



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ-ΖΑΧΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΑΚΡΑΙΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2020





ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ-ΖΑΧΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας. ΑΕΜ: 5452

ΜΕΛΕΤΗ ΑΚΡΑΙΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ
ΕΛΛΑΔΑΣ

Υποβλήθηκε στο τμήμα Γεωλογίας,
Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Αναγνωστοπούλου Χριστίνα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια



© Παπαδόπουλος-Ζάχος Αλέξανδρος , Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΜΕΛΕΤΗ ΑΚΡΑΙΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ
ΕΛΛΑΔΑΣ - Διπλωματική Εργασία

© Papadopoulos-Zachos Alexandros, School of Geology, Dept. of Meteorology and Climatology, 2020

All rights reserved

STUDY OF THE EXTREME PRECIPITATION INDICES IN THE GREEK AREA—
Bachelor Thesis

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

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται ανάλυση των κλιματικών δεικτών που αφορούν τη βροχοπτώση για 10 επιλεγμένες πόλεις την Ελλάδα με σκοπό την εύρεση τυχόν σημαντικών τάσεων μεταβολής. Συγκεκριμένα, γίνεται υπολογισμός και ανάλυση των κλιματικών δεικτών για τις πόλεις των Ιωαννίνων, της Κοζάνης, της Θεσσαλονίκης, της Αλεξανδρούπολης, της Λάρισας, της Αθήνας, της Νάξου, της Σάμου, του Ηρακλείου και της Ρόδου για την περίοδο 1981-2000.

Αρχικά κατασκευάστηκαν οι συναρτήσεις υπολογισμού του κάθε δείκτη και εφαρμόστηκαν στα πρωτογενή βροχομετρικά δεδομένα σε περιβάλλον excel με σκοπό την κατασκευή διαγραμμάτων. Τα διαγράμματα απεικονίζουν την μεταβολή των δεικτών ανά έτος ενώ η τάση μεταβολής του κάθε δείκτη υπολογίζεται με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Ειδικότερα, στο κεφάλαιο 2 αναφέρονται οι συντεταγμένες των μετεωρολογικών σταθμών του δικτύου της Ε.Μ.Υ. τα δεδομένα των οποίων χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της εργασίας. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται ανάλυση των δεικτών και περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό τους. Στο κεφάλαιο 4 γίνεται λεπτομερής ανάλυση των αποτελεσμάτων ανά πόλη με μορφή διαγραμμάτων. Τέλος, στο κεφάλαιο 5 καταγράφονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την διεξαγωγή της έρευνας.

Τα εξαγόμενα συμπεράσματα από την ανάλυση είναι ότι για την περίοδο 1981-2000 σημειώθηκε σε γενικές γραμμές μείωση των βροχοπτώσεων σε ετήσια βάση και μικρή αύξηση των περιόδων ξηρασίας. Η συνολική ετήσια βροχοπτώση παρουσιάζει ελάττωση στις 8 από τις 10 πόλεις. Οι δύο πόλεις που παρατηρείται αύξηση είναι η Αθήνα και η Αλεξανδρούπολη. Η μεγαλύτερη μείωση σημειώνεται στη Σάμο και την Κοζάνη και ακολουθούν Ηράκλειο και Νάξος. Σε 6 πόλεις πραγματοποιείται αύξηση των ξηρών περιόδων με την μεγαλύτερη αύξηση να την έχει η Σάμος. Οι υγρές ακολουθίες δεν εμφανίζουν κάποια αξιοσημείωτη μεταβολή. Η μέση ετήσια ραγδαιότητα έχει πτωτική τάση σε 7 από τις 10 πόλεις και η ανοδική τάση εμφανίζεται σε Αθήνα, Αλεξανδρούπολη και Ρόδο. Οι ακραίες βροχοπτώσεις δείχνουν να ελαττώνονται στο μεγαλύτερο μέρος της Ελληνικής επικράτειας καθώς σε 7 πόλεις σημειώνεται σημαντική μείωση του όγκου του υετού που οφείλεται σε ακραία φαινόμενα. Εξαίρεση αποτελούν η Αλεξανδρούπολη, η Αθήνα και η Ρόδος όπου η αύξηση των ακραίων βροχοπτώσεων είναι μεγάλη, ειδικά για την Αθήνα. Σε γενικές γραμμές, κατά την διάρκεια της χρονικής περιόδου αναφοράς της συγκεκριμένης εργασίας, σημειώθηκε μείωση του ετήσιου υετού και των ακραίων βροχοπτώσεων με την Αθήνα, την Αλεξανδρούπολη και την Ρόδο να ακολουθούν ωστόσο αντίθετη κατεύθυνση.



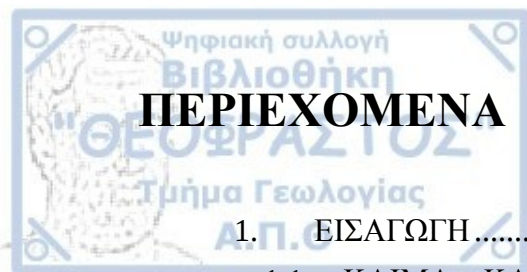
ABSTRACT

This dissertation is carried out to analyze the climate indicators related to rainfall for 10 selected cities in Greece in order to find any significant trends of change. In particular, the climate indicators for the cities of Ioannina, Kozani, Thessaloniki, Alexandroupolis, Larissa, Athens, Naxos, Samos, Heraklion and Rhodes are calculated and analyzed for the period 1981-2000.

Initially, the calculation functions of each indicator were constructed and applied to the primary rainfall data in an excel environment for the purpose of constructing diagrams. The diagrams show the change in indicators per year and the change trend of each indicator is calculated using the minimum squares method.

In particular, Chapter 2 lists the coordinates of the meteorological stations of the E.M.Y. network whose data were used to carry out the work. Chapter 3 analyses the indicators and describes the methodology used for their calculation. Chapter 4 provides a detailed analysis of the results by city in the form of diagrams. Finally, Chapter 5 lists the conclusions drawn from the investigation.

The conclusions drawn from the analysis are that for the period 1981-2000 there was a general decrease in rainfall on an annual basis and a slight increase in periods of drought. Total annual rainfall is decreasing in 8 out of 10 cities. The two cities that are seeing an increase are Athens and Alexandroupolis. The largest decrease occurs in Samos and Kozani, followed by Heraklion and Naxos. In 6 cities there is an increase in dry periods with the largest increase in Samos. Wet sequences do not show any noticeable change. The average annual trend has a downward trend in 7 out of 10 cities and the upward trend occurs in Athens, Alexandroupolis and Rhodes. Extreme rainfall seems to be decreasing in most of the Greek territory as in 7 cities there is a significant decrease in the volume of precipitation due to extreme phenomena. The exception is Alexandroupolis, Athens and Rhodes where the increase in extreme rainfall is great, especially for Athens. In general, during the reference period of this work, there was a decrease in annual precipitation and extreme rainfall with Athens, Alexandroupolis and Rhodes however going in the opposite direction.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 7 -
1.1. ΚΛΙΜΑ – ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	- 7 -
1.2. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ.....	- 7 -
1.3. ΑΚΡΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ.....	- 8 -
1.4. ΚΛΙΜΑ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ ΚΑΙ ΕΛΛΑΔΑΣ	- 9 -
1.4.1. ΓΕΝΙΚΑ	- 9 -
1.4.2. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ.....	- 10 -
1.4.3. ΑΚΡΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ.....	- 11 -
1.5. ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	- 12 -
2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ	- 13 -
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	- 15 -
4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	- 20 -
4.1. ΙΩΑΝΝΙΝΑ.....	- 20 -
4.2. ΚΟΖΑΝΗ.....	- 25 -
4.3. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	- 30 -
4.4. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ.....	- 35 -
4.5. ΛΑΡΙΣΑ	- 40 -
4.6. ΑΘΗΝΑ	- 45 -
4.7. ΝΑΞΟΣ	- 50 -
4.8. ΣΑΜΟΣ.....	- 55 -
4.9. ΗΡΑΚΛΕΙΟ	- 60 -
4.10. ΡΟΔΟΣ.....	- 65 -
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	- 70 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	- 71 -

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΚΛΙΜΑ – ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Κλίμα ορίζεται ως η μέση καιρική κατάσταση μιας περιοχής, με λίγα λόγια είναι η σύνθεση του καιρού για μία αρκετά εκτεταμένη χρονική περίοδο τέτοια ώστε να απαλειφθούν τα σφάλματα και να εδραιωθούν στατιστικές παράμετροι (Φλόκας, 1992). Ουσιαστικά περιλαμβάνει το σύνολο των ατμοσφαιρικών συνθηκών (θερμότητα, υγρασία, αέρας) που επικρατούν σε μια περιοχή για μία ορισμένη περίοδο η οποία ονομάζεται κανονική και έχει συμφωνηθεί να ορίζεται στα 30 χρόνια. Πολλές φορές βέβαια χωρίς ιδιαίτερο ρίσκο μπορούν να ληφθούν και μικρότερες περίοδοι της τάξης των 10-15 χρόνων (Φλόκας, 1992).

Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) ως κλιματική αλλαγή αναφέρεται η μεταβολή της υπάρχουσας κατάστασης του κλίματος η οποία αναγνωρίζεται (με στατιστικές μεθόδους) από αλλαγές στις μέσες τιμές ή στη μεταβλητότητα των ιδιοτήτων του κλίματος οι οποίες παραμένουν για μια εκτεταμένη περίοδο (τουλάχιστον δεκαετία). Η κλιματική αλλαγή μπορεί να οφείλεται σε φυσικά αίτια ή και αστρονομικά καθώς επίσης και σε ανθρωπογενείς επιδράσεις.

Ωστόσο, ο όρος κλιματική αλλαγή έχει επικρατήσει για να χαρακτηρίσει την μεταβολή του κλίματος λόγω άμεσης ή έμμεσης ανθρωπογενούς παρέμβασης που προκαλεί αλλαγές στη σύσταση της ατμόσφαιρας, ενώ για την φυσική κλιματική αλλαγή χρησιμοποιείται ο όρος κλιματική μεταβλητότητα.

1.2. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Η βροχόπτωση ή βροχή είναι ένα από τα υδατώδη ατμοσφαιρικά αποβλήματα ή αλλιώς κατακρημνίσματα που φθάνουν από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια του εδάφους. Προκύπτει από τη συνένωση πολλών υδροσταγονιδίων ή και παγοκρυσταλλίων που οδηγούν στη δημιουργία των υδροσταγόνων μέσα στο νέφος. Απαραίτητη προϋπόθεση για να πέσουν στο έδαφος είναι να έχουν μέγεθος τέτοιο που να επιτρέπει στο βάρος τους να υπερβαίνει την άνωση που υφίστανται. Καθώς οι σταγόνες αυτές ή και οι παγοκρυστάλλοι κινούνται καθοδικά περνούν από ατμοσφαιρικά στρώματα, τα οποία τις διατηρούν στην υγρή φάση ή τήκουν τους παγοκρυστάλλους. Έτσι, φτάνουν στο έδαφος προτού εξατμιστούν, δημιουργώντας τη βροχή (Μακρογιάννης et al., 2004).

Η ποσότητα του νερού που δέχεται μια επιφάνεια εκφράζεται με το «**ύψος βροχής**», το οποίο είναι το ύψος στο οποίο θα έφτανε η στάθμη του νερού της βροχής αν έπεφτε πάνω σε μία οριζόντια επιφάνεια, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι παράγοντες της διαρροής, της απορρόφησης και της εξάτμισης. Ως μονάδα μέτρησης του ύψους βροχής χρησιμοποιούνται τα **mm** ή **cm**. Ουσιαστικά, με την έννοια βροχή ύψους 1 mm εννοούμε τη βροχόπτωση εκείνη που απέδωσε ποσότητα νερού ίση με 1 kg/m² ή ton/ στρέμμα.

Τα μετεωρολογικά όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του ύψους βροχής ονομάζονται **βροχόμετρα** ή **βροχογράφοι**.

Τέλος, για να εκφραστεί το ποσό της βροχής ανά μονάδα χρόνου χρησιμοποιείται η παράμετρος της έντασης ή **ραγδαιότητας**.

1.3. ΑΚΡΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

Παρόλο που η κύρια παράμετρος για την εκτίμηση του βροχομετρικού καθεστώτος μίας περιοχής είναι η μέση τιμή, μεγάλες αποκλείσεις από τις τιμές αυτές μπορεί να είναι μείζονος σημασίας για την κοινωνικοοικονομική κατάσταση της περιοχής αυτής. Τέτοιες μεγάλες αποκλείσεις αντικατοπτρίζουν ακραίες τιμές οι οποίες μπορεί να είναι υπεύθυνες για την δημιουργία επικίνδυνων καταστάσεων.

Τα ακραία επεισόδια βροχής συνιστούν ένα εξαιρετικά μεγάλο πρόβλημα καθώς οδηγούν σε πλημμύρες, καταστροφές υποδομών, απώλειες στον αγροτικό τομέα, κατολισθήσεις και ορισμένες φορές μπορεί να οδηγήσουν σε απώλειες ανθρώπινων ζώων καθώς και σε μεγάλες οικονομικές επιπτώσεις.

Σύμφωνα με μελέτες έχουν παρατηρηθεί στατιστικά μεγάλες αυξήσεις στον αριθμό και την ένταση των ακραίων φαινομένων σε πολλές περιοχές του πλανήτη χωρίς ωστόσο αυτό να ισχύει παντού (IPCC, 2013). Με βάση τα διαφορετικά σενάρια εκπομπών φαινόμενα μέγιστης ημερήσιας βροχόπτωσης που εμφανίζονται μία φορά στα 20 χρόνια αναμένεται να εμφανίζονται από 1 στα 5 έως 1 στα 15 χρόνια. Παράλληλα, ακόμα και σε περιοχές όπου αναμένεται μείωση του ετήσιου υετού είναι πιθανή η αύξηση των ακραίων (IPCC, 2012).

Εξαιτίας της μεγάλης διαφοροποίησης στα βροχομετρικά καθεστώτα κάθε περιοχής, δεν μπορεί να υπάρξει ένας μόνο ορισμός για την ακραία βροχόπτωση που να καλύπτει όλες τις περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, για να χαρακτηριστεί ένα φαινόμενο βροχής ως ακραίο θα πρέπει να υπερβαίνει ένα καθορισμένο όριο και να είναι πολύ σπάνιο σε εμφάνιση. Π.χ. για όρια που βασίζονται σε εκατοστημόρια, να υπερβαίνει το 90^ο, 95^ο ή 99^ο εκατοστημόριο της συνολικής βροχόπτωσης της περιόδου αναφοράς. Πέρα από την ένταση σημαντική παράμετρος είναι και η διάρκεια του ακραίου φαινομένου. Αν συμπεριληφθεί και αυτή, τότε ο πιο επικρατής ορισμός είναι ο εξής:

«Ως ακραίο επεισόδιο βροχής ορίζεται ένα σημαντικό επεισόδιο βροχής το οποίο συμβαίνει σε μία χρονική περίοδο μίας έως μερικών ημερών (συνήθως λιγότερο από μία εβδομάδα) και όπου το συνολικό ύψος βροχής υπερβαίνει ένα συγκεκριμένο όριο το οποίο καθορίζεται για την εκάστοτε περιοχή (για κάθε σταθμό)» (WMO, Commission For Climatology, 2018).

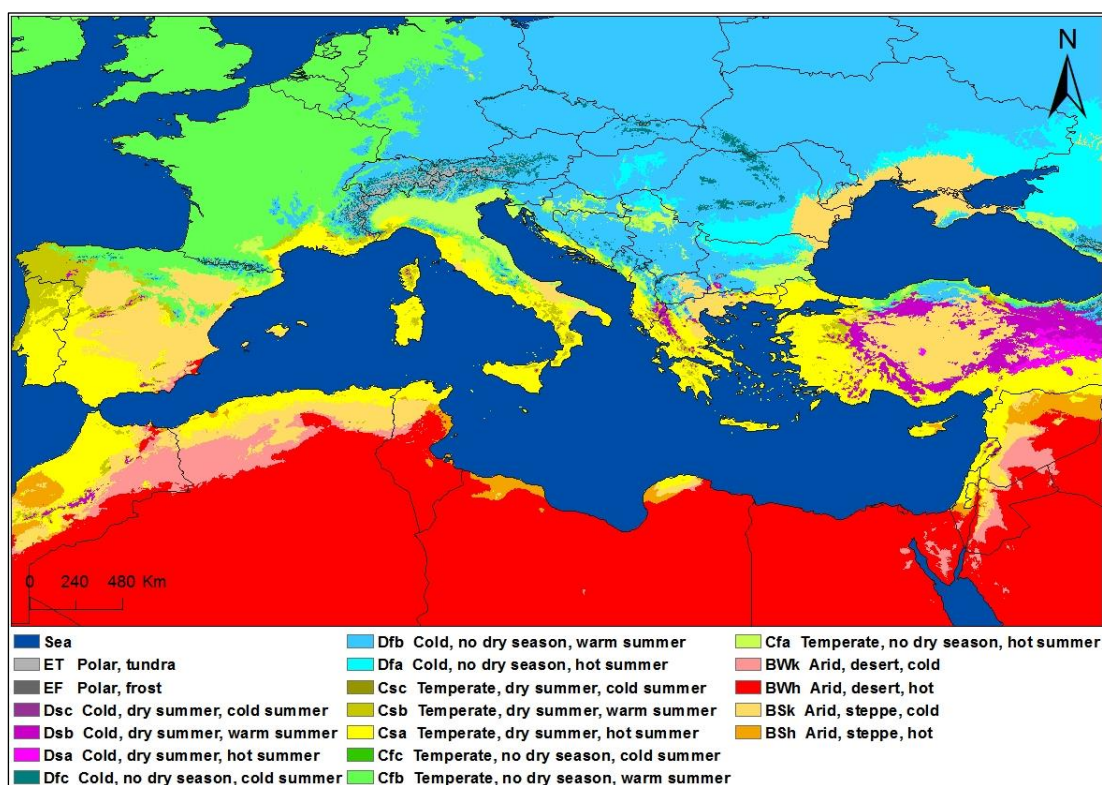
Ο όρος ακραία βροχόπτωση διαφοροποιείται από τον όρο έντονη βροχόπτωση. Έντονη βροχόπτωση, σύμφωνα με τη διεθνή μετεωρολογική ορολογία (WMO-No 182), είναι η βροχή με ραγδαιότητα μεγαλύτερη από κάποιο όριο (συνήθως 7,6 mm/h). Επομένως, ένα επεισόδιο έντονης βροχόπτωσης μπορεί να μην χαρακτηρίζεται ως ακραίο και αντίστοιχα ένα ακραίο επεισόδιο βροχής μπορεί να μην είναι αποτέλεσμα έντονης βροχόπτωσης.

Λόγω του πολύ μεγάλου αντίκτυπου που έχουν στην κοινωνία, η βελτίωση της γνώσης σχετικά με τα ακραία καιρικά και κλιματικά φαινόμενα τόσο στον χρόνο όσο και στον χώρο είναι υψίστης σημασίας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση τοπικών και παγκόσμιων μεθοδολογιών για τον ορισμό και τον υπολογισμό των οριακών τιμών των ακραίων με στόχο την κατασκευή συστημάτων για την παρακολούθηση ή ακόμα και την πρόγνωση τους, γεγονός που είναι κομβικό για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί ότι η ανάλυση της πιθανότητας εμφάνισης ακραίων σε μια περιοχή ενέχει μεγάλες δυσκολίες οι οποίες οφείλονται κυρίως στη μη ύπαρξη πυκνού δικτύου μετεωρολογικών σταθμών με αξιόπιστες και εκτεταμένες χρονοσειρές δεδομένων.

1.4. ΚΛΙΜΑ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ ΚΑΙ ΕΛΛΑΔΑΣ

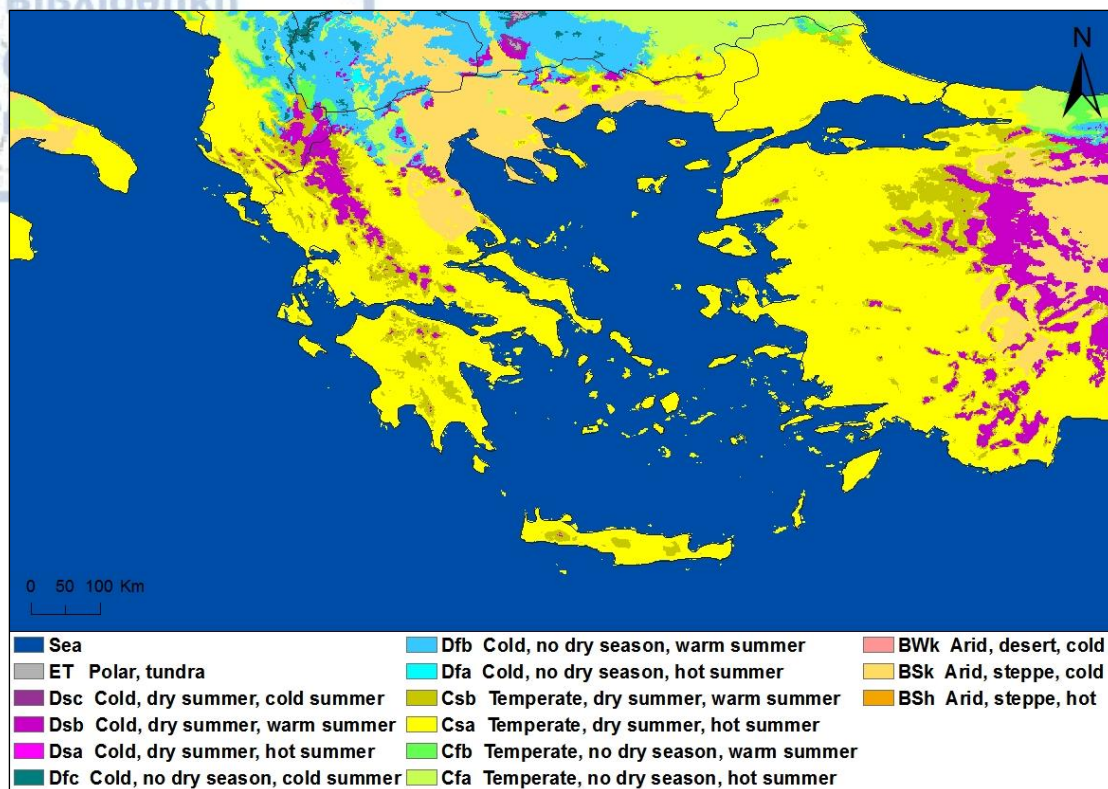
1.4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το κλίμα των περιοχών περίξ της Μεσογείου επηρεάζεται άμεσα από την παρουσία αυτής. Πρόκειται για μια κλειστή περιφερειακή θάλασσα με μεγάλο βάθος που εκτείνεται μεταξύ του 30^{ου} και 45^{ου} παράλληλου. Λόγω της γεωγραφικής της αυτής θέσης, το κλίμα της ευρύτερης περιοχής της Μεσογείου θεωρείται μεταβατικό μεταξύ των τροπικών και εύκρατων κλιμάτων. Χαρακτηρίζεται από ήπιους και βροχερούς χειμώνες και από θερμά και ξηρά καλοκαίρια. Ωστόσο, εξαιτίας της έντονης ποικιλομορφίας του αναγλύφου το οποίο περιλαμβάνει χερσονήσους, κόλπους, νησιά και μεγάλες οροσειρές καθώς επίσης και λόγω της ιδιαίτερης γεωγραφικής της θέσης μεταξύ των θερμών τροπικών ζωνών και των πιο ψυχρών εύκρατων, παρατηρούνται έντονες κλιματικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των περιοχών της Μεσογείου γεγονός που οδηγεί στην ύπαρξη πολλών και διαφορετικών τύπων κλίματος (Piero Lionello et al., 2012). Σύμφωνα με την πιο πρόσφατη κατάταξη κατά Köppen (Beck et al., 2018) διακρίνονται 18 τύποι κλίματος στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου οι οποίοι παρουσιάζονται στον *Χάρτη 1.5.1*.



