



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

***Μελέτη ακραίων δεικτών βροχόπτωσης στην περιοχή της
Θεσσαλονίκης: Σύγκριση με δεδομένα της βάσης ERA-Interim και
ανάλυση των μελλοντικών αλλαγών τους με τη χρήση ενός δυναμικού
περιοχικού μοντέλου.***

Ερρίκος-Μιχαήλ Μανιός
ΑΕΜ: 4680

Επιβλέπουσα: Κωνσταντία Τολίκα





Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την επιβλέπουσα κα Κωνσταντία Τολίκα για την εξαιρετική συνεργασία και βοήθεια της ώστε να διεκπεραιωθεί η παρούσα εργασία. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους φίλους μου Αχιλλέα, Ελένη για την συνεισφορά τους στην προσπάθεια να ολοκληρωθεί αυτή η πτυχιακή εργασία και την Μαρία για τις εικαστικές της τοποθετήσεις. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένεια μου, τους γονείς μου Ανδρέα και Ιφιγένεια και τον αδερφό μου Χρήστο, για την αμέριστη υποστήριξη που μου δείχνουν σε κάθε βήμα που πραγματοποιώ.



Περιεχόμενα

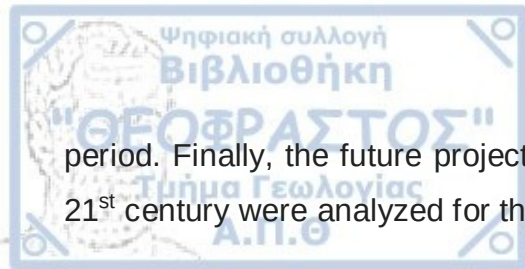
Ευχαριστίες.....	2
Περιεχόμενα.....	3
Περίληψη.....	4
Abstract.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	6
1. Εισαγωγή.....	6
1.1 Αντικείμενο μελέτης.....	6
1.2 Σκοπός και σημασία της έρευνας.....	6
1.3 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	9
2. Δεδομένα και μεθοδολογία.....	9
2.1 Δεδομένα.....	9
2.2 Μεθοδολογία.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	15
3. Υπολογισμός των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης των πραγματικών δεδομένων του σταθμού της Θεσσαλονίκης και μελέτη των τάσεών τους για την περίοδο αναφοράς 1958-2000.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	21
4.1 Σύγκριση πραγματικών τιμών των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης με τις τιμές των δεικτών από τη βάση δεδομένων ERA-Interim κατά την περίοδο 1980-2000.....	21
4.2 Σύγκριση των τιμών των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης από τη βάση δεδομένων ERA-Interim με τις εκτιμώμενες τιμές των δεικτών από το μοντέλο RegCM4 κατά την περίοδο 1980-2000.....	30
4.3 Σύγκριση των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης για το μοντέλο RegCM4 από την μελλοντική χρονική περίοδο 2080-2100 με αντίστοιχα δεδομένα του μοντέλου για την περίοδο 1980-2000.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	45
5. Συμπεράσματα.....	45
Βιβλιογραφία.....	48



Τα ακραία επεισόδια βροχόπτωσης έχουν σημαντικές επιπτώσεις τόσο στην οικονομία, στη γεωργία, στο περιβάλλον αλλά και στον ίδιο τον άνθρωπο. Η έκθεση του IPCC (2012) για την αντιμετώπιση των κινδύνων που δημιουργούνται από τα ακραία φαινόμενα, τονίζει ότι παρατηρείται, σε παγκόσμια κλίμακα, αυξητική τάση, των φαινομένων ακραίας βροχόπτωσης. Αντίθετα, για την περιοχή της Μεσογείου είναι οι εκτιμήσεις για τα ακραία επεισόδια βροχόπτωσης παρουσιάζουν αρκετές διαφοροποιήσεις. Στην Ελλάδα, οι εκτιμήσεις δείχνουν πτωτική τάση των ακραίων φαινομένων βροχόπτωσης σε παρελθοντικές και μελλοντικές περιόδους. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό του Α.Π.Θ, την βάση δεδομένων ERA-Interim και το περιοχικό μοντέλο RegCM4. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι ο υπολογισμός των δεικτών ακραίας βροχόπτωσης και η μελέτη των τάσεων των πραγματικών δεδομένων, η σύγκρισή τους με τους δείκτες, όπως υπολογίζονται από την βάση δεδομένων ERA-Interim. Στην συνέχεια, είναι η σύγκριση της βάσης δεδομένων ERA-Interim με τις εκτιμήσεις του περιοχικού μοντέλου RegCM4 για μια κοινή χρονική περίοδο αυτών. Τέλος, είναι η μελέτη των μελλοντικών εκτιμήσεων του περιοχικού μοντέλου για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Abstract

Extreme rainfall events have a significant impact on the economy, agriculture, the environment, and the society. The IPCC report (2012) underlines that, on a global scale, extreme rainfall events present in general positive trends. On the other hand, the estimations regarding the extreme events in the Mediterranean region differentiate. In Greece, extreme rainfall events are estimated to present decreasing trends during past and future time periods. In the present study rainfall daily data were utilized from the meteorological station of the Department of Meteorology and Climatology of the Aristotle University of Thessaloniki A.U.TH., from the ERA-Interim database and the regional climate model RegCM4. The scope of this study is the analysis of extreme rainfall indices and the study of their trends, and the comparison of the equivalent indices from the ERA-Interim database. Moreover, on the next step of the analysis the ERA-interim results were used for the assessment of the ability of the regional climate model RegCM4 to simulate these extreme indices during the present time



period. Finally, the future projections of the respected indices over the last 21 years of the 21st century were analyzed for the region of Thessaloniki.



1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο μελέτης

Τα ακραία επεισόδια βροχόπτωσης έχουν σημαντικές επιπτώσεις τόσο στην οικονομία, στη γεωργία, στο περιβάλλον αλλά και στον ίδιο τον άνθρωπο. Αντικειμενικά, λοιπόν, δημιουργήθηκε η ανάγκη σε πολλές κλιματολογικές μελέτες να διερευνηθεί και να αξιολογηθεί η πορεία των ακραίων φαινομένων βροχόπτωσης σε παγκόσμια αλλά και σε τοπική κλίμακα.

Η έκθεση του IPCC για την αντιμετώπιση των κινδύνων που δημιουργούνται από τα ακραία φαινόμενα, τονίζει ότι παρατηρείται, σε παγκόσμια κλίμακα, αυξητική τάση, των φαινομένων ακραίας βροχόπτωσης (Seneviratne, et al., 2012). Επίσης, ανέδειξε την αναγκαιότητα να ιεραρχήσουν οι ερευνητές, την έρευνα τους, γύρω από τις διακυμάνσεις στην συχνότητα εμφάνισης των φαινομένων αυτών λόγω της ραγδαίας κλιματικής αλλαγής. (IPCC 2012). Αποτέλεσμα αυτού, είναι η σαφέστερη κατανόηση των φαινομένων και η δημιουργία ενός σύγχρονου και πληρέστερου μηχανισμού αντιμετώπισης των συνεπειών των έντονων βροχοπτώσεων καθώς και την, όσο το δυνατόν, καλύτερη προετοιμασία του ανθρώπινου παράγοντα.

1.2 Σκοπός και σημασία της έρευνας

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι ο υπολογισμός και η μελέτη των τάσεων των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης για τα πραγματικά δεδομένα στην περιοχή της Θεσσαλονίκης σε ετήσια και εποχιακή βάση, η σύγκριση τους με τους δείκτες που προκύπτουν από το αντίστοιχο σημείο πλέγματος της βάσης ERA-Interim. Στη συνέχεια, γίνεται υπολογισμός των δεικτών και μελέτη των τάσεων από τις εκτιμήσεις του περιοχικού μοντέλου RegCM4 για κοινή χρονική περίοδο με την βάση ERA-Interim ώστε να πραγματοποιηθεί σύγκριση μεταξύ των δύο σετ δεδομένων. Τέλος, γίνεται εκτίμηση των κλιματικών αλλαγών των εξεταζόμενων παραμέτρων στα τέλη του 21^{ου} αιώνα αξιοποιώντας το προαναφερθέν κλιματικό μοντέλο.

1.3 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Η περιοχή της Μεσογείου χαρακτηρίζεται από έντονες τοπογραφικές μεταβολές. Μεγάλες θαλάσσιες εκτάσεις εναλλάσσονται με τμήματα ξηράς (Χερσόνησος Αίμου, Ιταλία-Σικελία, Ιβηρική Χερσόνησος) στα οποία παρατηρούνται και έντονες διαφοροποιήσεις στο ανάγλυφό τους. Σε συνδυασμό με την παρουσία του Ατλαντικού ωκεανού στο δυτικό περιθώριο της Μεσογείου και την επίδραση αυτού στο κλίμα της περιοχής, την θέση της Μεσογείου στη μεταβατική τροπική-υποτροπική ζώνη ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και την παρουσία συγκεκριμένων κέντρων κυκλογένεσης στην επικράτεια της είναι φυσικό επακόλουθο να υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις και αντιφάσεις ως προς τις εκτιμήσεις των μελετών για τα ακραία επεισόδια βροχόπτωσης.

Στην περιοχή της Μεσογείου κατά την περίοδο του χειμώνα παρατηρείται ότι περισσότερες από τις μισές εποχιακές βροχοπτώσεις (περίπου το 60% αυτών) μπορούν να χαρακτηριστούν ως ακραία επεισόδια βροχόπτωσης (Toreti et al., 2010). Ωστόσο αντιφατικά είναι τα αποτελέσματα όσον αφορά τις τάσεις των ακραίων φαινομένων βροχόπτωσης. Ορισμένες μελέτες (e.g, Alpert et al., 2002) υποστηρίζουν ότι, παρατηρείται αυξητική τάση των ακραίων ημερήσιων βροχοπτώσεων παρά την μείωση των συνολικών βροχοπτώσεων. Αντίθετα, άλλες έρευνες δείχνουν ότι, την ίδια περίοδο, στην ίδια περιοχή δεν παρατηρείται κάποια αξιόλογη μεταβολή της τάσης (Lionello et al., 2010). Εξαίρεση αποτελεί η περιοχή του ελλαδικού χώρου, για την οποία παρατηρείται σημαντική πτωτική τάση. (Lionello et al., 2010). Ένα πιο γενικευμένο συμπέρασμα είναι ότι οι τάσεις των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης παρουσιάζουν ανισότροπη συμπεριφορά ανάλογα την περιοχή στην οποία μελετώνται. Δηλαδή, ανοδική τάση παρουσιάζουν οι δείκτες στην Κεντρική Μεσόγειο, ενώ για την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου παρουσιάζουν πτωτική τάση (Kostoroulou and Jones, 2005). Επιπρόσθετα, παρατηρείται διαφοροποίηση για την Δυτική και την Ανατολική Μεσόγειο και ως προς την εποχή κατά την οποία είναι εντονότερα τα ακραία επεισόδια βροχόπτωσης. Για την πρώτη, εντονότερα είναι τα ακραία φαινόμενα βροχόπτωσης κατά την περίοδο του φθινοπώρου. Για την δεύτερη, παρουσιάζουν μεγαλύτερη ένταση τα φαινόμενα κατά την χειμερινή περίοδο (Raveh-Rubin and Wernli, 2015).

Η Ελλάδα αποτελεί γεωγραφικά το νοτιότερο τμήμα της Χερσονήσου του Αίμου και βρίσκεται στην ανατολική περιοχή της Μεσογείου. Η επικράτειά της χαρακτηρίζεται από έντονες διαφοροποιήσεις στο ανάγλυφό της. Στο δυτικό ηπειρωτικό τμήμα του ελλαδικού χώρου δεσπόζει η οροσειρά της Πίνδου και τα όρη της Πελοποννήσου. Το ανατολικό της τμήμα αποτελείται κυρίως από ένα σύνολο πολλών νησιωτικών συμπλεγμάτων. Οι

προαναφερθείσες εξάρσεις του ανάγλυφου είναι το κύριο αίτιο, λόγω των μηχανισμών της οριζόντιας μεταφοράς υδρατμών από την Αδριατική θάλασσα και το Ιόνιο πέλαγος και της ορεογραφικής ανύψωσης, για το μέγιστο της βροχόπτωσης που παρατηρείται στη δυτική ηπειρωτική Ελλάδα. Οι έντονες μορφολογικές-υψομετρικές διακυμάνσεις της περιοχής συνεισφέρουν καταλυτικά στην ποικιλομορφία του κλίματος της και την ανισότροπη εξέλιξη των ακραίων φαινομένων βροχόπτωσης.

Στην ελληνική περιοχή, τα ακραία φαινόμενα βροχόπτωσης παρατηρούνται κατά κύριο λόγο την χειμερινή περίοδο. Αντίθετα, κατά την θερινή περίοδο τα ακραία επεισόδια είναι σπανιότερα σε σύγκριση με τον χειμώνα (Houssos and Bartzokas, 2006). Πρόσθετα, παρατηρήθηκαν ανοδικές τάσεις των ακραίων επεισοδίων βροχόπτωσης στην ανατολική-νοτιοανατολική ελληνική επικράτεια (Nastos and Zerefos, 2008). Στον αντίποδα με τα παραπάνω, έρευνες όπως των Kioutsioukis et al., 2010 υποδεικνύουν ότι οι τάσεις των ακραίων φαινομένων βροχόπτωσης δείχνουν πτωτικές τάσεις.



2. Δεδομένα και μεθοδολογία

2.1 Δεδομένα

Για την επίτευξη των σκοπών της παρούσας εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν τα πραγματικά δεδομένα των ημερήσιων υψών βροχόπτωσης που καταγράφηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του τομέα Μετεωρολογίας – Κλιματολογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.) για χρονική περίοδο 43 ετών (1958-2000).

Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα ημερήσιας βροχόπτωσης από την βάση δεδομένων ERA-Interim για την χρονική περίοδο 1980-2000. Η βάση ERA-Interim είναι μια re-analysis της παγκόσμιας ατμόσφαιρας που καλύπτει την χρονική περίοδο από το 1979 (τυπικά, τα ERA-Interim ξεκίνησαν από το 1989 και η δεκαετής επέκταση (1979-1988) πραγματοποιήθηκε μεταγενέστερα) και συνεχίζεται έως και σήμερα σε πραγματικό χρόνο. Βασίστηκε στις χωρικές παραμετροποιήσεις (31r2) του ενσωματωμένου συστήματος προγνώσεων (IFS) του ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecasts). Οι παράμετροι που διαμορφώνουν το IFS περιγράφουν ένα ανηγμένο γκαουσιανό πλέγμα με ομοιόμορφο διαμερισμό περίπου στα 79 χλμ. για την επιφάνεια και άλλα διαγράμματα πλέγματος – σημείων. Ο κάθετος διαμερισμός έχει γίνει σε 60 διαστήματα, με το μέγιστό τους στα 0.1 hPa, ενώ τα βασικά δυναμικά πεδία έχουν αναπαρασταθεί μέσω σφαιρικών αρμονικών T255. (Berrisford et al. 2011)

Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκαν τα εκτιμώμενα δεδομένα ημερήσιας βροχόπτωσης από το μοντέλο RegCM4 για τις χρονικές περιόδους 1980-2000 και 2080-2100. Το μοντέλο RegCM4 αποτελεί την τελευταία έκδοση (2010) του μοντέλου RegCM το οποίο, αναπτύχθηκε, αρχικά, από το National Center for Atmospheric Research (1989). Το μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε περιοχή του πλανήτη, με διαμερισμό πλέγματος έως και τα 10 km.



Εικόνα 2.1 α) Η θέση της Θεσσαλονίκης και γενικά της Ελλάδος στην Ανατολική μεσόγειο. β) Τοπογραφική απεικόνιση των θέσεων του Μετεωρολογικού σταθμού του ΑΠΘ και του πλέγματος της βάσης δεδομένων ERA-Interim, από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα βροχοπτώσης.

