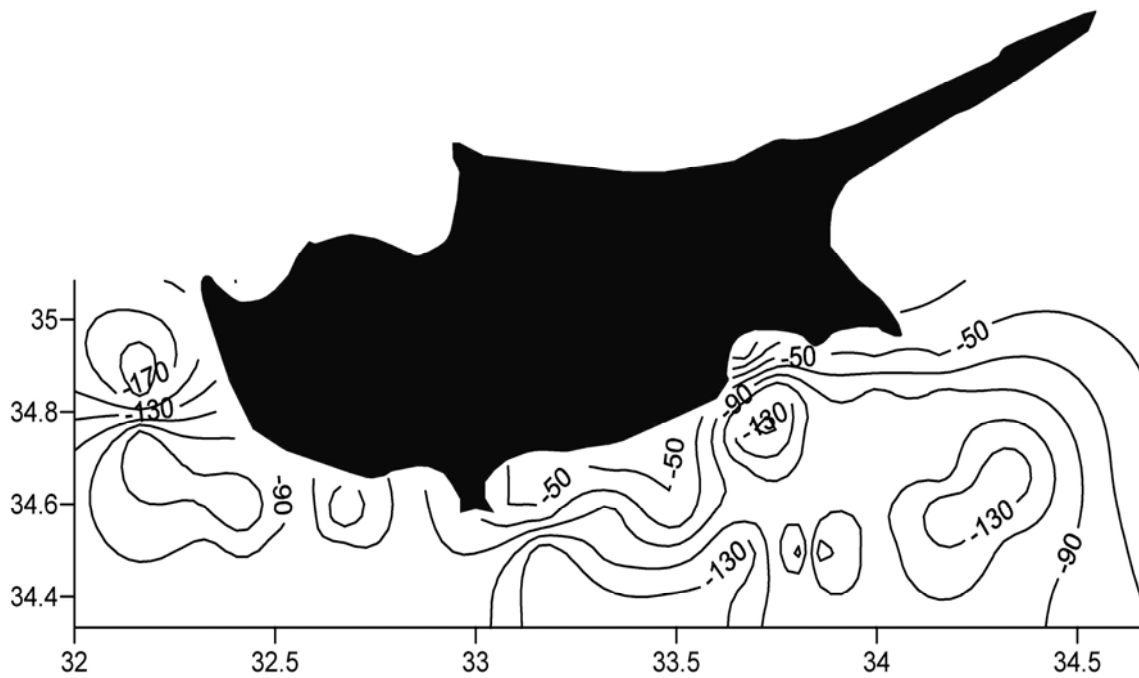
Εικόνα 3.4.3.1: Οριζόντια κατανομή της θερμοκρασίας του πυρήνα του MAW.



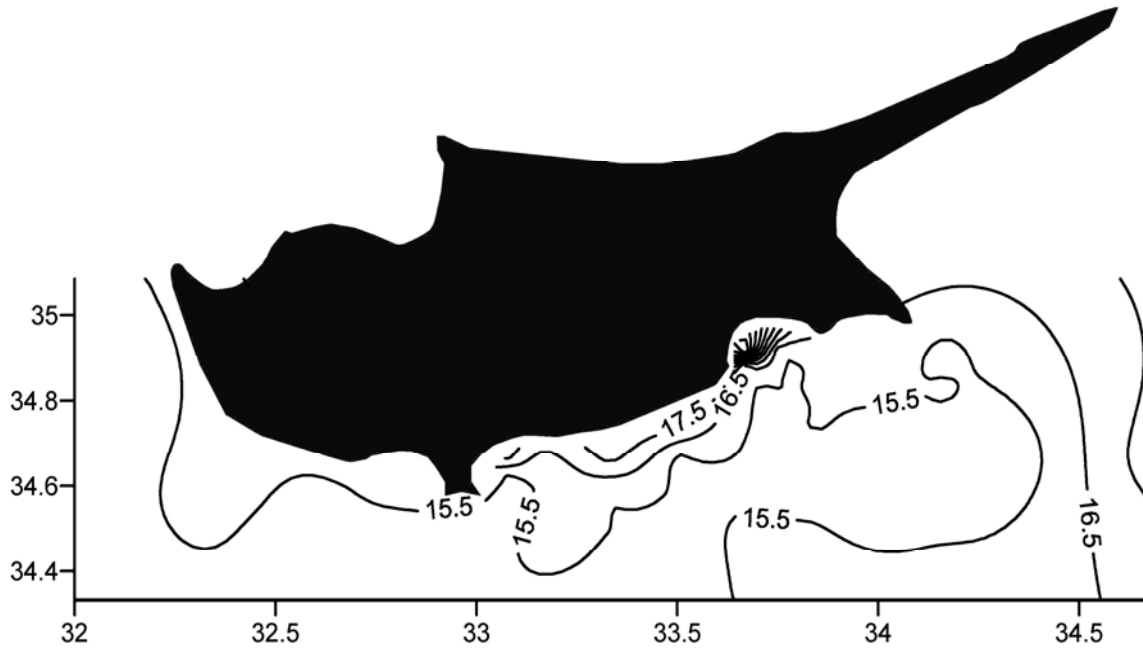
Εικόνα 3.4.3.2: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας του πυρήνα του MAW.



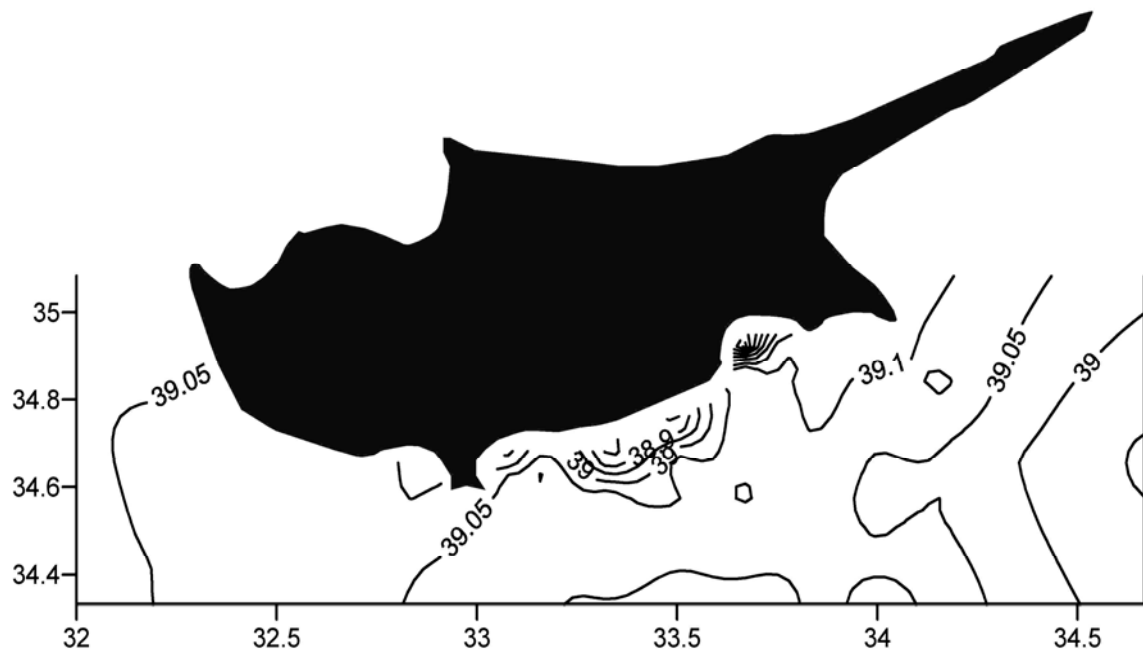
Εικόνα 3.4.3.3: Οριζόντια κατανομή του μέγιστου ποσοστού συμμετοχής του ΜΑΥ.



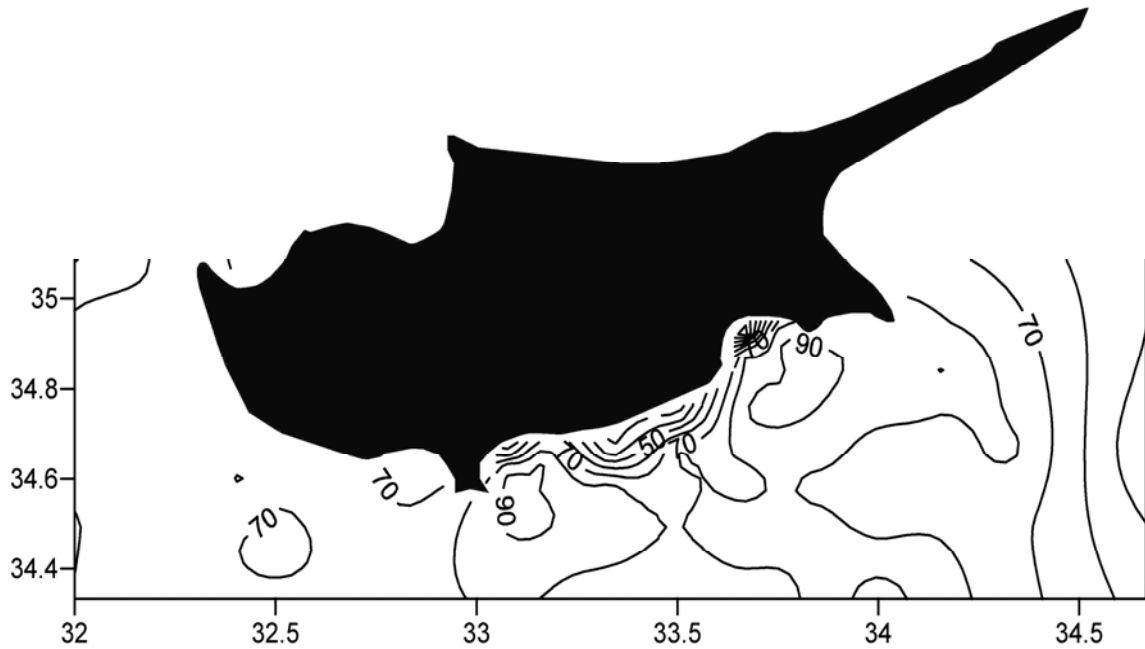
Εικόνα 3.4.3.4: Τοπογραφία του πυρήνα του ΜΑΥ



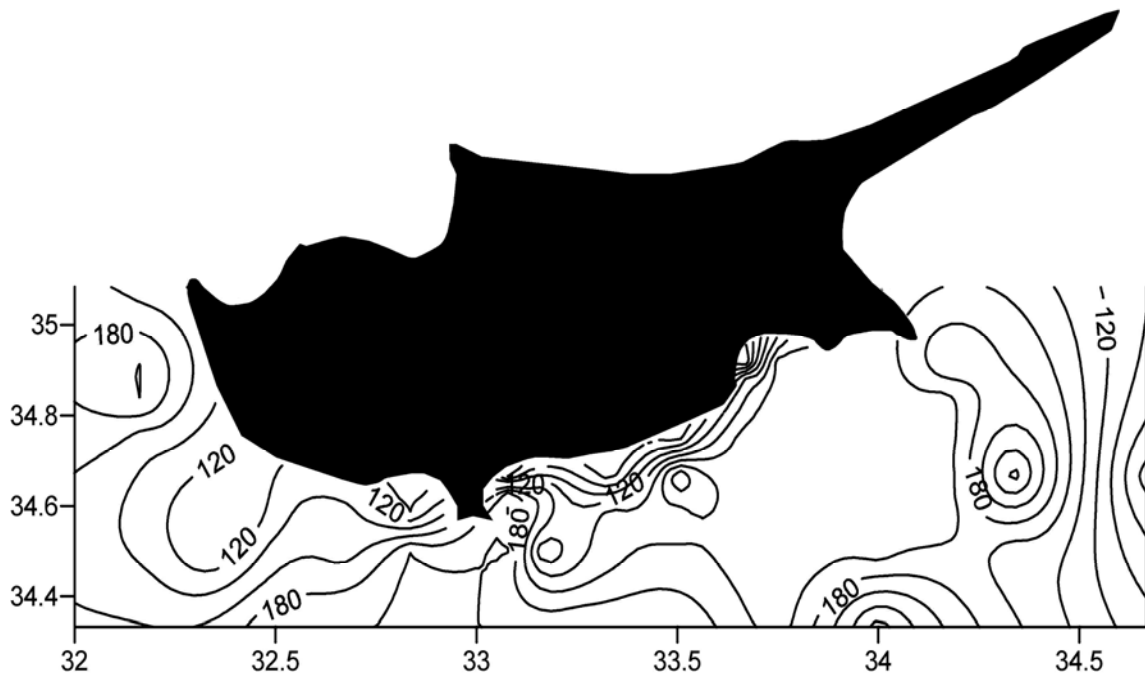
Εικόνα 3.4.3.5: Οριζόντια κατανομή της θερμοκρασίας του πυρήνα του LIW.



Εικόνα 3.4.3.6: Οριζόντια κατανομή της αλατότητας του πυρήνα του LIW.



Εικόνα 3.4.3.7: Οριζόντια κατανομή του μέγιστου ποσοστού συμμετοχής του LIW.



Εικόνα 3.4.3.8: Τοπογραφία του πυρήνα του LIW.

3.5. Γεωστροφικές ροές

3.5.1. Δυναμική τοπογραφία της νοτιοανατολικής Λεβαντινής λεκάνης.

Ένας χάρτης δυναμικής τοπογραφίας δείχνει τη γεωστροφική κυκλοφορία της περιοχής μελέτης. Συγκεκριμένα, το γεωστροφικό ρεύμα ρέει σε διεύθυνση κάθετη προς την κλίση των ισοβαρικών επιφανειών και επομένως ρέει κατά μήκος και παράλληλα με τις καμπύλες του δυναμικού ύψους. Όσο πιο πυκνά διατεταγμένες θα είναι οι καμπύλες δυναμικού ύψους, δηλαδή όσο πιο απότομη είναι η κλίση των ισοβαρικών επιφανειών, τόσο μεγαλύτερη ταχύτητα έχει το γεωστροφικό ρεύμα.

- ❖ Δυναμική τοπογραφία των 2 db ως προς τα 800 db.

Η επιφανειακή κυκλοφορία της περιοχής μελέτης (Εικ.3.5.1.1) στα τέλη του καλοκαιριού 1995 μας αποκαλύπτει την παρουσία δύο κυκλωνικών δινών στις θέσεις 1 και 3. Στη θέση 2 παρατηρείται μια αντικυκλωνική δίνη. Επίσης εμφανής είναι η παρουσία ενός γεωστροφικού ρεύματος (Mid Mediterranean jet) που εισέρχεται από τα νοτιοδυτικά (θέση 4), ρέει κατά μήκος και παράλληλα με τις καμπύλες του δυναμικού ύψους και κατευθύνεται προς τα ανατολικά. Ωστόσο, το MMJ διακλαδίζεται στη γειτονία της κυκλωνικής δίνης που εντοπίζεται στη θέση 1, και ένας σχετικά αδύναμος κλάδος του κατευθύνεται δυτικά.

- ❖ Δυναμική τοπογραφία των 50 db ως προς τα 800 db.

Στα 50 db τα δυναμικά χαρακτηριστικά που περιγράψαμε παραπάνω διατηρούνται (Εικ.3.5.1.2). Ωστόσο, εντοπίζεται μόνο ο ανατολικός κλάδος του MMJ. Επίσης παρατηρείται εντατικοποίηση του αντικυκλώνα στη θέση 2.

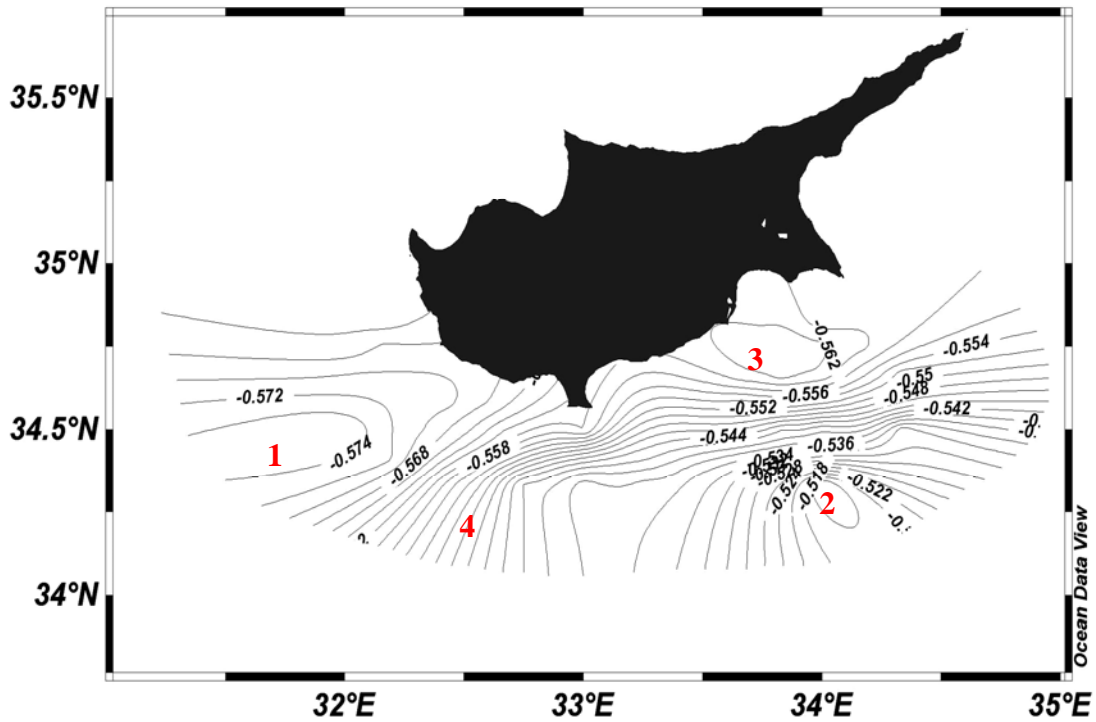
- ❖ Δυναμική τοπογραφία των 100 db και των 200 db ως προς τα 800 db.

Στη δυναμική τοπογραφία των 100 db (Εικ.3.5.1.3) τα μόνα δυναμικά χαρακτηριστικά που διατηρούνται είναι αυτά των θέσεων 1 και 2 με την κυκλωνική

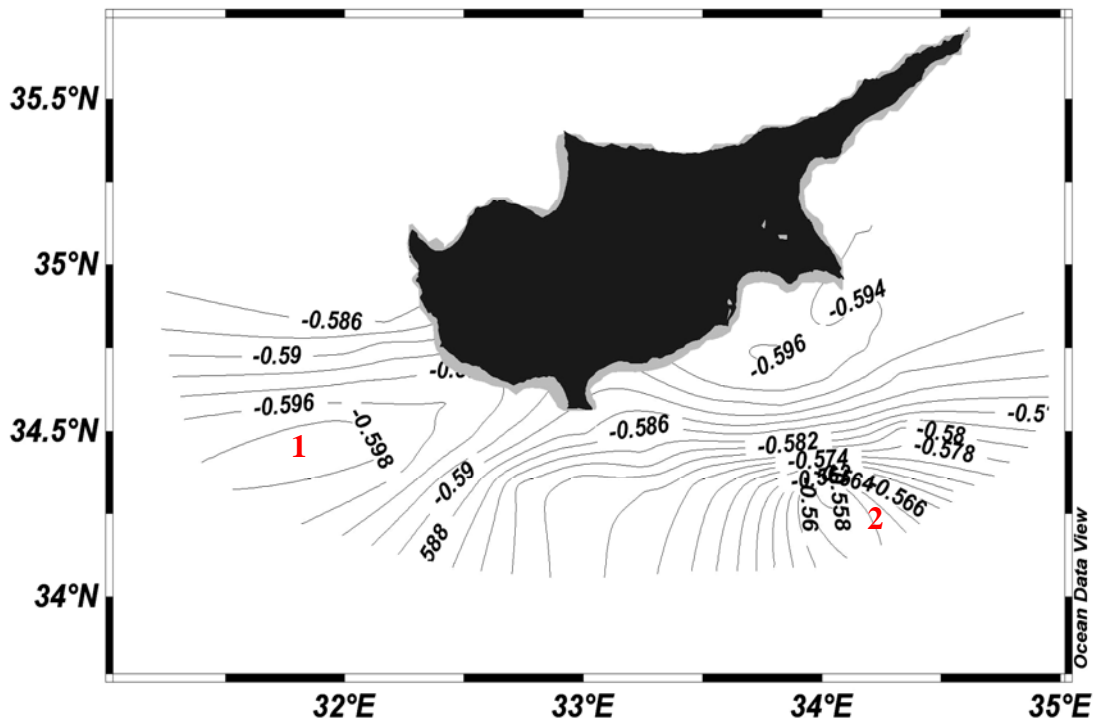
δίνη στη θέση 1 να έχει εξασθενήσει. Στα 200 db η κυκλωνική δίνη πλέον δεν υφίσταται και το μόνο δυναμικό στοιχείο που διατηρείται είναι η αντικυκλωνική δίνη στη θέση 2 (Εικ.3.5.1.4).

❖ Δυναμική τοπογραφία των 300 db και των 400 db ως προς τα 800 db.

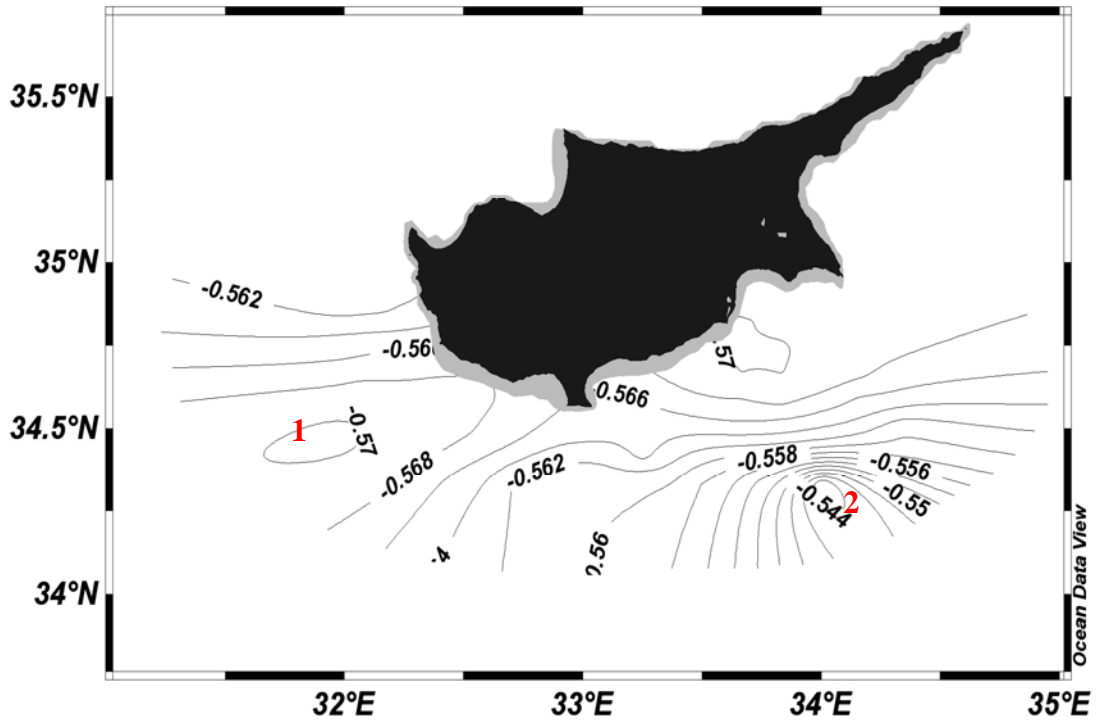
Τόσο στη δυναμική τοπογραφία των 300 db όσο και σε αυτήν των 400 db δεν παρατηρούνται αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά (Εικ.3.4.1.5, 3.4.1.6).



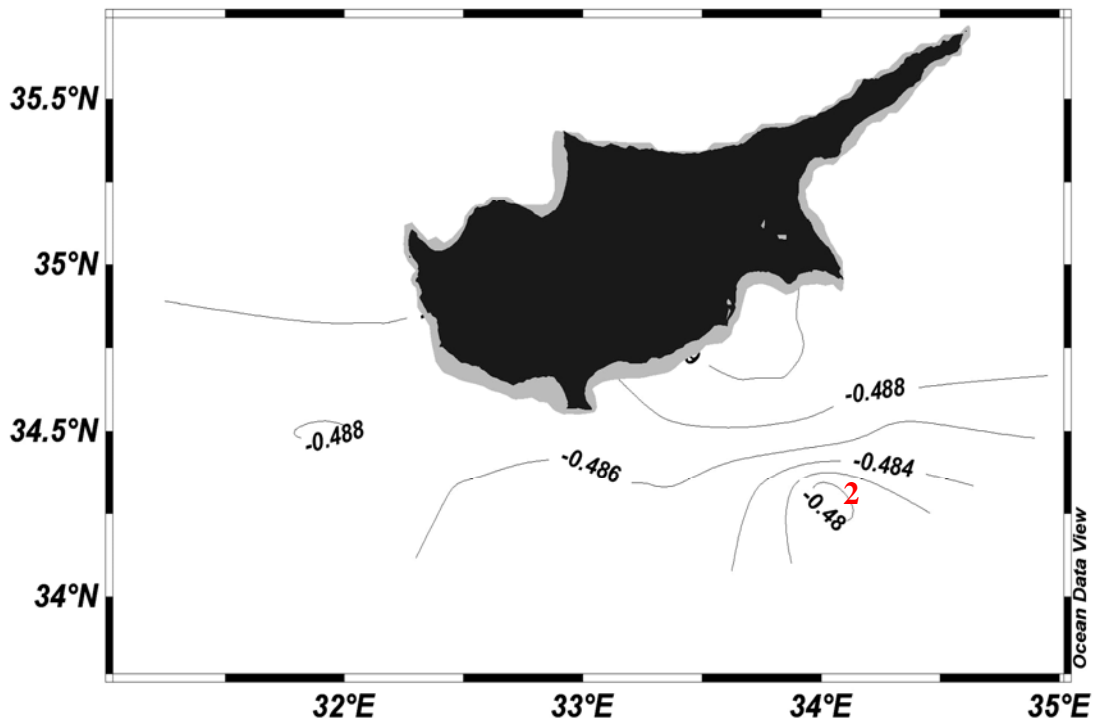
Εικόνα 3.5.1.1: Δυναμική τοπογραφία στα 2 db ως προς τα 800 db στο νοτιοανατολικό Λεβαντικό πέλαγος.



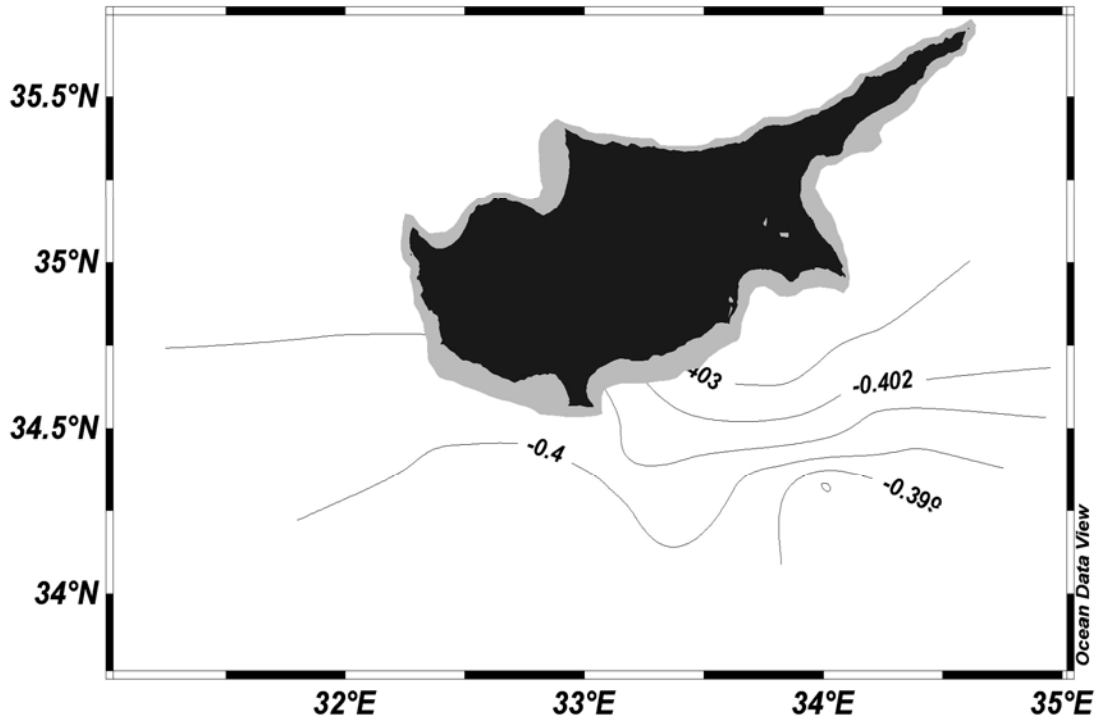
Εικόνα 3.5.1.2: Δυναμική τοπογραφία στα 50 db ως προς τα 800 db στο νοτιοανατολικό Λεβαντικό πέλαγος.



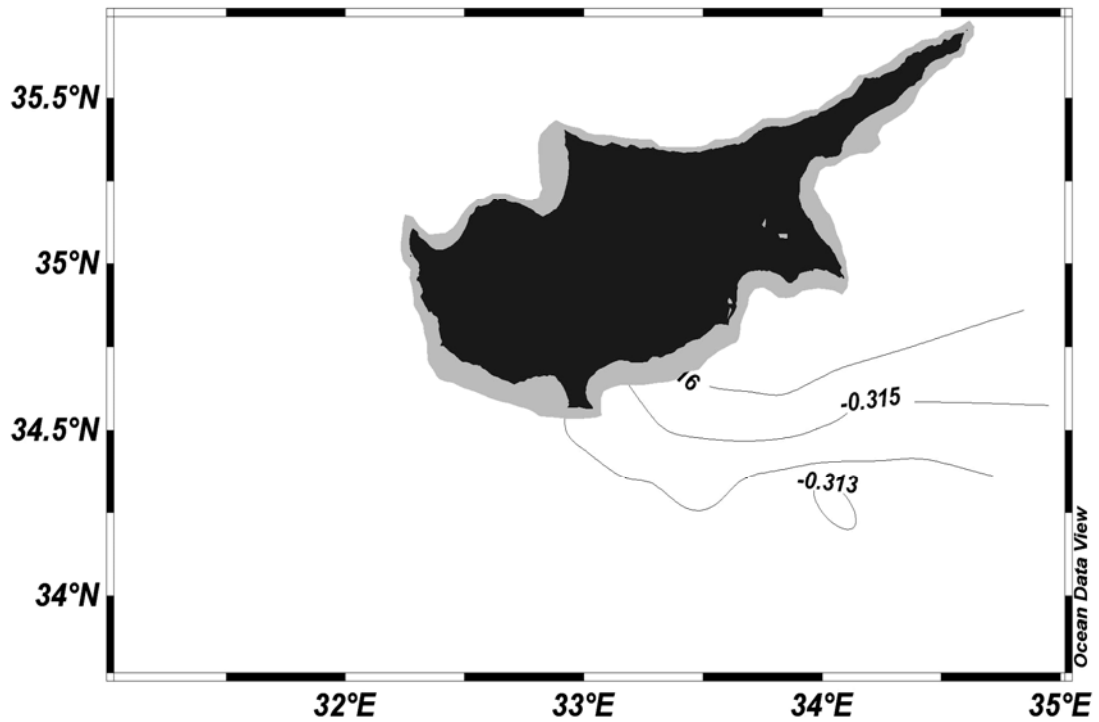
Εικόνα 3.5.1.3: Δυναμική τοπογραφία στα 100 db ως προς τα 800 db στο νοτιοανατολικό Λεβαντινό πέλαγος.



Εικόνα 3.5.1.4: Δυναμική τοπογραφία στα 200 db ως προς τα 800 db στο νοτιοανατολικό Λεβαντινό πέλαγος.



Εικόνα 3.5.1.6: Δυναμική τοπογραφία στα 300 db ως προς τα 800 db στο νοτιοανατολικό Λεβαντινό πέλαγος.



Εικόνα 3.5.1.1: Δυναμική τοπογραφία στα 400 db ως προς τα 800 db στο νοτιοανατολικό Λεβαντινό πέλαγος.

3.5.2. Δυναμική τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής μελέτης

- ❖ Δυναμική τοπογραφία των 2 db ως προς τα 800 db.

Η δυναμική τοπογραφία για την επιφάνεια της θάλασσας (Εικ.3.5.2.1) δείχνει την παρουσία πέντε αντικυκλωνικών δινών στις θέσεις 1, 3, 5, 6 και 9. Επίσης στην περιοχή μελέτης εντοπίζονται τέσσερις κυκλωνικές δίνες στις θέσεις 2, 4, 7 και 8. Ακόμα στη θέση 10 έχουμε την εμφάνιση του Mid Mediterranean jet που διασπάται σε δύο κλάδους. Ο ένας κλάδος κατευθύνεται προς τα δυτικά περιφερειακά της κυκλωνικής δίνης (θέση 4), ενώ ο άλλος κατευθύνεται προς τα βόρεια μεταξύ της αντικυκλωνικής δίνης (θέση 5) και της κυκλωνικής δίνης (θέση 2). Ο κλάδος του MMJ που κατευθύνεται προς τα βόρεια σε συνδυασμό με την αντικυκλωνική δίνη (θέση 3) μεταφέρει στη βορειοανατολική Λεβαντινή λεκάνη νερό υψηλής αλατότητας και θερμοκρασίας.

- ❖ Δυναμική τοπογραφία των 50 db ως προς τα 800 db.

Στα 50 db η πλειονότητα των δυναμικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης διατηρούνται αναλλοίωτα (Εικ.3.5.2.2). Ωστόσο η αντικυκλωνική δίνη της θέσης 3 δεν υφίσταται πλέον. Επίσης έχει εντατικοποιηθεί η αντικυκλωνική δίνη (θέση 5), ενώ παρατηρείται μια εξασθένηση του κλάδου του που κατευθύνεται δυτικά.

- ❖ Δυναμική τοπογραφία των 100 db ως προς τα 800 db.

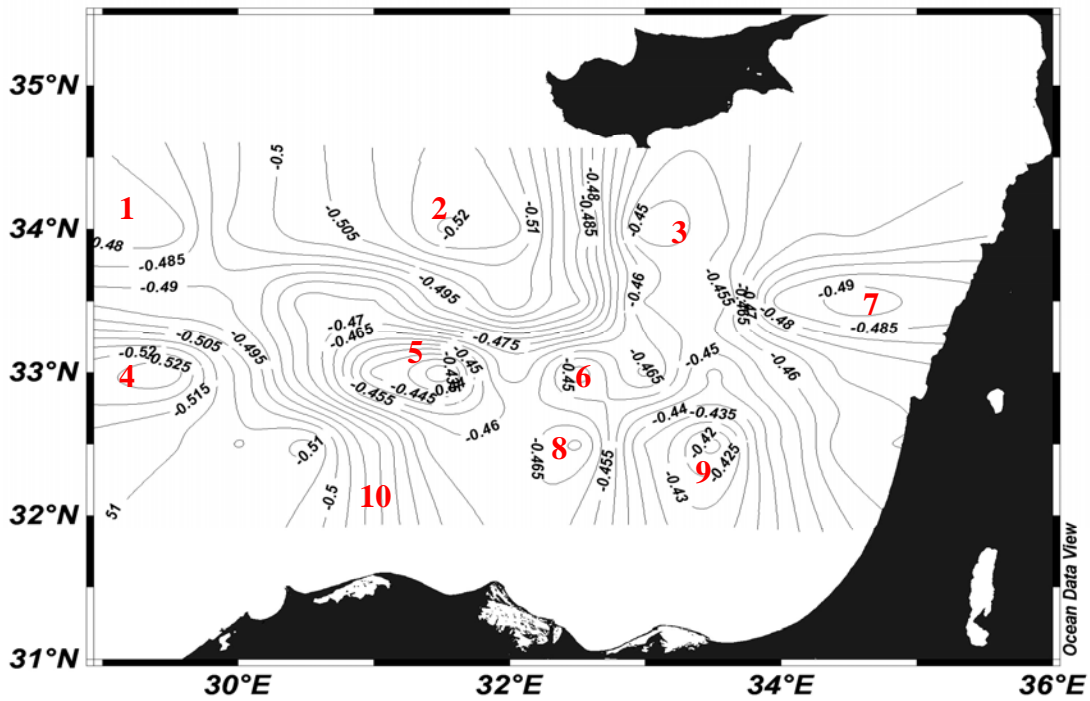
Τα περισσότερα δυναμικά χαρακτηριστικά που παρατηρούνται στην περιοχή μελέτης αρχίζουν σταδιακά να εξασθενούν (Εικ.3.5.2.3). Επίσης το MMJ δεν λαμβάνει πλέον χώρα. Ωστόσο μια νέα αντικυκλωνική εντοπίζεται στη θέση 11.

- ❖ Δυναμική τοπογραφία των 200 db ως προς τα 800 db.

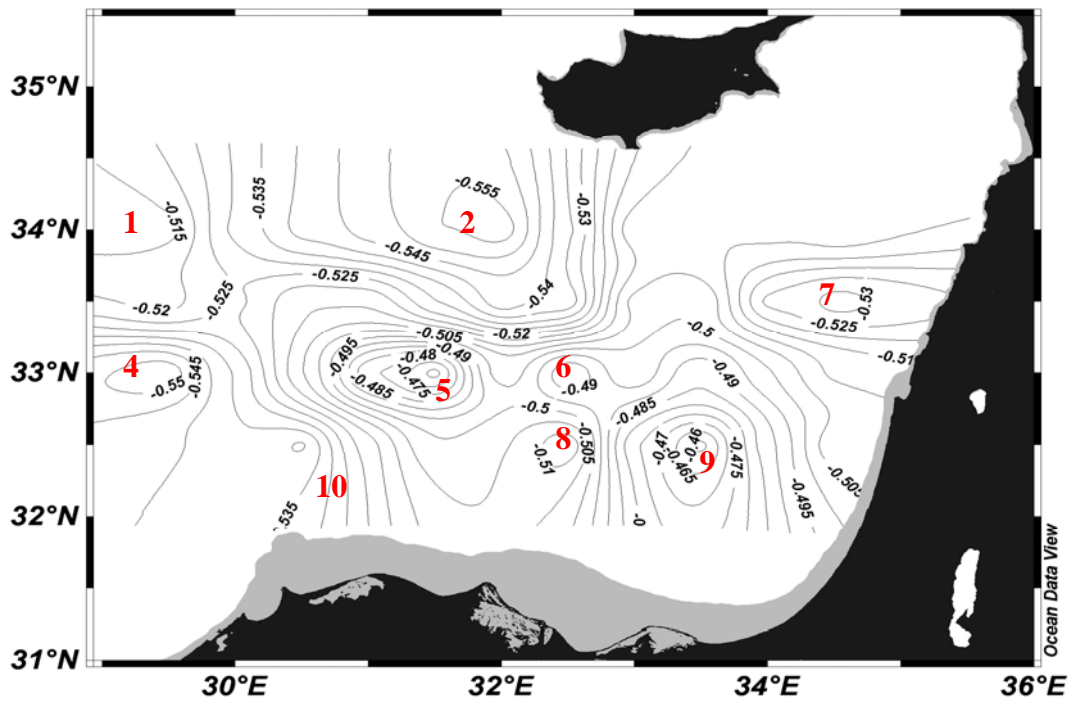
Στα 200 db η κυκλωνική δίνη στη θέση 4 δεν παρατηρείται πλέον στην περιοχή μελέτης (Εικ 3.5.2.4). Επίσης όλα τα προαναφερθέντα δυναμικά χαρακτηριστικά έχουν εξασθενήσει.

❖ Δυναμική τοπογραφία των 300 db και των 500 db ως προς τα 800 db.

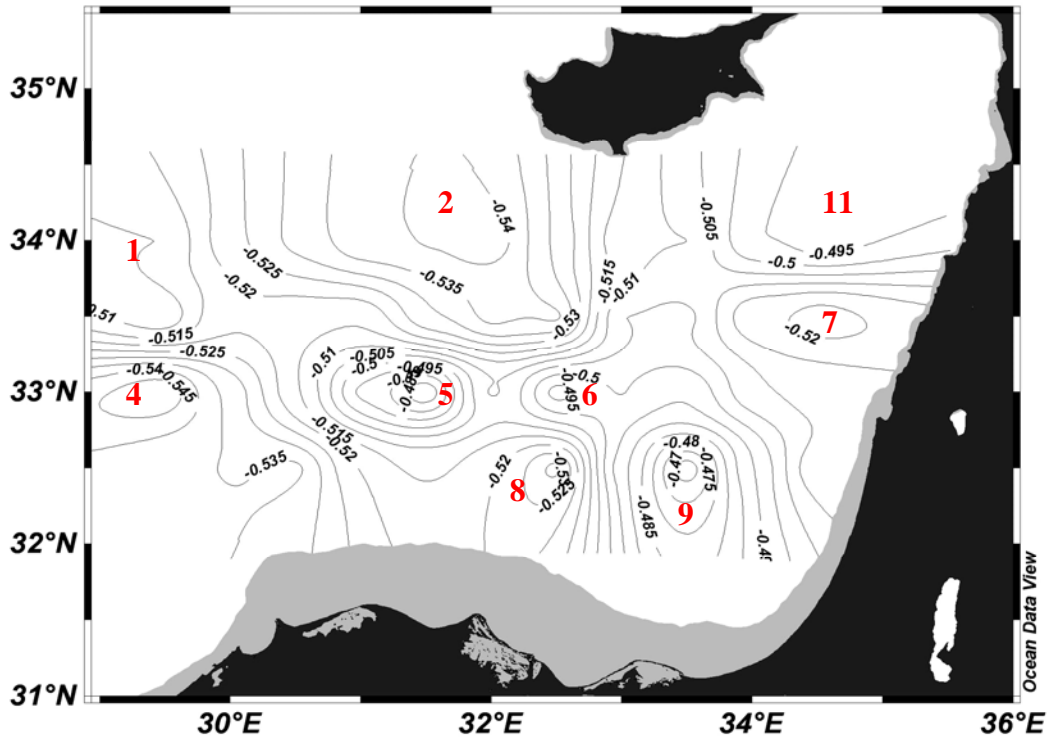
Τρεις αντικυκλωνικές δίνες διατηρούνται στην περιοχή μελέτης στις θέσεις 1, 9 και 11 (Εικ.3.5.2.5). Αντίστοιχα στα 500 db μόνο οι αντικυκλωνικές δίνες που παρατηρούνται στις θέσεις 1 και 11 εντοπίζονται στην περιοχή (Εικ.3.5.2.6).



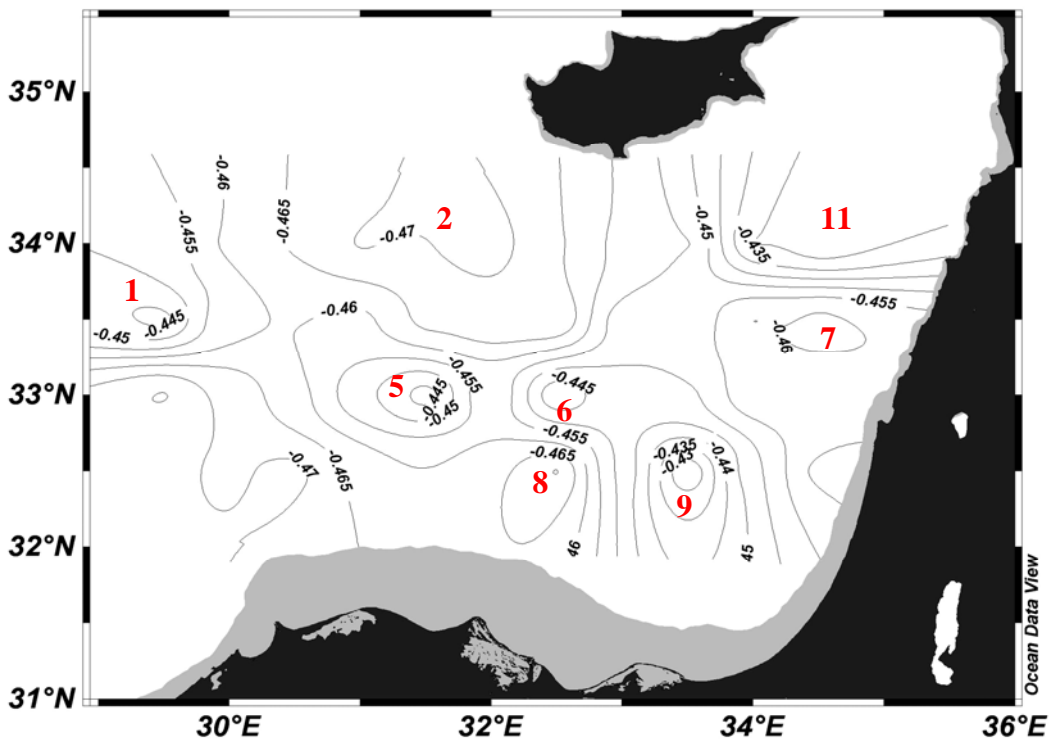
Εικόνα 3.5.2.1: Δυναμική τοπογραφία στα 2 db ως προς τα 800 db στην Λεβαντινή Λεκάνη



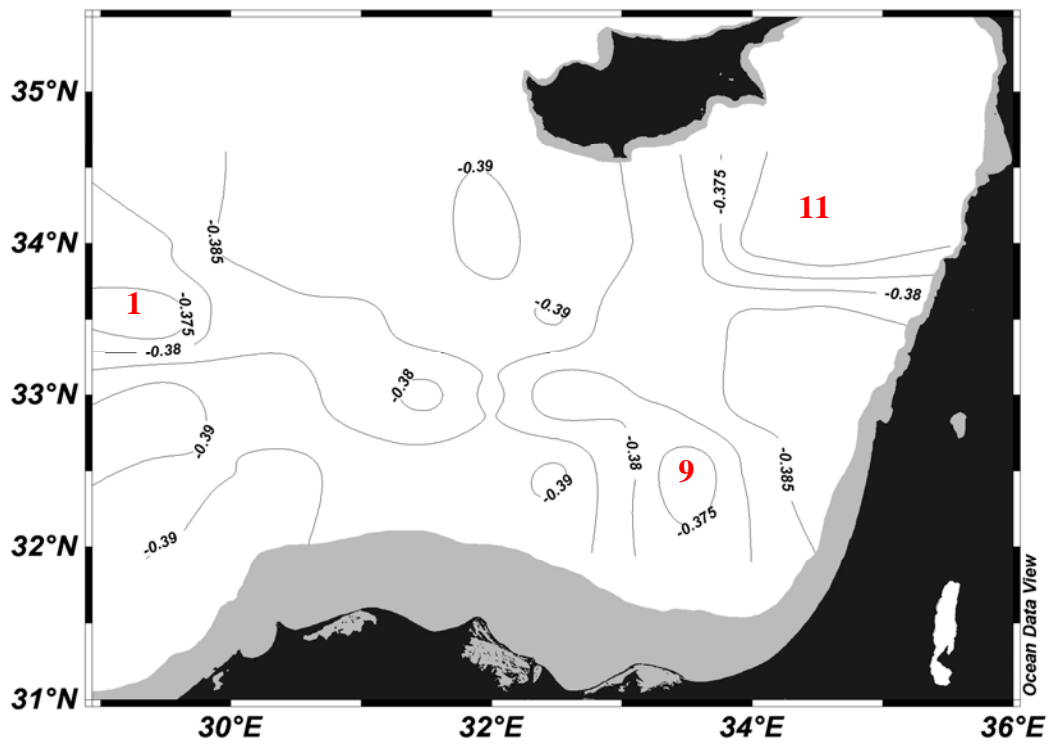
Εικόνα 3.5.2.2: Δυναμική τοπογραφία στα 50 db ως προς τα 800 db στην Λεβαντινή Λεκάνη



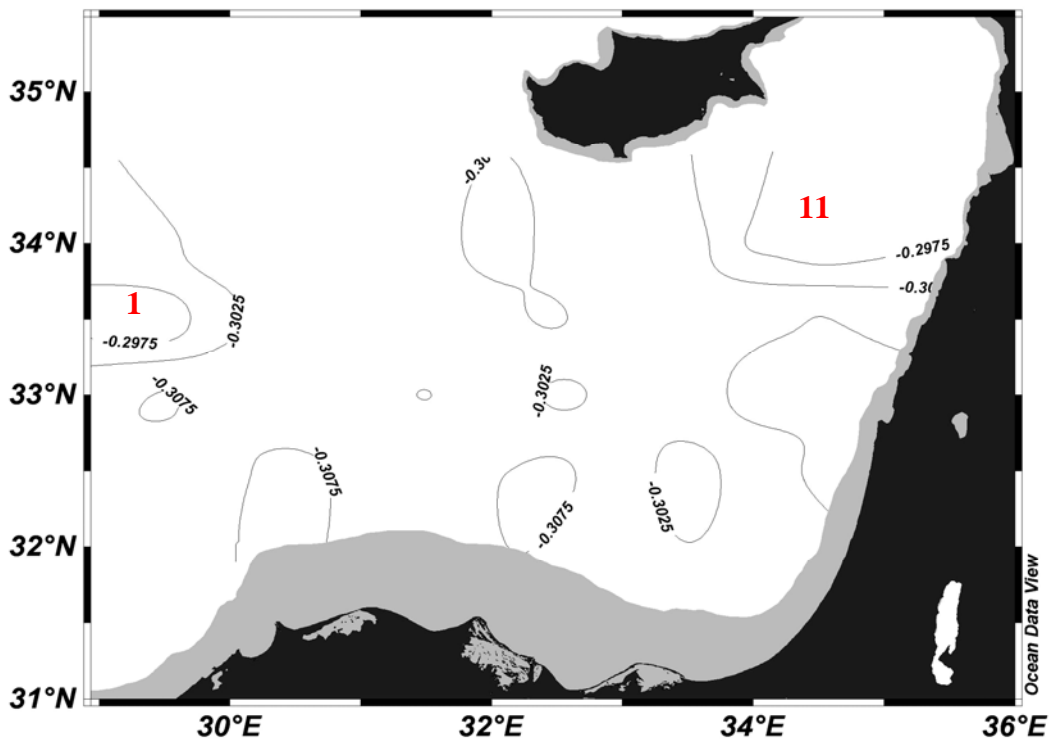
Εικόνα 3.5.2.3: Δυναμική τοπογραφία στα 100 db ως προς τα 800 db στην Λεβαντινή Λεκάνη



Εικόνα 3.5.2.4: Δυναμική τοπογραφία στα 200 db ως προς τα 800 db στην Λεβαντινή Λεκάνη



Εικόνα 3.5.2.5: Δυναμική τοπογραφία στα 300 db ως προς τα 800 db στην Λεβαντινή Λεκάνη

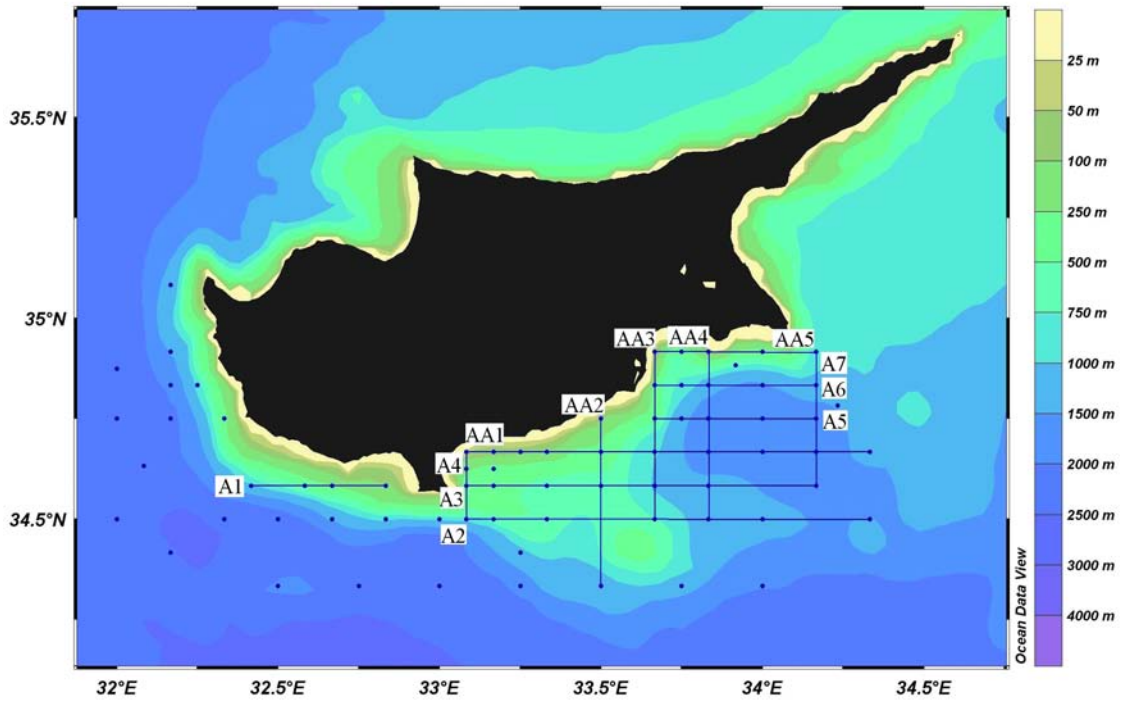


Εικόνα 3.5.2.6: Δυναμική τοπογραφία στα 500 db ως προς τα 800 db στην Λεβαντινή Λεκάνη

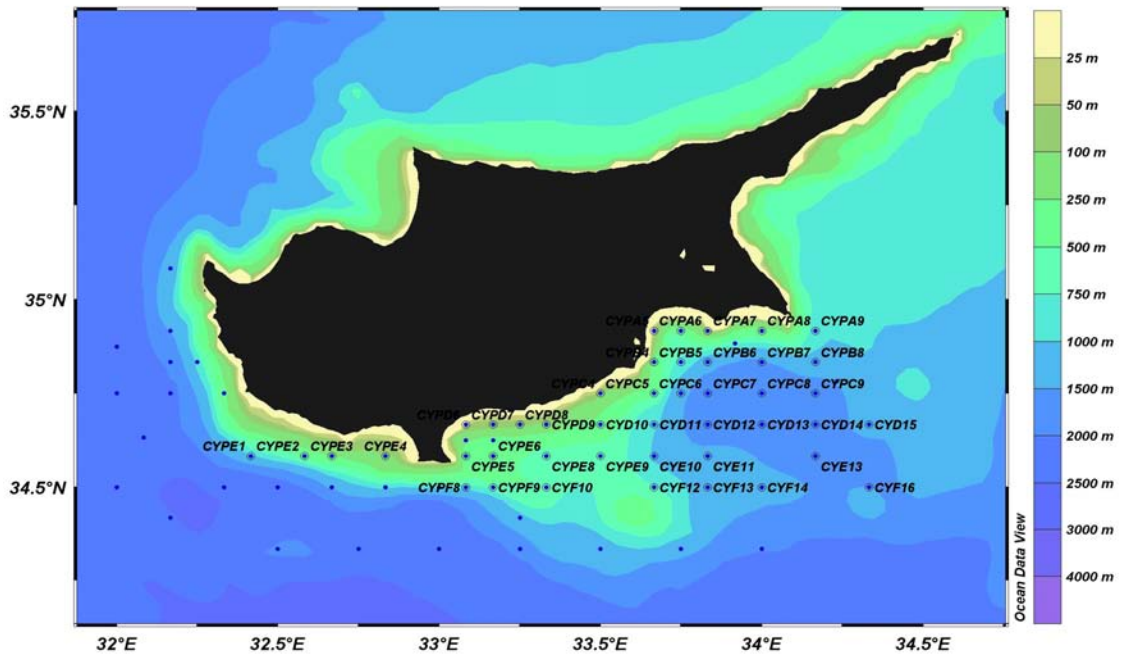
3.5.3.Γεωστροφικά Ρεύματα της νοτιοανατολικής Λεβαντινής λεκάνης.

Σε αυτήν την ενότητα εξετάζεται η ταχύτητα και τη διεύθυνση των γεωστροφικών ρευμάτων στην περιοχή μελέτης μας, όπως απεικονίζονται στις εγκάρσιες τομές. Όπως έχει αναφερθεί και στη μεθοδολογία η γεωστροφική ροή προϋποθέτει την ύπαρξη βαθμίδων πίεσης στη θάλασσα. Έτσι η γεωστροφική ροή που προκύπτει έχει φόρα κάθετη στη δύναμη της βαθμίδας πίεσης όταν η τελευταία αντισταθμίζεται από την κοριόλεια επιτάχυνση, (γεωστροφική ισορροπία). Ωστόσο, γεωστροφική ισορροπία επιτυγχάνεται όταν η ταχύτητα της οριζόντιας κίνησης του νερού, αλλά και η διεύθυνση του ρεύματος δεν υφίσταται χρονικές αλλαγές. Τόσο με τη δυναμική τοπογραφία που εξετάστηκε στις ενότητες 3.5.1 και 3.5.2 όσο και με τον υπολογισμό της γεωστροφικής ταχύτητας στις ενότητες 3.5.3 και 3.5.4 θα καταβληθεί προσπάθεια κατανόησης της γεωστροφικής κυκλοφορίας της περιοχής.

