

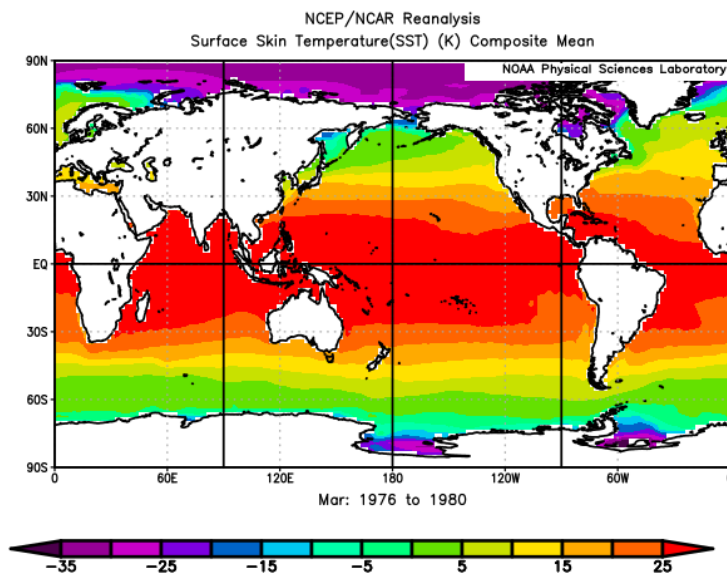
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ Χ. ΚΟΡΔΕΛΙΔΗΣ

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΗΣ
ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2021





ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ Χ. ΚΟΡΔΕΛΙΔΗΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5587

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας

Επιβλέπων

Χριστίνα Γ. Αναγνωστοπούλου



© Στυλιανός Χ. Κορδελίδης, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ – *Διπλωματική Εργασία*

© Stylianos C. Kordelidis, School of Geology, Dept. of Meteorology and Climatology, 2021

All rights reserved.

CLIMATE ANALYSIS OF SEA TEMPERATURE FOR THE WINTER SEASON – *Bachelor Thesis*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



Στον Γιάννη Στυλιάδη για τα καλύτερα φοιτητικά χρόνια...



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1 Αλλαγές στην θερμοκρασία των ωκεανών και στην περιεκτικότητα τους σε θερμότητα	10
1.2 Ορισμός του SST (Sea Surface Temperature)	12
1.3 Χαρακτηριστικά διαφορετικών μεθόδων εκτίμησης SST	14
1.4 Επιπτώσεις της θέρμανσης των ωκεανών	16
1.5 Αλλαγές στην Ωκεάνια Κυκλοφορία	18
1.6 Αλλαγές στην στάθμη της θάλασσας	20
1.7 Στόχος της εργασίας	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	25
2.1 Ανάλυση πενταετίας 1961-1965	25
2.2 Ανάλυση πενταετίας 1966-1970	28
2.3 Ανάλυση πενταετίας 1971-1975	31
2.4 Ανάλυση πενταετίας 1976-1980	34
2.5 Ανάλυση πενταετίας 1981-1985	37
2.6 Ανάλυση πενταετίας 1986-1990	40
2.7 Ανάλυση πενταετίας 1991-1995	43
2.8 Ανάλυση πενταετίας 1995-2000	46
2.9 Ανάλυση πενταετίας 2001-2005	49
2.10 Ανάλυση πενταετίας 2006-2010	52
2.11 Ανάλυση πενταετίας 2011-2015	55
2.12 Ανάλυση πενταετίας 2016-2020	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ HOFMOLLERS	61
3.1 Ανάλυση εικοσαετίας 1961-1980, Ατλαντικός Ωκεανός	61
3.2 Ανάλυση εικοσαετίας 1961-1980, Ειρηνικός Ωκεανός	63
3.3 Ανάλυση εικοσαετίας 1981-2000, Ατλαντικός Ωκεανός	64
3.4 Ανάλυση εικοσαετίας 1981-2000, Ειρηνικός Ωκεανός	65
3.5 Ανάλυση εικοσαετίας 2001-2020, Ατλαντικός Ωκεανός	66
3.6 Ανάλυση εικοσαετίας 2001-2020, Ειρηνικός Ωκεανός	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	69
4.1 Θερμοκρασιακό εύρος, χαμηλότερες και υψηλότερες θερμοκρασίες	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	71



ΠΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Η συγκεκριμένη διπλωματική διατριβή έχει ως σκοπό την ανάλυση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας παγκοσμίως για την χειμερινή περίοδο (Νοέμβριος, Ιανουάριος και Μάρτιος), για την χρονική περίοδο 1960 – 2020, χωρισμένη σε πενταετίες. Τα δεδομένα για την ανάλυση εμφανίζονται σε μορφή δύο ειδών χαρτών θερμοκρασίας. Στον πρώτο χάρτη φαίνεται η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας για μια συγκεκριμένη περίοδο, ενώ στον δεύτερο χάρτη φαίνονται οι ανωμαλίες της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας για την ίδια περίοδο. Τέλος, στο δεύτερο μέρος της ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν Hovmöllers (χρονοδιαγράμματα) για την πιο ειδική εξέταση του Ειρηνικού και Ατλαντικού ωκεανού όσο αφορά την αύξηση και την πτώση της θερμοκρασία της επιφάνειάς της θάλασσας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Δρ. Αναγνωστοπούλου Χριστίνα, καθηγήτρια του τμήματος και επιβλέπων αυτής της διπλωματικής εργασίας, για την βοήθεια που μου προσέφερε ώστε να εξελιχθώ στον τομέα της κλιματολογίας όλα αυτά τα χρόνια φοίτησης μου και με την διδασκαλία της με έκανε να αγαπήσω την συγκεκριμένη επιστήμη. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω όλους τους φίλους συμφοιτητές μου, που με βοήθησαν να επιτύχω τους στόχους μου και διέσχισαν μαζί μου το μονοπάτι της φοιτητικής μου ζωής. Το μεγαλύτερο ευχαριστώ όμως θα ήθελα να το αφιερώσω στους γονείς μου οι οποίοι με στήριξαν και με στηρίζουν ακόμα σε κάθε μου βήμα και είναι δίπλα μου σε κάθε επιτυχία αλλά και αποτυχία της ζωής μου.



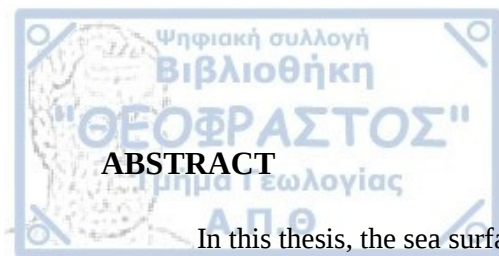
Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύεται η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας παγκοσμίως, για την χειμερινή περίοδο, και για χρονική περίοδο 60 ετών (1960 – 2020).

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί ένα εισαγωγικό σημείωμα στο οποίο εξηγούνται σημαντικές ερμηνείες και ορισμοί, οι οποίοι είναι απαραίτητοι για την ευκολότερη και καλύτερη κατανόηση της εργασίας. Επίσης, δίνονται πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά διαφορετικών μεθόδων εκτίμησης της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας και αποτελέσματα σχετικά με τις μετρήσεις σε μορφή γραφημάτων και σχημάτων.

Το δεύτερο κεφάλαιο αποτελεί την ανάλυση των αποτελεσμάτων, η οποία επιτυγχάνεται με την χρήση χαρτών θερμοκρασίας (γραφήματα) οι οποίοι δημιουργήθηκαν από την βάση δεδομένων: <https://psl.noaa.gov/cgi-bin/data/getpage.pl>, εφαρμόζοντας συγκεκριμένες παραμέτρους για κάθε πενταετία από το 1960 έως το 2020 για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο (χειμερινή περίοδος). Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται όλες οι μέσες θερμοκρασίες και οι ανωμαλίες τους σε παγκόσμια έκταση, και επισημαίνονται οι ακραίες τιμές θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας για διαφορετικά γεωγραφικά μήκη και πλάτη. Επιπλέον στην αρχή κάθε πενταετίας και μήνα δίνεται μια συνολική εικόνα των ακραίων τιμών της θερμοκρασίας της θάλασσας σε όλη την έκταση του χάρτη.

Το τρίτο κεφάλαιο αποτελεί το δεύτερο μέρος της ανάλυσης, αυτή τη φορά όμως με την χρήση Hovmöllers (χρονοδιαγραμμάτων). Τα συγκεκριμένα γραφήματα χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των θερμοκρασιακών ανωμαλιών της επιφάνειας της θάλασσας σε ετήσια βάση και για συγκεκριμένο γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Η ανάλυση με Hovmöllers, έγινε ανά εικοσαετία για την ίδια χρονική περίοδο (1960-2020) και περιγράφει την ετήσια θερμοκρασία της θάλασσας του Ειρηνικού Ωκεανού (180° γ.μ.) και του Ατλαντικού Ωκεανού (30°Δ γ.μ.) για την χειμερινή περίοδο.

Τέλος, στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της ανάλυσης των αποτελεσμάτων και γίνεται μια συζήτηση για τις ακραίες τιμές των ανωμαλιών θερμοκρασίας.



ABSTRACT

In this thesis, the sea surface temperature of the global sea, for the winter season and for a 60-year period (1960 - 2020), is analyzed.

The first chapter is an introduction, where important definitions and meanings are explained, which are necessary for the easier and better understanding of the thesis. Moreover, information is given about the characteristics of different sea surface temperature estimation methods and results regarding the measurements, in graphic form.

The second chapter is the analysis of the results, which is achieved with the use of temperature maps (graphics) which were plotted from the data basis: <https://psl.noaa.gov/cgi-bin/data/getpage.pl> implementing certain parameters for every five years, from 1960 to 2020, for the months November, January and March (winter season). In this chapter are being analyzed all the mean temperatures and their anomalies in a global extent and are being pointed out all the extreme values of the sea surface temperature for different longitudes and latitudes. Furthermore, at the beginning of every five-year period and month a general assessment for all the extreme values of the sea temperature is given for the whole extent of the map.

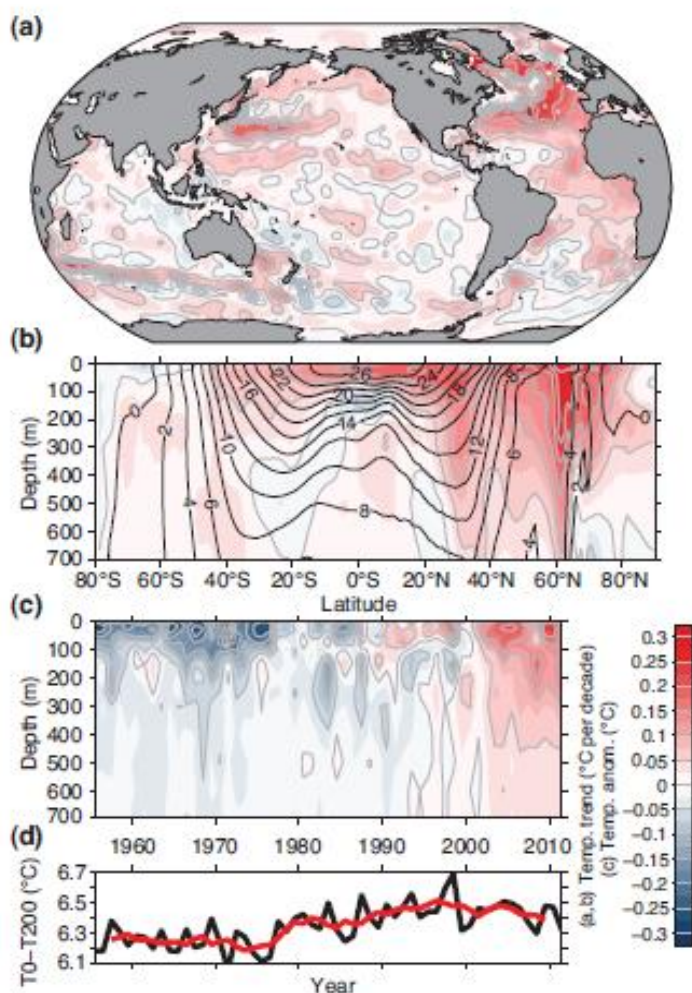
The third chapter is the second phase of the analysis, however this time with the use of Hovmollers (time-section plots). These graphs are being used for the analysis of the sea surface temperature in an annual basis and for specific longitude and latitude. The Hovmollers were analyzed for every 20-year period for the same time period (1960-2020), and it is displaying the annual sea surface temperature of the Pacific Ocean (180° long.) and Atlantic Ocean (30°W long.) for the winter period.

Finally, in the fourth and last chapter are presented the conclusions of the analysis of the results and there is a discussion for the extreme values of the temperature of the anomalies.

1.1. Αλλαγές στην θερμοκρασία των ωκεανών και στην περιεκτικότητά τους σε θερμότητα.

Η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας είναι μια μεταβλητή η οποία έχει μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό. Με το πέρασμα του χρόνου, έχουν χρησιμοποιηθεί πολλά όργανα για την μέτρηση της θερμοκρασίας της θάλασσας σε διαφορετικά βάθη δειγματοληψίας, αλλά και με διαφορετική ακρίβεια. Τόσο ο συνδυασμός οργάνων, όσο και ο τρόπος δειγματοληψίας έχουν αλλάξει στον χώρο και στον χρόνο (Boyer et al., 2009), δυσκολεύοντας έτσι τις προσπάθειες για τον προσδιορισμό και την ερμηνεία της μακροπρόθεσμης μεταβολής. Η θερμοκρασία της επιφάνειας του άνω ωκεανού διαφοροποιείται στις διάφορες χρονικές κλίμακες: εποχιακή (Roemmich and Gilson, 2009), ετήσια (Roemmich and Gilson, 2011), δεκαετίας (Carson and Harrison, 2010), εκατονταετίας (Gouretski et al., 2012; Roemmich et al., 2012). Η πιο αντιπροσωπευτική περίοδος μελέτης της θερμοκρασίας επιφάνειας, του ανώτερου ωκεανού, ξεκινά από το 1970 (Domingues et al., 2008; Lyman and Johnson, 2008; Palmer and Brohan, 2011).

Η παγκόσμια θερμοκρασία της επιφάνειας του ωκεανού σε μέσο βάθος 0 με 700 m, για την χρονική περίοδο από το 1971 έως το 2010, είναι μεγαλύτερη από τους 0°C (Levitus et al., 2009; Σχήμα 1.1a). Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι πιο εμφανείς στο βόρειο ημισφαίριο, ειδικότερα στον Βόρειο Ατλαντικό. Αυτό το αποτέλεσμα προκύπτει από διάφορες μελέτες, χρησιμοποιώντας διαφορετικές χρονικές περιόδους, με ή χωρίς διορθώσεις σφαλμάτων και διαφορετικές πηγές δεδομένων (Palmer et al., 2007; Durack and Wijffels, 2010; Gleckler et al., 2012; Σχήμα 1.1). Η μέση τάση της θερμοκρασίας της επιφάνειας του ωκεανού δείχνει θέρμανση σχεδόν σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη και βάθη (Levitus et al., 2009, Σχήμα 1.1b). Στο σχήμα 1.1c παρουσιάζονται οι ανωμαλίες της θερμοκρασίας της επιφάνειας των ωκεανών σε συνάρτηση με το βάθος και τον χρόνο σε σχέση με τον μέσο όρο της περιόδου 1971 έως το 2010. Από το σχήμα προκύπτει θέρμανση σε όλο το βάθος της επιφάνειας του ωκεανού από το 2000 και μετά, η θέρμανση των επιφανειακών υδάτων (0-100m) είναι πολύ έντονη.

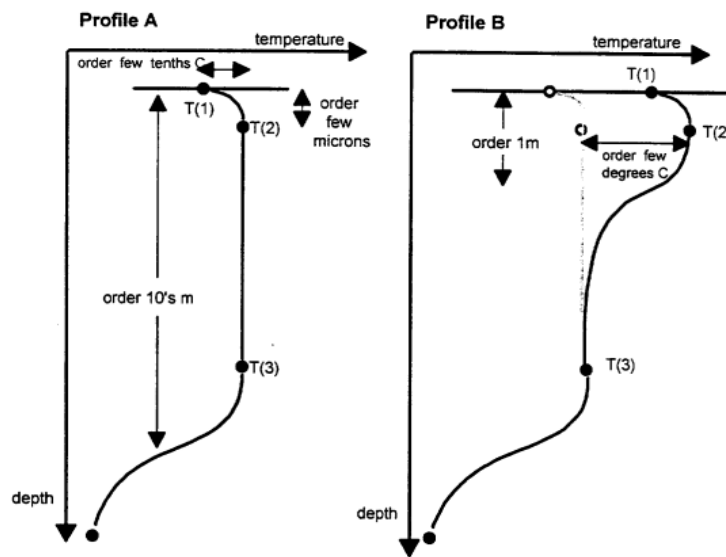


Σχήμα 1.1. (α) Τάση θερμοκρασίας σε μέσο βάθος 0 με 700 m για την περίοδο 1971 – 2010 (γεωγραφικό μήκος ανά γεωγραφικό πλάτος, χρώματα και γκρι περιγράμματα σε βαθμούς Κελσίου ανά δεκαετία). (β) Τμηματικά μέσος όρος τάσεων θερμοκρασίας (γεωγραφικό πλάτος ανά βάθος, χρώματα και γκρι περιγράμματα σε βαθμούς Κελσίου ανά δεκαετία) για την περίοδο 1971 – 2010 με γραφική αναπαράσταση της μέσης θερμοκρασίας ανά τμήματα (μαύρες ισοϋψείς σε βαθμούς Κελσίου). (γ) Παγκόσμια μέση θερμοκρασία ανωμαλιών (χρόνος ανά βάθος, χρώματα και γκρι περιγράμματα σε βαθμούς Κελσίου) σε σχέση με τον μέσο όρο της περιόδου 1971 – 2010. (δ) Παγκόσμια μέση διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας του ωκεανού και του 200 m βάθους (μαύρο: ετήσιες τιμές, κόκκινο: μέσος όρος 5 ετών). Όλα τα πάνελ κατασκευάζονται από την ενημέρωση των ετήσιων αναλύσεων του Levitus et al. (2009).

1.2. Ορισμός του SST (Sea Surface Temperature)

Η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας ή του Ωκεανού (Sea Surface Temperature=SST) είναι η θερμοκρασία του νερού που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του ωκεανού. Ειδικότερα, το εύρος της επιφανειακής υδάτινης ζώνης κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας ποικίλλει ανάλογα με τη μέθοδο θερμομέτρησης που χρησιμοποιείται, συνήθως είναι μεταξύ 1 χιλιοστού και 20 μέτρων.

Για την καλύτερη κατανόηση της παραμέτρου SST ας παρατηρήσουμε το παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 1.2 Σχηματικά προφίλ για (Α) μέτριους και ισχυρούς ανέμους κατά την διάρκεια της νύχτας και της ημέρας και (Β) συνθήκες ασθενούς ανέμου κατά τη διάρκεια της ημέρας.

- Το **προφίλ Α** απεικονίζει ένα πολύ λεπτό ψυχρό στρώμα νερού που καλύπτει ένα ισόθερμο στρώμα νερού, το οποίο μπορεί να φτάσει σε μεγάλο βάθος. Το προφίλ Α είναι ένα τυπικό παράδειγμα SST όταν επικρατούν ισχυροί άνεμοι στη διάρκεια της ημέρας ή κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Το **προφίλ Β** απεικονίζει ένα θερμό στρώμα νερού που έχει σχηματιστεί κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας για ημέρες με ανέμους μικρότερους από 3 m/s.

Στο Σχήμα 1.2 όπου:

- **T1** είναι η θερμοκρασία από το λεπτό στρώμα της επιφάνειας. Αυτή είναι η θερμοκρασία που ελέγχει φυσικά τις ροές της επιφάνειας. Φυσιολογικά, το επιφανειακό αυτό στρώμα

είναι ψυχρότερο από το νερό ακριβώς κάτω από αυτό, ωστόσο υπάρχει περιπτώσεις (προσθήκη ζεστού νερού, υγρός αέρας πάνω από ψυχρότερη θάλασσα παράγει χαμηλά σύννεφα ή ομίχλη) όπου το επιφανειακό στρώμα είναι θερμότερο.

- **T2** είναι η θερμοκρασία ακριβώς κάτω από το επιφανειακό στρώμα. Για το **προφίλ Α** είναι καλά καθορισμένο, ενώ για το **προφίλ Β**, κάθετες κλίσεις στο κοντινό επιφανειακό στρώμα μπορεί να εμποδίσουν την ακριβή μέτρηση της.
- **T3** είναι η θερμοκρασία του μικτού στρώματος.

Οι διαφορετικές θερμοκρασίες σχετίζονται με διαφορετικούς όγκους νερού και κατά συνέπεια ποικίλλουν σε διαφορετικές τυπικές χρονικές κλίμακες (Πίνακας 1.2.).

Πίνακας 1.2. Τυπικές τιμές, συσχετισμένου πάχους στρώματος και κλίμακες χρονικής διακύμανσης για τις διαφορετικές τιμές SST που ορίζονται στο Σχήμα 1.2. Υπάρχει ενδεχόμενο σημαντικών παρακλίσεων από τις τυπικές τιμές. Για παράδειγμα, έχουν αναφερθεί τιμές για $T(2) - T(1)$ από 1°C έως 0.5°C .

Quantity	Layer thickness	Time variation
T(3)	Order 10's m	Days
T(2)	0 to a few m	Hours
T(1)	Microns	Minutes

Quantity	Value	
	Profile A	Profile B
$T(2)-T(3)$	≈ 0	up to a few $^{\circ}\text{C}$
$T(2) - T(1)$	$0.3^{\circ} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$	$0.3^{\circ} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$

1.3. Χαρακτηριστικά διαφορετικών μεθόδων εκτίμησης SST

Η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας μπορεί να μετρηθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Κάθε ένας από αυτούς έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Κάποιοι από αυτούς είναι:

a. Δεδομένα από δορυφόρους

Πλεονεκτήματα: Τα υπέρυθρα ραδιόμετρα που έχουν οι δορυφόροι παρέχουν την δυνατότητα μέτρησης SST πάνω από τον παγκόσμιο ωκεανό σε επαναλαμβανόμενη τακτική βάση. Παρέχουν εκτιμήσεις για την επιφανειακή θερμοκρασία T1 (Σχήμα 1.2), από την οποία εξαρτώνται οι ροές επιφάνειας.

Μειονεκτήματα: Σε πολλές εφαρμογές η μαζική θερμοκρασία T3 χρησιμοποιείται πιο συχνά από την επιφανειακή θερμοκρασία. Επιπλέον, πολλές φορές σημαντικές περιοχές του ωκεανού καλύπτονται από σύννεφα και η συλλογή δεδομένων πρέπει να γίνει από διαφορετικά περάσματα. Επίσης, οι ατμοσφαιρικοί υδρατμοί, τα αερολύματα και τα σύννεφα έχουν συχνά την τάση να επηρεάζουν συχνά τα δεδομένα.

Τέλος, οι μετρήσεις βασίζονται σε έναν μικρό αριθμό αισθητήρων με δυνατότητα αλλαγής των χαρακτηριστικών μεταξύ των δορυφόρων.

b. Δεδομένα από πλοία

Τα δεδομένα SST από πλοία, λαμβάνονται κυρίως από θερμομέτρα Engine Room Intake (ERI) ή (ίσως το 1/3 των σύγχρονων δεδομένων) από κουβάδες SST. Ένας μικρός αλλά αυξανόμενος αριθμός πλοίων χρησιμοποιεί αισθητήρες επαφής με το κύτος οι οποίοι, εάν βαθμονομηθούν προσεκτικά, δίνουν τα πιο ακριβή δεδομένα SST (Kent et al., 1993; Emery et al., 1997). Μεμονωμένα πλοία που χρησιμοποιούσαν μετρήσεις ERI είχαν μέσες αποκλίσεις μεταξύ -0.5°C (πολύ κρύο) και +2.3°C (πολύ ζεστό). Οι μετρήσεις από κουβάδες SST, εμφάνιζαν αποκλίσεις μόνο κατά τη διάρκεια ηλιόλουστων συνθηκών κατά τη διάρκεια της ημέρας, με μέσες τιμές περίπου +0.3°C.

c. Δεδομένα από σηματοδότες

Οι πλωτές σηματοδότες (drifting buoys) είναι σημαντικές για την παροχή δεδομένων μακριά από τις γραμμές των πλοίων και επίσης για την παροχή των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την ρύθμιση της βαθμονόμησης των δορυφόρων. Ωστόσο, υπάρχει η ανησυχία ότι δεν διαθέτουμε επαρκή γνώση των ποικίλων χαρακτηριστικών για τις διάφορες



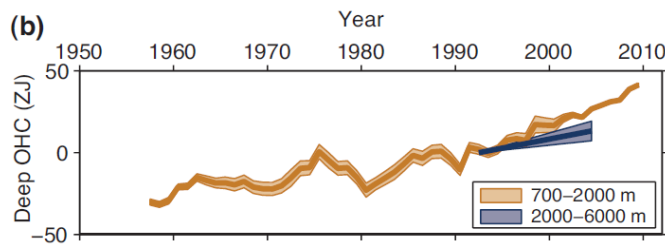
πλωτές σηματοδούρες σε σχέση με την μέτρηση SST. Ο τύπος κάθε πλωτής σηματοδούρας πρέπει να είναι γνωστός και οι λεπτομέρειες βαθμονόμησης πλήρως τεκμηριωμένες.

d. Συνδυασμός δορυφορικών και επί τόπου δεδομένων

Ιδανικά, πριν τον συνδυασμό των δεδομένων, τα δεδομένα για την επιρροή της επιφανειακής στρώσης θα πρέπει να έχουν διορθωθεί. Ωστόσο, για να γίνει αυτό και γενικότερα για τον συνδυασμό αυτών των δύο τύπων δεδομένων, απαιτείται μια πιο ακριβής φόρμουλα που να περιγράφει την σχέση μεταξύ του επιφανειακού και του μαζικού SST.