2.2 Μεθοδολογία

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας υπολογίστηκαν έξι ακραίοι δείκτες βροχόπτωσης οι οποίοι απεικονίζονται στον πίνακα 2.2. Πρόκειται για ένα σύνολο απόλυτων (absolute indices) δεικτών και δεικτών που λειτουργούν με ποσοστημόρια και κατώτατα όρια (percentile threshold indices). Οι απόλυτοι δείκτες απεικονίζουν τα φυσικά μεγέθη πιο άμεσα, όπως για παράδειγμα ο δείκτης RX1day απεικονίζει την μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση. (Klein Tank et al. 2009) Συνεπώς, μπορούν να αξιοποιηθούν για την μελέτη του αντίκτυπου των φυσικών φαινομένων στον άνθρωπο αλλά και στο φυσικό περιβάλλον. Αντίθετα, οι δείκτες που λειτουργούν με ποσοστημόρια και κατώτατα όρια αξιοποιούνται, κυρίως, για την ανάλυση των ακραίων φαινομένων σε τοπική κλίμακα, όπου είναι ανάγκη να ληφθεί υπόψιν το κλίμα της εκάστοτε περιοχής με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. (Klein Tank et al. 2009) (STARDEX: <https://crudata.uea.ac.uk/projects/stardex/description.pdf>)

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης για τα πραγματικά δεδομένα την περίοδο 1958-2000, τα δεδομένα από την βάση ERA-Interim την περίοδο 1980-2000 και τα δεδομένα από το μοντέλο RegCM4 για τις χρονικές περιόδους 1980-2000 και 2080-2100.

Για τον υπολογισμό των δεικτών δημιουργήθηκε στο Microsoft Excel ένα σύνολο τύπων το οποίο εξυπηρέτησε στην ταχύτερη και ευκολότερη ολοκλήρωση της διαδικασίας. Στον πίνακα 2.3 φαίνεται το σύνολο των εντολών και των συνθήκων που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των δεικτών σε ετήσια και εποχιακή βάση.

Η εντολή COUNTIF χρησιμοποιήθηκε ώστε να υπολογιστεί το σύνολο των ημερών κατά το οποίο παρατηρείται βροχόπτωση. Ο αριθμός αυτός αξιοποιείται σε συγκεκριμένους δείκτες όπως θα αναλυθεί παρακάτω. Επίσης, η εντολή αυτή χρησιμοποιήθηκε και για τον υπολογισμό των δεικτών R10m και R20m, δηλαδή τον υπολογισμό των ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο ή ίσο των 10 και 20 mm αντίστοιχα.

Η εντολή AVERAGEIF χρησιμοποιήθηκε για να υπολογιστεί ο μέσος όρος της βροχόπτωσης από το σύνολο των ημερών κατά το οποίο αποτυπώνονται κατακρημνίσεις ώστε να υπολογιστεί ο δείκτης SDII (simple daily intensity).

Η εντολή MAX επιλέχθηκε με σκοπό να υπολογιστεί σε κάθε περίπτωση ποιο είναι το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης που παρατηρήθηκε την εκάστοτε εξεταζόμενη χρονική περίοδο, δηλαδή, ο κλιματικός δείκτης RX1day.

Για τον υπολογισμό των κλιματικών δεικτών R95p, R99p αξιοποιήθηκαν οι εντολές ROUND, LARGE, SUMIF. Συγκεκριμένα, για τον δείκτη R95p πραγματοποιείται πολλαπλασιασμός των ημερών που παρατηρείται βροχόπτωση για την εξεταζόμενη περίοδο με τον αριθμό 0.95. Με τις εντολές ROUND και LARGE καθίσταται δυνατό να εκτιμηθεί ποιο είναι το σύνολο των ημερών που αντιστοιχεί, στην εκάστοτε περίπτωση, στο 5% των βροχερών ημερών με τα παρατηρούμενα μεγαλύτερα ύψη βροχόπτωσης της εξεταζόμενης χρονικής περιόδου. Τέλος, με την εντολή SUMIF πραγματοποιείται το άθροισμα των υψών των βροχοπτώσεων που αντιστοιχούν στο προαναφερθέν 5%. Ανάλογη είναι η διαδικασία και για τον δείκτη R99p που εκφράζει το συνολικό ύψος βροχόπτωσης που αντιστοιχεί στο 1% των βροχερών ημερών με τα μεγαλύτερα παρατηρούμενα ύψη βροχόπτωσης της εξεταζόμενης χρονικής περιόδου.

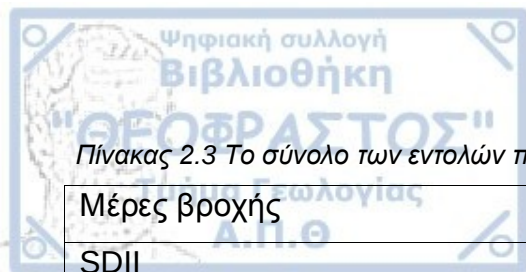
Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι, το σύνολο των εντολών είναι πιθανό να δώσει εσφαλμένο αποτέλεσμα για τους δείκτες R95p, R99p (ιδιαίτερα για τον R99p) εάν, σε κάποια υπό εξέταση χρονική περίοδο, παρατηρηθούν 2 ή και παραπάνω ημέρες να εμφανίζουν ίσο και μέγιστο ύψος βροχόπτωσης για την συγκεκριμένη περίοδο. Στην παρούσα εργασία, όπου ήταν αναγκαίο, πραγματοποιήθηκαν διορθώσεις των τιμών των δεικτών χειροκίνητα. (Χαρακτηριστική περίπτωση όπου παρατηρήθηκε λάθος στους υπολογισμούς του δείκτη R99p είναι η εποχή της Άνοιξης του 1966 στα πραγματικά δεδομένα.)

Στη συνέχεια, έπειτα από τον υπολογισμό των κλιματικών δεικτών για τα πραγματικά δεδομένα, την βάση δεδομένων ERA-Interim και το μοντέλο RegCM4, δημιουργήθηκαν γραφικές παραστάσεις για να μπορέσουν να μελετηθούν οι γραμμικές τάσεις των δεικτών σε ετήσια και εποχιακή βάση. Ακολούθως, μεσοποιήθηκαν οι τιμές των κλιματικών δεικτών σε ετήσια και εποχιακή βάση για την περίοδο 1980-2000 για τα πραγματικά δεδομένα, την βάση δεδομένων ERA-Interim και το μοντέλο RegCM4. Σκοπός και των δύο αυτών διεργασιών ήταν να παρατηρηθεί κατά πόσο τα ERA εκτιμούν ικανοποιητικά τις τάσεις των δεικτών που προκύπτουν από τα πραγματικά δεδομένα, ακολούθως κατά πόσο το μοντέλο RegCM4 προσεγγίζει τις τάσεις που υπολογίζονται από τα ERA. Αντίστοιχη είναι η διαδικασία που ακολουθήθηκε και για τις μεσοποιημένες τιμές, δημιουργήθηκαν ραβδογράμματα για να συγκριθούν αρχικά οι τιμές των πραγματικών δεδομένων και των ERA-Interim, ώστε να εκτιμηθεί κατά πόσο τα δεδομένα ERA προσεγγίζουν τα πραγματικά. Ακόλουθο βήμα ήταν η σύγκριση των μεσοποιημένων τιμών των ERA-Interim με αυτές του κλιματικού μοντέλου RegCM4 με στόχο την μελέτη της ικανότητας του μοντέλου να προσομοιώσει ικανοποιητικά τα δεδομένα που προκύπτουν από την βάση re-analysis. Όλες αυτές οι διαδικασίες πραγματοποιήθηκαν ώστε να εξεταστεί η αξιοπιστία της βάσης δεδομένων ERA-Interim για

την υπό μελέτη περιοχή της Θεσσαλονίκης και του μοντέλου RegCM4 ώστε αυτό να αξιοποιηθεί για την εκτίμηση των πιθανών μελλοντικών, υπό εξέταση, παραμέτρων (μελλοντικά σενάρια).

Πίνακας 2.2 Οι ακραίοι δείκτες βροχόπτωσης που αξιοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. (Tolika et al. 2018)

Ακρωνύμιο Δείκτη	Όνομα Δείκτη	Περιγραφή	Μονάδα μέτρησης
SDII	Simple daily Intensity Index	Λόγος του ποσού βροχής προς τις ημέρες βροχής (κατώτατο όριο 0.1mm)	Χιλιοστά/ημέρα (mm/day)
RX1day	Wettest day	Ημερήσιο μέγιστο βροχόπτωσης	mm
R10m	Heavy precipitation days	Σύνολο ημερών βροχής με ύψος μεγαλύτερο ή ίσο των 10 mm	Ημέρες
R20m	Very heavy precipitation days	Σύνολο ημερών βροχής με ύψος βροχής μεγαλύτερο ή ίσο των 20 mm	Ημέρες
R95p	Precipitation from very wet days	Ύψος βροχής από τις ημέρες που ξεπερνούν το 95 ^ο ποσοστημόριο	mm
R99p	Precipitation from extremely wet days	Ύψος βροχής από τις ημέρες που ξεπερνούν το 99 ^ο ποσοστημόριο	mm



Πίνακας 2.3 Το σύνολο των εντολών που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των δεικτών βροχόπτωσης.

Μέρες βροχής	=COUNTIF(D1:D366;">0")
SDII	=AVERAGEIF(D1:D366;">0")
RX1day	=MAX(D1:D366)
R10m	=COUNTIF(D1:D366;">=10")
R20m	=COUNTIF(D1:D366;">=20")
R95p	=0,95*F1 =ROUND(F6;0) =LARGE(D1:D366;F1-F7+1) =SUMIF(D1:D366;">=" & F8)
R99p	=0,99*F1 =ROUND (F10;0) =LARGE(D1:D366;F1-F11+1) =SUMIF(D1:D366;">=" & F12)

3. Α. Υπολογισμός των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης των πραγματικών δεδομένων του σταθμού της Θεσσαλονίκης και μελέτη των τάσεών τους για την περίοδο αναφοράς 1958-2000

Ετήσια Βάση 1958-2000

Κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης, σε ετήσια βάση, η μεσοποιημένη τιμή της μέσης ημερήσιας βροχόπτωσης (δείκτης SDII) είναι 4.9 mm/day. Η τυπική απόκλιση του δείκτη SDII είναι της τάξης των 0.72 mm/day. Επιπρόσθετα, η μέση ημερήσια βροχόπτωση αυξήθηκε κατά την δεδομένη χρονική περίοδο, καθώς παρουσίασε ανοδική τάση.

Η μεσοποιημένη τιμή της ημερήσιας μέγιστης βροχόπτωσης (δείκτης RX1day) υπολογίστηκε στα 41.3 mm. Η τυπική απόκλιση του δείκτη υπολογίστηκε στα 14.7 mm. Από την μελέτη της τάσης παρατηρείται ότι, κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000, αυξήθηκε το ημερήσιο μέγιστο βροχόπτωσης, δεδομένου του γεγονότος ότι παρατηρήθηκε ανοδική τάση του δείκτη.

Όσον αφορά τις ημέρες με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 10 mm (R10m), η μεσοποιημένη τιμή τους είναι 12.9 ημέρες. Η τυπική απόκλιση του δείκτη R10m είναι της τάξης των 3.5 ημερών, ενώ κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 οι ημέρες αυτές τείνουν να μειώνονται, όπως προκύπτει από την αρνητική κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Στην περίπτωση των ημερών με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 20 mm (R20m), η μεσοποιημένη τιμή τους είναι 4.2 ημέρες. Η τυπική απόκλιση του δείκτη R20m είναι της τάξης των 2.3 ημερών, ενώ κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 οι ημέρες αυτές μειώνονται, όπως προκύπτει από την αρνητική κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Από τους υπολογισμούς για τις έντονες βροχοπτώσεις (δείκτης R95p) προέκυψε η μεσοποιημένη τιμή των 147.9 mm και η τυπική απόκλιση της τάξης των 38.6 mm. Για την χρονική περίοδο 1958-2000, το αρνητικό πρόσημο στην γραμμική τάση του δείκτη R95p δείχνει ότι υπήρξε μείωση των έντονων βροχοπτώσεων.

Η μεσοποιημένη τιμή των ακραίων υψών βροχής (δείκτης R99p) υπολογίστηκε στα 71.9 mm. Η τυπική απόκλιση του δείκτη στα 20.3 mm. Από την μελέτη της τάσης παρατηρείται ότι, κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000, μειώθηκαν τα ακραία ύψη βροχόπτωσης δεδομένου του γεγονότος ότι παρατηρήθηκε πτωτική τάση του δείκτη.

Χειμώνας 1958-2000

Κατά τους χειμερινούς μήνες της περιόδου αναφοράς 1958-2000, για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης, υπολογίστηκε η μεσοποιημένη τιμή της μέσης ημερήσιας βροχόπτωσης (δείκτης SDII) στα 4.4 mm/day. Πρόκειται για την μικρότερη παρατηρούμενη τιμή για αυτόν τον δείκτη, σε εποχιακή βάση, συγκριτικά με τις υπόλοιπες εποχές του έτους. Η τυπική απόκλιση του δείκτη είναι της τάξης των 1.4 mm/day, ενώ κατά την χειμερινή περίοδο του χρονικού διαστήματος 1958-2000, η γραμμική τάση του δείκτη είναι ανοδική.

Η μεσοποιημένη τιμή της ημερήσιας μέγιστης βροχόπτωσης (δείκτης RX1day) υπολογίστηκε στα 24.4 mm. Πρόκειται για την μικρότερη καταγεγραμμένη τιμή για αυτόν τον δείκτη, σε εποχιακή βάση, συγκριτικά με τις υπόλοιπες εποχές του έτους. Η τυπική απόκλιση του δείκτη στα 11.3 mm. Από την μελέτη της τάσης παρατηρείται ότι, κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000, αυξήθηκε το ημερήσιο μέγιστο βροχόπτωσης, δεδομένου του γεγονότος ότι παρατηρήθηκε ανοδική τάση του δείκτη.

Όσον αφορά τις ημέρες με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 10 mm (R10m), η μεσοποιημένη τιμή τους είναι 3.3 ημέρες. Η τυπική απόκλιση του δείκτη R10m είναι της τάξης των 2.3 ημερών, ενώ κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 οι ημέρες αυτές μειώνονται, όπως προκύπτει από την αρνητική κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Στην περίπτωση των ημερών με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 20 mm (R20m), η μεσοποιημένη τιμή τους είναι 1 ημέρα. Η τυπική απόκλιση του δείκτη R20m είναι της τάξης των 1.2 ημερών, ενώ κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 οι ημέρες αυτές αυξάνονται, όπως προκύπτει από την θετική κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Από τους υπολογισμούς για τις έντονες βροχοπτώσεις (δείκτης R95p) προέκυψε η μεσοποιημένη τιμή των 45.3 mm και η τυπική απόκλιση της τάξης των 23.6 mm. Για την χρονική περίοδο 1958-2000, το αρνητικό πρόσημο στην γραμμική τάση του δείκτη R95p δείχνει ότι υπήρξε μείωση των έντονων χειμερινών βροχοπτώσεων.

Η μεσοποιημένη τιμή των ακραίων υψών βροχής (δείκτης R99p) υπολογίστηκε στα 24.4 mm. Πρόκειται για την μικρότερη καταγεγραμμένη τιμή για αυτόν τον δείκτη, σε εποχιακή βάση, συγκριτικά με τις υπόλοιπες εποχές του έτους. Η τυπική απόκλιση του δείκτη υπολογίστηκε στα 11.3 mm. Από την μελέτη της τάσης παρατηρείται ότι, κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000, αυξήθηκαν τα ακραία ύψη βροχόπτωσης, δεδομένου του γεγονότος ότι παρατηρήθηκε ανοδική τάση του δείκτη.

Άνοιξη 1958-2000

Κατά την εαρινή περίοδο του χρονικού διαστήματος 1958-2000, για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης, η μεσοποιημένη τιμή της μέσης ημερήσιας βροχόπτωσης (δείκτης SDII) είναι 4.6 mm/day. Η τυπική απόκλιση του δείκτη SDII είναι της τάξης των 1.3 mm/day. Επιπλέον, η μέση ημερήσια βροχόπτωση μειώθηκε κατά την δεδομένη χρονική περίοδο, καθώς ο δείκτης παρουσίασε πτωτική τάση.

Η μεσοποιημένη τιμή της ημερήσιας μέγιστης βροχόπτωσης (δείκτης RX1day) υπολογίστηκε στα 25.8 mm. Η τυπική απόκλιση του δείκτη στα 9.9 mm. Από την μελέτη της τάσης παρατηρείται ότι, κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000, μειώθηκε το ημερήσιο μέγιστο βροχόπτωσης δεδομένου του γεγονότος ότι παρατηρήθηκε πτωτική τάση του δείκτη.