Στις εικόνες 3.5.3.1 και 3.5.3.2 απεικονίζονται οι σταθμοί και οι τομές που έχουν επιλεγεί για τη δημιουργία των εγκάρσιων τομών της γεωστροφικής ταχύτητας στο νοτιοανατολικό Λεβαντινό πέλαγος. Έχουν δημιουργηθεί 12 εγκάρσιες τομές εκ των οποίων οι 7 είναι παράλληλες με τα νότια παράλια της Κύπρου (από A1 έως A7), ενώ οι υπόλοιπες 4 είναι κάθετες στα νότια παράλια της Κύπρου (από AA1 έως AA5). Οι επιλογή των εγκάρσιων τομών έγινε με βάση τα δυναμικά χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης με σκοπό την καλύτερη κατανόηση τη δυναμικής της περιοχής. Ένα άλλο κριτήριο που έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην επιλογή των τομών είναι η ποιότητα των δεδομένων σε σχέση με τα σφάλματα που προκύπτουν από τον υπολογισμό των γεωστροφικών ροών με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος ODV 3.3.2.



Εικόνα 3.5.3.1: Χάρτης της περιοχής μελέτης που απεικονίζει τις εγκάρσιες τομές που επιλέχθηκαν για των υπολογισμό των γεωστροφικών ροών.



Εικόνα 3.5.3.2: Χάρτης της περιοχής μελέτης που απεικονίζει τους σταθμούς που επιλέχθηκαν για των υπολογισμό των γεωστροφικών ροών.

Όπως θα δούμε στο Παράρτημα 3 το ODV 3.3.2 δημιουργεί έναν εικονικό σταθμό μεταξύ των δυο σταθμών. Για παράδειγμα για τους σταθμούς CYPE1 και CYPE2 το ODV 3.3.2 δημιουργεί τον σταθμό CYPE1-CYPE2 που βρίσκεται ανάμεσα στους δυο αυτούς σταθμούς και ισαπέχη και από του δύο το ίδιο.

Επίσης για κάθε εγκάρσια τομή, το επίπεδο αναφοράς, δηλαδή το βάθος όπου η γεωστροφική ταχύτητα είναι ίση μηδέν, κυμαίνεται ανάμεσα στα 900 m με 1000 m. Έτσι ανάλογα με το βάθος των σταθμών της τομής αναπροσαρμόζουμε το επίπεδο αναφοράς (πάντα μέσα στο εύρος των τιμών που περιγράψαμε προηγουμένως) με σκοπό την καλύτερη απεικόνιση των αποτελεσμάτων και την αποφυγή τυχόν σφαλμάτων κατά τον υπολογισμό της γεωστροφικής ταχύτητας.

Οι γεωστροφικές ροές έχουν φορά ανατολική ή δυτική, όταν οι εγκάρσιες τομές που έχουν επιλεγεί είναι κάθετες προς τα παράλια της Κύπρου. Αντίστοιχα, οι γεωστροφικές ροές είναι νότιες ή βόρειες όταν οι εγκάρσιες τομές είναι παράλληλες προς στα νότια παράλια της Κύπρου. Το αρνητικό (θετικό) πρόσημο της γεωστροφικής ταχύτητας δηλώνει ότι η διεύθυνση του ρεύματος είναι νότια (βόρεια) ή δυτική (ανατολική) και εξαρτάται από την εκάστοτε θέση της εγκάρσιας τομής. Τέλος, το ODV 3.3.2 υπολογίζει τις γεωστροφικές ταχύτητες σε cm/s.

❖ Εγκάρσια τομή A1.

Μια βόρειο γεωστροφική ροή (είσοδος του MMJ στην περιοχή μελέτης) εντοπίζεται στη θέση 1 (Εικ.3.5.3.3). Με τη μέγιστη ταχύτητα του (70 cm/sec) να παρατηρείται στην επιφάνεια. Η ροή διατηρείται μέχρι το βάθος των 1000 m.

❖ Εγκάρσιες τομές A2 και A3.

Τόσο η εγκάρσια τομή A2 όσο και η A3 είναι σχεδόν παράλληλη με τον ανατολικό κλάδο του MMJ (Εικ.3.5.3:4, 5). Ο μαιανδρισμός που υφίσταται ο

νοτιοανατολικός κλάδος του MMJ απεικονίζεται άλλοτε σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό στις υπ' εξέταση τομές. Αρχικά ενώ επικρατούσε βόρεια ροή, στην τομή A2 η διεύθυνση αλλάζει και γίνεται νότια (θέση 1). Ωστόσο στη θέση 2 η ροή εξασθενεί (4 cm/s) και γίνεται βόρεια ξανά.

Στην εγκάρσια τομή A3 παρατηρούνται αρκετές μεταβολές όσον αφορά τη διεύθυνση της γεωστροφικής ροής και οφείλονται τόσο στο MMJ όσο και στην κυκλωνική δίνη που απαντάται στην περιοχή μελέτης. Στη θέση 1 έχουμε την παρουσία μιας νότιας ροής μικρής εντάσεως ($3 \text{ cm/s} \leq$) και έκτασης ($200 \text{ m} \leq$). Ωστόσο η ροή (14 cm/s) γίνεται βόρεια (θέση 2) κάτω από την επίδραση της γεωμορφολογίας των νότιων ακτών της Κύπρου. Στη θέση 3 η ροή (μέγιστο 4 cm/s) του MMJ γίνεται νότια ξανά κάτω από την επιρροή μιας τοπικού κλίμακας κυκλωνικής δίνης που εντοπίζεται στην περιοχή μελέτης. Ωστόσο το MMJ υφίσταται την επίδραση και από την αντικυκλωνική δίνη που παρατηρείται στα νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης με αποτέλεσμα η ροή ($\leq 3 \text{ cm/s}$) του να γίνεται βόρεια στη θέση 4.

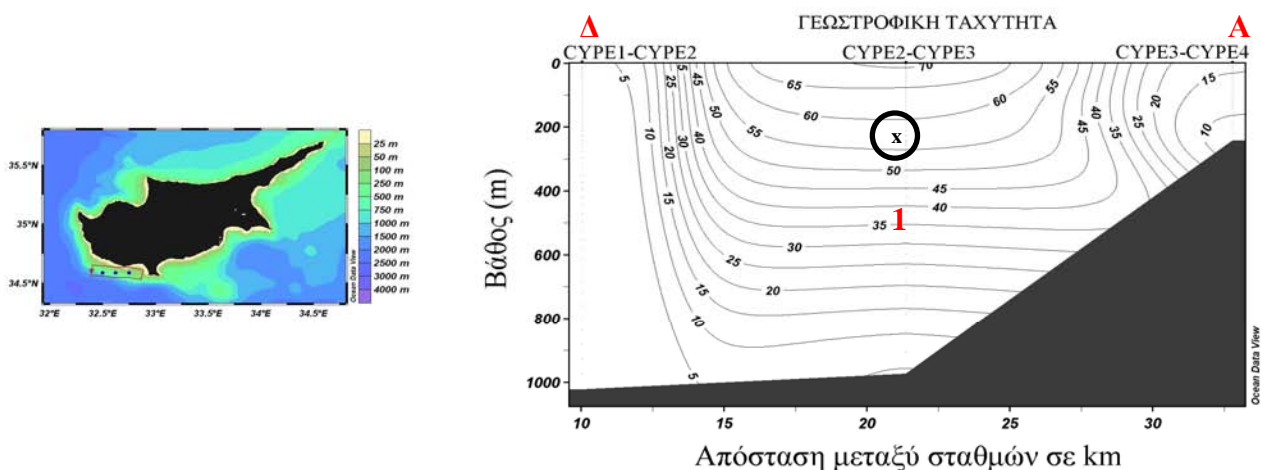
❖ Εγκάρσιες τομές A4, A5, A6 και A7.

Μία νότια ροή εντοπίζεται και στις τέσσερις εγκάρσιες τομές στις θέσεις 1 (A5, A6 και A7) και 2 (A4) που οφείλεται στην κυκλωνική δίνη που παρατηρείται στην περιοχή μελέτης (Εικ.3.5.3:6, 7, 8, 9). Ειδικότερα στην τομή A4 έχουμε την παρουσία δυο βόρειων ροών στις θέσεις 1 και 3. Με την πρώτη (4 cm/s) να οφείλεται στην είσοδο του MMJ και τη δεύτερη (8 cm/s) στην επίδραση που ασκεί η κυκλωνική δίνη πάνω στο MMJ. Επίσης οι εγκάρσιες τομές A5 και A6 δεν επηρεάζονται τόσο από τον ανατολικό κλάδο του MMJ αλλά κυκλωνική δίνη. Έτσι η μόνη ροή που λαμβάνει χώρα και στις δύο τομές είναι νότια (θέση 1). Επιπλέον στην εγκάρσια τομή A7 εντοπίζεται

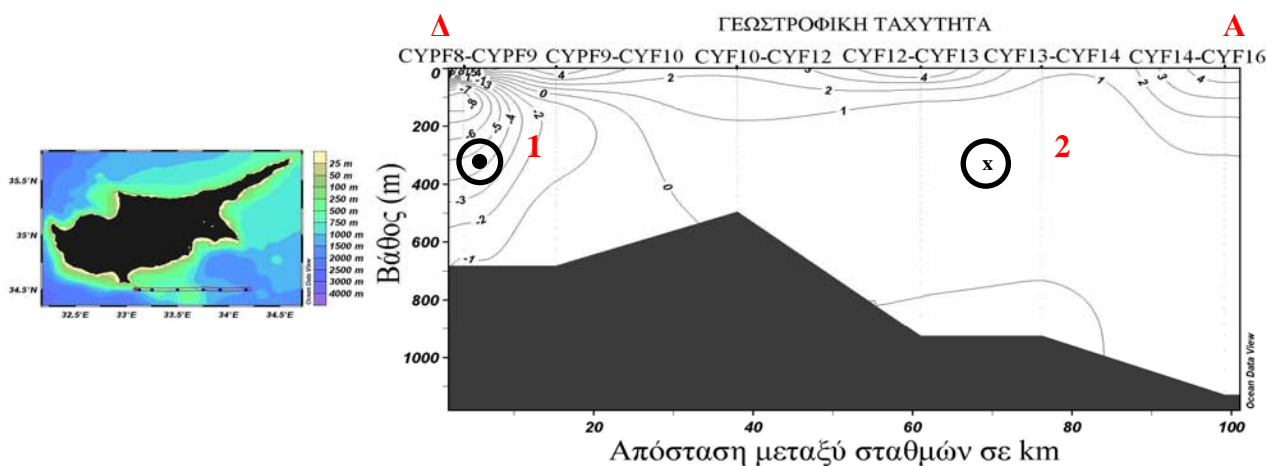
μια βόρεια ροή στη θέση 2 που οφείλονται στην επίδραση που ασκεί η κυκλωνική δίνη στο νοτιοανατολικό κλάδο του MMJ.

❖ Εγκάρσιες τομές AA1, AA2, AA3, AA4 και AA5.

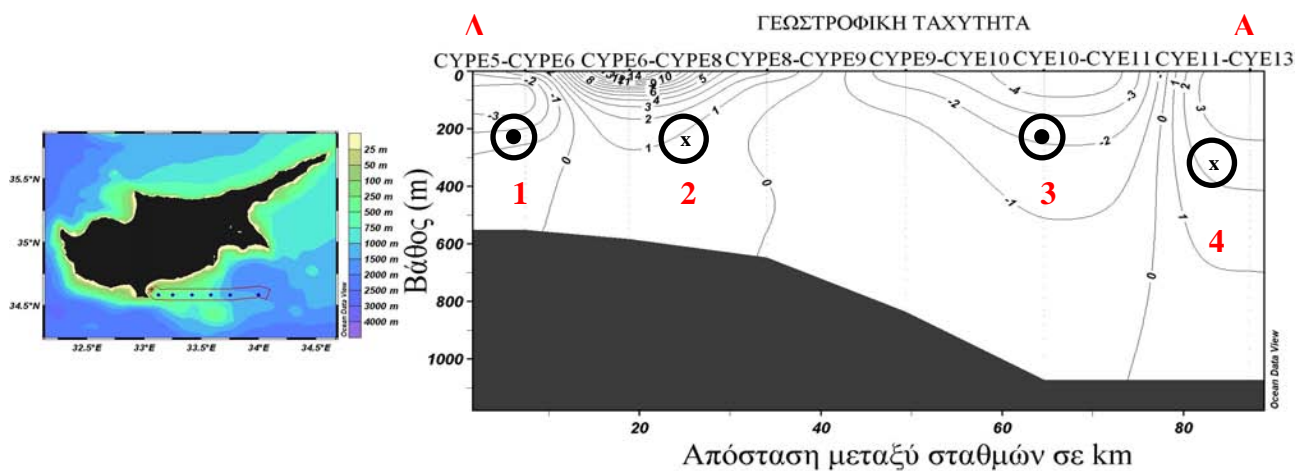
Μια δυτική ροή εντοπίζεται και στις πέντε αυτές εγκάρσιες τομές στη θέση 1 λόγω της κυκλωνικής δίνης που παρατηρείται στην περιοχή μελέτης (Εικ.3.5.3:10, 11, 12, 13, 14). Επιπλέον οι μέγιστες τιμές της ταχύτητας της κυμαίνονται μεταξύ των 10 cm/s και 40 cm/s. Επίσης έχουμε την παρουσία ανατολικής ροής σε όλες τις εγκάρσιες τομές στη θέση 2 λόγω της αντικυκλωνικής δίνης που υπάρχει στην περιοχή μελέτης. Ωστόσο η ροή γίνεται εντονότερη στις τομές που απαντάται η αντικυκλωνική δίνη.



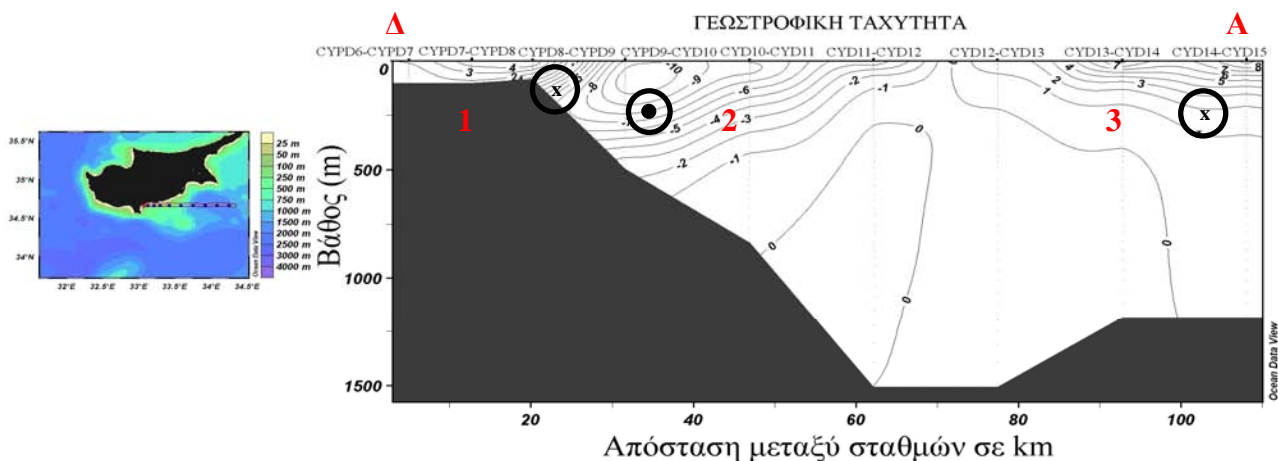
Εικόνα 3.5.3.3: Εγκάρσια τομή Α1 των γεωστροφικών ρευμάτων στην νοτιοανατολική Λεβαντική.



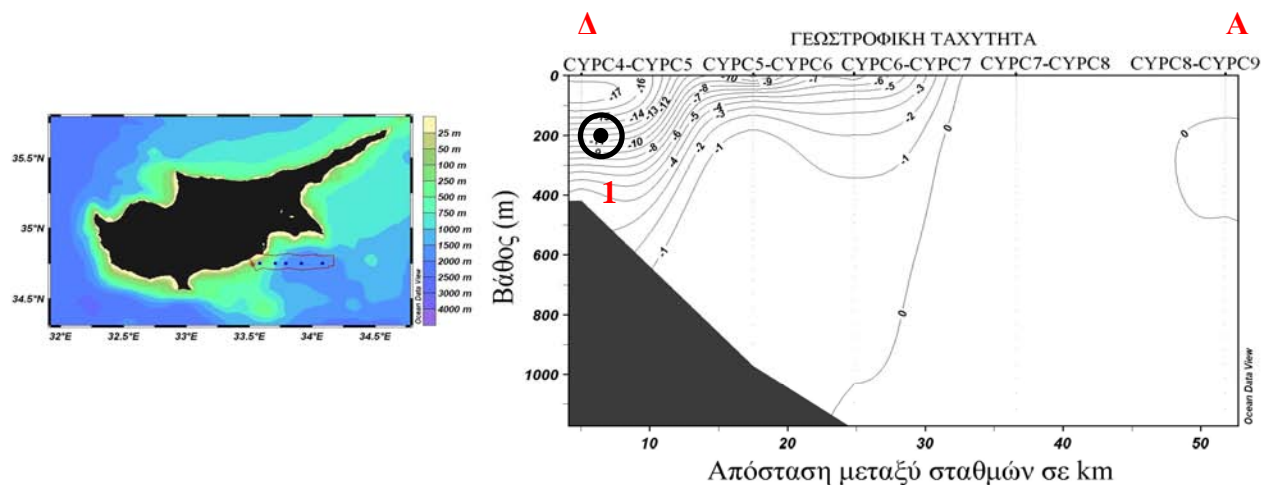
Εικόνα 3.5.3.4: Εγκάρσια τομή Α2 των γεωστροφικών ρευμάτων στην νοτιοανατολική Λεβαντική.



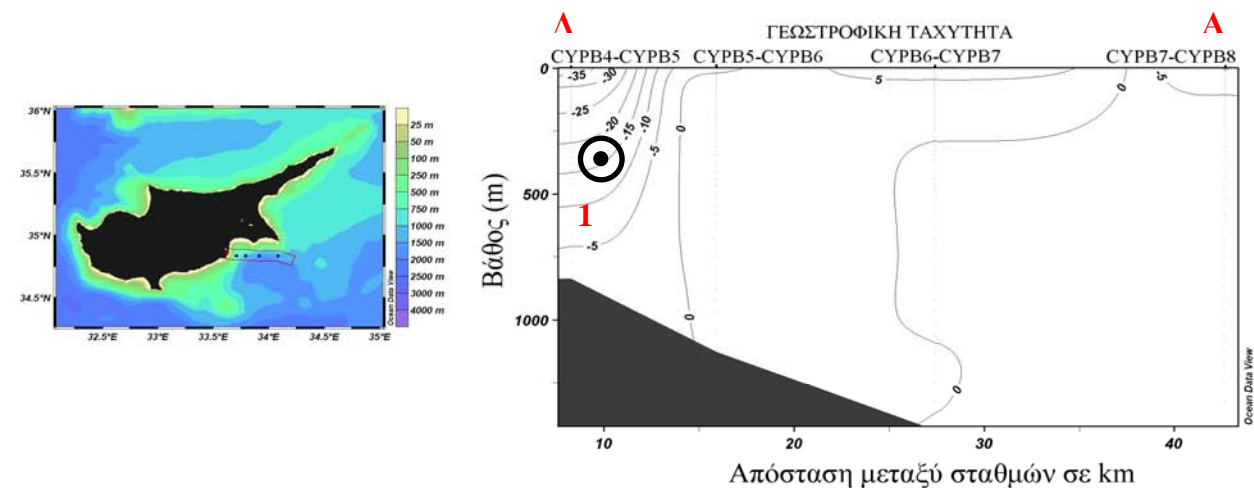
Εικόνα 3.5.3.5: Εγκάρσια τομή Α3 των γεωστροφικών ρευμάτων στην νοτιοανατολική Λεβαντική.



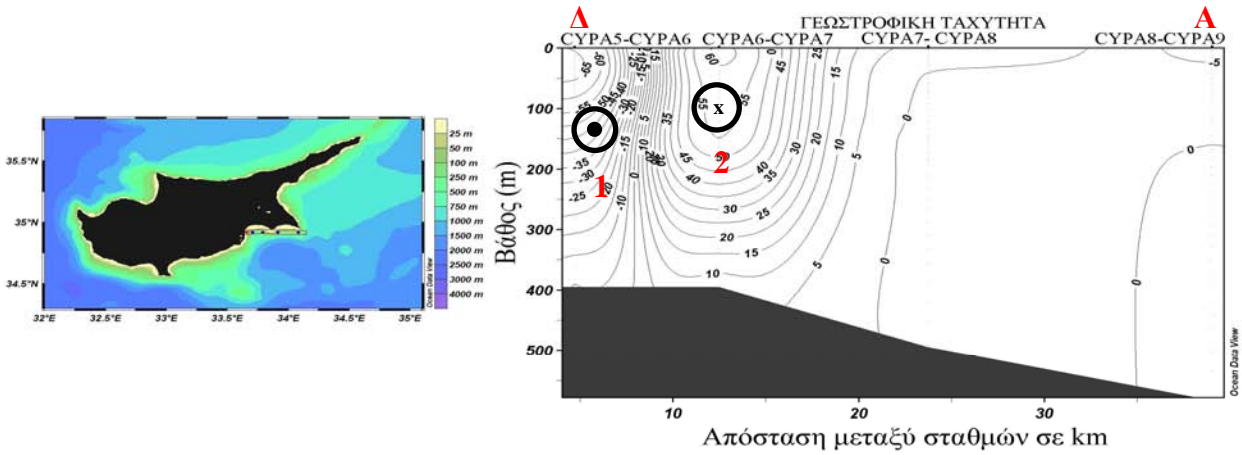
Εικόνα 3.5.3.6: Εγκάρσια τομή A4 των γεωστροφικών ρευμάτων στην νοτιοανατολική Λεβαντική.



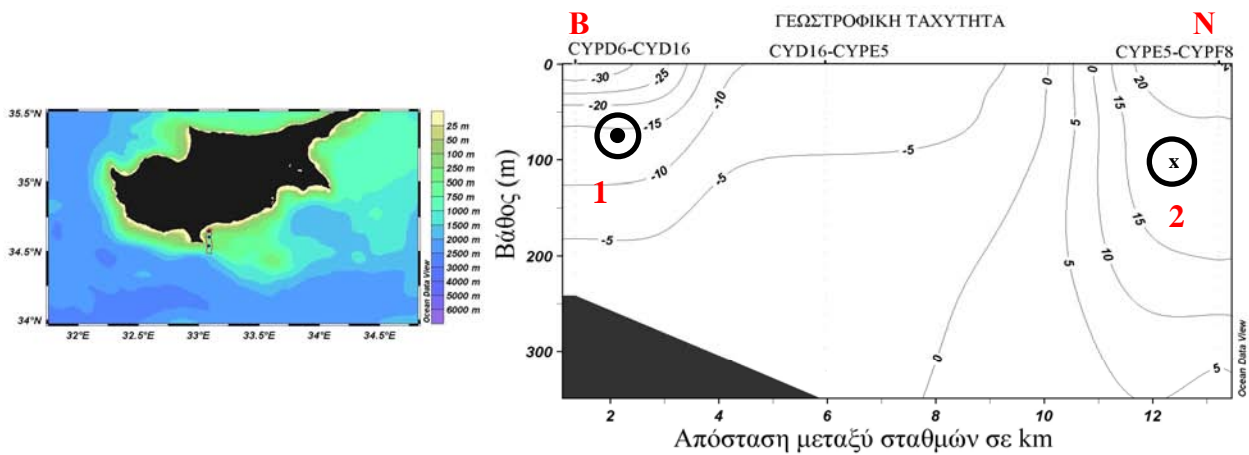
Εικόνα 3.5.3.7: Εγκάρσια τομή A5 των γεωστροφικών ρευμάτων στην νοτιοανατολική Λεβαντική



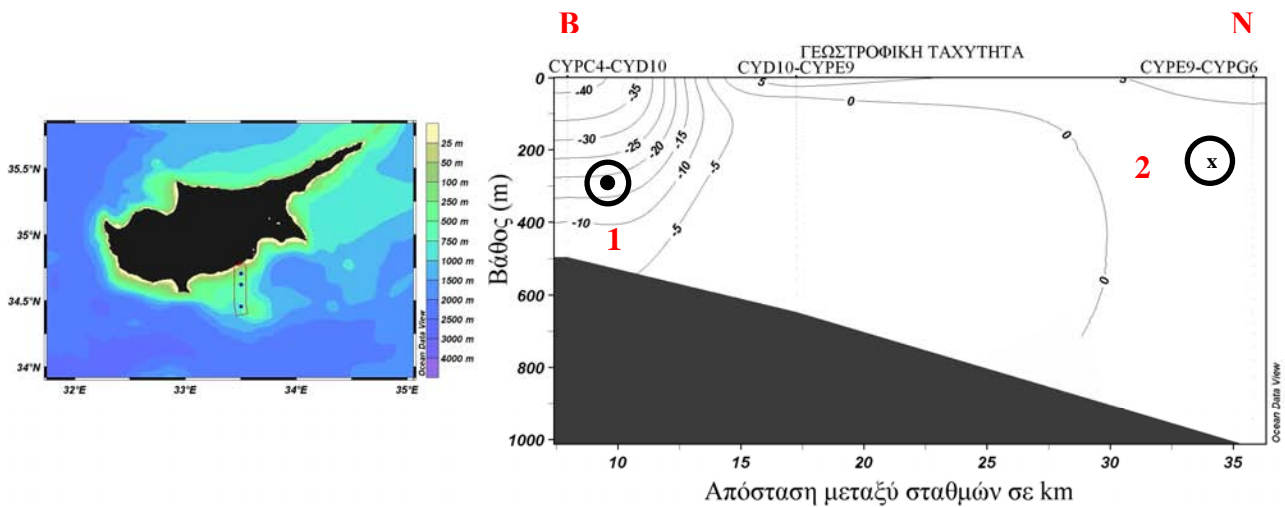
Εικόνα 3.5.3.8: Εγκάρσια τομή A6 των γεωστροφικών ρευμάτων στην νοτιοανατολική Λεβαντική



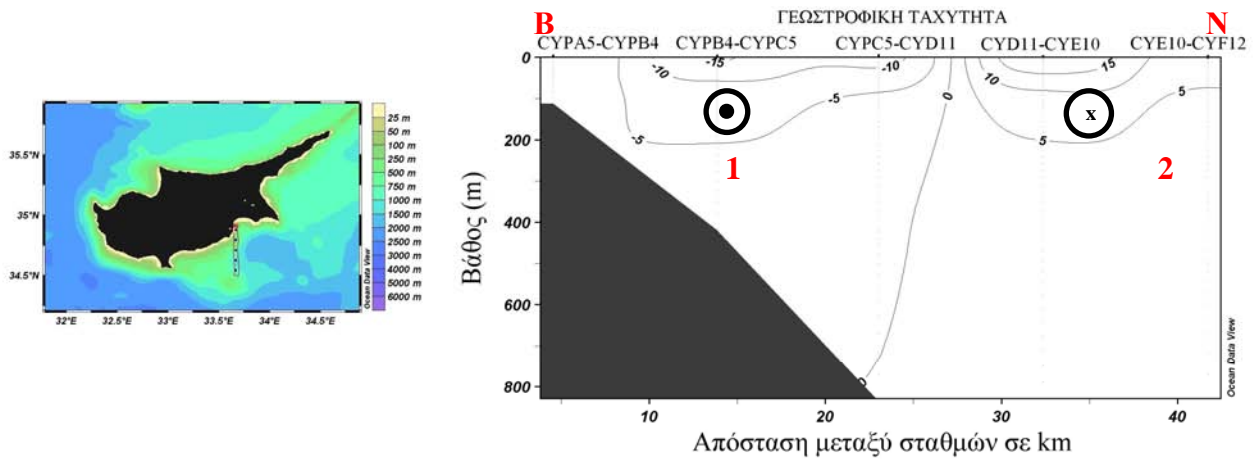
Εικόνα 3.5.3.9: Εγκάρσια τομή A7 των γεωστροφικών ρευμάτων στην νοτιοανατολική Λεβαντική



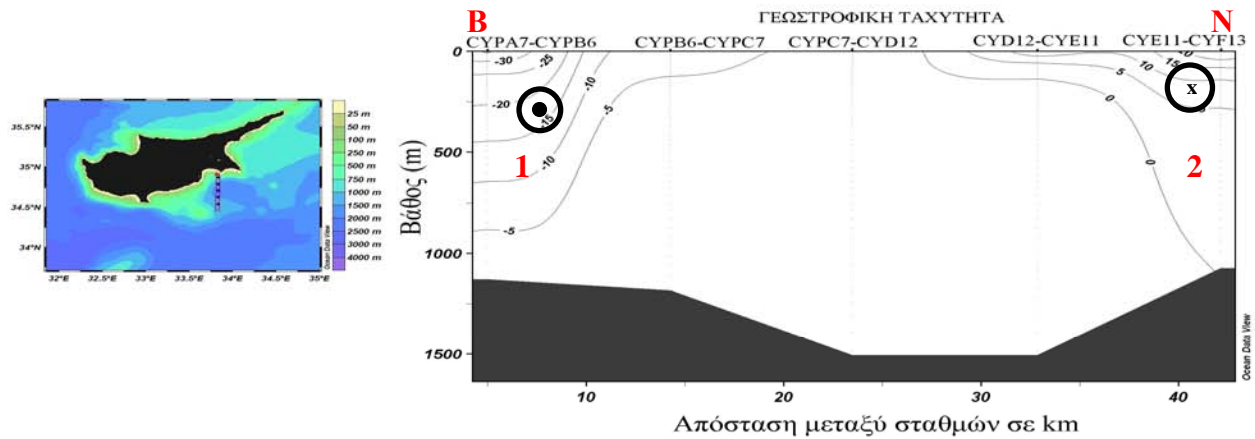
Εικόνα 3.5.3.10: Εγκάρσια τομή AA1 των γεωστροφικών ρευμάτων στην νοτιοανατολική Λεβαντική.



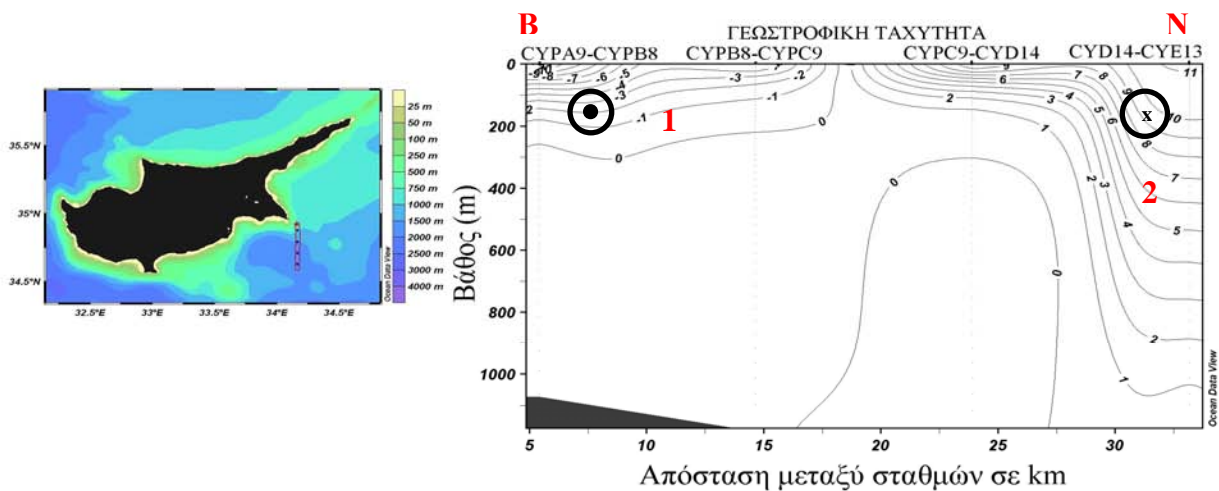
Εικόνα 3.5.3.11: Εγκάρσια τομή AA2 των γεωστροφικών ρευμάτων στην νοτιοανατολική Λεβαντική.



Εικόνα 3.5.3.12: Εγκάρσια τομή ΑΑ3 των γεωστροφικών ρευμάτων στην νοτιοανατολική Λεβαντινή.



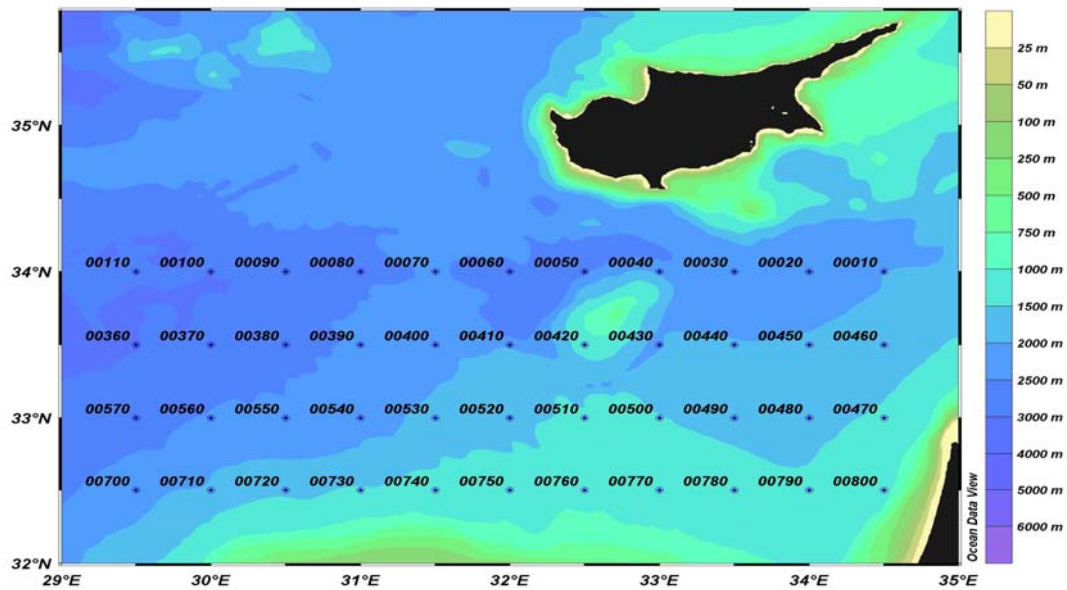
Εικόνα 3.5.3.13: Εγκάρσια τομή ΑΑ4 των γεωστροφικών ρευμάτων στην νοτιοανατολική Λεβαντινή.



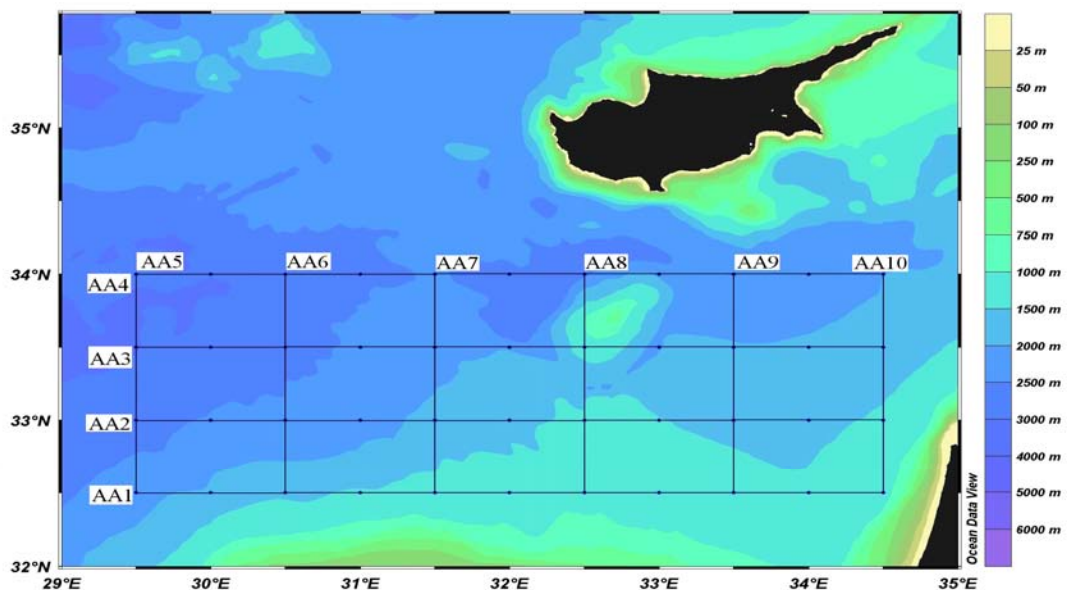
Εικόνα 3.5.3.14: Εγκάρσια τομή ΑΑ5 των γεωστροφικών ρευμάτων στην νοτιοανατολική Λεβαντινή.

3.5.4. Γεωστροφικά Ρεύματα της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης.

Στις εικόνες 3.5.4.1 και 3.5.4.2 παρουσιάζονται οι σταθμοί και οι τομές της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης όπου υπολογίστηκαν τα γεωστροφικά ρεύματα. Έχουν επιλεγεί δέκα εγκάρσιες τομές για τον υπολογισμό της γεωστροφικής ταχύτητας. Οι τέσσερις από τις τελευταίες είναι παράλληλες με τα νότια παράλια της



Εικόνα 3.5.4.2: Επιλεγμένοι σταθμοί της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 3.5.4.1: Επιλεγμένες εγκάρσιες τομές της περιοχής μελέτης.

Κύπρου, ενώ οι υπόλοιπες είναι κάθετες σε αυτά. Η δυναμική τοπογραφία της περιοχής μας αποκαλύπτει μια πληθώρα δυναμικών χαρακτηριστικών που σε συνδυασμό με τις γεωστροφικές τομές θα κατανοήσουμε καλύτερα την κυκλοφορία της περιοχής.

Ζωνικές εγκάρσιες τομές

❖ Εγκάρσια τομή AA1

Έχουμε την παρουσία πέντε ασθενών σε ένταση αλλά όχι σε έκταση επιμέρους ροών (Εικ.3.5.4.3). Οι τρεις νότιες ροές εντοπίζονται στις θέσεις 1, 2 και 4 με την ταχύτητα τους να μην ξεπερνά τα 6 cm/s. Η παρουσία τους οφείλεται τόσο στις κυκλωνικές δίνες (θέσεις 1 και 4) όσο και στο MMJ (θέση 2) που παρατηρούνται στην περιοχή μελέτης. Στις θέσεις 3 και 5 εντοπίζονται δύο βόρειες ροές λόγω των αντικυκλωνικών δινών που απαντώνται στην περιοχή.

❖ Εγκάρσια τομή AA2

Δύο βόρειες ροές παρατηρούνται στις θέσεις 2 και 4 (Εικ.3.5.4.4). Η βόρεια ροή (6 cm/s) στη θέση 2 είναι αποτέλεσμα του MMJ. Ωστόσο η βόρεια ροή στη θέση 4 οφείλεται στην αντικυκλωνική δίνη που απαντώνται στην περιοχή μελέτης. Αντίστοιχα στις θέσεις 1, 3 και 5 εντοπίζονται νότιες ροές μικρής έντασης. Με αυτές των θέσεων 1 και 5 να οφείλονται στις κυκλωνικές δίνες που παρατηρούνται στην περιοχή.

❖ Εγκάρσια τομή AA3

Οι γεωστροφικές ροές και σε αυτήν την εγκάρσια τομή είναι ασθενείς, ωστόσο η παρουσία τους γίνεται αντιληπτή μέχρι το βάθος των 1500 m (Εικ.3.5.4.5). Τρεις νότιες ροές εντοπίζονται στις θέσεις 1, 3 και 5. Εκ των οποίων οι δύο (θέσεις 1 και 5) οφείλονται στις κυκλωνικές δίνες της περιοχής μελέτης που παρατηρούνται στις αντίστοιχες θέσεις. Ωστόσο η νότια ροή στη θέση 3 οφείλεται στον μαιανδρισμό του

MMJ. Επίσης στην περιοχή έχουμε την παρουσία δύο βόρειων ροών (θέσεις 2 και 4) μικρής έντασης αλλά και έκτασης, που αποδίδονται στον μαιανδρισμού του βορειανατολικού κλάδου του MMJ.

❖ Εγκάρσια τομή AA4

Έχουμε την παρουσία τριών νότιων ροών (≤ 6 cm/s) στις θέσεις 1, 2 και 4 (Εικ.3.5.4.6). Στις θέσεις 2 και 4 οι νότιες ροές οφείλονται στην ίδια κυκλωνική δίνη που παρατηρείται στην περιοχή μελέτης. Επίσης στην περιοχή παρατηρούνται δυο βόρειες ροές που απαντώνται στις θέσεις 3 και 5. Με την πρώτη να οφείλεται στο MMJ και τη δεύτερη στην αντικυκλωνική δίνη που υπάρχει στην περιοχή μελέτης.

Μεσημβρινές τομές

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει οι αρνητικές τιμές αντιστοιχούν σε νότια ή δυτική ροή, ενώ οι θετικές τιμές σε βόρεια ή ανατολική ροή. Στις ζωνικές τομές περιγράψαμε τα δυναμικά χαρακτηριστικά που προκαλούν τις βόρειες ή νότιες ροές. Οπότε παρουσία των μεσημβρινών τομών και προς αποφυγή επαναλήψεων θα αρκεστούμε μόνο στη διεύθυνση και την ταχύτητα των γεωστροφικών ρευμάτων.

❖ Εγκάρσιες τομές AA5, AA6, AA7, AA8, AA9 και AA10

Στην εγκάρσια τομή AA5 παρατηρούνται δύο ανατολικές ροές στις θέσεις 1 (2 cm/s) και 3 (4 cm/s) αντίστοιχα (Εικ.3.5.4.7). Επίσης μια δυτική ροή εντοπίζεται στη θέση 2 (14 cm/s).

Στην εγκάρσια τομή AA6 μια ανατολική ροή (7 cm/s) εντοπίζεται στη θέση 1 και μια δυτική (9 cm/s) στη θέση 2 (Εικ.3.5.4.8).

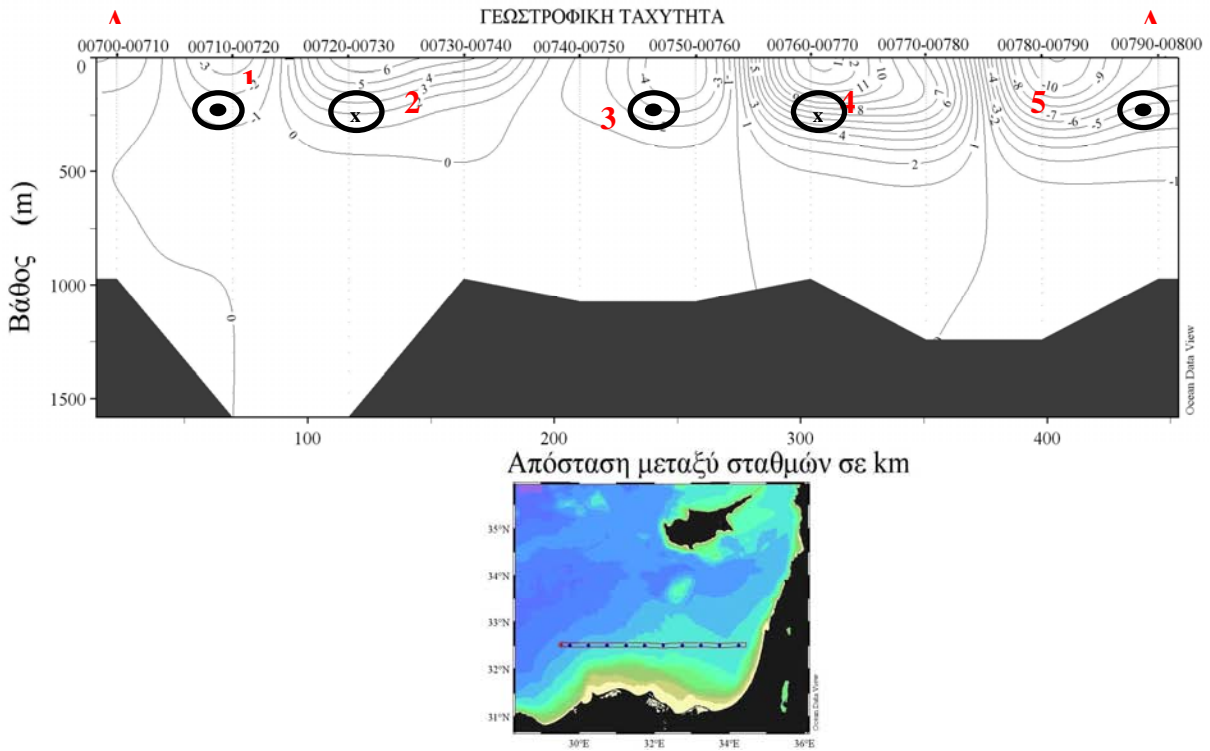
Τρεις ροές παρατηρούνται στην εγκάρσια τομή AA7 (Εικ.3.5.4.9). Οι δυο εκ των οποίων είναι δυτικές (θέσεις 1 και 3) και η άλλη ανατολική (θέση 2).

Στην εγκάρσια τομή AA8 εντατικοποιείται η δυτική ροή (12 cm/s) που

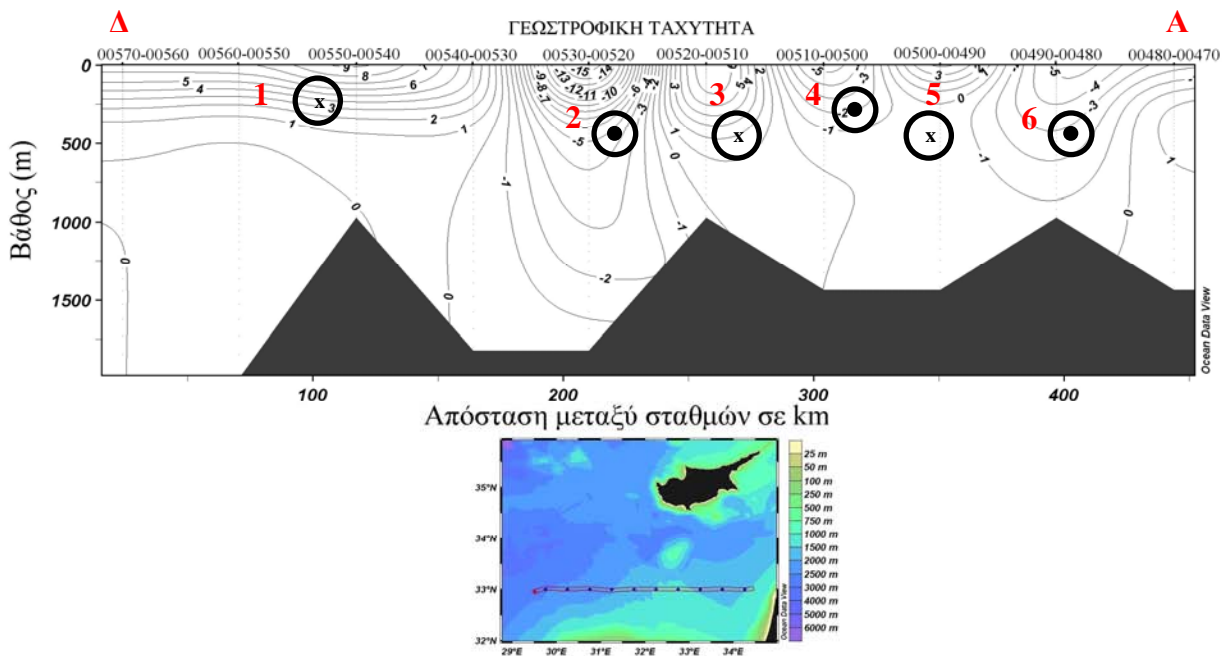
εντοπίζεται στη θέση 3 (αντίστοιχη ροή της τομής AA7, θέση 3). Επίσης η δυτική ροή στη θέση 1 και η ανατολική που στη θέση 2 παραμένουν ως έχουν (Εικ.3.5.4.10).

Στην τομή AA9 η μόνη γεωστροφική ροή που απαντάται είναι ανατολική (8 cm/s) και εντοπίζεται στη θέση 1 (Εικ.3.5.4.11).

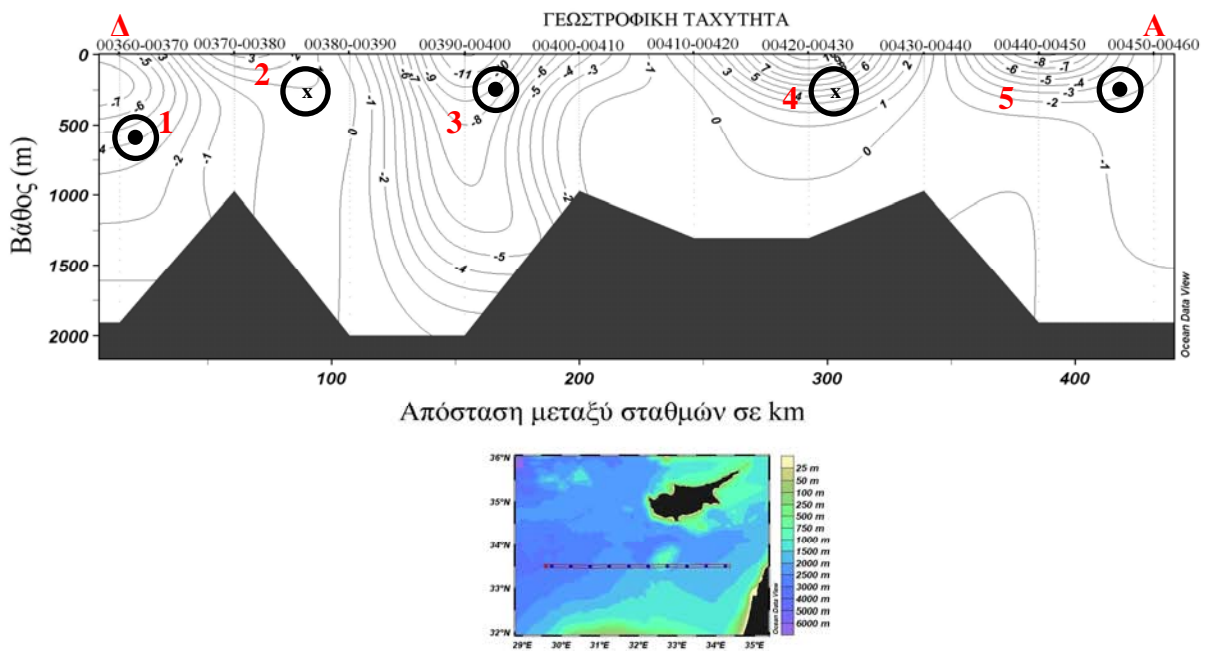
Τέλος, στην εγκάρσια τομή AA10 μια ανατολική ροή (4 cm/s) απαντάται στη θέση 2 και δύο δυτικές (9 cm/s και 1 cm/s αντίστοιχα) στις θέσεις 1 και 3 (Εικ.3.5.4.12)



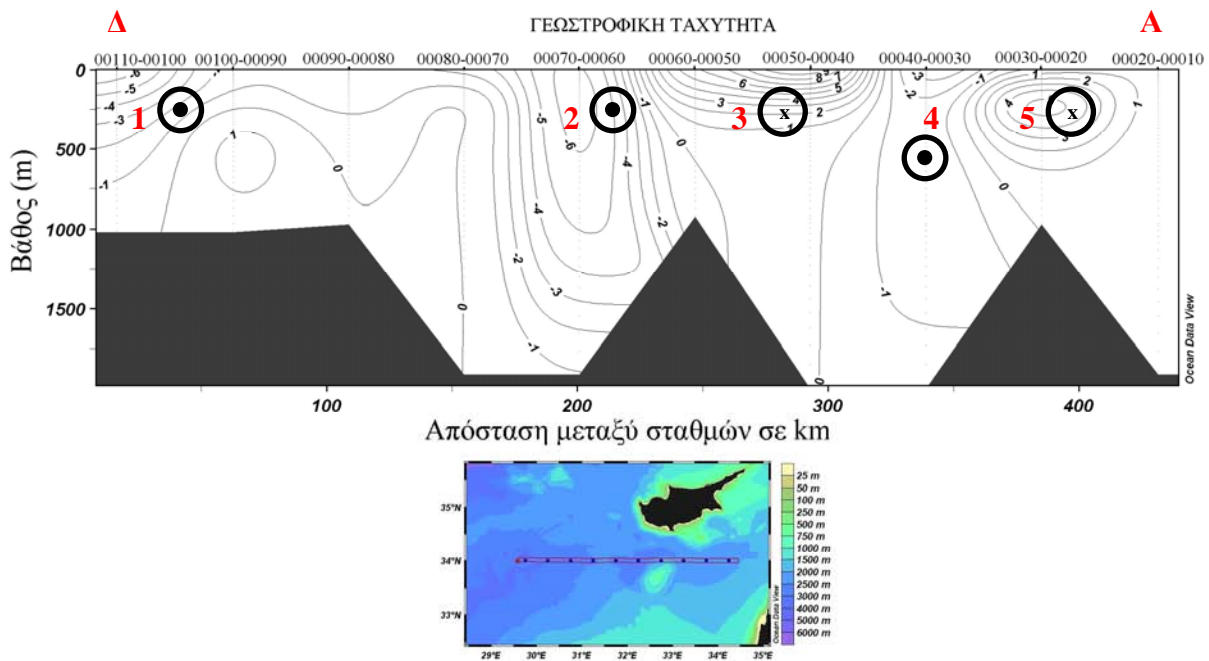
Εικόνα 3.5.4.3: Εγκάρσια τομή ΑΑ1 των γεωστροφικών ρευμάτων της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης.



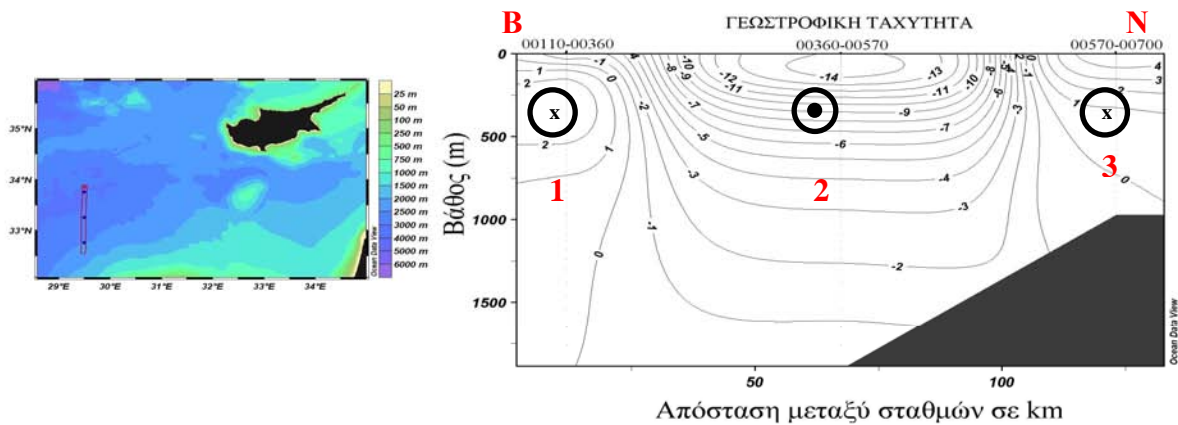
Εικόνα 3.5.4.4: Εγκάρσια τομή ΑΑ2 των γεωστροφικών ρευμάτων της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης.



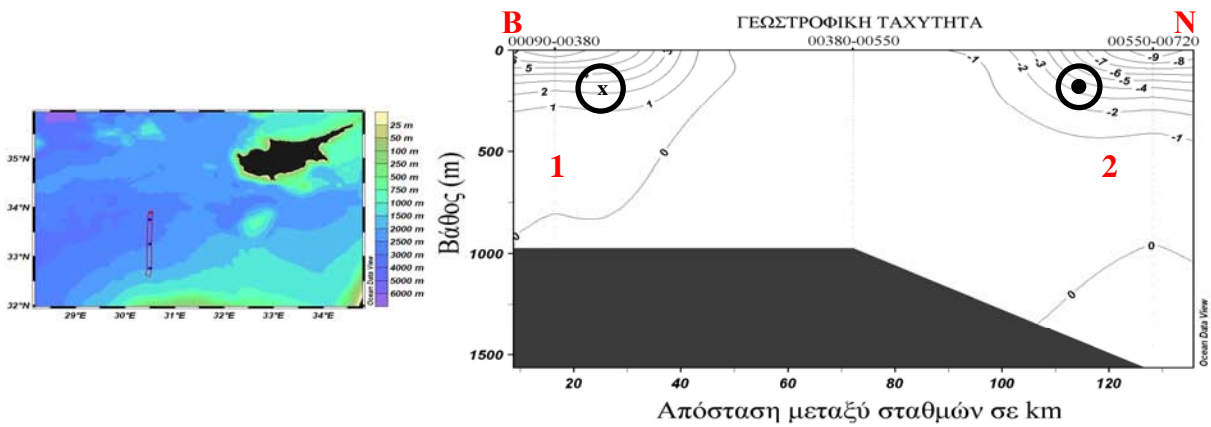
Εικόνα 3.5.4.5: Εγκάρσια τομή AA3 των γεωστροφικών ρευμάτων της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης.



