



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

**ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ – ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΤΗΝ
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΧΙΛΙΕΤΗΡΙΔΑ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ**

**του φοιτητή
Αλέξανδρου Φιλίδη**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: Χριστίνα Αναγνωστοπούλου

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2018

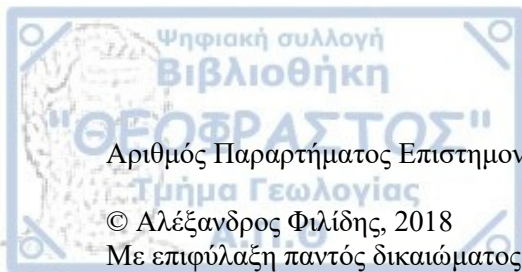


ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΦΙΛΙΔΗΣ
Πτυχιούχος Δασολόγος

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΧΙΛΙΕΤΗΡΙΔΑ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος
Σπουδών 'Μετεωρολογία Κλιματολογία και Ατμοσφαιρικό περιβάλλον'
Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας
Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης:

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Χριστίνα Αναγνωστοπούλου
Επίκουρη Καθηγήτρια, Κωνσταντία Τολίκα
Επίκουρη Καθηγήτρια, Ευθυμία Κωστοπούλου



Αριθμός Παραρτήματος Επιστημονικής επετηρίδας Τμήματος Γεωλογίας Ν°

© Αλέξανδρος Φιλίδης, 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΧΙΛΙΕΤΗΡΙΔΑ

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.



Ευχαριστίες

Πριν την παρουσίαση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να απευθύνω τις ευχαριστίες μου σε μία σειρά ατόμων που ο καθένας με το δικό του τρόπο συνέβαλλε στην πραγματοποίησή της.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια της εργασίας, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Χριστίνα Αναγνωστοπούλου για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για την άψογη συνεργασία που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της έρευνας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνω και στα συνεπιβλέποντα μέλη της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής, την Επίκουρη Καθηγήτρια κ. Κωνσταντία Τολίκα και την Επίκουρη Καθηγήτρια κ. Κωστοπούλου Ευθυμία που δεχτήκανε να την αξιολογήσουν.

Ακόμη, ευχαριστώ όλους τους καθηγητές του μεταπτυχιακού προγράμματος, που με τη συμβολή τους μέσα από τις γνώσεις και την αγάπη για τις επιστήμες της Ατμόσφαιρας, συνέβαλλαν καθοριστικά στην πραγματοποίηση της διπλωματικής εργασίας.

Τις ευχαριστίες μου εκφράζω και στους συμφοιτητές και συναδέλφους μου Αναστασία, Ζωή και Χρήστο που από την πρώτη στιγμή συνεργαστήκαμε άψογα σε όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου καθώς και τους φίλους μου Παντελή, Αθηνά και Σταυρούλα για την αμέριστη ηθική συμπαράσταση που μου προσέφεραν για την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.



Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	21
2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	21
2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	21
2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	31
3.1. ΧΑΡΤΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	31
3.2. ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	51
3.3. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΩΝ 6 ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΩΝ	53
3.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΤΩΝ 6 ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΩΝ	56
3.4.1. ΒΑ. Ευρώπη.....	56
3.4.2. Α. Μεσόγειος	67
3.4.3. Δ. Μεσόγειος.....	77
3.4.4. Β. Ατλαντικός.....	87
3.4.5. Ν. Ατλαντικός	97
3.4.6. Κ. Ευρώπη.....	107
3.5. ΑΚΡΑΙΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΤΙΣ 6 ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΧΙΛΙΕΤΙΑΣ	117
3.5.1. ΒΑ. Ευρώπη.....	117
3.5.2. Α. Μεσόγειος	120
3.5.3. Δ. Μεσόγειος.....	123
3.5.4. Β. Ατλαντικός.....	127
3.5.5. Ν. Ατλαντικός	131
3.5.6. Κ. Ευρώπη.....	135
3.6. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΙΣ 6 ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΕΣ	142
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ.....	147
4.1. Η ΨΥΞΗ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΤΑΜΕΣΗ	150
4.2. Η ΨΥΞΗ ΤΟΥ ΒΟΣΠΟΡΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΑΥΡΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ.....	153
4.3. Η ΨΥΞΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΤΗΣ ΒΕΝΕΤΙΑΣ	156
4.4. ΈΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ (YEAR WITHOUT A SUMMER)	159
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	162
5.1. ΕΤΗΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	162
5.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΕΙΜΩΝΑ	163
5.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΟΙΞΗΣ	164
5.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΟΥ	165
5.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΘΙΝΟΠΩΡΟΥ	166
5.6. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	167

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη του κλίματος, σε επίπεδο ιστορικών χρόνων, παίζει καταλυτικό ρόλο στην αναλυτικότερη κατανόηση της λειτουργίας του κλίματος, των μετεωρολογικών παραμέτρων που το διέπουν και της φυσικής του διακύμανσης, και κατ' επέκταση στην κατανόηση και εκτίμηση της σημερινής και μελλοντικής κλιματικής μεταβλητότητας (Rodrigo, Esteban-Parra and Castro-Diez, 1998; Anders Moberg and Sonechki, 2005; Mann et al., 2008; Bothe et al., 2015). Τις τελευταίες δεκαετίες, το ζήτημα της μεταβολής του κλίματος, από παλαιοκλιματικής άποψης, έχει προσεγγιστεί από την ευρεία επιστημονική κοινότητα, σε διάφορες χρονικές και χωρικές κλίμακες, προκειμένου να προσδιοριστούν οι παράγοντες που καθόρισαν την πορεία του (Briffa, 2000).

Η αναζήτηση απαντήσεων στη μελέτη της μεταβλητότητας του κλίματος στο παρελθόν, αποσκοπεί στη σύγκριση προηγούμενων παρελθοντικών θερμών ή ψυχρών περιόδων και στην εξακρίβωση των αιτιών που προκάλεσαν την εκάστοτε μεταβολή (Wanner et al., 2008). Ωστόσο, η διάκριση των αιτιών σε ανθρωπογενή και φυσικά αίτια αποτελεί μια μακροχρόνια και εξαιρετικά δύσκολη διαδικασία της κλιματικής έρευνας. Βασικό προαπαιτούμενο, προκειμένου να διευκρινιστεί εάν και κατά πόσο οι μεταβολές που παρατηρούνται στο κλίμα οφείλονται σε φυσικά ή ανθρωπογενή αίτια, είναι η κατανόηση των σχετικών ρόλων των εξωγενών παραγόντων και της ενδογενούς μεταβλητότητας του κλίματος (Jungclaus et al., 2010). Οι μεταβολές των κλιματικών επιδράσεων, εξαιτίας αντίστοιχης μεταβολής στην ηλιακή ακτινοβολία που φτάνουν στη γήινη επιφάνεια, στην ποσότητα των αιωρημάτων από ηφαιστειακές εκρήξεις και στη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου, αποτελούν δείκτες της μεταβολής που παρατηρήθηκε στο κλίμα την τελευταία χιλιετία (Anders Moberg and Sonechki, 2005). Οι ολοένα αυξανόμενες, ενδείξεις του αντίκτυπου της ανθρωπογενούς μεταβολής των χρήσεων γης, που αποτυπώνονται στο γήινο σύστημα έχουν αποτελέσει επιπλέον κίνητρο για την επιστημονική κοινότητα να ποσοτικοποιήσει τις μεταβολές που παρατηρούνται στο κλίμα (Pongratz et al., 2008).

Η παρατηρούμενη κλιματική μεταβολή, εκφράζεται σε πολλά επίπεδα της δομής και της λειτουργίας των οικοσυστημάτων. Η βιοποικιλότητα έχει μειωθεί αξιοσημείωτα, η χρήση γης τα τελευταία χρόνια έχει επηρεάσει τον υδρολογικό κύκλο και το ενεργειακό ισοζύγιο και οι κύκλοι του άνθρακα και του αζώτου έχουν αλλοιωθεί σε σημαντικό βαθμό (Pongratz et al., 2008). Οι επιπτώσεις αυτές έχουν αποδοθεί σε πολλές περιπτώσεις στην ανθρώπινη δραστηριότητα (Galloway et al, 1995; Briffa et al., 1996; Betts, 2001; Brázdil et al, 2005; Mann, 2006; Davin et al., 2007; Denman et al., 2007; Wanner et al., 2008; Skeie et al., 2011). Η τροποποίηση της ατμόσφαιρας και του γήινου περιβάλλοντος, είχε ως αποτέλεσμα, τη σημαντική και επιταχυνόμενη αύξηση της συγκέντρωσης των θερμοκηπικών αερίων στην ατμόσφαιρα το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα (Briffa et al., 1996), επηρεάζοντας σημαντικά το ενεργειακό ισοζύγιο του πλανητικού συστήματος. Τα μεγάλης διάρκειας ζωής, αέρια του θερμοκηπίου, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), και οι αλογονάνθρακες, αποτελούν σημαντικούς κλιματικούς

εξαναγκασμούς που συμβάλλουν σημαντικά στη μεταβολή του κλίματος (Skeie et al., 2011). Το 35% των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που οφείλεται στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες τα τελευταία 150 χρόνια είναι αποτέλεσμα του τρόπου διαχείρισης της χρήσης γης (Houghton, 2003). Το μέγεθος της αύξησης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και των υπολοίπων, επιβλαβών για την ατμόσφαιρα, αερίων, αναμένεται να αυξήσει τις μέσες θερμοκρασίες επιφανείας, γεγονός που την καθιστά καθοριστικό συντελεστή για την ανθρωπογενή κλιματική μεταβλητότητα (Briffa et al., 1996). Ωστόσο, οι αβεβαιότητες που διέπουν τις λεπτομέρειες της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και των μεταβολών της υγρασίας είναι μεγάλες, γεγονός που δεν επιτρέπει τη διεξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, σχετικά με την ακριβή αντιπροσώπευση του κάθε παράγοντα, στην επιρροή του γήινου κλίματος (Briffa et al., 1996). Συνεπώς, η βαρύτητα των επιπτώσεων των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στις κλιματικές μεταβολές που παρατηρούνται, καθίσταται ένα αρκετά αμφιλεγόμενο ζήτημα, με πρωταγωνιστικό ρόλο σε μια διεθνή και πολυετή συζήτηση, καθώς έρχεται σε αντιπαράθεση με τη φυσική μεταβλητότητα του κλίματος.

Η δεκαετία του 1990 δείχνει να είναι, σε παγκόσμιο επίπεδο, η θερμότερη δεκαετία της τελευταίας χιλιετίας (Mann et al., 1999; Mann and Jones, 2003; Anders Moberg and Sonechki, 2005; Xoplaki et al., 2005; Wanner et al., 2008) και καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, τα σενάρια για το μέλλον υποδεικνύουν ακόμα μεγαλύτερες μεταβολές (Anders Moberg and Sonechki, 2005). Η μελέτη και η ανάλυση της παλαιοκλιματολογίας είναι εξαιρετικής σημασίας, καθώς βοηθά στην ερμηνεία της συμπεριφοράς του κλίματος και της μεταβλητότητας του στο παρελθόν, ενώ ταυτοχρόνως, οι πληροφορίες αυτές προσφέρουν πολύτιμα στοιχεία για το παρόν και το μέλλον.

Πολυάριθμες μελέτες έχουν διεξαχθεί, με σκοπό τον εντοπισμό αλλά και τον προσδιορισμό των μεταβολών της θερμοκρασίας της τελευταίας χιλιετίας παγκοσμίως, σε ημισφαιρικό και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Ενώ οι προσεγγίσεις που αναφέρονται σε χρονολογίες πριν από το 1400μ.Χ. χαρακτηρίζονται από μεγάλη αβεβαιότητα εξαιτίας των ολιγάριθμων, ομοιόμορφα κατανεμημένων χωρικά μετρήσεων, καθώς και λόγω της έλλειψης σε ποικιλία ιστορικών και φυσικών εναλλακτικών δεδομένων και των αβεβαιοτήτων που τα χαρακτηρίζουν, μπορούν να διεξαχθούν κάποια γενικά συμπεράσματα (Mann et al., 1999; Luterbacher et al., 2004;). Σε γενικά πλαίσια, παρατηρείται μια αύξηση της θερμοκρασίας στους πρώτους αιώνες της χιλιετίας (1050-1250π.Χ) στο βόρειο ημισφαίριο, που συχνά αναφέρεται ως «Θερμή Μεσαιωνική Περίοδος» (ΘΜΠ) (Mann et al., 1999; Mann and Jones, 2003; Goosse et al., 2005; Zorita, 2005; Mann et al., 2008; Wanner et al., 2008; Jungclaus et al., 2010) η οποία χαρακτηρίζεται από μειωμένη δραστηριότητα παγετώνων και υψηλότερες θερμοκρασίες σε σύγκριση με αυτές των προηγούμενων και επόμενων αιώνων σε πολλές περιοχές (Mann and Jones, 2003; Wanner et al., 2008). Ο 12^{ος} αιώνας χαρακτηρίζεται από ένα μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας που μπορεί να σχετίζεται με την ύπαρξη της ΘΜΠ (Jungclaus et al., 2010). Σε αντίθεση με τη γενική, αυτή τάση θέρμανσης κατά τους πρώτους αιώνες της χιλιετίας, τον 11^ο και 12^ο αιώνα οι παγετώνες αυξήθηκαν σε μέγεθος σε πολλές περιοχές όπως είναι οι Άλπεις (Holzhauser, Magny and Zumbühl, 2005), ή η Γροιλανδία (Geirsdóttir, Hardardóttir, and Andrews, 2000). Αν και η

ακριβής διάρκεια των παγετώνων αυτών κατά την διάρκεια της ΘΜΠ είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, κάποιοι από αυτούς, όπως είναι ο παγετώνας στις Άλπεις, φαίνεται να ήταν εκτενούς διάρκειας.

Η άνοδος αυτή, της θερμοκρασίας, είναι συγκρίσιμη με αυτήν που παρατηρήθηκε κατά τον 20^ο αιώνα (Mann et al., 1999; Zorita et al., 2005; Anders Moberg and Sonechki, 2005; Jungclaus et al., 2010). Ωστόσο, η θέρμανση που παρατηρήθηκε στο τέλος του 20^{ου} αιώνα, θεωρείται ότι είναι «πρωτοφανής» (Jones et al., 1998; Mann et al., 1999; Mann and Jones, 2003; Luterbacher et al., 2004; Anders Moberg and Sonechki, 2005; Jansen et al., 2007; Mann et al., 2008; Wanner et al., 2008; Landrum et al., 2013) και χαρακτηρίζεται ως «ανωμαλία» στην πορεία της θερμοκρασίας, καθώς η δεκαετία του 1990 και το έτος του 1998 αποτελούν τη θερμότερη δεκαετία και το θερμότερο έτος, αντίστοιχα, της χιλιετίας, παγκοσμίως (Jones et al., 1998; Mann et al., 1999; Mann, 2006).

Τα συμπεράσματα των μελετών που έχουν διεξαχθεί σχετικά με τη χωρική και χρονική έκταση της περιόδου αυτής, χαρακτηρίζονται ως ετερογενή και αβέβαια (Mann et al., 2008; Jungclaus et al., 2010). Αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι, κατά τη διάρκεια της ΘΜΠ, το κλίμα δεν μεταβλήθηκε παράλληλα σε όλες τις περιοχές την ίδια χρονική στιγμή, καθώς εντοπίζονται ψυχρά και θερμά επεισόδια σε διαφορετικά σημεία του βορείου ημισφαιρίου (Mann et al., 1999; Jansen et al., 2007; Mann et al., 2009; Landrum et al., 2013). Για παράδειγμα, μεταξύ του 950 και 1200μ.Χ. η ΘΜΠ είναι εμφανέστερη στο Ευρωπαϊκό τμήμα της Ρωσίας και της Γροιλανδίας καθώς και στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης, ενώ παρουσίασε εμφανείς ενδείξεις ανόδου της θερμοκρασίας από το 900μ.Χ., και παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας μεταξύ του 1150 και 1300μ.Χ (Lamb, 1977). Η περιοχή της Μεσογείου, δεν εμφάνισε κλιματική μεταβολή κατά τη διάρκεια της ΘΜΠ, σε σχέση με τις προηγούμενες και επόμενες περιόδους (Goosse et al., 2005). Επιπροσθέτως, κάθε περιοχή φαίνεται να εμφανίζει τις μέγιστες θερμοκρασίες σε διαφορετική χρονική στιγμή και κάποιες περιοχές να είναι ψυχρότερες ή θερμότερες από άλλες (Crowley and Lowery, 2000; Bradley, 2003). Πιο συγκεκριμένα, κατά την ΘΜΠ οι περιοχές του Νότιου Ατλαντικού παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες από το τέλος του 20^{ου} αιώνα, ενώ άλλες περιοχές, όπως ο δυτικός τροπικός Ειρηνικός ωκεανός, χαμηλότερες (Lamb, 1977; Jansen et al., 2007; Mann et al., 2009; Landrum et al., 2013).

Από τον 13^ο μέχρι το τέλος του 14^{ου} αιώνα η θερμοκρασία μειώνεται και τείνει να επανέλθει στην κατάσταση που κυριαρχούσε πριν από τη ΘΜΠ. Οι ψυχρές περίοδοι εμφανίζονται μετά από την ηφαιστειακή έκρηξη του 1258 (Jungclaus et al., 2010). Από τον 15^ο αιώνα και έπειτα, παρατηρείται μια επιπλέον μείωση της θερμοκρασίας στο βόρειο ημισφαίριο, μια πτωτική τάση η οποία εντεινόταν μέχρι τα μέσα 1800 (Mann et al., 1999; Goosse et al., 2005; Zorita, 2005; Jansen et al., 2007; Mann et al., 2008; Wanner et al., 2008; Jungclaus et al., 2010; Owens et al., 2017). Η συνεχής αυτή πτώση, ονομάζεται «Μικρή Παγετώδης Περίοδος» (ΜΠΠ) και δείχνει να οφείλεται στην τεκτονική δραστηριότητα που έλαβε χώρα και κατ' επέκταση στην έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα που παρατηρήθηκε κατά την περίοδο 1450-1850μ.Χ. (Anders Moberg and Sonechki, 2005; Xoplaki et al., 2005; Wanner et al., 2008; Jungclaus et al., 2010; Landrum et al., 2013; Bothe et al., 2015). Οι δριμύτερες ηφαιστειακές εκρήξεις, που σημειώθηκαν το 1258, το 1453 και το 1815, είχαν

μακροχρόνιο αντίκτυπο στο κλίμα του βορείου ημισφαιρίου (Jungclaus et al., 2010; Bothe et al., 2015). Τα μεγάλα φορτία σκόνης που εκλύονται με την ηφαιστειακή δραστηριότητα αποθηκεύονται στην ανώτερη ατμόσφαιρα και μειώνουν το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος, με αποτέλεσμα την ψύξη των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας, η οποία μπορεί να έχει πολυετή διάρκεια (Repapis et al., 1989).

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες του 17^{ου} αιώνα και τις πρώτες δεκαετίες του 18^{ου} αιώνα, σημειώθηκε ισχυρή ψύξη σε πολλές περιοχές της Ευρώπης, που φαίνεται συνδέεται με μακροχρόνιες μεταβολές στον δείκτη του NAO (North Atlantic Oscillation) (Mann, 2006). Η ΜΠΠ παρουσιάζει τις ελάχιστες εποχιακές και ετήσιες θερμοκρασίες κατά τον 15^ο αιώνα και κατά τον 19^ο αιώνα, ενώ ο 17^{ος} αιώνας χαρακτηρίζεται ο ψυχρότερος της περιόδου (Jones et al., 1998; Briffa, 2000; Davis et al., 2003; Anders Moberg and Sonechki, 2005; Mann et al., 2008; Wanner et al., 2008; Mauri, Davis, Collins and Kaplan, 2015). Υπάρχουν αναφορές σε επιπλέον πιθανά αίτια της μείωσης της θερμοκρασίας, στα πλαίσια της περιόδου Maunder Minimum, η οποία χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα ελαττωμένη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη χρονική περίοδο 1645-1715μ.Χ. (Camuffo, 1987; Mörner, 1994; Rodrigo et al., 1998), γεγονός που οφείλεται στο εξαιρετικά μικρό πλήθος ηλιακών κηλίδων που παρατηρήθηκαν στην επιφάνεια του ήλιου για εκείνη την περίοδο (Goosse et al., 2005; Wanner et al., 2008; Owens et al., 2017). Μολονότι, είναι πολυπληθής οι περιπτώσεις των ακραίων φαινομένων της περιόδου Maunder Minimum που συμπίπτουν με τις ψυχρές εξάρσεις της ΜΠΠ (Camuffo, 1987), η περίοδος Maunder Minimum έχει μεγαλύτερη διάρκεια και τα στοιχεία σύνδεσής της με την ΜΠΠ είναι περιορισμένα και δεν ενδείκνυται να συγχέονται σαν φαινόμενα (Owens et al., 2017). Οι μεταβολές στις χρήσεις γης, αποτελούν ένα πιθανό αίτιο της ΜΠΠ, ειδικότερα στην Ευρώπη της προ-βιομηχανικής περιόδου όπου οι μεγάλης κλίμακας αποψιλώσεις των δασών μπορεί να αποτελούν κυρίαρχη αιτία μείωσης της θερμοκρασίας στην Ευρώπη (Luterbacher et al., 2004; Goosse et al., 2005; Goosse et al., 2006; Wanner et al., 2008).

Η μεγάλης διάρκειας ψυχρή περίοδος, παρουσίαζε «κενά» μικρών θερμότερων υποπεριοδών – μία από αυτές εμφανίστηκε στα μέσα του 18^{ου} αιώνα- και αφορούσε κατά βάση στα μέσα γεωγραφικά πλάτη του βόρειου ημισφαιρίου. Ωστόσο, δεν είναι ξεκάθαρο ούτε εάν οι χαμηλές θερμοκρασίες αποτελούσαν μια σταθερή κατάσταση ούτε κατά πόσο εμφανίζονταν ταυτόχρονα σε όλες τις περιοχές (Camuffo, 1987; Bradley and Jones, 1993; Jones et al., 1998; Bradley, 2000; Mann et al., 2000; Goosse et al., 2005; Owens et al., 2017). Κατά τον 20^ο αιώνα, τη δεκαετία του 1940, σημειώθηκε η έναρξη της σημαντικής αύξησης της θερμοκρασίας και ταυτόχρονα σημειώθηκε η λήξη της ΜΠΠ (Goosse et al., 2005; Xoplaki et al., 2005).

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν ενδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τη μεταβλητότητα της θερμοκρασίας κατά τις δύο αυτές περιόδους, δεν υπάρχει ο επίσημος ορισμός αυτών και η αποφυγή της χρήσης των όρων είναι σύνηθες φαινόμενο. Σε αυτό συμβάλλει σημαντικά η ετερογένεια των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, καθώς η χρήση τους διαστρεβλώνει την εικόνα της θερμοκρασιακής μεταβλητότητας για τις εξαιρετικής σημασίας,

θερμότερες και ψυχρότερες περιόδους της χιλιετίας (Hughes and Diaz, 1994; Rodrigo et al., 1998; Mann et al., 1999; Goosse et al., 2005; Landrum et al., 2013).

Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, η πτωτική τάση της επιφανειακής θερμοκρασίας στο βόρειο ημισφαίριο, και κατ' επέκταση της Ευρώπης, δείχνει να αντιστρέφεται, καθώς ξεκινά η πιο αξιοσημείωτη ανοδική πορεία της (Fay, 1958; Mann et al., 1999; Crowley, 2000; Esper, Cook and Schweingruber, 2002; Jones and Mann, 2004; Anders Moberg and Sonechki, 2005; Xoplaki et al., 2005; Zorita, 2005; Osborn and Briffa, 2006; Jansen et al., 2007; Wanner et al., 2008; Landrum et al., 2013). Τα πιο βασικά γεωεπιστημονικά αίτια που πιθανόν έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην αύξηση των θερμοκρασιών επιφανείας φαίνεται να είναι η μεταβλητότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, οι μεταβολές στις χρήσεις γης, που αποτελούν έναν πολύ ισχυρό κλιματικό εξαναγκασμό καθώς και η αύξηση των εκπομπών των θερμοκηπικών αερίων σαν απόρροια της βιομηχανικής περιόδου (Crowley, 2000; Goosse et al., 2005; Zorita, 2005; Mann, 2006; Jansen et al., 2007). Σε τοπικό επίπεδο, η κλιματική μεταβλητότητα φαίνεται να συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με την συμπεριφορά συγκεκριμένων κλιματικών δεικτών όπως είναι ο δείκτης NAO (North Atlantic Oscillation) και ο δείκτης ENSO (El Niño/Southern Oscillation). Οι δύο αυτοί δείκτες φέρουν ανωμαλίες στην συμπεριφορά τους κατά την διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, και οι μεταβολές που παρουσιάζουν έχουν δείξει να συσχετίζονται με τις θερμοκρασιακές μεταβολές που παρατηρούνται στην Ευρώπη. Οι μεταβολές στους δείκτες NAO και ENSO σχετίζονται, επίσης, σημαντικά με τα περίπλοκα μοτίβα των ΘΜΠ και ΜΠΠ, ειδικότερα στη λεκάνη της Μεσογείου, - για παράδειγμα, ο δείκτης NAO επιδρά σημαντικά στις νότιες περιοχές της Ευρώπης (Mann, 2006).

Η θέρμανση αυτή που χαρακτηρίζει το βόρειο ημισφαίριο την τελευταία δεκαετία του 20^{ου} αιώνα, φαίνεται να άγγιξε πρωτοφανή επίπεδα σε σχέση με τα πλαίσια των 1700 – 2000 προηγούμενων ετών, τουλάχιστον (Mann and Jones, 2003; Mann et al., 2008;). Αν όμως μελετηθεί σε μεγαλύτερη χρονική κλίμακα, η αύξηση της θερμοκρασίας δεν αποτελεί ένα τόσο ασυνήθιστο φαινόμενο, καθώς μεταβολές στην τεκτονική δραστηριότητα μπορεί να οδηγήσουν σε αργές μεταβολές των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου και να συντελέσουν σε τέτοιου είδους ακραία φαινόμενα θερμοκρασιακών μεταβολών (Jansen et al., 2007). Ταυτοχρόνως, ενώ έχει αποδοθεί μεγάλη έμφαση στην ανώμαλη φύση των προσφάτων τάσεων και μεταβολών της θερμοκρασίας σε παγκόσμιο ή ημισφαιρικό επίπεδο, είναι εξίσου σημαντικό, η μεταβλητότητα και τα ακραία φαινόμενα, να μελετηθούν από ένα πιο περιοχικό πρίσμα, για παράδειγμα σε επίπεδο ηπείρων, καθώς σε αυτή τη χωρική κλίμακα οι περιβαλλοντικές, κοινωνικό-οικονομικές και σε θέματα υγιεινής, επιπτώσεις δείχνουν να αποκτούν πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις (Xoplaki et al., 2005).

Μια επιπλέον πτυχή, της οποίας η μελέτη παρέχει εξαιρετικά χρήσιμες πληροφορίες για τη μεταβλητότητα που παρατηρείται στο κλίμα, είναι η διερεύνηση μεταβολών της θερμοκρασίας σε εποχιακή βάση. Η εποχιακή ανάλυση και εκτίμηση, σε μελλοντικό, παρόντικό και παρελθοντικό επίπεδο, καλύπτει το κενό που υπάρχει μεταξύ των βραχυπρόθεσμων μετεωρολογικών προγνώσεων και των μακροπρόθεσμων κλιματικών προβολών, με απώτερο σκοπό τις αδιάλειπτες προγνώσεις

(Baehr et al., 2015). Οι κλιματικές μεταβολές του παρελθόντος και του μέλλοντος χαρακτηρίζονται από ισχυρή εποχιακή εξάρτηση (Xorlaki et al., 2005). Για παράδειγμα, η ηφαιστειακή δραστηριότητα, η ηλιακή ακτινοβολία, τα θερμοκηπικά αέρια και τα αιωρήματα που οφείλονται σε ανθρωπογενή αίτια, παρουσιάζουν διαφορετική πορεία κατά τη διάρκεια ενός έτους και συνεπώς επιδρούν στον ετήσιο κλιματικό κύκλο με διαφορετικό τρόπο.

Οι θερινοί μήνες στην Ευρώπη (Ιούνιος - Αύγουστος) στα μέσα τις χιλιετίας, παρουσιάζονται θερμότεροι, σε σχέση με τις μέσες θερμοκρασίες του 20^{ου} αιώνα, που είναι ψυχρότερες. Επιπροσθέτως, ακόμα μία άνοδος παρατηρήθηκε στις θερινές θερμοκρασίες από το 1750μ.Χ. μέχρι το δεύτερο μέρος του 19^{ου} αιώνα, όπου παρατηρείται το δεύτερο θερμότερο καλοκαίρι, το 1757μ.Χ. (Luterbacher et al., 2004).

Αντίθετα, από τον 16^ο αιώνα μέχρι τις πρώτες δεκαετίες του 18^{ου} αιώνα, οι χειμερινοί μήνες στην περιοχή της Ευρώπης είναι, σε γενικές γραμμές, ψυχρότεροι από τους αντίστοιχους μέσους όρους της χιλιετίας. Ειδικότερα, στο τέλος του 16^{ου} αιώνα, στο τέλος του 17^{ου} αιώνα και στο τέλος του 19^{ου} αιώνα, εμφανίστηκαν οι ψυχρότεροι χειμώνες, σε επίπεδο περιόδων πολλών δεκαετιών, και η πρώτη δεκαετία του 18^{ου} αιώνα παρουσίασε τον ψυχρότερο χειμώνα από το 1500μ.Χ. (Luterbacher et al., 2004).

Από το 1757 και έπειτα, η τάση της μέσης θερμοκρασίας των θερινών μηνών άρχισε να αντιστρέφεται μέχρι και τις πρώτες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα, όπου εμφανίζεται το ψυχρότερο καλοκαίρι στη Ευρώπη, από το 1500μ.Χ. μέχρι σήμερα. Κατά τη διάρκεια του τελευταίου αιώνα της χιλιετίας οι παρατηρήσεις της θερμοκρασίας τους θερινούς μήνες εμφάνισαν, πρώτα, μια ανοδική τάση μέχρι το 1947 και στη συνέχεια, μια καθοδική τάση μέχρι το 1977 (Luterbacher et al., 2004).

Ακολούθησε η εξαιρετικά ισχυρή, όπως προαναφέρθηκε, θέρμανση που αποτέλεσε τη θερμότερη δεκαετία ως προς τους καλοκαιρινούς μήνες 1994-2003. Υπάρχουν περίοδοι, σε επίπεδο πολλών δεκαετιών, με εμφανή ανοδική τάση θερμοκρασίας για τους καλοκαιρινούς μήνες στον ευρωπαϊκό χώρο, που μπορεί να συγκριθεί με τη θέρμανση της τελευταίας δεκαετίας της χιλιετίας, αλλά σε καμία περίπτωση δεν χαρακτηρίζονται από τόσο ισχυρή μεταβολή. Το καλοκαίρι του 2003 ξεπέρασε του μέσους όρους θερμοκρασίας θερινών μηνών της χιλιετίας και, δεδομένων των αβεβαιοτήτων που τις χαρακτηρίζουν, μπορεί να θεωρηθεί το θερμότερο καλοκαίρι για την Ευρώπη, από το 1500 (Luterbacher et al., 2004).

Αντιστοίχως, σε χρονική κλίμακα πολλών δεκαετιών, η θέρμανση που παρατηρήθηκε κατά τους χειμερινούς μήνες της τριακονταετίας 1973-2002, με 85% πιθανότητα, αποτέλεσε τη θερμότερη τριακονταετία στην Ευρώπη, από τη μέση της χιλιετίας μέχρι σήμερα (Luterbacher et al., 2004). Υπάρχουν αναφορές ότι οι θερμοκρασιακές μεταβολές, που παρατηρήθηκαν κατά τους χειμερινούς μήνες της περιόδου 1950-1999 στην Ευρασία, καθιστούσαν ευδιάκριτη την κλιματική μεταβολή και τους ανθρωπογενείς κλιματικούς εξαναγκασμούς που οδήγησαν σε αυτές (Zwiers and Zhang, 2003). Η μεγάλη θέρμανση που παρατηρήθηκε στους χειμερινούς μήνες της τελευταίας δεκαετίας του 20^{ου} αιώνα, δείχνει να είναι ισχυρότερη από αυτήν που παρατηρήθηκε στους καλοκαιρινούς μήνες, και αυτό

οφείλεται πιθανόν στην απόκριση του κλίματος στη μεταβολή της συγκέντρωσης των θερμοκηπικών αερίων, ως κλιματική επίδραση (Goosse et al., 2005).

Η εποχιακή μεταβλητότητα της θερμοκρασίας του παρελθόντος για την άνοιξη και το φθινόπωρο έχει μελετηθεί σε μικρό βαθμό, εξαιτίας των περιορισμένων εναλλακτικών δεδομένων για τις εποχές αυτές (Jones and Mann, 2004; Brázdil et al., 2005; Xoplaki et al., 2005). Οι περισσότερες θερμοκρασιακές μεταβολές κατά την διάρκεια των μηνών της άνοιξης και του φθινοπώρου, φαίνεται να συμβαίνουν εντονότερα στην βορειοανατολική Ευρώπη και την Σκανδιναβία (Luterbacher et al., 2004).

Τον τελευταίο αιώνα της χιλιετίας, σημειώθηκαν οι μεγαλύτερες μεταβολές της θερμοκρασίας προς τα άνω, από το 1500μ.Χ στις εποχές της άνοιξης και του φθινοπώρου. (Luterbacher et al., 2004; Xoplaki et al., 2005). Αυτή η εξέλιξη είχε ως αποτέλεσμα να επηρεαστούν αρνητικά τα φυσικά οικοσυστήματα στην Ευρώπη. Ο αντίκτυπος της κλιματικής μεταβολής στα οικοσυστήματα αυτά, είναι φανερός και ως προς την διάρκεια των θερμών μηνών του έτους για το δεύτερο μέρος του 20^{ου} αιώνα, η οποία (διάρκεια) φαίνεται να έχει μεγαλώσει (Menzel and Fabian, 1999; Xoplaki et al., 2005).

Η ψυχρή περίοδος Maunder Minimum που παρουσιάστηκε στην Ευρώπη είναι, κατά βάση, χειμερινό και εαρινό φαινόμενο, ενώ το καλοκαίρι και το φθινόπωρο δεν παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις από τους αντίστοιχους μέσους όρους του 20^{ου} αιώνα (Xoplaki et al., 2005). Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι οι μεταβολές της θερμοκρασίας της άνοιξης, σε επίπεδο δεκαετιών, είναι διπλάσιες από αυτές του φθινοπώρου, ενώ εκφράζονται περισσότερο στη βόρεια Ευρώπη. Συγκεκριμένα, στη βορειοανατολική Ευρώπη παρατηρούνται οι περισσότερες θετικές ανωμαλίες των θερινών μηνών και η μεγαλύτερη μεταβλητότητα. Η άνοιξη παρουσιάζει μια εκτεταμένη ψυχρή περίοδο στο δεύτερο μισό της περιόδου Maunder Minimum, ενώ στο τέλος του 17^{ου} αιώνα και στις αρχές του 18^{ου} η τάση της θερμοκρασίας της άνοιξης παρουσιάζει άνοδο. Κοινά χωρικά χαρακτηριστικά με την ανοδική τάση της άνοιξης, δείχνει να έχει ο χειμώνας κατά την περίοδο αυτή, του οποίου οι θερμοκρασίες, ομοίως αυξάνονται, παράλληλα με την τάση της θερμοκρασίας στην περιοχή της κεντρικής Ευρώπης (Luterbacher et al., 2004; Xoplaki et al., 2005). Οι μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να αποτελούν μια καλή εξήγηση για την άνοδο της θερμοκρασίας της άνοιξης σε επίπεδο δεκαετιών στην Ευρώπη (Xoplaki et al., 2005).

Όταν παρατηρείται μια ξεκάθαρη μεταβολή των ευρωπαϊκών μέσων θερμοκρασιών, δεν υπονοείται απαραίτητα ότι σημειώθηκαν σημαντικές μεταβολές και στις ακραίες θερμοκρασίες. Άλλοι κλιματικοί παράγοντες, όπως είναι οι ηφαιστειακοί εξαναγκασμοί, οι αυξανόμενες συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου, τα αιωρήματα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και η ενδογενής μεταβλητότητα του κλίματος, μπορεί να αποτελούν αίτια για την εκάστοτε ασυνέπεια (Xoplaki et al., 2005).

Οι εξαιρετικά ψυχροί ευρωπαϊκοί χειμώνες συνήθως σχετίζονται με την αρνητική φάση του δείκτη NAO (North Atlantic Oscillation) και με τα επίμονα συστήματα υψηλών πιέσεων που τοποθετούνται πάνω από την βόρεια Ευρώπη ή τη Σκανδιναβία ή στην προς τα δυτικά, προέκταση του Σιβηρικού αντικυκλώνα, που συνδέεται με ανέμους που πνέουν από την ανατολή με μια ροή προς τον βορρά (Luterbacher et al., 2004). Παρά την ισχυρή επιρροή που ασκεί η αρνητική φάση του NAO στις αρνητικές ανωμαλίες τις θερμοκρασίας, κυρίως κατά τη χειμερινή περίοδο στην Ευρώπη η ισχύ της σχέσης αυτής μπορεί να μεταβληθεί σε άλλες χρονικές περιόδους ή σε άλλες περιοχές (Jones, Briffa and Osborn, 2003; Jansen et al., 2007).

Η συχνότητα των αξιοσημείωτων ψυχρών περιστατικών τριπλασιάστηκαν μετά το 1878. Τα θερμά επεισόδια, επίσης, παρατηρούνταν συχνά, έτσι ώστε η πιθανότητα να βιώσει κανείς κάποιο ακραίο φαινόμενο, από 0.25, έχει φτάσει 0.44 (Briffa, 2000). Οι χαρακτηριστικά χαμηλές θερμοκρασίες του 19^{ου} αιώνα που σημειώθηκαν στην περιοχή της Ευρώπης, όπως προαναφέρθηκε, πιθανόν οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στις αποψιώσεις των δασών που πραγματοποιήθηκαν τότε στην Ευρώπη (Luterbacher et al., 2004; Goosse et al., 2005; Goosse et al., 2006; Wanner et al., 2008).. Το έτος 1601 φαίνεται να είναι το ψυχρότερο όλης της χιλιετίας ενώ την ψυχρότερη δεκαετία αποτελεί το διάστημα 1691-1700 (Jones et al., 1998).

Αντίστοιχα, ο θερμότερος αιώνας της χιλιετίας είναι ο 20^{ος}, η δεκαετία του 1981-1990 αποτελεί την θερμότερη δεκαετία της χιλιετίας, και το έτος του 1998 αποτελεί το έτος με τις υψηλότερες θερμοκρασίες που παρουσιάστηκαν στην Ευρώπη αυτή τη περίοδο (Jones et al., 1998; Mann et al., 1999; Mann and Jones, 2003; Luterbacher et al., 2004; Xoplaki et al., 2005).

Το ζήτημα των ακραίων θερμοκρασιών στην περιοχή της Ευρώπης έχει μελετηθεί και σε εποχιακό επίπεδο. Οι χειμερινοί μήνες παρουσίασαν τις χαμηλότερες θερμοκρασίες, σε επίπεδο πολλών δεκαετιών, κατά την διάρκεια του 16^{ου} αιώνα καθώς και στο τέλος του 17^{ου} και του 19^{ου} αιώνα (Luterbacher et al., 2004). Ο χειμώνας του 1708/1709 αποτελεί τον ψυχρότερο καταγεγραμμένο χειμώνα των τελευταίων χιλίων ετών στην περιοχή της Ευρώπης και οι πρώτες δεκαετίες του 17^{ου} αιώνα αποτελούν την πιο ψυχρή περίοδο της ΜΠΠ, γεγονότα που πιθανότατα οφείλονται στην αρνητική φάση του NAO (Luterbacher et al., 2004; Jansen et al., 2007; Jungclaus et al., 2010;). Ο θερμότερος χειμώνας κατά το τελευταίο μισό της χιλιετίας εμφανίζεται το 1989, ενώ σε επίπεδο πολλών δεκαετιών οι θερμότερες χειμερινές περίοδοι εμφανίστηκαν στα τελευταία έτη του 20^{ου} αιώνα (Luterbacher et al., 2004).

Το καλοκαίρι του 1902 αποτέλεσε το ψυχρότερο καλοκαίρι των τελευταίων 500 ετών στην Ευρώπη, ενώ το θερμότερο παρουσιάστηκε το 2003 στα πλαίσια του τελευταίου μισού της χιλιετίας, καθώς όλοι οι θερινοί μήνες μεμονωμένα ήταν σημαντικά θερμότεροι από όλα τα προηγούμενα έτη. Οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες εμφανίστηκαν στην δυτική και κεντρική Ευρώπη (Luterbacher et al., 2004; Guiot et al., 2005; Jansen et al., 2007).

Δεδομένου ότι η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στο κλίμα δεν αποφέρει σημαντικές μεταβολές στις μέσες επιφανειακές θερμοκρασίες του ημισφαιρίου, τα εποχιακά μοτίβα της

ηπειρωτικής ψύξης κατά τους θερινούς μήνες και οι τοπικές μεταβολές της θερμοκρασίας που σχετίζονται με μια δυναμική (καθορισμένη κατά βάση από την στρατόσφαιρα), τάση προς την αρνητική φάση του NAO κατά τους χειμερινούς μήνες του βόρειου ημισφαιρίου, έχουν σαν αποτέλεσμα την ισχυρή ψύξη σε κάποιες περιοχές, όπως είναι η Ευρώπη, και την θέρμανση άλλων περιοχών, εν μέσω μιας περιόδου με μειωμένη ηλιακή ακτινοβολία (Mann, 2006).

Οι μήνες της άνοιξης παρουσίασαν αξιοσημείωτα υψηλές θερμοκρασίες περισσότερο τα τελευταία 500 έτη, συγκεκριμένα από το 1500-1800. Ωστόσο, από το 1970 φαίνεται να κυριαρχεί μια τάση ελάττωσης των ακραίων μεγίστων θερμοκρασιών, γεγονός αντιφατικό ως προς την ολόένα αυξανόμενη θετική τάση των μέσων θερμοκρασιών. Το παράδοξο αυτό, δεδομένου της συνεχούς επίδρασης των θερμοκηπικών αερίων στο κλίμα, από την προβιομηχανική περίοδο, ενδεχομένως μπορεί να εξηγηθεί από άλλους κλιματικούς παράγοντες όπως την ψύξη από ηφαιστειακή δραστηριότητα, τα ανθρωπογενή αιωρήματα ή τη φυσική κλιματική μεταβλητότητα (Xoplaki et al., 2005).

Κατά την περίοδο του Maunder Minimum, σημειώθηκαν οι ψυχρότερες ανοιξιότικες περίοδοι (1785) στην Ευρώπη, κυρίως στις περιοχές της κεντρικής και ανατολικής Ευρώπης, ενώ ο 17^{ος} και ο 19^{ος} αιώνας φαίνονται να είναι οι ψυχρότεροι αιώνες ως προς τις μεταβολές της θερμοκρασίας κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο (Xoplaki et al., 2005).

Οι ισχυρότερες θερμές ανωμαλίες για τις φθινοπωρινές περιόδους έλαβαν χώρα γύρω στο 1800 ενώ στα μέσα του 20^{ου} αιώνα, παρομοίως, παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές θερμοκρασίας οι οποίες όμως, πολύ σύντομα εξασθένησαν. Χαρακτηριστικά μειωμένα ακραία φαινόμενα θετικής ανωμαλίας των φθινοπωρινών περιόδων χαρακτηρίζουν το δεύτερο μισό του 16^{ου} και 17^{ου} αιώνα (Xoplaki et al., 2005).

Η έλλειψη μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων που χαρακτηρίζει τα ιστορικά χρόνια είχε ως αποτέλεσμα την αναγκαιότητα δημιουργίας χρονοσειρών για τις περιόδους ενδιαφέροντος του παρελθόντος, που να προσεγγίζουν όσον το δυνατό καλύτερα την πραγματική κλιματική κατάσταση (Mann et al., 2008; Jones et al., 2009; Mann et al., 2009, 1999 Bothe et al., 2015). Οι μελέτες που έχουν διεξαχθεί στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής σε επίπεδο αιώνων ή χιλιετιών εφαρμόζουν δύο βασικούς τρόπους προσέγγισης των μετεωρολογικών παραμέτρων, καλύπτοντας το κενό των πραγματικών τιμών κατά τα ιστορικά χρόνια. Ο πρώτος τρόπος είναι η εμπειρική ανακατασκευή του παλαιοκλίματος μέσω «εναλλακτικών» κλιματικών δεδομένων (proxy data), ενώ ο δεύτερος αφορά στην εκτίμηση των παραμέτρων μέσω προσομοιώσεων των κλιματικών εξαναγκασμών με χρήση παγκόσμιων κλιματικών μοντέλων, (Crowley, 2000; Mann and Jones, 2003). Συχνά, η ανακατασκευή παλαιοκλίματος μεγάλης κλίμακας μέσω των εναλλακτικών δεδομένων, χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των αντίστοιχων προσομοιώσεων των παγκόσμιων κλιματικών μοντέλων (Goosse et al., 2005; Bothe et al., 2015). Η σύγκριση αυτή, βοηθά σημαντικά την περαιτέρω κατανόηση των μεταβολών που παρατηρούνται στο κλίμα σε μεγάλες χρονικές κλίμακες (Wanner et al., 2008; Bothe et al., 2015).

Οι τεχνικές ανακατασκευής του παλαιοκλίματος, χρησιμοποιούνται ευρέως προκειμένου να διερευνηθεί ο ρόλος των διαφόρων φυσικών και ανθρωπογενών κλιματικών επιδράσεων στο κλιματικό σύστημα, αλλά αποσκοπεί επίσης στην αξιολόγηση της δυνατότητας των μοντέλων να τους προσομοιώνουν (Jones et al., 1998; Mann et al., 1999; Briffa et al., 2001; Davis et al., 2003; Landrum et al., 2013). Τα κλιματικά εναλλακτικά δεδομένα, συμπεριλαμβάνουν την αξιοποίηση της πληροφορίας που παρέχεται από τους δακτυλίους δέντρων (Jones et al., 1998; Briffa, 2000; Anders Moberg and Sonechki, 2005), τη γύρη (Davis et al., 2003; Landrum et al., 2013; Mauri et al., 2015), τα «καρότα» πάγου (Jones et al., 1998), τα κοράλλια (Jones et al., 1998), τα διάφορα ιζήματα σε υψηλή χρονική ανάλυση (Mann et al., 1999; Wanner et al., 2008; Landrum et al., 2013), τα σπηλαιοθέματα, τις γεωτρήσεις, τον ξυλάνθρακα, τα ιζήματα λιμνών (Landrum et al., 2013). Συχνά, χρησιμοποιούνται είτε σε συνδυασμό μεταξύ τους, δημιουργώντας την αναγκαία χρονοσειρά, είτε συνδυάζοντας αυτά με τιμές των μετεωρολογικών μεταβλητών που προκύπτουν από τις προσομοιώσεις (multiproxy data), με αποτέλεσμα τη βελτίωση των εκτιμήσεων της επιρροής που ασκούν οι κλιματικοί εξαναγκασμοί στη μεταβλητότητα του κλίματος (Bradley and Jones, 1993; Hughes and Diaz, 1994; Bothe et al., 2015). Πέρα από τα φυσικά αρχεία που αναφέρθηκαν, συχνά χρησιμοποιούνται πληροφορίες που αντλούνται από ιστορικά αρχεία, ωστόσο τα δεδομένα αυτά θεωρούνται αξιόπιστα μόνο στις περιπτώσεις όπου έχουν διατηρηθεί γραπτά στοιχεία (Jones et al., 1998; Mann et al., 2008).

Η άντληση κλιματικών πληροφοριών από τους δακτυλίους των δέντρων, γίνεται μέσω διαφόρων δομικών χαρακτηριστικών των δακτυλίων, όπως είναι το πλάτος τους, το μέγεθός τους και η πυκνότητα του ξύλου, αλλά και χημικών χαρακτηριστικών, όπως τα ισότοπα υδρογόνου, οξυγόνου και άνθρακα, καθώς και η συσσώρευση των βαρέων μετάλλων (Fritts and Swetnam, 2013). Οι πληροφορίες που αντλούνται συμπεριλαμβάνουν παραμέτρους, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η βροχόπτωση, καθώς γίνονται ευδιάκριτα τα φαινόμενα ξηρασίας, παγετού ή και πυρκαγιάς. Οι δακτύλιοι των δέντρων, χρησιμοποιούνται ευρέως ως εναλλακτικός τρόπος άντλησης δεδομένων για διάφορους λόγους. Η εκτεταμένη κάλυψη στην επιφάνεια και η υψηλή χρονική διακριτοποίηση επιτρέπουν στις δενδροκλιματικές ανακατασκευές να συνεισφέρουν σημαντικά στις γνώσεις περί των κλιματικών αλλαγών στο τελευταίο μέρος της Ολόκαινου, αλλά ακόμα και σε μικρότερες κλίμακες από 1 μέχρι 100 έτη (Briffa et al., 1996; Jones et al., 1998; Briffa, 2000).

Αντιστοίχως, μέσω των χημικών χαρακτηριστικών των κοραλλιών και των καρότων πάγου, μπορεί να εκτιμηθεί η θερμοκρασία του παρελθόντος, και κατ' επέκταση η μεταβλητότητά της (Jones et al., 1998; Fritts and Swetnam, 2013). Ωστόσο, σε αυτούς τους τύπους εναλλακτικών δεδομένων, προκύπτουν ζητήματα που δυσχεραίνουν την εκτίμηση της θερμοκρασίας, όπως είναι η χρονολόγηση του εκάστοτε δείγματος, η οποία δεν μπορεί να εκτιμηθεί πάντα με ακρίβεια και αξιοπιστία. Στο πλαίσιο του τελευταίου αιώνα, ως προς τη θέρμανση που παρατηρήθηκε, ανακατασκευές θερμοκρασίας που βασίστηκαν στους δενδρικούς δακτυλίους προσεγγίζουν περισσότερο τα δεδομένα παρατηρήσεων, σε σύγκριση με τις ανακατασκευές με βάση τα καρότα πάγου και τα κοράλλια (Jones et al., 1998). Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι τα δεδομένα που αντλούνται από τους δακτυλίους των

δέντρων παρουσιάζουν δυσκολίες στην προσπάθειά τους να αναπαράγουν αξιόπιστα τη θερμοκρασιακή μεταβλητότητα σε επίπεδο πολλών αιώνων. Διαπιστώθηκε ότι, ακόμη και φυσικά εναλλακτικά δεδομένα με χαμηλότερη χρονική διακριτοποίηση, όπως είναι τα διαφορών ειδών ιζήματα, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη μεταβλητότητα του κλίματος, σε κλίμακα πολλών αιώνων, που δεν μπορούν να αποτυπωθούν από τους δακτυλίους των δέντρων (Anders Moberg and Sonechki, 2005).

Το πλήθος των πηγών εναλλακτικών δεδομένων, ειδικότερα αυτών που χαρακτηρίζονται από εκτενείς χρονοσειρές, είναι περιορισμένο, ενώ μεγάλο μέρος του, έχει ήδη χρησιμοποιηθεί από την επιστημονική κοινότητα. Οι πλέον διαθέσιμες κλιματικές πληροφορίες που μπορούν να αντληθούν από τους δακτυλίους των δέντρων, βρίσκονται στη βόρεια Αμερική και βόρεια Ευρώπη, ενώ καρότα πάγου που δίνουν πληροφορίες για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα, υπάρχουν στη Γροιλανδία και στην Ανταρκτική (Jones et al., 1998). Η γύρη αποτελεί τον πιο ευρέως διαθέσιμο τύπο εναλλακτικών δεδομένων σε επίπεδο ηπείρων για όλη την περίοδο της Ολόκαινου (Mauri et al., 2015). Εν αντιθέσει, όλα τα διαθέσιμα μεγάλης διάρκειας δεδομένα των κοραλλιών έχουν εξαντληθεί, και ο αριθμός των εναλλακτικών χρονοσειρών θερμοκρασίας 2000 ετών σε τοπικό επίπεδο είναι εξαιρετικά περιορισμένος (Jones et al., 1998; Anders Moberg and Sonechki, 2005). Σε γενικά πλαίσια, όλοι οι τύποι εναλλακτικών δεδομένων, χαρακτηρίζονται από περιορισμούς σε επίπεδο χρονικής κλίμακας (Jones et al., 1998).

Προκειμένου να επιτευχθεί η ανακατασκευή του παλαιοκλίματος, είναι απαραίτητο τα εναλλακτικά κλιματικά δεδομένα να είναι υψηλής χρονικής ανάλυσης, σε επίπεδο ετών ή δεκαετιών, έτσι ώστε να είναι δυνατό να βαθμονομηθούν σε σχέση με τα πραγματικά δεδομένα, μέσω της χρήσης στατιστικών σχέσεων (Mann and Jones, 2003; Anders Moberg and Sonechki, 2005). Στην περίπτωση που είναι χαμηλής συχνότητας, τα εναλλακτικά δεδομένα, είναι απαραίτητο να χαρακτηρίζονται από υψηλή αξιοπιστία έτσι ώστε η μεταβλητότητα σε επίπεδο χιλιετίας, να μπορεί να απεικονιστεί με όσο το δυνατό καλύτερη προσέγγιση στην πραγματική κατάσταση (Mann and Jones, 2003). Συγχρόνως, προκειμένου να υπολογιστεί ένας αντιπροσωπευτικός μέσος όρος μεγάλης χωρικής κλίμακας, είναι σημαντικό, τα εναλλακτικά δεδομένα να είναι επαρκή και ομαλώς χωρικά κατανομημένα, φαινόμενο που συναντάται σπανιότερα, καθώς οι υψηλής συχνότητας εναλλακτικοί κλιματικοί δείκτες περιορίζονται συνήθως σε συγκεκριμένες περιοχές (Jones et al., 1998; Landrum et al., 2013). Οι διαφορές που διέπουν τα εναλλακτικά δεδομένα ως προς τη γεωγραφική τους κάλυψη, συμπεριλαμβανομένου της κατανομής κατά γεωγραφικό μήκος, τις αντιθέσεις στις ηπειρωτικές και θαλάσσιες περιοχές καθώς και τις διαφορές που εντοπίζονται σε εποχιακό επίπεδο, ασκούν επιρροή στο μέγεθος της μεταβλητότητας που θα παρουσιάζουν σε επίπεδο δεκαετίας αλλά και εκατονταετίας (Jones et al., 1998, 2009; Mann and Jones, 2003; Mann et al., 2008; Landrum et al., 2013).

Τα κλιματικά μοντέλα, έχουν τη δυνατότητα να αναπαράγουν τις παρατηρούμενες κλιματικές παραμέτρους, γεγονός που βοηθά στην κατανόηση των μηχανισμών της κλιματικής μεταβλητότητας κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης χρονικής περιόδου, όπως είναι η τελευταία χιλιετία, παρέχοντας

χρήσιμες πληροφορίες για το παρόντικό και μελλοντικό κλίμα (J. H. Jungclaus et al., 2010). Προκειμένου, λοιπόν, να καλυφθεί το κενό των πραγματικών τιμών για το μεγαλύτερο μέρος της τελευταίας χιλιετίας, διαφόρων τύπων κλιματικά μοντέλα, καταλλήλως παραμετροποιημένα, προσομοιώνουν τις ατμοσφαιρικές συνθήκες των περιόδων ενδιαφέροντος και αναπαράγουν εκτιμήσεις της θερμοκρασίας των ιστορικών χρόνων. Τα αριθμητικά κλιματικά μοντέλα προσφέρουν το πλεονέκτημα του εντοπισμού των μεταβολών (της τελευταίας χιλιετίας ή και μεγαλύτερων χρονικών περιόδων), που σχετίζονται με τις εξωγενείς επιδράσεις, από αυτές που αναπαριστούν την ενδογενή ή φυσική μεταβλητότητα (Landrum et al., 2013). Η χρήση των κλιματικών παραμέτρων, που αποτελούν κλιματικούς εξαναγκασμούς, στις προσομοιώσεις των κλιματικών μοντέλων, είναι καθοριστικής σημασίας, καθώς επιτρέπει την αξιολόγηση της σημαντικότητας του ρόλου των διαφόρων φυσικών και ανθρωπογενών κλιματικών εξαναγκασμών στη μεταβλητότητα του κλίματος στο χρόνο (Bothe et al., 2015).

Οι τύποι κλιματικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται, διαφοροποιούνται ως προς τις κλιματικές διεργασίες και τους κλιματικούς εξαναγκασμούς που λαμβάνουν υπόψη και κατ' επέκταση ως προς την πολυπλοκότητά τους και τη δυνατότητά τους να προσομοιώσουν τις πραγματικές κλιματικές συνθήκες (Goosse et al., 2010; Landrum et al., 2013). Τα απλούστερα μοντέλα, επιτρέπουν σε μεγαλύτερο βαθμό, τη διεξοδική διερεύνηση της αβεβαιότητας που διέπουν τους εξωγενείς εξαναγκασμούς και την ενδογενή μεταβλητότητα (Landrum et al., 2013). Στις περισσότερες περιπτώσεις κλιματικών μελετών στα μοντέλα προσομοίωσης λαμβάνονται υπόψη, τουλάχιστον, η φυσική της ατμόσφαιρας, των ωκεανών και του θαλάσσιου πάγου μέσω των παραμετροποιήσεων, των σταθερών όρων. Ωστόσο, όσο αυξάνει η χρονική κλίμακα της εκάστοτε μελέτης, τόσο μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύς είναι απαραίτητη και, έτσι, συχνά χρησιμοποιούνται απλοποιημένα και ταχύτερα μοντέλα όταν πρόκειται να προσομοιωθεί μια περίοδος εκτεταμένης χρονικής διάρκειας (Goosse et al., 2010).

Ο αριθμός των διαδραστικών συνιστωσών του κλιματικού συστήματος καθώς και ο αριθμός και η λεπτομέρεια των κλιματικών διεργασιών που συμπεριλαμβάνει ένα κλιματικό μοντέλο, καθορίζει τον βαθμό πολυπλοκότητάς του. Τα μοντέλα κλιματικών προσομοιώσεων διαχωρίζονται βάσει της πολυπλοκότητάς τους σε τρεις γενικές κατηγορίες: τα μοντέλα ενεργειακής ισορροπίας (Energy Balance Model – EBM), τα γήινα μοντέλα μέσης πολυπλοκότητας (Earth Models of Intermediate Complexity EMICs), και τα μοντέλα παγκόσμιας κυκλοφορίας (Global Circulation Models – GCMs).

Τα EBM αποτελούν μια απλοποιημένη έκδοση της δυναμικής του κλιματικού συστήματος. Οι κλιματικές μεταβλητές μεσοποιούνται χωρικά, περιέχουν σχετικά μικρό αριθμό βαθμών ελευθερίας, ενώ παράλληλα, πολλές από τις κλιματικές διεργασίες δεν λαμβάνονται υπόψη στις παραμετροποιήσεις (Goosse et al., 2010).

Τα EMICs, βασίζονται στην αναπαράσταση ενός πιο πολύπλοκου κλιματικού συστήματος, απ' ότι στην περίπτωση των EBM, αλλά και αυτός ο τύπος μοντέλων εμπεριέχει σε μεγάλο βαθμό απλοποιήσεις (Goosse et al., 2010). Το εύρος της πολυπλοκότητας στην κατηγορία των EMICs είναι

εκτεταμένο, καθώς υπάρχουν πολύ απλοϊκά μοντέλα αλλά και μοντέλα που εμπεριέχουν συνιστώσες που ομοιάζουν με αυτές των GCMs. Δεδομένης της απλοϊκής μορφής των μοντέλων της κατηγορίας αυτής, και κατ' επέκταση της μικρής απαίτησης σε υπολογιστική ισχύ και της μεγάλης εν δυνάμει ταχύτητας, καθίσταται εφικτή η δυνατότητα προσομοίωσης του κλίματος για εκτεταμένες χρονικές περιόδους. Τα μοντέλα αυτά επιτρέπουν τη διερεύνηση της δυναμικής, εξαρτώμενης από τον χρόνο, απόκρισης της ατμόσφαιρας ως προς τους ποικίλους μηχανισμούς ενδογενών (πάγος, ωκεάνια κυκλοφορία, βιόσφαιρα, ίχνη αερίων) και εξωγενών (τροχιακών) κλιματικών εξαναγκασμών. (Davis et al., 2003).

Η πιο ρεαλιστικά αντιπροσωπευτική εικόνα της πορείας του κλίματος, αναπαρίσταται από τα μοντέλα γενικής κυκλοφορίας καθώς, παρέχουν την πιο ακριβή και πολύπλοκη περιγραφή του κλιματικού συστήματος. Σε σύγκριση με τα EMIcs, χαρακτηρίζονται από πολύ μεγαλύτερη χωρική ανάλυση και αναπαριστούν το κλίμα σε τρεις διαστάσεις, παρέχοντας έτσι μεγαλύτερη λεπτομέρεια στην έκφραση των κλιματικών συνιστωσών, ειδικότερα σε τοπική κλίμακα. Τα μοντέλα αυτά, μέχρι πρότινος, εμπεριείχαν μόνον την αναπαράσταση της ατμόσφαιρας, της γήινης επιφάνειας, μερικές φορές την ωκεάνια κυκλοφορία και μια πολύ απλοϊκή αναπαράσταση του θαλάσσιου πάγου. Πλέον, λαμβάνουν υπόψη όλο και περισσότερες συνιστώσες, και πολλά από αυτά ήδη συμπεριλαμβάνουν εξελιγμένα μοντέλα θαλάσσιου πάγου, τον κύκλο του άνθρακα, τη δυναμική που διέπει τα στρώματα πάγου, ακόμα και τη χημεία της ατμόσφαιρας. Ο μεγάλος αριθμός διεργασιών που συμπεριλαμβάνουν, καθώς επίσης και η σχετικά μεγάλη χωρική διακριτοποίηση έχουν σαν αποτέλεσμα τις μεγάλες απαιτήσεις στην υπολογιστική ισχύ. Τα GCMs χωρίζονται στα ατμοσφαιρικά GCMs (AGCMs) και τα ωκεάνια GCMs (OGCMs) αλλά για κλιματικές μελέτες, συχνά, χρησιμοποιούνται μοντέλα που οι συνιστώσες τις ατμόσφαιρας και των ωκεανών αλληλεπιδρούν (AOGCMs). Τα AOGCMs προσφέρουν εκτενείς αναπαραστάσεις των διαδικασιών που διαδραματίζονται εντός, καθώς και ανάμεσα, στις συνιστώσες του κλιματικού συστήματος, επιτρέποντας την εξέταση των μεταβολών της θερμοκρασίας κατά την τελευταία χιλιετία, με πολύ μεγαλύτερη χωρική και χρονική διακριτοποίηση, σε σχέση με τα εναλλακτικά δεδομένα (Landrum et al., 2013). Οι περιπτώσεις στις οποίες λαμβάνονται υπόψη, από ένα κλιματικό μοντέλο, οι αλληλεπιδράσεις περισσότερων συνιστωσών του κλίματος, που παίζουν σημαντικό ρόλο στην δυναμική του, θεωρούνται «συζευγμένα» μοντέλα και συγκαταλέγονται στα «Earth System Models» (ESM). Η υποκατηγορία αυτή, των μοντέλων, χαρακτηρίζεται από μεγάλη λεπτομέρεια στις πληροφορίες που φέρουν, βάσει των οποίων προσομοιώνονται οι εκάστοτε κλιματικές συνθήκες. Εκ του αποτελέσματος, η προσπάθεια σύζευξης όλων των απαραίτητων συνιστωσών και αναπαράστασης των ανταλλαγών μεταξύ τους, και συνεπώς η προσπάθεια αναπαράστασης του κλίματος έτσι ώστε να το προσεγγίζει ρεαλιστικά όσο το δυνατό περισσότερο, παρουσιάζει τεχνικές δυσκολίες και έχει μεγάλο υπολογιστικό κόστος (Goosse et al., 2010). Ωστόσο, με ένα σύστημα μοντέλων που προσομοιώνει, για παράδειγμα, τον κύκλο του άνθρακα σε συνδυασμό με την εσωτερική /ενδογενή μεταβλητότητα, μέσω της αξιοποίησης των παρατηρήσεων, επιτυγχάνεται η ποσοτικοποίηση της

απόκρισης του συστήματος στον εκάστοτε κλιματικό εξαναγκασμό, αλλά και της κλιματικής ανάδρασης του κύκλου του άνθρακα, σε διάφορες περιόδους και με διάφορες οριακές συνθήκες (Jungclaus et al., 2010).

Όπως προαναφέρθηκε, οι προσομοιώσεις των GCMs έχουν χρησιμοποιηθεί προκειμένου να μελετηθούν τα μοτίβα απόκρισης του κλίματος, στις εξωγενείς επιδράσεις, που προσεγγίζονται από το μοντέλο, να συγκριθούν με τα, χαμηλής συχνότητας, μοτίβα που αντλούνται από τις παρατηρήσεις ή τις ανακατασκευές παλαιοκλίματος από εναλλακτικά δεδομένα με σκοπό την περαιτέρω κατανόηση της κλιματικής συμπεριφοράς (Goosse et al., 2005; Wanner et al., 2008; Bothe et al., 2015). Συγκεκριμένα, προκειμένου να συγκριθούν τα χαμηλής συχνότητας, μοτίβα μεταβλητότητας που υπολογίζονται από τα μοντέλα, με τις ανακατασκευές της θερμοκρασίας, τα GCMs έχουν χρησιμοποιηθεί χωρίς να εφαρμοστούν κλιματικοί εξαναγκασμοί, έτσι ώστε να αποκαλυφθούν οι μηχανισμοί των εξαναγκασμών και να προσδιοριστεί ο ρόλος τους στην εκάστοτε μεταβολή (Jones et al., 1998; Goosse et al., 2005; Xoplaki et al., 2005). Τα μοντέλα γενικής κυκλοφορίας χρησιμοποιήθηκαν, επίσης, ως προς τη μελέτη των φυσικών διεργασιών που ενισχύουν την απόκριση του κλίματος στους ισχυρούς εξωγενείς κλιματικούς εξαναγκασμούς, όπως ήταν το ελάχιστο της ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρήθηκε κατά τις τελευταίες δεκαετίες του 17^{ου} αιώνα, εξαιτίας της ελάττωσης του πλήθους των ηλιακών κηλίδων κατά την περίοδο του Maunder Minimum (Shindell et al., 2016).

Παρά τη μεγάλη χωρική διακριτοποίηση, διακρίνονται δυσκολίες στην προσπάθεια των GCMs να προσομοιώσουν ορισμένες πτυχές του κλίματος που χαρακτηρίζει την Ολόκαινο (τελευταία 10-12.000 έτη) εποχή (Braconnot et al., 2012; Hargreaves et al., 2013), συμπεριλαμβανομένου της περιοχής της Ευρώπης (Giorgetta et al., 2013; Mauri, Davis, Collins, and Kaplan, 2014). Οι δυσκολίες αυτές, στην αναπαράσταση των πραγματικών κλιματικών συνθηκών, οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην αβεβαιότητα που διέπουν τα μοντέλα (Zorita, 2005) αλλά και στην αβεβαιότητα που χαρακτηρίζουν τους κλιματικούς εξαναγκασμούς (Bothe et al., 2015).

Έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες προσομοιώσεις, από EBM, EMICs και GCMs, ως προς την εκτίμηση των κλιματικών εξαναγκασμών για τα τελευταία 500-1000 χρόνια, αλλά και για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους. Οι προσομοιώσεις των τελευταίων ετών εμπεριέχουν ολοένα και περισσότερους φυσικούς κλιματικούς εξαναγκασμούς (μεταβολές στην ηλιακή ακτινοβολία και η επιρροή των μεγάλων ηφαιστειακών εκρήξεων) και επιπλέον ανθρωπογενείς εξαναγκασμούς (μεταβολές στις χρήσεις γης, αύξηση στα συγκεντρώση αερίων του θερμοκηπίου και των αιωρημάτων θείου) (Crowley, 2000; Zorita et al., 2004; Goosse et al., 2005; Jansen et al., 2007; Wanner et al., 2008; Landrum et al., 2013). Παρατηρείται μεγάλη διαφοροποίηση στην σύγκριση μεταξύ των προσομοιώσεων, γεγονός που οφείλεται στους διαφορετικούς εξαναγκασμούς που λαμβάνει υπόψη του το εκάστοτε μοντέλο και στην ευαισθησία που το χαρακτηρίζει (Mann et al., 2008; Wanner et al., 2008). Για παράδειγμα, τα EMICs προσομοιώνουν σχετικά συντηρητικές μεταβολές κατά την περίοδο 1000-1850μ.Χ. με μέγιστη μεταβλητότητα τους 0.5°C, σε αντίθεση με κάποια GCMs τα οποία

παρουσιάζουν λίγο μεγαλύτερες μεταβολές (Goosse et al., 2006; Jansen et al., 2007). Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι τα κλιματικά μοντέλα συμφωνούν στο γεγονός ότι, η θέρμανση του 20^{ου} αιώνα δεν δύναται να προσομοιωθεί εάν δεν συμπεριληφθούν οι ανθρωπογενείς κλιματικοί εξαναγκασμοί, γεγονός που φέρει προβληματισμούς ως προς την ευθύνη του αποτυπώματος του ανθρώπου στην κλιματική μεταβολή (Crowley, 2000; Luterbacher et al., 2004; Mann, 2006; Pongratz et al., 2008; Wanner et al., 2008). Επίσης, κατά γενική ομολογία, σε μεγάλες χωρικές κλίμακες, όπως η ημισφαιρική, οι κλιματικές μεταβολές κυριαρχούνται κατά βάση από τους εξωγενείς εξαναγκασμούς. Η εσωτερική μεταβλητότητα, παίζει σημαντικό ρόλο σε τοπικό επίπεδο ενώ σε μεγάλες χωρικές κλίμακες, ο ρόλος της είναι συνήθως πιο απλοϊκός και σπάνια κυρίαρχος (Goosse et al., 2005; Wanner et al., 2008).

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση της αξιοπιστίας του μοντέλου MPI-ESM, στην ικανότητά του να αναπαριστά με την καλύτερη δυνατή ακρίβεια το κλιματικό προφίλ της θερμοκρασίας του αέρα επιφανείας της Ευρώπης κατά τη διάρκεια της περασμένης χιλιετίας, με έμφαση τις περιόδους ΘΜΠ και ΜΠΠ, διερευνώντας παράλληλα και την εποχιακή διακύμανση. Επιπλέον, ερευνάται το κατά πόσο ο ανθρώπινος παράγοντας διαδραματίζει ρόλο στη διαμόρφωση των σημερινών θερμοκρασιών αέρα επιφανείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2. Δεδομένα – Μεθοδολογία

2.1 Δεδομένα

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν χρονοσειρές μέσω ετήσιων θερμοκρασιών που προσομοιώθηκαν από το Max Planck Institute for Meteorology Earth System Model (MPI-ESM), το οποίο συμπεριλαμβάνει δύο μοντέλα γενικής κυκλοφορίας, για την ωκεάνια και ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Επίσης, συμπεριλήφθηκε ένα μοντέλο του κύκλου του άνθρακα και το σύστημα αλληλεπίδρασης γήινης επιφάνειας/χρήσης γης, JSBACH.

Ειδικότερα, τα δεδομένα θερμοκρασίας που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία αντλήθηκαν από τη διεξαγωγή προσομοιώσεων που πραγματοποιήθηκε το 2010 από τους Jungclaus et al. κατά την οποία μελετήθηκε η κλιματική μεταβλητότητα και ο κύκλος του άνθρακα την τελευταία χιλιετία. Τα δεδομένα αρχικά αναφέρονταν στο βόρειο ημισφαίριο αλλά για τη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε ο ευρύτερος ευρωπαϊκός χώρος. Όπως χωρικά, έτσι και χρονικά, ενώ οι προσομοιώσεις του 2010 διεξήχθησαν για μια χρονική περίοδο 3000 ετών, στην παρούσα εργασία έγινε χρήση των τιμών μόνο της τελευταίας χιλιετίας. Χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Max Planck Institute for Meteorology - Earth System Model (MPI-ESM) το οποίο αποτελείται από τα μοντέλα γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας ECHAM5 (Roeckner, 2003) και των ωκεανών MPIOM (Marsland, Haak, Jungclaus, Latif, & Röske, 2003). Αντλήθηκαν τα δεδομένα θερμοκρασίας από το βασικό τρέξιμο του μοντέλου, όπου δεν λαμβάνονταν υπόψη οι εξωγενείς κλιματικοί εξαναγκασμοί, καθώς και από προσομοιώσεις με επιπλέον εξαναγκασμό τις μεταβολές των θερμοκηπικών αερίων και τις μεταβολές των χρήσεων γης.

Το μοντέλο ωκεάνιας κυκλοφορίας MPIOM προέρχεται από το HOPE (Hamburg Ocean Primitive Equation) το οποίο χρησιμοποιούνταν για μελέτες σε παγκόσμιο αλλά και τοπικό επίπεδο και αποτελούσε την ωκεάνια συνιστώσα του (coupled) μοντέλου ECHAM/HOPE. Το MPIOM εφαρμόζει ένα πλέγμα τύπου conformal mapping c-grid με οριζόντια διακριτοποίηση από 22km μέχρι 350km. Η συγκεκριμένη ρύθμιση του πλέγματος είναι μια έκδοση χαμηλής ανάλυσης του μοντέλου (Jungclaus et al., 2006) που χρησιμοποιήθηκε στις προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στο IPCC και στο C4MIP (Friedlingstein et al., 2006).

Το MPIOM συμπεριλαμβάνει ένα μοντέλο που εμπεριέχει τη φυσική της θερμοδυναμικής και της δυναμικής του θαλάσσιου πάγου (Hibler, 1979), καθώς και του χιονιού που μπορεί να υπάρχει πάνω σε αυτόν. Η κάλυψη θαλάσσιου πάγου αποτελεί μέρος του εκάστοτε κελιού του πλέγματος και σχετίζεται με το πάχος του. Επιπρόσθετα, η θερμοδυναμική που σχετίζεται με το πάχος του θαλάσσιου πάγου μεταβάλλεται, προκειμένου να επέλθει ισορροπία με τις ροές της ακτινοβολίας, των αναταραχών και της θερμότητας των ωκεανών. Συμπεριλαμβάνονται επιπλέον, οι μονωτικές ιδιότητες

που προσδίδει η συσσώρευση χιονιού πάνω στον θαλάσσιο πάγο και παράλληλα υπάρχει δυνατότητα σχηματισμού νέας μορφής όγκου, που συνδυάζει το χιόνι με τον πάγο, όταν η επιφάνειά του βυθιστεί στο νερό λόγω υπερφόρτωσης χιονιού (Marsland et al., 2003).

Το ECHAM5 αναπτύχθηκε βάσει του επιχειρησιακού μοντέλου ατμοσφαιρικής πρόγνωσης ECMWF του 1989 και αποτελεί την έκδοση του ECMWF του Αμβούργου, ενώ η συγκεκριμένη έκδοση του μοντέλου γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας συμπεριλάμβανε νέες αναπαραστάσεις της μεταφοράς στοιχείων και της υπέρυθρης ακτινοβολίας (Stevens et al., 2013). Έχει διακριτοποίηση $3,75^\circ$ και χωρίζει την τροπόσφαιρα σε 19 επιφάνειες, μελετώντας την μέχρι τα 10hPa. Τα επίπεδα κατά την κατακόρυφη έννοια, είναι ευέλικτα καθώς επιτρέπουν στο μοντέλο να χρησιμοποιήσει είτε σίγμα συντεταγμένες που ακολουθούν το ανάγλυφο της επιφάνειας, είτε υβριδικές συντεταγμένες, κατά τις οποίες οι ανώτερες επιφάνειες της τροπόσφαιρας γίνονται επίπεδες πάνω από απότομες κλίσεις του εδάφους, και χαρακτηρίζονται από σταθερή πίεση (Roeckner, 2003). Οι διαδικασίες που προσομοιώνονται από τα μοντέλα που αφορούν στην υγρασία, κάνουν χρήση αλγορίθμων διατήρησης της μάζας, προκειμένου να αναπαρασταθεί η μεταφορά των πιθανών χημικών ουσιών και του νερού στις διάφορες φάσεις. Οι μεταφορές αυτές προσδιορίζονται βάσει του Γκαουσιανού πλέγματος (Roeckner, 2003).

Το ECHAM5 εμπεριέχει κάποιες από τις πιο σημαντικές φυσικές διεργασίες της επιφάνειας. Το θερμοκρασιακό προφίλ του εδάφους υπολογίζεται από την εξίσωση θερμικής διάχυσης. Το ισοζύγιο νερού (water budget) συμπεριλαμβάνεται μέσω των εξισώσεων ισοζυγίου για τις δεξαμενές νερού, όπως είναι ο περιορισμός του χιονιού εξαιτίας του δασικού θόλου, το χιόνι της επιφάνειας, το νερό της βροχής που περιορίζεται από δασικό θόλο και το νερό του εδάφους. Για τις παραμέτρους που σχετίζονται με το χιόνι, υπολογίζεται το ισοδύναμο ύψος νερού. Εδώ, λαμβάνουν χώρα οι προσομοιώσεις των εκάστοτε διεργασιών του νερού, όπως είναι η εξάχνωση, η εναπόθεση ή εκφόρτωση (discharge) νετού, η τήξη, η εξάτμιση, η εξατμισοδιαπνοή, η επιφανειακή απορροή καθώς λαμβάνονται υπόψη μετεωρολογικές και τοπογραφικές παράμετροι, όπως είναι η θερμοκρασία, ο άνεμος, η πίεση, ο τύπος του εδάφους, το ανάγλυφο κ.α (Roeckner, 2003).

Το ECHAM5 εμπεριέχει ένα απλό scheme το οποίο εφαρμόζεται στις περιπτώσεις λιμνών και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας του νερού, του πάχους του πάγου καθώς και τη θερμοκρασία του πάγου. Αντίστοιχα, η συγκέντρωση του θαλάσσιου πάγου συνυπολογίζεται στο χρόνο μέσω μέσων μηνιαίων παρατηρήσεων ενώ το πάχος του θαλάσσιου πάγου ορίζεται εκ των προτέρων. Η θερμοκρασία του, υπολογίζεται αντίστοιχα με αυτή του πάγου σε μια λίμνη, με τη μόνη διαφορά ότι το σημείο πήξης του γλυκού νερού (0°C) αντικαθίσταται από αυτή του αλατούχου (-1.77°C) (Roeckner, 2003).

Για τις χερσαίες περιοχές, που δεν καλύπτονται από χιόνι, υπολογίζεται η μέση ετήσια λευκαύγεια, που αναφέρεται στην ανακλαστικότητα του χιονιού, η οποία προκύπτει από δορυφορικά δεδομένα και τιμές που προέρχονται από τα διάφορα παγκοσμίως κατανεμημένα και σε υψηλή ανάλυση, μεγάλα οικοσυστήματα. Για τις περισσότερες επιφάνειες, υπάρχει η παραδοχή ότι η ανακλαστικότητα του

χιονιού και του πάγου είναι γραμμική συνάρτηση της επιφανειακής θερμοκρασίας, με ελάχιστη τιμή το σημείο τήξης (Roeckner, 2003).

Στο μοντέλο ECHAM5, συμπεριλαμβάνεται το Subgrid Scale Orographic Parametrization (SSOP) (B. F. Lott & Miller, 1997; F. Lott, 1999) το οποίο αναπαριστά τις επιδράσεις των ορογραφικών μεταβολών, σε μικρότερες κλίμακες από την οριζόντια διακριτοποίηση του πλέγματος που συνήθως έχουν τα κλιματικά μοντέλα. Η ορογραφία μπορεί να επηρεάσει την ατμοσφαιρική κυκλοφορία με ποικίλους τρόπους. Το SSOP εμπεριέχει δύο βασικούς μηχανισμούς αλληλεπίδρασης μεταξύ του ανάγλυφου και της ατμοσφαιρικής ροής. Συγκεκριμένα, οι μηχανισμοί αυτοί είναι: Η μεταφορά της ορμής από την επιφάνεια της Γης στην ατμόσφαιρα, που επιτυγχάνεται από τα ορογραφικά κύματα βαρύτητας, και η έλξη που ασκείται από τα μικρότερης κλίμακας όρη, όταν η ροή του ανέμου εμποδίζεται στα χαμηλότερα επίπεδα.

Το μοντέλο εμπεριέχει ένα σχήμα (scheme) για τη ροή μάζας (Tiedtke, 1989) το οποίο, με τις κατάλληλες τροποποιήσεις, εφαρμόζεται κατά την προσομοίωση κατακόρυφης μεταφοράς των σωρειτόμορφων νεφών. Η συνεισφορά της κατακόρυφης μεταφοράς των σωρειτών, στα μεγάλης κλίμακας ισοζύγια (budgets) θερμότητας, υγρασίας και ορμής, αναπαρίσταται από ένα σύνολο (ensemble) νεφών, το οποίο αποτελείται από ανοδικά και καθοδικά ρεύματα σε μια κατάσταση ευστάθειας. Φυσικά, προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητοι υπολογισμοί, το σχήμα λαμβάνει υπόψη του, παραμέτρους και διαδικασίες όπως είναι οι διεργασίες εσироής ξηρού αέρα στο νέφος (entrainment) και εκροής υγρού αέρα στο περιβάλλον (detrainment), η στατική ενέργεια, η πυκνότητα του αέρα, η ειδική υγρασία, η αναλογία μίγματος, η απελευθέρωση λανθάνουσας θερμότητας κατά τη συμπύκνωση, η μετατροπή του νεφοσταγονιδίου σε νετό και ο άνεμος. Αντιστοίχως, υπάρχει σχήμα για την αναπαράσταση των στρωματόμορφων νεφών το οποίο αποτελείται από προγνωστικές εξισώσεις για τις τρεις φάσεις του νερού, από ένα σχήμα μικροφυσικής των νεφών και από ένα στατιστικό σχήμα νεφικής κάλυψης, το οποίο συμπεριλαμβάνει προγνωστικές εξισώσεις για την κατανομή των ροπών. Το σχήμα μικροφυσικής των νεφών εμπεριέχει τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα σε μικροφυσικό επίπεδο, όπως είναι οι διαδικασίες δημιουργίας, αλληλεπίδρασης και διάλυσης των παγοκρυστάλλων (sedimentation of cloud ice), των νεφοσταγονιδίων και των υδροσταγόνων. Τέτοιες διαδικασίες μπορούν να θεωρηθούν η συμπύκνωση, η εξάτμιση, η εναπόθεση (deposition), η πρόσφυση (accretion), η εξάχνωση, οι αναταράξεις, η τήξη και η πήξη των νεφοσταγονιδίων, η δημιουργία νετού σε θερμά, ψυχρά και αναμεμιγμένα νέφη κ.α..

Στα πλαίσια της ατμοσφαιρικής σύνθεσης και των αλληλεπιδράσεων ακτινοβολίας που εμπεριέχονται στο μοντέλο, προκειμένου να γίνει ο υπολογισμός της μεταφοράς της ακτινοβολίας, είναι απαραίτητη να είναι γνωστή η κατακόρυφη κατανομή των ενεργών αερίων, των αερολυμάτων, των νεφοσταγονιδίων, των παγοκρυστάλλων καθώς και του κλάσματος κάλυψης του ουρανού από τα νέφη. Οι υδρατμοί, το νερό του νέφους και οι παγοκρυστάλλοι είναι προγνωστικές μεταβλητές ενώ η νεφική κάλυψη είναι διαγνωστική μεταβλητή και όλες οι μεταβλητές μεταβάλλονται χωρικά και χρονικά. Τα θερμοκηπικά αέρια, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το όζον, το μεθάνιο, τα οξείδια

του αζώτου, οι χλωροφθοράνθρακες, και τα αιωρούμενα σωματίδια, αποτελούν εκ των προτέρων ορισμένες τιμές αναλογίας μίγματος, εκτός από τις περιπτώσεις που ασκούνται επιπλέον εξωτερικοί κλιματικοί εξαναγκασμοί.