Στην περίπτωση των ημερών με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 10 mm (R10m), η μεσοποιημένη τιμή τους είναι 3.6 ημέρες. Η τυπική απόκλιση του δείκτη R10m είναι της τάξης των 1.7 ημερών, ενώ κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 οι ημέρες αυτές έτειναν να μειώνονται, όπως προκύπτει από την αρνητική κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Όσον αφορά τις ημέρες με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 20 mm (R20m), η μεσοποιημένη τιμή τους είναι 1.1 ημέρες. Η τυπική απόκλιση του δείκτη R20m είναι της τάξης της 1 ημέρας, ενώ κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 οι ημέρες αυτές έτειναν να μειώνονται, όπως προκύπτει από την αρνητική κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Στην περίπτωση των έντονων εαρινών βροχοπτώσεων (δείκτης R95p), η μεσοποιημένη τιμή τους είναι 46.8 mm. Η τυπική απόκλιση του δείκτη R95p είναι της τάξης των 16.1 mm, ενώ κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 οι έντονες βροχοπτώσεις μειώθηκαν, όπως προκύπτει από την αρνητική κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Η μεσοποιημένη τιμή των ακραίων υψών βροχής (δείκτης R99p) υπολογίστηκε στα 25.8 mm. Η τυπική απόκλιση του δείκτη στα 9.9 mm. Από την μελέτη της γραμμικής τάσης παρατηρείται ότι, κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000, μειώθηκαν τα ακραία ύψη βροχόπτωσης δεδομένου του γεγονότος ότι παρατηρήθηκε πτωτική τάση του δείκτη.

Σε αυτό το σημείο, συνοψίζοντας, παρατηρείται ότι, είναι αρνητικές οι γραμμικές τάσεις όλων των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης το οποίο δείχνει την συνολική τάση εξασθένησης των ακραίων επεισοδίων βροχόπτωσης κατά την εαρινή περίοδο.

Καλοκαίρι 1958-2000

Κατά την θερινή περίοδο του χρονικού διαστήματος 1958-2000, για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης, η μεσοποιημένη τιμή της μέσης ημερήσιας βροχόπτωσης (δείκτης SDII) είναι 4.9 mm/day. Η τυπική απόκλιση του δείκτη SDII είναι της τάξης των 1.5 mm/day. Επιπλέον, η μέση ημερήσια βροχόπτωση αυξήθηκε κατά την δεδομένη χρονική περίοδο, καθώς ο δείκτης παρουσίασε ανοδική τάση.

Η μεσοποιημένη τιμή της ημερήσιας μέγιστης βροχόπτωσης (δείκτης RX1day) υπολογίστηκε στα 24.7 mm, ενώ η τυπική απόκλιση του δείκτη στα 12.5 mm. Από την μελέτη της τάσης παρατηρείται ότι, κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000, μειώθηκε το ημερήσιο μέγιστο βροχόπτωσης δεδομένου του γεγονότος ότι παρατηρήθηκε πτωτική τάση του δείκτη.

Όσον αφορά τις ημέρες με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 10 mm (R10m), η μεσοποιημένη τιμή τους είναι 2.3 ημέρες. Πρόκειται για την μικρότερη καταγεγραμμένη τιμή για αυτόν τον δείκτη, σε εποχιακή βάση, συγκριτικά με τις υπόλοιπες εποχές του έτους. Η τυπική απόκλιση του δείκτη R10m είναι της τάξης των 1.4 ημερών, ενώ κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 οι ημέρες αυτές έτειναν να αυξάνονται, όπως προκύπτει από την θετική κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Στην περίπτωση των ημερών με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 20 mm (R20m), η μεσοποιημένη τιμή τους είναι 0.8 ημέρες. Πρόκειται για την μικρότερη καταγεγραμμένη τιμή και για αυτόν τον δείκτη, σε εποχιακή βάση, συγκριτικά με τις υπόλοιπες εποχές. Η τυπική απόκλιση του δείκτη R20m είναι της τάξης της 1 ημέρας, ενώ κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 οι ημέρες αυτές έτειναν να μειώνονται, όπως προκύπτει από την αρνητική κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Στην περίπτωση των έντονων θερινών βροχοπτώσεων (δείκτης R95p), η μεσοποιημένη τιμή τους είναι 38.3 mm. Πρόκειται, και σε αυτή την περίπτωση, για την μικρότερη καταγεγραμμένη τιμή για αυτόν τον δείκτη, σε εποχιακή βάση, συγκριτικά με τις υπόλοιπες εποχές. Η τυπική απόκλιση του δείκτη R95p είναι της τάξης των 19.6 mm, ενώ κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 οι έντονες βροχοπτώσεις μειώθηκαν, όπως προκύπτει από την αρνητική κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Η μεσοποιημένη τιμή των ακραίων υψών βροχής (δείκτης R99p) υπολογίστηκε στα 24.7 mm. Η τυπική απόκλιση του δείκτη στα 12.5 mm. Από την μελέτη της γραμμικής τάσης παρατηρείται ότι, κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000, μειώθηκαν τα ακραία ύψη

βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του θέρους, δεδομένου του γεγονότος ότι παρατηρήθηκε πτωτική τάση του δείκτη.

Φθινόπωρο 1958-2000

Για το φθινόπωρο, το χρονικό διάστημα 1958-2000, από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι, σε εποχιακή βάση, είναι η περίοδος κατά την οποία καταγράφονται οι μέγιστες τιμές για όλους τους ακραίους δείκτες βροχόπτωσης στην περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Συγκεκριμένα, η μεσοποιημένη τιμή της μέσης ημερήσιας βροχόπτωσης (δείκτης SDII) κατά την περίοδο του φθινοπώρου είναι 5.7 mm/day. Η τυπική απόκλιση του δείκτη SDII είναι της τάξης των 2.2 mm/day. Επιπρόσθετα, η μέση ημερήσια βροχόπτωση αυξήθηκε κατά την δεδομένη χρονική περίοδο, καθώς παρουσίασε ανοδική τάση.

Η μεσοποιημένη τιμή της ημερήσιας μέγιστης βροχόπτωσης (δείκτης RX1day) υπολογίστηκε στα 29.7 mm. Η τυπική απόκλιση του δείκτη στα 18.5 mm. Από την μελέτη της τάσης παρατηρείται ότι, κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000, αυξήθηκε το ημερήσιο μέγιστο βροχόπτωσης λαμβάνοντας υπόψιν ότι παρατηρήθηκε ανοδική τάση του δείκτη.

Όσον αφορά τις ημέρες με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 10 mm (R10m), η μεσοποιημένη τιμή τους είναι 3.7 ημέρες. Η τυπική απόκλιση του δείκτη R10m είναι της τάξης των 2 ημερών, ενώ κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 οι ημέρες αυτές μειώνονται, όπως προκύπτει από την αρνητική κλίση της γραμμικής τους τάσης.

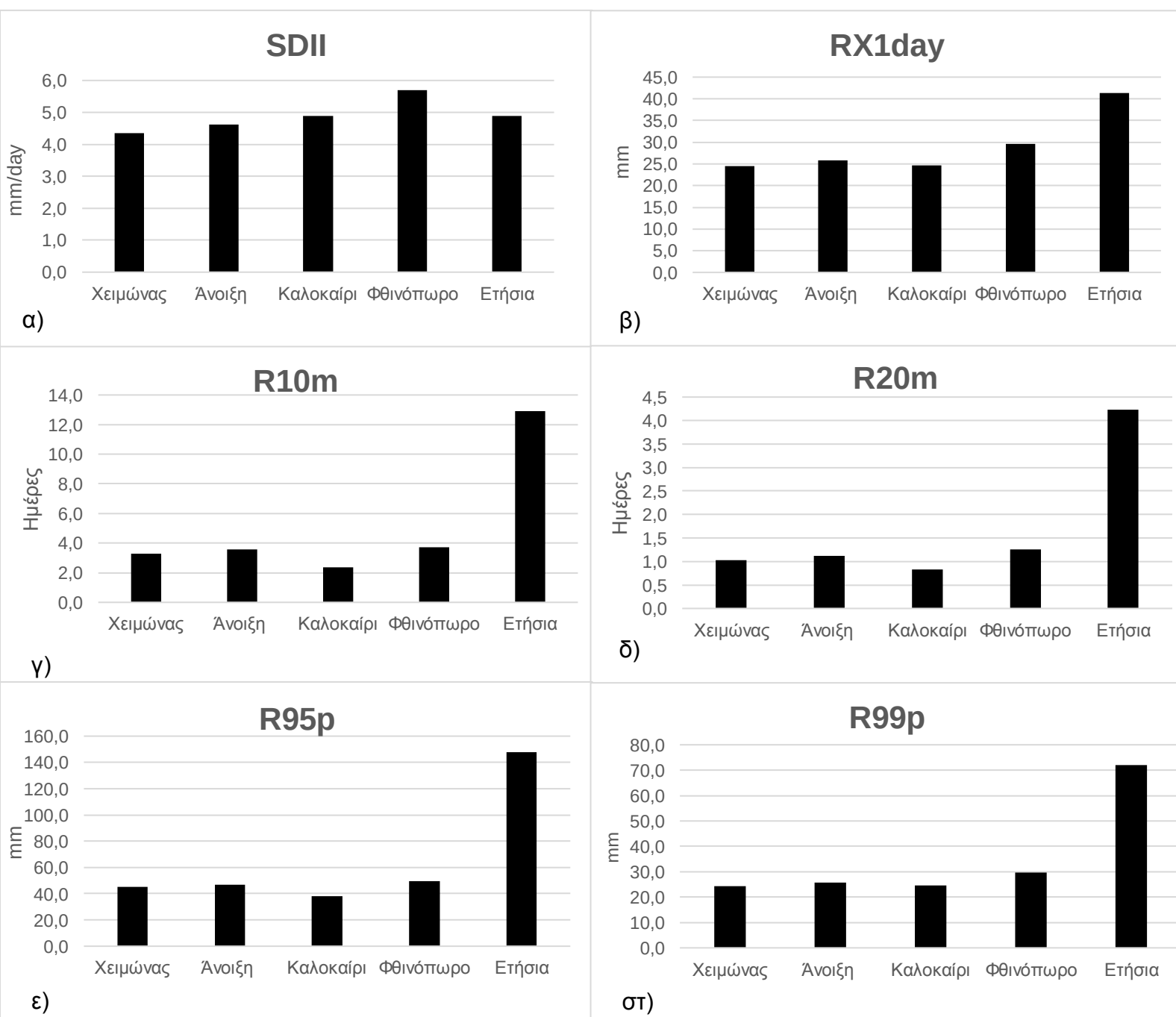
Στην περίπτωση των ημερών με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 20 mm (R20m), η μεσοποιημένη τιμή τους είναι 1.3 ημέρες. Η τυπική απόκλιση του δείκτη R20m είναι της τάξης των 1.2 ημερών, ενώ κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000 οι ημέρες αυτές αυξάνονται, όπως προκύπτει από την θετική κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Από τους υπολογισμούς για τις έντονες βροχοπτώσεις (δείκτης R95p) προέκυψε η μεσοποιημένη τιμή των 49.5 mm και η τυπική απόκλιση της τάξης των 27.3 mm. Για την χρονική περίοδο 1958-2000, το θετικό πρόσημο στην γραμμική τάση του δείκτη R95p δείχνει ότι υπήρξε αύξηση των έντονων φθινοπωρινών βροχοπτώσεων.

Η μεσοποιημένη τιμή των ακραίων υψών βροχής (δείκτης R99p) υπολογίστηκε στα 29.7 mm. Η τυπική απόκλιση του δείκτη στα 18.5 mm. Από την μελέτη της τάσης παρατηρείται ότι, κατά την περίοδο αναφοράς 1958-2000, αυξήθηκαν τα ακραία ύψη βροχόπτωσης δεδομένου του γεγονότος ότι παρατηρήθηκε ανοδική τάση του δείκτη.

Πίνακας 3.1 Οι συντελεστές κλίσεις των γραμμικών τάσεων των δεικτών

Περίοδος	SDII	RX1day	R10m	R20m	R95p	R99p
Έτος	0,0064	0,0849	-0,0548	-0,0154	-0,8305	-0,0453
Χειμώνας	0,0226	0,0924	-0,0296	0,0071	-0,0888	0,0924
Άνοιξη	-0,0015	-0,1338	-0,0314	-0,0128	-0,5205	-0,1338
Καλοκαίρι	0,0104	-0,0789	0,0112	-0,0134	-0,1779	-0,0789
Φθινόπωρο	0,0073	0,0317	-0,005	0,0038	0,0774	0,0317



Σχήμα 3.2 (α-στ) Οι μεσοποιημένες τιμές των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Σύγκριση πραγματικών τιμών των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης με τις τιμές των δεικτών από τη βάση δεδομένων ERA-Interim κατά την περίοδο 1980-2000

Ετήσια Βάση 1980-2000

Κατά την περίοδο αναφοράς 1980-2000, σε ετήσια βάση για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης η σύγκριση των πραγματικών δεδομένων με τα δεδομένα re-analysis ERA-Interim έδειξε ότι, παρατηρείται υποεκτίμηση των πραγματικών τιμών των κλιματικών δεικτών SDII, RX1day, R20m, R99p. Αντίθετα, τα ERA-Interim φαίνεται ότι υπερεκτιμούν τους δείκτες R10m, R95p.

Αναλυτικά για τον κάθε δείκτη ξεχωριστά γίνεται φανερό ότι, τα ERA-Interim υποεκτιμούν τα πραγματικά δεδομένα όσον αφορά τον δείκτη SDII. Η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή του δείκτη SDII είναι μικρότερη από την μεσοποιημένη πραγματική τιμή του κατά περίπου 1.3 mm/day (Πραγματική τιμή: 4.9 mm/day). Αντίστοιχα, υποεκτιμά και την τυπική απόκλιση του δείκτη, η διαφορά της τιμής είναι περίπου 0.2mm/day (Πραγματική τυπική απόκλιση: 0.7mm/day).

Όσον αφορά στον δείκτη RX1day, η εκτιμώμενη, από την βάση δεδομένων ERA-Interim, τιμή του δείκτη είναι μικρότερη από την μεσοποιημένη πραγματική τιμή κατά περίπου 10mm (Πραγματική τιμή: 42.2 mm). Παρατηρείται, επίσης, σημαντική υποεκτίμηση της τυπικής απόκλισης του δείκτη, η διαφορά της τιμής είναι περίπου 9.5mm. (Πραγματική τυπική απόκλιση: 17.6mm)

Στην περίπτωση του δείκτη R10m, η διαφορά της εκτιμώμενης μεσοποιημένης τιμής και της πραγματικής τιμής του δείκτη είναι της τάξης των 0.8 ημερών. (Πραγματική τιμή: 12.1 ημέρες). Ενώ, η εκτίμηση της τιμής της τυπικής απόκλισης είναι ικανοποιητική σε σχέση με την πραγματική. Η εκτιμώμενη τιμή είναι <0.1 ημέρες μεγαλύτερη από την πραγματική. (Πραγματική τυπική απόκλιση: 3.6 ημέρες)

Για τον δείκτη R20m, η εκτιμώμενη προσομοιωμένη τιμή του δείκτη είναι μικρότερη από την μεσοποιημένη πραγματική τιμή κατά περίπου 0.4 ημέρες. (Πραγματική τιμή: 3.8 ημέρες).

Αντίθετα, το μοντέλο υπερεκτιμά την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τιμή είναι περίπου 0.2 ημέρες μεγαλύτερη από την πραγματική τιμή. (Πραγματική τιμή: 2.2 ημέρες)

Όσον αφορά στον δείκτη R95p, τα δεδομένα από τη βάση re-analysis ERA-Interim φαίνεται να υπερεκτιμούν τον δείκτη περίπου 32 mm (Πραγματική τιμή: 135,7 mm) . Η σύγκριση των τυπικών αποκλίσεων του δείκτη, έδειξε ότι τα δεδομένα ERA-Interim υποεκτιμούν την μεταβλητότητα των πραγματικών δεδομένων (μικρότερη τυπική απόκλιση) όπου η διαφορά της εκτιμώμενης τιμής από την πραγματική είναι περίπου 2.5 mm. (Πραγματική τιμή: 40.4 mm)

Από τα δεδομένα του δείκτη R99p, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μικρότερη από την πραγματική κατά περίπου 3 mm. (Πραγματική τιμή: 70.9 mm). Επίσης, η βάση δεδομένων ERA-Interim υποεκτιμά και την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τιμή είναι περίπου 0.9 mm μικρότερη από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 23.2 mm)

Αξιοσημείωτο είναι το συμπέρασμα που προκύπτει από την μελέτη των γραμμικών τάσεων των δεικτών για την περίοδο αναφοράς 1980-2000 σε ετήσια βάση. Παρατηρείται, λοιπόν, ότι η βάση δεδομένων ERA-Interim εκτιμάει σωστά την τάση όλων των δεικτών που προκύπτει από τα πραγματικά δεδομένα.