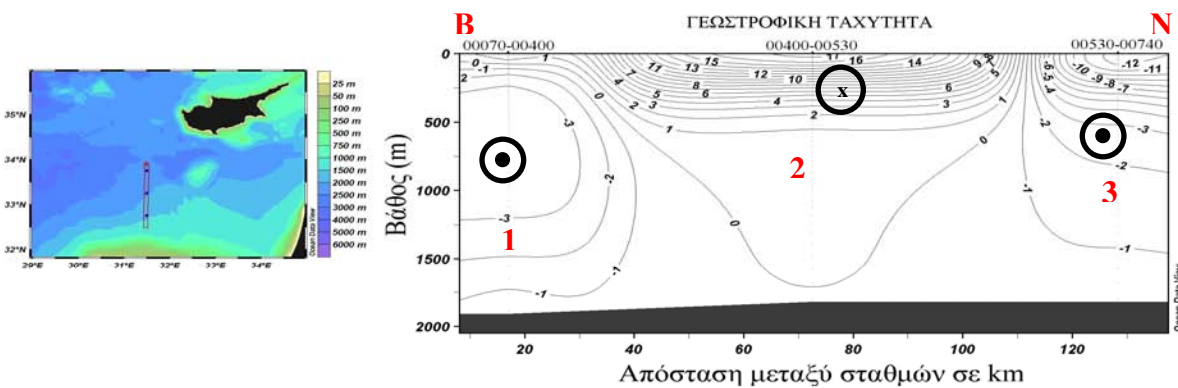
Εικόνα 3.5.4.6: Εγκάρσια τομή AA4 των γεωστροφικών ρευμάτων της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης.



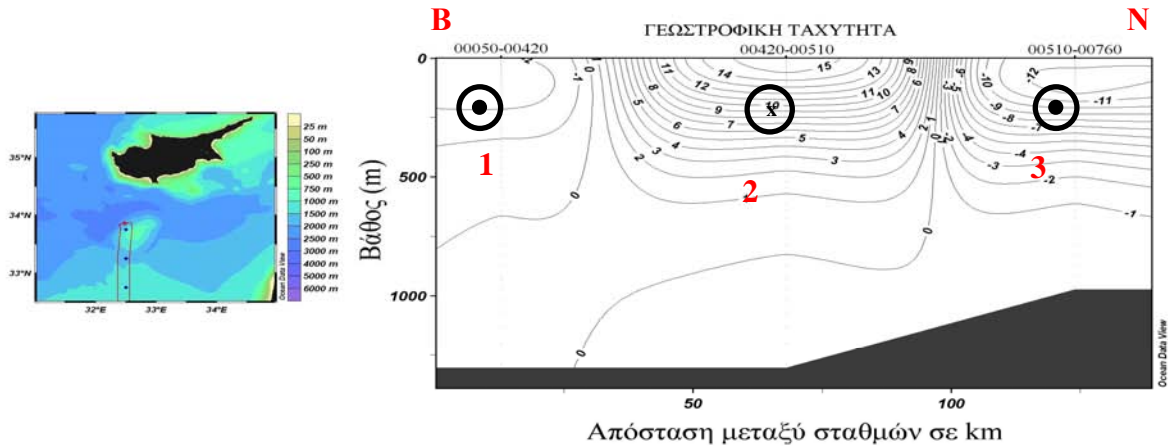
Εικόνα 3.5.4.7: Εγκάρσια τομή AA5 των γεωστροφικών ρευμάτων της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης.



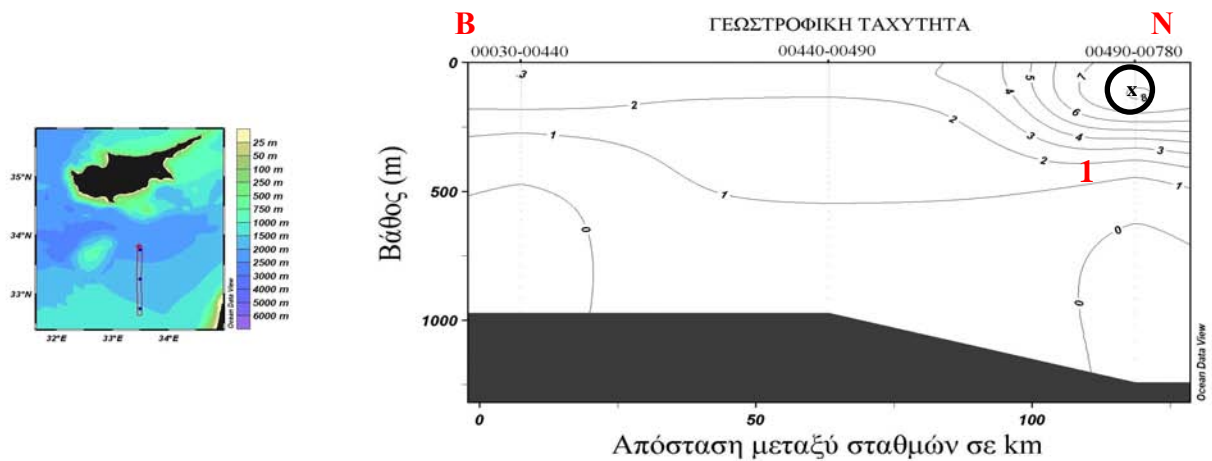
Εικόνα 3.5.4.8: Εγκάρσια τομή AA6 των γεωστροφικών ρευμάτων της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης.



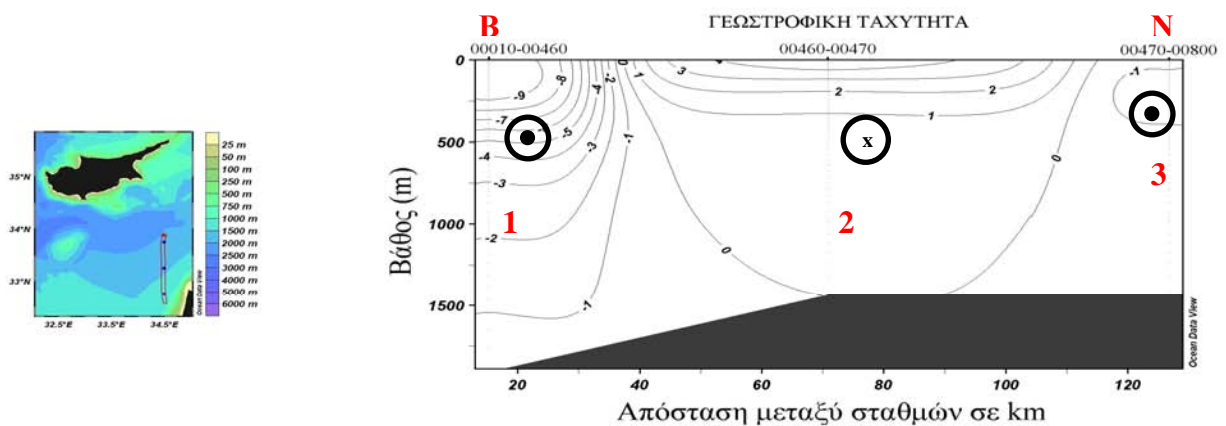
Εικόνα 3.5.4.9: Εγκάρσια τομή AA7 των γεωστροφικών ρευμάτων της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης.



Εικόνα 3.5.4.10: Εγκάρσια τομή ΑΑ8 των γεωστροφικών ρευμάτων της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης.



Εικόνα 3.5.4.11: Εγκάρσια τομή ΑΑ9 των γεωστροφικών ρευμάτων της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης



Εικόνα 3.5.4.12: Εγκάρσια τομή ΑΑ10 των γεωστροφικών ρευμάτων της ευρύτερης περιοχής της Λεβαντινής λεκάνης.

4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στόχος της παρούσας διατριβής είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά την υδρογραφία και την κυκλοφορία της περιοχής μελέτης αλλά και της ευρύτερης περιοχής.

Ειδικότερα η νοτιοανατολική Λεβαντινή λεκάνη χαρακτηρίζεται από έντονη εξάτμιση με αποτέλεσμα να απαντώνται στην περιοχή υψηλές τιμές αλατότητας. Οι υψηλότερες τιμές των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών εντοπίζονται στα ανατολικά. Επίσης λόγω των θερινών συνθηκών στην περιοχή παρατηρείται η παρουσία εποχικού θερμοκλινούς στα ανώτερα 100 m και προσδίδει έντονη στρωμάτωση στην υδάτινη στήλη.

Η ανάλυση των υδάτινων μαζών έδειξε την παρουσία τεσσάρων υδάτινων μαζών στην περιοχή:

Στο μικρού πάχους επιφανειακό στρώμα της Λεβαντινής εμφανίζεται το Επιφανειακό Λεβαντινό Νερό (LSW) που δημιουργείται το θέρος λόγω της έντονης θέρμανσης.

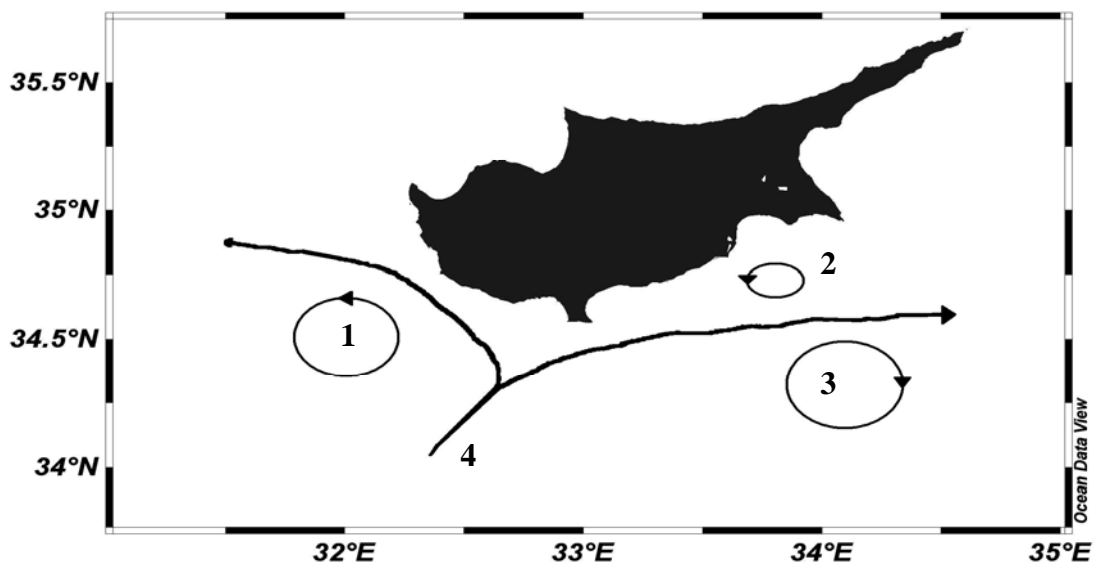
Το Τροποποιημένο Ατλαντικό Νερό (MAW) που εντοπίζεται ανάμεσα στα 40 m και 80 m από το υποεπιφανειακό ελάχιστο της αλατότητας. Το MAW εισέρχεται στην περιοχή μελέτης από τα δυτικά όπου εντοπίζεται το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής του και σταδιακά εξαπλώνεται σε ολόκληρη τη Λεβαντινή λεκάνη.

Το Λεβαντινό Ενδιάμεσο Νερό (LIW) δημιουργείται νότια της Κύπρου, στην περιοχή όπου δραστηριοποιείται ο κυκλώνας της Κύπρου. Το LIW ανιχνεύεται ανάμεσα στα 100 m και 200 m όπου εντοπίζεται το υποεπιφανειακό μέγιστο της αλατότητας του

Τέλος η τέταρτη υδάτινη μάζα της περιοχή μελέτης είναι το Βαθύ Νερό της Ανατολικής Μεσογείου (EMDW), το οποίο απαντάται σε βάθη μεγαλύτερα των 700m. Το EMDW δημιουργείται στην Αδριατική και μέσω της θερμοαλατικής κυκλοφορίας που λαμβάνει χώρα στην Ανατολική Μεσόγειο εισέρχεται στη Λεβαντινή λεκάνη.

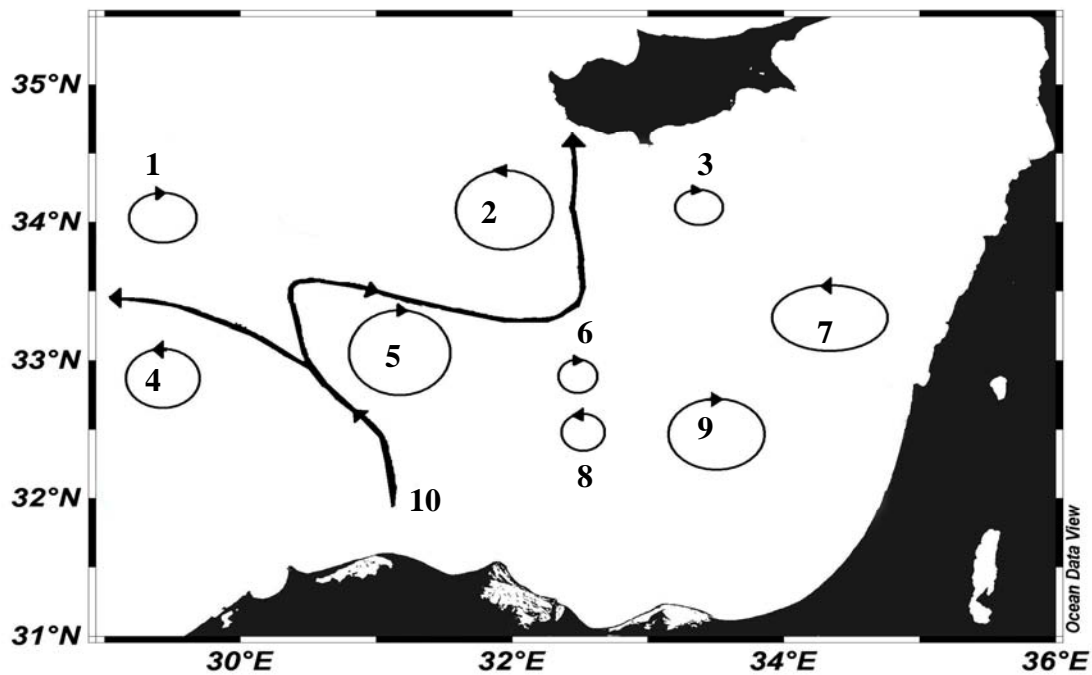
Στη γενικότερη κυκλοφορία της περιοχής εντάσσονται ορισμένα δυναμικά χαρακτηριστικά που παίζουν αξιοσημείωτο ρόλο στην κυκλοφορία της ανατολικής Μεσογείου.

Έτσι στην περιοχή μελέτης έχουμε την παρουσία δύο κυκλωνικών δινών που παρατηρούνται στις θέσεις 1 και 2. Ωστόσο η κυκλωνική δίνη της θέσεως 2 είναι τοπικού χαρακτήρα και διατηρείται στα ανώτερα 100 m της υδάτινης στήλης. Επίσης στην περιοχή εντοπίζεται μια αντικυκλωνική δίνη στη θέση 3 (Εικ.4.1). Στη θέση 4 έχουμε την παρουσία του MMJ που εισέρχεται από τα νοτιοδυτικά. Το MMJ διακλαδίζεται και πρώτος κλάδος του κατευθύνεται ανατολικά μεταξύ της κυκλωνικής δίνης (θέση 2) και της αντικυκλωνικής δίνης (θέση 3), ενώ ο δεύτερος κλάδος κινείται κατά μήκος των δυτικών ακτών της Κύπρου.



Εικόνα 4.1: Χάρτης των δυναμικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως για την καλύτερη κατανόηση εξετάσαμε και την ευρύτερη περιοχή μελέτης (Εικ.4.2). Έτσι στην περιοχή εντοπίστηκαν πέντε αντικυκλωνικών δινών στις θέσεις 1, 3, 5, 6 και 9. Ενώ κυκλωνικές δίνες παρατηρούνται στις θέσεις 2, 4, 7 και 8. Επίσης στη θέση 10 έχουμε την παρουσία του MMJ το οποίο διακλαδίζεται σε δύο κλάδους. Ο ένας κλάδος κατευθύνεται προς τα δυτικά περιφερειακά της κυκλωνικής δίνης (θέση 4), ενώ ο άλλος κατευθύνεται προς τα βόρεια μεταξύ της αντικυκλωνικής δίνης (θέση 5) και της κυκλωνικής δίνης (θέση 2). Τέλος ο κλάδος του MMJ που κατευθύνεται προς τα βόρεια σε συνδυασμό με την αντικυκλωνική δίνη (θέση 3) μεταφέρει στη βορειοανατολική Λεβαντινή λεκάνη νερό υψηλής αλατότητας και θερμοκρασίας.



Εικόνα 4.2: Χάρτης των δυναμικών χαρακτηριστικών της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

5.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ❖ **Arhan, M. (1987).** On the Large Scale Dynamics of the Mediterranean Outflow. *Deep Sea Research*, Vol. 34, No 7, 1187-1208pp.
- ❖ **Brody, L.R. and Nestor M.J.R. (1980).** Regional Forecasting Aids for Mediterranean Basin, Handbook for Forecasters in the Mediterranean, Part 2, Naval Environmental Prediction Research Facility, Monterey, California, Technical Report TR 80-10,178pp.
- ❖ **Hecht, A. (1986).** The Hydrology and the Water Masses of the Eastern Mediterranean Sea In: Proceedings of a UNESCO/IOC First POEM Workshop, Erdemli-Icel, Turkey, 1986. Part 2, A.R. A.R.Robinson and P.Malanotte-Rizzoli editors, POEM Scientific Reports No 1, Cambridge, Mass.
- ❖ **Hopkins, T.S. (1978).** 'Physical Processes in the Mediterranean Basin'. In: Estuarine Transport Processes. Bjorn Kjerfve (ed.) Columbia: University of south Carolina Press, 269-310pp.
- ❖ **Katz, E.J. (1972).** The Levantine Intermediate Water between the Strait of Sicily and the Strait of Gibraltar. *Deep-Sea Res.* 19, 507–520pp.
- ❖ **Lacombe, H. and Tchernia P. (1960).** Quelques Traits Generaux de l' Hydrologie Mediterranee, *Cahiers Oceanographiques*, 12, 527-547pp.
- ❖ **Lacombe, H. and Tchernia P. (1974).** Hydrography the Mediterranean, Consultation on the Protection of Living Resources and fisheries from Pollution in the Mediterranean, FAO, FID;PPM/73/Inf.3.Rome

- ❖ **Lascaratos, A., Williams R.G., Tragou E. (1993).** A mixed layer study of the formation of Levantine intermediate water. *Journal of Geophysical Research* 98 (8), 14739-14749pp.
- ❖ **Mamayev, O.I. (1975).** Temperature – Salinity analysis of the World Ocean waters. Elsevier Oceanographic Series, 11.
- ❖ **Mediterranean Pilot (1976).** Hydrography of the Mediterranean, Consultation on the Protection of Living Resources and Fisheries from Pollution in the Mediterranean, FAO, FID;PPM/73/Inf.3,Rome
- ❖ **Morcos, S.A. (1972).** Sources of Mediterranean Intermediate Water in the Levantine Sea In: *Studies in Physical Oceanography: a Tribute to G Wust on his 80th Birthday*, editor A.L.Gordon, and Breach, New York 185-206pp.
- ❖ **Miller, A.R. (1963).** Physical Oceanography of the Mediterranean Sea: a discourse. *Rapp.Comm.Int Mer. Mediterranean* 17 (3), 857-871pp.
- ❖ **Nielsen, I.N. (1912).** Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters. Report of the Danish Oceanographic Expedition 1908–1910 to the Mediterranean and adjacent waters (Copenhagen) vol. 1, 72– 191pp.
- ❖ **Oren, O.H. (1971).** The Atlantic Water in the Levant Basin and on the Shores of Israel. *Cahiers Oceanogr.*, 23: 291-297pp.
- ❖ **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.
- ❖ **Ovchinnikov, I. M. (1966).** Circulation in the surface and intermediate layers of the Mediterranean. *Oceanology*, 6, 48–57pp.

- ❖ **Ovchinnikov, I.M. (1984).** The Formation of Intermediate Water in the Mediterranean, *Oceanology*, 24, 168-173pp.
- ❖ **Ozsoy, E. (1981).** On the Atmospheric Factors Affecting the Levantine Sea. European Centre for Medium Range Eather Forecasts, Reading, Berkshire, UK, technical Report No.25,29pp
- ❖ **Ozsoy, E., Hecht A. and Unluata U. (1988).** Circulation and hydrography of the Levantine Basin. Results of POEM Coordinated Experiments 1985-1986. *Prog. Oceanogr.*, 22: 125-170pp.
- ❖ **Reiter, E.R. (1975).** Handbook for forecasters in the Mediterranean; Weather Phenomena of the Mediterranean Basin; Part 1: Genaral Description of Meteorological Proccesses, Enviromental Prediction Research Facility, Naval Postgraduate School, Monterey, California, Technical Paper No.5-75,344pp
- ❖ **Repanis, CC., Zerefos C.S. and Tritakis B. (1978).** On the Etesians over the Aegean. *Practica Academy of Athens*, 52, 572-606pp.
- ❖ **Robinson, A.R., Golnaraghi M., Leslie W.G., Artegiani A., Hecht A., Michelato A., Sansone E., Theocharis A. and Unluata U. (1991).** The eastern Mediterranean general circulation: features, structure and variability. *Dyn. Atmos. Oceans*, 15: 215-240pp.
- ❖ **Robinson, A.R., Malanotte – Rizzoli, Hecht A., Michelato A., Roether W., Theocharis A., Unluata U., Pinardi N., Artegiani A., Bergamasco A., Bishop A., Brenner A., Christianidis S., Gacic M., Georgopoulos D., Golnaraghi M., Hausmann M., Junghaus H.-G., Lascaratos A., Latif M.A., Leslie W.G., Lozano G.J., Oguz T., Ozsoy E., Papageorgiou E., Paschini E., Rozentroub Z., Sansone E., Scarazzato P., Schlitzer R., Spezie G.-C., Tziperman E.,**

- Zodiatis G., Athanassiadou L., Gerges M., Osman M. (1992).** General circulation of the Eastern Mediterranean. *Earth Sciences Review* 32:285-308pp.
- ❖ **Roether, W., Manca B., Klein B., Bregant D., Georgolopoulos D., Molcard A., Pinardi N., Ansaloni R. (1996).** Recent changes in Eastern Mediterranean deep waters. *Science* 271, 333–335pp.
- ❖ **Roether, W., Klein B., Beitzel v., Beniamino B., Manca B. (1997).** Property distributions and transient-tracer ages in Levantine Intermediate Water in the Eastern Mediterranean
- ❖ **Rossby, C.-G., (1937).** On the mutual adjustment of pressure and velocity distributions in certain simple current systems. *Journal of Marine Research*, 1, 15-28pp.
- ❖ **Schlitzer R., Roether W., Oster H., Junghans H., Hausmann M., Johannsen H., Michelato A. (1991).** Chlorofluoromethane and oxygen in the Eastern Mediterranean. *Deep-Sea Research* 38, 1531– 1551pp.
- ❖ **Unluata U., Oguz T., Latif M.A. and 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, 26-60pp.
- ❖ **Theodorou, A.J. (1999a).** The circulation of Levantine Intermediate Water in the northeastern Ionian Sea (late winter/ early spring 1986), *J.Mar. System* 1, 359-372pp.
- ❖ **Wust, G. (1961).** On the Vertical Circulation of the Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research*, 66, 3261-3271pp.

- ❖ **Zodiatis G., Theodorou A.J. and Demetropoulos A. (1998).** Hydrography and Circulation south of Cyprus in the late summer 1995 and in spring 1996. *Oceanol. Acta*, 21:447-458pp.
- ❖ **Zore–Armanda, M. (1969).** Water Exchange between the Adriatic and the Eastern Mediterranean, *Deep Sea Research* 16,171-178pp.
- ❖ **Diehich, G. Kalle K., Wileyasons W.J. (1980).** *General Oceanography*, an introduction, 2th edition 623pp
- ❖ **Neumann, G. and Pierson W.J. (1966).** *Principles of Physical Oceanography*, Jv Prenctive Hall, 523pp.
- ❖ **Pond, S. and Pickard G.L. (1983).** *Introductory Dynamical Oceanography*, Second Edition, Butterworth Heinemann, 329pp
- ❖ **Zervakis, V., Theocharis A. and Georgopoulos D. (2005).** Circulation and hydrography of the open seas. In: *State of the Hellenic Marine Environment*, HCMR Publ.,360pp.
- ❖ **Schlitzer, R. (2007).** *Ocean Data View*, <[http://:odv.awi.de](http://odv.awi.de)>.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ❖ **Θεοδώρου, Α. (2003).** *Φυσική Ωκεανογραφία, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις.*
- ❖ **Θεοδώρου, Α. (2004).** *Εισαγωγή στο Θαλάσσιο Περιβάλλον Εκδόσεις Σταμούλης.*
- ❖ **Θεοδώρου, Α. (2009).** *Φυσική-Χημική Ωκεανογραφία, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις.*

6.ABSTRACT

In our study, we examined the hydrodynamical characteristics of the area south of Cyprus in the Levantine basin. Our CTD data were acquired on board M/V TRITON during the late summer 1995 and by their analysis a new dynamic picture of our study area occurred.

We have the presence of a cyclonic eddy in the southern coast of Cyprus that appears to be generated by the interaction between the opposing flows of Mid Mediterranean jet and the Cyprus coastal current. In the same area takes place the production of Levantine Intermediate Water (LIW). Occasionally between the Cyclonic eddy and the southern coast of Cyprus a warm current appears to intrude from the east. This warm current is Cyprus coastal current which feed the study area with warm and salty water. Also in our study area is activated the Mid Mediterranean jet which is the main current of the Eastern Mediterranean Sea. The eastward meandering movement of the Mid Mediterranean jet transfers subsurface of Atlantic Water (AW) and LIW from the western Levantine basin to the study area. However, the spatial fluctuations of the Mid Mediterranean jet was the cause of cyclonic eddy's split into two smaller cyclonic ones.

The surface distribution of the hydrological characteristics exhibit considerable spatial gradients. The thermohaline characteristics of our study area change as we move from the western to the eastern Levantine basin. This phenomenon occurs due to an intense surface heating and evaporation.

The composite θ -S diagram of all stations presents four water masses: the first one is the Levantine Surface Water (LSW), of which the salinity and temperature are 39.6

psu and 26.8°C. The second, known as Atlantic Water (AW), is recognized by a subsurface low in salinity (38.55 psu). On the contrary, the third water mass - Levantine Intermediate Water (LIW) - is characterized by a subsurface high in salinity (39.16 psu). The last one is the Eastern Mediterranean Deep Water (EMDW) of which the salinity and temperature are (38.75 psu) and (13.6 °C).

The LSW can be localized at the first 30m of the water column and is characterized by an extremely high salinity and high temperature values. The summer strong stratification minimized the mixing and the consequent modification of the thermohaline characteristics of the AW, whose core occurs at depths of 40 to 80m. At depths of 100 to 200m a salinity maximum (39.1 psu) identifies the core of the LIW. The EMDW occurs under the 700m of the water column.

In order to understand in a more satisfying way our study area we elaborated CTD data from Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean Research Programme (POEM). Although the data that we analyzed were both realized at the same period.

The topography of the surface geopotential anomaly in the summer (1985) reveals: (a) a cyclonic eddy in the Cretan Passage, (b) a major anticyclonic in the southwestern of study area, (c) an intense jet characterized by high current velocities. This jet bifurcates and one of its branches flows northward. The other branch flows eastward where it bifurcates again with one branch turning northward west of Cyprus and the other branch turning southward south of Cyprus. In our study area we have the presence of three cyclonic eddies; the first is situated east, the second north while the third one is collocated south. We also have two anticyclonic eddies northwest and northeast of our study area.

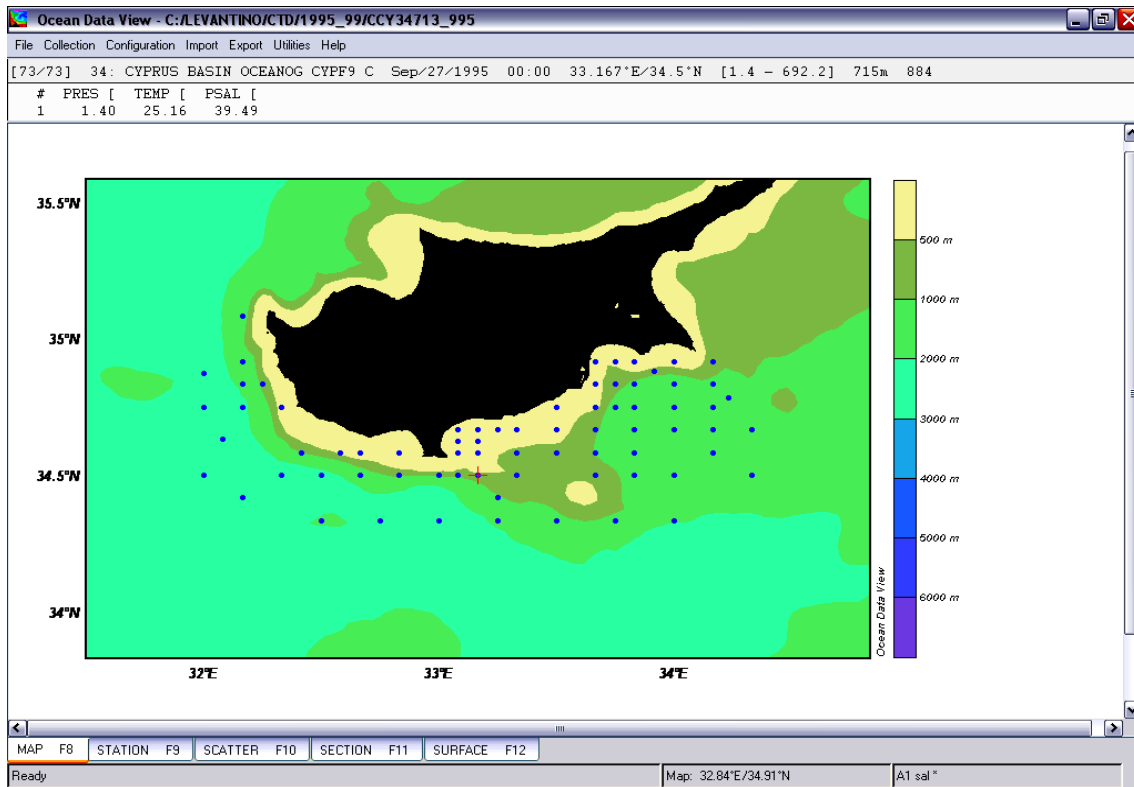
7.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1

Εισαγωγή

Αν τα δεδομένα μας προέρχονται από βάση δεδομένων **medatlas**, όπως στη δική μας περίπτωση, τότε τα αρχεία θα είναι σε μορφή **txt**. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να τα ανοίξουμε και να δούμε το περιεχόμενό τους με έναν οποιοδήποτε **txt editor**, χωρίς όμως να μπορούμε να τα επεξεργαστούμε. Τη δυνατότητα αυτή μας τη δίνει το **Ocean Data View (ODV)**. Κάνοντας δεξί κλικ πάνω στο αρχείο txt, και στη συνέχεια, άνοιγμα με το ODV εισάγουμε τα δεδομένα μας στο πρόγραμμα. Τα δεδομένα, που εισάγουμε συνήθως στο ODV, είναι πίεση, θερμοκρασία και αλατότητα. Ωστόσο θα εξηγήσουμε στην πορεία το πώς μέσα από αυτές τις 3 παραμέτρους το ODV μας δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσουμε ένα μεγάλο πλήθος άλλων παραμέτρων, όπως λ.χ τη δυναμική θερμοκρασία, τη δυναμική πυκνότητα, δυναμικό ύψος αφού προηγουμένως στην περίπτωση αυτή έχουμε ορίσει το επίπεδο αναφοράς, τη συχνότητα Brunt-Väisälä, κλπ. Έτσι στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζεται η περιοχή μελέτης, όπου απεικονίζονται όλοι οι σταθμοί. Το ODV έχει τη δυνατότητα να απεικονίζει κάθε σταθμό με βάση τις γεωγραφικές του συντεταγμένες, όπως αυτές έχουν οριστεί στη βάση δεδομένων.

Το ODV αποτελείται από 5 μέρη (modes). Θα αναφέρουμε στη συνέχεια τη χρησιμότητα καθενός από αυτά. Ωστόσο αν παρατηρήσουμε προσεκτικά την οθόνη μας θα δούμε, ότι στο στάδιο της εισαγωγής των δεδομένων, ενεργοποιείται το **mode map** (Εικ Π.1.1). Σε αυτό το mode απεικονίζεται το γεωγραφικό στίγμα του κάθε σταθμού και έχουμε μια πρώτη εικόνα της μορφολογίας του πυθμένα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα Π.1.1: Το παράθυρο MAP

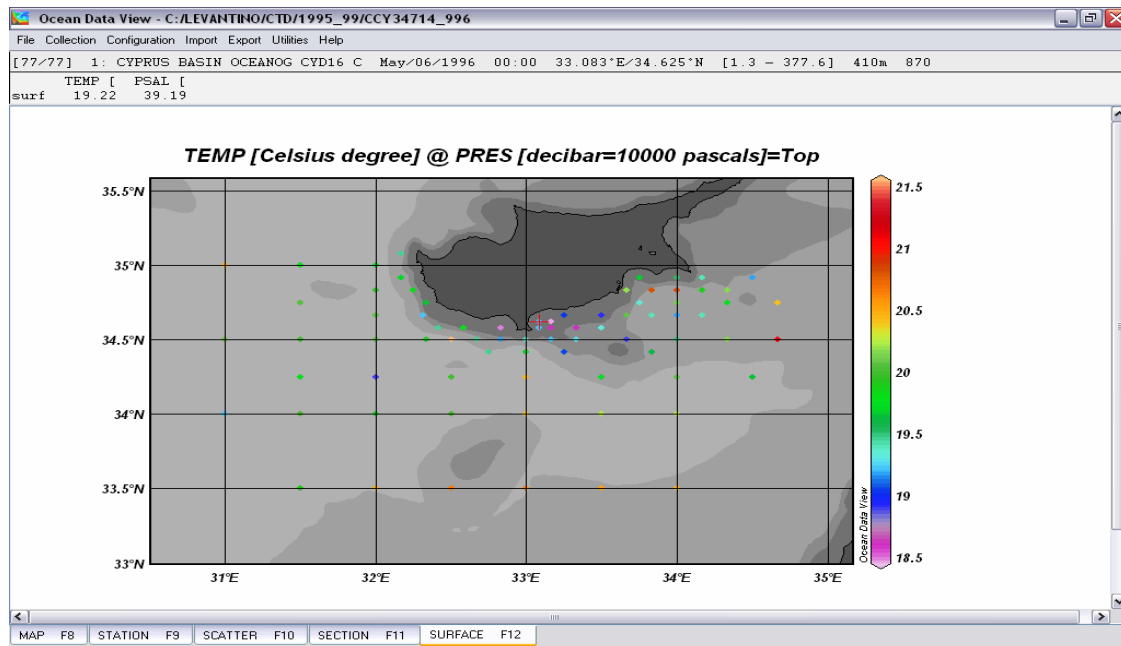
Δημιουργία οριζόντιων κατανομών με το ODV

Για τη δημιουργία οριζόντιων κατανομών επιλέγουμε με αριστερό κλικ το **Surface mode** (Εικ Π.1.2). Στην οθόνη μας θα εμφανιστεί η Εικόνα Π.1.2 που απεικονίζει σημειακά τις τιμές της επιφανειακής θερμοκρασίας. Ωστόσο με κατάλληλες ρυθμίσεις και αλλαγές μπορούμε να δημιουργήσουμε οριζόντιες κατανομές όχι μόνο για τη θερμοκρασία αλλά για ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων και σε οποιαδήποτε βάθη. Αν σε ένα τυχαίο σημείο του χάρτη πατήσουμε δεξί κλικ, τότε εμφανίζεται το **data plot menu** (Εικ Π.1.3). Ειδικότερα, το **data plot menu** περιλαμβάνει:

- ❖ Το **Redraw Plot** που δίνει τη δυνατότητα επανασχεδίασης του χάρτη.

- ❖ Το **Save Plot as** που δίνει τη δυνατότητα αποθήκευσης του χάρτη με τη μορφή κάποιου τύπου αρχείου εικόνας.
- ❖ Το **Zoom** που δίνει τη δυνατότητα να εστιάσουμε σε μια συγκεκριμένη περιοχή πάνω στο χάρτη.
- ❖ Το **Auto zoom in** με το οποίο μπορούμε να εστιάσουμε σε ένα συγκεκριμένο σημείο πάνω στο χάρτη και ειδικότερα εκεί όπου βρίσκεται ο δείκτης του ποντικιού.
- ❖ Το **Auto zoom out** δίνει τη δυνατότητα αναίρεσης της προηγούμενης εντολής.
- ❖ Το **Z-Zoom** δίνει τη δυνατότητα πάνω στην μπάρα της μεταβλητής να εστιάσουμε το εύρος των τιμών της παραμέτρου που επιθυμούμε να εμφανιστούν στον χάρτη.
- ❖ Το **Full Range** επανατοποθετεί όλα τα δεδομένα μέσα στο γράφημα μετά από κάποια τροποποίηση που έχουμε κάνει.
- ❖ Το **Set Axis Ranges** δείχνει το εύρος των τιμών που έχουμε στους άξονες x,y,z.
- ❖ Το **Color Mapping** επιτρέπει να καθορίσουμε τη σταδιακή διαβάθμιση που θα έχει η έγχρωμη απεικόνιση του χάρτη.
- ❖ Το **Display Options Window** μας παρέχει τη δυνατότητα να καθορίσουμε κατά κύριο λόγο το πώς θέλουμε να απεικονίζονται τα δεδομένα μας, για παράδειγμα ως σημειακοί σταθμοί. Η εναλλακτικά ως πυκνό πλέγμα γραμμών, βάση γραμμικής παλινδρόμησης, στη περίπτωση αυτή ο αριθμός των γραμμών μπορεί να καθοριστεί από εμάς.
- ❖ Το **X-Variable, Y-Variable, Z-Variable** ορίζουν τις μεταβλητές στους άξονες x, y, z.

- ❖ Το menu **Extras** παρέχει μια πληθώρα επιλογών που επιτρέπει να προσθέσουμε γεωμετρικά σχήματα, επικεφαλίδες, να αποθηκεύσουμε μεμονωμένα τις ισοποσοτικές καμπύλες κλπ.



Εικόνα Π.1.2: Το παράθυρο SURFACE

Αν τώρα εστιάσουμε το ενδιαφέρον μας στην επιλογή **Display options** θα δούμε ότι εμφανίζεται το παράθυρο **Display Options Window**. Το τελευταίο μας δίνει τη δυνατότητα να επιλέξουμε τον τρόπο απεικόνισης των δεδομένων. Δηλαδή, είτε ως σημεία πάνω στο χάρτη είτε μέσα από ένα πλέγμα που ισαπέχουν γραμμών και του αριθμού της εκάστοτε μεταβλητής που μελετάμε (Εικ Π.1.4). Επίσης έχουμε και άλλες επιλογές, για παράδειγμα μπορούμε να καθορίσουμε το χρώμα που επιθυμούμε να έχουμε ως φόντο μέχρι ή και την απόσταση μεταξύ των ισοκαμπύλων γραμμών.

Ωστόσο ένα δεύτερο παράθυρο για menu εμφανίζεται όταν πατήσουμε δεξί κλικ σε ένα τυχαίο σημείο έξω από την περιοχή μελέτης (χάρτη). Το menu αυτό είναι το

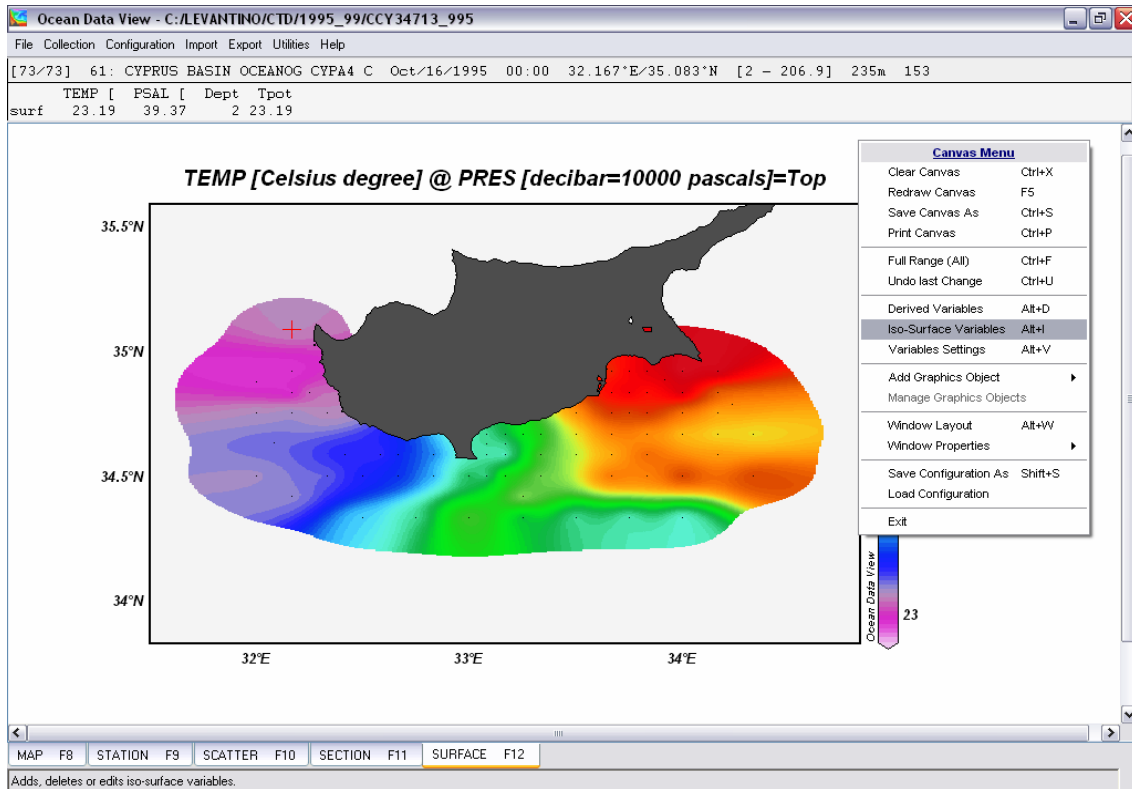
Canvas Menu, που μας δίνει τη δυνατότητα να εκτελέσουμε ένα μεγάλο αριθμό εντολών. Αναλυτικότερα περιλαμβάνει:

- ❖ Το **Clear Canvas**. Αυτό επαναφέρει στην οθόνη τη μορφή του αρχικού χάρτη έτσι ώστε να μπορούμε να σχεδιάσουμε από την αρχή την οριζόντια κατανομή που επιθυμούμε.
- ❖ Το **Redraw Canvas**, επανασχεδιάζει την οριζόντια κατανομή που έχουμε κατασκευάσει.
- ❖ Το **Save Canvas As** δίνει τη δυνατότητα να αποθηκεύσουμε την οριζόντια κατανομή που έχουμε σχεδιάσει σε διάφορους τύπους αρχείων εικόνας.
- ❖ Με το **Print Canvas** έχουμε τη δυνατότητα να εκτυπώσουμε την οριζόντια κατανομή μας ως χάρτη.
- ❖ Το **Full Range** δίνει τη δυνατότητα να επανασχεδιάσουμε την οριζόντια κατανομή μας έτσι ώστε να περιέχονται δεδομένα που τυχόν αρχικά δεν είχαν περιεληφθη.
- ❖ Το **Undo Last Change** αναιρεί την τελευταία ενέργεια που έχουμε κάνει.
- ❖ Με την επιλογή **Derived Variables** δίνεται η δυνατότητα να καθορίσουμε ή να δημιουργήσουμε μια μεταβλητή. Την εξεταζόμενη μεταβλητή μπορούμε να την προσθέσουμε στη βάση δεδομένων μας έτσι ώστε στη συνέχεια να την επεξεργαστούμε.
- ❖ Με την εντολή **Iso – Surface Variables** δίνεται η δυνατότητα να ορίσουμε την οριζόντια μεταβλητή που μελετάμε (πχ την ισόπυκνη επιφάνεια τον 28.8).
- ❖ Το **Variables Settings** δίνει πληροφορίες σχετικά με το εύρος τιμών που έχουν οι παράμετροι μας.

- ❖ Με το **Add Graphics Object** μπορούμε να προσθέσουμε στην οριζόντια κατανομή διάφορα γεωμετρικά σχήματα, γραμμές, σύμβολα η και επικεφαλίδες
- ❖ Η επιλογή **Manage Graphics Object** παραμένει ανενεργή για το mode Surface.
- ❖ Το **Window Layout** δίνει τη δυνατότητα να προσθέσουμε και άλλο παράθυρο στην ίδια οθόνη. Το παράθυρο αυτό μπορεί να είναι εκ νέου ένας νέος χάρτης μιας οριζόντιας κατανομής, ένα γράφημα ή μια τομή. Επίσης μπορούμε να αποθηκεύσουμε κάθε γραφική απεικόνιση που εμφανίζεται στην οθόνη μας σαν εικόνα.
- ❖ Η εντολή **Window Properties** μας οδηγεί στο παράθυρο **Data plot menu**, που επεξηγήσαμε προηγουμένως, όταν επιλέξουμε την εντολή Window. Επίσης κάθε νέο παράθυρο που έχουμε πρόσθεσει με την εντολή **Window Layout** θα εμφανίζεται ως υποεντολή του **Window Properties** και θα μας οδηγεί στο παράθυρο **Data plot menu** για κάθε παράθυρο χωριστά. Ωστόσο μέσα στην εντολή **Window Properties** εμφανίζεται η εντολή **map** που αφορά τις ρυθμίσεις που θέλουμε να κάνουμε στο χάρτη.
- ❖ Με το **Save Configuration As** έχουμε τη δυνατότητα να αποθηκεύσουμε τις ρυθμίσεις που έχουμε κάνει για το σχεδιασμό μιας οριζόντιας κατανομής.
- ❖ Με το **Load Configuration** μπορούμε να τρέξουμε τις ρυθμίσεις που έχουμε αποθηκεύσει και να συνεχίσουμε την επεξεργασία μας από εκείνο το σημείο.
- ❖ Με την εντολή **Exit** κλείνουμε το πρόγραμμα.

Αφού επιλέξουμε τις κατάλληλες ρυθμίσεις για τον σχεδιασμό τόσο του χάρτη όσο και των παραμέτρων που επιθυμούμε, μπορούμε να σχεδιάσουμε την οριζόντια

κατανομή που επιθυμούμε. Μια τέτοια κατανομή παρουσιάζεται παρακάτω (Εικόνα Π.1.5).



Εικόνα Π.1.5: Το παράθυρο Canvas Menu

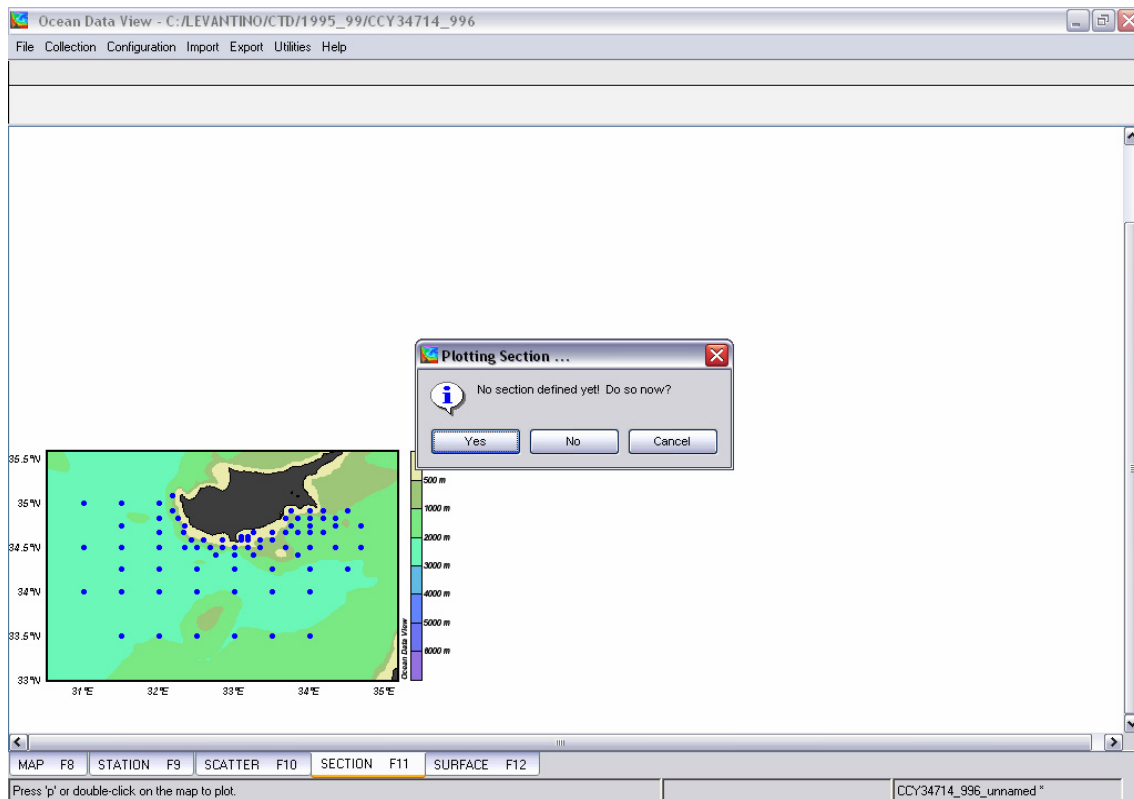
Ειδικότερα στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, αφού επιλέξαμε τις παραμέτρους που θα εξετάζαμε, δημιουργήσαμε τις οριζόντιες κατανομές της αλατότητας, της θερμοκρασίας, της πυκνότητας, την κατανομή της αλατότητας και της θερμοκρασίας σε μια ισόπυκνη επιφάνεια, την τοπογραφία των αντίστοιχων ισόπυκνων επιφανειών καθώς επίσης και τη δυναμική τοπογραφία της περιοχής.

Παράρτημα 2.

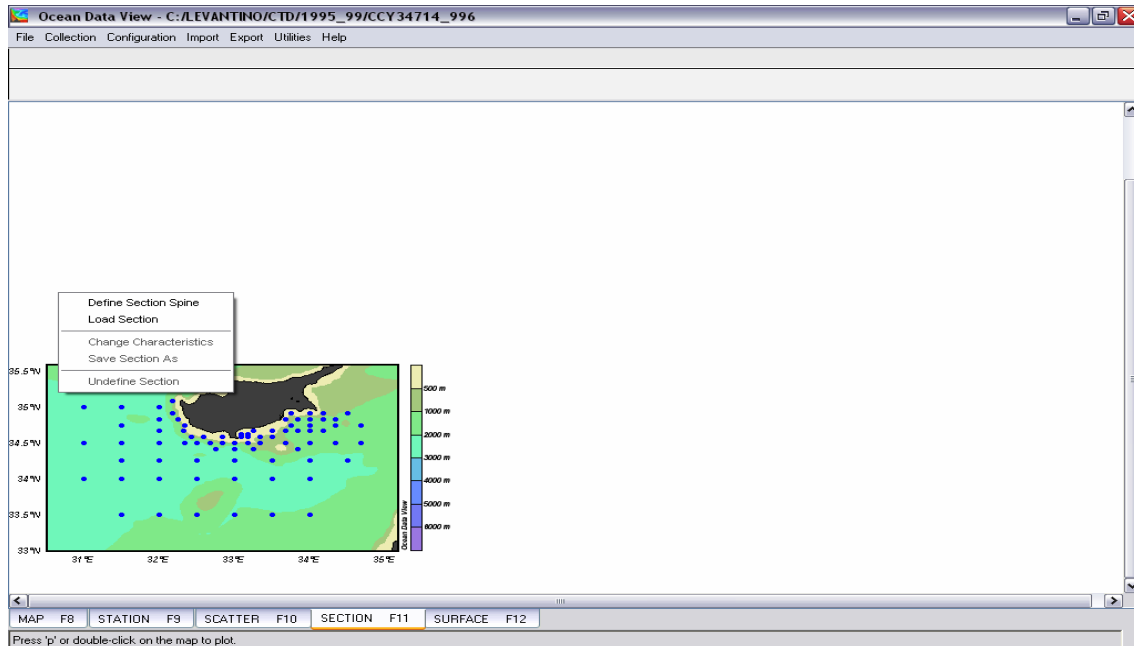
Δημιουργία εγκάρσιων κατανομών με το ODV.

Για τη δημιουργία των εγκάρσιων τομών θα πρέπει να έχουμε ενεργοποιήσει το mode **SECTION**, οπότε εμφανίζεται στην οθόνη το παράθυρο **Plotting Section** (Εικόνα Π.2.1). Κάνοντας δεξί κλικ πάνω στην επιλογή **yes** ή πατώντας **enter** εμφανίζεται ένα παράθυρο με δυο εντολές (Εικόνα Π.2.2):

- ❖ Με την επιλογή **Define Section Spine** καθορίζουμε και επιλέγουμε τους σταθμούς που θέλουμε για τη δημιουργία κατακόρυφης κατανομής.
- ❖ Το **Load Section** μας δίνει τη δυνατότητα να τρέξουμε τις ρυθμίσεις μιας τομής που έχουμε αποθηκεύσει.

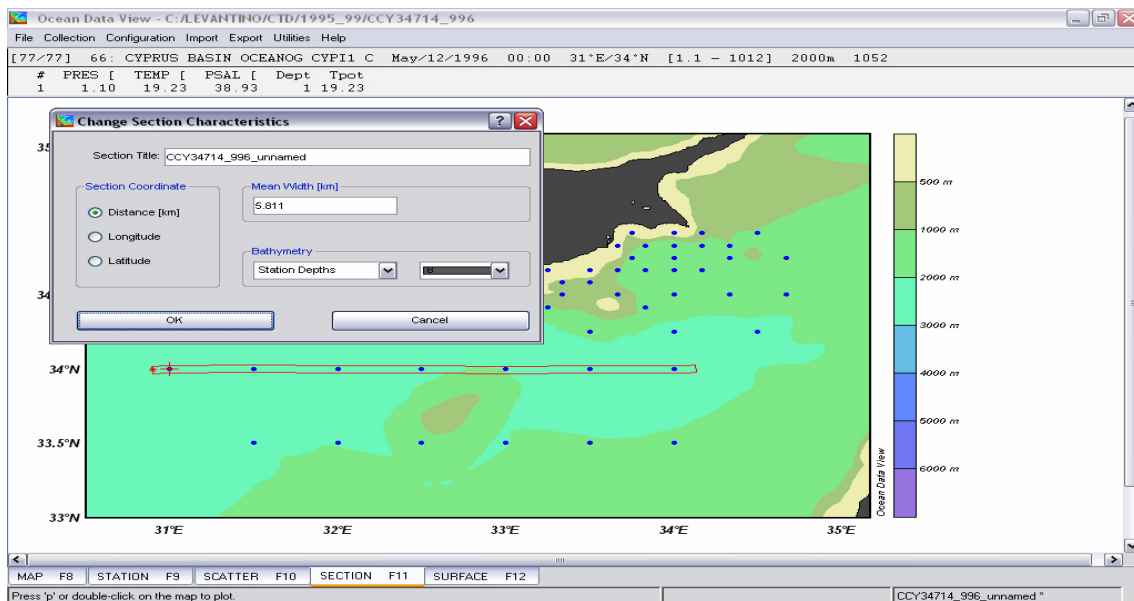


Εικόνα Π.2.1 : Το παράθυρο Plotting Section



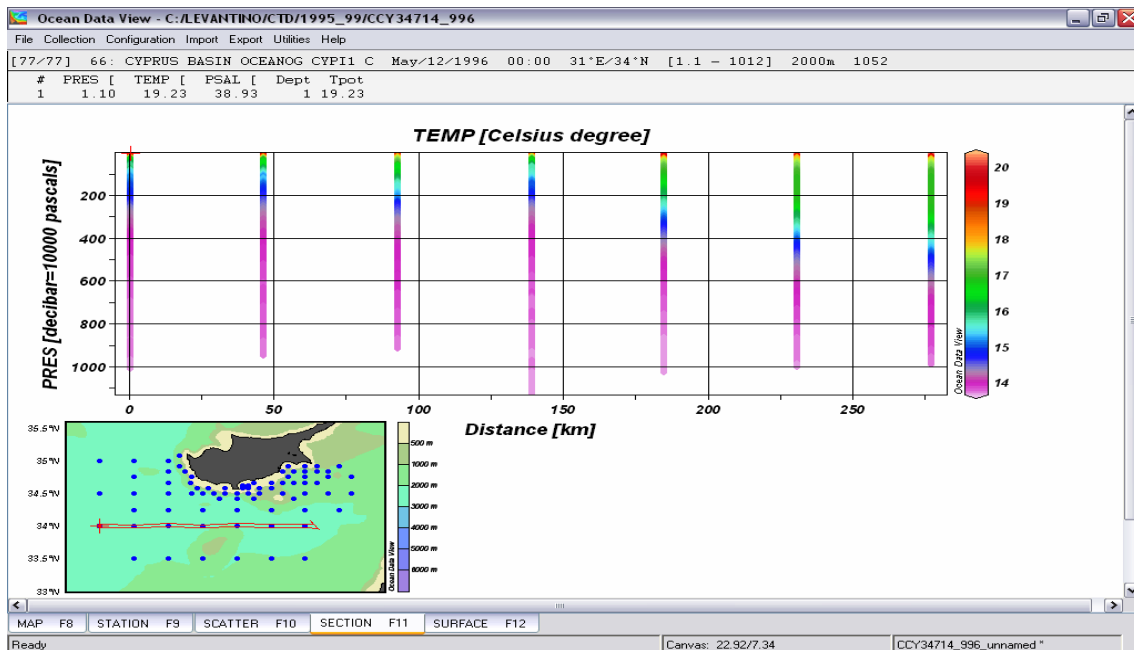
Εικόνα Π.2.2: Το παράθυρο Define Section Spine

Μπορούμε να καθορίσουμε ποιους σταθμούς θέλουμε να επεξεργαστούμε επιλέγοντας τους με δεξί κλικ πάνω σε κάθε σταθμό. Αφού κάνουμε αυτή την ενέργεια, στην οθόνη μας εμφανίζεται το παράθυρο **Change Section Characteristics** (Εικόνα Π.2.3). Αυτό δίνει τη δυνατότητα: να ονομάσουμε την τομή, να επιλέξουμε τον τρόπο αριθμησης της απόστασης μεταξύ των σταθμών καθώς και τη μορφή της βυθομετρίας.