Εικόνα 1.5.1. Κλιματική κατάταξη κατά Köppen της ευρύτερης περιοχής της Μεσογείου (Τροποποιημένος από Beck et al., 2018).

Αντίστοιχα, για την Ελληνική περιοχή διακρίνονται 14 τύποι κλίματος (*χάρτης 1.5.2*). Επικρατέστεροι τύποι είναι οι 2 Μεσογειακοί: το Μεσογειακό κλίμα της ενδοχώρας (Csa κατά Köppen) που επικρατεί στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελληνικής περιοχής και χαρακτηρίζεται από πολύ θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες και το παράκτιο Μεσογειακό (Csb κατά Köppen) με μικρής διάρκειας θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες.



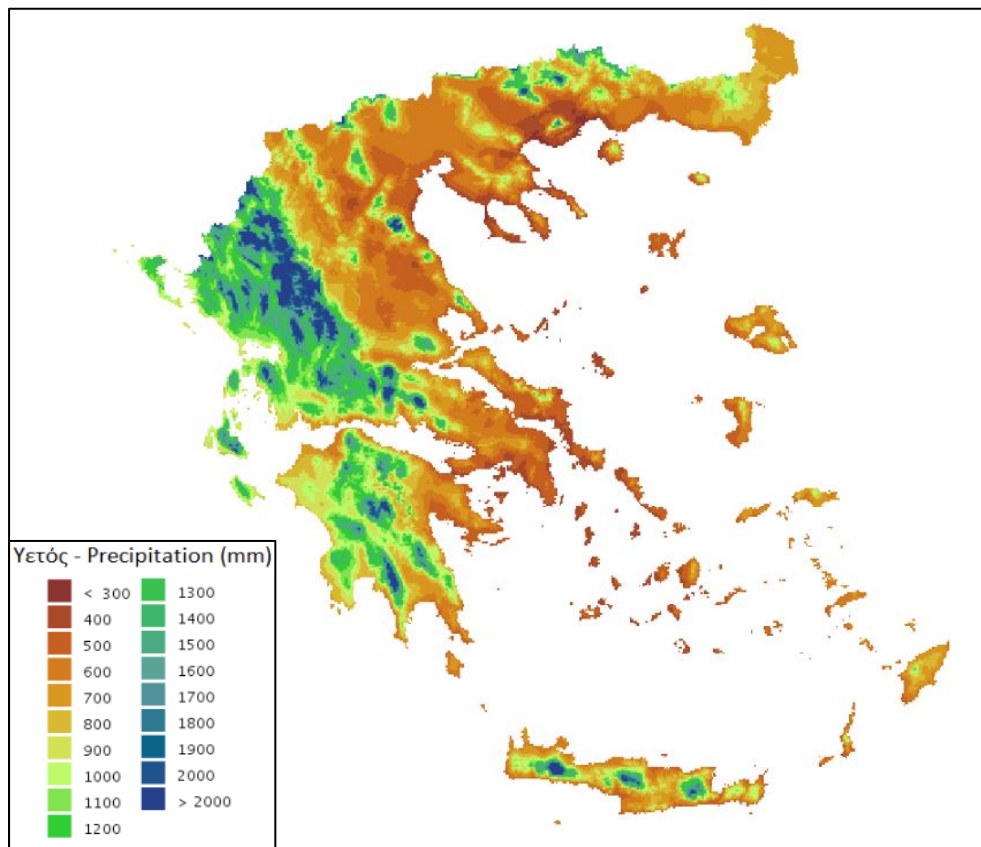
Εικόνα 1.5.2. Κλιματική κατάταξη κατά Köppen της ευρύτερης Ελληνικής περιοχής (Τροποποιημένος από Beck et al., 2018)

1.4.2. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

Η διακύμανση του μέσου ετήσιου νετού στις περιοχές γύρω από τη Μεσόγειο, είναι γενικά μεταξύ 350 mm και 1000 mm (Φλόκας, 1992). Υπάρχουν ωστόσο και περιοχές που το ετήσιο ύψος βροχής δεν ξεπερνά τα 200 mm (βόρεια Αφρική, ΝΑ Μεσόγειος) αλλά και περιοχές με ετήσια ύψη αρκετά πάνω από τα 2000 mm (κυρίως στις ανατολικές ακτές της Αδριατικής). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο ίδιος ετήσιος νετός σε διαφορετικές τοποθεσίες μπορεί να προκύψει με εντελώς ανόμοια κατανομή κατά τη διάρκεια του έτους. Παράμετροι όπως ο όγκος νετού, η διάρκεια και ο αριθμός των επεισοδίων βροχής παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στο βροχομετρικό καθεστώς της εκάστοτε περιοχής (Piero Lionello et al., 2012). Σε γενικά πλαίσια, παρατηρείται τάση ελάττωσης της βροχόπτωσης από βορρά προς νότο ενώ με την κίνηση των βαρομετρικών συστημάτων από τα δυτικά προς τα ανατολικά μεταφέρεται υγρασία από τον Ατλαντικό και την ίδια την Μεσόγειο προς τις δυτικές ακτές των χερσονήσων και των μεγάλων νησιών με αποτέλεσμα στις περιοχές αυτές να σημειώνονται μεγαλύτερα ύψη νετού. Οι μέγιστες τιμές ετήσιου νετού καταγράφονται στους ορεινούς όγκους με την μορφή ορογραφικού νετού στις προσήνεμες πλευρές. Πέρα από την γεωγραφική κατανομή, οι βροχοπτώσεις στην περιοχή της Μεσογείου παρουσιάζουν και σημαντική εποχικότητα με τον μεγαλύτερο όγκο νερού να πέφτει κατά την χειμερινή περίοδο ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες η βροχόπτωση είναι ελάχιστη έως ανύπαρκτη κυρίως στα νότια.

Στην Ελλάδα ο μέσος ετήσιος νετός γενικά κυμαίνεται μεταξύ 350 mm (στις υπήνεμες περιοχές των Κυκλάδων) και ≥ 2000 mm (κυρίως σε περιοχές της Πίνδου)(Φλόκας, 1992). Επίσης μεγάλα ύψη βροχής καταγράφονται σε ορεινούς όγκους π.χ. στην Κρήτη όπου ο ετήσιος νετός ξεπερνά τα 1800 mm. Γεωγραφικά, τα μεγαλύτερα ύψη βροχής εντοπίζονται στην οροσειρά της Πίνδου και δυτικότερα καθώς αυτή δρα ως ένα φυσικό φράγμα που εμποδίζει τα καιρικά συστήματα, που έρχονται κατά κύριο λόγο

από τα δυτικά, να την υπερβούν με αποτέλεσμα να δημιουργείται η χαρακτηριστική «ομβροσκιά» στα ανατολικά της. Στην εικόνα 1.5.3. απεικονίζεται η κατανομή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης για την περίοδο 1971-2000 όπου παρατηρείται αυτή η απότομη μείωση του νετού ανατολικά της Πίνδου. Επιπλέον, διακρίνονται τα μέγιστα βροχής στις περιοχές των μεγάλων οροσειρών καθώς και οι χαμηλές τιμές στην περιοχή των Κυκλάδων.



Εικόνα 1.5.3. Μέσος ετήσιος υετός για την Ελληνική περιοχή την περίοδο 1971-2000. (πηγή: τροποποιημένος από Κλιματικός Άτλαντας της Ελλάδας, ΕΜΥ, 2016).

Όσον αφορά την εποχικότητα, το μέγιστο του νετού καταγράφεται την χειμερινή περίοδο και ιδιαίτερα τους μήνες Νοέμβριο-Δεκέμβριο ενώ το ελάχιστο την θερινή περίοδο (Ιούλιος-Αύγουστος). Ο υετός της θερινής περιόδου είναι ελάχιστος έως ανύπαρκτος ιδίως στη νότια χώρα ενώ στις ηπειρωτικές περιοχές της βόρειας χώρας εκδηλώνεται με μορφή αστάθειας (καταιγίδες – μπουρίνια) και ορισμένες φορές προκαλεί προβλήματα τόσο στις καλλιέργειες (χαλάζι) όσο και στους ανθρώπους (πλημμύρες).

1.4.3. ΑΚΡΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

Στην περιοχή της Μεσογείου, τα ακραία επεισόδια βροχής έχουν πολύ μεγάλη συνεισφορά στον συνολικό ετήσιο νετό υπολογίζεται μάλιστα, ότι το 60% των βροχοπτώσεων της χειμερινής περιόδου οφείλεται σε ακραία φαινόμενα (Toreti et al., 2010). Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1.4., τα ακραία φαινόμενα έχουν σημαντική επίδραση στην κοινωνία. Στην Μεσόγειο, παρατηρείται εξάπλωση τόσο των κατοικημένων περιοχών όσο και των βιομηχανιών γεγονός που σε συνδυασμό με την έλλειψη μέτρων προστασίας και σχεδίων δράσης για την αντιμετώπιση των φυσικών

καταστροφών από πλευράς τοπικών κυβερνήσεων, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της επικινδυνότητας. Σύμφωνα με την EM-DAT την διεθνή βάση δεδομένων για τις καταστροφές, από το 1950 έως το 2009 έχουν καταγραφεί 395 πολύ ακραίες καταιγίδες και πλημμυρικά φαινόμενα στην περιοχή της Μεσογείου (η βάση της EM-DAT περιλαμβάνει μόνο τα καταστρεπτικά φαινόμενα με τουλάχιστον 10 νεκρούς και 100 πληγέντες). Τα επεισόδια αυτά έχουν κοστίσει τη ζωή σε 9904 ανθρώπους, οι πληγέντες (τραυματίες, άνθρωποι που έμειναν άστεγοι και πολίτες που χρειάστηκαν άμεση παροχή βοήθειας) ανέρχονται σε 12 εκατομμύρια ενώ το εκτιμώμενο κόστος των επεισοδίων αυτών υπολογίζεται στα 64 δισεκατομμύρια δολάρια.

1.5. ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του βροχομετρικού καθεστώτος των ελληνικών πόλεων για την περίοδο 1981-2000 και η εύρεση τυχόν τάσεων μεταβολής του. Μελετώντας την μεταβολή του κλίματος των προηγούμενων χρόνων έχουμε στα χέρια μας ένα βασικό εργαλείο για εκτίμηση της μεταβολής του κλίματος στο μέλλον. Ο καιρός και το κλίμα, αποτελούσε, αποτελεί και θα συνεχίσει να αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς μελέτης της επιστημονικής κοινότητας καθώς επηρεάζει άμεσα τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες των ανθρώπων ανά την υφήλιο. Η διαβίωση όλων των ανθρώπων εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής και η δυνατότητα για βελτίωση τόσο της βραχυπρόθεσμης πρόγνωσης (καιρός) όσο και μακροπρόθεσμης (κλίμα) είναι υψίστης σημασίας για την επιβίωση και προσαρμογή της ανθρωπότητας στις διάφορες συνθήκες. Παράλληλα, τεράστιας σπουδαιότητας είναι η εξαιρετικά δύσκολη προσπάθεια για εκτίμηση της εμφάνισης ακραίων φαινομένων, τα οποία έχουν τεράστιες συνέπειες για την κοινωνία και την οικονομία και είναι υπεύθυνα για χιλιάδες θανάτους ετησίως.

Για την συγκεκριμένη μελέτη γίνεται προσπάθεια να προσδιοριστούν με την χρήση κλιματικών δεικτών τυχόν αξιοσημείωτες τάσεις μεταβολής των διαφόρων βροχομετρικών παραμέτρων συναρτήσει του χρόνου οι οποίες θα δείξουν την γενική εικόνα της μεταβολής του βροχομετρικού καθεστώτος κάθε πόλης κατά την διάρκεια αυτής της εικοσαετίας. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην μελέτη της εμφάνισης των ακραίων βροχοπτώσεων οι οποίες όπως έχει προαναφερθεί έχουν πολύ μεγάλο αντίκτυπο για την κοινωνία.

Για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας και τον υπολογισμό των κλιματικών δεικτών βροχόπτωσης, χρησιμοποιήθηκαν τα ημερήσια βροχομετρικά δεδομένα από 10 επιλεγμένους μετεωρολογικούς σταθμούς του δικτύου της Ε.Μ.Υ. (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) για την χρονική περίοδο 1981-2000.

Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) ιδρύθηκε το 1931, υπάγεται στο Γενικό Επιτελείο Εθνικής Άμυνας (ΓΕΕΘΑ) και συγκεκριμένα στο Γενικό Επιτελείο Αεροπορίας (ΓΕΑ). Κύριος στόχος της είναι η πρόγνωση του καιρού για την υποστήριξη των φορέων εθνικής άμυνας, της οικονομίας της χώρας και του κοινωνικού συνόλου. Από το 1931 μέχρι σήμερα, έχει αναπτύξει ένα δίκτυο 141 μετεωρολογικών σταθμών επιφανείας σε όλη την Ελλάδα ενώ διαθέτει και 3 σταθμούς παρακολούθησης της ανώτερης ατμόσφαιρας σε Θεσσαλονίκη, Αθήνα και Ηράκλειο. Είναι μέλος του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας (World Meteorological Organization - WMO) από το 1949 και από το 1973 μέλος του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts - ECMWF).

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 2.1) παρατίθενται οι 10 επιλεγμένοι σταθμοί του δικτύου που μελετήθηκαν με τις συντεταγμένες και το υψόμετρο τους. Τα δεδομένα των 10 σταθμών, λήφθηκαν σε μορφή excel και περιλάμβαναν το ημερήσιο ύψος βροχής για κάθε ημέρα της περιόδου 1981-2000. Τα δεδομένα βροχόπτωσης είναι συνεχή για όλους τους σταθμούς χωρίς να υπάρχουν κενά καταγραφής και καλύπτουν όλες τις ημέρες από την 1 Ιανουαρίου του 1981 μέχρι και τις 31 Δεκεμβρίου του 2000. Ως ημερήσια τιμή βροχόπτωσης αναφέρεται ο υετός που καταγράφηκε από τα βροχόμετρα - βροχογράφους των σταθμών από τις 00:00 τα ξημερώματα έως και τις 23:59 της ίδια ημέρας. Όσον αφορά τα δεδομένα της Θεσσαλονίκης, αυτά λήφθηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

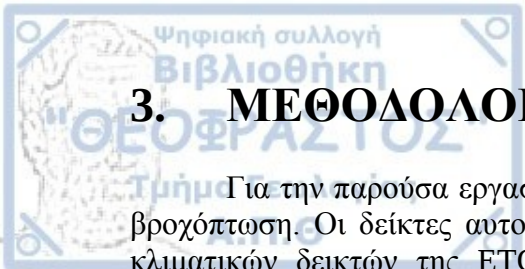
Πόλη	Περιφέρεια	Γ. Πλάτος (Lat):	Γ. Μήκος (Lon):	Ύψος (Alt) (m):
Ιωάννινα	Ήπειρος	39.695	20.819	483
Κοζάνη	Δ. Μακεδονία	40.289	21.841	621
Θεσσαλονίκη (ΑΠΘ)	Κ. Μακεδονία	40.63108	22.958103	35
Αλεξανδρούπολη	Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	40.85	25.947	4
Λάρισα	Θεσσαλία	39.646	22.46	71
Αθήνα	Αττική	37.89	23.742	43
Νάξος	Νότιο Αιγαίο	37.081	25.369	3
Σάμος	Βόρειο Αιγαίο	37.691	26.916	6
Ηράκλειο	Κρήτη	35.335	25.182	39
Ρόδος	Νότιο Αιγαίο	36.402	28.088	7

Πίνακας 2.1 Συντεταγμένες και υψόμετρο των σταθμών του δικτύου της ΕΜΥ τα δεδομένα των οποίων χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία. (πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία).



Χάρτης 2.1. Χάρτης των 10 επιλεγμένων μετεωρολογικών σταθμών του δικτύου της ΕΜΥ.

Στον *χάρτη 2.1.* απεικονίζεται η γεωγραφική κατανομή των μετεωρολογικών σταθμών τα δεδομένα των οποίων αξιοποιήθηκαν για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας. Οι σταθμοί επιλέχθηκαν με σκοπό την βέλτιστη κάλυψη του Ελλαδικού χώρου.



3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την παρούσα εργασία υπολογίστηκαν 10 κλιματικοί δείκτες που αφορούν την βροχόπτωση. Οι δείκτες αυτοί αποτελούν ένα μέρος από την βάση δεδομένων των 27 κλιματικών δεικτών της ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices).

Η ETCCDI είναι μια ομάδα επιστημόνων που συγκροτήθηκε από τον παγκόσμιο οργανισμό Μετεωρολογίας (World Meteorological Organization - WMO), την επιτροπή κλιματολογίας (Commission on Climatology - CCI) και την CLIVAR (CLimate VARIability and predictability) με στόχο να βοηθήσει στην επίτευξη διεθνούς συντονισμού και συνεργασίας για την παροχή αντικειμενικών μετρήσεων για τον χαρακτηρισμό της κλιματικής αλλαγής με παράλληλη σύγκριση των μοντελοποιημένων δεδομένων με τα παρατηρούμενα. Επιπλέον, στόχος της ETCCDI είναι η βελτίωση των δεικτών και των μεθόδων ανάλυσης.

Προκειμένου να αποκτηθεί μια ενιαία και ολοκληρωμένη άποψη σχετικά με τις παρατηρούμενες μεταβολές στα καιρικά και κλιματικά ακραία, η ETCCDI έχει επινοήσει μία βάση περιγραφικών δεικτών των ακραίων αυτών γεγονότων οι οποίοι αναλύουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των ακραίων όπως: συχνότητα, εμμονή και εύρος. Η βάση αποτελείται από 27 δείκτες οι οποίοι αφορούν τη θερμοκρασία και την βροχόπτωση. Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται ευρέως ως ένα εργαλείο για την εκτίμηση και παρακολούθηση των αλλαγών στα ακραία φαινόμενα. Παράλληλα, παρέχονται μετρήσεις που μπορούν να βοηθήσουν στην εκτίμηση των δυνατοτήτων των παγκόσμιων και περιοχικών κλιματικών μοντέλων να προσομοιώνουν τα ακραία. Μελλοντικές αλλαγές στα κλιματικά ακραία μπορούν να εκτιμηθούν από διακριτές μεταβολές των δεικτών. Επιπλέον, για να γίνει δυνατή η σύγκριση αποτελεσμάτων από διαφορετικές περιοχές και να αποκτηθεί μια συγκεντρωτική εικόνα των αλλαγών σε όλο τον πλανήτη, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση ίδιων ορισμών για τα ακραία και η πραγματοποίηση ενιαίας ανάλυσης των δεδομένων (World Meteorological Organization, 2009).

Η διεθνής συγκροτημένη βάση των 27 δεικτών περιγράφει διαφορετικές πτυχές των θερμοκρασιακών και βροχομετρικών ακραίων, συμπεριλαμβανομένης της συχνότητας, της έντασης και της διάρκειας. Οι δείκτες αυτοί έχουν ευρεία χρήση στην παρακολούθηση αλλαγών των ακραίων, την αξιολόγηση των κλιματικών μοντέλων καθώς και για εκτιμήσεις του μελλοντικού κλίματος.

Μια από τις σημαντικότερες μεθόδους περιλαμβάνει το μέτρημα των ημερών σε μία περίοδο που υπερβαίνουν κάποιο όριο, συγκεκριμένα εκατοστημόρια στην στατιστική κατανομή. Μία άλλη σημαντική προσέγγιση των δεικτών, είναι ο υπολογισμός του αριθμού των ημερών ανά έτος που υπερβαίνουν συγκεκριμένα κατώφλια. Αρκετοί δείκτες της ETCCDI βασίζονται σε εκατοστημόρια με όρια που θέτονται για να εκτιμηθούν λιγότερο ακραίες τιμές που συνήθως εμφανίζονται αρκετές φορές κάθε χρόνο σε αντίθεση με τα πολύ ακραία φαινόμενα που συμβαίνουν μία φορά τη δεκαετία. Για την βροχόπτωση, τα εκατοστημια όρια υπολογίζονται από το σύνολο των ημερών βροχής της περιόδου αναφοράς. Ο λόγος που επιλέγονται κυρίως εκατοστημια όρια αντί για απόλυτα όρια είναι ότι ο αριθμός των ημερών που υπερβαίνουν εκατοστημια όρια είναι πιο ομοιόμορφα κατανεμημένος στο χώρο και μπορεί να δώσει αποτελέσματα σε όλες τις περιοχές. Οι ημερήσιοι δείκτες που βασίζονται σε εκατοστημια όρια εκφράζουν ανωμαλίες που συνδέονται με τις τοπικές κλιματικές συνθήκες ενός τόπου. Αντιθέτως, οι ημερήσιοι δείκτες που βασίζονται σε απόλυτα όρια είναι λιγότερο χρήσιμοι για χωρικές συγκρίσεις των ακραίων. Οι τιμές των απόλυτων ακραίων, όπως η μέγιστη συνολική βροχόπτωση 5 διαδοχικών ημερών ανά έτος (RX5day), μπορεί συχνά να συνδέονται με ακραία φαινόμενα που επιδρούν στο περιβάλλον και την κοινωνία. (World Meteorological Organization, 2009).

Στη συνέχεια περιγράφονται οι δείκτες και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό τους.

Συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται παρακάτω:

RR: ημερήσια βροχόπτωση

Ξ.Α.: Ξηρές Ακολουθίες

Υ.Α.: Υγρές Ακολουθίες

Δείκτης	Αγγλική ονομασία	Ελληνική ονομασία	Ορισμός	Μονάδα μέτρησης
CDD	Consecutive dry days	Ξηρές ακολουθίες	Μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών με βροχόπτωση $< 0,1\text{mm}$ ετησίως.	Ημέρες
CWD	Consecutive wet days	Υγρές ακολουθίες	Μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών με βροχόπτωση $\geq 0,1\text{mm}$ ετησίως.	Ημέρες
PRCPTOT	Annual total wet day precipitation	Συνολική ετήσια βροχόπτωση	Συνολική ετήσια βροχόπτωση κατά τις υγρές ημέρες ($RR \geq 0,1\text{mm}$).	mm
SDII	Simple Daily Intensity Index	Απλός ημερήσιος δείκτης έντασης	Συνολική ετήσια βροχόπτωση διαιρούμενη με τον αριθμό των υγρών ημερών κάθε έτους.	mm/day
RX1DAY	Maximum 1-day precipitation	Μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση	Μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση.	mm
RX5DAY	Maximum 5-day precipitation	Μέγιστη βροχόπτωση 5-ημέρου	Μέγιστη ετήσια βροχόπτωση διαδοχικού 5-ημέρου.	mm
R10mm	Number of heavy precipitation days	Αριθμός ημερών με έντονη βροχόπτωση	Ετήσιο άθροισμα των ημερών με βροχόπτωση $\geq 10\text{mm}$	Ημέρες
R25mm	Number of very heavy precipitation days	Αριθμός ημερών με πολύ έντονη βροχόπτωση	Ετήσιο άθροισμα των ημερών με βροχόπτωση $\geq 25\text{mm}$	Ημέρες
R95p	Very wet day precipitation	Βροχόπτωση κατά τις πολύ υγρές ημέρες	Συνολική ετήσια βροχόπτωση, όταν η βροχόπτωση υπερβαίνει το 95 ^ο εκατοστημόριο ($RR \geq 95^{\text{th}}$ percentile) της ημερήσιας βροχόπτωσης για την περίοδο 1981-2000.	mm
R99p	Extremely wet day precipitation	Βροχόπτωση κατά τις ακραία υγρές ημέρες	Συνολική ετήσια βροχόπτωση, όταν η βροχόπτωση υπερβαίνει το 99 ^ο εκατοστημόριο ($RR \geq 99^{\text{th}}$ percentile) της ημερήσιας βροχόπτωσης για την περίοδο 1981-2000.	mm

Πίνακας 3.1. Συνοπτική περιγραφή των 10 βροχομετρικών δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

➤ **CDD (Consecutive Dry Days) – Διαδοχικές ξηρές ημέρες.**

Υπολογίζεται η μέγιστη διάρκεια μιας ξηρής περιόδου ($RR < 0,1\text{mm}$). Αν θεωρηθεί ότι RR_{ij} είναι η ημερήσια τιμή βροχόπτωσης για μία ημέρα i σε μία περίοδο (εδώ έτος) j , τότε η τιμή του δείκτη CDD ισούται με τον μέγιστο αριθμό διαδοχικών ημερών για τις οποίες ισχύει $RR_{ij} < 0,1\text{mm}$.