Χειμώνας 1980-2000

Η ανάλυση και σύγκριση των δεικτών κατά τη χειμερινή περίοδο έδειξε ότι υποεκτίμηση παρατηρείται μόνο για τον δείκτη SDII. Αντίθετα, υπερεκτίμηση παρατηρείται στις τιμές των δεικτών RX1day, R10m, R95p. Αξιοσημείωτη είναι η ταύτιση των μεσοποιημένων τιμών των πραγματικών καταγραφών και των εκτιμώμενων τιμών από τα δεδομένα re-analysis ERA-Interim για τον κλιματικό δείκτη R20m.

Ειδικότερα, για τον δείκτη SDII, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μικρότερη κατά περίπου 0.5 mm/day από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 4.7 mm/day). Ωστόσο, τα ERA-Interim εκτιμούν ικανοποιητικά τα πραγματικά δεδομένα ως προς την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 0.1mm/day μεγαλύτερη από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 1.4 mm/day).

Για τον δείκτη RX1day, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μεγαλύτερη κατά 1 mm από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 25.4 mm). Ωστόσο, τα ERA-Interim εκτιμούν ικανοποιητικά τα πραγματικά δεδομένα ως προς την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η

εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 0.3 mm μεγαλύτερη από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 10.7 mm).

Στην σύγκριση των τιμών του δείκτη R10m, η εκτιμώμενη μεσοπονημένη τιμή είναι μεγαλύτερη από την πραγματική κατά περίπου 1.2 ημέρες. (Πραγματική τιμή: 2.9 ημέρες). Αντίστοιχα, παρατηρείται υπερεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων από τα ERA-Interim και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη από την πραγματική κατά περίπου 0.5 ημέρες. (Πραγματική τιμή: 1.9 ημέρες).

Για τον δείκτη R20m παρατηρείται ταύτιση των μεσοπονημένων τιμών των πραγματικών καταγραφών και των εκτιμώμενων τιμών, δείχνοντας ότι τα δεδομένα ERA-Interim παρουσιάζουν υψηλή ικανότητα προσομοίωσης του συγκεκριμένου δείκτη για την περίοδο του χειμώνα. (Πραγματική τιμή 1.2 ημέρες). Διαφορετική είναι η εικόνα στην τυπική απόκλιση του δείκτη, όπου παρατηρείται υποεκτίμηση από τα ERA-Interim. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μικρότερη από την πραγματική κατά περίπου 0.2 ημέρες. (Πραγματική τιμή: 1.2 ημέρες).

Όσον αφορά τις έντονες χειμερινές βροχοπτώσεις (R95p), η εκτιμώμενη μεσοπονημένη τιμή είναι μεγαλύτερη από την πραγματική κατά περίπου 10.5 mm. (Πραγματική τιμή: 44.2 mm). Αντίστοιχα παρατηρείται υπερεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων στην τυπική απόκλιση του δείκτη, η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 1mm μεγαλύτερη από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 21.6 mm)

Τέλος, για τον δείκτη R99p (ακραία ύψη βροχής), η εκτιμώμενη μεσοπονημένη τιμή είναι μεγαλύτερη από την πραγματική κατά περίπου 2.9 mm. (Πραγματική τιμή: 25.4 mm). Αντίστοιχα, παρατηρείται υπερεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη από την πραγματική κατά περίπου 2.2 mm. (Πραγματική τιμή: 10.7 mm)

Από την μελέτη των γραμμικών τάσεων των δεικτών για τους χειμερινούς μήνες της περιόδου αναφοράς 1980-2000 παρατηρείται η αδυναμία των δεδομένων re-analysis να εκτιμήσουν ικανοποιητικά την εικόνα που προκύπτει από τα πραγματικά δεδομένα. Με εξαίρεση τον δείκτη R10m, στον οποίο εκτιμάται ορθά η γραμμική τάση, για όλους τους υπόλοιπους δείκτες τα ERA-Interim εκτιμούν λανθασμένα την τάση τους.

Η ανάλυση και η σύγκριση των δεικτών κατά την ανοιξιάτικη περίοδο έδειξε ότι υποεκτίμηση παρατηρείται για τους δείκτες SDII, RX1day, R20m. Υπερεκτίμηση παρατηρείται στους δείκτες R95p, R99p, ενώ είναι ικανοποιητική η εκτίμηση των δεδομένων re-analysis ERA-INTERIM για τον δείκτη R10m.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά τον δείκτη SDII, η μεσοποιημένη εκτιμώμενη τιμή του δείκτη είναι μικρότερη κατά περίπου 1.2 mm/day από την μεσοποιημένη πραγματική. (Πραγματική τιμή: 4.5 mm/day). Αντίστοιχα, παρατηρείται υποεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων και ως προς την τυπική απόκλιση των τιμών του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 0.4 mm/day μικρότερη από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 1.2 mm/day)

Για τον δείκτη RX1day, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή του δείκτη είναι μικρότερη κατά περίπου 2 mm από την μεσοποιημένη πραγματική. (Πραγματική τιμή: 23.9 mm). Αντίθετα, παρατηρείται υπερεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 0.8 mm μεγαλύτερη από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 6.7 mm)

Η εκτίμηση των δεδομένων re-analysis ERA-Interim, για τον δείκτη R10m, είναι ικανοποιητική, καθώς η διαφορά της εκτιμώμενης μεσοποιημένης τιμής από την πραγματική είναι μικρότερη από 0.1 ημέρες (πραγματική τιμή: 3.2 ημέρες). Αντίστοιχα, η βάση δεδομένων re-analysis εκτιμά ικανοποιητικά τα πραγματικά δεδομένα ως προς την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 0.1 ημέρες μικρότερη από την πραγματική (Πραγματική τιμή: 1.8 ημέρες), δείχνοντας ότι τα δεδομένα ERA-Interim παρουσιάζουν υψηλή ικανότητα προσομοίωσης του συγκεκριμένου δείκτη για την περίοδο της άνοιξης.

Όσον αφορά τον δείκτη R20m, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι περίπου 0.2 ημέρες μικρότερη από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 0.9 ημέρες). Αντίθετα, τα ERA-Interim υπερεκτιμούν την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη κατά περίπου 0.3 ημέρες από την πραγματική τυπική απόκλιση. (Πραγματική τιμή: 0.8 ημέρες)

Στην σύγκριση των τιμών των έντονων ανοιξιάτικων βροχοπτώσεων (R95p), η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μεγαλύτερη από την πραγματική κατά περίπου 11.5 mm.

(Πραγματική τιμή: 40.2 mm). Αντίστοιχα, παρατηρείται υπερεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων από τα ERA-Interim και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη από την πραγματική κατά περίπου 6.8 mm. (Πραγματική τιμή: 10.2 mm)

Για τα ακραία ύψη βροχής (R99p), η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μεγαλύτερη από την πραγματική κατά περίπου 2.8 mm. (Πραγματική τιμή: 23.9 mm). Αντίστοιχα, παρατηρείται υπερεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη από την πραγματική κατά περίπου 4 mm. (Πραγματική τιμή: 6.7 mm).

Η γενική εικόνα που έχουμε από την μελέτη των τάσεων των δεικτών για τους εαρινούς μήνες της περιόδου αναφοράς 1980-2000 είναι ότι τα ERA-Interim εκτιμούν ορθά την γραμμική τάση των δεικτών που προκύπτουν από τα πραγματικά δεδομένα για όλους τους δείκτες πλην του δείκτη SDII.

Καλοκαίρι 1980-2000

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες της περιόδου αναφοράς 1980-2000, παρατηρείται υποεκτίμηση των πραγματικών τιμών από τα ERA-Interim για όλους τους δείκτες που υπολογίστηκαν στην παρούσα εργασία.

Ειδικότερα, για τον δείκτη SDII, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μικρότερη κατά περίπου 1.6 mm/day από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 4.9 mm/day). Αντίστοιχα, παρατηρείται υποεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση του δείκτη είναι μικρότερη από την πραγματική κατά περίπου 0.6 mm/day. (Πραγματική τιμή: 1.5 mm/day).

Όσον αφορά τον δείκτη RX1day, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή του δείκτη είναι μικρότερη κατά περίπου 7 mm από την πραγματική μεσοποιημένη τιμή. (Πραγματική τιμή: 21.5 mm). Αντίστοιχα, υποεκτίμηση παρατηρείται και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μικρότερη κατά περίπου 6.5 mm από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 12.8 mm).

Για τον δείκτη R10m, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μικρότερη κατά 0.7 ημέρες από την πραγματική μεσοποιημένη τιμή. (Πραγματική τιμή: 2.4 ημέρες). Αντίθετα, τα δεδομένα re-analysis ERA-Interim φαίνεται ότι υπερεκτιμούν την τυπική απόκλιση του δείκτη.

Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη από την πραγματική κατά περίπου 0.3 ημέρες. (Πραγματική τιμή: 1.3 ημέρες)

Στην σύγκριση των τιμών του δείκτη R20m, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μικρότερη κατά 0.1 ημέρες από την πραγματική μεσοποιημένη τιμή του δείκτη. (Πραγματική τιμή: 0.5 ημέρες). Ωστόσο, παρατηρείται ικανοποιητική εκτίμηση των πραγματικών δεδομένων στην μεταβλητότητα των τιμών του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι ίση με την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 0.7 ημέρες)

Όσον αφορά τον δείκτη R95p, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μικρότερη από την πραγματική κατά περίπου 2.5 mm. (Πραγματική τιμή: 33.4 mm). Αντίστοιχα, παρατηρείται υποεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 4 mm μικρότερη από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 19.4 mm)

Για τον δείκτη R99p, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μικρότερη κατά περίπου 6 mm από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 21.5 mm). Αντίστοιχα, παρατηρείται υποεκτίμηση στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 2.8 mm μικρότερη από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 12.8 mm)

Από την μελέτη των γραμμικών τάσεων των δεικτών κατά τους θερινούς μήνες της περιόδου αναφοράς 1980-2000 συμπεραίνεται ότι τα ERA-Interim εκτιμούν ορθά την γραμμική τάση των δεικτών SDII, R10m, R20m, R95p. Αναντίστοιχη είναι η εικόνα για τους δείκτες RX1day και R99p.

Φθινόπωρο 1980-2000

Η ανάλυση και η σύγκριση των δεικτών κατά την φθινοπωρινή περίοδο έδειξε ότι υποεκτίμηση παρατηρείται στις τιμές των δεικτών SDII, RX1day, R95p R99p. Οι εκτιμώμενες μεσοποιημένες τιμές της βάσης δεδομένων ERA-INTERIM για τους δείκτες R10m, R20m είναι πολύ κοντά στις πραγματικές τιμές.

Συγκεκριμένα, για τον δείκτη SDII, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μικρότερη κατά 1.8 mm/day από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 6 mm/day). Αντίστοιχα, παρατηρείται υποεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μικρότερη κατά περίπου 0.9 mm/day από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 2.2 mm/day)

Όσον αφορά τον δείκτη RX1day, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή του δείκτη είναι μικρότερη από την πραγματική κατά περίπου 8 mm. (Πραγματική τιμή: 31.5 mm). Αντίστοιχα, υποεκτίμηση παρατηρείται και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μικρότερη από την πραγματική κατά περίπου 12.2 mm. (Πραγματική τιμή: 21.6 mm).

Από την σύγκριση των τιμών του δείκτη R10m, παρατηρείται ικανοποιητική εκτίμηση των πραγματικών δεδομένων από τα ERA-Interim. Η διαφορά εκτιμώμενης και πραγματικής μεσοποιημένης τιμής είναι μικρότερη από 0.1 ημέρες. (Πραγματική τιμή: 3.7 ημέρες). Δεν ισχύει το ίδιο, όμως, για την τυπική απόκλιση του δείκτη, καθώς παρατηρείται υπερεκτίμηση αυτής. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη από την πραγματική κατά περίπου 0.6 ημέρες. (Πραγματική τιμή: 1.6 ημέρες)

Για τον δείκτη R20m, η διαφορά εκτιμώμενης και πραγματικής μεσοποιημένης τιμής είναι μικρότερη από 0.1 ημέρες. (Πραγματική τιμή: 1.2 ημέρες). Αντίστοιχα, τα δεδομένα re-analysis εκτιμούν ικανοποιητικά τα πραγματικά δεδομένα ως προς την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 0.1 ημέρες μικρότερη από την πραγματική δείχνοντας ότι τα δεδομένα ERA-Interim παρουσιάζουν υψηλή ικανότητα προσομοίωσης του συγκεκριμένου δείκτη για την περίοδο του φθινοπώρου. (Πραγματική τιμή: 1.3 ημέρες)

Όσον αφορά τον δείκτη R95p η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μικρότερη από την πραγματική κατά περίπου 1.5 mm. (Πραγματική τιμή: 51.1 mm). Αντίστοιχα παρατηρείται υποεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 9.6 mm μικρότερη από την πραγματική. (Πραγματική τιμή: 30.8 mm).

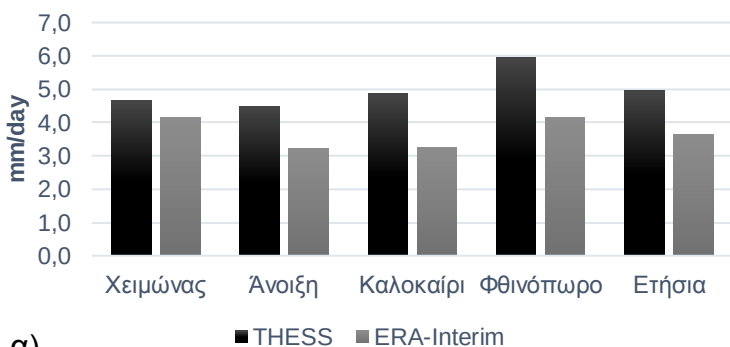
Από τα δεδομένα του δείκτη R99p, παρατηρείται ότι η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή είναι μικρότερη από την πραγματική κατά περίπου 8 mm. (Πραγματική τιμή: 31.5 mm). Επίσης, υποεκτίμηση παρατηρείται και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μικρότερη από την πραγματική κατά περίπου 12.2 mm. (Πραγματική τιμή: 21.6 mm).

Κατά την μελέτη των γραμμικών τάσεων των δεικτών για τους φθινοπωρινούς μήνες της περιόδου αναφοράς 1980-2000 παρατηρείται ότι για κανένα δείκτη δεν έχει γίνει σωστή εκτίμηση της γραμμικής του τάσης. Παρατηρείται, λοιπόν, η αδυναμία των δεδομένων re-analysis ERA-Interim να εκτιμήσουν ορθά την εικόνα που προκύπτει από τα πραγματικά δεδομένα για την εποχή αυτή.