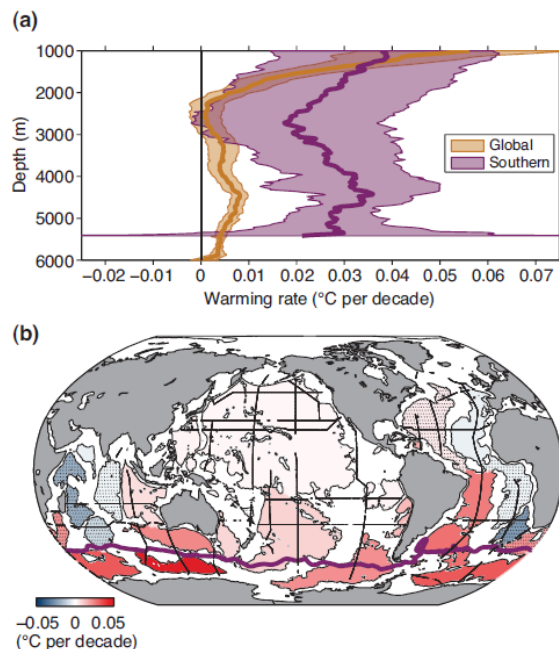
1.4. Επιπτώσεις της θέρμανσης των ωκεανών

Μια από τις σημαντικότερες επιπτώσεις της θέρμανσης των ωκεανών είναι η επίδραση στην έκταση του πάγου της θάλασσας. Στον Αρκτικό Ωκεανό, υπόγεια ρεύματα σχετικά θερμού νερού Ατλαντικής προέλευσης μπορούν να εντοπιστούν γύρω από την Ευρασία. Από την ανάλυση δεδομένων από το 1950 έως το 2010, φαίνεται ότι από τα τέλη της δεκαετίας του 1970 (Polyakov et al., 2012), υπάρχει μια τάση θέρμανσης λόγω αυτού του θερμού υπόγειου ρεύματος, καθώς και μία μείωση του βάθους κατά 75 με 90 m (Polyakov et al., 2010). Αρκτικά επιφανειακά ύδατα έχουν επίσης θερμανθεί, τουλάχιστον στην λεκάνη του Καναδά από το 1993 έως το 2007 (Jackson et al., 2010).



Σχήμα 1.3. Εκτιμήσεις βασισμένες σε πενταετείς τρέχουσες παρατηρήσεις μέσης παγκόσμιας περιεκτικότητας ενθαλπίας των ωκεανών μεσαίου βάθους (700 – 2000 m) σε ZJ (1 ZJ = 1021 Joules), (Levitus et al., 2012) και μέσης παγκόσμιας ενθαλπίας των βαθιών ωκεανών (2000 – 6000 m) την περίοδο 1992 έως 2005 (Puckey and Johnson, 2010), αμφότερα με σκιασμένη αβεβαιότητα τυπικού σφάλματος.

Η ύπαρξη δεδομένων σε βάθη μεγαλύτερα των 700 m είναι πολύ μικρή με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να υπάρξουν παγκόσμιες εκτιμήσεις για την θερμότητα των ωκεανών πριν από το 2005. Από το 2005 έως το 2010, και σε βάθος 0 με 1500 m οι von Schuckmann και Le Traon, 2011 έχουν αποδείξει ότι υπάρχει θέρμανση του παγκόσμιου ωκεανού. Η θέρμανση του ωκεανού μεταξύ 700 και 2000 m πιθανότατα συνέβαλε περίπου στο 30% της συνολικής αύξησης της παγκόσμιας ενθαλπίας των ωκεανών μεταξύ 1957 και 2009 (Σχήμα 1.3). Η απορρόφηση θερμότητας του ωκεανού από 700 έως 2000 m φαίνεται πιθανότατα αμείωτη από το 2003 (Σχήμα 1.3). Ως αποτέλεσμα, η ενθαλπία του ωκεανού από 0 έως 2000 m παρουσιάζει μικρότερο ρυθμό μείωσης μετά το 2003 από ότι η ενθαλπία μεταξύ 0 και 700 m.



Σχήμα 1.4. (a) Τοπικοί μέσοι ρυθμοί θέρμανσης (°C ανά δεκαετία) έναντι βάθους (παχιές γραμμές) με όρια εμπιστοσύνης 5 έως 95% (σκίαση), τόσο παγκόσμια (πορτοκαλί) όσο και νότια του Υπό-αρκτικού Μετώπου (μωβ), με επίκεντρο το 1992-2005. (b) Μέσος ρυθμός θέρμανσης (°C ανά δεκαετία) κάτω από 4000 m (χρωματιστή ράβδος) που εκτιμάται για τις λεκάνες των βαθιών ωκεανών (λεπτά μαύρα περιγράμματα), με επίκεντρο το 1992 – 2005. Οι ρυθμοί θέρμανσης των αποστειρωμένων λεκανών δεν διαφέρουν σημαντικά από το μηδέν με εμπιστοσύνη 95%. Εμφανίζονται επίσης οι θέσεις του Υπό-αρκτικού Μετώπου (μωβ γραμμή) και οι επαναλαμβανόμενες ωκεανογραφικές διατομές από τις οποίες υπολογίζονται αυτοί οι ρυθμοί θέρμανσης (παχιές μαύρες γραμμές). (Purkey and Johnson, 2010).

Επίσης από το 1992 έως το 2005 ο ωκεανός θερμάνθηκε από τα 3000 m έως τον πυθμένα, ενώ την ίδια περίοδο δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές τάσεις της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας μεταξύ βάθους 2000 και 3000 m (Σχήμα 1.3 και Σχήμα 1.4; Koketsu et al., 2011). Νότια του υποαρκτικού μετώπου (Σχήμα 1.4b), μεγάλο μέρος της στήλης νερού θερμάνθηκε μεταξύ 1992 και 2005 (Purkey and Johnson, 2010). Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα ποσοστά βαθιάς θέρμανσης είναι υψηλότερα κοντά στα 4500 m (Σχήμα 1.4a), συνήθως κοντά στον πυθμένα της θάλασσας όπου η επιρροή AABW είναι ισχυρότερη και συνεχίζουν προς τα βόρεια (Σχήμα 1.4b), όπου η επιρροή ABBW εξασθενεί.

Η θέρμανση των ωκεανών κυριαρχεί στο παγκόσμιο απόθεμα μεταφοράς ενέργειας και αντιπροσωπεύει περίπου το 93% της αύξησης του ενεργειακού αποθέματος της Γης μεταξύ 1971 και 2010, με την θέρμανση του άνω ωκεανού (0 έως 700 m) να αντιστοιχεί περίπου στο 64% του συνόλου. Η τήξη των πάγων (συμπεριλαμβανομένων των πάγων της Αρκτικής θάλασσας, των φύλλων πάγου και των παγετώνων) και η θέρμανση των ηπείρων και της ατμόσφαιρας ευθύνονται για το υπόλοιπο ενεργειακό απόθεμα της Γης.

1.5. Αλλαγές στην Ωκεάνια Κυκλοφορία

Το σημερινό σύστημα παρατήρησης του ωκεανού περιλαμβάνει συνολικές παρατηρήσεις της ταχύτητας που έγιναν στην επιφάνεια της θάλασσας από το Πρόγραμμα Global Drifter (Dohan et al., 2010) και σε βάθος 1000 m από το Πρόγραμμα Argo (Freeland et al., 2010). Επιπλέον, στο πρόγραμμα Argo καταγράφηκε η γεωστροφική διάτμηση μεταξύ 2000 m και της επιφάνειας της θάλασσας. Αυτά τα δύο συστήματα παρατήρησης που εφαρμόστηκαν πρόσφατα, εάν διατηρηθούν, θα συνεχίσουν να τεκμηριώνουν τη μεγάλη χωρική κλίμακα και τη μακροχρόνια μεταβλητότητα της κυκλοφορίας στον ανώτερο ωκεανό.

a. Ειρηνικός

Οι διακυμάνσεις του Ειρηνικού Ωκεανού παρουσιάζουν ενδιαφέρον πρώτον γιατί εμφανίζουν συνέπεια με την ένταση του ανέμου και δεύτερον υπάρχει ανατροφοδότηση μεταξύ αέρα και θάλασσας γεγονός που επηρεάζει το κλίμα. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 έως και σήμερα παρατηρήθηκαν αλλαγές στην κυκλοφορία του Ειρηνικού Ωκεανού, ιδιαίτερα στο υποαρκτικό ρεύμα (subarctic gyre) στο νότιο τμήμα του ωκεανού. Οι αλλαγές αυτές παρατηρήθηκαν τόσο από δορυφορικά δεδομένα του ωκεανού αλλά και από επιτόπιες μετρήσεις στον ωκεανό. Όλες αυτές οι αλλαγές βρίσκονται σε συμφωνία με τις αλλαγές στο δυναμικό πεδίο του ανέμου.

b. Ατλαντικός

Το Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC), αποτελείται από ένα άνω ρεύμα με κατεύθυνση μεταφοράς προς τα βόρεια ανάμεσα στην επιφάνεια και περίπου στα 1200 m βάθος, και ένα κάτω ρεύμα με πιο πυκνά, ψυχρά και φρέσκα νερά τα οποία επιστρέφουν με κατεύθυνση προς τα νότια ανάμεσα στα 1200 m και στα 5000 m. Το AMOC είναι υπεύθυνο για την μεγαλύτερη μεσημβρινή μεταφορά θερμότητας και άνθρακα από τον ωκεανό μέσω γεωγραφικού πλάτους στο βόρειο ημισφαίριο και σχετίζεται με την παραγωγή περίπου του ήμισυ των παγκόσμιων βαθιών υδάτων στον βορειότερο Βόρειο Ατλαντικό. Τα συζευγμένα κλιματικά μοντέλα ατμοσφαιρικής και ωκεάνιας κυκλοφορίας βρίσκουν ότι μια επιβράδυνση του AMOC τις επόμενες δεκαετίες είναι πολύ πιθανή αν και με αβέβαιο μέγεθος. Οι παρατηρήσεις του AMOC στοχεύουν στην ανίχνευση πιθανών μακροπρόθεσμων αλλαγών στο πλάτος του, στη μεταφορά ενέργειας προς τον βορά και στην ικανότητα του ωκεανού να απορροφά υπερβολική θερμότητα και θερμοκηπικά αέρια, καθώς και στον χαρακτηρισμό της βραχυπρόθεσμης μεταβλητότητας και της σχέσης του με τις δυναμικές μεταβολές.

γ. Ανταρκτικός

Η βύθιση του AABW (Antarctic Bottom Water) κοντά στην Ανταρκτική προμηθεύει περίπου τα μισά από τα νερά της βαθιάς θάλασσας και της αβύσσου του παγκόσμιου ωκεανού (Orsi et al., 1999). Το AABW εξαπλώνεται προς τον βορά ως μέρος της παγκόσμιας κυκλικής κυκλοφορίας και προσφέρει οξυγόνο στα κατώτατα τμήματα μεγάλου μέρους του ωκεανού. Η παρατηρούμενη εκτεταμένη θέρμανση του AABW τις τελευταίες δεκαετίες συνεπάγεται την ταυτόχρονη μείωση της εξάπλωσης του προς τον βορά.

Ινδονησιακή διέλευση

Η μεταφορά νερού από τον Ειρηνικό στον Ινδικό Ωκεανό (ITF=Indonesian Through Flow) μέσω του ινδονησιακού αρχιπελάγους είναι η μόνη ανταλλαγή μικρού γεωγραφικού πλάτους μεταξύ των ωκεανών και είναι σημαντική επειδή είναι μια κυμαινόμενη πηγή θερμού, τροπικού νερού στους δύο ωκεανούς. Η ροή αυτή, έχει υπολογιστεί από υδρογραφικές διατομές μεταξύ Αυστραλίας και Ινδονησίας και ως σύνθεση αυτών μαζί με δορυφορική υψομετρία, την τάση του ανέμου και άλλα δεδομένα (Wunsch, 2010) και από αγκυροβόλια στα κύρια Ινδονησιακά περάσματα.

Ανταλλαγή Βόρειου Ατλαντικού/Σκανδιναβικών θαλασσών

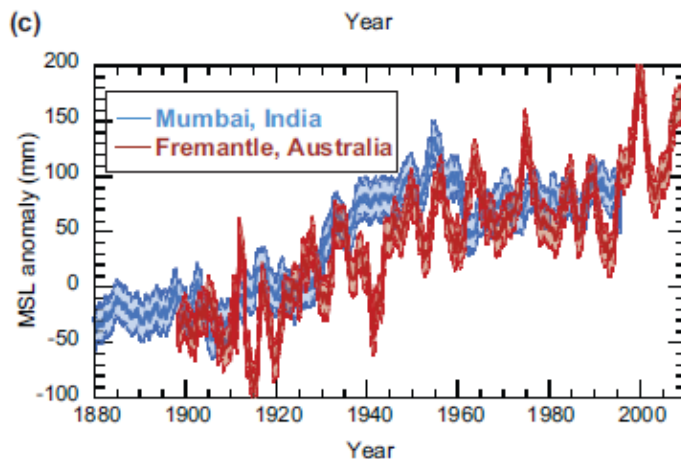
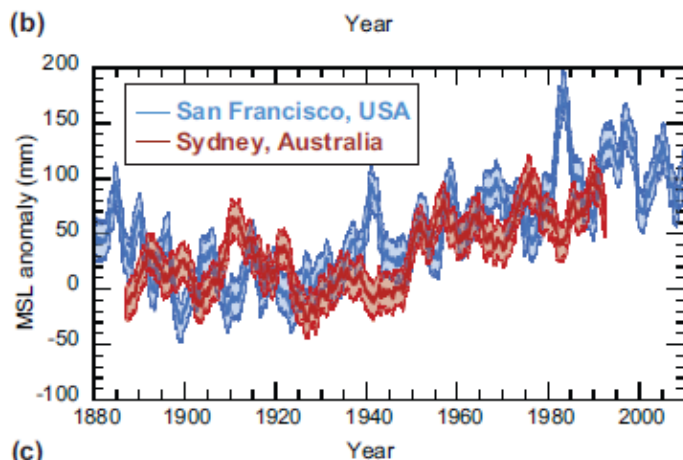
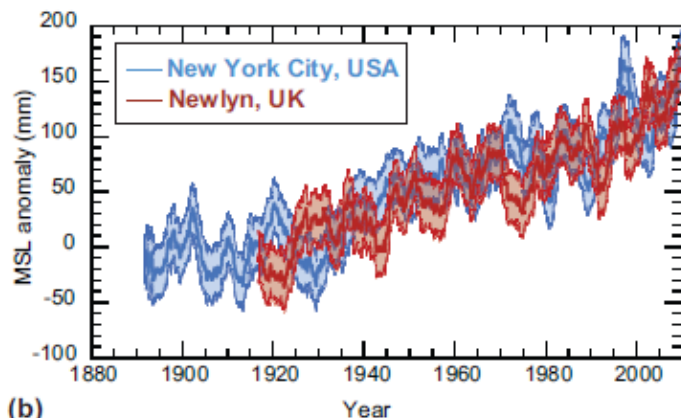
Η ροή κατά μήκος της κορυφογραμμής Γροιλανδίας - Σκωτίας η οποία συνδέει τον Βόρειο Ατλαντικό με την θάλασσα της Νορβηγίας και της Γροιλανδίας δεν παρουσιάζει αλλαγές κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών. Οι μετρήσεις συνεχούς ρεύματος από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 δεν έχουν δείξει σημαντικές τάσεις στον όγκο μεταφοράς για κανέναν από τους τρεις κλάδους εισροής (Osterhus et al., 2005; Hansen et al., 2010; Mauritzen et al., 2011; Jonsson and Valdimarsson, 2012). Τα δύο κύρια τμήματα για τις βαθιές υπερχειλίσσεις προς τον νότο κατά μήκος της κορυφογραμμής Γροιλανδίας – Σκωτίας είναι ο Πορθμός της Δανίας (Denmark Strait) και το Κανάλι της Πλαγιάς Φερόε (Faroe Bank Channel). Οι μετρήσεις της υπερχειλίσσης του Πορθμού της Δανίας δείχνουν σημαντικές διαχρονικές διακυμάνσεις στις μεταφορές (Macrande et al., 2005; Jochumsen et al., 2012), αλλά η χρονική σειρά δεν είναι αρκετά μεγάλη για να ανιχνεύσει μια τάση πολλών δεκαετιών. Ομοίως, μια 10ετής χρονοσειρά μετρήσεων στην Πλαγιά Φερόε (Olsen et al., 2008) δεν δείχνει κάποια τάση στις μεταφορές.



1.6. Αλλαγές στην στάθμη της θάλασσας

Η στάθμη της θάλασσας μεταβάλλεται καθώς ο ωκεανός θερμαίνεται ή ψύχεται, όταν το νερό μεταφέρεται μεταξύ των ωκεανών και των ηπείρων, μεταξύ των ωκεανών και των στρωμάτων πάγου και καθώς το νερό ανακατανέμεται εντός του ωκεανού λόγω των παλίρροιών και των αλλαγών στην ωκεάνια και ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Η στάθμη της θάλασσας μπορεί να ανέβει ή να πέσει σε χρονικές κλίμακες που κυμαίνονται από ώρες έως αιώνες, χωρικές κλίμακες από λίγα μέτρα, έως και σε ολόκληρο τον πλανήτη και με αλλαγές ύψους από λίγα χιλιοστά έως και περισσότερο από 1 m (λόγω παλίρροιας). Η στάθμη της θάλασσας ενσωματώνει και αντανakλά πολλαπλά κλιματικά και δυναμικά σήματα. Οι μετρήσεις της στάθμης της θάλασσας είναι το μακροβιότερο σύστημα παρατήρησης των ωκεανών.

Οι μετρητές παλίρροιας με τις μεγαλύτερες σχεδόν συνεχείς καταγραφές της στάθμης της θάλασσας δείχνουν αύξηση κατά τον 20^ο αιώνα (Σχήμα 1.5; Woodworth et al., 2009; Mitchum et al., 2010). Υπάρχουν, ωστόσο, σημαντικές ετήσιες και δεκαετής διακυμάνσεις σχετικά με το μέσο ρυθμό ανόδου της στάθμης της θάλασσας σε όλα τα αρχεία. Έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι για τον υπολογισμό του μέσου ρυθμού ανόδου της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας (GMSL=Global Mean Sea Level) του 20^{ου} αιώνα από τα διαθέσιμα δεδομένα παλίρροιας.



Σχήμα 1.5. Τριετίες ανωμαλίες μέσης στάθμης της θάλασσας (σε χιλιοστά) σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1900 -1905 από αρχεία μετρητών παλίρροιας που αντιπροσωπεύουν κάθε λεκάνη ωκεανού από την Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) (<http://www.psmsl.org>), που αποκτήθηκαν τον Μάιο του 2011. Τα δεδομένα έχουν διορθωθεί για Glacial Isostatic Adjustment (GIA) (Peltier, 2004), χρησιμοποιώντας τιμές που είναι διαθέσιμες στο http://www.psmsl.org/train_and_info/geo_signals/gia/peltier/. Οι γραμμές σφαλμάτων αντικατοπτρίζουν το διάστημα εμπιστοσύνης 5 έως 95%, με βάση την υπολειπόμενη μηνιαία μεταβλητότητα σχετικά με τον τρέχοντα μέσο όρο των 3 ετών.

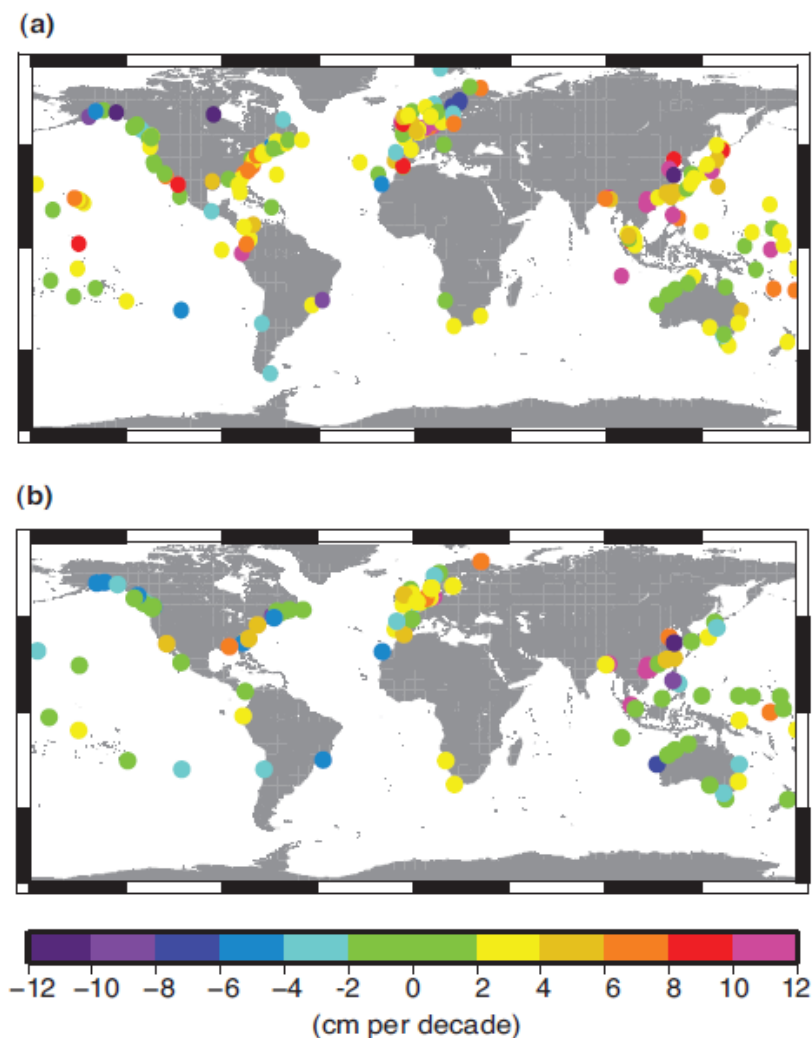
Μεγάλης κλίμακας χωρικά μοτίβα αλλαγής της στάθμης της θάλασσας είναι γνωστά με υψηλή ακρίβεια μόνο από το 1993, όταν έγινε διαθέσιμη η δορυφορική υψομετρία. Η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας (GMSL) έχει αυξηθεί κατά μέσο όρο 0.19 m κατά την περίοδο 1901 – 2010, με βάση τα αρχεία παλίρροιας και από το 1993 επιπλέον με δορυφορικά δεδομένα. Είναι πολύ πιθανό ότι ο μέσος ρυθμός ήταν περίπου 1.7 mm y^{-1} μεταξύ 1901 και 2010 και αυξήθηκε σε 3.2 mm y^{-1} μεταξύ 1993 και 2010. Τέλος, οι ρυθμοί ανόδου της στάθμης σε ανοιχτές περιοχές μπορεί να είναι αρκετές φορές μεγαλύτεροι ή μικρότερη από εκείνους του GMSL για περιόδους αρκετών δεκαετιών λόγω των διακυμάνσεων στην κυκλοφορία των ωκεανών.

Αυτά τα δεδομένα έχουν δείξει ένα συγκεκριμένο μοτίβο αλλαγής από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 στον Ειρηνικό, με ρυθμούς αύξησης στη Θερμή Δεξαμενή (Warm Pool) του δυτικού Ειρηνικού έως και τρεις φορές μεγαλύτερη από τη παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας (GMSL), ενώ τα ποσοστά σε μεγάλο μέρος του ανατολικού Ειρηνικού είναι σχεδόν μηδενικά ή αρνητικά (Beckley et al., 2010).