Ένας καθοριστικός εξωτερικός παράγοντας βάσει του οποίου μεταβάλλεται το κλίμα, είναι ο ηλιακός εξαναγκασμός (solar forcing) (J. H. Jungclaus et al., 2010). Η μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία, αποτελεί τη βασική πηγή ενέργειας του κλιματικού συστήματος. Η ακτινοβολία μπορεί να ανακλαστεί πίσω στο διάστημα, να απορροφηθεί από την ατμόσφαιρα ή από το έδαφος. Ο ακριβής προσδιορισμός της ηλιακής ενέργειας, που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα και το έδαφος ή στους ωκεανούς, είναι εξαιρετικά πολύπλοκος εξαιτίας των διαδικασιών σκέδασης και απορρόφησης της ατμόσφαιρας, από τα αέρια, τα νέφη και τα αερολύματα, που λαμβάνουν χώρο ταυτόχρονα. Η ύπαρξη της γενικής κυκλοφορίας προϋποθέτει την ύπαρξη θερμοβαθμίδας στην ατμόσφαιρα και την ροή ενέργειας στην επιφάνεια και στην κορυφή της ατμόσφαιρας, η οποία συνδέεται με τη μεταφορά της ηλιακής, μικρού μήκους κύματος, ακτινοβολίας και της, μεγάλου μήκους κύματος, γήινης ακτινοβολίας. Αυτά τα πεδία εξαρτώνται από τη σύνθεση της ατμόσφαιρας, των αερίων, των σωματιδίων και των συμπυκνωμένων συστατικών, την τροχιακή θέση της Γης, την τοπική ζενίθια γωνία, καθώς και από τη θερμική δομή από την επιφάνεια μέχρι την κορυφή της ατμόσφαιρας. Λόγω της πολυπλοκότητας που διέπει τον υπολογισμό της μεταφοράς ακτινοβολίας, δε μπορούν να αποφευχθούν οι απλοποιήσεις και οι παραδοχές προκειμένου αυτή να προσομοιωθεί. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει η παραδοχή ότι, η θερμοκρασία και τα διάφορα συστατικά της ατμόσφαιρας, είναι συναρτήσεις μόνο της κατακόρυφης συνιστώσας (plane parallel assumption/approximation) (Wallace & Hobbs, 2006). Επιπροσθέτως, λαμβάνει χώρα η υπόθεση ότι τα αέρια συστατικά είναι ομογενώς αναμεμιγμένα σε κάθε κελί του πλέγματος, καθώς και ότι διατηρούν το θερμοδυναμικό ισοζύγιο (Roeckner, 2003).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι οι μεταβολές της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας του τελευταίου αιώνα φαίνεται να είναι μικρότερες από το αναμενόμενο. Πιο συγκεκριμένα, η εκτίμηση της μεταβολής αυτής δείχνει να περιορίζεται σε μια αύξηση της τάξης του 0.1% ($\sim 1.3\text{Wm}^{-2}$) - 0.25% (3.5Wm^{-2}) από την περίοδο του ελάχιστου του Maunder μέχρι το 2000 (1647-1715μ.Χ.) (J. H. Jungclaus et al., 2010)

Η υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπει η γήινη επιφάνεια τις νυχτερινές ώρες, ανακατανέμει την ενέργεια της ατμόσφαιρας βάσει της σύνθεσής της, δηλαδή των ενεργών (που αντιδρούν με την ατμόσφαιρα, πχ. διοξείδιο του άνθρακα) αερίων, των αιωρούμενων σωματιδίων και των νεφροσταγονιδίων, και ψυχραίνει την ατμόσφαιρα μέχρι το διάστημα προκειμένου να φέρει την ισορροπία με την θέρμανση από την ηλιακή ακτινοβολία. Η μεταφορά της γήινης ακτινοβολίας διαφέρει στην εφαρμογή της από την ηλιακή, εξαιτίας της ύπαρξης επιπλέον πηγών εκπομπών σε όλη την ατμόσφαιρα και της εξωτερικής πηγής διάχυσης, που είναι η γήινη επιφάνεια. Η σκέδαση θεωρείται αμελητέα. Για τις ακτινοβολίες μικρού και μεγάλου μήκους κύματος λαμβάνουν χώρα οι

βασικές αλληλεπιδράσεις ακτινοβολίας και συστατικών της ατμόσφαιρας (απορρόφηση, ανάκλαση) και λαμβάνονται υπόψη οι οπτικές ιδιότητες των νεφών, ανάλογα με τον τύπο τους.

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένας από τους κυρίαρχους μηχανισμούς εξαναγκασμού για το κλίμα. Η συγκέντρωση του CO₂, σαν εξωγενής κλιματικός εξαναγκασμός, υπολογίζεται διαδραστικά κατά τις προσομοιώσεις του ECHAM5 ενώ οι συγκεντρώσεις του μεθανίου και των οξειδίων του αζώτου είναι ορισμένες εκ των προτέρων (Man, Zhou, & Jungclaus, 2014). Ο εξαναγκασμός της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα υπολογίζεται από τις δεξαμενές των μεταβολών του και κρίνεται σε αντιστοιχία με την μέση τιμή συγκέντρωσης CO₂ του control run (280.08ppm). Τα δεδομένα εφαρμόζονται στο μοντέλο σε ετήσια διακριτοποίηση και με μια συνάρτηση τύπου «spline» πραγματοποιείται παρεμβολή σε αυτά. Το κλιματολογικό όζον έχει για όλες τις προσομοιώσεις προκαθορισμένη τη συγκέντρωση του 2010 (J. H. Jungclaus et al., 2010).

Το μοντέλο του κύκλου του άνθρακα εμπεριέχει το βιοχημικό δομοστοιχείο (module) HAMOCC5 (Wetzel et al., 2006) και το σχήμα γήινης επιφάνειας JSBACH (Raddatz et al., 2007). Η τρισδιάστατη μεταφορά του άνθρακα μεταξύ των ωκεανών και της ατμόσφαιρας, καθώς επίσης οι ανταλλαγές του άνθρακα μεταξύ της ατμόσφαιρας και της ηπειρωτικής βιόσφαιρας, υπολογίστηκαν σε καθημερινή βάση για κάθε χρονικό βήμα, έτσι ώστε οι ημερήσιοι και οι εποχιακοί κύκλοι της συγκέντρωσης του ατμοσφαιρικού CO₂ να έχουν ολοκληρωθεί. Το JSBACH είναι ένα μοντέλο γήινης επιφάνειας το οποίο βασίζεται στον διαχωρισμό της γήινης επιφάνειας και συμπεριλαμβάνει τη δυναμική βλάστηση με 12 φυτικούς τύπους και 2 τύπους γυμνού εδάφους. Η υδρολογία του εδάφους περιγράφεται από ένα απλό επίπεδο τύπου «bucket model», ενώ οι θερμοκρασίες μοντελοποιούνται σε πάνω από 5 επίπεδα εδάφους.

Με ποικίλους, έμμεσους ή άμεσους, τρόπους τα αερολύματα επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την κλιματική μεταβλητότητα, κατά βάση μέσω της αλληλεπίδρασής τους με την ακτινοβολία, και συνεπώς, είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη από τα μοντέλα προσομοίωσης. Κλιματολογικά, τα αερολύματα διαχωρίζονται βάσει του βαθμού εξάρτησης της χωρικής κατανομής του οπτικού πάχους των θαλάσσιων, των εδαφικών, των αστικών και των ερημικών αερολυμάτων, καθώς επίσης και των αιωρούμενων σωματιδίων της στρατόσφαιρας και της τροπόσφαιρας, από τον χρόνο (Tanre et al., 1984). Τα αιωρούμενα σωματίδια περιγράφονται από ένα μέγιστο οπτικό πάχος 0.55μm, από κανονικοποιημένες οριζόντιες κατανομές, από κανονικοποιημένα κατακόρυφα ολοκληρώματα και από έναν παράγοντα διάκρισης των στρατοσφαιρικών από τα τροποσφαιρικά σωματίδια. Τα φυσικά και ανθρωπογενή ξηρά θεικά σωματίδια, αρχικά εισέρχονται ως μηνιαίες μέσες τιμές και εκ των υστέρων μετατρέπονται στο μοντέλο σε οπτικές παραμέτρους.

Ένας ακόμα εξωτερικός εξαναγκασμός, που ασκεί μεγάλη επιρροή στις μεταβολές τις θερμοκρασίας, είναι ο παράγοντας της ηφαιστειακής δραστηριότητας. Οι ισχυρές ηφαιστειακές εκρήξεις απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του θείου στην κατώτερη στρατόσφαιρα, οι οποίες με τη σειρά τους, σχηματίζουν αιωρούμενα σωματίδια. Στη συνέχεια, ο άνεμος, με ταχείς ρυθμούς, διασκορπίζει τα αερολύματα σε όλη την κατώτερη στρατόσφαιρα, με συνέπεια μια, σχεδόν

παγκόσμια, διατάραξη της ενεργειακής ισορροπίας. Η σκέδαση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας από τα αερολύματα, αυξάνει το μέρος της ακτινοβολίας που ανακλάται πίσω στο διάστημα, με αποτέλεσμα τη μείωση αυτής που φτάνει στην γήινη επιφάνεια, και την ψύξη του πλανήτη (Man et al., 2014).

Το αντίκτυπο των εκρήξεων ηφαιστειών στην ηλιακή ακτινοβολία, υπολογίζεται στα μοντέλα χρησιμοποιώντας τις χρονοσειρές των αερολυμάτων συγκεκριμένου οπτικού πάχους και της πραγματικής ακτίνας τους. Η χρονική διακριτοποίηση των χρονοσειρών είναι 10 ημέρες, ενώ οι εκτιμήσεις οπτικού πάχους βασίζονται στην συσχέτιση μεταξύ των θεικών αλάτων των πυρήνων πάγου στην Ανταρκτική και δορυφορικών δεδομένων οπτικού πάχους από τις εκρήξεις του Pinatubo και του Cerro Hudson του 1991 (Sato, Hansen, McCormick, & Pollack, 1993). Η πραγματική ακτίνα υπολογίζεται βάσει των δορυφορικών παρατηρήσεων του 1991 της έκρηξης του Pinatubo και των εκτιμήσεων του μεγέθους των σωματιδίων σε μεγάλες εκρήξεις, μέσω προσομοιώσεων των μικροφυσικών διαδικασιών (J. H. Jungclaus et al., 2010).

Η αλλοίωση των φυσικών οικοσυστημάτων λόγω της ανάπτυξης των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, σαφέστατα επηρεάζει σημαντικά το κλίμα, μέσω της άμεσης τροποποίησης των φυσικών ιδιοτήτων της γήινης επιφάνειας. Η τροποποίηση της βλάστησης και της κάλυψής της στον πλανήτη μπορεί να μεταβάλλει την απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας από την επιφάνεια, καθώς επίσης και την ανακατανομή της στην ατμόσφαιρα σαν αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα. Στο πεδίο της ιστορικής ανθρωπογενούς μεταβολής της κάλυψης του εδάφους τα κλιματικά μοντέλα υποδεικνύουν ότι παρελθοντικές ψυχρές περίοδοι του βόρειο ημισφαιρίου οφείλονται σε αποψιλώσεις μεγάλων δασικών εκτάσεων στα υψηλά και μεσαία γεωγραφικά πλάτη, που οδήγησαν στην αύξηση της επιφανειακής ανακλαστικότητας. Το μέλλον της επιρροής που θα ασκήσει η αναμενόμενη περαιτέρω αύξηση της αποψίλωσης των δασών, κυρίως στις τροπικές περιοχές, τις επόμενες δεκαετίες, είναι αβέβαιο, καθώς η μείωση της εξατμισοδιαπνοής μπορεί να αποτελέσει αιτία, ταυτοχρόνως, θέρμανσης και ξηρασίας στο επιφανειακό κλίμα (Davín et al., 2007).

Στο μοντέλο, οι ανθρωπογενείς χρήσεις γης λαμβάνονται υπόψη μέσω της δημιουργίας μιας ανακατασκευής των γεωργικών περιοχών και των καλύψεων γης παγκοσμίως. Οι παγκόσμιοι χάρτες έχουν χωρική διακριτοποίηση 0.5° και ετήσιο χρονικό εύρος και περιλαμβάνουν 14 είδη βλάστησης διαχωρίζοντας τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις και C3 και C4 εκτάσεις (pastures). Η ανακατασκευή συγχωνεύει χάρτες της γεωργίας από το 1700 μέχρι το 1992 και μια προσέγγιση βασισμένη στους πληθυσμούς, προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η καλλιέργεια από το 800-1700. Η προσέγγιση αυτή δύναται να παρέχει μια γενική εικόνα της επέκτασης της καλλιέργειας η οποία συμπεριλαμβάνει την εκάστοτε εγκατάλειψη των γεωργικών περιοχών λόγω πολέμων ή επιδημιών, αλλά και την μεταγενέστερη εκ νέου ανάπτυξη της φυσικής βλάστησης (Pongratz et al., 2008). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μεταβολές στις χρήσεις γης που προσομοιώνονται, ανακλούν μόνο το αντίκτυπο της μεταβολής της επιφανειακής ανακλαστικότητας και υπολογίζονται σχετικά με την περίοδο 800-850.

Το μοντέλο ECHAM5 συμπεριλαμβάνει, επίσης, μια αναπαράσταση των περιοδικών μεταβολών της γήινης τροχιάς γύρω από τον Ήλιο, ακόμη και των βραχυχρόνιων μεταβολών (J. H. Jungclaus et al., 2010). Βάσει της θεωρίας του Milancovitch αναγνωρίζονται τρεις τροχιακές μεταβολές, ή τρεις κύκλοι του Milancovitch όπως ονομάζονται, που μπορούν να θεωρηθούν κλιματικά εξαναγκαστικοί μηχανισμοί και που αναφέρονται στις τρεις γεωμετρικές παραμέτρους της γήινης τροχιάς, την εκκεντρότητα, την ελλειπτική και τον άξονα της γης. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της εκκεντρότητας, η γωνία της εκλειπτικής και η μετάπτωση των ισημεριών τόσο μεγαλύτερες εποχιακές αντιθέσεις παρατηρούνται. Οι μεταβολές στα τρία μεγέθη έχουν διαφορετικές περιόδους (Roeckner, 2003).

Προκειμένου να επιτευχθεί μια αξιόπιστη αναπαράσταση των τροχιακών μεταβολών στις κλιματικές προσομοιώσεις του ECHAM5, δίδονται δύο δυνατότητες γήινης τροχιάς. Η πρώτη χαρακτηρίζεται από, προσδιορισμένες με μεγάλη ακρίβεια, αρχές έτσι ώστε να ανακλά τις βραχυπρόθεσμες μεταβολές του σημερινού κλίματος (Roeckner, 2003). Η δεύτερη κάνει χρήση αποκλειστικά, απλοποιημένων φυσικών νόμων, επιτρέποντας την λιτή προσαρμογή αυτών. Η ιδιότητα αυτή είναι εξαιρετικά χρήσιμη στο πεδίο των παλαιοκλιματολογικών μελετών, στο οποίο χρησιμοποιούνται εκτεταμένες χρονοσειρές της εκκεντρότητας, της εκλειπτικής και της μετάπτωσης Laskar and Boudin (1993).

Το τελικό αντίκτυπο των εξωγενών κλιματικών επιδράσεων υπολογίζεται με διεργασίες «εκτός δικτύου» (offline) με τον κώδικα της μεταφοράς ακτινοβολίας του μοντέλου ECHAM5 ακολουθώντας την προσέγγιση των Wetherald και Manabe (1998). Η επίδραση της ακτινοβολίας στην κορυφή της ατμόσφαιρας ορίζεται ως η μεταβολή της ροής ακτινοβολίας, εκεί, εξαιτίας της μεταβολής μιας μεταβλητής. Όλες οι άλλες μεταβλητές αντλούνται από ένα έτος αναφοράς και δεν μεταβάλλονται από έτος σε έτος. Οι μεταβολές της επίδρασης της ακτινοβολίας είναι όλες στιγμιαίες γεγονόσ που σημαίνει ότι δεν υπάρχει κάποια χρονική περίοδος προκειμένου να προσαρμοστεί η ατμόσφαιρα στην εκάστοτε μεταβολή (J. H. Jungclaus et al., 2010).

2.2 Μεθοδολογία

Προκειμένου να προσδιοριστούν τα τοπικά μοτίβα που παρουσιάζουν συναφή θερμοκρασιακή μεταβλητότητα, εφαρμόζονται τεχνικές πολυμεταβλητής ανάλυσης, όπως είναι η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis – PCA) (Haylock et al., 2008), η οποία αποτελεί μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο στις ατμοσφαιρικές επιστήμες από το 1947 (Obukhov, 1947). Η μέθοδος αυτή, ουσιαστικά μετατρέπει μία βάση δεδομένων που εμπεριέχει πολλές μεταβλητές σε μία βάση δεδομένων με λιγότερες, νέες μεταβλητές, μειώνοντας τον όγκο τους. Οι νέες αυτές μεταβλητές είναι γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικών μεταβλητών και επιλέγονται για να αναπαραστήσουν το μεγαλύτερο μέρος της μεταβλητότητας του αρχικού δείγματος. Ονομάζονται «κύριες συνιστώσες» και εμπεριέχουν το μεγαλύτερο μέρος της πληροφορίας της αρχικής συλλογής. Οι κύριες συνιστώσες είναι ασυσχέτιστες, παρέχοντας το πλεονέκτημα ερμηνείας ενός φαινομένου από διαφορετικές «οπτικές γωνίες» λόγω συστροφής των αξόνων (Wilks, 2011).

Η PCA είναι ιδιαίτερος αποτελεσματική όταν ο αριθμός των νέων μεταβλητών είναι πολύ μικρότερος από το πλήθος των αρχικών συνιστωσών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί όταν παρουσιάζονται αξιοσημείωτες συσχετίσεις στα αρχικά δεδομένα, και ταυτοχρόνως αυτά εμπεριέχουν περιττή πληροφορία. Τα δεδομένα γεωφυσικών πεδίων, όπως είναι τα ατμοσφαιρικά δεδομένα, γενικά, παρουσιάζουν πολλές συσχετίσεις και η PCA καθιστά δυνατή την αναπαράσταση πολλών πληροφοριών σε περιεκτική μορφή. Επιπροσθέτως, η PCA μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για την εξερεύνηση των εκτενών πολυπαραγοντικών βάσεων δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που αποτελούνται από γεωφυσικά πεδία. Η ανάλυση κύριων συνιστωσών έχει τη δυνατότητα να παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τη χωρική και χρονική μεταβλητότητα της εκάστοτε παραμέτρου, ενώ η φύση των γραμμικών συνδυασμών, που αποτελούν τον παράγοντα που συνεισφέρει περισσότερο στην τελική «συμπίεση» που υφίστανται τα δεδομένα, προσφέρουν γόνιμο έδαφος για την περεταίρω ερμηνεία των αρχικών δεδομένων (Wilks, 2011).

Όταν ο κύριος λόγος εφαρμογής της PCA είναι η φυσική ερμηνεία, και όχι η μείωση του όγκου των μετεωρολογικών δεδομένων, τότε εφαρμόζεται η περιστροφή των κύριων εκ των αρχικών ιδιοδιανυσμάτων σε ένα δεύτερο σύνολο νέων διανυσμάτων. Συνήθως, υπάρχει ένα συγκεκριμένο πλήθος αρχικών ιδιοδιανυσμάτων που επιλέγεται να περιστραφούν. Ο σκοπός του μετασχηματισμού αυτού είναι η μεγιστοποίηση του αθροίσματος των διακυμάνσεων των στοιχείων ιδιοκατανομής, καθώς αυτά τείνουν να μετατοπίζονται προς τις μέγιστες ή ελάχιστες απόλυτες τιμές (0 και 1), αποκτώντας έτσι τάση προς μια απλούστερη δομή και σταθερότητα του δείγματος.

Η βελτίωση της ερμηνείας και η εξασφάλιση της σταθερότητας του δείγματος εμπεριέχει και ορισμένα μειονεκτήματα. Αρχικά, καθώς δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της πρώτης κύριας συνιστώσας μετά την περιστροφή και των αρχικών δεδομένων, χάνεται η ιδιότητα της PCA να ταξινομεί τις κύριες συνιστώσες βάσει της κυρίαρχης διακύμανσης. Η διακύμανση που εξηγούν τα

ιδιοδιανύσματα πριν την περιστροφή είναι ομοιόμορφη. Ακόμα, μπορεί μετά την περιστροφή να μην ισχύει η συνθήκη της μη-συσχέτισης των κύριων συνιστωσών που προκύπτουν.

Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκε η PCA με κανονικοποιημένη περιστροφή (Varimax Normalised), προκειμένου να διαχωριστεί η Ευρώπη σε 6 κύριες συνιστώσες-υποπεριοχές, που αποτελούν χωρικά τμήματα της ηπείρου. Ο σκοπός είναι ο εντοπισμός χωρικών μοτίβων της ταλάντωσης της θερμοκρασίας για την τελευταία χιλιετία στην Ευρώπη και ο προσδιορισμός των περιοχών στις οποίες το κλίμα μεταβάλλεται παρομοίως. Ο στατιστικός έλεγχος Pearson είναι ένας παραμετρικός έλεγχος ο οποίος υπολογίζει έναν συντελεστή γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών. Ένας τρόπος να εκφραστεί η συσχέτιση Pearson είναι με το λόγο της συνδιακύμανσης των δύο μεταβλητών προς το γινόμενο της τετραγωνικής ρίζας των δύο τυπικών αποκλίσεων. Ο δείκτης δεν είναι ισχυρός, καθώς αντιμετωπίζει δυσκολίες να αναγνωρίσει ακόμα και ισχυρές μη γραμμικές σχέσεις. Επιπρόσθετα, δε θεωρείται «ανθεκτικός», καθώς παρουσιάζει εξαιρετική ευαισθησία στην παρουσία, ακόμα και λίγων, ακραίων τιμών. Ωστόσο, χρησιμοποιείται συχνά δεδομένης της απλοϊκής μορφής που επιτρέπει τον εύκολο μαθηματικό χειρισμό και της στενής σύνδεσής του με την ανάλυση παλινδρόμησης και με τις διμεταβλητές και πολυμεταβλητές Γκαουσιανές κατανομές (Wilks, 2011). Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται μόνο από τα δεδομένα και δε βασίζεται σε μια υπόθεση ως προς τη σχέση των μεταβλητών που εξετάζονται. Επίσης, είναι ένας έλεγχος που δεν επηρεάζεται από τα σφάλματα των μετρήσεων. Επομένως, ο συντελεστής συσχέτισης υπολογίζει απλά μια εσωτερική σχέση των τιμών των δύο μεταβλητών, χωρίς να ελέγχει την υπόθεση ως προς την προέλευση των δεδομένων και δίχως συντελεστές βαρύτητας, διακρίνοντας κάποια δεδομένα από άλλα.

Εξαιτίας της παραμετρικής του φύσης, προϋποθέτει τα δεδομένα να προέρχονται από κανονική κατανομή. Ο συντελεστής συσχέτισης παίρνει τις τιμές -1, αν αφορά τέλεια αρνητική γραμμική συσχέτιση, και 1, αν αφορά τέλεια θετική γραμμική συσχέτιση, χωρίς να δίνεται κάποια πληροφορία για την κλίση. Μια ακόμα σημαντική ιδιότητα του συντελεστή συσχέτισης Pearson, είναι ότι αν υψωθεί στο τετράγωνο, περιγράφεται η αναλογία της μεταβλητότητας της μιας από τις δύο μεταβλητές, είτε αυτής που αντιπροσωπεύεται γραμμικά, της ανεξάρτητης μεταβλητής, είτε αυτής που περιγράφεται από την άλλη, της εξαρτημένης. Ο συντελεστής αυτός δεν συνεισφέρει με κάποια πληροφορία ως προς την φυσική ερμηνεία της σχέσης που παρατηρείται, και ενώ μπορεί να φαίνεται ότι φυσικά η μία μεταβλητή επηρεάζει την άλλη, συχνά στην πραγματικότητα και οι δύο μεταβλητές είναι αποτελέσματα κάποιων άλλων ποσοτήτων ή διαδικασιών (Wilks, 2011).

Ο έλεγχος Mann-Kendall ανήκει στην κατηγορία των μη παραμετρικών ελέγχων και χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό όταν μελετώνται υδρολογικές ή κλιματολογικές μεταβλητές και από το ευρύτερο επιστημονικό κοινό. Τα δεδομένα δεν είναι απαραίτητο να προέρχονται από κάποια συγκεκριμένη κατανομή, αφού πρόκειται για μια μη παραμετρική μέθοδο, αλλά πριν την εφαρμογή του ελέγχου αυτού πρέπει να έχει αφαιρεθεί η εποχικότητα που ενδεχομένως αυτά παρουσιάζουν. Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου αυτού είναι ότι τα υπό εξέταση δεδομένα είναι ανεξάρτητα, ισομερώς

και τυχαία κατανεμημένα (Ahmad, Fatima, Awan, & Anwar, 2014; Drapela & Drapelova, 2011; Karmeshu, 2012; Yu, Zou, & Whittemore, 1993). Η εναλλακτική υπόθεση είναι ότι οι κατανομές των δύο μεταβλητών δεν είναι πανομοιότυπες. Ο έλεγχος Mann-Kendal είναι ιδιαιτέρως χρήσιμος στις περιπτώσεις που υπάρχουν ελλείπουσες τιμές στα δεδομένα που εξετάζονται (Yu et al., 1993) καθώς έχει πολύ χαμηλή ευαισθησία σε αυτές και στις απότομες διακοπές της χρονοσειράς που ενδεχομένως υπάρχουν (Drapela & Drapelova, 2011; Karmeshu, 2012).

Ο προσδιορισμός της ισχύος του ελέγχου αυτού είναι σχετικά ασαφής καθώς έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις όπου η εκτίμηση της τάσης δεν είναι αντιπροσωπευτική. Στις περιστάσεις όπου δεν παρουσιάζεται κάποια κλίση, θετική ή αρνητική, η ισχύς του ελέγχου παραμένει σταθερή για όλες τις κατανομές που μπορεί να ακολουθούν οι μεταβλητές, κάτι που τον καθιστά μη ευαίσθητο στους διαφόρους τύπους κατανομών των χρονοσειρών. Ωστόσο, στην περίπτωση που εντοπιστεί κλίση, και συνεπώς συσχέτιση των δύο μεταβλητών που εξετάζονται, η ισχύς του ελέγχου Mann Kendall μεταβάλλεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στους διάφορους τύπους κατανομών της εκάστοτε χρονοσειράς. Έτσι, αν υπάρχει κάποια κλίση στην σχέση των δύο μεταβλητών, η ισχύς του ελέγχου αυτού παρουσιάζει ευαισθησία σε κάποιες κατανομές, όπως είναι η λογαριθμική, γεγονός που έρχεται σε μερική αντιπαράθεση με τη μη-παραμετρική του ιδιότητα, να είναι ανθεκτικός στους διαφόρους τύπους κατανομών (Sonali & Nagesh Kumar, 2013; Yue, Pilon, & Cavadias, 2002).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

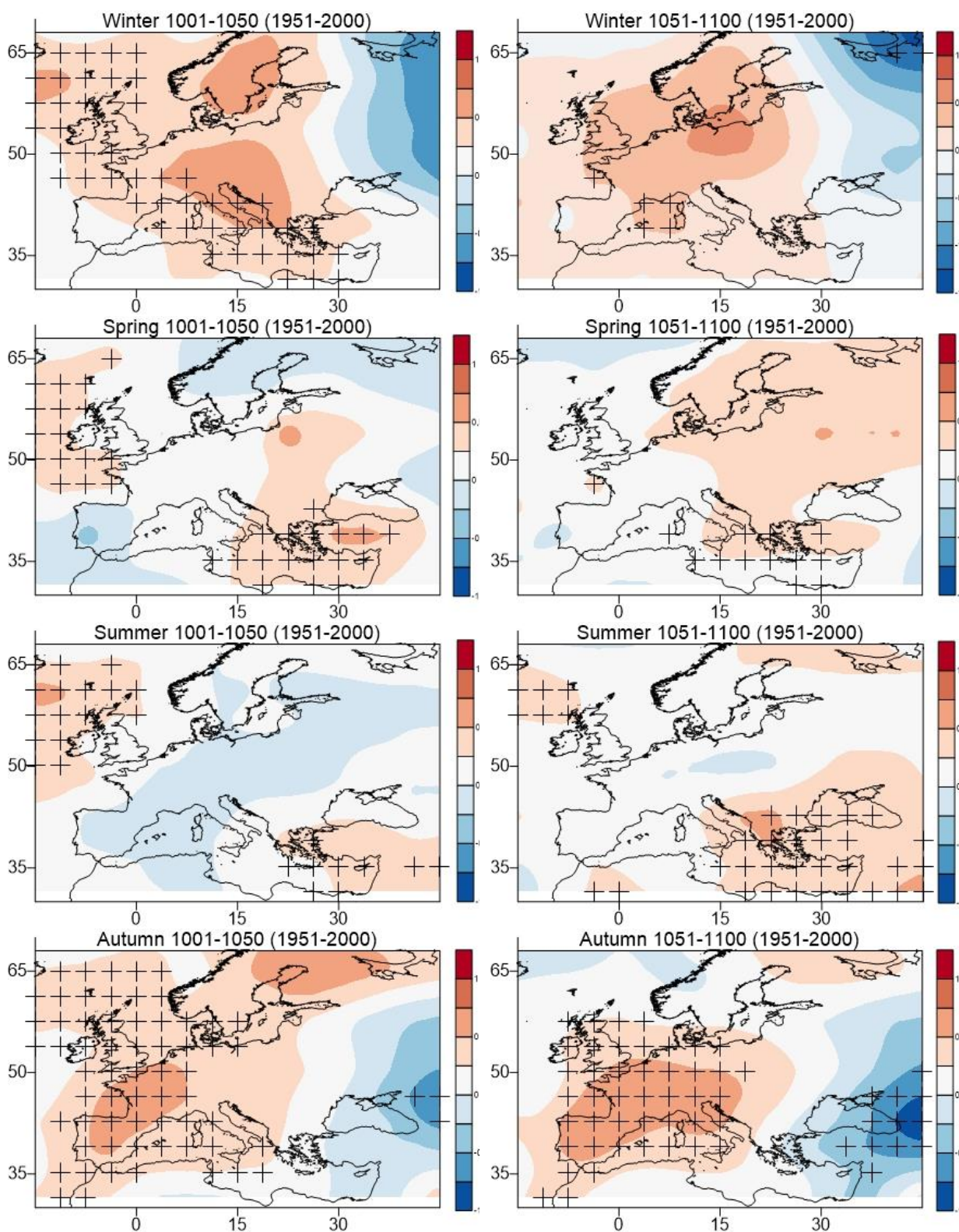
3.1. Χάρτες διαφορών θερμοκρασίας

Στη παρούσα ενότητα παρουσιάζονται οι εποχιακοί χάρτες διαφορών μέσης θερμοκρασίας επιφανείας για την περιοχή της Ευρώπης για τα τελευταία χίλια χρόνια. Κάθε χάρτης αναφέρεται σε μία πεντηκονταετία της εξεταζόμενης χιλιετίας έχοντας ως περίοδο αναφοράς το διάστημα 1951-2000. Να σημειωθεί ότι οι ανθρωπογενείς επιδράσεις δεν λαμβάνονται υπόψη έτσι ώστε τα δεδομένα να είναι συγκρίσιμα. Τέλος, με σταυρό σημειώνονται τα στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα.

Στο Σχήμα 3.1. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις πεντηκονταετίες 1001-1050 και 1051-1100, για όλες τις εποχές. Στην πρώτη πεντηκονταετία (1001-1050) παρατηρείται ότι κατά το χειμώνα επικρατούν θετικές τιμές στο σύνολο του ηπειρωτικού κορμού της Ευρώπης, ενώ αρνητικές τιμές σημειώνονται στην περιοχή της Βορειοανατολικής – Ανατολικής Ευρώπης. Ειδικότερα, η περιοχή της Ευρώπης και της Μεσογείου εμφανίζει υψηλότερες θερμοκρασιακές διαφορές σε σχέση με την περίοδο αναφοράς τα οποία είναι και στατιστικά σημαντικά. Περιοχές της κεντρικής Ευρώπης και τμήματος της Σκανδιναβίας εμφανίζουν θερμοκρασιακές διαφορές της τάξης του 0.5°C . Την ίδια στιγμή αρνητικές διαφορές σημειώνονται στην περιοχή της Ανατολικής Ευρώπης με ελάχιστη της τάξης του -0.75°C . Την άνοιξη, οι τιμές των διαφορών είναι μικρότερες αλλά η Ανατολική Μεσόγειος και η περιοχή δυτικά της Μεγάλης Βρετανίας εμφανίζουν σημαντικά στατιστικά αποτελέσματα. Αρνητικές τιμές της τάξεως του -0.2°C παρουσιάζονται στη Σκανδιναβία και στην Ιβηρική Χερσόνησο. Το καλοκαίρι σημειώνονται μικρές αρνητικές διαφορές κατά μήκος του ηπειρωτικού κορμού της Ευρώπης της τάξεως του -0.2°C , ενώ στην Ανατολική Μεσόγειο καθώς και Δυτικά – Βόρεια της Μεγάλης Βρετανίας επικρατούν μικρές θετικές τιμές ανάλογης τάξης. Το φθινόπωρο εμφανίζει ομοιότητες με τη χειμερινή περίοδο, όπου οι στατιστικά σημαντικές θετικές διαφορές συγκεντρώνονται στα δυτικά της Ευρώπης, με τις σημαντικότερες διαφορές (0.75°C) να συγκεντρώνονται πάνω από την Ιβηρική Χερσόνησο και τη Γαλλία.

Στην πεντηκονταετία 1051-1100, ξεκινώντας την ανάλυση από το χειμώνα, παρατηρούνται θετικές θερμοκρασιακές διαφορές σχεδόν στο σύνολο της Ευρώπης με τις σημαντικότερες να είναι της τάξεως του 0.75°C και να εντοπίζονται στη Βόρεια - Κεντρική Ευρώπη. Οι αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές είναι περιορισμένες στα Βορειοανατολικά της Ευρώπης αλλά με αισθητή ένταση της τάξεως του -1.5°C . Την άνοιξη παρατηρούνται θετικές διαφορές μικρής τάξης σε όλη τη Ανατολική Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένων της Σκανδιναβίας, της Σιβηρίας, των Βαλκανίων και της Ανατολικής Μεσογείου. Το καλοκαίρι επικρατούν θετικές διαφορές πάνω από την Ελλάδα και την Ανατολική Μεσόγειο γενικότερα που φτάνουν τους 0.5°C . Το φθινόπωρο εμφανίζει σημαντικά στατιστικά αποτελέσματα με αξιόλογες θετικές διαφορές πάνω από τη Δυτική Ευρώπη και ιδιαίτερα την Ιβηρική Χερσόνησο τη Γαλλία και βόρεια της Ιταλίας. Σημαντικές αρνητικές διαφορές

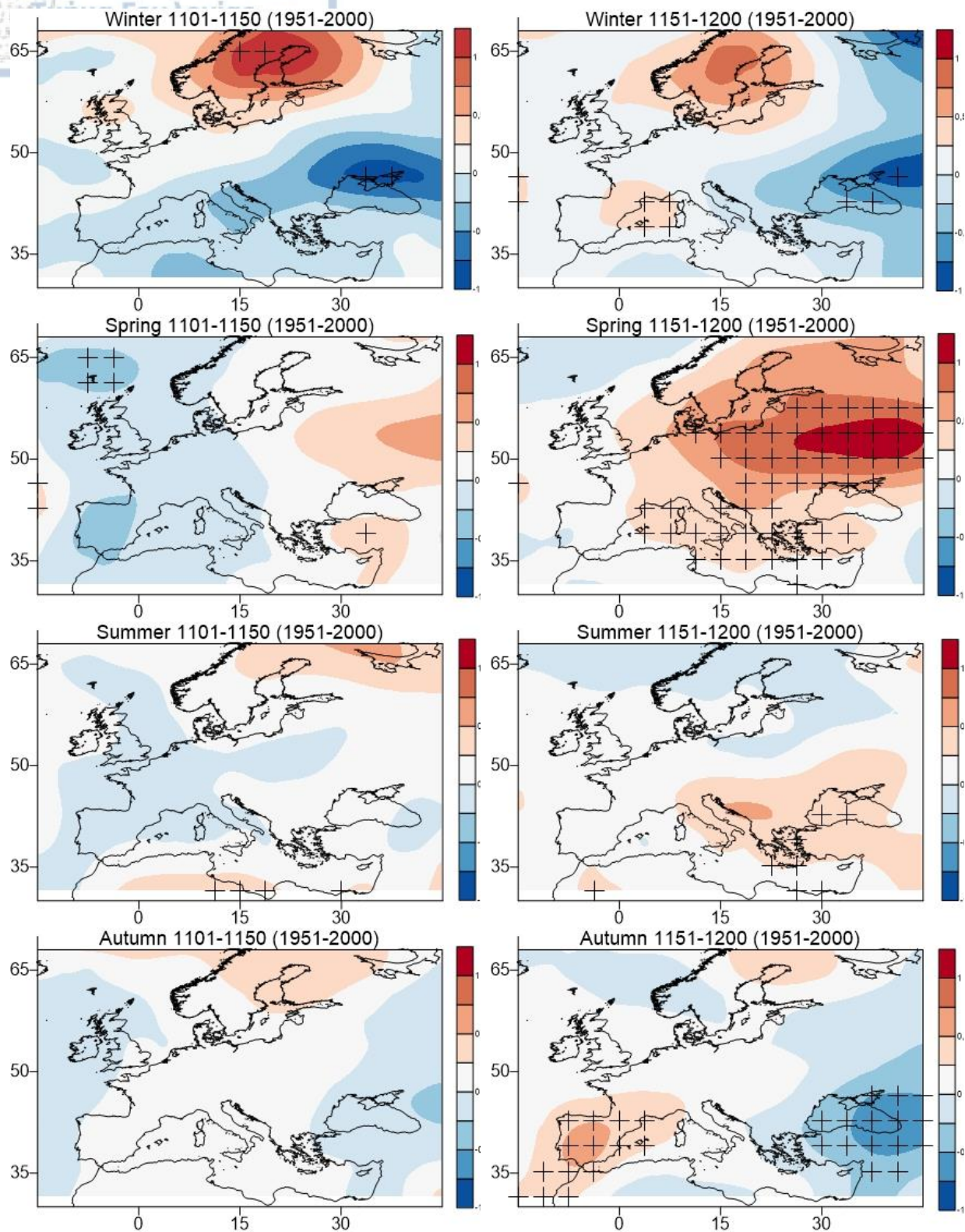
παρουσιάζονται στην Ανατολική Ευρώπη, με τον πόλο αυτών των διαφορών να εντοπίζεται ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας ο οποίος αγγίζει τον -1°C .



Σχήμα 3.1. Χάρτες θερμοκρασιακών διαφορών της Ευρώπης με περίοδο αναφοράς το διάστημα 1951-2000 για τις πεντηκονταετίες 1001-1050 (αριστερά) και 1051-1100 (δεξιά) σε εποχιακή ανάλυση. Οι σταυροί δηλώνουν τα κελιά με στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα. ($p < 0.05$)

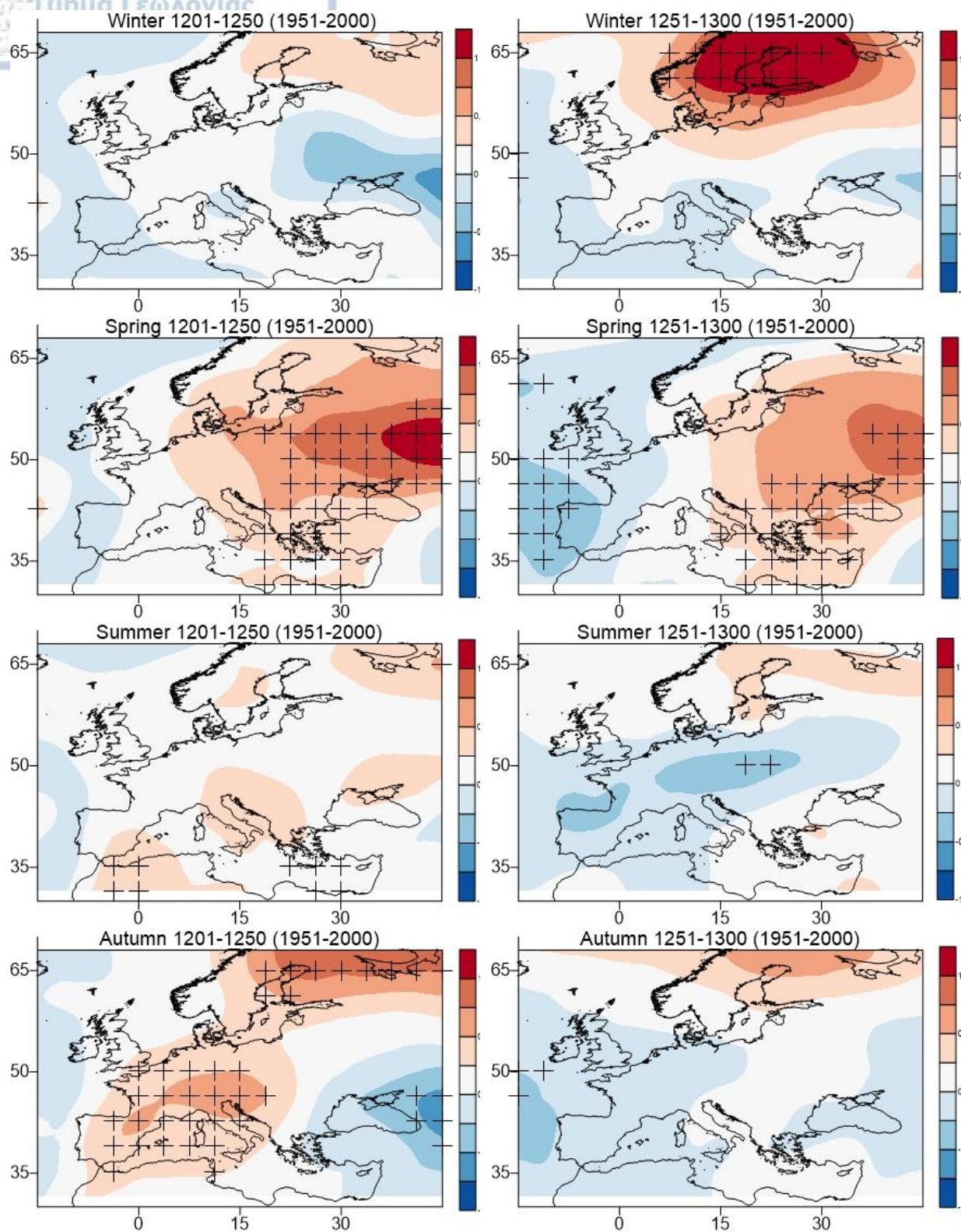
Στο Σχήμα 3.2. για την πεντηκονταετία 1101-1150, η εικόνα των θερμοκρασιακών διαφορών αλλάζει. Το χειμώνα η περιοχή της Σκανδιναβίας χαρακτηρίζεται από έντονες θετικές διαφορές, της τάξεως του 1°C και με αντίστοιχα έντονες αρνητικές θερμοκρασιακές τιμές η Ανατολική Ευρώπη με το κέντρο να εντοπίζεται πάνω από τη Μαύρη Θάλασσα. Ωστόσο, δεν περιορίζονται μόνο εκεί, καθώς επεκτείνονται με μικρότερη ένταση στο σύνολο της περιοχής της Μεσογείου. Την άνοιξη παρατηρούνται θετικές διαφορές στη Ρωσία που φτάνουν τους 0.5°C , ενώ μικρότερες αρνητικές διαφορές παρουσιάζονται στο σύνολο της Δυτικής Ευρώπης σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη. Το καλοκαίρι θετικές διαφορές επικρατούν στα βόρεια και ανατολικά της Σκανδιναβίας ενώ οι αρνητικές εξακολουθούν να εντοπίζονται στη Δυτική Ευρώπη, ωστόσο πιο περιορισμένες γεωγραφικά. Το φθινόπωρο χαρακτηρίζεται από θετικές θερμοκρασιακές διαφορές μη αξιόλογης έντασης στο μεγαλύτερο μέρος της Σκανδιναβίας, ενώ αρνητικές ανάλογης έντασης παρατηρούνται στον Ατλαντικό ωκεανό και στα ανατολικά όρια της Ευρώπης.

Όσον αφορά το χειμώνα της περιόδου 1151-1200, παρατηρείται μια ανάλογη κατάσταση με το χειμώνα της προηγούμενης περιόδου με ελαφρώς πιο εξασθενημένη την περιοχή θετικών διαφορών στη Σκανδιναβία και μετατοπισμένη ελαφρώς δυτικότερα. Ανατολικά αυτού του θετικού πόλου εμφανίζεται μια περιοχή αρνητικών διαφορών της τάξης του -1°C . Την άνοιξη επικρατεί μια έκταση έντονων θετικών διαφορών σχεδόν σε όλο τον Ευρωπαϊκό κορμό (εκτός της Ισπανίας και της Μεγάλης Βρετανίας) με έμφαση την περιοχή της Ρωσίας. Το καλοκαίρι θετικές διαφορές μικρής έντασης εντοπίζονται στα Βαλκάνια και την Ανατολική Μεσόγειο ενώ οι αρνητικές εκδηλώνονται στο σύνολο της Σκανδιναβίας και δυτικά αυτής. Το φθινόπωρο χαρακτηρίζεται από δύο αντίθετους θερμοκρασιακούς πόλους, ο πρώτος χαρακτηρίζεται από θετικές τιμές της τάξεως του 0.5°C και εμφανίζεται πάνω από την Ιβηρική Χερσόνησο ενώ ο δεύτερος βρίσκεται ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας με αρνητικές τιμές της τάξεως του -0.75°C .



Σχήμα 3.2. Όπως και στο Σχήμα 3.1, αλλά για τις πενηκονταετίες 1101-1150 (αριστερά) και 1151-1200 (δεξιά).

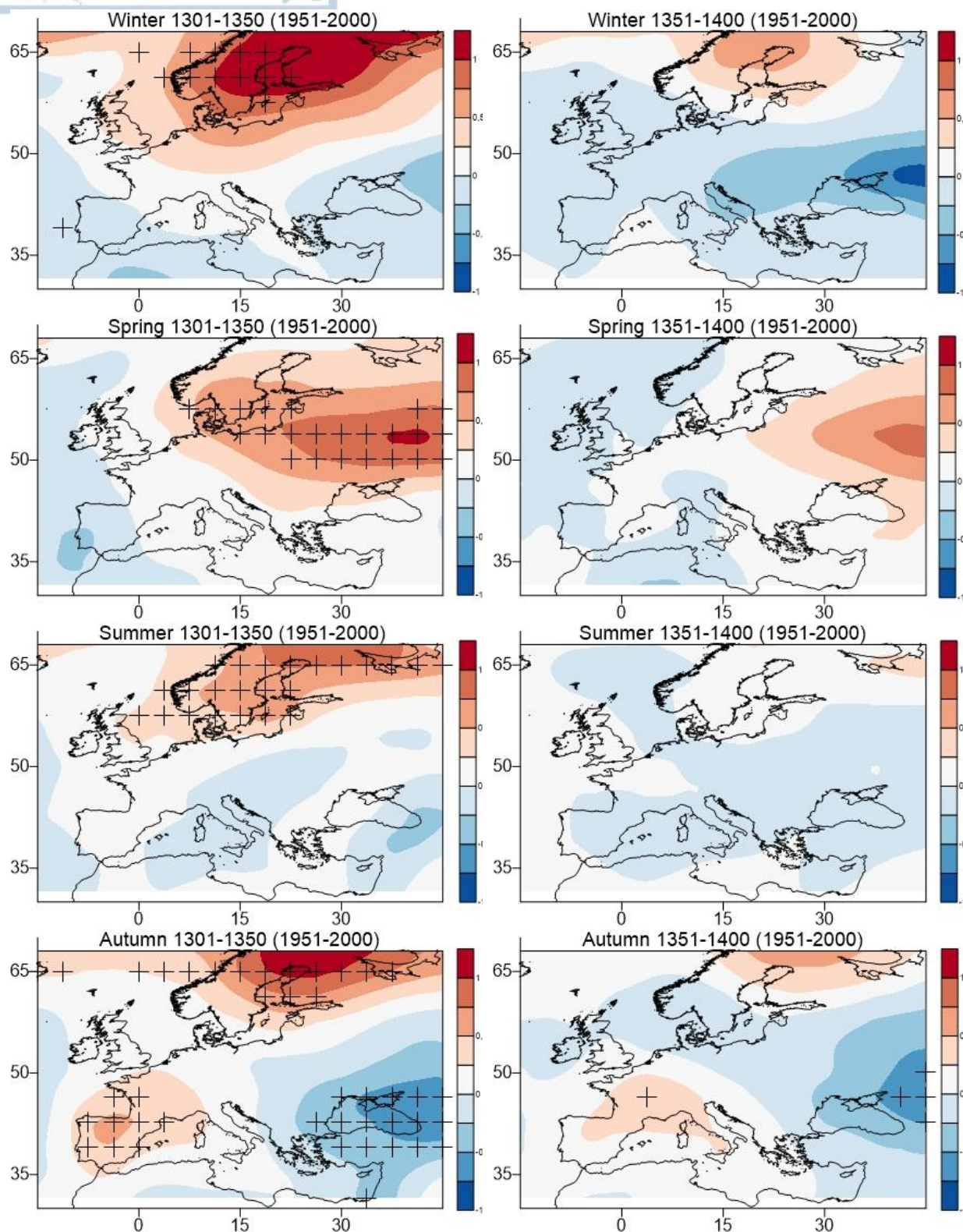
Στο Σχήμα 3.3. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις πεντηκονταετίες 1201-1250 και 1251-1300, για όλες τις εποχές. Στην περίοδο 1201-1250 το χειμώνα παρατηρείται μια ζώνη αρνητικών θερμοκρασιακών διαφορών που φτάνουν τους -0.75°C βόρεια και ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας και μικρότερης έντασης θετικές διαφορές ακριβώς βόρεια αυτής της ζώνης, δηλαδή στο ανατολικό τμήμα της Σκανδιναβικής ηπείρου και ανατολικότερα. Επιπλέον, μικρές αρνητικές διαφορές επικρατούν σε μια ζώνη που εκτείνεται από τα βόρεια της Αφρικής, η οποία εκτείνεται προς την Ιβηρική Χερσόνησο και τον Ατλαντικό ωκεανό. Την άνοιξη, χαρακτηριστική είναι η επικράτηση των έντονων θετικών διαφορών σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης η οποία φτάνει την τάξη του 1°C στη Ρωσία και εμφανίζει στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα. Το καλοκαίρι δεν παρατηρείται κάποιο μοτίβο καθώς φαίνεται να επικρατούν παρόμοιες διαφορές με την περίοδο αναφοράς με μικρές εξαιρέσεις θετικών διαφορών πάνω από την Αλγερία, την Ιταλία και βόρεια της Μαύρης Θάλασσας. Αντιθέτως το φθινόπωρο, παρατηρούνται θετικές διαφορές της τάξης του 0.5°C και 0.75°C πάνω από τη Κεντρική και τη Δυτική Ευρώπη και πάνω από τη βόρεια και ανατολική Σκανδιναβία αντίστοιχα. Η περίοδος 1251-1300 χαρακτηρίζεται από θετικές τιμές το χειμώνα πάνω από τη Σκανδιναβία που ξεπερνούν την τάξη του 1°C . Την ίδια στιγμή αρνητικές διαφορές εντοπίζονται σε μια ζώνη που εκτείνεται κατά μήκος της Βόρειας Αφρικής και προς την Ιταλία και τον Ατλαντικό ωκεανό. Επίσης, εντοπίζονται και ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας με λίγο μεγαλύτερη ένταση (-0.75°C). Την άνοιξη φαίνεται να επικρατούν αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές στη Δυτική Ευρώπη με έμφαση τα δυτικά της Ιβηρικής Χερσονήσου της τάξης του -0.5°C και θετικές στην Ανατολική Ευρώπη που φτάνουν λίγο μεγαλύτερη ένταση από τις αντίστοιχες αρνητικές. Το καλοκαίρι επικρατούν αρνητικές διαφορές σε μια ζώνη κατά μήκος του ηπειρωτικού κορμού της Κεντρικής Ευρώπης οι οποίες σημειικά φτάνουν τους -0.75°C . Στην υπόλοιπη υπό εξέταση περιοχή επικρατούν τιμές γύρω από το μέσο όρο με εξαίρεση τη Σκανδιναβία που παρατηρούνται μικρές θετικές διαφορές περιορισμένης γεωγραφικής έκτασης. Το φθινόπωρο παρατηρούνται θετικές τιμές στη Σκανδιναβία με έμφαση στο βόρειο τμήμα της, ενώ αρνητικές διαφορές κάνουν την εμφάνισή τους δυτικά της Ιβηρικής Χερσονήσου οι οποίες εκτείνονται με μικρότερη ένταση στο σύνολο της Δυτικής Ευρώπης. Να αναφερθεί ότι και στις δύο περιπτώσεις της εποχής αυτής οι διαφορές ήταν της τάξης του 0.5°C .



Σχήμα 3.3. Όπως και στο Σχήμα 3.1, αλλά για τις πεντηκονταετίες 1201-1250 (αριστερά) και 1251-1300 (δεξιά).

Στο Σχήμα 3.4. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις πεντηκονταετίες 1301-1250 και 1351-1400, για όλες τις εποχές. Η περίοδος 1301-1350 το χειμώνα χαρακτηρίζεται από θετικές τιμές θερμοκρασιακών διαφορών στη Βόρεια Ευρώπη που ξεπερνούν τον 1°C στη Σκανδιναβία. Αρνητικές διαφορές σε πολύ μικρότερο βαθμό εντοπίζονται στα νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη στην περιοχή της Βόρειας Αφρικής και της Ανατολικής Μεσογείου. Την άνοιξη η ζώνη θετικών τιμών μετατοπίζεται λίγο νότια και ανατολικά και οι οποίες είναι ελαφρώς μικρότερες. Στον Ατλαντικό Ωκεανό εκτείνεται μια ασθενής ζώνη αρνητικών θερμοκρασιακών διαφορών με επίκεντρο την Πορτογαλία. Η προαναφερθείσα περιοχή θετικών τιμών εμφανίζεται το καλοκαίρι και πάλι βορειότερα με τιμές της τάξεως του 0.75°C πάνω από τη Βόρεια Σκανδιναβία. Στην υπόλοιπη υπό εξέταση περιοχή επικρατούν φυσιολογικές ως ελαφρώς αρνητικές διαφορές οι οποίες εντοπίζονται κυρίως ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας. Το φθινόπωρο παρουσιάζει εξίσου ενδιαφέρον καθώς συνεχίζουν να επικρατούν σημαντικές θετικές διαφορές στο μεγαλύτερο τμήμα της Σκανδιναβίας, ενώ την ίδια στιγμή παρατηρείται ένας δευτερεύον πόλος θετικών τιμών πάνω από την Ιβηρική Χερσόνησο με μέγιστη τιμή της τάξης του 0.5°C . Τέλος, εντοπίζεται μια περιοχή αξιοσημείωτων αρνητικών θερμοκρασιακών διαφορών ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας που εκτείνεται ως τα Βαλκάνια και την Ελλάδα.

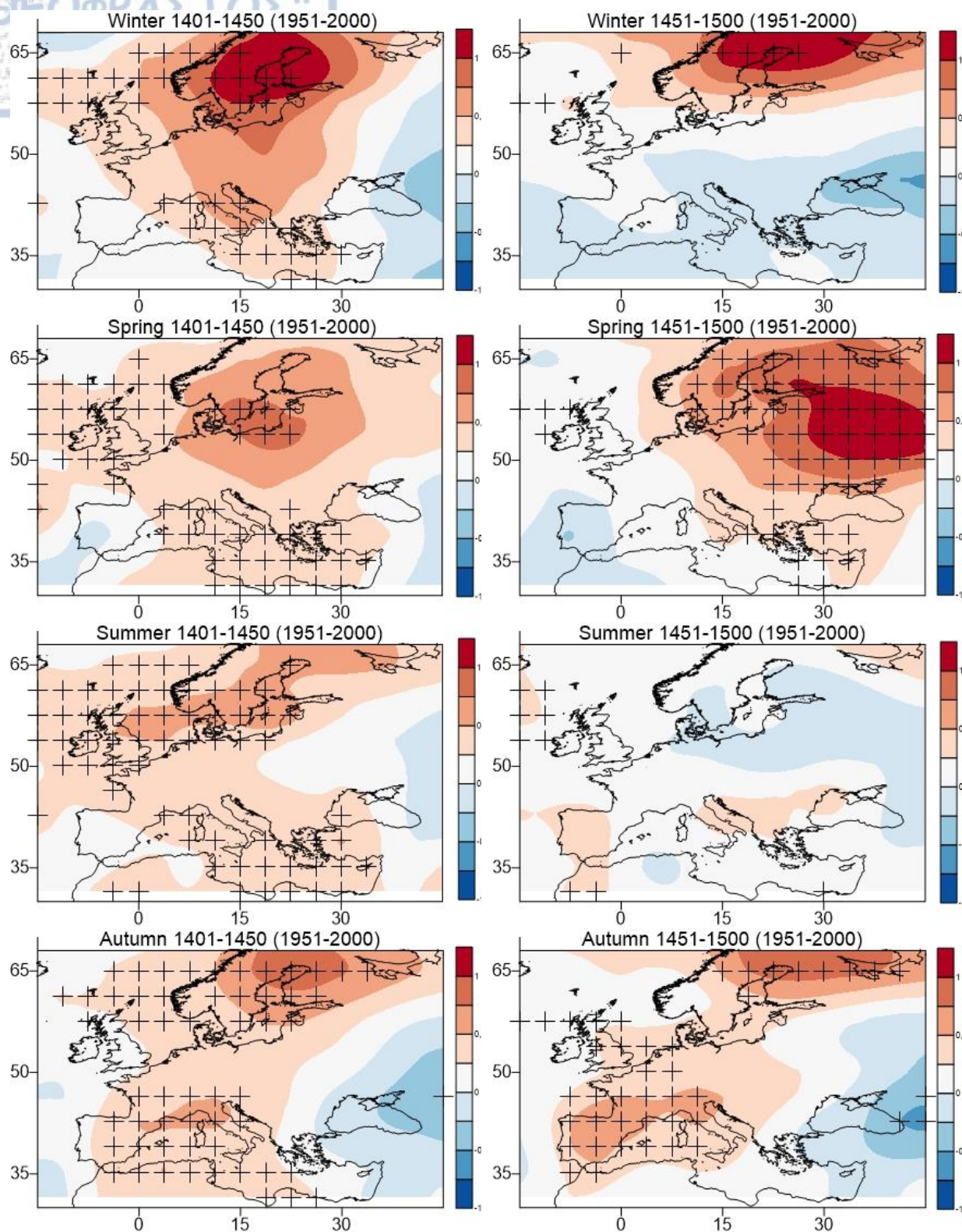
Κατόπιν, στην περίοδο 1351-1400 αναφορικά με το χειμώνα, αρνητικές διαφορές εντοπίζονται σχεδόν στο σύνολο της Ευρωπαϊκής ηπείρου (εκτός της Σκανδιναβίας) και του Ατλαντικού ωκεανού με έμφαση την Ανατολική Ευρώπη η οποία φτάνει και τον -1°C . Την άνοιξη αντιθέτως επικρατούν θετικές τιμές της τάξης του 0.75°C κυρίως στη Ρωσία. Οι αρνητικές διαφορές περιορίζονται κυρίως στον Ατλαντικό ωκεανό, στη Βόρεια Αφρική και στη Μεγάλη Βρετανία. Το καλοκαίρι αυτής της περιόδου χαρακτηρίζεται από αρνητικές διαφορές μικρής έντασης οι οποίες εκτείνονται σχεδόν σε όλη την υπό εξέταση περιοχή με εξαίρεση τη Σκανδιναβία και τη Μεγάλη Βρετανία. Τέλος, το φθινόπωρο επικρατούν αρνητικές διαφορές στην Ανατολική Ευρώπη με έμφαση τη Μαύρη Θάλασσα που φτάνει και τους -0.75°C . Στη Βόρεια Σκανδιναβία αντιθέτως επικρατούν θετικές διαφορές της τάξης του 0.5°C . Κάτι ανάλογο αλλά σε μικρότερη ένταση παρατηρείται και στην περιοχή της Γαλλίας και γύρω από αυτή.



Σχήμα 3.4. Όπως και στο Σχήμα 3.1, αλλά για τις πεντηκονταετίες 1301-1350 (αριστερά) και 1351-1400 (δεξιά).

Στο Σχήμα 3.5. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις πεντηκονταετίες 1401-1450 και 1451-1500, για όλες τις εποχές. Ξεκινώντας την ανάλυση από την πρώτη πεντηκονταετία, παρατηρείται ότι το χειμώνα εντοπίζονται θετικές διαφορές κυρίως πάνω από τη Σκανδιναβία της τάξεως του 1°C οι οποίες εκτείνονται νοτιότερα προς την Κεντρική Ευρώπη και τη Μεσόγειο. Αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές επικρατούν ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας. Την άνοιξη παρατηρείται περίπου το ίδιο μοτίβο με το κέντρο των θετικών τιμών να έχει μετατοπιστεί ελαφρώς νοτιότερα και πλέον είναι της τάξης του 0.75°C . Οι αρνητικές τιμές στα ανατολικά είναι πλέον μη αξιόλογες. Το καλοκαίρι χαρακτηρίζεται από μία ζώνη θετικών διαφορών κατά μήκος της Βόρειας Ευρώπης συμπεριλαμβανομένων της Σκανδιναβίας και της Μεγάλης Βρετανίας, η οποία εκτείνεται και προς τη Μεσόγειο. Η τάξη μεγέθους αυτής της ζώνης εμφανίζει μέγιστο 0.75°C στην περιοχή της Σκανδιναβίας. Φυσιολογικές έως ελαφρώς αρνητικές διαφορές επικρατούν στην Ανατολική Ευρώπη. Το φθινόπωρο παρατηρείται ένα ανάλογο μοτίβο σαν αυτό του χειμώνα, όπου στη Σκανδιναβία επικρατούν θετικές διαφορές της τάξης του 0.75°C , οι οποίες εκτείνονται προς τα νότια και εμφανίζουν ένα ακόμη μέγιστο 0.5°C νότια των Άλπεων. Αρνητικές τιμές παρατηρούνται και πάλι στην Ανατολική Ευρώπη, ιδιαίτερα ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας.

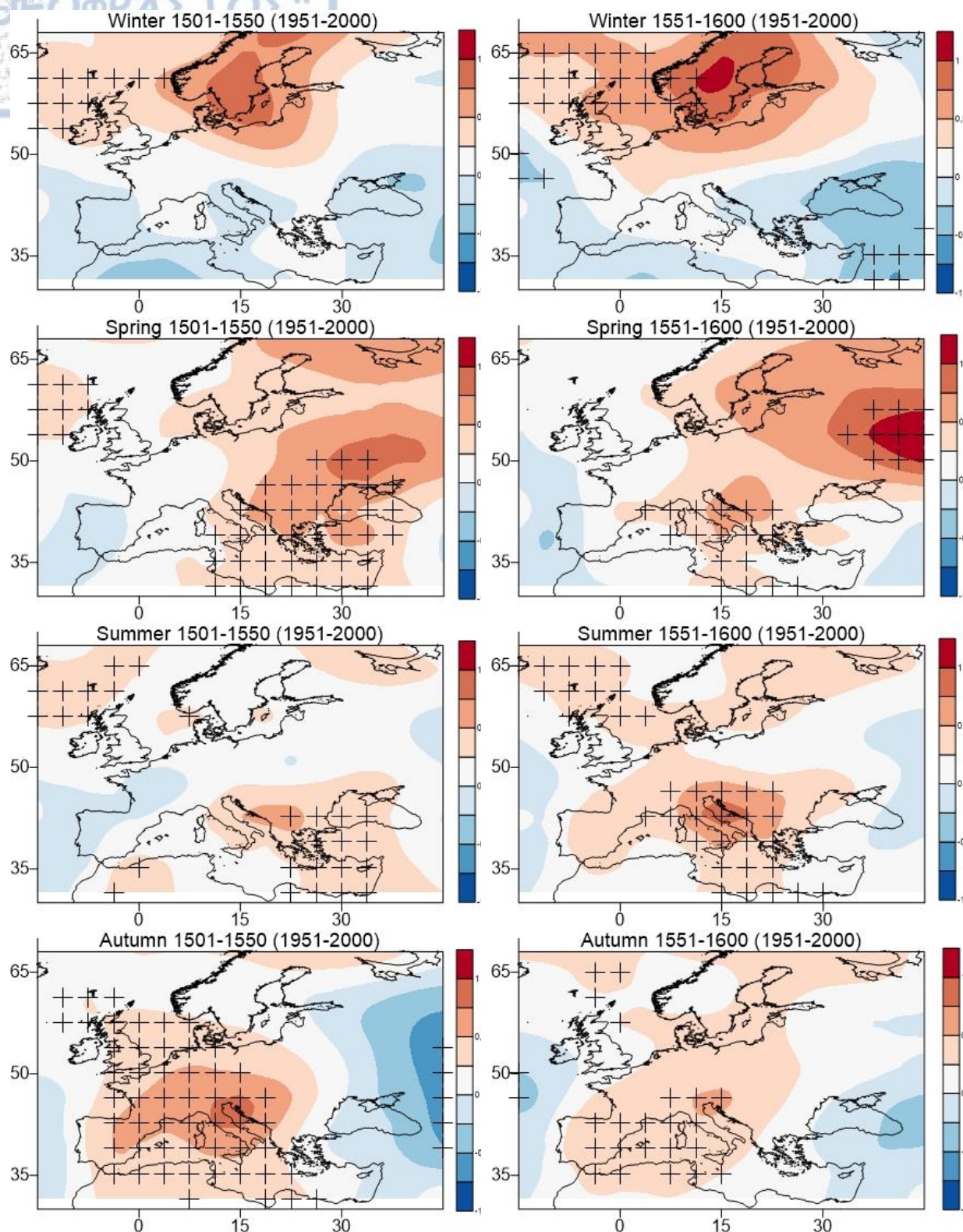
Ο χειμώνας της περιόδου 1451-1500 χαρακτηρίζεται από θετικές διαφορές στη Σκανδιναβία, ιδιαίτερα στα βόρεια τμήματα αυτής που φτάνουν τον 1°C , ενώ μικρές αρνητικές διαφορές επικρατούν στη γενικότερη περιοχή της Μεσογείου και γύρω από αυτή, καθώς και στα Βαλκάνια. Ωστόσο εντονότερη μορφή εμφανίζουν ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας αγγίζοντας και τους -0.75°C . Την άνοιξη παρατηρούνται υψηλές θετικές διαφορές της τάξης του 1°C σε όλη τη Βόρεια – Βορειοανατολική Ευρώπη με επίκεντρο τη Ρωσία οι οποίες εκτείνονται και νοτιότερα προς τα Βαλκάνια και την Ανατολική Μεσόγειο με μικρότερη ένταση. Στο άλλο άκρο της Ευρωπαϊκής ηπείρου παρατηρούνται αρνητικές διαφορές και συγκεκριμένα πάνω από την Ιβηρική Χερσόνησο, χωρίς ωστόσο να είναι αξιοσημείωτης έντασης. Το καλοκαίρι ως επί το πλείστον παρατηρούνται συνθήκες παρόμοιες με την περίοδο αναφοράς, με εξαίρεση τις μικρές αρνητικές διαφορές στη Βόρεια – Βορειοανατολική Ευρώπη και τη Ρωσία, και τις περιορισμένες θετικές διαφορές πάνω από την Ιβηρική Χερσόνησο και τα Βαλκάνια. Τέλος, το φθινόπωρο παρουσιάζονται θετικές διαφορές της τάξης του 0.5°C πάνω από τη Δυτική Ευρώπη με κέντρο την Ιβηρική Χερσόνησο και τη Γαλλία, ενώ ένας δεύτερος πόλος θετικών τιμών εμφανίζεται στη Βόρεια Σκανδιναβία της τάξης του 0.75°C . Στην Ανατολική – Νοτιοανατολική Ευρώπη και ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας εντοπίζονται αρνητικές τιμές αντίστοιχης έντασης με την προαναφερθείσα περιοχή.



Σχήμα 3.5. Όπως και στο Σχήμα 3.1. αλλά για τις πεντηκονταετίες 1401-1450 (αριστερά) και 1451-1500 (δεξιά).

Στο Σχήμα 3.6. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις πενηνταετίες 1501-1550 και 1551-1600, για κάθε εποχή. Αναφορικά με το χειμώνα της περιόδου 1501-1550 επικρατούν στη Σκανδιναβία θετικές θερμοκρασιακές διαφορές που φτάνουν τους 0.75°C και οι οποίες εκτείνονται δυτικά. Στον αντίποδα βρίσκεται η Νότια Ευρώπη όπου επικρατούν γενικά ουδέτερες ως ελαφρώς αρνητικές διαφορές κυρίως πάνω από τη Μεσόγειο. Την άνοιξη επικρατούν θετικές διαφορές πάνω από την Ανατολική - Βόρεια Ευρώπη και τα Βαλκάνια με το επίκεντρο να είναι της τάξης του 0.75°C βόρεια της Μαύρης Θάλασσας. Ελαφρώς αρνητικές διαφορές παρατηρούνται μόνο πάνω από την Ιβηρική Χερσόνησο. Το καλοκαίρι εντοπίζονται πάνω από τα Βαλκάνια και την Ανατολική Μεσόγειο θετικές θερμοκρασιακές διαφορές που φτάνουν τους 0.5°C καθώς και στο Βόρειο Ατλαντικό και στην περιοχή της Αλγερίας με μικρότερη ένταση. Το φθινόπωρο χαρακτηρίζεται από τις υψηλές θετικές θερμοκρασιακές διαφορές στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη που εμφανίζουν μέγιστο στο βόρειο τμήμα της Αδριατικής Θάλασσας (0.75°C). Στην περιοχή της Ρωσίας και του Καζακστάν επικρατούν αρνητικές διαφορές που φτάνουν την τάξη των -0.75°C .

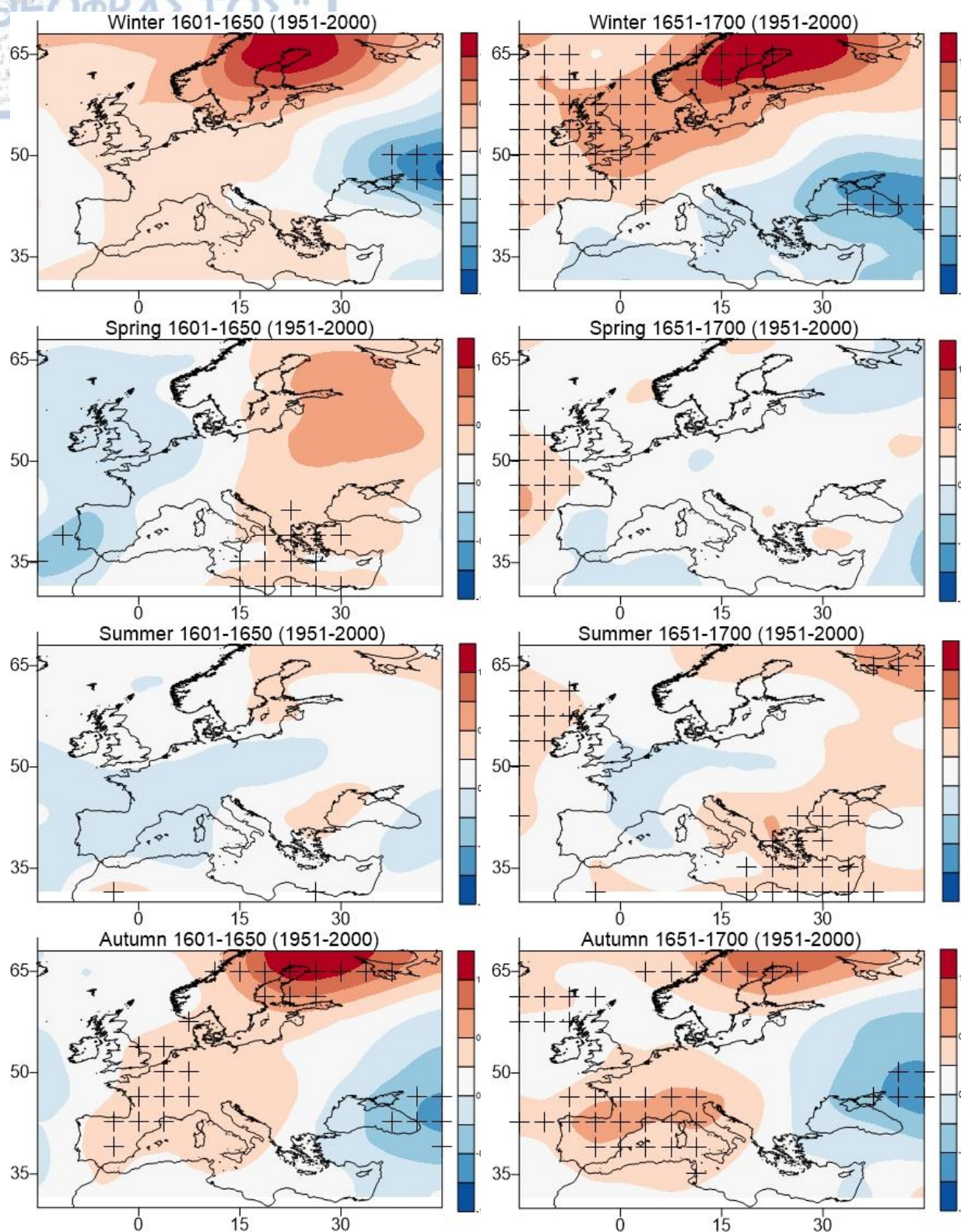
Ο χειμώνας για την περίοδο 1551-1600 χαρακτηρίζεται από θετικές θερμοκρασιακές διαφορές στην περιοχή της Σκανδιναβίας που φτάνουν τον 1°C και οι οποίες εκτείνονται δυτικά προς τον Ατλαντικό ωκεανό. Στη Νότια Ευρώπη και κυρίως στην Ανατολική Μεσόγειο και την Τουρκία επικρατούν αρνητικές διαφορές της τάξης του -0.5°C . Χαρακτηριστικό της άνοιξης είναι οι θετικές διαφορές που παρουσιάζονται κυρίως στη Ρωσία αλλά οι οποίες εκτείνονται στην ευρύτερη περιοχή της Βόρειας και Ανατολικής Ευρώπης. Το μέγιστο εντοπίζεται βορειοανατολικά της Μαύρης Θάλασσας (1°C) και ένα δεύτερο μέγιστο εντοπίζεται πάνω από την Αδριατική Θάλασσα (0.5°C). Το καλοκαίρι οι θετικές διαφορές βρίσκονται στην Κεντρική Ευρώπη με το επίκεντρο πάνω από την Αδριατική Θάλασσα (0.75°C), ενώ σε μικρότερο βαθμό αυτές επεκτείνονται δυτικά και βόρεια. Αρνητικές τιμές μη αξιόλογης σημασίας εντοπίζονται στη Ρωσία αλλά και στον Ατλαντικό ωκεανό. Το φθινόπωρο μοιάζει πολύ με την ανάλυση του καλοκαιριού με τη μόνη διαφορά ότι το κέντρο στην Αδριατική Θάλασσα δεν ξεπερνά τους 0.5°C και ότι το κέντρο των χαμηλών τιμών έχει ενισχυθεί (-0.5°C) και έχει μετατοπιστεί ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας.



Σχήμα 3.6. Όπως και στο Σχήμα 3.1. αλλά για τις πεντηκονταετίες 1501-1550 (αριστερά) και 1551-1600 (δεξιά).

Στο Σχήμα 3.7. παρουσιάζονται οι εποχιακοί χάρτες με τα αποτελέσματα για τις πεντηκονταετίες 1601-1650 και 1651-1700. Αρχίζοντας την ανάλυση από την πρώτη υπό εξέταση πεντηκονταετία, παρατηρείται ότι στο χειμώνα εμφανίζονται θετικές θερμοκρασιακές διαφορές κυρίως πάνω από τη Σκανδιναβία που φτάνουν και τον 1°C χωρίς ωστόσο να περιορίζονται μόνο εκεί, καθώς όπως φαίνεται αυτές εκτείνονται νότια και δυτικά προς τη Δυτική Ευρώπη και τη Μεσόγειο. Στον αντίποδα, αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές και μάλιστα πολύ έντονες εντοπίζονται βορειοανατολικά της Μαύρης Θάλασσας οι οποίες φτάνουν και τους -1.25°C . Την άνοιξη η Ανατολική Ευρώπη και η Ρωσία χαρακτηρίζονται από θετικές διαφορές ενώ η Δυτική Ευρώπη από αρνητικές ανάλογου μεγέθους (0.50°C και -0.50°C αντίστοιχα). Το καλοκαίρι επικρατούν μικρές αρνητικές διαφορές στη Δυτική Ευρώπη. Το φθινόπωρο χαρακτηρίζεται από δύο στοιχεία, τον πόλο θετικών θερμοκρασιακών διαφορών στη Βόρεια Ευρώπη με επίκεντρο τη Βόρεια Σκανδιναβία (1°C), οι οποίες εκτείνονται νοτιοδυτικά προς τη Δυτική Ευρώπη με μικρότερη ένταση και τον πόλο αρνητικών θερμοκρασιακών διαφορών ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας (-0.75°C) που εκτείνεται προς την Τουρκία και την Ανατολική Μεσόγειο.

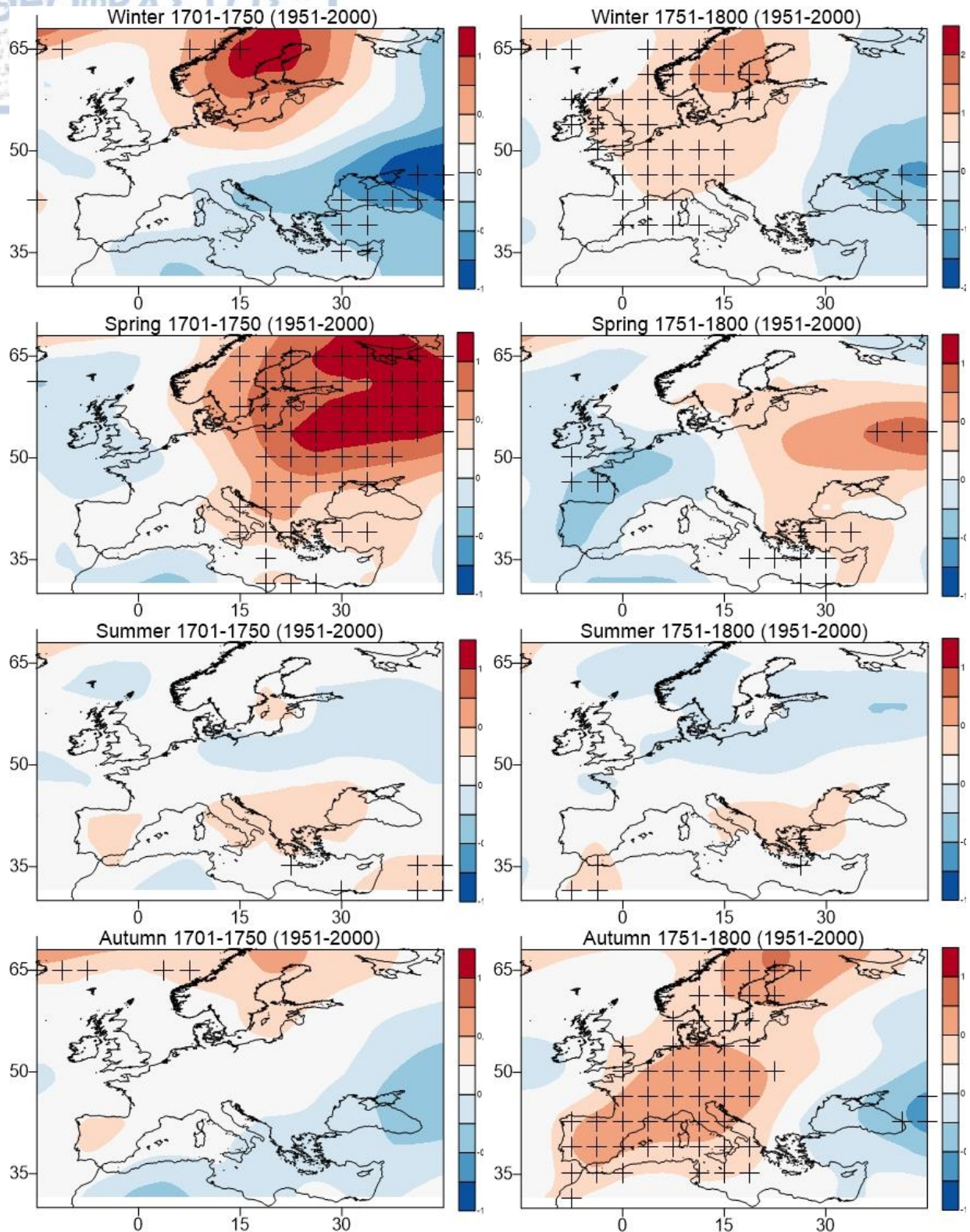
Το χειμώνα της πεντηκονταετίας 1651-1700 επικρατούν ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασιακές διαφορές κατά μήκος όλης της Βόρειας Ευρώπης με τις μεγαλύτερες τιμές να εντοπίζονται πάνω από τη Σκανδιναβία και τη Μεγάλη Βρετανία (1°C και 0.5°C αντίστοιχα). Σχολιάζοντας την ίδια εποχή, χαρακτηριστικός είναι και ο πόλος αρνητικών θερμοκρασιακών διαφορών στην Ανατολική Μεσόγειο κυρίως πάνω από τη Μαύρη Θάλασσα (-0.75°C). Η άνοιξη χαρακτηρίζεται από φυσιολογικές συνθήκες σχεδόν στο σύνολο της υπό εξέτασης περιοχής με εξαίρεση την περιοχή του Νότιου Ατλαντικού που παρατηρούνται θετικές διαφορές (0.5°C). Το καλοκαίρι παρουσιάζονται θετικές διαφορές κυρίως πάνω από την Ανατολική Μεσόγειο οι οποίες εκτείνονται σε βορειότερα γεωγραφικά πλάτη. Ακόμη, αρνητικές τιμές φαίνονται σε ένα μεγάλο τμήμα της Κεντρικής Ευρώπης. Τελειώνοντας με το φθινόπωρο, παρατηρούνται τρεις πόλοι διαφορών. Ο πρώτος είναι ένας θετικός πόλος και βρίσκεται στη Βόρεια Σκανδιναβία (0.75°C). Ο δεύτερος εντοπίζεται στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη και είναι ελαφρώς μικρότερης έντασης (0.5°C) ενώ ο τρίτος πόλος χαρακτηρίζεται από αρνητικές τιμές και βρίσκεται ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας και εκτείνεται προς τη Ρωσία (-0.75°C).



Σχήμα 3.7. Όπως και στο Σχήμα 3.1, αλλά για τις πεντηκονταετίες 1601-1650 (αριστερά) και 1651-1700 (δεξιά).