Πίνακας 4.1 Οι συντελεστές κλίσης των γραμμικών τάσεων των δεικτών.
(Thess: Πραγματικές Τιμές, ERA: Βάση δεδομένων ERA-Interim)

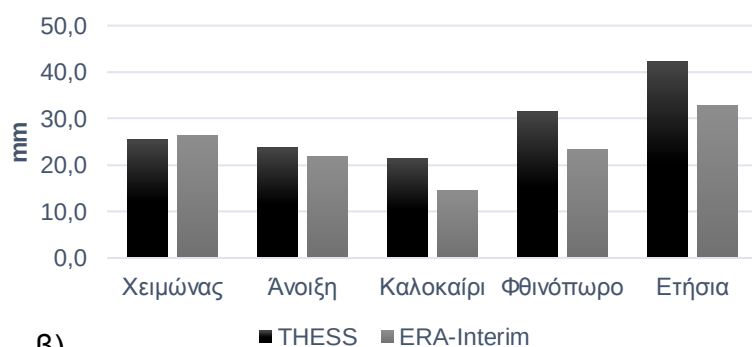
	Έτος		Χειμώνας		Άνοιξη		Καλοκαίρι		Φθινόπωρο	
Δείκτες	Thess	ERA	Thess	ERA	Thess	ERA	Thess	ERA	Thess	ERA
SDII	-0.0069	-0.0037	0.078	-0.0251	-0.0244	0.0006	-0.027	-0.0433	-0.1047	0.0138
RX1day	-0.5581	-0.3132	0.3729	-0.4658	-0.0357	-0.0409	0.0074	-0.323	-1.101	0,3466
R10m	-0.1286	-0.0623	0.0844	0.0156	-0.0753	-0.0831	-0.0377	-0.1156	-0.0338	0.0974
R20m	-0,0273	-0.0117	0.0039	-0.0156	-0.0026	-0.0013	-0.0273	-0.0286	-0.0013	0.0338
R95p	-1,4886	-1.1753	0.3082	-0.184	-0.4097	-0.3153	-0.2378	-0.8745	-1,0643	0,8441
R99p	-0.9073	-1.252	0.3729	-0.5234	-0.0357	-0.4656	0.0074	-0.5245	-1.101	0.3466

SDII



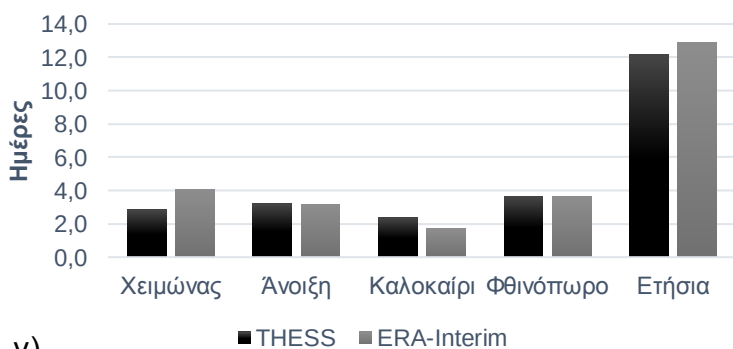
α)

RX1day



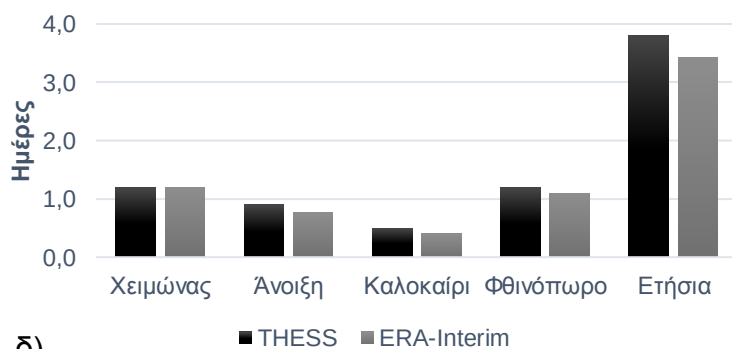
β)

R10m



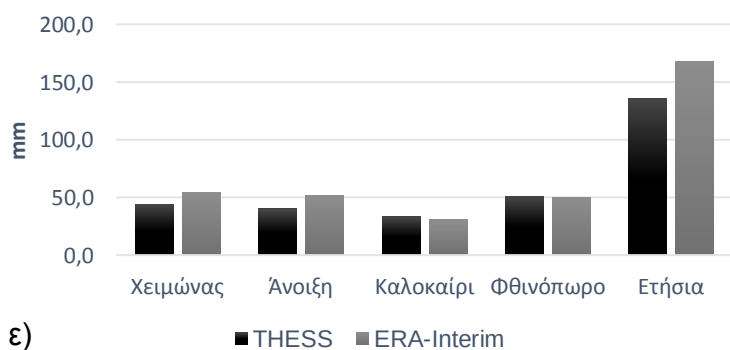
γ)

R20m



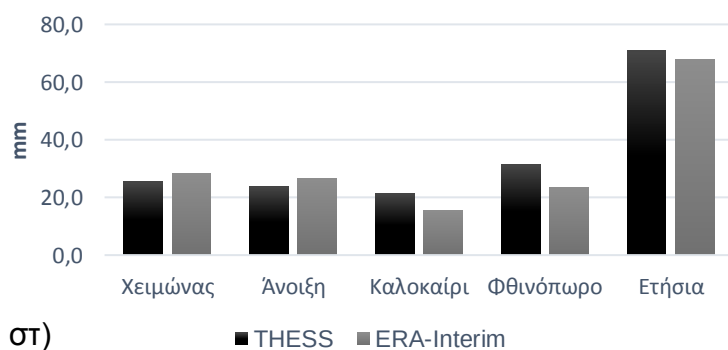
δ)

R95p



ε)

R99p



στ)

Σχήμα 4.2 (α-στ) Οι μεσοποιημένες τιμές των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης.
(Thess: Πραγματικές Τιμές, ERA: Βάση δεδομένων ERA-Interim)

4.2 Σύγκριση των τιμών των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης από τη βάση δεδομένων ERA-Interim με τις εκτιμώμενες τιμές των δεικτών από το μοντέλο RegCM4 κατά την περίοδο 1980-2000

Ετήσια Βάση 1980-2000

Κατά την περίοδο αναφοράς 1980-2000, σε ετήσια βάση για την περιοχή της Θεσσαλονίκης η σύγκριση των δεδομένων από την βάση re-analysis ERA-Interim και των δεδομένων του μοντέλου RegCM4 έδειξε ότι, παρατηρείται υποεκτίμηση των κλιματικών δεικτών SDII, R10m, R20m από το μοντέλο. Αντίθετα, το μοντέλο φαίνεται να υπερεκτιμά τους δείκτες RX1day, R95p, R99p.

Ειδικότερα, για τον κάθε δείκτη ξεχωριστά είναι εμφανές ότι, το μοντέλο υποεκτιμά τα ERA-Interim όσον αφορά τον δείκτη SDII. Η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή του δείκτη SDII από το μοντέλο είναι μικρότερη από την μεσοποιημένη τιμή των ERA-Interim κατά περίπου 1.7 mm/day (Τιμή ERA-Interim: 3.6 mm/day). Αντίστοιχα, υποεκτιμά και την τυπική απόκλιση του δείκτη, η διαφορά της τιμής είναι περίπου 0.2mm/day (Τυπική απόκλιση ERA-Interim: 0.5 mm/day).

Όσον αφορά στον δείκτη RX1day, η εκτιμώμενη, από το μοντέλο, τιμή του δείκτη είναι μεγαλύτερη από την μεσοποιημένη τιμή της βάσης δεδομένων ERA-Interim κατά περίπου 6.4mm (Τιμή ERA-Interim: 32.8 mm). Παρατηρείται, επίσης, σημαντική υπερεκτίμηση της τυπικής απόκλισης του δείκτη, η διαφορά της τιμής είναι περίπου 7.6 mm. (Τυπική απόκλιση ERA-Interim: 8.1 mm).

Στην περίπτωση του δείκτη R10m, η διαφορά των εκτιμώμενων μεσοποιημένων τιμών του δείκτη είναι της τάξης των 1.8 ημερών.(Τιμή ERA-Interim: 12.9 ημέρες). Ενώ, η εκτίμηση της τιμής της τυπικής απόκλισης είναι ακριβώς ίδια για τη βάση δεδομένων ERA-Interim και για το μοντέλο RegCM4. (Τυπική απόκλιση ERA-Interim: 3.6 ημέρες).

Για τον δείκτη R20m, η εκτιμώμενη προσομοιωμένη τιμή του δείκτη από το μοντέλο είναι μικρότερη από την μεσοποιημένη τιμή από τα ERA-Interim κατά περίπου 0.7 ημέρες. (Τιμή ERA-Interim: 3.4 ημέρες). Αντίστοιχα, το μοντέλο υποεκτιμά και την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τιμή είναι περίπου 0.7 ημέρες μικρότερη από την τιμή της βάσης δεδομένων re-analysis. (Τιμή ERA-Interim: 2.3 ημέρες)

Όσον αφορά στον δείκτη R95p, τα δεδομένα από το μοντέλο RegCM4 φαίνεται να υπερεκτιμούν τον δείκτη κατά 58 mm (Τιμή ERA-Interim: 168 mm) . Η σύγκριση των τυπικών

αποκλίσεων του δείκτη, έδειξε ότι το μοντέλο υπερεκτιμά την μεταβλητότητα των δεδομένων από την βάση ERA-Interim (μεγαλύτερη τυπική απόκλιση) όπου η διαφορά της εκτιμώμενης τιμής είναι 14.6 mm. (Τιμή ERA-Interim: 38 mm)

Από τα δεδομένα του δείκτη R99p, το μοντέλο υπερεκτιμά τον δείκτη κατά 35.1 mm. (Τιμή ERA-Interim: 67.9 mm). Επίσης, το μοντέλο υπερεκτιμά και την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τιμή είναι 12.7 mm μεγαλύτερη. (Τιμή ERA-Interim: 22.2 mm).

Το συμπέρασμα που προκύπτει από την μελέτη των γραμμικών τάσεων των δεικτών για την περίοδο αναφοράς 1980-2000 σε ετήσια βάση είναι ότι, το μοντέλο εκτιμάει με διαφορετικό πρόσημο την κλίση της τάσης όλων των δεικτών, σε σύγκριση με την βάση δεδομένων ERA-Interim, πλην του δείκτη R20m.

Χειμώνας 1980-2000

Η ανάλυση και σύγκριση των δεικτών κατά τη χειμερινή περίοδο έδειξε ότι υποεκτίμηση παρατηρείται μόνο για τον δείκτη SDII. Αντίθετα, υπερεκτίμηση παρατηρείται στις τιμές των δεικτών RX1day, R10m, R95p και R99p. Ικανοποιητική είναι η εκτίμηση του μοντέλου για τον δείκτη R20m.

Ειδικότερα, για τον δείκτη SDII, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή από το μοντέλο RegCM4 είναι μικρότερη κατά περίπου 1.8 mm/day από την τιμή των ERA-Interim. (Τιμή ERA-Interim: 4.1 mm/day). Επίσης, το μοντέλο υποεκτιμά τα δεδομένα ERA-Interim ως προς την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 0.6 mm/day μικρότερη. (Τιμή ERA-Interim: 1.5 mm/day).

Όσον αφορά τον δείκτη της μέγιστης ημερήσιας βροχόπτωσης (RX1day), το μοντέλο RegCM4 υπερεκτιμά τον δείκτη κατά 3.4 mm σε σχέση με την βάση re-analysis. (Τιμή ERA-Interim: 26.4 mm). Πρόσθετα, υπερεκτίμηση παρατηρείται και ως προς την μεταβλητότητα των τιμών του δείκτη από το μοντέλο (μεγαλύτερη τυπική απόκλιση) καθώς η διαφορά της εκτιμώμενης, από το μοντέλο, τιμής είναι 7 mm. (Τιμή ERA-Interim: 10.9 mm)

Στην σύγκριση των τιμών του δείκτη R10m, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή του μοντέλου είναι μεγαλύτερη από την τιμή των ERA-Interim κατά περίπου 0.5 ημέρες. (Τιμή ERA-Interim: 4 ημέρες). Αντίστοιχα, παρατηρείται υπερεκτίμηση των δεδομένων ERA-Interim και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση, από το μοντέλο είναι μεγαλύτερη κατά 0.5 ημέρες. (Τιμή ERA-Interim: 2.4 ημέρες).

Για τον δείκτη R20m παρατηρείται ικανοποιητική προσέγγιση των μεσοποιημένων τιμών των δεδομένων της βάσης re-analysis από το μοντέλο RegCM4, δείχνοντας ότι το μοντέλο παρουσιάζει υψηλή ικανότητα προσομοίωσης του συγκεκριμένου δείκτη για την περίοδο του χειμώνα. (Τιμή ERA-Interim: 1.2 ημέρες). Αυτή την εντύπωση επιβεβαιώνει και η ταύτιση η οποία παρατηρείται στην τυπική απόκλιση του δείκτη για το μοντέλο και τα ERA-Interim. (Τιμή ERA-Interim: 1 ημέρα).

Όσον αφορά τις έντονες χειμερινές βροχοπτώσεις (R95p), η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή, από το μοντέλο, είναι μεγαλύτερη από την τιμή των ERA-Interim κατά 30 mm. (Τιμή ERA-Interim: 54.6 mm). Αντίστοιχα παρατηρείται υπερεκτίμηση των δεδομένων ERA-Interim και στην τυπική απόκλιση του δείκτη, η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 12.8 mm μεγαλύτερη. (Τιμή ERA-Interim: 22.6 mm).

Τέλος, για τον δείκτη R99p (ακραία ύψη βροχής), το μοντέλο υπερεκτιμά τα ERA-Interim κατά 20.9 mm. (Τιμή ERA-Interim: 28.3 mm). Αντίστοιχα, παρατηρείται υπερεκτίμηση των δεδομένων ERA-Interim και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη κατά 14 mm. (Πραγματική τιμή: 12.8 mm).

Από την μελέτη των γραμμικών τάσεων των δεικτών για τους χειμερινούς μήνες της περιόδου αναφοράς 1980-2000 παρατηρείται διαφορετική εκτίμηση για την εξέλιξη των ακραίων φαινομένων από το μοντέλο και την βάση re-analysis. Με εξαίρεση τον δείκτη R10m, στον οποίο εκτιμάται ως θετική η κλίση της γραμμικής τάσης, για όλους τους υπόλοιπους δείκτες το μοντέλο RegCM4 εκτιμά αντίθετα την τάση τους.

Άνοιξη 1980-2000

Η ανάλυση και η σύγκριση των δεικτών κατά την ανοιξιάτικη περίοδο έδειξε ότι υποεκτίμηση παρατηρείται για τους δείκτες SDII, RX1day, R20m. Υπερεκτίμηση παρατηρείται στους δείκτες R95p, R99p, ενώ είναι ικανοποιητική η εκτίμηση του μοντέλου RegCM4 για τον δείκτη R10m.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά τον δείκτη SDII, η μεσοποιημένη εκτιμώμενη τιμή του δείκτη, κατά το μοντέλο, είναι μικρότερη κατά 1.3 mm/day από την μεσοποιημένη των ERA-Interim. (Τιμή ERA-Interim: 3.2 mm/day). Αντίστοιχα, παρατηρείται υποεκτίμηση των δεδομένων ERA-Interim και ως προς την τυπική απόκλιση των τιμών του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 0.3 mm/day μικρότερη από την πραγματική. (Τιμή ERA-Interim: 0.8 mm/day).

Για τον δείκτη RX1day, το μοντέλο υποεκτιμά την τιμή του δείκτη κατά 1.2 mm. (Τιμή ERA-Interim: 21.7 mm). Αντίθετα, παρατηρείται υπερεκτίμηση της μεταβλητότητας των δεδομένων του δείκτη από το μοντέλο (μεγαλύτερη τυπική απόκλιση). Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι 1.6 mm μεγαλύτερη. (Τιμή ERA-Interim: 7.5 mm).

Η εκτίμηση του μοντέλου RegCM4, για τον δείκτη R10m, βρίσκεται σε ταύτιση με αυτή των ERA-Interim, καθώς εμφανίζουν ίδια μεσοποιημένη τιμή και οι 2 βάσεις δεδομένων. (Τιμή ERA-Interim: 3.1 ημέρες). Ωστόσο, το μοντέλο υπερεκτιμά την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι 0.5 ημέρες μεγαλύτερη. (Τιμή ERA-Interim: 1.6 ημέρες).

Όσον αφορά τον δείκτη R20m, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή, κατά το μοντέλο, είναι 0.2 ημέρες μικρότερη από την τιμή των ERA-Interim. (Τιμή ERA-Interim: 0.8 ημέρες). Αντίστοιχα, το μοντέλο υποεκτιμά και την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μικρότερη κατά 0.2 ημέρες. (Τιμή ERA-Interim: 1 ημέρα).

Στην σύγκριση των τιμών των έντονων ανοιξιάτικων βροχοπτώσεων (R95p), η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή, από το μοντέλο, είναι μεγαλύτερη από την τιμή των ERA-Interim κατά 8.8 mm. (Τιμή ERA-Interim: 51.7 mm). Αντίστοιχα, παρατηρείται υπερεκτίμηση των δεδομένων ERA-Interim και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη κατά 6.2 mm. (Τιμή ERA-Interim: 17.1 mm)

Για τα ακραία ύψη βροχής (R99p), το μοντέλο υπερεκτιμά την βάση re-analysis κατά 8.1 mm. (Τιμή ERA-Interim: 26.6 mm). Αντίστοιχα, παρατηρείται υπερεκτίμηση των δεδομένων ERA-Interim και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη κατά 2.7 mm. (Τιμή ERA-Interim: 10.8 mm).