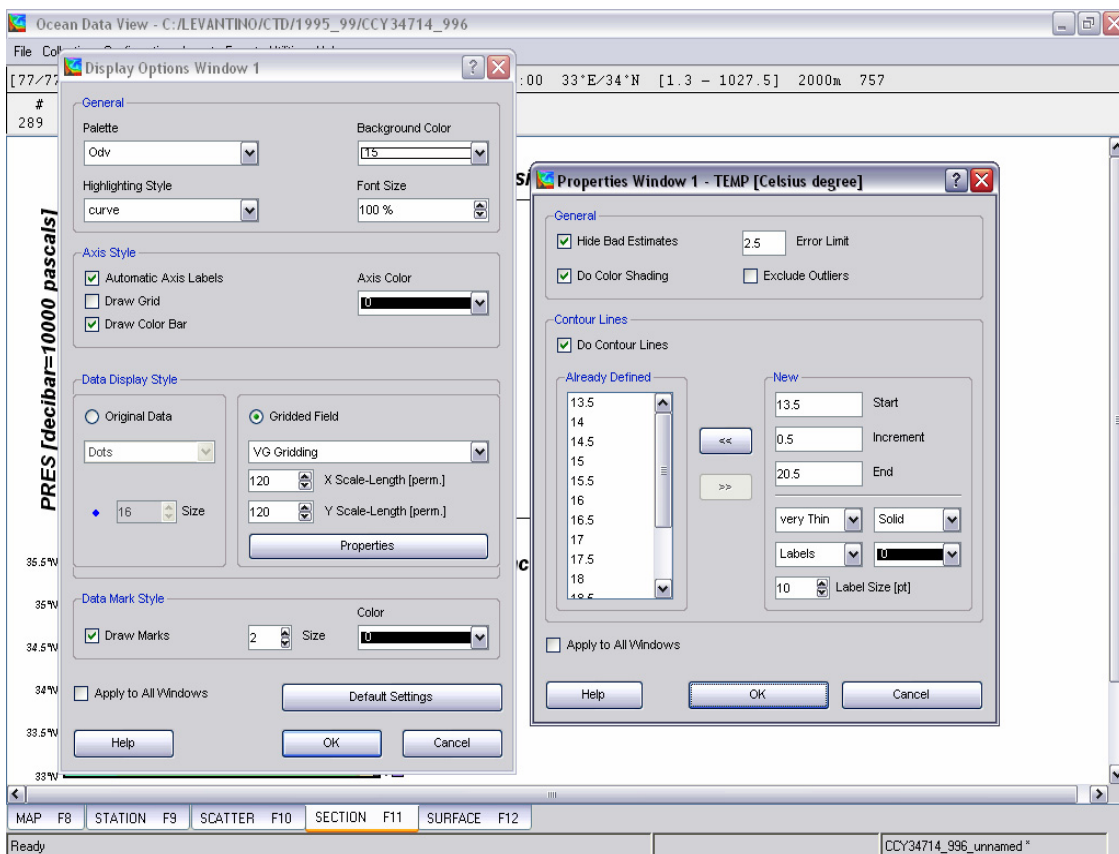
Εικόνα Π.2.3: Το παράθυρο Change Section Characteristics.

Κατόπιν με την εντολή ok εμφανίζεται η τομή με τους σταθμούς που έχουμε επιλέξει. Ωστόσο, οι σταθμοί εμφανίζονται σημειακά και μεταξύ τους δεν έχει γίνει καμία γραμμική παρεμβολή, οπότε η εικόνα της τομής που πρόκειται να δημιουργήσουμε είναι ακόμα ελλιπής (Εικόνα Π.2.4).

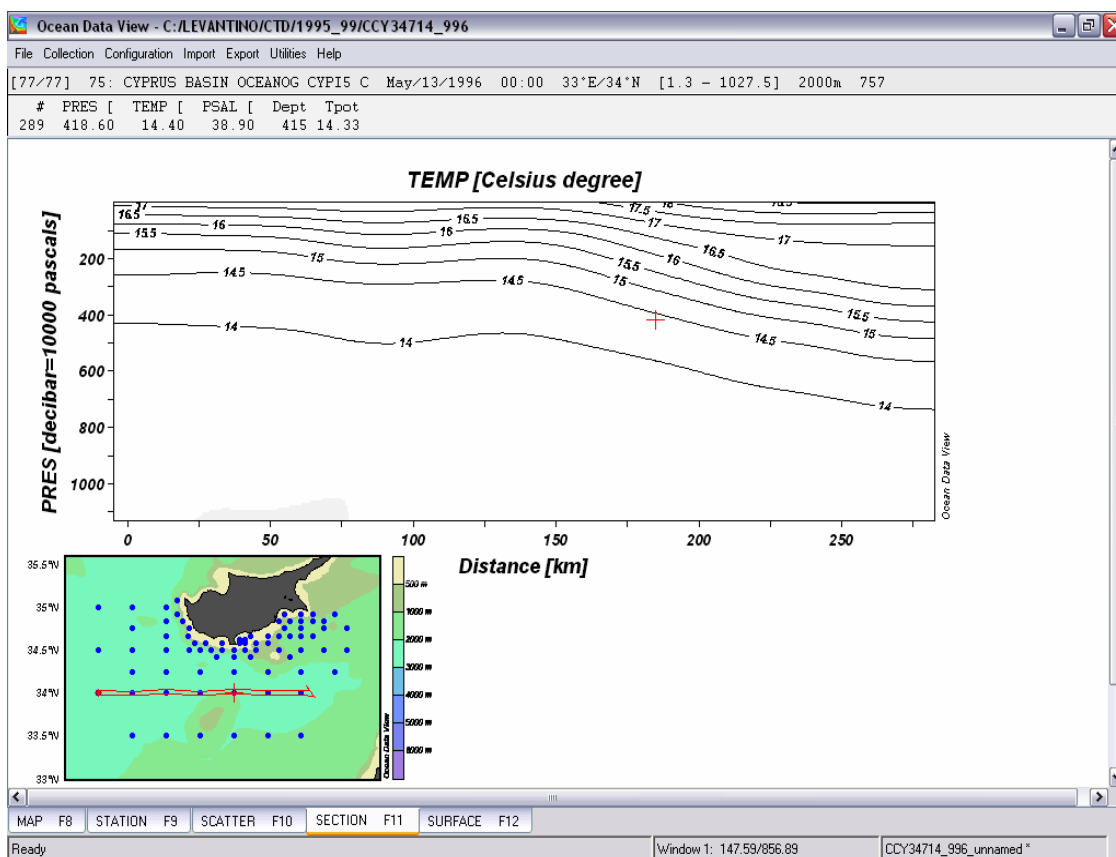


Εικόνα Π.2.4: Το παράθυρο SECTION

Αν τώρα σε ένα τυχαίο σημείο της τομής κάνουμε δεξί κλικ εμφανίζεται το παράθυρο **Data Plot Menu**. Το παράθυρο αυτό είναι το ίδιο όπως του mode Surface που περιγράψαμε στο παράρτημα 1 για την κατασκευή των οριζόντιων τομών (Εικόνα Π.2.5). Επίσης αν κάνουμε δεξί κλικ σε ένα οποιοδήποτε σημείο εκτός χάρτη εμφανίζεται το παράθυρο **Canvas Menu**, τις εντολές του οποίου περιγράψαμε στο παράρτημα 1. Τέλος αφού επιλέξουμε τις κατάλληλες εντολές για τη δημιουργία της αποθηκεύουμε την εγκάρσια τομή από το παράθυρο **Data Plot Menu** με την εντολή **Save Plot As** όπου αποθηκεύουμε την τομή ως εικόνα



Εικόνα Π.2.5: Το παράθυρο Display Options Window

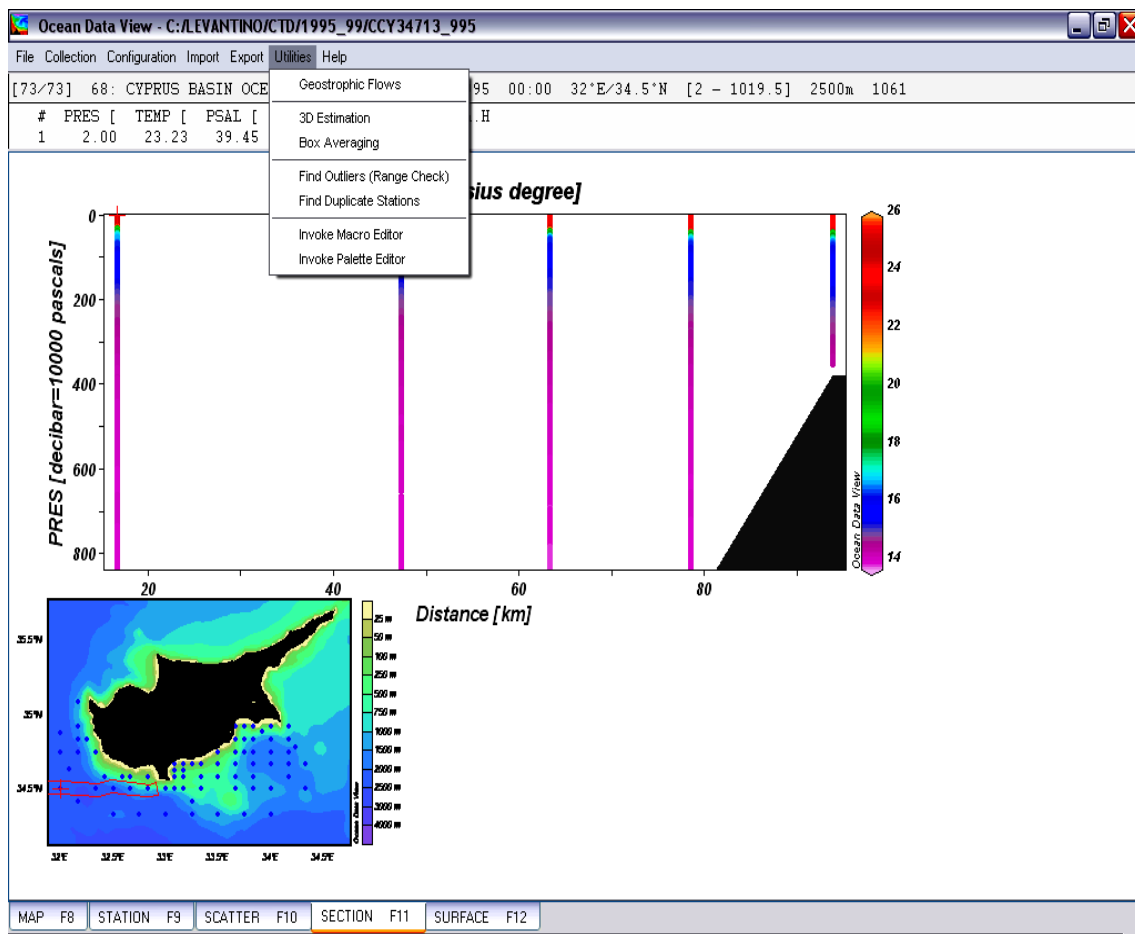


Εικόνα Π.2.6. Κατακόρυφη κατανομή θερμοκρασίας.

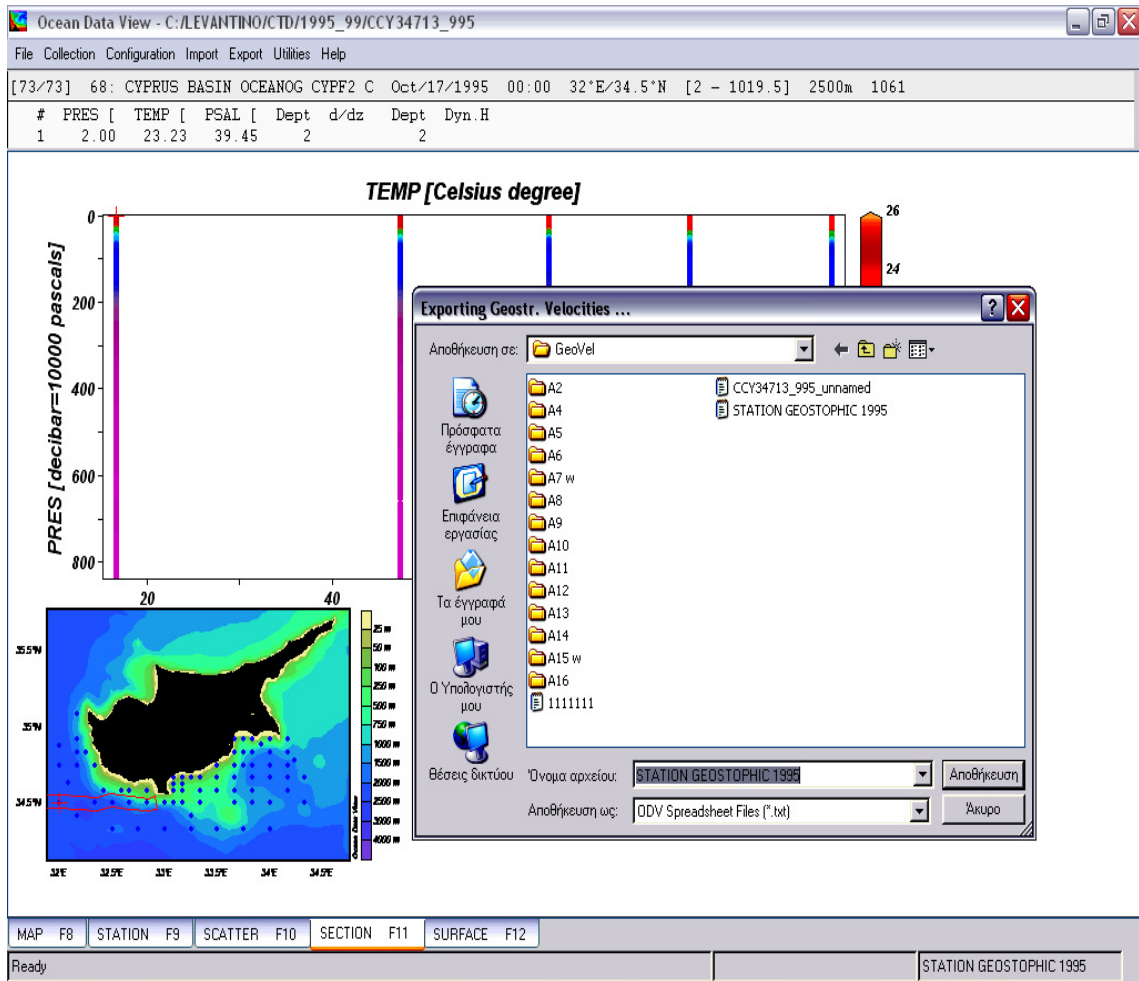
Παράρτημα 3

Γεωστροφικές ροές

Το ODV δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσουμε και να απεικονίσουμε τις γεωστροφικές ροές μέσω της εντολής Utilities>Geostrophic Flows (Εικόνα Π.3.1). Πρώτα, βέβαια, πρέπει να καθορίσουμε τους σταθμούς που έχουμε επιλέξει, όπως περιγράψαμε προηγουμένως (Παράρτημα 2). Αφού επιλέξουμε τους σταθμούς θα εκτελέσουμε την εντολή Utilities>Geostrophic Flows. Στην οθόνη θα εμφανιστεί ένα νέο παράθυρο, όπου θα πρέπει να καθορίσουμε το όνομα του αρχείου που θα εξάγουμε τα αποτελέσματα (Εικόνα Π.3.2).

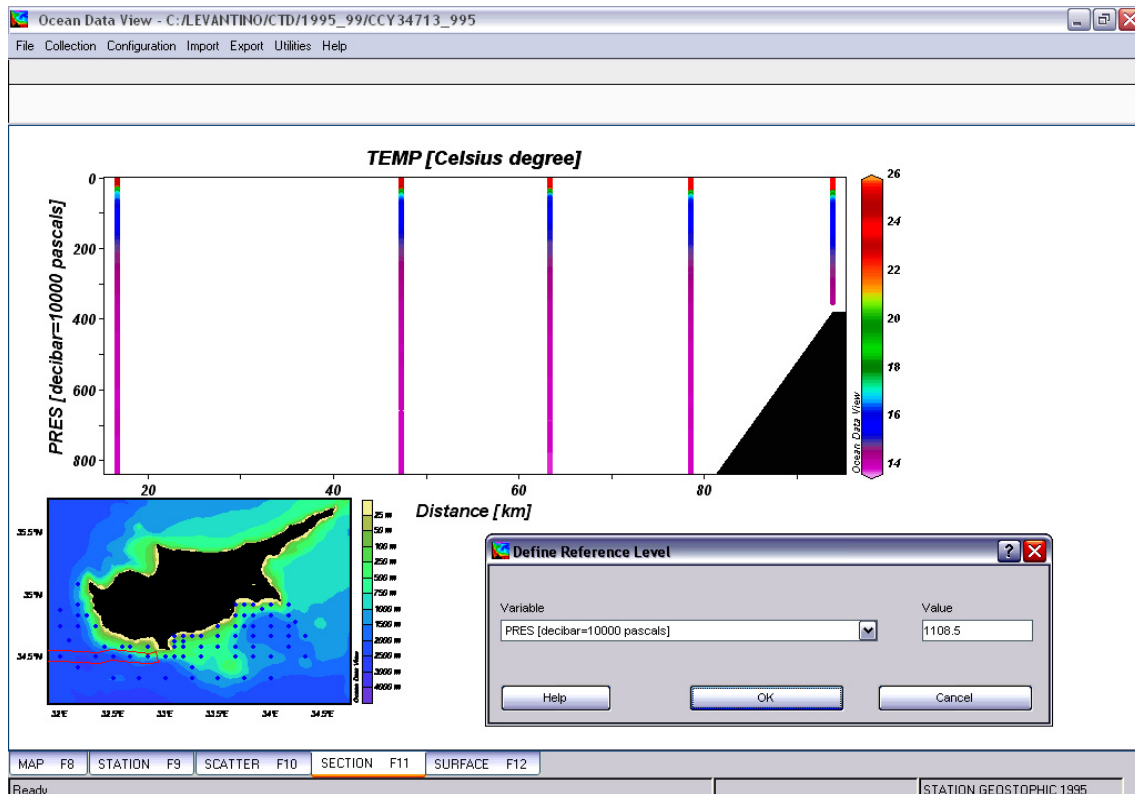


Εικόνα Π.3.1: Geostrophic Flows



Εικόνα Π.3.2: Exporting Geostrophic Velocities

Έπειτα από αυτήν την ενέργεια εμφανίζεται εκ νέου ένα άλλο παράθυρο (Εικόνα Π.3.3). Στο παράθυρο Define Reference Level καθορίζουμε το επίπεδο αναφοράς που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε. Αυτό το επιτυγχάνουμε είτε επιλέγοντας το επιθυμητό βάθος είτε επιλέγοντας μια συγκεκριμένη τιμή κάποιας παραμέτρου που έχουμε υπολογίσει (πχ της δυναμικής πυκνότητας). Να σημειώσουμε ότι ο συγκεκριμένος φάκελος αποθηκεύεται σε έναν υποκατάλογο του GeoVel καταλόγου. Έτσι το ODV δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσουμε τη γεωστροφική ταχύτητα ανά ζεύγος σταθμών.

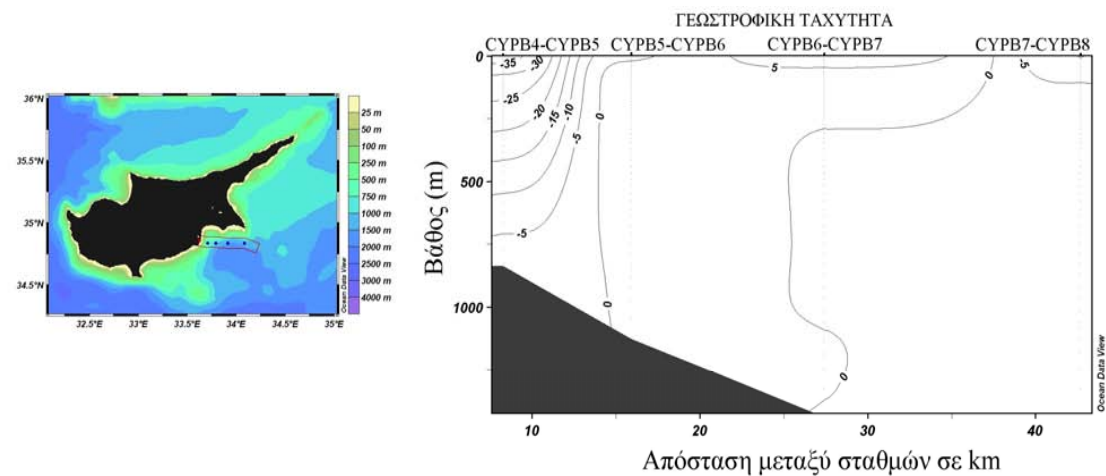
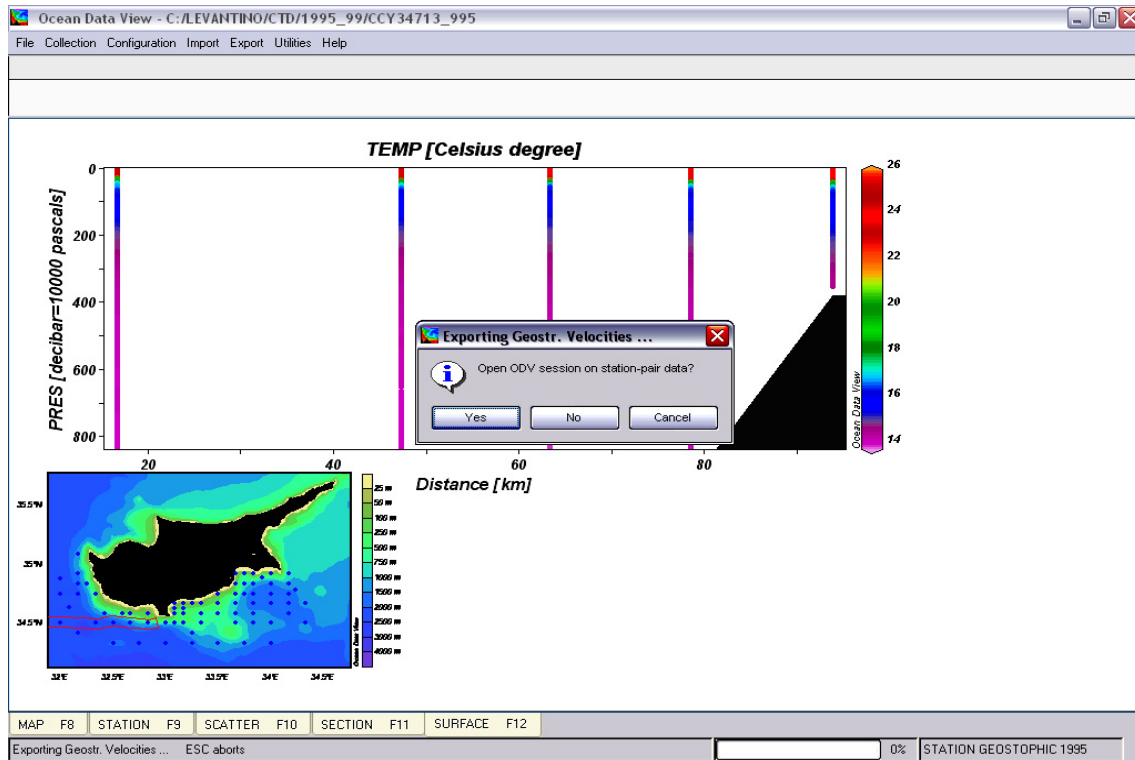


Εικόνα Π.3.3: Define Reference Level

Αφού υπολογίσουμε επιτυχώς τις γεωστροφικές ταχύτητες στη συνέχεια επιλέγοντας την εντολή yes στο νέο παράθυρο που έχει εμφανιστεί, δίνεται η δυνατότητα να δούμε τα τυχόν σφάλματα που έχουν προκύψει κατά τον υπολογισμό των γεωστροφικών ταχυτήτων καθώς και τους σταθμούς που έχουν απορριφτεί.

Όταν ολοκληρώσει το ODV τους υπολογισμούς των γεωστροφικών ταχυτήτων ανά ζεύγος τιμών, δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού και των υπόλοιπων παραμέτρων που έχουμε επιλέξει (Εικόνα Π.3.4). Έτσι κάνοντας τις κατάλληλες ρυθμίσεις στο ODV μπορούμε να καθορίσουμε τον χάρτη που θέλουμε να απεικονίσουμε τα δεδομένα μας κάνοντας zoom in πάνω στο χάρτη και ορίζονται οι συνιστώσες της γεωστροφικής ταχύτητας. Οι θετικές τιμές που απεικονίζονται στην εγκάρσια τομή της γεωστροφικής ροής δηλώνουν τη διεύθυνση του ρεύματος. Έτσι οι θετικές τιμές δείχνουν ότι το

γεωστροφικό ρεύμα κινείται είτε κατά τον βορρά είτε κατά την ανατολή. Αντίστοιχα οι αρνητικές τιμές δηλώνουν ότι το γεωστροφικό ρεύμα κινείται δυτικά ή νότια. Στην Εικόνα Π.3.5 απεικονίζεται η γεωστροφική ταχύτητα σε cm/sec.



Εικόνα Π.3.5: Υπολογισμός γεωστροφικής ταχύτητας.

Παράρτημα 4

Ανάλυση υδάτινων μαζών

Όπως αναφέραμε στα ‘Υλικά και Μέθοδοι’ τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά του θαλάσσιου περιβάλλοντος δε μεταβάλλονται ανεξάρτητα μεταξύ τους. Έτσι, εάν για κάθε δείγμα θαλάσσιου νερού που έχουμε συλλέξει στα διάφορα βάθη ενός ωκεανογραφικού σταθμού σχεδιάσουμε τη μεταβολή της αλατότητας με τη θερμοκρασία, με οριζόντιο άξονα την αλατότητα και κάθετο τη θερμοκρασία, φέροντας τη θερμοκρασία κάθε δείγματος σε σχέση με την αντίστοιχη αλατότητα για όλα τα βάθη δειγματοληψίας και στη συνέχεια ενώσουμε τα σημεία που προκύπτουν, η καμπύλη που σχηματίζεται ονομάζεται «**διάγραμμα Θ-S**».

Όταν τοποθετήσουμε σε ένα διάγραμμα Θ-S όλα τα ζεύγη θερμοκρασίας και αλατότητας που αντιστοιχούν σε όλα τα δείγματα θαλάσσιου νερού όλων των σταθμών μιας γεωγραφικής περιοχής, θα προκύψει το «**σύνθετο διάγραμμα Θ-S**». Το τελευταίο μας διευκολύνει να καθορίσουμε τις χαρακτηριστικές τιμές θερμοκρασίας και αλατότητας των υδάτινων τύπων που συμμετέχουν στη δομή της υδάτινης στήλης της περιοχής, όπως επίσης και να εντοπίσουμε σημεία τα οποία αποκλίνουν σημαντικά από τη διασπορά της πλειονότητας των άλλων σημείων και τα οποία πολλές φορές πρέπει να θεωρούνται αμφιβόλου ποιότητας. Έτσι, το διάγραμμα Θ-S αποτελεί επίσης και ένα πρώτο μέσο επαλήθευσης της αξιοπιστίας των στοιχείων που έχουν συλλεχθεί σε ένα ωκεανογραφικό πλόα.

Όταν ένας υδάτινος τύπος, ο οποίος συμβολίζεται με ένα σημείο στο διάγραμμα Θ-S, βυθιστεί επειδή αυξάνεται η πυκνότητα του, η μόνη μεταβολή που μπορεί να έχει η θερμοκρασία και αλατότητα είναι μέσω ανάμιξης του με άλλους υδάτινους τύπους,

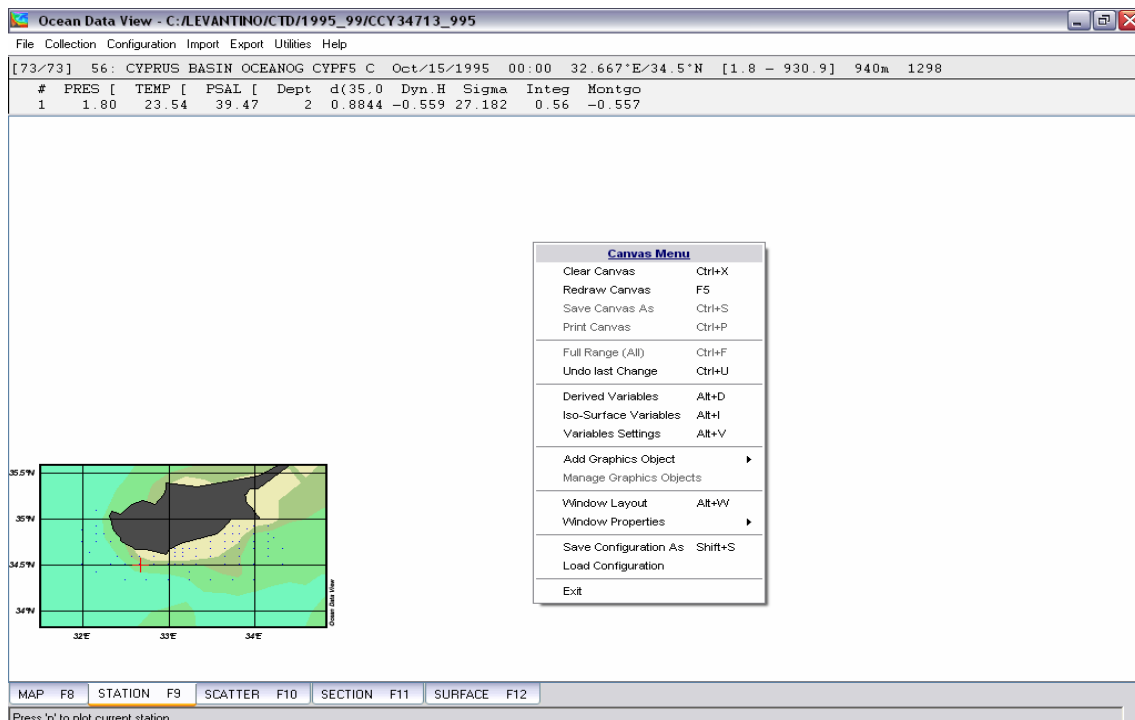
που χαρακτηρίζονται από διαφορετικές θερμοαλατικές ιδιότητες. Έτσι, τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά μιας υδάτινης μάζας, η οποία γενικά συμβολίζεται ως ευθύγραμμο ή καμπυλόγραμμο τμήμα ενός διαγράμματος Θ-S, παρέχουν πληροφόρηση τόσο για την προέλευση της, όσο και για τις μεταβολές που αυτή έχει υποστεί, λόγω ανάμιξης, μετά την απομάκρυνση από την πηγή της. Η θερμοκρασία και η αλατότητα επίσης καθορίζουν την πυκνότητα (ως προς κάποια πίεση αναφοράς), επομένως μπορούμε σε ένα διάγραμμα Θ-S να χαράξουμε και τις ισόπυκνες καμπύλες. Έτσι μπορούμε να έχουμε μια εκτίμηση της μεταβολής της πυκνότητας με το βάθος, δηλαδή της σταθερότητας της υδάτινης στήλης.

Τα διαγράμματα Θ-S, καθώς και τα κατακόρυφα προφίλ θερμοκρασίας, αλατότητας και πυκνότητας στην παρούσα εργασία έγιναν με τη βοήθεια του προγράμματος **Ocean Data View (ODV)**.

Δημιουργία κατακόρυφων προφίλ με το ODV

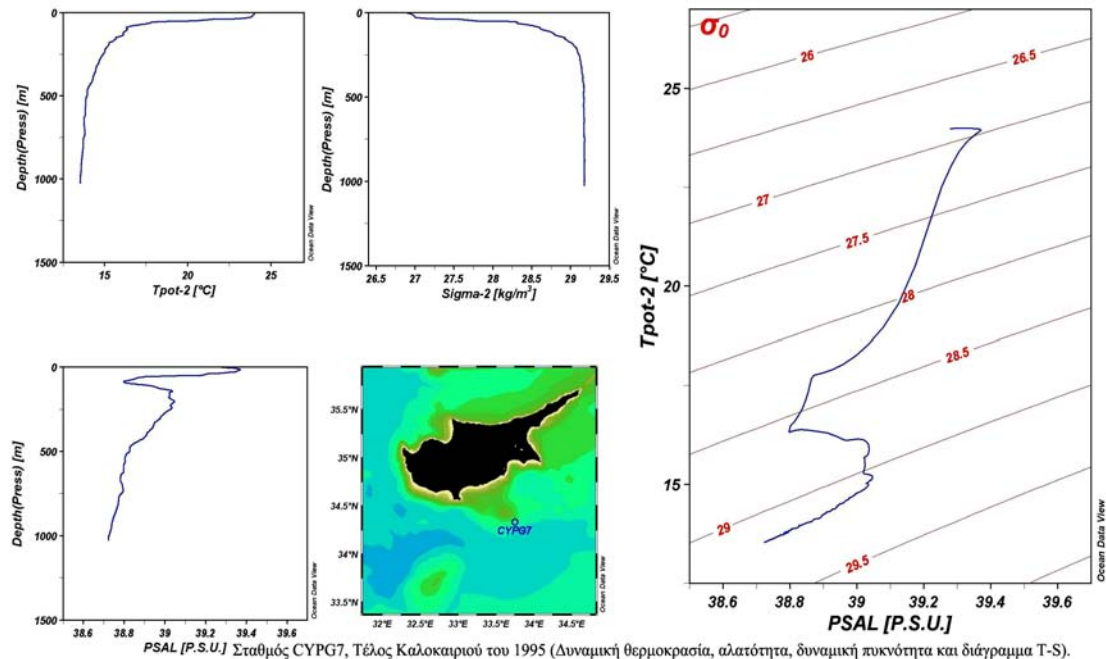
Πιο συγκεκριμένα επιλέγοντας το mode Station στο ODV μας δίνεται η δυνατότητα να δημιουργήσουμε κατακόρυφα προφίλ διαφορών μεταβλητών. Όπως έχουμε αναφέρει στα Cast που συνήθως εισάγουμε στο ODV, έχουν μετρηθεί 2 παράμετροι: η αλατότητα και η θερμοκρασία με βάση της οποίας υπολογίζεται η πυκνότητα. Επίσης υπολογίζονται και άλλοι παράμετροι από τις υπάρχουσες όπως (πχ δυναμική θερμοκρασία, δυναμικά ύψη κ.λ.π). Έτσι όπως και κατά τη δημιουργία τόσο των οριζόντιων όσο και των εγκάρσιων τομών αν σε οποιοδήποτε σημείο του χάρτη πατήσουμε δεξί κλικ σε ένα οποιοδήποτε σημείο έξω από το χάρτη τότε εμφανίζεται το παράθυρο Canvas Menu (Εικόνα Π.4.1). Τις εντολές αυτού του μενού τις έχουμε περιγράψει εκτενώς στο παράρτημα 1. Κάνοντας τις κατάλληλες ρυθμίσεις

προσθέτουμε στην οθόνη του ODV τα αντίστοιχα παράθυρα που αφορούν το προφίλ της αλατότητας, της θερμοκρασίας και της πυκνότητας καθώς και το διάγραμμα Θ-S για κάθε σταθμό (Εικόνα Π.4.2). Έτσι μας δίνεται μια πλήρης εικόνα για την κατάσταση που επικρατεί σε κάθε σταθμό μέσα στην περιοχή μελέτης μας (βλέπε Παράρτημα 5, Μέρος 2). Ωστόσο για την αναγνώριση των υδάτινων μαζών αλλά και για τον καθορισμό του βαθμού ανάμιξης τους χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα Θ-S. Αν π.χ. έχουμε δύο υδάτινους τύπους που αναμιγνύονται σε μια περιοχή, έστω ότι έχουμε μια μάζα m_1 του υδάτινου τύπου 1 και μια μάζα m_2 του υδάτινου τύπου 2. Παίρνοντας ένα σημείο πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει τους δύο υδάτινους τύπους, αυτόματα χωρίζουμε το τμήμα αυτό σε δύο μικρότερα, έστω α το τμήμα προς τον υδάτινο τύπο 1 και β το τμήμα προς τον υδάτινο τύπο 2. Η σχετική αναλογία του μίγματος θα είναι $m_1/m_2 = \beta/\alpha$. Με τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε και τη σχετική αναλογία για τρεις ή και περισσότερους υδάτινους τύπους, σχηματίζοντας κάθε φορά το



Εικόνα Π.4.1: Παράθυρο Canvas Menu

αντίστοιχο τρίγωνο. Όταν λοιπόν δύο ή και περισσότεροι υδάτινοι τύποι με γνωστά θερμοαλατικά χαρακτηριστικά αναμιγνύονται, μπορούμε με βάση το διάγραμμα Θ-S να βρούμε τα θερμοαλατικά χαρακτηριστικά του μίγματος και τις αναλογίες με τις οποίες συμμετέχουν οι δύο τύποι στο μίγμα.



Εικόνα Π.4.2: Παράθυρο Profil Temp, sigma, Salinity and diagram T-S

Η χρήση του EXCEL στην ανάλυση των υδάτινων μαζών

Στην περίπτωση μας, σε κάθε σταθμό απαντούν τέσσερις υδάτινοι τύποι, οι οποίοι ορίζουν το επιφανειακό και το βαθύ τρίγωνο ανάμιξης, σύμφωνα με τον Mamayev (1966). Σε κάθε τρίγωνο, το νερό σε ένα δεδομένο σημείο που ανήκει στο αντίστοιχο τρίγωνο, αποτελείται από τα ποσοστά συμμετοχής των υδάτινων μαζών που καθορίζουν το τρίγωνο ανάμιξης. Αν λοιπόν τα ποσοστά των υδάτινων αυτών μαζών είναι αντίστοιχα X, Y, Z, θα πρέπει το άθροισμα τους να είναι ίσο με τη μονάδα, και η θερμοκρασία και η αλατότητα του δείγματος να ισούνται με τα αθροίσματα των ποσοστών των συγκεκριμένων υδάτινων μαζών. Οδηγούμαστε δηλαδή σε ένα σύστημα

τριών εξισώσεων με τρεις αγνώστους. Αν λοιπόν a και b είναι η θερμοκρασία και η αλατότητα του δείγματος, για το επιφανειακό στρώμα θα ισχύει:

$$X+Y+Z= 1,$$

$$15.5x+ 17.5y+26.79z = a,$$

$$39.16x+38.55y+39.6z = b, \text{ ενώ για το βαθύ στρώμα:}$$

$$X+Y+Z= 1,$$

$$15.5x+ 17.5y+13.6z=a,$$

$$39.16x+38.55y+38.75z=b.$$

Η επίλυση των συγκεκριμένων εξισώσεων μας δίνει και το ποσοστό συμμετοχής των υπό εξέταση υδάτινων μαζών σε κάθε δεδομένο σημείο του οποίου γνωρίζουμε τα θερμοαλατικά δεδομένα. Η επίλυση των παραπάνω συστημάτων έγινε στο πρόγραμμα **Microsoft Excel**, με τη χρήση πινάκων. Ως γνωστό, το παραπάνω πρώτο σύστημα μπορεί να γραφεί υπό μορφή πινάκων ως εξής:

1	1	1		X
15.5	17.5	26.79	*	Y
39,16	38.55	39.6		Z

Βλέπουμε δηλαδή ότι έχουμε ένα σύστημα γραμμικών εξισώσεων $AX=B$, υπό μορφή πινάκων. Όμως, από τις ιδιότητες των πινάκων σε συνδυασμό με τον κανόνα του Cramer, η μοναδική λύση του συγκεκριμένου συστήματος εξισώσεων δίνεται από την ισότητα $X = A^{-1}B$, όπου A^{-1} ο αντίστροφος πίνακας του A . Στη συνέχεια θα δούμε πως κάναμε υπολογισμούς πινάκων στο πρόγραμμα Microsoft Excel.

Πίνακες στο EXCEL

Για να δουλέψουμε με πίνακες στο Excel, πρέπει να χειριζόμαστε μια ομάδα κελιών, αυτή που αποτελεί τον πίνακά μας, σαν ένα απλό κελί και δίνοντας κάθε φορά την κατάλληλη εντολή για επίλυση πράξης ή εξίσωσης το πρόγραμμα μας οδηγεί στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Σημαντικό είναι ότι επιλέγουμε την περιοχή που το αποτέλεσμα εμφανίζεται, άρα θα πρέπει να προσέχουμε η επιλεγθείσα περιοχή να είναι ίση σε μέγεθος με το μέγεθος του πίνακα που αναμένουμε ως αποτέλεσμα για να μην αντιμετωπίσουμε προβλήματα. Π.χ., αν προσθέσουμε δύο πίνακες 3×3 , θα πρέπει η περιοχή που επιλέξαμε για να εμφανιστεί η λύση να έχει μέγεθος 3 γραμμές * 3 στήλες.

Επίλυση εξισώσεων στο EXCEL με τη μέθοδο της αντιστροφής πινάκων.

Ένας εύκολος τρόπος, για την επίλυση συστημάτων εξισώσεων στο Excel είναι η χρήση της μεθόδου της αντιστροφής πινάκων. Το Excel διαθέτει στη βιβλιοθήκη των συναρτήσεων του προγράμματος τη συνάρτηση MINVERSE, που καθορίζει τον αντίστροφο ενός πίνακα, καθώς και τη συνάρτηση MMULT, η οποία πολλαπλασιάζει πίνακες. Είναι εύκολο να λύσουμε το σύστημα $AX = B$ βασιζόμενοι στις παραπάνω συναρτήσεις και στον κανόνα του Cramer που περιγράψαμε πιο πριν. Ωστόσο πρέπει πρώτα να καθορίζουμε τον αντίστροφο πίνακα του A , που είναι A^{-1} . Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε με τη συνάρτηση MINVERSE που βρίσκεται στο Excel. Έπειτα πρέπει να πολλαπλασιάσουμε τον Αντίστροφο A^{-1} πίνακα με τον B πίνακα. Τη δυνατότητα αυτή στο Excel η συνάρτηση MMULT. Το αποτέλεσμα από τον πολλαπλασιασμό των πινάκων είναι ο νέος πίνακας X , ο οποίος και περιέχει τις επιθυμητές άγνωστες τιμές. Η λεπτομερής διαδικασία έχει ως εξής:

- ❖ Εισάγουμε τα στοιχεία του πίνακα A σε μια περιοχή κελιών μεγέθους

$n \times n$ (π.χ. L19:N21).

- ❖ Εισάγουμε τα στοιχεία του πίνακα B σε μια περιοχή κελιών μεγέθους $n \times n$. (G3:AA5).
- ❖ Έπειτα καθορίζουμε σε ποια περιοχή κελιών θέλουμε να εμφανιστεί ο αντίστροφος A^{-1} , και αφού επιλέξουμε την περιοχή (ίσου μεγέθους με τον A), εισάγουμε στο πάνω αριστερό κελί της τον τύπο =MINVERSE(), έχοντας στην παρένθεση την περιοχή κελιών στην οποία βρίσκεται ο αρχικός μας πίνακας A. Πατώντας ταυτόχρονα Ctrl-Shift-Enter, τα στοιχεία του A^{-1} εμφανίζονται στην επιλεγθείσα περιοχή κελιών (π.χ. G9:AA12).
- ❖ Στη συνέχεια καθορίζουμε που θέλουμε να εμφανιστεί η λύση μας, δηλαδή ο πίνακας X. Με τον ίδιο τρόπο επιλέγουμε την περιοχή (μια στήλη με n γραμμές) και στο πάνω αριστερά κελί εισάγουμε τον τύπο MMULT(,), έχοντας στην παρένθεση την περιοχή κελιών του πίνακα A^{-1} πριν το κόμμα και την περιοχή κελιών του πίνακα B μετά από αυτό. Στη συνέχεια, πατώντας ταυτόχρονα Ctrl-Shift-Enter, προκύπτει ο πίνακας X με τα άγνωστα στοιχεία (π. χ. G9:AA12).

Έτσι φτάνουμε να έχουμε στην παραπάνω περιοχή κελιών τα ποσοστά συμμετοχής για το συγκεκριμένο παράδειγμα του **LIW**, του **AW** και του **EMDW**. Στη συνέχεια, αφού ακολουθήσουμε την ίδια διαδικασία για όλους τους σταθμούς και όλα τα βάρη, εισάγουμε τα εξαγχθέντα στοιχεία στο πρόγραμμα Surfer με τη σωστή διάταξη και ακολουθούμε τη διαδικασία που περιγράφεται στο παράρτημα 4 δημιουργούμε τόσο οριζόντιες κατανομές του ποσοστού συμμετοχής των υδάτινων μαζών όσο και εγκάρσιες τομές (Εικόνα Π.4.3).

Microsoft Excel - Section 1

Δργασία Επεξεργασία Προβολή Εισαγωγή Μορφή Εργαλεία Δεδομένα Παράθυρο Βοήθεια Πληκτρολογήστε ερώτηση

Arial 10 B I U

Απάντηση με αλλαγές... Τερματισμός αναζήτησης...

L19 (=MINVERSE(H19:J21))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	CYPB2	2045	1,9	22,69	39,377		CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2
2	CYPB2	2045	2,5	22,692	39,377		0	50	100	150	200	250	300	350	400	
3	CYPB2	2045	3,3	22,691	39,377		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	CYPB2	2045	4,1	22,69	39,377		22,69	18,053	16,472	15,734	15,243	14,844	14,586	14,403	14,268	
5	CYPB2	2045	5	22,689	39,376		39,377	38,988	39,069	39,101	39,06	39,004	38,96	38,922	38,891	
6	CYPB2	2045	5,9	22,688	39,376											
7	CYPB2	2045	6,6	22,686	39,376		CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2	CYPB2
8	CYPB2	2045	7,3	22,683	39,375		0	50	100	150	200	250	300	350	400	
9	CYPB2	2045	8	22,677	39,374	DEEP	1,281253	0,694053	0,288742	0,105124	0,042764	0,013666	0,002658	0,001228	0,003022	0
10	CYPB2	2045	8,8	22,67	39,374		2,15427	0,91905	0,918898	0,907377	0,776958	0,626276	0,513492	0,420111	0,345376	0
11	CYPB2	2045	9,7	22,661	39,373		-2,43552	-0,6131	-0,20764	-0,0125	0,180278	0,359859	0,48385	0,578661	0,651602	0
12	CYPB2	2045	10,4	22,65	39,372											
13	CYPB2	2045	11,1	22,636	39,37		0,620569	0,156218	0,052907	0,003185	-0,04593	-0,09169	-0,12328	-0,14744	-0,16603	-0
14	CYPB2	2045	12	22,619	39,369		0,091886	0,394649	0,187342	0,099019	0,130801	0,189599	0,238942	0,283812	0,321226	0
15	CYPB2	2045	12,6	22,598	39,367		0,287545	0,449133	0,759751	0,897796	0,915133	0,902092	0,884343	0,86363	0,844802	0
16	CYPB2	2045	13,3	22,575	39,365											
17	CYPB2	2045	14,4	22,551	39,363											
18	CYPB2	2045	15,2	22,531	39,36			Deep								
19	CYPB2	2045	15,9	22,514	39,358			1	1	1		34,38555	0,207175	-0,96008		
20	CYPB2	2045	16,7	22,499	39,355	A		17,5	15,5	13,6		-77,7368	0,101061	1,970692		
21	CYPB2	2045	17,5	22,484	39,351			38,55	39,16	38,75		44,36321	-0,30624	-1,01061		
22	CYPB2	2045	18,3	22,468	39,348			AW	LIW	DW						
23	CYPB2	2045	19,1	22,45	39,343			Surface								
24	CYPB2	2045	20	22,427	39,338			1	1	1		-11,3012	0,078538	0,257503		
25	CYPB2	2045	20,7	22,395	39,332	B		26,79	17,5	15,5		56,04506	0,056651	-1,4536		
26	CYPB2	2045	21,5	22,366	39,325			39,6	38,55	39,16		-43,7439	-0,13519	1,196101		
27	CYPB2	2045	22,3	22,317	39,317			LSW	AW	LIW						
28	CYPB2	2045	23,1	22,284	39,309											
29	CYPB2	2045	23,9	22,255	39,302											
30	CYPB2	2045	24,8	22,227	39,295		Station	Lat	Lon							
31	CYPB2	2045	25,5	22,197	39,287											
32	CYPB2	2045	26,3	22,163	39,279		CYPB2	34,833	32,167							
33	CYPB2	2045	27,2	22,121	39,271											

Ετοιμο Άθροισμα=1

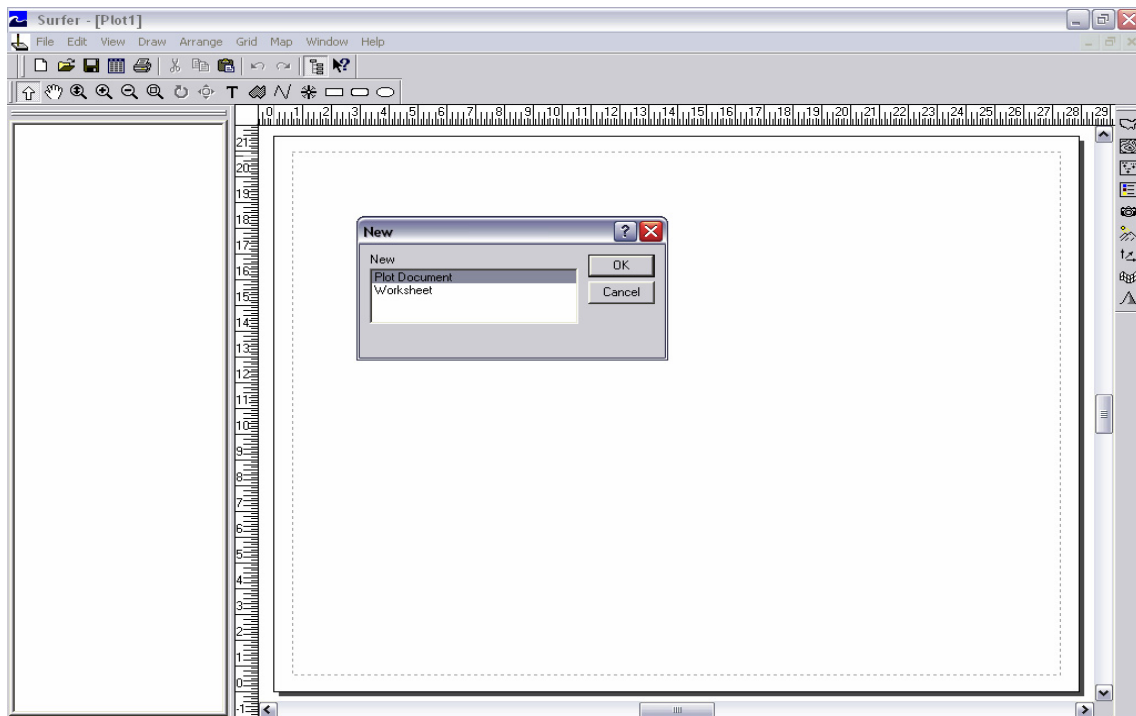
Εικόνα Π.4.3: Παράθυρο Πίνακες στο Excel

Παράρτημα 5

Ωστόσο για τη δημιουργία της τοπογραφίας του πυρήνα του μεγίστου ποσοστού συμμετοχής LIW, την τοπογραφία του πυρήνα, την εξάπλωση των θερμοαλατικών του χαρακτηριστικών του πυρήνα του LIW καθώς και για την ανάλυση των υδάτινων μαζών χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα **Surfer**.

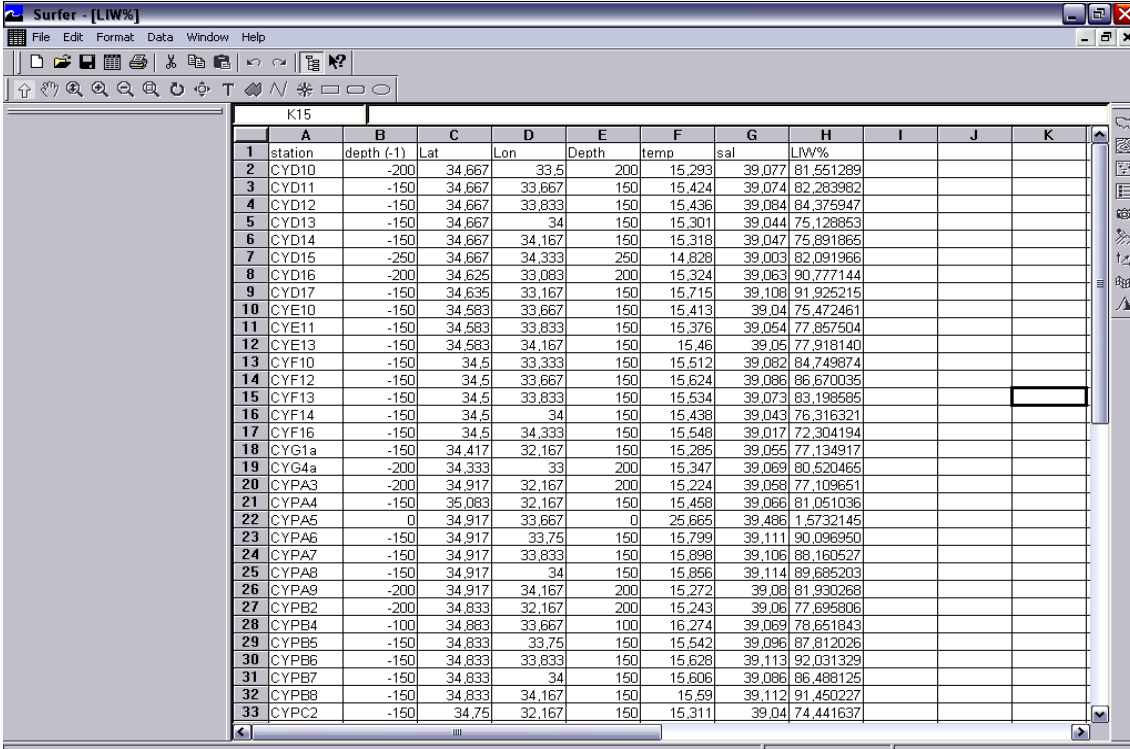
Δημιουργία οριζόντιων κατανομών με το SURFER

Για να εκτελέσουμε το πρόγραμμα επιλέγουμε το εικονίδιο που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας ή το εικονίδιο που βρίσκεται στο μενού έναρξης των Windows και εμφανίζεται στην οθόνη μας η αρχική σελίδα του προγράμματος. Αρχικά επιλέγουμε από το μενού File το New και στη συνέχεια στην οθόνη του υπολογιστή μας εμφανίζονται οι ακόλουθες δύο εντολές. Η πρώτη είναι το Plot Document, ενώ η δεύτερη είναι το Worksheet (Εικόνα Π.5.1)



Εικόνα Π.5.1: Το παράθυρο Plot Document

Με την επιλογή Worksheet μεταφερόμαστε στο φύλλο εισαγωγής δεδομένων. Τα δεδομένα μας εισάγονται ως άξονες X,Y,Z1,...Zn ανάλογα με το πλήθος τις παραμέτρους που έχουμε. Οι άξονες Z1,...Zn περιέχουν τα δεδομένα των παραμέτρων που θέλουμε να εξετάζουμε (πχ. αλατότητα, βάθος, θερμοκρασία, ταχύτητα ρεύματος κλπ.) και οι άξονες X και Y (C, D στο φύλλο εργασίας) είναι οι γεωγραφικές συντεταγμένες της θέσης των μετρήσεων του Z άξονα (Εικόνα Π.5.2). Μόλις ολοκληρωθεί η τοποθέτηση των δεδομένων από το **File** επιλέγουμε **Save** ώστε να σώσουμε τα δεδομένα μας με τη μορφή Golden Software data file αρχείου με όνομα (όνομα αρχείου.dat).