Στο Σχήμα 3.8. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις πεντηκονταετίες 1701-1750 και 1751-1800, κατά εποχή. Εξετάζοντας αρχικά την πρώτη από τις δύο περιόδους και ξεκινώντας από το χειμώνα, παρατηρείται ένας πόλος θετικών θερμοκρασιακών διαφορών πάνω από τη Σκανδιναβία της τάξης του 1°C . Επίσης εντοπίζεται μια ζώνη αρνητικών θερμοκρασιακών διαφορών με κέντρο την περιοχή ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας (-1°C) η οποία εκτείνεται δυτικά στην Ανατολική και Κεντρική Μεσόγειο και τα Βαλκάνια. Την άνοιξη, εντοπίζονται θετικές θερμοκρασιακές διαφορές στο σύνολο της Βορειοανατολικής Ευρώπης, της τάξης του 1°C που εκτείνονται προς τα Βαλκάνια και τη Σκανδιναβία. Από την άλλη, αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές φαίνεται να απασχολούν τη Βόρεια Αφρική και τον Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό συμπεριλαμβανομένης της Μεγάλης Βρετανίας. Το καλοκαίρι χαρακτηρίζεται από ουδέτερες, γενικά, διαφορές με τις θετικές διαφορές να περιορίζονται πάνω από τα Βαλκάνια και την Ανατολική Μεσόγειο και οι αρνητικές πάνω από τη Βόρεια Ευρώπη. Το φθινόπωρο επικρατούν θετικές θερμοκρασιακές διαφορές στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη ιδιαίτερα πάνω από τη Βόρεια Σκανδιναβία (0.5°C). Τέλος, παρουσιάζεται και μία ζώνη αρνητικών τιμών η οποία καλύπτει τις περιοχές της Βόρειας Αφρικής, της Ανατολικής Μεσογείου και μέρος της Ρωσίας με το επίκεντρο να βρίσκεται ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας (-0.50°C).

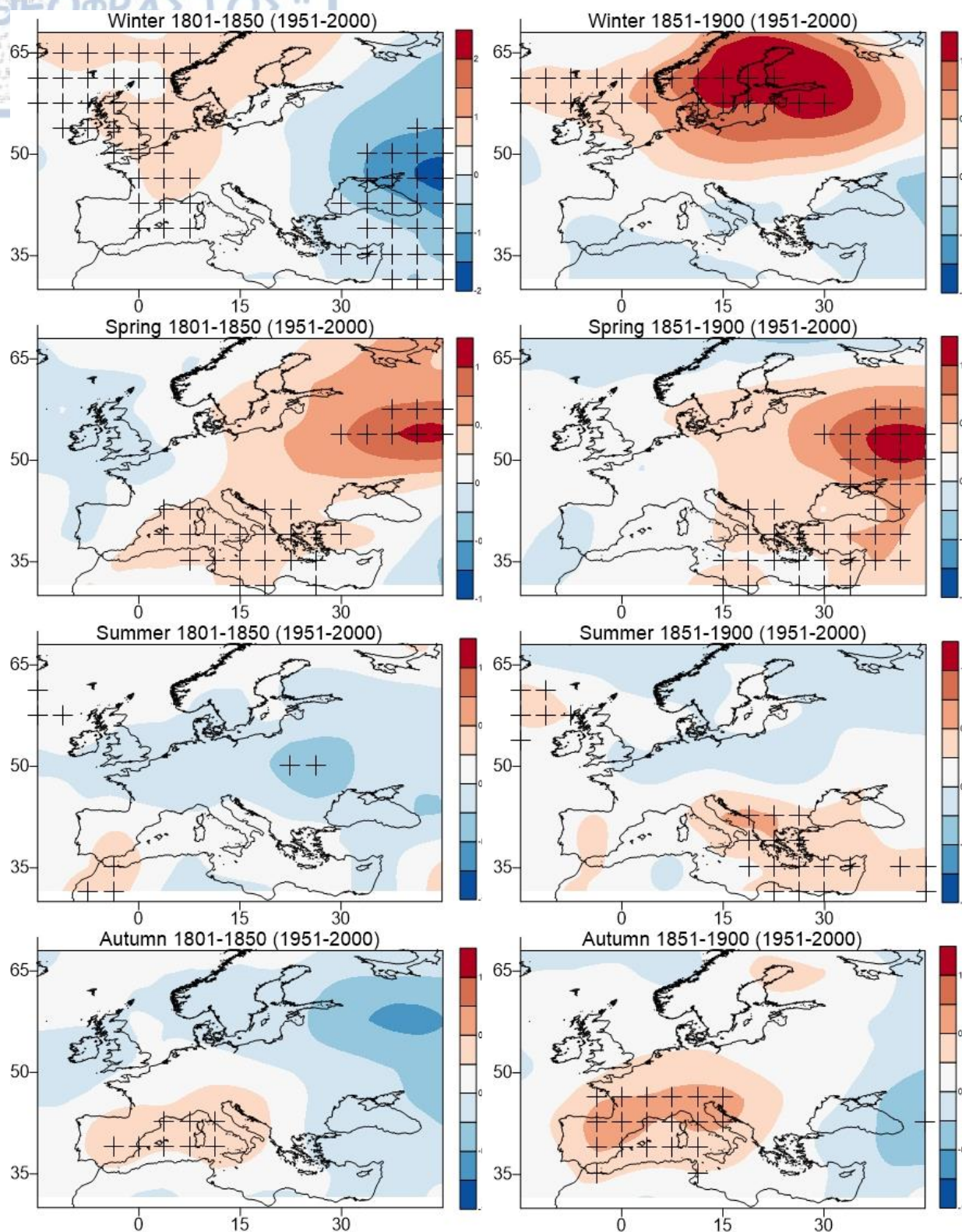
Αναφορικά με την περίοδο 1751-1800 και παρατηρώντας τις συνθήκες το χειμώνα, φαίνεται ότι εντοπίζονται θερμοκρασιακές διαφορές στη Σκανδιναβία της τάξης του 0.5°C οι οποίες εκτείνονται νοτιότερα προς την Κεντρική Ευρώπη. Ακόμη, αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές παρουσιάζονται σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη της Ανατολικής Ευρώπης και κυρίως της Ρωσίας και της Μέσης Ανατολής, με επίκεντρο την περιοχή ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας (-0.75°C). Την άνοιξη η Ευρώπη χωρίζεται σε δύο τμήματα. Από τη μία βρίσκεται η Ανατολική Ευρώπη, τα Βαλκάνια, η Ανατολική Μεσόγειος και η Ρωσία με θετικές τιμές που φτάνουν τους 0.75°C , ενώ στον αντίποδα βρίσκεται η Δυτική Ευρώπη, ο Ατλαντικός ωκεανός και η Βόρεια Αφρική με αρνητικές τιμές της τάξης του -0.5°C . Το καλοκαίρι χαρακτηρίζεται από ουδέτερες τιμές στο σύνολο της περιοχής, με εξαίρεση την Ελλάδα που είναι ελαφρώς θετικές ενώ αρνητικές τιμές ανάλογης έντασης παρατηρούνται σε ένα μεγάλο τμήμα της Βόρειας Ευρώπης. Τέλος, το φθινόπωρο, παρουσιάζονται θετικές θερμοκρασιακές διαφορές κατά μήκος της Δυτικής, Κεντρικής και Βόρειας ηπειρωτικής Ευρώπης (0.5°C), ενώ αρνητικές τιμές παρουσιάζονται στα ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας (-0.75°C) οι οποίες εκτείνονται προς την Τουρκία και την Ανατολική Μεσόγειο.



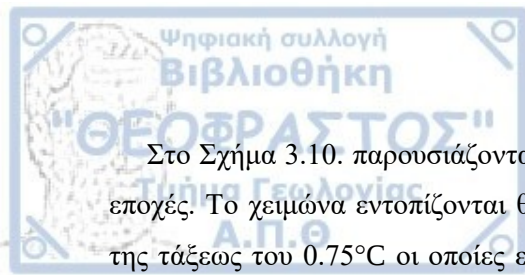
Σχήμα 3.8. Όπως και στο Σχήμα 3.1. αλλά για τις πεντηκονταετίες 1701-1750 (αριστερά) και 1751-1800 (δεξιά).

Στο Σχήμα 3.9. παρατίθενται οι χάρτες με τα αποτελέσματα των θερμοκρασιακών διαφορών για τις πεντηκονταετίες 1801-1850 και 1851-1900, για κάθε εποχή. Αρχίζοντας την ανάλυση από το χειμώνα της πρώτης υπό εξέταση περιόδου, γίνεται αμέσως αντιληπτή η περιοχή αρνητικών θερμοκρασιακών διαφορών που επικρατεί στην Ανατολική Ευρώπη και τη Ρωσία με επίκεντρο τα ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας (-1°C). Θετικές θερμοκρασιακές διαφορές πολύ μικρότερης έντασης εντοπίζονται σε περιοχές της Δυτικής Ευρώπης και της Σκανδιναβίας. Όσον αφορά την άνοιξη, παρουσιάζονται θετικές θερμοκρασιακές διαφορές σε μια ζώνη που εκτείνεται από τη Ρωσία και τη Βόρεια και Βορειοανατολική Ευρώπη (1°C) ως τα Βαλκάνια και τη Μεσόγειο (0.25°C). Αρνητικές διαφορές ανάλογης έντασης εντοπίζονται πάνω από τη Μεγάλη Βρετανία. Το καλοκαίρι χαρακτηρίζεται γενικά από αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές στο μεγαλύτερο τμήμα της Ευρωπαϊκής ηπείρου της τάξεως του -0.25°C με επίκεντρο τη Ρουμανία (-0.5°C). Το φθινόπωρο εμφανίζονται θετικές διαφορές πάνω από την Κεντρική και Δυτική Μεσόγειο (0.25°C) ενώ αρνητικές τιμές απασχολούν το σύνολο της Ανατολικής Ευρώπης και της Ρωσίας με επίκεντρο της τάξης του -0.75°C .

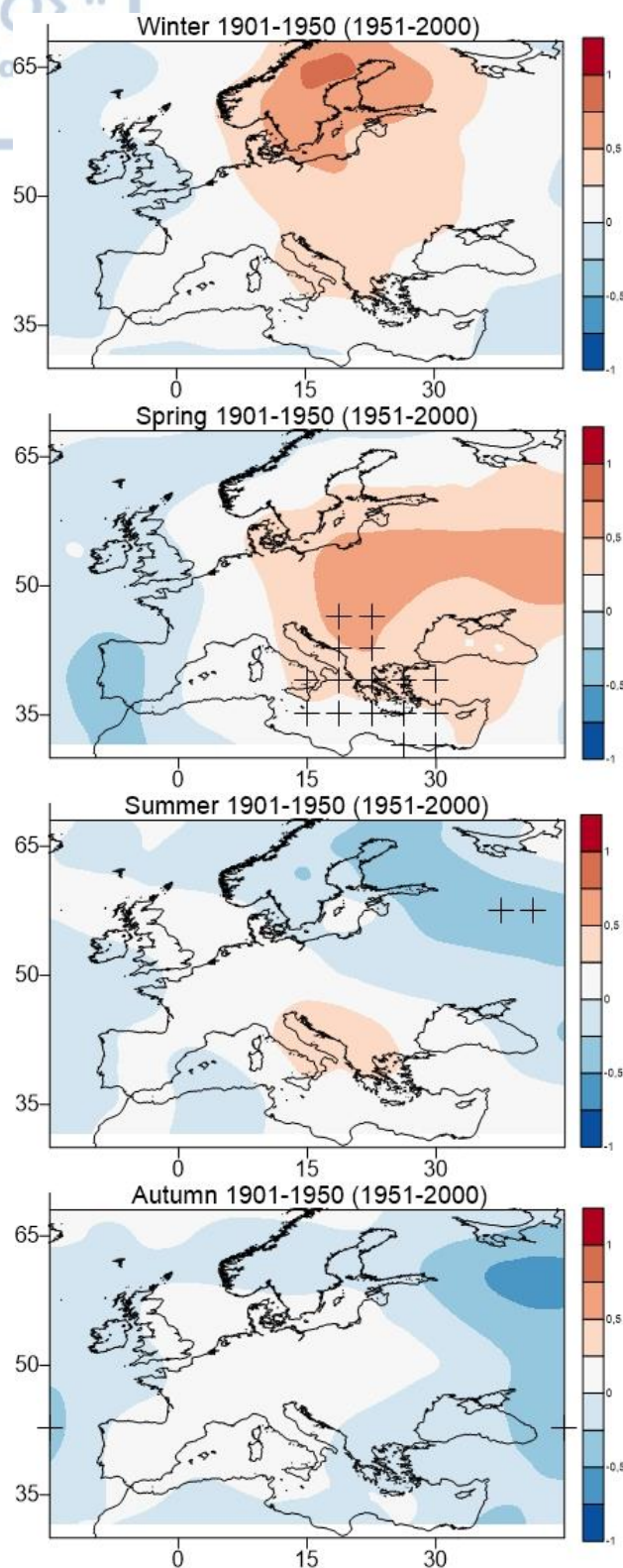
Συνεχίζοντας την ανάλυση με την περίοδο 1851-1900, παρατηρείται ότι το χειμώνα επικρατούν ιδιαίτερα μεγάλες θετικές θερμοκρασιακές διαφορές στη Βόρεια Ευρώπη με έμφαση τη Σκανδιναβία (1°C). Μεγάλο κομμάτι της Νότιας Ευρώπης χαρακτηρίζεται από μικρές αρνητικές διαφορές, κυρίως στα ανατολικά αυτής (-0.5°C). Την άνοιξη φαίνονται σημαντικές θετικές διαφορές στην Ανατολική Ευρώπη και τη Ρωσία με το επίκεντρο να βρίσκεται βόρεια της Μαύρης Θάλασσας (1°C). Αυτές οι θετικές τιμές εκτείνονται προς τα Βαλκάνια και την Ανατολική Μεσόγειο. Το καλοκαίρι επικρατούν θετικές διαφορές στην Ανατολική Μεσόγειο μικρής έντασης με επίκεντρο την Αδριατική Θάλασσα (0.5°C), ενώ αρνητικές τιμές παρουσιάζονται σε αρκετά τμήματα της Βόρειας Ευρώπης. Τέλος, το φθινόπωρο εντοπίζονται σημαντικές θετικές θερμοκρασιακές διαφορές στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη (0.5°C) ενώ αρνητικές αντίστοιχου βαθμού περιορίζονται σε περιοχές ανατολικά της Μαύρης Θάλασσας και στη Ρωσία.



Σχήμα 3.9. Όπως και στο Σχήμα 3.1. αλλά για τις πεντηκονταετίες 1801-1850 (αριστερά) και 1851-1900 (δεξιά).



Στο Σχήμα 3.10. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τη πεντηκονταετία 1901-1950 για όλες τις εποχές. Το χειμώνα εντοπίζονται θετικές θερμοκρασιακές διαφορές στην περιοχή της Σκανδιναβίας της τάξεως του 0.75°C οι οποίες εκτείνονται νοτιότερα προς τα Βαλκάνια, ενώ αρνητικές διαφορές φαίνονται στην περιοχή του Ατλαντικού ωκεανού. Η άνοιξη χαρακτηρίζεται από θετικές θερμοκρασιακές διαφορές στην Ανατολική Ευρώπη και στη Ρωσία (0.5°C) και από αρνητικές τιμές που εντοπίζονται και πάλι στον Ατλαντικό ωκεανό αλλά και στην Ιβηρική Χερσόνησο όπου είναι λίγο πιο έντονες (-0.5°C). Το καλοκαίρι επικρατούν γενικά αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές στη Βορειοανατολική Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένης και της Σκανδιναβίας καθώς και στη Ρωσία της τάξης του -0.5°C . Αρνητικές τιμές συνεχίζουν να εντοπίζονται και πάλι στον Ατλαντικό ωκεανό. Τέλος, το φθινόπωρο επικρατούν αποκλειστικά αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές κυρίως στη Ρωσία (-0.75°C) οι οποίες εκτείνονται νότια προς τα Βαλκάνια καθώς και στον Ατλαντικό ωκεανό και τη Βόρεια Αφρική.

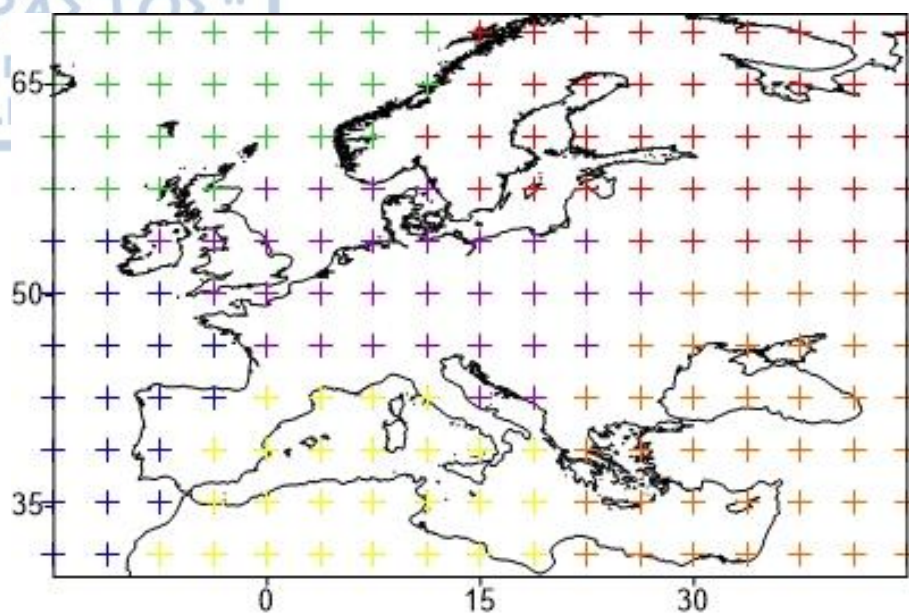


Σχήμα 3.10. Όπως και στο Σχήμα 3.1. αλλά για την πενήκονταετία 1901-1950.

3.2. Χωρική κατανομή των θερμοκρασιών στην Ευρώπη

Στη συνέχεια, για την καλύτερη ανάλυση των δεδομένων, εφαρμόστηκε η τεχνική της PCA (Principal Component Analysis) με κανονικοποιημένη περιστροφή (Varimax Normalised) στις μέσες ετήσιες θερμοκρασίες του αέρα επιφανείας της περιόδου αναφοράς 1951-2000, με αποτέλεσμα να προκύψουν έξι κύριες συνιστώσες, η κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί και σε μία υποπεριοχή της Ευρώπης. Οι συνιστώσες αυτές, εξηγούν το 83,5% της αρχικής συνολικής μεταβλητότητας. Επισημαίνεται ακόμα, ότι η επιλογή μεγαλύτερου δείγματος (πχ. Όλη τη χιλιετή περίοδο) φαίνεται να μεταβάλλει ελάχιστα, μόνον τα όρια των ομαδοποιήσεων. Ο λόγος που επικράτησε αυτός ο αριθμός είναι ότι στην περίπτωση που ήταν περισσότεροι, οι επιπλέον παράγοντες αποτελούσαν μικρές υποομάδες που είχαν έντονη στατιστική εξάρτηση με τις έξι μεγαλύτερες. Από την άλλη, ένας αριθμός παραγόντων μικρότερος από έξι, ενδεχομένως να μην επέτρεπε τη λεπτομερέστερη ανάλυση της Ευρώπης σε διακριτά τμήματα. Επομένως, το κριτήριο ήταν η ικανή μελέτη της Ευρώπης σε διακριτά τμήματα, αρκετά σε αριθμό ώστε να δοθεί μια καθαρή εικόνα για τις επικρατούσες θερμοκρασιακές συνθήκες την περασμένη χιλιετία αλλά όχι τόσα που να προκληθεί σύγχυση από την πληθώρα πληροφοριών που θα προέκυπτε από περισσότερους παράγοντες. Η σειρά με την οποία παρουσιάζονται οι υποπεριοχές στα αποτελέσματα των αναλύσεων που ακολουθούν είναι σύμφωνα με την αρίθμηση των παραγόντων όπως προέκυψαν (πχ. η PC1 αντιστοιχεί στη ΒΑ. Ευρώπη).

Παρακάτω στο Σχήμα 3.11. απεικονίζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης PCA με κανονικοποιημένη περιστροφή (Varimax Normalised) στο χάρτη της Ευρώπης με τη μορφή χρωματισμένων σταυρονημάτων. Τα σταυρονήματα είναι έξι διαφορετικών αποχρώσεων και αντιστοιχούν στους έξι παράγοντες που προέκυψαν από την ανάλυση. Τα κόκκινα σταυρονήματα αντιστοιχούν στην υποπεριοχή της Βορειοανατολικής Ευρώπης (ΒΑ. Ευρώπη), τα πορτοκαλί στην υποπεριοχή της Ανατολικής Μεσογείου (Α. Μεσόγειος), τα κίτρινα στη Δυτική Μεσόγειο (Δ. Μεσόγειος), τα μπλε στο Νότιο Ατλαντικό (Ν. Ατλαντικός), τα πράσινα στο Βόρειο Ατλαντικό (Β. Ατλαντικός) και τέλος τα μωβ σταυρονήματα στην υποπεριοχή της Κεντρικής Ευρώπης (Κ. Ευρώπη).



Σχήμα 3.11. Χάρτης των έξι (6) παραγόντων της ανάλυσης PCA με Περιστροφή. Το χρώμα των σταυρονημάτων αντιπροσωπεύει και μία υποπεριοχή. Κόκκινα: ΒΑ. Ευρώπη. Πορτοκαλί: Α. Μεσόγειος. Κίτρινα: Δ. Μεσόγειος. Πράσινα: Β. Ατλαντικός. Μπλε: Ν. Ατλαντικός. Μωβ: Κ. Ευρώπη.

3.3. Θερμοκρασιακές διαφορές των 6 υποπεριοχών

Στον Πίνακα 3.1, φαίνονται συγκεντρωτικά με χρωματισμούς και ποσοστά, το θερμοκρασιακό προφίλ των διαφορών (σε σύγκριση με την περίοδο 1951-2000 χωρίς τον ανθρωπογενή παράγοντα) για κάθε περιοχή και κάθε πεντηκονταετία σε ετήσιο επίπεδο. Οι χρωματισμοί (κόκκινο, μπλε, γκρι) υποδηλώνουν αν οι συνθήκες είναι θερμότερες ή ψυχρότερες από τη συγκρινόμενη πεντηκονταετία, ενώ τα ποσοστά δείχνουν τον αριθμό των σημείων του πλέγματος της υποπεριοχής που αντιπροσωπεύουν το υπερισχύον θερμοκρασιακό μοτίβο. Οι αποχρώσεις (ασθενές, μέτριο, έντονο) προκύπτουν ακριβώς από τον αριθμό του ποσοστού (0-33,3% Ασθενές, 33,3% - 66,6% Μέτριο, 66,6% - 100% Έντονο).

Επομένως στη ΒΑ. Ευρώπη φαίνεται πως οι περισσότερες πεντηκονταετίες ήταν πιο θερμές με το σύνολο των σημείων να συμφωνούν με αυτό το προφίλ με εξαίρεση τον 11^ο και το πρώτο μισό του 19^{ου} αιώνα. Το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα είναι πολύ κοντά στο μέσο όρο 1951-2000 γι αυτό και εμφανίζεται γκρι, με το 37,21% των κελιών να συντάσσονται με αυτή τη συνθήκη. Ο λόγος που παρουσιάζεται σε αυτήν την περιοχή τόσο έντονο θετικό σήμα είναι επειδή το μοντέλο για αυτήν την περιοχή, όπως θα φανεί και σε επόμενη ενότητα, εκδηλώνει πολύ αρνητικό σήμα στην περίοδο αναφοράς 1951-2000 όταν οι ανθρώπινες επιδράσεις δεν λαμβάνονται υπόψη.

Όσον αφορά την Α. Μεσόγειο, η εικόνα είναι πιο σύνθετη. Τον 11^ο και το 13^ο αιώνα, καθώς και τα διαστήματα 1851-1950 και 1401-1550 χαρακτηρίζονται από θερμές συνθήκες. Στην πλειοψηφία αυτών των διαστημάτων τα σημεία ανταποκρίνονται σε αυτό το θερμοκρασιακό μοτίβο εκτός από το 15^ο αιώνα και το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα που η ανταπόκριση είναι μέτρια (33,3% - 66,6%). Ενδιάμεσα από αυτές τις περιοχές επικρατούν ουδέτερες θερμοκρασιακές συνθήκες αλλά ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός ότι στις περισσότερες περιπτώσεις τα κελιά είναι μειοψηφικά που υποδηλώνει ότι πιθανόν να υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στο θερμοκρασιακό προφίλ από σημείο σε σημείο της εν λόγω περιοχής. Χαρακτηριστικές είναι επίσης και δύο περίοδοι, το πρώτο μισό του 14^{ου} και του 19^{ου} αιώνα που εκδηλώνεται αρνητικό σήμα. Στην πρώτη περίπτωση το 51,28% συμφωνεί με τις συνθήκες αυτές ενώ στη δεύτερη το ποσοστό αυτό αυξάνεται στο 69,23%.

Η Δ. Μεσόγειος χαρακτηρίζεται από θερμές περιόδους σχεδόν στο σύνολο της χιλιετίας με εξαίρεση τα διαστήματα: 1101-1150, 1251-1400, 1701-1750 και 1901-1950 που παρουσιάζεται ουδέτερο θερμοκρασιακό προφίλ. Στις θερμές περιόδους το σύνολο των σημείων βρίσκεται σε συμφωνία με αυτό το μοτίβο ενώ στις ουδέτερες συνθήκες το ποσοστό αυτό είναι μεγάλο για τις πεντηκονταετίες 1101-1150 και 1351-1400, μέτριο για τα διαστήματα 1251-1350 και 1901-1950 και μικρό για την πεντηκονταετία 1701-1750. Όπως και στην περίπτωση της Α. Μεσογείου, όσο μικρότερο είναι αυτό το ποσοστό φαίνεται ότι κατά σημείο μπορεί οι συνθήκες να μεταβάλλονται σημαντικά.

Αναλύοντας την κατάσταση στο Β. Ατλαντικό φαίνεται ότι επικρατούν θερμές συνθήκες κατά τον 11^ο αιώνα καθώς και στο συντριπτικό σύνολο του δεύτερου μισού της εξεταζόμενης χιλιετίας (1401 –

1900) οι οποίες συνοδεύονται και από μέτρια ως μεγάλη ποσοστιαία ανταπόκριση από τα σημεία. Ουδέτερες συνθήκες εκδηλώνονται στο πρώτο μισό του 12^{ου} αιώνα και το δεύτερο μισό του 14^{ου} αιώνα με μέτρια συμμετοχή των σημείων καθώς και το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα με αντίστοιχα μεγάλη. Ψυχρότερες συνθήκες από την περίοδο αναφοράς 1951-2000 εντοπίζονται τη πεντηκονταετία 1201-1250 με μέτριο ποσοστό συμφωνίας.

Στο Ν. Ατλαντικό εκδηλώνονται έντονες διακυμάνσεις. Τον 11^ο αιώνα εμφανίζονται θετικές θερμοκρασιακές διαφορές με το συντριπτικό ποσοστό των σημείων να συμφωνούν με αυτές. Στη συνέχεια, το πρώτο μισό του 12^{ου} αιώνα επικρατούν αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές με σχετικά χαμηλό ποσοστό συμφωνίας, ενώ το δεύτερο μισό επαναφέρεται το θετικό θερμοκρασιακό προφίλ με το σύνολο των σημείων να συντάσσονται με αυτή τη συνθήκη. Στις αρχές και στα τέλη του 13^{ου} και 14^{ου} αιώνα επικρατούν ουδέτερες συνθήκες με μέτρια ως μεγάλη συμφωνία με τα ποσοστά των σημείων ενώ τα μέσα αυτών των αιώνων χαρακτηρίζεται από έντονες αρνητικές διαφορές. Συνεχίζοντας με το 15^ο αιώνα παρατηρείται θερμότερο θερμοκρασιακό προφίλ με μεγάλη ανταπόκριση του ποσοστού από τα σημεία ενώ ο 16^{ος} αιώνας χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητα καθώς εμφανίζεται ουδέτερο προφίλ συνοδευόμενο από μικρά ποσοστά σημείων. Το πρώτο μισό του 17^{ου} αιώνα εντοπίζονται αρνητικές συνθήκες με μέτριο ποσοστό σε αντίθεση με το δεύτερο μισό του ίδιου αιώνα που το θετικό σήμα είναι έντονο και το ποσοστό των σημείων ομόφωνο προς αυτήν την κατεύθυνση. Ο 18^{ος} αιώνας χωρίζεται κι αυτός στη μέση, με το πρώτο να αντιστοιχεί σε θετικές συνθήκες με μέτριο ποσοστό συμφωνίας και το δεύτερο μισό με ουδέτερο θερμοκρασιακό προφίλ με ανάλογο ποσοστό όπως και προηγούμενος. Το 19^ο αιώνα εμφανίζονται θετικές θερμοκρασιακές διαφορές με μεγάλη ποσοστιαία συμφωνία των σημείων. Ολοκληρώνοντας με το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα φαίνεται ότι εκδηλώνονται αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές συνοδευόμενες από μεγάλα ποσοστά.

Τέλος, για την Κ. Ευρώπη η κατάσταση είναι πιο ομογενοποιημένη με το σύνολο των πεντηκονταετιών της εξεταζόμενης χιλιετίας να χαρακτηρίζονται από ένα θετικό θερμοκρασιακό προφίλ με μεγάλη έως ομόφωνη συμμετοχή των σημείων με αυτό. Μοναδική εξαίρεση αποτελούν τα διαστήματα 1101-1150 και 1251-1300 που εκδηλώνεται ουδέτερο προφίλ με μεγάλη και μικρή ποσοστιαία συμμετοχή αντίστοιχα, καθώς και το διάστημα 1351-1400 που παρουσιάζονται αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές με μικρό ποσοστό.

Πίνακας 3.1. Συγκεντρωτικός πίνακας θερμοκρασιακών διαφορών για κάθε υποπεριοχή και κάθε πενήκονταετία με περίοδο αναφοράς το διάστημα 1951-2000. Οι χρωματισμοί (κόκκινο, μπλε, γκρι) υποδηλώνουν αν οι συνθήκες είναι θερμότερες ή ψυχρότερες από την περίοδο αναφοράς. Τα ποσοστά δείχνουν τον αριθμό των σημείων του πλέγματος της υποπεριοχής που αντιπροσωπεύουν το υπερισχύον θερμοκρασιακό μοτίβο. Οι αποχρώσεις (ασθενές, μέτριο, έντονο) προκύπτουν από τον αριθμό του ποσοστού (0-33,3% Ασθενές, 33,3% - 66,6% Μέτριο, 66,6% - 100% Έντονο).

	NE. Europe	E. Mediterranean	W. Mediterranean	N. Atlantic	S. Atlantic	C. Europe
1001-1050	55,81	74,36	92,31	100,00	95,24	100,00
1051-1100	55,81	51,28	100,00	44,44	90,48	100,00
1101-1150	97,67	28,21	69,23	51,85	57,14	77,42
1151-1200	76,74	23,08	84,62	59,26	100,00	100,00
1201-1250	100,00	69,23	100,00	44,44	47,62	100,00
1251-1300	100,00	94,87	42,31	62,96	100,00	29,03
1301-1350	100,00	46,15	46,15	85,19	52,38	93,55
1351-1400	76,74	51,28	84,62	44,44	71,43	32,26
1401-1450	93,02	56,41	100,00	88,89	80,95	100,00
1451-1500	100,00	64,10	84,62	100,00	71,43	100,00
1501-1550	90,70	74,36	96,15	100,00	23,81	100,00
1551-1600	100,00	15,38	88,46	100,00	23,81	100,00
1601-1650	90,70	23,08	96,15	66,67	57,14	96,77
1651-1700	95,35	30,77	84,62	100,00	100,00	100,00
1701-1750	97,67	38,46	19,23	77,78	52,38	96,77
1751-1800	74,42	23,08	88,46	92,59	42,86	100,00
1801-1850	55,81	69,23	88,46	100,00	66,67	90,32
1851-1900	86,05	89,74	88,46	44,44	85,71	100,00
1901-1950	37,21	58,97	46,15	74,07	80,95	80,65

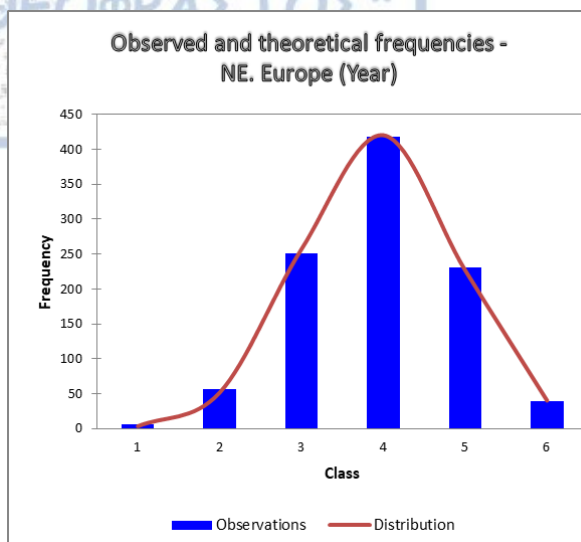
>66,6	>66,6	>66,6
33,3-66,6	33,3-66,6	33,3-66,6
<33,3	<33,3	<33,3

3.4. Ανάλυση των θερμοκρασιών των 6 υποπεριοχών

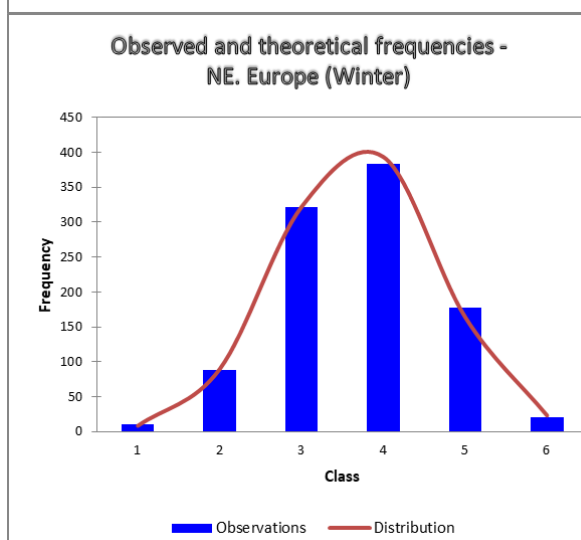
3.4.1. ΒΑ. Ευρώπη

Στο Σχήμα 3.12. παρουσιάζονται τα ιστογράμματα συχνοτήτων των τιμών θερμοκρασίας για τη ΒΑ. Ευρώπη σε ετήσια και εποχιακή βάση.

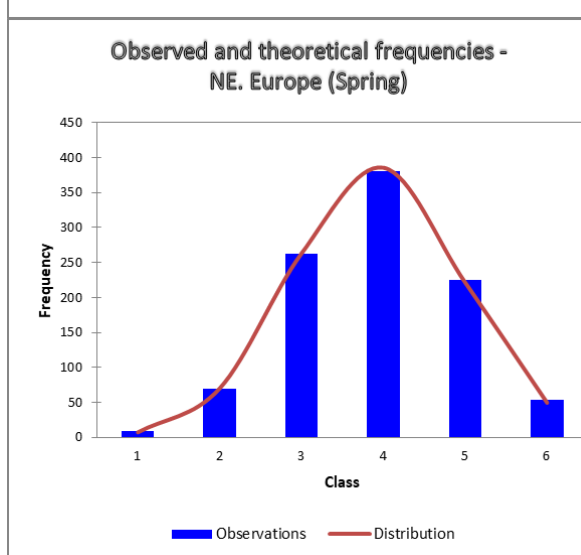
Ξεκινώντας με το 1^ο ιστόγραμμα που αναφέρεται στις ετήσιες θερμοκρασιακές τιμές της χλιετούς περιόδου, φαίνεται ότι τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφανίζουν οι τιμές -0,4 με 0,8 °C (Κλάση 4) ενώ τη μικρότερη συχνότητα εμφανίζουν οι τιμές -4,0 με -2,8 °C (Κλάση 1). Το χειμώνα στη ΒΑ Ευρώπη οι θερμοκρασίες με τη μεγαλύτερη εμφάνιση είναι της τάξεως -12,2 με -9,6 °C (Κλάση 4) ενώ μικρότερη συχνότητα εμφανίζουν οι τιμές -20,0 με -17,4 °C (Κλάση 1). Την άνοιξη στο αμέσως επόμενο διάγραμμα μεγαλύτερη συχνότητα εμφανίζουν οι θερμοκρασίες -1,9 με -0,2 °C (Κλάση 4) ενώ μικρότερη εμφανίζουν οι θερμοκρασίες -7,0 με -5,3 °C (Κλάση 1). Το καλοκαίρι μεγαλύτερη συχνότητα εμφανίζουν οι θερμοκρασίες 11,2 με 12,3 °C (Κλάση 3) και μικρότερη οι θερμοκρασίες 14,5 με 15,6 °C (Κλάση 6). Τέλος, το φθινόπωρο οι θερμοκρασίες 0,2 με 1,6 °C (Κλάση 4) είναι οι πιο συχνές ενώ οι θερμοκρασίες -4,0 με -2,6 °C (Κλάση 1) είναι οι πιο σπάνιες. Να σημειωθεί ακόμη ότι σε όλες τις περιπτώσεις οι τιμές προσεγγίζουν την κανονική κατανομή.



Class	Lower bound	Upper bound
1	-4,0	-2,8
2	-2,8	-1,6
3	-1,6	-0,4
4	-0,4	0,8
5	0,8	2,0
6	2,0	3,2

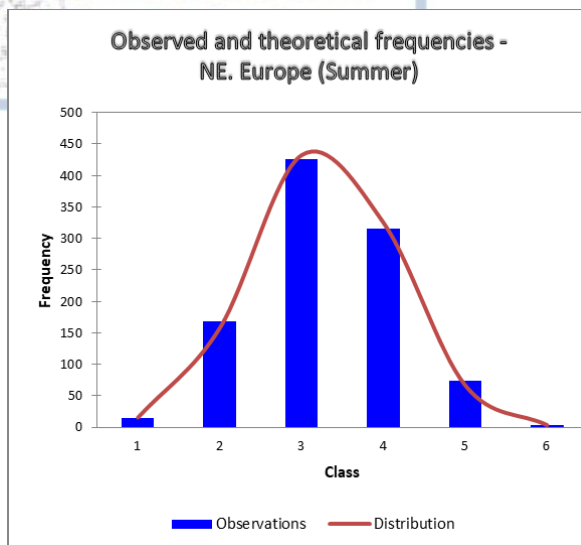


Class	Lower bound	Upper bound
1	-20,0	-17,4
2	-17,4	-14,8
3	-14,8	-12,2
4	-12,2	-9,6
5	-9,6	-7,0
6	-7,0	-4,4

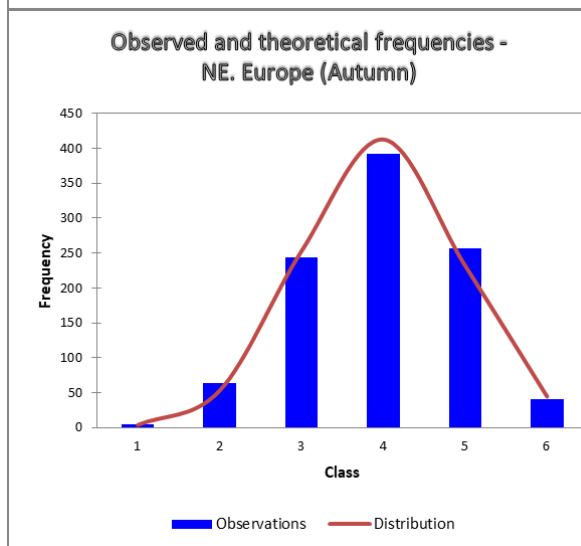


Class	Lower bound	Upper bound
1	-7,0	-5,3
2	-5,3	-3,6
3	-3,6	-1,9
4	-1,9	-0,2
5	-0,2	1,5
6	1,5	3,2

Σχήμα 3.12. Ιστογράμματα συχνοτήτων θερμοκρασιών για την υποπεριοχή της ΒΑ. Ευρώπης αναφορικά με την τελευταία χιλιετία σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο. Η κόκκινη καμπύλη δείχνει τη θεωρητική κατανομή.



Class	Lower bound	Upper bound
1	9,0	10,1
2	10,1	11,2
3	11,2	12,3
4	12,3	13,4
5	13,4	14,5
6	14,5	15,6



Class	Lower bound	Upper bound
1	-4,0	-2,6
2	-2,6	-1,2
3	-1,2	0,2
4	0,2	1,6
5	1,6	3,0
6	3,0	4,4

Σχήμα 3.12. (Συνέχεια)

Το Σχήμα 3.13. παρουσιάζει την εξέλιξη των θερμοκρασιακών διαφορών σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1951-2000 για την υποπεριοχή της ΒΑ. Ευρώπης σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο τα τελευταία χίλια χρόνια, λαμβάνοντας υπόψη και τον ανθρώπινο παράγοντα για το διάστημα 1851-2000.

Ξεκινώντας από την ετήσια ανάλυση και συνυπολογίζοντας αρχικά και τις ανθρωπογενείς επιδράσεις, το θερμότερο έτος για τη ΒΑ. Ευρώπη είναι το 1990 (+2,64 °C), η θερμότερη δεκαετία η 1981-1990 και η θερμότερη εκατονταετία η 1901-2000. Αντίστοιχα, το ψυχρότερο έτος είναι το 1096 (-3,97 °C), η ψυχρότερη δεκαετία είναι η περίοδος 1551-1560 και η ψυχρότερη εκατονταετία εκδηλώνεται την περίοδο 1101-1200. Χωρίς τις ανθρωπογενείς επιδράσεις, το θερμότερο έτος είναι το 1580 (+2,07 °C), η θερμότερη δεκαετία αποτελεί το διάστημα 1581-1590 και η θερμότερη εκατονταετία χαρακτηρίζεται το διάστημα 1401-1500, ενώ το ψυχρότερο έτος είναι το 1096 (-3,97), η

ψυχρότερη δεκαετία εμφανίζεται την περίοδο 1551-1560 και η ψυχρότερη εκατονταετία εντοπίζεται το διάστημα 1901-2000.

Το χειμώνα και έχοντας υπόψη τον ανθρωπογενή παράγοντα, το θερμότερο έτος είναι το 1665 (+5,2 °C), η θερμότερη δεκαετία είναι η περίοδος 1981-1990 και ως θερμότερη εκατονταετία αναδειχνεται το διάστημα 1901-2000. Αντιστοίχως, το ψυχρότερο έτος είναι η χρονιά 1046 (-8,6 °C), η ψυχρότερη δεκαετία αποτελεί το διάστημα 1551-1560 και η ψυχρότερη εκατονταετία εντοπίζεται κατά την περίοδο 1101-1200. Αν οι ανθρωπογενείς επιδράσεις τεθούν εκτός υπολογισμών, το θερμότερο έτος είναι το 1665 (+5,2 °C), θερμότερη δεκαετία χαρακτηρίζεται η περίοδος 1301-1310 και θερμότερη εκατονταετία το διάστημα 1401-1500. Το ψυχρότερο έτος αποτελεί η χρονιά 1046 (-8,6 °C), η ψυχρότερη δεκαετία η περίοδος 1551-1560 και ο ψυχρότερος αιώνας αποτελεί το διάστημα 1001-1100.

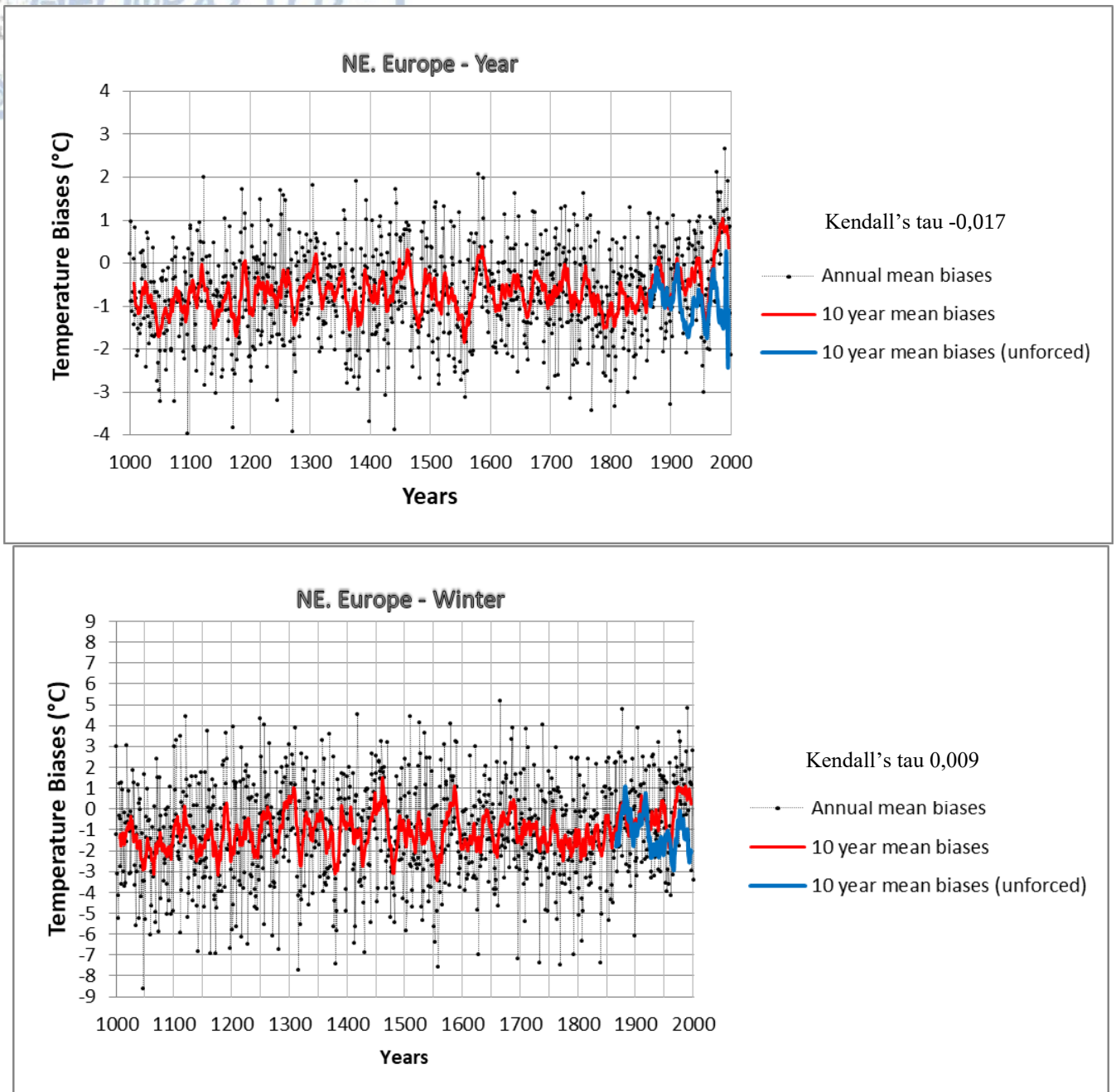
Την άνοιξη και συμπεριλαμβάνοντας τις ανθρωπογενείς επιδράσεις, φαίνεται ότι το θερμότερο έτος είναι το 1442 (+3,5 °C), η θερμότερη δεκαετία είναι η περίοδος 1981-1990 και η θερμότερη εκατονταετία αποτελεί το διάστημα 1901-2000. Όσον αφορά τις ελάχιστες θερμοκρασιακές διαφορές, ψυχρότερο έτος χαρακτηρίζεται το 1125 (-5,58 °C), ψυχρότερη δεκαετία αποτελεί το διάστημα 1041-1050 και ο ψυχρότερος αιώνας την περίοδο 1601-1700. Αν οι ανθρωπογενείς επιδράσεις δεν ληφθούν υπόψη, τότε το θερμότερο έτος για την άνοιξη είναι το 1442 (+3,5 °C), η θερμότερη δεκαετία εκδηλώνεται την περίοδο 1721-1730 και η θερμότερη εκατονταετία εμφανίζεται τον αιώνα 1401-1500. Αντίστοιχα, το ψυχρότερο έτος είναι το 1125 (-5,6 °C), η ψυχρότερη δεκαετία είναι η περίοδος 1041-1050 και ο ψυχρότερος αιώνας χαρακτηρίζεται το διάστημα 1901-2000.

Όσον αφορά την εποχή του καλοκαιριού και σχολιάζοντας τις αναλύσεις με δεδομένες τις ανθρωπογενείς επιδράσεις, φαίνεται ότι το θερμότερο έτος είναι το 1490 (+3,1 °C), η θερμότερη δεκαετία εντοπίζεται την περίοδο 1971-1980 και η θερμότερη εκατονταετία εκδηλώνεται το διάστημα 1901-2000. Αντίστοιχα, το ψυχρότερο έτος είναι το 1741 (-3,4 °C), η ψυχρότερη δεκαετία αποτελεί το διάστημα 1801-1810 και ο ψυχρότερος αιώνας φαίνεται να είναι η περίοδος 1701-1800. Χωρίς την ανθρωπογενή συμβολή, τα δεδομένα διαμορφώνονται ως εξής: Το θερμότερο έτος είναι το 1490 (+3,1 °C), η θερμότερη δεκαετία αποτελεί το διάστημα 1671-1680 και η θερμότερη εκατονταετία βρίσκεται την περίοδο 1301-1400 ενώ το ψυχρότερο έτος είναι το 1741 (-3,4 °C), η ψυχρότερη εντοπίζεται το διάστημα 1801-1810 και τέλος η ψυχρότερη εκατονταετία παρουσιάζεται την περίοδο 1901-2000.

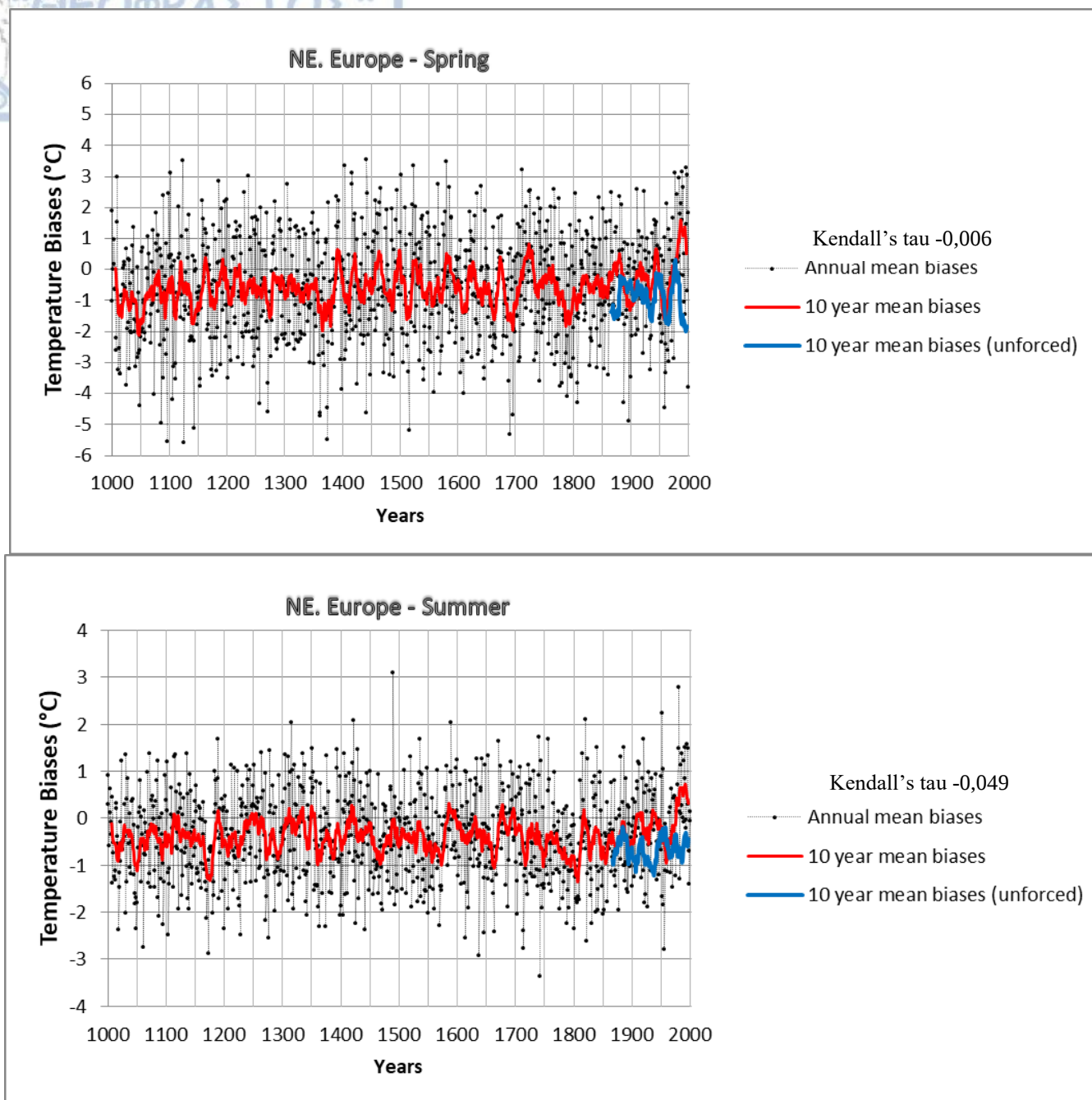
Τέλος, αναφορικά με το φθινόπωρο με δεδομένες τις ανθρωπογενείς επιδράσεις, τα δεδομένα δείχνουν ότι το θερμότερο έτος είναι το 1994 (+3,0 °C), η θερμότερη δεκαετία εμφανίζεται την περίοδο 1981-1990 και ως θερμότερος αιώνας χαρακτηρίζεται το διάστημα 1901-2000. Η ψυχρότερη χρονιά είναι το έτος 1829 (-5,2 °C), ψυχρότερη δεκαετία αποτελεί η περίοδος 1541-1500 και η ψυχρότερη εκατονταετία εκδηλώνεται το διάστημα 1801-1900. Μη λαμβάνοντας υπόψη τον ανθρωπογενή παράγοντα φαίνεται πως το θερμότερο έτος για το φθινόπωρο είναι το 1601 (+2,6 °C), η θερμότερη δεκαετία είναι η περίοδος 1571-1580 και η θερμότερη εκατονταετία εμφανίζεται την περίοδο 1401-1500. Τέλος, το ψυχρότερο έτος σύμφωνα με τα αποτελέσματα είναι το 1829 (-5,2 °C),



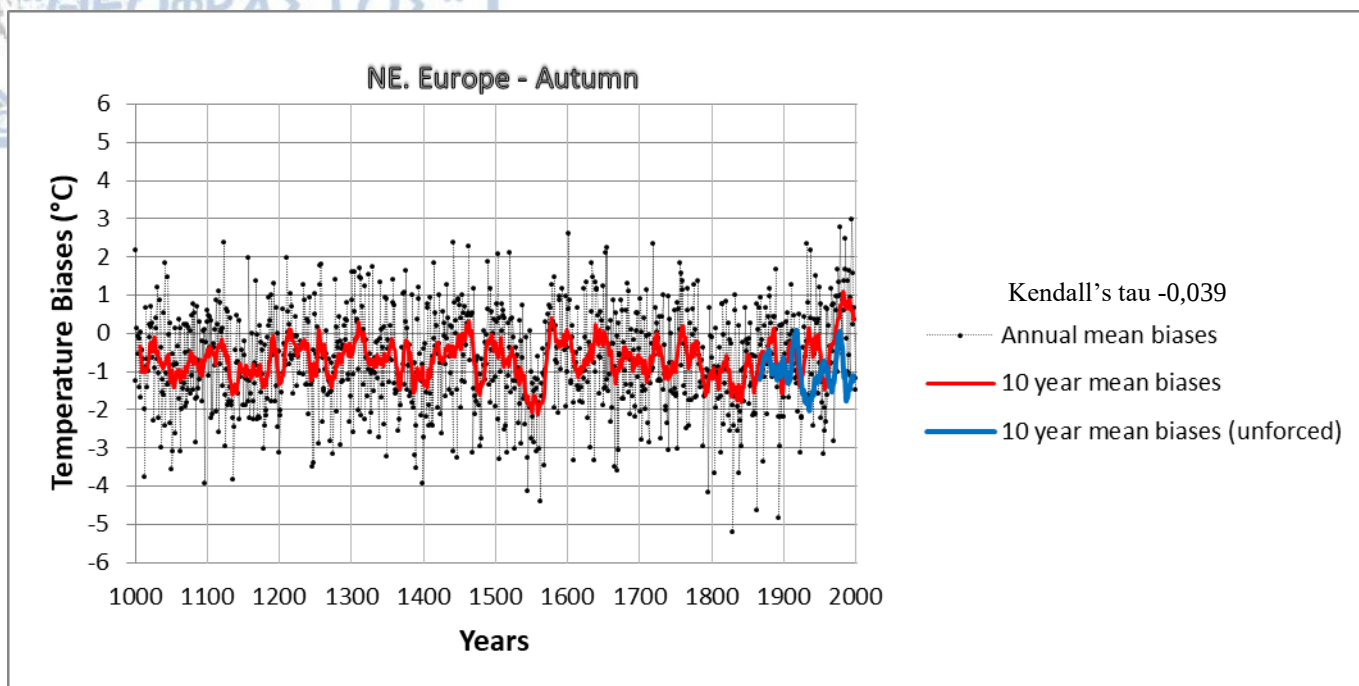
η ψυχρότερη δεκαετία εντοπίζεται κατά το διάστημα 1541-1500 ενώ ως ψυχρότερη εκατονταετία χαρακτηρίζεται το διάστημα 1901-2000.



Σχήμα 3.13. Διακύμανση θερμοκρασιακών διαφορών των τελευταίων χιλίων ετών και με την προσθήκη της ανθρωπογενούς επίδρασης για την περίοδο 1851-2000 σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο για την υποπεριοχή της ΒΑ. Ευρώπης.



Σχήμα 3.13. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.13. (Συνέχεια)

Στο Σχήμα 3.14. φαίνεται η διακύμανση των θερμοκρασιακών διαφορών σε μορφή πεντηκονταετιών για την περιοχή της ΒΑ. Ευρώπης σε ετήσια και εποχιακή ανάλυση κατά τα τελευταία χίλια χρόνια, λαμβάνοντας συμπληρωματικά υπόψη και την ανθρωπογενή επίδραση για την περίοδο 1851-2000.

Σε ετήσια ανάλυση, φαίνεται ότι η πεντηκονταετία 1901-1950 ήταν η πιο θερμή αν συνυπολογιστεί η επίδραση των ορυκτών καυσίμων και η χρήση γης, ενώ πιο ψυχρή αποτελεί η πεντηκονταετία της περιόδου 1801-1850. Χωρίς ωστόσο την επιρροή των παραπάνω παραγόντων, φαίνεται ότι θερμότερη πεντηκονταετία είναι το διάστημα 1301-1350 ενώ η πεντηκονταετία 1901-1950 αποτελεί πλέον την πιο ψυχρή. Από το 1000 ως το 1300 η τάση είναι ανοδική ενώ στη συνέχεια παρατηρείται μια πτώση το 14^ο αιώνα που γρήγορα όμως επανακάμπτει κατά τον 15^ο αιώνα και στη συνέχεια παρέμεινε σχετικά σταθερή έως την περίοδο του 1750. Μετά σημειώνεται μια πτώση μέχρι και τα μέσα του 19^{ου} αιώνα ενώ μετά αναλόγως με το αν συμπεριληφθεί η ανθρωπογενής επίδραση καταγράφεται μια εκ διαμέτρου αντίθετη εικόνα. Με τη συμπερίληψη αυτής, διακρίνεται μια ανοδική τάση ενώ στην αντίθετη περίπτωση η μεταβλητή σημειώνει καθοδική πορεία.

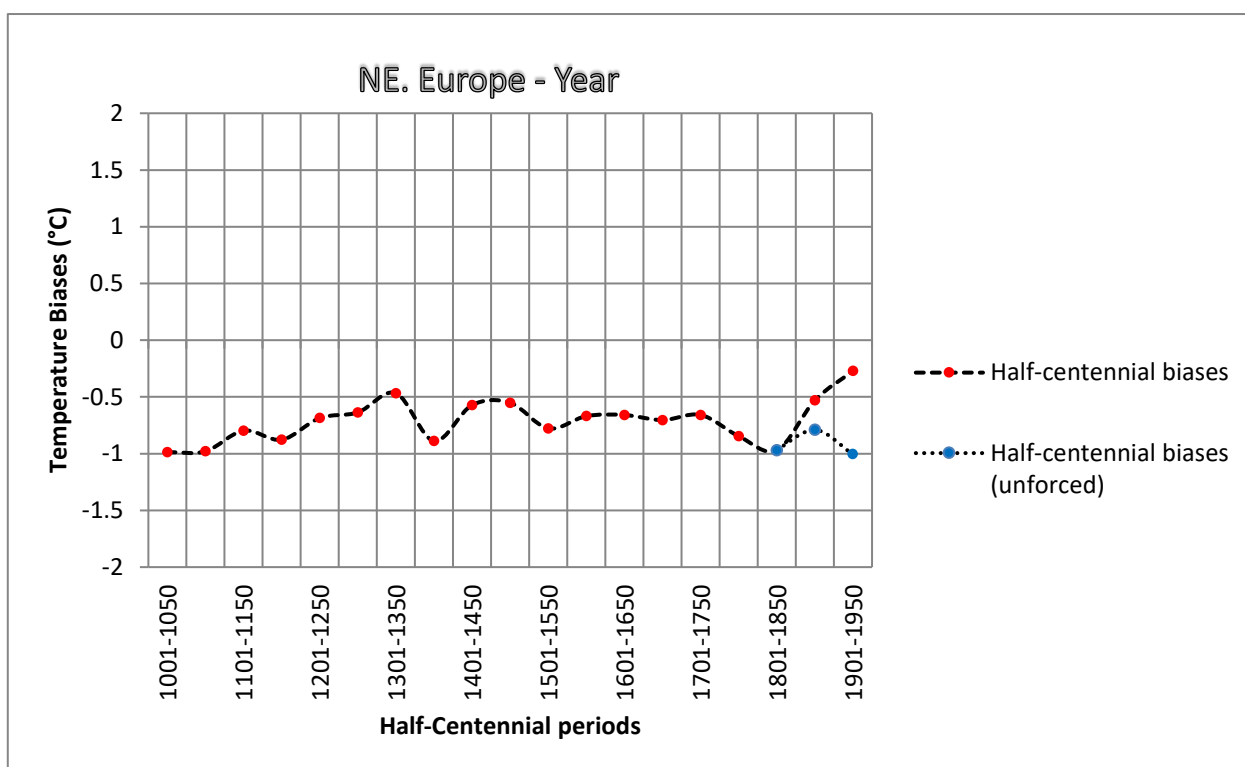
Το χειμώνα, λαμβάνοντας υπόψη την ανθρωπογενή επίδραση, η πεντηκονταετία 1901-1950 χαρακτηρίζεται ως η πιο θερμή ενώ η πεντηκονταετία 1051-1100 ως η πιο ψυχρή. Χωρίς τον ανθρωπογενή παράγοντα ωστόσο, πιο θερμή είναι η πεντηκονταετία 1301-1350 ενώ η πιο ψυχρότερη παραμένει η ίδια με την προηγούμενη περίπτωση. Το 19^ο αιώνα και μετά είναι θετική αν ληφθεί υπόψη ο ανθρωπογενής παράγοντας ενώ καθοδική είναι μετά το 1900 χωρίς τον παράγοντα αυτό.

Την άνοιξη, η περίοδος 1701-1750 καθώς και το δεύτερο μισό του 15^{ου} αιώνα αποτελούν τα θερμότερα διαστήματα και οι περίοδοι 1001-1050, 1651-1700 τις αντίστοιχες ψυχρότερες, είτε συμπεριληφθούν οι ανθρωπογενείς επιδράσεις είτε όχι.

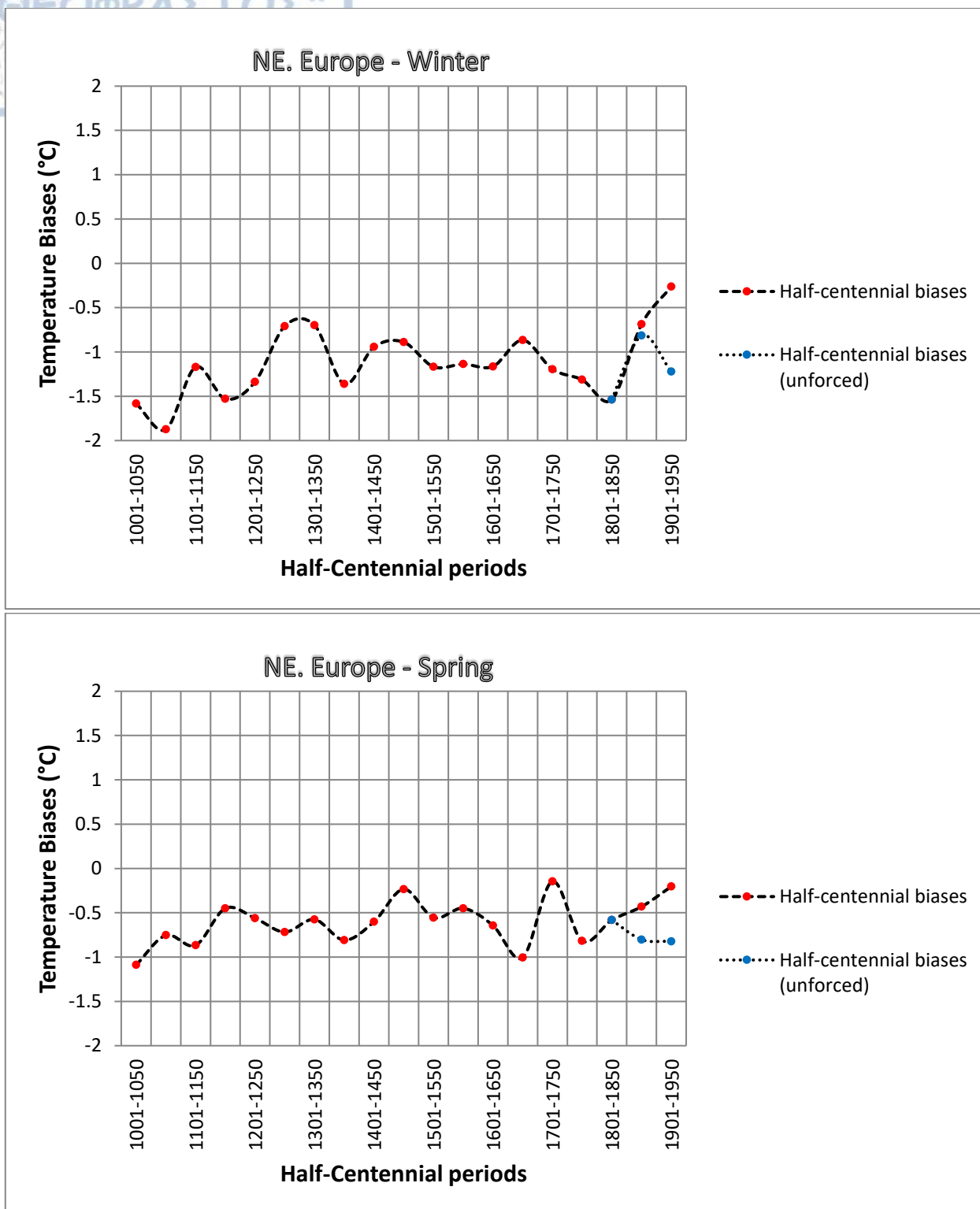
Το καλοκαίρι αντίστοιχα, η θερμότερη περίοδος είναι η πεντηκονταετία 1301-1350 και στις δύο συνθήκες ενώ

θερμά διαστήματα αποτελούν και οι περίοδοι κατά το πρώτο μισό του 15^{ου} και 20^{ου} αιώνα. Στην περίπτωση συνυπολογισμού του ανθρώπινου παράγοντα, ψυχρότερη πεντηκονταετία αναδεικνύεται η περίοδος 1751-1800 και στην περίπτωση εξάιρεσης η πεντηκονταετία 1901-1950.

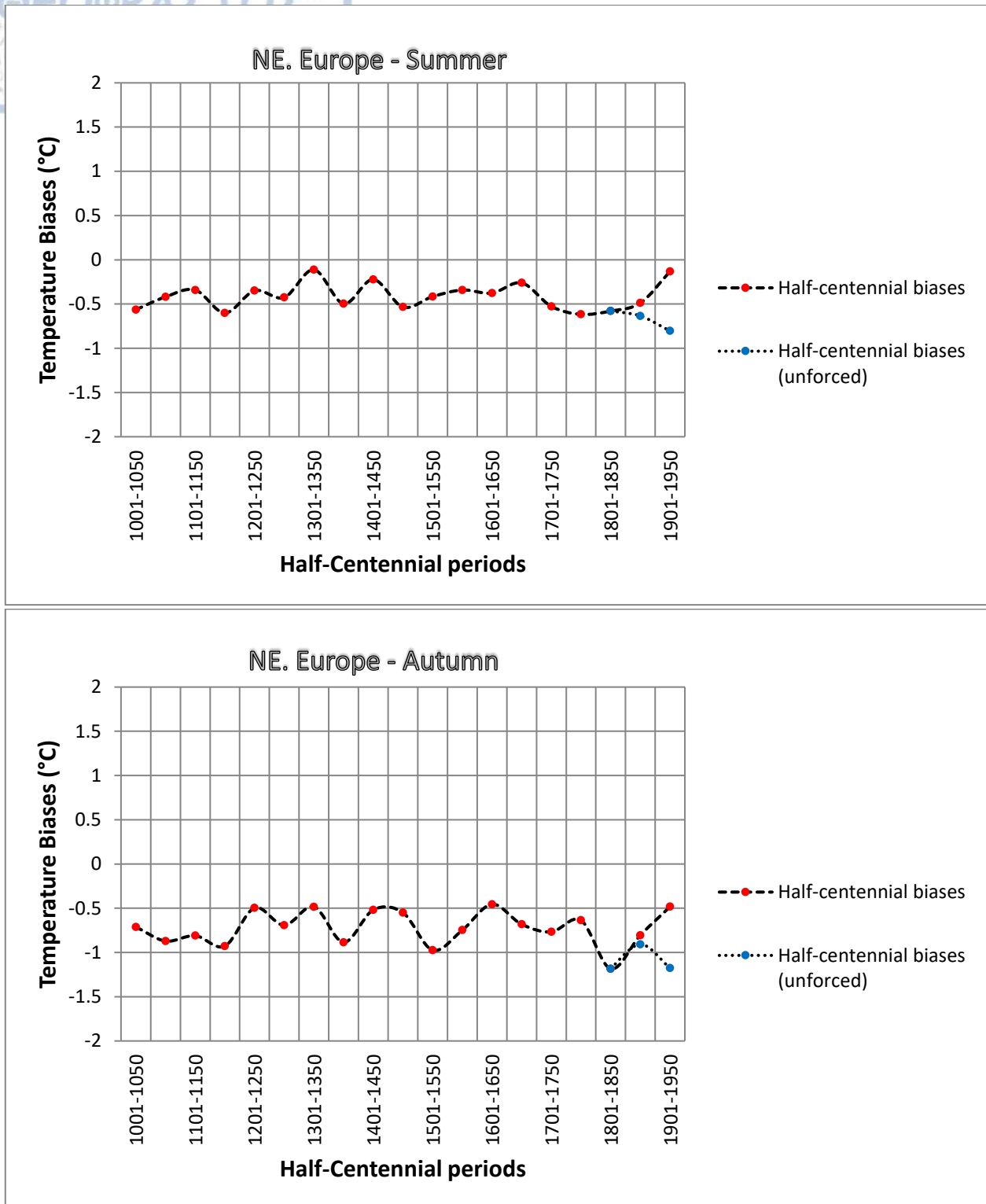
Τέλος, το φθινόπωρο, θερμότερα διαστήματα αποτελούν το δεύτερο μισό του 13^{ου} του 14^{ου} και του 17^{ου} αιώνα ενώ θερμός ήταν και ο 15^{ος} αιώνας. Στην περίπτωση που ληφθούν υπόψη οι ανθρωπογενείς επιδράσεις, στον κατάλογο προστίθεται πλέον και το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα με την ίδια ένταση. Αντιθέτως τα ψυχρότερα διαστήματα εντοπίζονται κατά τις περιόδους από το 1001 ως το 1200, το δεύτερο μισό του 14^{ου} και το πρώτο μισό του 16^{ου} αιώνα καθώς και το πρώτο μισό του 19^{ου} αιώνα που αποτελεί και το ψυχρότερο.



Σχήμα 3.14. Διακύμανση θερμοκρασιακών διαφορών της χιλιετίας 1000-2000 (με περίοδο αναφοράς το διάστημα 1951-2000) ανά πεντηκονταετίες σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο για την υποπεριοχή της ΒΑ. Ευρώπης. Παρατίθεται και η αντίστοιχη διακύμανση με τη συμπερίληψη των ανθρωπίνων επιδράσεων για την περίοδο 1851-2000.



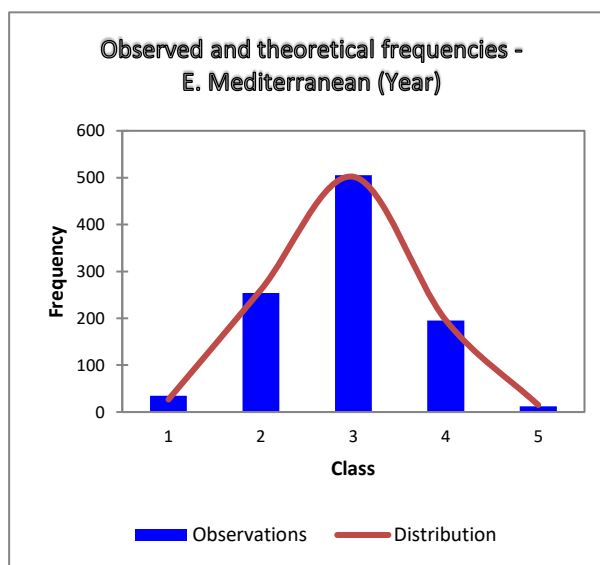
Σχήμα 3.14. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.14. (Συνέχεια)

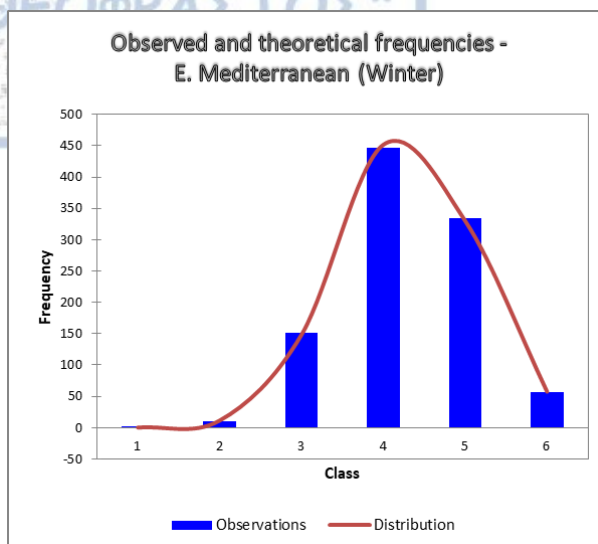
3.4.2. Α. Μεσόγειος

Το Σχήμα 3.15. δείχνει τα ιστογράμματα συχνοτήτων των θερμοκρασιών για την υποπεριοχή της Α. Μεσογείου σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο. Ξεκινώντας από το ετήσιο επίπεδο, μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζουν οι θερμοκρασίες 14,1 με 14,8 °C (Κλάση 3) ενώ μικρότερη συχνότητα εμφανίζουν οι θερμοκρασίες 15,5 με 16,2 °C (Κλάση 5). Εξετάζοντας το θερμοκρασιακό προφίλ συχνοτήτων σε εποχιακό επίπεδο και ξεκινώντας από το χειμώνα, παρατηρείται ότι τις περισσότερες φορές οι θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 1,9 και 3,2 °C (Κλάση 4) και τις λιγότερες μεταξύ -2,0 και -0,7 °C (Κλάση 1). Την άνοιξη μεγαλύτερη συχνότητα εμφανίζουν οι θερμοκρασίες 13,0 με 14,0°C (Κλάση 4) και μικρότερη εκδηλώνουν οι θερμοκρασίες με τάξη μεγέθους 10,0 και 11,0 °C (Κλάση 1). Το καλοκαίρι συχνότερες είναι οι θερμοκρασίες μεταξύ 26,0 και 27,0 °C (Κλάση 4) και πιο σπάνιες μεταξύ 23,0 και 24,0 °C (Κλάση 1). Στην εποχή του φθινοπώρου οι επικρατέστερες θερμοκρασίες ήταν της τάξεως 14,7 με 15,6 °C (Κλάση 4), ενώ οι πιο σπάνιες μεταξύ 12,0 και 12,9 °C (Κλάση 1). Σε όλες τις περιπτώσεις οι τιμές προσεγγίζουν την κανονική κατανομή.

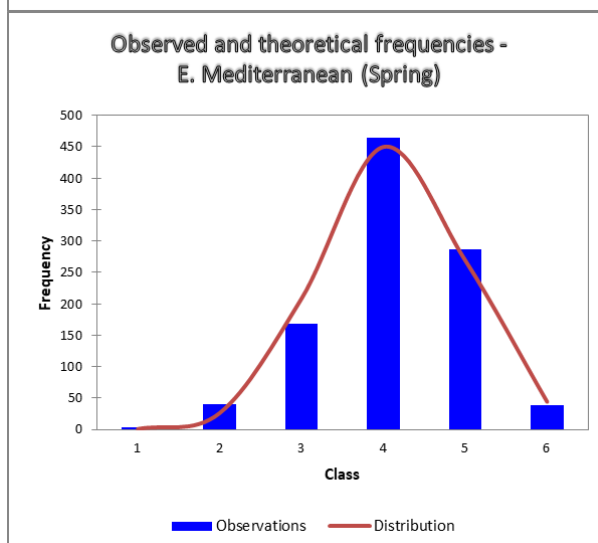


Class	Lower bound	Upper bound
1	12,7	13,4
2	13,4	14,1
3	14,1	14,8
4	14,8	15,5
5	15,5	16,2

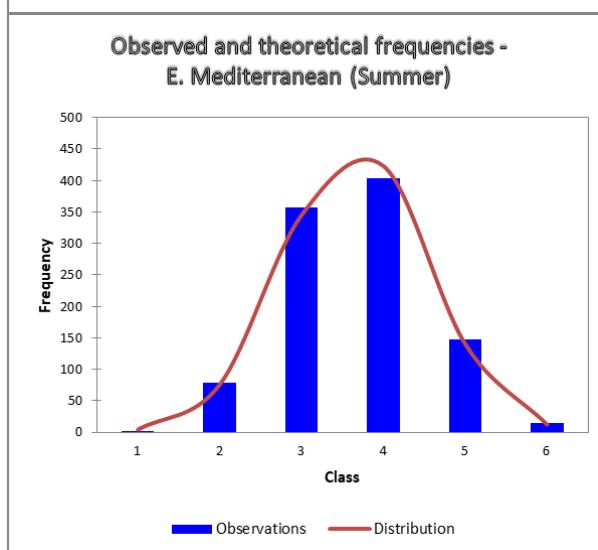
Σχήμα 3.15. Όπως και στο Σχήμα 3.12. αλλά για την υποπεριοχή της Α. Μεσογείου.



Class	Lower bound	Upper bound
1	-2,0	-0,7
2	-0,7	0,6
3	0,6	1,9
4	1,9	3,2
5	3,2	4,5
6	4,5	5,8

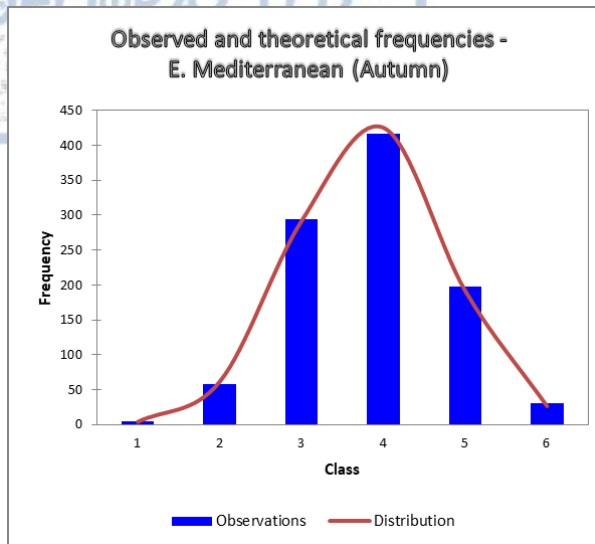


Class	Lower bound	Upper bound
1	10,0	11,0
2	11,0	12,0
3	12,0	13,0
4	13,0	14,0
5	14,0	15,0
6	15,0	16,0



Class	Lower bound	Upper bound
1	23,0	24,0
2	24,0	25,0
3	25,0	26,0
4	26,0	27,0
5	27,0	28,0
6	28,0	29,0

Σχήμα 3.15. (Συνέχεια)



Class	Lower bound	Upper bound
1	12,0	12,9
2	12,9	13,8
3	13,8	14,7
4	14,7	15,6
5	15,6	16,7
6	16,7	17,6

Σχήμα 3.15. (Συνέχεια)

Στο Σχήμα 3.16. φαίνεται η διακύμανση των θερμοκρασιακών διαφορών για την υποπεριοχή της Α. Μεσογείου σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο τα τελευταία χίλια χρόνια, συμπεριλαμβάνοντας επιπλέον και τα δεδομένα με την ανθρωπογενή επίδραση για την περίοδο 1851-2000.

Σε ετήσια ανάλυση με δεδομένο τον ανθρωπογενή παράγοντα, το θερμότερο έτος φαίνεται να είναι η χρονιά 1410 (+1,2 °C), η θερμότερη δεκαετία η περίοδος 1981-1990 και θερμότερος αιώνας το διάστημα 1901-2000. Αντίστοιχα, το ψυχρότερο έτος σύμφωνα με την ανάλυση είναι το 1142 (-2,2 °C), θερμότερη δεκαετία αποτελεί η περίοδος 1141-1150 και θερμότερη εκατονταετία αναδεικνύεται η περίοδος 1301-1400. Χωρίς τον ανθρωπογενή παράγοντα, το θερμότερο έτος ήταν ξανά το 1410 (+1,2 °C), θερμότερη δεκαετία ήταν η περίοδος 1021-1030 ενώ ως θερμότερος αιώνας χαρακτηρίζεται το διάστημα 1201-1300. Τέλος, το ψυχρότερο έτος αναδεικνύεται ξανά το 1142 (-2,2 °C), η ψυχρότερη δεκαετία εντοπίζεται κατά το διάστημα 1661-1670 και ψυχρότερη εκατονταετία η περίοδος 1301-1400.