Η γενική εικόνα που έχουμε από την μελέτη των τάσεων των δεικτών για τους εαρινούς μήνες της περιόδου αναφοράς 1980-2000 είναι ότι, το μοντέλο RegCM4 και τα ERA-Interim εκτιμούν πως όλοι οι δείκτες, πλην του δείκτη SDII, έχουν κοινό πρόσημο στην κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Καλοκαίρι 1980-2000

Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες της περιόδου αναφοράς 1980-2000, παρατηρείται υποεκτίμηση των πραγματικών τιμών από το μοντέλο RegCM4 για τους δείκτες SDII, RX1day, R10m, R20m, R95p. Αντίθετα, το μοντέλο υπερεκτιμά τα ERA-Interim στην περίπτωση των ακραίων υψών βροχής (R99p).

Ειδικότερα, για τον δείκτη SDII, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή του μοντέλου είναι μικρότερη κατά 1.9 mm/day από αυτήν των ERA-Interim. (Τιμή ERA-Interim: 3.2 mm/day). Αντίστοιχα, παρατηρείται υποεκτίμηση της βάσης re-analysis και στην μεταβλητότητα των τιμών του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση του δείκτη, κατά το μοντέλο RegCM4, είναι μικρότερη κατά 0.2 mm/day. (Τιμή ERA-Interim: 0.8 mm/day).

Όσον αφορά τον δείκτη RX1day, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή, κατά το μοντέλο, είναι μικρότερη από αυτήν των ERA-Interim κατά 2.9 mm. (Τιμή ERA-Interim: 14.4 mm). Ωστόσο, υπερεκτίμηση παρατηρείται στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη κατά 1.7 mm. (Τιμή ERA-Interim: 6.2 mm).

Για τον δείκτη R10m, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή, κατά το μοντέλο RegCM4, είναι μικρότερη κατά 1.1 ημέρες. (Τιμή ERA-Interim: 1.8 ημέρες). Αντίστοιχα, το μοντέλο φαίνεται ότι υποεκτιμά την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μικρότερη κατά 0.6 ημέρες. (Τιμή ERA-Interim: 1.6 ημέρες)

Στην σύγκριση των τιμών του δείκτη R20m, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή, από το μοντέλο, είναι μικρότερη κατά 0.2 ημέρες από την μεσοποιημένη τιμή του δείκτη, όπως αυτή υπολογίζεται από τα ERA-Interim. (Τιμή ERA-Interim: 0.4 ημέρες). Επίσης, παρατηρείται υποεκτίμηση των δεδομένων re-analysis και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μικρότερη κατά 0.1 ημέρες. (Τιμή ERA-Interim: 0.7 ημέρες).

Όσον αφορά τον δείκτη R95p, το μοντέλο φαίνεται να υποεκτιμά τα δεδομένα ERA-Interim καθώς η διαφορά των τιμών τους είναι της τάξης των 1.6 mm. (Τιμή ERA-Interim: 31.2 mm). Αντίθετα, παρατηρείται υπερεκτίμηση της μεταβλητότητας των τιμών του δείκτη (μεγαλύτερη τυπική απόκλιση), σε σύγκριση με τα ERA-Interim. Η διαφορά της τιμής της τυπικής απόκλισης είναι 5.1 mm. (Τιμή ERA-Interim: 15.4 mm).

Για τον δείκτη R99p, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή, από το μοντέλο, είναι μεγαλύτερη από την τιμή, όπως υπολογίζεται από τα ERA-Interim, κατά 2.2 mm. (Τιμή ERA-Interim: 15.5 mm). Αντίστοιχα, παρατηρείται υπερεκτίμηση και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι περίπου 6.7 mm μεγαλύτερη. (Τιμή ERA-Interim: 9 mm).

Από την μελέτη των γραμμικών τάσεων των δεικτών κατά τους θερινούς μήνες της περιόδου αναφοράς 1980-2000 συμπεραίνεται ότι, το μοντέλο RegCM4 και τα ERA-Interim εκτιμούν αντίθετα την εξέλιξη των ακραίων φαινομένων βροχόπτωσης στην περιοχή μελέτης. Παρατηρείται ότι, για όλους τους δείκτες, η βάση δεδομένων και το μοντέλο εκτιμούν αντίθετα πρόσημα στις κλίσεις των γραμμικών τάσεων.

Η ανάλυση και η σύγκριση των δεικτών κατά την φθινοπωρινή περίοδο έδειξε ότι υποεκτίμηση παρατηρείται στις τιμές των δεικτών SDII, R10m, R20m. Αντίθετα, για τους κλιματικούς δείκτες που αφορούν τις έντονες και ακραίες βροχοπτώσεις (RX1day, R95p, R99p) παρατηρείται υπερεκτίμηση της βάσης δεδομένων ERA-Interim από το μοντέλο RegCM4.

Συγκεκριμένα, για τον δείκτη SDII, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή, κατά το μοντέλο, είναι μικρότερη κατά 2.3 mm/day από αυτήν των ERA-Interim. (Τιμή ERA-Interim: 4.1 mm/day). Αντίστοιχα, παρατηρείται υποεκτίμηση των δεδομένων ERA-Interim και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μικρότερη κατά 0.6 mm/day από την πραγματική. (Τιμή: 1.2 mm/day).

Όσον αφορά τον δείκτη RX1day, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή του δείκτη, σύμφωνα με το μοντέλο, είναι μεγαλύτερη από αυτήν των ERA-Interim κατά 5.8 mm. (Τιμή ERA-Interim: 23.4 mm). Αντίστοιχα, υπερεκτίμηση παρατηρείται και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη κατά 3.7 mm. (Τιμή ERA-Interim: 9.4 mm).

Από την σύγκριση των τιμών του δείκτη R10m, παρατηρείται υποεκτίμηση των δεδομένων ERA-Interim από το μοντέλο. Η διαφορά των τιμών είναι της τάξης των 0.8 ημερών. (Τιμή ERA-Interim: 3.6 ημέρες). Αντίστοιχη είναι η εικόνα και για την τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μικρότερη κατά 0.6 ημέρες. (Τιμή ERA-Interim: 2.2 ημέρες).

Για τον δείκτη R20m, παρατηρείται ότι, το μοντέλο υποεκτιμά την βάση δεδομένων ERA-Interim, καθώς η διαφορά των τιμών τους είναι της τάξης των 0.3 ημερών. (Τιμή ERA-Interim: 1.1 ημέρες). Ανάλογη είναι η εικόνα και στην περίπτωση της μεταβλητότητας των τιμών του δείκτη, δηλαδή, το μοντέλο υποεκτιμά την βάση δεδομένων ERA-Interim κατά 0.4 ημέρες. (Τιμή ERA-Interim: 1.1 ημέρες)

Όσον αφορά τον δείκτη R95p, η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή, κατά το μοντέλο, είναι μεγαλύτερη από την τιμή των ERA-Interim κατά 11.5 mm. (Τιμή ERA-Interim: 49.6 mm). Αντίστοιχα παρατηρείται υπερεκτίμηση των δεδομένων ERA-Interim και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι 2.6 mm μεγαλύτερη. (Τιμή ERA-Interim: 21.1 mm).

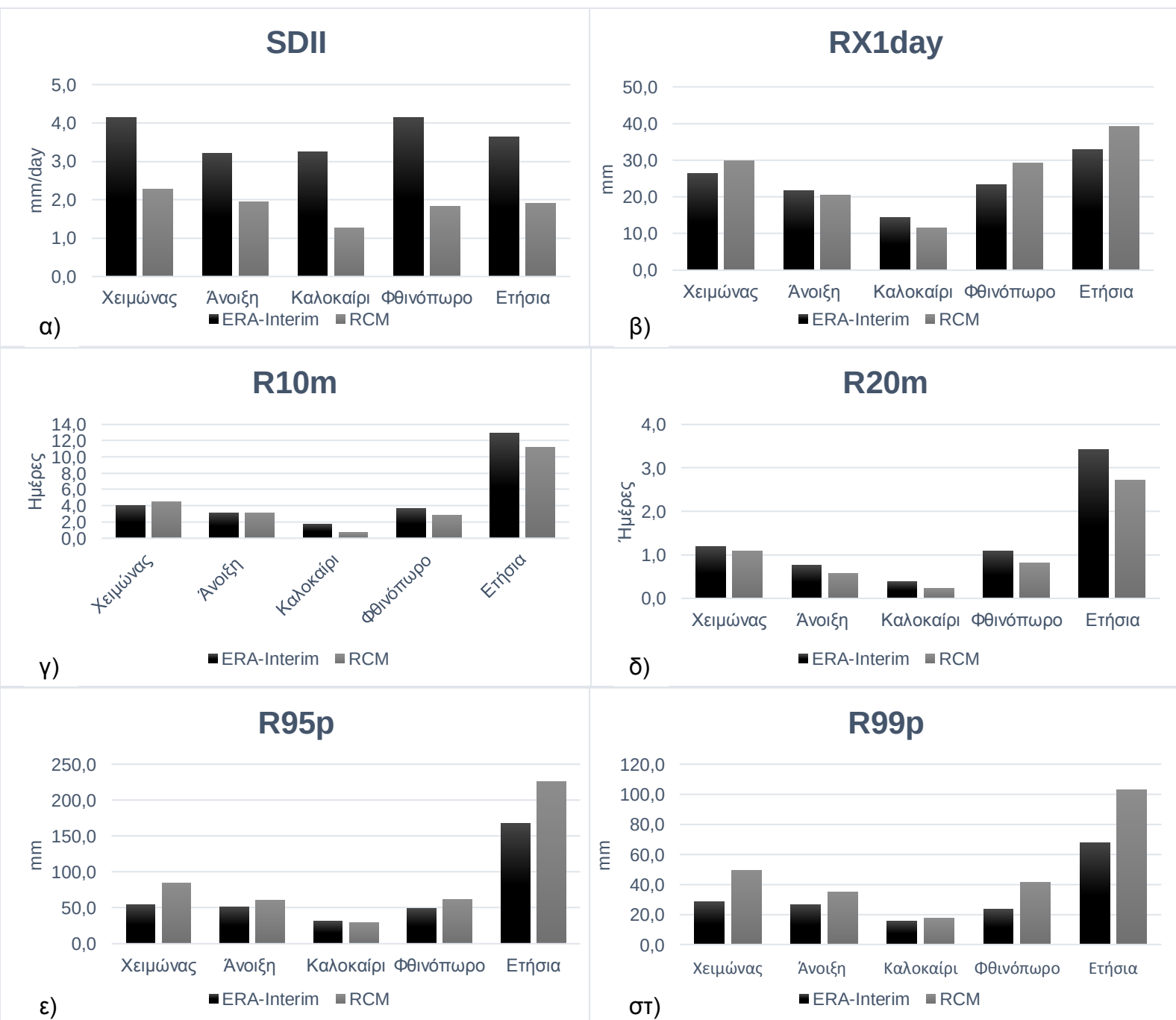
Από τα δεδομένα του δείκτη R99p, παρατηρείται ότι η εκτιμώμενη μεσοποιημένη τιμή, από το μοντέλο, είναι μεγαλύτερη από αυτήν των δεδομένων re-analysis κατά 18 mm. (Τιμή ERA-Interim: 23.4 mm). Επίσης, υπερεκτίμηση παρατηρείται και στην τυπική απόκλιση του δείκτη. Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη κατά 9 mm. (Τιμή ERA-Interim: 9.4 mm).

Κατά την μελέτη των γραμμικών τάσεων των δεικτών για τους φθινοπωρινούς μήνες της περιόδου αναφοράς 1980-2000 παρατηρείται ότι, το μοντέλο RegCM4 και τα ERA-Interim εκτιμούν πως όλοι οι δείκτες, πλην του δείκτη R20m, έχουν κοινό πρόσημο στην κλίση της γραμμικής τους τάσης.

Πίνακας 4.3 Οι συντελεστές κλίσης των γραμμικών τάσεων των δεικτών.

(ERA: Βάση δεδομένων ERA-Interim, RCM: Μοντέλο RegCM4)

	Έτος		Χειμώνας		Άνοιξη		Καλοκαίρι		Φθινόπωρο	
Δείκτες	ERA	RCM	ERA	RCM	ERA	RCM	ERA	RCM	ERA	RCM
SDII	-0.0037	0.0071	-0.0251	0.0154	0.0006	-0.0146	-0.0433	0.0232	0.0138	0.0214
RX1day	-0.3132	0.0906	-0.4658	0.1403	-0.0409	-0.3461	-0.323	0.5171	0.3466	0.5253
R10m	-0.1286	0.0948	0.0156	0.0403	-0.0831	-0.0481	-0.1156	0.0571	0.0974	0.0455
R20m	-0.0117	-0.0091	-0.0156	0.0078	-0.0013	-0.0506	-0.0286	0.0494	0.0338	-0.0156
R95p	-1.1753	0.7008	-0.184	0.2226	-0.3153	-0.8912	-0.8745	1.3374	0.8441	0.3158
R99p	-1.252	0.4375	-0.5234	0.1227	-0.4656	-0.6225	-0.5245	1.0673	0.3466	0.3134



Σχήμα 4.4 (α-στ) Οι μεσοποιημένες τιμές των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης.
(ERA: Βάση δεδομένων ERA-Interim, RCM: Μοντέλο RegCM4)

4.3 Σύγκριση των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης για το μοντέλο RegCM4 από την μελλοντική χρονική περίοδο 2080-2100 με αντίστοιχα δεδομένα του μοντέλου για την περίοδο 1980-2000

Ετήσια Βάση

Η εκτίμηση του μοντέλου RegCM4 είναι ότι, σε ετήσια βάση, στα τέλη του 21^{ου} αιώνα θα αυξηθεί η μέση ημερήσια βροχόπτωση (δείκτης SDII) κατά 0.1 mm/day συγκριτικά με την τιμή του δείκτη για την χρονική περίοδο 1980-2000 (Μελλοντική τιμή: 2 mm/day). Επίσης, εκτιμά ότι θα αυξηθεί η μεταβλητότητα του δείκτη κατά 0.1 mm/day (Μελλοντική τυπική απόκλιση: 0.4 mm/day).

Στην περίπτωση του δείκτη RX1day, το μοντέλο εκτιμά αύξηση της μεσοποιημένης τιμής κατά 3.3 mm κατά την περίοδο 2080-2100 (Μελλοντική τιμή: 42.5 mm). Αντίστοιχα, αύξηση παρατηρείται στην εκτίμηση για την τυπική απόκλιση, η οποία θα είναι της τάξεως των 14 mm (Μελλοντική τυπική απόκλιση: 29.7 mm)

Η εκτίμηση του μοντέλου για το σύνολο των ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 10 mm (δείκτης R10m) είναι ότι, θα παραμείνει αμετάβλητη η τιμή του δείκτη την περίοδο 2080-2100 συγκριτικά με την περίοδο 1980-2000. (Μελλοντική τιμή: 11.1 ημέρες). Ωστόσο, το μοντέλο εκτιμά ότι, κατά την υπό μελέτη χρονική περίοδο θα μειωθεί η μεταβλητότητα του δείκτη κατά 0.1 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 3.5 ημέρες).

Το μοντέλο, για το σύνολο των ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 20 mm (δείκτης R20m) εκτιμά ότι, θα αυξηθεί η μεσοποιημένη τιμή του δείκτη κατά 0.1 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 2.8 ημέρες). Αντίστοιχα, το μοντέλο εκτιμά ότι, την χρονική περίοδο 2080-2100 θα είναι μεγαλύτερη η μεταβλητότητα του δείκτη κατά 0.2 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 1.8 ημέρες).

Οι έντονες βροχοπτώσεις (δείκτης R95p) θα μειωθούν κατά την περίοδο 2080-2100, συγκριτικά με την περίοδο 1980-2000, σύμφωνα με την εκτίμηση του μοντέλου, κατά 13.1 mm (Μελλοντική τιμή: 212.9 mm). Αντίθετα, εκτιμάται αύξηση της τυπικής απόκλισης κατά 4.4 mm στα τέλη του 21^{ου} αιώνα (Μελλοντική τιμή: 57 mm).

Τα ακραία ύψη βροχής (δείκτης R99p) εκτιμάται, από το μοντέλο, ότι, θα παρουσιάσουν μείωση, κατά την περίοδο 2080-2100 σε σχέση με την περίοδο 1980-2000, της τάξεως των 9 mm (Μελλοντική τιμή: 94 mm). Αντίθετα, το μοντέλο εκτιμά ότι, θα αυξηθεί η τυπική απόκλιση του δείκτη κατά 9.1 mm στο μέλλον (Μελλοντική τιμή: 44 mm).