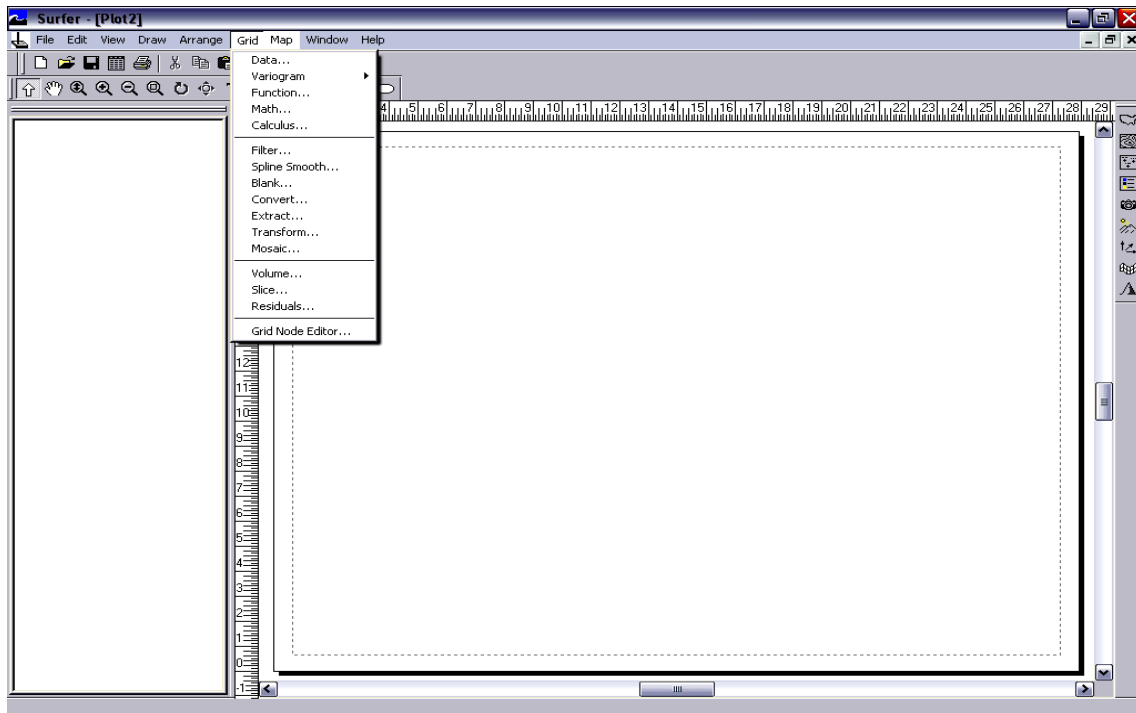


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	station	depth (-1)	Lat	Lon	Depth	temp	sal	LWV%			
2	CYD10	-200	34.667	33.5	200	15.293	39.077	81.551289			
3	CYD11	-150	34.667	33.667	150	15.424	39.074	82.283982			
4	CYD12	-150	34.667	33.833	150	15.436	39.084	84.375947			
5	CYD13	-150	34.667	34	150	15.301	39.044	75.128853			
6	CYD14	-150	34.667	34.167	150	15.318	39.047	75.891865			
7	CYD15	-250	34.667	34.333	250	14.828	39.003	82.091966			
8	CYD16	-200	34.625	33.063	200	15.324	39.063	90.777144			
9	CYD17	-150	34.635	33.167	150	15.715	39.108	91.925215			
10	CYE10	-150	34.583	33.667	150	15.413	39.04	75.472461			
11	CYE11	-150	34.583	33.833	150	15.376	39.054	77.857504			
12	CYE13	-150	34.583	34.167	150	15.46	39.05	77.918140			
13	CYF10	-150	34.5	33.333	150	15.512	39.082	84.749874			
14	CYF12	-150	34.5	33.667	150	15.624	39.086	86.670035			
15	CYF13	-150	34.5	33.833	150	15.534	39.073	83.198585			
16	CYF14	-150	34.5	34	150	15.438	39.043	76.316321			
17	CYF16	-150	34.5	34.333	150	15.548	39.017	72.304194			
18	CYG1a	-150	34.417	32.167	150	15.285	39.055	77.134917			
19	CYG4a	-200	34.333	33	200	15.347	39.069	80.520465			
20	CYPA3	-200	34.917	32.167	200	15.224	39.058	77.109651			
21	CYPA4	-150	35.083	32.167	150	15.458	39.066	81.051036			
22	CYPA5	0	34.917	33.667	0	25.665	39.486	1.5732145			
23	CYPA6	-150	34.917	33.75	150	15.799	39.111	90.096950			
24	CYPA7	-150	34.917	33.833	150	15.898	39.106	88.160527			
25	CYPA8	-150	34.917	34	150	15.856	39.114	89.685203			
26	CYPA9	-200	34.917	34.167	200	15.272	39.08	81.930268			
27	CYPB2	-200	34.833	32.167	200	15.243	39.06	77.695806			
28	CYPB4	-100	34.883	33.667	100	16.274	39.069	78.651843			
29	CYPB5	-150	34.833	33.75	150	15.542	39.096	87.812026			
30	CYPB6	-150	34.833	33.833	150	15.628	39.113	92.031329			
31	CYPB7	-150	34.833	34	150	15.606	39.086	86.488125			
32	CYPB8	-150	34.833	34.167	150	15.59	39.112	91.450227			
33	CYPC2	-150	34.75	32.167	150	15.311	39.04	74.441637			

Εικόνα Π.5.2: Το παράθυρο Worksheet.dat

Έχοντας περάσει τα δεδομένα στον αρχείο που δημιουργήσαμε προηγουμένως, επιλέγουμε **New** και στη συνέχεια επιλέγουμε την εντολή **plot**. Εμφανίζεται η βασική

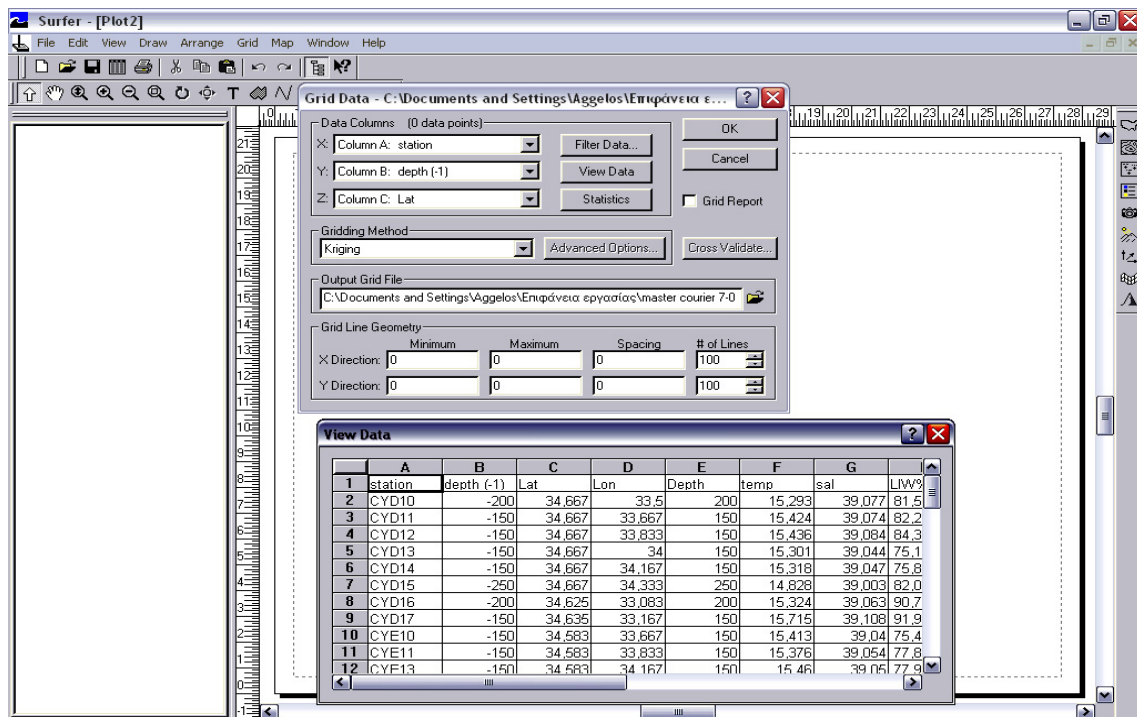
σελίδα εργασίας του προγράμματος, όπου και επιλέγουμε από το μενού Grid την εντολή Data ώστε να δημιουργήσουμε το πλέγμα των δεδομένων (γραφική απεικόνιση) από τα πειραματικά μας δεδομένα (Εικόνα Π.5.3).



Εικόνα Π.5.3: Το παράθυρο Data

Όταν επιλέξουμε το υπομενού Data, ανοίγει στο κέντρο οθόνης παράθυρο Open Data στο οποίο εισάγουμε το αρχείο μας που η κατάληξη του είναι dat (πχ. LIW%.dat). Στη συνέχεια, πατώντας το πλήκτρο OK, εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο το **Scattered Data Interpolation** που μέσα από αυτό μπορούμε να καθορίσουμε ποίοι παράμετροι θα εμφανίζονται στους άξονες X, Y και Z (Εικόνα Π.5.4).

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται κατά κόρον στην Ωκεανογραφία είναι η Minimum Curvature και η Kriging ωστόσο το πρόγραμμα διαθέτει και άλλες μεθόδους. Παρόλα αυτά είναι καλό να πειραματιστής και σε άλλες μεθόδους ώστε να βρεθεί ο καλύτερος τρόπος παρουσίασης αποτελεσμάτων.



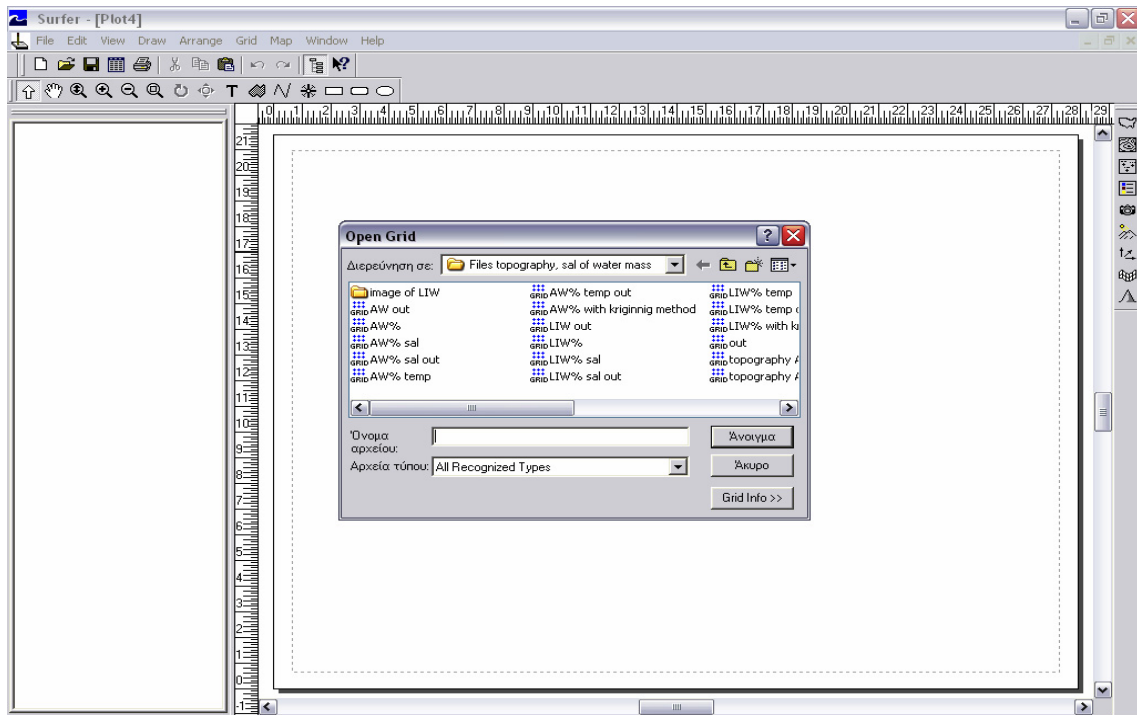
Εικόνα Π.5.4: Το παράθυρο Scattered Data Interpolation

Όταν ολοκληρωθεί η προετοιμασία του συστήματος για την κατασκευή του πλέγματος και πατήσουμε OK, βγαίνουμε στη βασική σελίδα, ενώ το πρόγραμμα ολοκληρώνει τους υπολογισμούς και κατασκευάζει αυτόματα το αρχείο .grd (π.χ. LIW%.grd). Το αρχείο αυτό μπορούμε να το ανοίξουμε αφού πρώτα από το μενού **File** ανοίξουμε ένα νέο Plot Document αφού επιλέξουμε μια επιλογή από την μπάρα που βρίσκεται κάθετα δεξιά στην οθόνη μας. Έτσι μας δίνεται η δυνατότητα να δημιουργήσουμε όχι μόνο κατανομές στο επίπεδο αλλά και στον χώρο (Εικόνα Π.5.5).

Εδώ πρέπει να αναφερθούμε σε μια άλλη σημαντική δυνατότητα που δίνει το **Surfer** στους χρήστες του, η οποία είναι η οριοθέτηση των καμπυλών της υπό κατασκευή οριζόντιας κατανομής στην έκταση των δειγματοληπτικών σταθμών που έλαβαν χώρα οι μετρήσεις της παραμέτρου (**blanking**). Ουσιαστικά, δίνοντας πρόγραμμα τις συντεταγμένες του σχήματος στο οποίο περιέχονται οι σταθμοί όπου

πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία αυτό αποκλείει όλες τις περιοχές έξω από αυτό.

Ωστόσο για να προχωρήσουμε στη διαδικασία του blanking, πρέπει πρώτα να δημιουργήσουμε η κατεβάσουμε από το επίσημο Site του **Golden Software Surfer 8** το αρχείο που περιέχει τις συντεταγμένες που ορίζουν την περιοχή μελέτης.



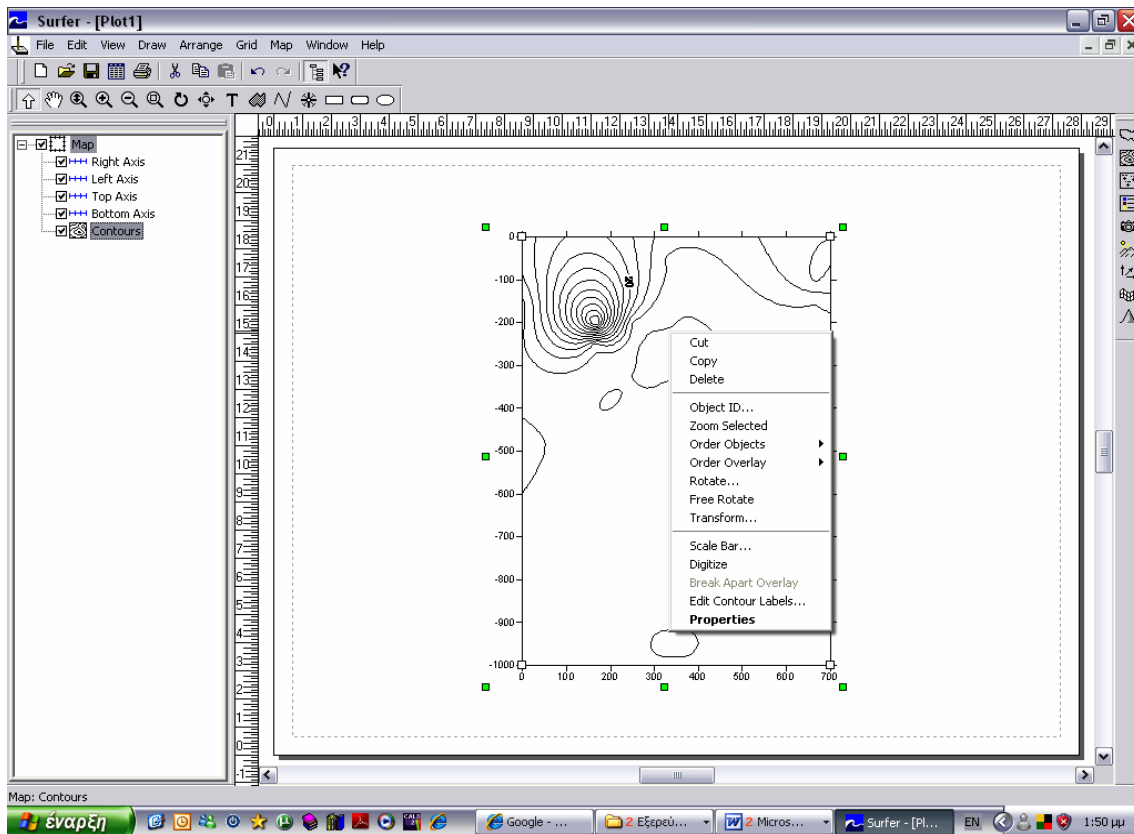
Εικόνα Π.5.5: Το παράθυρο Open Grid

Το συγκεκριμένο αρχείο κατασκευάζεται ως εξής: οριοθετούμε την περιοχή μελέτης ή την περιοχή που θέλουμε να εξαλείψουμε έτσι όταν εισάγουμε τον χάρτη της Κύπρου οι ισοκαμπύλες του Surfer που έχουν δημιουργηθεί να μην συμπίπτουν πάνω του. Έπειτα εισάγουμε όλες συντεταγμένες των ακραίων σημείων σε ένα φύλλο εργασίας του Surfer. Ωστόσο θα πρέπει να προσέξουμε το τελευταίο ζεύγος των τιμών να συμπίπτει με το πρώτο, καθώς ουσιαστικά θέλουμε να «περικλείσουμε» την περιοχή μελέτης η να «εξαλείψουμε» μέρος από αυτήν. Σημαντικό ρόλο στην πρώτη γραμμή του αρχείου να βάλουμε και στην πρώτη στήλη τον αριθμό των ζευγών των τιμών. Ενώ

στη δεύτερη στήλη στην πρώτη γραμμή βάζουμε τον αριθμό 0 ή 1 αντίστοιχα αν θέλουμε να εξαλείψουμε τις καμπύλες από το εξωτερικό ή το εσωτερικό της οριοθετημένης περιοχής. Στη συνέχεια αποθηκεύουμε το αρχείο με την κατάληξη .bln (π.χ. Cyprus.blm) ώστε να προχωρήσουμε στη διαδικασία του blanking.

Από το μενού **Grid** επιλέγουμε την εντολή **Blank** και στο παράθυρο **open grid** που έχει ανοίξει επιλέγουμε το αρχείο **.grd** που έχουμε δημιουργήσει (πχ Liw%.grd) και πατάμε OK. Ύστερα από αυτή την ενέργεια ανοίγει ένα νέο παράθυρο και επιλέγουμε το αρχείο .bln που δημιουργήσαμε προηγουμένως (στην περίπτωσή μας το αρχείο Cyprus.blm). Αφού επιλέξουμε και το .bln αρχείο ανοίγει νέο παράθυρο που ζητά εκ νέου την εισαγωγή ενός νέου ονόματος για το αρχείο .grd. Έτσι έχουμε δημιουργήσει ένα νέο αρχείο **.grd** όπου έχουν εξαιρεθεί στη δική μας περίπτωση οι καμπύλες που συμπίπτουν πάνω στον χάρτη της Κύπρου. Αφού ολοκληρώσαμε όλες τις ενέργειες που απαιτούνται είμαστε πλέον σε θέση να δημιουργήσουμε τις οριζόντιες κατανομές που επιθυμούμε.

Από τη βασική σελίδα, επιλέγουμε το μενού **Map**, το υπομενού **Contour** και στη συνέχεια **new Contour** για την κατασκευή του τελικού χάρτη (δισδιάστατος χάρτης) Όταν πατηθεί το υπομενού **Contour**, ανοίγει το παράθυρο **Open Grid** και επιλέγουμε το αρχείο LIW%.grd στην προκειμένη περίπτωση που είχε κατασκευαστεί στο προηγούμενο βήμα. Ωστόσο από αυτό το παράθυρο μας δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε και άλλα αρχεία που δημιουργήσαμε προγενέστερα. Αφού καθορίσουμε πιο αρχείο επιθυμούμε να επεξεργαστούμε και πατώντας δεξί κλικ πάνω στο χάρτη που μόλις δημιουργήσαμε εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο. Το παράθυρο 'map' όπως εμείς το ονομάσαμε μας δίνει τη δυνατότητα να κάνουμε αλλαγές τόσο στην επεξεργασία των δεδομένων όσο και στη μορφοποίησή του χάρτη (Εικόνα Π.5.6).



Εικόνα Π.5.6: Το παράθυρο Map.

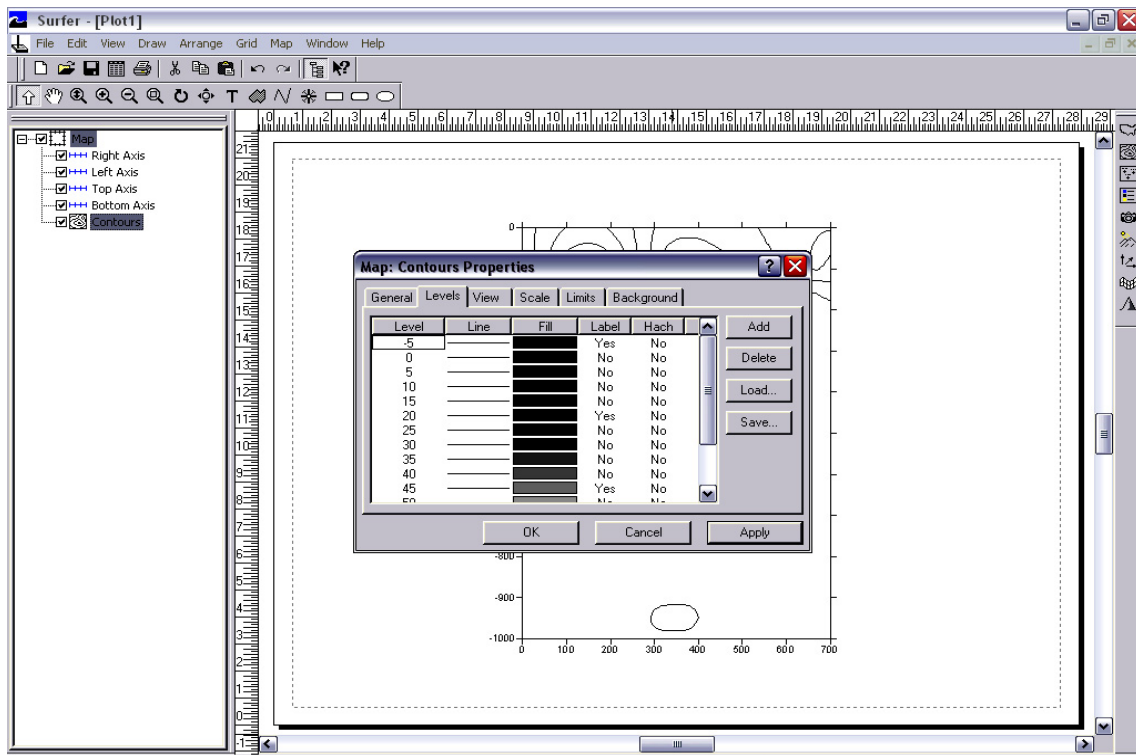
Από το παράθυρο map επιλέγοντας την επιλογή properties ανοίγει εκ νέου ένα καινούργιο παράθυρο. Το παράθυρο αυτό ονομάζεται **Map: Contours properties** όπου είναι ενεργοποιημένο το υπομενού **General** (Εικόνα Π.5.7). Από το υπομενού **General** μπορούμε να επιλέξουμε αν επιθυμούμε ο χάρτης μας να έχει διαβάθμιση χρώματος (επιλέγοντας το τετράγωνο **Fill Contours** με το ποντίκι) είτε μόνο με ισοποσοτικές καμπύλες (χωρίς να επιλέξουμε το τετράγωνο **Fill Contours**). Επίσης μπορούμε να κάνουμε ομαλοποίηση (Smoothing) των καμπύλων (επιλέγοντας το τετράγωνο Smooth Contours) αλλά και να επιλέξουμε και τον βαθμό ομαλοποίησης που επιθυμούμε να έχουμε (**High, Medium, Low**). Συνήθως ορίζουμε το High για έχουμε υψηλό βαθμό ομαλοποίησης. Επίσης υπάρχουν τα υπομενού **Level** υπάρχουν οι εντολές **Level, Line, Fill, Label** και **Hach** οι οποίες καθορίζουν τα χρώματα, τους τύπους των γραμμών και

λοιπά χαρακτηριστικά του τελικού χάρτη. Ειδικότερα θα εξηγήσουμε τη χρησιμότητα του καθένα που βρίσκεται μέσα στο υπομενού **Level**:

- ❖ Με την εντολή **Levels** καθορίζουμε το μέγιστο και το ελάχιστο των καμπυλών που θέλουμε να εμφανιστούν, καθώς και το ελάχιστο διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών.
- ❖ Με την εντολή **Line** καθορίζουμε τη μορφή των γραμμών των καμπυλών που θα εμφανιστούν καθώς και την ενδεχόμενη διαβάθμιση μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης καμπύλης. Πατώντας τα πλήκτρα Gradational καθορίζουμε το χρώμα και τον τύπο της μέγιστης και ελάχιστης καμπύλης (διακεκομμένες, κτλ.) ως και το πάχος σε cm.
- ❖ Με την εντολή **Fill** καθορίζουμε τη διαβάθμιση του χρώματος από τη μέγιστη καμπύλη προς την ελάχιστη καμπύλη. Το Surfer μπορεί να υπολογίσει τις ενδιάμεσες αποχρώσεις. Η ρύθμιση αυτή λειτουργεί μόνο αν στο αρχικό παράθυρο έχουμε βάλει X στο τετραγωνίδιο **Fill Contours**.
- ❖ Με την εντολή **Labels** καθορίζουμε τις τιμές των καμπυλών. Έχουμε τη δυνατότητα να αποκλείουμε τιμές ώστε μπορούμε να ορίσουμε την πρώτη καμπύλη που θα έχει ετικέτες, να καθορίσουμε την απόσταση μεταξύ των ετικετών, το μέγεθος και το είδος της γραμματοσειράς καθώς και τη συχνότητα εμφάνισης των ετικετών
- ❖ Τέλος με την εντολή **Hach** διαγραμμίζουμε τις καμπύλες. Επίσης μπορούμε να καθορίσουμε το μήκος των μικρών αυτών γραμμών και τη διεύθυνση τους καθώς και ποιες καμπύλες θέλουμε να απεικονιστούν.
- ❖ Με το υπομενού **View** μας δίνετε η δυνατότητα να απεικονίσουμε τον

χάρτη που σχεδιάσαμε με κάποια γωνία προβολής ή να τον περιστρέψουμε.

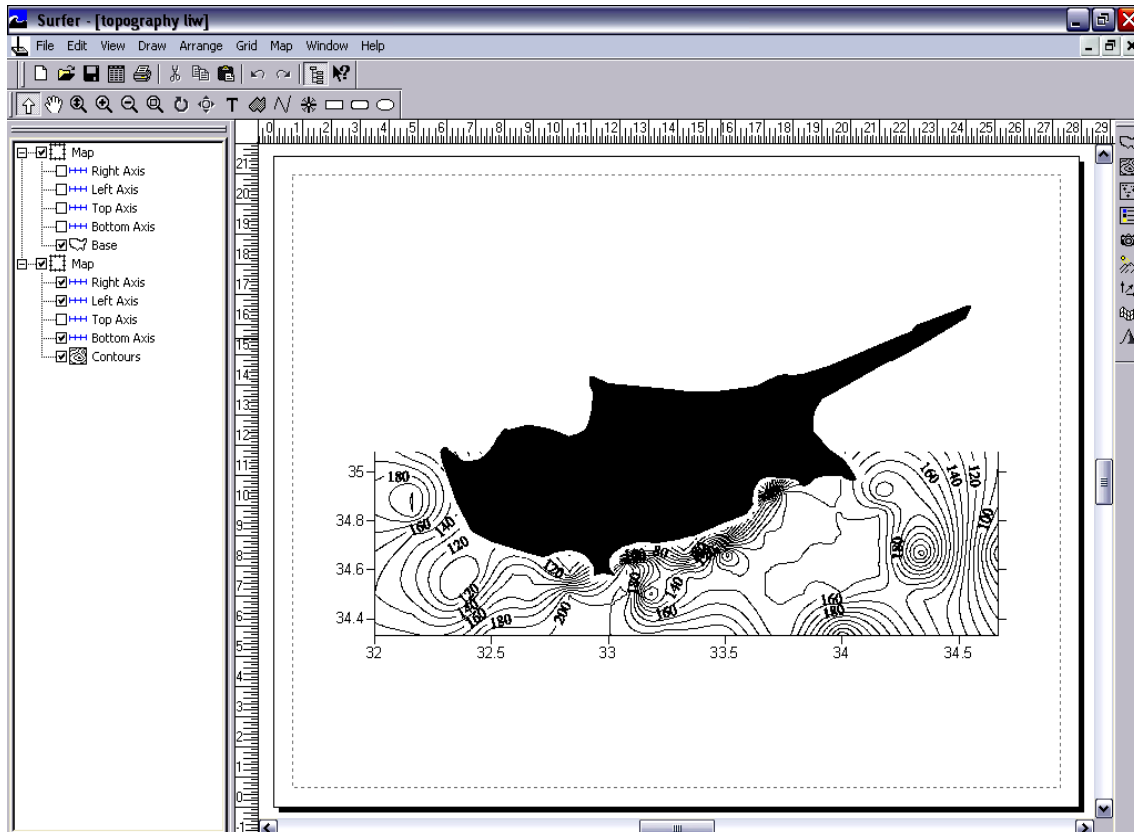
Ακόμα έχουμε το υπομενού **Scale** όπου καθορίζουμε την κλίμακα που θα έχουν οι άξονες μας. Επιπλέον έχουμε το υπομενού **Limits** όπου μας δίνεται η δυνατότητα να ορίζουμε τις ελάχιστες και τις μέγιστες τιμές των δεδομένων στους άξονες X και Y. Τέλος έχουμε το υπομενού **Background** όπου μπορούμε να καθορίσουμε τι χρώμα, το μοτίβο και το πλαίσιο του χάρτη.



Εικόνα Π.5.7: Το παράθυρο Contours Properties.

Το τελευταίο βήμα για την ολοκλήρωση της δημιουργίας της κατανομής είναι να προσαρμόσουμε τις καμπύλες που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων πάνω στο χάρτη. Από το μενού **Map** επιλέγουμε το υπομενού **Basemap** και στο παράθυρο **import file** που ανοίγει εισάγουμε το αρχείο στο οποίο αποθηκεύσαμε τον χάρτη της περιοχής (π.χ. map.bmp). Επειδή η εικόνα του χάρτη εισάγεται σε πρώτο

επίπεδο, με αποτέλεσμα να καλύπτει τις καμπύλες επιλέγουμε από μενού **Arrange** την εντολή **order object** και από εκεί την επιλογή **move to back** να τον μεταφέρουμε ένα επίπεδο πίσω (φόντο). Τέλος, αφού διαμορφώσουμε τις δύο επιφάνειες έτσι ώστε η μια να μην συμπίπτει με την άλλη η κατανομή μας είναι έτοιμη (Εικόνα Π.4.8)



Εικόνα Π.5.8: Το παράθυρο Final Map.

Δημιουργία εγκάρσιων τομών με το SURFER

Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα Surfer για τη δημιουργία εγκάρσιων τομών. Τα δεδομένα που εισάγαμε στο Surfer προέκυψαν από την ανάλυση των υδάτινων μαζών στην περιοχή μελέτης. Σκοπός μας ήταν να δημιουργήσουμε εγκάρσιες κατανομές που θα απεικονίζουν το ποσοστό συμμετοχής της εκάστοτε υποεξέταση υδάτινης μάζας. Όπως αναφέραμε προηγουμένως στην

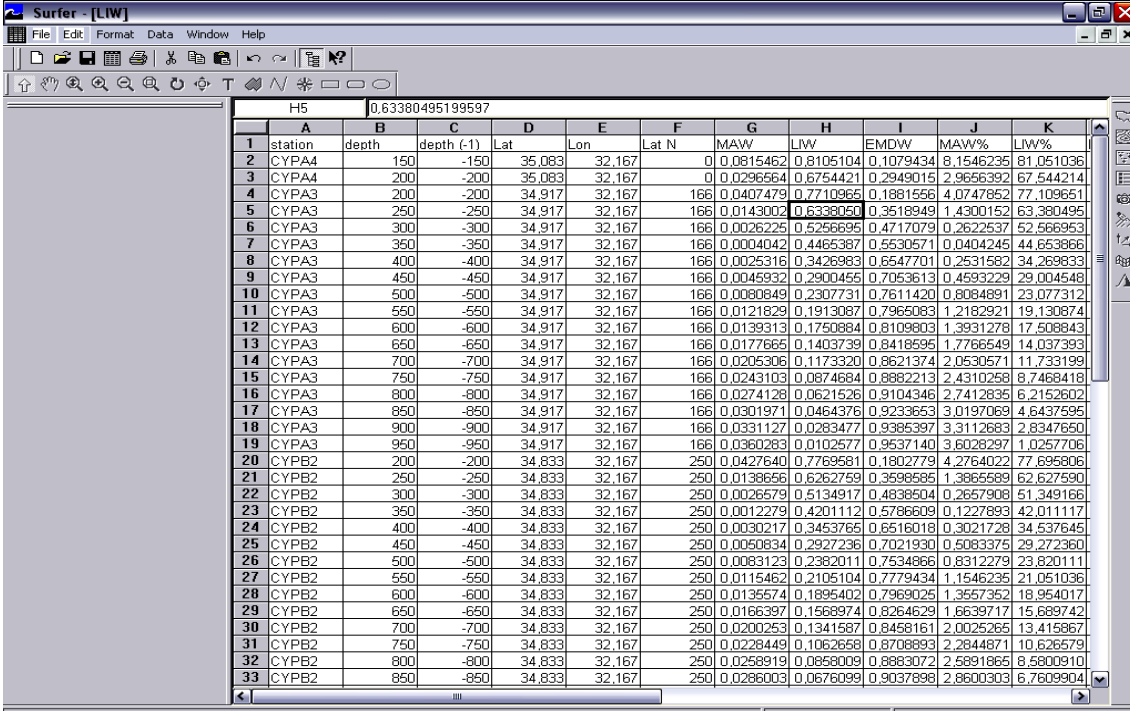
περιοχή δραστηριοποιούνται τέσσερις υδάτινες μάζες. Ωστόσο εμείς επικεντρώσαμε το ενδιαφέρον μας σε δυο από αυτές, το LIW και το AW.

Η δημιουργία των εγκάρσιων τομών με τη χρήση του surfer γίνεται σε γενικές γραμμές με τον ίδιο τρόπο που δημιουργούνται και οι οριζόντιες. Έστω λοιπόν ότι έχουμε δεδομένα για κάποιους σταθμούς σε διάφορα βάθη και θέλουμε να δημιουργήσουμε την εγκάρσια τομή που περνάει από αυτούς τους σταθμούς. Κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιο του προγράμματος πάνω στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή εμφανίζεται το αρχικό φύλλο εργασίας του surfer όπως ακριβώς και στη δημιουργία των οριζόντιων κατανομών. Επιλέγουμε την εντολή Plot Document αν ήδη έχουμε αποθηκευμένα τα δεδομένα μας ή την εντολή Worksheet αν τα εισάγουμε τώρα (Εικόνα Π.5.1).

Στο σημείο αυτό θα τονιστούν ορισμένες διαφορές στη διαδικασία δημιουργίας της κατακόρυφης εγκάρσιας τομής σε σχέση με τη διαδικασία που απαιτείται για τη δημιουργία των οριζόντιων κατανομών. Συγκεκριμένα, για τη δημιουργία εγκάρσιας τομής και όχι επιφανειακής κατανομής, οι δύο πρώτες στήλες δεν θα πρέπει να εισάγουμε τις συντεταγμένες των σταθμών, αλλά στον άξονα X θα πρέπει να αναφέρονται οι αποστάσεις ανάμεσα στους σταθμούς, με σημείο αναφοράς (O) τον πρώτο σταθμό της τομής (π.χ. οι σταθμοί A, B, Γ, Δ, E που απέχουν 200km ο ένας από τον άλλο θα μας δώσουν τη στήλη O, 300, 500, 700, 900). Οι αποστάσεις θα πρέπει να είναι οι πραγματικές ή σε αναλογία πραγματικές, δηλαδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι αποστάσεις των σταθμών πάνω στον χάρτη (π.χ. σε *cm*).

Στην άξονα Y θα έχουμε τα βάθη από τα οποία συλλέχθηκαν τα δεδομένα. Τα βάθη είναι διατεταγμένα με τέτοιο τρόπο ώστε για κάθε σύνολο σταθμών να αντιστοιχεί το ίδιο βάθος. Στη συνέχεια θα εισάγουμε τα στοιχεία της υπό εξέταση

ωκεανογραφικής παραμέτρου σε μια άλλη στήλη, στην προκειμένη περίπτωση το ποσοστό συμμετοχής του LIW και του AW για κάθε βάθος παρατήρησης του εκάστοτε σταθμού. Το ίδιο το πρόγραμμα μας δίνει τη δυνατότητα σε επόμενα βήματα να ορίσουμε ποια στήλη αντιστοιχεί σε κάθε παράμετρο ή άξονα (Εικόνα Π.5.9).

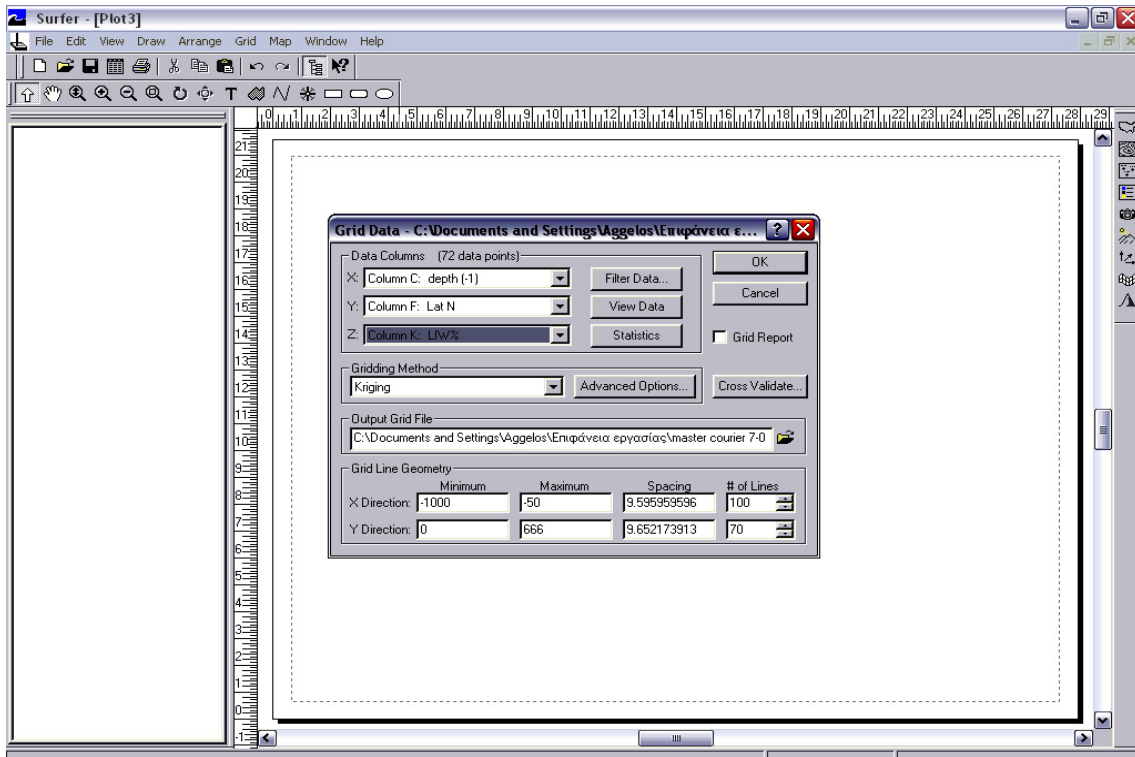


1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
station	depth	depth (-1)	Lat	Lon	Lat N	MAW	LIW	EMDW	MAW%	LIW%	
2	CYPA4	150	-150	35.083	32.167	0	0.0815462	0.8105104	0.1079434	8.1546235	81.051036
3	CYPA4	200	-200	35.083	32.167	0	0.0296564	0.6754421	0.2949015	2.9656392	67.544214
4	CYPA3	200	-200	34.917	32.167	166	0.0407479	0.7710965	0.1881566	4.0747852	77.109651
5	CYPA3	250	-250	34.917	32.167	166	0.0143002	0.6338050	0.3518949	1.4300152	63.380495
6	CYPA3	300	-300	34.917	32.167	166	0.0026225	0.5256695	0.4717079	0.2622537	52.566953
7	CYPA3	350	-350	34.917	32.167	166	0.0004042	0.4465387	0.5530571	0.0404245	44.653866
8	CYPA3	400	-400	34.917	32.167	166	0.0025316	0.3426983	0.6547701	0.2531582	34.269833
9	CYPA3	450	-450	34.917	32.167	166	0.0045932	0.2900455	0.7053613	0.4593229	29.004548
10	CYPA3	500	-500	34.917	32.167	166	0.0080849	0.2307731	0.7611420	0.8084891	23.077312
11	CYPA3	550	-550	34.917	32.167	166	0.0121829	0.1913087	0.7965083	1.2182921	19.130874
12	CYPA3	600	-600	34.917	32.167	166	0.0139313	0.1750884	0.8109803	1.3931278	17.508843
13	CYPA3	650	-650	34.917	32.167	166	0.0177665	0.1403739	0.8418595	1.7766549	14.037393
14	CYPA3	700	-700	34.917	32.167	166	0.0205306	0.1173320	0.8621374	2.0530571	11.733199
15	CYPA3	750	-750	34.917	32.167	166	0.0243103	0.0874684	0.8882213	2.4310258	8.7468418
16	CYPA3	800	-800	34.917	32.167	166	0.0274128	0.0621526	0.9104346	2.7412835	6.2152602
17	CYPA3	850	-850	34.917	32.167	166	0.0301971	0.0464376	0.9233653	3.0197069	4.6437595
18	CYPA3	900	-900	34.917	32.167	166	0.0331127	0.0283477	0.9385397	3.3112683	2.8347650
19	CYPA3	950	-950	34.917	32.167	166	0.0360283	0.0102577	0.9537140	3.6028297	1.0257706
20	CYPB2	200	-200	34.833	32.167	250	0.0427640	0.7769581	0.1802779	4.2764022	77.695806
21	CYPB2	250	-250	34.833	32.167	250	0.0138656	0.6262759	0.3598585	1.3865589	62.627590
22	CYPB2	300	-300	34.833	32.167	250	0.0026579	0.5134917	0.4838504	0.2657908	51.349166
23	CYPB2	350	-350	34.833	32.167	250	0.0012279	0.4201112	0.5786609	0.1227893	42.011117
24	CYPB2	400	-400	34.833	32.167	250	0.0030217	0.3453765	0.6516018	0.3021728	34.537645
25	CYPB2	450	-450	34.833	32.167	250	0.0050834	0.2927236	0.7021930	0.5083375	29.272360
26	CYPB2	500	-500	34.833	32.167	250	0.0083123	0.2382011	0.7534866	0.8312279	23.820111
27	CYPB2	550	-550	34.833	32.167	250	0.0115462	0.2105104	0.7779434	1.1546235	21.051036
28	CYPB2	600	-600	34.833	32.167	250	0.0135574	0.1895402	0.7969025	1.3557352	18.954017
29	CYPB2	650	-650	34.833	32.167	250	0.0166397	0.1568974	0.8264629	1.6639717	15.689742
30	CYPB2	700	-700	34.833	32.167	250	0.0200253	0.1341587	0.8458161	2.0025265	13.415867
31	CYPB2	750	-750	34.833	32.167	250	0.0228449	0.1062658	0.8708893	2.2844871	10.626579
32	CYPB2	800	-800	34.833	32.167	250	0.0258919	0.0858009	0.8883072	2.5891865	8.5800910
33	CYPB2	850	-850	34.833	32.167	250	0.0286003	0.0676099	0.9037898	2.8600303	6.7609904

Εικόνα Π.5.9: Το παράθυρο δεδομένα ποσοστού συμμετοχής των υδάτινων μαζών

Από τη στιγμή που τελειώσουμε την εισαγωγή των δεδομένων μας, τα υπόλοιπα βήματα είναι ίδια με αυτά που ακολουθούμε δημιουργώντας επιφανειακές κατανομές. Ανοίγουμε ξανά το παράθυρο επιλογής του φύλλου εργασίας και από εκεί επιλέγουμε αυτή τη φορά **Plot Document**. Στη συνέχεια από το μενού **Grid** επιλέγουμε **Data**, και στο **Open Data** παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε το αρχείο .dat που δημιουργήσαμε προηγουμένως. Στο παράθυρο **Open Grid** που ανοίγει τώρα (Εικόνα Π.5.10), προσέχουμε οι στήλες μας να συμφωνούν με τις παραμέτρους που απεικονίζουν, ή αντιστοιχίζουμε κάθε στήλη στην επιθυμητή παράμετρο. Επίσης μπορούμε να

καθορίσουμε τα όρια των τιμών στον άξονα X και Y καθώς και να επιλέξουμε ποια μέθοδο είναι κατάλληλη για την απεικόνιση των δεδομένων μας.



Εικόνα Π.5.10: Δημιουργία εγκάρσιας τομής του ποσοστού συμμετοχής του LIW

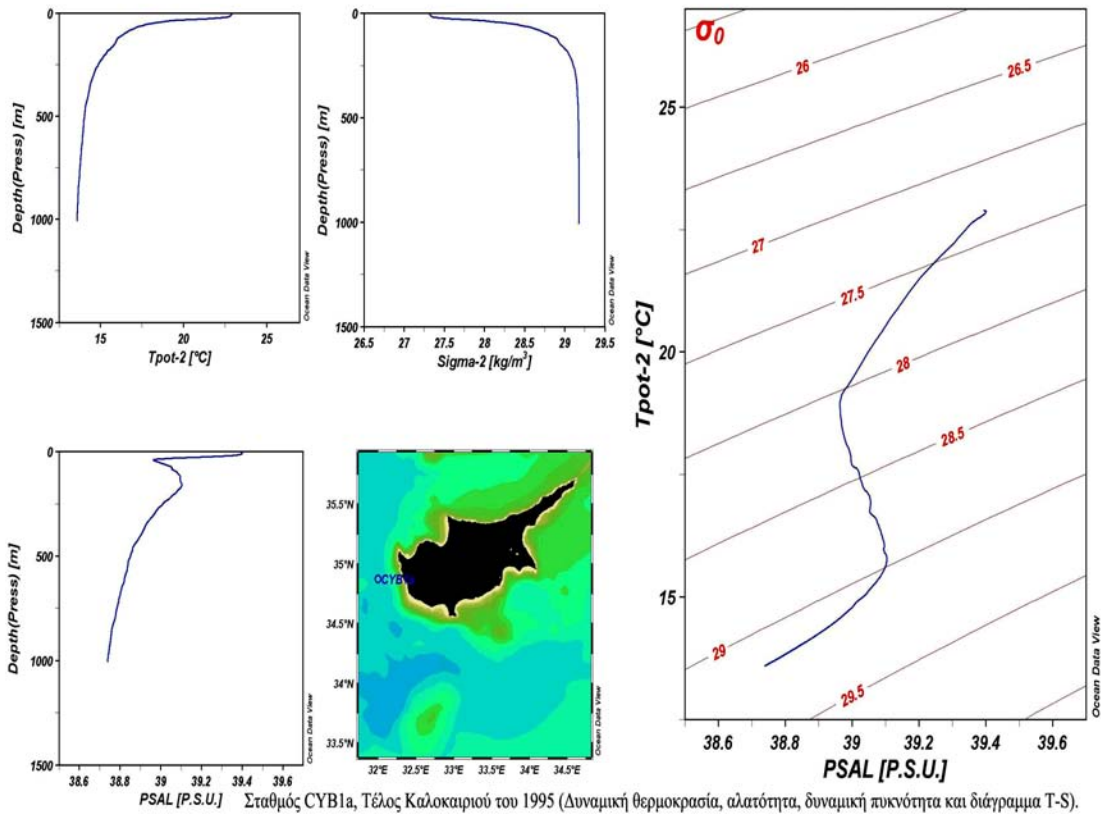
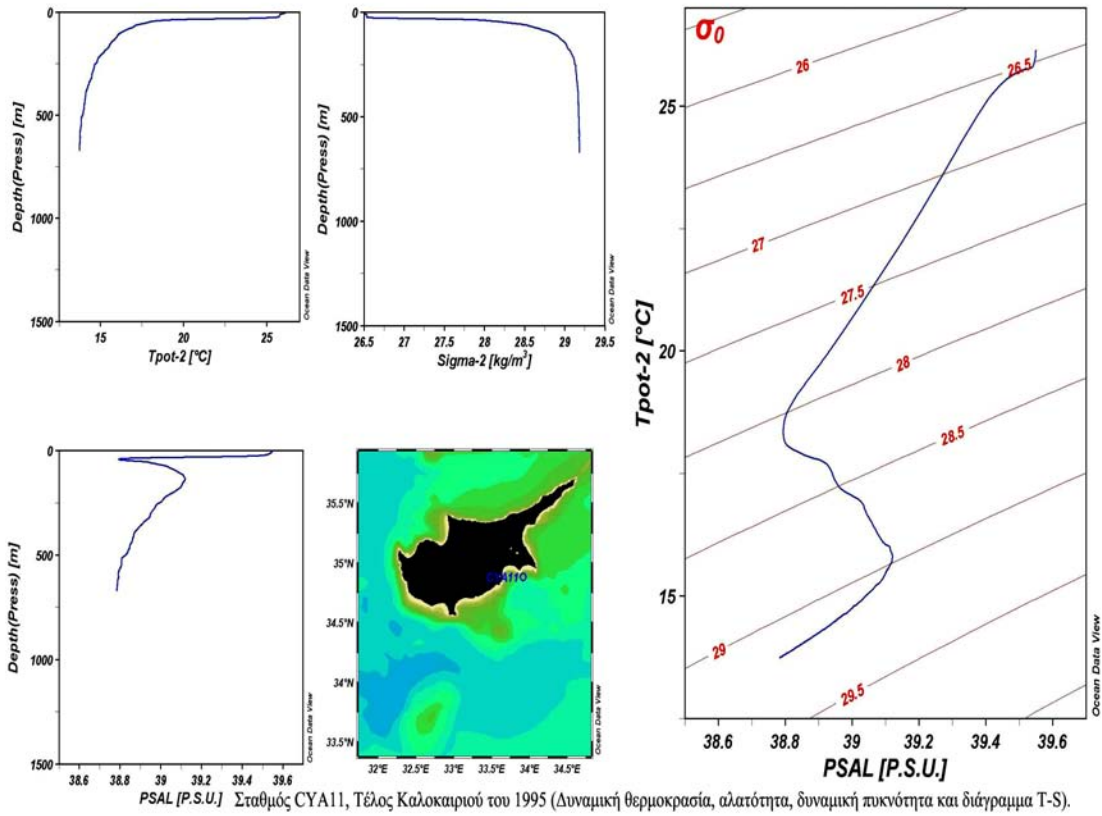
Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούμε ένα αρχείο .grd το οποίο μπορούμε να το μετονομάσουμε ή να κρατήσουμε το ίδιο όνομα με το αρχείο .dat που δημιουργήσαμε προηγουμένως. Έπειτα από το μενού **Map** επιλέγουμε την εντολή **Contour Map** και στη συνέχεια εμφανίζεται το παράθυρο **Open Grid** όπως ακριβώς είχε εμφανιστεί κατά τη δημιουργία των οριζόντιων κατανομών. Όπου επιλέγουμε το αρχείο .grid που δημιουργήσαμε. Στη συνέχεια εμφανίζεται στην οθόνη η τομή που δημιουργήσαμε. Όπως και στις οριζόντιες κατανομές από το παράθυρο contour map properties μας δίνεται η δυνατότητα να καθορίσουμε και να μορφοποιήσουμε την τομή που σχεδιάσαμε. Έτσι μπορούμε να ορίσουμε την απόσταση και τον αριθμό των καμπυλών (**levels, add-delete**) που επιθυμούμε να εμφανίζονται, τον τύπο των καμπυλών και το

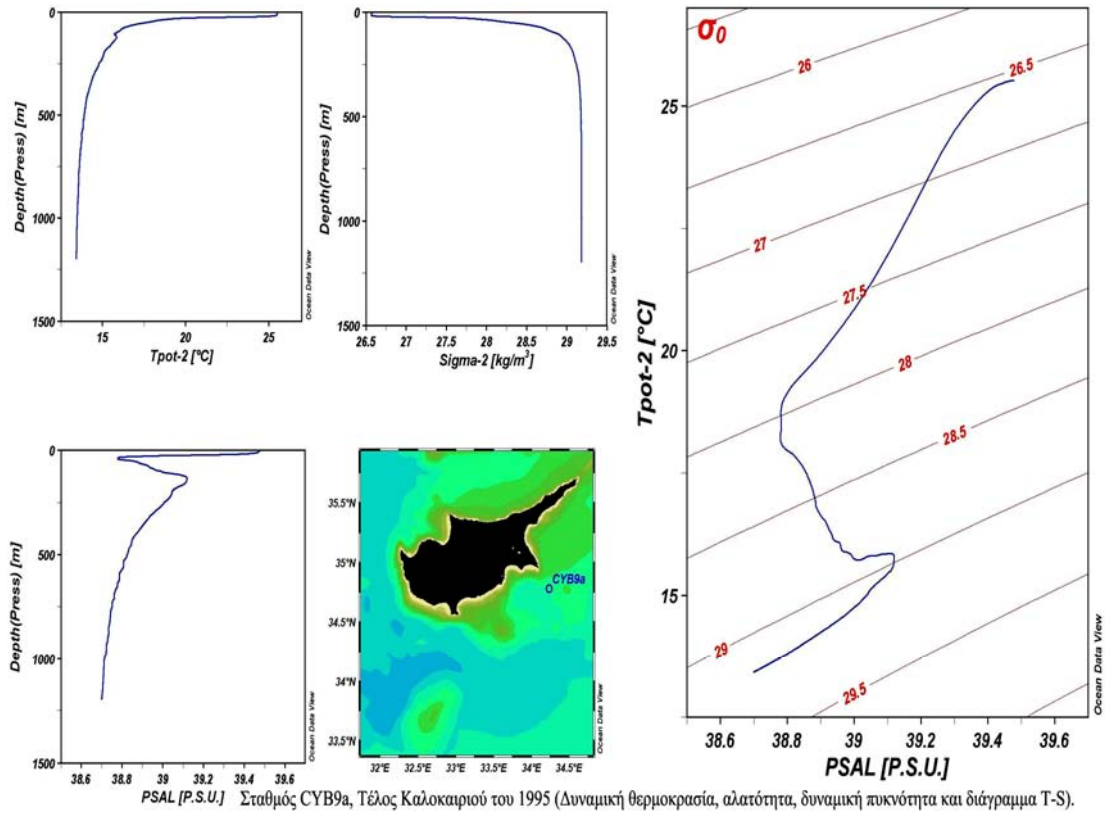
χρωματισμό τους (**line, fill**), ποιες καμπύλες θα φέρουν ετικέτα με την τιμή (**label**), ποιες θα μαρκαριστούν (**hatch**) και αν ο χώρος μεταξύ των καμπύλων θα γεμίσει χρώμα (**fill contour**). Τέλος αφού έχουμε κάνει τις ακόλουθες ενέργειες και πατώντας OK έχουμε δημιουργήσει την εγκάρσια τομή που επιθυμούμε.

Συνοψίζοντας θα ήθελα να αναφέρω ότι το πρόγραμμα μας δίνει τη δυνατότητα να μετατρέψουμε τα **Plots** που δημιουργούμε σε εικόνες συμβατές με διάφορα γραφιστικά προγράμματα, όπως π.χ. το **Adobe Photoshop CS, ImageReady Photoshop CS, Microsoft Office Picture Manager** (που χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή). Η μετατροπή αυτή γίνεται αν πάμε στο μενού **File** και από εκεί επιλέξουμε την εντολή **Export**. Το παράθυρο που ανοίγει στη συνέχεια μας δίνει τη δυνατότητα να καθορίσουμε σε τι τύπο αρχείο εικόνας θέλουμε να μετατρέψουμε την κατανομή μας και που θέλουμε να την αποθηκεύσουμε.