Εκτός από τα μη κλιματικά γεγονότα όπως τα τσουνάμι, τα ακραία επίπεδα της στάθμης της θάλασσας (δηλαδή, παράκτιες πλημμύρες, μετεωρολογική παλίρροια, γεγονότα υψηλής στάθμης νερού, κ.λπ.) τείνουν να προκαλούνται από μεγάλες καταιγίδες, ειδικά όταν συμβαίνουν σε περιόδους υψηλής παλίρροιας. Ωστόσο, οποιοδήποτε σύστημα χαμηλής πίεσης υπεράκτια με συναφείς υψηλούς ανέμους μπορεί να προκαλέσει παράκτια πλημμύρα ανάλογα με τη διάρκεια και την κατεύθυνση των ανέμων. Οι παγκόσμιες αναλύσεις των αλλαγών στην ακραία στάθμη της θάλασσας είναι περιορισμένες και οι περισσότερες αναφορές βασίζονται σε ανάλυση περιοχικών δεδομένων (Lowe et al., 2010). Οι περισσότερες αναλύσεις έχουν εστιάσει σε συγκεκριμένες περιοχές και διαπιστώνουν ότι οι ακραίες τιμές αυξάνονται από την δεκαετία του 1950, χρησιμοποιώντας ποικίλα στατιστικά μέτρα. Μια παγκόσμια ανάλυση των αρχείων παλίρροιας έχει πραγματοποιηθεί για δεδομένα από την δεκαετία του 1970 και μετά, όταν η παγκόσμια δειγματοληψία δεδομένων ήταν ισχυρή και διαπιστώνει ότι το μέγεθος των ακραίων γεγονότων στο επίπεδο τα θάλασσας έχει αυξηθεί σε όλες της περιοχές που μελετήθηκαν από τότε (Woodworth and Blackman, 2004; Menendez and Woodworth, 2010; Woodworth et al., 2011)

Το ύψος μιας 50ετής πλημμυρίδας έχει αυξηθεί παγκοσμίως από 2 έως πάνω από 10 cm ανά δεκαετία από το 1970 (Σχήμα 1.6a), αν και ορισμένες περιοχές έχουν αρνητικό ποσοστό επειδή η κατακόρυφη κίνηση της ξηράς είναι πολύ μεγαλύτερη από τον μέσο ρυθμό αύξησης της στάθμης της θάλασσας. Ωστόσο, όταν αφαιρείται το ετήσιο μέσο ύψος σε κάθε θέση ώστε να μειωθεί η επίδραση της τοπικής μέσης ανόδου της στάθμης, των ετήσιων και δεκαετών διακυμάνσεων και της κατακόρυφης κίνησης της Γης, ο ρυθμός αλλαγής της μέγιστης στάθμης της θάλασσας πέφτει

στο 49% (Σχήμα 1.6b). Μόνο το 6% των μετρήσεων παλίρροιας που αξιολογήθηκαν είχαν μια αλλαγή στο πλάτος πάνω από 5 mm y^{-1} μετά της αφαίρεση της μέσης διακύμανσης της στάθμης της θάλασσας κυρίως στις Νοτιοανατολικές Η.Π.Α, τον δυτικό Ειρηνικό, την Νοτιοανατολική Ασία και μερικές τοποθεσίες στη Βόρεια Ευρώπη. Τα υψηλότερα ποσοστά στις Νοτιοανατολικές Η.Π.Α. έχουν συνδεθεί με μεγαλύτερα γεγονότα καταιγίδων που δεν συνδέονται με την παγκόσμια άνοδο της στάθμης της θάλασσας (Grinsted et al., 2012)



Σχήμα 1.6 Εκτιμώμενες τάσεις (cm ανά δεκαετία) για το ύψος μιας 50ετής ακραίας ανόδου της θάλασσας από (a) συνολικό υψόμετρο (b) συνολικό υψόμετρο μετά την αφαίρεση ετήσιων μέσων τιμών. Εμφανίζονται μόνο τάσεις σημαντικές στο επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. (Menindez and Woodworth, 2010)

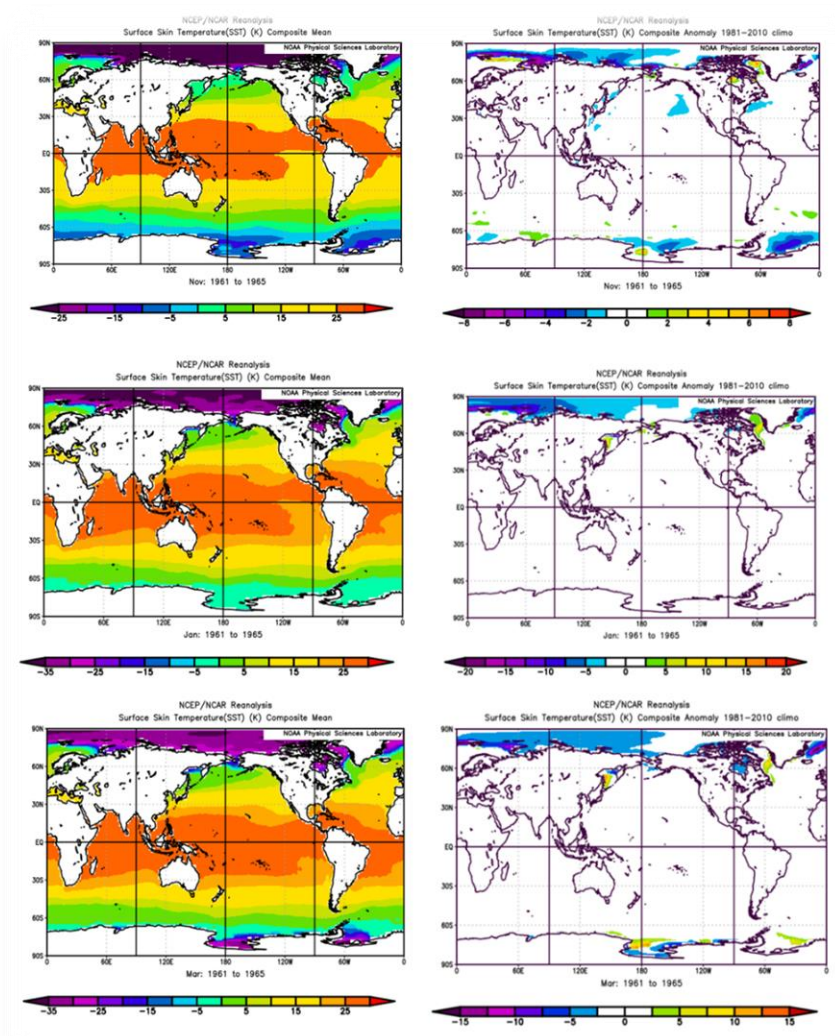
1.7. Σκοπός της εργασίας

Η κλιματική αλλαγή σύμφωνα με τον ορισμό των Ενωμένων Εθνών, αναφέρεται στις μακροχρόνιες αλλαγές θερμοκρασιακών και καιρικών μοτίβων. Αυτές οι αλλαγές μπορεί να είναι φυσικές, όμως από το 1800 οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι ο κύριος λόγος της κλιματικής αλλαγής, κυρίως λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων όπως κάρβουνο, πετρέλαιο και φυσικό αέριο, τα οποία παράγουν αέρια που παγιδεύουν την θερμότητα. Η θερμότητα που παγιδεύεται, υπερθερμαίνει την επιφάνεια της Γης με αποτέλεσμα η θερμοκρασία των ωκεανών και των θαλασσών να αυξάνονται με το πέρασα του χρόνου. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αναλύει ακριβώς αυτό το φαινόμενο της υπερθέρμανσης της επιφάνειάς του παγκόσμιου ωκεανού και εξετάζονται οι πιο ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας της θάλασσας τα τελευταία 60 έτη για την χειμερινή περίοδο (Νοέμβριος, Ιανουάριος και Μάρτιος). Το πρώτο μέρος της ανάλυσης έγινε με την χρήση δύο διαφορετικών παγκόσμιων θερμοκρασιακών χαρτών, για την περίοδο 1960-2020 χωρισμένη σε πενταετίες. Στον πρώτο χάρτη παρουσιάζονται όλες οι μέσες θερμοκρασίες της επιφάνειάς της θάλασσας ενώ στον δεύτερο χάρτη παρουσιάζονται οι θερμοκρασιακές ανωμαλίες αυτών των μέσων τιμών. Στο δεύτερο μέρος της ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν Hovmollers (χρονοδιαγράμματα), τα οποία βοήθησαν στην πιο λεπτομερή ετήσια εξέταση της θερμοκρασίας του Ειρηνικού και του Ατλαντικού ωκεανού για την ίδια περίοδο. Με τα Hovmollers διακρίνονται ευκολότερα οι ακραίες αυξήσεις και πτώσεις της θερμοκρασίας και δίνεται μια πιο γενική και ολοκληρωμένη εικόνα των αλλαγών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας χρησιμοποιώντας χάρτες θερμοκρασίας. Για κάθε πενταετία από το 1960 έως το 2020 αναλύονται οι τρεις μήνες για την χειμερινή περίοδο Νοέμβριος, Ιανουάριος και Μάρτιος. Στον πρώτο χάρτη παρουσιάζονται οι μέσες θερμοκρασίες της θάλασσας ενώ στον δεύτερο χάρτη παρουσιάζονται οι ανωμαλίες των μέσων θερμοκρασιών.

2.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 1961-1965



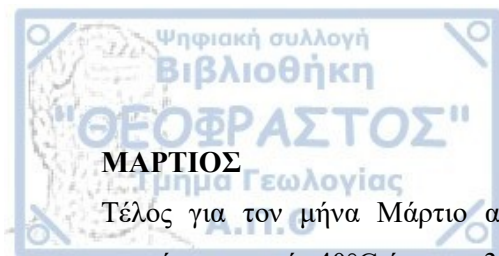
Σχήμα 2.1. Μέσες Θερμοκρασίες της Θάλασσας και ανωμαλίες αυτών για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο της χειμερινής περιόδου. Για τη πενταετία 1961-1965.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

Οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) την πενταετία 1961-1965 για τον μήνα Νοέμβριο παίρνουν τιμές από -30°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 25°N και 30°B . Οι μεγαλύτερες ανωμαλίες παρατηρούνται στον Αρκτικό Ωκεανό ο οποίος είναι ψυχρότερος έως και 7°C πάνω από τη Σπιτσβέργη. Πιο συγκεκριμένα, από 6° έως 8°C πιο ψυχρές είναι η θάλασσα Κάρα, ένα κομμάτι της θάλασσας της Γροιλανδίας, η θάλασσα Τσούκτσι και ένα τμήμα των βορειοδυτικών περασμάτων. Επιπλέον, από 2° έως 4°C πιο ψυχρές είναι η θάλασσα Λάπτεφ, η Ανατολική Σιβηρική Θάλασσα, ένα τμήμα του Βόρειου Ατλαντικού στα ανατολικά των Η.Π.Α. και ένα τμήμα του Βόρειου Ειρηνικού δυτικά των Η.Π.Α. Ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη 120°A και 180° , έως 2°C πιο ψυχρά εμφανίζονται και τμήματα των θαλασσών της Ανατολικής Κίνας, της Ιαπωνίας, της Οχοτσικής, των Φιλιππίνων και της θάλασσα της Ιάβας. Στον Νοτιότερο Ωκεανό σε αυτό το εύρος θερμοκρασιών ανήκουν επίσης, η θάλασσα Amundsen, η θάλασσα Γουέντελ και ένα τμήμα της θάλασσας Ρος. Ωστόσο παρατηρούνται και θάλασσες με μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τον μέσο όρο θερμοκρασιών. Έως και 7°C , πιο θερμές είναι η το βόρειο τμήμα της θάλασσας Μπάρεντς, τμήματα του κόλπου Χάντσον και του κόλπου Μπάφιν και ένα τμήμα της θάλασσας Ρος.

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

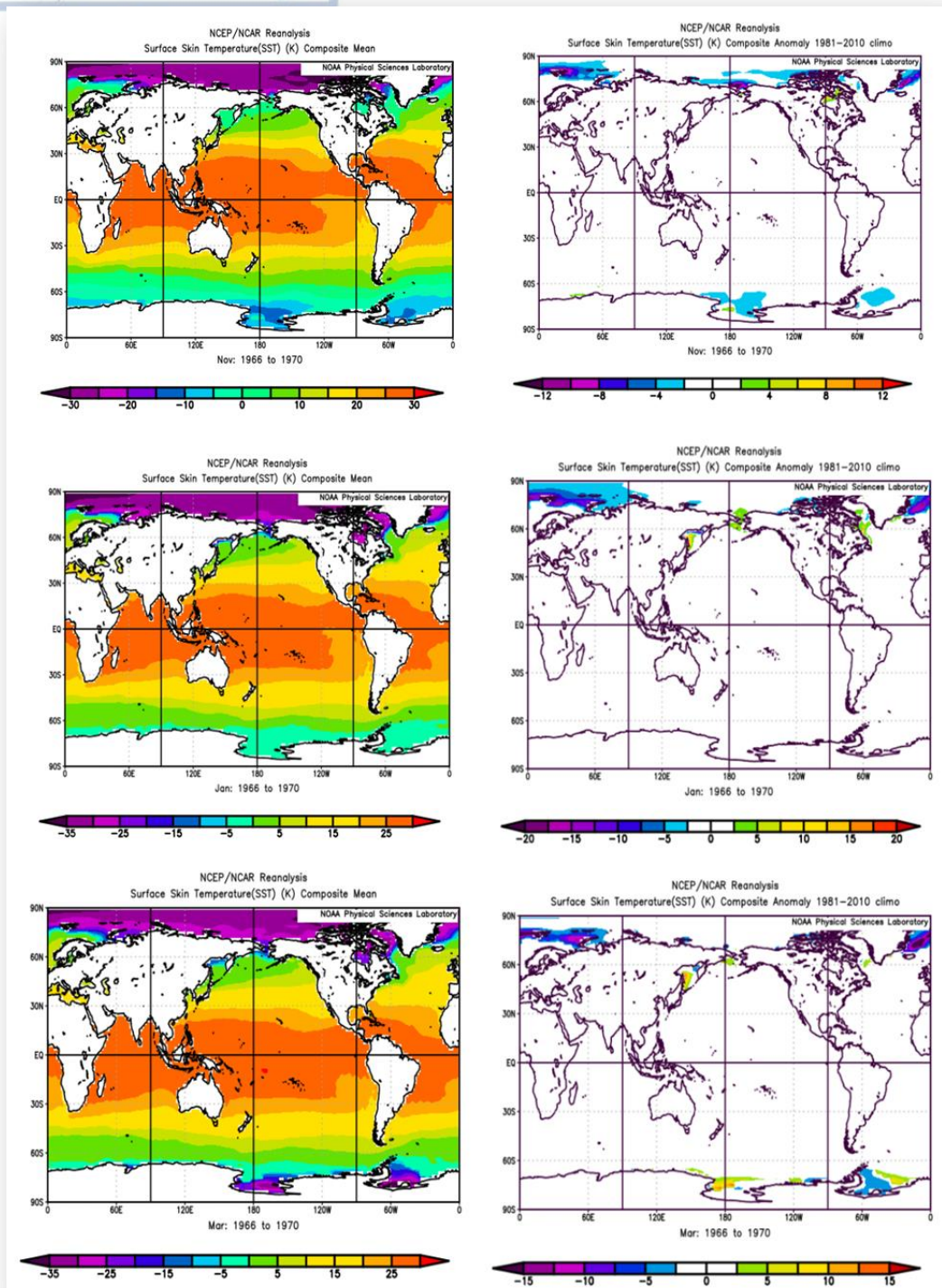
Σε αυτόν τον μήνα, της ίδιας πενταετίας, το εύρος των θερμοκρασιών της θάλασσας (SST) κυμαίνεται από -40°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 30°N και 30°B . Οι ανωμαλίες αυτού του μήνα περιορίζονται στο Βόρειο Ημισφαίριο, κυρίως στον Αρκτικό Ωκεανό, ο οποίος στο Ανατολικό Ημισφαίριο (0° έως και 180°) είναι ψυχρότερος από τη μέση θερμοκρασίας της θάλασσας έως και 20°C . Πιο συγκεκριμένα, η ψυχρότερη θάλασσα παρατηρείται να είναι η θάλασσα της Γροιλανδίας η οποία, σε ένα τμήμα της, εμφανίζεται έως και 15°C πιο ψυχρή. Επιπλέον, από 5° έως και 8°C πιο ψυχρές είναι η θάλασσα Κάρα, η θάλασσα Λάπτεφ, η θάλασσα της Ανατολικής Σιβηρίας, η θάλασσα Μποφόρ και ένα τμήμα των βορειοδυτικών περασμάτων. Ωστόσο παρατηρούνται και θάλασσες με μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τον μέσο όρο θερμοκρασιών. Από 5°C έως 15°C , πιο θερμές είναι η Οχοτσική Θάλασσα, ένα μικρό τμήμα της Βερίγγειος Θάλασσας, ο Κόλπος Μπάφιν, ο Πορθμός Ντέιβις, η θάλασσα Λαμπραντόρ και ο Πορθμός της Δανίας.



ΜΑΡΤΙΟΣ

Τέλος για τον μήνα Μάρτιο αυτής της πενταετίας οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) κυμαίνονται από -40°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και σε ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού. Ενώ, οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 30°N και 30°S . Οι μεγαλύτερες διαφορές παρατηρήθηκαν στον Αρκτικό Ωκεανό όπου όλος ο Αρκτικός Ωκεανός του ανατολικού ημισφαιρίου (0° έως και 180°) είναι ψυχρότερος από τη μέση θερμοκρασία της θάλασσας έως και 10°C . Πιο συγκεκριμένα, οι ψυχρότερες θάλασσες παρατηρείται να είναι η θάλασσα Μπάρεντς και η θάλασσα της Γροιλανδίας οι οποίες τμηματικά, εμφανίζεται έως και 15°C πιο ψυχρές. Επιπλέον από 5°C έως και 7°C πιο ψυχρές είναι η θάλασσες Λάπτεφ, Κάρα, Τσούκτσι, η Ανατολική Σιβηρική θάλασσα, τα Βορειοδυτικά περάσματα, η θάλασσα Μποφόρ, ο Κόλπος Χάντσον και τμήματα της Βερίγγειος θάλασσας και της Οχοτσκιτικής. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει η θάλασσα Ρος στον Νοτιότερο Ωκεανό. Συγκεκριμένα, ένα τμήμα της θάλασσας παρατηρείται έως και 15°C πιο θερμό ενώ ένα άλλο έως και 7°C πιο ψυχρό.

2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 1966 – 1970



Σχήμα 2.2. Μέσες Θερμοκρασίες της Θάλασσας και ανωμαλίες αυτών για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο της χειμερινής περιόδου. Για τη πενταετία 1966-1970.



ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

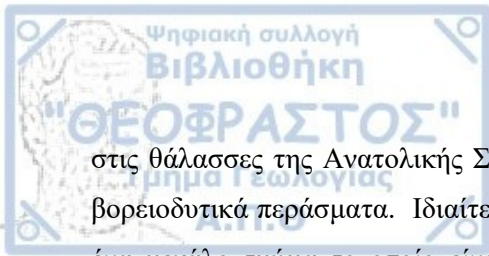
Για την πενταετία 1966-1970, τον μήνα Νοέμβριο οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) παίρνουν τιμές από -35°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 30°N και 30°B . Περιορισμένες ανωμαλίες παρατηρούνται εξίσου στον Αρκτικό Ωκεανό και στον Νοτιότερο Ωκεανό. Πιο συγκεκριμένα, έως και 10°C πιο ψυχρές είναι η θάλασσα Τσούκτσι, ένα τμήμα της θάλασσας της Γροιλανδίας και ένα τμήμα του Αρκτικού Ωκεανού πάνω από τη Σπιτσβέργη. Επίσης, από 4°C έως και 6°C πιο ψυχρές είναι ένα τμήμα της θάλασσας Μπάρεντς, ένα μικρό τμήμα της θάλασσας Κάρα, η θάλασσα Μποφόρ και η Ανατολική Σιβηρική θάλασσα. Στο ίδιο εύρος θερμοκρασιών ανήκουν και τμήματα των θαλασσών Ρος και Γουέντελ στο Νότιο Ημισφαίριο. Ωστόσο στην θάλασσα Ρος παρατηρείται και ένα πολύ μικρό τμήμα το οποίο είναι πιο θερμό έως και 8°C από το μέσο όρο θερμοκρασιών. Τέλος, παρόμοια αύξηση με την θάλασσα Ρος παρουσιάζει και ο Κόλπος Χάντσον.

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

Τον Ιανουάριο το εύρος των θερμοκρασιών της θάλασσας (SST) κυμαίνεται από -40°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Διαφορές παρατηρούνται εξ ολοκλήρου στο Βόρειο Ημισφαίριο. Πιο συγκεκριμένα έως και 15°C πιο ψυχρή είναι η θάλασσα Μπάρεντς και ένα τμήμα της θάλασσας της Γροιλανδίας. Επίσης η θάλασσα Κάρα, ένα πολύ μικρό τμήμα της ανατολική Σιβηρικής θάλασσας, η θάλασσα Μποφόρ και τα βορειοδυτικά περάσματα εμφανίζονται κατά 5°C ψυχρότερες. Ωστόσο παρατηρούνται και θάλασσες με μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τον μέσο όρο θερμοκρασιών. Από 5°C έως 10°C πιο θερμές είναι η Οχοτσική θάλασσα, η θάλασσας Λαμπραντόρ, ο Πορθμός της Δανίας, ένα πολύ μικρό τμήμα του Κόλπου Μπάφιν και τμήματα στη Βερίγγειος Θάλασσα και στη θάλασσα Τσούκτσι.

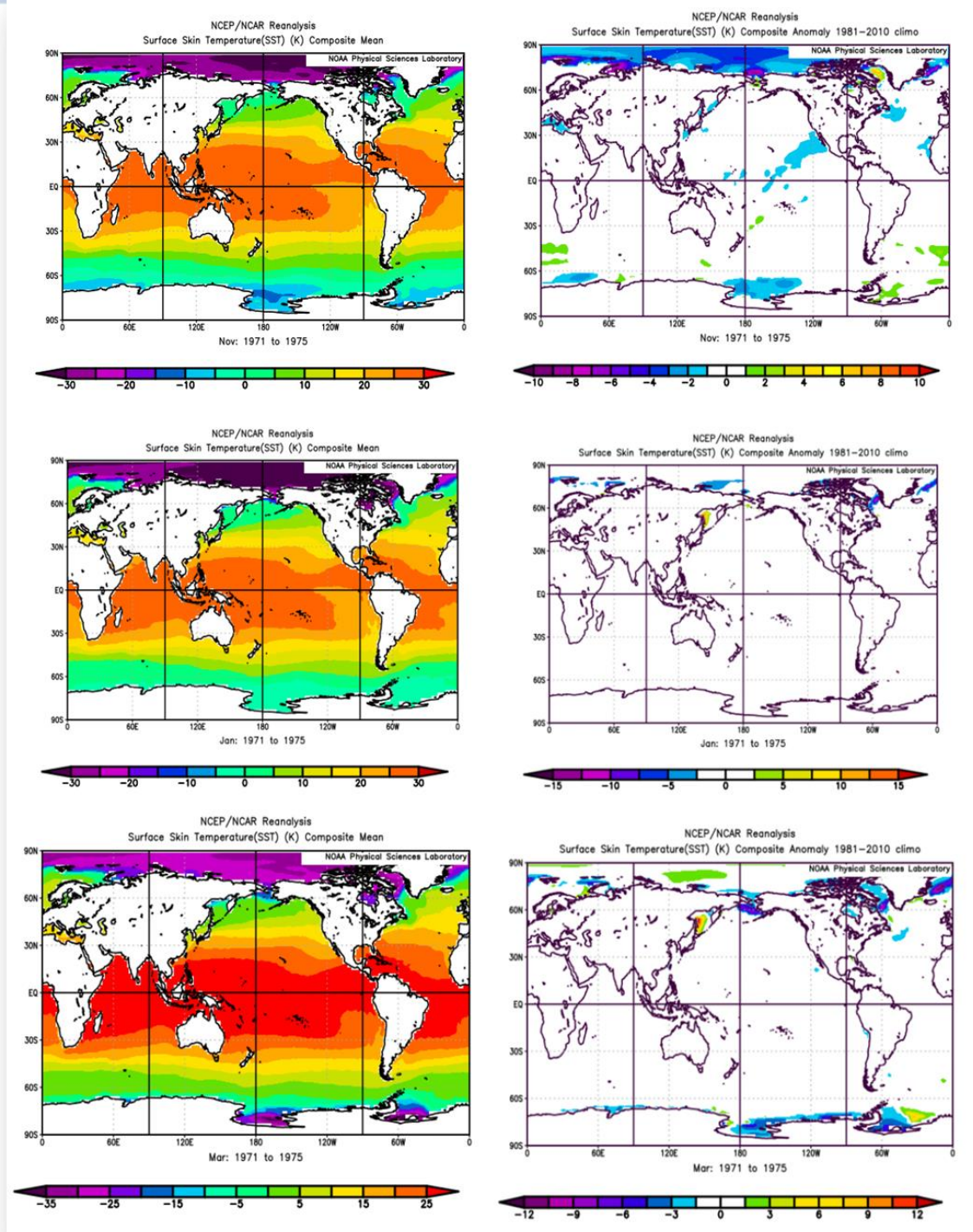
ΜΑΡΤΙΟ

Το εύρος των θερμοκρασιών της θάλασσας (SST) κυμαίνεται από -40°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και σε ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού. Ενώ, οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Το θερμότερο σημείο παρατηρείται στον Νότιο Ειρηνικό Ωκεανό, με γεωγραφικές συντεταγμένες 170°Δ και 10°N . Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες, έως και -20°C , εμφανίζονται στο ΒΑ τμήμα της θάλασσας Μπάρεντς και στην Γροιλανδική θάλασσα. Επίσης ψυχρότερη έως και 5°C είναι τμήμα της θάλασσας Κάρα και κάποια πολύ μικρά τμήματα



στις θάλασσες της Ανατολικής Σιβηρίας, της Οχοτσικής, της Bellingshausen, της Ρος και στα βορειοδυτικά περάσματα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η θάλασσα Γουνέντελ όπου υπάρχει ένα μεγάλο τμήμα το οποίο είναι ψυχρότερο κατά 5°C και ένα άλλο τμήμα το οποίο είναι θερμότερο κατά 5°C . Τέλος, η θάλασσα Ρος και η Οχοτσική θάλασσα εμφανίζουν τις υψηλότερες θερμοκρασίες έως και 15°C .

2.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 1971 – 1975



Σχήμα 2.3. Μέσες Θερμοκρασίες της Θάλασσας και ανωμαλίες αυτών για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο της χειμερινής περιόδου. Για τη πενταετία 1971-1975.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

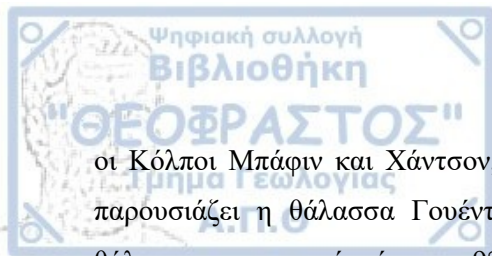
Τον μήνα Νοέμβριο για την πενταετία 1971-1975 οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) παίρνουν τιμές από -35°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 30°N και 35°B . Παρατηρείται ότι υπάρχουν ανωμαλίες σε πολλά σημεία του χάρτη, με τις μεγαλύτερες από αυτές να συγκεντρώνονται στον Αρκτικό Ωκεανό. Πιο συγκεκριμένα, από 8° έως 10°C πιο ψυχρά παρατηρούνται τμήματα της θάλασσας Κάρα, της θάλασσας Τσούκτσι και της θάλασσας της Γροιλανδίας. Επίσης, από 2° έως 4°C πιο ψυχρές είναι η θάλασσα Μπάρεντς, η θάλασσα Λάπτεφ, η Ανατολική Σιβηρική θάλασσα και η θάλασσα Μποφόρ μαζί με το Βορειοδυτικό Πέρασμα. Σε αυτές τις θερμοκρασίες επιπλέον κυμαίνονται η Μεσόγειος Θάλασσα και τμήματα της Οχοτσικής Θάλασσας, της θάλασσας της Ιαπωνίας, της θάλασσας της Ανατολικής Κίνας, της θάλασσας Λαμπραντόρ και της θάλασσας Ρος. Επίσης, παρατηρείται ότι σε πολλά τμήματα του Βόρειο Ειρηνικού Ωκεανού και σε κάποια τμήματα του Βόρειου Ατλαντικού Ωκεανού, εμφανίζονται οι ίδιες θερμοκρασίες. Ωστόσο, πιο θερμά τμήματα έως και 2°C παρατηρούνται σε περιορισμένα τμήματα του Νότιου Ημισφαιρίου όπως και στη θάλασσα Γουέντελ. Τέλος, την μεγαλύτερη αύξηση έως και 8°C την παρουσιάζει ο κόλπος Μπάφιν.