Από την μελέτη των τάσεων παρατηρείται ότι, την περίοδο 1980-2000, σε ετήσια βάση, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του μοντέλου, θετικό είναι το πρόσημο των γραμμικών τάσεων όλων των υπό εξέταση δεικτών, πλην του δείκτη R20m, ο οποίος παρουσιάζει πτωτική τάση. Για την μελλοντική περίοδο 2080-2100, το μοντέλο εκτιμά ότι οι γραμμικές τάσεις όλων των δεικτών θα έχουν αρνητικό πρόσημο.

Χειμώνας

Η εκτίμηση του μοντέλου RegCM4 είναι ότι, κατά την χειμερινή περίοδο, στα τέλη του 21^{ου} αιώνα θα αυξηθεί η μέση ημερήσια βροχόπτωση (δείκτης SDII) κατά 0.2 mm/day συγκριτικά με την τιμή του δείκτη για την χρονική περίοδο 1980-2000 (Μελλοντική τιμή: 2.5 mm/day). Αντίθετα, εκτιμά ότι θα αμβλυνθεί η μεταβλητότητα του δείκτη, καθώς η τιμή της τυπικής απόκλισης θα μειωθεί κατά 0.1 mm/day (Μελλοντική τυπική απόκλιση: 0.8 mm/day).

Στην περίπτωση του δείκτη RX1day, το μοντέλο εκτιμά αύξηση της μεσοποιημένης τιμής της τάξεως των 0.6 mm κατά την περίοδο 2080-2100 (Μελλοντική τιμή: 30.4 mm). Στον αντίποδα αυτού, μείωση παρατηρείται στην εκτίμηση για την τυπική απόκλιση κατά 1.7 mm (Μελλοντική τυπική απόκλιση: 16.2 mm)

Το μοντέλο, για το σύνολο των χειμερινών ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 10 mm (δείκτης R10m) εκτιμά ότι, θα αυξηθεί η μεσοποιημένη τιμή του δείκτη κατά 1 ημέρα (Μελλοντική τιμή: 5.5 ημέρες). Αντίθετα, το μοντέλο εκτιμά ότι, την χρονική περίοδο 2080-2100 θα είναι μικρότερη η μεταβλητότητα του δείκτη κατά 0.3 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 2.6 ημέρες).

Το μοντέλο, για το σύνολο των ημερών της χειμερινής περιόδου με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 20 mm (δείκτης R20m) εκτιμά ότι, θα αυξηθεί η μεσοποιημένη τιμή του δείκτη κατά 0.3 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 1.4 ημέρες). Αντίστοιχα, το μοντέλο εκτιμά ότι, την χρονική περίοδο 2080-2100 θα είναι μεγαλύτερη η μεταβλητότητα του δείκτη κατά 0.6 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 1.6 ημέρες).

Οι έντονες χειμερινές βροχοπτώσεις (δείκτης R95p) θα αυξηθούν κατά την περίοδο 2080-2100, συγκριτικά με την περίοδο 1980-2000, σύμφωνα με την εκτίμηση του μοντέλου, κατά 2.6 mm (Μελλοντική τιμή: 87.2 mm). Αντίθετα, εκτιμάται μείωση της τυπικής απόκλισης κατά 2.8 mm στα τέλη του 21^{ου} αιώνα (Μελλοντική τιμή: 32,6 mm).

Τα ακραία ύψη βροχής (δείκτης R99p), κατά την χειμερινή περίοδο, εκτιμάται από το μοντέλο ότι, θα παρουσιάσουν αύξηση, κατά το χρονικό διάστημα 2080-2100 σε σχέση με το

διάστημα 1980-2000, της τάξεως των 0.6 mm (Μελλοντική τιμή: 49.8 mm). Αντίθετα, το μοντέλο εκτιμά ότι, θα μειωθεί η τυπική απόκλιση του δείκτη κατά 6 mm στο μέλλον (Μελλοντική τιμή: 20.8 mm).

Από την μελέτη των τάσεων παρατηρείται ότι, την χρονική περίοδο 1980-2000, κατά την διάρκεια του χειμώνα, σύμφωνα με το μοντέλο, αυξητικές θα είναι οι γραμμικές τάσεις όλων των υπό εξέταση δεικτών. Στον αντίποδα αυτού, στα τέλη του 21^{ου} αιώνα (2080-2100), το μοντέλο εκτιμά ότι οι γραμμικές τάσεις όλων των δεικτών, κατά την περίοδο του χειμώνα, θα είναι πτωτικές.

Άνοιξη

Το μοντέλο εκτιμά ότι, κατά την εαρινή περίοδο του χρονικού διαστήματος 2080-2100, θα μειωθεί η μέση ημερήσια βροχόπτωση (δείκτης SDII) κατά 0.1 mm/day (Μελλοντική τιμή: 1.8 mm/day). Αντίθετα, η εκτίμηση του μοντέλου είναι ότι θα αυξηθεί η τυπική απόκλιση του δείκτη κατά 0.1 mm/day (Μελλοντική τιμή: 0.6 mm/day).

Η εκτίμηση του μοντέλου είναι ότι, στα τέλη του 21^{ου} αιώνα θα μειωθεί η μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση (δείκτης RX1day) κατά 1.2 mm, συγκριτικά με την τιμή του δείκτη για την χρονική περίοδο 1980-2000 (Μελλοντική τιμή: 19.3 mm). Αντίθετα, εκτιμά ότι θα αυξηθεί η μεταβλητότητα του δείκτη, καθώς η τιμή της τυπικής απόκλισης αυξάνεται κατά 1.8 mm/day (Μελλοντική τυπική απόκλιση: 10.9 mm/day).

Το μοντέλο, για το σύνολο των εαρινών ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 10 mm (δείκτης R10m) εκτιμά ότι, θα μειωθεί η μεσοποιημένη τιμή του δείκτη κατά 0.6 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 2.5 ημέρες). Αντίθετα, το μοντέλο εκτιμά ότι, την χρονική περίοδο 2080-2100 θα είναι μικρότερη η μεταβλητότητα του δείκτη κατά 0.3 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 1.8 ημέρες).

Το μοντέλο, για το σύνολο των ημερών της εαρινής περιόδου με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 20 mm (δείκτης R20m) εκτιμά ότι, θα αυξηθεί η μεσοποιημένη τιμή του δείκτη κατά 0.1 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 0.5 ημέρες). Αντίστοιχα, το μοντέλο εκτιμά ότι, την χρονική περίοδο 2080-2100 θα είναι μικρότερη η μεταβλητότητα του δείκτη κατά 0.1 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 0.7 ημέρες).

Οι έντονες εαρινές βροχοπτώσεις (δείκτης R95p) θα μειωθούν κατά την περίοδο 2080-2100, συγκριτικά με την περίοδο 1980-2000, σύμφωνα με την εκτίμηση του μοντέλου, κατά

11.7 mm (Μελλοντική τιμή: 48.8 mm). Αντίστοιχα, εκτιμάται μείωση της τυπικής απόκλισης κατά 2.1 mm στα τέλη του 21^{ου} αιώνα (Μελλοντική τιμή: 21.2 mm).

Τα ακραία ύψη βροχής (δείκτης R99p), κατά την περίοδο της άνοιξης, εκτιμάται από το μοντέλο ότι, θα παρουσιάσουν μείωση, κατά το χρονικό διάστημα 2080-2100 σε σχέση με το διάστημα 1980-2000, της τάξεως των 4.8 mm (Μελλοντική τιμή: 29.9 mm). Αντίθετα, το μοντέλο εκτιμά ότι, θα αυξηθεί η τυπική απόκλιση του δείκτη κατά 1.4 mm στο μέλλον (Μελλοντική τιμή: 14.9 mm).

Από την μελέτη των τάσεων παρατηρείται ότι, την χρονική περίοδο 1980-2000, κατά την διάρκεια της άνοιξης, σύμφωνα με το μοντέλο, πτωτικές θα είναι οι γραμμικές τάσεις όλων των υπό εξέταση δεικτών. Αντίστοιχη είναι και η εικόνα που προκύπτει από την εκτίμηση του μοντέλου για τα τέλη του 21^{ου} αιώνα, όπου οι γραμμικές τάσεις όλων των δεικτών θα είναι πτωτικές.

Καλοκαίρι

Η εκτίμηση του μοντέλου είναι ότι, κατά την θερινή περίοδο, στα τέλη του 21^{ου} αιώνα θα μειωθεί η μεσοπονημένη τιμή του δείκτη SDII κατά 0.2 mm/day συγκριτικά με την χρονική περίοδο 1980-2000 (Μελλοντική τιμή: 1.1 mm/day). Αντίστοιχα, εκτιμά ότι θα αμβλυνθεί η μεταβλητότητα του δείκτη, καθώς η τιμή της τυπικής απόκλισης θα μειωθεί κατά 0.1 mm/day (Μελλοντική τυπική απόκλιση: 0.5 mm/day)

Στην περίπτωση του δείκτη RX1day, το μοντέλο εκτιμά μείωση της μεσοπονημένης τιμής της τάξεως των 1.5 mm κατά την περίοδο 2080-2100 (Μελλοντική τιμή: 10 mm). Στον αντίποδα αυτού, μείωση παρατηρείται στην εκτίμηση για την τυπική απόκλιση κατά 3.3 mm (Μελλοντική τυπική απόκλιση: 4.6 mm)

Η εκτίμηση του μοντέλου για το σύνολο των θερινών ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 10 mm (δείκτης R10m) είναι ότι, θα παραμείνει αμετάβλητη η τιμή του δείκτη την περίοδο 2080-2100 συγκριτικά με την περίοδο 1980-2000. (Μελλοντική τιμή: 0.7 ημέρες). Ωστόσο, το μοντέλο εκτιμά ότι, κατά την υπό μελέτη χρονική περίοδο θα μειωθεί η μεταβλητότητα του δείκτη κατά 0.3 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 0.7 ημέρες).

Το μοντέλο, για το σύνολο των ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 20 mm (δείκτης R20m) εκτιμά ότι, θα μειωθεί η μεσοπονημένη τιμή του δείκτη κατά περίπου 0.1 ημέρες (Μελλοντική τιμή: <0.1 ημέρες). Αντίστοιχα, το μοντέλο εκτιμά ότι, την χρονική

περίοδο 2080-2100 θα είναι μικρότερη η μεταβλητότητα του δείκτη κατά 0.4 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 0.2 ημέρες).

Την εποχή του καλοκαιριού, η μεσοποιημένη τιμή του δείκτη R95p σύμφωνα με την εκτίμηση του μοντέλου, κατά την περίοδο 2080-2100, συγκριτικά με τα τέλη του 20^{ου} αιώνα, θα μειωθεί κατά 8 mm (Μελλοντική τιμή: 21.6 mm). Αντίστοιχα, εκτιμάται μείωση της τυπικής απόκλισης κατά 9.4 mm στα τέλη του 21^{ου} αιώνα (Μελλοντική τιμή: 11.1 mm).

Τα ακραία ύψη βροχής (δείκτης R99p), κατά την θερινή περίοδο, εκτιμάται από το μοντέλο ότι, θα παρουσιάσουν μείωση, κατά το χρονικό διάστημα 2080-2100 σε σχέση με το διάστημα 1980-2000, της τάξεως των 6.7 mm (Μελλοντική τιμή: 11 mm). Αντίθετα, το μοντέλο εκτιμά ότι, θα αυξηθεί η τυπική απόκλιση του δείκτη κατά 10.3 mm στο μέλλον (Μελλοντική τιμή: 5.4 mm).

Από την μελέτη των τάσεων παρατηρείται ότι, την χρονική περίοδο 1980-2000, κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, σύμφωνα με το μοντέλο, αυξητικές θα είναι οι γραμμικές τάσεις όλων των υπό εξέταση δεικτών. Ωστόσο, στα τέλη του 21^{ου} αιώνα (2080-2100), το μοντέλο εκτιμά ότι οι γραμμικές τάσεις των δεικτών SDII, R20m R95p, κατά την θερινή περίοδο, θα είναι ανοδικές, ενώ οι γραμμικές τάσεις των δεικτών RX1day, R10m, R99p πτωτικές.

Φθινόπωρο

Η εκτίμηση του μοντέλου RegCM4 είναι ότι, κατά την περίοδο του φθινοπώρου, στα τέλη του 21^{ου} αιώνα θα αυξηθεί η μέση ημερήσια βροχόπτωση (δείκτης SDII) κατά 0.2 mm/day συγκριτικά με την τιμή του δείκτη για την χρονική περίοδο 1980-2000 (Μελλοντική τιμή: 2 mm/day). Αντίθετα, εκτιμά ότι θα αυξηθεί η μεταβλητότητα του δείκτη (τυπική απόκλιση) κατά 0.6 mm/day (Μελλοντική τυπική απόκλιση: 1.2 mm/day).

Η εκτίμηση του μοντέλου είναι ότι, στα τέλη του 21^{ου} αιώνα θα μειωθεί η μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση (δείκτης RX1day) κατά 0.2 mm, συγκριτικά με την τιμή του δείκτη για την χρονική περίοδο 1980-2000 (Μελλοντική τιμή: 29 mm). Αντίθετα, εκτιμά ότι θα αυξηθεί η μεταβλητότητα του δείκτη, καθώς η τιμή της τυπικής απόκλισης αυξάνεται κατά 19.7 mm/day (Μελλοντική τυπική απόκλιση: 32.8 mm/day).

Το μοντέλο, για το σύνολο των φθινοπωρινών ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 10 mm (δείκτης R10m) εκτιμά ότι, θα μειωθεί η μεσοποιημένη τιμή του δείκτη κατά 0.3 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 2.5 ημέρες). Αντίθετα, το μοντέλο εκτιμά ότι, την χρονική

περίοδο 2080-2100 θα είναι μικρότερη η μεταβλητότητα του δείκτη κατά 0.5 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 2.1 ημέρες).

Η εκτίμηση του μοντέλου για το σύνολο των θερινών ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 20 mm (δείκτης R20m) είναι ότι, θα παραμείνει αμετάβλητη η τιμή του δείκτη την περίοδο 2080-2100 συγκριτικά με την περίοδο 1980-2000. (Μελλοντική τιμή: 0.8 ημέρες). Ωστόσο, το μοντέλο εκτιμά ότι, κατά την υπό μελέτη χρονική περίοδο θα μειωθεί η μεταβλητότητα του δείκτη κατά 0.3 ημέρες (Μελλοντική τιμή: 0.7 ημέρες).

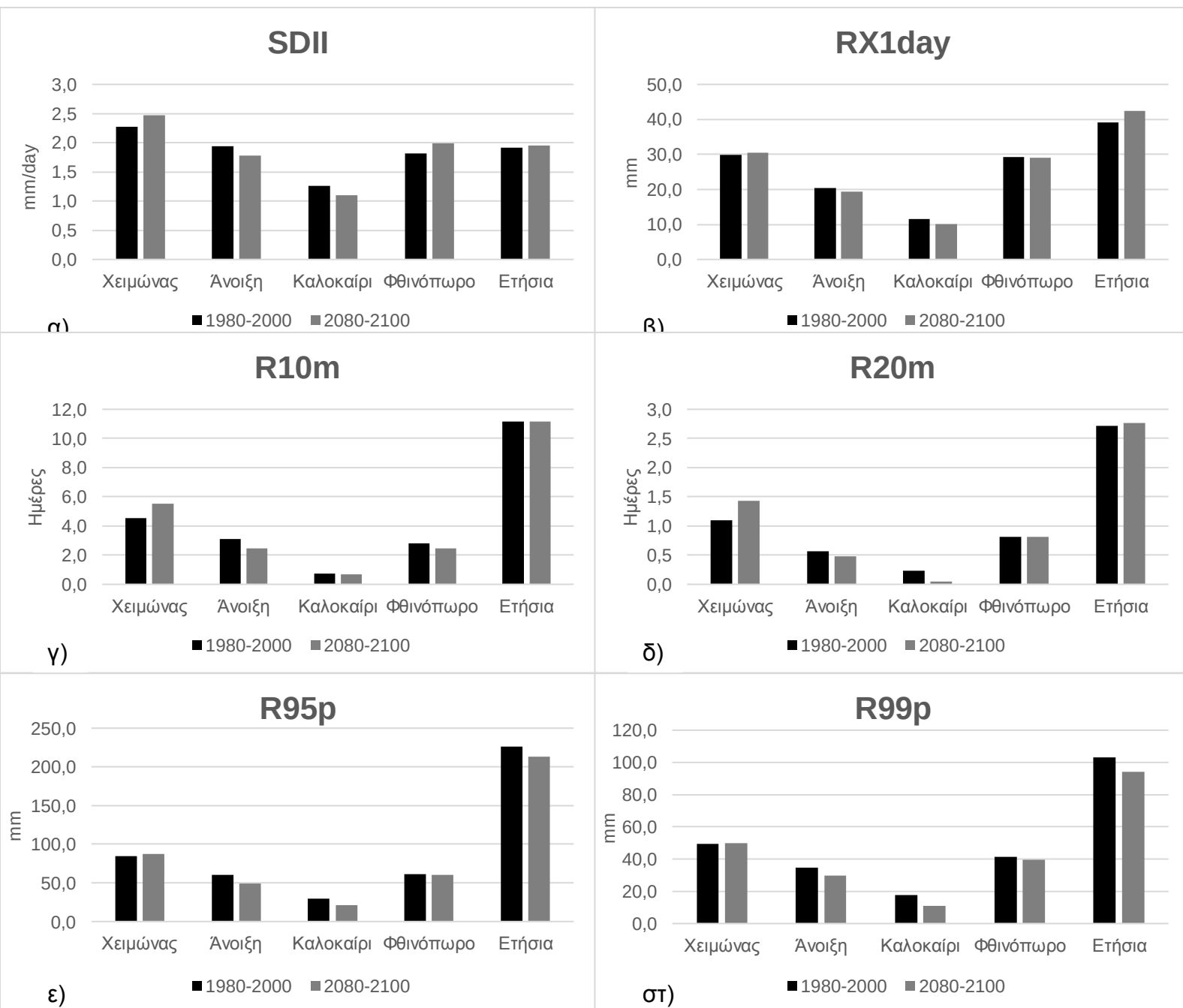
Οι έντονες φθινοπωρινές βροχοπτώσεις (δείκτης R95p) θα μειωθούν κατά την περίοδο 2080-2100, συγκριτικά με την περίοδο 1980-2000, σύμφωνα με την εκτίμηση του μοντέλου, κατά 1 mm (Μελλοντική τιμή: 60.1 mm). Αντίθετα, εκτιμάται αύξηση της τυπικής απόκλισης κατά 26.9 mm στα τέλη του 21^{ου} αιώνα (Μελλοντική τιμή: 50.6 mm).