Για τον υπολογισμό του δείκτη στο excel αρχικά δημιουργήθηκε στήλη στην οποία υπολογίστηκαν όλες οι ξηρές ακολουθίες (συνεχόμενες ημέρες χωρίς νετό) με την βοήθεια της συνάρτησης IF ($\Xi.A.i = \text{IF}(RR=0, \Xi.A.i = \Xi.A.(i-1) + 1)$). Στη συνέχεια με την βοήθεια πίνακα (pivot table) υπολογίστηκε η μέγιστη ξηρή ακολουθία κάθε έτους.

➤ **CWD (Consecutive Wet Days)- Διαδοχικές υγρές ημέρες.**

Υπολογίζεται η μέγιστη διάρκεια μίας υγρής περιόδου ($RR \geq 0,1\text{mm}$). Αν θεωρηθεί ότι RR_{ij} είναι η ημερήσια τιμή βροχόπτωσης για μία ημέρα i σε μία περίοδο j (έτος), τότε η τιμή του δείκτη CWD ισούται με τον μέγιστο αριθμό διαδοχικών ημερών για τις οποίες ισχύει $RR_{ij} \geq 0,1\text{mm}$.

Για τον υπολογισμό του δείκτη στο excel αρχικά δημιουργήθηκε στήλη στην οποία υπολογίστηκαν όλες οι υγρές ακολουθίες (συνεχόμενες ημέρες με νετό) με την βοήθεια της συνάρτησης IF: $Y.A.i = \text{IF}(RR \geq 0, Y.A.i = Y.A.(i-1) + 1)$. Στη συνέχεια με τη βοήθεια πίνακα (pivot table) υπολογίστηκε η μέγιστη υγρή ακολουθία κάθε έτους.

➤ **PRCPTOT – Συνολική ετήσια βροχόπτωση κατά τις υγρές ημέρες.**

Υπολογίζεται η συνολική βροχόπτωση κατά τις ημέρες βροχής ($RR \geq 0,1\text{mm}$) μίας χρονικής περιόδου (εδώ ανά έτος). Αν RR_{wj} είναι η ημερήσια τιμή βροχόπτωσης σε μία ημέρα βροχής w ($RR \geq 0,1\text{mm}$) μιας περιόδου j , τότε ισχύει:

$$PRCPTOTj = \text{Sum} (RR_{wj})$$

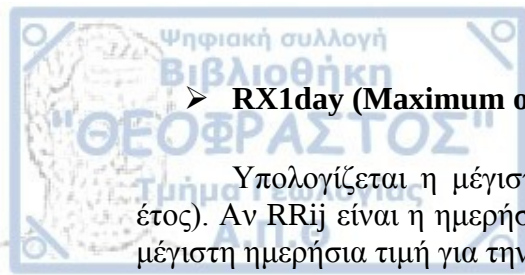
Για τον υπολογισμό του δείκτη στο excel κατασκευάστηκε πίνακας (pivot table) όπου υπολογίστηκε το άθροισμα του ημερήσιου νετού κάθε έτους.

➤ **SDII (Simple Daily Intensity Index)- Δείκτης ημερήσιας έντασης βροχής.**

Υπολογίζεται η μέση ποσότητα βροχόπτωσης ανά ημέρα βροχής. Έστω ότι RR_{ij} είναι η ημερήσια τιμή βροχόπτωσης σε μία ημέρα βροχής w ($RR \geq 0,1\text{mm}$) της περιόδου j (εδώ έτος) και ότι W είναι ο συνολικός αριθμός των ημερών βροχής της περιόδου j . Τότε, ο δείκτης ημερήσιας έντασης ισούται με:

$$SDIIj = \text{Sum} (RR_{wj}) / W$$

Για τον υπολογισμό του δείκτη στο excel υπολογίστηκαν οι ημέρες βροχής με την βοήθεια της συνάρτησης COUNTIF: $\text{Wet_days} = \text{COUNTIF} (RR, ">= 0")$ και στη συνέχεια υπολογίστηκε ο λόγος του συνολικού νετού κάθε έτους προς τις συνολικές ημέρες βροχής κάθε έτους.



➤ **RX1day (Maximum one-day precipitation) – Μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση.**

Υπολογίζεται η μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση για μία ορισμένη περίοδο (εδώ έτος). Αν RR_{ij} είναι η ημερήσια τιμή βροχόπτωσης σε μια μέρα i μιας περιόδου j , τότε η μέγιστη ημερήσια τιμή για την περίοδο j (εδώ ανά έτος) είναι:

$$RX1day_j = \max (RR_{ij}).$$

Για τον υπολογισμό του δείκτη στο excel υπολογίστηκε με την βοήθεια πίνακα και την χρήση της συνάρτησης MAX η μέγιστη τιμή ημερήσια βροχόπτωσης κάθε έτους.

➤ **RX5day (Maximum five-day precipitation) – Μέγιστη βροχόπτωση 5 διαδοχικών ημερών.**

Υπολογίζεται η μέγιστη ποσότητα βροχόπτωσης 5 διαδοχικών ημερών για μια ορισμένη περίοδο (εδώ ανά έτος). Αν RR_{kj} είναι η συνολική βροχόπτωση κατά το διάστημα των 5 διαδοχικών ημερών k μίας περιόδου j (εδώ έτος), όπου το k ορίζεται από την τελευταία ημέρα, τότε η μέγιστη 5ημερη τιμή για την περίοδο j ισούται με:

$$RX5day = \max (RR_{kj})$$

Για τον υπολογισμό του δείκτη στο excel συλλέχθηκαν χειροκίνητα ανά έτος οι περιπτώσεις όπου παρατηρήθηκαν 5 διαδοχικές ημέρες βροχής, υπολογίστηκε το συνολικό άθροισμα νετού αυτών των ημερών και όλες οι περιπτώσεις κάθε έτους τοποθετήθηκαν σε στήλες. Έπειτα, με την συνάρτηση MAX υπολογίστηκε η μέγιστη τιμή ανά έτος.

➤ **R10mm (Heavy precipitation days) – Ημέρες έντονης βροχόπτωσης.**

Αθροίζονται οι ημέρες ανά έτος κατά τις οποίες η συνολική ημερήσια βροχόπτωση είναι $\geq 10\text{mm}$. Αν RR_{ij} είναι η ημερήσια τιμή βροχόπτωσης σε μία ημέρα i μιας περιόδου j (εδώ έτος), τότε ο δείκτης $R10\text{mm}$ ισούται με το άθροισμα των ημερών ανά έτος για τις οποίες ισχύει $RR_{ij} \geq 10\text{mm}$.

$$R10mm_j = \text{SUM} (RR_{ij}), \text{αν ισχύει: } RR_{ij} \geq 10\text{mm}$$

Για τον υπολογισμό του δείκτη στο excel μετρήθηκαν με τη συνάρτηση COUNTIF οι ημέρες με βροχόπτωση $\geq 10\text{ mm}$: $Rain10 = \text{COUNTIF} (RR, ">=10")$. Στη συνέχεια με τη βοήθεια πίνακα υπολογίστηκε το άθροισμα (sum) των ημερών αυτών ανά έτος.

➤ **R25mm (Very heavy precipitation days) – Ημέρες πολύ έντονης βροχόπτωσης.**

Αθροίζονται οι ημέρες ανά έτος κατά τις οποίες η συνολική ημερήσια βροχόπτωση είναι $\geq 25\text{mm}$. Αν RR_{ij} είναι η ημερήσια τιμή βροχόπτωσης για μία ημέρα i μιας περιόδου j (εδώ έτος), τότε ο δείκτης $R25\text{mm}$ ισούται με το άθροισμα των ημερών ανά έτος για τις οποίες ισχύει $RR_{ij} \geq 25\text{mm}$.

$$R25mm_j = \text{SUM} (RR_{ij}), \text{αν ισχύει: } RR_{ij} \geq 25\text{mm}$$



Για τον υπολογισμό του δείκτη στο excel μετρήθηκαν με τη συνάρτηση COUNTIF οι ημέρες με βροχόπτωση ≥ 25 mm : $Rain25 = COUNTIF(RR, ">=25")$. Στη συνέχεια με τη βοήθεια πίνακα υπολογίστηκε το άθροισμα (sum) των ημερών αυτών ανά έτος.

- **R95p (Precipitation due to very wet days) (>95th percentile) – Βροχόπτωση που οφείλεται σε πολύ υγρές ημέρες (>95^ο εκατοστημόριο).**

Αν RR_{wj} είναι η ημερήσια τιμή βροχόπτωσης σε μία ημέρα βροχής w ($RR \geq 0,1\text{mm}$) μιας περιόδου j (εδώ έτος) και αν RR_{wn95} είναι το 95^ο εκατοστημόριο της συνολικής βροχόπτωσης κατά τις ημέρες βροχής w στην περίοδο αναφοράς n (1981-2000), τότε ο δείκτης $R95pTOT$ ισούται με :

$$R95pTOTj = SUM(RR_{wj}), \text{αν ισχύει: } RR_{wj} > RR_{wn95}$$

Για τον υπολογισμό του δείκτη στο excel αρχικά με φιλτράρισμα επιλέχθηκαν μόνο οι ημέρες βροχής ($RR \geq 0,1$ mm). Έπειτα υπολογίστηκε η παράμετρος “**Pq95**” για το σύνολο της περιόδου 1981-2000 χρησιμοποιώντας την συνάρτηση PERCENTILE.INC

$Pq95 = PERCENTILE.INC(RR_1:RR_N, 95\%)$ όπου RR_1 : η πρώτη ημέρα βροχής της εικοσαετίας και RR_N : η τελευταία.

Στη συνέχεια χωρίστηκαν τα έτη σε στήλες και υπολογίστηκε η παράμετρος $R95p$ με χρήση της συνάρτησης SUMIF.

$R95p = SUMIF(RR_1:RR_x, ">=" \& Pq95)$ όπου RR_1 : η πρώτη ημέρα βροχής κάθε έτους και RR_x : η τελευταία.

- **R99p (Precipitation due to extremely wet days (>99th percentile) - Βροχόπτωση που οφείλεται σε ακραία υγρές ημέρες. (>99^ο εκατοστημόριο).**

Αν RR_{wj} είναι η ημερήσια τιμή βροχόπτωσης σε μια ημέρα βροχής w ($RR \geq 0,1\text{mm}$) μιας περιόδου j (εδώ έτος) και αν RR_{wn99} είναι το 99^ο εκατοστημόριο της συνολικής βροχόπτωσης κατά τις ημέρες βροχής w στην περίοδο αναφοράς n (1981-2000), τότε ο δείκτης $R99pTOT$ ισούται με:

$$R99pTOTj = SUM(RR_{wj}), \text{αν ισχύει: } RR_{wj} > RR_{wn99}$$

Για τον υπολογισμό του δείκτη στο excel αρχικά με φιλτράρισμα επιλέχθηκαν μόνο οι ημέρες βροχής ($RR \geq 0,1$ mm). Έπειτα υπολογίστηκε η παράμετρος “**Pq99**” για το σύνολο της περιόδου 1981-2000 χρησιμοποιώντας την συνάρτηση PERCENTILE.INC

$Pq99 = PERCENTILE.INC(RR_1:RR_N, 99\%)$ όπου RR_1 : η πρώτη ημέρα βροχής της εικοσαετίας και RR_N : η τελευταία.

Στη συνέχεια χωρίστηκαν τα έτη σε στήλες και υπολογίστηκε η παράμετρος $R95p$ με χρήση της συνάρτησης SUMIF.

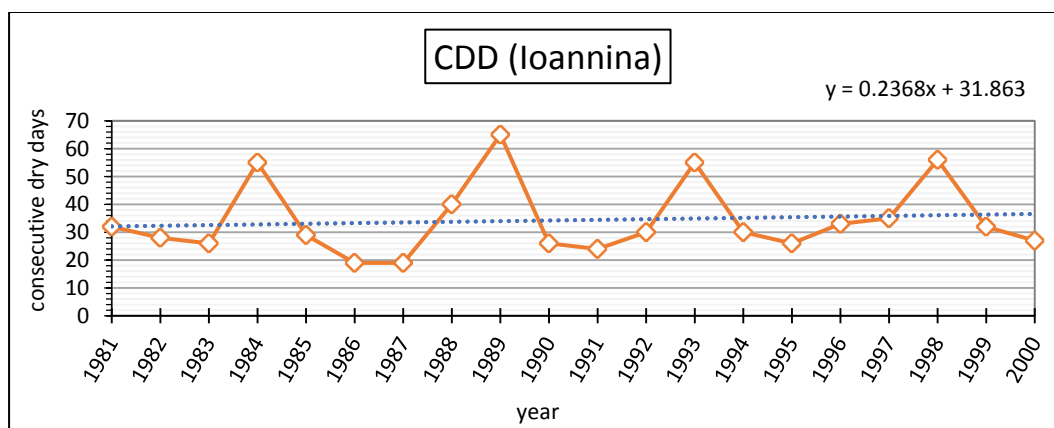
$R99p = SUMIF(RR_1:RR_x, ">=" \& Pq99)$ όπου RR_1 : η πρώτη ημέρα βροχής κάθε έτους και RR_x : η τελευταία.

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στη συνέχεια γίνεται λεπτομερής ανάλυση των κλιματικών δεικτών που υπολογίστηκαν για κάθε πόλη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ανά πόλη. Αρχικά αναφέρονται οι μέσες τιμές των δεικτών κάθε πόλης για την χρονική περίοδο 1981-2000 και έπειτα αναλύονται ένας ένας οι δείκτες ενώ στο τέλος γίνεται σύνοψη και δίνεται η γενική εικόνα της μεταβολής των δεικτών κάθε πόλης.

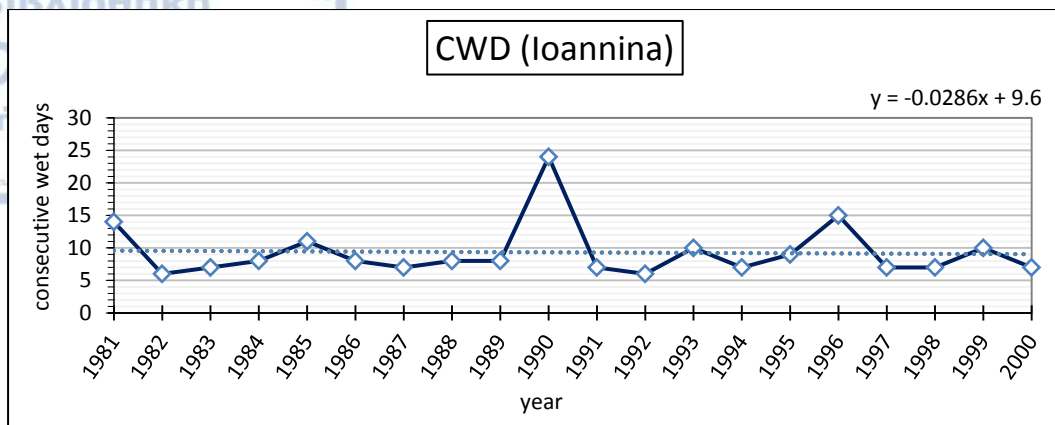
4.1. ΙΩΑΝΝΙΝΑ

Στην πόλη των Ιωαννίνων, την χρονική περίοδο 1981-2000, η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 952 mm με μέσο όρο 34 συνεχόμενες ημέρες ξηρασίας, και 9 ημέρες συνεχόμενων βροχοπτώσεων. Οι περιπτώσεις κατά τις οποίες η ημερήσια βροχόπτωση ξεπερνά τα 10 χιλιοστά (≥ 10 mm) είναι 33 ετησίως, ενώ οι περιπτώσεις με ημερήσια βροχόπτωση ≥ 25 mm είναι 9 κατά μέσο όρο. Η μέση μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 62 mm και η μέση μέγιστη βροχόπτωση 5 συνεχόμενων ημερών σε 110 mm, ενώ η μέση ραγδιότητα είναι 9 mm/day. Τέλος, το ποσό των βροχοπτώσεων που ξεπερνούν το 95% των συνολικών ημερησίων βροχοπτώσεων είναι 246 mm, ενώ το ποσό που ξεπερνά το 99% των συνολικών ημερησίων βροχοπτώσεων είναι 74 mm.



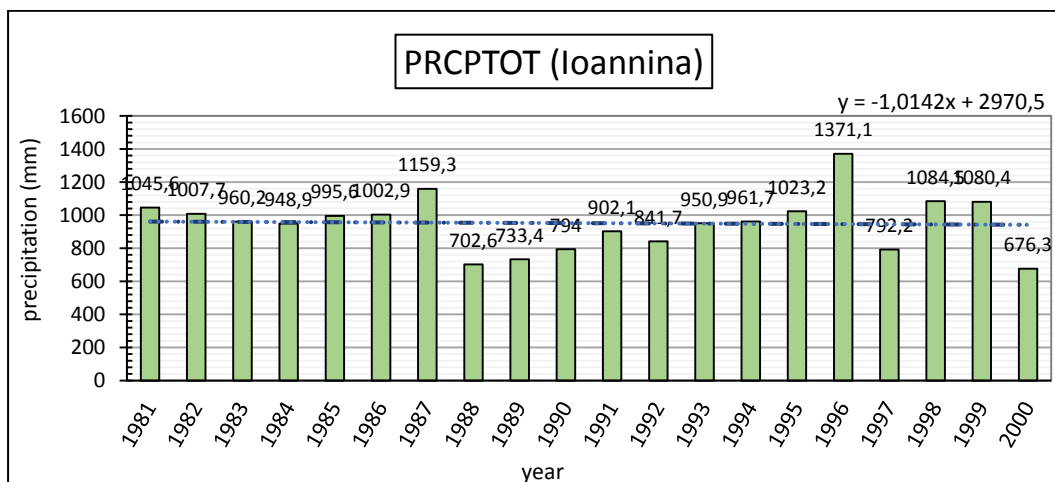
Διάγραμμα 4.1.1. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CDD για την πόλη των Ιωαννίνων την περίοδο 1981-2000.

Στο *διάγραμμα 4.1.1.* απεικονίζεται η διακύμανση του δείκτη **CDD** για την περίοδο 1981-2000. Η μέγιστη τιμή του δείκτη είναι 65 ημέρες συνεχόμενης ξηρασίας (1989) και η ελάχιστη τιμή είναι 19 ημέρες (1986,1987). Ο δείκτης παρουσιάζει αυξητική τάση της τάξης των 0,2 ημερών ανά έτος (+2 ημέρες ξηρασίας ανά δεκαετία).



Διάγραμμα 4.1.2. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CDD για την πόλη των Ιωαννίνων την περίοδο 1981-2000.

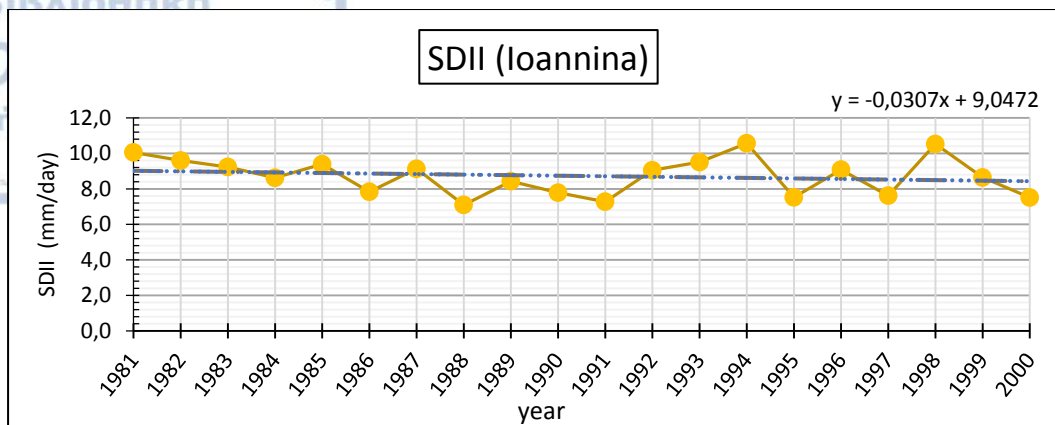
Όσον αφορά τον δείκτη **CWD** (διάγραμμα 4.1.2.), αυτός εμφανίζει ακραία μέγιστη τιμή 24 (24 ημέρες συνεχόμενων βροχοπτώσεων), ελάχιστη τιμή 6, ενώ προκύπτει ελαφρά αρνητική τάση της τάξης του -0,03 ημερών ανά έτος, δηλαδή 0,3 ημερών ανά δεκαετία.



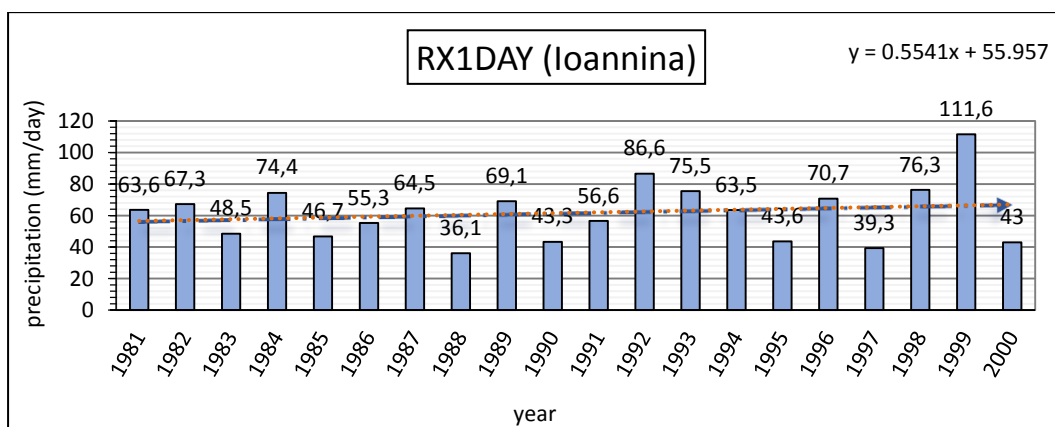
Διάγραμμα 4.1.3. Ετήσια διακύμανση του δείκτη PRCPTOT για την πόλη των Ιωαννίνων την περίοδο 1981-2000.

Στην περίπτωση του δείκτη **PRCPTOT** (διάγραμμα 4.1.3.), η μέγιστη ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 1371,1 mm (1996) ενώ η ελάχιστη σε 676,3 mm (2000). Η τάση του δείκτη αυτού δείχνει μείωση κατά 1 mm ανά έτος, δηλαδή μείωση της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης κατά 10 mm ανά δεκαετία.