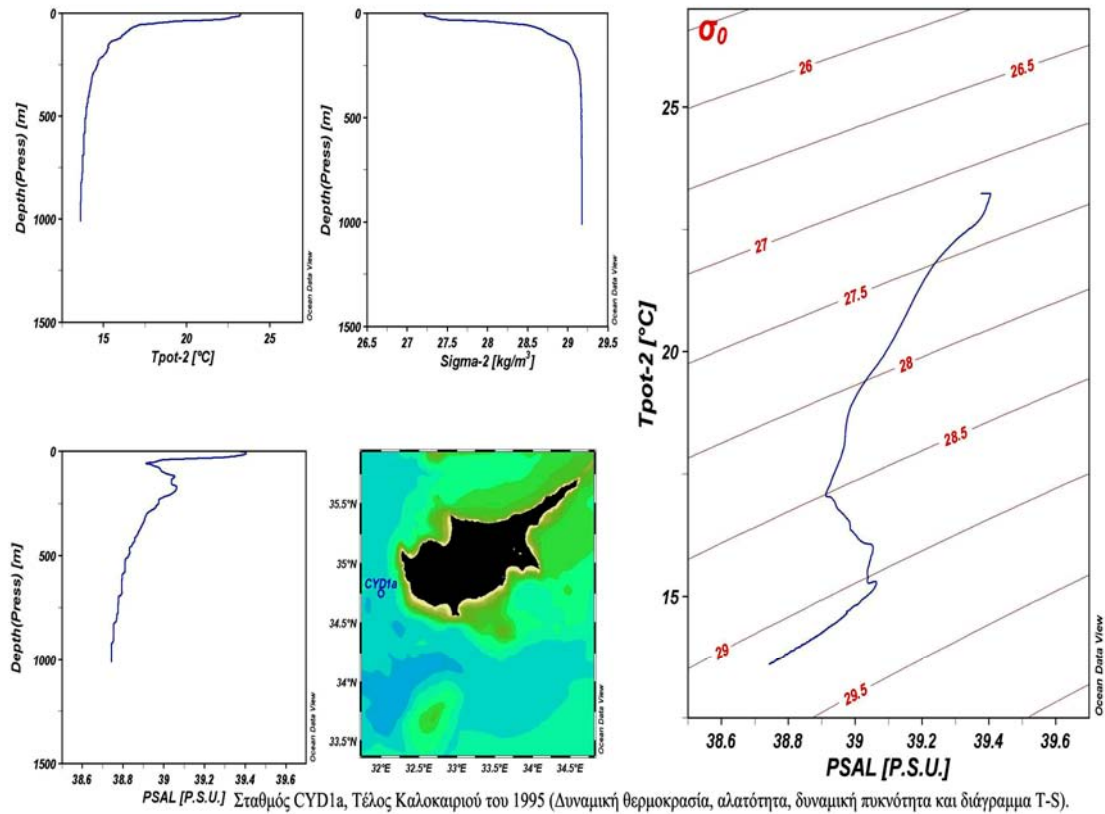
Παράρτημα 6

Διαγράμματα T-S - κατακόρυφα προφίλ θερμοκρασίας, αλατότητας και πυκνότητας των σταθμών της περιοχής μελέτης.

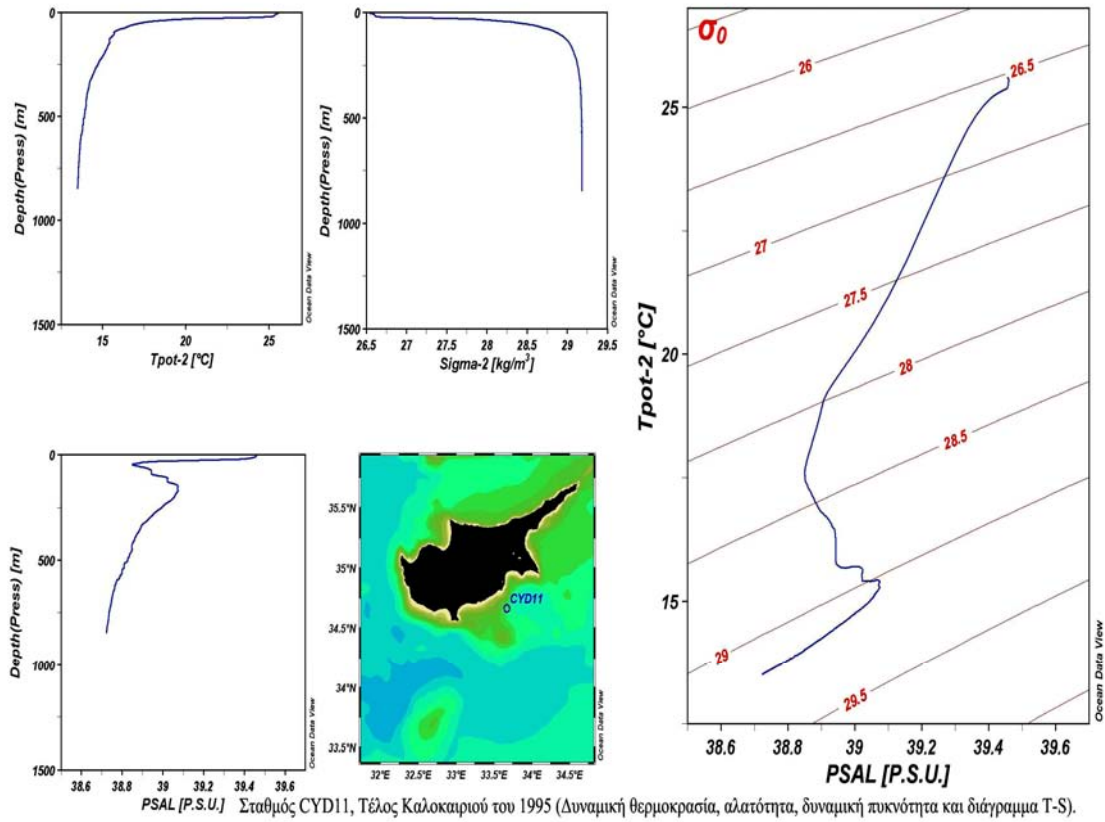




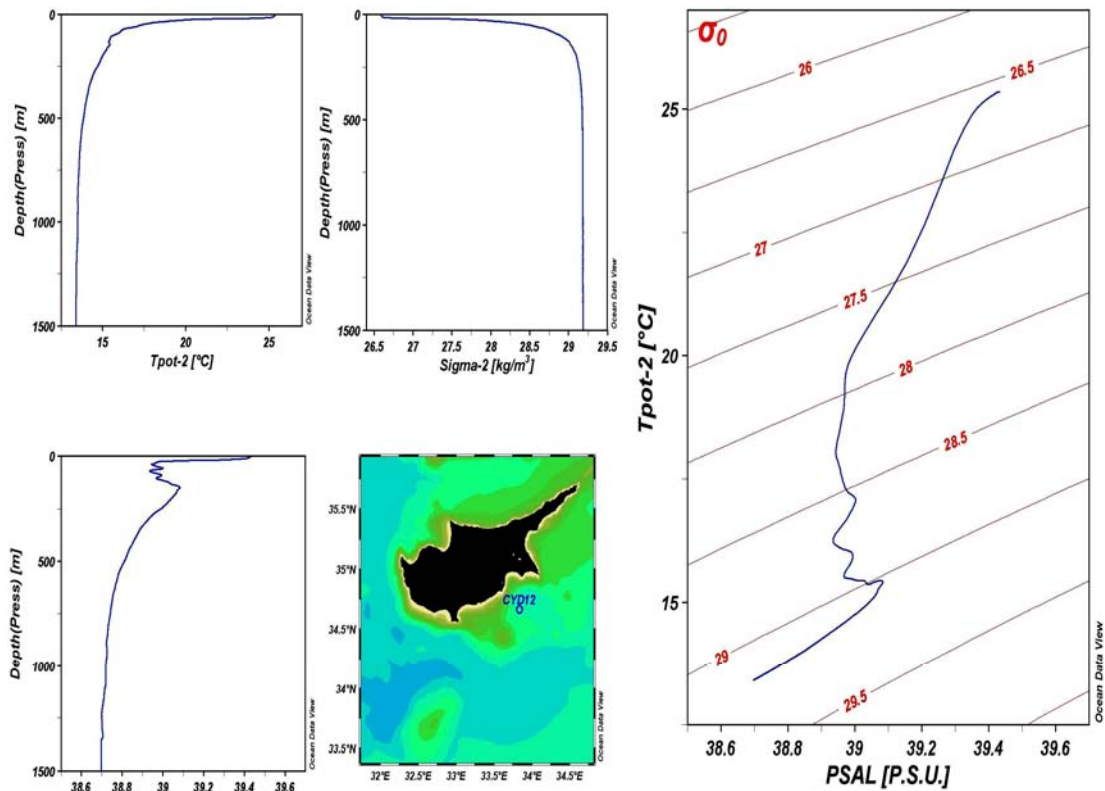
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYB9a, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).



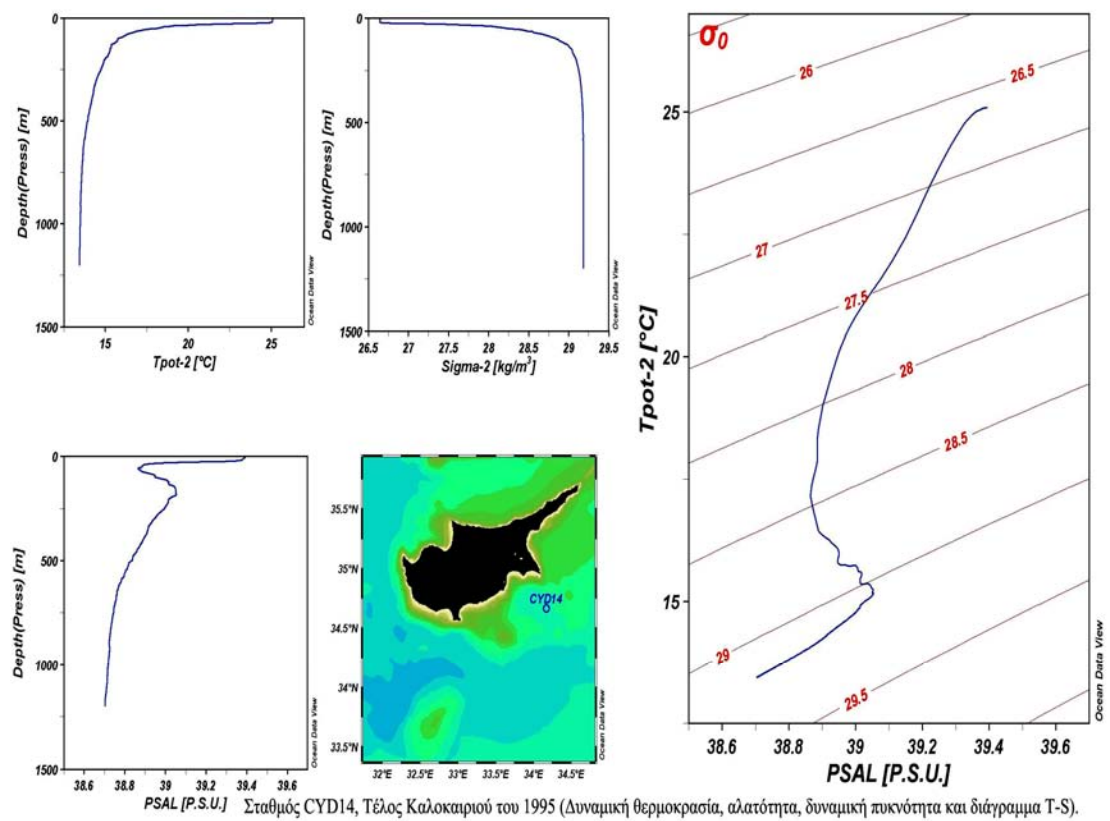
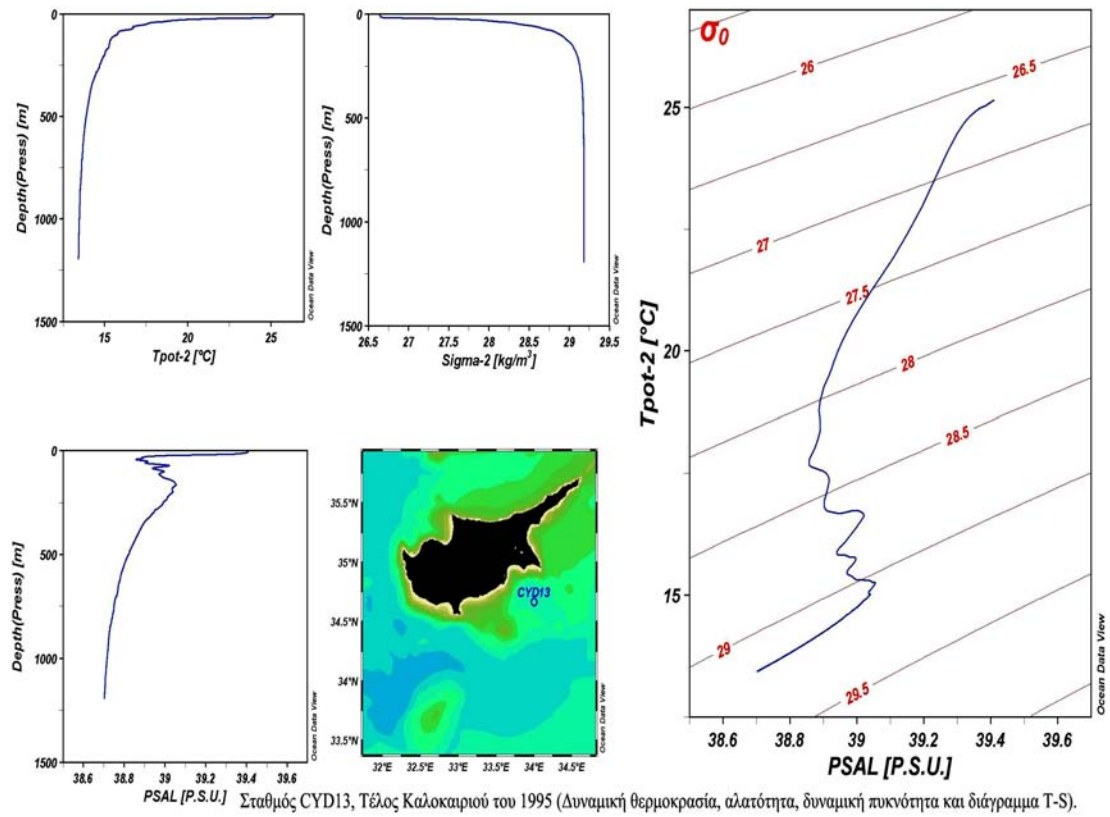
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYD1a, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).

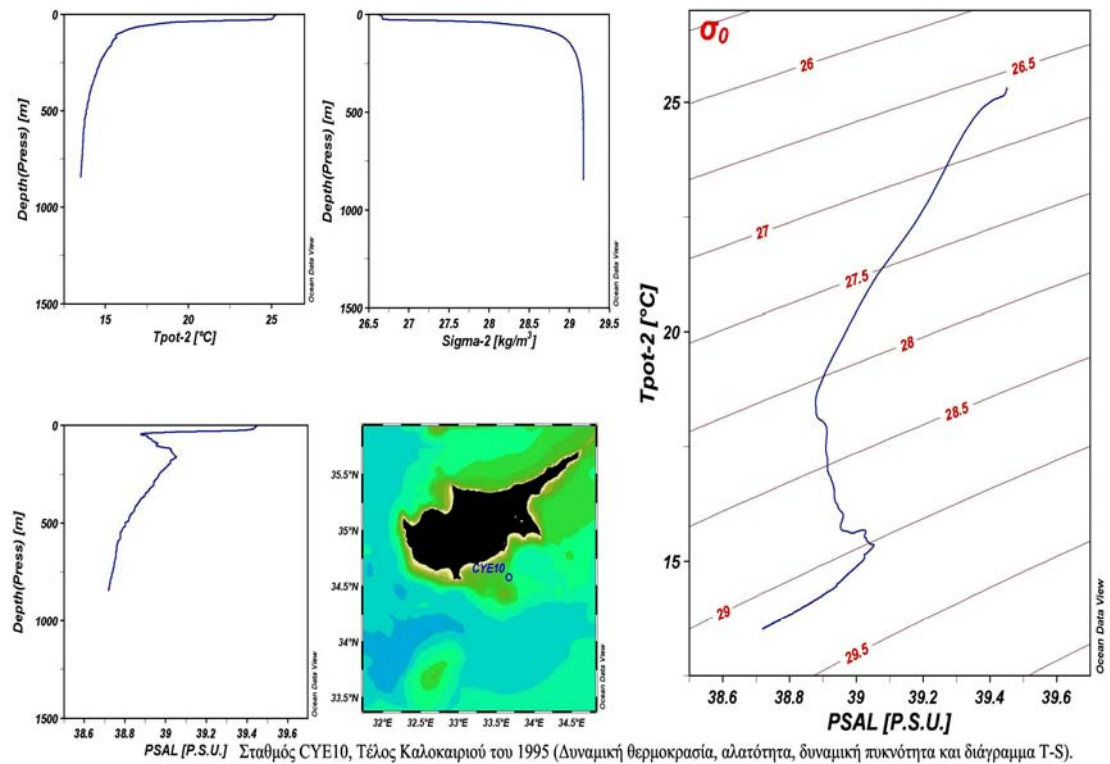
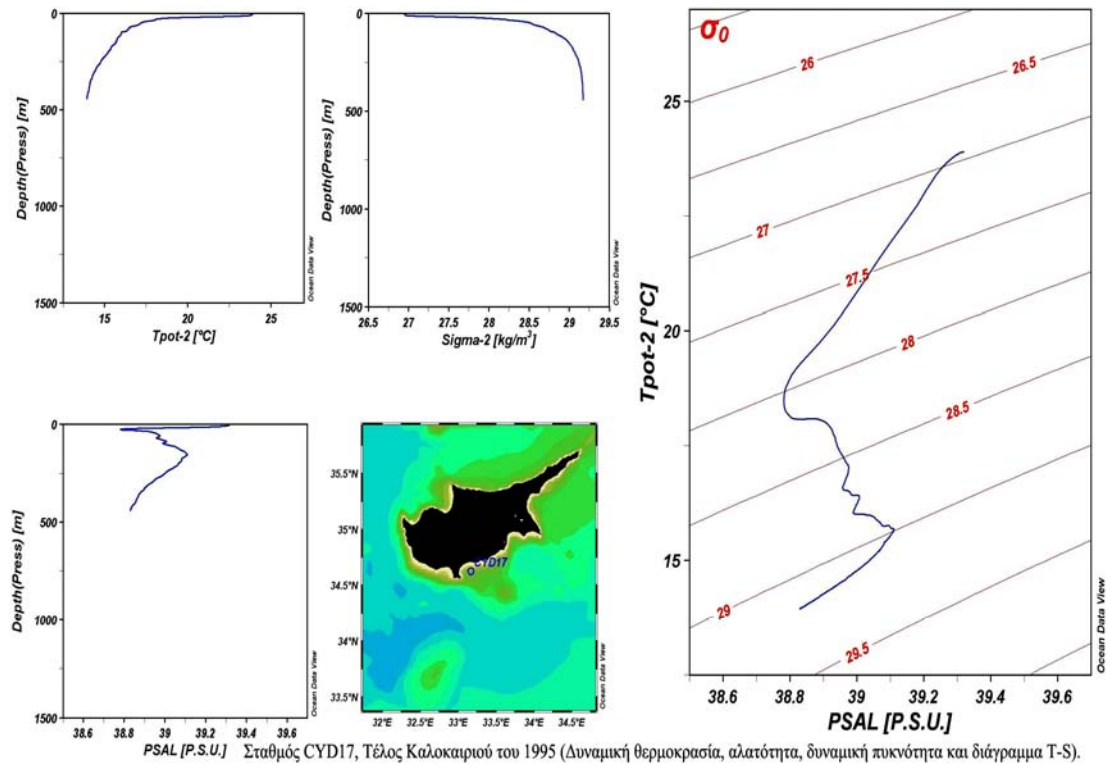


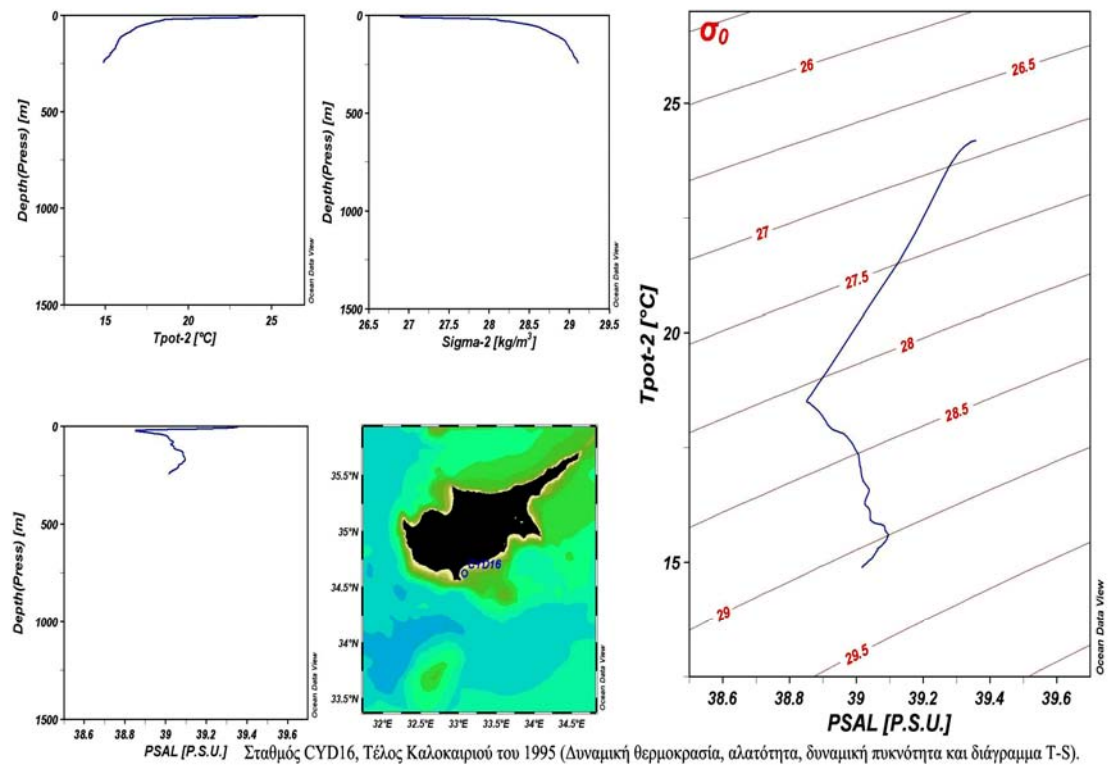
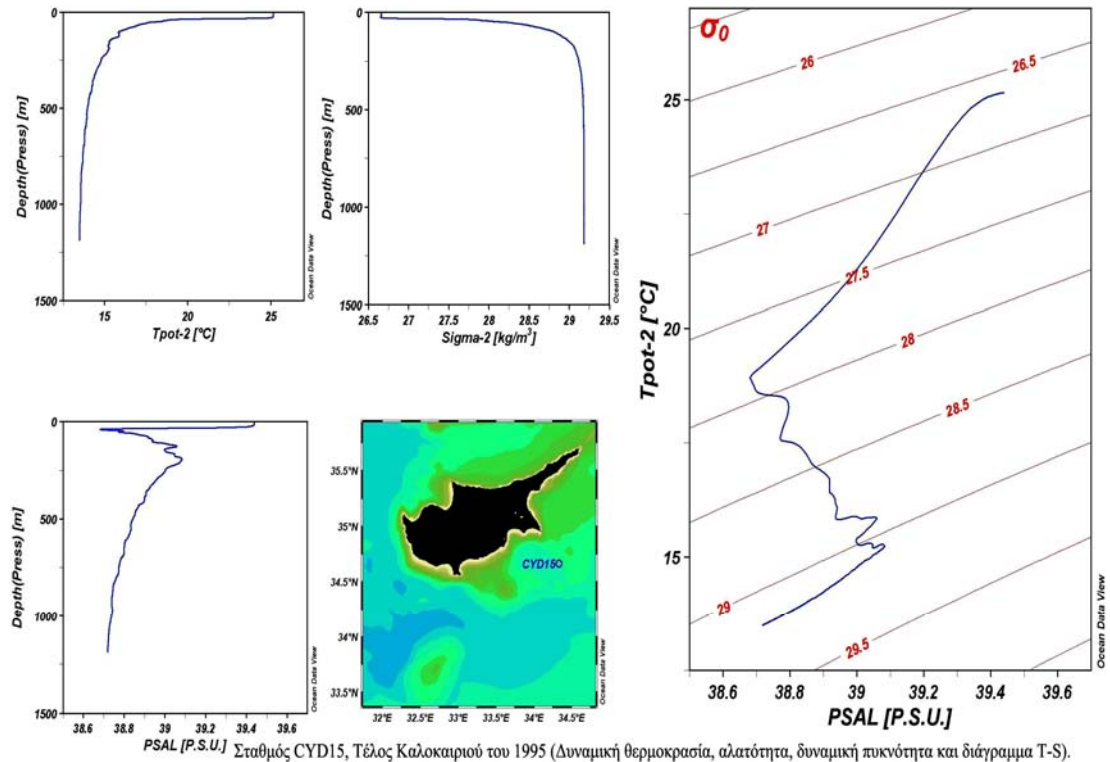
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYD11, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).

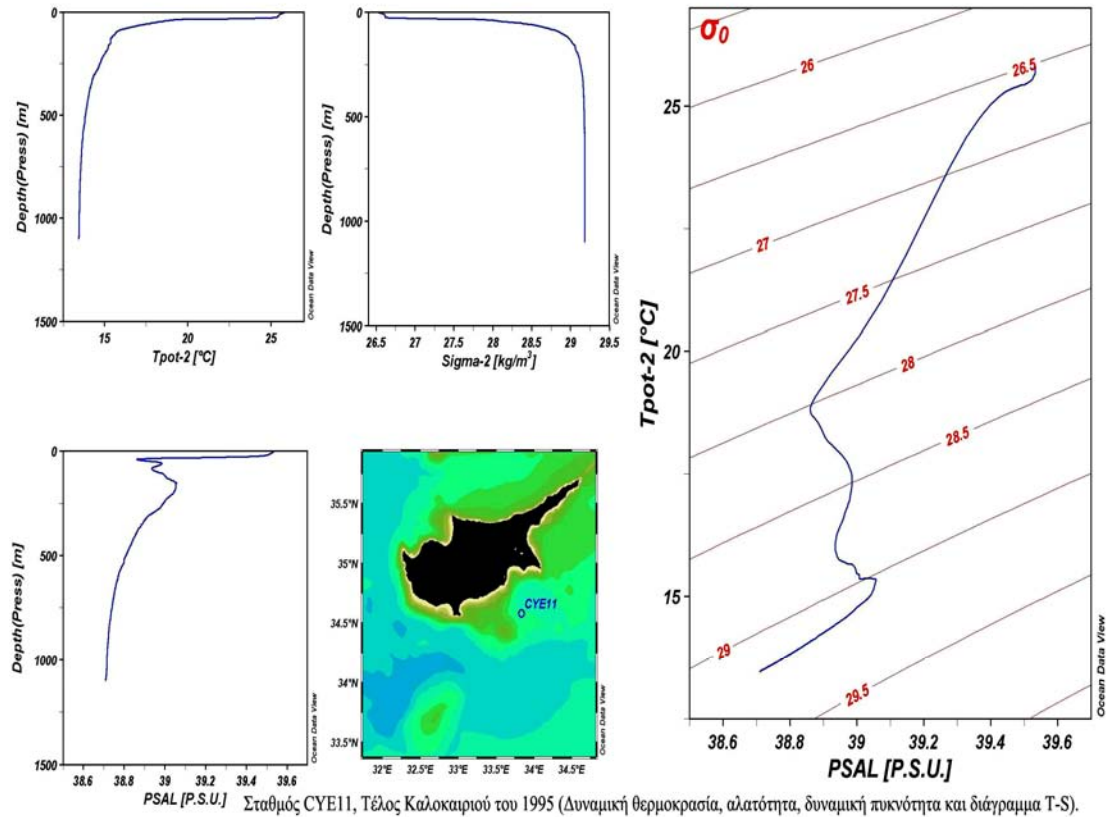


PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYD12, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).

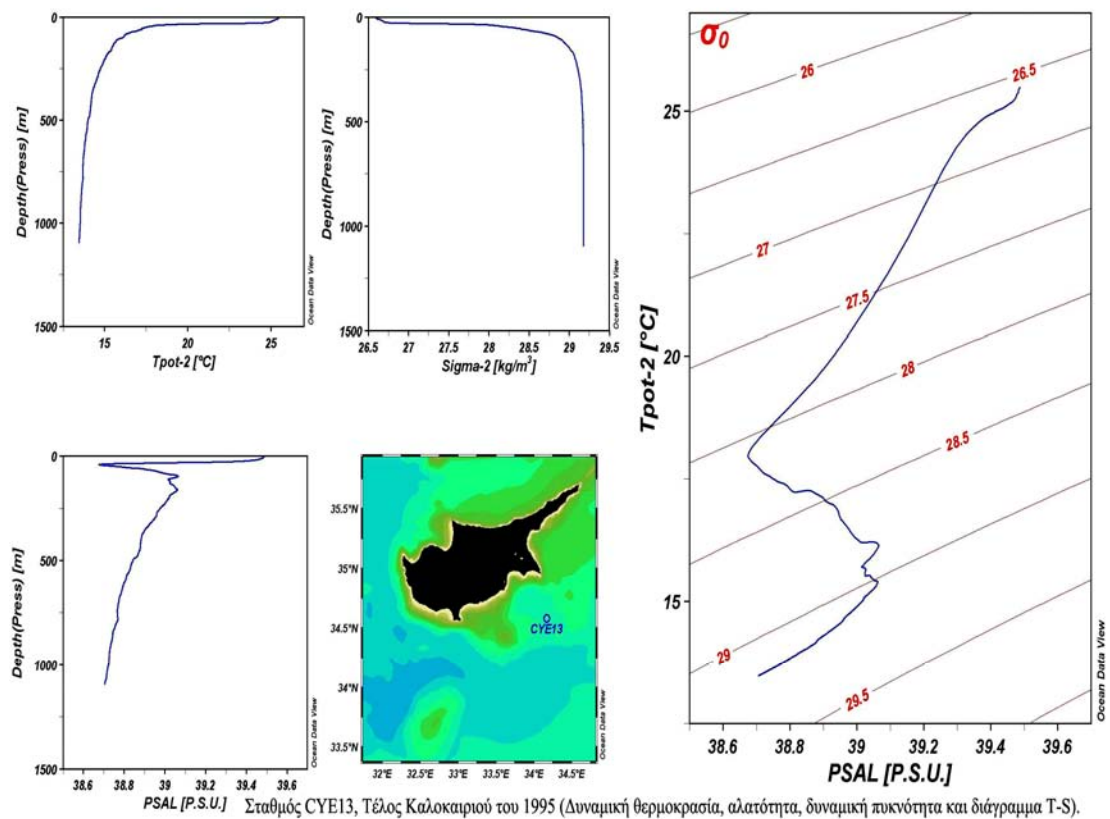




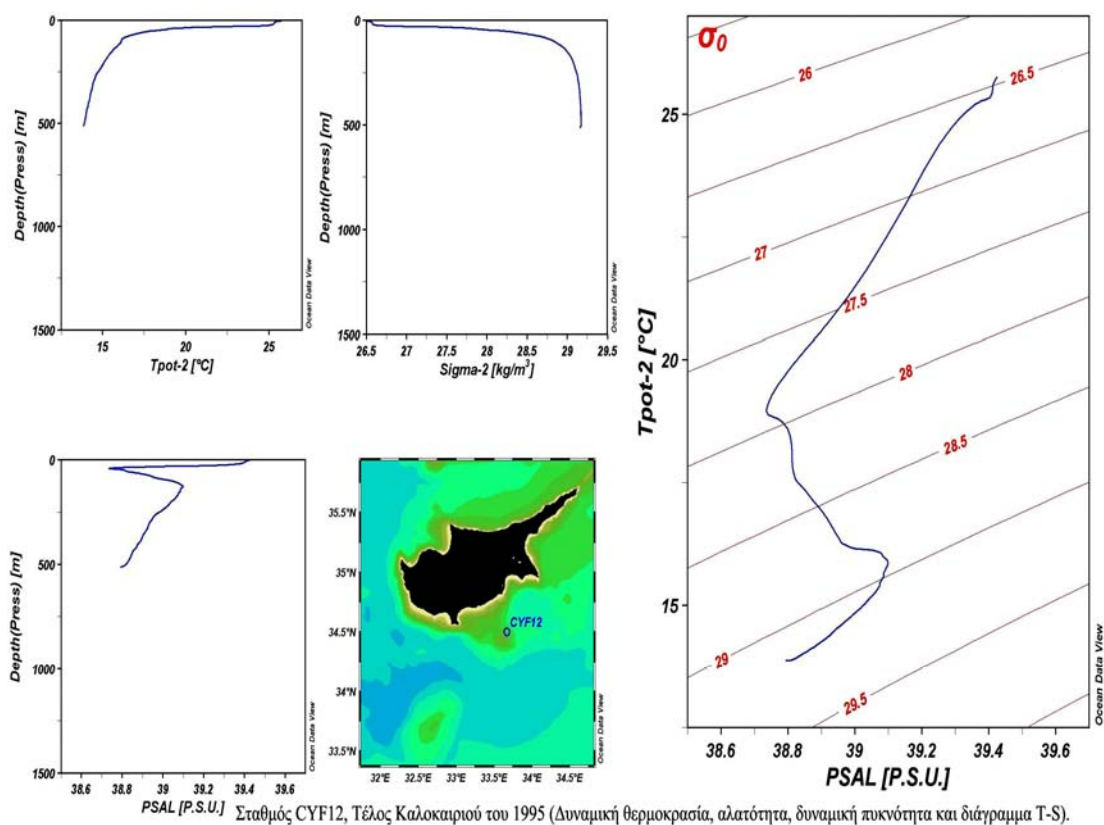
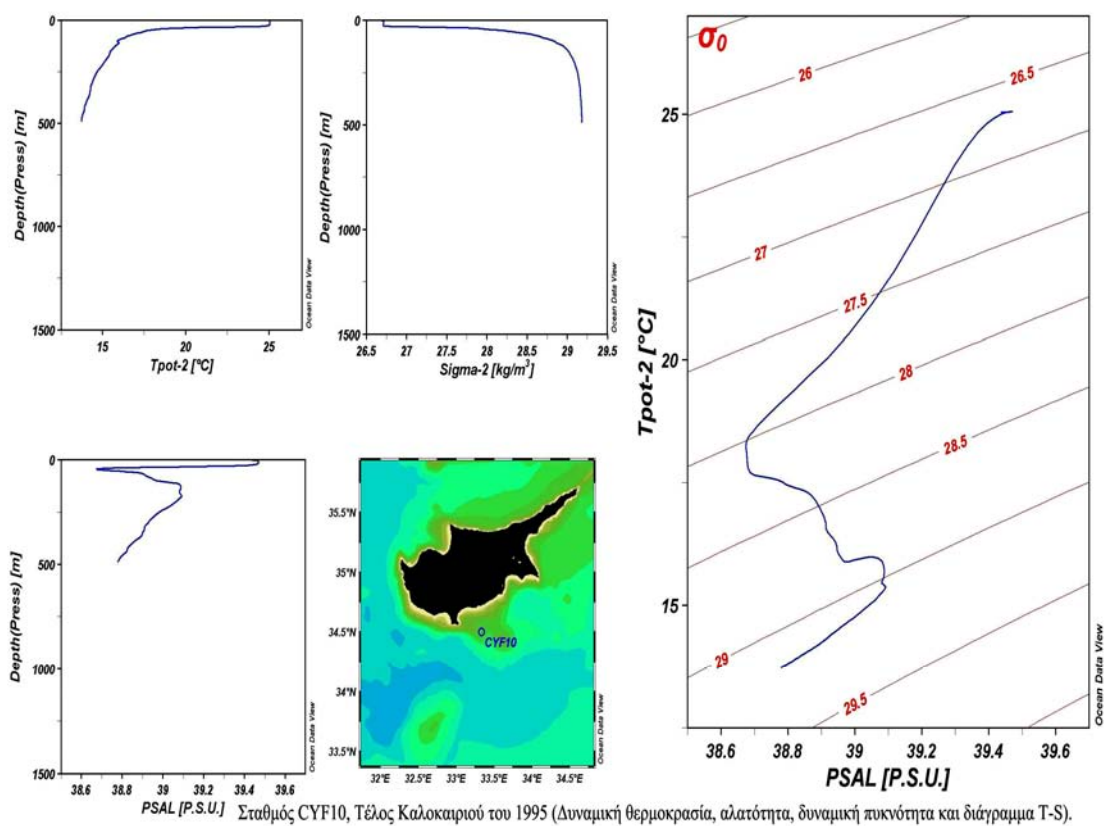


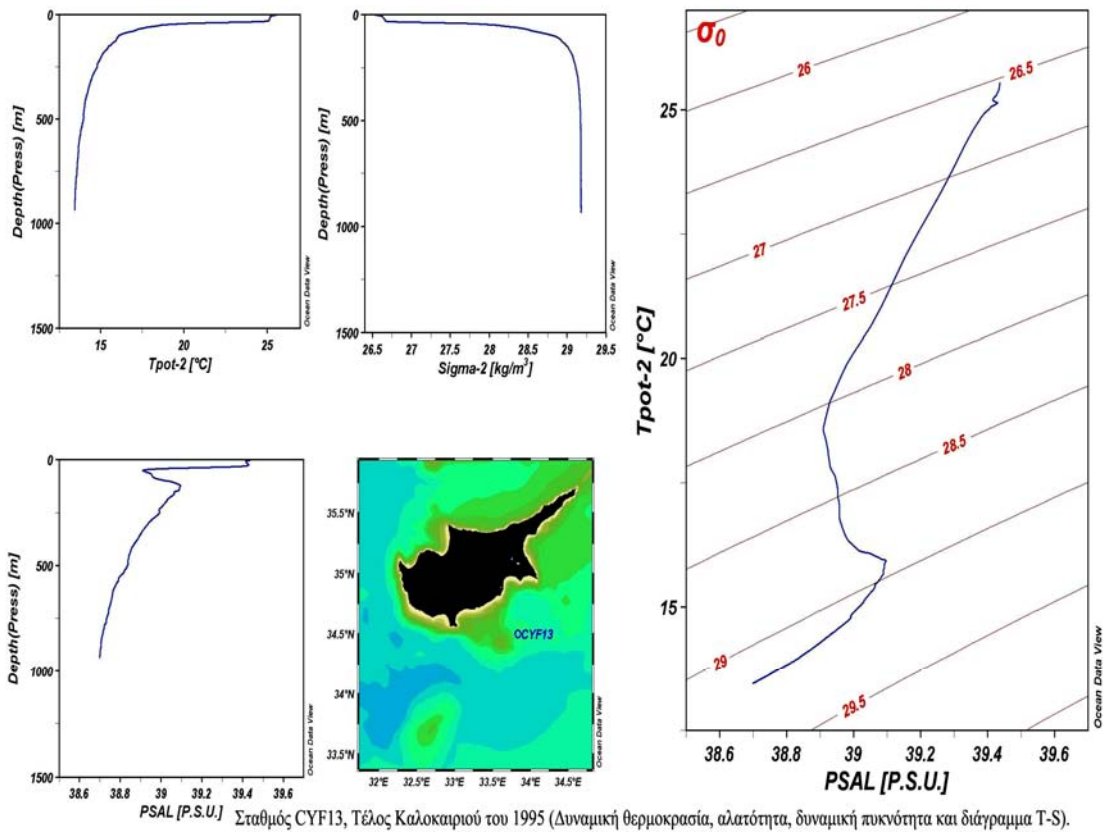
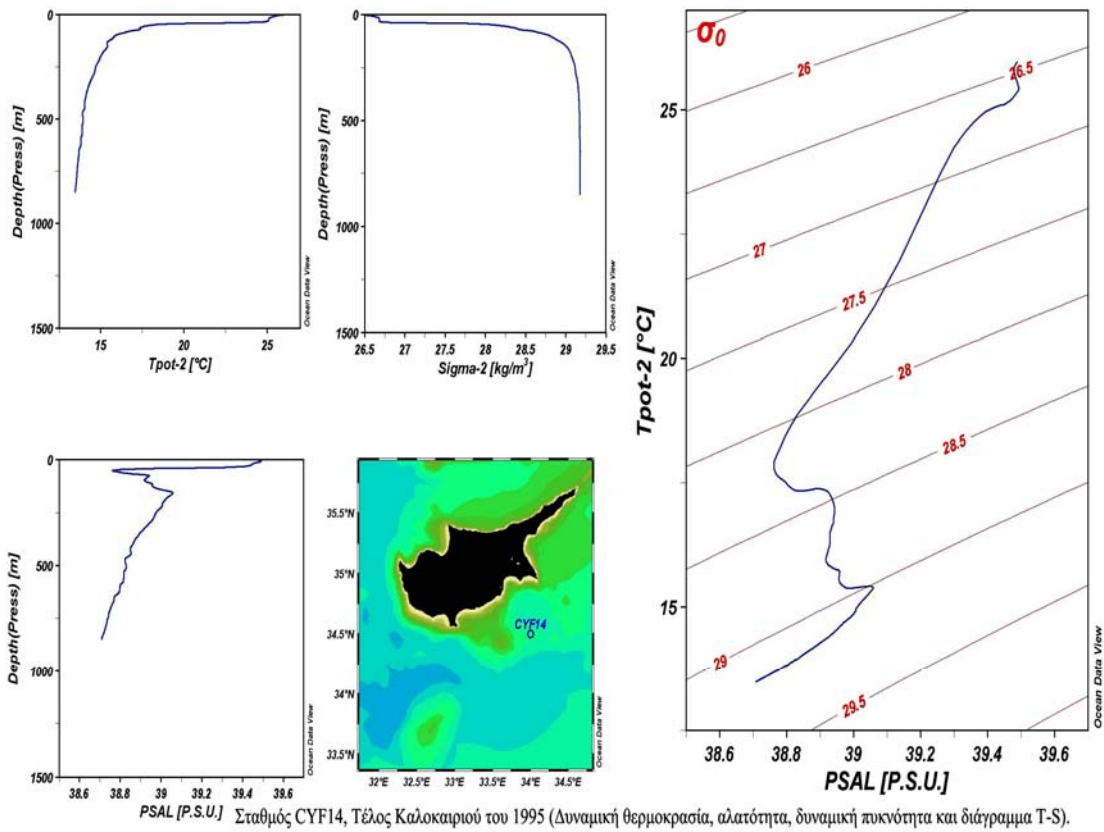


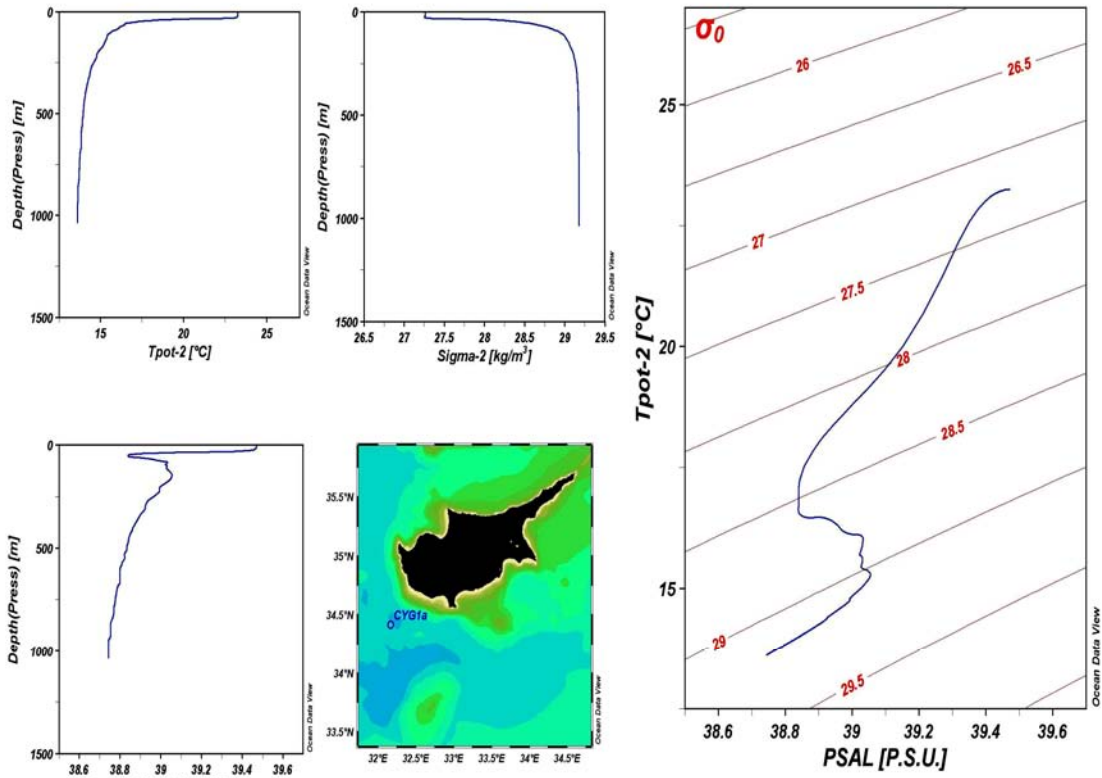
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYE11, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).



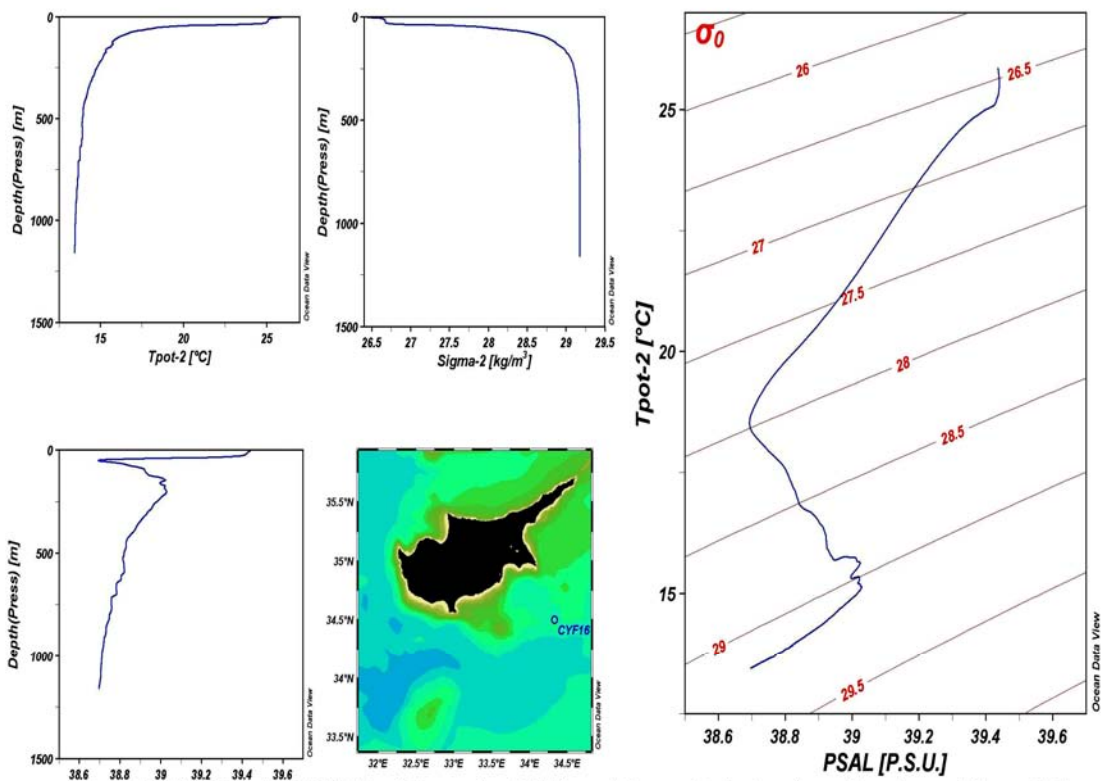
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYE13, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).



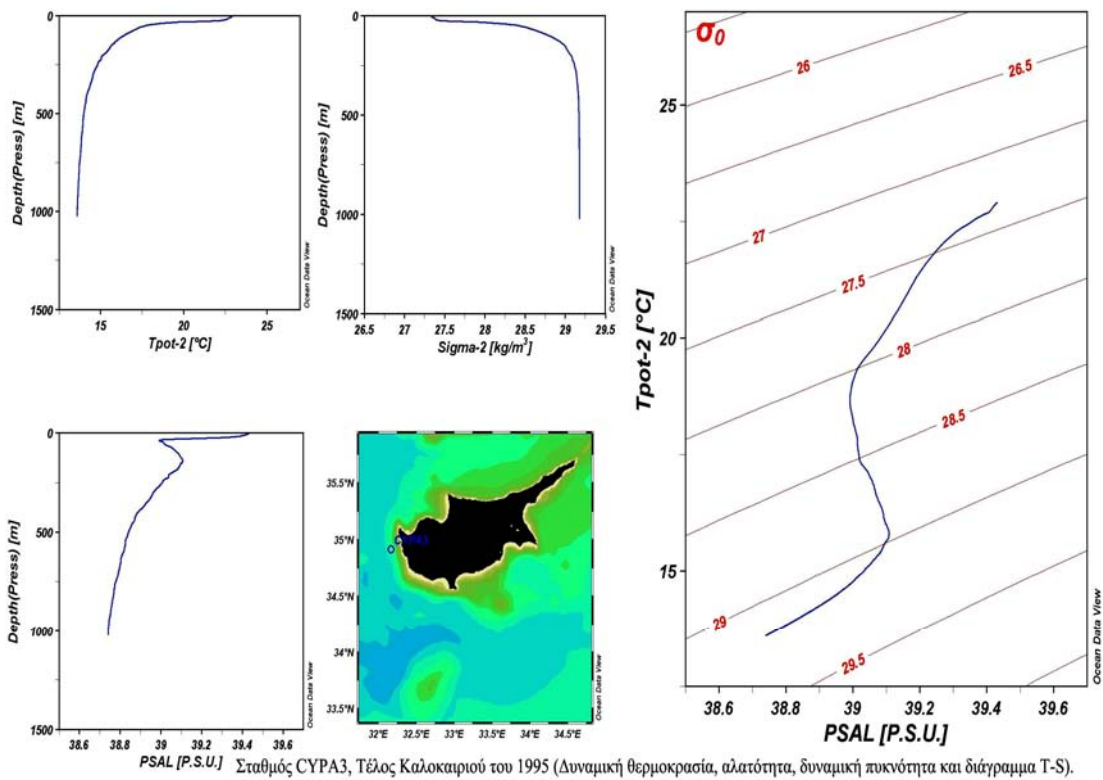
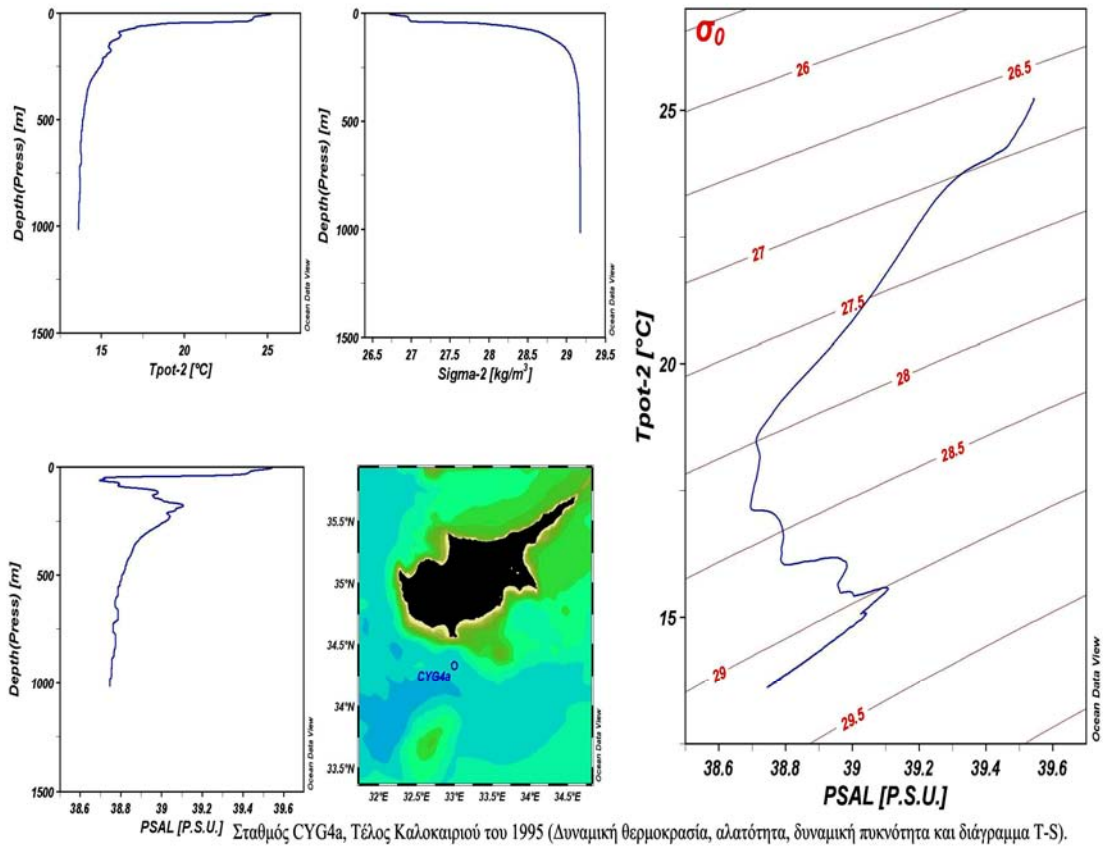


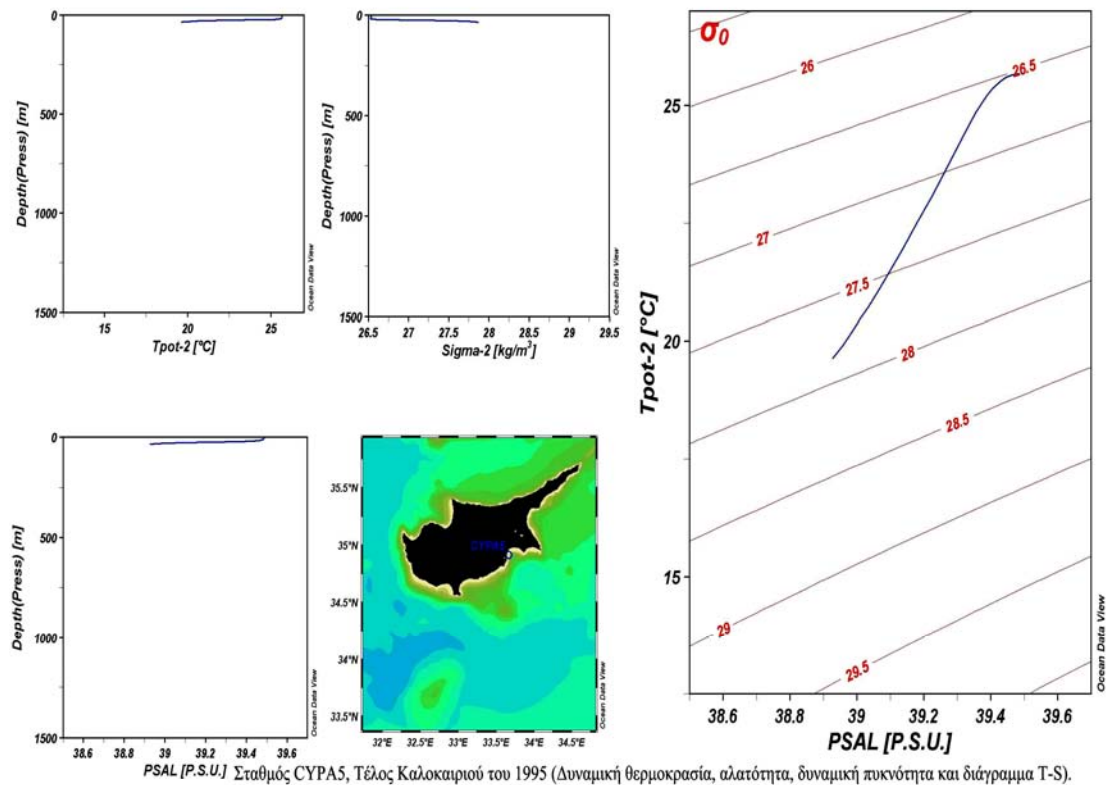
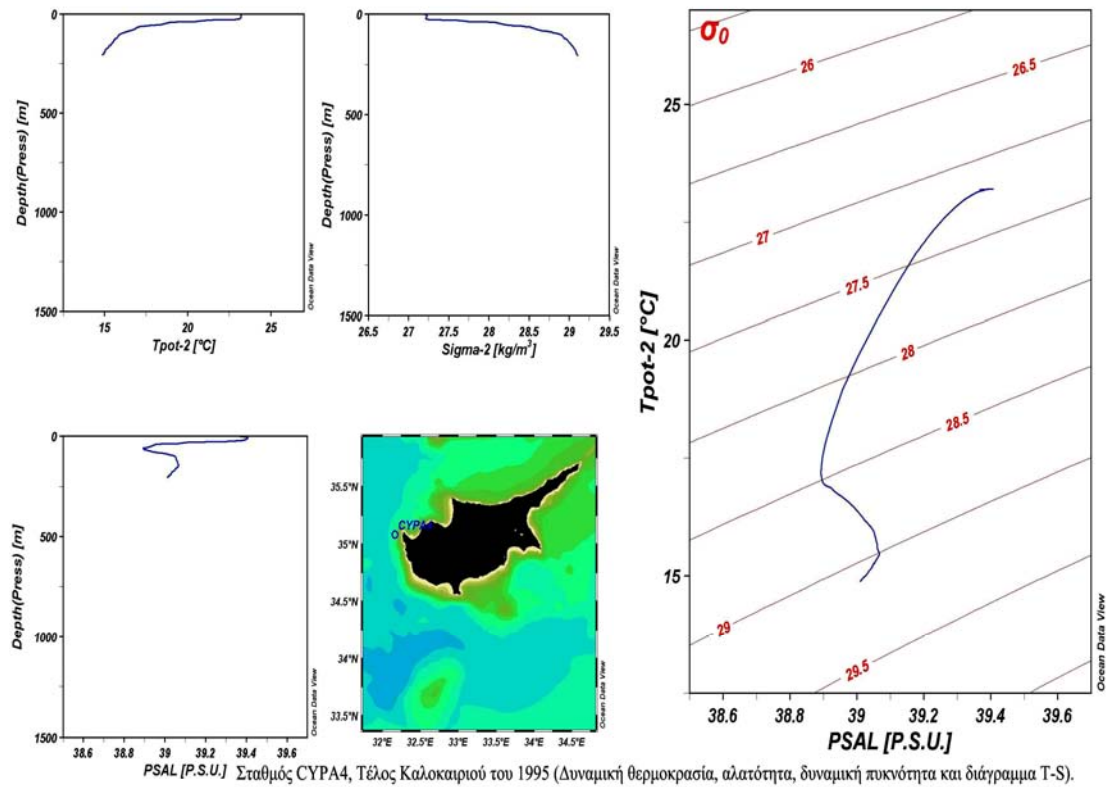


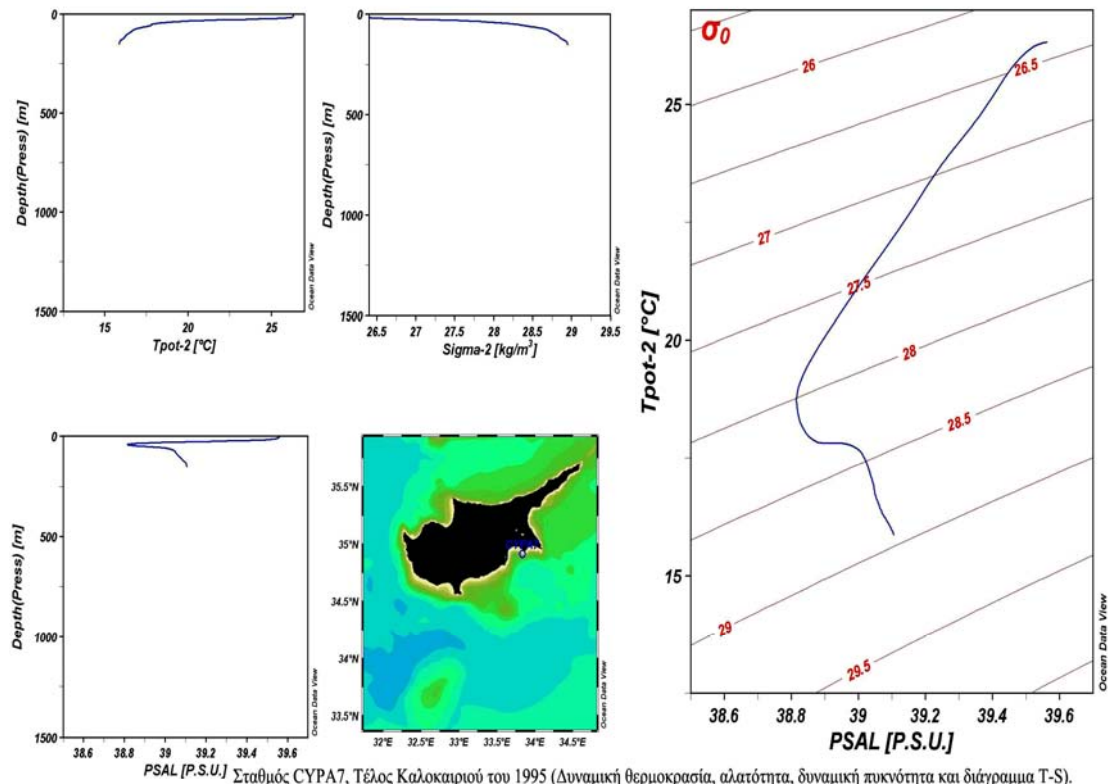
Σταθμός CYG1a, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).