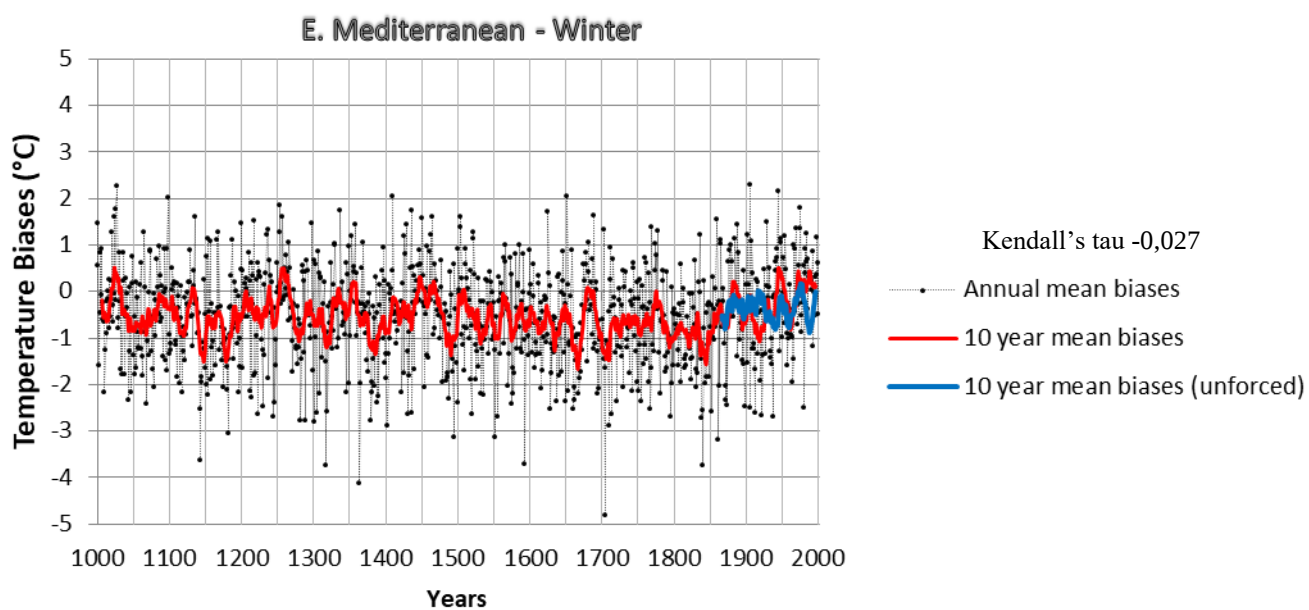
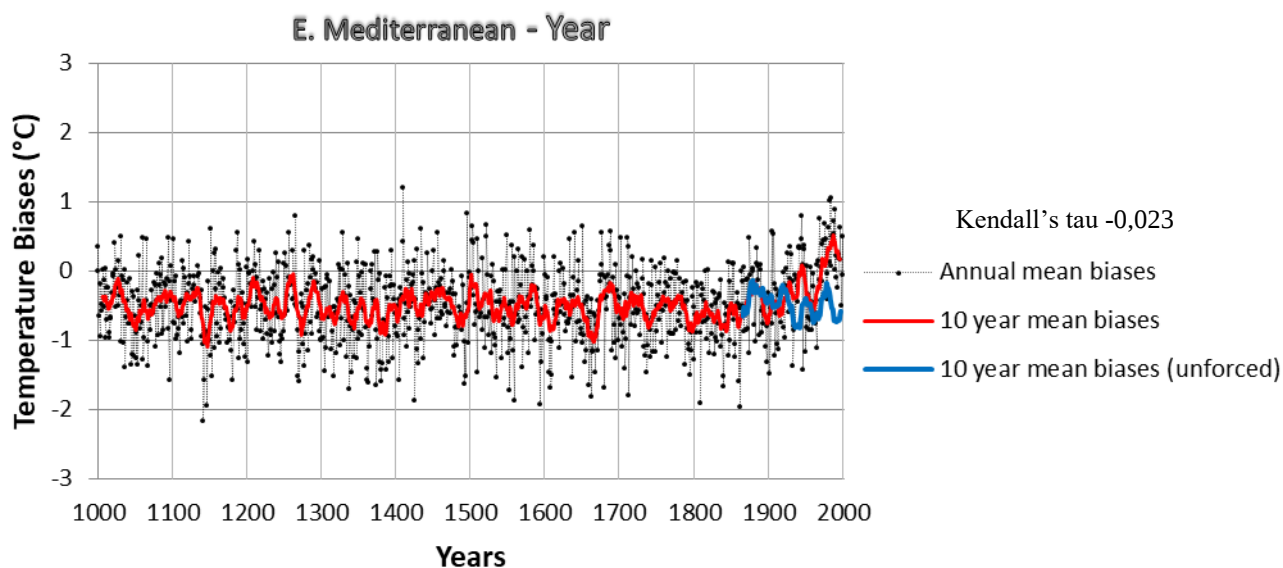
Το χειμώνα, συμπεριλαμβάνοντας τις ανθρωπογενείς επιδράσεις, το θερμότερο έτος είναι το 1905 (+2,3 °C), η θερμότερη δεκαετία αποτελεί η περίοδος 1251-1260 και η θερμότερη εμφανίζεται το διάστημα 1901-2000. Αντιστοίχως, η ψυχρότερη χρονιά είναι το έτος 1704 (-4,8 °C), η ψυχρότερη δεκαετία είναι η περίοδος 1661-1670 και ο ψυχρότερος αιώνας αποτελεί το διάστημα 1701-1800. Αναλύοντας την εικόνα του χειμώνα χωρίς να ληφθεί υπόψη ο ανθρωπογενής παράγοντας, φαίνεται πως το θερμότερο έτος είναι το 1027 (+2,3 °C), η θερμότερη δεκαετία είναι η περίοδος 1251-1260 και ο θερμότερος αιώνας εντοπίζεται στο διάστημα 1901-2000. Όσον αφορά τις ελάχιστες θερμοκρασιακές διαφορές, ψυχρότερη χρονιά είναι και πάλι το έτος 1704 (-4,8 °C), η ψυχρότερη δεκαετία εντοπίζεται την περίοδο 1661-1670 και η ψυχρότερη εκατονταετία εμφανίζεται το διάστημα 1701-1800. Σημειώνεται, τέλος ότι προκύπτουν έξι (6) περιπτώσεις, οι περισσότερες από κάθε άλλη

εποχή, όπου η θερμοκρασιακή διαφορά ξεπερνάει τους 2 °C (>2 °C: 1027, 1098, 1410, 1651, 1905, 1944).

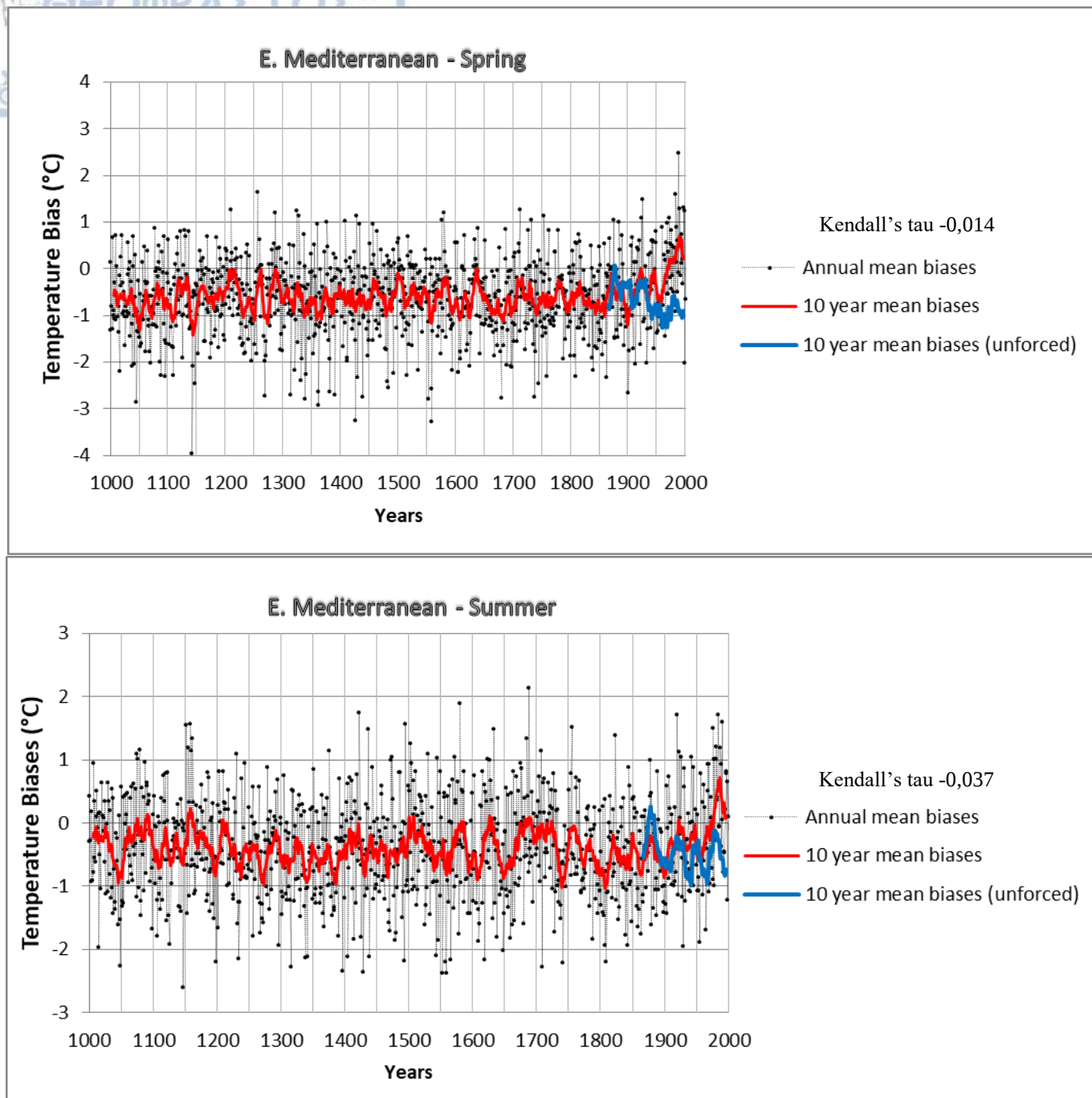
Αναφορικά με την εποχή της άνοιξης και λαμβάνοντας υπόψη την ανθρωπογενή συμβολή, το θερμότερο έτος είναι το 1988 (+2,5 °C), η θερμότερη δεκαετία εντοπίζεται κατά την περίοδο 1981-1990 και ως θερμότερος αιώνας χαρακτηρίζεται το διάστημα 1901-2000. Αντίστοιχα, το ψυχρότερο έτος είναι το 1142 (-4,0 °C), η ψυχρότερη δεκαετία εντοπίζεται την περίοδο 1141-1150 και ο ψυχρότερος αιώνας εμφανίζεται το διάστημα 1601-1700. Δίχως τις ανθρωπογενείς επιδράσεις τα δεδομένα διαμορφώνονται ως ακολούθως. Το θερμότερο έτος είναι το 1256 (1,64 °C), η θερμότερη δεκαετία η περίοδος 1871-1880 και θερμότερος αιώνας αποτελεί το διάστημα 1201-1300 ενώ το ψυχρότερο έτος είναι ξανά το 1142 (-4,0 °C), η ψυχρότερη δεκαετία η περίοδος 1141-1150 και τέλος ο ψυχρότερος αιώνας εμφανίζεται το διάστημα 1901-2000.

Το καλοκαίρι και λαμβάνοντας υπόψη τη συμβολή των ανθρωπογενών παραγόντων, το θερμότερο έτος είναι το 1688 (+2,1 °C), θερμότερη δεκαετία αποτελεί το διάστημα 1981-1990 και θερμότερη εκατονταετία αναδεικνύεται η περίοδος 1901-2000. Αντιστοίχως, το ψυχρότερο έτος είναι το 1147 (-2,6 °C), η ψυχρότερη δεκαετία είναι το διάστημα 1801-1810 και ο ψυχρότερος αιώνας εκδηλώνεται την περίοδο 1301-1400. Χωρίς την ανθρωπογενή επίδραση, θερμότερο έτος εξακολουθεί να είναι το 1688 (+2,1 °C), θερμότερη δεκαετία αποτελεί το διάστημα 1871-1880 και θερμότερος αιώνας αναδεικνύεται η περίοδος 1001-1100. Τέλος, το ψυχρότερο έτος είναι ξανά το 1147 (-2,6 °C), η ψυχρότερη δεκαετία εμφανίζεται την περίοδο 1801-1810 και η ψυχρότερη εκατονταετία παρουσιάζεται το διάστημα 1301-1400.

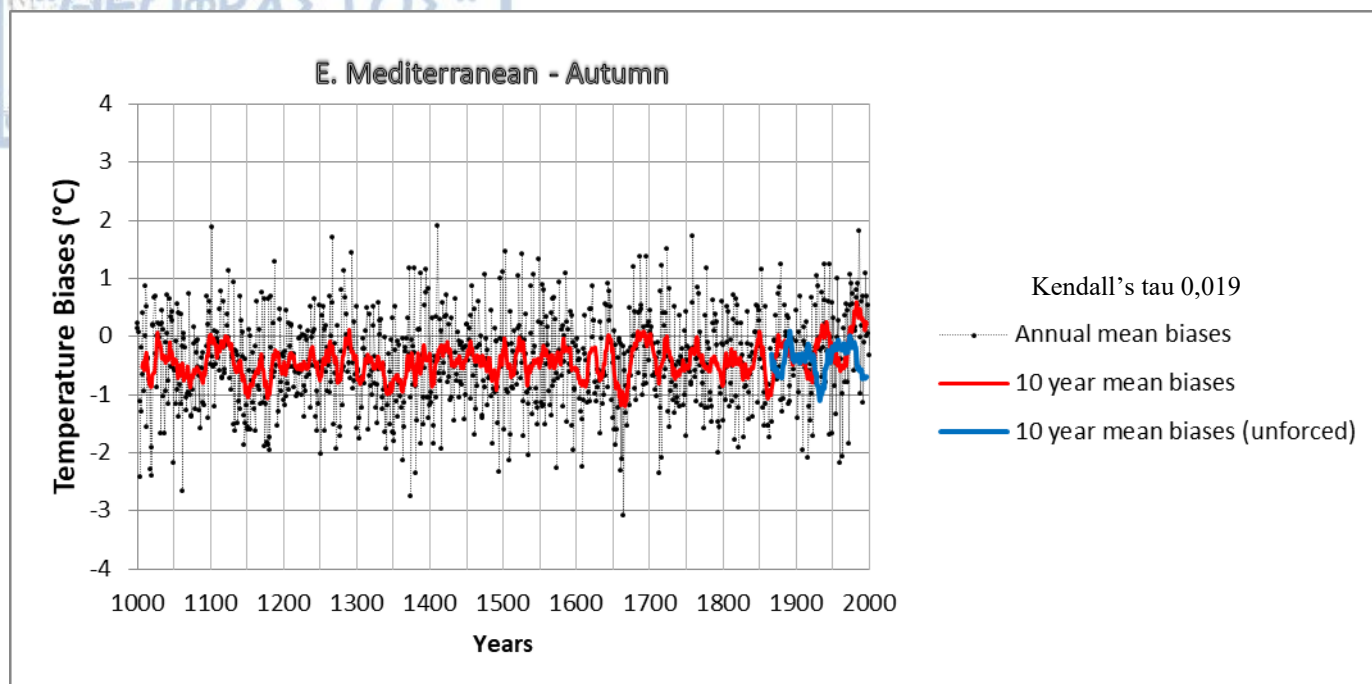
Το φθινόπωρο και συνυπολογίζοντας την ανθρωπογενή επίδραση, το θερμότερο έτος εμφανίζεται το 1410 (+1,9 °C), η θερμότερη δεκαετία εντοπίζεται κατά το διάστημα 1981-1990 και ως θερμότερος αιώνας χαρακτηρίζεται η περίοδος 1901-2000. Αντιθέτως, ψυχρότερο έτος φαίνεται να είναι το 1664 (-3,1 °C), ψυχρότερη δεκαετία χαρακτηρίζεται η περίοδος 1661-1670 και ψυχρότερος αιώνας αναδεικνύεται το διάστημα 1301-1400. Βγάζοντας εκτός ανάλυσης τον ανθρώπινο παράγοντα, το θερμότερο έτος σε αυτήν την περίπτωση είναι και πάλι το 1410 (+1,9 °C), η θερμότερη δεκαετία είναι το διάστημα 1021-1030 και θερμότερη εκατονταετία αποτελεί η περίοδος 1501-1600. Τελειώνοντας, ψυχρότερο έτος είναι ξανά το 1664 (-3,1 °C), ψυχρότερη δεκαετία φαίνεται να είναι η περίοδος 1661-1670 και ως ψυχρότερος αιώνας χαρακτηρίζεται το διάστημα 1301-1400.



Σχήμα 3.16. Όπως και στο Σχήμα 3.13. αλλά για την περιοχή της Α. Μεσογείου.



Σχήμα 3.16. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.16. (Συνέχεια)

Στο Σχήμα 3.17. παρουσιάζεται η διακύμανση των θερμοκρασιακών διαφορών κατά μέσο όρο πεντηκονταετιών καθ'όλη την προηγούμενη χιλιετία για την περιοχή της Α. Μεσογείου σε ετήσια και εποχιακή ανάλυση λαμβάνοντας ταυτοχρόνως υπόψη και τις ανθρωπογενείς επιδράσεις για το διάστημα 1851-2000.

Ξεκινώντας λοιπόν από την ετήσια ανάλυση, τα θερμότερα διαστήματα που παρατηρούνται, εντοπίζονται κατά τον 13ο με 14ο αιώνα καθώς και τον 20ο αιώνα, όπου μάλιστα, η πεντηκονταετία 1901- 1950 είναι η θερμότερη (εφόσον ληφθούν υπόψη οι ανθρωπογενείς επιδράσεις). Χωρίς αυτές η θερμότερη ημι-εκατονταετία είναι η περίοδος 1251-1300. Τα ψυχρότερα διαστήματα, εμφανίζονται μεταξύ του 14ου και 15ου αιώνα, καθώς και καθ'ολη τη διάρκεια του 19ου αιώνα. Η ψυχρότερη πεντηκονταετία παρουσιάζεται το διάστημα 1801-1850.

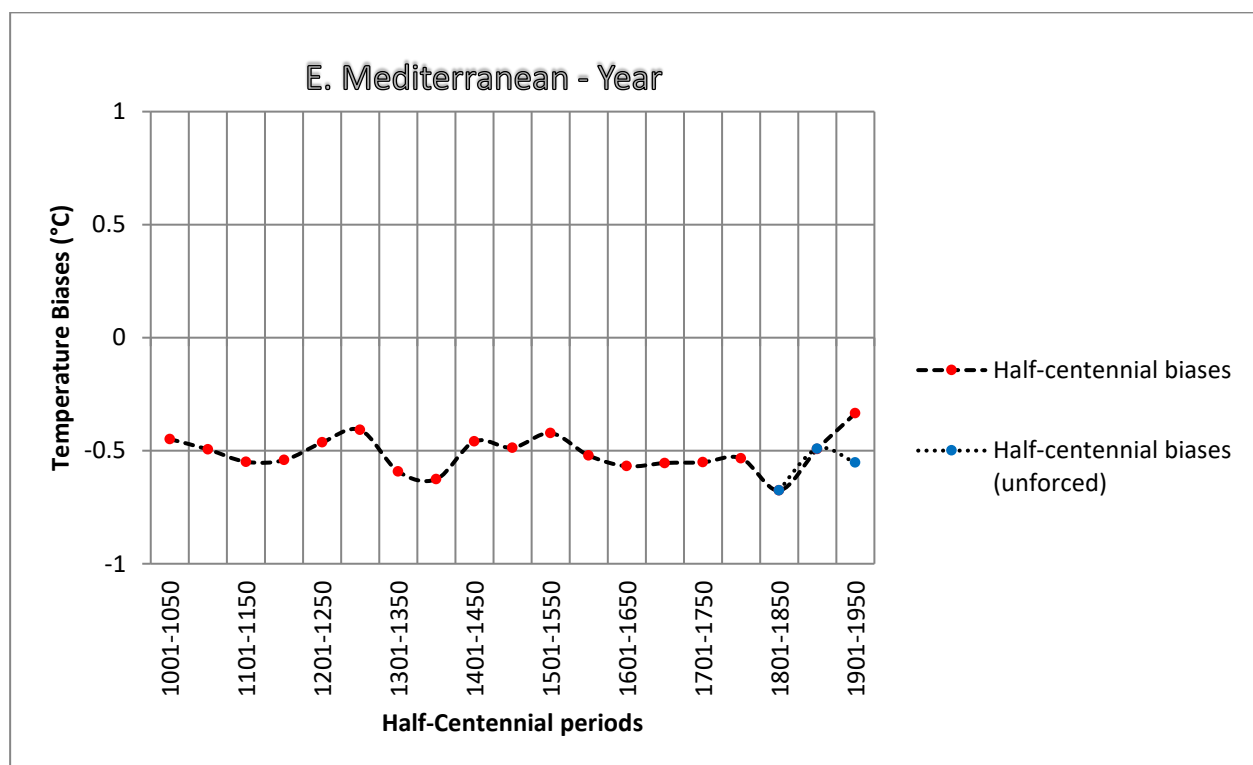
Το χειμώνα, τα θερμά διαστήματα εντοπίζονται κατά τον 11ο αιώνα, μεταξύ 13ου και 16ου αιώνα καθώς και τον 20ο αιώνα. Η θερμότερη πεντηκονταετία, αφορά το διάστημα 1901- 1950 , έχοντας και πάλι υπόψη τις ανθρωπογενείς επιδράσεις, καθώς χωρίς αυτές αναδεικνύεται η περίοδος 1001-1050. Οι ψυχρότερες περίοδοι, εμφανίζονται κατά τα μέσα του 12ου αιώνα, καθώς και στο διάστημα μεταξύ του 17ου και στα τέλη του 19ου αιώνα, με το διάστημα 1801-1850 να χαρακτηρίζεται ως το ψυχρότερο.

Την άνοιξη, οι θερμότερες περίοδοι εντοπίζονται σε τρεις φάσεις: Αρχικά, μεταξύ 12ου και 14ου αιώνα, δεύτερον κατά τον 16ο αιώνα και με την προϋπόθεση συμπερίληψης του ανθρώπινου παράγοντα, η πεντηκονταετία 1901-1950, που είναι και η θερμότερη. Όσον αφορά στα ψυχρά

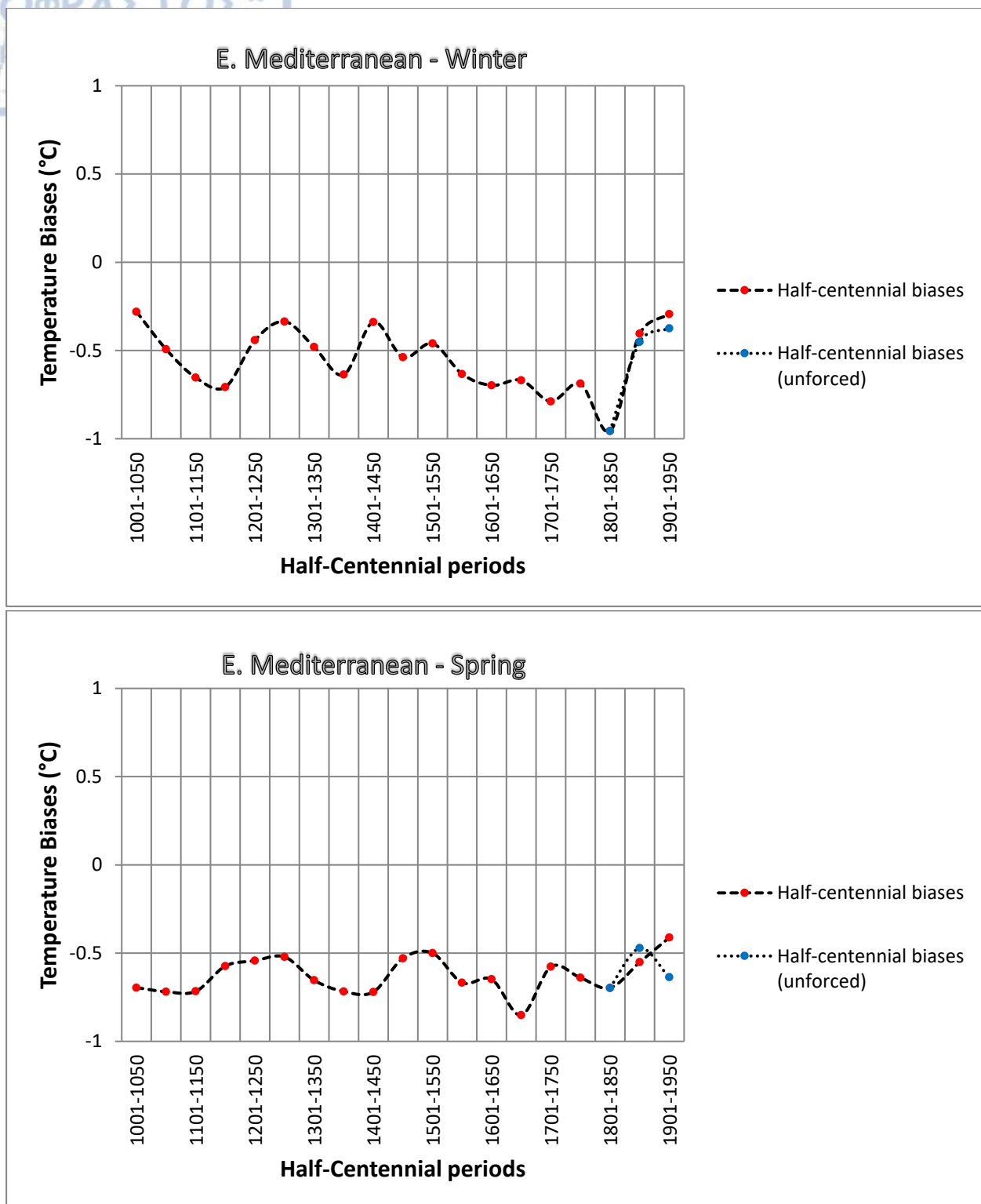
διαστήματα, αυτά εντοπίζονται κατά τα μέσα του 14ου αιώνα με τα μέσα του 15ου αιώνα καθώς και την πεντηκονταετία 1651-1700, που αποτελεί και την ψυχρότερη.

Αναφορικά με το καλοκαίρι, οι τρεις πρώτοι αιώνες της υπό εξέτασης χιλιετίας καθώς και περίπου τα μέσα αυτής (16ος -17ος αιώνας) είναι οι θερμότεροι, με την πεντηκονταετία 1051-1100, να είναι η πιο χαρακτηριστική (με ή χωρίς τη μεταβλητή του ανθρώπινου παράγοντα). Τα ψυχρότερα διαστήματα παρουσιάζονται κατά τον 14ο αιώνα καθώς και την πεντηκονταετία 1801-1850, η οποία είναι και η πιο ψυχρή.

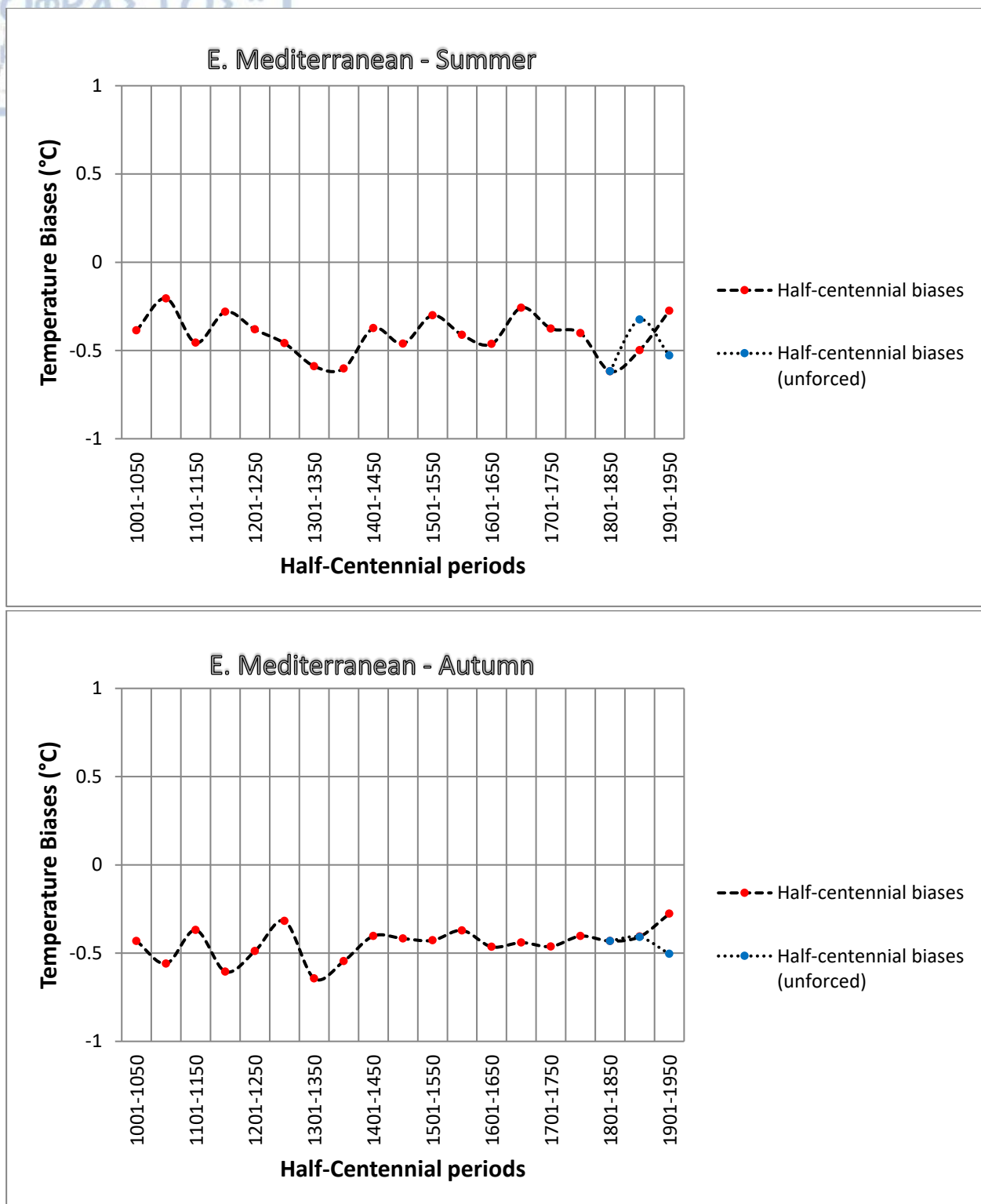
Το φθινόπωρο, οι πεντηκονταετίες 1101- 1150 και 1251-1300 καθώς επίσης και η πεντηκονταετία 1901-1950 (με τη συμβολή της ανθρώπινης επίδρασης) είναι οι θερμότερες. Αντιθέτως, η ψυχρότερη πεντηκονταετία είναι η περίοδος 1301-1350, ενώ χαρακτηριστική επίσης είναι και η πεντηκονταετία που διαρκεί από το 1151 μέχρι το 1200.



Σχήμα 3.17. Όπως και στο Σχήμα 3.14. αλλά για την υποπεριοχή της Α. Μεσογείου.



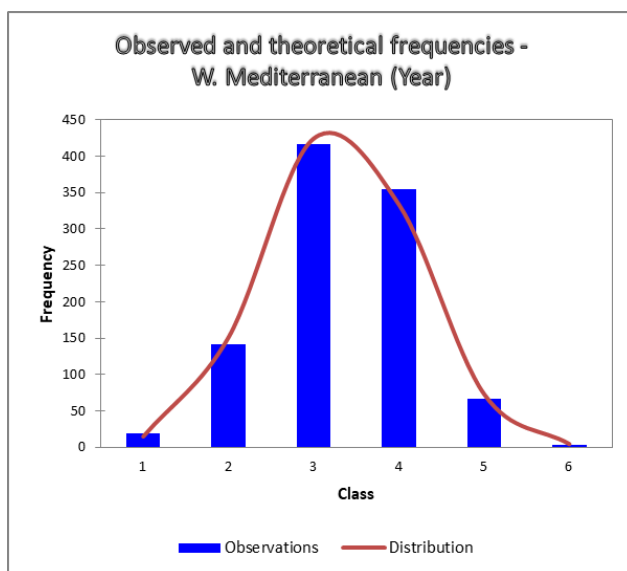
Σχήμα 3.17. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.17. (Συνέχεια)

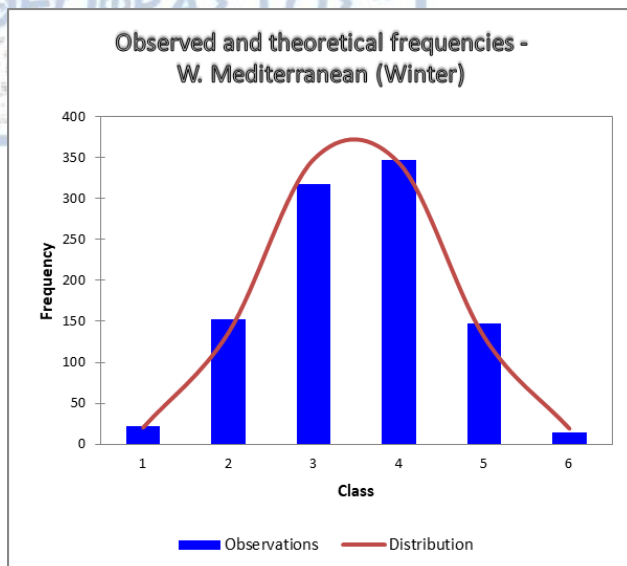
3.4.3. Δ. Μεσόγειος

Στο Σχήμα 3.18. παρουσιάζονται τα ιστογράμματα συχνοτήτων για τη Δ. Μεσόγειο σε ετήσια και εποχιακή ανάλυση. Σε ετήσιο επίπεδο οι συχνότερες θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 17,0 και 17,5 °C (Κλάση 3) ενώ τη μικρότερη συχνότητα εμφανίζουν οι θερμοκρασίες της τάξεως 18,5 και 19,0 °C (Κλάση 6). Σε εποχιακό επίπεδο και ξεκινώντας την ανάλυση από το χειμώνα, οι συχνότερες θερμοκρασίες για τη Δ. Μεσόγειο κυμαίνονται μεταξύ 9,4 και 10,2 °C (Κλάση 4) και αυτές με τη λιγότερη εμφάνιση μεταξύ 11,0 και 11,8 °C (Κλάση 6). Αντίστοιχα, την άνοιξη μεγαλύτερη συχνότητα εμφανίζουν οι θερμοκρασίες μεταξύ 15,4 και 16,2 °C (Κλάση 3) και μικρότερη συχνότητα μεταξύ 13,8 και 14,6 °C (Κλάση 1). Το καλοκαίρι οι πιο συχνές θερμοκρασίες κυμαίνονται από 25,2 ως 25,9 °C (Κλάση 3) και αυτές με τη μικρότερη εμφάνιση μεταξύ 23,8 και 24,5 °C (Κλάση 1). Κατά την εποχή του φθινοπώρου μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζουν οι θερμοκρασίες μεταξύ 18,0 και 19,0 °C (Κλάση 4) ενώ μικρότερη οι θερμοκρασίες μεταξύ 15,0 και 16,0 °C (Κλάση 1). Όπως και στις υπόλοιπες υποπεριοχές, οι τιμές προσεγγίζουν την κανονική κατανομή.

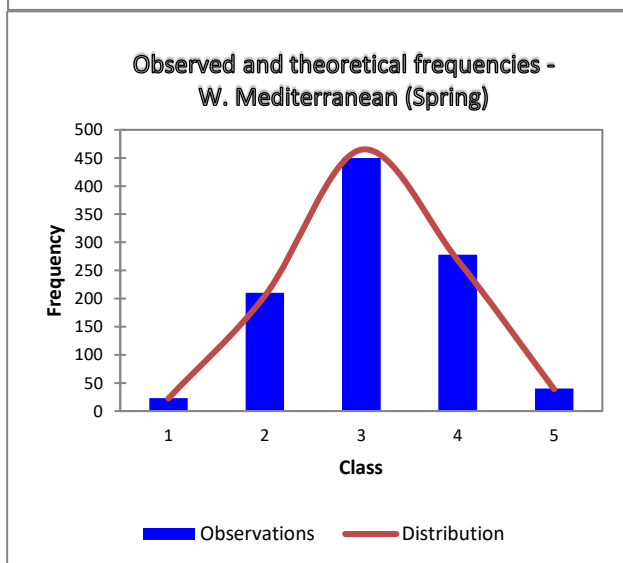


Class	Lower bound	Upper bound
1	16,0	16,5
2	16,5	17,0
3	17,0	17,5
4	17,5	18,0
5	18,0	18,5
6	18,5	19,0

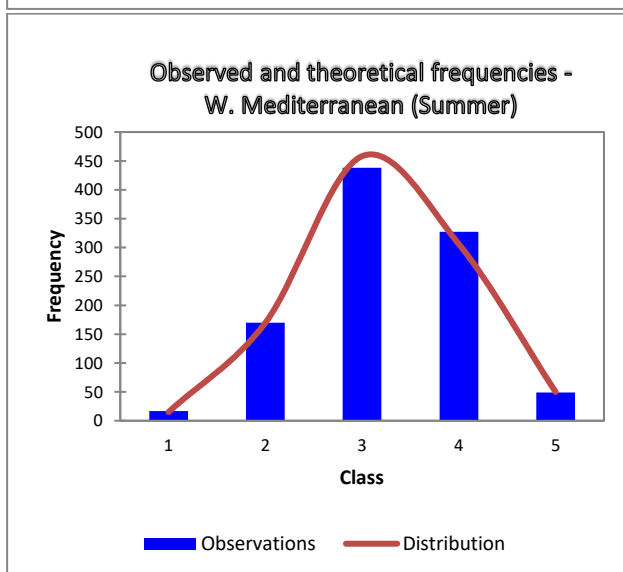
Σχήμα 3.18. Όπως και στο Σχήμα 3.12. αλλά για την υποπεριοχή της Δ. Μεσογείου.



Class	Lower bound	Upper bound
1	7,0	7,8
2	7,8	8,6
3	8,6	9,4
4	9,4	10,2
5	10,2	11,0
6	11,0	11,8

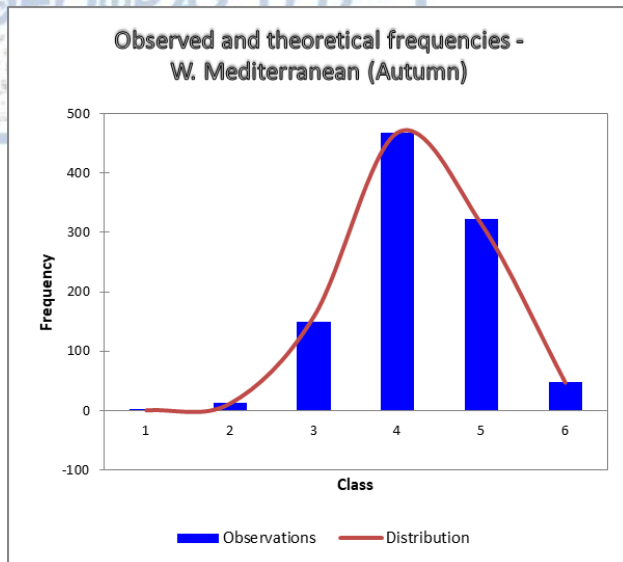


Class	Lower bound	Upper bound
1	13,8	14,6
2	14,6	15,4
3	15,4	16,2
4	16,2	17,0
5	17,0	17,8



Cla	Lower bound	Upper bound
1	23,8	24,5
2	24,5	25,2
3	25,2	25,9
4	25,9	26,6
5	26,6	27,3

Σχήμα 3.18. (Συνέχεια)



Class	Lower bound	Upper bound
1	15,0	16,0
2	16,0	17,0
3	17,0	18,0
4	18,0	19,0
5	19,0	20,0
6	20,0	21,0

Σχήμα 3.18. (Συνέχεια)

Στο Σχήμα 3.19. φαίνεται η διακύμανση των θερμοκρασιακών διαφορών για τη Δ. Μεσόγειο σε ετήσια και εποχιακή ανάλυση για την περίοδο 1000 – 2000 λαμβάνοντας επιπρόσθετα υπόψη και τη συμβολή των ανθρωπογενών επιδράσεων για την περίοδο 1851-2000.

Σε ετήσια ανάλυση σύμφωνα με το πρώτο διάγραμμα και εφόσον συμπεριληφθεί ο ανθρώπινος παράγοντας, το θερμότερο έτος είναι το 1880 (+0,99 °C), η θερμότερη δεκαετία είναι η περίοδος 1981-1990 και η θερμότερη εκατονταετία αποτελεί το διάστημα 1901-2000. Αντιστοίχως, η ψυχρότερη χρονιά είναι η 1657 (-1,66 °C), η ψυχρότερη δεκαετία εμφανίζεται την περίοδο 1731-1740 και η ψυχρότερη εκατονταετία εντοπίζεται την περίοδο 1301-1400. Χωρίς τη συμπερίληψη της ανθρωπογενούς συμβολής, τα στοιχεία διαμορφώνονται ως εξής: Το θερμότερο έτος είναι το 1620 (+0,94 °C), θερμότερη δεκαετία είναι το διάστημα 1441-1450 και θερμότερη εκατονταετία είναι η περίοδος 1401-1500. Αναλόγως, το ψυχρότερο έτος είναι και πάλι το 1657 (-1,66 °C), ψυχρότερη δεκαετία αποτελεί η περίοδος 1731-1740 ενώ η ψυχρότερη εκατονταετία αναδεικνύεται το διάστημα 1301-1400.

Αναφορικά με το χειμώνα, με το συνυπολογισμό του ανθρώπινου παράγοντα, θερμότερο έτος χαρακτηρίζεται το 1065 (+2,00 °C), θερμότερη δεκαετία είναι η περίοδος 1801-1810 και θερμότερη

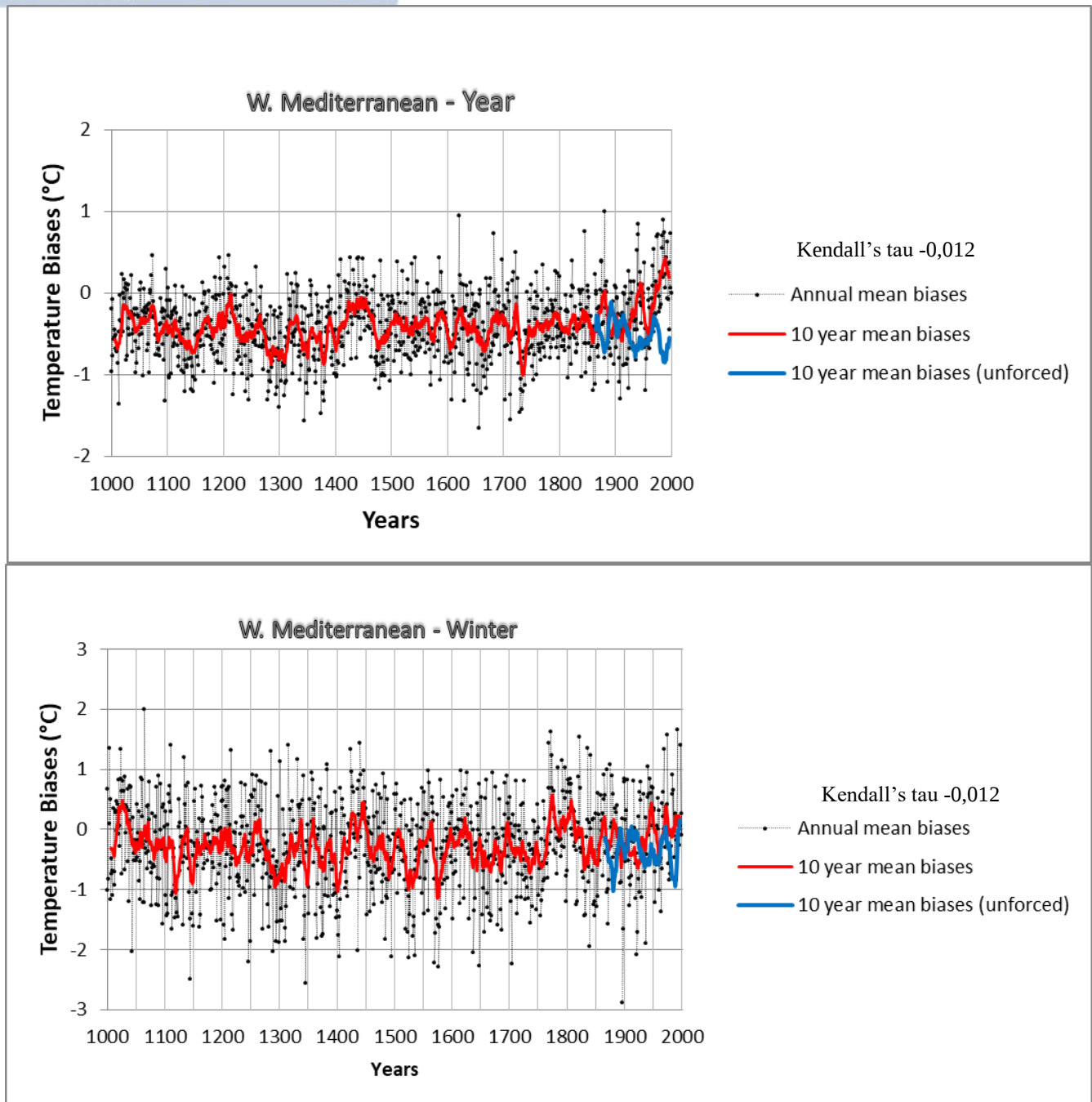
εκατονταετία είναι το διάστημα 1901-2000. Κατά τον ίδιο τρόπο αλλά για τις ελάχιστες θερμοκρασιακές διαφορές, ψυχρότερο έτος είναι το 1897 (-2,87 °C), ψυχρότερη δεκαετία εμφανίζεται η περίοδος 1571-1580 ενώ ψυχρότερος αιώνας χαρακτηρίζεται το διάστημα 1501-1600. Χωρίς τη συμβολή των ανθρώπινων επιδράσεων, θερμότερο έτος είναι ξανά το 1065 (+2,00 °C), θερμότερη δεκαετία αποτελεί το διάστημα 1801-1810 και θερμότερη εκατονταετία χαρακτηρίζεται η περίοδος 1001-1100. Κατά τον ίδιο τρόπο, ψυχρότερο χαρακτηρίζεται το έτος 1345 (-2,56 °C), ενώ ψυχρότερη δεκαετία είναι η 1571-1580 και ψυχρότερη εκατονταετία το διάστημα 1501-1600.

Την άνοιξη, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση του ανθρώπου, θερμότερο έτος φαίνεται ότι είναι το 1976 (+1,37 °C), θερμότερη δεκαετία αποτελεί το διάστημα 1981-1990 ενώ θερμότερη εκατονταετία αναδεικνύεται η περίοδος 1901-2000. Αντίστοιχα, ψυχρότερο έτος χαρακτηρίζεται το 1365 (-2,43 °C), ψυχρότερη δεκαετία χαρακτηρίζεται η περίοδος 1471-1480 και ο ψυχρότερος αιώνας εντοπίζεται το 1301-1400. Τώρα όσον αφορά την ίδια εποχή αλλά χωρίς να ληφθεί υπόψη ο ανθρώπινος παράγοντας, το πιο θερμό έτος είναι το 1326 (+1,27 °C), η πιο θερμή δεκαετία είναι η περίοδος 1431-1440 και η αντίστοιχη εκατονταετία χαρακτηρίζεται το διάστημα 1801-1900. Το ψυχρότερο έτος σε αυτήν την περίπτωση είναι και πάλι το 1365 (-2,43 °C), η πιο ψυχρή δεκαετία είναι η περίοδος 1981-1990 και τέλος η ψυχρότερη εκατονταετία χαρακτηρίζεται το διάστημα 1301-1400.

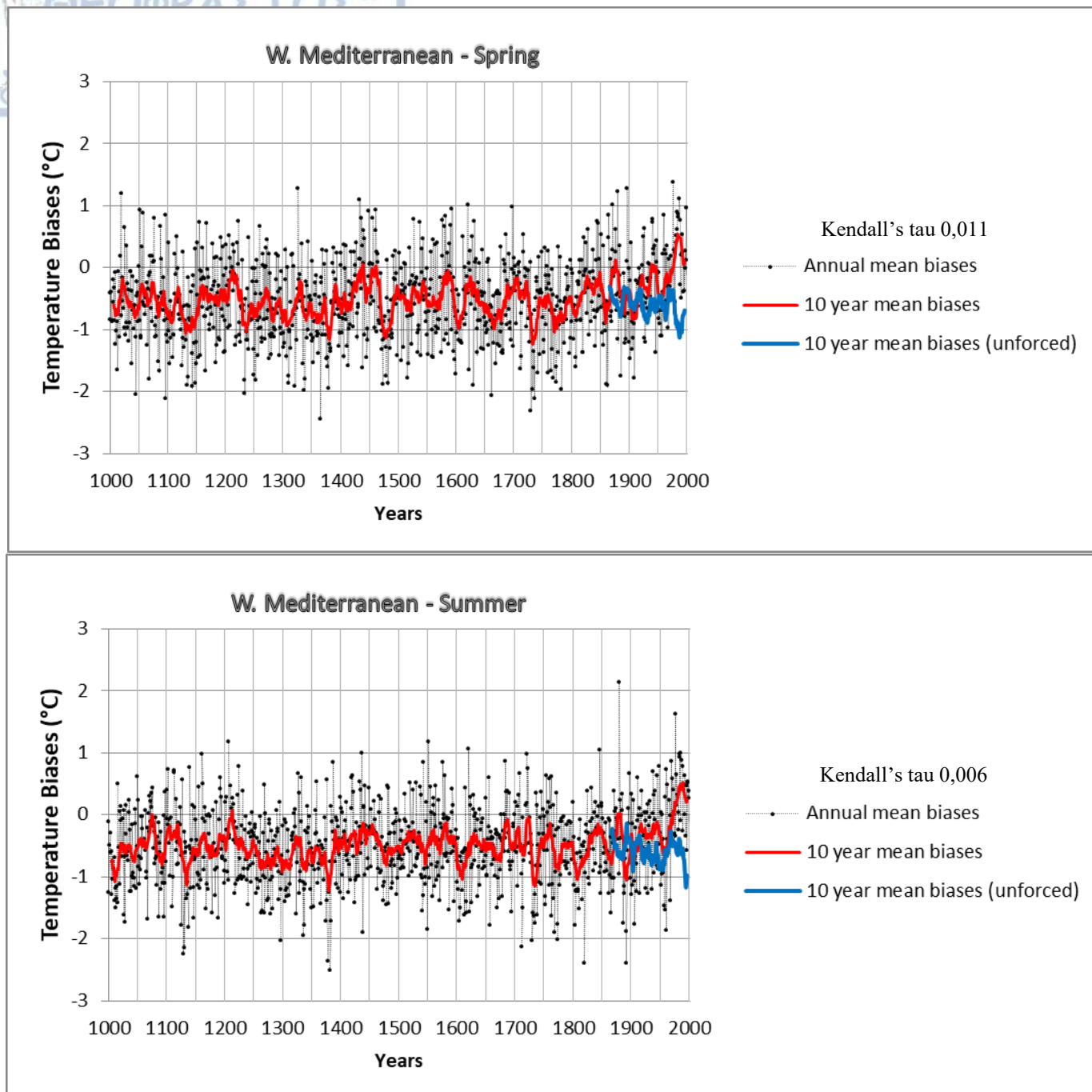
Για την εποχή του καλοκαιριού λαμβάνοντας υπόψη την ανάλυση με την ανθρωπογενή επίδραση φαίνεται ότι το πιο θερμό έτος είναι το 1880 (+2,14 °C), πιο θερμή δεκαετία είναι εμφανίζεται το διάστημα 1981-1990 ενώ η αντίστοιχη εκατονταετία είναι η περίοδος 1901-2000. Ακόμη, ψυχρότερο έτος χαρακτηρίζεται το 1382 (-2,51 °C), ψυχρότερη δεκαετία αναδεικνύεται το διάστημα 1801-1810 και η ψυχρότερη εκατονταετία εκδηλώνεται την περίοδο 1301-1400. Κατά τον ίδιο τρόπο αλλά χωρίς την ανθρωπογενή επίδραση θα αναφερθούν τα αποτελέσματα για την ίδια εποχή. Έτσι, θερμότερο έτος είναι το 1551 (+1,18 °C), θερμότερη δεκαετία είναι η περίοδος 1071-1080 ενώ θερμότερη εκατονταετία αποτελεί το διάστημα 1501-1600. Αντίστοιχα, το πιο ψυχρό έτος είναι ξανά το 1382 (-2,51 °C), η πιο ψυχρή δεκαετία είναι η περίοδος 1801-1810 και τέλος ο πιο ψυχρός αιώνας είναι το διάστημα 1301-1400.

Τέλος, όσον αφορά το φθινόπωρο και συμπεριλαμβάνοντας στην αποτύπωση των αποτελεσμάτων πρώτα την ανθρωπογενή επίδραση, φαίνεται ότι το πιο θερμό έτος είναι το 1930 (+1,77 °C), η πιο θερμή δεκαετία είναι η περίοδος 1981-1990 και ως θερμότερη εκατονταετία χαρακτηρίζεται το διάστημα 1901-2000. Με την ίδια λογική, το πιο ψυχρό έτος είναι το 1608 (-3,09 °C), η πιο ψυχρή δεκαετία το διάστημα 1731-1740 και ο ψυχρότερος αιώνας εμφανίζεται κατά την περίοδο 1201-1300. Αν ο ανθρώπινος παράγοντας δεν ληφθεί υπόψη, τότε το θερμότερο έτος για την ίδια εποχή είναι το 1718 (+1,61 °C), η θερμότερη δεκαετία είναι το διάστημα 1581-1590 και η θερμότερη εκατονταετία εντοπίζεται την περίοδο 1501-1600. Επιπλέον, ψυχρότερο έτος αναδεικνύεται και πάλι το 1608 (-3,09 °C), ψυχρότερη δεκαετία εμφανίζεται το διάστημα 1731-1740 και ψυχρότερη εκατονταετία

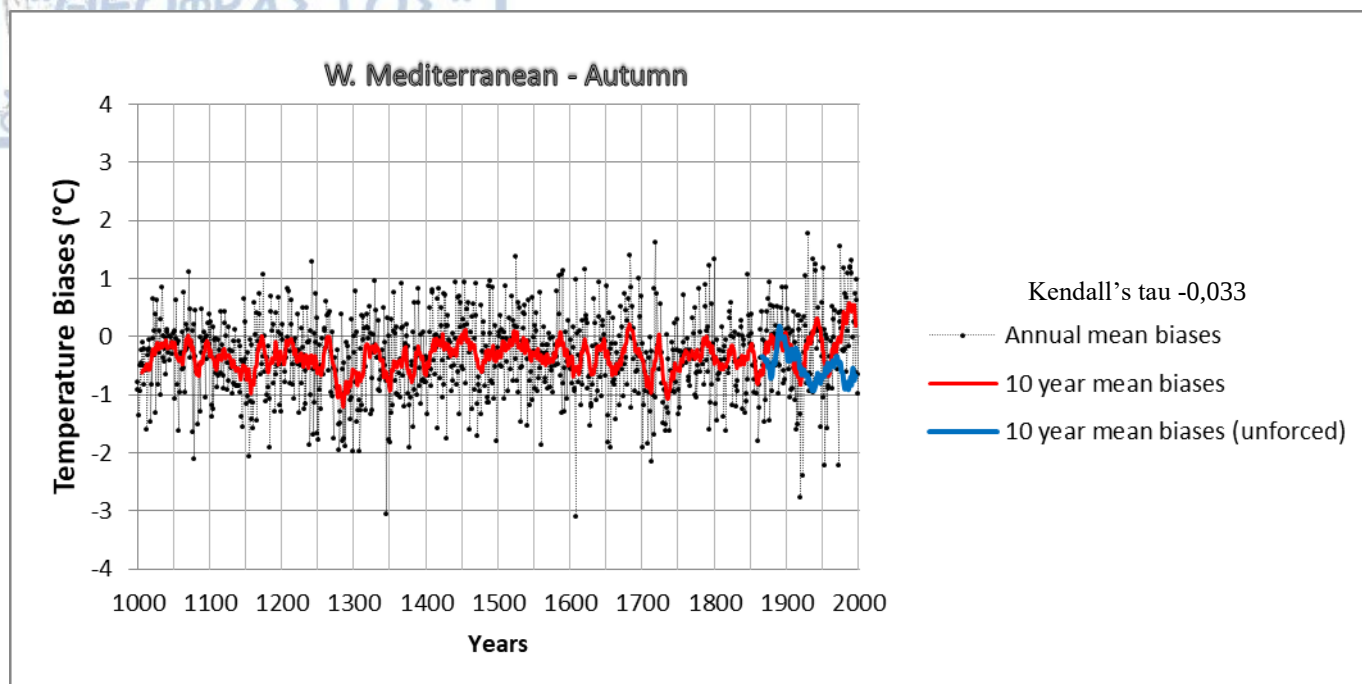
διακρίνεται η περίοδος 1901-2000. Τέλος, σημειώνεται ακόμα μια περίπτωση όπου η θερμοκρασιακή διαφορά είναι μικρότερη του -3°C και αποτυπώνεται στο έτος 1345.



Σχήμα 3.19. Όπως και στο Σχήμα 3.13. αλλά για την περιοχή της Δ. Μεσογείου.



Σχήμα 3.19. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.19. (Συνέχεια)

Στο παρακάτω Σχήμα 3.20. παρατίθεται η διακύμανση των θερμοκρασιακών διαφορών κατά μέσους όρους πεντηκονταετιών, για όλη την εξεταζόμενη χιλιετία (1000-2000), που αφορούν την περιοχή της Δ. Μεσογείου, σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο, λαμβάνοντας επικουρικά υπόψη και τις ανθρωπογενείς επιδράσεις για το διάστημα 1851-2000.

Ξεκινώντας από την ετήσια ανάλυση, η πιο θερμή πεντηκονταετία είναι η περίοδος 1401-1450. Εφόσον συμπεριληφθεί και ο ανθρώπινος παράγοντας, σημαντική θερμή περίοδος είναι και το διάστημα 1901-1950. Χαμηλότερες θερμοκρασίες, επικρατούν κατά τα μέσα του 13ου έως τα τέλη του 14ου αιώνα. Η ψυχρότερη πεντηκονταετία είναι η περίοδος 1250-1300.

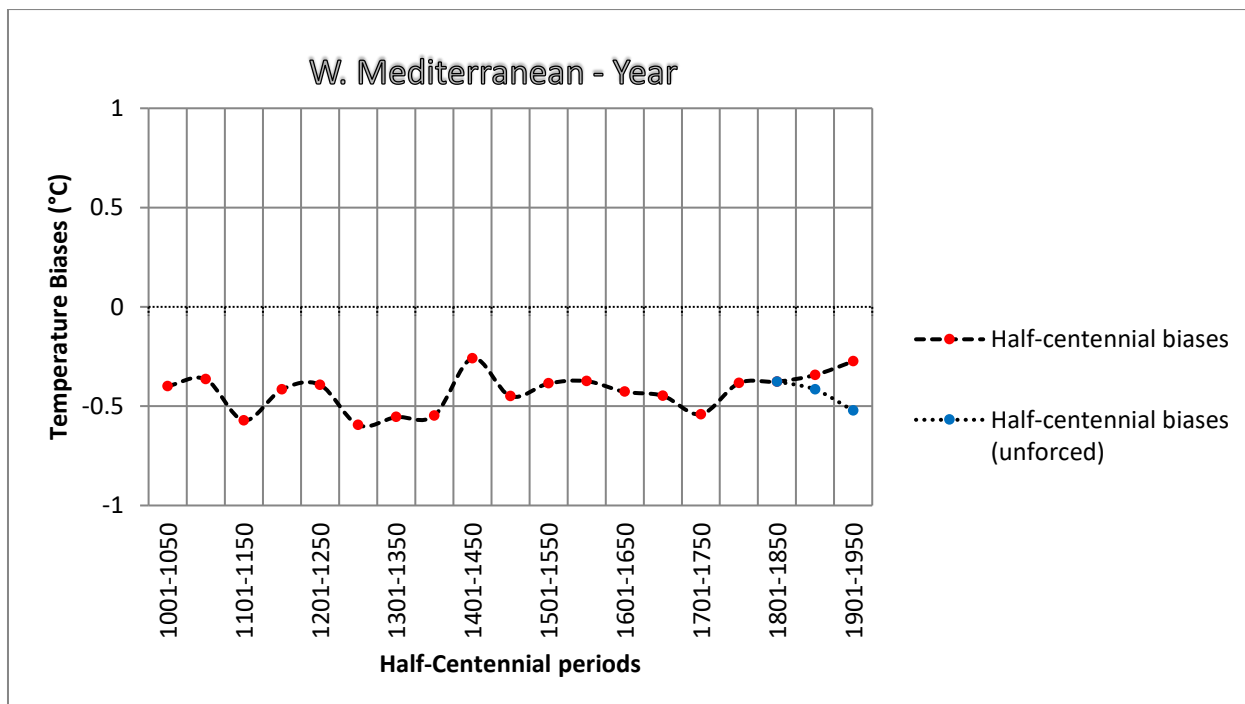
Το χειμώνα, τα θερμότερα διαστήματα εντοπίζονται στις αρχές της χιλιετίας (11ος αιώνας), τον 15ο αιώνα καθώς και τον 19ο αιώνα, με τη θερμότερη πεντηκονταετία να είναι η περίοδος 1001-1050. Αντίθετα τα ψυχρότερα διαστήματα εμφανίζονται στον 12ο αιώνα καθώς και στο διάστημα μεταξύ του 16ου και 18ου αιώνα, με την ψυχρότερη πεντηκονταετία να αποτελεί η περίοδος 1101-1150.

Την άνοιξη, τα θερμότερα διαστήματα της χιλιετίας, βρίσκονται στα τέλη της, με την προϋπόθεση συμπερίληψης του ανθρωπογενούς παράγοντα, ενώ η θερμότερη ημικατονταετία είναι το διάστημα 1401- 1450. Όσο αφορά τις ψυχρές περιόδους, αυτές εντοπίζονται στην πεντηκονταετία 1101 - 1150 που αποτελεί και την ψυχρότερη, καθώς και στον 14ο μέχρι και τα μέσα του 15ου αιώνα. Μικρότερης σημασίας ψυχρή περίοδος, εμφανίζεται περίπου τον 18ο αιώνα.

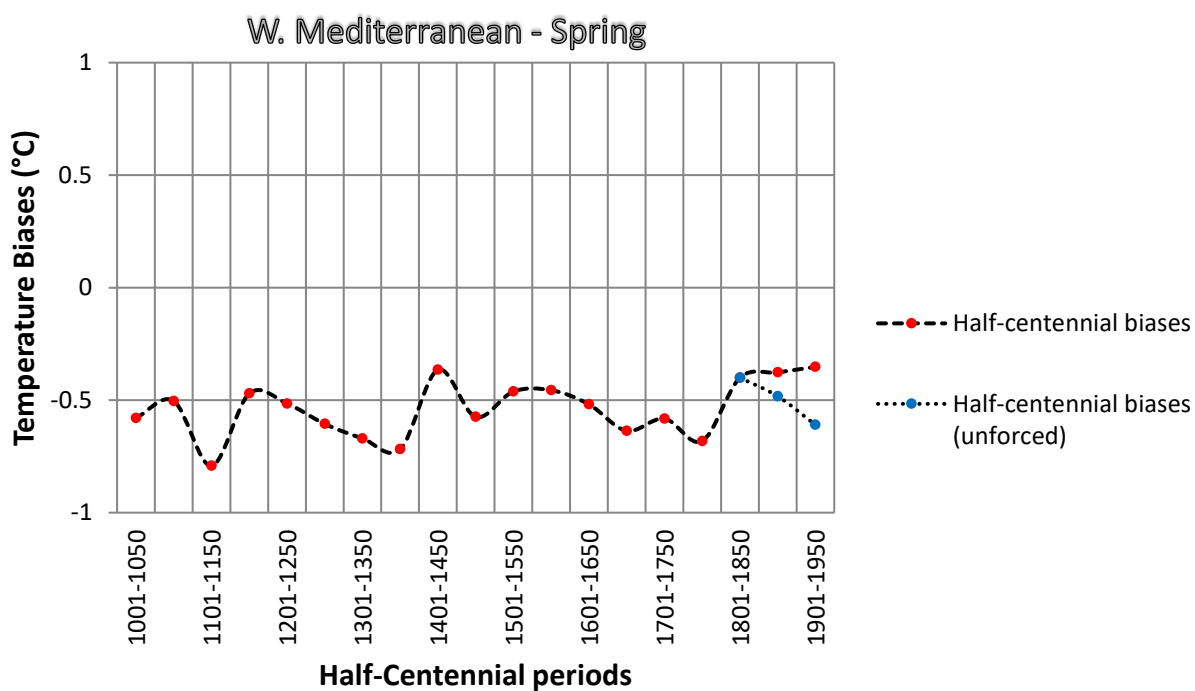
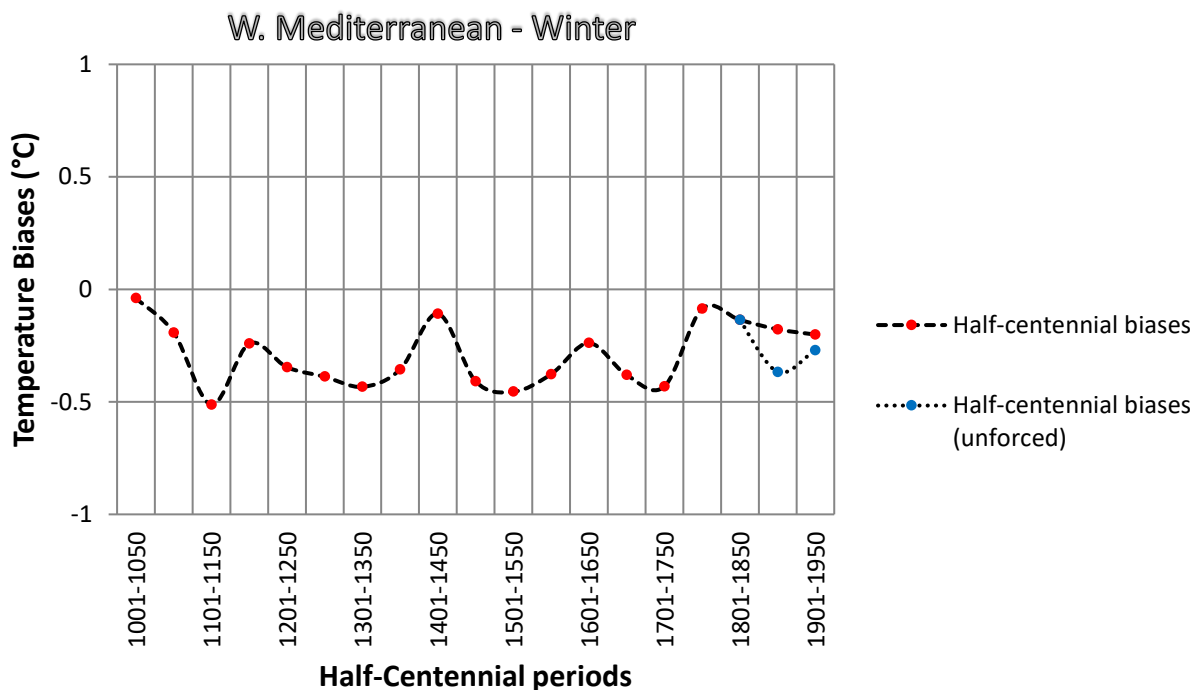
Όσο αφορά το καλοκαίρι, η θερμότερη πεντηκονταετία είναι το διάστημα 1901- 1950 (με τη συμπερίληψη του ανθρώπινου παράγοντα), ενώ θερμά διαστήματα γενικότερα, εντοπίζονται στο πρώτο μισό του 13ου αιώνα, στο πρώτο μισό του 15ου αιώνα και στο δεύτερο μισό του 16ου αιώνα. Εν αντιθέσει, το ψυχρότερο διάστημα παρουσιάζεται κατά τα τέλη του 13ου αιώνα μέχρι και τα τέλη

του 14ου αιώνα, με τις πιο χαμηλές θερμοκρασίες να εντοπίζονται στις αρχές της συγκεκριμένης περιόδου.

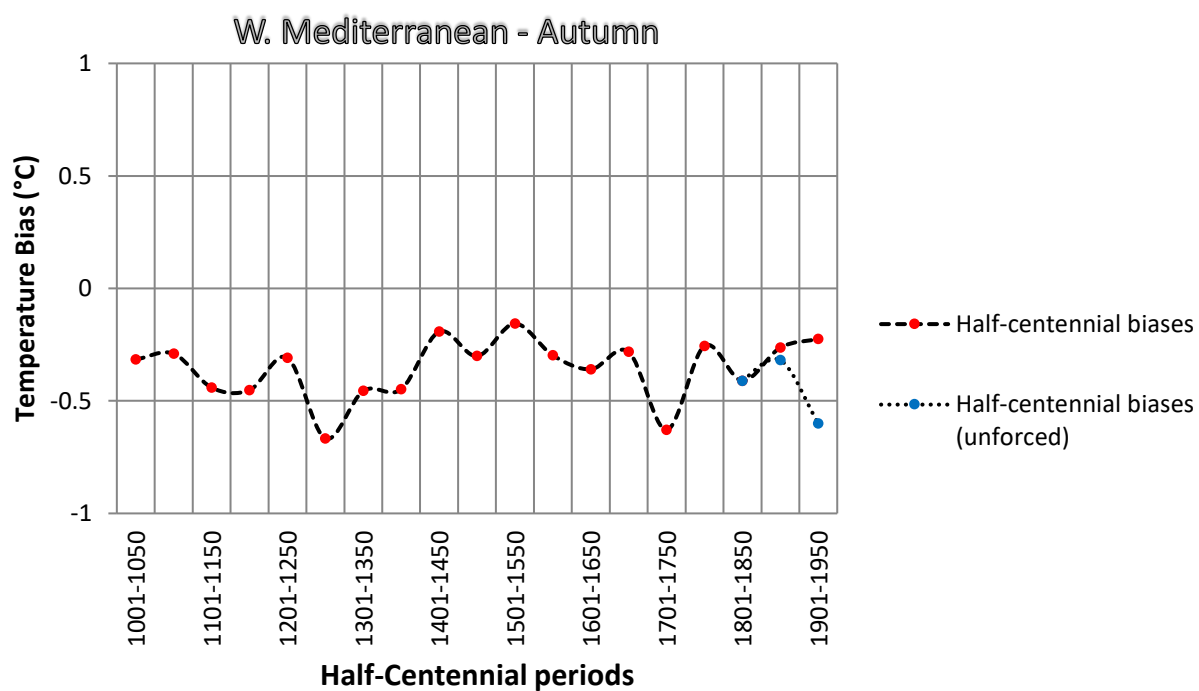
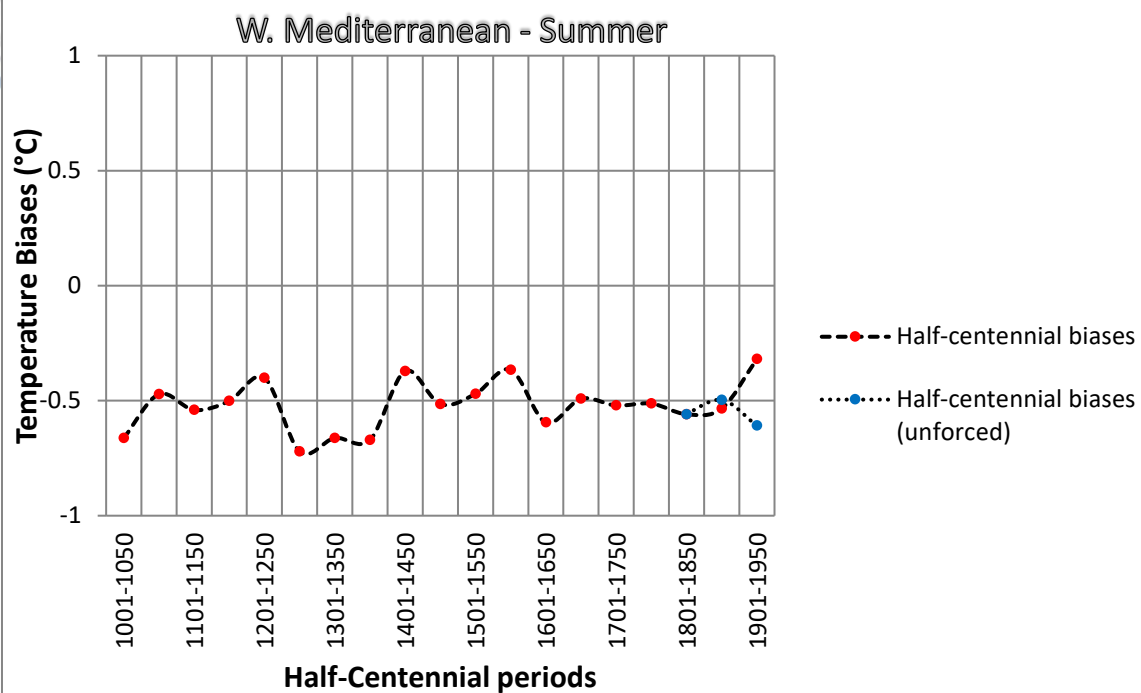
Τέλος, το φθινόπωρο, το θερμότερο διάστημα της χιλιετίας 1000-2000, εντοπίζεται στα μέσα αυτής (15ος -16ος αιώνας) με τη πιο θερμή πεντηκονταετία να είναι στο πρώτο μισό του 16ου αιώνα. Οι ψυχρές περιόδους από την άλλη, καλύπτουν κυρίως το δεύτερο μισό του 13ου αιώνα (που είναι και το ψυχρότερο), καθώς και το πρώτο μισό του 18ου αιώνα.



Σχήμα 3.20. Όπως και στο Σχήμα 3.14. αλλά για την υποπεριοχή της Δ. Μεσογείου.

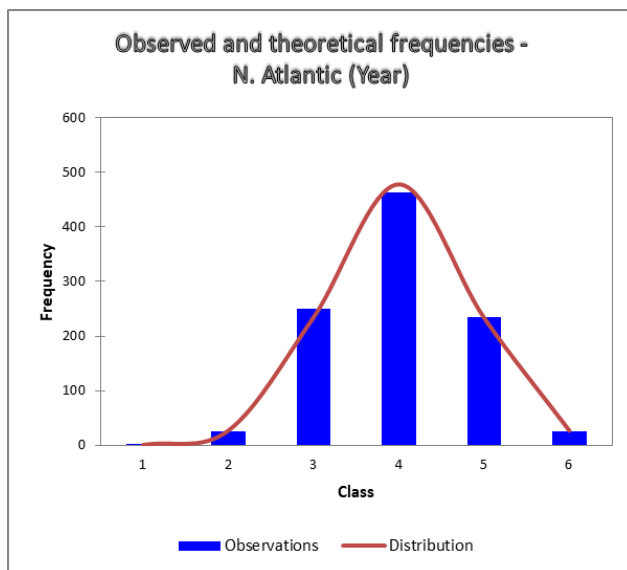


Σχήμα 3.20. (Συνέχεια)



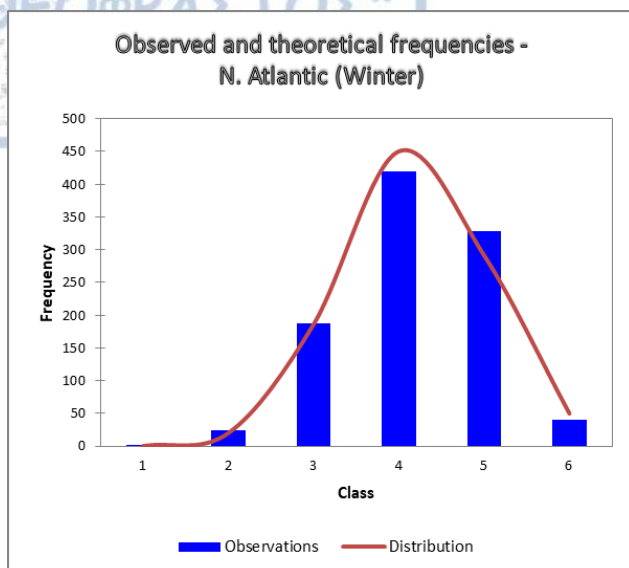
Σχήμα 3.20. (Συνέχεια)

Στο Σχήμα 3.21. παρουσιάζονται τα ιστογράμματα συχνοτήτων των θερμοκρασιών για το Β. Ατλαντικό σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο. Στο 1ο διάγραμμα που παρουσιάζει τις θερμοκρασίες σε ετήσιο επίπεδο οι συχνότερες φαίνεται να κυμαίνονται μεταξύ 5,5 και 6,0 °C (Κλάση 4) ενώ τη μικρότερη συχνότητα εμφανίζουν οι θερμοκρασίες της τάξεως 4,0 και 4,5 °C (Κλάση 1). Σε εποχιακό επίπεδο και αρχίζοντας από την εποχή του χειμώνα, οι συχνότερες θερμοκρασίες για το Β. Ατλαντικό κυμαίνονται μεταξύ 3,0 και 4,0 °C (Κλάση 4) και αυτές με τη λιγότερη εμφάνιση μεταξύ 0,0 και 1,0 °C (Κλάση 1). Αντίστοιχα, την άνοιξη μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζουν οι θερμοκρασίες μεταξύ 4,4 και 5,2 °C (Κλάση 4) και μικρότερη συχνότητα οι θερμοκρασίες μεταξύ 2,0 και 2,8 °C (Κλάση 1). Το καλοκαίρι οι πιο συχνές θερμοκρασίες κυμαίνονται από 8,5 ως 9,0 °C (Κλάση 4) και αυτές με τη μικρότερη εμφάνιση μεταξύ 7,0 και 7,5 °C (Κλάση 1). Κατά την εποχή του φθινοπώρου μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζουν οι θερμοκρασίες μεταξύ 6,4 και 7,2 °C (Κλάση 4) ενώ μικρότερη οι θερμοκρασίες μεταξύ 4,0 και 4,8 °C (Κλάση 1).

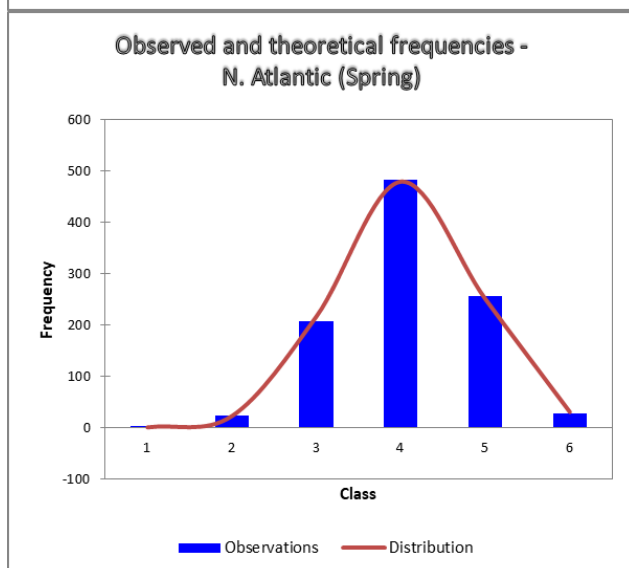


Class	Lower bound	Upper bound
1	4,0	4,5
2	4,5	5,0
3	5,0	5,5
4	5,5	6,0
5	6,0	6,5
6	6,5	7,0

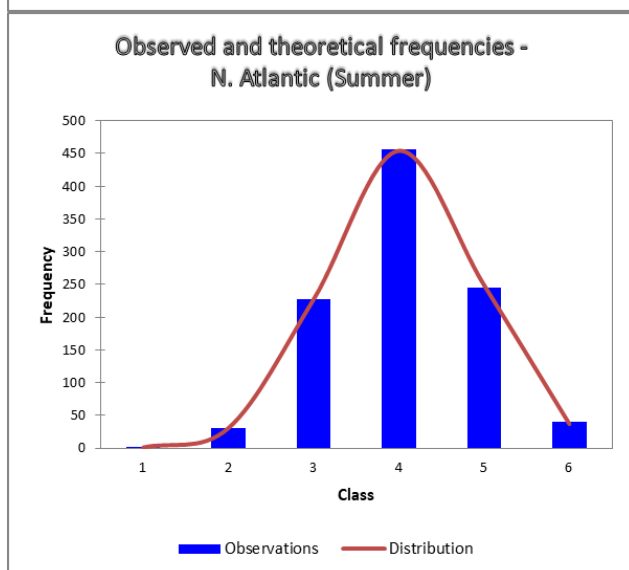
Σχήμα 3.21. Όπως και στο Σχήμα 3.12. αλλά για την υποπεριοχή του Β. Ατλαντικού.



Class	Lower bound	Upper bound
1	0,0	1,0
2	1,0	2,0
3	2,0	3,0
	3,0	4,0
5	4,0	5,0
6	5,0	6,0

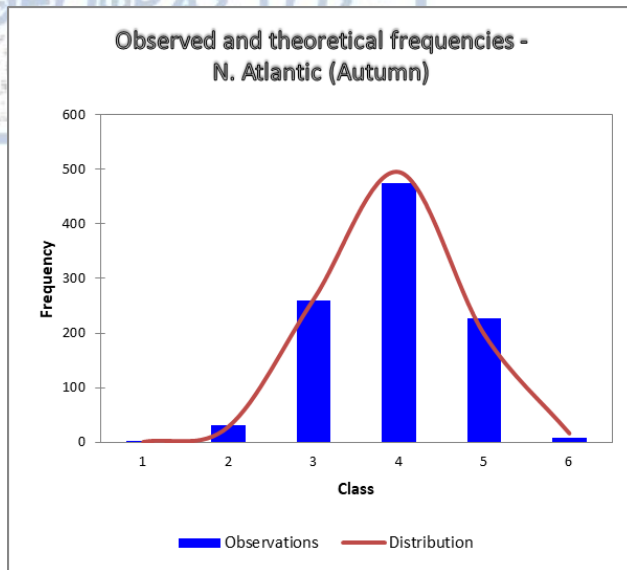


Class	Lower bound	Upper bound
1	2,0	2,8
2	2,8	3,6
3	3,6	4,4
4	4,4	5,2
5	5,2	6,0
6	6,0	6,8



Class	Lower bound	Upper bound
1	7,0	7,5
2	7,5	8,0
3	8,0	8,5
4	8,5	9,0
5	9,0	9,5
6	9,5	10,0

Σχήμα 3.21. (Συνέχεια)



Class	Lower bound	Upper bound
1	4,0	4,8
2	4,8	5,6
3	5,6	6,4
4	6,4	7,2
5	7,2	8,0
6	8,0	8,8

Σχήμα 3.21. (Συνέχεια)

Στο Σχήμα 3.22. παρουσιάζεται η διακύμανση των θερμοκρασιακών διαφορών για την περιοχή του Β. Ατλαντικού σε ετήσια και εποχιακή ανάλυση για την περασμένη χιλιετία, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη και την ανθρωπογενή επίδραση ειδικά για την περίοδο 1851-2000.

Αρχικά, στην ετήσια ανάλυση και έχοντας συμπεριλάβει τον ανθρωπογενή παράγοντα, φαίνεται ότι το θερμότερο έτος είναι το 1980 (+1,36 °C), θερμότερη δεκαετία είναι αποτελεί το διάστημα 1981-1990 και η θερμότερη εκατονταετία εμφανίζεται κατά την περίοδο 1901-2000. Αντίστοιχα το έτος που είναι ψυχρότερο είναι το 1137 (-1,99 °C), ως ψυχρότερη δεκαετία χαρακτηρίζεται η περίοδος 1131-1140 και η ψυχρότερη εκατονταετία εντοπίζεται το διάστημα 1201-1300. Αν ο ανθρώπινος παράγοντας δεν ληφθεί υπόψη, τότε το πιο θερμό έτος είναι το 1422 (+1,04 °C), η θερμότερη δεκαετία φαίνεται να είναι η περίοδος 1581-1590 ενώ ως ο πιο θερμός αιώνας διακρίνεται το διάστημα 1501-1600. Κατά ανάλογο τρόπο, η πιο ψυχρή χρονιά είναι και πάλι το έτος 1137 (-1,99 °C), η πιο ψυχρή δεκαετία είναι η περίοδος 1131-1140 και η ψυχρότερη εκατονταετία εμφανίζεται κατά το διάστημα 1901-2000. Σημειώνεται, τέλος, ότι προκύπτουν οκτώ (8) περιπτώσεις όπου η θερμοκρασιακή διαφορά αγγίζει ή ξεπερνά τον 1 °C και αφορούν είτε τα μέσα της χιλιετίας είτε τα τελευταία είκοσι χρόνια αυτής όπου η συμβολή του ανθρώπινου παράγοντα είναι εμφανής.