Ακολουθώς, ο δείκτης **SDII** (διάγραμμα 4.1.4.) εμφανίζει μέγιστη τιμή ραγδιότητας 10,6 mm/day (1994), ελάχιστη τιμή 7,1 mm/day (1988) ενώ ακολουθεί μικρή πτωτική τάση κατά 0,3 mm/day ανά δεκαετία.



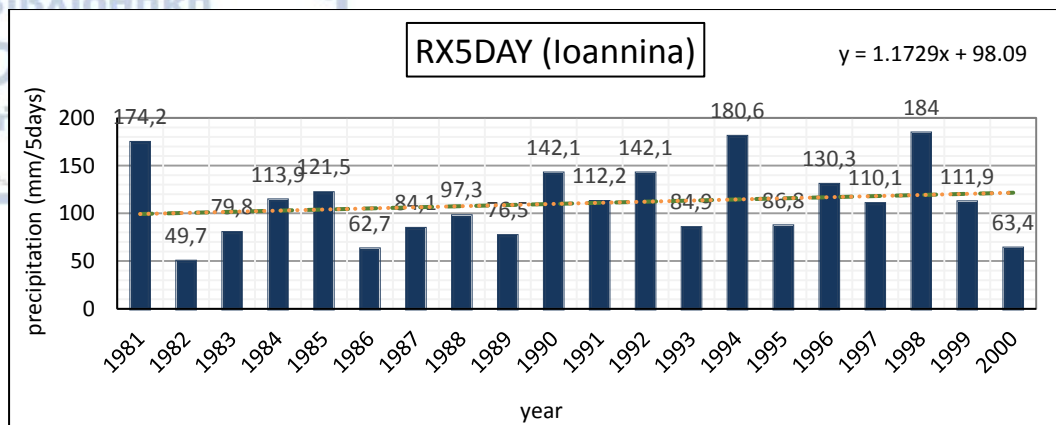
Διάγραμμα 4.1.4. Ετήσια διακύμανση του δείκτη SDII για την πόλη των Ιωαννίνων την περίοδο 1981-2000.



Διάγραμμα 4.1.5. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX1DAY για την πόλη των Ιωαννίνων την περίοδο 1981-2000.

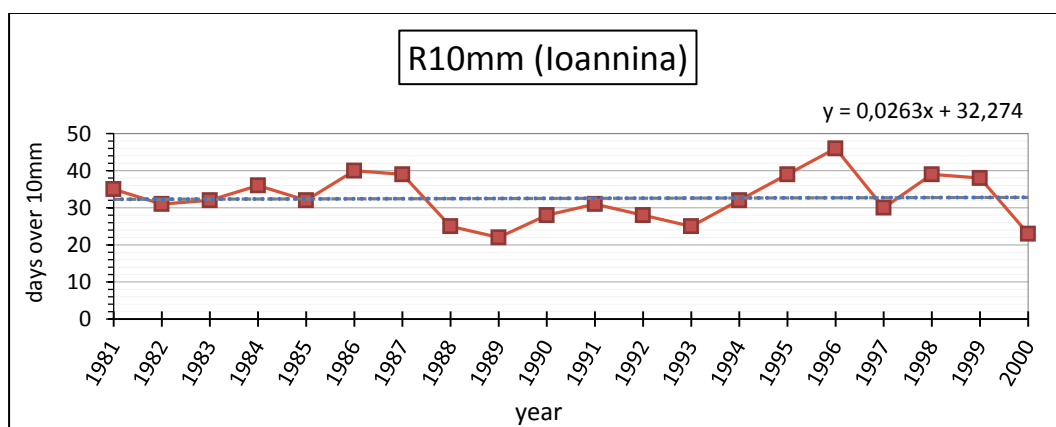
Σχετικά με τον δείκτη **RX1DAY** (διάγραμμα 4.1.5.) η μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση που καταγράφηκε την περίοδο 1981-2000 είναι 111,6 mm (1999), ενώ η ελάχιστη μέγιστη 36,1 mm (1988). Ο δείκτης παρουσιάζει αυξητική τάση ~0,5 mm/day ανά έτος (+5 mm/day ανά δεκαετία).

Αντίστοιχα, στον δείκτη **RX5DAY** (διάγραμμα 4.1.6.) μέγιστη τιμή είναι τα 184 mm (1998), ελάχιστη τα 49,7 mm (1982) και παρατηρείται ανοδική τάση κατά ~1,2 mm ανά έτος (αύξηση 12 mm/10ετία).

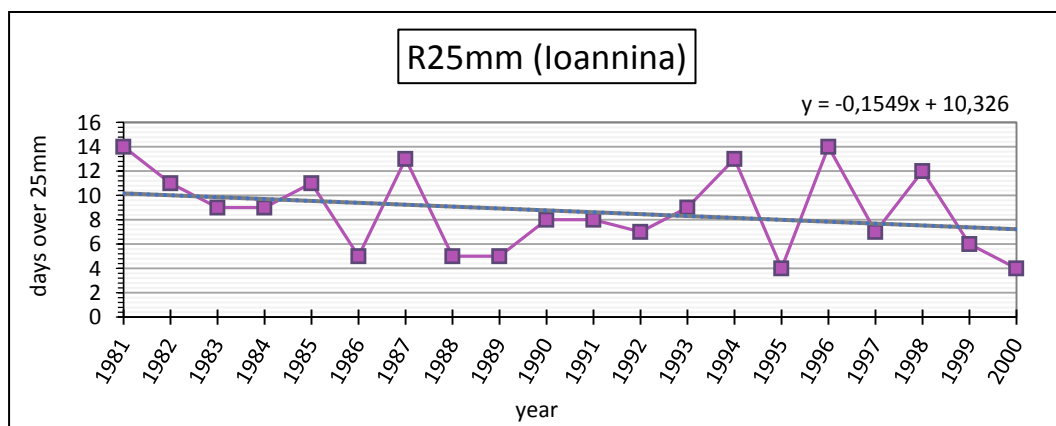


Διάγραμμα 4.1.6. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX5DAY για την πόλη των Ιωαννίνων την περίοδο 1981-2000.

Στην περίπτωση των δεικτών **R10mm** (διάγραμμα 4.1.7.) και **R25mm** (διάγραμμα 4.1.8.) οι ημέρες που η συνολική βροχόπτωση υπερέβη τα 10 mm κυμαίνονται μεταξύ 22 (1989) και 46 (1996), με αυξητική τάση 0,2 ημέρες ανά δεκαετία, ενώ σύμφωνα με τον δείκτη R25mm οι ημέρες με βροχόπτωση ≥ 25 mm κυμαίνονται μεταξύ 4 (1995, 2000) και 14 (1981, 1996), με την τάση εδώ να είναι αρνητική, με μείωση των ημερών κατά 1,5 ανά δεκαετία (-0,15/έτος).

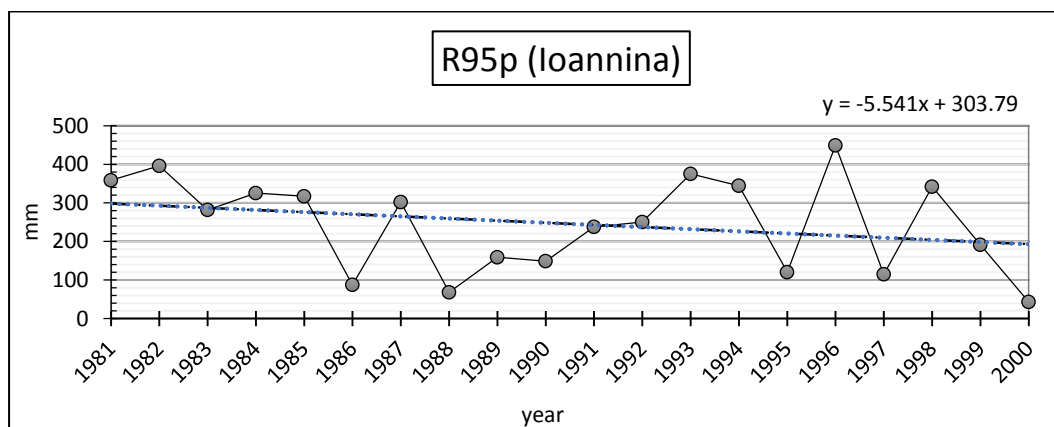


Διάγραμμα 4.1.7. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R10mm για την πόλη των Ιωαννίνων την περίοδο 1981-2000.

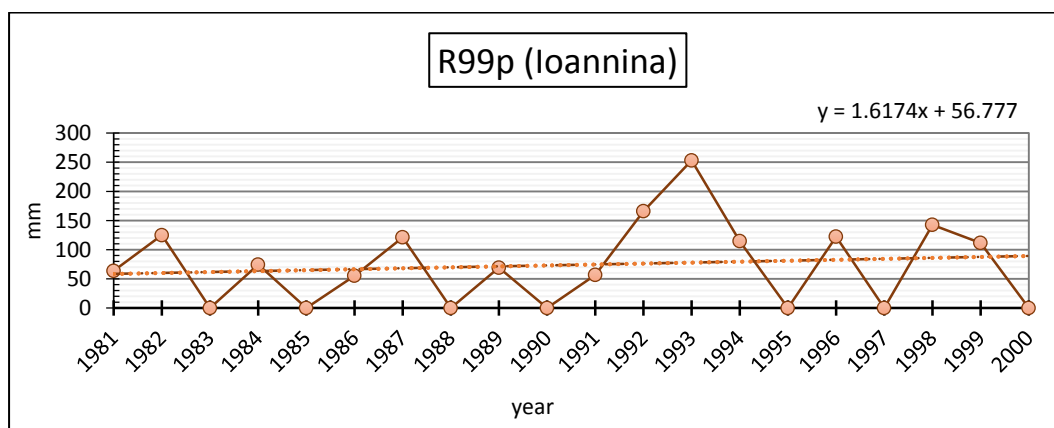


Διάγραμμα 4.1.8. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R25mm για την πόλη των Ιωαννίνων την περίοδο 1981-2000.

Ο δείκτης **R95p** (διάγραμμα 4.1.9.) παίρνει ελάχιστη τιμή 43 mm (2000), μέγιστη τιμή 449 mm (1996), ενώ εμφανίζει τάση ελάττωσης κατά 55 mm/10ετία. Ακολουθως, ο δείκτης **R99p** (διάγραμμα 4.1.10.) έχει ελάχιστη τιμή 0 mm (1983, 1985, 1988, 1990, 1995, 1997, 2000), μέγιστη τιμή 253,1 mm (1993) και εμφανίζει τάση αύξησης κατά 1,6 mm/έτος (16mm ανά δεκαετία).



Διάγραμμα 4.1.9. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R95p για την πόλη των Ιωαννίνων την περίοδο 1981-2000.

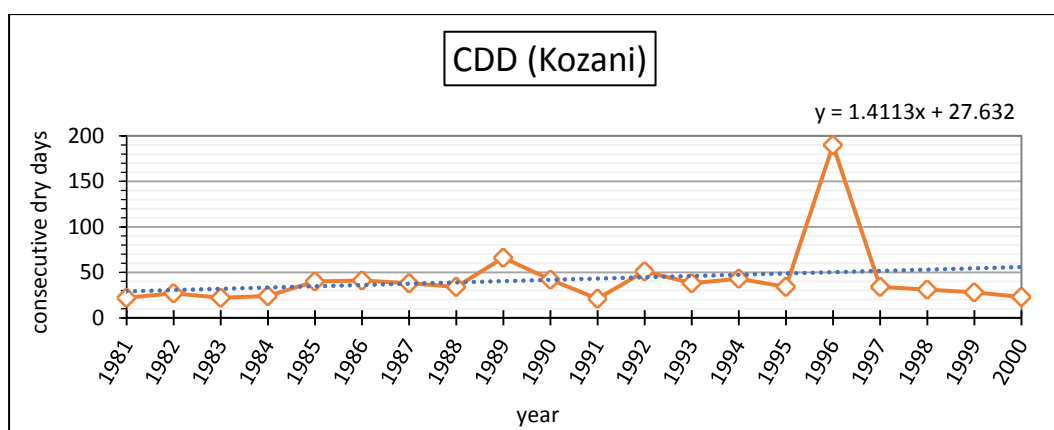


Διάγραμμα 4.1.10. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R99p για την πόλη των Ιωαννίνων την περίοδο 1981-2000.

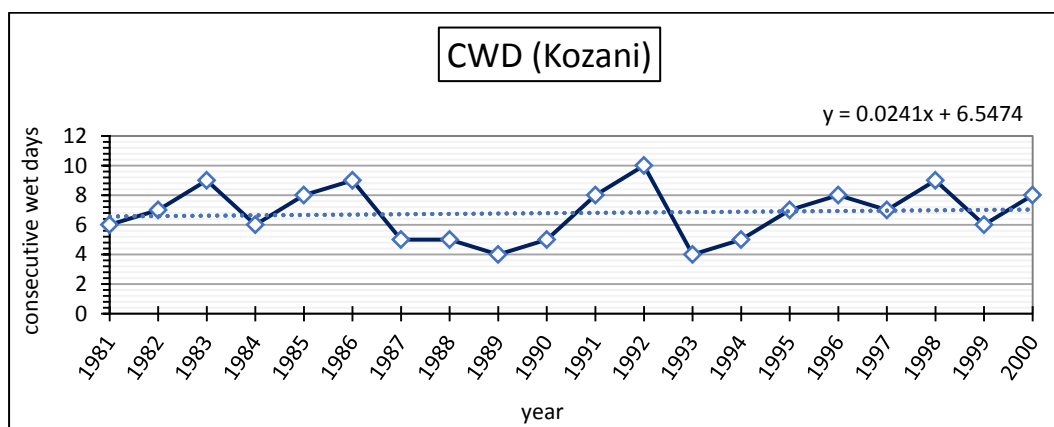
Σύνοψη: Με βάση τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι για την περίοδο 1981-2000 οι συνολικές βροχοπτώσεις σε ετήσια βάση μειώνονται (τόσο σε ύψος όσο και σε ημέρες) και οι ημέρες ξηρασίας αυξάνονται. Αντίθετα, η μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση και η μέγιστη βροχόπτωση συνεχόμενου 5ημέρου κινούνται ανοδικά.

4.2. ΚΟΖΑΝΗ

Σύμφωνα με τον μετεωρολογικό σταθμό στην πόλη της Κοζάνης, για την χρονική περίοδο 1981-2000, η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 433 mm, με 42 ημέρες συνεχόμενης ξηρασίας και 7 ημέρες συνεχόμενων βροχοπτώσεων ετησίως κατά μέσο όρο. Οι ημέρες με νετό ≥ 10 mm είναι 12 ετησίως, οι ημέρες με βροχόπτωση ≥ 25 mm είναι 2 ετησίως, ενώ η μέση ραγδιότητα των βροχοπτώσεων είναι 5 mm/day. Η μέση μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση υπολογίζεται σε 41 mm και η μέση μέγιστη βροχόπτωση 5 συνεχόμενων ημερών σε 39 mm. Το άθροισμα των ημερήσιων βροχοπτώσεων που υπερβαίνουν το 95% των συνολικών ημερησίων βροχοπτώσεων είναι 116 mm, ενώ το αντίστοιχο άθροισμα των βροχοπτώσεων που υπερβαίνουν το 99% των συνολικών βροχοπτώσεων ανέρχεται σε 42 mm κατά μέσο όρο.



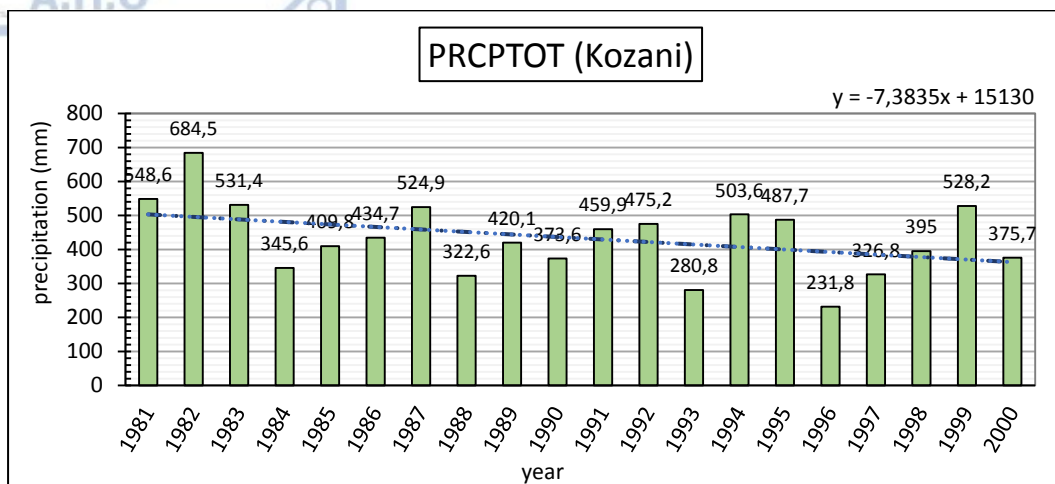
Διάγραμμα 4.2.1. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CDD για την πόλη της Κοζάνης την περίοδο 1981-2000.



Διάγραμμα 4.2.2. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CWD για την πόλη της Κοζάνης την περίοδο 1981-2000.

Στα διαγράμματα 4.2.1. και 4.2.2. απεικονίζονται οι δείκτες **CDD** και **CWD** αντίστοιχα. Όσον αφορά τον πρώτο, εμφανίζει μέγιστη τιμή 190 διαδοχικές ημέρες ξηρασίας (1996) και ελάχιστη 21 ημέρες (1991). Η τάση του δείκτη δείχνει αύξηση των διαδοχικών ημερών ξηρασίας κατά 14 ανά δεκαετία (1,4 ανά έτος), ωστόσο η μέγιστη τιμή των 190 συνεχόμενων ημερών ξηρασίας το 1996 αποτελεί εξαιρετικά ακραία τιμή και ως εκ τούτου επηρεάζει σημαντικά την τάση. Στην περίπτωση του δείκτη CWD

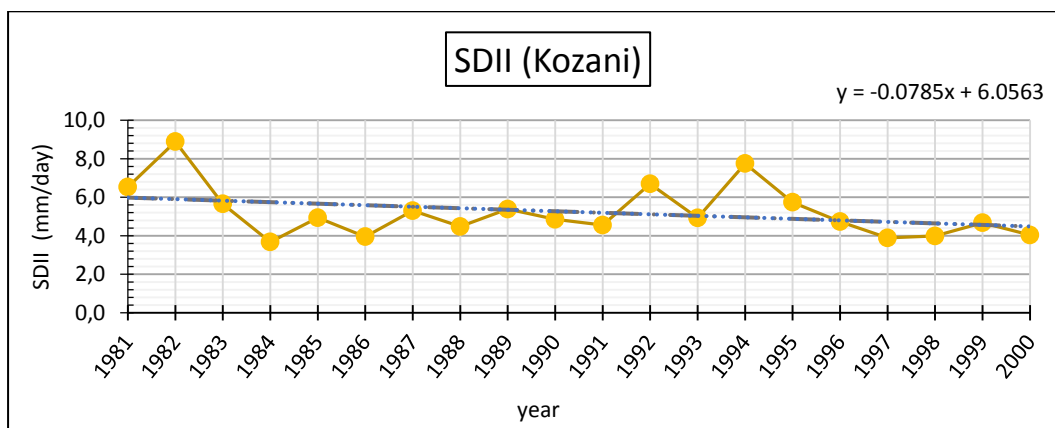
μέγιστη τιμή είναι οι 10 διαδοχικές ημέρες βροχόπτωσης (1992), ελάχιστη οι 4 ημέρες (1989,1993) και η τάση είναι ελαφρώς θετική δείχνοντας αύξηση των διαδοχικών υγρών ημερών κατά 0,2 ανά δεκαετία.



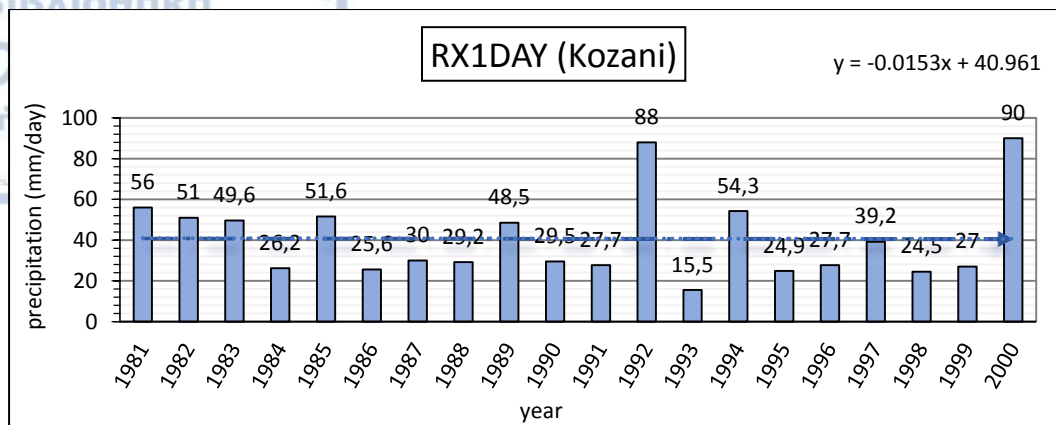
Διάγραμμα 4.2.3. Ετήσια διακύμανση του δείκτη PRCPTOT για την πόλη της Κοζάνης την περίοδο 1981-2000.

Ο δείκτης **PRCPTOT** (διάγραμμα 4.2.3.), με μέγιστη τιμή συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης τα 684,5 mm (1982) και ελάχιστη τα 231,8 mm (1996), εμφανίζει πτωτική τάση κατά ~7,4 mm ανά έτος (74mm/10ετία), η οποία είναι αρκετά σημαντική.

Όσον αφορά τον δείκτη **SDII** (διάγραμμα 4.2.4.) η μέγιστη μέση ετήσια ραγδιότητα βροχής ανέρχεται σε 8,9 mm/day (1982), ενώ η ελάχιστη σε 3,7 mm/day (1984). Ο δείκτης μειώνεται με αργό ρυθμό κατά 0,7 mm/day ανά δεκαετία.



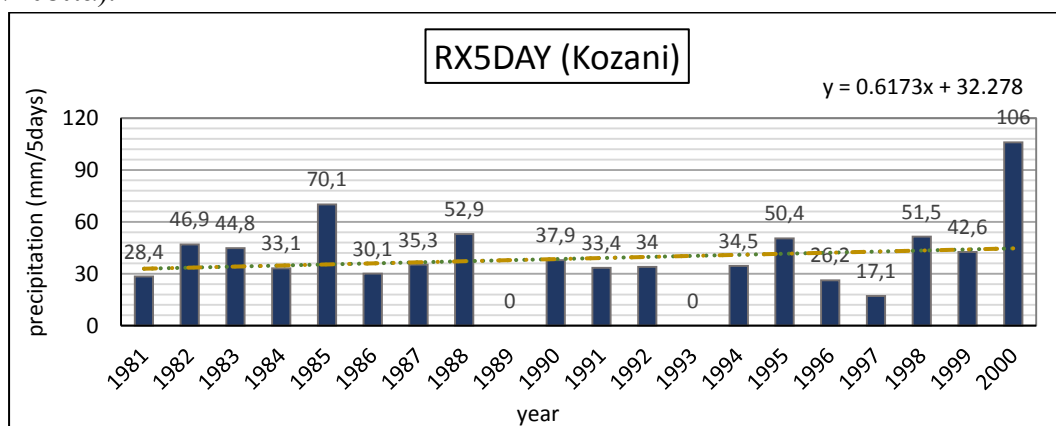
Διάγραμμα 4.2.4. Ετήσια διακύμανση του δείκτη SDII για την πόλη της Κοζάνης την περίοδο 1981-2000.