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

Το εύρος των θερμοκρασιών της θάλασσας (SST) για τον μήνα Ιανουάριο, κυμαίνεται από -35°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Οι διαφορές που παρατηρούνται είναι περιορισμένες και βρίσκονται εξ ολοκλήρου στο Βόρειο Ημισφαίριο. Πιο συγκεκριμένα, έως και 13°C πιο ψυχρός είναι ο Πορθμός Ντέιβις και ένα τμήμα της θάλασσας της Γροιλανδίας. Επίσης ένα τμήμα της θάλασσας Μπάρεντς, η θάλασσα της Ανατολικής Σιβηρίας ένα τμήμα της θάλασσας Μποφόρ και τα βορειοδυτικά περάσματα είναι κατά 5°C ψυχρότερα. Τέλος, η μόνη αύξηση της θερμοκρασίας που παρατηρείται βρίσκεται στην Οχοτσική θάλασσα και φτάνει έως και 15°C .

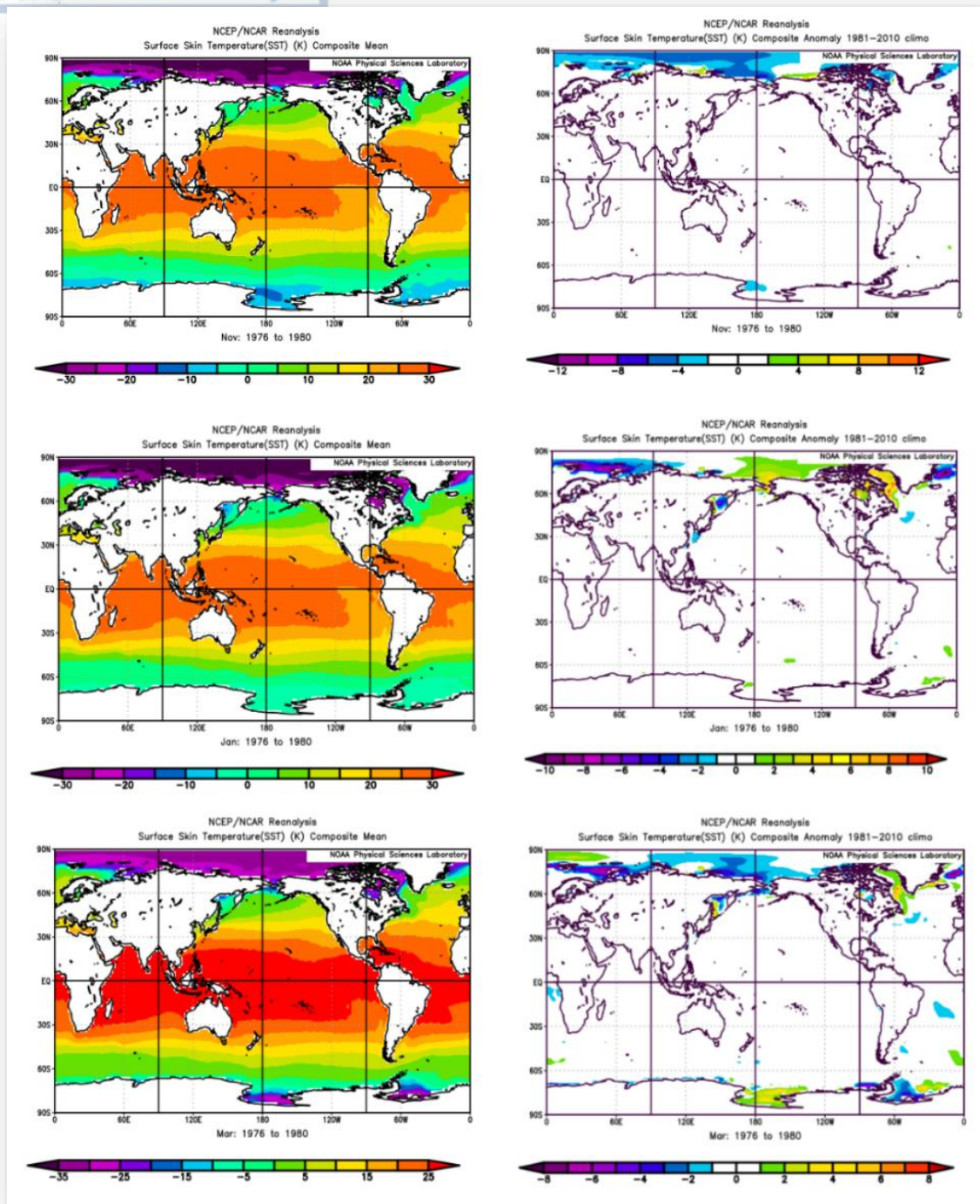
ΜΑΡΤΙΟΣ

Για τον μήνα Μάρτιο οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από -35°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και σε ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού. Ενώ, οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 40°N και 35°B . Πιο ψυχρές, από 6°C έως 10°C , εμφανίζονται η Βερίγγειος θάλασσας, ο Πορθμός Ντέιβις και η Γροιλανδική θάλασσα. Επίσης πιο ψυχρά, από 3°C έως 5°C , είναι τμήματα των θαλασσών Μπάρεντς, Κάρα, Ανατολικής Σιβηρίας Τσούκτσι, τα Βορειοδυτικά Περάσματα,



οι Κόλποι Μπάφιν και Χάντσον, η θάλασσα Ρος, Amundsen και Bellingshausen. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η θάλασσα Γουέντελ στον Νοτιότερο Ωκεανό. Συγκεκριμένα, ένα τμήμα της θάλασσας παρατηρείτε έως και 9°C πιο θερμό ενώ ένα άλλο έως και 6°C πιο ψυχρό. Επίσης, για πρώτη φορά, παρατηρούνται τμήματα στον Αρκτικό Ωκεανό τα οποία είναι θερμότερα έως και 3°C. Τέλος η μεγαλύτερη αύξηση θερμοκρασίας παρατηρείται στον Οχοτσική θάλασσα, η οποία είναι έως και 12°C πιο θερμή.

2.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 1976-1980



Σχήμα 2.4. Μέσες Θερμοκρασίες της Θάλασσας και ανωμαλίες αυτών για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο της χειμερινής περιόδου. Για τη πενταετία 1976-1980.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

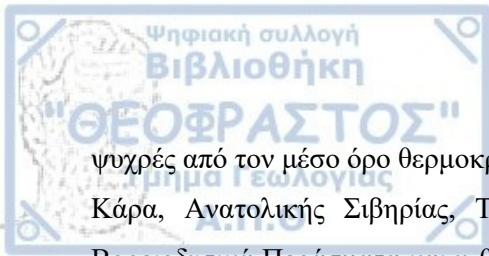
Στο τέλος της δεκαετίας του '70 και συγκεκριμένα την πενταετία 1976-1980, για τον μήνα Νοέμβριο, οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) παίρνουν τιμές από -35°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 30°N και 30°B . Παρατηρείται ότι υπάρχουν ανωμαλίες κυρίως στο Βόρειο Ημισφαίριο, με μόνη εξαίρεση ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού. Πιο συγκεκριμένα, από 4°C έως 8°C πιο ψυχρά, παρατηρούνται τμήματα της θάλασσας Κάρα, της θάλασσας Μπάρεντς, της θάλασσας Ανατολικής Σιβηρίας, της θάλασσας Τσούκτσι, των Βορειοδυτικών Περσικών, του Κόλπου Μπάφιν και της θάλασσας της Γροιλανδίας. Επίσης, στο Νότιο Ημισφαίριο έως και 4°C πιο ψυχρό είναι ένα τμήμα της θάλασσας Ρος. Ωστόσο, αύξηση της θερμοκρασίας παρατηρείται σε ένα πολύ μικρό τμήμα της θάλασσας Κάρα, στην θάλασσα Λάπτεφ και στην θάλασσα Μποφόρ, όπου η θερμοκρασία αυξάνεται έως και 8°C .

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

Τον Ιανουάριο οι τιμές των θερμοκρασιών έχουν εύρος από -35°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Παρατηρείται ότι επικρατούν διαφορές αύξησης της θερμοκρασίας τον Ιανουάριο της πενταετίας 1976-1980. Πιο συγκεκριμένα οι θάλασσες Τσούκτσι, Βερίγγειος, τμήμα της Οχοτσικής και Ανατολικής Σιβηρίας και όλη η περιοχή που καλύπτει τον Κόλπο Χάντσον, τα βορειοδυτικά περάσματα, τον κόλπο Μπάφιν, τον Πορθμό Ντέιβις και την θάλασσα Λαμπραντόρ φτάνουν από 2°C έως και 8°C . Ενώ, οι θάλασσες Μπάρεντς, Κάρα, Οχοτσική, Γροιλανδίας και Ανατολικής Κίνας εμφανίζονται πιο ψυχρές με θερμοκρασίες από 2°C στα χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, έως και 8°C κοντά στον Αρκτικό Ωκεανό. Επιπλέον, πιο ψυχρά έως και 2°C είναι και μικρά τμήματα της Μαύρης θάλασσας και της θάλασσας της Ιαπωνίας. Τέλος στο Νότιο Ημισφαίριο παρατηρούνται κάποια τμήματα, στον Νοτιότερο Ωκεανό και στις θάλασσες Ρος και Γουνέντελ, τα οποία έχουν θερμοκρασία 2°C πιο θερμά από τις μέσες θερμοκρασίες της πενταετίας.

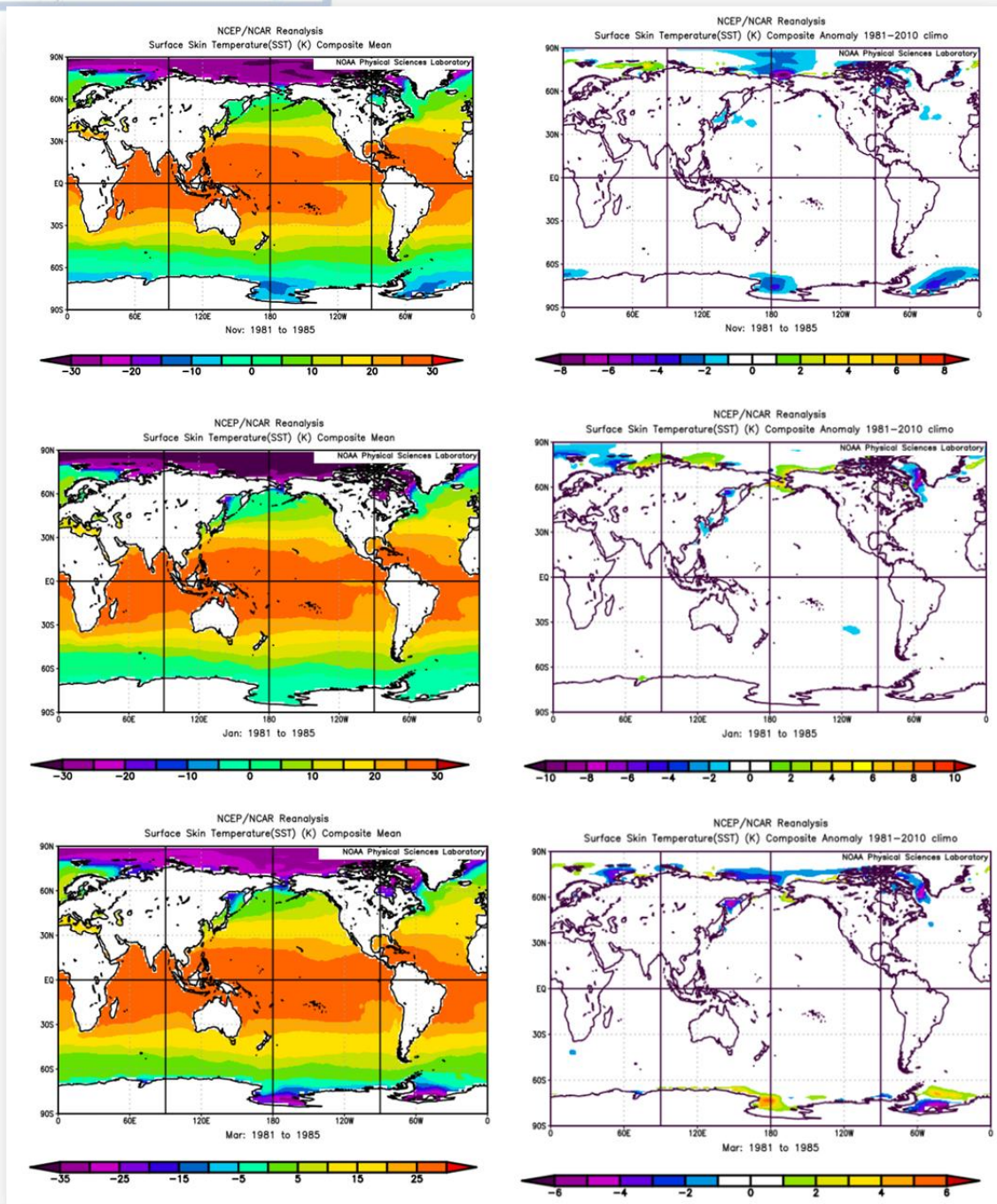
ΜΑΡΤΙΟΣ

Για τον μήνα Μάρτιο της πενταετίας οι τιμές των θερμοκρασιών κυμαίνονται από -35°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και σε ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού. Ενώ, οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 40°N και 35°B . Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες εμφανίζονται στην Θάλασσα Μπάρεντς, σε ένα τμήμα της θάλασσας της Γροιλανδίας και σε ένα πολύ μικρό τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού στην θάλασσα Bellingshausen, οι οποίες παρατηρούνται έως και 8°C πιο



ψυχρές από τον μέσο όρο θερμοκρασιών. Από 2°C έως 4°C πιο ψυχρές εμφανίζονται οι θάλασσες Κάρα, Ανατολικής Σιβηρίας, Τσούκτσι, Βερίγγειος, Μποφόρ, τμήμα της Οχοτσκιικής, τα Βορειοδυτικά Περάσματα και η θάλασσα Γουέντελ. Θερμότερες, από 2°C έως και 4°C, από τον μέσο όρο θερμοκρασιών εμφανίζονται η θάλασσα Ρος, τμήμα της θάλασσας Γουέντελ, ο κόλπος Μπάφιν, η θάλασσα Λαμπραντόρ, ένα πολύ μικρό τμήμα της Νορβηγικής Θάλασσας, τμήμα του Κόλπου Χάντσον και της Οχοτσκιικής θάλασσας και ένα πολύ μεγάλο τμήμα του Αρκτικού Ωκεανού, 0-60°Α γεωγραφικό μήκος. Τέλος ο Πορθμός Ντέιβις και ο Πορθμός της Δανίας εμφανίζουν την μεγαλύτερη ανωμαλία αύξησης της θερμοκρασίας έως και 8°C.

2.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 1981 – 1985



Σχήμα 2.5. Μέσες Θερμοκρασίες της Θάλασσας και ανωμαλίες αυτών για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο της χειμερινής περιόδου. Για τη πενταετία 1981-1985.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

Καθώς περνάμε σε καινούρια δεκαετία, οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) των πρώτων πέντε χρόνων για τον μήνα Νοέμβριο, παίρνουν τιμές από -35°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 30°N και 30°B . Παρατηρείται ότι υπάρχουν ανωμαλίες τόσο στο Βόρειο όσο και στο Νότιο Ημισφαίριο. Πιο συγκεκριμένα το ψυχρότερο σημείο στον χάρτη εντοπίζεται στην θάλασσα Τσούκτσι, όπου η θερμοκρασία είναι έως και 8°C πιο χαμηλή από την μέση θερμοκρασία του μήνα για αυτήν την πενταετία. Επίσης, στο Βόρειο Ημισφαίριο, από 2°C έως 4°C πιο ψυχρά, παρατηρούνται τμήματα στη θάλασσα Ανατολικής Σιβηρίας, στα Βορειοδυτικά Περάσματα, στους Κόλπους Μπάφιν και Χάντσον, στους Πορθμούς Ντέιβις και Χάντσον, στο Πορθμό της Δανίας, στην θάλασσα της Γροιλανδίας και σε όλη την έκταση της θάλασσας της Ιαπωνίας. Στις ίδιες θερμοκρασίες και λίγο πιο ψυχρές παρατηρούνται στο Νότιο Ημισφαίριο οι θάλασσες Ρος και Γουέντελ. Ωστόσο, εξ ολοκλήρου στο Βόρειο Ημισφαίριο, παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας έως και 4°C σε ένα μεγάλο τμήμα της θάλασσας Μπάρεντς και της θάλασσας Κάρα. Επίσης, σε πολύ μικρές εκτάσεις παρατηρούνται οι ίδιες θερμοκρασίες και στις θάλασσες Λάπτεφ, ανατολικής Σιβηρίας και Μποφόρ. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει η θάλασσα της Γροιλανδίας όπου ενώ συνήθως παρατηρούνται ανωμαλίες με πολύ μικρές θερμοκρασίες, αυτήν την φορά παρατηρείται αύξηση (η μεγαλύτερη στον χάρτη) έως και 7°C .

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

Τον Ιανουάριο οι τιμές των θερμοκρασιών έχουν εύρος από -35°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Ανωμαλίες παρατηρούνται κυρίως στο Βόρειο Ημισφαίριο με εξαίρεση ένα πολύ μικρό τμήμα στον Νότιο Ειρηνικό Ωκεανό 120°Δ το οποίο παρουσιάζει αύξηση της θερμοκρασίας και ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού και συγκεκριμένα στην Παγονησίδα Άμερυ, όπου παρατηρείται μικρή αύξηση. Το ψυχρότερο τμήμα, το οποίο είναι αυτό που καλύπτει τον Κόλπο Μπάφιν, τον Πορθμό Ντέιβις και την θάλασσα Λαμπραντόρ, φτάνει έως και 10°C χαμηλότερα από την μέση θερμοκρασία. Επίσης, ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη $0-60^{\circ}\text{Α}$, ο Αρκτικός Ωκεανός, συμπεριλαμβανόμενος την θάλασσα Μπάρεντς, παρατηρείται πιο ψυχρός έως και 5°C . Στο ίδιο εύρος θερμοκρασιών εμφανίζονται και τμήματα στη θάλασσα Ανατολικής Σιβηρίας, στην Οχοτσική, στη θάλασσα της Ιαπωνίας, στην Κίτρινη θάλασσα, στην θάλασσα Ανατολικής Κίνας, στο Στενό του Ταιβάν και στο Πορθμό της Δανίας. Ωστόσο, παρατηρούνται και ανωμαλίες όπου η θερμοκρασία αυξάνεται σε ορισμένα σημεία. Από

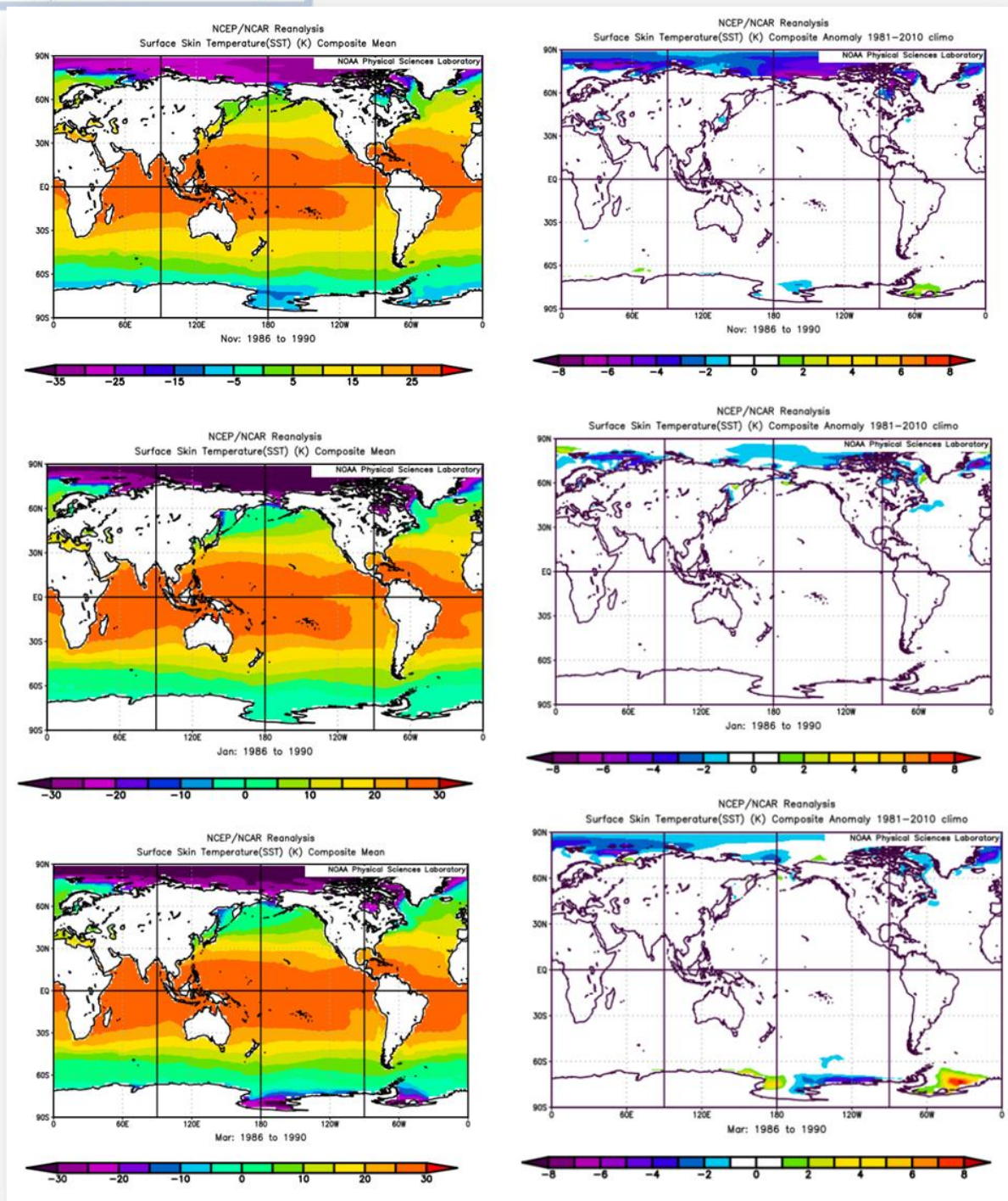


4°C έως 6°C πιο θερμές είναι οι θάλασσες Λάπτεφ, Κάρα, Τσούκτσι, Βερίγγειος, Μποφόρ και η θάλασσα της Γροιλανδίας.

MΑΡΤΙΟΣ

Για τον μήνα Μάρτιο αυτής της πενταετίας το εύρος των θερμοκρασιών κυμαίνεται από -35°C έως και 30°C. Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και σε ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού. Ενώ, οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 40°N και 30°B. Οι ανωμαλίες που παρατηρούνται αυτήν την πενταετία για αυτόν τον μήνα εμφανίζουν μια ιδιαιτερότητα σε σχέση με αυτές που συναντήθηκαν σε προηγούμενα έτη. Πιο συγκεκριμένα στον Αρκτικό Ωκεανό, γύρω από τη Σπιτσβέργη, παρατηρείται για πρώτη φορά αύξηση αντί για μείωση της θερμοκρασίας έως και 2°C. Επίσης αξιοσημείωτο είναι πως η θάλασσα Ρος, εμφανίζει την μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας έως και 5°C. Μια ακόμη ανωμαλία που εμφανίζει ενδιαφέρον είναι αυτή στην θάλασσα Γουέντελ όπου όλο το νότιο τμήμα της παρουσιάζει μεγάλη μείωση έως και 6°C ενώ όλο το βόρειο τμήμα της παρουσιάζει μεγάλη αύξηση έως και 4°C. Ψυχρότερες, από 3°C έως και 5°C, εμφανίζονται επίσης η θάλασσα Μπάρεντς, μικρά τμήματα στις θάλασσες Κάρα και Λάπτεφ, η θάλασσα Ανατολικής Σιβηρίας, ο Βοθνιακός Κόλπος στην Σκανδιναβία, η Οχοτσική Θάλασσα, ένα τμήμα στα Βορειοδυτικά Περάσματα και όλο το τμήμα που καλύπτει τον Κόλπο Μπάφιν, τον Πορθμό Ντέιβις, τον Πορθμό Χάντσον και την θάλασσα Λαμπραντόρ. Στο Νότιο Ημισφαίριο η θάλασσα Bellingshausen, η Παγονησίδα Άμερν και ένα πολύ μικρό τμήμα της θάλασσας Amundsen παρουσιάζουν μείωση της θερμοκρασίας έως και 3°C. Τέλος, αύξηση της θερμοκρασίας από 4°C έως 5°C παρουσιάζουν τμήματα στις θάλασσες Κάρα, Λάπτεφ, Βερίγγειος, Μποφόρ και Γροιλανδίας.

2.6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 1986 – 1990



Σχήμα 3.6. Μέσες Θερμοκρασίες της Θάλασσας και ανωμαλίες αυτών για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο της χειμερινής περιόδου. Για τη πενταετία 1986-1990.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

Οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) την πενταετία 1986-1990 για τον μήνα Νοέμβριο παίρνουν τιμές από -30°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 30°N και 30°B . Παρατηρείται πως με εξαίρεση τις θάλασσες Ρος και Γουέντελ στο Νότιο Ημισφαίριο, όλες οι ανωμαλίες συγκεντρώνονται στο Βόρειο Ημισφαίριο και πιο συγκεκριμένα πάνω από το όριο των 60°B . Ξεκινώντας από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά, αυτή η ελάττωση της θερμοκρασίας της θάλασσας από 2°C έως 8°C , καλύπτει όλο το γεωγραφικό πλάτος του Αρκτικού Ωκεανού συμπεριλαμβανομένων και όλων των θαλασσών που αποτελούν το νότιο όριο του. Πιο ψυχρές, έως και 8°C , παρατηρούνται οι θάλασσες Μπάρεντς, Τσούκτσι, Μποφόρ και Γροιλανδίας μαζί με τα Βορειοδυτικά Περάσματα, τον Κόλπο Μπάφιν και τον Πορθμό Χάντσον. Ενώ έως και 4°C παρατηρούνται οι θάλασσες Κάρα, Λάπτεφ, Ανατολικής Σιβηρίας και ο Κόλπος Χάντσον. Επίσης, μικρή ελάττωση της θερμοκρασίας έως και 2°C παρουσιάζουν ένα τμήμα της Μεσόγειος θάλασσας, το Αιγαίο Πέλαγος, η Μαύρη θάλασσα, η Κασπία θάλασσα και η Ιαπωνική θάλασσα. Τέλος, στο Νότιο Ημισφαίριο παρατηρείται πιο ψυχρή έως και 2°C η θάλασσα Ρος ενώ πιο θερμή έως και 3°C η θάλασσα Γουέντελ.