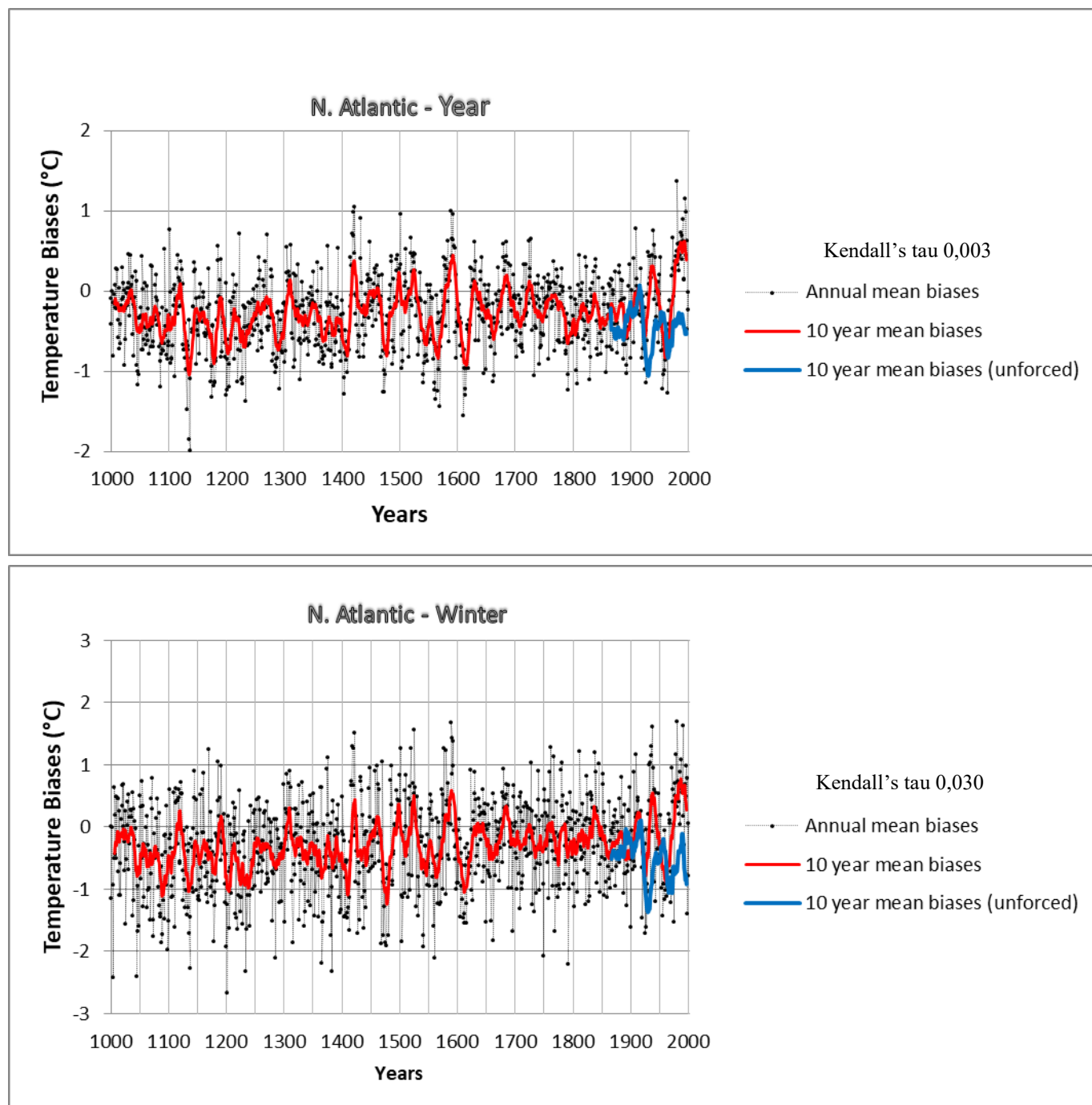
Ξεκινώντας την εποχιακή ανάλυση με το χειμώνα και έχοντας αρχικά ως δεδομένη την ανθρώπινη επίδραση, φαίνεται ότι το θερμότερο έτος είναι το 1980 (+1,69 °C), ενώ η πιο θερμή δεκαετία διακρίνεται το διάστημα 1981-1990 και η αντίστοιχη εκατονταετία εμφανίζεται την περίοδο 1901-2000. Ακόμη, ως το πιο ψυχρό έτος χαρακτηρίζεται το 1202 (-2,66 °C), η πιο ψυχρή δεκαετία εντοπίζεται κατά την περίοδο 1471-1480 ενώ ο ψυχρότερος αιώνας φαίνεται να' ναι το διάστημα 1201-1300. Τώρα, χωρίς την ανθρωπογενή επίδραση τα αποτελέσματα διαμορφώνονται με τέτοιον τρόπο που πλέον θερμότερο έτος είναι το 1589 (+1,67 °C), θερμότερη δεκαετία αποτελεί η περίοδος

1581-1590 και θερμότερος ο 16ος αιώνας (1501-1600). Αντίστοιχα, το πιο ψυχρό έτος είναι το 1966 (-3,01 °C), η πιο ψυχρή δεκαετία είναι η περίοδος 1921-1930 και η πιο ψυχρή εκατονταετία, το διάστημα 1901-2000. Τέλος, ο χειμώνας φαίνεται ότι παρουσιάζει πολυάριθμα (>1 °C) άνω και κάτω ακρότατα (<-2 °C) σε διάφορες περιόδους της εξεταζόμενης χιλιετίας, γεγονός που υποδεικνύει ότι η εποχή αυτή παρουσιάζει μεγαλύτερη θερμοκρασιακά εύρη από τις άλλες εποχές.

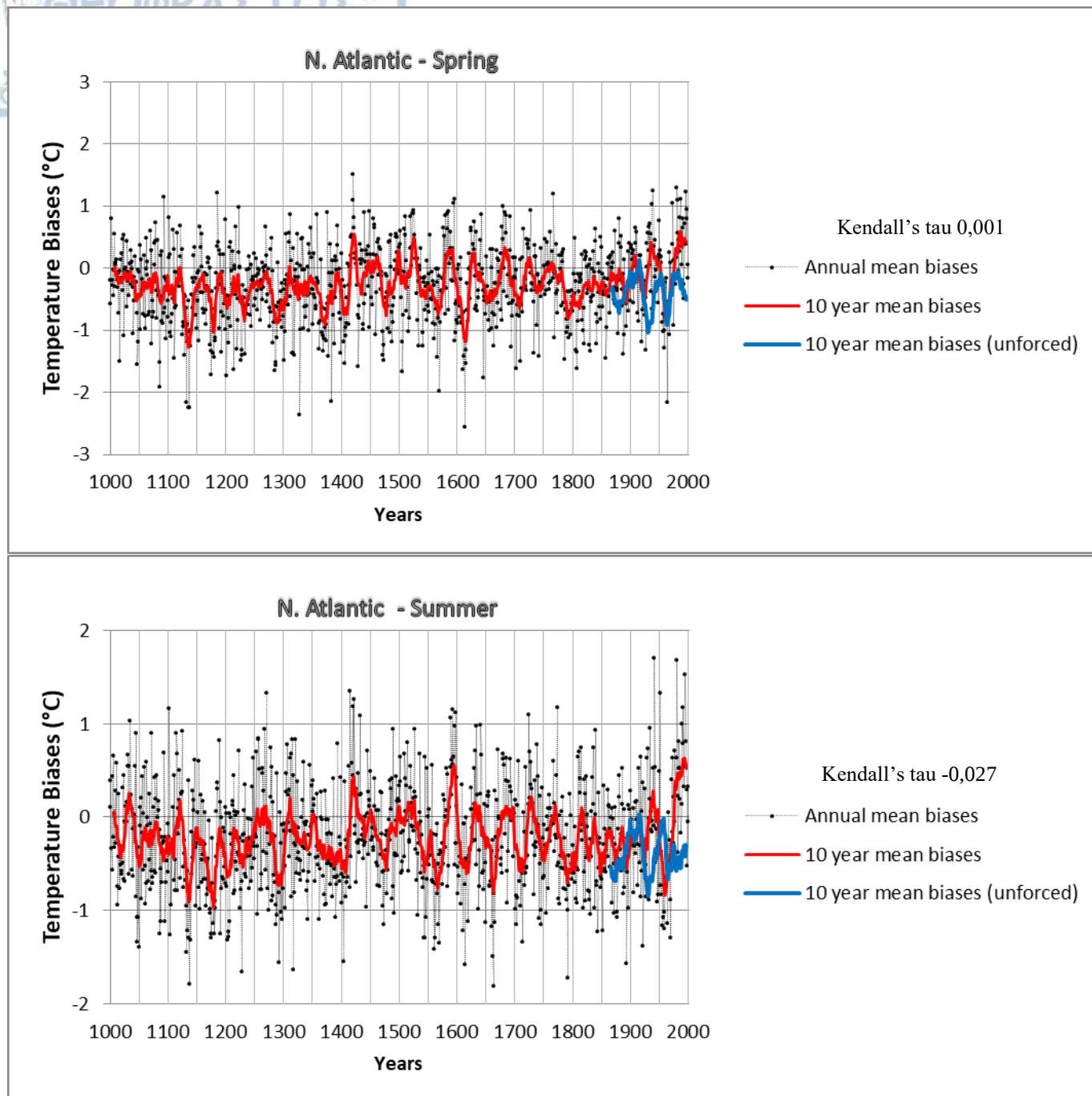
Την άνοιξη, συνυπολογίζοντας τον ανθρώπινο παράγοντα τα αποτελέσματα διαμορφώνονται με τρόπο τέτοιο που θερμότερο έτος διακρίνεται το 1420 (+1,50 °C), θερμότερη δεκαετία χαρακτηρίζεται η περίοδος 1981-1990 και θερμότερη εκατονταετία αναδεικνύεται το διάστημα 1901-2000. Αντιθέτως, για τις ελάχιστες θερμοκρασιακές διαφορές που παρατηρήθηκαν, το ψυχρότερο έτος είναι το 1613 (-2,56 °C), η περίοδος 1131-1140 η πιο ψυχρή δεκαετία και η περίοδος 1101-1200 ως η πιο ψυχρή εκατονταετία. Χωρίς την ανθρώπινη επίδραση, το έτος 1420 (+1,50 °C) διακρίνεται και πάλι ως το πιο θερμό, το διάστημα 1521-1530 ως η θερμότερη δεκαετία και η περίοδος 1401-1500 ως ο θερμότερος αιώνας. Αντίστοιχα, το έτος 1613 (-2,56 °C) χαρακτηρίζεται ξανά ως το πιο ψυχρό, η δεκαετία 1131-1140 διακρίνεται ως η ψυχρότερη ενώ το διάστημα 1101-1200 χαρακτηρίζεται ως η ψυχρότερη εκατονταετία.

Το καλοκαίρι, ξεκινώντας την ανάλυση και πάλι με τον συνυπολογισμό της ανθρώπινης επίδρασης, φαίνεται ότι το έτος 1941 (+1,70 °C) είναι το πιο θερμό, το διάστημα 1991-2000 αποτελεί την πιο θερμή δεκαετία και η περίοδος 1901-2000 διακρίνεται ως η θερμότερη εκατονταετία. Με τον ίδιο τρόπο, διαμορφώνεται η ψυχρότερη χρονιά που είναι το έτος 1663 (-1,81 °C), η ψυχρότερη δεκαετία, δηλαδή η περίοδος 1131-1140 και ακόμη το διάστημα 1101-1200 που χαρακτηρίζεται ως ο πιο ψυχρός αιώνας. Αφαιρώντας τον ανθρώπινο παράγοντα, τα αποτελέσματα διαμορφώνονται με τον εξής τρόπο: Το 1415 (+1,45 °C) χαρακτηρίζεται ως το θερμότερο έτος, η δεκαετία 1991-2000 ως η θερμότερη 10ετής περίοδος και το διάστημα 1501-1600 ως η πιο θερμή εκατονταετία, ενώ το έτος 1965 (-2,05 °C) είναι το πιο ψυχρό, η περίοδος 1131-1140 διακρίνεται ως η πιο ψυχρή δεκαετία και τέλος το διάστημα 1901-2000 αναδεικνύεται ως ο πιο ψυχρός αιώνας.

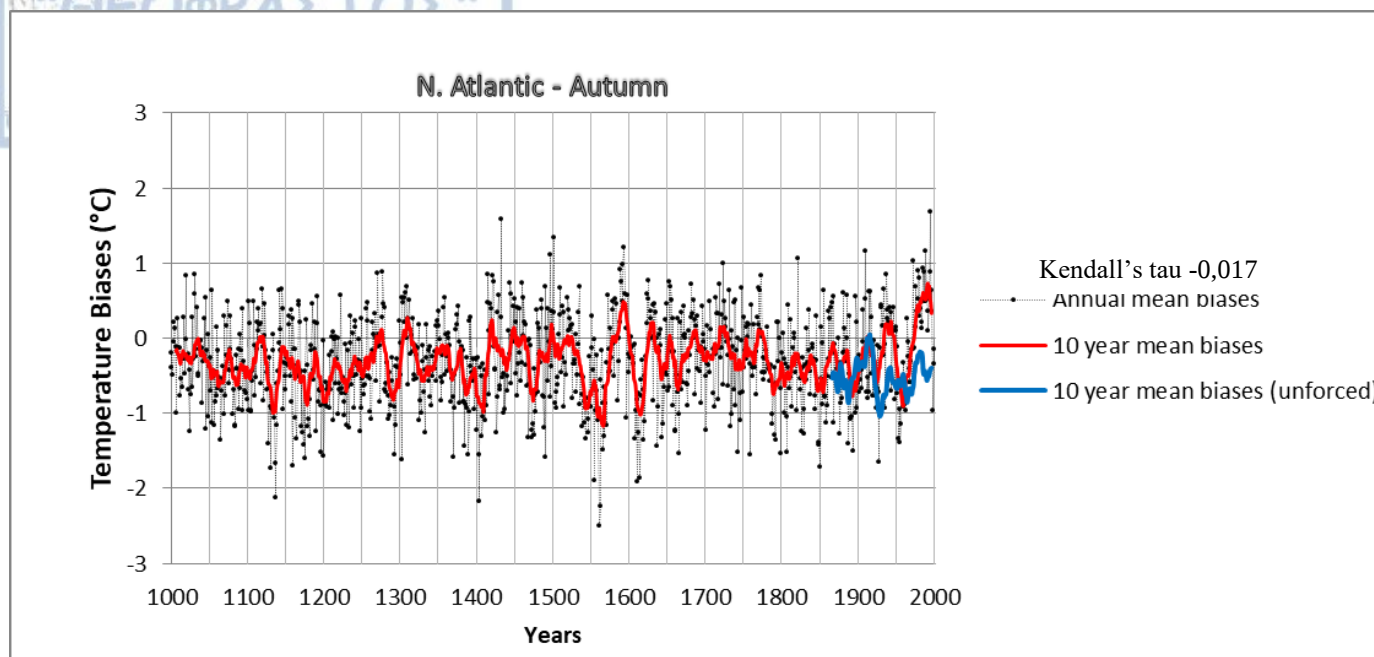
Όσον αφορά στην εποχή του φθινοπώρου και ξεκινώντας την ανάλυση συνυπολογίζοντας τις ανθρώπινες επιδράσεις, το έτος 1994 (+1,68 °C) χαρακτηρίζεται ως το πιο θερμό, η περίοδος 1561-1570 ξεχωρίζει επίσης ως η θερμότερη ενώ η πιο θερμή εκατονταετία εμφανίζεται το διάστημα 1901-2000. Αντιστοίχως, η χρονιά 1561 (-2,49 °C) είναι η πιο ψυχρή, η περίοδος 1561-1570 αποτελεί την πιο ψυχρή δεκαετία ενώ η ψυχρότερη εκατονταετία εντοπίζεται κατά το διάστημα 1101-1200. Χωρίς να υπολογιστεί ο ανθρώπινος παράγοντας, το θερμότερο έτος πλέον είναι το 1432 (+1,58 °C), το διάστημα 1591-1600 είναι η πιο θερμή δεκαετία ενώ σε επίπεδο εκατονταετίας, το διάστημα 1701-1800 διακρίνεται ως το θερμότερο. Το ψυχρότερο έτος, είναι ξανά το 1561 (-2,49 °C), το διάστημα 1561-1570 αποτελεί την ψυχρότερη δεκαετία και η περίοδος 1901-2000 αναδεικνύεται ως η πιο ψυχρή εκατονταετία.



Σχήμα 3.22. Όπως και στο Σχήμα 3.13, αλλά για την περιοχή του Β. Ατλαντικού.



Σχήμα 3.22. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.22. (Συνέχεια)

Στο Σχήμα 3.23. που ακολουθεί, παρουσιάζεται η διακύμανση των θερμοκρασιακών διαφορών κατά μέσους όρους πεντηκονταετιών για την τελευταία χιλιετία όσον αφορά στην περιοχή του Β. Ατλαντικού σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο, έχοντας παράλληλα υπόψη τον ανθρώπινο παράγοντα για το διάστημα 1851-2000.

Ξεκινώντας λοιπόν την ετήσια ανάλυση, θερμότερη πεντηκονταετία είναι το διάστημα 1901-1950 με την προϋπόθεση ότι συνυπολογίζονται οι ανθρωπογενείς επιδράσεις. Χωρίς αυτές, η θερμότερη περίοδος εντοπίζεται κατά τα μέσα της χιλιετίας (15ος –16ος αιώνας), ενώ το ψυχρότερο διάστημα βρίσκεται στις αρχές της χιλιετίας, με το πρώτο μισό του 13ου αιώνα, να αποτελεί το ψυχρότερο.

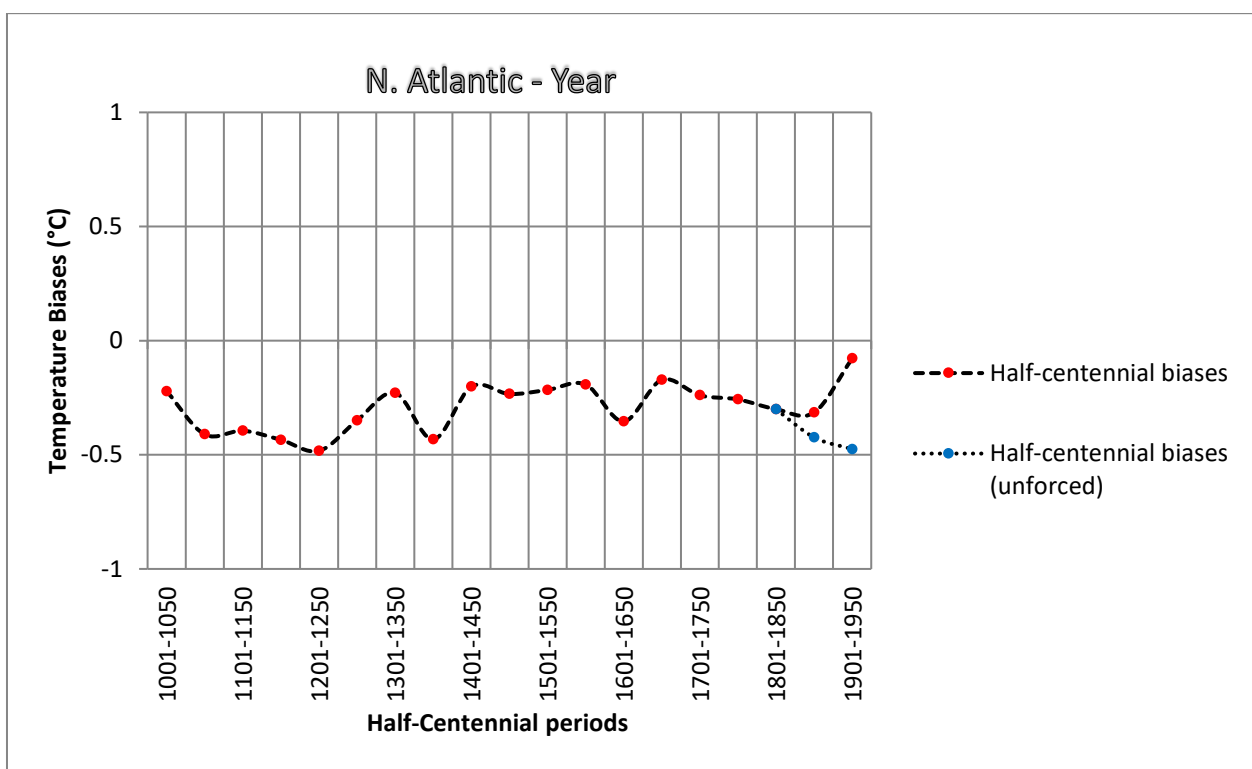
Αρχίζοντας την εποχιακή ανάλυση με το χειμώνα, παρατηρείται ότι η πεντηκονταετία 1901-1950 είναι η θερμότερη (λαμβάνοντας υπόψη τις ανθρωπογενείς επιδράσεις), ενώ αξίζει να σημειωθεί, ότι σε αντίθετη περίπτωση θα αποτελούσε μια περίοδο που θα ήταν από τις πιο ψυχρές ολόκληρης της χιλιετίας. Γενικότερα, θερμές συνθήκες φαίνεται να επικρατούν στο δεύτερο μισό της χιλιετίας, σε αντίθεση με το πρώτο μισό και στο οποίο εκδηλώνεται η τάση επικράτησης χαμηλότερων θερμοκρασιών, με την πεντηκονταετία 1201-1250, να αποτελεί την ψυχρότερη.

Συνεχίζοντας με την άνοιξη, η πεντηκονταετία 1901-1950 αποτελεί και πάλι τη θερμότερη (με τη συμπερίληψη του ανθρώπινου παράγοντα), ενώ θερμά διαστήματα εκδηλώνονται επίσης κατά το 15ο αιώνα. Οι πιο ψυχρές περίοδοι, εμφανίζονται στο πρώτο τέταρτο της χιλιετίας, με έμφαση στη πεντηκονταετία 1101-1150.

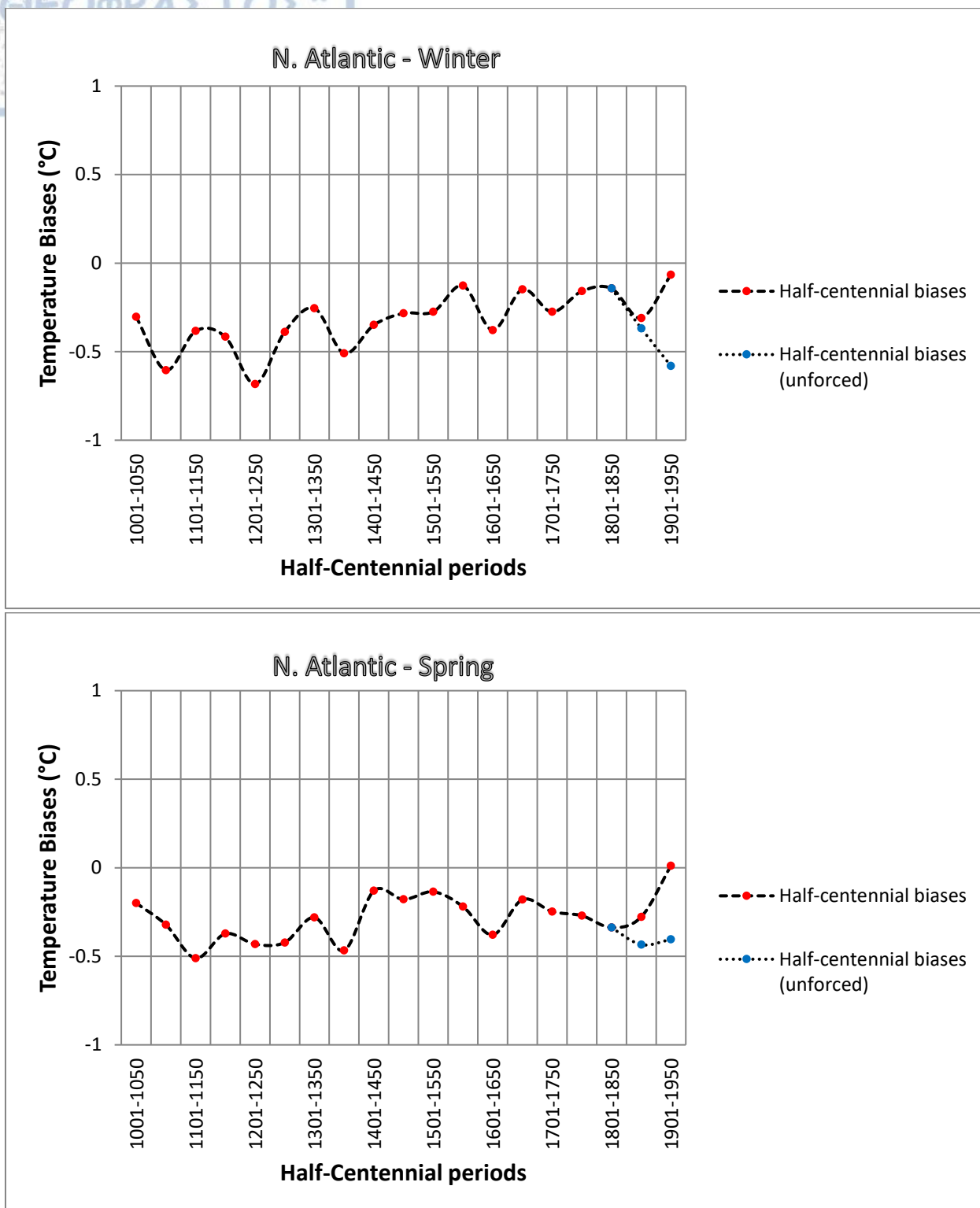
Το καλοκαίρι, το θερμότερο διάστημα της χιλιετίας, παρουσιάζεται το 15ο και τον 16ο αιώνα (1400-1600), με την πεντηκονταετία 1401-1450 να αποτελεί και την πιο θερμή. Αντίθετα, οι πιο

χαμηλές θερμοκρασιακές διαφορές εκδηλώνονται στο 12ο αιώνα (με έμφαση στο δεύτερο μισό του) και συνεχίζεται έως και το πρώτο μισό του 13ου αιώνα.

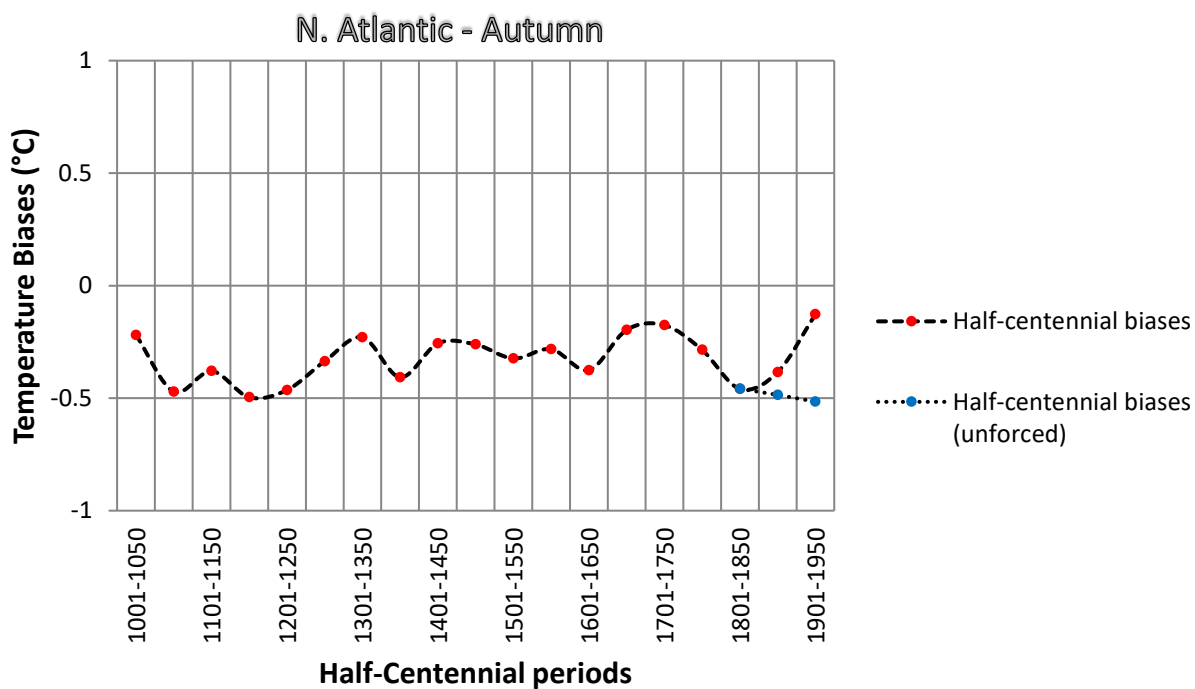
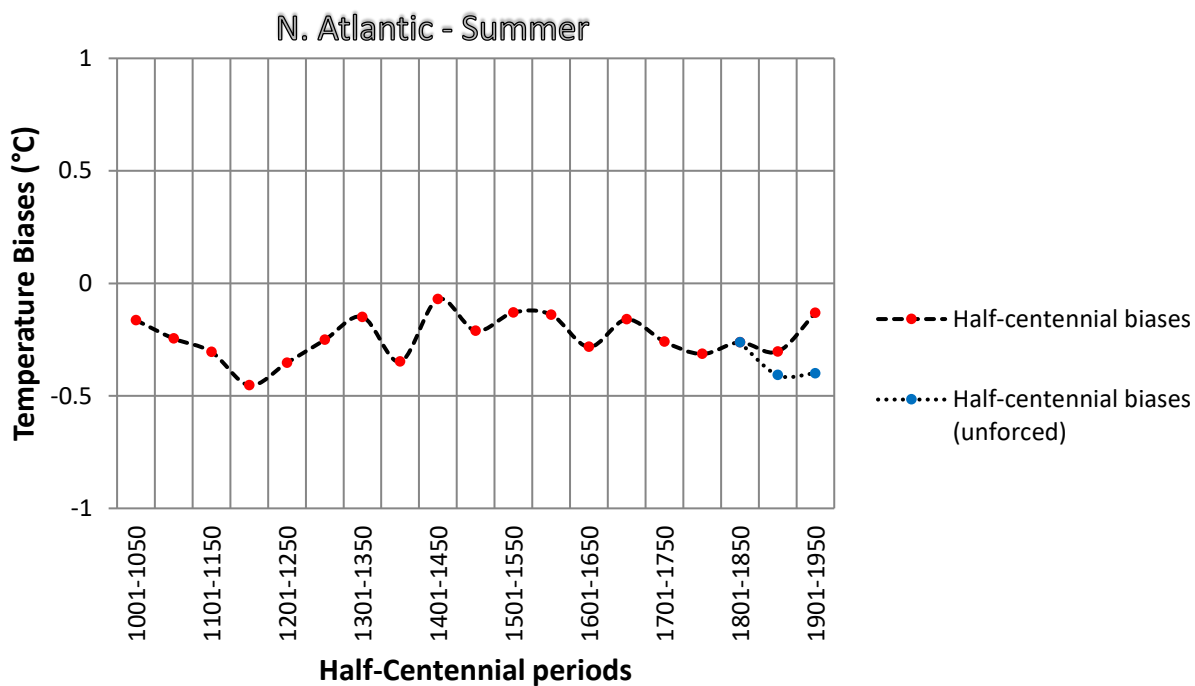
Καταλήγοντας με το φθινόπωρο, οι πιο μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές βρίσκονται στο διάστημα 1901-1950, μόνο στην περίπτωση που συνυπολογίζονται οι ανθρωπογενείς επιδράσεις, διαφορετικά η θερμότερη περίοδος εμφανίζεται από τα μέσα του 17ου μέχρι και τα μέσα του 18ου αιώνα. Αναφορικά με τις ψυχρές περιόδους, αυτές εντοπίζονται κυρίως κατά τους τρεις πρώτους αιώνες της εξεταζόμενης χιλιετίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι εάν δεν ληφθεί υπόψη ο ανθρωπογενής παράγοντας, τότε ψυχρότερη πεντηκονταετία αναδεικνύεται αυτή που πριν αποτελούσε την πιο θερμή (1901-1950).



Σχήμα 3.23. Όπως και στο Σχήμα 3.14. αλλά για την υποπεριοχή του Β. Ατλαντικού.



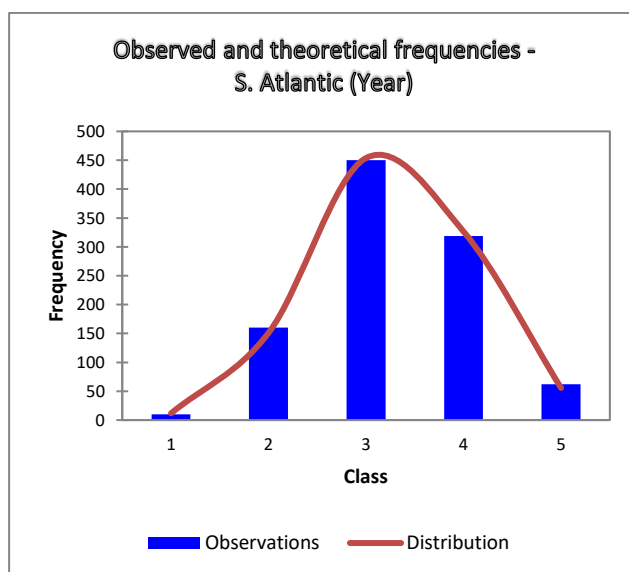
Σχήμα 3.23. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.23. (Συνέχεια)

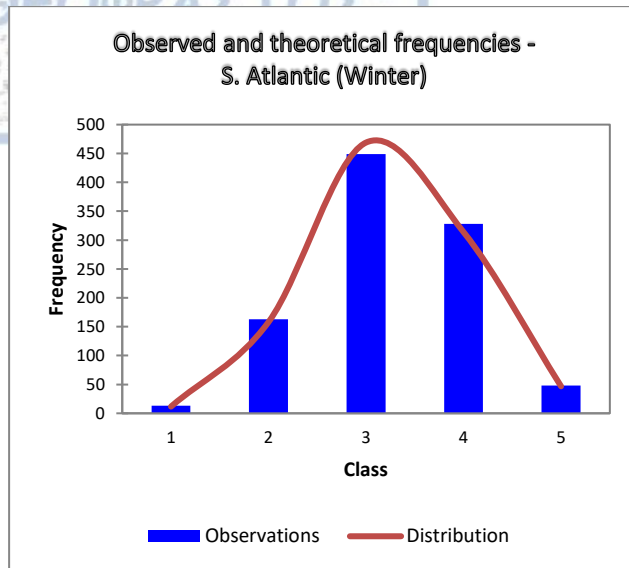
3.4.5. Ν. Ατλαντικός

Στο Σχήμα 3.24. παρουσιάζονται τα ιστογράμματα συχνοτήτων για το Ν. Ατλαντικό σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο. Οι θερμοκρασίες σε ετήσιο επίπεδο παρουσιάζονται στο 1^ο διάγραμμα και οι συχνότερες φαίνεται να κυμαίνονται μεταξύ 13,5 και 14,0 °C (Κλάση 3) ενώ τη μικρότερη συχνότητα εμφανίζουν οι θερμοκρασίες της τάξεως 12,5 και 13,0 °C (Κλάση 1). Σε εποχιακό επίπεδο, το χειμώνα οι συχνότερες θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 10,0 και 10,5 °C (Κλάση 3) και αυτές με τη λιγότερη εμφάνιση μεταξύ 9,5 και 10,0 °C (Κλάση 1). Αντίστοιχα, την άνοιξη μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζουν οι θερμοκρασίες μεταξύ 11,5 και 12,0 °C (Κλάση 3) και μικρότερη συχνότητα οι θερμοκρασίες μεταξύ 12,5 και 13,0 °C (Κλάση 5). Το καλοκαίρι οι πιο συχνές θερμοκρασίες κυμαίνονται από 17,1 ως 17,8 °C (Κλάση 4) και αυτές με τη μικρότερη εμφάνιση μεταξύ 15,0 και 15,7 °C (Κλάση 1). Κατά την εποχή του φθινοπώρου μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζουν οι θερμοκρασίες μεταξύ 15,2 και 15,9 °C (Κλάση 3) ενώ μικρότερη οι θερμοκρασίες μεταξύ 13,8 και 14,5 °C (Κλάση 1).

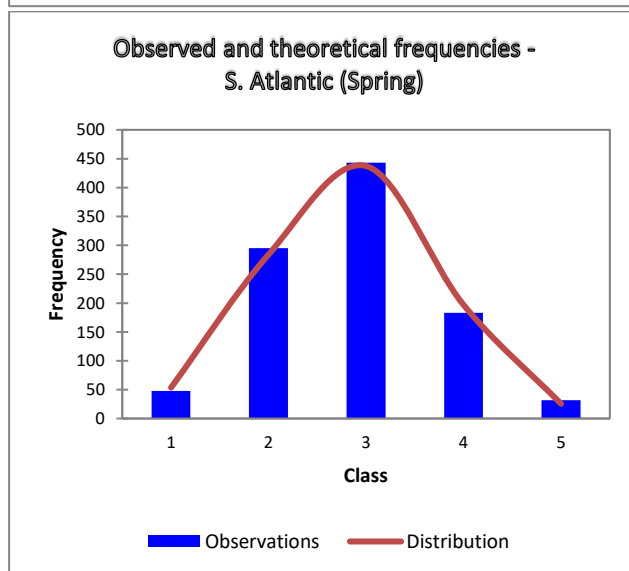


Class	Lower bound	Upper bound
1	12,5	13,0
2	13,0	13,5
3	13,5	14,0
4	14,0	14,5
5	14,5	15,0

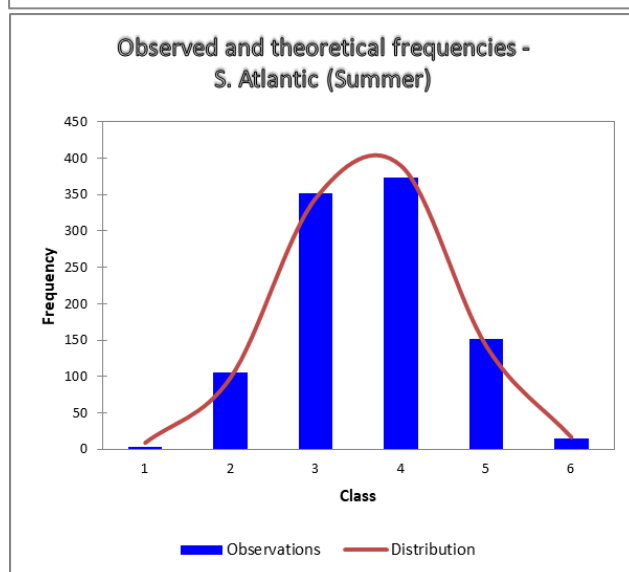
Σχήμα 3.24. Όπως και στο Σχήμα 3.12. αλλά για την υποπεριοχή του Ν. Ατλαντικού.



Class	Lower bound	Upper bound
1	9,5	10,0
2	10,0	10,5
3	10,5	11,0
4	11,0	11,5
5	11,5	12,0

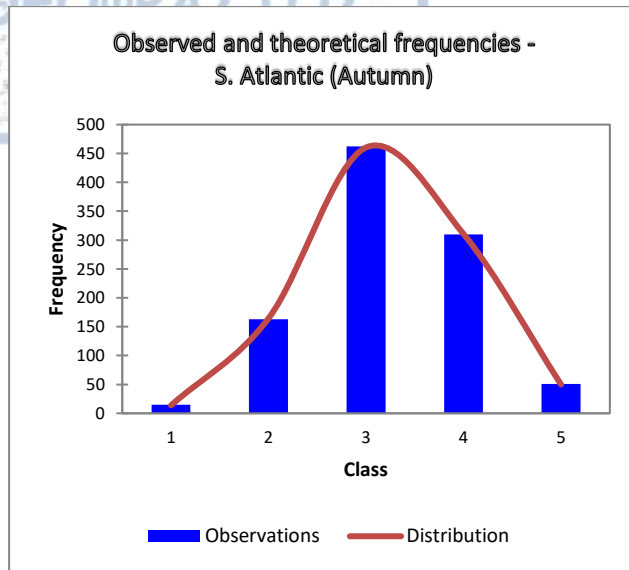


Class	Lower bound	Upper bound
1	10,5	11,0
2	11,0	11,5
3	11,5	12,0
4	12,0	12,5
5	12,5	13,0



Class	Lower bound	Upper bound
1	15,0	15,7
2	15,7	16,4
3	16,4	17,1
4	17,1	17,8
5	17,8	18,5
6	18,5	19,2

Σχήμα 3.24. (Συνέχεια)



Class	Lower bound	Upper bound
1	138	14,5
2	14,5	15,2
3	15,2	15,9
4	15,9	16,6
5	16,6	17,3

Σχήμα 3.24. (Συνέχεια)

Στο Σχήμα 3.25. φαίνονται οι θερμοκρασιακές διαφορές για την υποπεριοχή του Ν. Ατλαντικού σε ετήσια και εποχιακή ανάλυση για τα τελευταία χίλια χρόνια συμπεριλαμβάνοντας επιπροσθέτως την ανθρώπινη επίδραση για την περίοδο 1851-2000.

Σε ετήσια ανάλυση και συμπεριλαμβάνοντας τον ανθρώπινο παράγοντα, φαίνεται ότι το 1993 (+0,94 °C) είναι το θερμότερο έτος, το διάστημα 1991-2000 είναι η θερμότερη δεκαετία και η περίοδος 1901-2000 είναι η πιο θερμή εκατονταετία. Αντίστοιχα, το έτος 1569 (-1,91 °C) είναι το πιο ψυχρό, το διάστημα 1621-1630 είναι η πιο ψυχρή δεκαετία και η περίοδος 1201-1300 είναι η ψυχρότερη εκατονταετία. Αν ο ανθρώπινος παράγοντας παραληφθεί, τότε τα αποτελέσματα διαμορφώνονται ως εξής: Το έτος 1683 (+0,65 °C) είναι το πιο θερμό, το διάστημα 1291-1300 αποτελεί την πιο θερμή δεκαετία ενώ η περίοδος 1001-1100 χαρακτηρίζεται ως η θερμότερη εκατονταετία. Κατά ανάλογο τρόπο, το πιο ψυχρό έτος είναι ξανά το 1569 (-1,91 °C), το διάστημα 1621-1630 διακρίνεται ως η πιο ψυχρή δεκαετία ενώ η περίοδος 1201-1300 αποτελεί την πιο ψυχρή εκατονταετία.

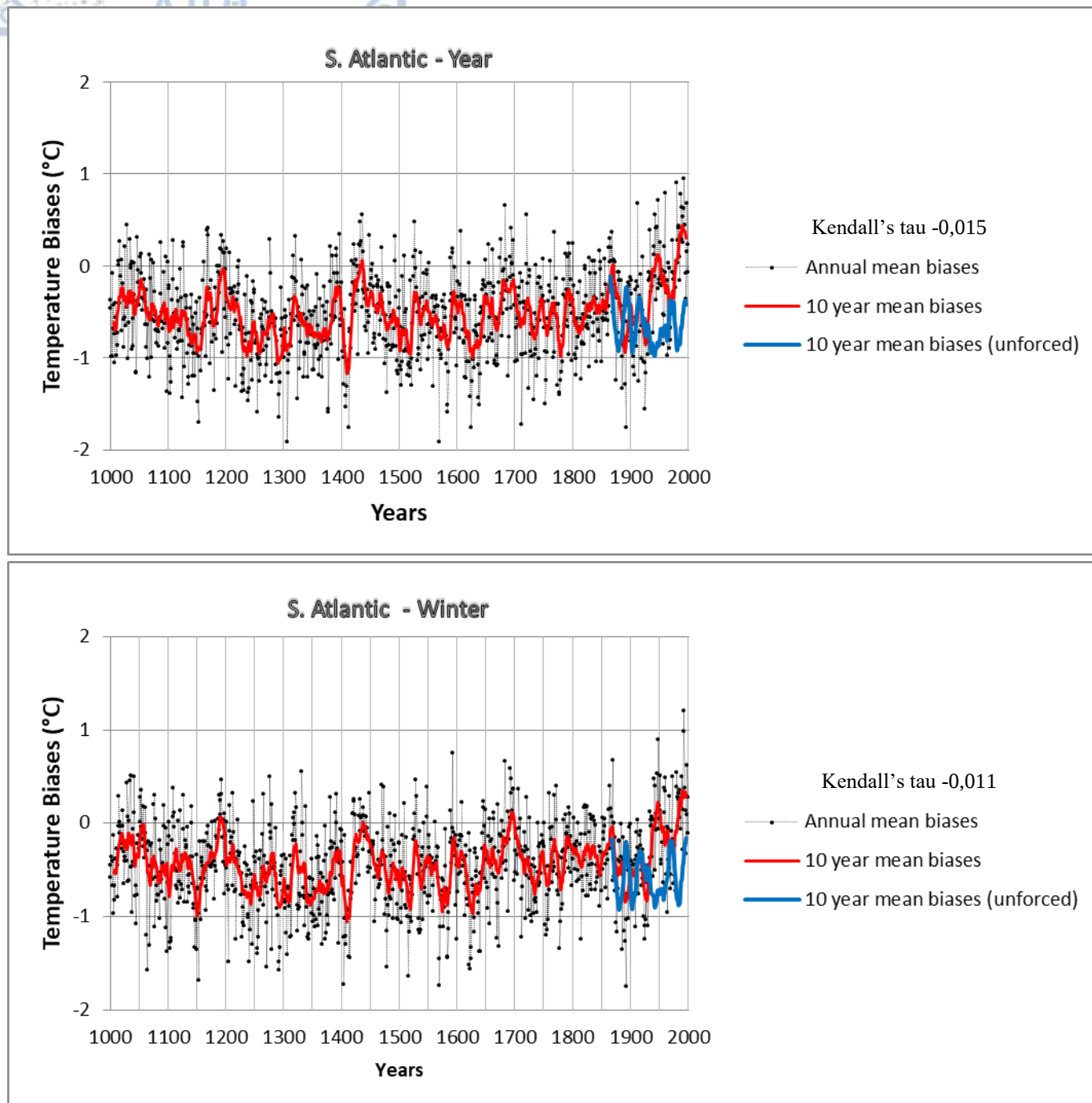
Ξεκινώντας την εποχιακή ανάλυση με το χειμώνα και εφόσον συμπεριληφθεί η ανθρωπογενής συμβολή, παρατηρείται ότι το έτος 1992 (+1,20 °C) είναι το θερμότερο, το διάστημα 1991-2000 χαρακτηρίζει την πιο θερμή δεκαετία ενώ η περίοδος 1901-2000 συντελεί το θερμότερο αιώνα. Αντιστοίχως, το έτος 1892 (-1,75 °C) είναι η πιο ψυχρή, το χρονικό διάστημα 1621-1630 παρατηρείται ότι είναι η ψυχρότερη δεκαετία, ενώ ο ψυχρότερος αιώνας είναι το διάστημα 1201-1300. Χωρίς τη συμπερίληψη του ανθρωπογενούς παράγοντα, θερμότερο έτος πλέον αποτελεί το έτος

1592 (+0,75 °C), ενώ θερμότερη δεκαετία και εκατονταετία είναι τα διαστήματα 1691-1670 και 1001-1100 αντίστοιχα. Όσον αφορά το αντίθετο πρόσημο, το ψυχρότερο έτος είναι το 1570 (-1,73 °C), το διάστημα 1621-1630 είναι η ψυχρότερη δεκαετία ενώ η περίοδος 1201-1300 διακρίνει την ψυχρότερη εκατονταετία.

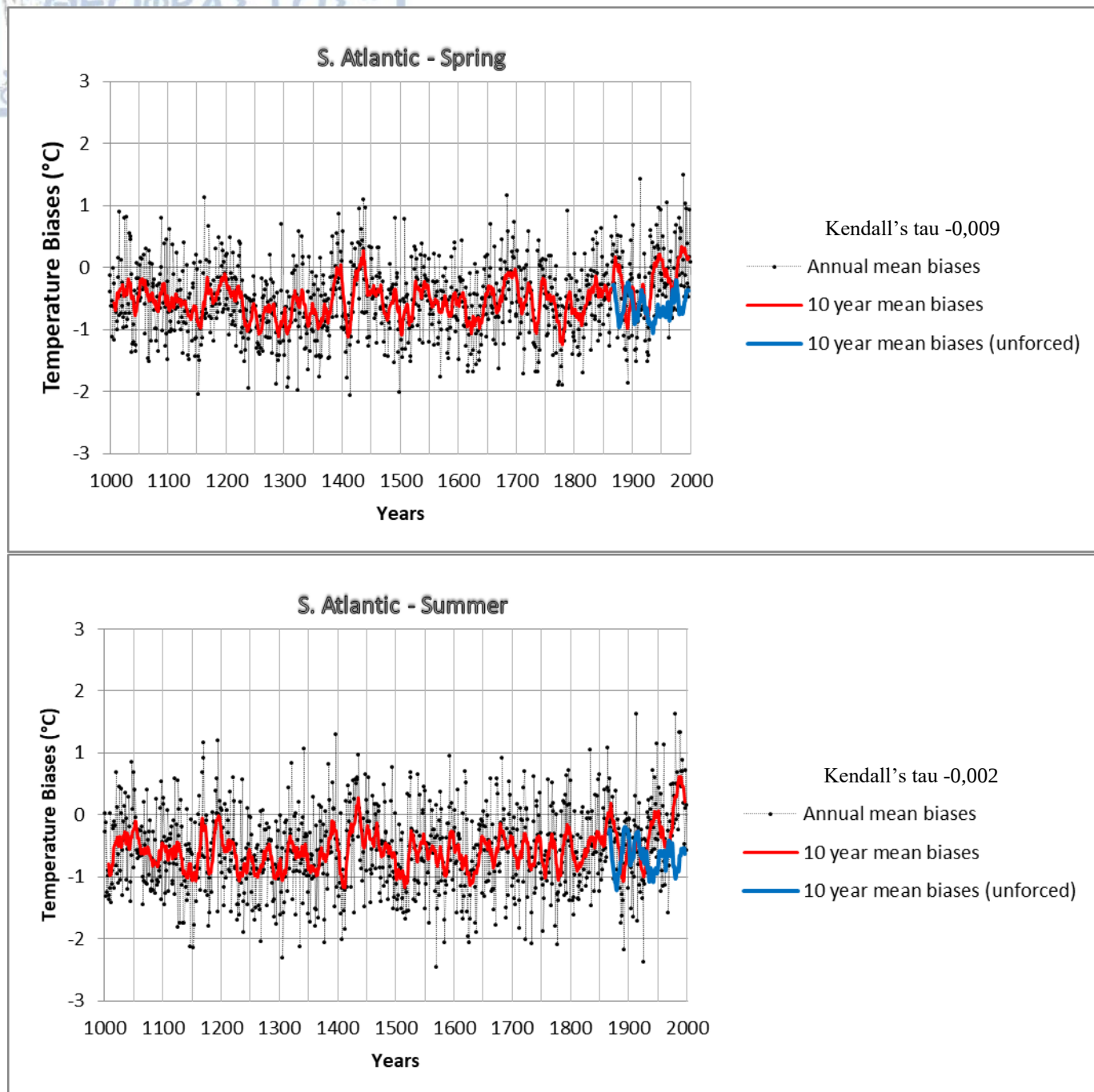
Την άνοιξη, ξεκινώντας και πάλι την ανάλυση με τη συμπεριφορά της διακύμανσης με δεδομένη την ανθρωπογενή επίδραση, φαίνεται ότι το 1987 (+1,49 °C) είναι το πιο θερμό έτος, το διάστημα 1991-2000 διακρίνεται η θερμότερη δεκαετία και η περίοδος 1901-2000 αποτελεί το θερμότερο αιώνα. Αναλόγως, το 1413 (-2,06 °C) είναι το έτος με την πιο χαμηλή τιμή θερμοκρασιακής διαφοράς, το διάστημα 1771-1780 είναι η πιο ψυχρή δεκαετία και η περίοδος 1201-1300 αναδεικνύεται ως ο πιο ψυχρός αιώνας. Βγάζοντας από την ανάλυση τον ανθρωπογενή παράγοντα, τότε με βάση τα νέα δεδομένα παρατηρείται ότι το έτος 1683 (+1,16 °C) είναι το πιο θερμό, η περίοδος 1431-1440 είναι η θερμότερη δεκαετία και το διάστημα 1001-1100 εμφανίζεται η πιο θερμή εκατονταετία. Κατά αντιστοιχία, η ψυχρότερη χρονιά είναι ξανά το έτος 1413 (-2,06 °C), η πιο ψυχρή δεκαετία είναι το διάστημα 1771-1780 ενώ η πιο ψυχρή εκατονταετία διακρίνεται η περίοδος 1201-1300.

Το καλοκαίρι, με τη συμπερίληψη της επίδρασης του ανθρώπου, φαίνεται ότι το θερμότερο έτος είναι το 1913 (+1,62 °C), θερμότερη δεκαετία αποτελεί η περίοδος 1981-1990 και ο θερμότερος αιώνας εντοπίζεται το διάστημα 1901-2000. Το πιο ψυχρό έτος είναι το έτος 1569 (-2,46 °C), ενώ η ψυχρότερη δεκαετία και εκατονταετία είναι τα διαστήματα 1621-1630 και 1201-1300 αντίστοιχα. Χωρίς να ληφθεί υπόψη ο ανθρωπογενής παράγοντας στην ανάλυση, τα δεδομένα διαμορφώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε θερμότερο έτος είναι το 1894 (+1,44 °C), το διάστημα 1431-1440 είναι η θερμότερη δεκαετία ενώ η περίοδος 1401-1500 αναδεικνύεται ως η πιο θερμή εκατονταετία. Με τον ίδιο τρόπο, φαίνεται ότι η πιο ψυχρή χρονιά είναι ξανά το έτος 1569 (-2,46 °C), η ψυχρότερη δεκαετία διακρίνεται το διάστημα 1621-1630 και η περίοδος 1201-1300 εμφανίζεται ο ψυχρότερος αιώνας. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι εκδηλώνονται έντεκα (11) περιπτώσεις όπου η θερμοκρασιακή διαφορά είναι μεγαλύτερη από 1 °C, οι περισσότερες από τις οποίες αφορούν τα τελευταία 150 χρόνια (οι ανθρωπογενείς επιδράσεις λαμβάνονται υπόψη).

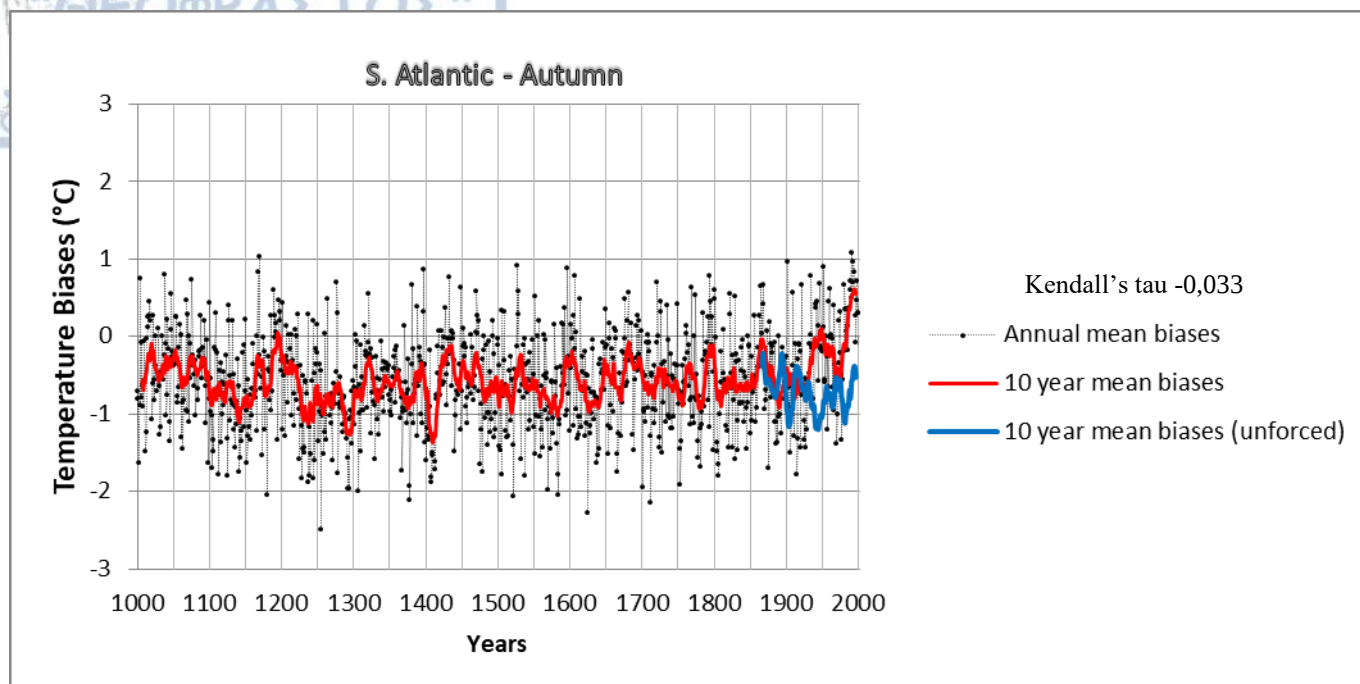
Τέλος, το φθινόπωρο και έχοντας συμπεριλάβει αρχικά τον ανθρώπινο παράγοντα, το 1990 (+ 1,08 °C) είναι το θερμότερο έτος, ενώ η πιο θερμή δεκαετία και εκατονταετία είναι οι περίοδοι 1991-2000 και 1901-2000 αντίστοιχα. Όσον αφορά το αντίθετο πρόσημο, η πιο ψυχρή χρονιά είναι το έτος 1254 (-2,49 °C), το διάστημα 1291-1300 αποτελεί την ψυχρότερη δεκαετία ενώ το διάστημα 1201-1300 είναι η ψυχρότερη εκατονταετία. Βγάζοντας την ανθρωπογενή επίδραση εκτός ανάλυσης, παρατηρείται ότι το θερμότερο έτος πλέον είναι το 1169 (+1,02 °C), η θερμότερη δεκαετία εντοπίζεται την περίοδο 1191-1200 και ο πιο θερμός αιώνας βρίσκεται στο διάστημα 1701-1800. Τέλος, το έτος 1254 (-2,49 °C) διακρίνεται και πάλι ως το πιο ψυχρό, ενώ τα διαστήματα 1291-1300 και 1201-1300 χαρακτηρίζονται ως η ψυχρότερη δεκαετία και εκατονταετία, αντίστοιχα.



Σχήμα 3.25. Όπως και στο Σχήμα 3.13, αλλά για την περιοχή του Ν. Ατλαντικού.



Σχήμα 3.25. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.25. (Συνέχεια)

Στο Σχήμα 3.26. που ακολουθεί, παρουσιάζεται η θερμοκρασιακή διακύμανση των διαφορών κατά μέσους όρους πεντηκονταετιών, για τα προηγούμενα χίλια χρόνια, αναφορικά με την περιοχή του Ν. Ατλαντικού, σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο έχοντας υπόψη και τις ανθρωπογενείς επιδράσεις για το διάστημα του 1851-2000

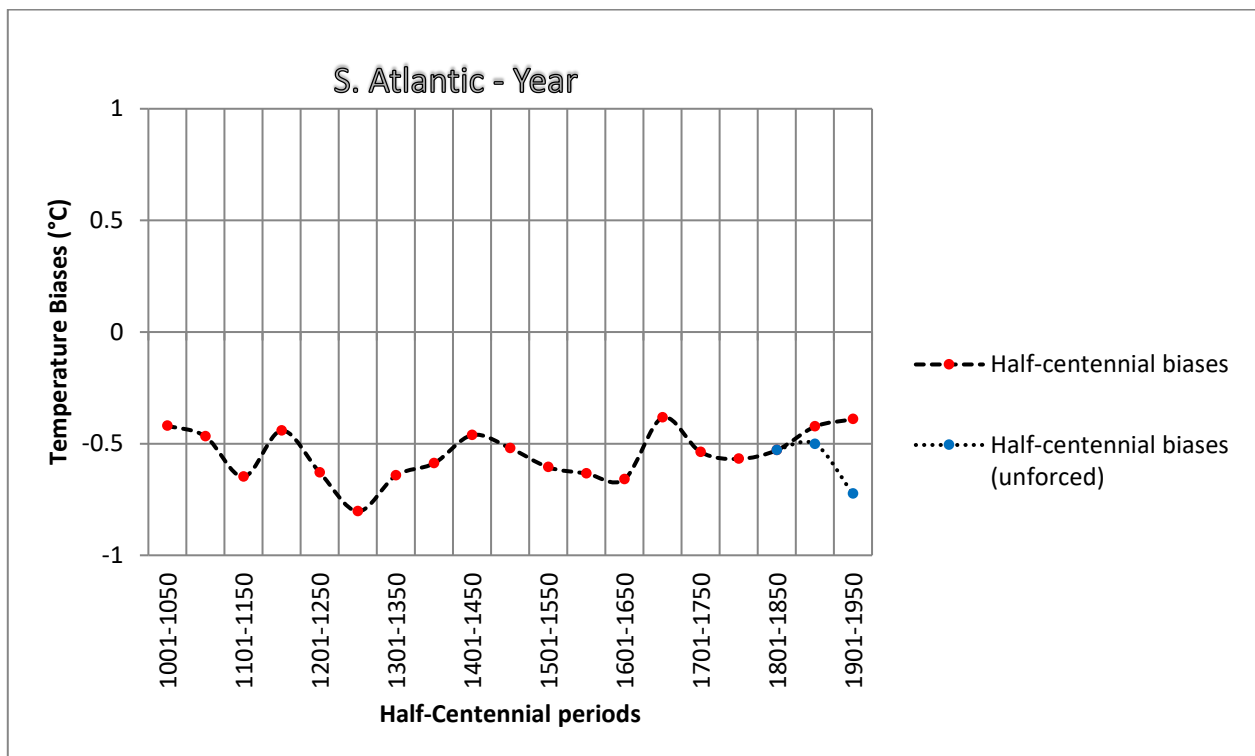
Ξεκινώντας με την ετήσια ανάλυση, παρατηρούνται δύο θερμά διαστήματα: Το πρώτο εντοπίζεται στο δεύτερο μισό του 12ου αιώνα και το δεύτερο βρίσκεται στο δεύτερο μισό του 17ου αιώνα (και η οποία αποτελεί την πιο θερμή πεντηκονταετία). Μικρότερης έντασης θερμό διάστημα, παρατηρείται και στα μέσα της χιλιετίας (1451-1500). Αντιθέτως, διακρίνονται τρεις περιπτώσεις με αρνητικές διαφορές: Το πρώτο μισό του 12ου αιώνα, το δεύτερο μισό του 13ου αιώνα (το οποίο είναι και το ψυχρότερο) και το διάστημα μεταξύ του 16ου και 17ου αιώνα.

Αρχίζοντας την εποχιακή ανάλυση με το χειμώνα, διακρίνονται οι ακόλουθες τρεις θερμότερες πεντηκονταετίες: Η πρώτη καλύπτει το δεύτερο μισό του 12ου αιώνα, η δεύτερη εντοπίζεται στο πρώτο μισό του 15ου αιώνα και η τρίτη και ταυτοχρόνως πιο έντονη βρίσκεται στο δεύτερο μισό του 17ου αιώνα. Όσο αφορά τα ψυχρότερα διαστήματα, αυτά εκτείνονται σε δύο περιόδους: Η πρώτη διαρκεί κατά το διάστημα 1200 - 1400 και η δεύτερη κατά την περίοδο 1500 - 1650. Η πιο ψυχρή πεντηκονταετία ωστόσο διακρίνεται η περίοδος 1251-1300.

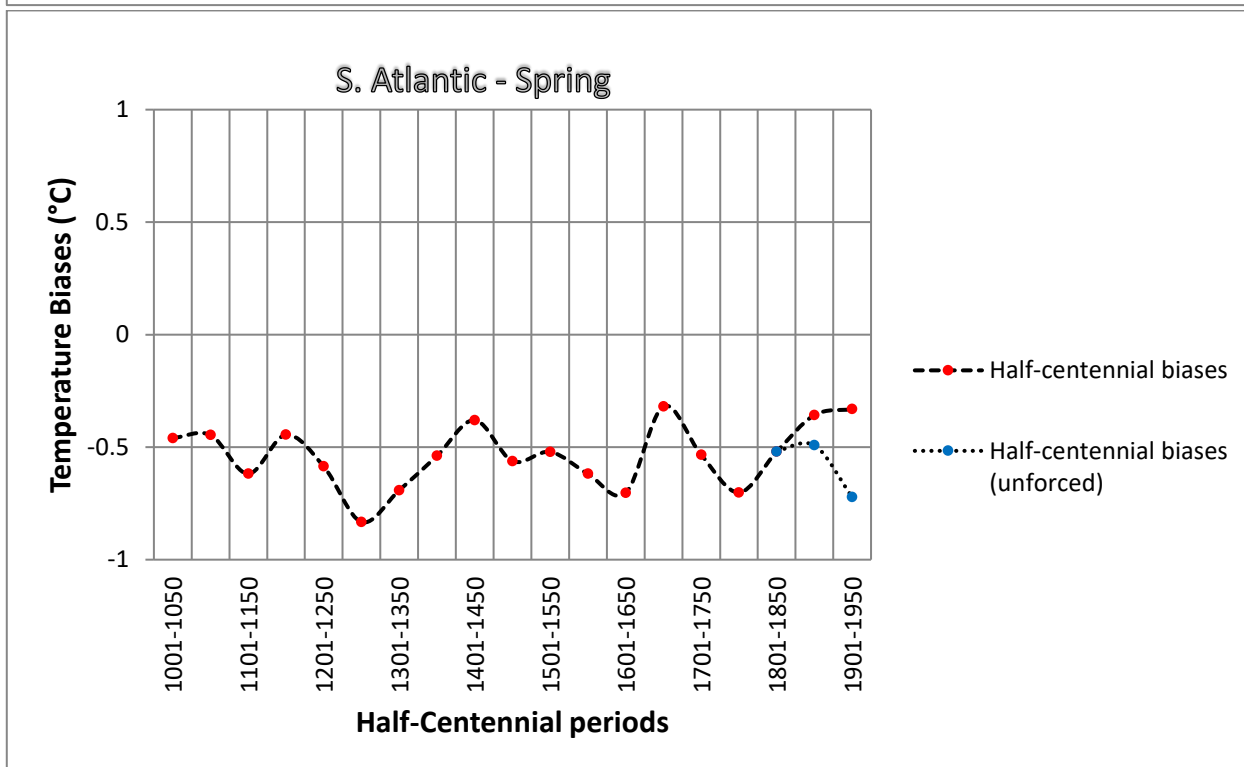
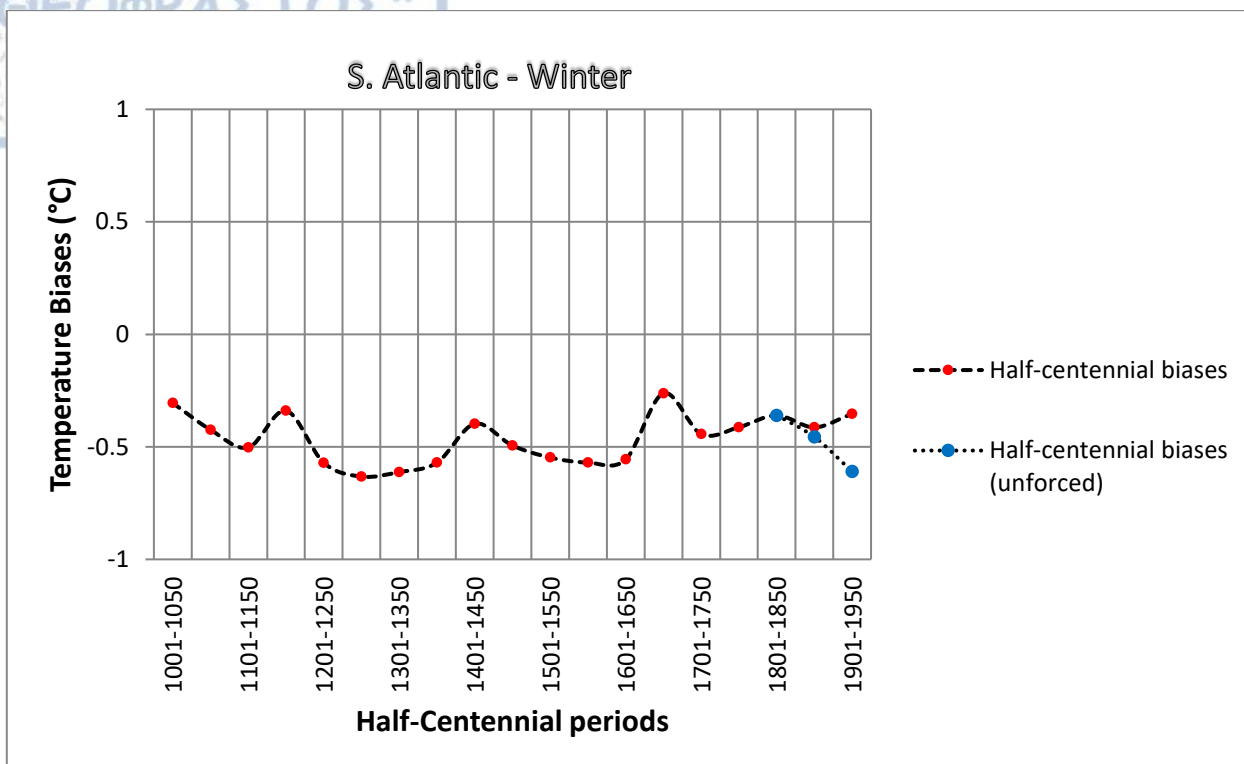
Την άνοιξη, τα θερμότερα διαστήματα βρίσκονται στον 11ο αιώνα, στο δεύτερο μισό του 12ου αιώνα, στο πρώτο μισό του 15ου αιώνα, στο δεύτερο μισό του 17ου αιώνα (το οποίο αποτελεί το θερμότερο διάστημα) καθώς επίσης και την περίοδο από το 1851-1950. Εν αντιθέσει, τα ψυχρότερα διαστήματα εμφανίζονται το δεύτερο μισό του 13ου αιώνα (το οποίο είναι και το πιο έντονο), το πρώτο μισό του 17ου αιώνα καθώς και το δεύτερο μισό του 18ου αιώνα.

Συνεχίζοντας με το καλοκαίρι, η θερμότερη πεντηκονταετία είναι η περίοδος 1401-1450 και δευτερευόντως οι ημικατονταετίες 1151-1200, 1651-1700 και 1851-1900. Από την άλλη, η πιο ψυχρή πεντηκονταετία είναι η περίοδος 1251-1300 και μικρότερης εμβέλειας οι πεντηκονταετίες 1101-1150 και 1601-1650.

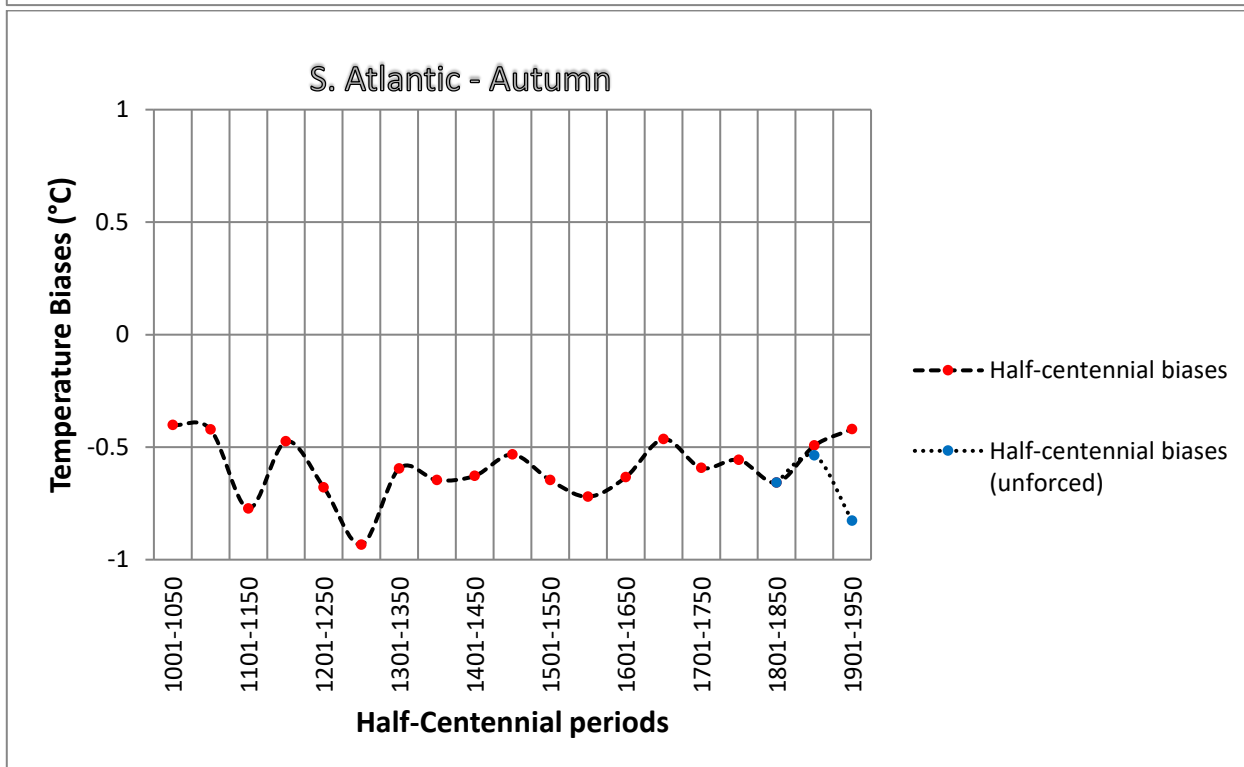
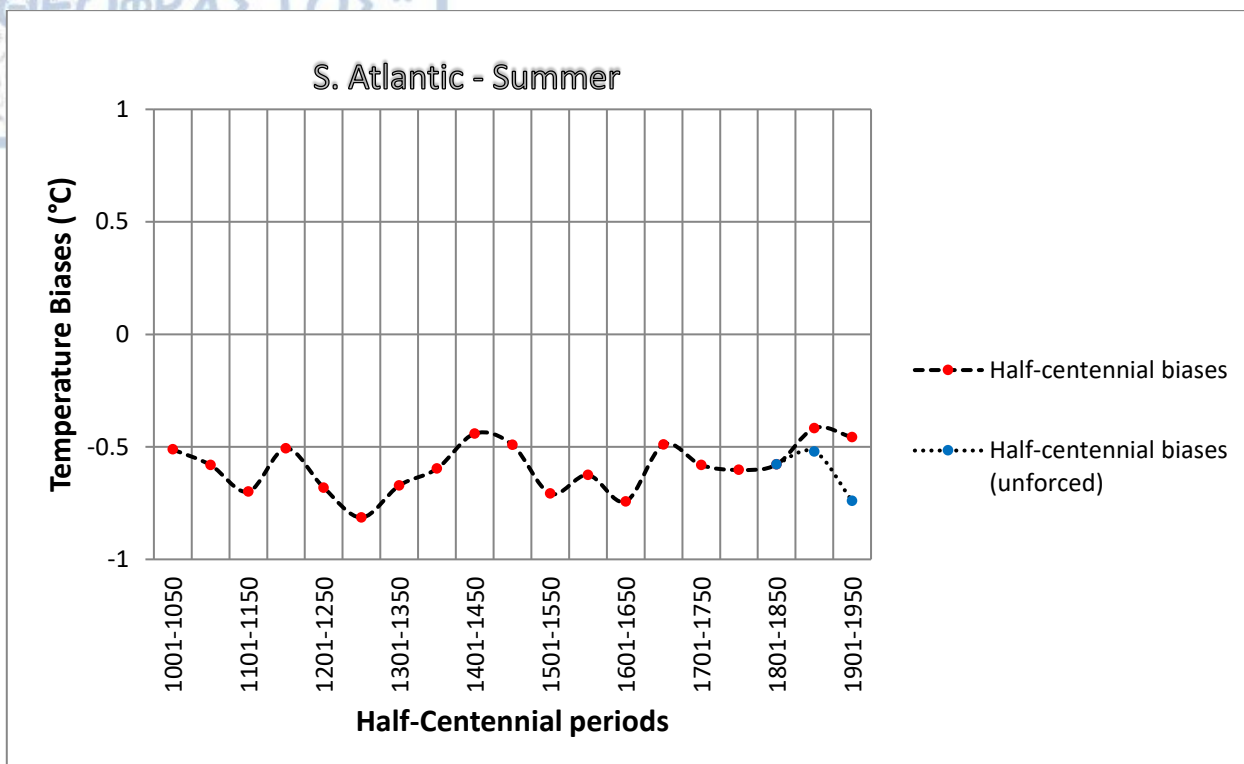
Κλείνοντας με το φθινόπωρο η θερμότερη πεντηκονταετία είναι και η πρώτη της εξεταζόμενης περιόδου (1001-1050), ενώ ακολουθούν οι περίοδοι 1151-1200, 1651-1700 και το διάστημα 1901-1950 (Α.Π) Αντιθέτως, ψυχρότερη πεντηκονταετία αναδεικνύεται το διάστημα του 13ου αιώνα ενώ έπονται οι πεντηκονταετίες 1101-1150 και 1551-1600.



Σχήμα 3.26. Όπως και στο Σχήμα 3.14. αλλά για την υποπεριοχή του Ν. Ατλαντικού.



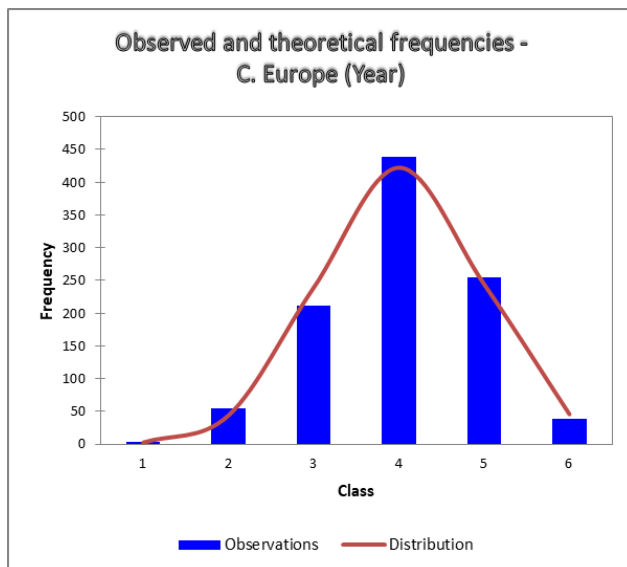
Σχήμα 3.26. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.26. (Συνέχεια)

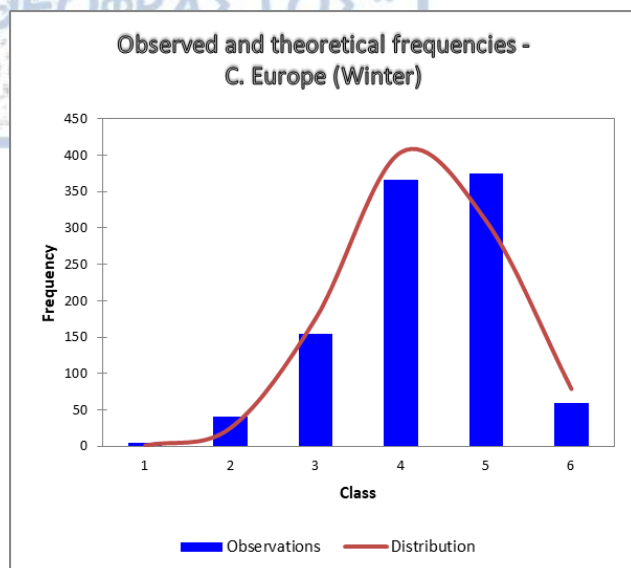
3.4.6. Κ. Ευρώπη

Στο Σχήμα 3.27. παρουσιάζονται τα ιστογράμματα συχνοτήτων των θερμοκρασιών για την Κ. Ευρώπη σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο. Οι θερμοκρασίες σε ετήσια βάση, με τη συχνότερη εμφάνιση κυμαίνονται μεταξύ 8,1 και 8,8 °C (Κλάση 4) ενώ τη μικρότερη συχνότητα εμφανίζουν οι θερμοκρασίες της τάξεως 6,0 και 6,7 °C (Κλάση 1). Σε εποχιακό επίπεδο, οι συχνότερες θερμοκρασίες το χειμώνα κυμαίνονται μεταξύ 1,0 και 2,5 °C (Κλάση 5) και αυτές με τη λιγότερη εμφάνιση μεταξύ -5,0 και -3,5 °C (Κλάση 1). Αντίστοιχα, την άνοιξη μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζουν οι θερμοκρασίες μεταξύ 6,9 και 8,2 °C (Κλάση 4) και μικρότερη συχνότητα οι θερμοκρασίες μεταξύ 3,0 και 4,3 °C (Κλάση 1). Το καλοκαίρι οι πιο συχνές θερμοκρασίες κυμαίνονται από 16,2 ως 16,9 °C (Κλάση 3) και αυτές με τη μικρότερη εμφάνιση μεταξύ 17,6 και 18,3 °C (Κλάση 5). Κατά την εποχή του φθινοπώρου μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζουν οι θερμοκρασίες μεταξύ 8,0 και 9,0 °C (Κλάση 4) ενώ μικρότερη οι θερμοκρασίες μεταξύ 5,0 και 6,0 °C (Κλάση 1). Στο σύνολο των περιπτώσεων προσεγγίζεται η κανονική κατανομή.

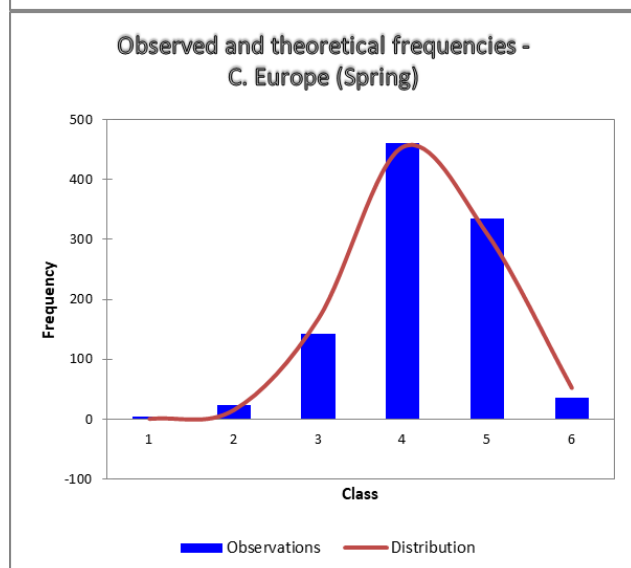


Class	Lower bound	Upper bound
1	6,0	6,7
2	6,7	7,4
3	7,4	8,1
4	8,1	8,8
5	8,8	9,5
6	9,5	10,2

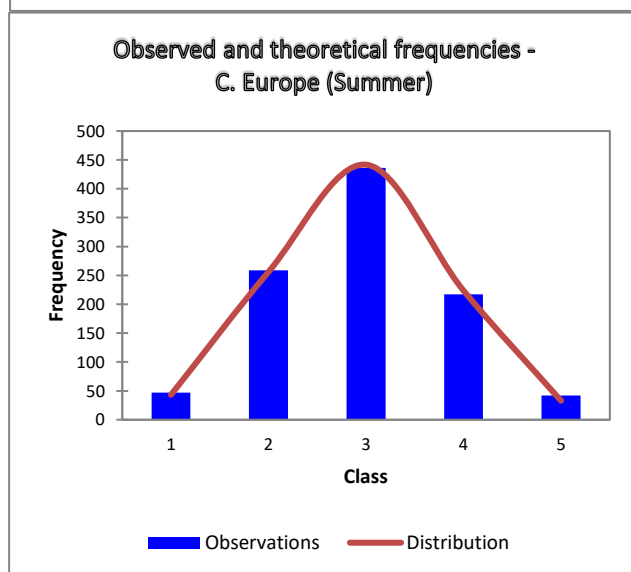
Σχήμα 3.27. Όπως και στο Σχήμα 3.12. αλλά για την υποπεριοχή της Κ. Ευρώπης.