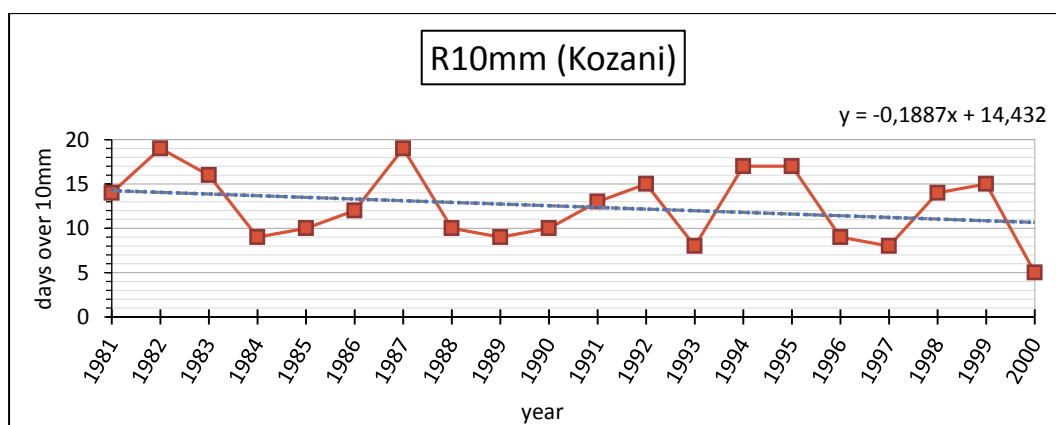
Διάγραμμα 4.2.5. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX1DAY για την πόλη της Κοζάνης την περίοδο 1981-2000.

Για τον δείκτη **RX1DAY** (διάγραμμα 4.2.5.) μέγιστη τιμή είναι τα 90 mm (2000), ελάχιστη τα 15,5 mm και η τάση που επικρατεί είναι ελαφρώς αρνητική, με μείωση 0,1 mm/day ανά δεκαετία.

Αντίστοιχα, ο δείκτης **RX5DAY** (διάγραμμα 4.2.6.) εμφανίζει μέγιστη τιμή 106 mm (2000) και ελάχιστη τιμή 0 κατά τα έτη 1989 και 1993 (δεν παρατηρήθηκαν 5 συνεχόμενες ημέρες με νετό). Ο δείκτης παρουσιάζει αυξητική τάση κατά 0,6 mm/έτος (6 mm/10ετία).



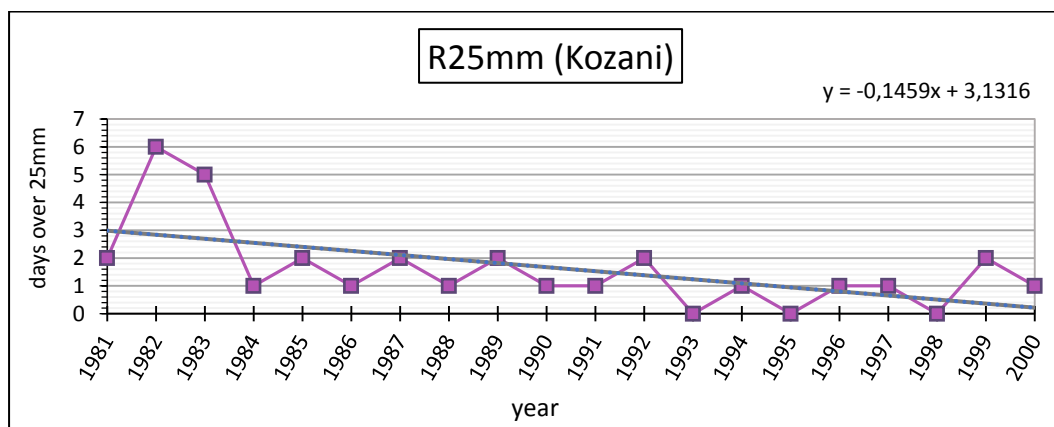
Διάγραμμα 4.2.6. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX5DAY για την πόλη της Κοζάνης την περίοδο 1981-2000.



Διάγραμμα 4.2.7. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R10mm για την πόλη της Κοζάνης την περίοδο 1981-2000.

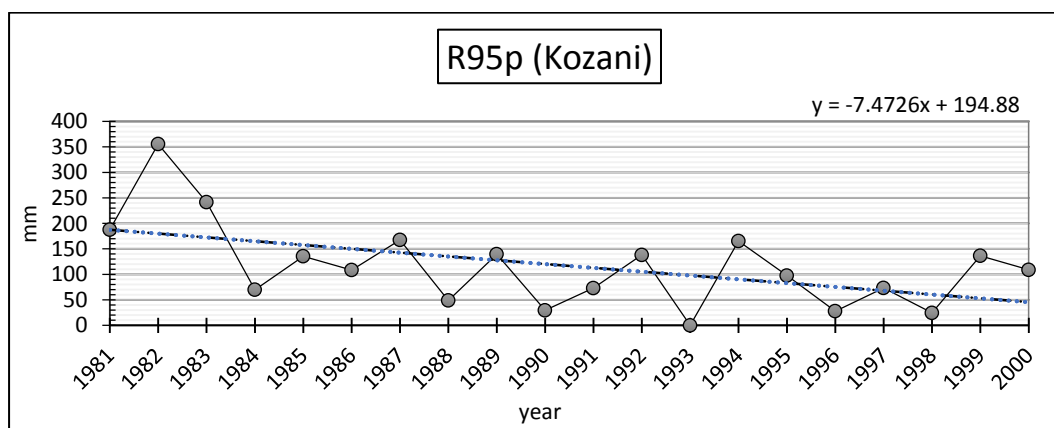
Σύμφωνα με τον δείκτη **R10mm** (διάγραμμα 4.2.7.) ο μέγιστος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ≥ 10 mm ετησίως ήταν 19 (1982, 1987) και ο ελάχιστος ήταν 5 ημέρες (2000). Η τάση του δείκτη είναι καθοδική με ρυθμό $\sim 1,9$ ημέρες ανά δεκαετία ($-0,19$ ημέρες ανά έτος) εμφανίζοντας ωστόσο σημαντικές διακυμάνσεις.

Ομοίως, ο δείκτης **R25mm** (διάγραμμα 4.2.8.) παίρνει μέγιστη τιμή 6 (6 ημέρες με συνολική βροχόπτωση ≥ 25 mm) (1982), ελάχιστη 0 (1993, 1995, 1998), ενώ προκύπτει μείωση της τάξης των 1,4 ημερών /10ετία (δηλ. $-0,14$ ημέρες/έτος).

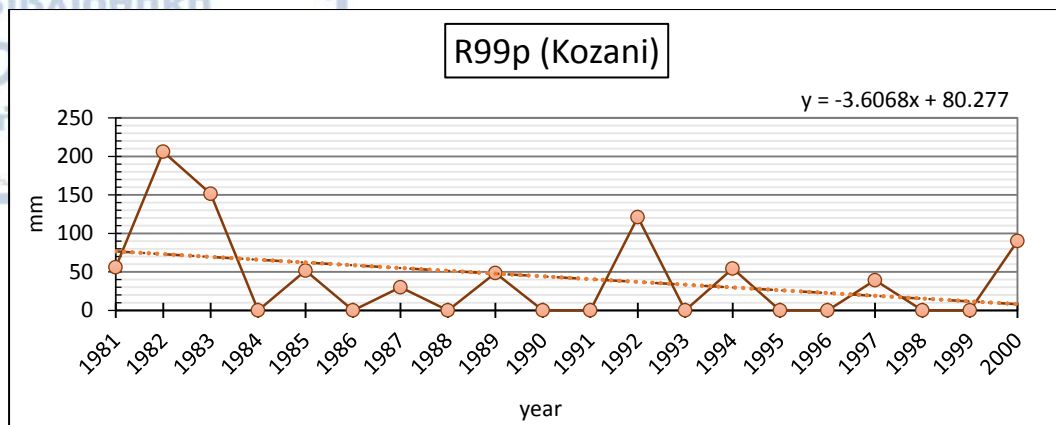


Διάγραμμα 4.2.8. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R25mm για την πόλη της Κοζάνης την περίοδο 1981-2000.

Αναφορικά με τους δείκτες **R95p** (διάγραμμα 4.2.9.) και **R99p** (διάγραμμα 4.2.10.), ο πρώτος εμφανίζει μέγιστη τιμή 355,5 mm (1982), ελάχιστη 0 mm (1993) και έχει τάση μείωσης κατά 7,5 mm/έτος (-75 mm/10ετία). Ο δεύτερος έχει μέγιστη τιμή 206 mm (1982), ελάχιστη 0 mm (1984, 1986, 1988, 1990, 1991, 1993, 1995, 1996, 1998, 1999), ενώ διακρίνεται μείωση της τάξης των 3,6 mm/έτος (36 mm/10ετία).



Διάγραμμα 4.2.9. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R95p για την πόλη της Κοζάνης την περίοδο 1981-2000.

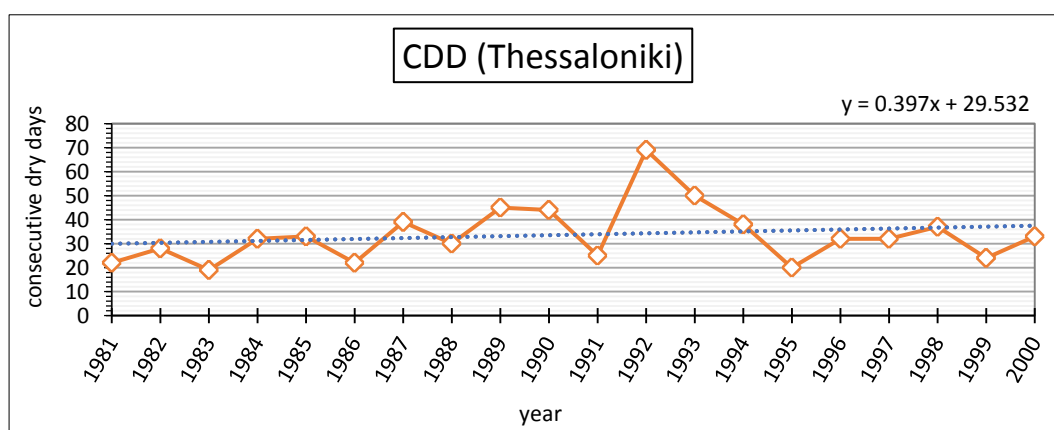


Διάγραμμα 4.2.10. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R99p για την πόλη της Κοζάνης την περίοδο 1981-2000.

Σύνοψη: Λαμβάνοντας υπόψιν τους παραπάνω δείκτες για την πόλη της Κοζάνης την περίοδο 1981-2000, προκύπτει μείωση του συνολικού ετήσιου νετού με παράλληλη αύξηση των ημερών συνεχόμενης ξηρασίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι σημαντική μείωση παρουσιάζουν τα ακραία επεισόδια βροχής (δείκτες R95p, R99p).

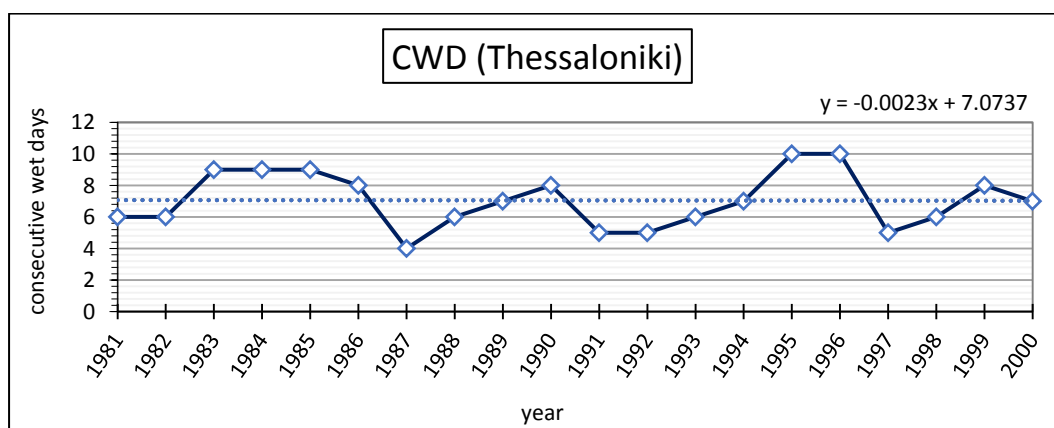
4.3. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Για το σταθμό της Θεσσαλονίκης, τη χρονική περίοδο 1981-2000, η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 409 mm, κατά μέσο όρο εμφανίζει 34 ημέρες συνεχόμενης ξηρασίας ετησίως και 7 ημέρες συνεχόμενων βροχοπτώσεων. Οι ημέρες με ημερήσια βροχόπτωση ≥ 10 mm είναι 12 ανά έτος, ενώ με βροχόπτωση ≥ 25 mm είναι 2 ανά έτος. Η μέση μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 42 mm, η μέση μέγιστη βροχόπτωση 5 συνεχόμενων ημερών σε 46 mm και η μέση ημερήσια ένταση των βροχοπτώσεων είναι 5 mm/day. Το άθροισμα των βροχοπτώσεων που βρίσκονται πάνω από το 95% των συνολικών ημερησίων βροχοπτώσεων αγγίζει τα 123 mm και το άθροισμα των βροχοπτώσεων που ξεπερνούν το 99% των συνολικών ημερησίων βροχοπτώσεων τα 41 mm.



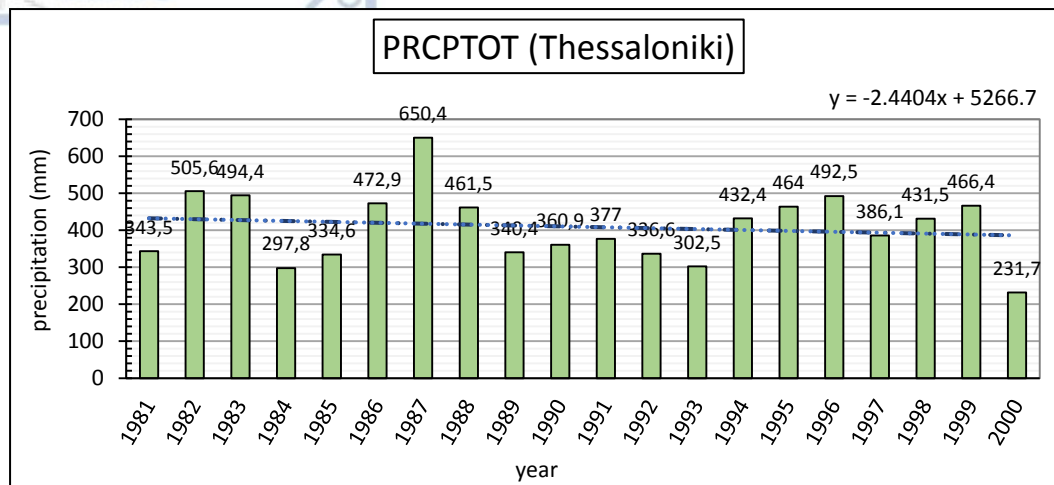
Διάγραμμα 4.3.1. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CDD για την πόλη της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1981-2000.

Στο *διάγραμμα 4.3.1.* της ετήσιας διακύμανσης του δείκτη **CDD**, η μέγιστη τιμή είναι 69 (69 συνεχόμενες ημέρες ξηρασίας), κατά το έτος 1992 και η ελάχιστη τιμή είναι 19 κατά το 1983. Ο δείκτης κινείται ανοδικά με ρυθμό 0,4 ημέρες ξηρασίας ανά έτος δηλαδή 4 ημέρες ανά δεκαετία.



Διάγραμμα 4.3.2. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CWD για την πόλη της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1981-2000.

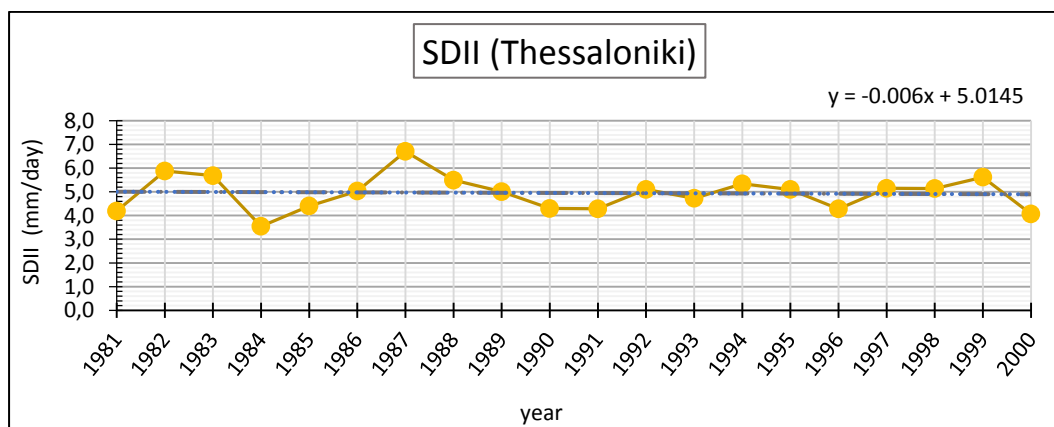
Στο *διάγραμμα 4.3.2.* προβάλλεται η μεταβολή του δείκτη **CWD**. Η μέγιστη τιμή του δείκτη είναι 10 (10 συνεχόμενες ημέρες βροχόπτωσης) τα έτη 1995, 1996 και η ελάχιστη τιμή 4 το έτος 1987. Τέλος, ο δείκτης δεν εμφανίζει κάποια τάση.



Διάγραμμα 4.3.3. Ετήσια διακύμανση του δείκτη PRCPTOT για την πόλη της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1981-2000.

Στην περίπτωση του δείκτη **PRCPTOT** (*διάγραμμα 4.3.3.*), η μέγιστη ετήσια βροχόπτωση έφτασε τα 650,4 mm (1987) ενώ η ελάχιστη τα 231,7 mm (2000). Η τάση που προκύπτει από την ανάλυση των δεδομένων είναι αρκετά ισχυρή και δείχνει μείωση της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης κατά 2,44 mm/έτος (μείωση 24,4mm/10ετία).

Ακολούθως, ο δείκτης **SDII** (*διάγραμμα 4.3.4.*) έχει μέγιστη τιμή τα 6,7 mm/day (1987) και ελάχιστη τα 3,5mm/day (1984). Δεν εμφανίζει ευκρινή τάση μεταβολής.

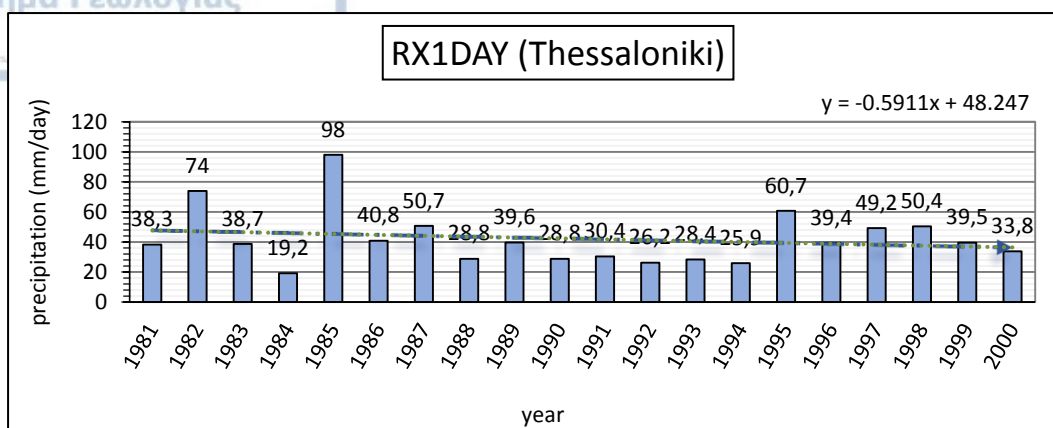


Διάγραμμα 4.3.4. Ετήσια διακύμανση του δείκτη SDII για την πόλη της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1981-2000.

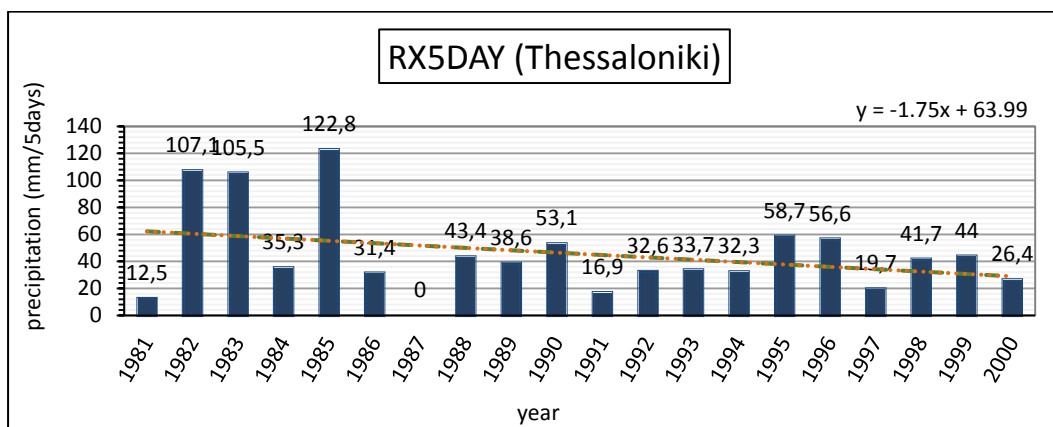
Ο δείκτης **RX1DAY** (*διάγραμμα 4.3.5.*) παρουσιάζει μέγιστη τιμή 98 mm/day (1985), ελάχιστη 19,3 mm/day (1984), ενώ εμφανίζει τάση μείωσης κατά 0,6 mm/day ανά έτος (ελάττωση 6 mm/day ανά δεκαετία).

Στην περίπτωση του δείκτη **RX5DAY** (*διάγραμμα 4.3.6.*), σημειώνεται μέγιστη τιμή στα 122,8 mm/5days (1985) και ελάχιστη στο 0 (το 1987 δεν υπήρξαν 5 συνεχόμενες

ημέρες βροχόπτωσης στην Θεσσαλονίκη). Ακόμα, προκύπτει αρνητική τάση της τάξης του 1,75 mm/έτος (17,5 mm/δεκαετία).

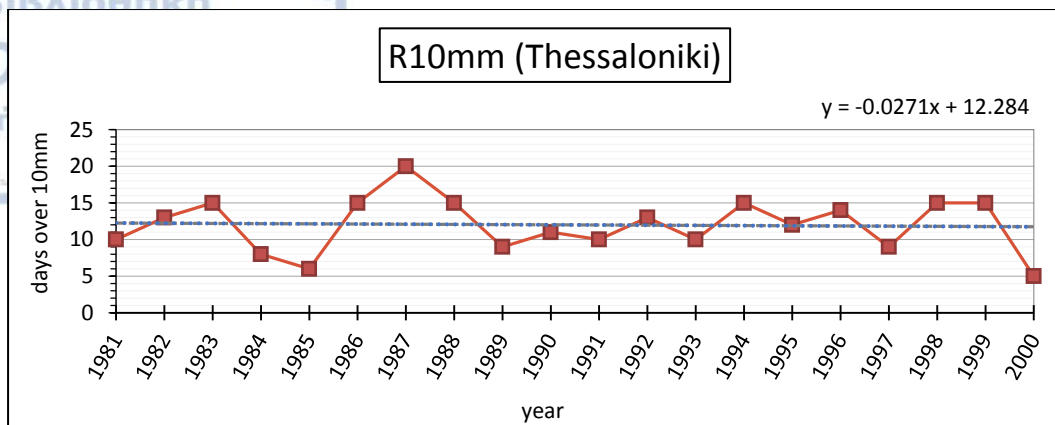


Διάγραμμα 4.3.5. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX1DAY για την πόλη της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1981-2000.