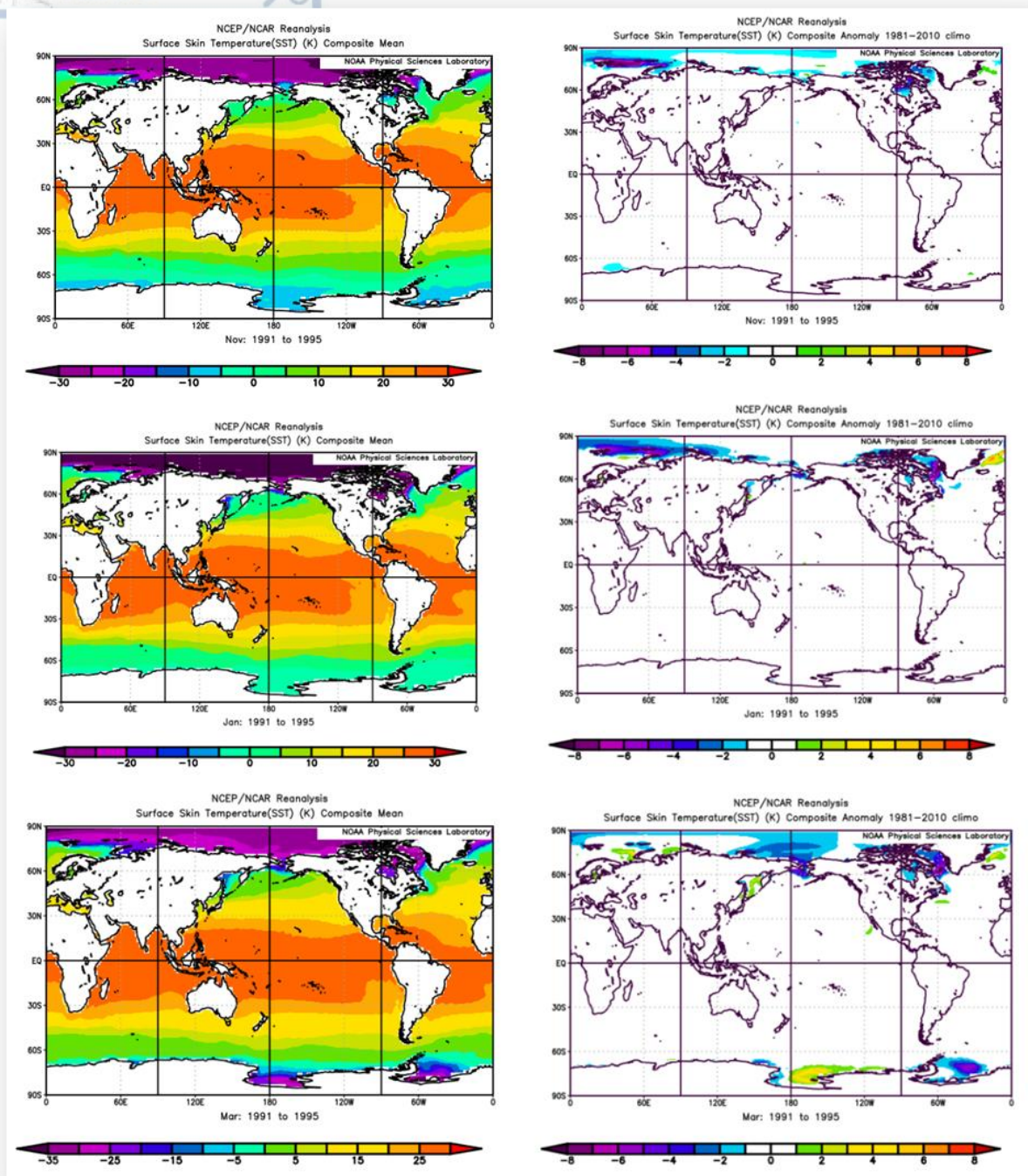
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

Για τον μήνα του Ιανουαρίου, οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται από -35°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Με μια πρώτη ματιά παρατηρείται πως ανωμαλίες διαμορφώνονται εξ ολοκλήρου στο Βόρειο Ημισφαίριο και οι διαφορές είναι ομαλές. Ψυχρότερες εμφανίζονται οι θάλασσες Μπάρεντς, Μποφόρ και Γροιλανδίας, οι οποίες είναι έως και 8°C πιο ψυχρές. Αμέσως μετά, έως και 4°C πιο ψυχρές παρατηρούνται η θάλασσα Κάρα και τα Βορειοδυτικά περάσματα. Επιπλέον, έως και 2°C πιο ψυχρές εμφανίζονται τμήματα στις θάλασσες Λάπτεφ, Ανατολικής Σιβηρίας, Τσούκτσι στον κόλπο Μπάφιν, Χάντσον και Σέντ Λόρενς, στην Οχοτσική θάλασσα, στον Βοθνιακό κόλπο και στη Μαύρη θάλασσα. Ωστόσο, υπάρχουν και μικρά τμήματα σε ορισμένες θάλασσες που παρουσιάζουν αύξηση της θερμοκρασίας έως και 3°C . Τέτοια τμήματα βρίσκονται στην Οχοτσική θάλασσα, στην Βερίγγειος θάλασσα, στην θάλασσα Λαμπραντόρ και στην θάλασσα της Γροιλανδίας.

ΜΑΡΤΙΟΣ

Για τον μήνα Μάρτιο των τελευταίων πέντε ετών αυτής της δεκαετίας, το εύρος των θερμοκρασιών κυμαίνεται από -35°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και σε ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού. Ενώ, οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 40°N και 30°B . Ξεκινώντας από το Νότιο Ημισφαίριο που εμφανίζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, παρατηρείται μια πολύ μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας στην θάλασσα Γουέντελ που φτάνει έως και 8°C περισσότερο από την μέση θερμοκρασία. Επιπλέον στην θάλασσα Ρος εντοπίζεται πως στο ανατολικό τμήμα της υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας έως και 5°C ενώ στο δυτικό τμήμα υπάρχει μείωση έως και 5°C η οποία μείωση συνεχίζεται και καλύπτει και τις θάλασσες Amundsen και Bellingshausen. Στο Βόρειο Ημισφαίριο παρατηρούνται κάποιες πιο συνηθισμένες συμπεριφορές στην διακύμανση της θερμοκρασίας. Στον Αρκτικό Ωκεανό από 0 έως και 120°A έχουμε μια μείωση της θερμοκρασίας από 2°C έως και 4°C . Πιο συγκεκριμένα η θάλασσα Μπάρεντς εμφανίζεται πιο ψυχρή έως και 6°C , καθώς και τμήμα της θάλασσας της Γροιλανδίας. Στις ίδιες θερμοκρασίες κυμαίνονται και οι θάλασσες Κάρα, Ανατολικής Σιβηρίας, τμήμα της Βερίγγειος, τα Βορειοδυτικά περάσματα, ο Κόλπος Μπάφιν, οι Πορθμοί Χάντσον και Σεντ Λόρενς, ο Πορθμός της Δανίας και ένα πολύ μικρό τμήμα της Οχοτσικής θάλασσας. Η μόνη αύξηση της θερμοκρασίας που παρατηρείται στο Βόρειο Ημισφαίριο σημειώνεται σε ένα πολύ μικρό τμήμα της θάλασσας Κάρα, σε αντίστοιχα μικρό τμήμα της Βερίγγειος θάλασσας και στην θάλασσα Μποφόρ, όπου η θερμοκρασία αυξάνεται έως και 2°C .

2.7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 1991 – 1995



Σχήμα 2.7. Μέσες Θερμοκρασίες της Θάλασσας και ανωμαλίες αυτών για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο της χειμερινής περιόδου. Για τη πενταετία 1991-1995.

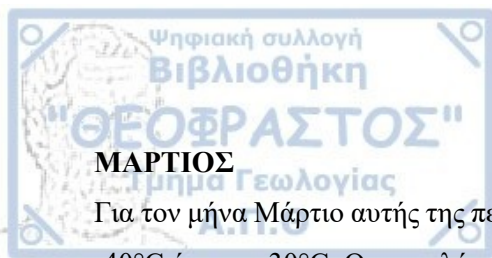
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

Οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) για αυτόν τον μήνα κυμαίνονται από -35°C έως και 30°C .

Οι χαμηλότερες εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 30°N και 30°B . Παρατηρείται πως στο Νότιο ημισφαίριο δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου ανωμαλίες ενώ οι περισσότερες συγκεντρώνονται στο Βόρειο, και πιο συγκεκριμένα στον Αρκτικό Ωκεανό ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη 0 και 160°E όπου η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη έως και 3°C από την μέση θερμοκρασία. Η μεγαλύτερη ελάττωση της θερμοκρασίας, έως και 8°C συναντάται στη θάλασσα Μπάρεντς και σε ένα τμήμα στον κόλπο Χάντσον. Επίσης, πιο ψυχρές έως και 3°C παρατηρούνται οι θάλασσες Κάρα, τμήματα της Λάπτεφ, Ανατολικής Σιβηρίας, Τσούκτσι, Μποφόρ, Βορειοδυτικά περάσματα, και ο κόλπος Μπάφιν που φτάνει έως και 5°C πιο ψυχρός. Ωστόσο, στην θάλασσα Τσούκτσι και στην θάλασσα της Γροιλανδίας υπάρχουν αντίστοιχα πολύ μικρά τμήματα, στα οποία η θερμοκρασία είναι αυξημένη έως και 2°C από την μέση θερμοκρασία. Τέλος, στον Νοτιότερο Ωκεανό υπάρχει ένα ψυχρότερο σημείο στις 30°S έως και 2°C και στην θάλασσα Γουέντελ ένα θερμότερο τμήμα έως και 2°C .

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

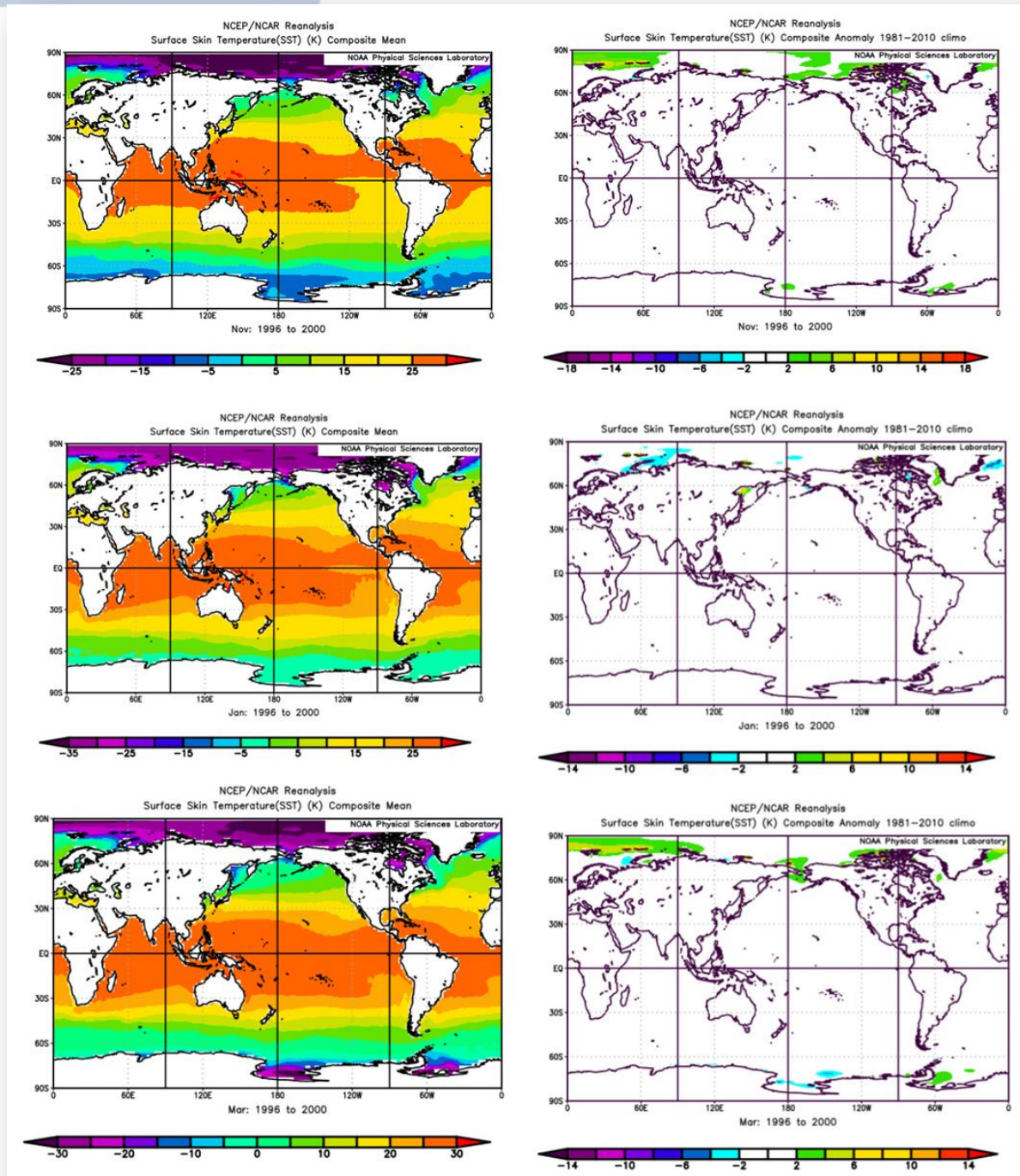
Το εύρος των θερμοκρασιών της θάλασσας (SST) για τον μήνα Ιανουάριο, κυμαίνεται από -35°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Παρατηρείται πως στο Νότιο ημισφαίριο δεν υπάρχουν καθόλου ανωμαλίες. Ξεκινώντας από τα Ανατολικά στον Αρκτικό Ωκεανό, όπως συνήθως η θερμοκρασία από 0 έως 90°E είναι χαμηλότερη από 2°C έως και 8°C . Ωστόσο η θάλασσα Μπάρεντς εμφανίζει μια μικρή αύξηση 2°C σε ένα πολύ μικρό τμήμα της. Η θάλασσες Κάρα, Λάπτεφ, Ανατολικής Σιβηρίας, Τσούκτσι και Βερίγγειος εμφανίζουν τμήματα τα οποία είναι πιο ψυχρά έως και 4°C . Στην Οχοτσκική θάλασσα υπάρχει ένα τμήμα στα βόρεια πιο ψυχρό κατά 2°C και ένα τμήμα πιο θερμό στα σύνορα με την θάλασσα της Ιαπωνίας, έως και 2°C . Στο ίδιο θερμοκρασιακό εύρος κυμαίνεται και ο Βοθνιακός κόλπος στα στενά της Σκανδιναβίας. Επίσης, πολύ ψυχρότερος έως και 7°C εμφανίζεται ο πορθμός Ντέιβις και εκατέρωθεν του μικρά τμήματα του κόλπου Μπάφιν και της θάλασσας Λαμπραντόρ. Πιο ψυχρά επιπλέον εμφανίζονται τα Βορειοδυτικά περάσματα και τμήμα του κόλπου Χάντσον, έως και 3°C . Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει η θάλασσα της Γροιλανδίας η οποία εμφανίζει μια μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας έως και 7°C .



ΜΑΡΤΙΟΣ

Για τον μήνα Μάρτιο αυτής της πενταετίας οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) κυμαίνονται από -40°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και σε ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού. Ενώ, οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Στον Αρκτικό Ωκεανό εμφανίζεται μια ανωμαλία όπου η θερμοκρασία είναι ελαττωμένη έως και 3°C . Αυτή η ανωμαλία εκτείνεται από το γεωγραφικό μήκος 0 έως 160°Δ , και ειδικότερα γίνεται πυκνότερη (σε γεωγραφικό πλάτος) ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη 160°Α και 160°Δ . Το ψυχρότερο σημείο εμφανίζεται να είναι ο πορθμός Ντέιβις, όπου η θερμοκρασία ελαττώνεται έως και 8°C και αμέσως μετά η θάλασσα Γουέντελ η οποία είναι ψυχρότερη έως 7°C . Επίσης, πιο ψυχρή έως και 5°C παρατηρείται ένα τμήμα της Βερίγγειος θάλασσα. Ωστόσο, στον Βοθνιακό κόλπο, σε τμήματα της θάλασσας Κάρα και Λάπτεφ, στην Οχοτσκική θάλασσα, στην θάλασσα της Γροιλανδίας και στην θάλασσα Ρος και Amundsen παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας από 2°C έως 5°C . Τέλος παρόλο που η θάλασσα Ρος στο μεγαλύτερο τμήμα της εμφανίζεται πιο θερμή, υπάρχει ένα τμήμα της στα ανατολικά που είναι ψυχρότερο έως και 4°C .

2.8. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 1996 – 2000



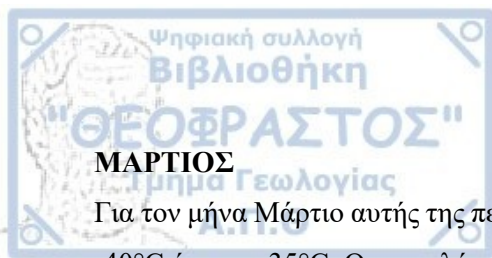
Σχήμα 2.8. Μέσες Θερμοκρασίες της Θάλασσας και ανωμαλίες αυτών για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο της χειμερινής περιόδου. Για τη πενταετία 1996-2000.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

Οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) την πενταετία 1996-2000 για τον μήνα Νοέμβριο παίρνουν τιμές από -30°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 25°N και 30°B . Ειδικότερα στους 35°C φτάνει η θάλασσα Τιμόρ και η θάλασσα Μπίσμαρ, οι οποίες βρίσκονται πάνω από την Αυστραλία και την Νέα Γουινέα αντίστοιχα, ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη 120°A και 180° . Επικρατούν, σχεδόν εξ ολοκλήρου, ανωμαλίες όπου η θερμοκρασία φαίνεται αυξημένη, με μόνες εξαιρέσεις ένα πολύ μικρό τμήμα στα σύνορα των θαλασσών Μπάρεντς και Κάρα και ένα αντίστοιχα πολύ μικρό τμήμα στον κόλπο Μπάφιν, τα οποία είναι πιο ψυχρά έως και 4°C . Ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη 0° και 90° , στο βόρειο τμήμα της θάλασσας Μπάρεντς και πιο βόρεια παρατηρείται αύξηση από 6°C έως και 10°C . Επίσης, σε πολύ μικρά σημεία στις θάλασσες Λάπτεφ και Ανατολικής Σιβηρίας παρατηρούνται αυξήσεις ίδιου θερμοκρασιακού εύρους. Έως και 6°C πιο θερμές είναι και η θάλασσα Τσούκτσι, Μποφόρ, τα βορειοδυτικά περάσματα, ο κόλπος Χάντσον και ένα τμήμα της θάλασσας της Γροιλανδίας. Τέλος, πάλι έως και 6°C πιο θερμά, εμφανίζονται μικρά τμήματα στις θάλασσες Ρος και Γουέντελ στον νότο.

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

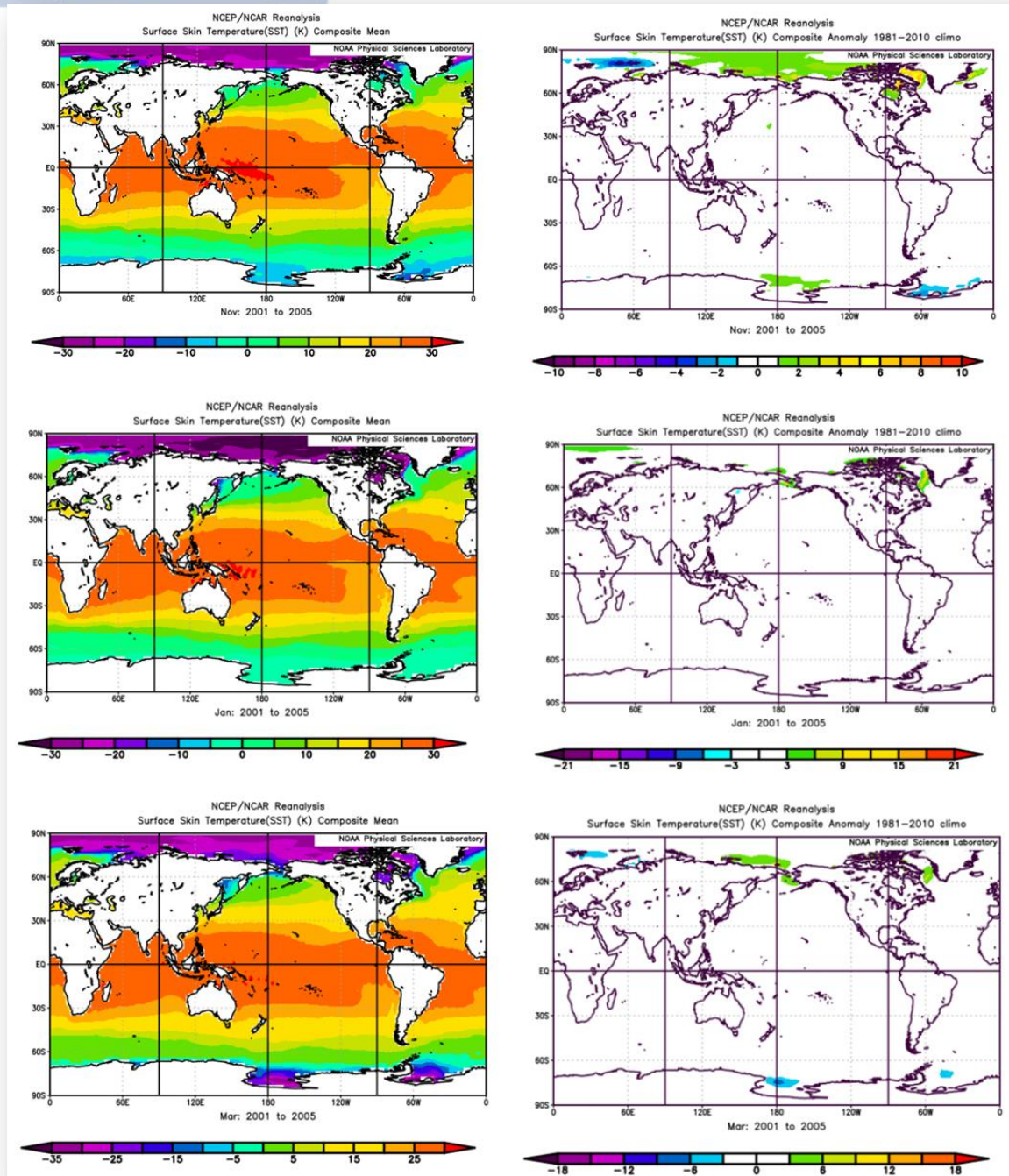
Σε αυτόν τον μήνα, της ίδιας πενταετίας, το εύρος των θερμοκρασιών της θάλασσας (SST) κυμαίνεται από -40°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 30°N και 30°B . Ειδικότερα, πολύ θερμά, έως και 35°C , παρατηρούνται τμήματα στον κόλπο της Καρπενταρίας και στις θάλασσες Σόλομον, Μπίσμαρκ, Αραφούρα και Τιμόρ, τα οποία βρίσκονται ανάμεσα και πάνω από την Αυστραλία και Νέα Γουινέα. Οι ανωμαλίες αυτού του μήνα περιορίζονται στο Βόρειο Ημισφαίριο. Πιο συγκεκριμένα, έως και 4°C , πιο ψυχρό παρατηρείται ένα τμήμα που ξαπλώνεται από την θάλασσα Μπάρεντς και καταλήγει βορειοανατολικά της θάλασσας Κάρα. Επίσης, πιο ψυχρό από 2°C έως 6°C , εμφανίζεται ένα πολύ μικρό σημείο στην Βερίγγειος θάλασσα, στα βορειοδυτικά περάσματα και στην θάλασσα της Γροιλανδίας. Τέλος, μικρή αύξηση, από 4°C έως 8°C , εμφανίζει η Οχοτσική θάλασσα, ο Πορθμός Ντέιβις, και πολύ μικρά τμήματα στα βορειοδυτικά περάσματα και στην θάλασσα ανατολικής Σιβηρίας.



ΜΑΡΤΙΟΣ

Για τον μήνα Μάρτιο αυτής της πενταετίας οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) κυμαίνονται από -40°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και σε ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού. Ενώ, οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Ειδικότερα στον Κόλπο της Καρπενταρίας, και στην θάλασσα Μπίσμαρ η θερμοκρασία φτάνει στο υψηλότερο της όριο των 35°C . Ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη 0° και 120°A ο Αρκτικός Ωκεανός εμφανίζει μια αύξηση της θερμοκρασίας έως και 10°C συμπεριλαμβάνοντας και το βόρειο τμήμα της θάλασσας Κάρα. Επίσης η θάλασσα Τσούκτσι, η Βερίγγειος θάλασσα, τα βορειοδυτικά περάσματα και τμήματα της θάλασσας της Γροιλανδίας και του πορθμού Ντέιβις, εμφανίζονται από 4°C έως 10°C . Η θάλασσα Μπάρεντς ωστόσο, παρατηρείται πιο ψυχρή έως και 4°C . Τέλος, στο νότιο ημισφαίριο, η θάλασσα Ρος παρατηρείται πιο ψυχρή έως και 6°C ενώ η θάλασσα Γουέντελ παρατηρείται πιο θερμή έως και 4°C .