Class	Lower bound	Upper bound
1	-5,0	-3,5
2	-3,5	-2,0
3	-2,0	-0,5
4	-0,5	1,0
5	1,0	2,5
6	2,5	4,0

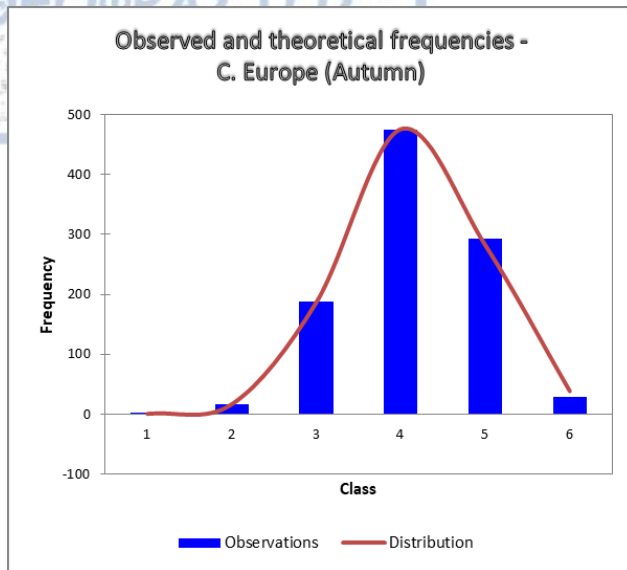


Class	Lower bound	Upper bound
1	3,0	4,3
2	4,3	5,6
3	5,6	6,9
4	6,9	8,2
5	8,2	9,5
6	9,5	10,8



Class	Lower bound	Upper bound
1	14,8	15,5
2	15,5	16,2
3	16,2	16,9
4	16,9	17,6
5	17,6	18,3

Σχήμα 3.27. (Συνέχεια)



Class	Lower bound	Upper bound
1	5,0	6,0
2	6,0	7,0
3	7,0	8,0
4	8,0	9,0
5	9,0	10,0
6	10,0	11,0

Σχήμα 3.27. (Συνέχεια)

Στο Σχήμα 3.28. εκτίθεται η διακύμανση των θερμοκρασιακών διαφορών σε ετήσια και εποχιακή ανάλυση για την περίοδο 1000 – 2000 στην περιοχή της Κ. Ευρώπης ενώ συμπληρωματικά φαίνεται και η επίδραση σε αυτή του ανθρωπογενούς παράγοντα ειδικά για την περίοδο 1851-2000.

Ξεκινώντας από την ετήσια βάση και λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση του ανθρώπου, φαίνεται ότι το 1986 (+1,57 °C) είναι το θερμότερο έτος, το διάστημα 1981-1990 εντοπίζεται η θερμότερη δεκαετία και η περίοδος 1901-2000 εμφανίζεται η θερμότερη εκατονταετία. Αντίστοιχα, το έτος 1142 (-2,79 °C) καταγράφεται ως το πιο ψυχρό, το διάστημα 1361-1370 διακρίνεται ως η πιο ψυχρή δεκαετία ενώ η περίοδος 1301-1400 χαρακτηρίζεται ως η ψυχρότερη εκατονταετία. Χωρίς τη συμπερίληψη του ανθρώπινου παράγοντα, η κατάσταση διαμορφώνεται ως ακολούθως: Συγκεκριμένα, το έτος 1510 (+1,30 °C) είναι το θερμότερο που παρατηρείται, η περίοδος 1521-1530 είναι η θερμότερη δεκαετία που καταγράφεται ενώ το διάστημα 1401-1500 αποτελεί την πιο θερμή εκατονταετία της ανάλυσης. Κατά τον ίδιο τρόπο, το έτος 1142 (-2,79 °C) διαμορφώνεται ξανά ως το πιο ψυχρό, το διάστημα 1141 – 1150 καταγράφεται ως η ψυχρότερη δεκαετία ενώ το διάστημα 1901-2000 αποτελεί τον πιο ψυχρό αιώνα.

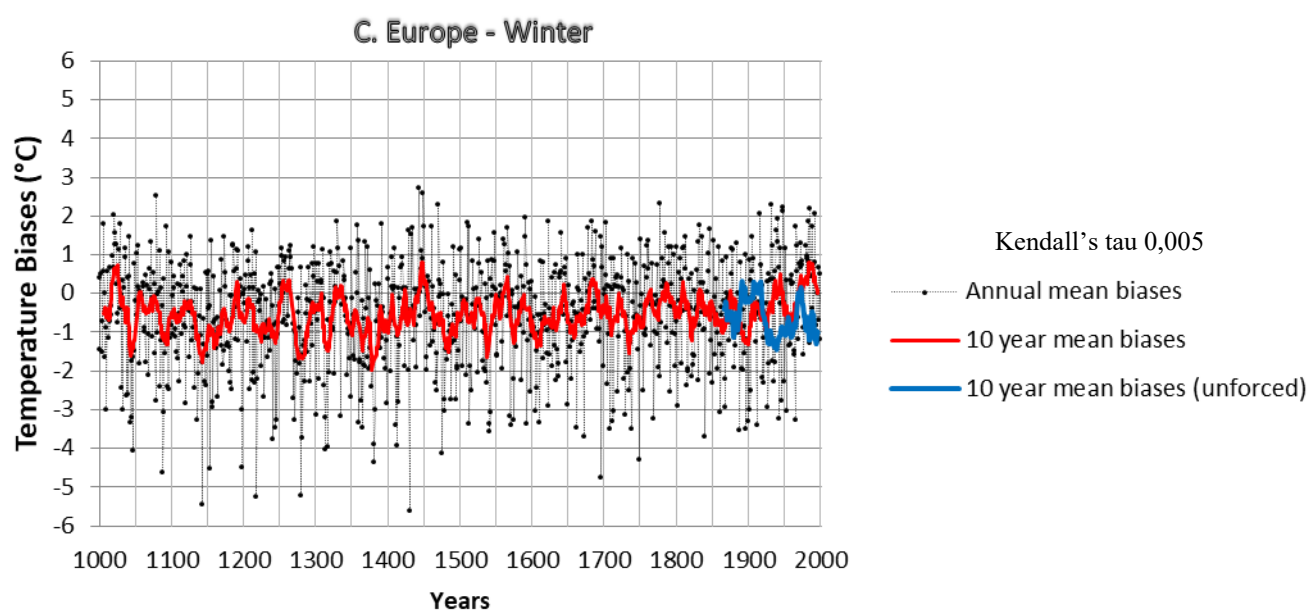
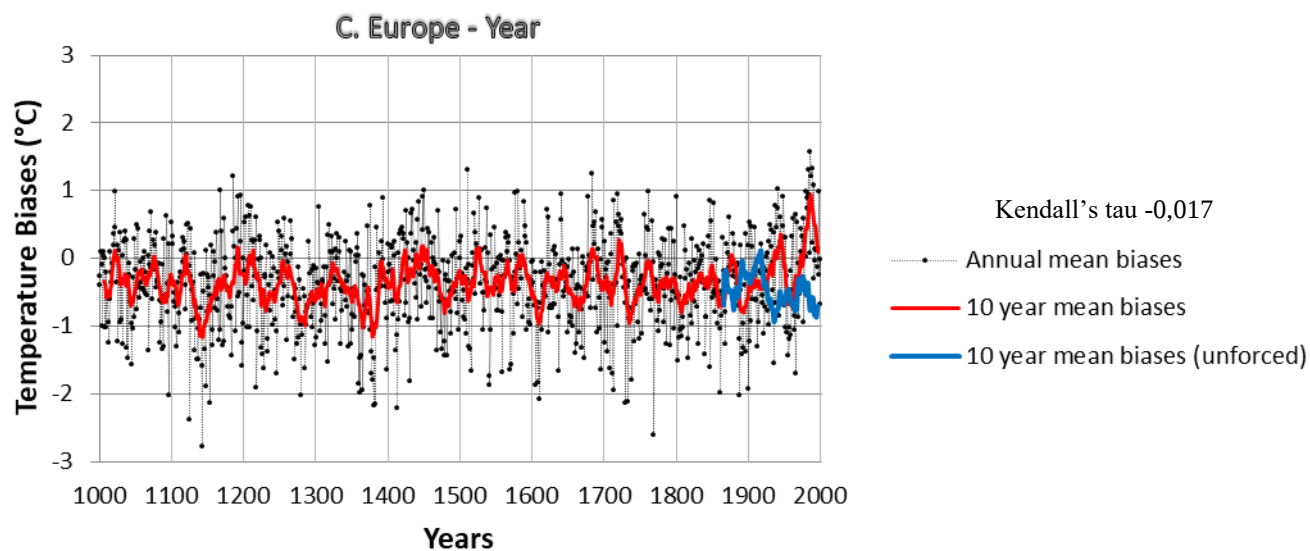
Αρχίζοντας την εποχιακή ανάλυση από το χειμώνα και συμπεριλαμβάνοντας αρχικά τη συμβολή του ανθρώπινου παράγοντα, παρατηρείται ότι το έτος 1443 (+2,71 °C) είναι το πιο θερμό, ενώ τα διαστήματα 1441-1450 και 1901-2000 αποτελούν την πιο θερμή δεκαετία και εκατονταετία αντίστοιχα. Ακόμη, το 1430 (-5,62 °C) διαμορφώνεται ως το πιο ψυχρό έτος, με τη δεκαετία 1311-1320 και την εκατονταετία 1301-1400 να είναι τα αντίστοιχα πιο ψυχρά διαστήματα. Χωρίς την επιρροή του ανθρώπινου παράγοντα, η εικόνα που διαμορφώνεται είναι η ακόλουθη: Αρχικά το θερμότερο έτος είναι ξανά το 1443 (+2,71 °C), ενώ θερμότερη δεκαετία είναι το διάστημα 1441-1450

και θερμότερος αιώνας διακρίνεται η περίοδος 1801-1900. Κατά αναλογία, ψυχρότερο έτος αποτελεί και πάλι το έτος 1430 (-5,62 °C), ενώ πιο ψυχρή δεκαετία και εκατονταετία συνιστούν τα διαστήματα 1311-1320 και 1301-1400 αντίστοιχα. Τέλος, επισημαίνεται ότι προκύπτουν τέσσερις (4) περιπτώσεις όπου σημειώνεται θερμοκρασιακή διαφορά μικρότερη του -5 (<-5: 1142, 1218, 1279, 1430).

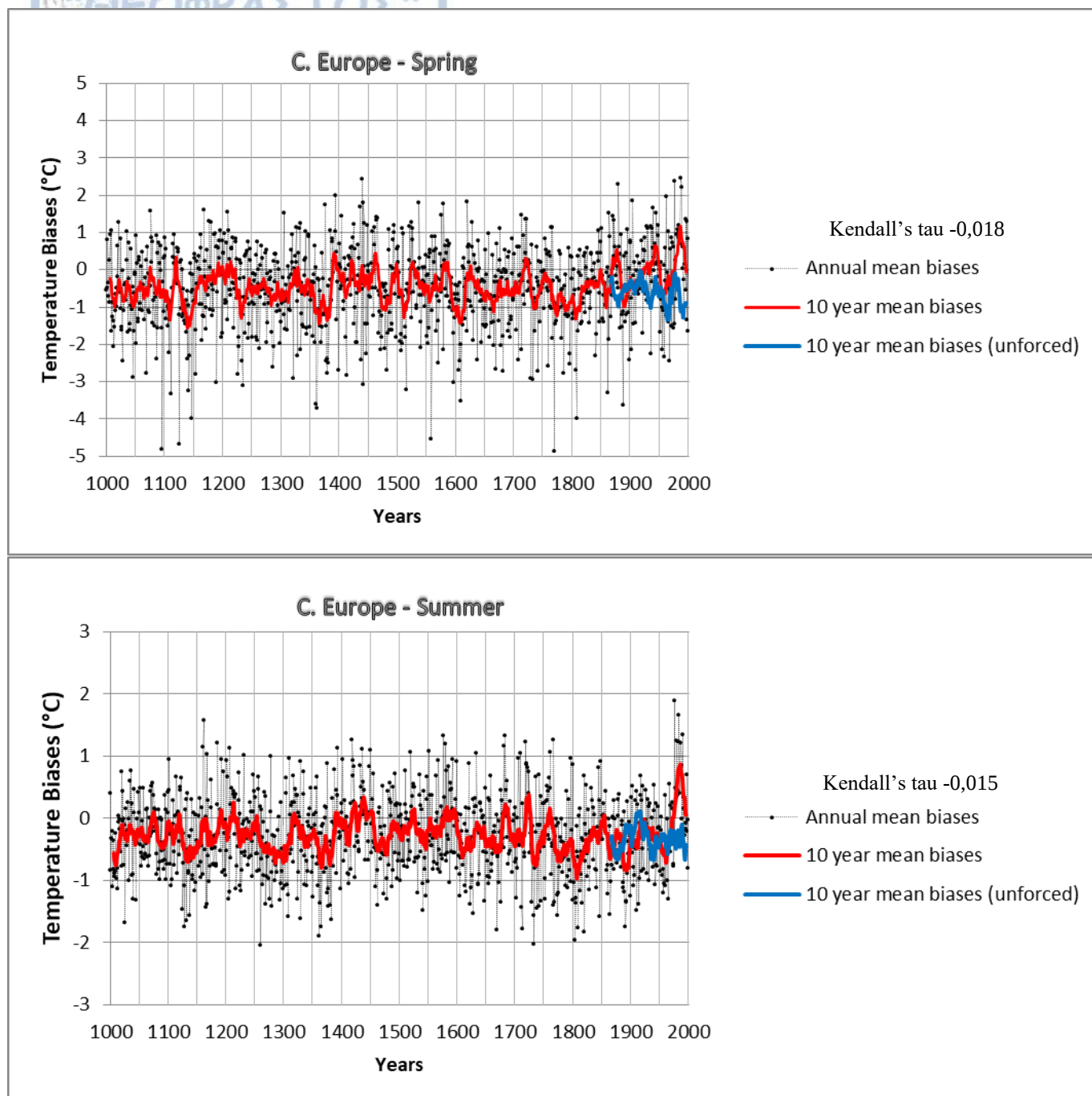
Συνεχίζοντας με την άνοιξη και έχοντας υπόψη την ανθρώπινη επίδραση, το 1987 (+2,46 °C) φαίνεται ότι είναι το θερμότερο έτος, το διάστημα 1981-1990 αποτελεί τη θερμότερη δεκαετία και η περίοδος 1901-2000 συνιστά το θερμότερο αιώνα. Από την άλλη, το έτος 1769 (-4,88 °C) διαμορφώνεται ως το ψυχρότερο της υπό εξέταση περιόδου, η περίοδος 1321-1330 φαίνεται ότι είναι η ψυχρότερη δεκαετία και το διάστημα 1601-1700 παρουσιάζεται η ψυχρότερη εκατονταετία. Παραλείποντας τον ανθρώπινο παράγοντα από την ανάλυση, η κατάσταση τροποποιείται ως εξής: Το θερμότερο έτος αποτελεί το 1440 (+2,42 °C), η θερμότερη δεκαετία είναι η περίοδος 1521-1530 ενώ η αντίστοιχη εκατονταετία φαίνεται ότι αποτελεί το διάστημα 1401-1500. Κατά τον ίδιο τρόπο, ψυχρότερο έτος φαίνεται να διακρίνεται και πάλι το 1769 (-4,88 °C), ενώ ως ψυχρότερη δεκαετία και εκατονταετία αναδεικνύονται οι περίοδοι 1361-1370 και 1601-1700 αντίστοιχα.

Το καλοκαίρι, με συνυπολογισμό του ανθρώπινου παράγοντα, το 1976 (+1,88 °C) αποτελεί το θερμότερο έτος. Το διάστημα 1981-1990 είναι η θερμότερη δεκαετία ενώ η περίοδος 1901-2000 διαμορφώνεται ως ο πιο θερμός αιώνας του εξεταζόμενου διαστήματος των χιλίων χρόνων. Ακολούθως, το έτος 1260 (-2,05 °C) σημειώθηκε ως το πιο ψυχρό της περιόδου, το διάστημα 1801-1810 αποτέλεσε την πιο ψυχρή δεκαετία ενώ η περίοδος 1801-1900 χαρακτηρίστηκε ως ο ψυχρότερος αιώνας. Μη λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση του ανθρώπου, τότε το 1162 (+1,57 °C) διαμορφώνεται ως το θερμότερο έτος, η περίοδος 1431-1440 αποτελεί την πιο θερμή δεκαετία και το διάστημα 1801-1900 φαίνεται να είναι η θερμότερη εκατονταετία. Κατά ακολουθία, το 1260 (-2,05 °C) είναι ξανά το πιο ψυχρό έτος, με την περίοδο 1801-1810 να είναι η πιο ψυχρή δεκαετία και το διάστημα 1801-1900 να συνιστά τον ψυχρότερο αιώνα.

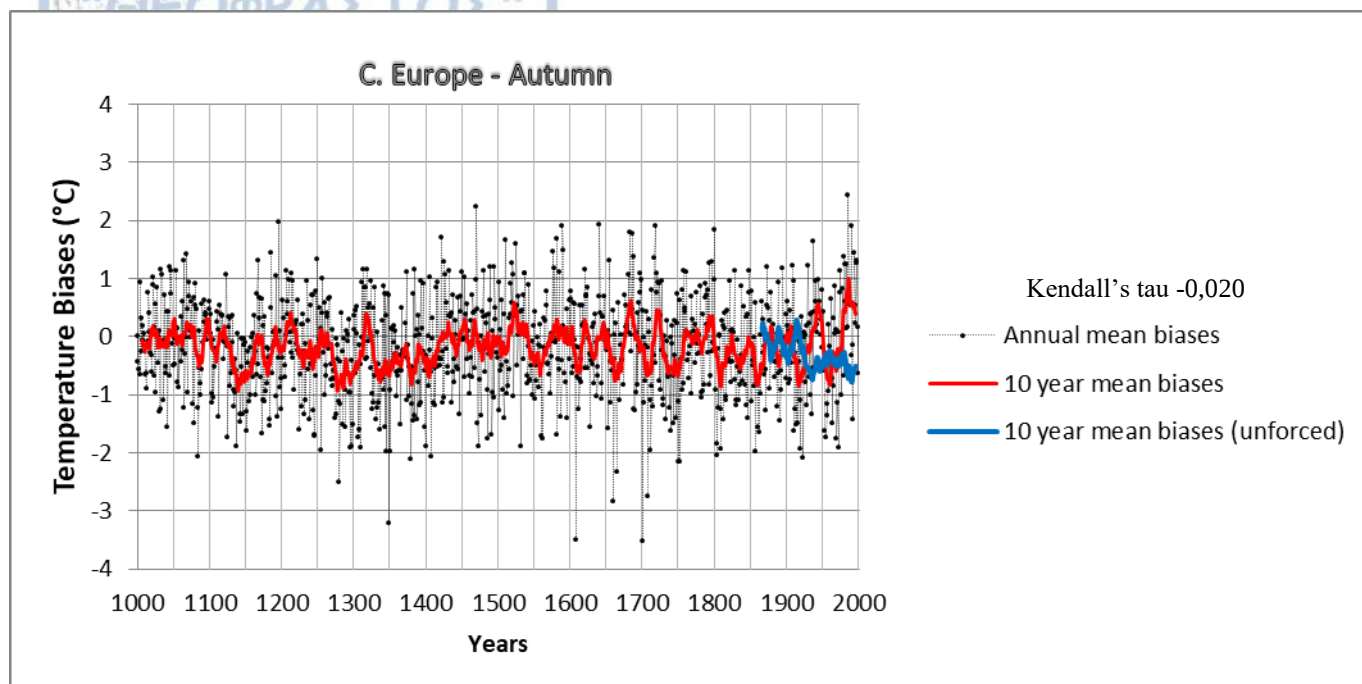
Τέλος, το φθινόπωρο, με τη συμπερίληψη των ανθρωπογενών επιδράσεων, η κατάσταση που διαμορφώνεται είναι τέτοια όπου το 1986 (+2,42 °C) αποτελεί το θερμότερο έτος, το διάστημα 1981-1990 δείχνει να είναι η πιο θερμή δεκαετία ενώ η περίοδος 1001-1100 παρουσιάζεται η πιο θερμή εκατονταετία. Όσον αφορά τις χαμηλότερες θερμοκρασιακές διαφορές αυτές είναι οι εξής: Το ψυχρότερο έτος είναι το 1700 (-3,52 °C), ενώ τα διαστήματα 1911-1920 και 1301-1400 αποτελούν την ψυχρότερη δεκαετία και εκατονταετία αντίστοιχα. Η κατάσταση που δημιουργείται χωρίς τη συμβολή του ανθρωπογενούς παράγοντα είναι η ακόλουθη: Το 1470 (+2,22 °C) αποτελεί το πιο θερμό έτος, το διάστημα 1301-1310 είναι η θερμότερη δεκαετία και η περίοδος 1001-1100 αποτελεί τον πιο θερμό αιώνα. Με την ίδια λογική, ψυχρότερο έτος συνιστά και πάλι το 1700 (-3,52 °C), ενώ η πιο ψυχρή δεκαετία και η πιο ψυχρή εκατονταετία αναπαριστώνται στα διαστήματα 1271-1280 και 1901-2000 αντίστοιχα. Τέλος, παρατηρείται ότι σημειώνονται τρεις (3) περιπτώσεις όπου η θερμοκρασιακή διαφορά είναι μικρότερη του -3 (<-3: 1348, 1608, 1700).



Σχήμα 3.28. Όπως και στο Σχήμα 3.13. αλλά για την περιοχή της Κ. Ευρώπης.



Σχήμα 3.28. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.28. (Συνέχεια)

Στο Σχήμα 3.29. που παρατίθεται στη συνέχεια, φαίνεται η διακύμανση των θερμοκρασιακών διαφορών σε μέσους όρους πεντηκονταετιών, για τα τελευταία 1000 χρόνια (1000-2000) για την περιοχή της Κ. Ευρώπης σε ετήσια και εποχιακή ανάλυση. Ταυτόχρονα συμπεριλαμβάνεται και η επίδραση του ανθρώπου για το διάστημα 1851-2000.

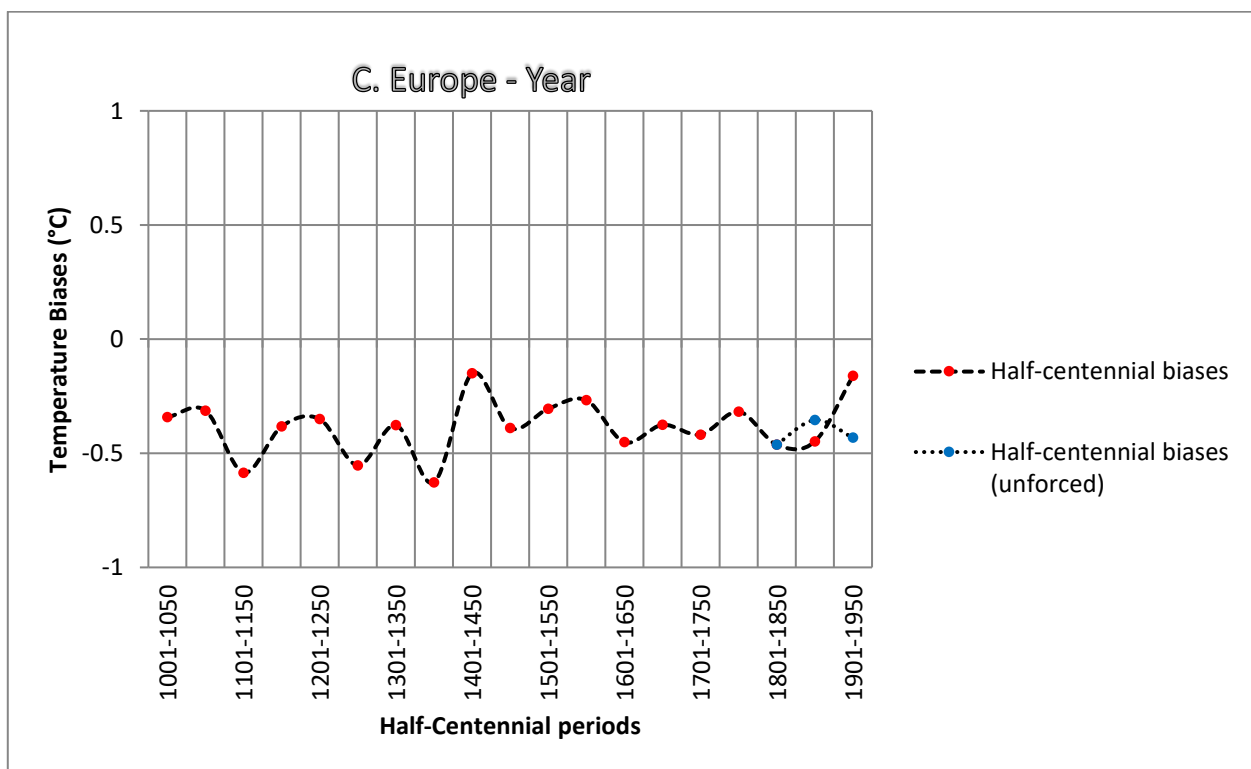
Εκκινώντας την ετήσια ανάλυση, τα θερμότερα διαστήματα εντοπίζονται στο δεύτερο μισό του 12ου αιώνα στο πρώτο μισό του 15ου αιώνα καθώς και στο δεύτερο μισό του 17ου αιώνα. Αν συμπεριληφθεί και ο ανθρώπινος παράγοντας, τότε μια ανάλογη θερμή πεντηκονταετία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και το πρώτο μισό του 20ου αιώνα. Όσον αφορά τα ψυχρά διαστήματα, αυτά εντοπίζονται στο πρώτο μισό του 12ου αιώνα, στο δεύτερο μισό του 13ου αιώνα (που είναι και το πιο ψυχρό διάστημα) καθώς και στην περίοδο 1501- 1650.

Συνεχίζοντας με την εποχιακή ανάλυση, το χειμώνα οι θερμότερες πεντηκονταετίες είναι τρεις: Η πρώτη καλύπτει το διάστημα 1001-1050, η δεύτερη αφορά την περίοδο 1401-1450 και η τελευταία (που είναι και η θερμότερη) αφορά την πεντηκονταετία 1751-1800. Αντίθετα, δύο είναι οι χαρακτηριστικότερες περιόδους στις οποίες σημειώνονται οι χαμηλότερες θερμοκρασιακές διαφορές. Η πρώτη διαρκεί το διάστημα 1101-1300 και η δεύτερη την περίοδο 1351-1400. Την εποχή της άνοιξης, διακρίνονται τρία θερμά διαστήματα: Το πρώτο εντοπίζεται στο δεύτερο μισό του 12ου αιώνα, το δεύτερο εμφανίζεται στο πρώτο μισό του 15ου αιώνα και το τρίτο διακρίνεται στο δεύτερο μισό του 17ου αιώνα (η οποία είναι και η θερμότερη περίοδος). Αν συμπεριληφθεί ο ανθρώπινος παράγοντας, ένα ακόμη θερμό διάστημα είναι το πρώτο μισό του 20ου αιώνα. Εν αντιθέσει, τα ψυχρότερα διαστήματα αφορούν το πρώτο μισό του δωδέκατου αιώνα, το δεύτερο μισό του 13ου αιώνα (το οποίο

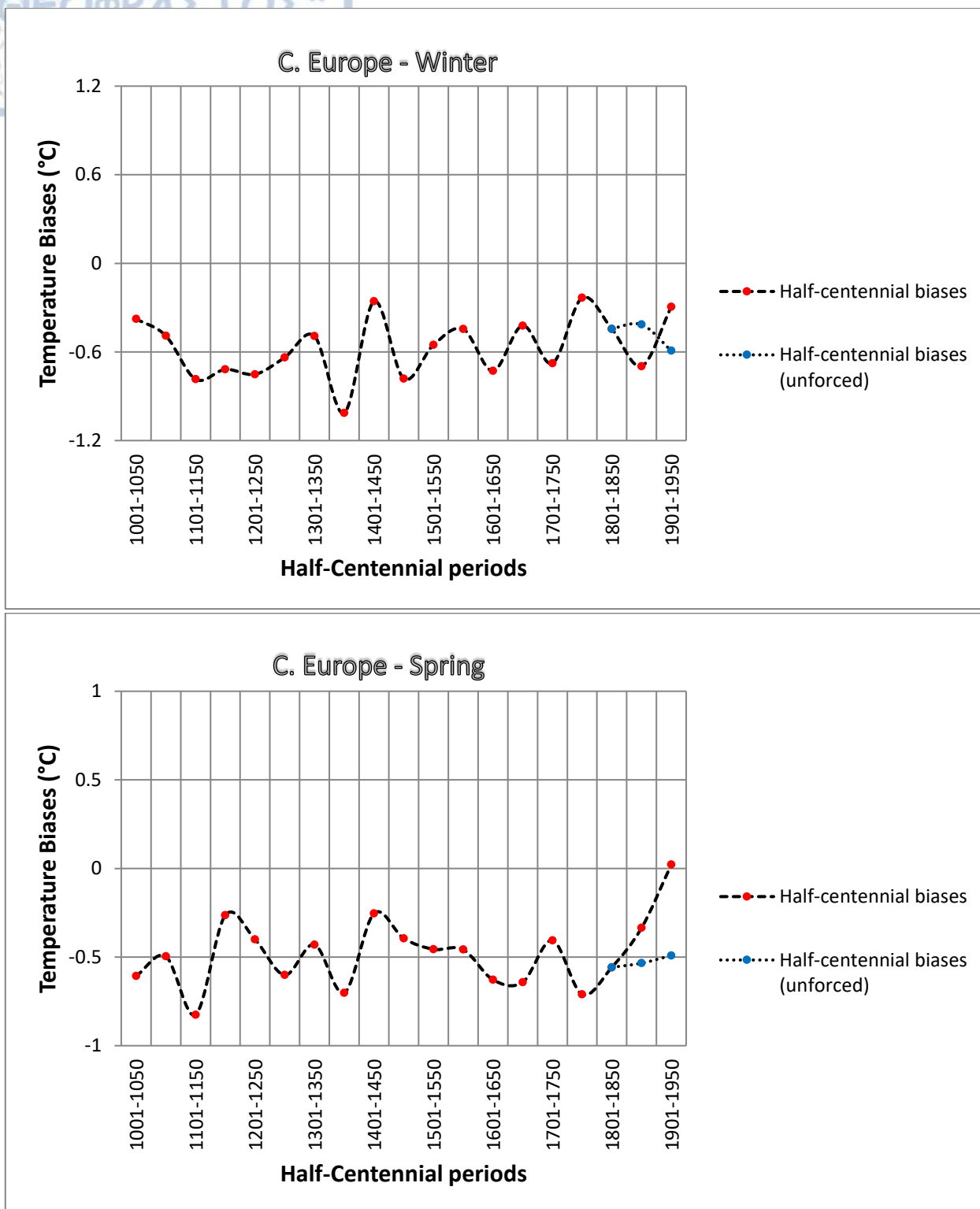
είναι και το μεγαλύτερο σε ένταση) καθώς και το πρώτο μισό του 17ου και το δεύτερο μισό του 18ου αιώνα.

Το καλοκαίρι, τα θερμότερα διαστήματα αφορούν το πρώτο μισό του 15ου αιώνα (που είναι και το πιο έντονο) και δευτερευόντως, οι πεντηκονταετίες 1201-1250, 1551-1600. Τα ψυχρότερα διαστήματα, εκδηλώνονται στο πρώτο μισό του 12ου αιώνα, στο δεύτερο μισό του 13ου αιώνα (που είναι και το ψυχρότερο) καθώς και στο πρώτο μισό του 19ου αιώνα.

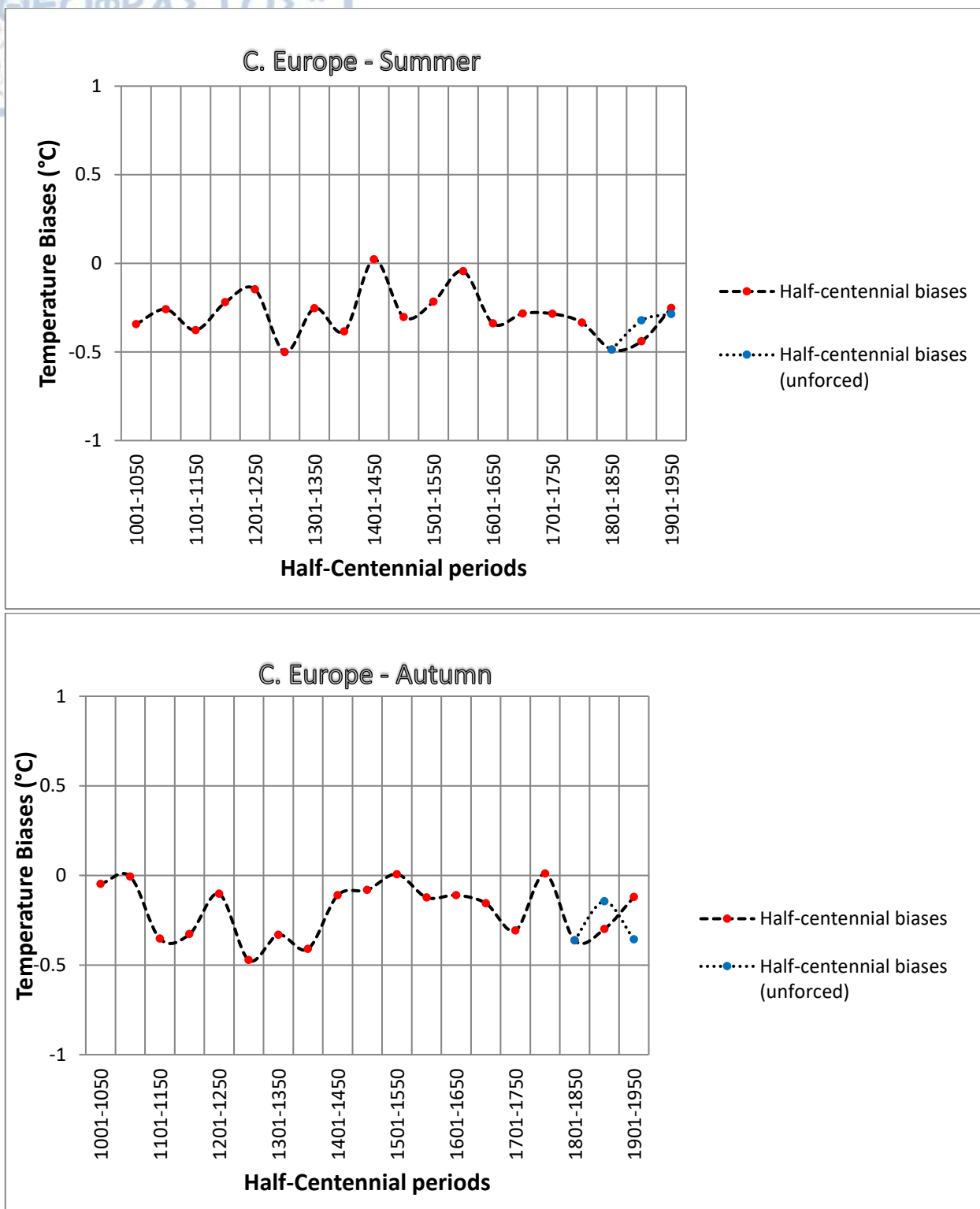
Ολοκληρώνοντας με την ανάλυση του φθινοπώρου, η πιο θερμή πεντηκονταετία αποτελεί το δεύτερο μισό του 11ου αιώνα και ακολουθούν, το πρώτο μισό του 16ου αιώνα, το δεύτερο μισό του 18ου αιώνα και το πρώτο μισό του 20ου αιώνα εφόσον συμπεριληφθεί ο ανθρώπινος παράγοντας. Από την άλλη, οι ψυχρότεροι περίοδοι, βρίσκονται στο πρώτο μισό του 12ου αιώνα, καθώς και στο δεύτερο μισό του 13ου αιώνα (το οποίο αποτελεί και το ψυχρότερο διάστημα).



Σχήμα 3.29. Όπως και στο Σχήμα 3.14. αλλά για την υποπεριοχή της Κ. Ευρώπης.



Σχήμα 3.29. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.29. (Συνέχεια)

3.5. Ακραίες θερμοκρασίες στις 6 υποπεριοχές στη διάρκεια της προηγούμενης χιλιετίας

Στην υποενότητα αυτή, παρουσιάζονται ορισμένα σχήματα που αναπαριστούν τον αριθμό των κατώτατων (<5%) και ανώτατων (>95%) ακραίων μέσων ετήσιων και εποχιακών θερμοκρασιών για κάθε υποπεριοχή, όπως αυτός κατανέμεται σε κάθε πεντηκονταετία κατά την προηγούμενη χιλιετία. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός των ακραίων έχει γίνει χωριστά για τα ετήσια και εποχιακά δεδομένα. Σκοπός των εποχιακών αναλύσεων είναι να φανεί ο αριθμός των ακραίων τιμών σε κάθε μία εποχή, για να διαπιστωθεί ποιες περιόδους κατά την περασμένη χιλιετία, εμφάνισαν τις περισσότερες ή λιγότερες ακραίες τιμές. Επισημαίνεται τέλος ότι, δεν λαμβάνεται υπόψη ο ανθρωπογενής παράγοντας στις παρακάτω αναλύσεις.

3.5.1. ΒΑ. Ευρώπη

Το Σχήμα 3.30. παρουσιάζει την κατανομή του αριθμού των μέσων ετήσιων θερμοκρασιών για κάθε πεντηκονταετία, που σημειώθηκαν στη ΒΑ. Ευρώπη σε ετήσιο και σε εποχιακό επίπεδο.

Συγκεκριμένα, σε ετήσια ανάλυση φαίνεται να ξεχωρίζει η περίοδος 1351-1400 όπου και σημειώθηκαν τα περισσότερα θερμά και ψυχρά ακραία, καθώς 10 από τα 50 χρόνια της περιόδου αυτής παρουσιάζονται από πέντε ακραία θερμές και πέντε ακραία ψυχρές ετήσιες θερμοκρασιακές τιμές. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η περίοδος 1501-1550 με πέντε ακραία θερμές και τρεις ακραία ψυχρές ετήσιες θερμοκρασιακές τιμές. Αντιθέτως, οι περίοδοι με τις λιγότερες τιμές είναι τα διαστήματα 1051-1100 και 1301-1350. Ο 20^{ος} αιώνας χαρακτηρίζεται για τη μεγάλη εμφάνιση ψυχρών επεισοδίων ενώ ο 17^{ος} για τα λιγότερα.

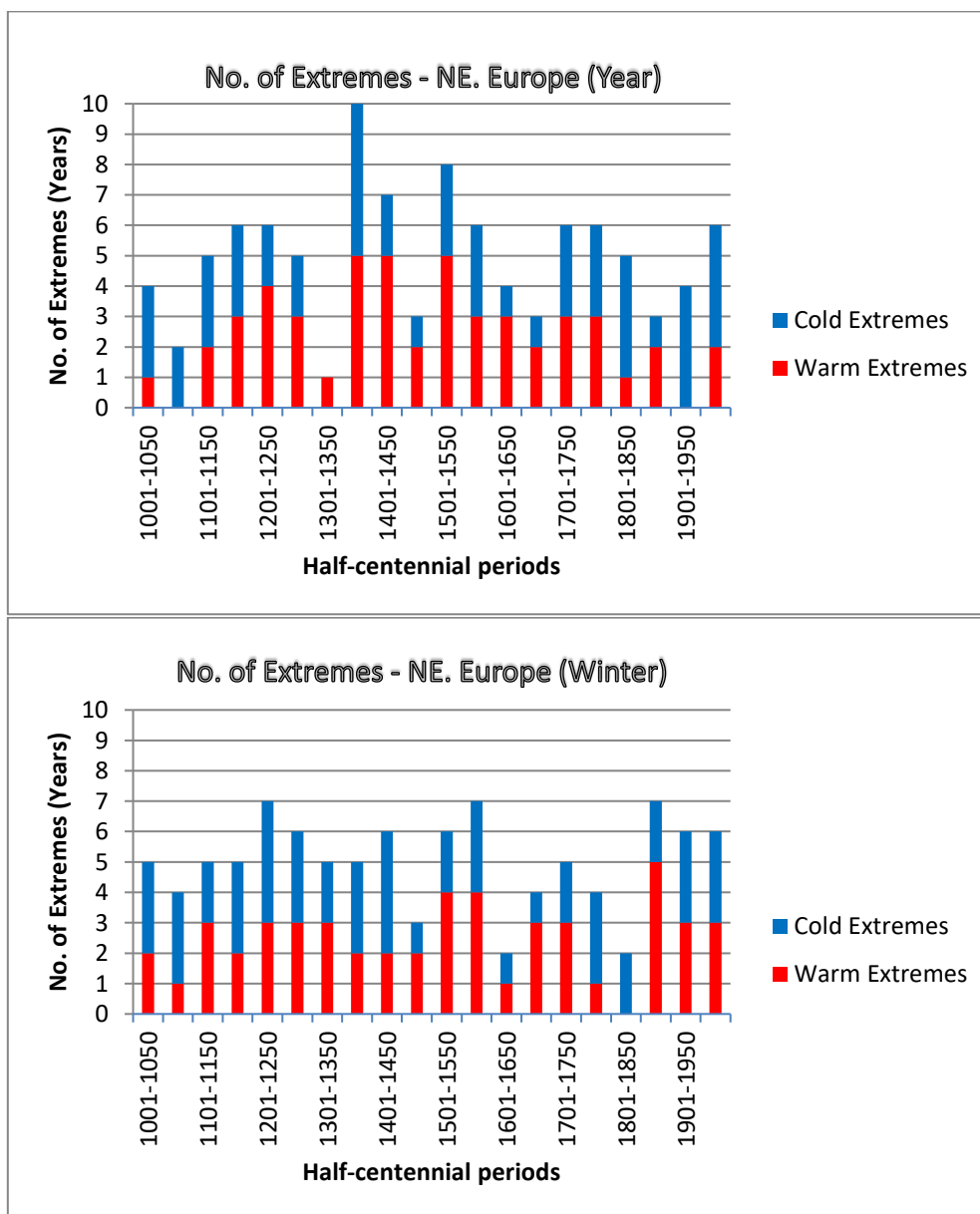
Το χειμώνα, το σύνολο των ακραίων εκδηλώνονται στις πεντηκονταετίες 1201-1250 (ψυχρά στην πλειοψηφία), 1551-1600 και 1851-1900 ενώ τα λιγότερα εντοπίζονται στα διαστήματα 1601-1650 και 1801-1850. Αναφορικά με τα θερμά ακραία τα πιο πολλά αποτυπώνονται στο διάστημα 1851-1900.ενώ στο πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα δεν εντοπίζεται κανένα. Η πεντηκονταετία 1301-1350 είναι χαρακτηριστική για την απουσία ψυχρών επεισοδίων.

Όσον αφορά την άνοιξη, η πλειοψηφία των ακραίων (εκ των οποίων μάλιστα είναι ψυχρά) διακρίνονται κατά τα διαστήματα 1351-1450 και 1751-1800 ενώ η μικρότερη τιμή ακραίων εντοπίζεται στην πεντηκονταετία 1301-1350 με μία μόλις ακραία μέγιστη τιμή. Τα θερμά ακραία βρίσκονται κυρίως στο πρώτο μισό του 15^{ου} και 18^{ου} αιώνα, ενώ το διάστημα 1651-1700 δεν παρουσιάζεται κανένα.

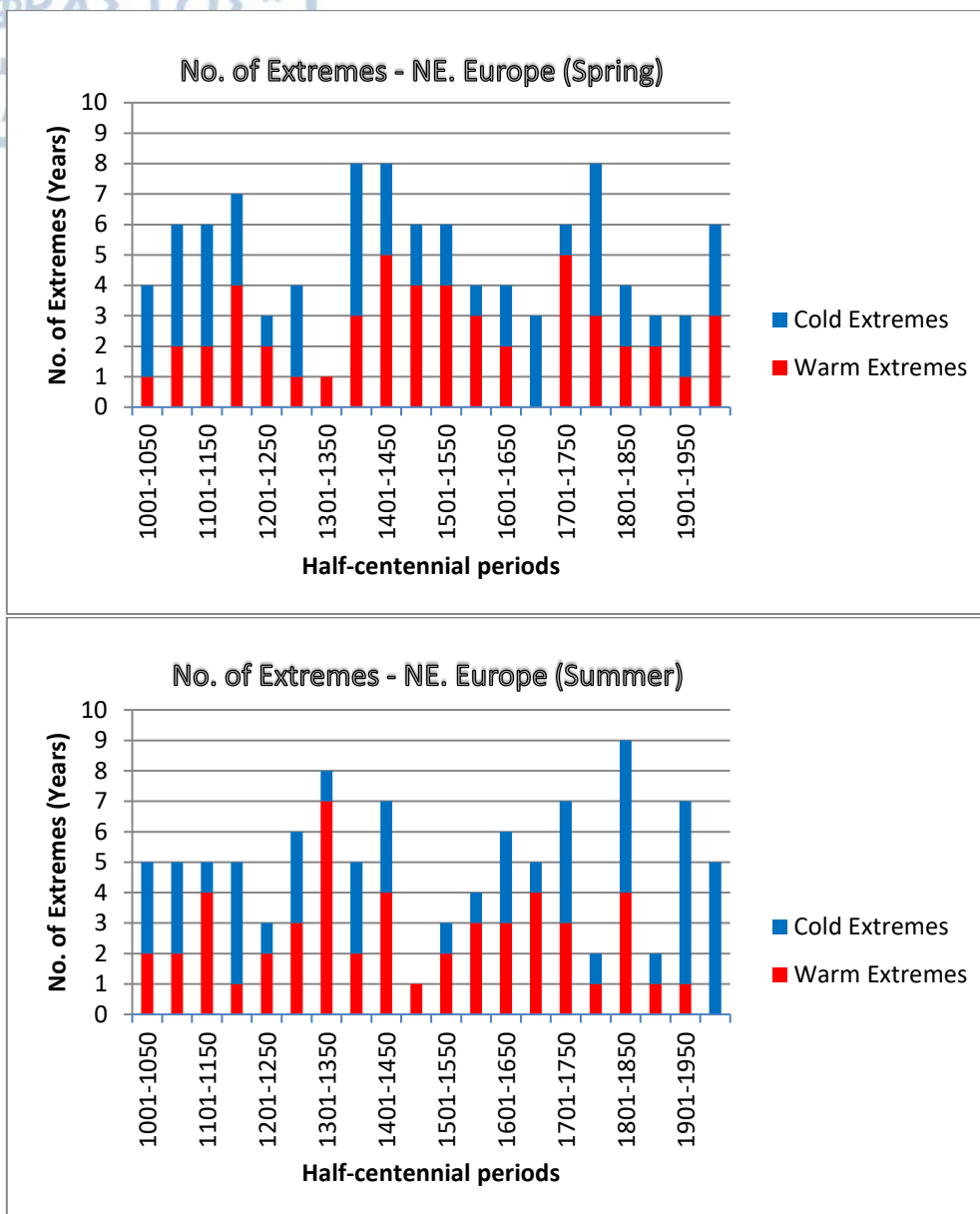
Αναφορικά με το καλοκαίρι, τα ακραία σαν σύνολο, είναι πιο πολλά στα διαστήματα 1301-1350 (7 θερμά και 1 ψυχρό) και 1801-1850 (5 ψυχρά και 4 θερμά) ενώ τα πιο λίγα εμφανίζονται στην περίοδο 1451-1500 με μόλις ένα ακραίο θερμό έτος. Το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα χαρακτηρίζεται για την απουσία θερμών ακραίων (υπενθυμίζεται ότι έχουν αφαιρεθεί οι ανθρωπογενείς επιδράσεις). Όσον

αφορά τα ψυχρά ακραία, τα πιο πολλά βρίσκονται στην πεντηκονταετία 1901-1950, ενώ η περίοδος 1451-1500 δεν περιέχει κανένα ψυχρό επεισόδιο.

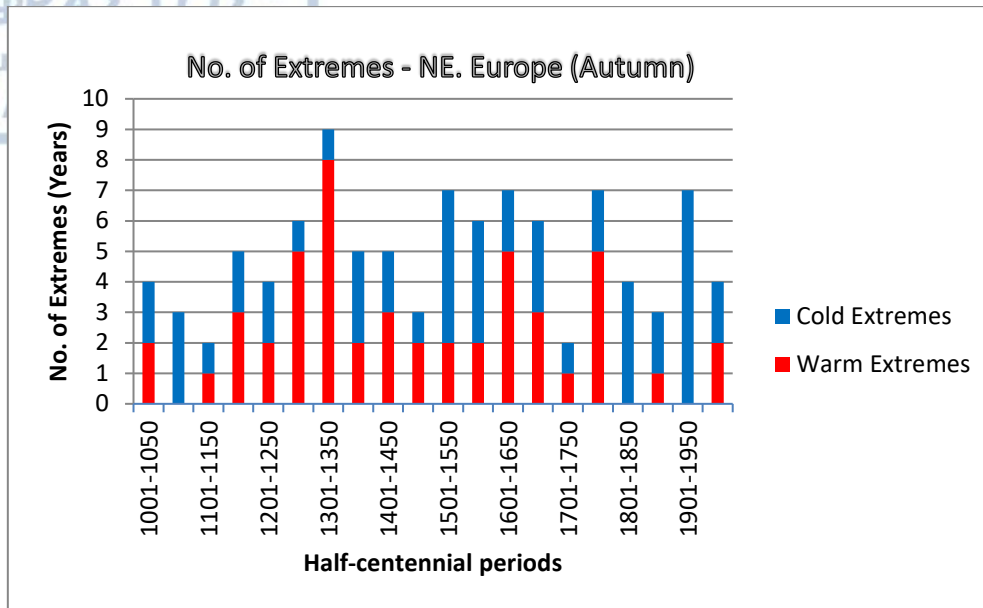
Το φθινόπωρο, η πεντηκονταετία 1301-1350 εμφανίζει τα περισσότερα ακραία έτη θερμοκρασίας οκτώ (8) από τα οποία ήταν θερμά και μόλις ένα ήταν ψυχρό. Αντίθετα, οι πεντηκονταετίες 1101-1150 και 1701-1750 εμφανίζουν μόνο από ένα ακραίο θερμό και ένα ακραίο ψυχρό έτος.



Σχήμα 3.30. Συνολικός αριθμός (έτη) θερμών και ψυχρών ακραίων που σημειώθηκαν σε κάθε πεντηκονταετία τα τελευταία χίλια χρόνια στην υποπεριοχή της ΒΑ. Ευρώπης μέσα στο χρόνο και ανά εποχή.



Σχήμα 3.30. (συνέχεια)



Σχήμα 3.30. (Συνέχεια)

3.5.2. Α. Μεσόγειος

Το Σχήμα 3.31. δείχνει τα διαγράμματα με την κατανομή του αριθμού των ακραίων θερμών και ψυχρών επεισοδίων για κάθε πεντηκονταετία τα τελευταία χίλια για την περιοχή της Α. Μεσογείου, σε ετήσια και εποχιακή ανάλυση.

Ξεκινώντας, λοιπόν, από το ετήσιο επίπεδο, τα περισσότερα ακραία σαν σύνολο, εμφανίζονται στο πρώτο μισό του 16^{ου} αιώνα (7 θερμά και 2 ψυχρά επεισόδια). Τα λιγότερα σε σύνολο, εντοπίζονται κατά το πρώτο μισό του 13^{ου} αιώνα καθώς και στο δεύτερο μισό του 18^{ου} αιώνα. Ειδικότερα, για τα θερμά ακραία, πολλά παρατηρούνται και στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα. ενώ την περίοδο 1751-1850 δεν εντοπίζεται κανένα. Τα ψυχρά ακραία, από την άλλη, εντοπίζονται ως επί το πλείστον κατά το δεύτερο μισό του 14^{ου} αιώνα (7 ακραία) ενώ απουσιάζουν από το διάστημα 1201-1250.

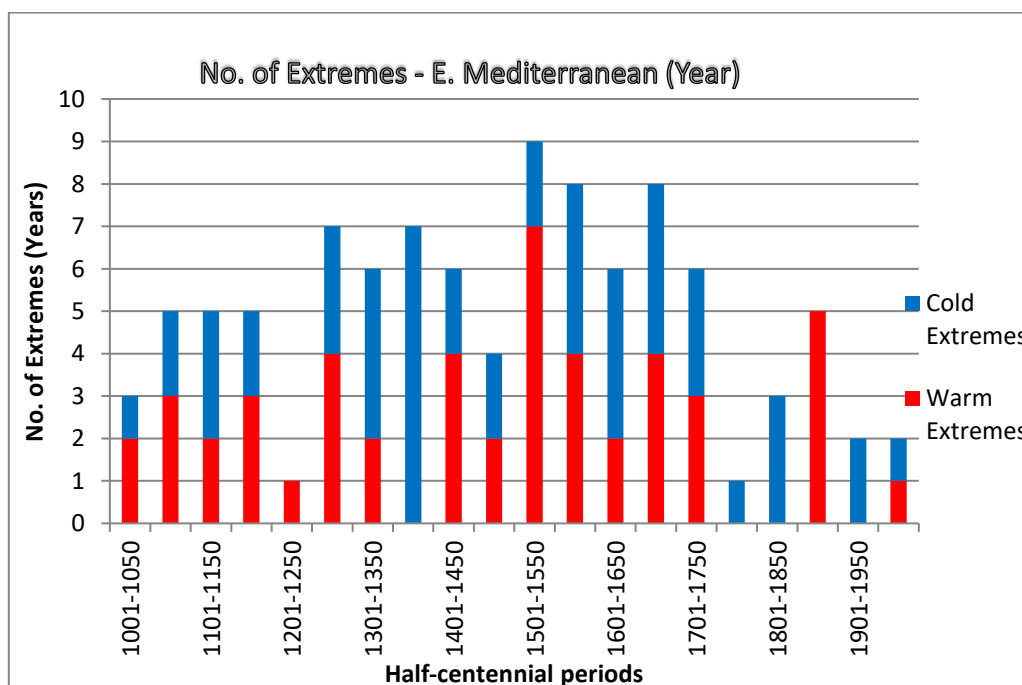
Το χειμώνα, τα περισσότερα ακραία εντοπίζονται κυρίως στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα (6 θερμά και 3 ψυχρά) ενώ στις πεντηκονταετίες με τα λιγότερα ακραία ισοφαρίζουν δύο πεντηκονταετίες, το δεύτερο μισό του 11^{ου} και το πρώτο μισό του 12^{ου} αιώνα (από 3 ακραία). Η περίοδος 1551-1600 χαρακτηρίζεται για την απουσία ακραίων θερμών επεισοδίων. Τα ψυχρά ακραία εντοπίζονται κυρίως στο πρώτο μισό του 13^{ου} αιώνα (5 ακραία). Τέλος, στο δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα δεν εμφανίζεται κανένα ακραίο.

Την άνοιξη, η πλειοψηφία των ακραίων εμφανίζονται κατά το πρώτο μισό του 12^{ου} (εκ των οποίων τα περισσότερα είναι θερμά) και του 20^{ου} αιώνα ενώ η μειοψηφία εντοπίζεται στο πρώτο μισό του 13^{ου} αιώνα. Πιο ειδικά, τα λιγότερα σε αριθμό, θερμά επεισόδια, παρουσιάζονται στο πρώτο μισό του 13^{ου}, στο δεύτερο μισό του 17^{ου} και στο πρώτο μισό του 19^{ου} αιώνα. Από την άλλη, τα ψυχρά ακραία

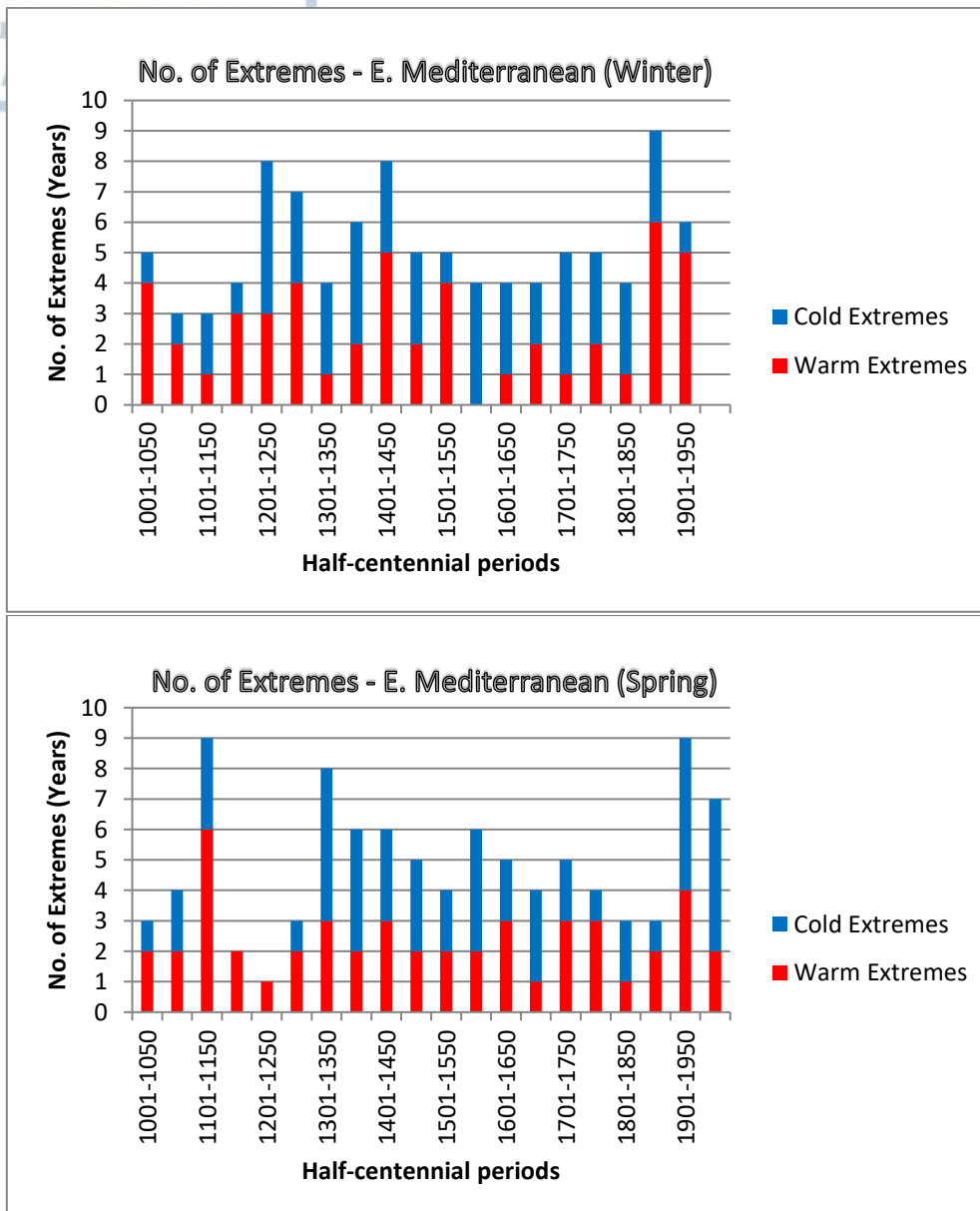
παρουσιάζονται κατά κόρον στο πρώτο μισό του 14^{ου} αιώνα ενώ το διάστημα 1151-1250 δεν εντοπίζεται κανένα ακραίο ψυχρό επεισόδιο.

Το καλοκαίρι, τα περισσότερα ακραία σε σύνολο στην Α. Μεσόγειο, παρατηρούνται περίπου στα μέσα της εξεταζόμενης χιλιετίας, δηλαδή πιο συγκεκριμένα στο πρώτο μισό του 15^{ου} και 16^{ου} αιώνα, εκ των οποίων τα πιο πολλά είναι ψυχρά με εξαίρεση την πεντηκονταετία 1501-1550. Τα λιγότερα, ωστόσο, εμφανίζονται στο πρώτο μισό του 11^{ου} αιώνα (1 ακραίο), καθώς και στο δεύτερο μισό του 18^{ου} και του 19^{ου} αιώνα. Οι περίοδοι 1001-1050 και 1301-1350 δεν εκδηλώνουν κανένα ακραίο θερμό επεισόδιο. Ειδικά για τα ψυχρά ακραία, χαρακτηριστική είναι η απουσία τους από το δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα.

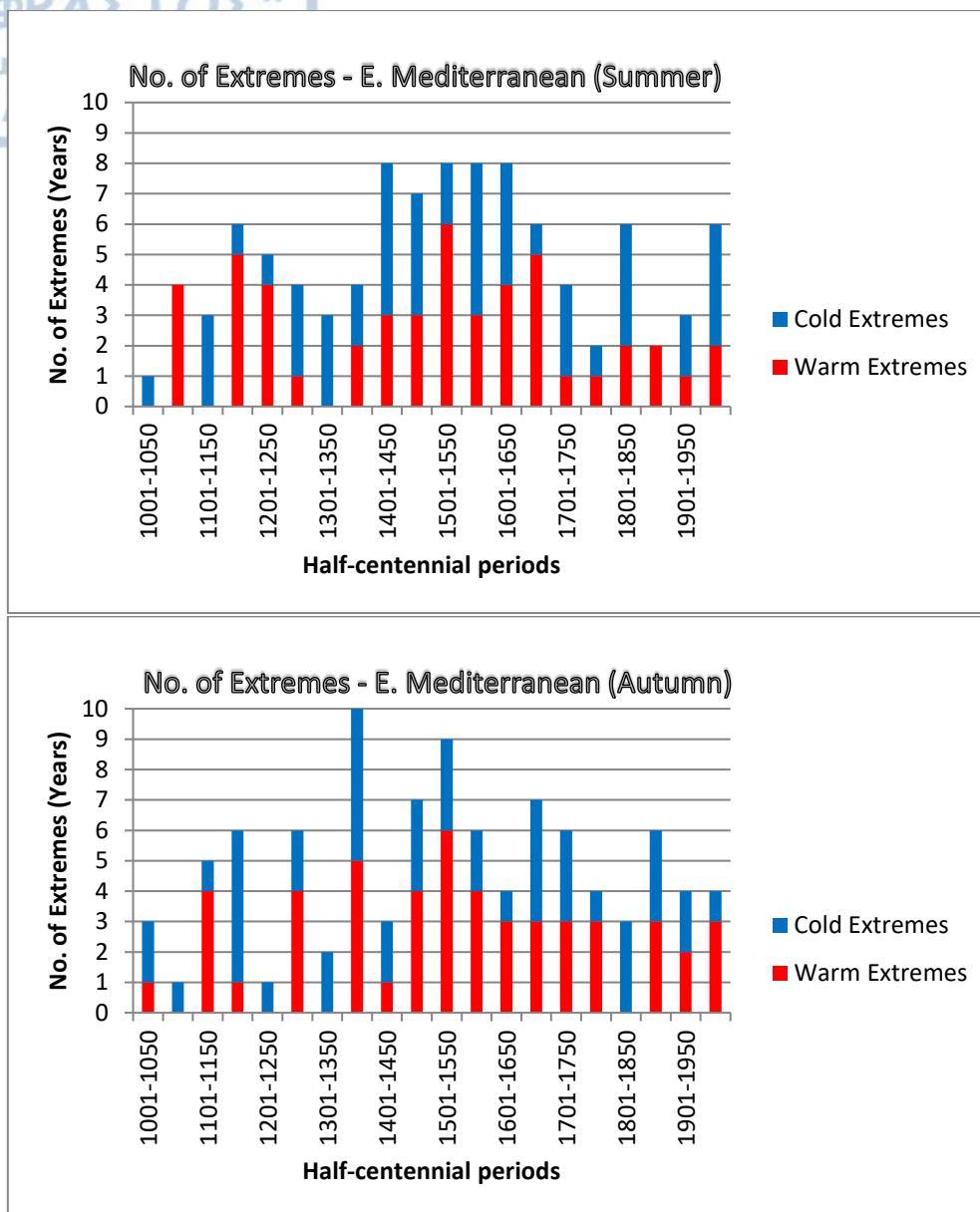
Ολοκληρώνοντας την εποχιακή ανάλυση με το φθινόπωρο, παρατηρείται ότι το σύνολο των ακραίων (συμπεριλαμβανομένων και των ψυχρών ειδικότερα) διαγράφεται στο δεύτερο μισό του 14^{ου} αιώνα (10 ακραία) αλλά πολλά επίσης εμφανίζονται και στο πρώτο μισό του 16^{ου} αιώνα. Τα πιο λίγα διακρίνονται στο δεύτερο μισό του 11^{ου} και του 13^{ου} αιώνα. Ειδικά για τα θερμά ακραία, η πλειοψηφία εντοπίζεται στο πρώτο μισό του 16^{ου} αιώνα (6 ακραία), ενώ απουσιάζουν από αρκετές περιόδους όπως το διάστημα 1051-1100. Εν αντιθέσει, η μειοψηφία των ψυχρών ακραίων, απασχολεί το δεύτερο μισό του 11^{ου} αιώνα, το πρώτο μισό του 13^{ου} και του 17^{ου} αιώνα καθώς και το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα.



Σχήμα 3.31. Όπως και στο Σχήμα 3.30. αλλά για την υποπεριοχή της Α. Μεσογείου.



Σχήμα 3.31. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.31. (Συνέχεια)

3.5.3. Δ. Μεσόγειος

Η κατανομή στις πεντηκονταετίες, του αριθμού των ετών με τις μέσες ετήσιες ακραίες θερμοκρασιακές τιμές για την περιοχή της Δ. Μεσογείου, σε ετήσια και εποχιακή ανάλυση, παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.32.

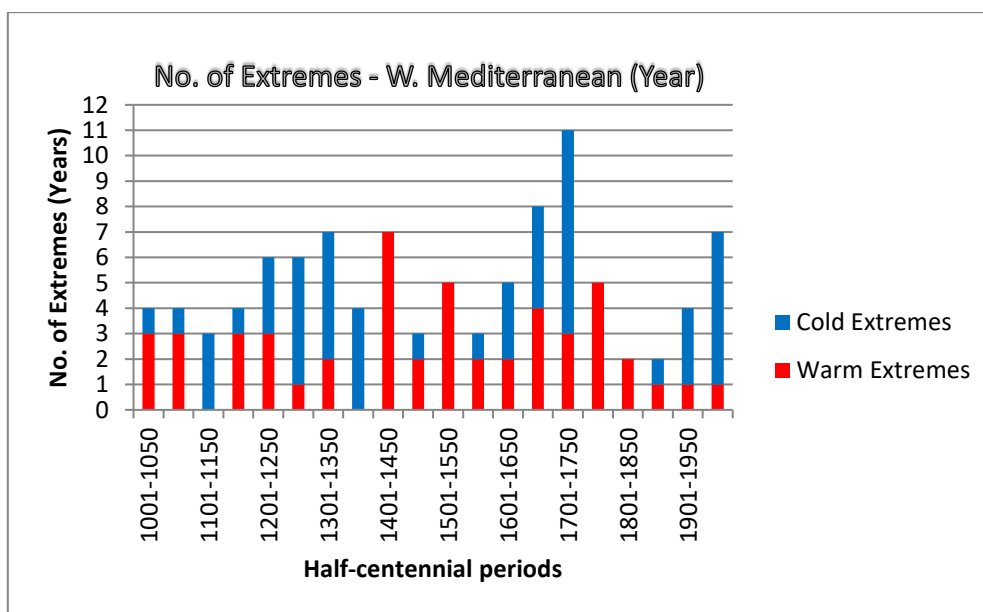
Σε ετήσιο επίπεδο, η περίοδος 1701-1750 εμφανίζει τα περισσότερα ακραία, έντεκα (11) σε αριθμό εκ των οποίων τα περισσότερα είναι ψυχρά, ενώ τα πιο λίγα εντοπίζονται τον 19^ο αιώνα (από 2 ακραία). Πιο συγκεκριμένα, για τα θερμά ακραία, αυτά εκδηλώνονται κυρίως στο πρώτο μισό του 15^{ου} αιώνα (5 ακραία). Από την άλλη, απουσιάζουν από τις περιόδους 1101-1150 και 1351-1400, ενώ στο διάστημα 1751-1850 απουσιάζουν τα αντίστοιχα ψυχρά.

Το χειμώνα, τα πιο πολλά ακραία εμφανίζονται στο διάστημα 1251-1350, ενώ τα πιο λίγα εντοπίζονται στο δεύτερο μισό του 12^{ου} αιώνα καθώς και στην πεντηκονταετία 1701-1750. Πιο συγκεκριμένα, τα θερμά ακραία παρουσιάζονται, ως επί το πλείστον, στο δεύτερο μισό του 18^{ου} αιώνα (6 ακραία) ενώ απουσιάζουν από τρεις (3) πεντηκονταετίες με χαρακτηριστικότερη την 1501-1550 που σημειώνονται πολλά ακραία ψυχρά επεισόδια.

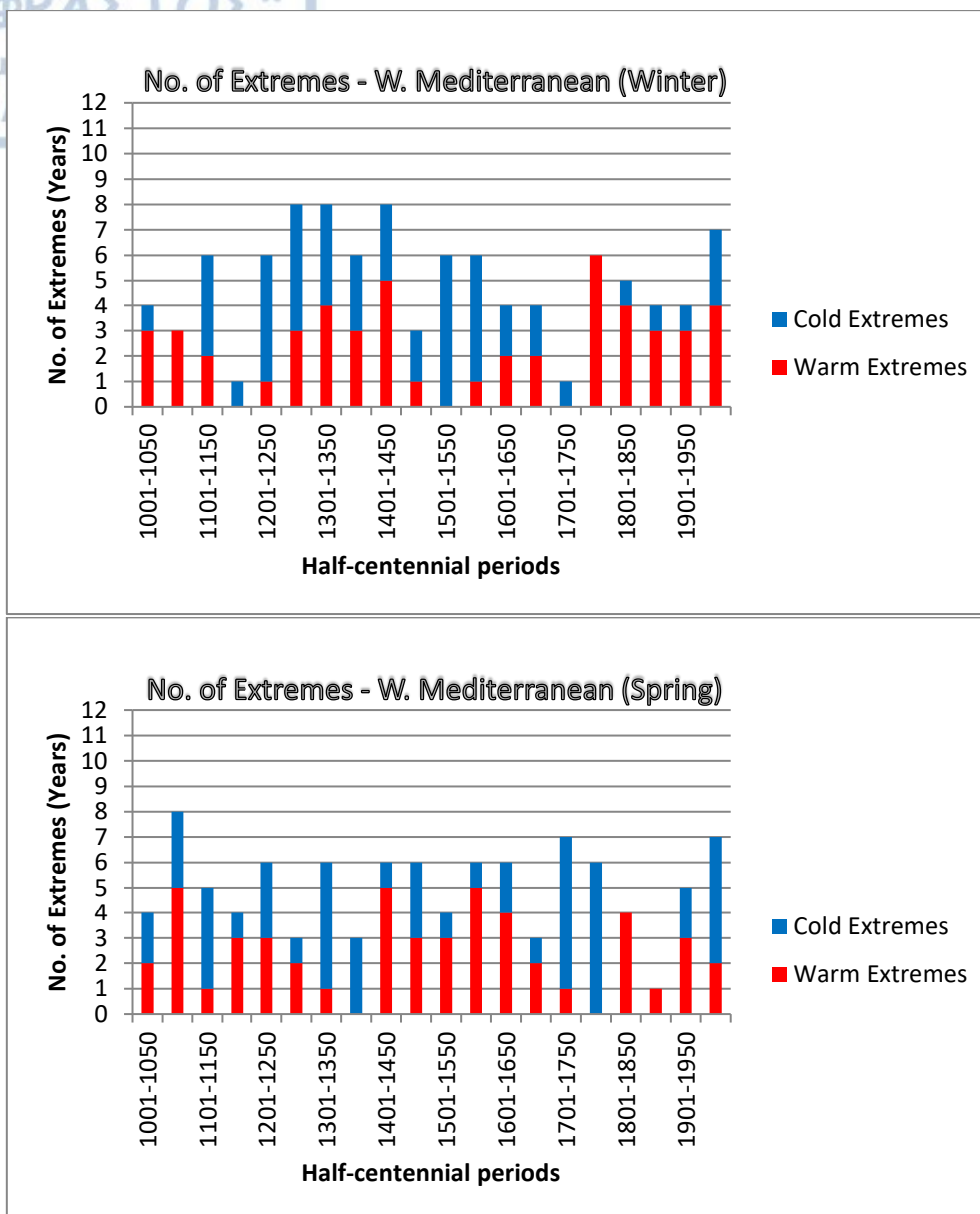
Την άνοιξη, το σύνολο των ακραίων αποτυπώνεται κυρίως στην αρχή της χιλιετίας και συγκεκριμένα στο διάστημα 1051-1100 εκ των οποίων τα πέντε (5) είναι θερμά και τα τρία (3) είναι ψυχρά. Εν αντιθέσει, τα λιγότερα ακραία παρουσιάζονται στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα (1 ακραίο). Τα θερμά ακραία εκδηλώνονται σε μεγαλύτερο βαθμό σε τρία διαστήματα, τα οποία είναι οι πεντηκονταετίες 1051-1100, 1401-1450 και 1551-1600. Συνεχίζοντας με τα ψυχρά ακραία, η πλειοψηφία εντοπίζεται το 18^ο αιώνα, ενώ απουσιάζουν από το διάστημα 1851-1900.

Συνεχίζοντας με το καλοκαίρι, τα περισσότερα ακραία προκύπτουν σε δύο διαστήματα, τα οποία είναι το πρώτο μισό του 12^{ου} και του 18^{ου} αιώνα. Εν αντιθέσει, με τα λιγότερα ακραία που παρουσιάζονται στα μέσα της χιλιετίας και συγκεκριμένα στο διάστημα 1451-1500 με μόλις ένα (1) θερμό. Σχετικά με τα θερμά ακραία, αυτά αποτυπώνονται κατά κόρον, στις περιόδους 1101-1150 και 1401-1450 ενώ απουσιάζουν από το διάστημα 1051-1100.

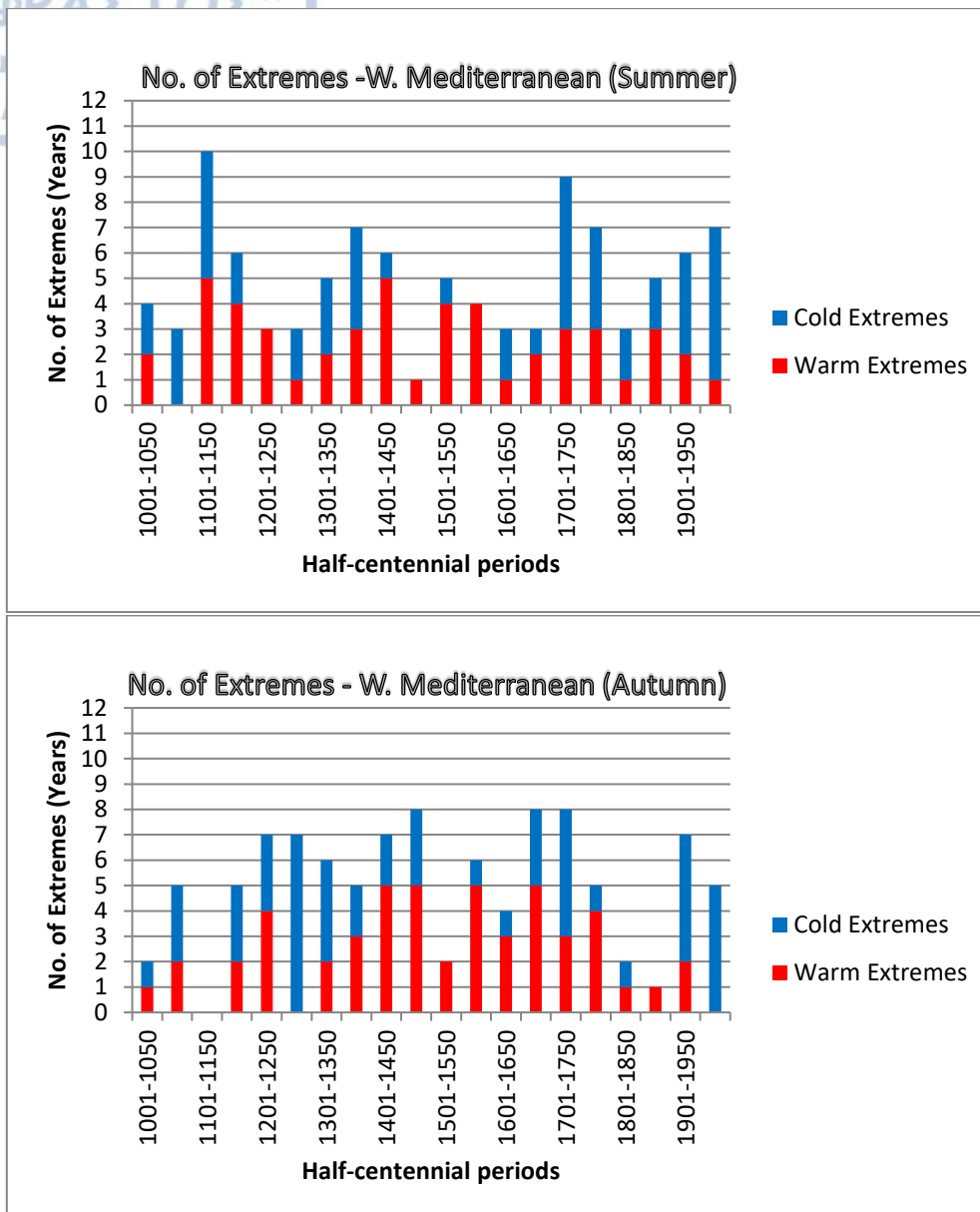
Τέλος, το φθινόπωρο, φαίνεται ότι τα διαστήματα 1451-1500 και 1651-1750 είναι αυτά με τα περισσότερα ακραία ενώ δεν εντοπίζονται κατά το διάστημα 1101-1150. Συνεχίζοντας με τα θερμά ακραία, η πλειοψηφία τους εκδηλώνεται στα μέσα της χιλιετίας, ενώ δεν προκύπτει κανένα στο διάστημα 1251-1300. Όσον αφορά τα περισσότερα ψυχρά ακραία, επτά (7) σε αριθμό, διακρίνονται στο διάστημα 1251-1300 ενώ απουσιάζουν από ορισμένες πεντηκονταετίες συμπεριλαμβανομένου του διαστήματος 1851-1900.



Σχήμα 3.32. Όπως και στο Σχήμα 3.30. αλλά για την υποπεριοχή της Δ. Μεσογείου.



Σχήμα 3.32. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.32. (Συνέχεια)

3.5.4. Β. Ατλαντικός

Στο Σχήμα 3.33. παρατίθεται ο αριθμός των ακραίων μέσων ετήσιων θερμοκρασιών που παρατηρούνται σε κάθε πεντηκονταετία κατά την τελευταία χιλιετία για την υποπεριοχή του Β. Ατλαντικού σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο.

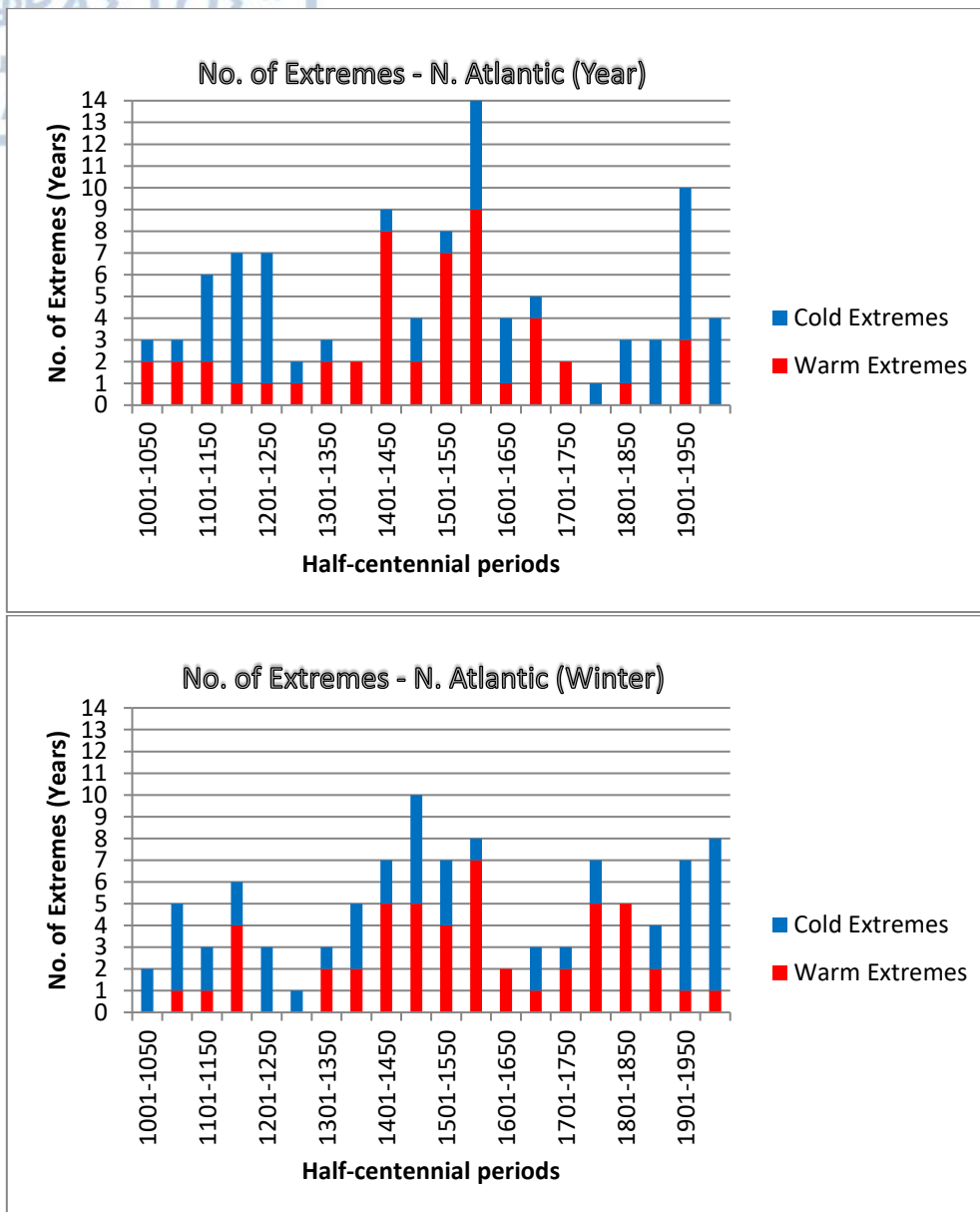
Ξεκινώντας, λοιπόν, από την ετήσια ανάλυση, φαίνεται ότι η πλειοψηφία των ακραίων εντοπίζεται στα μέσα της χιλιετίας και συγκεκριμένα στην πεντηκονταετία 1551-1600 (14 ακραία). Εν αντιθέσει, τα λιγότερα ακραία που εκδηλώνονται στο διάστημα 1751-1800 με μόλις ένα θερμό επεισόδιο. Τα περισσότερα θερμά ακραία παρατηρούνται και πάλι στα μέσα της χιλιετίας. ενώ εκλείπουν από τρεις (3) πεντηκονταετίες στο τέταρτο μισό της εξεταζόμενης χιλιετίας. Όσον αφορά τα ψυχρά ακραία, αυτά απασχολούν κυρίως το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα, καθώς και το διάστημα 1151-1250 ενώ απουσιάζουν από τις πεντηκονταετίες 1351-1400 και 1701-1750.