Τα ακραία ύψη βροχής (δείκτης R99p), κατά την φθινοπωρινή περίοδο, εκτιμάται από το μοντέλο ότι, θα παρουσιάσουν μείωση, κατά το χρονικό διάστημα 2080-2100 σε σχέση με το διάστημα 1980-2000, της τάξεως των 1.7 mm (Μελλοντική τιμή: 39.7 mm). Αντίθετα, το μοντέλο εκτιμά ότι, θα αυξηθεί η τυπική απόκλιση του δείκτη κατά 26 mm στο μέλλον (Μελλοντική τιμή: 44.4 mm).

Από την μελέτη των τάσεων παρατηρείται ότι, την χρονική περίοδο 1980-2000, κατά την διάρκεια του φθινοπώρου, σύμφωνα με το μοντέλο, αυξητικές θα είναι οι γραμμικές τάσεις όλων των υπό εξέταση δεικτών, πλην του δείκτη R20m. Ωστόσο, στα τέλη του 21^{ου} αιώνα (2080-2100), το μοντέλο εκτιμά ότι οι γραμμικές τάσεις των δεικτών RX1day, R99p, κατά την φθινοπωρινή περίοδο, θα είναι ανοδικές, ενώ οι γραμμικές τάσεις των δεικτών SDII, R10m, R20m, R95p πτωτικές.

Πίνακας 4.5 Οι συντελεστές κλίσης των γραμμικών τάσεων των δεικτών, όπως υπολογίζονται από τις εκτιμήσεις του μοντέλου RegCM4 για τις χρονικές περιόδους 1980-2000 και 2080-2100.

Δείκτες	Έτος		Χειμώνας		Άνοιξη		Καλοκαίρι		Φθινόπωρο	
	1980-2000	2080-2100	1980-2000	2080-2100	1980-2000	2080-2100	1980-2000	2080-2100	1980-2000	2080-2100
SDII	0.0071	-0.0226	0.0154	-0.0329	-0.0146	-0.0372	0.0232	0.0168	0.0214	-0.0107
RX1day	0.0906	-0.4188	0.1403	-0.7451	-0.3461	-0.2913	0.5171	-0.0209	0.5253	0.1512
R10m	0.0948	-0.2429	0.0403	-0.0662	-0.0481	-0.0844	0.0571	-0.0052	0.0455	-0.087
R20m	-0.0091	-0.0896	0.0078	-0.0416	-0.0506	-0.0442	0.0494	0.0065	-0.0156	-0.0104
R95p	0.7008	-2.7612	0.2226	-1.5469	-0.8912	-1.1149	1.3374	0.0884	0.3158	-0.3623
R99p	0.4375	-0.8678	0.1227	-0.9283	-0.6225	-0.6357	1.0673	-0.0645	0.3134	0.0145



Σχήμα 4.6 (α-στ) Οι μεσοποιημένες τιμές των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης κατά της περιόδους 1980-2000 και 2080-2100.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. Συμπεράσματα

Από τον υπολογισμό των δεικτών και την μελέτη των τάσεων για τα πραγματικά δεδομένα, όπως αυτά καταγράφηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης κατά την χρονική περίοδο 1958-2000, εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

Σε ετήσια βάση παρατηρείται πτωτική τάση των ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 10 και 20 χιλιοστών (R10m, R20m) όπως και των έντονων βροχοπτώσεων αλλά και των ακραίων υψών βροχής (R99p), ενώ αυξητική τάση εμφανίζουν η μέση ημερήσια βροχόπτωση και η μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση (SDII, RX1day).

Αυξητική είναι η τάση των ακραίων φαινομένων βροχόπτωσης κατά την χειμερινή περίοδο και την φθινοπωρινή περίοδο. Η πλειοψηφία των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης παρουσιάζει αυξητική τάση, με εξαίρεση τον δείκτη R10m (και για τις 2 εποχές) και τον δείκτη R95p τον χειμώνα.

Συνολικά πτωτική είναι η τάση των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης κατά την εαρινή περίοδο, υποδεικνύοντας την συνολική εξασθένηση των ακραίων επεισοδίων βροχόπτωσης σε αυτήν την εποχή.

Το καλοκαίρι παρατηρείται αυξητική τάση της μέσης ημερήσιας βροχόπτωσης και των ημερών με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 10 χιλιοστών (SDII, R10m). Αντίθετα, πτωτική είναι η τάση των δεικτών που εξετάζουν τα πολύ ακραία φαινόμενα βροχόπτωσης κατά την θερινή περίοδο (RX1day, R20m, R95p, R99p).

Το γενικό συμπέρασμα που εξάγεται από την σύγκριση των δεικτών των πραγματικών δεδομένων με τους δείκτες που υπολογίστηκαν από τα δεδομένα της βάσης ERA-Interim για την χρονική περίοδο 1980-2000 είναι ότι, η βάση re-analysis προσομοιώνει ικανοποιητικά τα πραγματικά δεδομένα σε ορισμένες από τις εξεταζόμενες παραμέτρους.

Πλησιέστερη στα πραγματικά δεδομένα δείχνει να είναι η προσομοίωση από τα πραγματικά δεδομένα κατά την ψυχρότερη περίοδο του χρόνου, ενώ αδυναμία παρουσιάζει η βάση re-analysis στην προσομοίωση των πραγματικών δεδομένων κατά την θερμότερη περίοδο του χρόνου.

Τα ERA-Interim υποεκτιμούν συνολικά, σε ετήσια και εποχιακή βάση, την μέση ημερήσια βροχόπτωση, παρουσιάζοντας μεγαλύτερη απόκλιση από τα πραγματικά

δεδομένα το καλοκαίρι και μικρότερη τον χειμώνα. Παρατηρείται επίσης, υποεκτίμηση και των τυπικών αποκλίσεων του δείκτη SDII σε ετήσια και εποχιακή βάση, πλην της χειμερινής περιόδου όπου είναι ικανοποιητική η εκτίμηση των ERA-Interim.

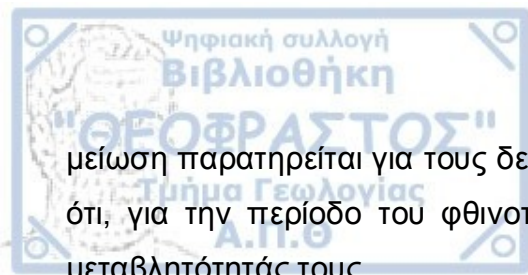
Η βάση re-analysis προσομοιώνει ικανοποιητικά τον δείκτη των ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 10 χιλιοστών (R10m) σε ετήσια και εποχιακή βάση πλην της θερινής και χειμερινής περιόδου, εκτιμώντας ικανοποιητικά και την γραμμική τάση των δεικτών αλλά και την τυπική τους απόκλιση συνολικά. Αντίστοιχα ικανοποιητική είναι η προσομοίωση του δείκτη R20m σε εποχιακή βάση, ενώ υποεκτιμούν τα πραγματικά δεδομένα σε ετήσια βάση.

Επιπρόσθετα, τα ERA-Interim παρουσιάζουν αδυναμία ικανοποιητικής προσομοίωσης των έντονων βροχοπτώσεων (R95p) και των ακραίων υψών βροχής (R99p).

Τέλος, αξιοσημείωτη είναι η ικανότητα προσομοίωσης των γραμμικών τάσεων, από τα ERA-Interim, σε ετήσια βάση για όλους τους εξεταζόμενους ακραίους δείκτες βροχόπτωσης.

Τα συμπεράσματα που εξάγονται από την σύγκριση των δεικτών των δεδομένων της βάσης ERA-Interim με τους δείκτες που υπολογίστηκαν από τις εκτιμήσεις του μοντέλου RegCM4 για την χρονική περίοδο 1980-2000 είναι ότι, το μοντέλο, γενικά, υποεκτιμά τα ERA-Interim όσον αφορά την μέση ημερήσια βροχόπτωση (δείκτης SDII) και παρουσιάζει αδυναμία προσομοίωσης των γραμμικών τάσεων του δείκτη. Επίσης, υποεκτιμά το σύνολο των ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 20 χιλιοστών (R20m). Προσομοιώνει σχετικά ικανοποιητικά το σύνολο των ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 10 χιλιοστών (R10m), πλην της θερμότερης περιόδου του χρόνου. Αντίθετα, φαίνεται να υπερεκτιμά, σε γενικές γραμμές, όλους τους δείκτες που παραπέμπουν στα πολύ ακραία επεισόδια βροχόπτωσης (RX1day, R95p, R99p), καθώς και, σε ετήσια και εποχιακή βάση, την μεταβλητότητα των δεικτών αυτών.

Η εκτίμηση του μοντέλου RegCM4 για την μελλοντική χρονική περίοδο είναι ότι, σε ετήσια βάση, θα παρουσιαστεί αύξηση των ακραίων δεικτών βροχόπτωσης SDII, RX1day, R20m, ενώ μείωση θα παρουσιάσουν οι δείκτες R95p και R99p. Αμετάβλητο εκτιμάται ότι θα μείνει το σύνολο των ημερών με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 10 χιλιοστών. Αύξηση θα παρουσιάσουν τα ακραία επεισόδια βροχόπτωσης, κατά την χειμερινή περίοδο, το χρονικό διάστημα 2080-2100 ενώ, την εαρινή περίοδο, θα παρουσιαστεί μείωση των ακραίων φαινομένων βροχόπτωσης. Επίσης, μείωση εκτιμάται και για το καλοκαίρι της ίδιας περιόδου αναφοράς, εκτός από το σύνολο των ημερών με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 10 χιλιοστών, το οποίο θα παραμείνει αμετάβλητο. Τέλος, για την φθινοπωρινή περίοδο, εκτιμάται ότι, θα αυξηθεί η μέση ημερήσια βροχόπτωση, αμετάβλητοι θα μείνουν οι δείκτες R20m, R95p, ενώ



μείωση παρατηρείται για τους δείκτες RX1day, R10m, R99p. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι, για την περίοδο του φθινοπώρου, παρατηρείται για όλους τους δείκτες αύξηση της μεταβλητότητάς τους.

Επίσης, η εκτίμηση του μοντέλου είναι ότι, οι γραμμικές τάσεις των δεικτών την περίοδο αναφοράς 2080-2100 παρουσιάζουν κυρίως πτωτικές τάσεις.

Βιβλιογραφία

- Alpert P, Ben-Gai T, Baharad A, Benjamini Y, Yekutieli D, Colacino M, Diodato L, Ramis C, Homar V, Romero R, Michaelides S, Manes A (2002):** The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values. *Geophys Res Lett* 29(11):1536
- Berrisford, P, Dee, DP, Poli, P, Brugge, R, Fielding, K, Fuentes, M, Kållberg, PW, Kobayashi, S, Uppala, S, Simmons, A (2011):** The ERA-Interim archive Version 2.0. ERA Report Series 1, <http://www.ecmwf.int/en/elibrary/8174-era-interim-archive-version-20>
- Elguindi N, Bi X, Giorgi F, Nagarajan B, Pal J, Solmon F, Rauscher S, Zahey A (2016):** Regional Climate Model RegCM User's Guide Version 3.1. International Centre for Theoretical Physics (ICTP), Trieste – Italy
- Giorgi F, Marinucci MR, Bates GT (1993a):** Development of a second generation regional climate model (RegCM2). Part I: boundary-layer and radiative transfer processes. *Mon Weather Rev* 121:2794–2813
- Giorgi F, Marinucci MR, Bates GT, DeCanio G (1993b):** Development of a second generation regional climate model (RegCM2). Part II: convective processes and assimilation of lateral boundary conditions. *Mon Weather Rev* 121:2814–2832
- Grell G, Dudhia J, Stauffer D (1994):** A description of the fifth generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5). NCAR Technical Note NCAR/TN-398+STR. doi: 10.5065/D60Z716B
- Houssos EE, Bartzokas A (2006):** Extreme precipitation events in NW Greece. *Adv Geosci* 7:91–96
- IPCC (2012):** Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. In: **Field CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken DJ, Ebi KL, Mastrandrea MD, Mach KJ, Plattner G-K, Allen SK, Tignor M, Midgley PM (eds)** A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York 582 pp
- Kioutsioukis I, Melas D, Zerefos C (2010):** Statistical assessment of changes in climate extremes over Greece (1955–2002). *Int J Climatol* 30:1723–1737
- Klein Tank AMG, Zwiers FW (2009):** Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. WCDMP-72, WMO



Kostopoulou E, Jones PD (2005): Assessment of climate extremes in the eastern Mediterranean. *Meteorog Atmos Phys* 89:69–85

Lionello P, Abrantes F, Congedi L, Dulac F, Gacic M, Gomis D, Goodess C, Hoff H, Kutiel H, Luterbacher J, Planton S, Reale M, Schröder K, Struglia MV, Toreti A, Tsimplis M, Ulbrich U, Xoplaki E (2010): Introduction: Mediterranean climate-background information. *The climate of the Mediterranean region*. Elsevier, Amsterdam ISBN: 978-0-12-416042-2

Nastos PT, Zerefos CS (2008): Decadal changes in extreme daily precipitation in Greece. *Adv Geosci* 16:55–62. doi: 10.5194/adgeo-16-55-2008

Raveh-Rubin S, Wernli H (2015): Large-scale wind and precipitation extremes in the Mediterranean: a climatological analysis for 1979–2012. *Q J R Meteorol Soc* 141:2404–2417. doi: 10.1002/qj.2531

Seneviratne SI, Nicholls N, Easterling D, Goodess CM, Kanae S, Kossin J, Luo Y, Marengo J, McInnes K, Rahimi M, Reichstein M, Sorteberg A, Vera C, Zhang X (2012): Changes in climate extremes and their impacts on the naturalphysical environment. In: **Field CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken DJ, Ebi KL, Mastrandrea MD, Mach KJ, Plattner G-K, Allen SK, Tignor M, Midgley PM (eds)** A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Cambridge University Press, Cambridge and New York, pp 109–230

Tolika, K., Maheras, P., Anagnostopoulou, C. (2018): The exceptionally wet year of 2014 over Greece: a statistical and synoptical-atmospheric analysis over the region of Thessaloniki *Theoretical and Applied Climatology*, 132 (3-4), pp. 809-821.

Toreti A, Xoplaki E, Maraun D, Kuglitsch FG, Wanner H, Luterbacher J (2010): Characterisation of extreme winter precipitation in Mediterranean coastal sites and associated anomalous atmospheric circulation patterns. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 10(5):1037–1050