2.9. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 2001 - 2005



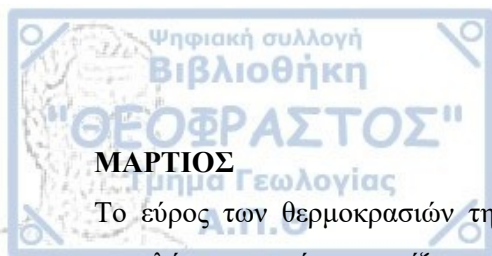
Σχήμα 2.9. Μέσες Θερμοκρασίες της Θάλασσας και ανωμαλίες αυτών για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο της χειμερινής περιόδου. Για τη πενταετία 2001-2005.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

Για την πενταετία 2001-2005, τον μήνα Νοέμβριο οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) παίρνουν τιμές από -35°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 30°N και 35°B . Ειδικότερα, ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη 120°A και 180° και στο γεωγραφικό πλάτος του Ισημερινού, παρατηρείται η υψηλότερη θερμοκρασία της πενταετίας, η οποία φτάνει τους 35°C . Σε αυτό το τμήμα του χάρτη ανήκουν η θάλασσα Μπίσμαρκ, ο κόλπος της Καρπενταρίας και η θάλασσα Τιμόρ. Ανωμαλίες παρατηρούνται εξίσου στο βόρειο και το νότιο ημισφαίριο. Ξεκινώντας από βόρεια, στον Αρκτικό Ωκεανό, πάνω από την θάλασσα Μπάρεντς υπάρχει μείωση έως και 4°C . Από το γεωγραφικό μήκος 90°A έως 90°Δ , ο Αρκτικός Ωκεανός παρατηρείται έως και 3°C πιο θερμός, περιλαμβάνοντας τις θάλασσες Λάπτεφ, ανατολικής Σιβηρίας, Τσούκτσι, Μποφόρ, τα βορειοδυτικά περάσματα και τον κόλπο Χάντσον. Επίσης, στο ίδιο θερμοκρασιακό εύρος κυμαίνονται και η θάλασσες Κάρα και Γροιλανδίας. Θερμότερος, έως και 8°C , εμφανίζεται ο κόλπος Μπάφιν. Τέλος, στο νότιο ημισφαίριο, η θάλασσα Ρος εμφανίζει θερμοκρασιακή αύξηση έως και 2°C , ενώ η θάλασσα Γουέντελ θερμοκρασιακή μείωση έως και 3°C .

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

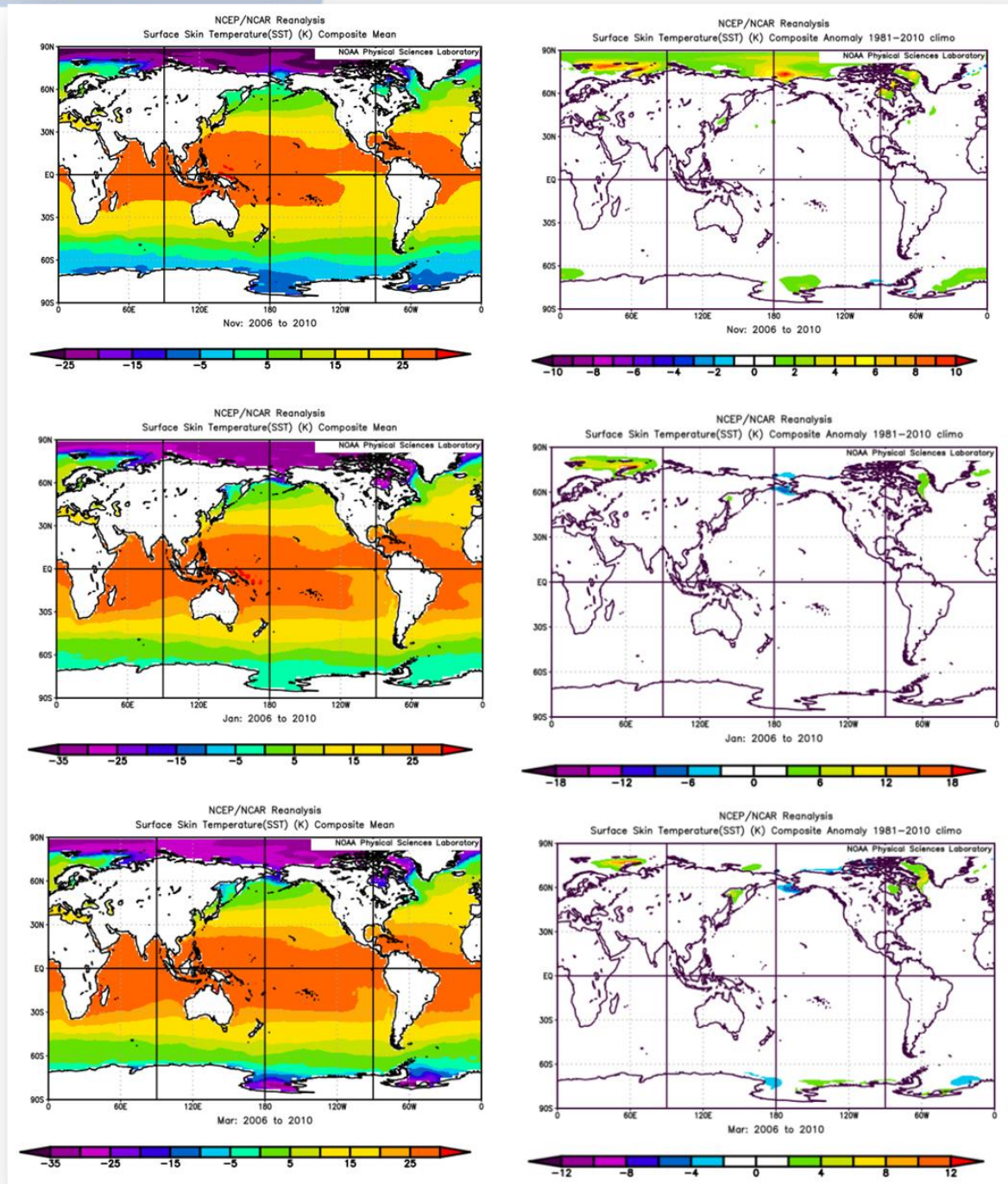
Τον Ιανουάριο το εύρος των θερμοκρασιών της θάλασσας (SST) κυμαίνεται από -35°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Όπως και στον προηγούμενο μήνα, η θερμότερη περιοχή του χάρτη εμφανίζεται ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη 120°A και 180° και στο γεωγραφικό πλάτος του Ισημερινού. Σε αυτό το τμήμα του χάρτη ανήκουν η θάλασσα Μπίσμαρκ, ο κόλπος της Καρπενταρίας και η θάλασσα Τιμόρ. Διαφορές παρατηρούνται εξ ολοκλήρου στο Βόρειο Ημισφαίριο. Η μόνη ανωμαλία που παρατηρείται ελάττωση της θερμοκρασίας βρίσκεται σε ένα πολύ μικρό τμήμα της Οχοτσικής θάλασσας. Θερμοκρασιακή αύξηση παρατηρείται στον Αρκτικό Ωκεανό ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη 0° και 60°A , έως και 4°C . Επίσης, από 4°C έως και 9°C , παρατηρούνται τμήματα στη Βερίγγειος θάλασσα, στη θάλασσα ανατολικής Σιβηρίας, στη θάλασσα Μποφόρ, στα βορειοδυτικά περάσματα, και στον κόλπο Ντέιβις.



ΜΑΡΤΙΟΣ

Το εύρος των θερμοκρασιών της θάλασσας (SST) κυμαίνεται από -40°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και σε ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού. Ενώ, οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Το τμήμα με τα θερμότερα σημεία παρατηρείται στον Ισημερινό, με γεωγραφικές συντεταγμένες 120°A και 180° , περιλαμβάνοντας τον κόλπο Καρπενταρίας, την θάλασσα Σόλομον και την θάλασσα Μπίσμαρκ. Οι ανωμαλίες είναι περιορισμένες αλλά παρατηρούνται και στα ημισφαίριο. Στα βόρεια και συγκεκριμένα στην θάλασσα Μπάρεντς παρατηρείται θερμοκρασιακή ελάττωση έως και 6°C , όπως και στην θάλασσα Κάρα. Αντίθετα, στην θάλασσα της ανατολικής Σιβηρίας, Τσούκτσι και Βερίγγειος, παρατηρείται θερμοκρασιακή αύξηση έως και 6°C . Επίσης ο πορθμός Ντέιβις εμφανίζει αύξηση της θερμοκρασίας έως και 9°C . Τέλος, στα νότια, και ειδικότερα στις θάλασσες Ρος και Γουνέντελ παρατηρείται ελάττωση της θερμοκρασίας έως και 9°C .

2.10. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 2006 - 2010



Σχήμα 2.10. Μέσες Θερμοκρασίες της Θάλασσας και ανωμαλίες αυτών για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο της χειμερινής περιόδου. Για τη πενταετία 2006-2010.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

Τον μήνα Νοέμβριο, για την πενταετία 2006-2010 οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) παίρνουν τιμές από -30°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 25°N και 30°B . Ειδικότερα, τα θερμότερα σημεία του χάρτη, εμφανίζονται στις θάλασσες Τιμόρ και Μπίσμαρκ. Παρατηρείται, πως την συγκεκριμένη πενταετία οι θερμοκρασιακές ανωμαλίες δείχνουν πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι παρατηρήθηκαν σε προηγούμενες πενταετίες. Πιο συγκεκριμένα όλος ο Αρκτικός Ωκεανός φαίνεται θερμότερος έως και 10°C στις θάλασσες Μπάρεντς, Κάρα και Τσουόκσι. Επίσης, οι θάλασσες Λάπτεφ, ανατολικής Σιβηρίας και Μποφόρ καθώς και ο κόλπος Χάντσον και Μπάφιν, παρατηρούνται θερμότεροι από 3°C έως και 7°C . Επίσης θερμότερα, έως και 2°C , παρατηρούνται και κάποια τμήματα στη Μαύρη και στην Οχοτσική θάλασσα. Στο βόρειο ημισφαίριο, μόνο η θάλασσα της Γροιλανδίας εμφανίζεται πιο ψυχρή, σε κάποια τμήματα της, έως και 4°C . Τέλος, στο νότιο ημισφαίριο οι θάλασσες Γουέντελ και Ρος παρατηρούνται πιο θερμές έως και 3°C ενώ η θάλασσα Bellingshausen καθώς και ένα πολύ μικρό τμήμα της θάλασσας Γουέντελ εμφανίζονται πιο ψυχρές έως και 3°C .

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

Το εύρος των θερμοκρασιών της θάλασσας (SST) για τον μήνα Ιανουάριο, κυμαίνεται από -40°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Πιο συγκεκριμένα, τα θερμότερα τμήματα του χάρτη εμφανίζονται στις θάλασσες Μπίσμαρκ, Σόλομον και πάνω από αυτές, καθώς και στον κόλπο Καρπενταρίας και στις θάλασσες Αραφούρα και Τιμόρ. Οι θερμοκρασιακές ανωμαλίες συγκεντρώνονται στο βόρειο ημισφαίριο. Ειδικότερα, στα σύνορα από τις θάλασσες Μπάρεντς και Κάρα εμφανίζεται η μέχρι στιγμής μεγαλύτερη τιμή που παρατηρείται στους χάρτες ανωμαλιών και φτάνει έως και 18°C . Ωστόσο, οι θάλασσες Τσουόκσι και Βερίγγειος εμφανίζονται ψυχρότερες έως και 9°C . Τέλος, η Οχοτσική θάλασσα, ένα πολύ μικρό τμήμα στην θάλασσα της Γροιλανδίας και ένα τμήμα που απλώνεται από τον κόλπο Μπάφιν έως την θάλασσα Λαμπραντόρ παρατηρούνται θερμότερα έως και 6°C .

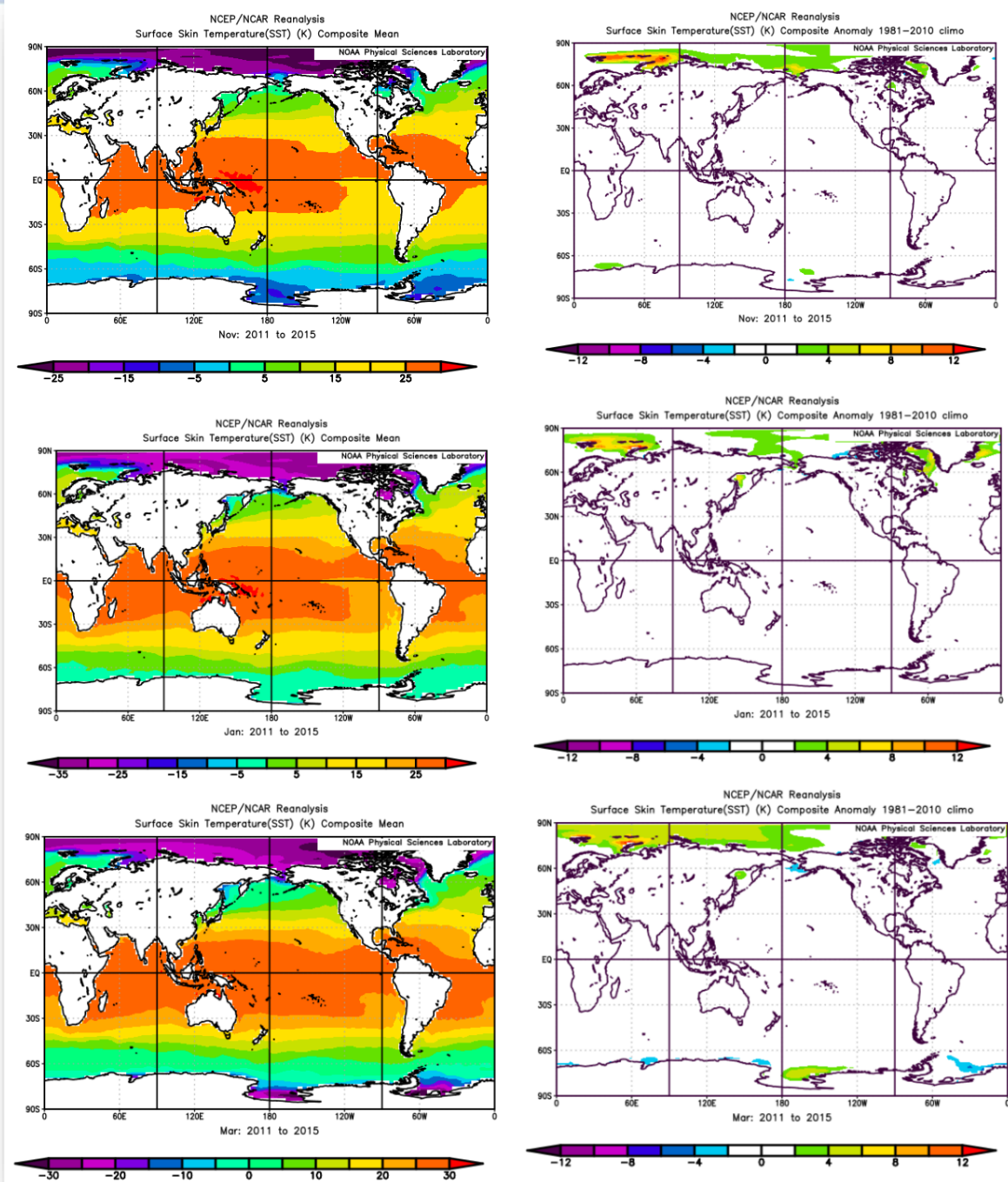
ΜΑΡΤΙΟΣ

Για τον μήνα Μάρτιο οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από -40°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και σε ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού. Ενώ, οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Ειδικότερα, στις θάλασσες Μπίσμαρκ και Τιμόρ, καθώς και στον κόλπο Καρπενταρίας, εμφανίζονται τα θερμότερα τμήματα του χάρτη που φτάνουν έως και 35°C . Στον



χάρτη ανωμαλιών παρατηρείται πως η θάλασσα Μπάρεντς εξακολουθεί να εμφανίζει υψηλές θερμοκρασίες αυτή την πενταετία. Συγκεκριμένα, για τον μήνα Μάρτιο η θερμοκρασία της φτάνει τους 12°C. Επίσης η θάλασσα ανατολικής Σιβηρίας, η Οχοτσκική, οι κόλποι Μπάφιν και Χάντσον, ο πορθμός Ντέιβις και ένα πολύ μικρό τμήμα στην θάλασσα της Γροιλανδίας, παρατηρούνται πιο θερμές από 4°C έως 8°C. Από την άλλη, η Βερίγγειος θάλασσα καθώς και η θάλασσα Μποφόρ και τα βορειοδυτικά περάσματα, εμφανίζονται πιο ψυχρά έως και 8°C. Στο νότιο ημισφαίριο, η θάλασσα Ρος στο ανατολικό της τμήμα είναι ψυχρότερη έως και 4°C ενώ στο δυτικό της τμήμα είναι θερμότερη έως και 4°C. Επίσης, οι θάλασσες Amundsen και Bellingshausen εμφανίζονται θερμότερες έως και 4°C. Τέλος η θάλασσα Γουέντελ στο νότιο τμήμα της παρατηρούνται θερμότερα έως και 4°C σημεία ενώ στο βορειοδυτικό τμήμα της παρατηρείται ένα ψυχρότερο, έως και 6°C, σημείο.

2.11. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 2011 – 2015



Σχήμα 2.11. Μέσες Θερμοκρασίες της Θάλασσας και ανωμαλίες αυτών για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο της χειμερινής περιόδου. Για τη πενταετία 2011-2015.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

Οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) για αυτόν τον μήνα κυμαίνονται από -30°C έως και 35°C .

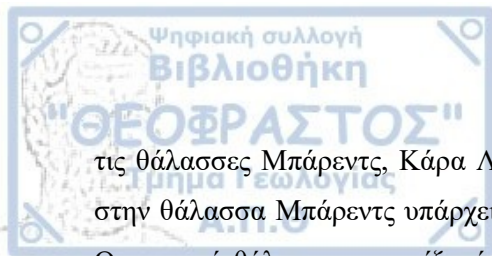
Οι χαμηλότερες εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 25°N και 30°B . Μπαίνοντας στην τελευταία δεκαετία παρατηρείται πως το θερμότερο τμήμα του χάρτη εξαπλώνεται ολοένα και περισσότερο. Ειδικότερα, πάνω και κάτω από τον Ισημερινό ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη 120°A και 180° εμφανίζεται ένα μεγάλο τμήμα που η θερμοκρασία φτάνει την υψηλότερη της τιμή, δηλαδή έως και 35° . Παρατηρώντας τον χάρτη ανωμαλιών, η θάλασσα Μπάρεντς και Κάρα εμφανίζονται πολύ θερμότερες έως και 12°C . Επίσης, οι θάλασσες Λάπτεφ, ανατολικής Σιβηρίας, Τσούκτσι, Μποφόρ και οι κόλποι Χάντσον και Μπάφιν, παρατηρούνται θερμότεροι από 4°C έως 8°C . Η θάλασσα της Γροιλανδίας εμφανίζει δύο πολύ μικρά τμήματα τα οποία είναι 4°C ψυχρότερο και θερμότερο αντίστοιχα. Τέλος, στο νότιο ημισφαίριο, η θάλασσα Ρος όμοια με την θάλασσα Γροιλανδίας εμφανίζει δύο διαφορετικά μικρά τμήματα.

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

Το εύρος των θερμοκρασιών της θάλασσας (SST) για τον μήνα Ιανουάριο, κυμαίνεται από -40°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Συγκεκριμένα, στις θάλασσες Τιμόρ, Αραφούρα, Μπίσμαρκ, Σόλομον και στον κόλπο Καρπενταρίας, συγκεντρώνονται τα θερμότερα τμήματα του χάρτη. Για αυτόν τον μήνα, οι θερμοκρασιακές ανωμαλίες συγκεντρώνονται στο βόρειο ημισφαίριο. Ειδικότερα, η θάλασσα Μπάρεντς παρατηρείται θερμότερη έως και 12°C , ενώ η Οχοτσική, η θάλασσα ανατολικής Σιβηρίας, η Τσούκτσι, η θάλασσα της Γροιλανδίας, ο κόλπος Μπάφιν, ο πορθμός Ντέιβις και ένα μικρό τμήματα της θάλασσας Λαμπραντόρ, παρατηρούνται πιο θερμά από 4°C έως και 8°C . Θερμοκρασιακές ανωμαλίες που δηλώνουν ψυχρότερες θάλασσες παρατηρούνται στην Βερίγγειος και στα βορειοδυτικά περάσματα, που είναι ψυχρότερα έως και 6°C .

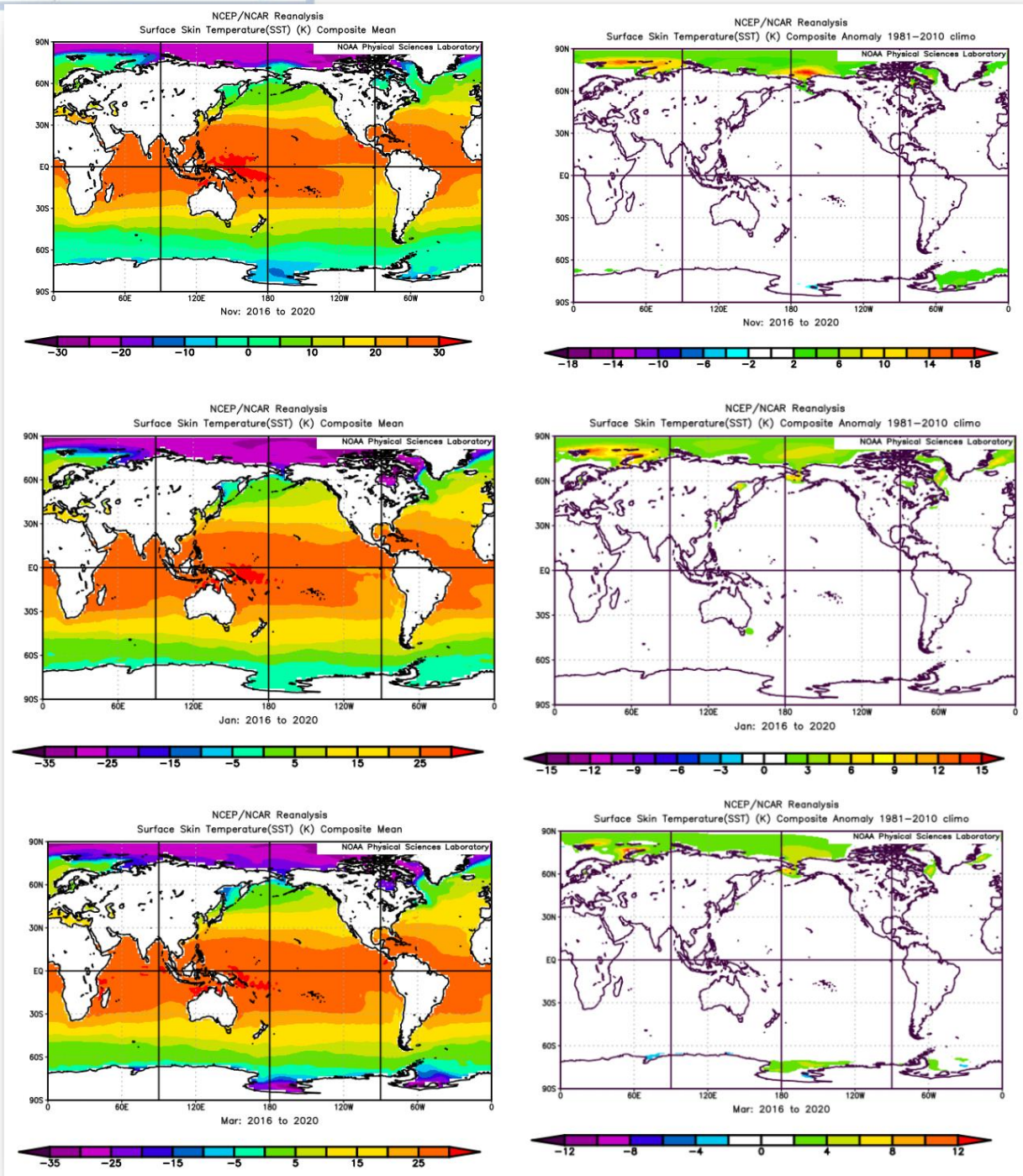
ΜΑΡΤΙΟΣ

Για τον μήνα Μάρτιο αυτής της πενταετίας οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) κυμαίνονται από -40°C έως και 30°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και σε ένα τμήμα του Νοτιότερου Ωκεανού. Ενώ, οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Πολύ μικρά τμήματα μέγιστης θερμοκρασίας εμφανίζονται στις θάλασσες Μπίσμαρκ, Τιμόρ και στον κόλπο Καρπενταρίας. Στον χάρτη ανωμαλιών παρατηρείται μια μεγάλη έκταση στον Αρκτικό Ωκεανό, ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη 0° και 120°Δ , όπου η θερμοκρασία είναι έως και 6°C , συμπεριλαμβανομένων



τις θάλασσες Μπάρεντς, Κάρα Λάπτεφ ανατολικής Σιβηρίας και Τσούκτσι. Πιο συγκεκριμένα, στην θάλασσα Μπάρεντς υπάρχει ένα τμήμα το οποίο είναι θερμότερο έως και 12°C. Επίσης, η Οχοτσική θάλασσα εμφανίζει ένα θερμότερο τμήμα έως και 6°C πιο θερμό, ενώ η Βερίγγειος θάλασσα εμφανίζει ένα τμήμα έως και 4°C ψυχρότερο. Επιπλέον, πολύ μικρά τμήματα στην θάλασσα Μποφόρ, στα βορειοδυτικά περάσματα και στον πορθμό Ντέιβις εμφανίζονται πιο ψυχρά έως και 8°C, ενώ στον κόλπο Μπάφιν και στην θάλασσα της Γροιλανδίας υπάρχουν θερμότερα τμήματα έως και 8°C. Τέλος, στο νότιο ημισφαίριο η θάλασσα Ρος στο μεγαλύτερο κομμάτι της εμφανίζεται θερμότερη έως και 8°C, ενώ η θάλασσα Γουέντελ εμφανίζεται ψυχρότερη έως και 8°C.