Το χειμώνα, τα πιο πολλά ακραία παρατηρούνται στο διάστημα 1451-1500 (10 ακραία, ενώ τα λιγότερα από αυτά εμφανίζονται στο δεύτερο μισό του 13^{ου} αιώνα (1 ακραίο). Αναφορικά με τα θερμά ακραία, αυτά, εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στην πεντηκονταετία 1551-1600 και εκλείπουν από τα διαστήματα 1001-1050 καθώς και από το 13^ο αιώνα. Όσον αφορά τα ψυχρά, παρατηρούνται κυρίως στον 20^ο αιώνα (8 και 7 σε αριθμό αντίστοιχα), ενώ απουσιάζουν από την περίοδο 1601-1650.

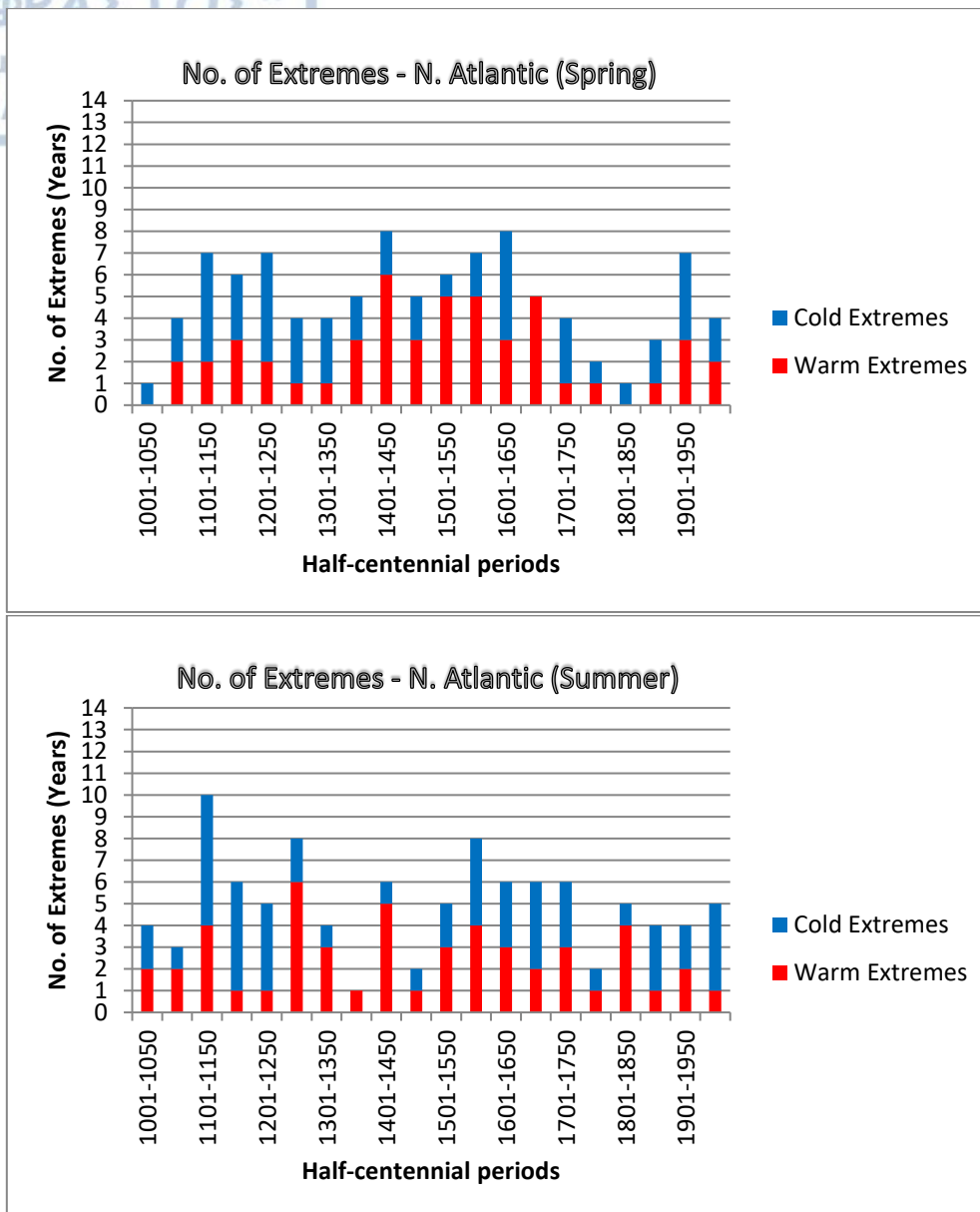
Την άνοιξη, η πλειοψηφία των ακραίων αφορά τις πεντηκονταετίες 1401-1450 και 1601-1650 (8 ακραία, εκ των οποίων τα περισσότερα είναι θερμά επεισόδια). Ειδικότερα, τα θερμά επεισόδια εκλείπουν από τις πεντηκονταετίες 1001-1050 και 1801-1850. Τα ψυχρά, από την άλλη, παρατηρούνται ιδιαίτερος στις αρχές της χιλιετίας, δηλαδή στις πεντηκονταετίες 1101-1150 και 1201-1250 αλλά και στα μέσα αυτής με έμφαση την πεντηκονταετία 1601-1650. Ωστόσο, οι περίοδοι 1001-1050, 1501-1550 και 1751-1850 χαρακτηρίζονται από τα πιο λίγα ψυχρά ακραία.

Συνεχίζοντας με το καλοκαίρι, η πλειοψηφία των ακραίων αφορούν την αρχή της χιλιετίας και συγκεκριμένα την πεντηκονταετία 1101-1150 (10 ακραία). Ειδικότερα, τα θερμά εντοπίζονται κατά κόρον στο δεύτερο μισό του 13^{ου} αιώνα αλλά και στο πρώτο μισό του 15^{ου} αιώνα. Όσον αφορά τα ψυχρά ακραία, αυτά εκδηλώνονται κυρίως το δεύτερο μισό του 12^{ου} αιώνα (6 ακραία). Τέλος, απουσιάζουν από το διάστημα 1351-1400.

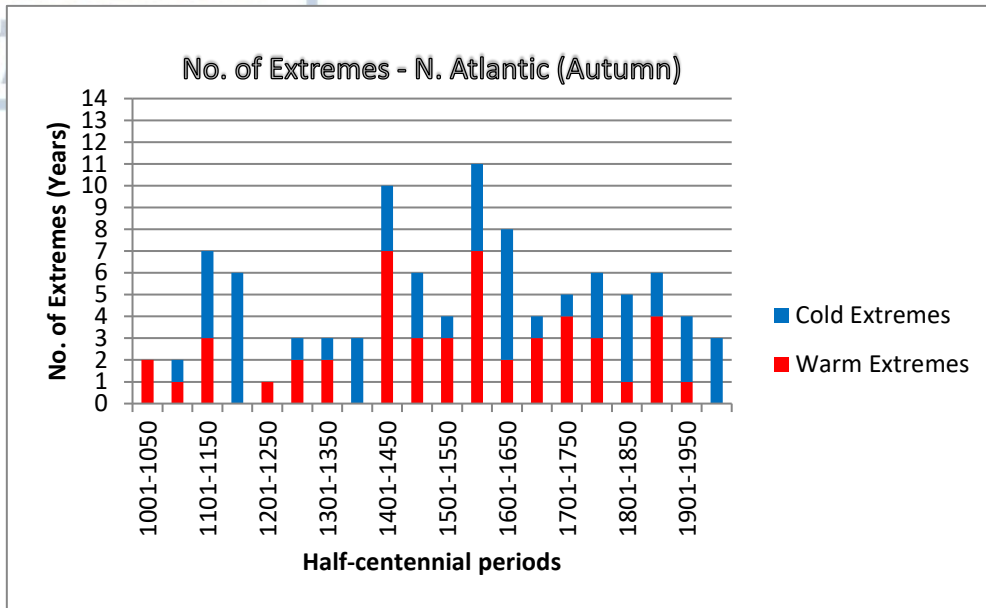
Ολοκληρώνοντας με το φθινόπωρο, φαίνεται ότι η πλειοψηφία των ακραίων εντοπίζονται ιδιαίτερα στα μέσα της υπό εξέτασης χιλιετίας, δηλαδή στις πεντηκονταετίες 1401-1450 (10 ακραία), 1601-1650 (11 ακραία) εκ των οποίων τα περισσότερα είναι θερμά. Τα λιγότερα παρουσιάζονται το πρώτο μισό του 13^{ου} αιώνα (1 ακραίο). Στον αντίποδα, τα ψυχρά ακραία εκδηλώνονται κυρίως στο δεύτερο μισό του 12^{ου} αιώνα και στο πρώτο μισό του 17^{ου} αιώνα (από 6 ακραία). Οι πεντηκονταετίες 1001-1050 και 1201-1250 δεν εμφανίζουν καθόλου ακραία ψυχρά επεισόδια.



Σχήμα 3.33. Όπως και στο Σχήμα 3.30. αλλά για την υποπεριοχή του Β. Ατλαντικού.



Σχήμα 3.33. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.33. (Συνέχεια)

3.5.5. Ν. Ατλαντικός

Στο Σχήμα 3.34, φαίνεται ο αριθμός των χρόνων με τις ακραίες μέσες ετήσιες θερμοκρασιακές τιμές για την υποπεριοχή του Ν. Ατλαντικού όπως κατανέμονται στις πεντηκονταετίες της τελευταίας χιλιετίας, σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο.

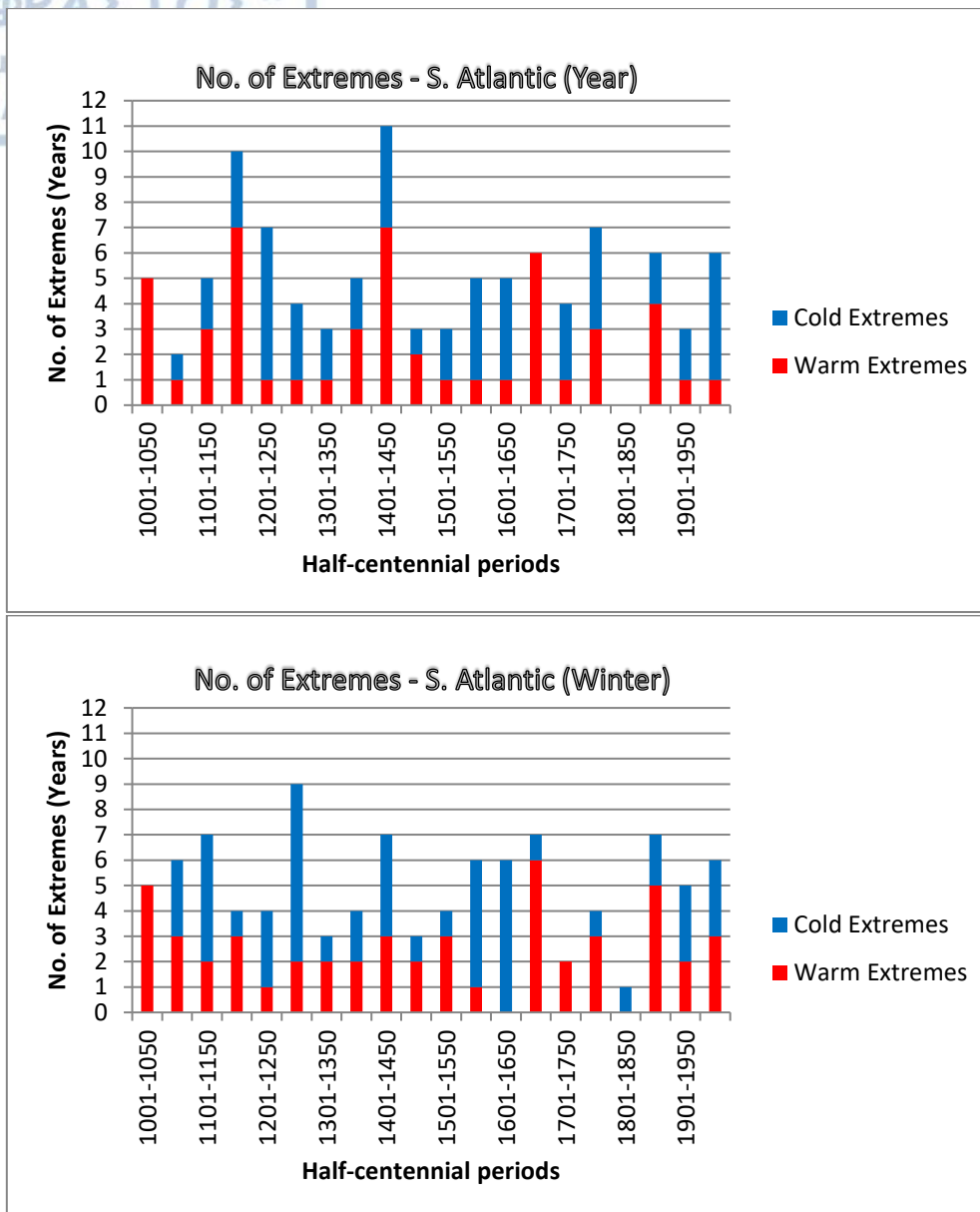
Αρχίζοντας από την ετήσια ανάλυση, τα περισσότερα ακραία εντοπίζονται στις περιόδους 1151-1200 και 1401-1450 (10 και 11 σε αριθμό αντίστοιχα εκ των οποίων η πλειοψηφία είναι θερμά επεισόδια). Από την άλλη, τα πιο λίγα εμφανίζονται στο διάστημα 1051-1100, ενώ κανένα ακραίο δεν παρουσιάζεται στην πεντηκονταετία 1801-1850. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το πρώτο μισό του 13^{ου} αιώνα που εμφανίζει τα περισσότερα ακραία ψυχρά επεισόδια ενώ απουσιάζουν από τις πεντηκονταετίες 1001-1050 και 1651-1700.

Το χειμώνα, τα περισσότερα ακραία σε σύνολο, εκδηλώνονται στην πεντηκονταετία 1251-1300 (9 ακραία). Τα λιγότερα παρατηρούνται στην περίοδο 1801-1850 (1 ακραίο). Ειδικότερα, για τα θερμά επεισόδια, παρουσιάζονται κυρίως στο διάστημα 1651-1700 (6 ακραία). Στον αντίποδα, τα πιο λίγα αφορούν το πρώτο μισό του 13^{ου} και το δεύτερο μισό του 16^{ου} αιώνα (1 ακραίο). Αναφορικά, με τα αντίστοιχα ψυχρά, τα περισσότερα αποτυπώνονται στο δεύτερο μισό του 13^{ου} αιώνα (7 ακραία), ενώ απουσιάζουν από το διάστημα 1001-1050.

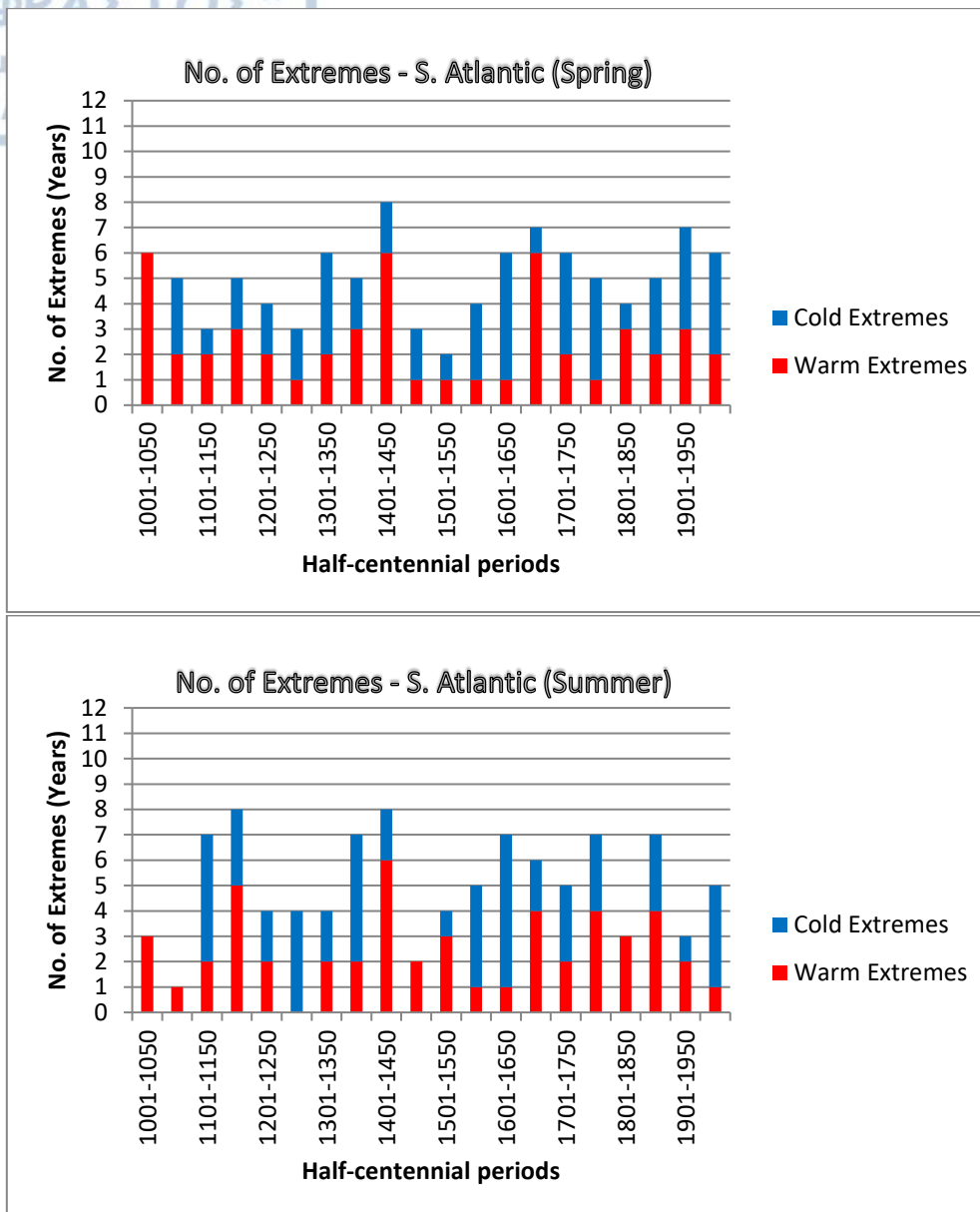
Την άνοιξη, τα πιο πολλά ακραία εντοπίζονται στην πεντηκονταετία 1401-1450 (8 ακραία), ενώ τα λιγότερα εντοπίζονται στο μέσο της χιλιετίας και συγκεκριμένα στην περίοδο 1501-1550. Αναφορικά με τα θερμά ακραία, τα περισσότερα εκδηλώνονται κατά την πρώτη πεντηκονταετία της περασμένης χιλιετίας (1001-1050) καθώς και στα μέσα αυτής, ειδικότερα στις περιόδους 1401-1450 και 1651-1700. Αντιθέτως, στις πεντηκονταετίες 1251-1300 και 1751-1800 αλλά και το διάστημα 1451-1650 παρουσιάζονται τα λιγότερα. Τα ψυχρά ακραία εντοπίζονται κυρίως στο δεύτερο μισό της χιλιετίας με έμφαση τις περιόδους 1601-1650, 1701-1800 και 1901-2000 ενώ απουσιάζουν από την πρώτη πεντηκονταετία της περασμένης χιλιετίας.

Το καλοκαίρι, η πλειοψηφία των ακραίων απασχολεί τις πεντηκονταετίες 1151-1200 και 1401-1450 (από 8 ακραία, εκ των οποίων τα περισσότερα είναι θερμά επεισόδια), εν αντιθέσει με το δεύτερο μισό του 11^{ου} και του 15^{ου} αιώνα που φανερώνονται τα πιο λίγα. Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι το διάστημα 1251-1300 δεν παρουσιάζει κανένα ακραίο θερμό επεισόδιο ενώ κάτι αντίστοιχο παρατηρείται με τα ψυχρά στον 11^ο αιώνα καθώς και στις πεντηκονταετίες 1451-1500 και 1801-1850.

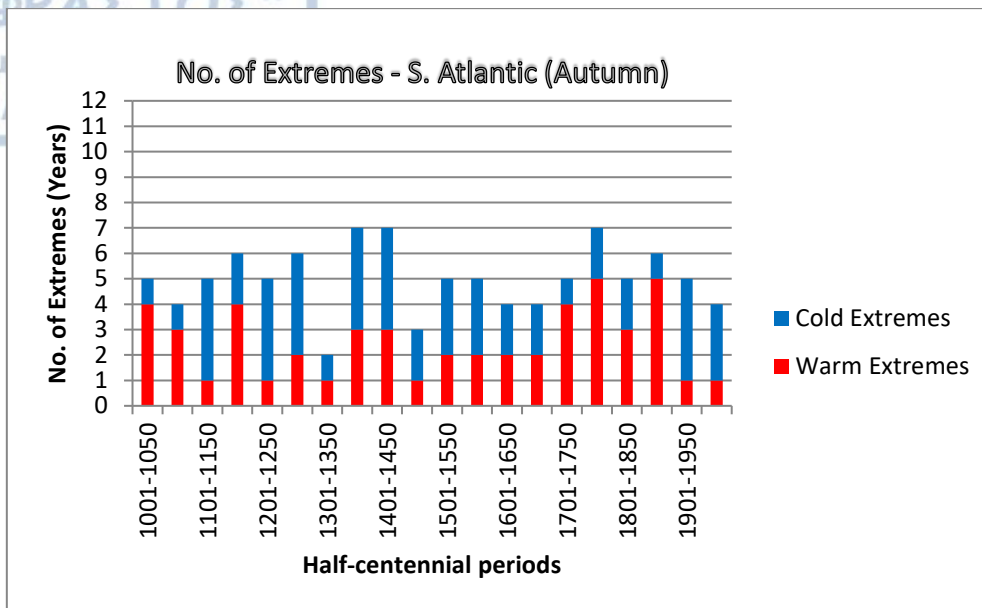
Κλείνοντας, με την ανάλυση του φθινοπώρου, παρατηρείται ότι το σύνολο των ακραίων συγκεντρώνεται στα διαστήματα 1351-1450 και 1751-1800 (από 7 ακραία σε κάθε πεντηκονταετία), ενώ τα λιγότερα σημειώνονται στο διάστημα 1301-1350 (2 ακραία). Πιο ειδικά, για τα θερμά ακραία, παρουσιάζονται κυρίως στις πεντηκονταετίες 1751-1800 και 1851-1900, ενώ τα ψυχρά στις πεντηκονταετίες 1101-1150, 1201-1250, 1251-1300, 1351-1400 και 1401-1450.



Σχήμα 3.34. Όπως και στο Σχήμα 3.30. αλλά για την υποπεριοχή του Ν. Ατλαντικού.



Σχήμα 3.34. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.34. (Συνέχεια)

3.5.6. Κ. Ευρώπη

Η κατάσταση στην Κ. Ευρώπη, σχετικά με την κατανομή του αριθμού των ακραίων μέσω των ετησίων θερμοκρασιών στις πεντηκονταετίες, κατά την υπό εξέταση χιλιετή περίοδο, σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο, διαμορφώνεται, ως εξής, στο Σχήμα 3.35.

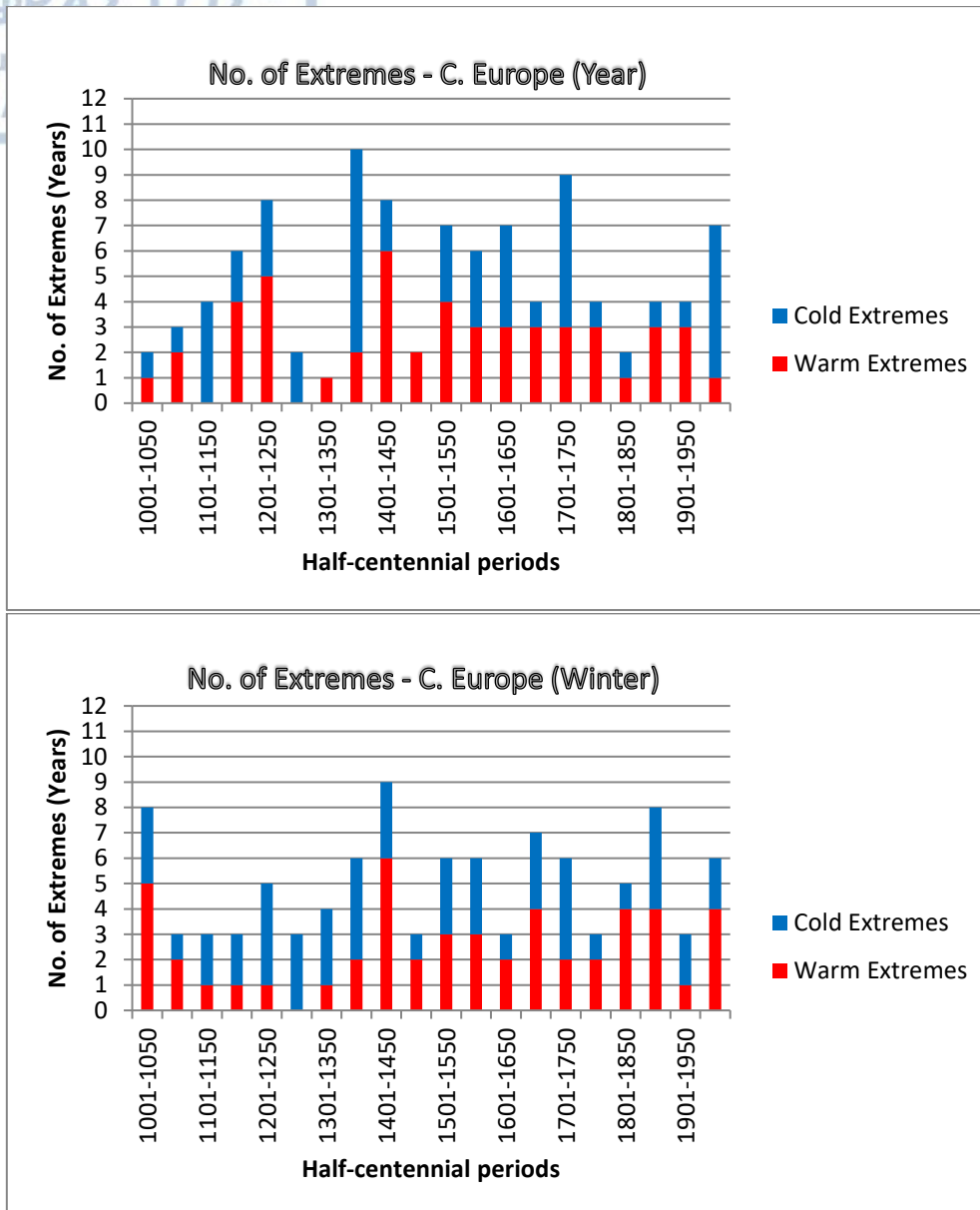
Σε ετήσια ανάλυση, τα περισσότερα ακραία εμφανίζονται στην περίοδο 1351-1400 (10 ακραία), ενώ τα λιγότερα εντοπίζονται κυρίως στο διάστημα 1301-1350 (1 ακραίο). Όσον αφορά τα θερμά ακραία, αυτά αποτυπώνονται κατά κόρον στις περιόδους 1201-1250 και 1401-1450. Από την άλλη, η μειοψηφία αυτών παρατηρείται κατά τα διαστήματα 1001-1050, 1301-1350, 1801-1850 και 1951-2000. Τα αντίστοιχα ψυχρά, παρουσιάζονται, ως επί το πλείστον, στην πεντηκονταετία 1351-1400 (8 ακραία).

Το χειμώνα, τα πιο πολλά ακραία απασχολούν την πεντηκονταετία 1401-1450 (9 ακραία εκ των οποίων τα έξι είναι θερμά επεισόδια). Μιλώντας για τα θερμά ακραία, είναι χαρακτηριστική η απουσία τους από την περίοδο 1251-1300. Τα ψυχρά, από την άλλη, σημειώνονται κυρίως στα μέσα της χιλιετίας, δηλαδή στις περιόδους 1351-1400 και 1401-1450 αλλά και κατά την πεντηκονταετία 1701-1750.

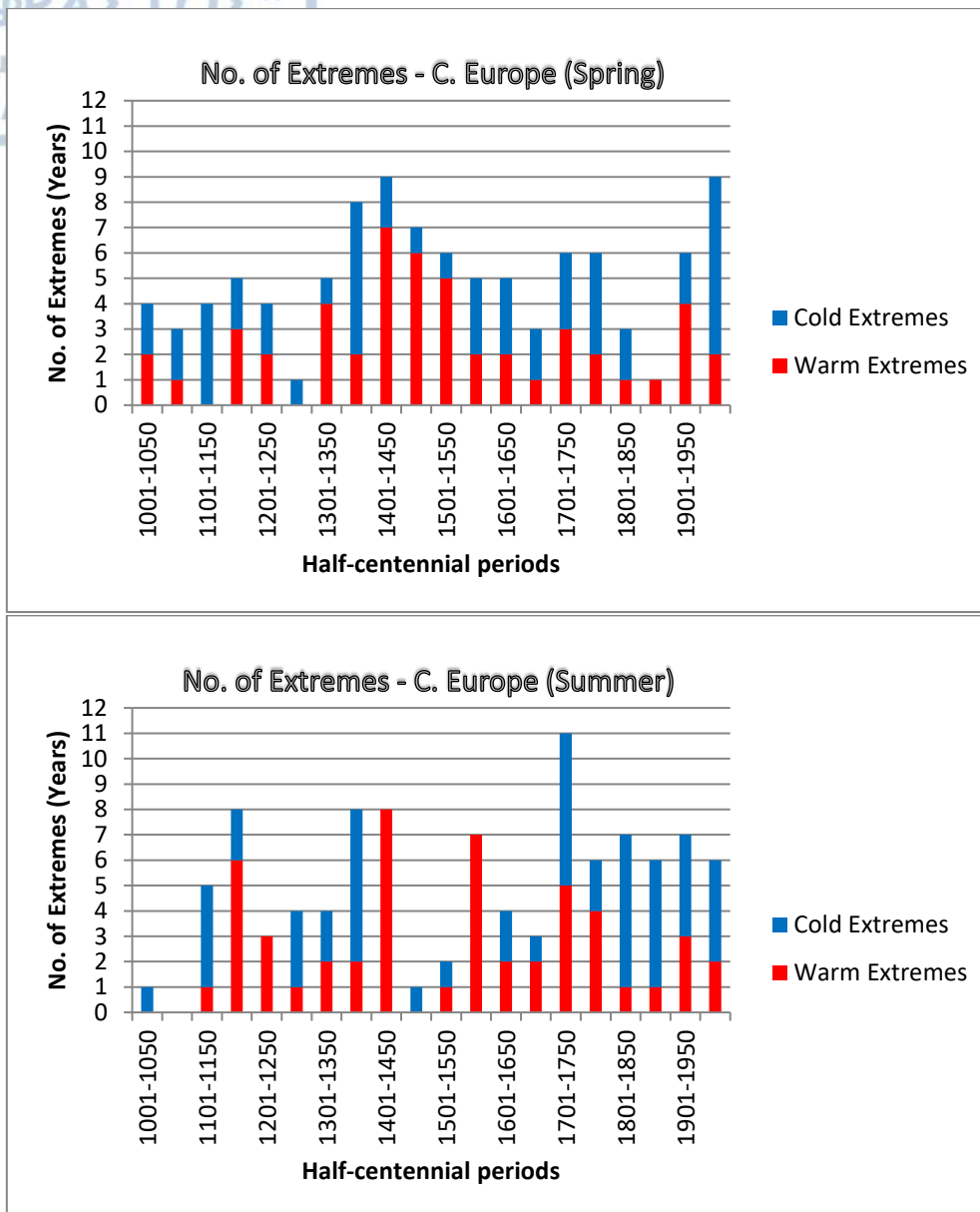
Συνεχίζοντας με την άνοιξη, οι πεντηκονταετίες 1401-1450 και 1951-2000 είναι αυτές που παρουσιάζονται τα περισσότερα ακραία (9 σε αριθμό). Τα λιγότερα, ωστόσο, εμφανίζονται κατά τα διαστήματα 1251-1300 και 1851-1900. Όσον αφορά τα θερμά ακραία, αυτά παρατηρούνται κυρίως στα μέσα της χιλιετίας και ιδιαίτερα κατά τον 15^ο αιώνα ενώ εκλείπουν από την περίοδο 1251-1300. Ειδικά, για τα αντίστοιχα ψυχρά, αυτά εκδηλώνονται κυρίως στην τελευταία πεντηκονταετία της εξεταζόμενης χιλιετίας (1951-2000), ενώ απουσιάζουν από την πεντηκονταετία 1851-1900.

Το καλοκαίρι, παρατηρείται ότι, το σύνολο των ακραίων, απασχολεί κυρίως το πρώτο μισό του 18^{ου} αιώνα (11 ακραία). Εν αντιθέσει, κανένα ακραίο δεν παρουσιάζεται κατά το διάστημα 1051-1100. Αναλυτικότερα, τα θερμά ακραία φαίνεται να αποτυπώνονται πιο πολύ στο πρώτο μισό του 15^{ου} αιώνα και στο δεύτερο μισό του 16^{ου} αιώνα, ενώ εκλείπουν από τον 11^ο καθώς και από το δεύτερο μισό του 15^{ου} αιώνα. Τελειώνοντας με τα αντίστοιχα ψυχρά, τα περισσότερα διακρίνονται στα διαστήματα 1351-1400 και 1701-1750 ενώ δεν σημειώνονται στην περίοδο 1201-1250.

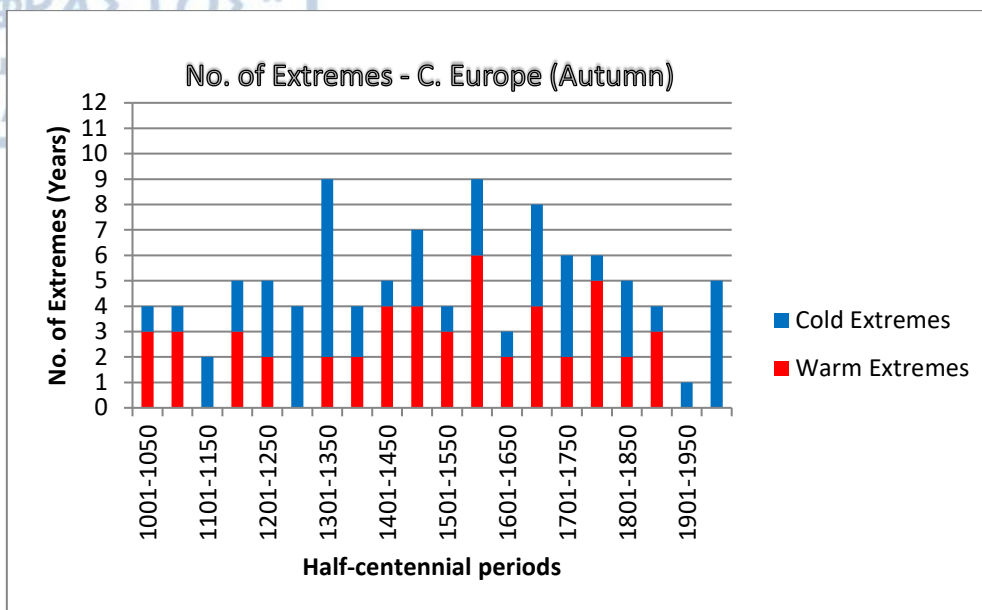
Ολοκληρώνοντας την εποχιακή ανάλυση της Κ. Ευρώπης με το φθινόπωρο, φαίνεται ότι τα περισσότερα ακραία εμφανίζονται στις πεντηκονταετίες 1301-1350 και 1551-1600 (από 9 ακραία). Αντιθέτως, τα λιγότερα, εκδηλώνονται κατά τα διαστήματα 1901-1950 (1 ακραίο) και 1101-1150. Ο 20^{ος} αιώνας δεν εμφανίζει ακραία θερμά επεισόδια ωστόσο υπενθυμίζεται ότι δεν συνυπολογίστηκαν οι ανθρώπινες επιδράσεις. Τέλος, τα διαστήματα 1551-1600 και 1301-1350 εμφανίζουν τα περισσότερα ακραία θερμά και ψυχρά επεισόδια αντίστοιχα.



Σχήμα 3.35. Όπως και στο Σχήμα 3.30. αλλά για την υποπεριοχή της Κ. Ευρώπης



Σχήμα 3.35. (Συνέχεια)



Σχήμα 3.35. (Συνέχεια)

Συνεχίζοντας την ανάλυση των ακραίων θερμοκρασιών υπολογίστηκε η θερμότερη και η ψυχρότερη χρονική κλίμακα (χρονιά, δεκαετία και εκατονταετία) για κάθε υποπεριοχή σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο όσον αφορά τα τελευταία χίλια χρόνια (Πίνακας 3.2.) με ανθρωπογενή και μη επίδραση. Απουσία παρένθεσης συνεπάγεται πως δεν προκύπτει διαφορά μεταξύ των δύο περιπτώσεων.

Σε ετήσια ανάλυση και ξεκινώντας από τα δεδομένα που αφορούν τις θερμότερες χρονικές μονάδες, φαίνεται ότι τις περισσότερες φορές αυτές εντοπίζονται είτε στα μέσα της εξεταζόμενης περιόδου είτε στα τέλη αυτής, ειδικά αν συνυπολογιστεί η επίδραση του ανθρώπου. Παράδειγμα αποτελεί η ΒΑ. Ευρώπη που χωρίς τον ανθρώπινο παράγοντα το θερμότερο έτος της χιλιετίας εντοπίζεται το 1580 αλλά με τη συμπερίληψή του εκτοπίζεται στο έτος 1990. Φυσικά υπάρχουν και εξαιρέσεις όπως η Α. Μεσόγειος όπου η θερμότερη δεκαετία χωρίς την ανθρώπινη μεταβλητή εμφανίζεται την περίοδο 1021-30 και ο Ν. Ατλαντικός που με την ίδια συνθήκη παρουσιάζεται το 1291-00. Εν αντιθέσει, τα ψυχρά διαστήματα στις τρεις από τις έξι υποπεριοχές εντοπίζονται είτε τον 20^ο αιώνα και γενικότερα προς τα τέλη της χιλιετίας αν δεν ληφθεί υπόψη ο ανθρώπινος παράγοντας ή διαφορετικά στις αρχές αυτής της περιόδου (ΒΑ. Ευρώπη, Α. Μεσόγειος, Β. Ατλαντικός, Κ. Ευρώπη). Ωστόσο και σε αυτήν την περίπτωση υπάρχουν εξαιρέσεις, ακόμα και σε κάθε μία από τις υποπεριοχές, σε επίπεδο χρονικών μονάδων. Για παράδειγμα, η Κ. Ευρώπη ακολουθεί το μοτίβο που αναφέρθηκε προηγουμένως σε επίπεδο έτους και εκατονταετίας αλλά όχι και σε επίπεδο δεκαετίας.

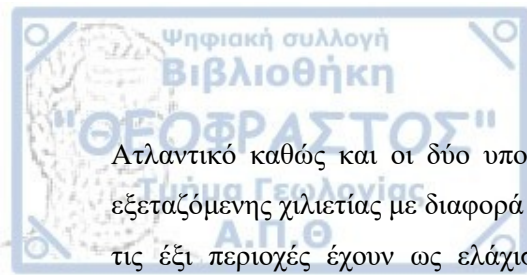
Αρχίζοντας την εποχιακή ανάλυση με το χειμώνα, παρατηρείται ότι στις περισσότερες υποπεριοχές που αφορούν τις θερμές χρονικές μονάδες, αυτές εντοπίζονται κυρίως στα μέσα της χιλιετίας χωρίς την επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα και στα τέλη της χιλιετίας όταν αυτός αφαιρείται. Η

παρατήρηση αυτή φαίνεται έντονα στη ΒΑ. Ευρώπη, στο Β. Ατλαντικό και στην Κ. Ευρώπη ενώ στις άλλες περιοχές υπάρχουν σημαντικές εξαιρέσεις όπου χωρίς την ανθρώπινη επιρροή, εντοπίζονται στις αρχές της χιλιετίας. Αντιθέτως, για τα ψυχρότερα διαστήματα η Α. Μεσόγειος, η Δ. Μεσόγειος, ο Ν. Ατλαντικός (με εξαίρεση την εκατονταετία) και σε λιγότερο βαθμό η Κ. Ευρώπη (χωρίς τη δεκαετία), αυτά τα εμφανίζουν στα μέσα της χιλιετίας. Στον αντίποδα βρίσκεται η ΒΑ. Ευρώπη με το Ν. Ατλαντικό, όπου η πρώτη εμφανίζει το ψυχρότερο έτος το 1096 και την ψυχρότερη εκατονταετία το 1101-1200, δηλαδή στις αρχές της χιλιετίας ενώ ο Β. Ατλαντικός το έτος 1996 και την εκατονταετία 1901-2000. Αν ωστόσο ληφθούν υπόψη οι ανθρωπογενείς επιδράσεις, τότε και αυτή η υποπεριοχή εμφανίζει τα αποτελέσματα στην αρχή της χιλιετίας.

Συνεχίζοντας με την άνοιξη, για τα χρονικά διαστήματα που ανταποκρίνονται στις θερμότερες συνθήκες φαίνεται το ίδιο μοτίβο με το χειμώνα, όπου αναλόγως με το αν συμπεριληφθεί ο ανθρώπινος παράγοντας, αυτές εντοπίζονται στα μέσα και στα τέλη της χιλιετίας, αντίστοιχα. Η τάση αυτή αφορά ξανά τις υποπεριοχές της ΒΑ. Ευρώπης, του Β. Ατλαντικού, του Ν. Ατλαντικού και της Κ. Ευρώπης με εξαιρέσεις εντός αυτών. Η Α. Μεσόγειος με τη Δ. Μεσόγειο εμφανίζουν το ψυχρότερο έτος στην αρχή της χιλιετίας (1027 και 1065 αντίστοιχα) ενώ στο επίπεδο της εκατονταετίας εντοπίζεται στο τέλος αυτής, συμβαδίζοντας με αυτόν τον τρόπο με τις υπόλοιπες τέσσερις υποπεριοχές. Σχετικά με τα ψυχρά διαστήματα, στη ΒΑ. Ευρώπη και στην Α. Μεσόγειο εντοπίζονται κυρίως στις αρχές της χιλιετίας, με εξαίρεση την εκατονταετία που εντοπίζεται τον 20^ο αιώνα (έχοντας αφαιρέσει τον ανθρώπινο παράγοντα). Μεταξύ των υπολοίπων υποπεριοχών δεν διακρίνεται κάποιο αξιοσημείωτο κοινό στοιχείο καθώς τα δεδομένα από υποπεριοχή σε υποπεριοχή και από χρονική μονάδα σε χρονική μονάδα διαφέρουν σημαντικά.

Αναφορικά με το καλοκαίρι και αρχίζοντας με τα διαστήματα που ανταποκρίνονται στις θερμότερες συνθήκες, παρατηρείται ότι αυτή τη φορά όλες οι υποπεριοχές έχουν κοινό στοιχείο ότι αυτά (τα διαστήματα) εντοπίζονται κυρίως στα μέσα της χιλιετίας ή στα τέλη αυτής εφόσον συμπεριληφθούν και οι ανθρώπινες επιδράσεις. Όσον αφορά τα ψυχρά διαστήματα, αυτά εντοπίζονται κυρίως κατά το τέλος της χιλιετίας στην ΒΑ. Ευρώπη, στο Β. Ατλαντικό και στην Κ. Ευρώπη ενώ μεταξύ Α. Μεσογείου και Δ. Μεσογείου τα στοιχεία φαίνεται να ταιριάζουν κατά πολύ. Ο Ν. Ατλαντικός δεν παρουσιάζει εμφανείς ομοιότητες με καμία υποπεριοχή.

Το φθινόπωρο, εμφανίζεται το ίδιο μοτίβο με τις προηγούμενες εποχές, όσον αφορά τα διαστήματα που αφορούν τις θερμότερες συνθήκες, μεταξύ της πλειοψηφίας των υποπεριοχών με εξαίρεση το Ν. Ατλαντικό και την Κ. Ευρώπη. Δηλαδή γίνεται φανερό ότι και πάλι οι θερμότερες συνθήκες εντοπίζονται είτε στα μέσα είτε στα τέλη της χιλιετίας. Τα ψυχρά διαστήματα είναι αρκετά κοινά μεταξύ της ΒΑ. Ευρώπης και της Δ. Μεσογείου, όπου παρατηρούνται στα τέλη της χιλιετίας σε επίπεδο έτους και εκατονταετίας, και στη μέση αυτής σε βαθμό δεκαετίας. Παρόμοια όμως αποτελέσματα εμφανίζονται και στο Β. Ατλαντικό καθώς και στην Κ. Ευρώπη ενώ ο Ν. Ατλαντικός εμφανίζει ξανά τα ψυχρότερα διαστήματα στις αρχές της χιλιετίας ακριβώς όπως με τα θερμά διαστήματα. Ακόμη, η Α. Μεσόγειος έχει κοινά στοιχεία σε επίπεδο έτους και δεκαετίας με το Β.



Ατλαντικό καθώς και οι δύο υποπεριοχές εμφανίζουν τα θερμοκρασιακά ελάχιστα στα μέσα της εξεταζόμενης χιλιετίας με διαφορά εκατό χρόνων. Ολοκληρώνοντας, να επισημανθεί ότι τέσσερις από τις έξι περιοχές έχουν ως ελάχιστη εκατονταετία τον 20^ο αιώνα, έχοντας αφαιρέσει όμως τον ανθρώπινο παράγοντα.

Πίνακας 3.2. Οι θερμότερες και ψυχρότερες καταγραφές για κάθε υποπεριοχή σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο. Οι παρενθέσεις δηλώνουν τις αντίστοιχες καταγραφές αν ληφθούν υπόψη και οι ανθρωπογενείς επιδράσεις. Απουσία παρενθέσεων σημαίνει ότι ανεξαρτήτως αυτής της συνθήκης οι μετρήσεις ταυτίζονται.

	NE. Europe			E. Mediterranean			W. Mediterranean		
	Year	Decade	Century	Year	Decade	Century	Year	Decade	Century
	YEAR								
WARMEST	1580 (1990)	1581-90 (1981-90)	1401-1500 (1901-2000)	1410	1021-30 (1981-90)	1201-1300 (1901-2000)	1620 (1880)	1441-50 (1981-90)	1401-1500 (1901-2000)
COLDEST	1096	1551-60	1901-2000 (1101-1200)	1142	1661-70 (1141-50)	1301-1400	1657	1731-40	1301-1400
	WINTER								
WARMEST	1665	1301-10 (1981-90)	1401-1500 (1901-2000)	1027 (1905)	1251-60	1901-2000	1065	1801-10	1001-1100 (1901-2000)
COLDEST	1046	1551-60	1101-1200	1704	1661-70	1701-1800	1345 (1897)	1571-80	1501-1600
	SPRING								
WARMEST	1442	1721-30 (1981-90)	1401-1500 (1901-2000)	1256 (1988)	1871-80 (1981-90)	1201-1300 (1901-2000)	1326 (1976)	1431-40 (1981-90)	1801-1900 (1901-2000)
COLDEST	1125	1041-50	1901-2000 (1601-1700)	1142	1141-50	1901-2000 (1601-1700)	1365	1981-90 (1471-80)	1301-1400
	SUMMER								
WARMEST	1490	1671-80 (1971-80)	1301-1400 (1901-2000)	1688	1871-80 (1981-90)	1001-1100 (1901-2000)	1551 (1880)	1071-80 (1981-90)	1501-1600 (1901-2000)
COLDEST	1741	1801-10	1901-2000 (1701-1800)	1147	1801-10	1301-1400	1382	1801-10	1301-1400
	AUTUMN								
WARMEST	1601 (1994)	1571-80 (1981-90)	1401-1500 (1901-2000)	1410	1021-30 (1981-90)	1501-1600 (1901-2000)	1718 (1930)	1581-90 (1981-90)	1501-1600 (1901-2000)
COLDEST	1829	1541-50	1901-2000 (1801-1900)	1664	1661-70	1301-1400	1608	1731-40	1901-2000 (1201-1300)

	N. Atlantic			S. Atlantic			C. Europe		
	Year	Decade	Century	Year	Decade	Century	Year	Decade	Century
	YEAR								
WARMEST	1422 (1980)	1581-90 (1981-90)	1501-1600 (1901-2000)	1683 (1993)	1291-00 (1991-00)	1001-1100 (1901-2000)	1510 (1986)	1521-30 (1981-90)	1401-1500 (1901-2000)
COLDEST	1137	1131-40	1901-2000 (1201-1300)	1569	1621-30	1201-1300	1142	1141-50 (1361-70)	1901-2000 (1301-1400)
	WINTER								
WARMEST	1589 (1980)	1581-90 (1981-90)	1501-1600 (1901-2000)	1592 (1992)	1691-00 (1991-00)	1001-1100 (1901-2000)	1443	1441-50	1801-1900 (1901-2000)
COLDEST	1966 (1202)	1921-30 (1471-80)	1901-2000 (1201-1300)	1570 (1892)	1621-30	1201-1300	1430	1311-20	1301-1400
	SPRING								
WARMEST	1420	1521-30 (1981-90)	1401-1500 (1901-2000)	1683 (1987)	1431-40 (1991-00)	1001-1100 (1901-2000)	1440 (1987)	1521-30 (1981-90)	1401-1500 (1901-2000)
COLDEST	1613	1131-40	1101-1200	1413	1771-80	1201-1300	1769	1361-70 (1801-10)	1601-1700
	SUMMER								
WARMEST	1415 (1941)	1591-60 (1991-00)	1501-1600 (1901-2000)	1894 (1913)	1431-40 (1981-90)	1401-1500 (1901-2000)	1162	1431-40 (1891-90)	1501-1600 (1901-2000)
COLDEST	1965 (1663)	1131-1140	1901-2000 (1101-1200)	1569	1621-30	1201-1300	1260	1801-10	1801-1900
	AUTUMN								
WARMEST	1432 (1994)	1591-00 (1981-90)	1701-1800 (1901-2000)	1169 (1990)	1191-00	1001-1100 (1901-2000)	1470	1301-10 (1981-90)	1001-1100
COLDEST	1561	1561-70	1901-2000 (1101-1200)	1254	1291-00	1201-1300	1700	1271-80 (1911-20)	1901-2000 (1301-1400)

3.6. Μελέτη της σχέσης των θερμοκρασιών ανάμεσα στις 6 υποπεριοχές

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται ο βαθμός συσχέτισης των μέσων ετήσιων θερμοκρασιών για τις έξι υποπεριοχές σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο για τα τελευταία χίλια χρόνια. Η συσχέτιση πραγματοποιήθηκε με χωρική μεσοποίηση (των grid) για κάθε υποπεριοχή. Η στατιστική σημαντικότητα των συσχετίσεων έχει επίσης μελετηθεί με το Pearson Test σε στάθμη σημαντικότητας.

Η Κ. Ευρώπη παρουσιάζει τις μεγαλύτερες συσχετίσεις με όλες τις υποπεριοχές της Ευρώπης. Τη μεγαλύτερη στατιστική συσχέτιση την εμφανίζει με την ΒΑ. Ευρώπη (0,603) και τη μικρότερη με την Α. Μεσόγειο (0,394). Η Α. Μεσόγειος εμφανίζει αρνητική και στατιστικά σημαντική συσχέτιση με το Ν. Ατλαντικό και πολύ μικρή (μη στατιστικά σημαντική) συσχέτιση με το Β. Ατλαντικό. Η συσχέτιση ανάμεσα στη Δ. Μεσόγειο και την Α. Μεσόγειο είναι 0,232.

Πίνακας 3.3. Βαθμός συμμεταβολής μεταξύ των έξι (6) υποπεριοχών σε ετήσιο επίπεδο. Με έντονη γραμμική σκίαση σημειώνονται τα στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα ($p < 0.05$). Με παρένθεση φαίνονται τα αποτελέσματα αν ληφθούν υπόψη οι ανθρωπογενείς επιδράσεις (Χρήσεις γης & εκπομπές ορυκτών καυσίμων).

	NE. Europe	E. Mediterranean	W. Mediterranean	N.Atlantic	S. Atlantic	C. Europe
NE. Europe	1	0,397 (0,427)	0,094 (0,160)	0,496 (0,519)	0,124 (0,169)	0,603 (0,610)
E. Mediterranean	0,397 (0,427)	1	0,232 (0,319)	0,019 (0,079)	-0,186 (-0,093)	0,394 (0,451)
W. Mediterranean	0,094 (0,160)	0,232 (0,319)	1	0,120 (0,164)	0,420 (0,442)	0,567 (0,589)
N. Atlantic	0,496 (0,519)	0,019 (0,079)	0,120 (0,164)	1	0,180 (0,237)	0,438 (0,448)
S. Atlantic	0,124 (0,169)	-0,186 (-0,093)	0,420 (0,442)	0,180 (0,237)	1	0,419 (0,424)
C. Europe	0,603 (0,610)	0,394 (0,451)	0,567 (0,589)	0,438 (0,448)	0,419 (0,424)	1

Τα αποτελέσματα σε εποχιακή βάση διαφοροποιούνται σε σχέση με τα ετήσια. Ειδικότερα, ο Πίνακας 3.4. δείχνει το βαθμό συσχέτισης των θερμοκρασιακών δεδομένων μεταξύ των υποπεριοχών για την εποχή του χειμώνα. Φαίνεται ότι η ΒΑ. Ευρώπη εμφανίζει στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση με το Β. Ατλαντικό (0.545) και την Κ. Ευρώπη (0.532). Αντίθετα, αρνητική συσχέτιση παρατηρείται μεταξύ της Δ. Μεσογείου (-0.338). Η συσχέτιση ανάμεσα στο Ν. Ατλαντικό με τη ΒΑ. Ευρώπη και την Α. Μεσόγειο είναι μη στατιστικά σημαντική. Η Α. Μεσόγειος φαίνεται να συσχετίζεται θετικά με την Κ. Ευρώπη (0.377) και τη Δ. Μεσόγειο (0.447) ενώ αρνητική στατιστικά σημαντική συσχέτιση εμφανίζει με το Β. Ατλαντικό (-0.291). Η Δ. Μεσόγειος φαίνεται να συσχετίζεται αρνητικά με το Β. Ατλαντικό (-0.387) ενώ θετικά με το Ν. Ατλαντικό (0.370).

Πίνακας 3.4. Όπως και στον Πίνακα 3.3. αλλά για το χειμώνα.

	NE. Europe	E. Mediterranean	W. Mediterranean	N. Atlantic	S. Atlantic	C. Europe
NE. Europe	1	0,170 (0,195)	-0,338 (-0,300)	0,545 (0,538)	0,028 (0,049)	0,532 (0,519)
E. Mediterranean	0,170 (0,195)	1	0,447 (0,463)	-0,291 (-0,250)	-0,046 (-0,024)	0,377 (0,406)
W. Mediterranean	-0,338 (-0,300)	0,447 (0,463)	1	-0,387 (-0,351)	0,370 (0,366)	0,171 (0,199)
N. Atlantic	0,545 (0,538)	-0,291 (-0,250)	-0,387 (-0,351)	1	0,146 (0,194)	0,430 (0,412)
S. Atlantic	0,028 (0,049)	-0,046 (-0,024)	0,370 (0,366)	0,146 (0,194)	1	0,382 (0,375)
C. Europe	0,532 (0,519)	0,377 (0,406)	0,171 (0,199)	0,430 (0,412)	0,382 (0,375)	1

Ο Πίνακας 3.5. παρουσιάζει τα αποτελέσματα για την εποχή της άνοιξης. Συγκεκριμένα, η ΒΑ. Ευρώπη φαίνεται να παρουσιάζει θετική συσχέτιση με την Α. Μεσόγειο (0.353) με το Β. Ατλαντικό (0.412) και κυρίως με την Κ. Ευρώπη (0.630). Η Α. Μεσόγειος παρουσιάζει θετική γραμμική σχέση με την Κ. Ευρώπη (0.324) και αντίστοιχη μικρή με τη Δ. Μεσόγειο (0.163) ενώ εμφανίζεται μικρή αρνητική στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του Β. Ατλαντικού (-0.091) και του Ν. Ατλαντικού (-0.236). Η Δ. Μεσόγειος εμφανίζει σημαντική θετική γραμμική σχέση με το Ν. Ατλαντικό (0.490) και την Κ. Ευρώπη (0.549) και μικρή με τις υπόλοιπες υποπεριοχές. Ο Β. Ατλαντικός παρουσιάζει μικρή γραμμική σχέση με το Ν. Ατλαντικό (0.287) ενώ με την Κ. Ευρώπη παρουσιάζει θετική συσχέτιση (0.524). Τέλος, ο Ν. Ατλαντικός καταγράφει θετική συσχέτιση με την Κ. Ευρώπη (0.408). Να επισημανθεί ότι όπως φαίνεται και παρακάτω, τα αποτελέσματα είναι σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικά σημαντικά.

Πίνακας 3.5. Όπως και στον Πίνακα 3.3. αλλά για την άνοιξη.

Variables	NE. Europe	E. Mediterranean	W. Mediterranean	N. Atlantic	S. Atlantic	C. Europe
NE. Europe	1	0,353 (0,393)	0,120 (0,163)	0,412 (0,422)	0,167 (0,188)	0,630 (0,645)
E. Mediterranean	0,353 (0,393)	1	0,163 (0,245)	-0,091 (-0,055)	-0,236 (-0,151)	0,324 (0,357)
W. Mediterranean	0,120 (0,163)	0,163 (0,245)	1	0,200 (0,200)	0,490 (0,508)	0,549 (0,570)
N. Atlantic	0,412 (0,422)	-0,091 (-0,055)	0,200 (0,200)	1	0,287 (0,302)	0,524 (0,520)
S. Atlantic	0,167 (0,188)	-0,236 (-0,151)	0,490 (0,508)	0,287 (0,302)	1	0,408 (0,428)
C. Europe	0,630 (0,645)	0,324 (0,357)	0,549 (0,570)	0,524 (0,520)	0,408 (0,428)	1

Ο Πίνακας 3.6. εμφανίζει αντίστοιχα τους βαθμούς συσχέτισης Pearson για την εποχή του καλοκαιριού. Οι θερμοκρασίες ανάμεσα στις υποπεριοχές της Ευρώπης εμφανίζουν τις μικρότερες συσχετίσεις στην περίοδο του καλοκαιριού με εξαίρεση τη συσχέτιση των θερμοκρασιών ανάμεσα στην Κ. Ευρώπη και τη Δ. Μεσόγειο. Ο Β. Ατλαντικός δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με καμία περιοχή της Μεσογείου αλλά ούτε και με το Ν. Ατλαντικό. Τέλος, ο Ν. Ατλαντικός καταγράφει θετική γραμμική συσχέτιση με την Κ. Ευρώπη (0.478). Σε όλες τις περιπτώσεις όπου παρατηρείται η ύπαρξη συσχετίσεων μεταξύ των υποπεριοχών, τα αποτελέσματα είναι στατιστικά σημαντικά.

Πίνακας 3.6. Όπως και στον Πίνακα 3.3. αλλά για το καλοκαίρι.

Variables	NE. Europe	E. Mediterranean	W. Mediterranean	N. Atlantic	S. Atlantic	C. Europe
NE. Europe	1	0,176 (0,191)	-0,009 (0,043)	0,596 (0,611)	-0,092 (-0,053)	0,261 (0,294)
E. Mediterranean	0,176 (0,191)	1	0,249 (0,291)	-0,030 (0,006)	-0,208 (-0,136)	0,185 (0,251)
W. Mediterranean	-0,009 (0,043)	0,249 (0,291)	1	0,004 (0,041)	0,401 (0,422)	0,691 (0,689)
N. Atlantic	0,596 (0,611)	-0,030 (0,006)	0,004 (0,041)	1	-0,041 (-0,013)	0,206 (0,218)
S. Atlantic	-0,092 (-0,053)	-0,208 (-0,136)	0,401 (0,422)	-0,041 (-0,013)	1	0,478 (0,459)
C. Europe	0,261 (0,294)	0,185 (0,251)	0,691 (0,689)	0,206 (0,218)	0,478 (0,459)	1

Ο Πίνακας 3.7. παρουσιάζει το βαθμό συσχέτισης Pearson μεταξύ των υποπεριοχών αλλά για την εποχή του φθινοπώρου. Αναλυτικότερα, η ΒΑ. Ευρώπη φαίνεται να συσχετίζεται θετικά με το Β. Ατλαντικό (0.423) και την Κ. Ευρώπη (0.453), ενώ δεν παρατηρείται κάποια αντίστοιχη γραμμική σχέση μεταξύ των υπολοίπων περιοχών. Η Α. Μεσόγειος συσχετίζεται αρνητικά με το Ν. Ατλαντικό (-0.334). Αντιστοίχως, η Δ. Μεσόγειος παρουσιάζει θετική γραμμική σχέση με την υποπεριοχή της Κ. Ευρώπης (0.616). Ο Β. Ατλαντικός παρουσιάζει μικρή θετική συσχέτιση με το Ν. Ατλαντικό (0.124) και την Κ. Ευρώπη (0.214). Τελειώνοντας με το Ν. Ατλαντικό, παρατηρείται ότι καταγράφεται θετική σχέση με την Κ. Ευρώπη (0.343). Να σημειωθεί ότι όπως και στις προηγούμενους πίνακες, τα αποτελέσματα είναι στατιστικά σημαντικά.

Πίνακας 3.7. Όπως και στον Πίνακα 3.3. αλλά για το φθινόπωρο.

Variables	NE. Europe	E. Mediterranean	W. Mediterranean	N. Atlantic	S. Atlantic	C. Europe
NE. Europe	1	0,206 (0,236)	0,147 (0,177)	0,423 (0,454)	0,064 (0,089)	0,453 (0,468)
E. Mediterranean	0,206 (0,236)	1	0,288 (0,314)	-0,173 (-0,143)	-0,334 (-0,277)	0,249 (0,285)
W. Mediterranean	0,147 (0,177)	0,288 (0,314)	1	-0,001 (0,021)	0,199 (0,288)	0,616 (0,628)
N. Atlantic	0,423 (0,454)	-0,173 (-0,143)	-0,001 (0,021)	1	0,124 (0,168)	0,214 (0,229)
S. Atlantic	0,064 (0,089)	-0,334 (-0,277)	0,199 (0,228)	0,124 (0,168)	1	0,343 (0,351)
C. Europe	0,453 (0,468)	0,249 (0,285)	0,616 (0,628)	0,214 (0,229)	0,343 (0,351)	1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ

Η ιστορική κλιματολογία είναι εκείνος ο κλάδος που σαν κύριο αντικείμενο μελέτης έχει την αξιοποίηση της πληροφορίας που αντλείται από τις διάφορες εναλλακτικές πηγές προκειμένου να γίνει η διερεύνηση της πορείας της κλιματικής μεταβλητότητας, κατά τα ιστορικά χρόνια, ενδεχομένως σε συνδυασμό με τις μετρήσεις οργάνων που είναι διαθέσιμες. Η ιστορική κλιματολογία συνεισφέρει σημαντικά στην κατανόηση των κλιματικών διεργασιών πριν από την συστηματική επιρροή που άσκησε ο άνθρωπος στο πλανητικό σύστημα (Bradzil et al., 2005).

Ο όρος της ιστορικής κλιματολογίας ξεκίνησε ως ένας τεχνικός όρος που αναφέρονταν στην κλιματική μελέτη και ερμηνεία μέσω των περιγραφικών καταγραφών – αποδείξεων (documentary evidence) και αναφερόταν στην χρονική περίοδο που υπήρχαν έγγραφες ενδείξεις (Ingram, Underhill, & Wigley, 1978). Αργότερα, η περίοδος αναφοράς του όρου επεκτάθηκε και άρχισε να χρησιμοποιείται για όλη την Ολόκαινο. Ο ορισμός πλέον της ιστορικής κλιματολογίας αφορούσε στην μελέτη του κλίματος εν μέσω της χρονικής περιόδου κατά την οποία, ο πολιτισμένος πια Homo Sapiens, οικοδόμησε μόνιμες κατοικίες και άλλες δομές που σχετίζονται με την κουλτούρα του, καθώς παράλληλα ανέπτυξε την τέχνη της συγγραφής. Το εύρος της χρονικής αυτής περιόδου μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή. Ωστόσο, βάσει της πιθανότατα παλαιότερης πόλης, της Ιεριχού, που χρονολογείται να κατοικείται τα τελευταία 10000 χρόνια, η Ολόκαινος φαίνεται να είναι το λογικό χρονικό πλαίσιο στο οποίο εντάσσεται η ιστορική κλιματολογία (Fairbridge, 1987).

Τα τελευταία χρόνια το πεδίο της ιστορικής κλιματολογίας μεταβλήθηκε σε ένα διεπιστημονικό πεδίο στο οποίο αναγκαία συνθήκη είναι η αλληλεπίδραση των κλιματολόγων και των κοινωνιολόγων (Von Storch and Stehr, 1997). Σε αυτά τα πλαίσια η ιστορική κλιματολογία ορίστηκε ως η έρευνα πεδίου με κύριο αντικείμενο τις περιγραφικές καταγραφές (documentary evidence) που συνδέει την επιστήμη της κλιματολογίας με την περιβαλλοντική ιστορία και εφαρμόζει μεθοδολογίες και των δύο επιστημονικών πεδίων (Pfister, 2001).

Στόχος της ιστορικής κλιματολογίας, είναι η ανακατασκευή χρονικών και χωρικών, καιρικών και κλιματικών μοτίβων, καθώς και φυσικών καταστροφών που σχετίζονται με το κλίμα της περιόδου που προηγείται των εθνικών μετεωρολογικών δικτύων. Επιπροσθέτως, διερευνά την ευπάθεια των κοινωνιών και οικονομιών του παρελθόντος στις κλιματικές μεταβολές, στα ακραία κλιματικά φαινόμενα και στις φυσικές καταστροφές που παρατηρήθηκαν και μελετά τις αναπαραστάσεις του κλίματος του παρελθόντος (Pfister, 2001).

Τα δεδομένα της κλιματικής έρευνας στα πλαίσια της ιστορίας, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε άμεσα και έμμεσα δεδομένα. Τα άμεσα δεδομένα μπορούν να οριστούν ως περιγραφικά δεδομένα καταγραφών (documentary data), όπως είναι οι αφηγηματικές περιγραφές των καιρικών φαινομένων ή πολύ παλιές μετρήσεις οργάνων. Τα έμμεσα δεδομένα καταγραφών ανακλούν το αντίκτυπο των καιρικών φαινομένων σε στοιχεία της υδρόσφαιρας, της κρυόσφαιρας ή της βιόσφαιρας, όπως είναι οι πλημμύρες, τα παγωμένα ποτάμια ή η αρχή και το τέλος της περιόδου συγκομιδής των σιτηρών. Τα έμμεσα δεδομένα,

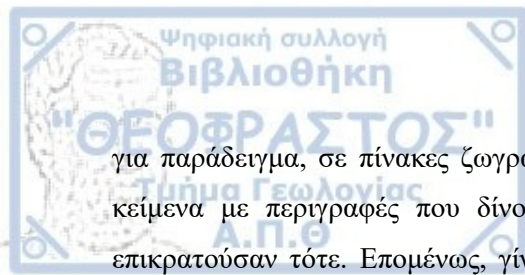
λόγω της φύσης τους, μπορεί να είναι ενδείξεις είτε ανθρωπογενούς είτε φυσικής προέλευσης (Pfister, 2001).

Οι εναλλακτικές ανθρωπογενείς πηγές μπορεί να προέρχονται από πολίτες και προσωπικά αρχεία ή από έγγραφα και αρχεία φορέων. Τα διάφορα έγγραφα προσωπικών αρχείων όπως είναι χρονικά ή απομνημονεύματα, τμήματα ιδιωτικής αλληλογραφίας, προσωπικά ημερολόγια και προσωπικές καθημερινές παρατηρήσεις καιρού περιγράφουν τα διάφορα καιρικά φαινόμενα, ακραία ή μη, και τις επιπτώσεις που αυτά είχαν στην κοινωνία. Οι εφημερίδες και οι δημοσιεύσεις, που αφορούσαν τη μετεωρολογία και τα ακραία περιστατικά καιρού, δίνουν επιπλέον πληροφορίες για τις γνώσεις της εκάστοτε περιόδου και τις εξηγήσεις που έδινε η επιστημονική κοινότητα την εκάστοτε εποχή. Παράλληλα, η τέχνη συνεισέφερε σημαντικά, παρέχοντας πληροφορίες για το κλίμα μέσω της ζωγραφικής, της χαρακτικής, της ποίησης, της μουσικής, της φωτογραφίας και των εικονογραφημένων αφισών που διανέμονταν σε περιπτώσεις μεγάλων καταστροφών ή αξιοσημείωτων καιρικών φαινομένων (Bradzil et al., 2005).

Ωστόσο, κατά την προσπάθεια ερμηνείας των στοιχείων που αντλούνται από ιδιωτικά αρχεία, και ειδικότερα από καλλιτεχνικές πηγές, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η υποκειμενικότητα και το πνευματικό υπόβαθρο του ατόμου που περιγράφει το εκάστοτε φαινόμενο, καθώς επίσης και αν ήταν αυτόπτης μάρτυρας κατά το συμβάν. Ειδικότερα στους πίνακες του 18^{ου} αιώνα είναι απαραίτητο να γίνει η διάκριση των περιπτώσεων που τα έργα αποτυπώνουν φαντασιακές καταστάσεις και όχι πραγματικά γεγονότα. Αντιστοίχως, οι στίχοι των ποιημάτων ή των τραγουδιών συχνά διαστρεβλώνουν τα περιστατικά ως προς το μέγεθος, την ακρίβεια και τις επιπτώσεις ενός γεγονότος, καθώς αυτό δραματοποιείται περεταίρω κατά την διάρκεια της σύνθεσης (Bradzil et al., 2005).

Τα αρχεία των θεσμικών φορέων, όπως είναι τα νοσοκομεία, οι δήμοι, οι στρατιωτικές και οι πολιτικές αρχές, δεν είχαν σαν άμεσο σκοπό την περιγραφή του κλίματος αλλά συχνά διατηρούσαν αρχείο προκειμένου να καταγραφούν οι ενέργειες και οι δράσεις τους, για ενδεχόμενη μετέπειτα χρήση των αρχείων αυτών σε έρευνα ή έλεγχο, καταγράφοντας παράλληλα πληροφορίες σχετικά με το κλίμα. Εξαιτίας των πρωτοκόλλων και των τυπικών κανόνων που ακολουθήθηκαν για τη δημιουργία τους, αυτά τα αρχεία χαρακτηρίζονται από ένα βαθμό ομοιογένειας. Αντίθετα με τις ιδιωτικές πηγές, οι θεσμικοί φορείς διατηρούσαν τους ίδιους τρόπους λειτουργίας για πολλούς αιώνες και έτσι παρέχουν πληροφορίες για μεγάλες περιόδους. Τέτοιες εναλλακτικές πηγές φορέων είναι τα λογιστικά βιβλία, η επίσημη αλληλογραφία, οι διάφορες αναφορές που συντάχθηκαν ως προς την καταστροφή καλλιεργειών από καταστροφικά καιρικά φαινόμενα καθώς επίσης και τα επίσημα ημερολόγια των πλοίων. Τα ημερολόγια των ναυτικών αποτελούν τη σημαντικότερη θεσμική πηγή καθώς δημιουργήθηκαν βάσει της άμεσης παρατήρησης της κατεύθυνσης του ανέμου, της έντασής του και των καιρικών συνθηκών των ωκεανών και των θαλασσών όταν υπήρχε κάποιο εμπορικό ή πολιτικό συμφέρον (Bradzil et al., 2005).

Ο καιρός και κατ' επέκταση και το κλίμα, είναι τόσο ζωτικά και αλληλένδετα τμήματα της καθημερινότητας του ανθρώπου, σε σημείο που είναι δυνατό να εξαχθούν στοιχεία για αυτά από τομείς που φαινομενικά δεν σχετίζονται διόλου με την επιστήμη της ατμόσφαιρας. Πράγματι, όπως θα φανεί σε αυτό το κεφάλαιο, υπάρχουν ορισμένα φυσικά γεγονότα που σημάδεψαν την ανθρώπινη ιστορία και αποτυπώθηκαν,



για παράδειγμα, σε πίνακες ζωγραφικής από διάφορους καλλιτέχνες της εποχής, καθώς και σε ιστορικά κείμενα με περιγραφές που δίνουν στοιχεία, άμεσα ή έμμεσα, για τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούσαν τότε. Επομένως, γίνεται μια παράθεση τέτοιων καταγεγραμμένων στοιχείων, με σκοπό να διαπιστωθεί κατά πόσο αυτά, ενισχύουν ή όχι, το βαθμό εμπιστοσύνης των προσομοιώσεων του μοντέλου, τα αποτελέσματα του οποίου αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

4.1. Η ψύξη του ποταμού Τάμεση

Ένας από τους πιο έντονους χειμώνες που βίωσε η Μεγάλη Βρετανία ήταν αυτός του 1683-84. Οι θερμοκρασιακές συνθήκες ήταν τέτοιες που ο ποταμός Τάμεσης ήταν παγωμένος σε τέτοιο βαθμό που διεξάγονταν παγοδρομίες. Κατά το έτος αυτό, υπάρχουν καταγεγραμμένες μετεωρολογικές αναφορές, περιγραφικού τύπου, σε καθημερινή βάση από αρκετές, ανεξάρτητες μεταξύ τους πηγές. (Manley, 1971) Ιδιαίτερη μνεία, γίνεται στον Δρ. John Downes, ο οποίος κρατούσε ημερήσιο αρχείο από θερμοκρασιακές μετρήσεις. Σύμφωνα με αυτές, το περισσότερο κρύο σημειώθηκε στις 15-16 Ιανουαρίου του 1684 αλλά και στις 2,3,4 και 6 Φεβρουαρίου. Επίσης, στις περιγραφικές αναφορές, αναφέρεται ότι το διάστημα 1-10 Ιανουαρίου για το Λονδίνο αποτελούνταν από «ιδιαιτέρα σκληρό παγετό, χιόνι που έχει κατακαθίσει και μια διαχέουσα ομίχλη». Αξιοσημείωτο σε αυτές, είναι και το γεγονός ότι σημειώνεται πως από το διάστημα 10 Ιανουαρίου μέχρι 13 Φεβρουαρίου επικρατούσαν άνεμοι από ανατολικές και βόρειες διευθύνσεις. Σε άλλο σημείο: «Ο παγετός ήταν ισχυρός σε όλη την επικράτεια κατά το διάστημα 2-7 Φεβρουαρίου. Στο Μπρίστολ, σημειώθηκε ρεκόρ χαμηλότερης θερμοκρασίας στις 30 Ιανουαρίου» Οι αναφορές συνεχίζουν με ιδιαίτερα αναλυτική περιγραφή για το σύνολο του χειμώνα, καθώς και των εποχών του φθινοπώρου και της άνοιξης της ίδιας χρονιάς, ωστόσο το σκηνικό του βαρύ χειμώνα φαίνεται να ξεκινάει από τις 12 Δεκεμβρίου και να συνεχίζεται σχεδόν χωρίς σταματημό μέχρι και το μήνα Μάρτιο. (Manley, 1971)

Οι συνθήκες που περιγράφηκαν παραπάνω, δεν θα γινόταν να περάσουν απαρατήρητες και από τον κόσμο της τέχνης. Στο Σχήμα 4.1. φαίνεται ένας πίνακας του Thomas Wyke – Οι παγοδρομίες στον ποταμό Τάμεση (Thames Frost Fair, 1683-84), στον οποίο απεικονίζονται οι καιρικές συνθήκες που στιγμάτισαν εκείνη την περίοδο: Το χιόνι που έχει καλύψει το χώμα, το πλοίο που έχει εγκλωβιστεί πάνω στον παγωμένο Τάμεση, η ενδυμασία των ανθρώπων καθώς και το χρώμα του ουρανού καταδεικνύουν καθιστούν φανερό ότι οι συνθήκες εκείνη την εποχή θα πρέπει να ήταν ιδιαίτερα ψυχρές.

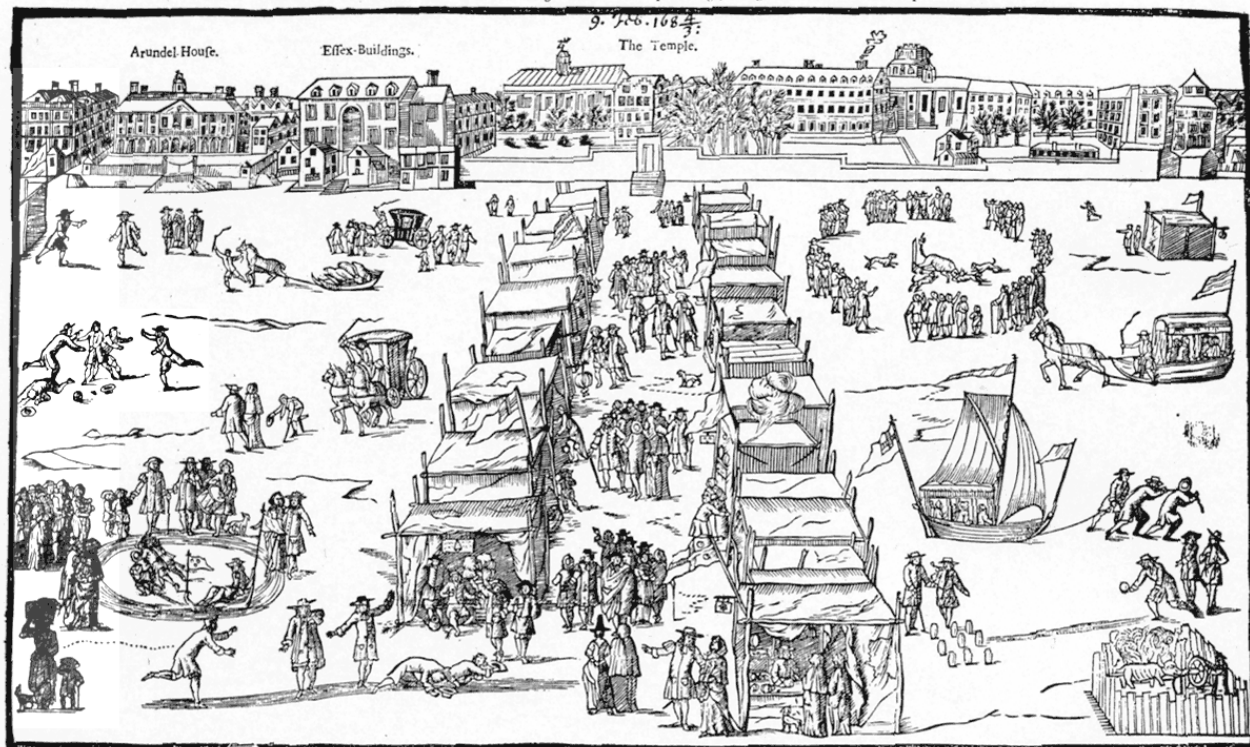


Σχήμα 4.1. Οι παγοδρομίες στον ποταμό Τάμεση (Thames Frost Fair, 1683–84, by Thomas Wyke)

Τα ειδησεογραφικά πρακτορεία της εποχής εκείνης, κατέγραψαν επίσης, την περίοδο αυτή. Στο Σχήμα 4.2. παρατίθεται το πρωτοσέλιδο από μία εφημερίδα που εκδόθηκε το Φεβρουάριου του 1684 από τους R. Walton και J. Seller και αναφερόταν στο χειμώνα του 1683-84. Στην επικεφαλίδα σημειώνεται ότι «Ο παγετός ήταν τόσο έντονος, που ο Ποταμός Τάμεσης πάγωσε ολοσχερώς, (...) και τα πλοιάρια δεν τον διέσχιζαν πλέον». Είναι χαρακτηριστικός ο βαθμός στον οποίο είχε παγώσει ο ποταμός, καθώς όπως φαίνεται και στην εικόνα αλλά και σύμφωνα με τις περιγραφές, είχε στηθεί ολόκληρη αγορά με αγαθά επάνω στην παγωμένη έκταση του ποταμού, καθώς και ειδικά διαμορφωμένοι χώροι με μεγάλα ζώα για την ψυχαγωγία των ανθρώπων. Εντυπωσιακό, είναι επίσης το γεγονός, ότι τα πλοιάρια που άλλοτε διέσχιζαν τον Τάμεση, πλέον σύρονται με τη βοήθεια σχοινιών από ανθρώπους και άλογα.

Great BRITAINS WONDER: LONDON'S Admiration.

Being a True Representation of a Prodigious FROST, which began about the beginning of Decemb. 1683. and continued till the Fourth Day of February following. And held on with such violence, that Men and Beasts, Coaches and Carts, went as frequently thereon, as Boats were wont to pass before. There was also a Street of Booths built from the Temple to the Tower, where were sold all sorts of Goods, imaginable, namely, Cloaths, Plate, Earthen Ware, Meat, Drink, Brandy, Tobacco, and a Hundred sorts of other Commodities not here inserted. It being the Wonder of this present Age, and a great confirmation to all the Spectators.



Behold the Wonder of this present Age,
A Famous RIVER now become a Stage.
Question not what I now declare to you,
The Thames is now both Fair and Market too,
And many Thousands daily do resort,
There to behold the Pastime and the Sport
Early and late, used by young and old,
And valu'd not the fierceness of the Cold,
And did not think of that Almighty Hand
Who made the Waters bare, like to the Land:
Thousands and Thousands to the River flock,
Where mighty flakes of Ice do lie like Rocks.
There may you see the Coaches (as if) run,
As if beneath the Ice were Waters none;
And holes of People every where there be,
Just like to Herrings in the brackish Sea;
And there the quaking Water-men will stand ye,
Kind Master, drink you Beer, or Ale, or Brandy:
Walk in, kind Sir, this Booth is the chief,
We'll entertain you with a slice of Beef,
And what you please to Eat or Drink, 'tis here,
No Booth, like mine, affords such dainty cheer.
Another cries, Here Master, they but scoff ye,
Here is a Dish of famous new-made Coffee.
And some do say, a giddy senseless Ass
May on the THAMES be furnish'd with a Lass.
But to be short, such Wonders there are seen,
That in this Age before hath never been.
Before the Frost there a Street is made,
And there is one almost of every Trade:
There may you also this hard Frosty Winter,
See on the Rocky Ice a Working-PRINTER,
Who hopes by his own Art to reap some gain,
Which he perchance does think he may obtain.
Here is also a Lottery and Musick too,
Yea, a cheating, drunken, leud, and debauch'd crew.
Hot Codlins, Pancakes, Duck, Goose, and Sack,
Rabbit, Capon, Hen, Turkey, and a wooden Jack.