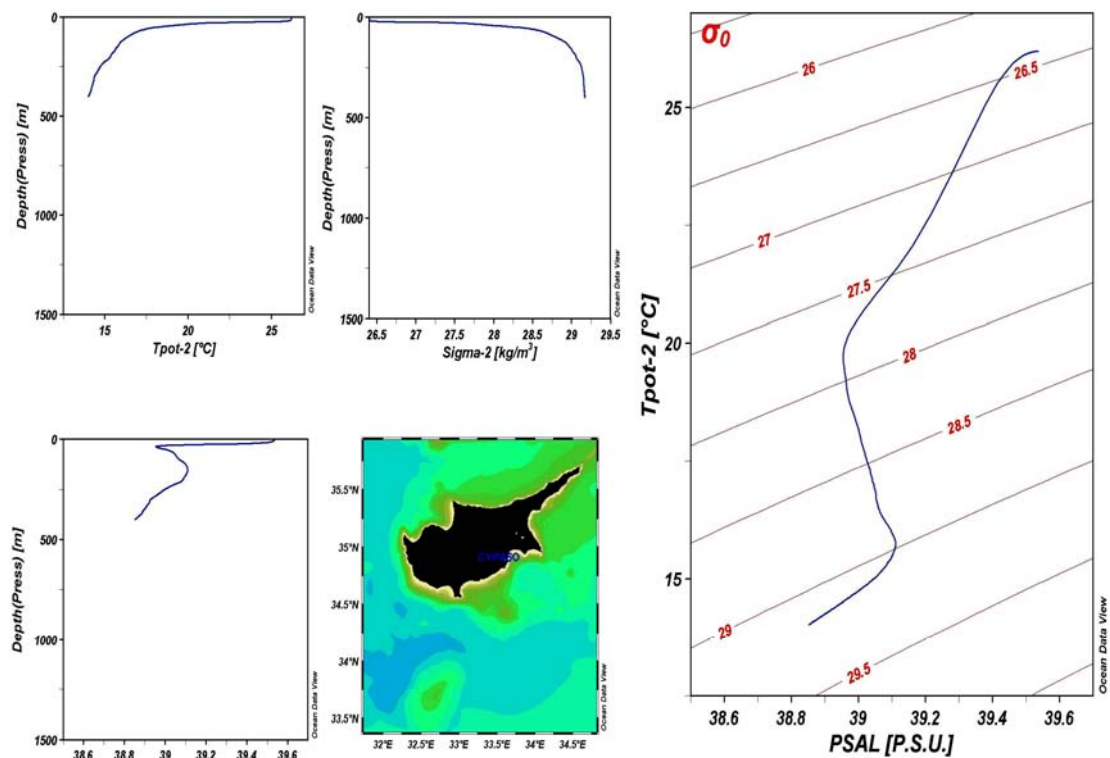
Σταθμός CYF16, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).



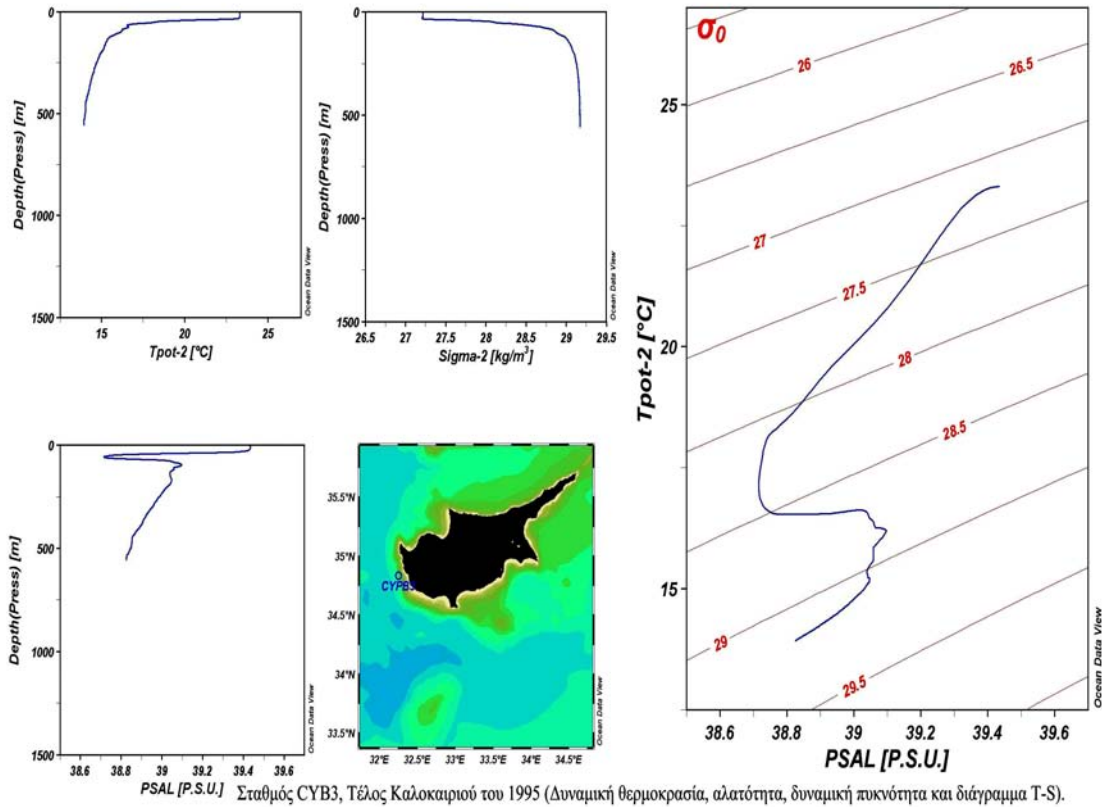




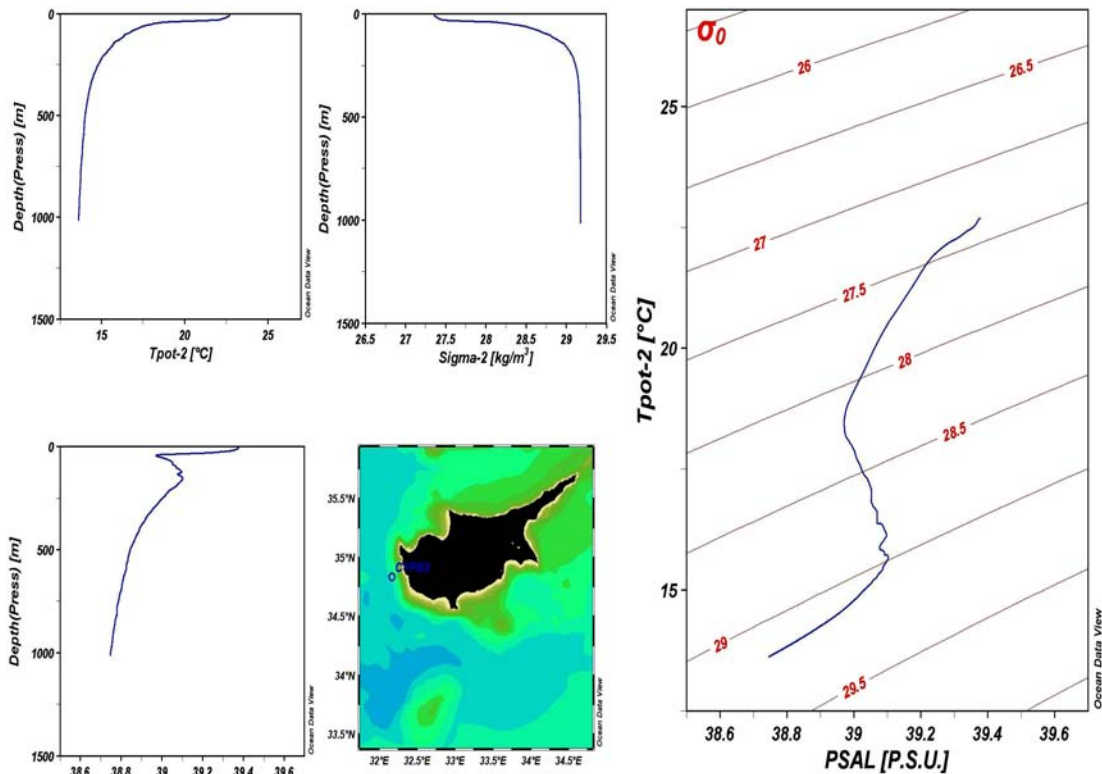
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYPA7, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).



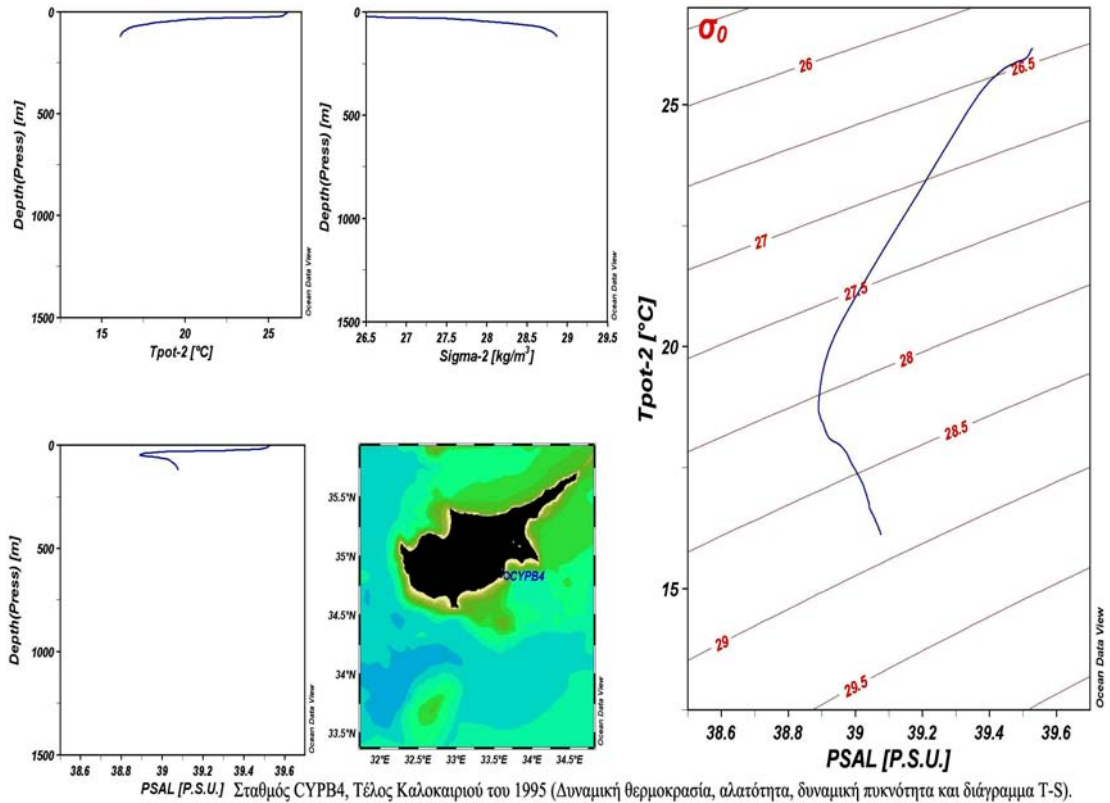
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYPA6, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).



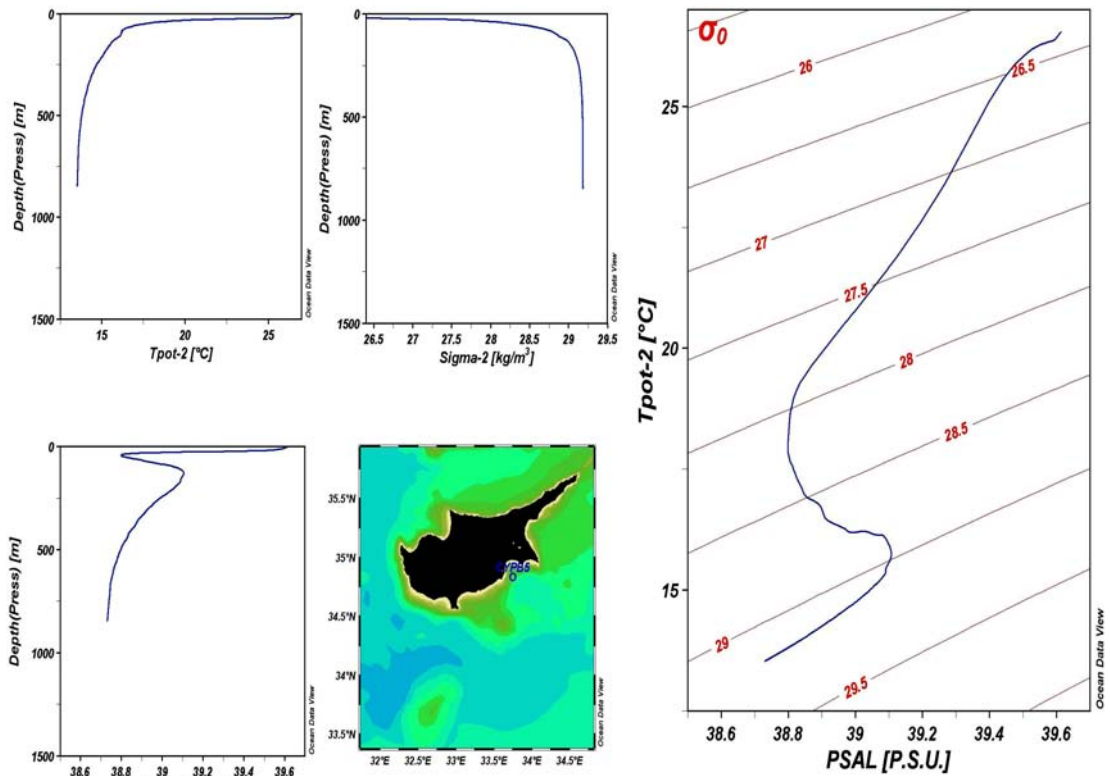
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYB3, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).



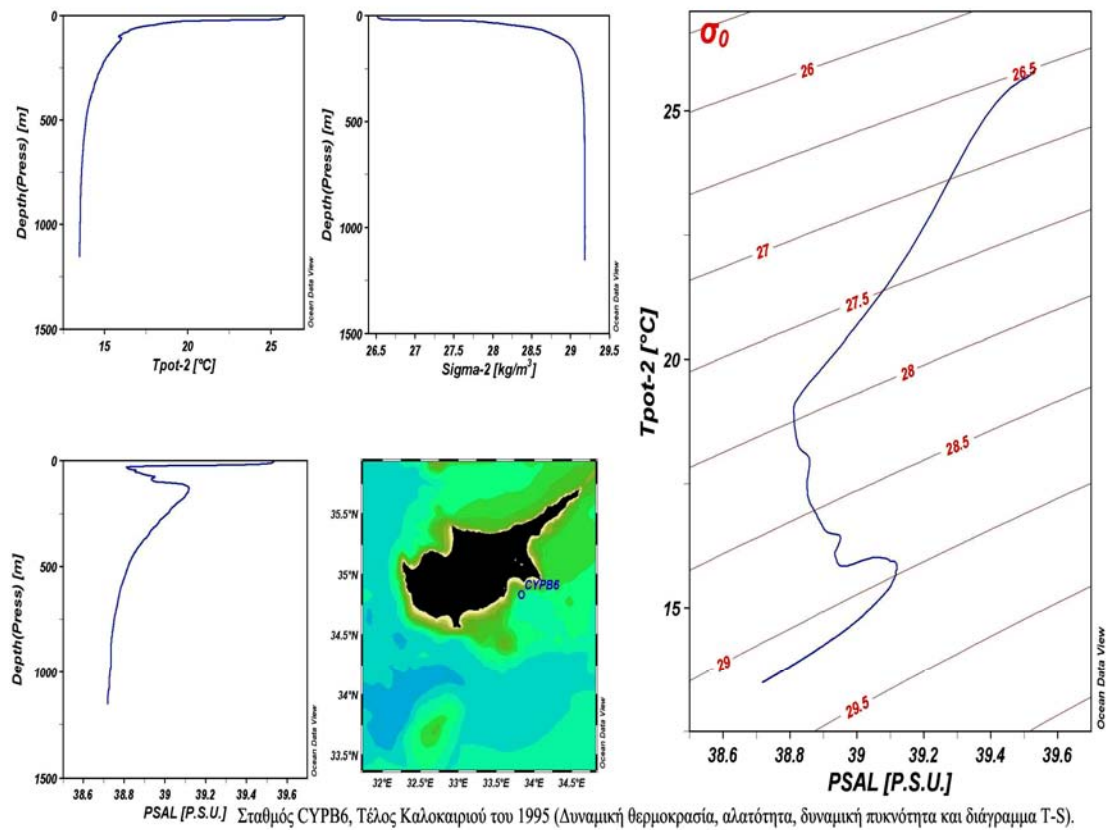
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYPB2, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).



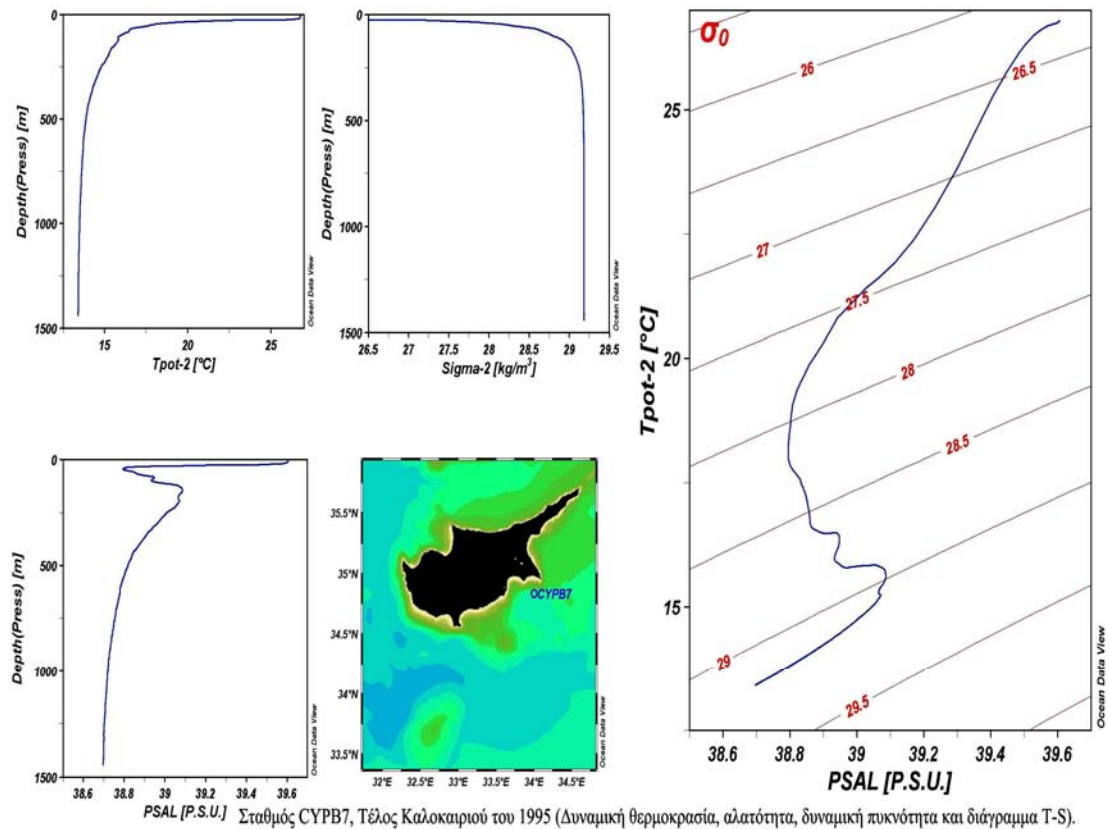
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYPB4, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).



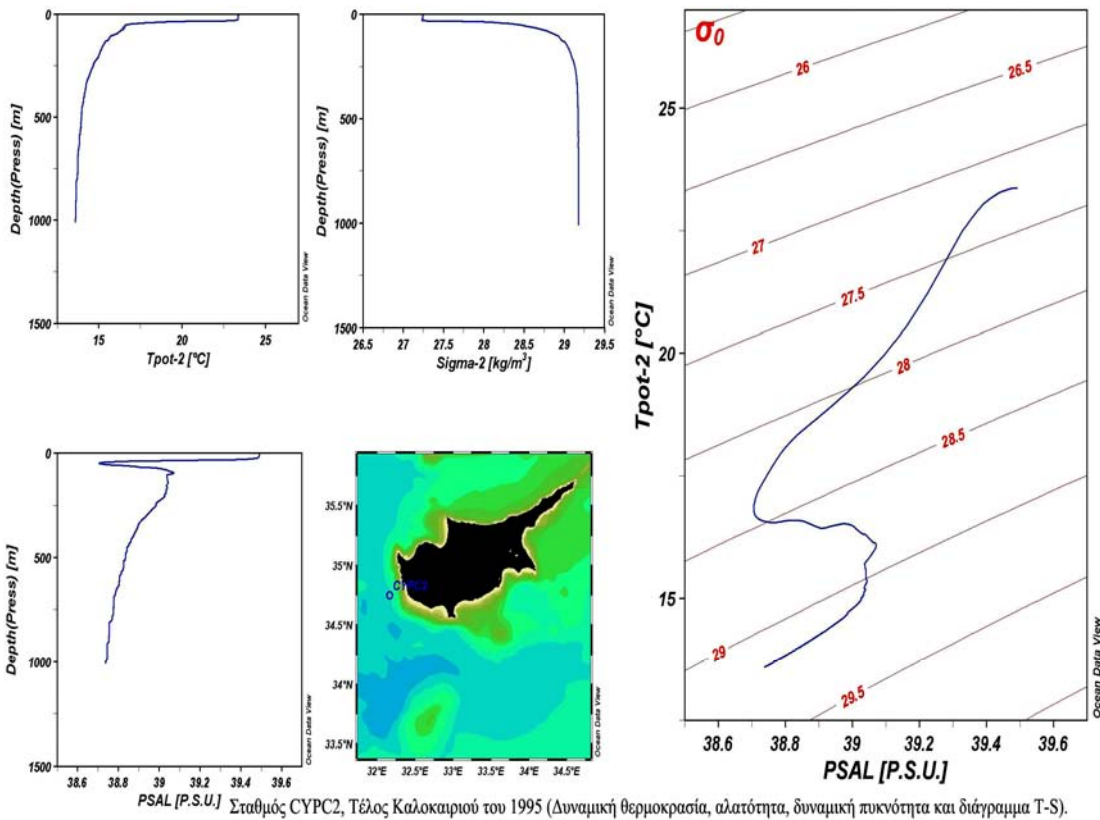
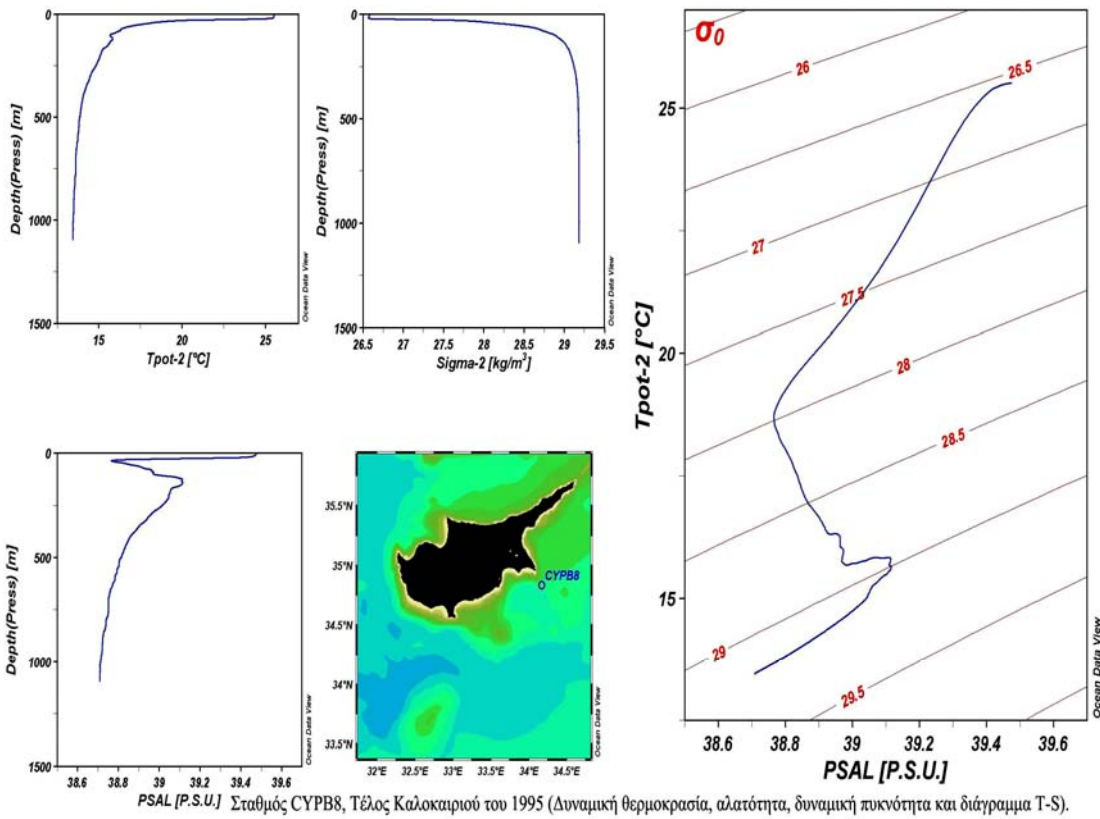
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYPB5, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).

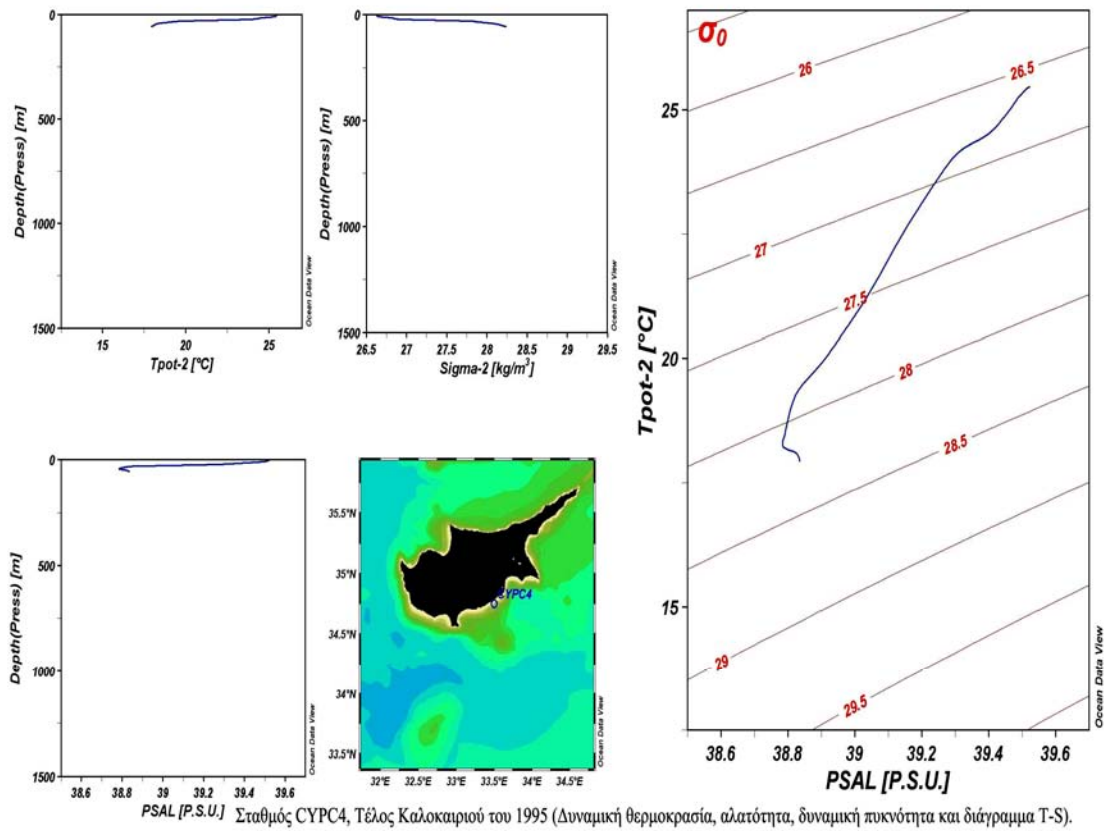
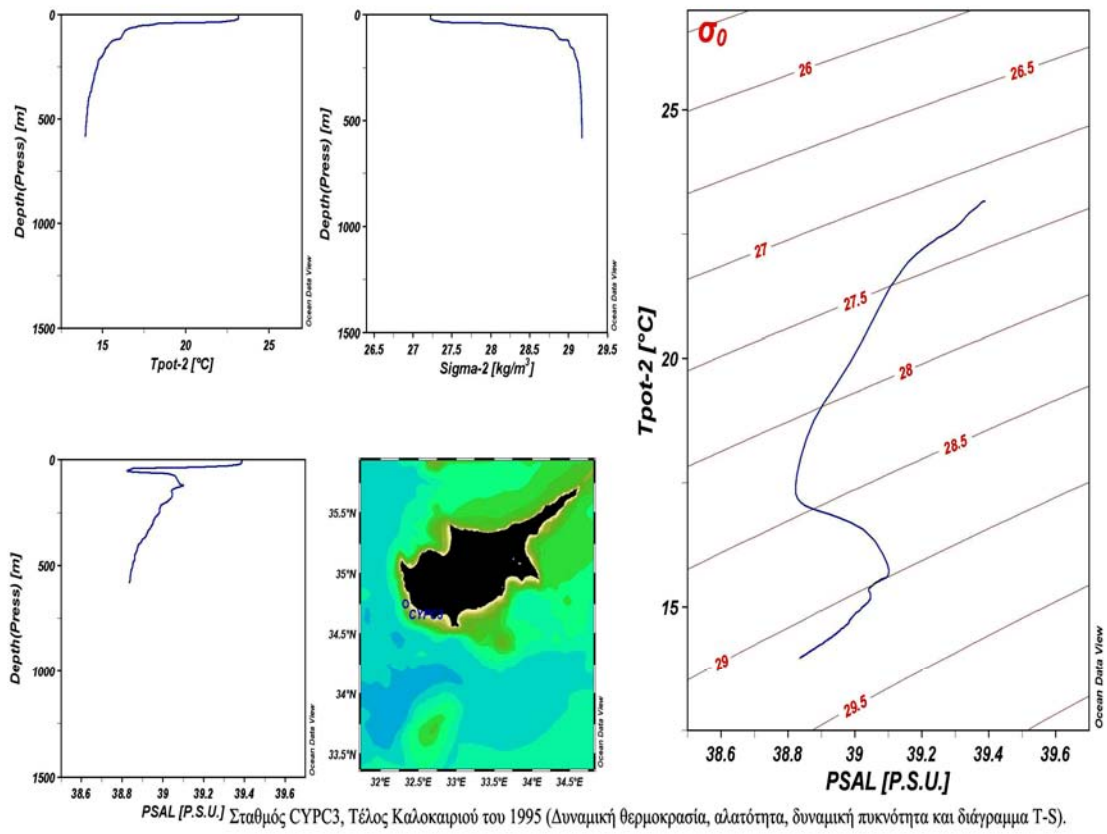


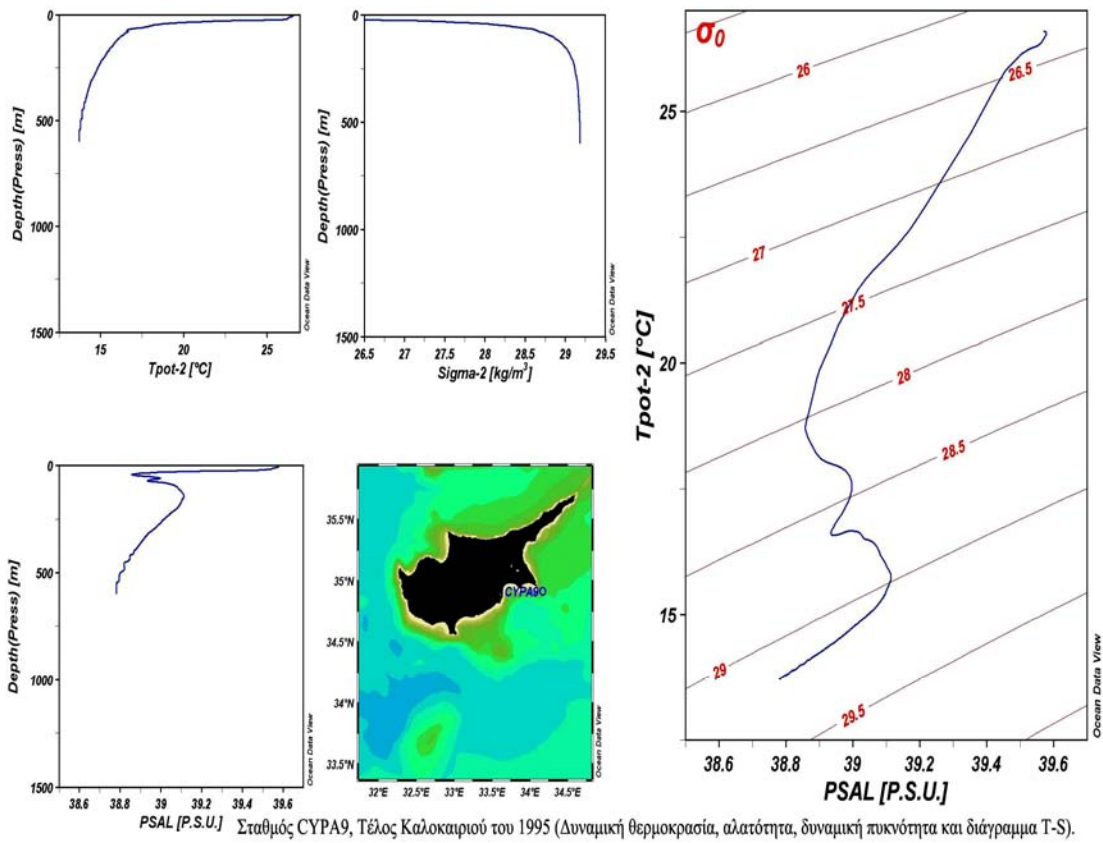
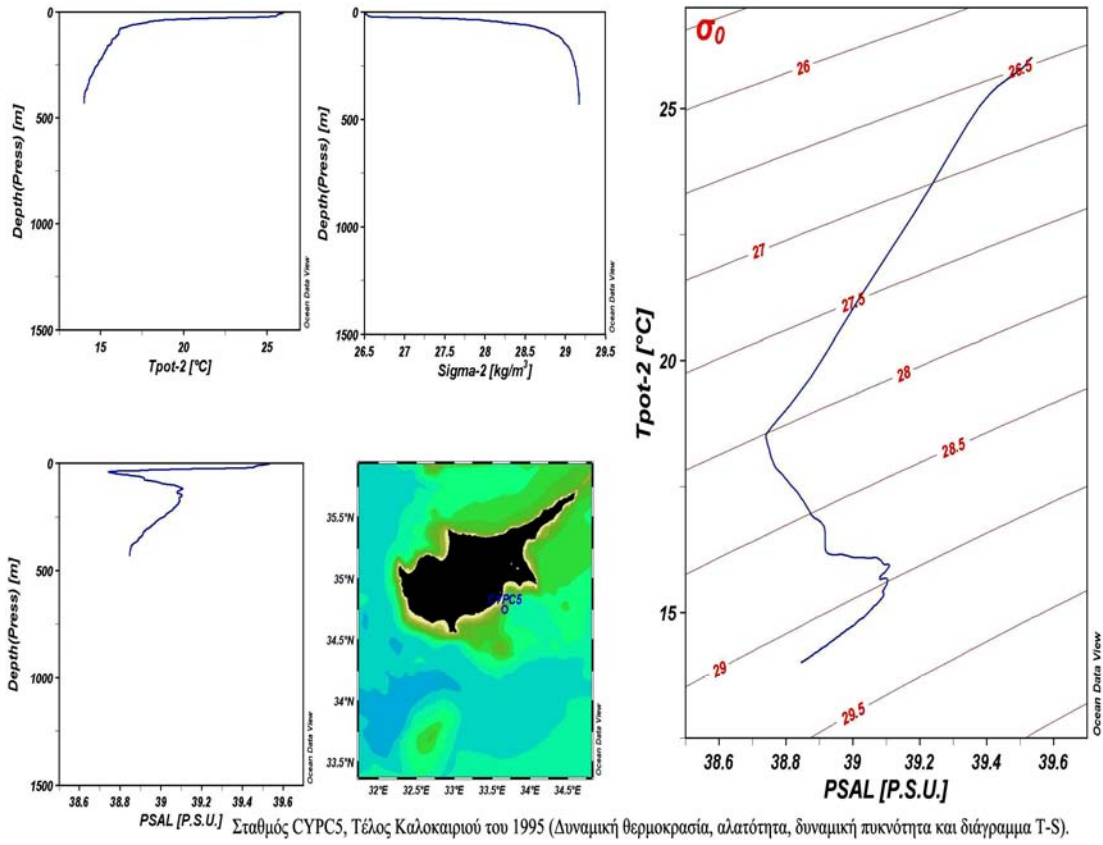
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYPB6, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).

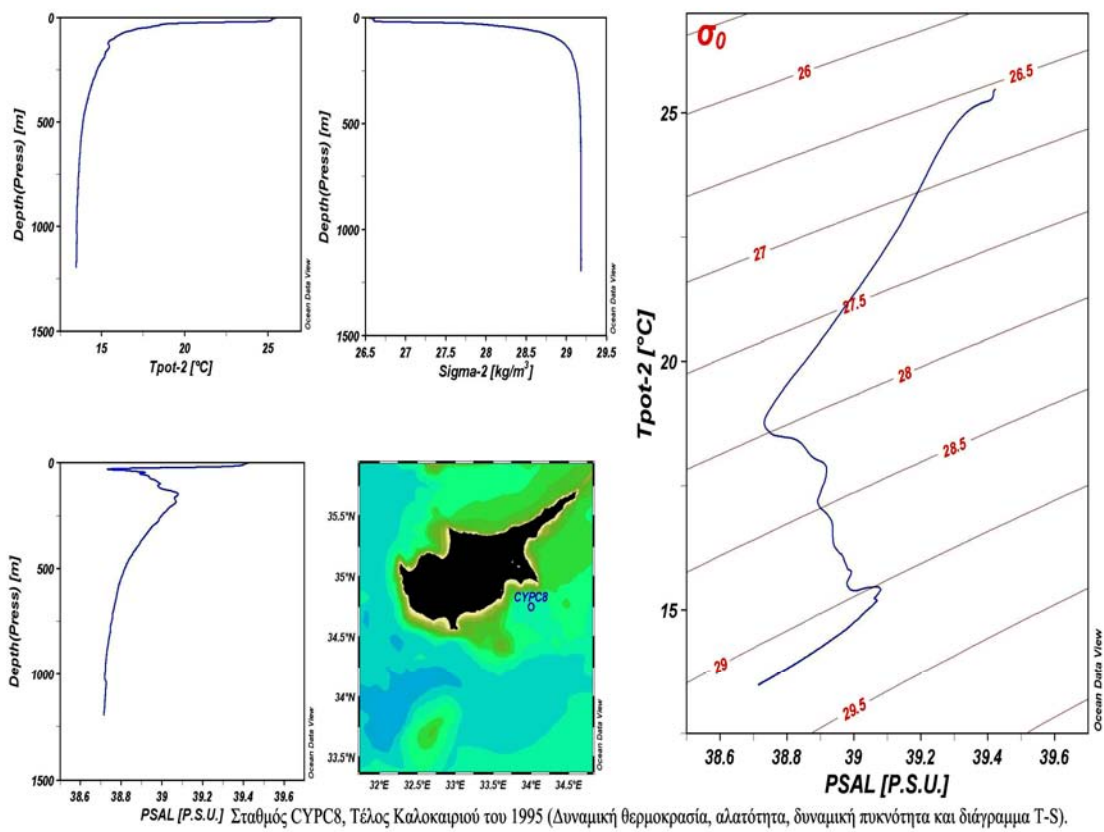
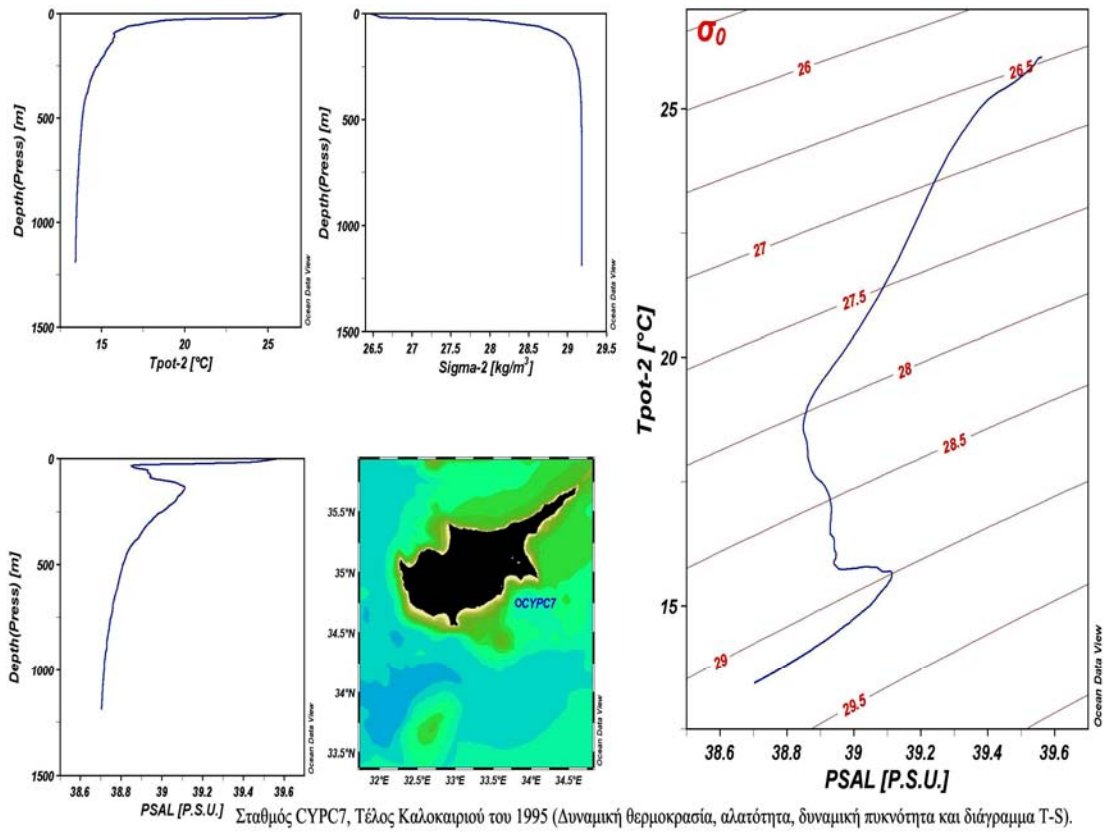


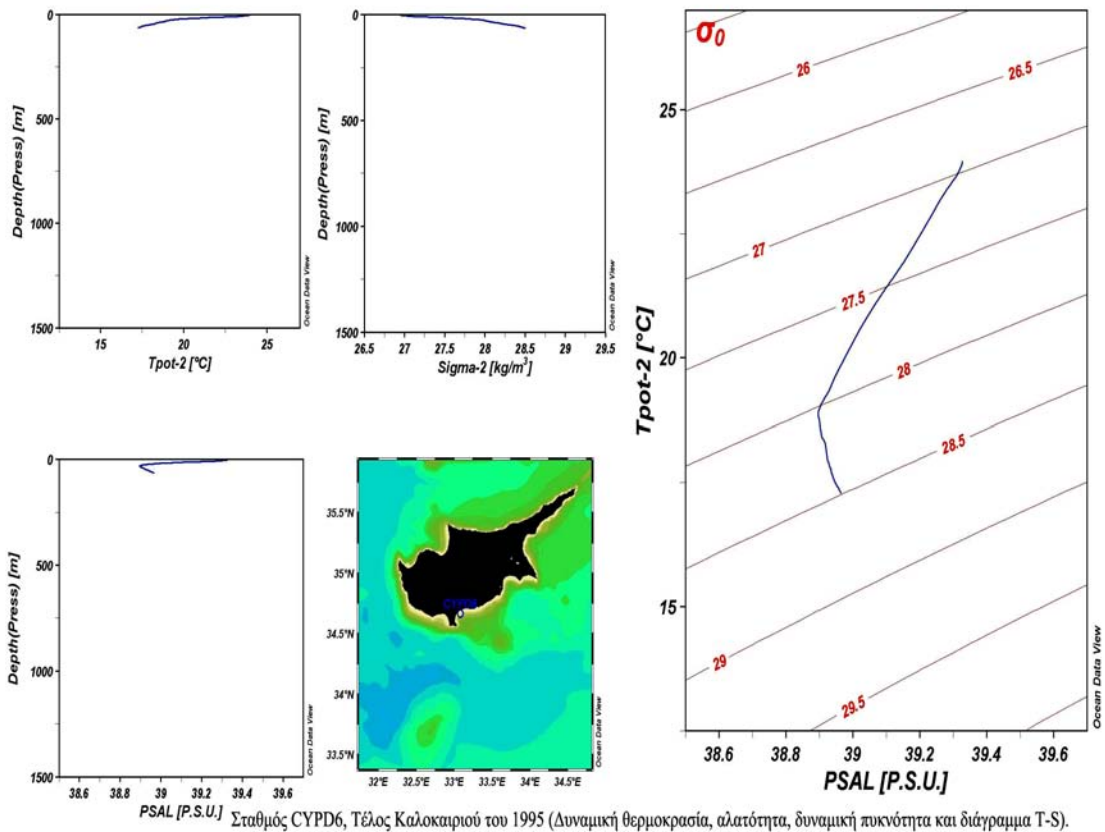
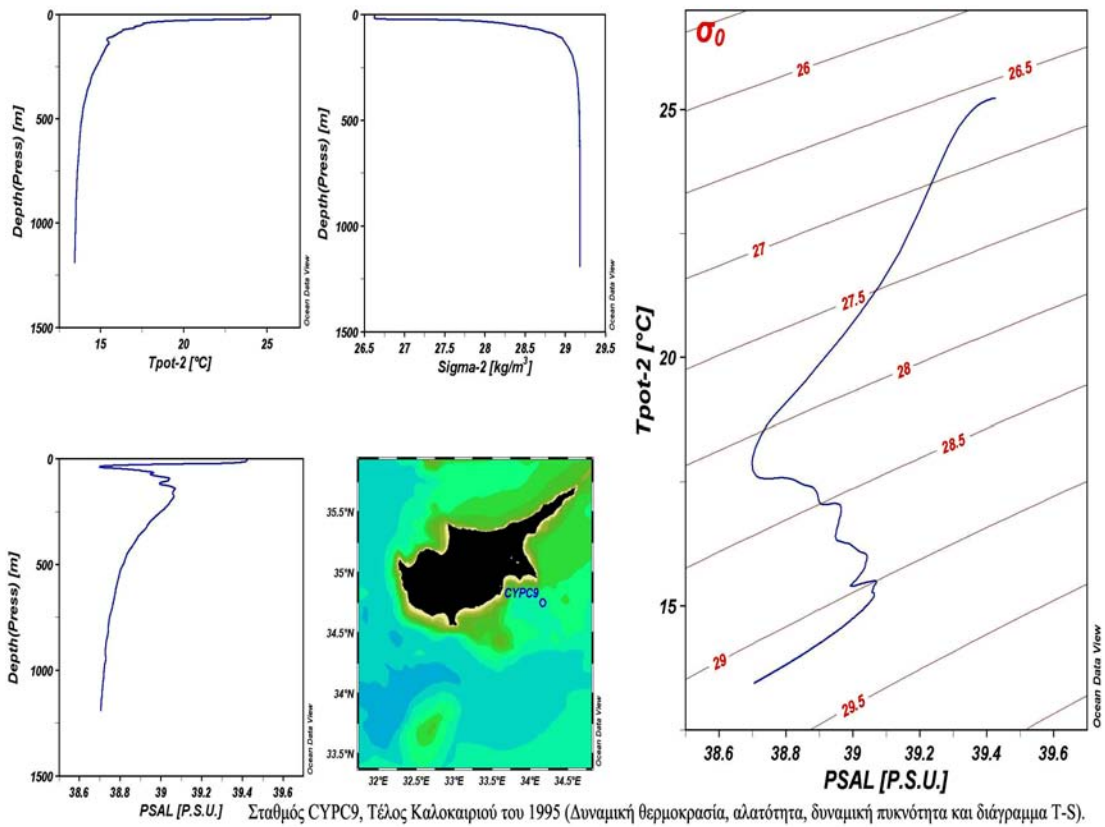
PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYPB7, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).