2.12. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 2016 - 2020



Σχήμα 2.12. Μέσες Θερμοκρασίες της Θάλασσας και ανωμαλίες αυτών για τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο της χειμερινής περιόδου. Για τη πενταετία 2016-2020.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

Οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) για αυτόν τον μήνα κυμαίνονται από -35°C έως και 35°C .

Οι χαμηλότερες εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 30°N και 35°B . Πιο συγκεκριμένα ανάμεσα στα γεωγραφικά μήκη 120°A και 180° παρατηρείται πως οι μέγιστες θερμοκρασίες έχουν εξαπλωθεί περισσότερο από κάθε άλλη πενταετία για αυτόν τον μήνα, και πέρα από τις θάλασσες Τιμόρ και Μπίσμαρκ, καλύπτει ένα σημαντικό τμήμα του Ειρηνικού Ωκεανού. Στον χάρτη ανωμαλιών, οι θάλασσες Μπάρεντς και Τσούκτσι, εμφανίζονται οι πιο θερμές έως και 16°C . Επίσης η θάλασσα Κάρα είναι πιο θερμή έως και 12°C . Πιο γενικά ολόκληρος ο Αρκτικός Ωκεανός παρατηρείται πιο θερμός από 2°C έως και 6°C , συμπεριλαμβάνοντας τις θάλασσες Λάπτεφ, ανατολικής Σιβηρίας, Βερίγγειος, Μποφόρ, τα βορειοδυτικά περάσματα, τον κόλπο Μπάφιν και την θάλασσα της Γροιλανδίας. Τέλος, στο νότιο ημισφαίριο, η θάλασσα Ρος εμφανίζει ένα πολύ μικρό τμήμα το οποίο είναι ψυχρότερο έως και 4°C , ενώ ολόκληρη η θάλασσα Γουνέντελ παρατηρείται πιο θερμή έως και 4°C .

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

Το εύρος των θερμοκρασιών της θάλασσας (SST) για τον μήνα Ιανουάριο, κυμαίνεται από -35°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και οι υψηλότερες εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B . Ειδικότερα, οι μέγιστες θερμοκρασίες εμφανίζονται κυρίως στις θάλασσες Μπίσμαρκ και Σόλομον, καθώς και σε ένα μεγάλο τμήμα βορειοδυτικά από αυτές. Επίσης στις θάλασσες Τιμόρ, Αραφούρα και στον κόλπο Καρπενταρίας. Για πρώτη φορά παρατηρείται θερμοκρασιακή ανωμαλία στην θάλασσα της Τασμανίας νοτιοδυτικά της Αυστραλίας, η οποία εμφανίζεται έως και 3°C πιο θερμή. Επίσης, πολύ μικρά τμήματα στην Ιαπωνική θάλασσα και στην θάλασσα ανατολικής Κίνας εμφανίζονται θερμότερα έως και 4°C . Επιπλέον όπως το συναντήσαμε και στις τελευταίες πενταετίες έτσι κι εδώ, ολόκληρος ο Αρκτικός Ωκεανός παρατηρείται θερμότερος από 3°C έως 6°C . Πιο θερμές έως και 15°C εμφανίζονται οι θάλασσες Μπάρεντς και Κάρα, ενώ οι θάλασσες Βερίγγειος, Οχοτσική, Γροιλανδίας και ο πορθμός Ντύνβι, παρατηρούνται από 9°C έως 12°C . Επιπλέον, οι θάλασσες Λάπτεφ, ανατολικής Σιβηρίας, Τσούκτσι, Μποφόρ, Λαμπραντόρ και οι κόλποι Μπάφιν, Χάντσον και Σέντ Λόρεντς εμφανίζονται έως και 3°C . Τέλος ο Βοθνιακός κόλπος παρατηρείται θερμότερος έως και 3°C .

ΜΑΡΤΙΟΣ

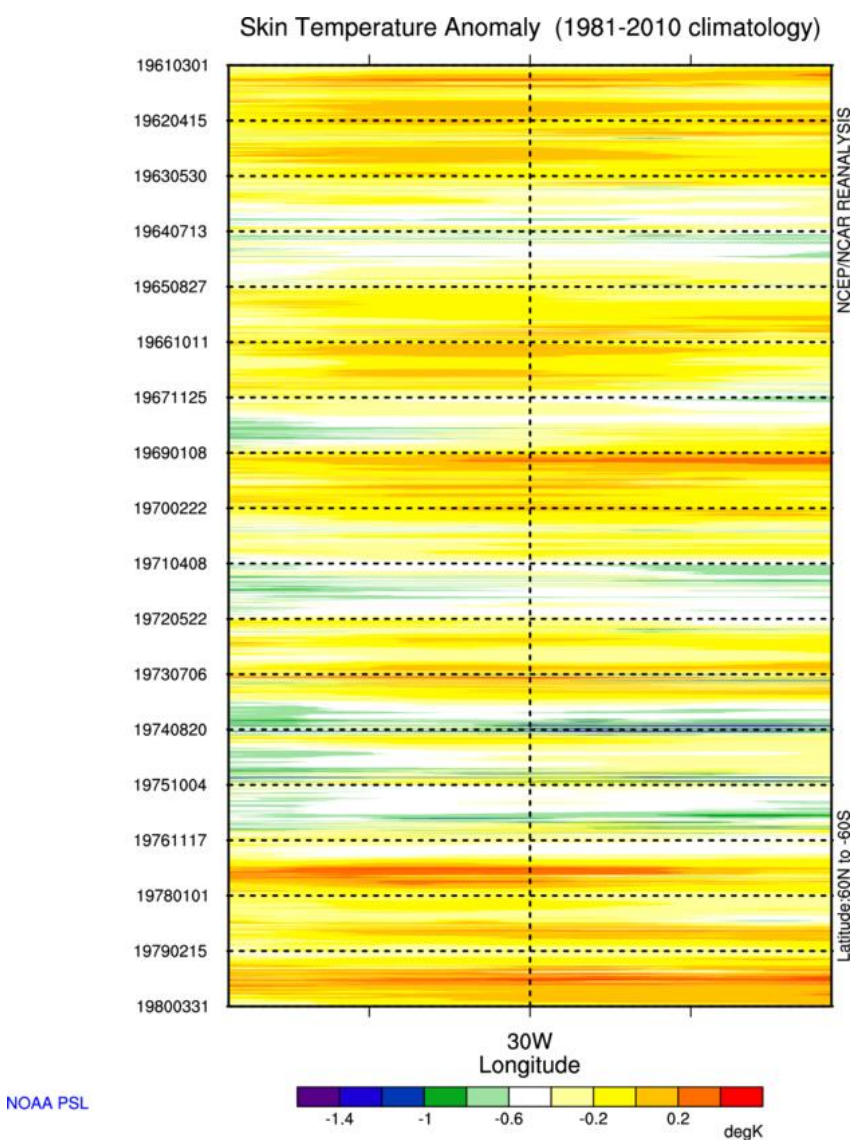
Για τον μήνα Μάρτιο αυτής της πενταετίας οι θερμοκρασίες της θάλασσας (SST) κυμαίνονται από -30°C έως και 35°C . Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στον Αρκτικό Ωκεανό και σε ένα τμήμα

του Νοτιότερου Ωκεανού. Ενώ, οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται, σε όλο το μήκος του Ισημερινού, ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη των 35°N και 30°B. Στον τελευταίο μήνα, της τελευταίες πενταετίας, παρατηρούνται σημεία του χάρτη με μέγιστες θερμοκρασίες τα οποία δεν έχουμε ξανά συναντήσει. Ξεκινώντας από τα ανατολικά, το κανάλι της Μοζαμβίκης και βόρεια από αυτό, η θάλασσα Λακκαβίδων, οι θάλασσες Τιμόρ, Αραφούρα Μπίσμαρκ, Σόλομον, ο κόλπος Καρπενταρίας και ένα τμήμα του νότιου Ειρηνικού Ωκεανού, είναι τα σημεία στα οποία συναντάμε τις μέγιστες θερμοκρασίες της πενταετίας. Στον χάρτη θερμοκρασιακών ανωμαλιών, παρατηρείται πως ο Αρκτικός από τις 0° έως και 120°Δ εμφανίζεται θερμότερος έως και 6°C, συμπεριλαμβάνοντας τις θάλασσες Κάρα Λάπτεφ, ανατολικής Σιβηρίας και Μποφόρ. Ωστόσο η θάλασσα Μπάρεντς, όπως συνήθως, είναι θερμότερη έως και 14°C. Επίσης, η Βερίγγειος θάλασσα παρατηρείται έως και 10°C πιο θερμή και τμήμα της θάλασσας της Γροιλανδίας μαζί με τον πορθμό Ντέιβις και τμήμα της θάλασσας Λαμπραντόρ, εμφανίζονται θερμότερα έως και 8°C. Επιπλέον, ο Βοθνιακός κόλπος στην Σκανδιναβία είναι θερμότερος έως και 4°C. Στο νότιο ημισφαίριο, η θάλασσα Ρος στο μεγαλύτερο τμήμα της παρατηρείται θερμότερη έως και 6°C, ενώ υπάρχει ένα πολύ μικρό τμήμα της στα νοτιοδυτικά το οποίο είναι ψυχρότερο έως και 6°C. Τέλος η θάλασσα Γουέντελ εμφανίζει ένα θερμότερο έως και 4°C τμήμα και ένα ψυχρότερο έως και 4°C τμήμα.

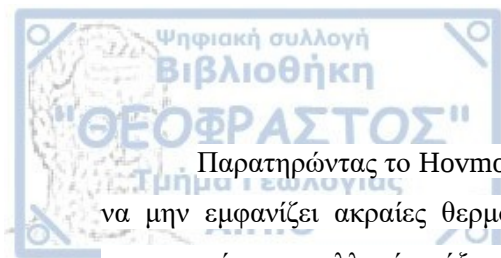
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ HONMOLLERS

Παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση των θερμοκρασιακών ανωμαλιών της επιφάνειας της θάλασσας χρησιμοποιώντας Honmollers (χρονοδιαγράμμάτα). Για κάθε εικοσαετία από το 1960 έως το 2020 αναλύεται η χειμερινή περίοδος σε ετήσια βάση. Αυτή τη φορά η ανάλυση γίνεται για συγκεκριμένο γεωγραφικό μήκος με αποτέλεσμα να έχουμε δύο χρονοδιαγράμματα για τον Ατλαντικό Ωκεανό ($30^{\circ}\Delta$ γ.μ.) και για τον Ειρηνικό Ωκεανό (180° γ.μ.) αντίστοιχα.

3.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΣΑΕΤΙΑΣ 1961 – 1980, ΑΤΛΑΝΤΙΚΟΣ ΩΚΕΑΝΟΣ

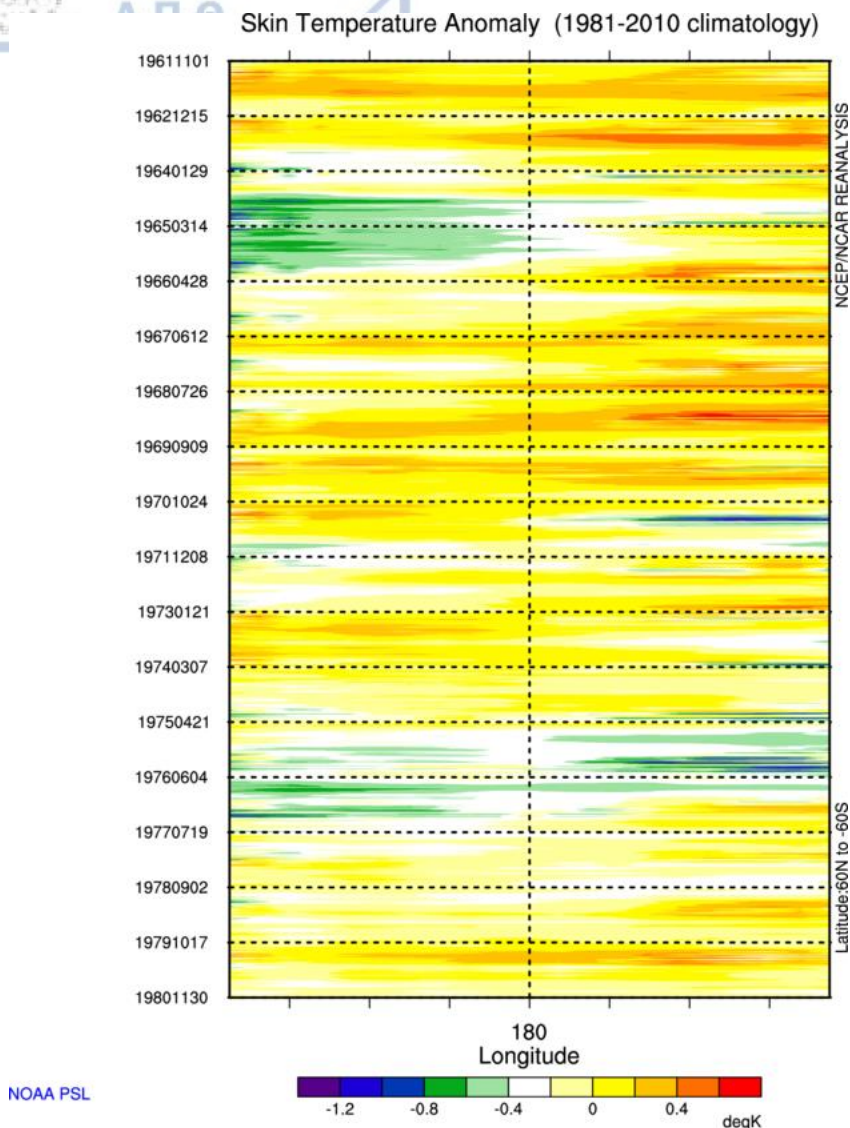


Σχήμα 3.1. Χρονοδιάγραμμα θερμοκρασιακών ανωμαλιών. Ατλαντικός Ωκεανός, χειμερινή περίοδος 1961-1980.



Παρατηρώντας το Hovnmoller για την χειμερινή περίοδο, ο Ατλαντικός Ωκεανός φαίνεται να μην εμφανίζει ακραίες θερμοκρασιακές ανωμαλίες. Ειδικότερα στα πρώτα δέκα χρόνια, παρατηρούνται εναλλαγές αύξηση και ελάττωσης της θερμοκρασίας έως και 0.2°C και 0.8°C αντίστοιχα. Ωστόσο το έτος 1969, στον ανατολικό Ατλαντικό, εμφανίζεται μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας έως και 0.4°C . Στην συνέχεια, η επόμενη πενταετία φαίνεται ψυχρότερη και με εξαίρεση τα έτη 1972 και 1973, ο Ωκεανός είναι ψυχρότερος έως 1°C . Τέλος, τα τελευταία πέντε έτη της εικοσαετίας, η θερμοκρασία εμφανίζει μεγαλύτερη αύξηση και σε μερικά χρονικά σημεία, φτάνει έως και 0.8°C .

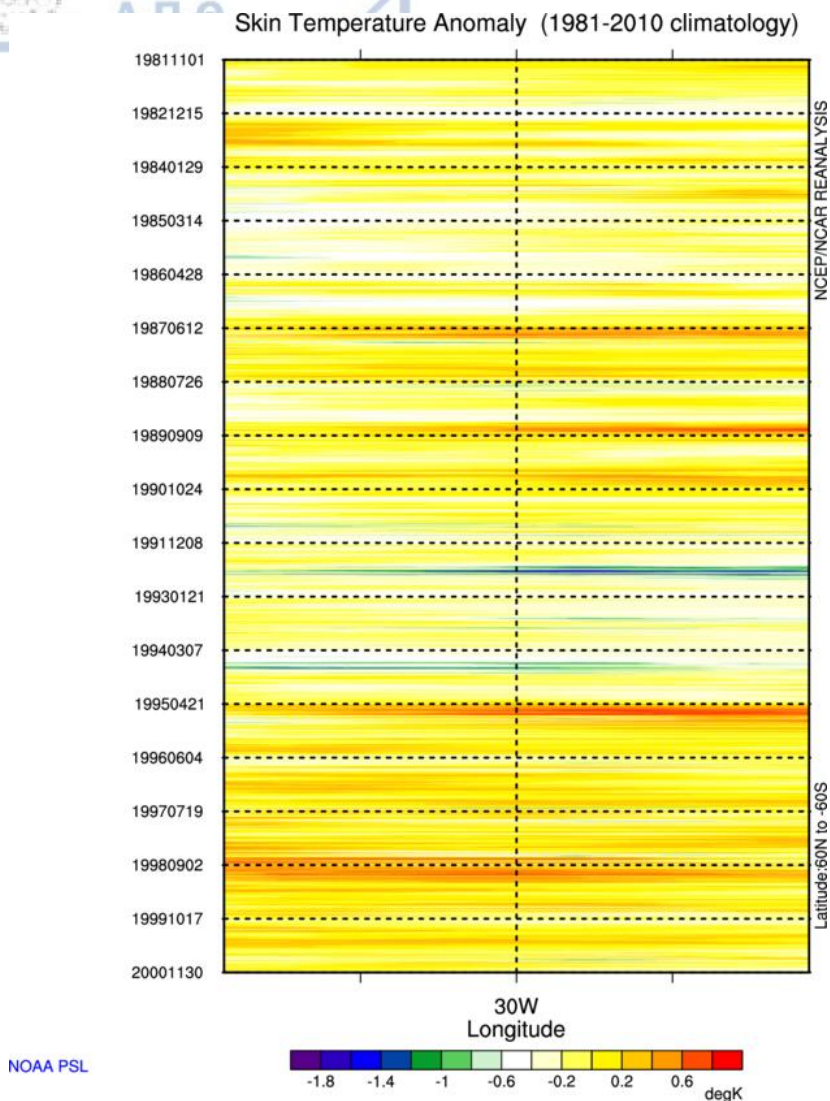
3.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΣΑΕΤΙΑΣ 1961-1980, ΕΙΡΗΝΙΚΟΣ ΩΚΕΑΝΟΣ



Σχήμα 3.2. Χρονοδιάγραμμα θερμοκρασιακών ανωμαλιών. Ειρηνικός Ωκεανός, χειμερινή περίοδος 1961-1980.

Παρατηρώντας Honmoller για την χειμερινή περίοδο, στον Ειρηνικό Ωκεανό, βλέπουμε πως επικρατεί μια γενική αύξηση της θερμοκρασίας η οποία καλύπτει ολόκληρη την εικοσαετία. Πιο συγκεκριμένα, από το 1961 έως το 1970, ο ανατολικός Ειρηνικός εμφανίζει μεγαλύτερη αύξηση έως και 0.8°C . Επίσης, στον δυτικό Ειρηνικό από τα μέσα του 1964 μέχρι το 1966, παρατηρείται ελάττωση έως και 1°C . Στη συνέχεια, από το 1970 έως το 1980, εμφανίζεται μικρή αύξηση, έως και 0.4°C . Ωστόσο στα μέσα του 1970, στον ανατολικό Ειρηνικό, παρατηρείται ένα τμήμα όπου υπάρχει ελάττωση της θερμοκρασίας έως και 1°C . Επίσης, από το 1975 έως το 1976, παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας έως και 1°C .

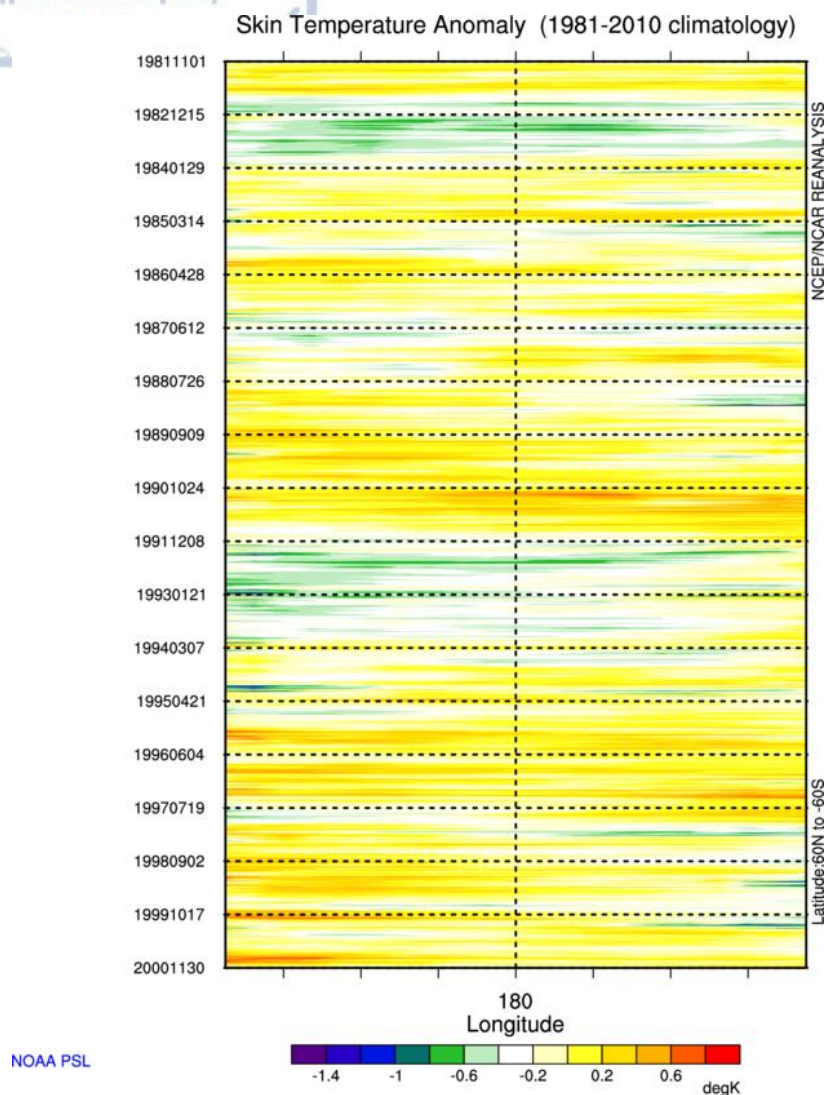
3.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΣΑΕΤΙΑΣ 1981 – 2000, ΑΤΛΑΝΤΙΚΟΣ ΩΚΕΑΝΟΣ



Σχήμα 3.3. Χρονοδιάγραμμα θερμοκρασιακών ανωμαλιών. Ατλαντικός Ωκεανός, χειμερινή περίοδος 1981-2000.

Σύμφωνα με το Hovmöller, για την χειμερινή περίοδο στον Ατλαντικό Ωκεανό, παρατηρείται κυρίως μια αύξηση της θερμοκρασίας καθ' όλη την διάρκεια της εικοσαετίας, με συγκεκριμένες εξαιρέσεις. Πιο συγκεκριμένα από το 1981 έως 1987, παρατηρείται κυρίως η θερμοκρασιακή αλλαγή να κυμαίνεται κυρίως κοντά στους 0°C , και να ψυχραίνει ελάχιστα κατά 0.2°C στον δυτικό Ατλαντικό. Από το 1987 μέχρι το 1991 παρατηρείται δύο εξαιρέσεις στο γενικό μοτίβο, όπου η θερμοκρασία στον ανατολικό Ατλαντικό φαίνεται αυξημένη τα έτη 1987 και 1989 έως και 0.8°C . Στη συνέχεια, μέχρι το έτος 1995 ο ωκεανός παρατηρείται πιο ψυχρός έως και 1.6°C ενώ τα τελευταία πέντε έτη εμφανίζεται μια πιο θερμή περίοδος και συγκεκριμένα το 1995 και το 1998 η θερμοκρασιακή ανωμαλία φτάνει έως και 1°C .

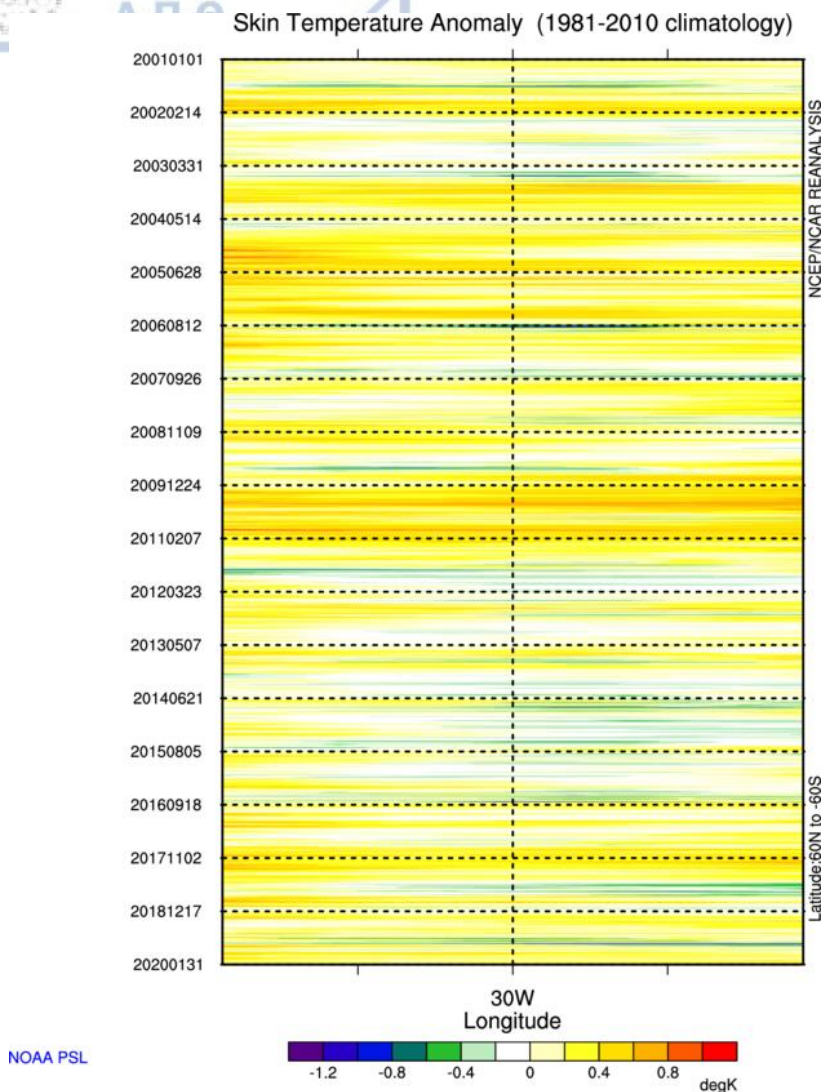
3.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΣΑΕΤΙΑΣ 1981 – 2000, ΕΙΡΗΝΙΚΟΣ ΩΚΕΑΝΟΣ



Σχήμα 3.4. Χρονοδιάγραμμα θερμοκρασιακών ανωμαλιών. Ειρηνικός Ωκεανός, χειμερινή περίοδος 1981-2000.