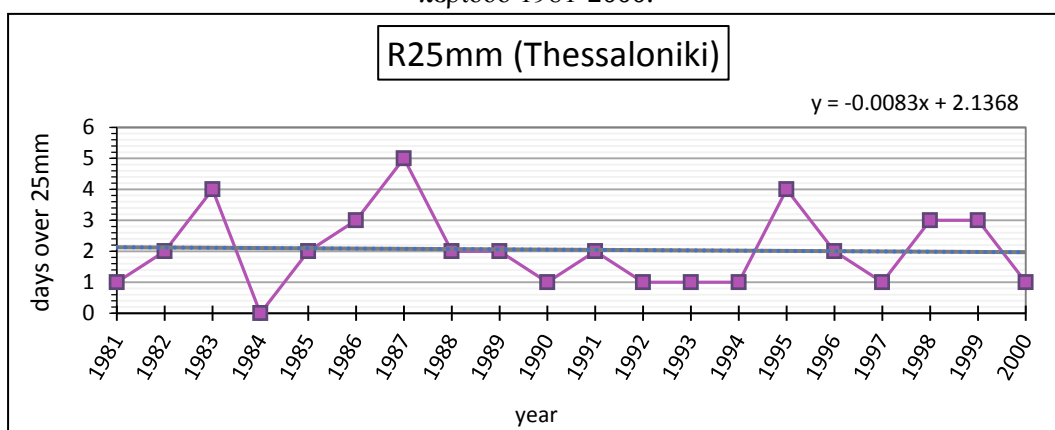


Διάγραμμα 4.3.6. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX5DAY για την πόλη της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1981-2000.

Στα παρακάτω διαγράμματα, 4.3.7. και 4.3.8., απεικονίζονται οι δείκτες **R10mm** και **R25mm** αντίστοιχα. Ο δείκτης R10mm παίρνει μέγιστη τιμή 20 το 1987 και ελάχιστη 5 το 2000, ενώ παρουσιάζει μικρή αρνητική τάση -0,02 ημέρες ανά έτος δηλαδή -0,2 ημέρες ανά δεκαετία. Σχετικά με τον δείκτη R25mm, αυτός εμφανίζει μέγιστη τιμή 5 το έτος 1987 και ελάχιστη τιμή 0 το 1984. Αντίστοιχα, η τάση είναι αρνητική, όπως στον δείκτη R10mm, αλλά μικρότερης κλίμακας (-0,008 ανά έτος δηλ. -0,08 ανά δεκαετία). Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι το 1987 ήταν το έτος με τον μεγαλύτερο αριθμό ημερών αξιοσημείωτης βροχόπτωσης.

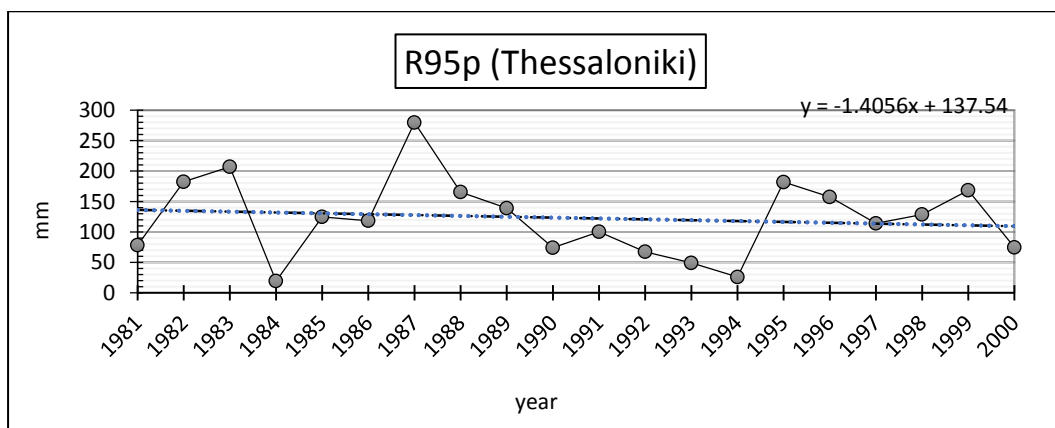


Διάγραμμα 4.3.7. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R10mm για την πόλη της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1981-2000.

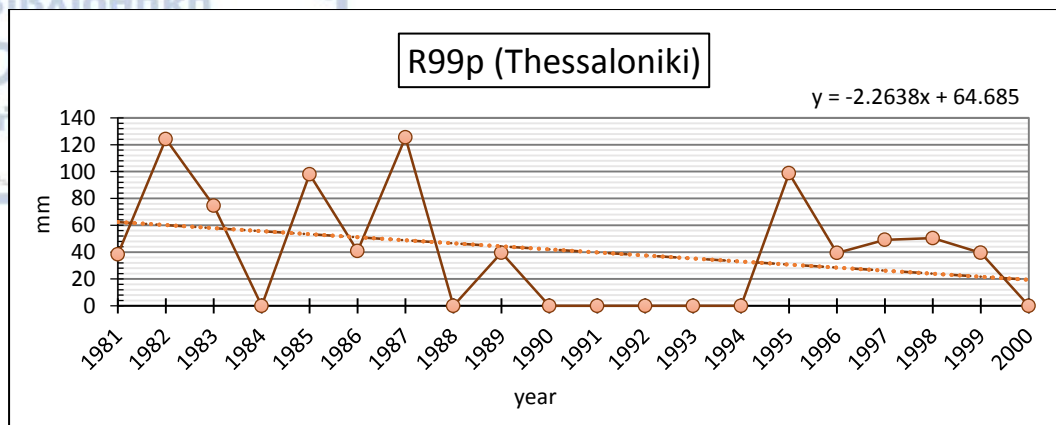


Διάγραμμα 4.3.8. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R25mm για την πόλη της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1981-2000.

Αναφορικά με τον δείκτη **R95p** (διάγραμμα 4.3.9.), η μέγιστη τιμή είναι 279,7 mm (1987) και η ελάχιστη 19,2 mm (1984). Ακόμα, επικρατεί τάση ελάττωσης κατά 14 mm ανά δεκαετία (-1,4 mm/year). Κατά τον ίδιο τρόπο, ο δείκτης **R99p** (διάγραμμα 4.3.10.) με μέγιστη τιμή 125,5 mm (1987) και ελάχιστη 0 mm (1984, 1990-1994) εμφανίζει, αντιστοίχως, τάση ελάττωσης, με μεγαλύτερο ρυθμό ωστόσο που κυμαίνεται στα 22,6 mm ανά δεκαετία (-2,26 mm /year).



Διάγραμμα 4.3.9. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R95P για την πόλη της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1981-2000.

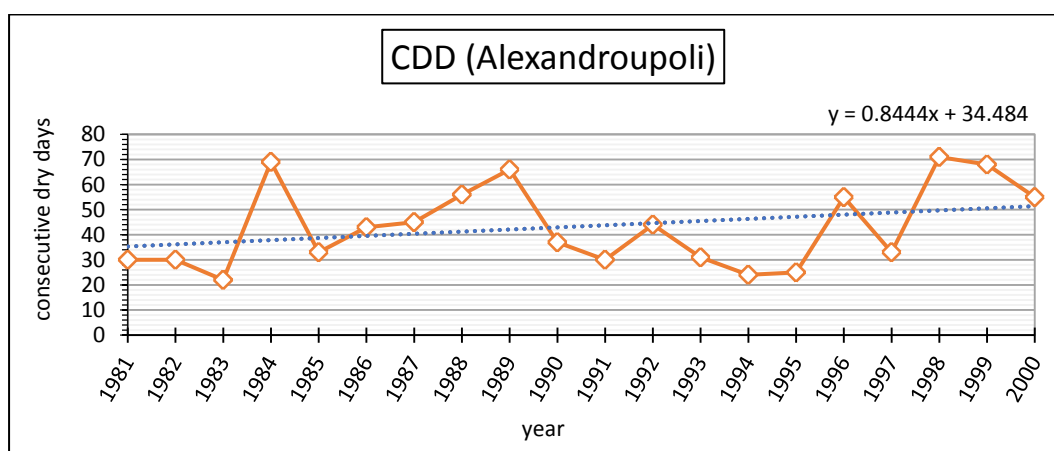


Διάγραμμα 4.3.10. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R99P για την πόλη της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1981-2000.

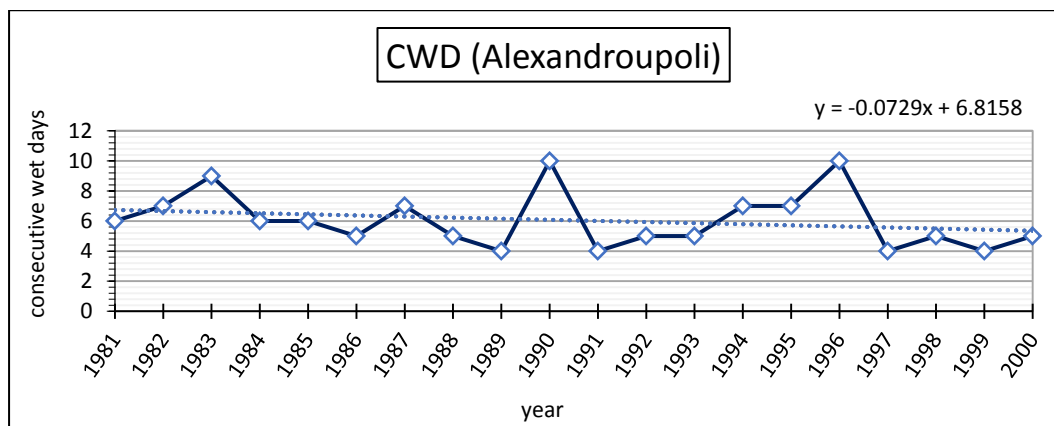
Σύνοψη : Συνολικά, για την πόλη της Θεσσαλονίκης παρατηρείται μείωση των έντονων βροχοπτώσεων, αλλά και του ετήσιου όγκου βροχής ενώ συγχρόνως, ο αριθμός των ημερών ξηρασίας εμφανίζει αυξητική τάση. Όσον αφορά τα ακραία φαινόμενα αυτά παρουσιάζουν μια έξαρση κατά το πρώτο μισό της περιόδου αναφοράς (1981-1988), στη συνέχεια ακολουθεί μια περίοδος κατά την οποία εμφανίζουν σημαντική μείωση (1988-1994) ενώ από το 1995 και μετά παρατηρείται εκ νέου αύξηση.

4.4. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ

Όσον αφορά την πόλη της Αλεξανδρούπολης, την χρονική περίοδο 1981-2000, η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται στα 474 mm με τον μέσο μέγιστο αριθμό διαδοχικών ημερών ξηρασίας να φτάνει τις 43 και τον μέσο μέγιστο αριθμό διαδοχικών βροχοπτώσεων τις 6 ημέρες. Κατά την εικοσαετία αυτή καταγράφονται κατά μέσο όρο, 15 ημέρες ετησίως όπου η ημερήσια βροχόπτωση υπερβαίνει τα 10 mm (≥ 10 mm) και 3 ημέρες που υπερβαίνει τα 25 mm (≥ 25 mm). Επιπλέον, η μέση μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 56 mm ενώ η μέση μέγιστη βροχόπτωση 5 συνεχόμενων ημερών σε 42 mm, με την μέση ημερήσια ραγδαιότητα να είναι 7 mm/day. Το άθροισμα των βροχοπτώσεων που ξεπερνούν το 95% των συνολικών βροχοπτώσεων του έτους είναι 140 mm κατά μέσο όρο, ενώ το αντίστοιχο άθροισμα για το 99% των συνολικών ετήσιων βροχοπτώσεων είναι 50 mm.



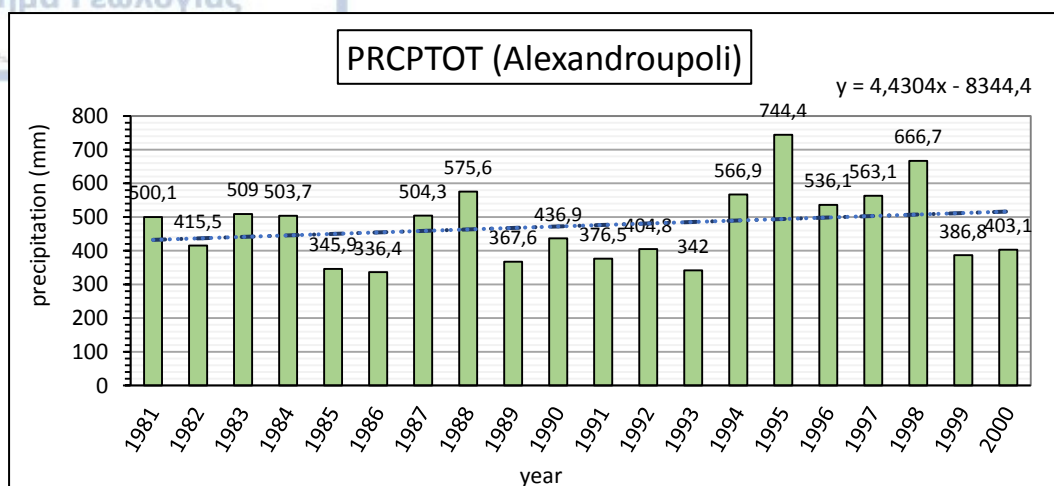
Διάγραμμα 4.4.1. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CDD για την Αλεξανδρούπολη την περίοδο 1981-2000.



Διάγραμμα 4.4.2 Ετήσια διακύμανση του δείκτη CWD για την Αλεξανδρούπολη την περίοδο 1981-2000.

Σε σχέση με τους δείκτες **CDD** (διάγραμμα 4.4.1.) και **CWD** (διάγραμμα 4.4.2.), ο πρώτος εμφανίζει μέγιστη τιμή 71 ημέρες συνεχόμενης ξηρασίας (1998), ελάχιστη τιμή 22 ημέρες και διαπιστώνεται αυξητική τάση της τάξης των 0,84 ημερών ανά έτος (+8,4 ημέρες ξηρασίας ανά 10ετία). Ο δεύτερος, καταγράφει μέγιστη τιμή 10 ημέρες

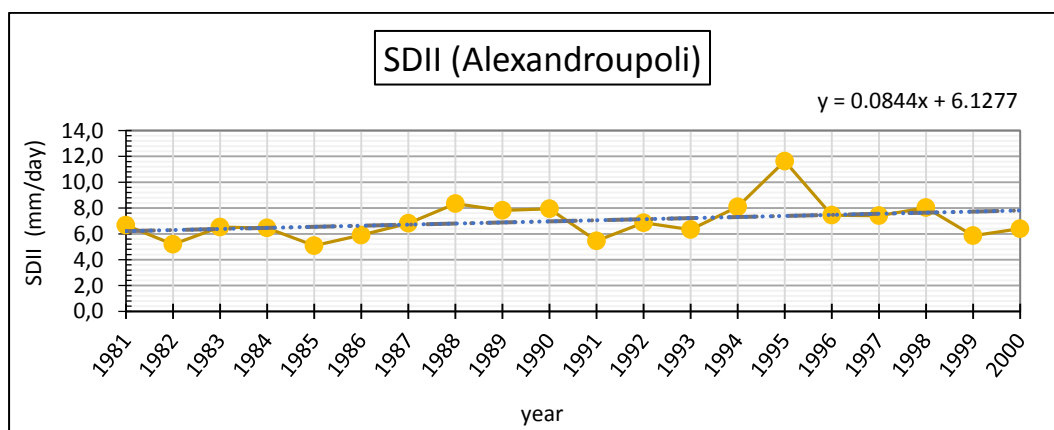
συνεχόμενης βροχόπτωσης (1990, 1996), ελάχιστη τιμή 4 ημέρες (1997, 1999) και παρουσιάζει μικρή μείωση κατά 0,07 ημέρες ανά έτος (-0,7 ημέρες ανά 10ετία).



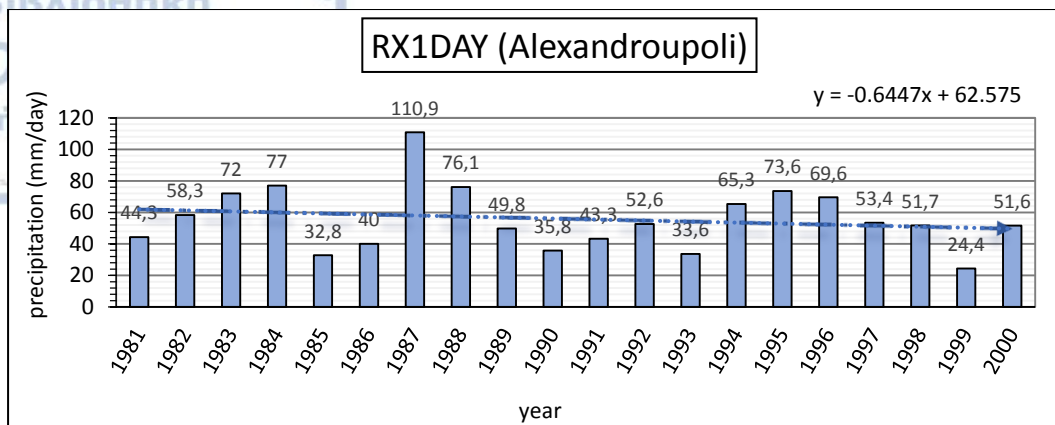
Διάγραμμα 4.4.3. Ετήσια διακύμανση του δείκτη PRCPTOT για την Αλεξανδρούπολη την περίοδο 1981-2000.

Η συνολική ετήσια βροχόπτωση (δείκτης **PRCPTOT**, *διάγραμμα 4.4.3.*) σημειώνει μέγιστη τιμή 744.4 mm (1995), ελάχιστη 336,4 mm (1986). Η τάση που επικρατεί είναι αυξητική κατά 4,4 mm/έτος (44 mm/10ετία).

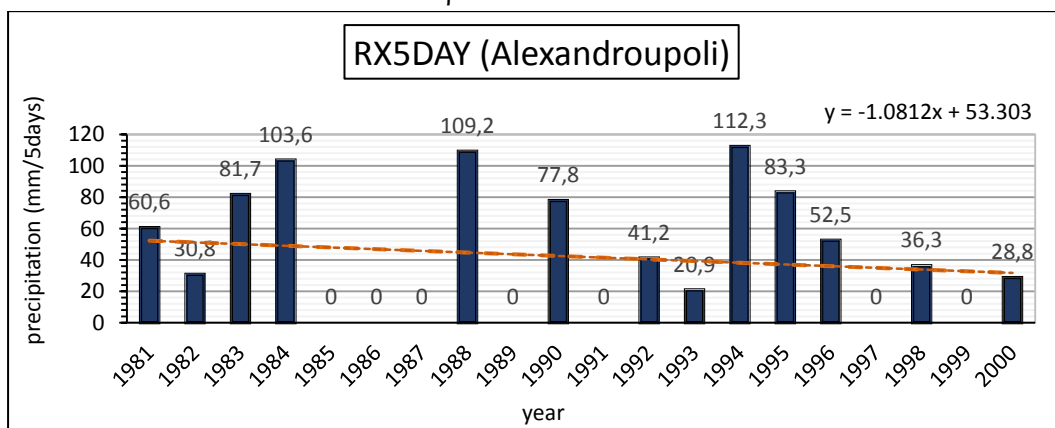
Εν συνεχεία, στον δείκτη **SDII** (*διάγραμμα 4.4.4.*) η μέγιστη μέση ημερήσια βροχόπτωση είναι 11,6 mm/day (1995), ενώ η ελάχιστη είναι 5,1 mm/day (1985) με την τάση να δείχνει μικρή αύξηση της μέσης ημερήσιας βροχόπτωσης κατά 0,8 mm/day ανά 10ετία.



Διάγραμμα 4.4.4. Ετήσια διακύμανση του δείκτη SDII για την Αλεξανδρούπολη την περίοδο 1981-2000.

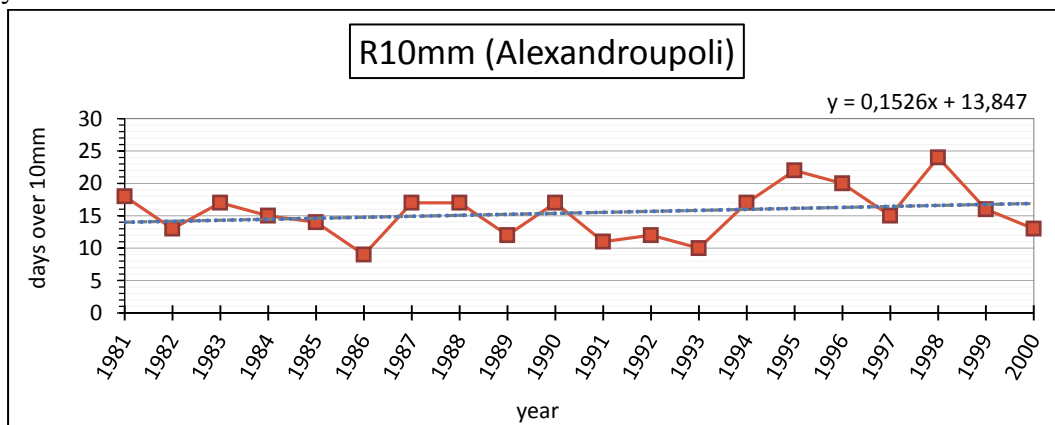


Διάγραμμα 4.4.5. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX1DAY για την Αλεξανδρούπολη την περίοδο 1981-2000.



Διάγραμμα 4.4.6. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX5DAY για την Αλεξανδρούπολη την περίοδο 1981-2000.

Αναφορικά με τους δείκτες **RX1DAY** (διάγραμμα 4.4.5.) και **RX5DAY** (διάγραμμα 4.4.6.), ο πρώτος εμφανίζει μέγιστη τιμή ημερήσιας βροχόπτωσης 110,9 mm (1987), ελάχιστη 24,4 mm (1999) και έχει τάση μείωσης κατά 0,64 mm/day ανά έτος (6,4 mm/day ανά δεκαετία). Ομοίως, ο δείκτης RX5DAY, παρουσιάζει μέγιστο 112,3 mm σε 5 διαδοχικές ημέρες βροχής (1994) ενώ η ελάχιστη τιμή είναι 0 τα έτη 1985-1987, 1989, 1991, 1997 και 1999, όπου δεν παρατηρήθηκαν 5 διαδοχικές ημέρες βροχόπτωσης. Ο δείκτης ακολουθεί ανάλογη πτωτική τάση με τον δείκτη RX1DAY κατά 1mm/5days ανά έτος.