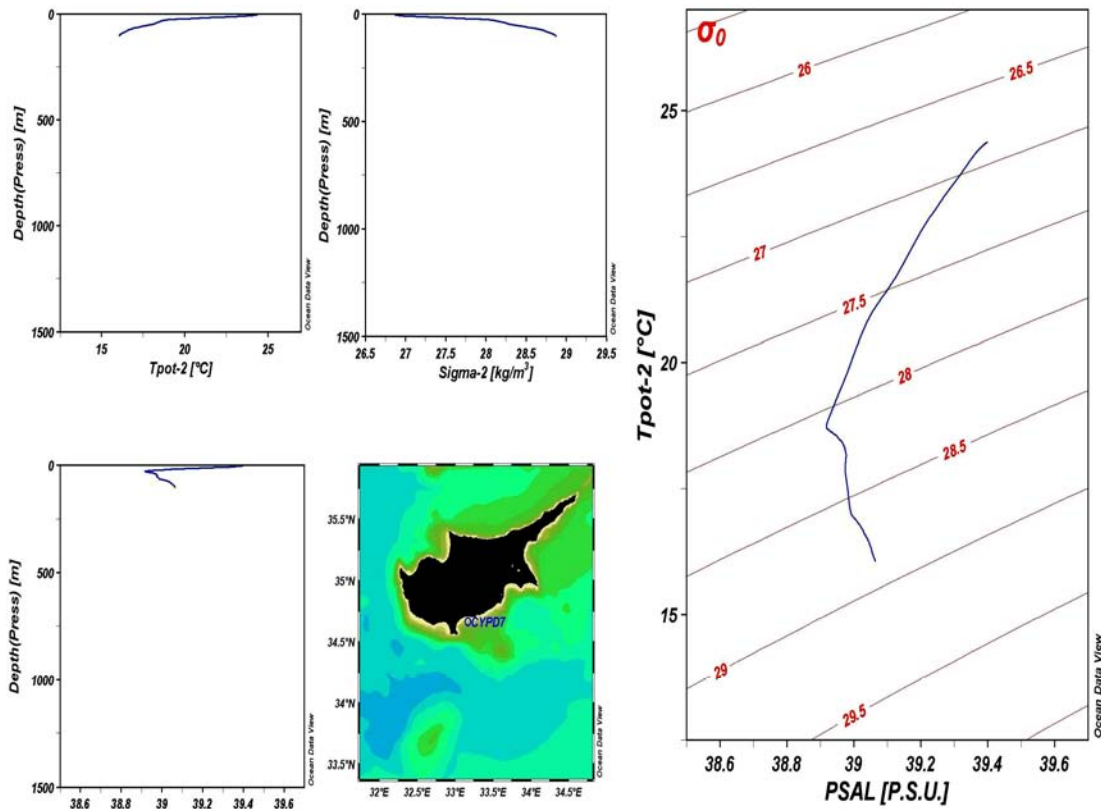




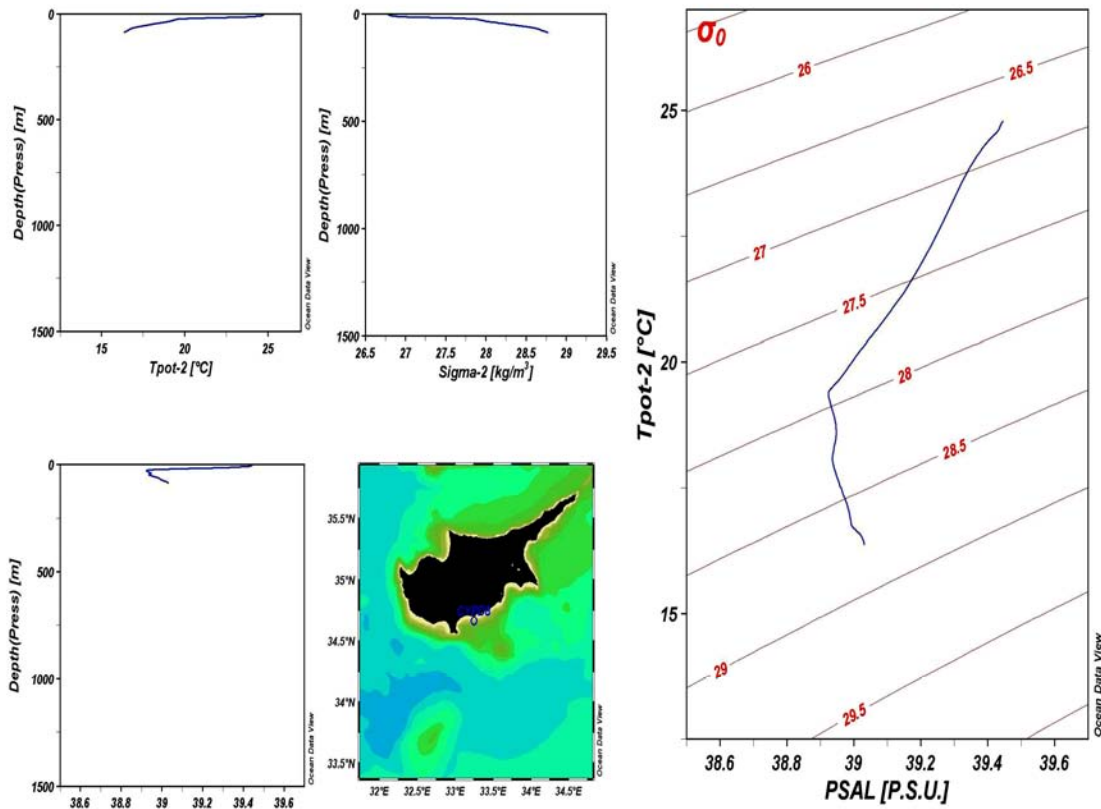




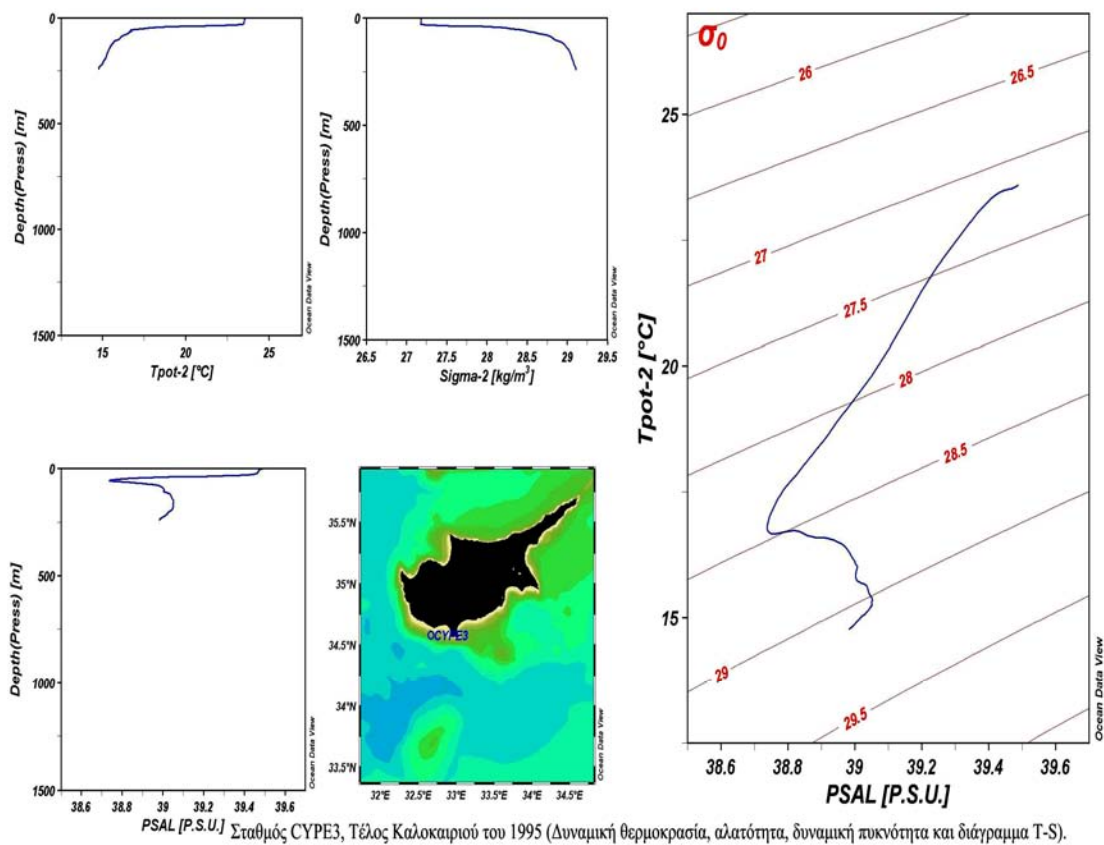
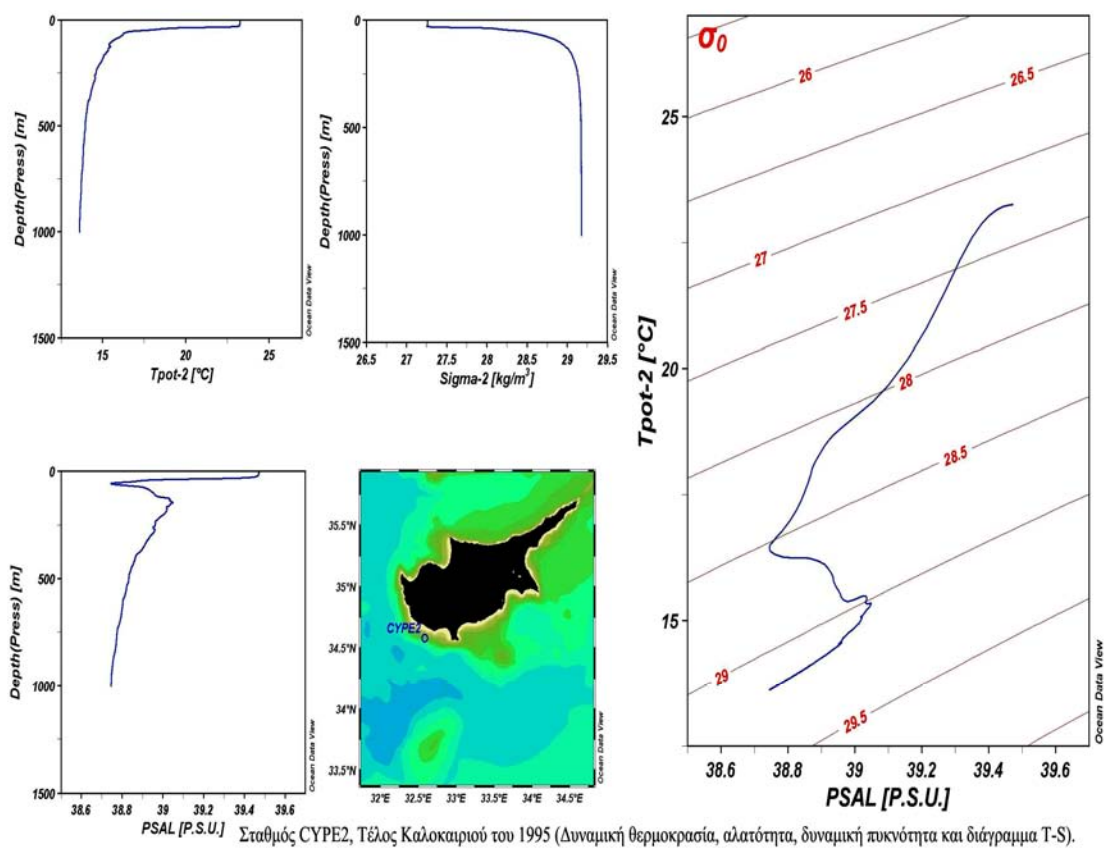


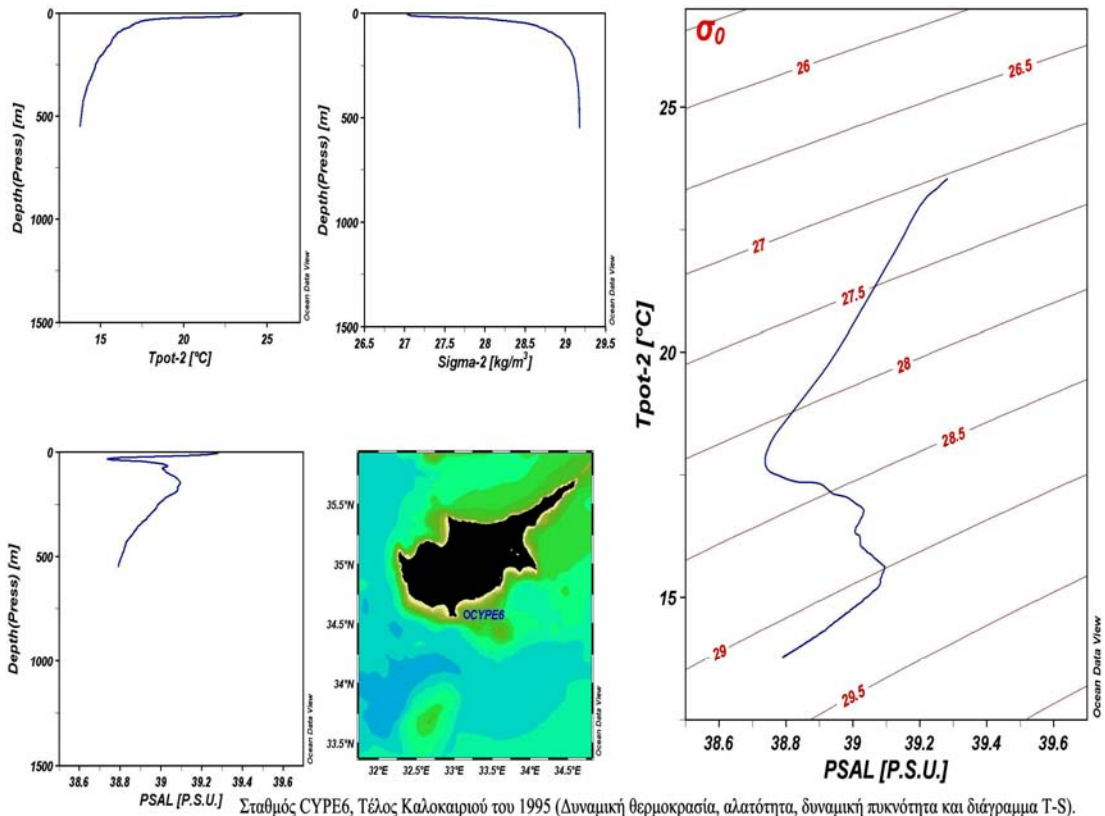


PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYPD7, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).

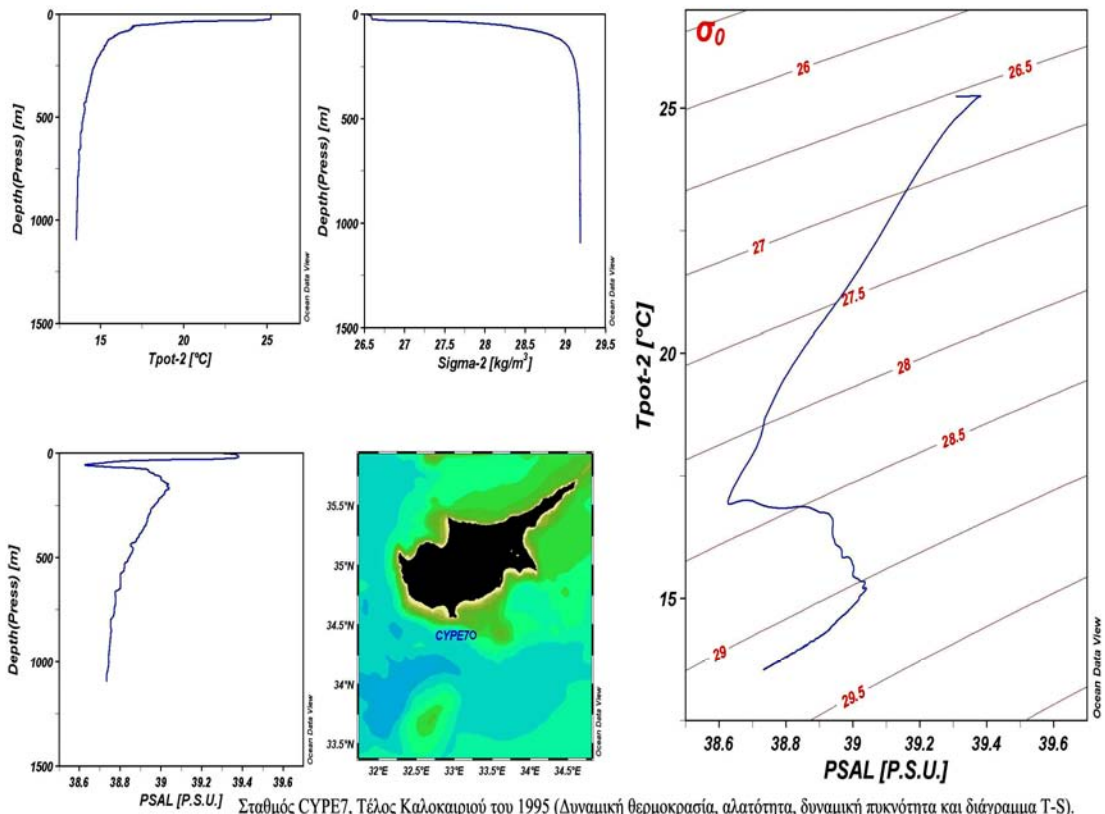


PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYPD8, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).

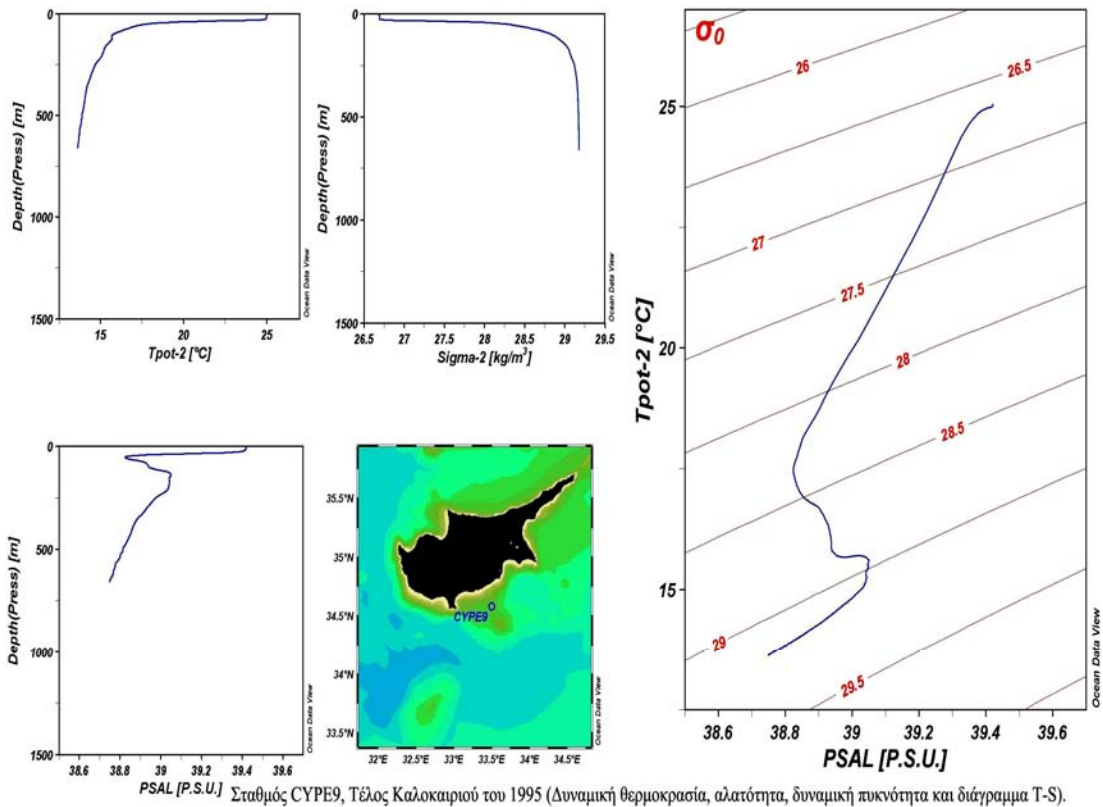
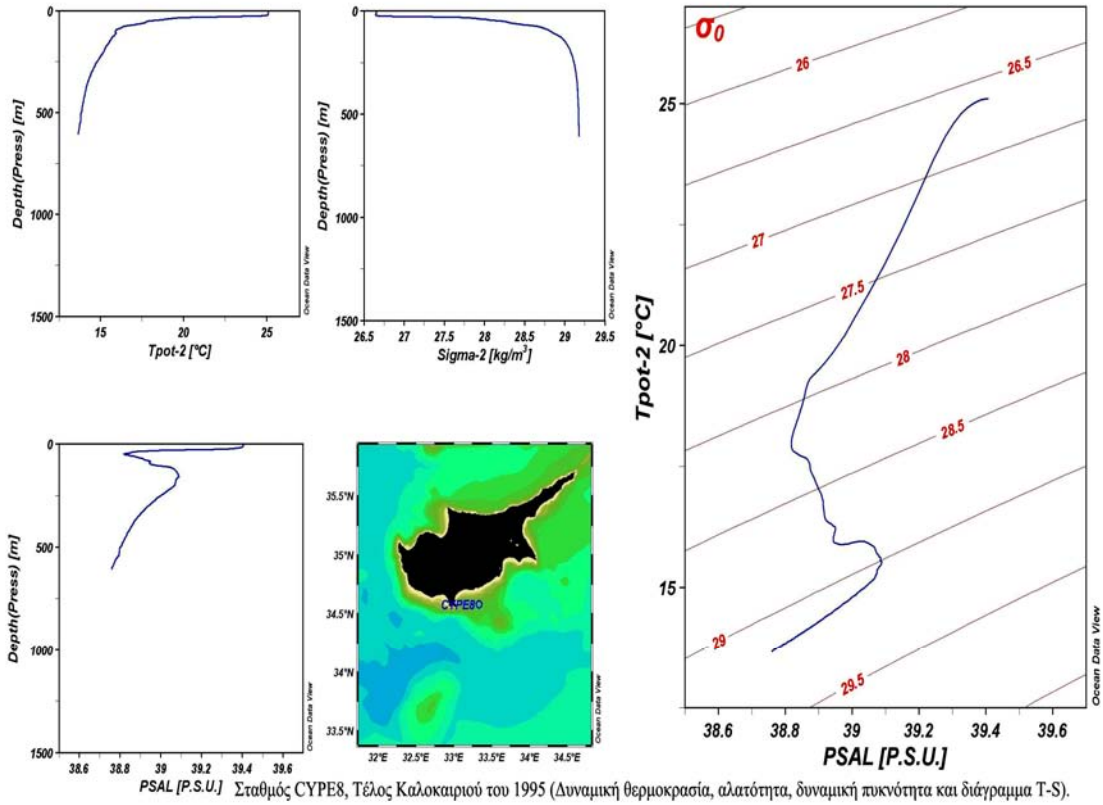


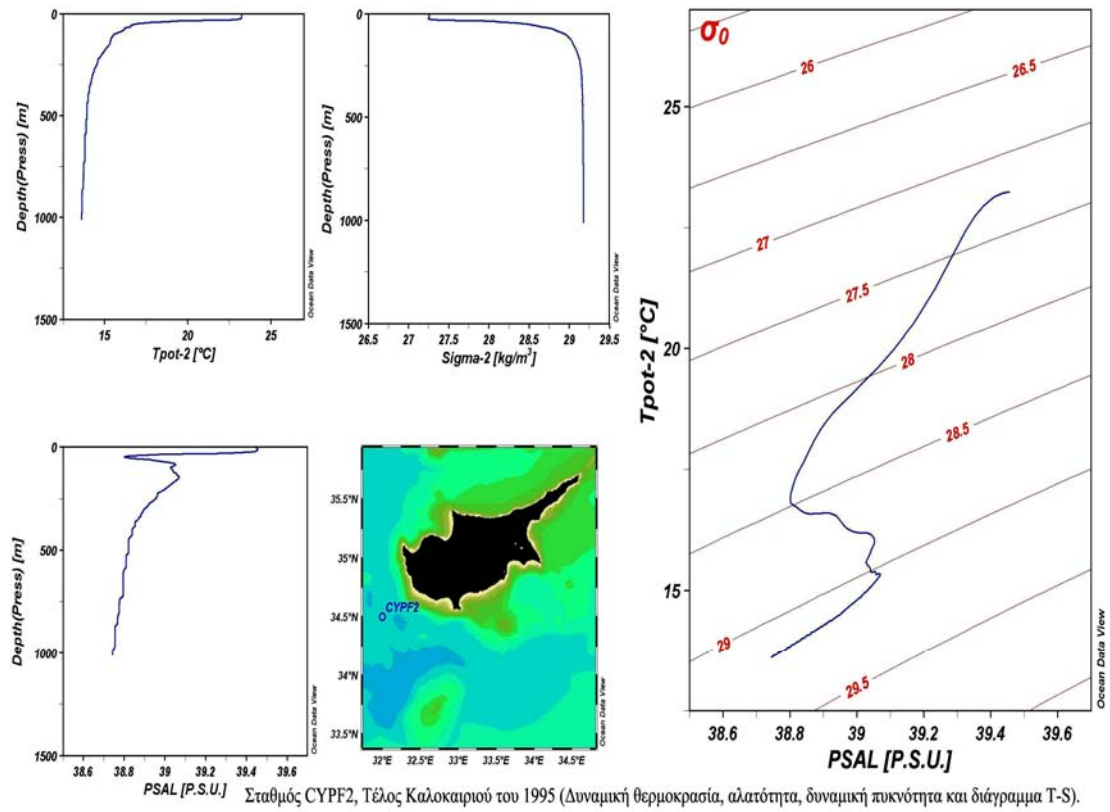


Σταθμός CYPE6, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).

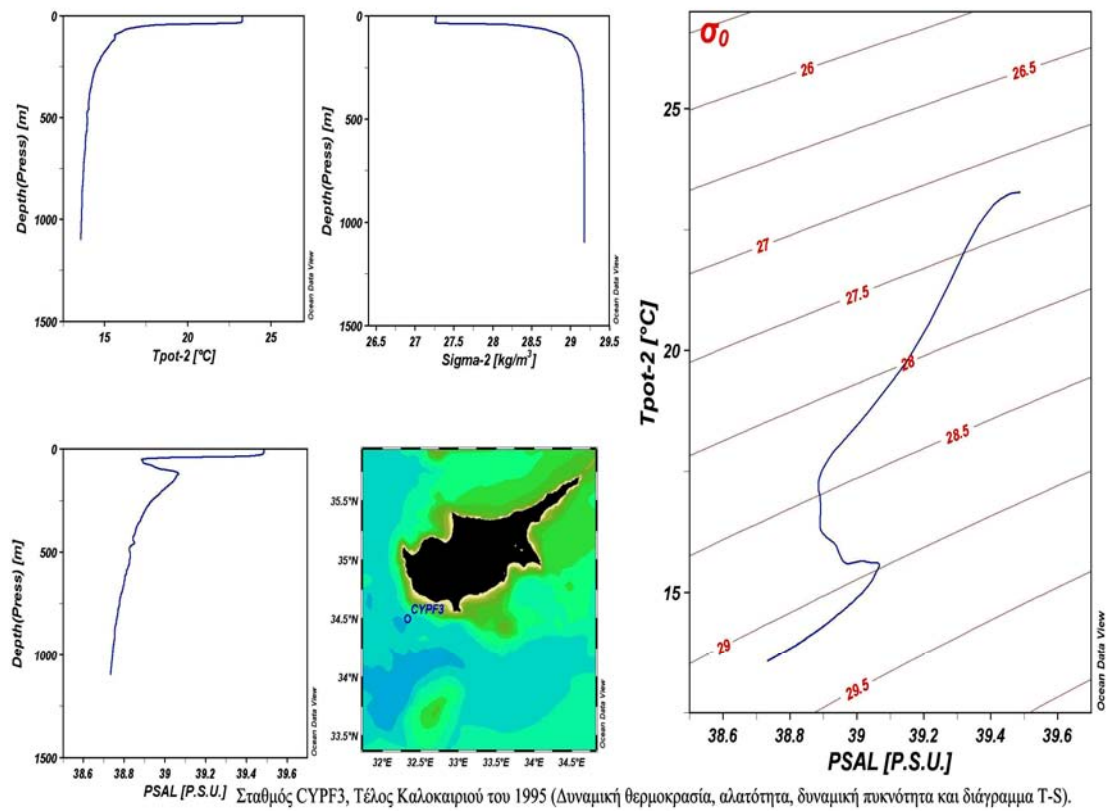


Σταθμός CYPE7, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).

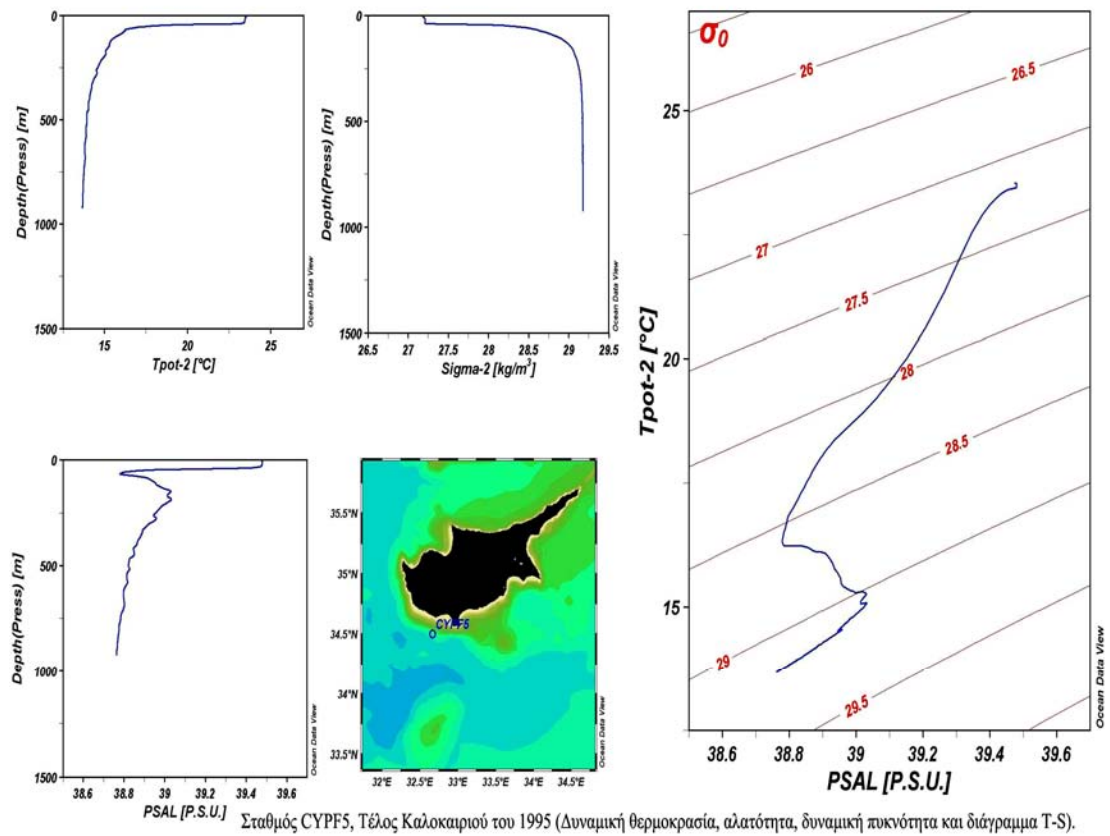
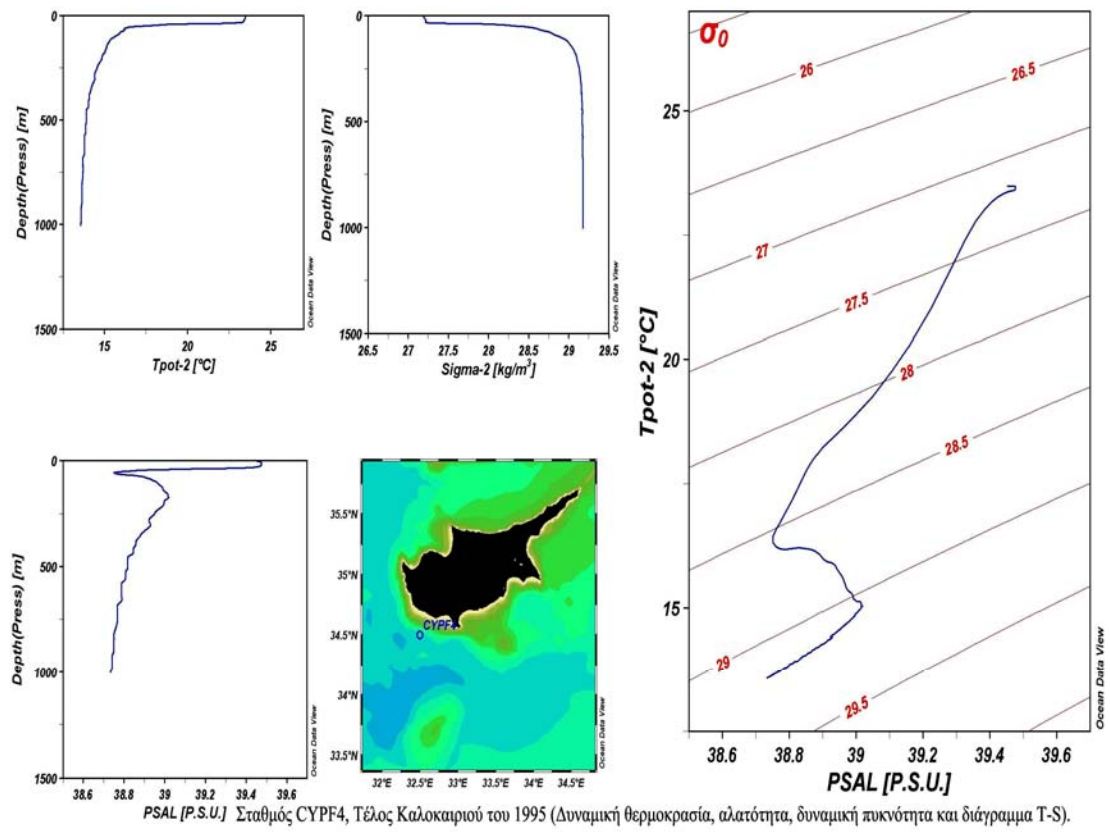


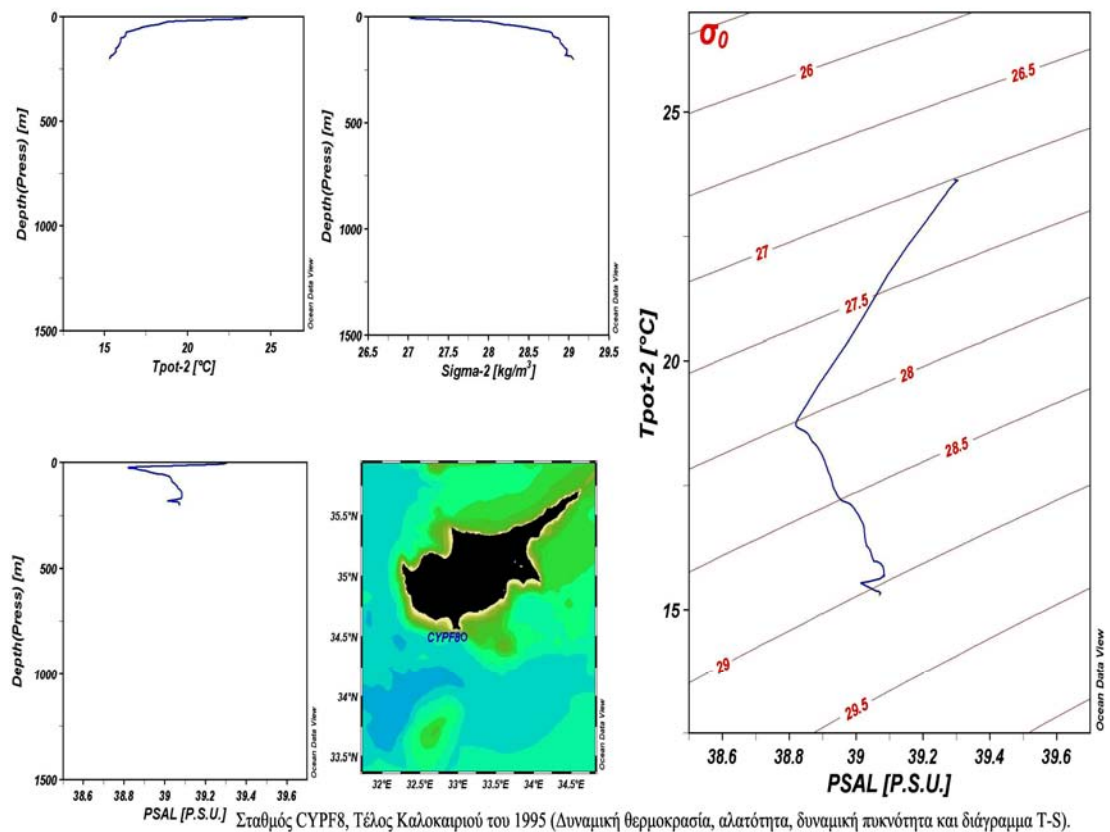
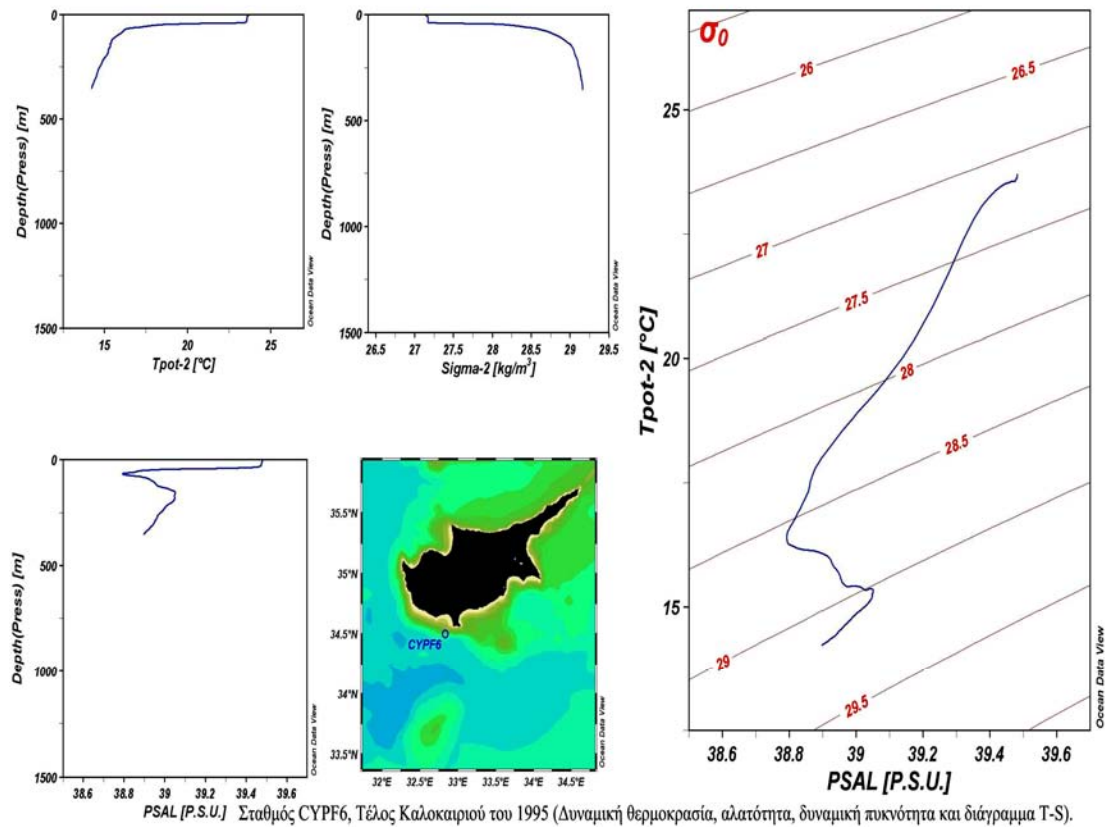


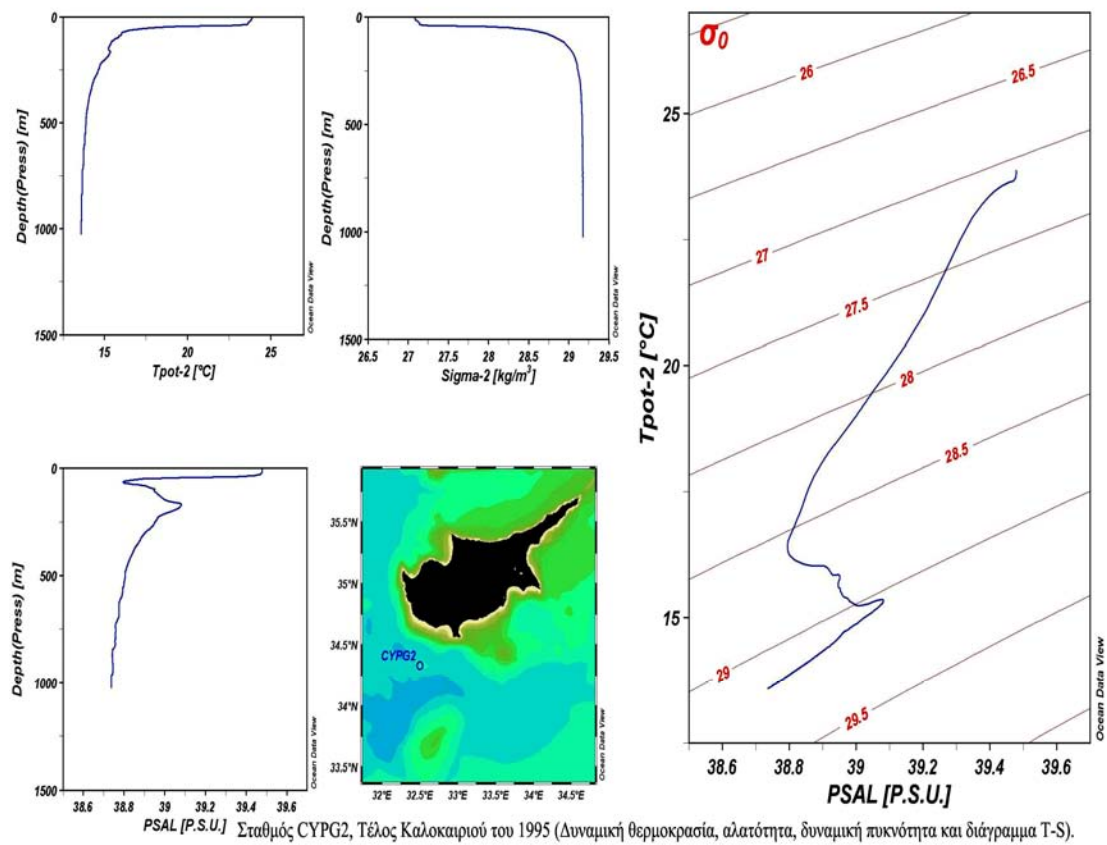
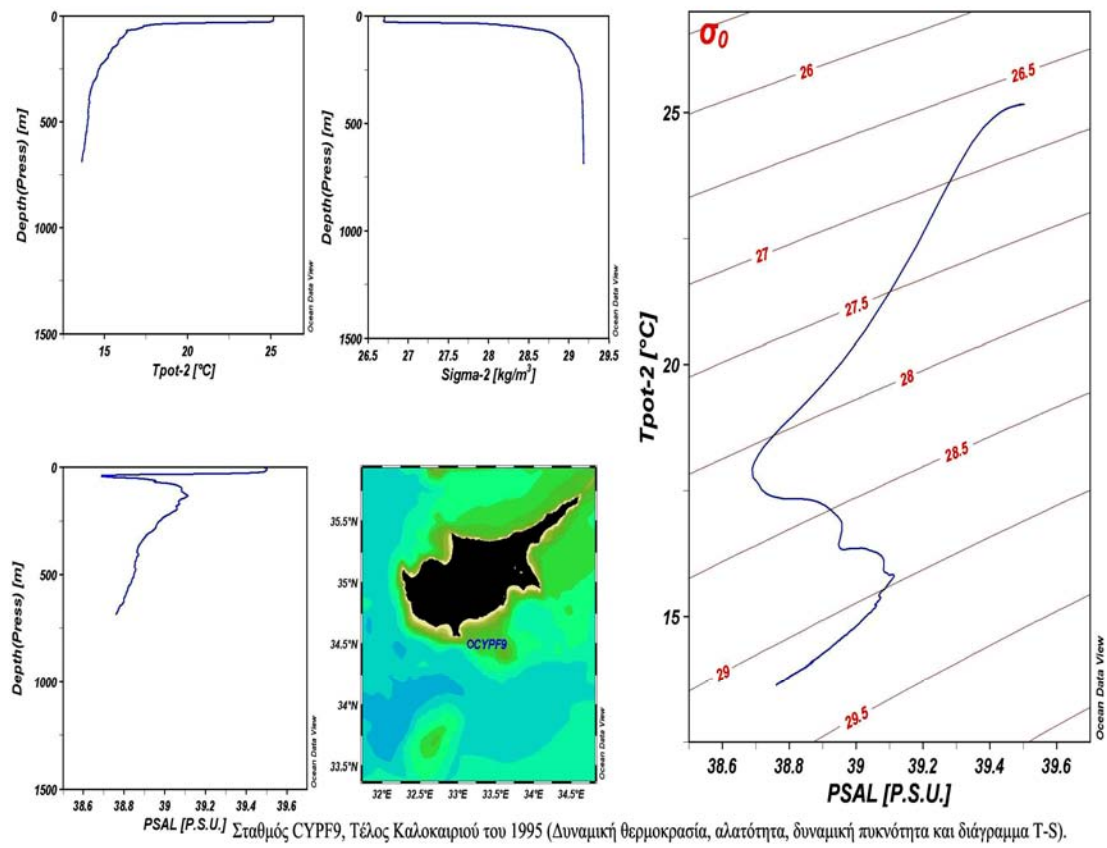
Σταθμός CYPF2, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).

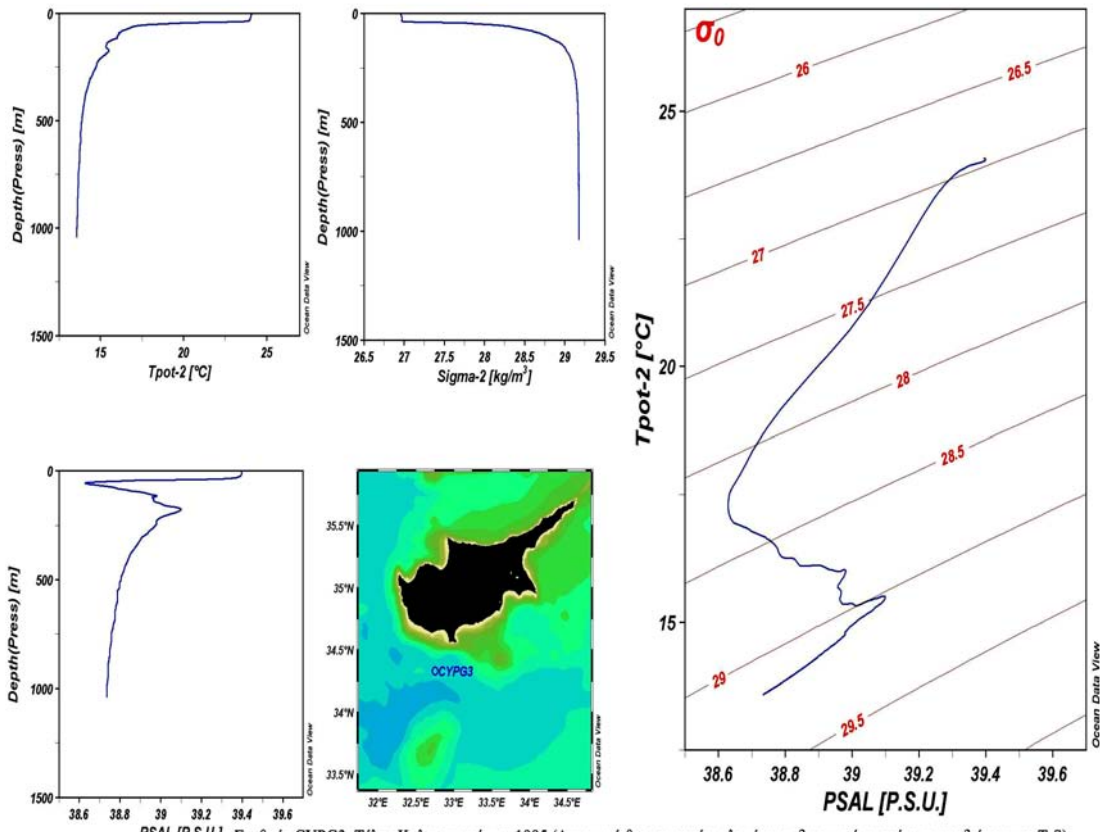


Σταθμός CYPF3, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).

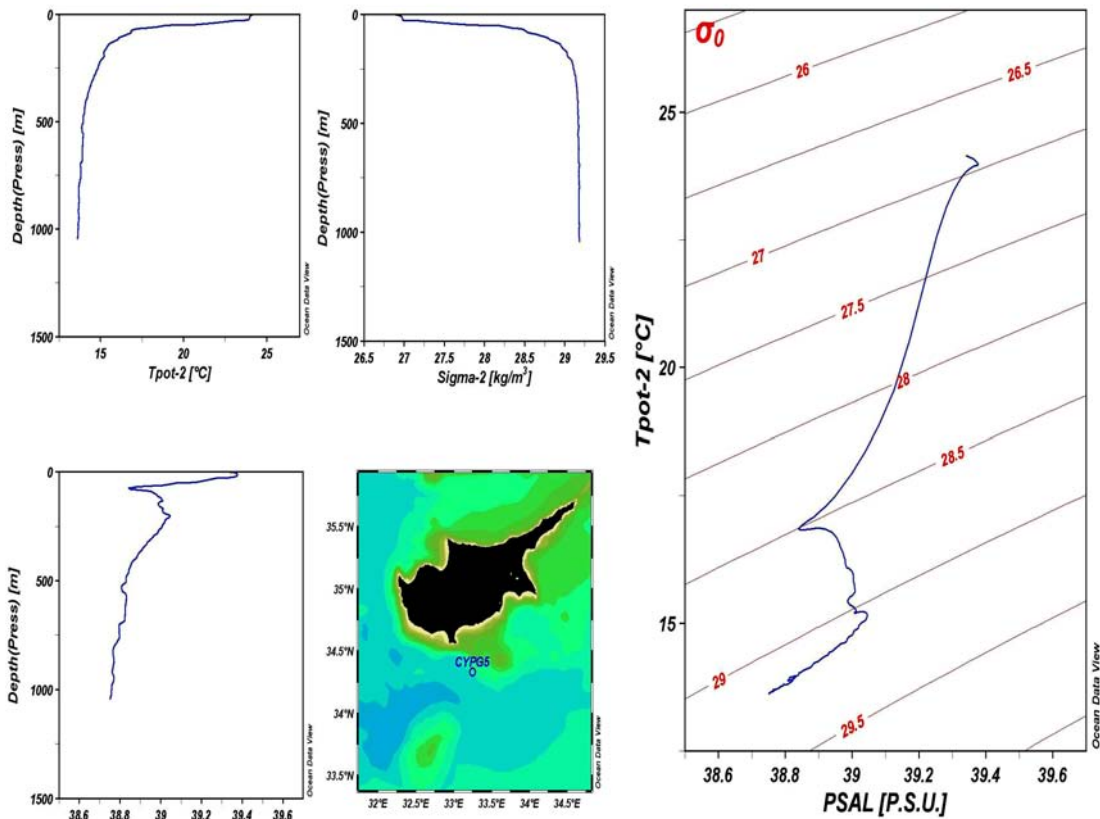




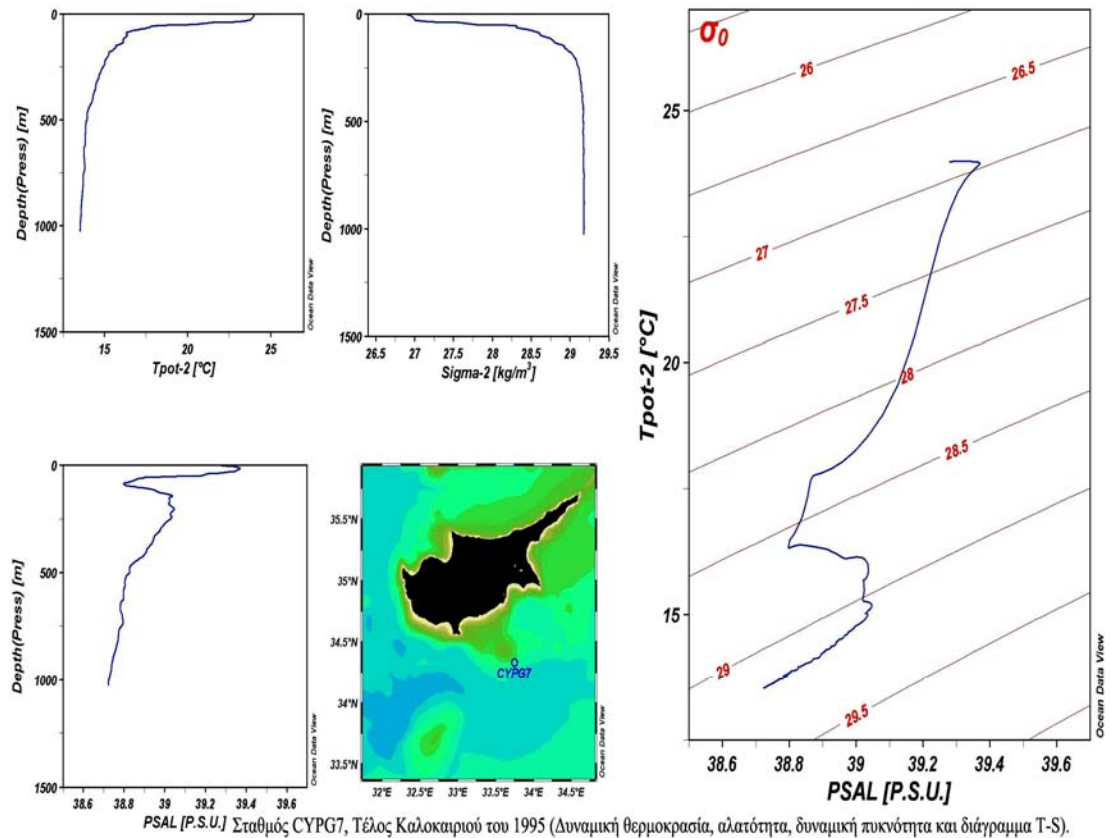
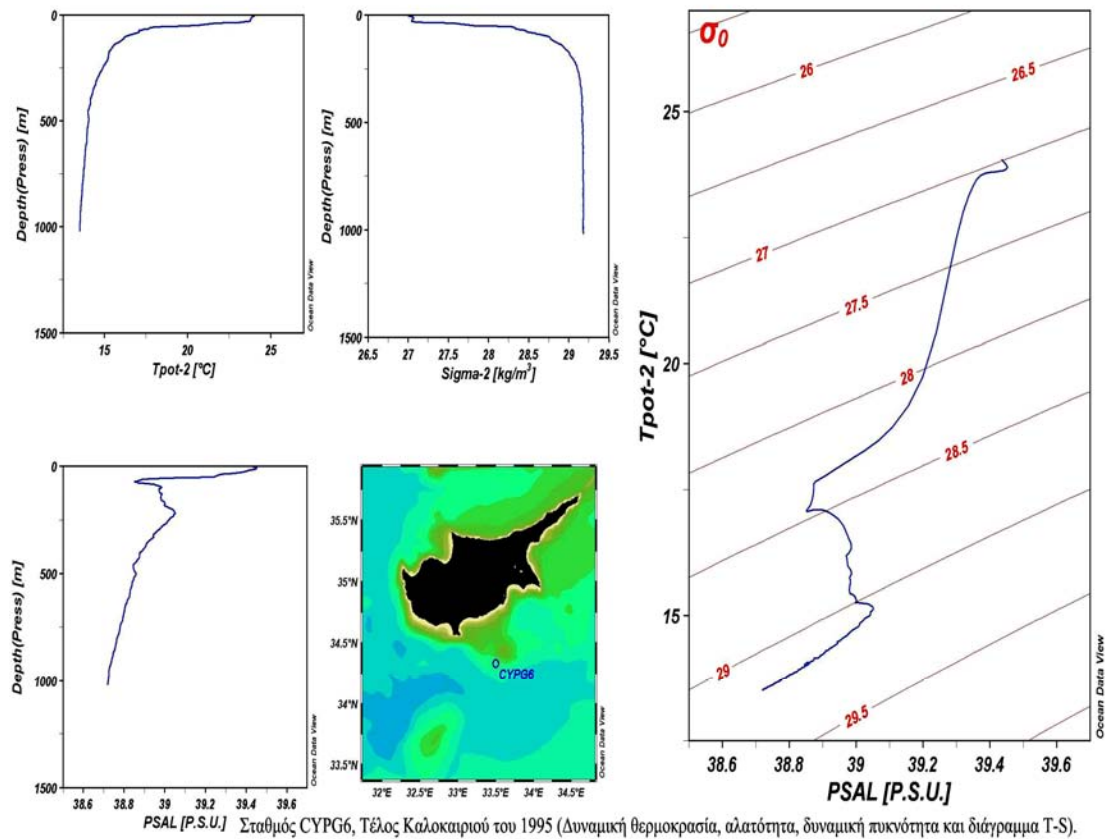


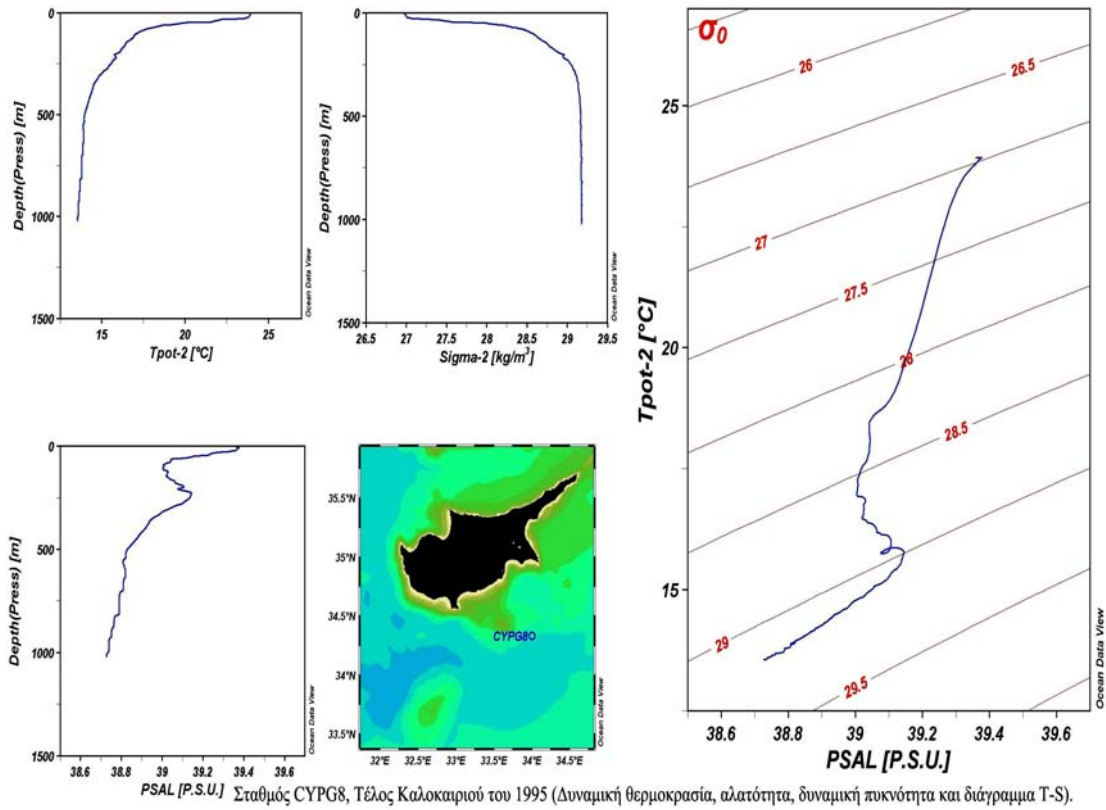


PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYPG3, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).



PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYPG5, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).





PSAL [P.S.U.] Σταθμός CYPG80, Τέλος Καλοκαιριού του 1995 (Δυναμική θερμοκρασία, αλατότητα, δυναμική πυκνότητα και διάγραμμα T-S).