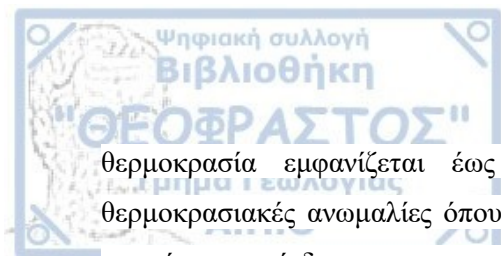
Από το Hurrell, για την χειμερινή περίοδο στον Ειρηνικό ωκεανό, παρατηρείται μια γενική εναλλαγή θερμότερων και ψυχρότερων περιόδων. Πιο συγκεκριμένα η πρώτη ψυχρότερη περίοδος της εικοσαετίας, διήρκησε από τα τέλη του 1981 μέχρι τις αρχές του 1984. Η δεύτερη ψυχρότερη περίοδος, η οποία χρονικά διήρκησε μεγαλύτερο διάστημα και επηρέασε περισσότερο τον δυτικό Ειρηνικό, ξεκίνησε το 1991 και έληξε το 1994. Και στις δύο αυτές ψυχρές περιόδους η θερμοκρασία έφτασε μέχρι και τους -1°C . Γενικότερα, ξεχωριστά από αυτές τις δύο περιόδους η θερμοκρασιακή ανωμαλία κυμαίνεται κοντά στους 0.2°C με 0.4°C καθ' όλη τη διάρκεια της εικοσαετίας καθώς δεν παρατηρείται έντονη αύξηση της θερμοκρασίας.

3.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΣΑΕΤΙΑΣ 2001 – 2020, ΑΤΛΑΝΤΙΚΟΣ ΩΚΕΑΝΟΣ



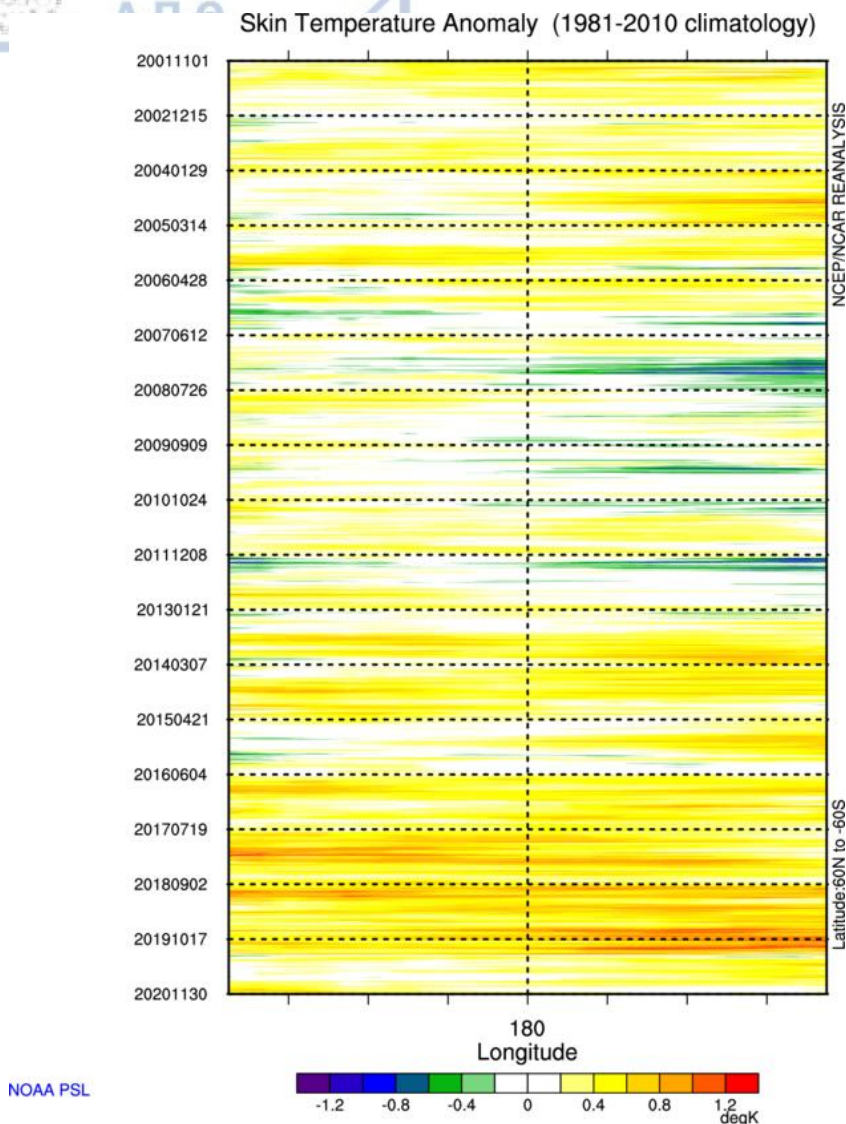
Σχήμα 3.5. Χρονοδιάγραμμα θερμοκρασιακών ανωμαλιών. Ατλαντικός Ωκεανός, χειμερινή περίοδος 2001-2020.

Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα για την χειμερινή περίοδο 2001-2020, στον Ατλαντικό ωκεανό δεν παρατηρείται κάποια ακραία θερμοκρασιακή ανωμαλία. Το εύρος των θερμοκρασιών κυμαίνεται από -0.8°C έως και 1°C και υπάρχει εναλλαγή ανάμεσα στις ψυχρές και τις θερμές περιόδους της εικοσαετίας. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη θερμή περίοδος της εικοσαετίας, η οποίας επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό κυρίως τον δυτικό Ατλαντικό, ξεκινάει το έτος 2002 έως και το έτος 2006, όπου η θερμοκρασία παρουσιάζει αύξηση έως και 0.8°C . Στην συνέχεια, ύστερα από δύο έτη όπου η θερμοκρασιακή διαφορά κυμαίνεται κοντά στο μηδέν, παρατηρείται η δεύτερη θερμότερη περίοδος της εικοσαετίας, η οποία διήρκησε από το 2009 έως το 2011, όπου η



θερμοκρασία εμφανίζεται έως και 1°C υψηλότερη. Ωστόσο, παρατηρούνται κάποιες θερμοκρασιακές ανωμαλίες όπου η θερμοκρασία εμφανίζεται ψυχρότερη από το μέσο όρο. Η ψυχρότερη περίοδος της εικοσαετίας συναντάται από το 2011 έως το 2015 όπου η θερμοκρασιακή διαφορά φτάνει τους -0.8°C , ενώ οριακά ξεπερνά τους 0°C σε συγκεκριμένα τμήματα. Τέλος, το έτος 2017 και το έτος 2018 παρατηρούνται δυο μεμονωμένα τμήματα θερμοκρασιακής μείωσης όπου η θερμοκρασία εμφανίζεται έως και -0.8°C , κυρίως στον ανατολικό Ατλαντικό.

3.6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΣΑΕΤΙΑΣ 2001 – 2020, ΕΙΡΗΝΙΚΟΣ ΩΚΕΑΝΟΣ



Σχήμα 3.6. Χρονοδιάγραμμα θερμοκρασιακών ανωμαλιών. Ειρηνικός Ωκεανός, χειμερινή περίοδος 2001-2020.

Παρατηρώντας το χρονοδιάγραμμα την χειμερινή περίοδο 2001-2020, για τον Ειρηνικό ωκεανό, γενικότερα διακρίνονται τρεις περίοδοι εναλλαγής της θερμοκρασίας. Ξεκινώντας από το 2001 έως το 2006, η θερμοκρασία δεν εμφανίζει κάποια ακραία τιμή και το εύρος της κυμαίνεται κοντά και λίγο παραπάνω από τους 0°C. Στην συνέχεια, από το 2006 έως το έτος 2013, παρατηρείται μια γενική ελάττωση της θερμοκρασίας, η οποία κορυφώνεται στα μέσα του 2007 και στα τέλη του 2011 όπου η θερμοκρασιακή διαφορά φτάνει έως και -1°C. Τέλος από το 2013 έως το έτος 2020, παρατηρείται πως η θερμοκρασία αυξάνεται σταδιακά καθώς όλη αυτή τη περίοδο η διαφορά βρίσκεται πάνω από τους 0°C και φτάνει έως και 1.2°C στα μέσα του 2018.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Θερμοκρασιακό εύρος, χαμηλότερες και υψηλότερες θερμοκρασίες

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας παγκοσμίως για την χειμερινή περίοδο (Νοέμβριος, Ιανουάριος και Μάρτιος), για την χρονική περίοδο 1960 – 2020. Για την επίτευξη του στόχου χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας από μια βάση δεδομένων και με την χρήση διαφορετικών ειδών χαρτών καταλήξαμε σε συγκεκριμένα συμπεράσματα που μας επιτρέπουν να έχουμε μια ξεκάθαρη εικόνα της θερμοκρασίας της επιφάνειας την θάλασσας για τα τελευταία 60 έτη. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψαν τα παρακάτω από αποτελέσματα.

Αρχικά, παρατηρήθηκε πως οι χαμηλότερες θερμοκρασίες, κατά την διάρκεια και των 60 ετών, συναντήθηκαν στον Αρκτικό Ωκεανό. Πέρα από ψυχρότερος, ο Αρκτικός Ωκεανός είναι ο πιο ρηχός και μικρότερος σε έκταση ωκεανός. Οι θάλασσες οι οποίες αποτελούν τον Αρκτικό Ωκεανό και όπου συναντήσαμε τις περισσότερες θερμοκρασιακές ανωμαλίες είναι οι θάλασσες: Νορβηγική, Μπάρεντς, Γροιλανδική, Κάρα, Λάπτεφ, Ανατολικής Σιβηρίας, Τσούκτσι, Μπέρινγκ, Μποφόρ, Λαμπραντόρ, τα Βορειοδυτικά Περάσματα, ο κόλπος Χάντσον, ο κόλπος Μπάφιν, ο Πορθμός Ντρείβις και ο Πορθμός της Δανίας. Ανάμεσα σε αυτές τις θάλασσες, οι θερμοκρασίες κυμαίνονταν περίπου συνήθως από -35°C έως -10°C από το 1960 έως το 2000, ενώ μετά το 2000 έως το 2020 παρατηρήθηκε μια γενική αύξηση του θερμοκρασιακού εύρους περίπου κατά 5°C .

Οι αμέσως χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν στο Νότιο Ημισφαίριο και συγκεκριμένα στον Ανταρκτικό ή Νότιο Ωκεανό. Οι βασικότερες και πιο ψυχρές θάλασσες που συναντήσαμε στον Ανταρκτικό Ωκεανό είναι οι θάλασσες Ρος και Γουέντελ. Το θερμοκρασιακό εύρος αυτών των θαλασσών είναι αρκετά μεγάλο και κυμαίνεται από περίπου -30°C έως και 0°C αναλόγως την πενταετία και των μήνα (οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται κυρίως τον Μάρτιο και οι χαμηλότερες τον Ιανουάριο). Άλλες θάλασσες που συναντήσαμε στον Ανταρκτικό Ωκεανό κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων είναι οι θάλασσες Amundsen και Bellingshausen. Αυτές οι δύο θάλασσες αρκετές φορές έχουν την ίδια επιφανειακή θερμοκρασία με τις Ρος και Γουέντελ, παρόλα αυτά όμως συνήθως είναι πιο θερμές. Επίσης σε αντίθεση με τον Αρκτικό Ωκεανό, ο Ανταρκτικός δεν συνάντησε την ίδια θερμοκρασιακή αύξηση τα τελευταία 20 χρόνια διατηρώντας σε γενικές γραμμές το θερμοκρασιακό του εύρος.

Όσο απομακρυνόμαστε από τους πόλους και πλησιάζουμε τον Ισημερινό η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας γίνεται θερμότερη. Χωρίζοντας το θερμοκρασιακό εύρος ανά γεωγραφικό πλάτος παρατηρείται πως από 60°B έως 30°B και από 60°N έως 30°N , το εύρος

κυμαίνεται συνήθως περίπου από 0°C έως 25°C , ενώ από 30°B έως 0° και από 30°N έως 0° , το εύρος κυμαίνεται από 25°C έως 35°C . Σε αυτά τα θερμοκρασιακά εύρη συναντήσαμε ανωμαλίες στις θάλασσες: Βόρεια,, Μεσόγειος, Κασπία, Μαύρη, Ιαπωνική, Κίτρινη, Ανατολικής Ασίας, Φιλιππίνων, στον Βοθνιακό Κόλπο, στον Κόλπο Σέντ Λόρενς και στο Αιγαίο Πέλαγος. Επιπλέον, από το 2000 και μετά, όπως και τον Αρκτικό Ωκεανό, παρατηρήθηκε μια αύξηση της θερμοκρασίας στις περιοχές γύρω από τον Ισημερινό και κυρίως στις θάλασσες της Νέας Ζηλανδίας και της Αυστραλίας όπου η θερμοκρασία της θάλασσας φτάνει τους 40°C .

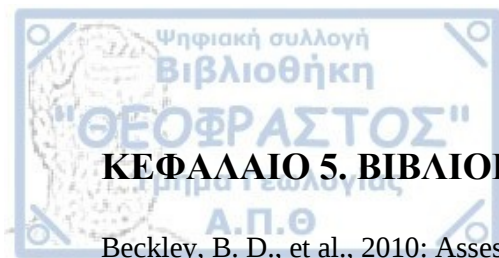
Ατλαντικός και Ειρηνικός Ωκεανός

Επίσης έχοντας αναλύσει τους δύο μεγαλύτερους ωκεανούς του πλανήτη με τα χρονοδιαγράμματα (Hovmöllers) καταλήξαμε στα εξής συμπεράσματα.

Για τον Ατλαντικό Ωκεανό με κέντρο το γεωγραφικό μήκος $30^{\circ}\Delta$, ανατολικά και δυτικά από αυτό, παρατηρήθηκαν οι ψυχρότεροι και οι θερμότεροι περίοδοι. Έχοντας αναλύσει τις θερμοκρασιακές ανωμαλίες και τις ακραίες θερμοκρασίες των τελευταίων 60 ετών, παρατηρείται πως το θερμοκρασιακό εύρος των ανωμαλιών του Ατλαντικού κυμαίνεται από -1.4°C έως 1°C . Η θερμότερη περίοδος σημειώθηκε το 1995 - 2000 και η ψυχρότερη το 1973 – 1976. Επιπλέον, γενικότερα η θερμοκρασιακές ανωμαλίες του Ατλαντικού Ωκεανού δεν είναι πολύ ακραίες ούτε πολύ συχνές με την μέση θερμοκρασιακή ανωμαλία να κυμαίνεται από 0°C έως 0.4°C .

Για τον Ειρηνικό Ωκεανό με κέντρο το γεωγραφικό μήκος 180° παρατηρήθηκαν αρκετές ανωμαλίες της θερμοκρασίας τόσο ανατολικά, όσο και δυτικά του πρώτου μεσημβρινού. Έχοντας αναλύσει τις θερμοκρασιακές ανωμαλίες και τις ακραίες θερμοκρασίες των τελευταίων 60 ετών, παρατηρείται πως το θερμοκρασιακό εύρος των ανωμαλιών του Ειρηνικού κυμαίνεται από -1.4°C έως 1.2°C . Η θερμότερη περίοδος σημειώθηκε το 2016 - 2020, και η ψυχρότερη 2007 - 2013. Επιπλέον, για τον Ειρηνικό Ωκεανό παρατηρείται πως υπάρχουν σημαντικές θερμοκρασιακές διαφορές ανατολικά και δυτικά των 180° σε συγκεκριμένες περιόδους και πως οι αλλαγές της είναι απότομες και συχνές.

Τέλος, συγκρίνοντας τους δύο ωκεανούς καταλήγουμε πως: α) Το θερμοκρασιακό εύρος των ανωμαλιών του Ειρηνικού είναι μεγαλύτερο από του Ατλαντικού. β) Οι θερμοκρασιακές ανωμαλίες στον Ειρηνικό ωκεανό είναι πιο συχνές, πιο ακραίες και διαρκούν περισσότερο. γ) Οι ανωμαλίες στον Ατλαντικό ωκεανό είναι ομοιόμορφες ανατολικά και δυτικά από τις $30^{\circ}\Delta$, ενώ στον Ειρηνικό ωκεανό υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανατολικά και δυτικά από τις 180° . Επίσης, οι θερμότερες και ψυχρότερες χρονικές περίοδοι δεν συμπίπτουν μεταξύ των δύο ωκεανών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Beckley, B. D., et al., 2010: Assessment of the Jason-2 extension to the TOPEX/ Poseidon, Jason-1 sea-surface height time series for global mean sea level monitoring. *Mar. Geodesy*, **33**, 447–471.

Boyer, T. P., et al., 2009: Chapter 1: Introduction. *World Ocean Database 2009*, NOAA Atlas NESDIS 66, DVD ed., S. Levitus, Ed., U.S. Gov. Printing Office, Wash., D.C., USA, pp. 216.

Carson, M., and D. E. Harrison, 2010: Regional interdecadal variability in bias-corrected ocean temperature data. *J. Clim.*, **23**, 2847–2855.

Dohan, K., et al., 2010: Measuring the global ocean surface circulation with satellite and in situ observations. In: *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society* (Vol. 2). Venice, Italy, 21-25

September 2009, Hall, J., Harrison, D.E. & Stammer, D., Eds., European Space Agency, ESA Publication WPP-306, doi: 10.5270/OceanObs09.cwp.23

Domingues, C. M., J. A. Church, N. J. White, P. J. Gleckler, S. E. Wijffels, P. M. Barker, and J. R. Dunn, 2008: Improved estimates of upper ocean warming and multi-decadal sea-level rise. *Nature*, **453**, 1090–1093.

Durack, P. J., and S. E. Wijffels, 2010: Fifty-year trends in global ocean salinities and their relationship to broad scale warming. *J. Clim.*, **23**, 4342–4362.

Freeland, H., et al., 2010: Argo—A decade of progress. In: *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society* (Vol. 2). Venice, Italy, 21-25 September 2009, Hall, J., Harrison, D.E. & Stammer, D., Eds., European Space Agency, ESA Publication WPP-306, doi:10.5270/OceanObs09. cwp.32

Gleckler, P. J., et al., 2012: Human-induced global ocean warming on multidecadal timescales. *Nature Clim. Change*, **2**, 524–529.

Gouretski, V., J. Kennedy, T. Boyer, and A. Kohl, 2012: Consistent near-surface ocean warming since 1900 in two largely independent observing networks. *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L19606.

Grinsted, A., J. C. Moore, and S. Jevrejeva, 2012: Homogeneous record of Atlantic hurricane surge threat since 1923. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **109**, 19601– 19605.

Hansen, B., H. Hatun, R. Kristiansen, S. M. Olsen, and S. Osterhus, 2010: Stability and forcing of the Iceland-Faroe inflow of water, heat, and salt to the Arctic. *Ocean Sci.*, **6**, 1013–1026.

Jackson, J. M., E. C. Carmack, F. A. McLaughlin, S. E. Allen, and R. G. Ingram, 2010: Identification, characterization, and change of the near-surface temperature maximum in the Canada Basin, 1993–2008. *J. Geophys. Res. Oceans*, **115**, C05021.

Jochumsen, K., D. Quadfasel, H. Valdimarsson, and S. Jonsson, 2012: Variability of the Denmark Strait overflow: Moored time series from 1996–2011. *J. Geophys. Res. Oceans*, **117**, C12003.

Jónsson, S., and H. Valdimarsson, 2012: Water mass transport variability to the North Icelandic shelf, 1994–2010. *Ices J. Mar. Sci.*, **69**, 809–815.

Kent, E. C., P. K. Taylor, B. S. Truscott and J. A. Hopkins, 1993a: The accuracy of Voluntary Observing Ship's Meteorological Observations. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 10(4), 591 - 608.

Kouketsu, S., et al., 2011: Deep Ocean heat content changes estimated from observation and reanalysis product and their influence on sea level change. *J. Geophys. Res. Oceans*, **116**, C03012

Levitus, S., J. I. Antonov, T. P. Boyer, R. A. Locarnini, H. E. Garcia, and A. V. Mishonov, 2009: Global Ocean heat content 1955–2008 in light of recently revealed instrumentation problems. *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L07608.

Levitus, S., et al., 2012: World Ocean heat content and thermosteric sea level change (0–2000m) 1955–2010. *Geophys. Res. Lett.*, 39, L10603.

Lowe, J. A., et al., 2010: Past and future changes in extreme sea levels and waves. In: *Understanding Sea-Level Rise and Variability* [J. A. Church, P. L. Woodworth, T. Aarup, and W. S. Wilson (eds.)]. Wiley-Blackwell, New York, NY, USA, 326-375.

Lyman, J. M., and G. C. Johnson, 2008: Estimating annual global upper-ocean heat content anomalies despite irregular in situ ocean sampling. *J. Clim.*, **21**, 5629– 5641.

Macrander, A., U. Send, H. Valdimarsson, S. Jonsson, and R. H. Kase, 2005: Interannual changes in the overflow from the Nordic Seas into the Atlantic Ocean through Denmark Strait. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L06606.

Mauritzen, C., et al., 2011: Closing the loop—Approaches to monitoring the state of the Arctic Mediterranean during the International Polar Year 2007–2008. *Prog. Oceanogr.*, **90**, 62–89.

Menéndez, M., and P. L. Woodworth, 2010: Changes in extreme high-water levels based on a quasi-global tide-gauge data set. *J. Geophys. Res. Oceans*, **115**, C10011.

Mitchum, G. T., R. S. Nerem, M. A. Merrifield, and W. R. Gehrels, 2010: Modern sea-level-change estimates. In: Understanding Sea-Level Rise and Variability [J. A. Church, P. L. Woodworth, T. Aarup, and W. S. Wilson (eds.)]. Wiley-Blackwell, New York, NY, USA, 122-142.

Olsen, S. M., B. Hansen, D. Quadfasel, and S. Osterhus, 2008: Observed and modelled stability of overflow across the Greenland-Scotland ridge. *Nature*, **455**, 519–22.

Orsi, A. H., G. C. Johnson, and J. L. Bullister, 1999: Circulation, mixing, and production of Antarctic Bottom Water. *Prog. Oceanogr.*, **43**, 55–109.

Østerhus, S., W. R. Turrell, S. Jonsson, and B. Hansen, 2005: Measured volume, heat, and salt fluxes from the Atlantic to the Arctic Mediterranean. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L07603.

Palmer, M., and P. Brohan, 2011: Estimating sampling uncertainty in fixed-depth and fixed-isotherm estimates of ocean warming. *Int. J. Climatol.*, **31**, 980–986.

Palmer, M., K. Haines, S. Tett, and T. Ansell, 2007: Isolating the signal of ocean global warming. *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L23610.

Polyakov, I. V., A. V. Pnyushkov, and L. A. Timokhov, 2012: Warming of the Intermediate Atlantic Water of the Arctic Ocean in the 2000s. *J. Clim.*, **25**, 8362–8370.

Polyakov, I. V., V. A. Alexeev, U. S. Bhatt, E. I. Polyakova, and X. D. Zhang, 2010: North Atlantic warming: patterns of long-term trend and multidecadal variability. *Clim. Dyn.*, **34**, 439–457.

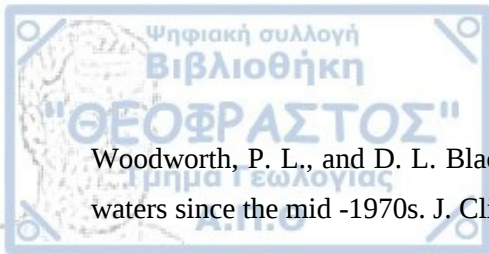
Purkey, S. G., and G. C. Johnson, 2010: Warming of global abyssal and deep Southern Ocean waters between the 1990s and 2000s: Contributions to global heat and sea level rise budgets. *J. Clim.*, **23**, 6336–6351.

Roemmich, D., and J. Gilson, 2009: The 2004–2008 mean and annual cycle of temperature, salinity, and steric height in the global ocean from the Argo Program. *Prog. Oceanogr.*, **82**, 81–100.

Roemmich, D., and J. Gilson, 2011: The global ocean imprint of ENSO. *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L13606

Roemmich, D., W. J. Gould, and J. Gilson, 2012: 135 years of global ocean warming between the Challenger expedition and the Argo Programme. *Nature Clim. Change*, **2**, 425–428.

von Schuckmann, K., and P. Y. Le Traon, 2011: How well can we derive Global Ocean Indicators from Argo data? *Ocean Sci.*, **7**, 783–791.



Woodworth, P. L., and D. L. Blackman, 2004: Evidence for systematic changes in extreme high waters since the mid -1970s. *J. Clim.*, 17, 1190–1197.

Woodworth, P. L., M. Menendez, and W. R. Gehrels, 2011: Evidence for century timescale acceleration in mean sea levels and for recent changes in extreme sea levels. *Surv. Geophys.*, 32, 603–618.

Woodworth, P. L., N. J. White, S. Jevrejeva, S. J. Holgate, J. A. Church, and W. R. Gehrels, 2009: Evidence for the accelerations of sea level on multi-decade and century timescales. *Int. J. Climatol.*, 29, 777–789.

Wunsch, C., 2010: Variability of the Indo-Pacific Ocean exchanges. *Dyn. Atmos. Oceans*, **50**, 157–173.

Διαδικτυακές Πηγές

Physical Sciences Laboratory <https://psl.noaa.gov/>

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e4/Oceans_and_seas_boundaries_map-en.svg