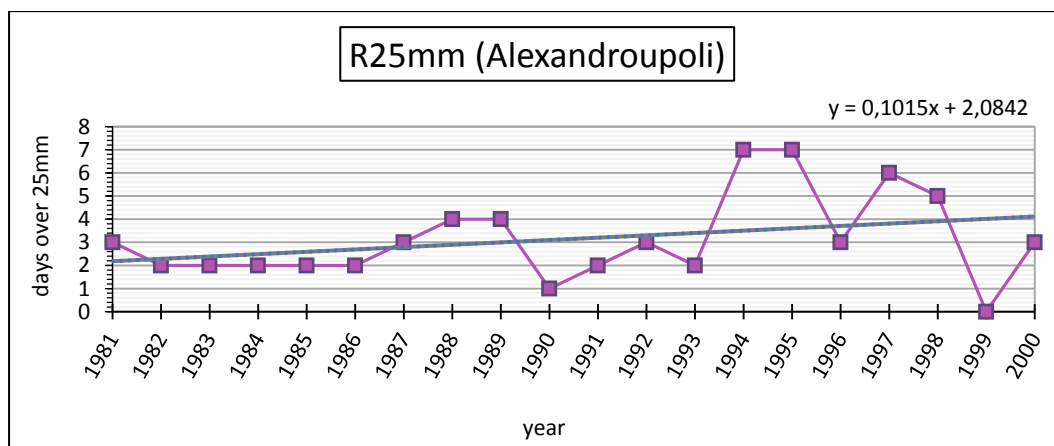


Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

Διάγραμμα 4.4.7. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R10mm για την Αλεξανδρούπολη την περίοδο 1981-2000.

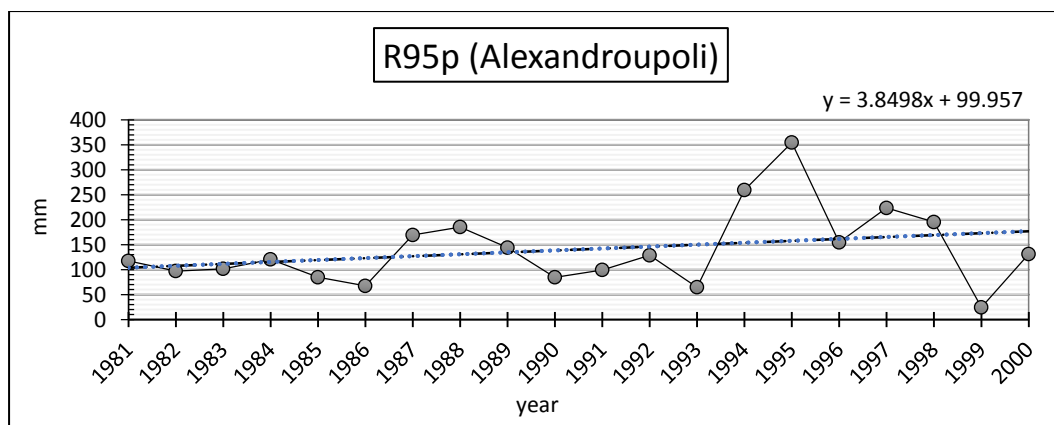
Σύμφωνα με τον δείκτη **R10mm** (διάγραμμα 4.4.7.), ο μέγιστος αριθμός ημερών με ημερήσια βροχόπτωση ≥ 10 mm ανά έτος, είναι 24 το 1998, ο ελάχιστος αριθμός ημερών είναι 9 το 1986. Η τάση καταγράφει άνοδο κατά 1,5 ημέρες ανά δεκαετία.

Ομοίως, ο δείκτης **R25mm** (διάγραμμα 4.4.8.), σημειώνει μέγιστη τιμή 7 ημερών με βροχόπτωση ≥ 25 mm κατά τα έτη 1994 και 1995 και ελάχιστη τιμή 0 το 1999, όπου καμία ημέρα ο υετός δεν υπερβαίνει τα 25 mm. Η τάση του δείκτη δείχνει ρυθμό αύξησης κατά 1 ημέρα ανά 10ετία.

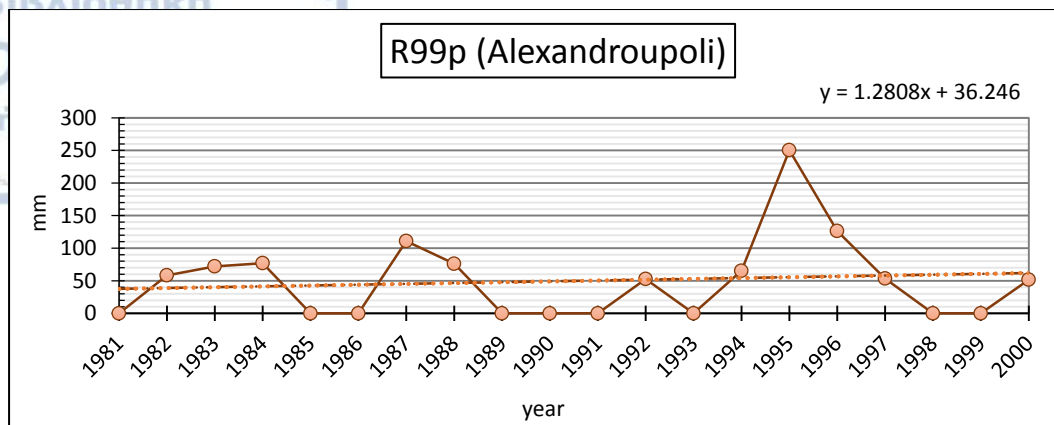


Διάγραμμα 4.4.8. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R25mm για την Αλεξανδρούπολη την περίοδο 1981-2000.

Στην περίπτωση του δείκτη **R95p** (διάγραμμα 4.4.9.), μέγιστη τιμή είναι τα 354,5 mm (1995), ελάχιστη τα 24,4 mm (1999), ενώ προκύπτει τάση αύξησης κατά 3,8 mm ανά έτος (38 mm/10ετία). Αντίθετα, ο δείκτης **R99p** (διάγραμμα 4.4.10.) εμφανίζει μέγιστο 250,4 mm (1995), ελάχιστο 0 mm (1981, 1995, 1996, 1989-1991, 1998, 1999) και η τάση δείχνει αύξηση κατά 12,8 mm ανά 10ετία.



Διάγραμμα 4.4.9. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R95p για την Αλεξανδρούπολη την περίοδο 1981-2000.

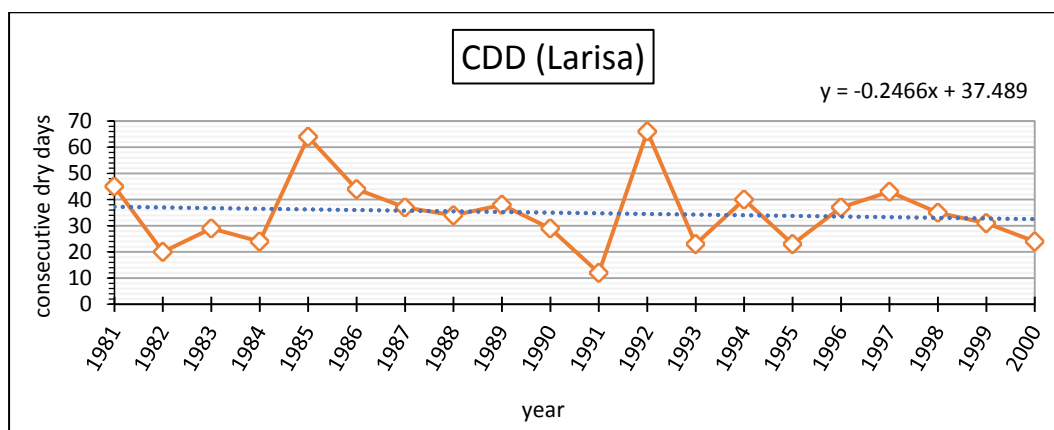


Διάγραμμα 4.4.10. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R99p για την Αλεξανδρούπολη την περίοδο 1981-2000.

Σύνοψη: Από την ανάλυση των παραπάνω δεικτών εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι διαδοχικές ημέρες ξηρασίας αυξάνονται και παράλληλα οι ημέρες βροχόπτωσης κατά την διάρκεια της περιόδου 1981-2000 μειώνονται. Επιπλέον, τόσο η μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση ανά έτος όσο και η μέγιστη βροχόπτωση 5 διαδοχικών ημερών παρουσιάζει μείωση. Σε αντίθεση ωστόσο με τα παραπάνω, το συνολικό ετήσιο ύψος βροχής σημειώνει αύξηση, γεγονός που οφείλεται στο ότι αυξάνεται το ύψος του υετού κατά τις ημέρες βροχόπτωσης (παρατηρείται αύξηση του αριθμού ημερών που η βροχόπτωση υπερβαίνει τα 10 και τα 25 mm), το οποίο αντικατοπτρίζεται και στην αύξηση της τιμής της μέσης ετήσιας ραγδαιότητας (δείκτης SDII). Συνεπώς, υπάρχει μείωση των ημερών βροχόπτωσης, αλλά αύξηση στο ύψος του υετού στις ημέρες αυτές.

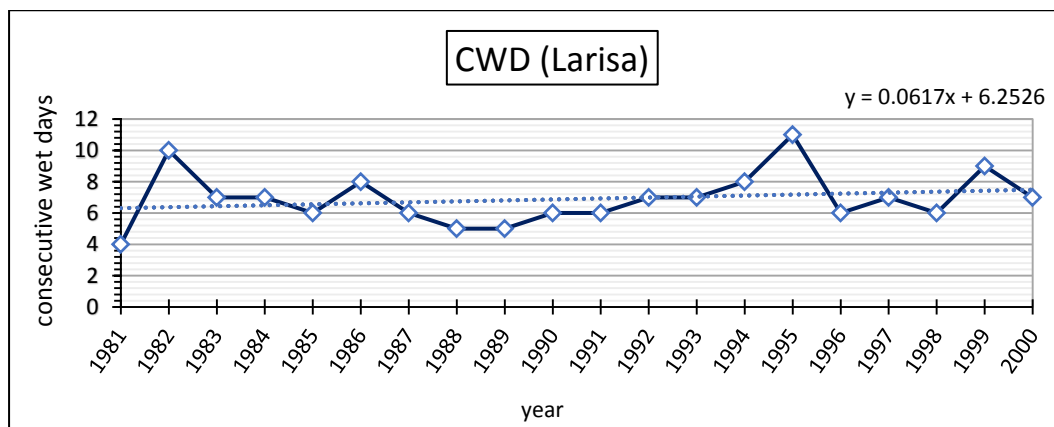
4.5. ΛΑΡΙΣΑ

Σύμφωνα με τον μετεωρολογικό σταθμό της Λάρισας, για την χρονική περίοδο 1981-2000 κατά μέσο όρο, η ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 415 mm, με μέσο μέγιστο 35 ημέρες συνεχόμενης ανομβρίας και 7 ημέρες διαδοχικών βροχοπτώσεων. Οι ημέρες όπου ο υετός ξεπέρασε τα 10 mm ήταν 12 κατά μέσο όρο, ενώ οι ημέρες με υετό ≥ 25 mm ήταν 2. Η μέση μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση υπολογίζεται στα 43 mm ενώ η μέση μέγιστη βροχόπτωση 5 διαδοχικών ημερών, στα 46 mm. Η μέση ραγδιότητα των συνολικών ετήσιων βροχοπτώσεων κυμαίνεται στα 5 mm/day, ενώ το άθροισμα των βροχοπτώσεων που υπερβαίνουν το 95% του συνολικού ετήσιου υετού είναι 130 mm με το αντίστοιχο άθροισμα για το 99% του συνόλου των βροχοπτώσεων να είναι 43 mm.



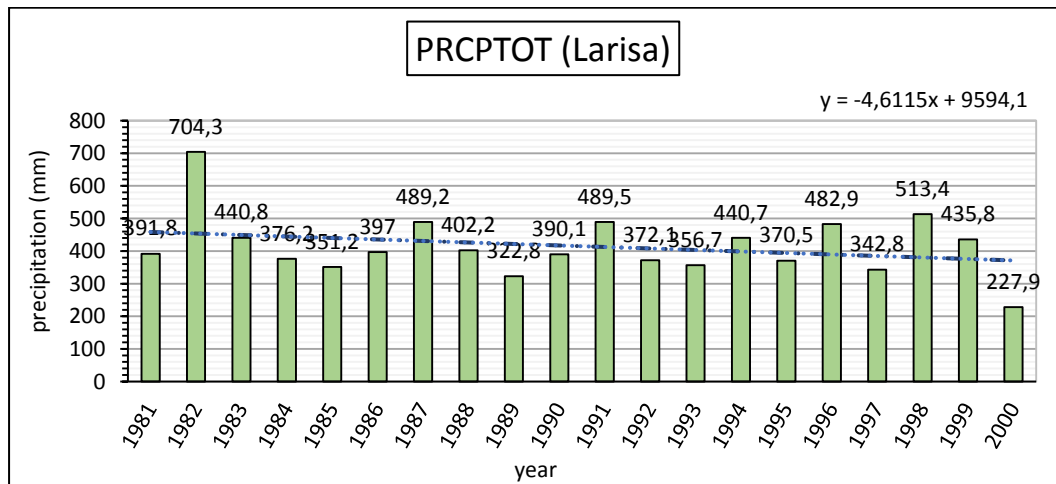
Διάγραμμα 4.5.1. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CDD για την πόλη της Λάρισας την περίοδο 1981-2000.

Στο *διάγραμμα 4.5.1.* παρουσιάζεται η ετήσια κατανομή του δείκτη **CDD** για την περίοδο 1981-2000. Ο δείκτης εμφανίζει μέγιστη τιμή 66 διαδοχικών ημερών ξηρασίας (1992), ελάχιστη τιμή 12 διαδοχικών ημερών ξηρασίας (1991) και ακολουθεί τάση ελάττωσης κατά ~2,5 ημέρες ανά δεκαετία.



Διάγραμμα 4.5.2. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CWD για την πόλη της Λάρισας την περίοδο 1981-2000.

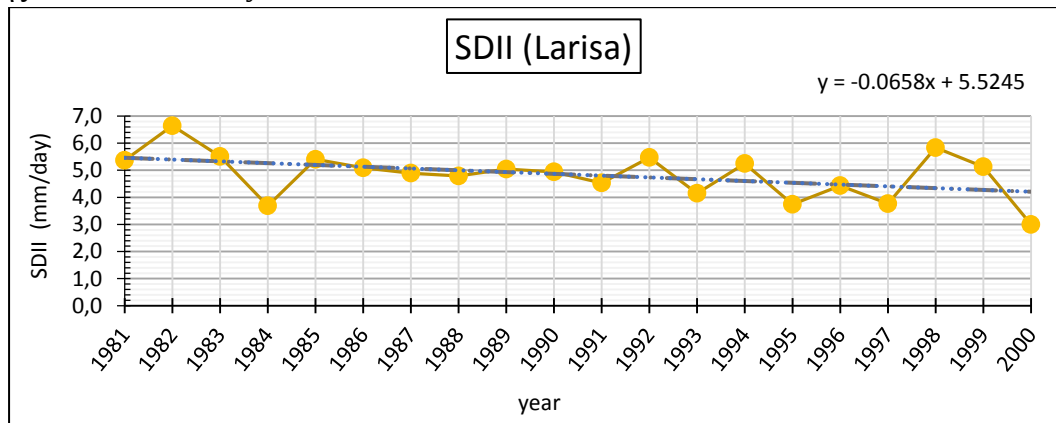
Στο **διάγραμμα 4.5.2.** απεικονίζεται η ετήσια κατανομή του δείκτη **CWD**. Ο δείκτης σημειώνει μέγιστο 11 διαδοχικών ημερών βροχόπτωσης το έτος 1995 και εμφανίζει ελάχιστο 4 ημερών το 1981. Η τάση του δείκτη δείχνει αύξηση των διαδοχικών ημερών βροχόπτωσης κατά 0,6 ημέρες/10ετία.



Διάγραμμα 4.5.3. Ετήσια διακύμανση του δείκτη PRCPTOT για την πόλη της Λάρισας την περίοδο 1981-2000.

Η συνολική ετήσια βροχόπτωση, που εξετάζεται από το δείκτη **PRCPTOT** (διάγραμμα 4.5.3.), εμφανίζει μέγιστο 704,3 mm (1982), ελάχιστο 227,9 mm (2000). Ακόμα, επικρατεί σημαντική τάση μείωσης του συνολικού ετήσιου νετού κατά 4,6 mm/έτος (46 mm/10ετία).

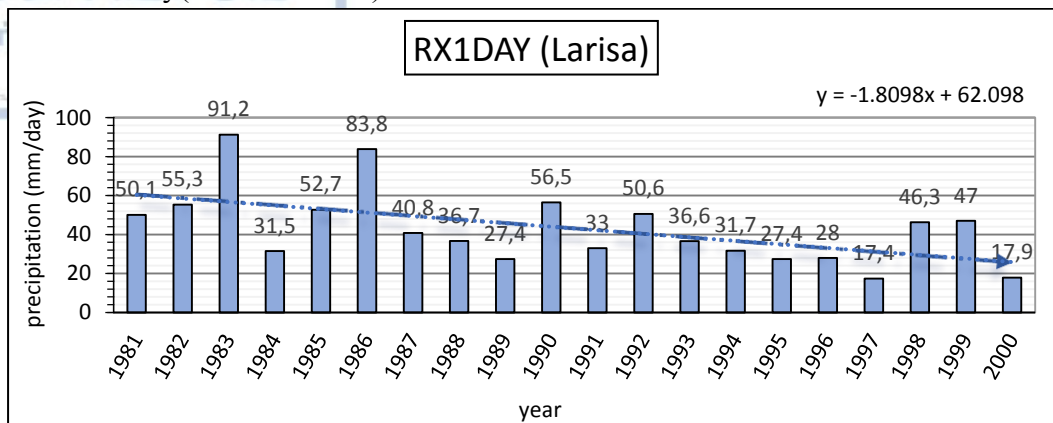
Ακολούθως, ο δείκτης **SDII** (διάγραμμα 4.5.4.), παρουσιάζει μέγιστη τιμή 6,6 mm/day (1982), ελάχιστη 3 mm/day (2000) και σημειώνει σταδιακή μείωση με ρυθμό της τάξης των 0,65 mm/day ανά δεκαετία.



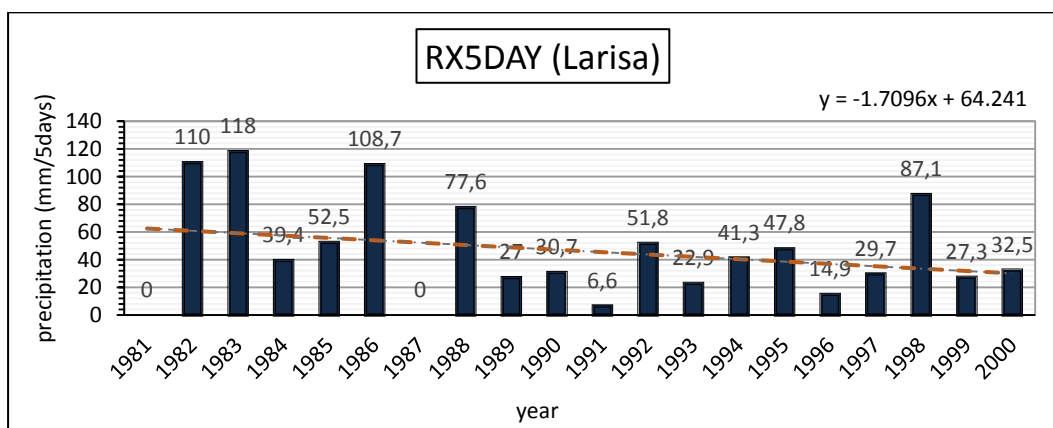
Διάγραμμα 4.5.4. Ετήσια διακύμανση του δείκτη SDII για την πόλη της Λάρισας την περίοδο 1981-2000.

Στην περίπτωση των δεικτών **RX1DAY** (διάγραμμα 4.5.5.) και **RX5DAY** (διάγραμμα 4.5.6.), ο πρώτος εμφανίζει μέγιστο 91,2 mm (1983), ελάχιστο 17,4 mm (1997) και τάση μείωσης της τάξης των 1,8 mm/day ανά έτος (ελάττωση κατά 18 mm/day ανά δεκαετία). Ενώ ο δεύτερος καταγράφει μέγιστο 118 mm/5days (1983), ελάχιστο 0 τα

έτη 1981, 1987 και η τάση προβάλλεται εξίσου αρνητική παρουσιάζοντας μείωση κατά 1,7 mm ανά έτος (17 mm/10ετία).



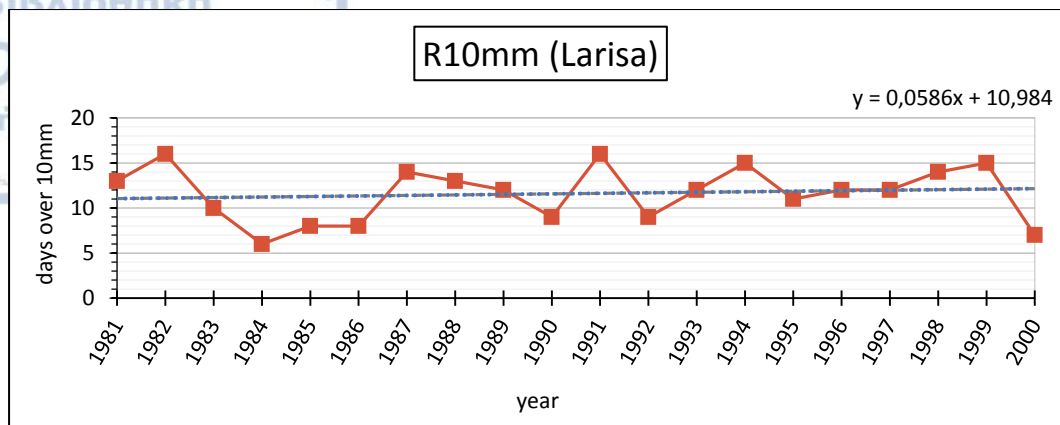
Διάγραμμα 4.5.5. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX1DAY για την πόλη της Λάρισας την περίοδο 1981-2000.



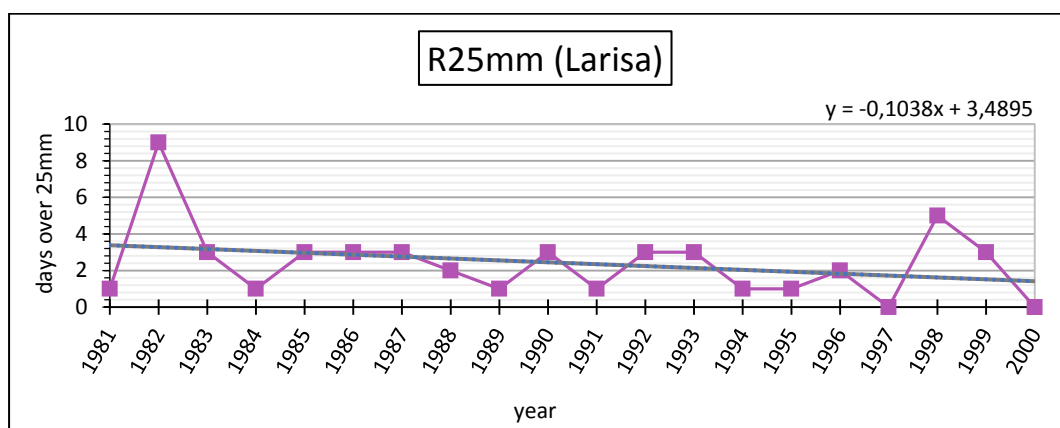
Διάγραμμα 4.5.6. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX5DAY για την πόλη της Λάρισας την περίοδο 1981-2000.

Επιπλέον, σύμφωνα με τον δείκτη **R10mm** (διάγραμμα 4.5.7.), ο μέγιστος ετήσιος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ≥ 10 mm ήταν 16 τα έτη 1982, 1991, ενώ ο ελάχιστος ήταν 6 το 1984 με τον δείκτη να ακολουθεί ελαφρώς αυξητική τάση κατά 0,5 ημέρες ανά δεκαετία.