In this same Street before the Temple made,
There seems to be a brisk and lively Trade:
Where e'ry Booth hath such a cunning Sign,
As seldom hath been seen in former time;
The Flying Fish-pot is one of the same,
The Whip and Egg, and the Broom by name:
And there if you have Money for to spend,
Each cunning Snapper will seem to be your Friend.
There may you see small Vessels under Sail,
All's one to them, with or against the Gale,
And as they pass they little Gums do fire,
Which feedeth some, and pulls them with desire
To fail therein, and when their Money's gone,
'Tis right, they cry, the Thames to come upon.
There on a Sign you may most plainly see,
Here's the first Tavern built in Freezeland-street:
There is Bull-baiting and Bear-baiting too,
That no Man living yet e'er found so true;
And Foot-Ball play is there so common grown,
That on the Thames before was never known;
Coals being dear, are carry'd on Mens backs,
And some on Sledges there are drawn in Sacks;
Men do on Horse-back ride from shore to shore,
Which formerly in Boats were wait'd o're:
Poor people hard shifts make for livelihoods,
And luppy are if they can sell their Goods;
What you can buy for Three-pence on the shore,
Will cost you Four-pence on the Thames, or more.
Now let me come to things more strange, yet true,
And question not what I declare to you:
There Roasted was a great and well-fed Oxe,
And there, with Dogs, Hunted the cunning Fox;
Dancing o'h' Ropes, and Puppit-plays likewise,
The like before u'r seen beneath the Skies;
All stand admir'd, and very well they may,
To see such pastimes, and such sorts of play.
Beside the things I nam'd to you before,
There other Toys and Baubles are great store;

There may you feast your wandering eyes enough,
There you may buy a Box to hold your Snuff:
No Fair nor Market underneath the Skies
That can afford you more Varieties;
There may you see some hundreds slide in Skees,
And beaten paths like to the City Streets,
There were Dutch Whimfies turned swiftly round,
Faster then Horses run on level Ground:
The like to this I now to you do tell,
No former Age could ever parallel;
There's all that can supply most curious minds,
With such Varieties of cunning Signs,
That I do think no Man doth underland,
Such merry Fancies ne'er were on the Land;
There is such Whimfies on the Frozen Ice,
Makes some believe the Thames a Paradise.
And though these sights be to our admiration,
Yet our sins, our sins, do call for lamentation.
Though such unusual Frosts to us are strange,
Perhaps it may predict some greater Change;
And some do fear may a fore-runner be
Of an approaching sad Mortality:
But why should we to such belief incline?
There's none that knows but the blest pow'r divine
And what he's from Jehovah sent,
Poor Sinners ought therewith to be content;
If dreadful, then to fall upon the knee,
And beg remission of the DEITY:
But if beyond our thoughts he sends us store,
With all our hearts let's thankful be therefore.
Now let us all in Great Jehovah trust,
Who doth preserve the Righteous and the Just;
And eke conclude Sin is the cause of all
The heavy Judgements that on us do fall:
And call to mind, fond Man, thy time mispent,
Fall on thy knees, and heartily Repent,
Then will thy Saviour pity take on thee,
And thou shalt live to all Eternity. *Finis.*

Printed by M. Haly, and J. Miller, and sold by Robert Walton, at the Globe on the North-side of St. Pauls-Church, near that end towards Ludgate, Where you may have all sorts of Maps, Copy-Books, and Prints, not only English, but Italian, French, and Dutch. And by John Seller in the West-side of the Royal-Exchange. 1684.

Σχήμα 4.2. Πρωτοσέλιδο τοπικής εφημερίδας στο Ηνωμένο βασίλειο, αναφορικά με το πάγωμα του ποταμού Τάμεση (R. Walton και J. Seller, Φεβρουάριος 1684)

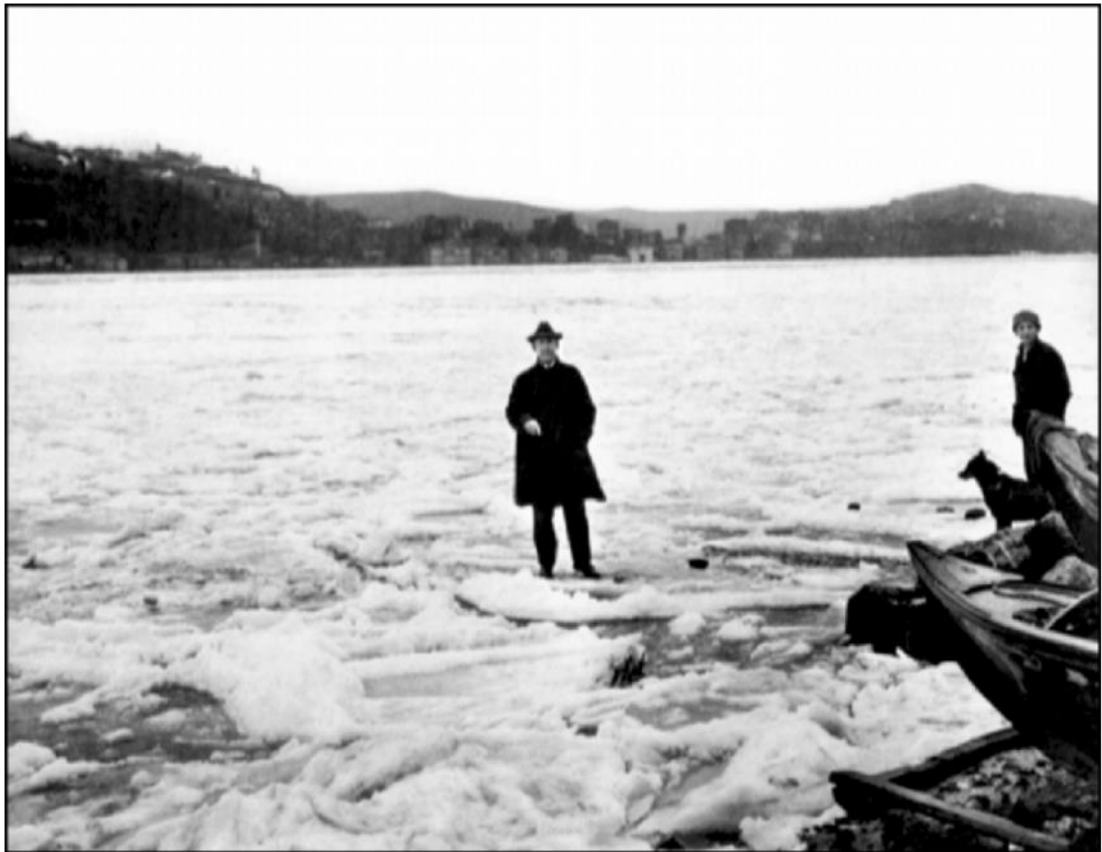
Ο Μεγάλος Χειμώνας του 1683-84 αποτέλεσε τον πιο ψυχρό καταγεγραμμένο χειμώνα για το Ηνωμένο Βασίλειο, ωστόσο δεν αποτέλεσε και το μοναδικό, καθώς το σύνολο του 17^{ου} ως και στις αρχές του 19^{ου} αιώνα ήταν μία περίοδος που χαρακτηρίστηκε από χαμηλές θερμοκρασίες και δυνατούς χειμώνες, κατά την οποία ο ποταμός Τάμεσης πάγωσε κι άλλες χρονιές. (Πηγή: Thamesweb.co.uk – The Royal Windsor)

Το μοντέλο MPI - ESM (Jungclaus, 2010) για το χειμώνα του 1684 στο διάγραμμα διακύμανσης της θερμοκρασίας για την Κ. Ευρώπη (Σχήμα 3.28) και λαμβάνοντας υπόψη τις ανθρωπογενείς επιδράσεις, παρατηρείται αρνητική θερμοκρασιακή διαφορά της τάξης του $-0.39\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ιδιαίτερα ψυχροί χειμώνες εμφανίζονται κατά τις χρονιές 1662, 1672 και 1696 με διαφορές $-3.47\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-3.70\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $-4.75\text{ }^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα. Το χειμώνα της πεντηκονταετίας 1651-1700 (Σχήμα 3.7), που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα, δεν φαίνεται να αντικατοπτρίζει τα παραπάνω συμβάντα καθώς αποτυπώνονται θερμοκρασιακές διαφορές μεγαλύτερες από την περίοδο αναφοράς ($0.75\text{ }^{\circ}\text{C}$, υπενθυμίζεται ότι οι ανθρωπογενείς επιδράσεις έχουν αφαιρεθεί). Τα δύο στοιχεία αυτά, φανερώνουν την πιθανότητα, οι ψυχρές συνθήκες που παρατηρήθηκαν εκείνη την περίοδο στο Ηνωμένο Βασίλειο, αφενός να χαρακτήριζαν τους χειμώνες μεμονωμένων χρόνων, όπως το 1684, αφετέρου δε, να μην εξέφραζαν πάντα το σύνολο της Κ. Ευρώπης αλλά μία πιο περιορισμένη γεωγραφική περιοχή.

4.2. Η ψύξη του Βοσπόρου και της Μαύρης Θάλασσας

Σύμφωνα με μία πρόσφατη έρευνα, υπάρχουν αποδείξεις ότι, στην περιοχή του Βοσπόρου σημειώθηκαν τα τελευταία δύο χιλιάδες χρόνια τέσσερις ψυχρές περιόδους, διαστήματα κατά τα οποία ο Βόσπορος πάγωσε. Στην παρούσα μελέτη γίνεται αναφορά στην 4^η και πιο πρόσφατη τέτοια περίοδο, που ξεκίνησε κατά τα μέσα του 17^{ου} αιώνα και συνεχίζεται ως σήμερα (Yavuz, Akcar, & Schlüchter, 2007). Πολύ συχνά, σε αυτήν την περίοδο, το χειμώνα, η περιοχή του Βοσπόρου και της Μαύρης Θάλασσας πάγωναν ολικώς ή μερικώς και μάζες πάγου καταγράφονταν να επιπλέουν στη Θάλασσα του Μαρμαρά.

Πιο συγκεκριμένα, το 1620, ο πάγος λέγεται ότι ήταν τόσο πυκνός που οι κάτοικοι της Κωνσταντινούπολης μπορούσαν να διασχίσουν με τα πόδια το Βόσπορο απέναντι στην περιοχή του Ουσκουντάρ (δήμος της Κων/πολης). Η επόμενη ψύξη του Βοσπόρου καταγράφηκε το 1669, η οποία όμως ήταν μερική, ενώ το Ιανουάριο ή το Φεβρουάριο του 1779, πάγωσε ολικώς ξανά. (Yavuz et al., 2007) Γενικά, οι συγγραφείς αναφέρουν ότι η περίοδος 1779-1823 αποτέλεσε για τη βόρεια και κεντρική Ευρώπη, ένα ψυχρό διάστημα άνευ προηγουμένου για τα ιστορικά χρόνια, η οποία αναφέρεται ως η αποκορύφωση της ΜΠΠ (Grove, 1988). Το χειμώνα του 1823 σημειώθηκαν ιδιαίτερα ψυχρές συνθήκες, με αποτέλεσμα οι βόρειες ακτές της Μαύρης Θάλασσας να παγώσουν τελείως και μεγάλες μάζες πάγου διέσχισαν το Βόσπορο. Ανάλογες περιπτώσεις αποτελούν και οι χρονιές 1878 και 1893. Τέλος, ο επόμενος και τελευταίος ισχυρός χειμώνας εντοπίζεται το 1928, κατά το οποίο, ο Κεράτιος κόλπος παγώνει μερικώς και σημειώνονται παγόβουνα στο Βόσπορο (Σχήμα 4.3.) και (Σχήμα 4.4.). Το ίδιο επαναλήφθηκε και το 1929, όπου μέρος της θάλασσας πάγωσε.



Σχήμα 4.3. Ο Βόσπορος μερικώς παγωμένος, το χειμώνα του 1929 (Yavuz et al., 2007).



Σχήμα 4.4. Ο Βόσπορος και ο Κεράτιος Κόλπος παγωμένοι, το χειμώνα του 1929 (Yavuz et al., 2007).

Στην παρούσα μελέτη, η περιοχή του Βοσπόρου συγκαταλέγεται στην ευρύτερη υποπεριοχή της Α. Μεσογείου. Εξετάζοντας τους εποχιακούς πεντηκονταετείς χάρτες θερμοκρασιακών διαφορών για το χειμώνα, παρατηρείται εμφανώς, ότι πράγματι, στο σύνολο του 17^{ου} και ως τα μέσα του 19^{ου} αιώνα (Σχήματα 3.7. με 3.9.) παρατηρούνται πολύ χαμηλές θερμοκρασιακές διαφορές στην περιοχή αυτή (-0.25°C ως -1.50°C), οι οποίες συνεχίζονται και στα τέλη του 19^{ου} αιώνα σε μικρότερο βαθμό. Γίνεται υπενθύμιση σε αυτό το σημείο, ότι οι ανθρωπογενείς επιδράσεις δεν λαμβάνονται υπόψη σε αυτούς τους χάρτες, πράγμα που σημαίνει, πως αν συμπεριλαμβάνονταν, οι θερμοκρασιακές διαφορές θα ήταν ακόμη πιο αρνητικές.

Στα διαγράμματα με τη διακύμανση των θερμοκρασιακών διαφορών, σε μορφή πεντηκονταετιών, για την υποπεριοχή της Α. Μεσογείου, για το χειμώνα (Σχήμα 3.17.), φαίνεται ξεκάθαρα ότι, κατά το προαναφερθέν διάστημα από το 17^ο ως τα μέσα του 19^{ου} αιώνα επικράτησαν ιδιαίτερα ψυχρές συνθήκες, με την ελάχιστη διαφορά να καταγράφεται τα μέσα του 19^{ου} αιώνα με τιμή -0.95°C . Επίσης, τα χρόνια που αναφέρθηκαν, στα οποία πάγωσε ο Βόσπορος, σημειώθηκαν το χειμώνα, σύμφωνα με το μοντέλο, οι παρακάτω μέσες θερμοκρασιακές διαφορές: Το 1620 σημειώνεται $-0,17^{\circ}\text{C}$, το 1669 καταγράφεται $-0,93^{\circ}\text{C}$, το 1779 με $-1,3^{\circ}\text{C}$, το 1823 με $-1,89^{\circ}\text{C}$, το 1878 με $-0,54^{\circ}\text{C}$, το 1893 με $-0,32^{\circ}\text{C}$ και τέλος το 1928 με $0,12^{\circ}\text{C}$. Χαρακτηριστική και πάλι, είναι η σύμπτωση με τα παραπάνω στοιχεία, ότι δηλαδή οι χρονιές 1779 και 1823 ήταν πράγματι οι πιο ψυχρές.

4.3. Η ψύξη της Λιμνοθάλασσας της Βενετίας

Σε μία άλλη μελέτη γίνεται μια συγκεντρωτική καταγραφή όλων των ιστορικών στοιχείων από γραπτές αναφορές που υπάρχουν σχετικά με την ψύξη της Λιμνοθάλασσας της Βενετίας μετά τον 9^ο αιώνα. (Camuffo, 1987b) Μεταξύ των μελετητών που ανέλυσαν τις γραπτές αναφορές, φαίνεται να ξεχωρίζει από το συγγραφέα η μελέτη του κλιματολόγου Zanon ως οι πιο προσεγμένη και αξιόπιστη, σύμφωνα με την οποία η Λιμνοθάλασσα της Βενετίας φαίνεται να πάγωσε τα χρόνια: 852, 1118, 1122, 1234, 1431, 1442, 1486, 1490, 1514, 1548, 1549, 1560, 1569, 1601, 1684, 1709, 1716, 1729, 1731, 1747, 1755, 1788, 1794, 1814, 1855, 1929 (Zanon, 1933). Άρα δηλαδή το φαινόμενο ισχυρίζεται ότι συνέβη από 1 φορά τον 9^ο, 13^ο και 20^ο αιώνα, από 2 φορές τον 12^ο, 17^ο και 19^ο αιώνα και από 3 και πάνω φορές τον 15^ο, 16^ο και 18^ο αιώνα με την πλειοψηφία να καταγράφονται σε αυτόν τον τελευταίο.

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να παρατεθούν ορισμένες από τις γραπτές αναφορές.

- 1432: «Κατά το ξεκίνημα της 6^{ης} Ιανουαρίου, 1432, ο παγετός ήταν τόσο τρομερός στη Βενετία, και ο πάγος τόσο εκτεταμένος, πυκνός και σκληρός, που ήταν εφικτό να πάει κανείς από τη Βενετία στο Μέστρε με τα πόδια, πάνω από τον πάγο. Ένα κάρο που το έσερνε ένα άλογο έφτασε στη Βενετία από το Μέστρε, κουβαλώντας μια νύφη από τη Βενετία στο Μέστρε. Ο πάγος κράτησε μέχρι τις 22 του Φεβρουαρίου». (Eruzo)

- 1709: «Στις 6 Ιανουαρίου, 1709, ξεκίνησε ο τρομερός παγετός. Η Λιμνοθάλασσα πάγωσε για 18 ημέρες και ο πάγος υποστήριζε τα κάρα που μετέφεραν προμήθειες στη Βενετία. Το ίδιο συνέβη το 1740, το 1758 και το 1788» (Gallicioli).

- 1789: «Εξαιτίας του ακραίου ψύχους που άρχισε το δεύτερο μισό του μήνα με ισχυρή χιονόπτωση, η Λιμνοθάλασσα πάγωσε στις 28 Δεκεμβρίου. Στις 30 Ιανουαρίου, ο κόσμος άρχισε να διασχίζει τη Λιμνοθάλασσα, από τη Βενετία στο Μέστρε και το αντίστροφο. Όλη η Λιμνοθάλασσα και τα εσωτερικά κανάλια ήταν παγωμένα, εκτός από το κανάλι Giudecca του οποίου τα ρεύματα ήταν πιο δυνατά και ήταν μόνο μερικώς παγωμένο. Ανάλογα, το κανάλι Fusina είχε γεμίσει κομμάτια πάγου από άλλα μέρη της Λιμνοθάλασσας, αλλά ο κόσμος δεν τολμούσε να το διασχίσει.».

Οι χειμώνες του 1708-09 και 1789-1790 φαίνεται να είναι χαρακτηριστικοί καθώς εκτός από τις γραπτές αναφορές, επηρέασαν και την τέχνη και καταγράφηκαν σε πολλούς πίνακες, δύο από τους οποίους παρουσιάζονται παρακάτω (Σχήμα 4.5.) και (Σχήμα 4.6.). Όπως και στις γραπτές αναφορές, έτσι κι εδώ, φαίνεται η έκταση του φαινομένου καθώς ο πάγος είναι αρκετά πυκνός και βαθύς, ικανός να υποστηρίξει πλήθος κόσμου. Χαρακτηριστικά είναι και τα χρώματα, που ειδικά στο δεύτερο πίνακα κυριαρχεί ιδιαίτερα το λευκό καθώς το τοπίο, συμπεριλαμβανομένων και των βουνών στο βάθος είναι χιονισμένα.



Σχήμα 4.5. La laguna ghiacciata alle Fondamenta Nuove, 1708 (Ανώνυμο)



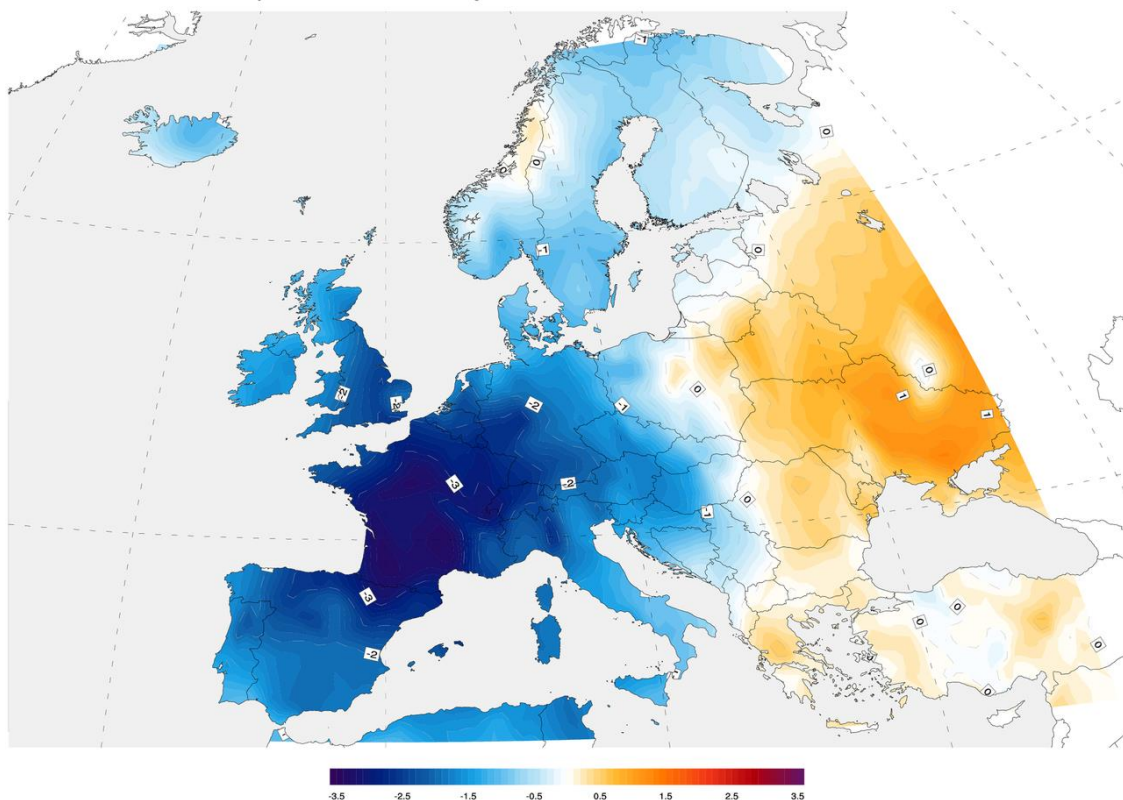
Σχήμα 4.6. Η παγωμένη Λιμνοθάλασσα της Βενετίας τον Ιανουάριο του 1789 (Correr Museum, Venice)

Οι χάρτες των μέσων θερμοκρασιακών διαφορών για το χειμώνα για τις περιόδους που σημειώθηκαν τα περισσότερα συμβάντα ψύξης της Λιμνοθάλασσας της Βενετίας φαίνεται να αποτυπώνουν τις ψυχρές συνθήκες που επικρατούσαν τότε. Συγκεκριμένα, το πρώτο και το δεύτερο μισό του 16^{ου} αιώνα επικρατούσαν αρνητικές ($-0.25\text{ }^{\circ}\text{C}$) ως ουδέτερες θερμοκρασιακές διαφορές αντίστοιχα (Σχήμα 3.6.). Το πρώτο μισό του 18^{ου} αιώνα σημειώθηκαν επίσης αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές ($\sim -0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) ενώ το δεύτερο μισό θετικές ($0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Σχήμα 3.8.). Σημειωτέον ωστόσο, πως αν ληφθούν υπόψη οι ανθρωπογενείς επιδράσεις οι διαφορές αυτές αποκτούν μεγαλύτερο αρνητικό πρόσημο. Από το διάγραμμα της διακύμανσης των θερμοκρασιακών διαφορών σε πεντηκονταετίες (Σχήμα 3.29.), παρατηρείται ότι το πρώτο μισό του 18^{ου} αιώνα σημειώνεται μέση χειμερινή τιμή $-0,67\text{ }^{\circ}\text{C}$ και για το δεύτερο μισό του ιδίου, τιμή $-0,23\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.4. Έτος χωρίς καλοκαίρι (Year without a summer)

Το έτος χωρίς καλοκαίρι αναφέρεται στο 1816, μια χρονιά που σημάδεψε τον πλανήτη και κατ' επέκταση την Ευρώπη εξαιτίας των ασυνήθιστα χαμηλών θερμοκρασιών που επικράτησαν. Σύμφωνα με την επικρατέστερη επιστημονική γνώμη, καθοριστικό αίτιο γι αυτήν την εξέλιξη θεωρείται η μεγάλη έκρηξη του ηφαιστείου Ταμπόρα, που βρίσκεται στις Ολλανδικές ανατολικές Ινδίες (Ινδονησία), στις 10 και 11 Απριλίου του 1815. Το επιχείρημα είναι ότι τα εκλυόμενα αερολύματα μαζί με το διοξείδιο του θείου (SO_2) διαπέρασαν το φράγμα της τροπόπαυσης με αποτέλεσμα μεγάλες ποσότητες να εισέλθουν στη στρατόσφαιρα. Λόγω αυτής της εξέλιξης, το στρώμα αυτό γρήγορα κατανεμήθηκε σε όλη την υφήλιο και θεωρείται υπεύθυνο για την αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας πίσω στο διάστημα, που σε διαφορετική περίπτωση θα κατέφτανε και θα θέρμανε τη γη. Οι άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις της έκρηξης στοίχισαν τη ζωή σε τουλάχιστον 88.000 άτομα. Πολλές σοδειές απέτυχαν να καρποφορήσουν εκείνη την χρονιά με αποτέλεσμα να εμφανιστούν εκτεταμένα φαινόμενα λιμού, ασθενειών και κοινωνικής αναταραχής. Η κοινωνία εκείνη την εποχή ήταν ήδη καταπονημένη γιατί μόλις είχαν τελειώσει οι Ναπολεόντειοι πόλεμοι (1803-1815). Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες που καταγράφηκαν από την άνοιξη ως το φθινόπωρο εκείνης της περιόδου ήταν ιδιαίτερα χαμηλές (ειδικά οι ημερήσιες ελάχιστες). Παρακάτω, φαίνεται ένας χάρτης για τη μέση θερμοκρασία του καλοκαιριού του 1816. (Σχήμα 4.7.) Η μέση απόκλιση για το Βόρειο Ημισφαίριο για το έτος 1816 ήταν $-0,7^\circ\text{C}$ (1971-2000). (Esdaile, 2008; Stothers, 1984)

1816 Summer Temperature Anomaly



Σχήμα 4.7. Μέση θερμοκρασία για το καλοκαίρι του 1816 στην Ευρώπη με περίοδο αναφοράς 1970-2000. (Πηγή δεδομένων: <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/historical/europe-seasonal-files/>)

Ωστόσο, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι η πεντηκονταετία 1801-1850 είναι μια αισθητά ψυχρή περίοδος για τις υποπεριοχές του Β. Ατλαντικού (το φθινόπωρο), της Κ. Ευρώπης (με έμφαση το καλοκαίρι), της ΒΑ. Ευρώπης (εκτός φθινοπώρου) και της Α. Μεσογείου (με έμφαση το καλοκαίρι και το χειμώνα). Όμως, το μοντέλο αδυνατεί να εντοπίσει σε επίπεδο έτους αυτή την εξέλιξη, μερικώς αφενός διότι δεν λαμβάνονται υπόψη οι ηφαιστειακές επιδράσεις από την κύρια προσομοίωση του μοντέλου και αφετέρου γιατί ενδεχομένως αδυνατεί να εντοπίσει μεταβολές σε τόσο μικρές χρονικές κλίμακες. Τα ευρήματα αυτά ενισχύονται από το γεγονός ότι, όπως παραπάνω, υπάρχουν πίνακες ζωγραφικής (Σχήμα 4.8. & Σχήμα 4.9.), που δημιουργήθηκαν και πριν (αλλά και μετά) την έκρηξη του ηφαιστείου Ταμπόρα, που απεικονίζουν τις κλιματικές συνθήκες εκείνης της εποχής. Βάσει όλων των παραπάνω, υπάρχει το ενδεχόμενο, η ενδογενής φυσική μεταβλητότητα του κλίματος να διαμόρφωσε το προφίλ εκείνης της περιόδου για πολλές περιοχές της Ευρώπης και να ευνόησε την εκδήλωση χαμηλών θερμοκρασιών, με την έκρηξη του Ταμπόρα να συμβάλλει καθοριστικά στην περεταίρω μείωσή τους, το έτος 1816.



Σχήμα 4.8. A Squall, 1810, Gillray James, Princeton University Library
(Πηγή πίνακα: <http://pucl.princeton.edu/objects/bz60cw356>)



Σχήμα 4.29. Weymouth Bay, 1816, painting by John RA Constable. ©Victoria and Albert Museum, London

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην ενότητα αυτή, σημειώνονται και αναλύονται, τα βασικά ευρήματα της παρούσας έρευνας, σε εποχιακή και μη, ανάλυση, ενώ παράλληλα γίνεται αναφορά στο πως αυτά συγκρίνονται με αντίστοιχες έρευνες άλλων επιστημόνων, που μελέτησαν τις θερμοκρασίες επιφανείας της Ευρώπης, τα τελευταία χίλια χρόνια. Μία γενική διαπίστωση, είναι ότι ο ανθρωπογενής παράγοντας έπαιξε σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του θερμοκρασιακού καθεστώτος στην Ευρώπη την περασμένη χιλιετία. Η παρουσία ή μη, του ανθρωπογενή παράγοντα βοήθησε να αξιολογηθεί το μέγεθος της επιρροής αυτού, στις θερμοκρασίες, και να συγκρίνει τη σημερινή θέρμανση με άλλες αντίστοιχες του παρελθόντος (βλ. διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασιακών διαφορών), ενώ στη δεύτερη περίπτωση, καθιστά το παρόν συγκρίσιμο με το παρελθόν (βλ. εποχιακοί χάρτες θερμοκρασιακών διαφορών), με σκοπό να ανιχνευθούν τυχόν θερμές ή ψυχρές περίοδοι που αποτελούν αποκλειστική απόρροια της φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος. Μία δευτερεύουσα σημασία της αφαίρεσης του ανθρώπινου εξαναγκασμού, είναι το ότι παρουσιάζει το θερμοκρασιακό προφίλ όπως θα ήταν χωρίς τις εκπομπές των θερμοκηπικών αερίων και τις χρήσεις γης.

5.1. Ετήσια Ανάλυση

Σε ετήσια ανάλυση, φαίνεται ότι οι πιο θερμές περιοχές είναι η Κ. Ευρώπη και ο Β. Ατλαντικός, ενώ η πιο ψυχρή είναι η ΒΑ. Ευρώπη. Ακόμη, η επίδραση των ανθρωπογενών παραγόντων είναι εμφανής σε όλες τις υποπεριοχές αλλά γίνεται αντιληπτή περισσότερο την υποπεριοχή της ΒΑ. Ευρώπης, της Κ. Ευρώπης και του Β. Ατλαντικού. Όσον αφορά τη ΘΜΠ, γίνεται εμφανής και πάλι στη ΒΑ. Ευρώπη στις αρχές της περασμένης χιλιετίας καθώς και στο Β. Ατλαντικό στα μέσα της χιλιετίας (14^{ος} -16^{ος} αιώνας), ενώ δεν παρατηρείται στις υπόλοιπες περιοχές. Επισημαίνεται εδώ, ότι στις αρχές της χιλιετίας στο Β. Ατλαντικό επικρατούσαν ψυχρές συνθήκες. Επιπλέον, σημειώνεται μία χαρακτηριστική θερμή περίοδος (1401-1450) στη Κ. Ευρώπη και στη Δ. Μεσόγειο που προκαλεί ενδιαφέρον. Η εμφάνιση της ΜΠΠ φαίνεται μόνο στην Α. Μεσόγειο και στη ΒΑ. Ευρώπη την περίοδο 1801-1850 και σε λιγότερο βαθμό στην Κ. Ευρώπη και στο Β. Ατλαντικό και πάλι για την ίδια περίοδο. Από τα παραπάνω, διαπιστώνεται ότι η εμφάνιση των ΘΜΠ και ΜΠΠ ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή της Ευρώπης και τη χρονική περίοδο.

Ειδικότερα η θερμοκρασία της ΒΑ. Ευρώπης, φαίνεται ότι μετά τα μέσα του 19^{ου} αιώνα, επηρεάζεται σημαντικά από τον ανθρωπογενή παράγοντα, ενώ σε περίπτωση αφαίρεσης του η θερμοκρασιακή διαφορά μειώνονταν περαιτέρω, στα επίπεδα του -1,75 °C. Αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό, που ξεχωρίζει για αυτήν την υποπεριοχή σε σχέση με τις υπόλοιπες πέντε, που δείχνει ίσως ότι ο συνδυαστικός παράγοντας του γεωγραφικού πλάτους και της ξηράς να συμβάλλει κάποιο ρόλο στην ενίσχυση των επιδράσεων του ανθρώπινου εξαναγκασμού στη θερμοκρασία.

Όσον αφορά την Α. Μεσόγειο, ο 13^{ος} αιώνας αποτελεί τη θερμότερη περίοδο, μετά τα σύγχρονα χρόνια, αλλά τα περισσότερα θερμά ακραία εντοπίζονται το πρώτο μισό του 15^{ου} αιώνα, ένα διάστημα το οποίο γενικά χαρακτηρίζεται και αυτό θερμό. Αντίθετα με την Α. Μεσόγειο, στη Δ. Μεσόγειο, ο 13^{ος} αιώνας συμπεριλαμβάνεται στα ψυχρότερα διαστήματα της χιλιετίας, ενώ το πρώτο μισό του 15^{ου} αιώνα χαρακτηρίζεται ως θερμό. Όπου εμφανίζονται και τα σημαντικότερα θερμά και ψυχρά ακραία.

Ο Β. Ατλαντικός σε όλη τη διάρκεια της προηγούμενης χιλιετίας ήταν έως και 0.5°C ψυχρότερος. Ο ανθρώπινος παράγοντας σε αυτήν την περίπτωση, εμφανίζεται να επηρεάζει τη θερμοκρασία πιο αργά σε σύγκριση με τις υπόλοιπες υποπεριοχές της Ευρώπης. Αν αφαιρεθεί ο παράγοντας αυτός, οι θερμοκρασιακές διαφορές θα παρουσίαζαν αρνητική τάση. Ο Ν. Ατλαντικός ήταν λίγο πιο ψυχρός από τον Β. Ατλαντικό (από -0,4 °C ως -0,8 °C).

Τέλος, για τη Κ. Ευρώπη, το διάστημα 1401-1450 είναι το πιο θερμό ακόμη και με τη συμπερίληψη του ανθρώπινου παράγοντα. Ο 19^{ος} αιώνας φαίνεται να είναι η πιο ψυχρή, περίοδος στην οποία θα μπορούσε να συμπίπτει χρονικά με την ΜΠΠ. Ενδιαφέρον, παρουσιάζει το διάστημα 1350-1450, καθώς σημειώνονται απότομες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία, με το πρώτο μισό αυτού να είναι πιο ψυχρό ενώ το δεύτερο μισό η θερμοκρασία ανεβαίνει απότομα.

5.2. Ανάλυση Χειμώνα

Ο χειμώνας παρουσιάζει παρόμοια εικόνα με το έτος, με τον ανθρώπινο παράγοντα να είναι εμφανής και πάλι στη ΒΑ. Ευρώπη, στην Κ. Ευρώπη και στο Β. Ατλαντικό και σε μικρότερο βαθμό στις υπόλοιπες υποπεριοχές. Η ΒΑ. Ευρώπη, παρουσιάζει επίσης τις πιο χαμηλές θερμοκρασιακές διαφορές την εποχή αυτή, σε αντίθεση με τη Δ. Μεσόγειο που εμφανίζει τις υψηλότερες.

Η ΒΑ. Ευρώπη, το χειμώνα, εμφανίζει το θερμότερο διάστημα την περίοδο 1101-1350, ενώ εκδηλώνονται και δύο διακριτές ψυχρές περίοδοι, το 1051-1100 και το 1700-1850. Η ανθρώπινη επίδραση ωθεί προς τα άνω τη θερμοκρασιακή διαφορά το διάστημα 1901-1950, ενώ σε περίπτωση αφαίρεσης του παράγοντα, η θερμοκρασιακή διαφορά θα ήταν πολύ χαμηλότερη. Στην πεντηκονταετία 1851-1900 έχουν καταγραφεί τα περισσότερα θετικά ακραία.

Η Α. Μεσόγειος, διακρίνεται από το γεγονός ότι, ο ανθρώπινος παράγοντας, φαίνεται να έχει μικρή επίδραση στις τιμές του χειμώνα, καθώς η παρουσία ή μη του παράγοντα αυτού, επηρεάζει ελάχιστα τα δεδομένα. Τα θερμότερα πεντηκονταετή διαστήματα, εκδηλώνονται στο πρώτο μισό της χιλιετίας καθώς και στο διάστημα 1851-1950. Αντιθέτως, τα ψυχρότερα διαστήματα, παρατηρούνται κατά το 12^ο αιώνα, καθώς και σε μία περίοδο τριακοσίων χρόνων που ξεκινά από το 1550 μέχρι το 1850.

Η Δ. Μεσόγειος, εκδηλώνει τα θερμότερα διαστήματα τον 11^ο αιώνα (-0,03 °C) καθώς και τον υπολειπόμενο χρόνο από το 1750 και μετά. Ο ανθρώπινος παράγοντας, δεν φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του θερμοκρασιακού καθεστώτος. Από την άλλη, τα ψυχρότερα διαστήματα εμφανίζονται σε παρόμοιες περιόδους με αυτές της Α. Μεσογείου.

Για το Β. Ατλαντικό, το δεύτερο μισό της χιλιετίας είναι γενικά θερμότερο σε σχέση με το πρώτο, ωστόσο σημειώνονται αυξομειώσεις και στα δύο αυτά, μέρη. Ειδικότερα, ο Β. Ατλαντικός, με την επίδραση του ανθρωπογενή παράγοντα εμφανίζει την περίοδο 1901-1950 τόσο θερμή όσο είναι και η περίοδος αναφοράς ($-0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$), ενώ σε περίπτωση που αφαιρεθεί ο εν λόγω παράγοντας, η θερμοκρασία πέφτει σχεδόν $0,6^{\circ}\text{C}$. Ο Ν. Ατλαντικός εμφανίζει εντελώς διαφορετική συμπεριφορά με θερμές περιόδους τις 1001-1200 και 1651-1700 ($-0,26\text{ }^{\circ}\text{C}$) και ψυχρές τις 1201-1400, η οποία είναι και ψυχρότερη ($-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) και η δεύτερη κατά το 1451-1650.

Η Κ. Ευρώπη, παρουσιάζει έντονη θερμοκρασιακή διακύμανση σε όλη τη μελετώμενη περίοδο. Χαρακτηριστική είναι η περίοδος 1351-1450, όπου στο πρώτο μισό εκδηλώνεται η χαμηλότερη μέση θερμοκρασιακή διαφορά της χιλιετίας ($-1,01\text{ }^{\circ}\text{C}$) και αμέσως μετά η δεύτερη θερμότερη πεντηκονταετία της χιλιετίας ($-0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Είναι εντυπωσιακό επίσης το γεγονός, πως σε ετήσιο επίπεδο, το έτος 1430 σημειώνει μέση ετήσια θερμοκρασιακή διαφορά $-5,62\text{ }^{\circ}\text{C}$ και το 1443, μόλις 13 χρόνια μετά, καταγράφεται αντίστοιχη θετική διαφορά $2,71\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.3. Ανάλυση Άνοιξης

Ο ανθρώπινος παράγοντας και την άνοιξη επηρεάζει ιδιαίτερα την Κ. Ευρώπη, τη ΒΑ. Ευρώπη καθώς και το Β. Ατλαντικό. Ο Β. Ατλαντικός εμφανίζει τις υψηλότερες θερμοκρασιακές διαφορές από κάθε άλλη υποπεριοχή (εξαιρέση αποτελεί η Κ. Ευρώπη το 1901-1950), ενώ τις πιο χαμηλές τις εκδηλώνει η ΒΑ. Ευρώπη.

Η ΒΑ. Ευρώπη, εμφανίζει τα θερμότερα διαστήματα στα μέσα καθώς και στα τέλη της χιλιετίας. Τα πιο ψυχρά διαστήματα απασχολούν τον 11^ο αιώνα, το διάστημα 1651-1700 και την περίοδο 1751-1800. Ο ανθρώπινος παράγοντας, ωθεί προς τα άνω τη θερμοκρασία μετά το 1850. Γενικά, το διάστημα 1651-1800 παρουσιάζονται μεγάλες θερμοκρασιακές εναλλαγές.

Στην Α. Μεσόγειο, τα θερμότερα διαστήματα, παρατηρούνται στην αρχή (1151-1300), στα μέσα (1451-1500) και στα τέλη (1901-1950, με ανθρωπογενή επίδραση) της χιλιετίας. Ακόμη, το ψυχρότερο διάστημα εμφανίζεται την πεντηκονταετία 1651-1700. Όσον αφορά, τα ακραία, εντοπίζονται πολλά στο τέλος της πρώτης ψυχρής περιόδου. Η Δ. Μεσόγειος, δεν επηρεάζεται πολύ από τον ανθρωπογενή παράγοντα καθώς δεν παρατηρείται η ανοδική τάση που φαίνεται στις προαναφερθέντες υποπεριοχές. Τα θερμότερα διαστήματα, εντοπίζονται στα μέσα της χιλιετίας καθώς και το διάστημα 1801-1950 (με την επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα). Τα ψυχρότερα διαστήματα, διαπιστώνονται στις αρχές της χιλιετίας αλλά και το διάστημα 1651-1800, όπως στην Α. Μεσόγειο, περίοδος που χαρακτηρίζεται από πολλά ψυχρά ακραία.

Στο Β. Ατλαντικό, η επιρροή του ανθρώπινου παράγοντα, είναι έντονη, καθώς ωθεί τις μέσες θερμοκρασιακές διαφορές κατά την τελευταία περίοδο των 150 χρόνων, προς τα πάνω, σε σημείο που ξεπερνάει και την ίδια την περίοδο αναφοράς ($0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$), κάτι που παρατηρείται, όπως θα φανεί, και στην υποπεριοχή της Κ. Ευρώπης. Θερμή περίοδος σημειώνεται και στις αρχές της χιλιετίας (1001-1050), η

οποία ακολουθήθηκε από μία σχετικά έντονη ψυχρή περίοδο (1101-1400) με διακυμάνσεις. Στο Ν. Ατλαντικό, δεν καταγράφεται η αντίστοιχη ανοδική τάση που παρατηρήθηκε στο Β. Ατλαντικό στα τέλη της χιλιετίας. Τα θερμότερα διαστήματα παρουσιάζονται στα μέσα της εξεταζόμενης περιόδου καθώς και στο διάστημα 1851-1950 (με τη συμπερίληψη του ανθρώπινου παράγοντα). Από την άλλη, η ψυχρότερη περίοδος σημειώνεται το 1251-1300, περίπου όπως και στο Β. Ατλαντικό.

Στην Κ. Ευρώπη, το διάστημα 1751-1800 παρατηρείται αρνητική θερμοκρασιακή διαφορά ($-0,71\text{ }^{\circ}\text{C}$) ενώ μετά τον 19^ο αιώνα σημειώνεται απότομη αύξηση της θερμοκρασίας και εμφανίζει θετική θερμοκρασιακή διαφορά την περίοδο 1901-1950 (απόλυτη τιμή $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$, με ανθρώπινο παράγοντα). Έντονα θερμά επεισόδια σημειώθηκαν στις αρχές (1151-1200) και στα μέσα (1401-1450) της χιλιετίας τα οποία εναλλάσσονταν με έντονα ψυχρά επεισόδια.

5.4. Ανάλυση Καλοκαιριού

Τις υψηλότερες θερμοκρασιακές διαφορές τις εμφανίζει ο ηπειρωτικός κορμός της Ευρώπης (ΒΑ. Ευρώπη – Κ. Ευρώπη), ενώ της χαμηλότερες τις εκδηλώνει ο Ν. Ατλαντικός.

Η ΒΑ. Ευρώπη, σημειώνει τις θερμότερες περιόδους στα μέσα της χιλιετίας (14^{ος} – 15^{ος} αιώνας) αλλά και στο τέλος (1901-1950, με τον ανθρώπινο παράγοντα). Όσον αφορά, τις αρνητικές θερμοκρασιακές διαφορές, οι σημαντικότερες σημειώνονται στην περίοδο 1701-1850. Αναφορικά με τα ακραία, κατά τη θερμή περίοδο 1301-1350 εμφανίστηκαν τα περισσότερα θερμά. Αντιστοίχως, στο ψυχρό διάστημα 1701-1850, τα ψυχρά ακραία φτάνουν τις 10 τιμές.

Η Α. Μεσόγειος, εκδηλώνει τα πιο θερμά διαστήματα στις αρχές της χιλιετίας (1051-1100). Αντιθέτως, τα ψυχρότερα διαστήματα εμφανίζονται κατά το 14^ο και 19^ο αιώνα. Όσον αφορά τα ακραία, ενδιαφέρον παρουσιάζει και η περίοδος 1401-1650, η οποία θερμοκρασιακά αναγνωρίζεται από τις συνεχείς αυξομειώσεις και στην οποία εντοπίζεται πληθώρα ακραίων (19 θερμά και 20 ψυχρά). Στη Δ. Μεσόγειο, τα θερμότερα διαστήματα προκύπτουν στις αρχές (1201-1250) και στα μέσα (14^{ος} -16^{ος} αιώνας) αλλά και το διάστημα 1901-1950 ($-0,31\text{ }^{\circ}\text{C}$), εφόσον συμπεριληφθεί ο ανθρώπινος παράγοντας. Στη Δ. Μεσόγειο, παρατηρείται ένα έντονο ψυχρό διάστημα κατά την περίοδο 1251-1400, όπως και στην Α. Μεσόγειο. Ωστόσο, όσον αφορά τα ακραία, το διάστημα αυτό δεν φαίνεται να εμφανίζει αρκετά, σε σύγκριση με άλλα διαστήματα.

Στο Β. Ατλαντικό, οι θερμότερες περίοδοι διακρίνονται σε γενική βάση στα μέσα της χιλιετίας (13^{ος} – 16^{ος} αιώνας). Τα ψυχρότερα διαστήματα, εντοπίζονται κυρίως στις αρχές της χιλιετίας (1151-1200). Στο Ν. Ατλαντικό, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες υποπεριοχές, η αυξητική τάση στη θερμοκρασία, τα τελευταία 150 χρόνια είναι μικρή ακόμα και αν ληφθεί υπόψη ο ανθρωπογενής εξαναγκασμός. Τα θερμότερα διαστήματα για την υποπεριοχή του Ν. Ατλαντικού, εντοπίζονται και πάλι στα μέσα της χιλιετίας και κατά την εκατονταετία 1851-1950 (με ανθρωπογενή επίδραση). Το ψυχρότερο διάστημα εκδηλώνεται σε παρόμοια περίοδο με το Β. Ατλαντικό (1251-1300).

Η Κ. Ευρώπη, εμφανίζει μια έντονη θερμή περίοδο στα μέσα της χιλιετίας (15^{ος} – 16^{ος} αιώνας), όπως στον Ατλαντικό. Εν αντιθέσει, τα ψυχρότερα διαστήματα, σημειώνονται στις περιόδους 1251-1300, καθώς και στο διάστημα 1801-1900, περίπου όπως στη ΒΑ. Ευρώπη. Όσον αφορά τα ακραία, τα πιο πολλά θερμά (8), εντοπίζονται την περίοδο 1401-1450.

5.5. Ανάλυση Φθινοπώρου

Τις μεγαλύτερες θερμοκρασιακές διαφορές για την εποχή αυτή τις εκδηλώνει η Κ. Ευρώπη, σε αντίθεση με τις μικρότερες που εντοπίζονται στη ΒΑ. Ευρώπη και το Ν. Ατλαντικό.

Η ΒΑ. Ευρώπη, εμφανίζει πολυάριθμα θερμά διαστήματα ίδιας έντασης που εντοπίζονται κυρίως στα μέσα της χιλιετίας και στο τέλος (1901-1950, με ανθρωπογενή παράγοντα. Το διάστημα 1801-1850 είναι το πιο ψυχρό.

Η Α. Μεσόγειος, χαρακτηρίζεται από τις διαρκείς αυξομειώσεις στις θερμοκρασιακές διαφορές μέχρι τα μέσα της χιλιετίας (1450) και τη μικρή μεταβλητότητα στο δεύτερο μισό αυτής. Έτσι, κατά το πρώτο μισό της χιλιετίας, τα θερμότερα διαστήματα αποτελούν οι πεντηκονταετίες 1101-1150 και 1251-1300 ενώ οι ψυχρότερες είναι οι περίοδοι 1051-1100, 1151-1200 και 1301-1350. Στη Δ. Μεσόγειο, τα θερμότερα διαστήματα παρουσιάζονται περίπου στα μέσα της περασμένης χιλιετίας (1401-1450). Αντιθέτως, τα ψυχρότερα, εκδηλώνονται στα διαστήματα 1251-1300 και 1701-1750. Η υποπεριοχή της Δ. Μεσογείου, εμφανίζει τα περισσότερα ακραία στις περιόδους που εντοπίζονται οι μεγαλύτερες και οι μικρότερες θερμοκρασιακές διαφορές που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Στο Β. Ατλαντικό, τα σημαντικότερα θερμά διαστήματα απαντώνται στην πεντηκονταετία κυρίως στα μέσα της χιλιετίας. Το θερμότερο διάστημα ωστόσο, προκαλείται από τον ανθρώπινο παράγοντα στην πεντηκονταετία 1901-1950 (-0,12 °C). Όσον αφορά τα ψυχρότερα διαστήματα, αφορούν τις αρχές της χιλιετίας (1051-1250) αλλά κυρίως στο πρώτο μισό του 19^{ου} αιώνα (-0,45 °C). Στο Ν. Ατλαντικό, τα χαρακτηριστικότερα θερμά διαστήματα βρίσκονται στις αρχές της χιλιετίας (1001-1200) και προς τα μέσα (1651-1700).

Στην Κ. Ευρώπη, εμφανίζονται τα πιο θερμά διαστήματα, κατά τον 11^ο αιώνα, στο διάστημα 1501-1550 καθώς και στην πεντηκονταετία 1751-1800 (0,009 °C), η οποία αποτελεί τη μοναδική εξαίρεση που είναι το ίδιο θερμή με την περίοδο αναφοράς. Όσον αφορά τα ψυχρότερα διαστήματα της χιλιετίας, εκδηλώνονται στο 12^ο αιώνα, στην περίοδο 1251-1400 (όπως στη Δ. Μεσόγειο) καθώς και στην πεντηκονταετία 1801-1850. Τα πιο πολλά ακραία για την Κ. Ευρώπη, προκύπτουν στην πεντηκονταετία 1301-1350 που αποτελεί το μέσον της προαναφερθείσας σημαντικότερης ψυχρής περιόδου και αριθμούν εννέα (9) συνολικά.

Συνοψίζοντας τα συμπεράσματα, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι το μοντέλο MPI - ESM, αρχικά, εμφανίζει τη δεκαετία 1981-1990 ως τη πιο θερμή στην χιλιετία για όλες τις υποπεριοχές εκτός του Ν. Ατλαντικού (1991-2000) Μία δεκαετία, πολύ κοντά στην δεκαετία 1991-2000 που θεωρήθηκε από πολλούς ερευνητές η πιο θερμή των τελευταίων ετών. (Mann et al., 1999; Mann and Jones, 2003; Anders and Sonechki, 2005; Xoplaki et al., 2005; Wanner et al., 2008). Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν το γεγονός ότι η σύγχρονη θέρμανση δεν μπορεί να αποδοθεί χωρίς τη συμπερίληψη της ανθρωπογενούς επίδρασης και συγκριτικά με την υπόλοιπη χιλιετία είναι στις περισσότερες περιπτώσεις η πιο έντονη, ειδικά για την υποπεριοχή της ΒΑ. Ευρώπης. (Jones et al., 1998; Mann et al., 1999; Mann and Jones, 2003; Luterbacher et al., 2004; Anders and Sonechki, 2005; Jansen et al., 2007; Mann et al., 2008; Wanner et al., 2008; Landrum et al., 2013) Όσον αφορά τις ψυχρότερες εκατονταετίες, για την ΒΑ. Ευρώπη είναι ο 12^{ος} αιώνας, για τη Μεσόγειο και την Κ. Ευρώπη ο 14^{ος} αιώνας και για τον Ατλαντικό ο 13^{ος} αιώνας. Τα δεδομένα αυτά έρχονται σε μερική αντίθεση με άλλες έρευνες που φέρουν το 15^ο, το 17^ο και το 19^ο αιώνα ως τους πιο ψυχρούς (ορισμένοι είναι ψυχροί αλλά όχι οι ψυχρότεροι στην παρούσα εργασία) για την Ευρώπη γενικότερα (Jones et al., 1998; Mann and Jones, 2003; Luterbacher et al., 2004). Ακόμη, κατά τον Jones (1998), προκύπτει ότι η δεκαετία 1691-1700 ήταν η πιο ψυχρή της χιλιετίας για την Ευρώπη, κάτι που έρχεται πολύ κοντά σε αντίστοιχα ευρήματα της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, για τη ΒΑ. Ευρώπη είναι η δεκαετία 1551-60, για την Α. Μεσόγειο η δεκαετία 1661-70 και για το Ν. Ατλαντικό η δεκαετία 1621-30.

Η Θερμή Μεσαιωνική Περίοδος (ΘΜΠ) σύμφωνα με έρευνες τοποθετείται την περίοδο 1050-1250 (+/- 100 χρόνια). Οι έρευνες αυτές, βασίζονται είτε σε δεδομένα μοντέλου (Goosse et al., 2005; Zorita, 2005; Jungclaus et al., 2010) είτε σε δεδομένα proxy (Mann et al., 1999; Mann and Jones, 2003) ή τέλος, σε συνδυαστικές μεθόδους με πραγματικά δεδομένα (Wanner et al., 2008; Mann et al., 2008) και αναφέρονται σε όλο τη γη ή το βόρειο ημισφαίριο. Από τις αναλύσεις του μοντέλου, το παραπάνω επιβεβαιώνεται για όλη την ηπειρωτική Ευρώπη και ιδιαίτερα το χειμώνα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το γεγονός ότι η Κ. Ευρώπη, εμφανίζει μία ψυχρή περίοδο κατά τον 12^ο αιώνα, στοιχείο το οποίο αυξάνει το βαθμό εμπιστοσύνης της αξιοπιστίας του μοντέλου, καθώς ταυτίζεται με ευρήματα που φέρουν την ανάπτυξη των παγετώνων στις Άλπεις κατά την ίδια χρονική περίοδο (Holzhauser, Magny and Zumbühl, 2005). Η παρουσία της ΘΜΠ στη ΒΑ. Ευρώπη επισημαίνεται και από τον Lamb (1977) που αναφέρεται σε υψηλές θερμοκρασίες στο Ευρωπαϊκό τμήμα της Ρωσίας. Η Δ. Μεσόγειος, και ο Β. Ατλαντικός εμφανίζουν μία έντονη θερμή περίοδο στα μέσα της περασμένης χιλιετίας (14^{ος} – 16^{ος} αιώνας). Αυτό το τελευταίο εύρημα ενισχύει τα πορίσματα άλλων επιστημόνων που κατέληξαν σε παρόμοια συμπεράσματα (Crowley and Lowery, 2000; Bradley, 2003). Βάσει τα παραπάνω, η παρούσα εργασία βρίσκεται περισσότερο σύμφωνη με την άποψη των επιστημόνων που διαπιστώνουν μία λιγότερο ξεκάθαρη εικόνα για τη χρονική και χωρική έκταση της ΘΜΠ (Mann et al., 1999; Jansen et al., 2007; Mann et al., 2009; Landrum et al., 2013).

Αναφορικά με τη Μικρή Παγετώδη Περίοδο (ΜΠΠ) γίνεται αντιληπτή στην υποπεριοχή της ΒΑ. Ευρώπης και στην Α. Μεσόγειο ιδιαίτερα κατά την πεντηκονταετία 1801—1850. Στις άλλες υποπεριοχές το σήμα είναι μικρότερο. Στη Δ. Μεσόγειο σημειώνεται στο διάστημα 1701-1750, στο Ν. Ατλαντικό το διάστημα 1601-1650 και στο 19^ο αιώνα ενώ στο Ν. Ατλαντικό εκδηλώνεται κατά το 16^ο αιώνα. Στην Κ. Ευρώπη εμφανίζεται το 19^ο αιώνα αλλά η εικόνα δεν είναι τόσο ξεκάθαρη λόγω των έντονων διακυμάνσεων στην υποπεριοχή αυτή. Όλα τα παραπάνω, επιβεβαιώνουν τις έρευνες που έχουν διεξαχθεί πάνω στην ΜΠΠ και οι οποίες την τοποθετούν στο διάστημα 1500-1850 (+/- 50 χρόνια). Σημειώνεται ότι αυτές οι έρευνες πραγματοποιήθηκαν είτε με προσομοιώσεις μοντέλου (Goosse et al., 2005; Zorita, 2005; Jungclaus et al., 2010), είτε με proxy δεδομένα (Mann et al., 1999; Jansen et al., 2007; Wanner et al., 2008) είτε τέλος με πραγματικά δεδομένα ή συνδυασμό μεθόδων (Mann et al., 2008; Owens et al., 2017) και αναφέρονται σε όλο τη γη ή το βόρειο ημισφαίριο. Επίσης, υπάρχει σχετική συμφωνία για το γεγονός ότι η λήξη της ΜΠΠ συμπίπτει με την έναρξη των ανθρώπινων επιδράσεων (Goosse et al., 2005; Xoplaki et al., 2005).

Ακόμη, από τα αποτελέσματα του μοντέλου MPI – ESM, φάνηκε καθαρά η εποχιακή εξάρτηση σε χωρική και χρονική κλίμακα, κάτι το οποίο είναι σύμφωνο με τους Xoplaki et al., (2005). Οι θερινοί μήνες (Ιούνιος – Αύγουστος) για την Κ. Ευρώπη στα μέσα της χιλιετίας (15^{ος} – 16^{ος} αιώνας) ήταν τόσο θερμοί που ξεπερνούσαν ή άγγιζαν τις τιμές της περιόδου αναφοράς (1951-2000). Τα καλοκαίρια στη Δ. Μεσόγειο στα μέσα της χιλιετίας (1401-1450 και 1551-1600) ήταν πιο θερμά σε σχέση με το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα. Το ίδιο παρατηρείται και για τα καλοκαίρια της ΒΑ. Ευρώπης τις περιόδους 1301-1350, 1401-1450 και 1651-1700, στο Β. Ατλαντικό το 1401-1450 καθώς και στην Α. Μεσόγειο το 15^ο – 18^ο αιώνα. Όλα αυτά διαπιστώνονται μερικώς και στην έρευνα του (Luterbacher et al., 2004) που υποστηρίζει ότι οι θερινοί μήνες στα μέσα της χιλιετίας για την Ευρώπη ήταν θερμότεροι από τον 20^ο αιώνα. Ωστόσο στην ίδια έρευνα διαπιστώνεται μια επιπρόσθετη θέρμανση μετά το 1750 η οποία δεν επιβεβαιώνεται από την παρούσα εργασία. Ακόμη, λόγος γίνεται για ψυχρούς χειμώνες στα τέλη 16^{ου} 17^{ου} και 19^{ου} αιώνα, αποτελέσματα τα οποία επιβεβαιώνονται μόνο τμηματικά από την τρέχουσα εργασία για τις υποπεριοχές της ΒΑ. Ευρώπης, της Κ. Ευρώπης και της Α. Μεσογείου (Luterbacher et al., 2004).

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, διαπιστώνεται ότι το μοντέλο MPI – ESM δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα για τη θερμοκρασία του αέρα επιφανείας την περασμένη χιλιετία στην Ευρώπη. Τέλος, ο ανθρώπινος παράγοντας έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση του θερμοκρασιακού καθεστώτος στην Ευρώπη ιδιαίτερα για τα τελευταία 150 χρόνια της περασμένης χιλιετίας.



Περίληψη

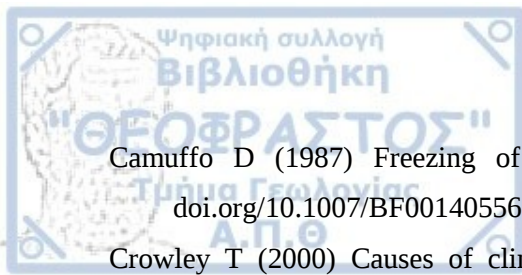
Σκοπός της διατριβής ήταν η αξιολόγηση του μοντέλου MPI – ESM (Max Planck Institute – Earth System Model) ως προς την προσομοίωση των θερμοκρασιών αέρα επιφανείας στην Ευρώπη την τελευταία χιλιετηρίδα (1000-2000μ.Χ.). Δόθηκε έμφαση στην αναγνώριση της Θερμής Μεσαιωνικής Περιόδου και της Μικρής Παγετώδους Περιόδου. Ακόμη, μελετήθηκε η επίδραση του ανθρωπογενούς παράγοντα (Θερμοκηπικά αέρα – Χρήσεις γης), στη θερμοκρασία για την περίοδο 1860–2000μ.Χ. Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι θερμοκρασιακές διαφορές με περίοδο αναφοράς το διάστημα 1951-2000. Επίσης, εξετάστηκε η εποχιακή εξάρτηση και διακύμανση των θερμοκρασιών. Επιπλέον, χωρίστηκε η Ευρώπη σε έξι (6) υποπεριοχές με βάση τη στατιστική μέθοδο PCA με κανονικοποιημένη περιστροφή. Υπολογίστηκε η διακύμανση των θερμοκρασιακών διαφορών για κάθε υποπεριοχή κατά την περασμένη χιλιετία. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η κατανομή των ακραίων ετήσιων τιμών της θερμοκρασίας για κάθε υποπεριοχή. Τέλος, έγινε συσχέτιση των αποτελεσμάτων με ιστορικό υλικό (πίνακες ζωγραφικής, φωτογραφίες, κείμενα) που αφορά σημαντικά καταγεγραμμένα κλιματικά γεγονότα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η δεκαετία 1981-90 ήταν η θερμότερη της περασμένης χιλιετίας και ότι η σύγχρονη θέρμανση δεν μπορεί να αποδοθεί χωρίς την επίδραση του ανθρωπογενούς παράγοντα. Επίσης, φάνηκε ότι η ΘΜΠ αφορά κυρίως τη Β. Ηπειρωτική Ευρώπη το 13ο και 14ο αιώνα και έχει πιο έντονο σήμα το χειμώνα, ενώ η ΜΠΠ εμφανίζεται στην ανατολική Ευρώπη το 19ο αιώνα με πιο έντονο το σήμα να είναι και πάλι στο χειμώνα. Βρέθηκε επίσης σημαντική εποχιακή εξάρτηση. Για παράδειγμα παρατηρήθηκαν πολύ θερμά καλοκαίρια στα μέσα της χιλιετίας στην ηπειρωτική Ευρώπη. Τελικά, το μοντέλο δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα για τη θερμοκρασία του αέρα επιφανείας την περασμένη χιλιετία στην Ευρώπη και ο ανθρωπίνος παράγοντας συνέβαλε καθοριστικά στη διαμόρφωση του θερμοκρασιακού καθεστώτος τα τελευταία 150 χρόνια της περασμένης χιλιετίας.



Abstract

The aim of the present thesis was the evaluation of the MPI – ESM (Max Planck Institute – Earth System Model) model regarding the simulation of the surface air temperature in Europe during the last millennium (1000-2000 A.D.). Emphasis was given on the identification of the Medieval Warm Period and the Little Ice Age. Additionally, the role of the human factor (Greenhouse gases – Land use) on the surface air temperature for the period 1860-2000 A.D. Furthermore, the temperature biases were calculated (reference period 1951-2000) and the seasonal contribution and variance was studied. Moreover, Europe was divided into six (6) sub-regions using the PCA statistical method (Varimax normalised). The temperature variance for each sub-region was calculated as well as the allocation of the extreme yearly temperature values during the last thousand years. Lastly, the results were correlated and compared with various historical data (paintings, photographs, texts) regarding some important climatic phenomena. According to the results, the period 1981-90 was the warmest decade of the last millennium and the warmth in the modern age can not be simulated without taking account the anthropogenic factor. The MWP is most apparent in the north continental parts of Europe and it has a strong signal in the winter season during the 13th and 14th centuries. The LIA period can be seen in east Europe during the 19th century especially in winter. Also, there is a strong seasonal dependency. More specifically, intense summers were recorded in the continental part of Europe during the middle of the last millennium. To conclude, the model seems to show satisfactory results about the surface air temperature in Europe in the last one thousand years and the human factor contributed substantially in the warming that is being observed in the modern age.

- Ahmad W, Fatima A, Awan UK and Anwar A (2014) Analysis of long term meteorological trends in the middle and lower Indus Basin of Pakistan-A non-parametric statistical approach. *Global and Planetary Change*, 122, 282–291. doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.09.007
- Anders Moberg, Sonechki DM (2005) Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data, *Nature*, 433(February), 613–617. doi.org/10.1038/nature03298.1.
- Baehr J, Fröhlich K, Botzet M, Domeisen DIV, Kornblueh L, Notz D, ... Müller WA, (2015) The prediction of surface temperature in the new seasonal prediction system based on the MPI-ESM coupled climate model, *Climate Dynamics*, 44(9–10), 2723–2735. doi.org/10.1007/s00382-014-2399-7
- Betts RA (2001) Biogeophysical impacts of land use on present-day climate: Near-surface temperature change and radiative forcing. *Atmospheric Science Letters*, 2(1–4), 39–51. doi.org/10.1006/ASLE.2001.0023
- Bothe O, Evans M, Donado LF, Bustamante EG, Gergis J, Gonzalez-Rouco JF, ... Zorita E. (2015) Continental-scale temperature variability in PMIP3 simulations and PAGES 2k regional temperature reconstructions over the past millennium, *Climate of the Past*, 11(12), 1673–1699. doi.org/10.5194/cp-11-1673-2015
- Braconnot P, Harrison SP, Kageyama M, Bartlein PJ, Masson-Delmotte V, Abe-Ouchi A, ... Zhao Y (2012) Evaluation of climate models using palaeoclimatic data, *Nature Climate Change*, 2(6), 417–424. doi.org/10.1038/nclimate1456
- Bradley RS and Jones P (1993) ‘Little Ice Age’ summer temperature variations: their nature and relevance to recent global warming trends. *The Holocene*, 3, 367–376. doi.org/10.1177/095968369300300409
- Bradley R (2000) 1000 Years of Climate Change. *Science*, 288(5470), 1353–1355. doi.org/10.1126/science.288.5470.1353
- Bradley RS (2003) CLIMATE CHANGE: Climate in Medieval Time. *Science*, 302(5644), 404–405. doi.org/10.1126/science.1090372
- Brázdil R, Pfister C, Wanner H, Von Storch H, and Luterbacher J (2005) Historical climatology in Europe - The state of the art. *Climatic Change*, 70(3), 363–430. doi.org/10.1007/s10584-005-5924-1
- Briffa KR, Jones PD, Schweingruber FH, Karlén W and Shiyatov SG (1996). Tree ring variables as proxy climate indicators: Problems with low frequency signals. *Climatic Variations and Forcing Mechanisms of the Last 2000 Years*. doi.org/10.1007/978-3-642-61113-1_2
- Briffa KR (2000) Annual climate variability in the Holocene: Interpreting the message of ancient trees. *Quaternary Science Reviews*, 19(1–5), 87–105. doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00056-6
- Briffa KR, Osborn TJ, Schweingruber FH, Harris IC, Jones PD, Shiyatov SG and Vaganov, E. A. (2001). Low-frequency temperature variations from a northern tree ring density network. *Journal of Geophysical Research*, 106(D3), 2929–2941. doi.org/10.1029/2000JD900617



- Camuffo D (1987) Freezing of the venetian lagoon since the 9th century A.D. IN, 10, 43–66. doi.org/10.1007/BF00140556
- Crowley T (2000) Causes of climate change over the past 1000 years. Science, 289(5477), 270–277. doi.org/10.1126/science.289.5477.270
- Crowley TJ and Lowery TS (2000) How Warm Was the Medieval Warm Period?, 29(1), 51–54. doi.org/10.1579/0044-7447-29.1.51
- Davin EL, de Noblet-Ducoudré N and Friedlingstein P (2007) Impact of land cover change on surface climate: Relevance of the radiative forcing concept. Geophysical Research Letters, 34(13), n/a-n/a. doi.org/10.1029/2007GL029678
- Davis BAS, Brewer S, Stevenson AC, Guiot J, Allen J, Almquist-Jacobson H, ... Zernitskaya VP (2003). The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. Quaternary Science Reviews, 22(15–17), 1701–1716. doi.org/10.1016/S0277-3791(03)00173-2
- Denman KL, Brasseur G, Chidthaisong A, Ciais P, Cox PM, Dickinson RE, ... Zhang X (2007) Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, 21(7), 499–587
- Drapela K and Drapelova I (2011) Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bily Kriz (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997--2010. Beskydy, 4(2), 133–146. ISSN : 1803-2451
- Esdaile C (2008) Recent Writing on Napoleon and His Wars. The Journal of Military History, 73(1), 209–220. doi.org/10.1353/jmh.0.0155
- Esper J, Cook ER and Schweingruber FH (2002) Low-Frequency Signals quently Long Tree-Ring Chronologies for Reconstructing Past Temperature Variability, 295(5563), 2250–2253. doi.org/10.1126/science.1066208
- Fairbridge RW (1987) Climate variation, historical record, The Encyclopedia of Climatology, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 305– 323.
- Fay R (1958) Some Variations in European Climatic Temperature. Journal of the Atmospheric Sciences, 467-474. doi.org/10.1175/1520-0469(1958)015<0467:SVIECT>2.0.CO;2
- Friedlingstein P, Cox P, Betts R, Bopp L, von Bloh W, Brovkin V, ... Zeng N (2006) Climate–Carbon Cycle Feedback Analysis: Results from the C 4 MIP Model Intercomparison. Journal of Climate, 19(14), 3337–3353. doi.org/10.1175/JCLI3800.1
- Fritts HC and Swetnam TW (2013) Relationships among beech bark disease, climate, radial growth response and mortality of American beech in northern Maine, USA. Forest Ecology and Management, 42(3), 199–212. doi.org/10.1111/j.1439-0329.2011.00742.x
- Galloway N, Schlesinger WH, Ii HL, Schnoor L and Tg N (1995) Nitrogen fixation: Anthropogenic enhancement-environmental response, Global Biogeochemical Cycles, 9(2), 235–252. doi.org/10.1029/95GB00158
- Geirsdóttir Á, Hardardóttir J and Andrews JT (2000) Late-Holocene terrestrial glacial history of Miki and

- I.C. Jacobsen Fjords, East Greenland. Holocene, 10(1), 123–134.
doi.org/10.1191/095968300666213169
- Giorgetta MA, Jungclaus J, Reick CH, Legutke S, Bader J, Böttinger M, ... Stevens B (2013) Climate and carbon cycle changes from 1850 to 2100 in MPI-ESM simulations for the Coupled Model Intercomparison Project phase 5. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 5(3), 572–597.
doi.org/10.1002/jame.20038
- Goosse H, Arzel O, Luterbacher J, Mann ME, Renssen H, Riedwyl N, ... Wanner H (2006) The origin of the European “Medieval Warm Period.” *Climate of the Past*, 2(2), 99–113. doi.org/10.5194/cp-2-99-2006
- Goosse H, Renssen H, Timmermann A and Bradley RS (2005) Internal and forced climate variability during the last millennium: A model-data comparison using ensemble simulations. *Quaternary Science Reviews*, 24(12–13), 1345–1360. doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.12.009
- Grove J (1988) *The Little Ice Age*, Methuen & Co. Ltd, Routledge, Chapman and Hall, Inc. 29 West 35th Street, New York NY 10001, 1-12. ISBN-10: 0415014492
- Guiot J, Nicault A, Rathgeber CBK, Edouard JL, Guibal F, Pichard G and Till C. (2005) Last - millennium summer - temperature variations in western Europe based on proxy data. *The Holocene*, 15(4), 489–500. doi.org/10.1191/0959683605hl819rp
- Hargreaves JC, Annan JD, Ohgaito R, Paul A and Abe-Ouchi A (2013) Skill and reliability of climate model ensembles at the last glacial maximum and mid-holocene. *Climate of the Past*, 9(2), 811–823. doi.org/10.5194/cp-9-811-2013
- Haylock MR, Hofstra N, Klein Tank AMG, Klok EJ, Jones PD and New M (2008) A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 113(20). doi.org/10.1029/2008JD010201
- Hibler WD (1979) A Dynamic Thermodynamic Sea Ice Model. *Journal of Physical Oceanography*, 815-846. doi.org/10.1175/1520-0485(1979)009<0815:ADTSIM>2.0.CO;2
- Holzhauser H, Magny M and Zumbühl HJ (2005) Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years. *Holocene*, 15(6), 789–801. doi.org/10.1191/0959683605hl853ra
- Houghton RA (2003) Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology*, 55(2), 378–390. doi.org/10.1034/j.1600-0889.2003.01450.x
- Hughes MK and Diaz HF (1994a) The Medieval Warm Period (Vol. 3). doi.org/10.1007/978-94-011-1186-7
- Hughes MK and Diaz HF (1994b) The Medieval Warm Period (Vol. 3). doi.org/10.1007/978-94-011-1186-7
- Ingram MJ, Underhill DJ and Wigley TML (1978) Historical Climatology. *Nature*, (c), 1–4.
doi.org/10.15713/ins.mmj.3
- Jansen E, Overpeck J, Briffa KR, Duplessy JC, Joos F, Masson-Delmotte V, ... Zhang D (2007) Paleoclimate. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 433–497. doi.org/10.2753/JES1097-203X330403

- Jones PD, Briffa KR, Barnett TP and Tett SFB (1998) High-resolution palaeoclimatic records for the last millennium: Interpretation, integration and comparison with General Circulation Model control-run temperatures. *Holocene*, 8(4), 455–471. doi.org/10.1191/095968398667194956
- Jones PD, Briffa KR and Osborn TJ (2003) Changes in the Northern Hemisphere annual cycle: Implications for paleoclimatology? *Journal of Geophysical Research*, 108(D18), 4588. doi.org/10.1029/2003JD003695
- Jones PD, Briffa KR, Osborn TJ, Lough JM, Van Ommen TD, Vinther BM, ... Xoplaki E (2009) High-resolution palaeoclimatology of the last millennium: A review of current status and future prospects. *Holocene*, 19(1), 3–49. doi.org/10.1177/0959683608098952
- Jones PD and Mann ME (2004) Climate over past millenia. *Reviews of Geophysics*, 42(2003), 1–42. doi.org/10.1029/2003RG000143.CONTENTS
- Jungclauss JH, Keenlyside N, Botzet M, Haak H, Luo JJ, Latif M, ... Roeckner E (2006) Ocean circulation and tropical variability in the coupled model ECHAM5/MPI-OM. *Journal of Climate*, 19(16), 3952–3972. doi.org/10.1175/JCLI3827.1
- Jungclauss JH, Lorenz SJ, Timmreck C, Reick CH, Brovkin V, Six K, ... Marotzke J (2010) Climate and carbon-cycle variability over the last millennium. *Climate of the Past*, 6(5), 723–737. doi.org/10.5194/cp-6-723-2010
- Karmeshu N (2012) Trend Detection in Annual Temperature & Precipitation using the Mann Kendall Test – A Case Study to Assess Climate Change on Select States in the Northeastern United States. *Mausam*, 66(1), 1–6.
- Lamb HH (1977) *Climate : Present , Past and Future*, Vol 2, Ch III & IV
- Landrum L, Otto-Bliesner BL, Wahl ER, Conley A, Lawrence PJ, Rosenbloom N and Teng H (2013) Last millennium climate and its variability in CCSM4. *Journal of Climate*, 26(4), 1085–1111. doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00326.1
- Laskar J and Boudin F (1993): Orbital, precessional, and insolation quantities for the earth from -20 myr to +10 myr. *Astronomy and Astrophysics*, 270, 522-533.
- Lott BF and Miller MJ (1997). A new subgrid-scale orographic drag parametrization: Its formulation and testing, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 101–127. doi.org/10.1002/qj.49712353704
- Lott F (1999) Alleviation of Stationary Biases in a GCM through a Mountain Drag Parameterization Scheme and a Simple Representation of Mountain Lift Forces. *Monthly Weather Review*, 127(5), 788–801. doi.org/10.1175/1520-0493(1999)127<0788:AOSBIA>2.0.CO;2
- Luterbacher J, Dietrich D, Xoplaki E, Grosjean M and Wanner H (2004) European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends, and Extremes since 1500. *Science*, 303(5663), 1499–1503. doi.org/10.1126/science.1093877
- Man W, Zhou T and Jungclauss JH (2014) Effects of large volcanic eruptions on global summer climate and east asian monsoon changes during the last millennium: Analysis of MPI-ESM simulations. *Journal of*

- Climate, 27(19), 7394–7409. doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00739.1
- Manley G (1971) 1684: The coldest winter in the English instrumental record, 1435, 133–136. doi.org/10.1002/wea.788
- Mann ME (2006) Climate changes over the past millennium: Relationships with Mediterranean climates. *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C*, 29(1), 73–80. doi.org/10.1393/ncc/i2005-10223-1
- Mann ME, Bradley RS and Hughes MK (1999) Northern Hemisphere temperatures during the past millennium. *Climate Change: Evaluating Recent and Future Climate Change*, 26(6), 759–762. doi.org/10.1029/1999GL900070
- Mann ME, Gille E, Overpeck J, Gross W, Bradley RS, Keimig FT and Hughes MK (2000) Global Temperature Patterns in Past Centuries: An Interactive Presentation. *Earth Interactions*, 4(4), 1–1. doi.org/10.1175/1087-3562(2000)004<0001:GTPIPC>2.3.CO;2
- Mann ME and Jones PD (2003) Global surface temperatures over the past two millennia. *Geophysical Research Letters*, 30(15), 15–18. doi.org/10.1029/2003GL017814
- Mann ME, Zhang Z, Hughes MK, Bradley RS, Miller SK, Rutherford S and Ni F (2008) Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(36), 13252–13257. doi.org/10.1073/pnas.0805721105
- Mann ME, Zhang Z, Rutherford S, Bradley RS, Hughes MK, Shindell D, ... Ni F (2009) Global signatures and dynamical origins of the little ice age and medieval climate anomaly. *Science*, 326(5957), 1256–1260. doi.org/10.1126/science.1177303
- Marsland SJ, Haak H, Jungclaus JH, Latif M and Röske F (2003) The Max-Planck-Institute global ocean/sea ice model with orthogonal curvilinear coordinates. *Ocean Modelling*, 5(2), 91–127. doi.org/10.1016/S1463-5003(02)00015-X
- Mauri A, Davis BAS, Collins PM and Kaplan JO (2014) The influence of atmospheric circulation on the mid-Holocene climate of Europe: A data-model comparison. *Climate of the Past*, 10(5), 1925–1938. doi.org/10.5194/cp-10-1925-2014
- Mauri A, Davis BAS, Collins PM and Kaplan JO (2015) The climate of Europe during the Holocene: A gridded pollen-based reconstruction and its multi-proxy evaluation. *Quaternary Science Reviews*, 112, 109–127. doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.01.013
- Menzel A and Fabian P (1999) Growing season extended in Europe. *Nature*, 397(6721), 659. doi.org/10.1038/17709
- Obukhov AM, (1947) Statistically homogeneous fields on a sphere. *Uspethi Matematicheskikh Nauk*, 2, 196–198.
- Osborn, TJ and Briffa KR (2006) The Spatial Extent of 20th-Century Warmth in the Context of the Past 1200 Years. *Science*, 311(5762), 847–851. doi.org/10.1126/science.1120514
- Owens MJ, Lockwood M, Hawkins E, Usoskin I, Jones GS, Barnard L, ... Fasullo J (2017) The Maunder minimum and the Little Ice Age: an update from recent reconstructions and climate simulations.

- Journal of Space Weather and Space Climate, 7, A33. doi.org/10.1051/swsc/2017034
- Pongratz J, Reick C, Raddatz T and Claussen M (2008) A reconstruction of global agricultural areas and land cover for the last millennium. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(3). doi.org/10.1029/2007GB003153
- Pfister C (2001) Klimawandel in der geschichte Europas: zur entwicklung und zum potenzial der historischen klimatologie. *Österreichische Zeitschrift Für Geschichtswissenschaften : ÖZG*, 12(2), 7–43.
- Raddatz TJ, Reick CH, Knorr W, Kattge J, Roeckner E, Schnur R, ... Jungclaus J (2007) Will the tropical land biosphere dominate the climate-carbon cycle feedback during the twenty-first century? *Climate Dynamics*, 29(6), 565–574. doi.org/10.1007/s00382-007-0247-8
- Repapis CC, Schuurmans CJE, Zerefos CS and Ziomas J (1989) Theoretical and Applied Climatology ©. *Geographical*, 217, 213–217.
- Rodrigo FS, Esteban-Parra MJ and Castro-Diez Y (1998) On the Use of the Jesuit Order Private Correspondence Records in Climate Reconstructions: A Case Study From Castille (Spain) for 1634-1648 A.D., 257–262. doi.org/10.1023/A:1005316118817
- Roeckner E et al. (2003) The atmospheric General Circulation Model -Model Description. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. doi.org/10.1029/2010JD014036
- Sato M, Hansen JE, McCormick MP and Pollack JB (1993). Stratospheric Aerosol Optical Depths, 1850-1990, *Journal of Geophysical research*, 22987-22994. doi.org/10.1029/93JD02553
- Shindell DT, Schmidt GA, Mann ME, Rind D, Shindell DT, Schmidt GA, ... Waple A (2016) Solar Forcing of Regional Climate Change during the Maunder Minimum, *Science*, 2149–2152. doi.org/10.1126/science.1064363
- Skeie RB, Berntsen TK, Myhre G, Tanaka K, Kvalevåg MM and Hoyle CR (2011) Anthropogenic radiative forcing time series from pre-industrial times until 2010. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11827–11857. doi.org/10.5194/acp-11-11827-2011
- Sonali P and Nagesh Kumar D (2013) Review of trend detection methods and their application to detect temperature changes in India. *Journal of Hydrology*, 476, 212–227. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.10.034
- Stevens B, Giorgetta M, Esch M, Mauritsen T, Crueger T, Rast S, ... Roeckner E (2013) Atmospheric component of the MPI-M earth system model: ECHAM6. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 5(2), 146–172. doi.org/10.1002/jame.20015
- Stothers RB (1984) The Great Tambora eruption in 1815 and its aftermath. *Science*, 224(4654), 1191–1198. doi.org/10.1126/science.224.4654.1191
- Tanre D, Geleyn JF and Slingo JM (1984) First results of the introduction of an advanced aerosol-radiation interaction in the ecmwf low resolution global model. In: *Aerosols and Their Climatic Effects*, edited by Gerber H and Deepak A, 133
- Tiedtke M (1989) A Comprehensive Mass Flux Scheme for Cumulus Parameterization in Large-Scale

- Models Monthly Weather Review. doi.org/10.1175/1520-0493(1989)117<1779:ACMFSF>2.0.CO;2
- Von Storch H and Stehr N (1997) 'The case for the social sciences in climate research', *Ambio* 26, 66–71, ISSN 0344-9629
- Wallace JM and Hobbs PV (2006) Atmospheric science, an introductory survey. *Analysis* (Vol. 7). doi.org/10.1007/s007690000247
- Wanner H, Beer J, Bütikofer J, Crowley TJ, Cubasch U, Flückiger J, ... Widmann M (2008) Mid- to Late Holocene climate change: an overview. *Quaternary Science Reviews*, 27(19–20), 1791–1828. doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.06.013
- Wetzel P, Maier-Reimer E, Botzet M, Jungclaus JH, Keenlyside N and Latif M (2006) Effects of ocean biology on the penetrative radiation in a coupled climate model. *Journal of Climate*, 19(16), 3973–3987. doi.org/10.1175/JCLI3828.1
- Wilks DS (2011) Statistical methods in the atmospheric sciences. *International Geophysics Series* (Vol. 100). doi.org/0127519661
- Xoplaki E, Luterbacher J, Paeth H, Dietrich D, Steiner N, Grosjean M and Wanner H (2005) European spring and autumn temperature variability and change of extremes over the last half millennium. *Geophysical Research Letters*, 32(15), 2002–2005. doi.org/10.1029/2005GL023424
- Yavuz V, Akcar N and Schlüchter C (2007) The frozen Bosphorus and its paleoclimatic implications based on a summary of the historical data. *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate, and Human Settlement*, (January 2007), 633–649. doi.org/10.1007/978-1-4020-5302-3_26
- Yu YS, Zou S and Whittemore D (1993) Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150(1), 61–80. doi.org/10.1016/0022-1694(93)90156-4
- Yue S, Pilon P and Cavadias G (2002) Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*, 259(1–4), 254–271. doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00594-7
- Zorita E (2005) Natural and anthropogenic modes of surface temperature variations in the last thousand years. *Geophysical Research Letters*, 32(8), L08707. doi.org/10.1029/2004GL021563
- Zorita E, Von Storch H, Gonzalez-Rouco FJ, Cubasch U, Luterbacher J, Legutke S, ... Schlese U (2004) Climate evolution in the last five centuries simulated by an atmosphere-ocean model: Global temperatures, the North Atlantic Oscillation and the Late Maunder Minimum. *Meteorologische Zeitschrift*, 13(4), 271–289. doi.org/10.1127/0941-2948/2004/0013-0271
- Zwiers FW and Zhang X (2003) Toward Regional-Scale Climate Change Detection. *Journal of Climate*, 16(5), 793–797. doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<0793:TRSCCD>2.0.CO;2
- Zanon FS (1933) 'Fattori meteorologici straordinari in Venezia e nei dintorni ricordati dai cronisti', in G. Magfini (ed.), *La Laguna di Venezia*, Vol. Part. 2, Tome 3, Ferrari, Venice, 287-305.