Διαφορετική εικόνα παρουσιάζει ο δείκτης **R25mm** (διάγραμμα 4.5.8.), σύμφωνα με τον οποίο ο μέγιστος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ≥ 25 mm είναι 9 το 1982, ο ελάχιστος 0 τα έτη 1997, 2000 και όπου η τάση δείχνει μείωση κατά 1 ημέρα ανά δεκαετία (-0,1 ημέρες/έτος).



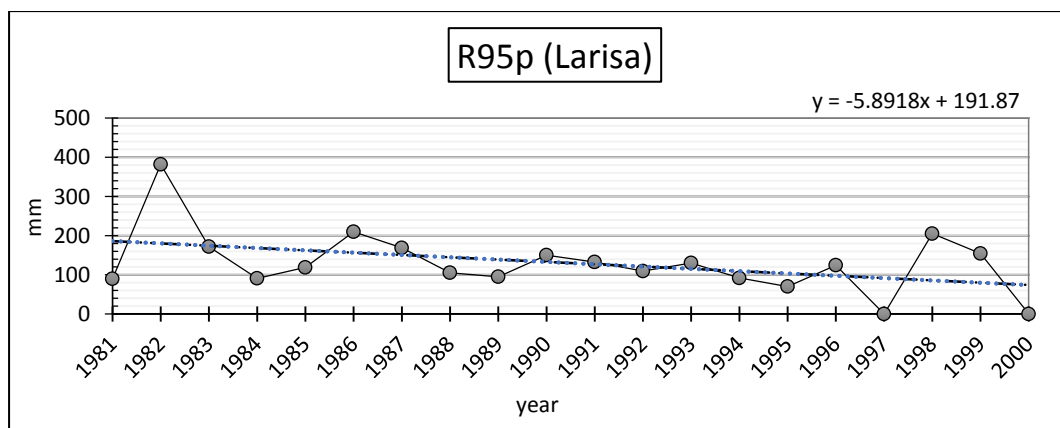
Διάγραμμα 4.5.7. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R10mm για την πόλη της Λάρισας την περίοδο 1981-2000.



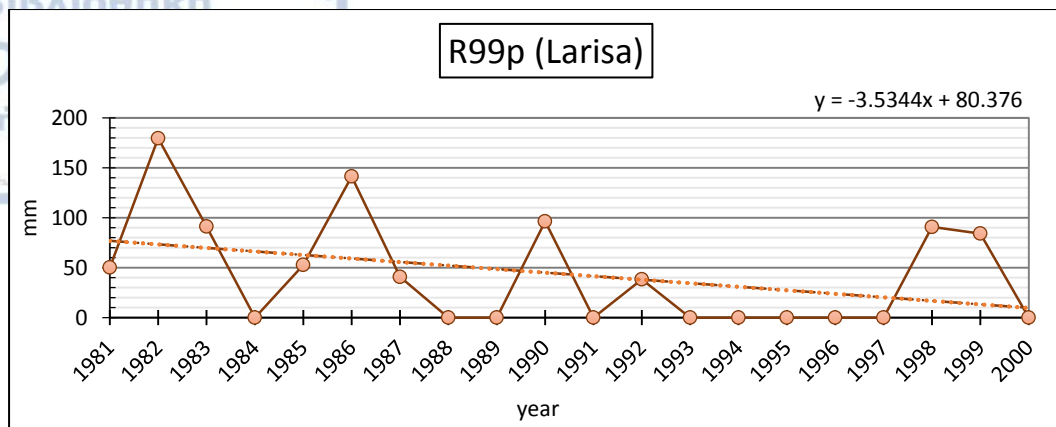
Διάγραμμα 4.5.8. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R25mm για την πόλη της Λάρισας την περίοδο 1981-2000.

Ο δείκτης **R95p** (διάγραμμα 4.5.9.) σημειώνει μέγιστη τιμή 382 mm (1982), ελάχιστη τιμή 0 mm (1997, 2000) και καταγράφει σημαντική τάση μείωσης με ρυθμό 5,89 mm/έτος (58,9 mm/10ετία).

Με όμοιο τρόπο, ο δείκτης **R99p** (διάγραμμα 4.5.10.), καταγράφει μέγιστη τιμή 179,6 mm (1982) και ελάχιστη 0 mm (1984, 1988, 1989, 1991, 1993-1997, 2000), ενώ ακολουθεί πτωτική τάση της τάξης των 3,5 mm/έτος (-35 mm/10ετία).



Διάγραμμα 4.5.9. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R95p για την πόλη της Λάρισας την περίοδο 1981-2000.

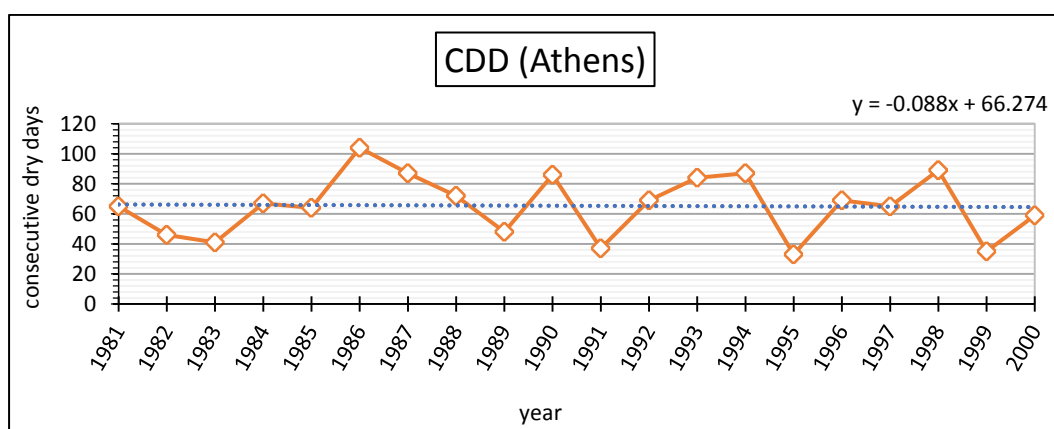


Διάγραμμα 4.5.10. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R99p για την πόλη της Λάρισας την περίοδο 1981-2000.

Σύνοψη: Από την εξέταση των παραπάνω στοιχείων γίνεται αντιληπτό ότι, με εξαίρεση τον δείκτη R10mm που εμφανίζει μικρή αύξηση, οι 9 στους 10 δείκτες υποδεικνύουν γενική μείωση των βροχοπτώσεων για την 20ετία 1981-2000 τόσο σε ημερήσιο όσο και σε ετήσιο επίπεδο με παράλληλη αύξηση των ημερών ξηρασίας.

4.6. ΑΘΗΝΑ

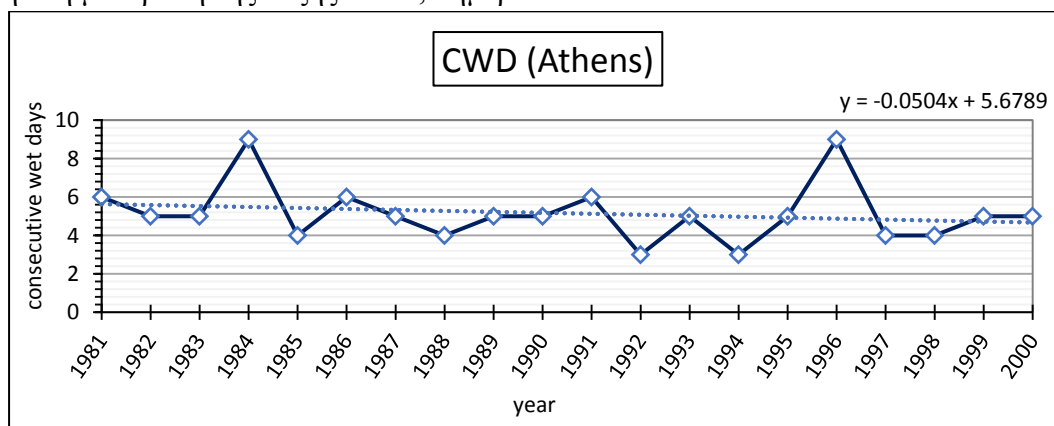
Σύμφωνα με τον μετεωρολογικό σταθμό της Αθήνας, για την εικοσαετία 1981-2000, η μέση ετήσια βροχόπτωση αγγίζει τα 363 mm με μέσο μέγιστο 65 ημέρες διαδοχικής ανομβρίας και 5 ημέρες διαδοχικών βροχοπτώσεων. Οι ημέρες κατά τις οποίες ο υετός υπερβαίνει τα 10 mm είναι 12 ετησίως, ενώ αυτές με υετό ≥ 25 mm είναι 3 κατά μέσο όρο. Έπειτα, η μέση μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση υπολογίζεται στα 48 mm, η μέση μέγιστη βροχόπτωση 5 διαδοχικών ημερών στα 30 mm και η μέση ραγδιότητα ανέρχεται σε 6 mm/day. Τέλος, το συνολικό ύψος βροχής που υπερβαίνει το 95% των συνολικών βροχοπτώσεων κυμαίνεται στα 116mm και το αντίστοιχο ύψος βροχής για το 99% των συνολικών βροχοπτώσεων στα 40mm.



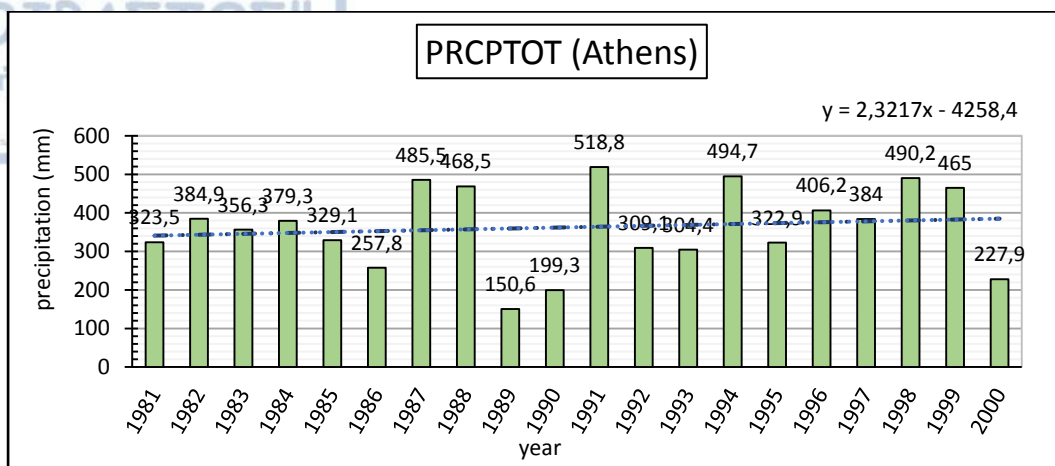
Διάγραμμα 4.6.1. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CDD για την πόλη της Αθήνας την περίοδο 1981-2000.

Σύμφωνα με το διάγραμμα 4.6.1. του δείκτη **CDD**, ο μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών ξηρασίας είναι 104 ημέρες (1986), ο ελάχιστος 33 ημέρες (1995). Παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις του δείκτη και ελαφρώς αρνητική μεταβολή με μείωση κατά 0,8 ημέρες ανά 10ετία.

Συγχρόνως, ο δείκτης **CWD** (διάγραμμα 4.6.2.) παίρνει μέγιστο 9 διαδοχικών υγρών ημερών (1984, 1996), ελάχιστο 3 ημερών (1992, 1994) και έχει και αυτός ελαφρώς αρνητική μεταβολή της τάξης των 0,5 ημερών ανά 10ετία.



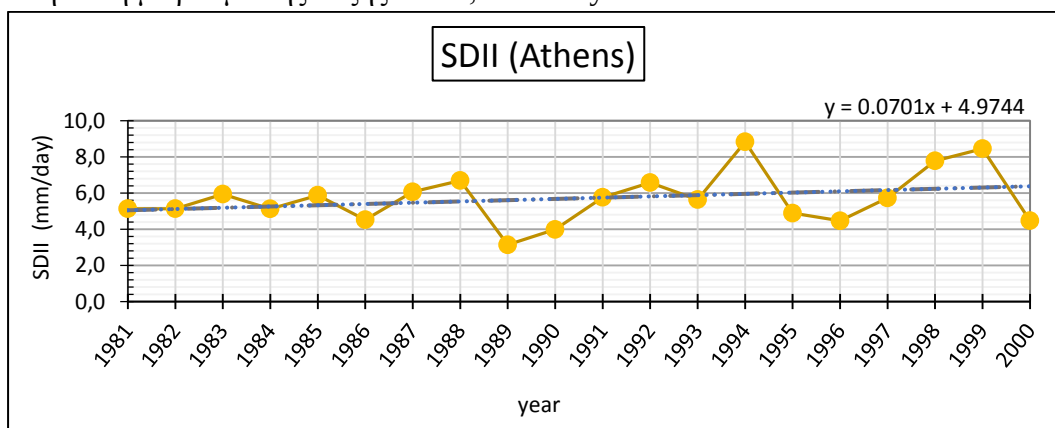
Διάγραμμα 4.6.2. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CWD για την πόλη της Αθήνας την περίοδο 1981-2000.



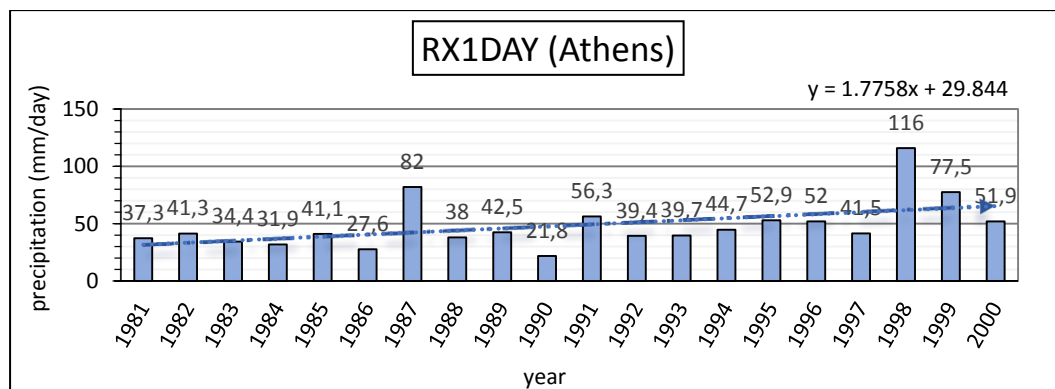
Διάγραμμα 4.6.3. Ετήσια διακύμανση του δείκτη PRCPTOT για την πόλη της Αθήνας την περίοδο 1981-2000.

Η συνολική ετήσια βροχόπτωση, σύμφωνα με τον δείκτη **PRCPTOT** (διάγραμμα 4.6.3.) καταγράφει μέγιστο 518,8 mm (1991), ελάχιστο 150,6 mm (1989) και ανοδική τάση κατά την διάρκεια αυτής της εικοσαετίας με ρυθμό 2,3 mm/έτος (+23 mm/10ετία).

Αύξηση σημειώνεται επίσης στην μέση ραγδιότητα των συνολικών βροχοπτώσεων του έτους, όπως προκύπτει από τον δείκτη **SDII** του διαγράμματος 4.6.4.. Αυτή εμφανίζει μέγιστο 8,8 mm/day (1994), ελάχιστο 3,1 mm/day (1989) και παρουσιάζει ανοδική τάση με ρυθμό της τάξης των 0,7 mm/day ανά δεκαετία.

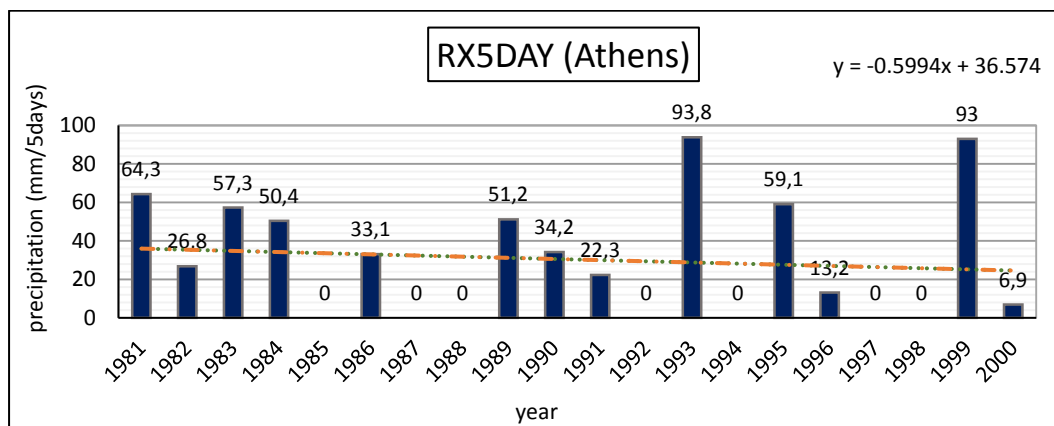


Διάγραμμα 4.6.4. Ετήσια διακύμανση του δείκτη SDII για την πόλη της Αθήνας την περίοδο 1981-2000.

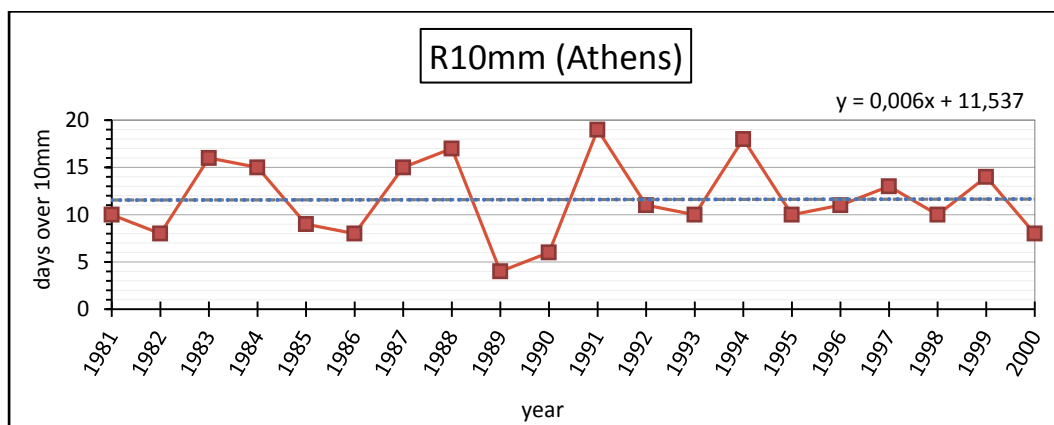


Διάγραμμα 4.6.5. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX1DAY για την πόλη της Αθήνας την περίοδο 1981-2000.

Αναφορικά με τις βροχοπτώσεις ανά μονάδα ημέρας και τον δείκτη **RX1DAY** (διάγραμμα 4.6.5.), η μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση για την περίοδο 1981-2000 κυμαίνεται στα 116 mm (1998), η ελάχιστη μέγιστη στα 21,8 mm (1990) και ο δείκτης αυξάνεται κατά 17,7 mm/day ανά δεκαετία (+1,8 mm/day ανά έτος). Σε σχέση με τον δείκτη **RX5DAY** (διάγραμμα 4.6.6.) η μέγιστη βροχόπτωση 5 διαδοχικών ημερών υπολογίζεται σε 93,8 mm το 1993 ακολουθούμενη από τα 93 mm το 1999 και η ελάχιστη τιμή του δείκτη είναι το 0 κατά τα έτη 1985, 1987, 1988, 1992, 1994, 1997 και 1998 οπου δεν παρατηρήθηκαν 5 διαδοχικές ημέρες βροχής. Ο δείκτης εμφανίζει τάση μείωσης της τάξης των 0,6 mm ανά έτος (-60 mm/10ετία).



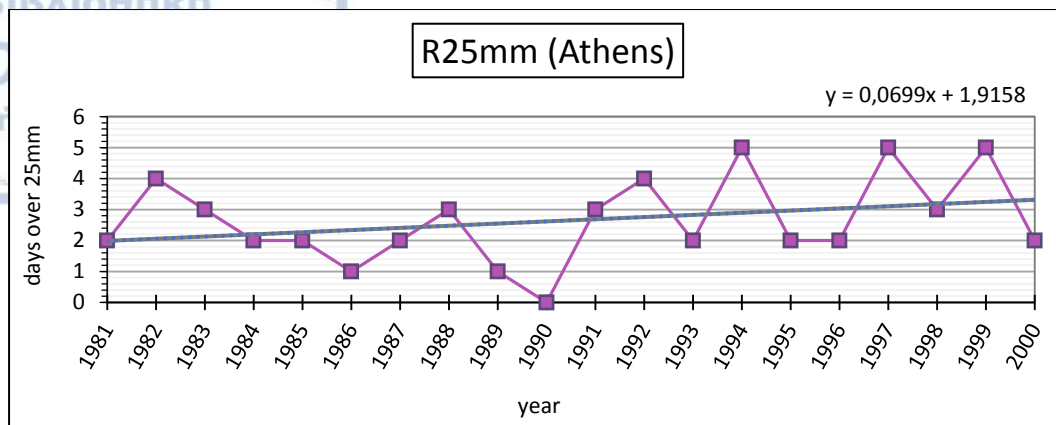
Διάγραμμα 4.6.6. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX5DAY για την πόλη της Αθήνας την περίοδο 1981-2000.



Διάγραμμα 4.6.7. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R10mm για την πόλη της Αθήνας την περίοδο 1981-2000.

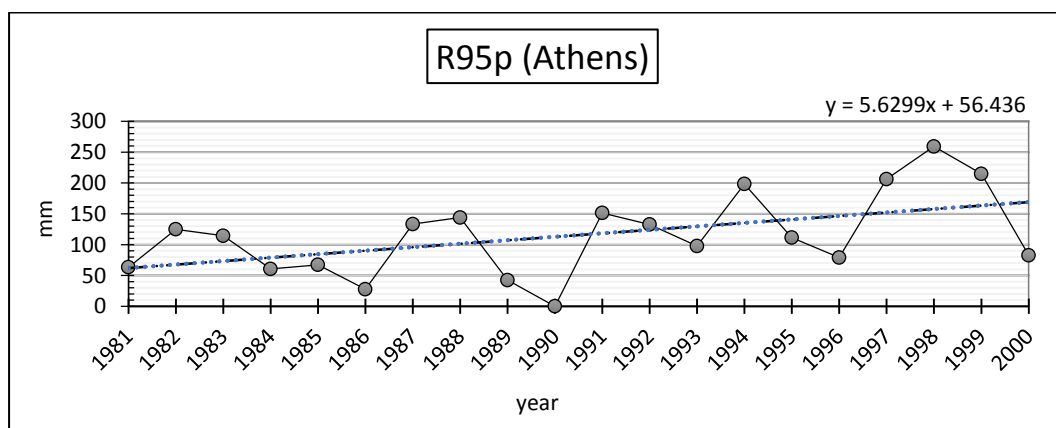
Στο *διάγραμμα 4.6.7.* παρουσιάζεται η διακύμανση του δείκτη **R10mm**. Ο μέγιστος ετήσιος συνολικός αριθμός ημερών με βροχόπτωση ≥ 10 mm είναι 19 το 1991, και η ελάχιστη τιμή σημειώνεται στις 4 ημέρες (1989), με τον δείκτη να μην εμφανίζει γραμμική τάση μεταβολής.

Ταυτόχρονα, στον δείκτη **R25mm** (διάγραμμα 4.6.8.), μέγιστη τιμή είναι οι 5 ημέρες με συνολική βροχόπτωση ≥ 25 mm κατά τα έτη 1994, 1997, 1999 και ελάχιστη είναι το 0, καθώς το 1990 δεν παρατηρήθηκε ημέρα με ημερήσια βροχόπτωση ≥ 25 mm. Ο δείκτης, τέλος, καταγράφει τάση αύξησης με ρυθμό 0,7 ημέρες ανά δεκαετία.

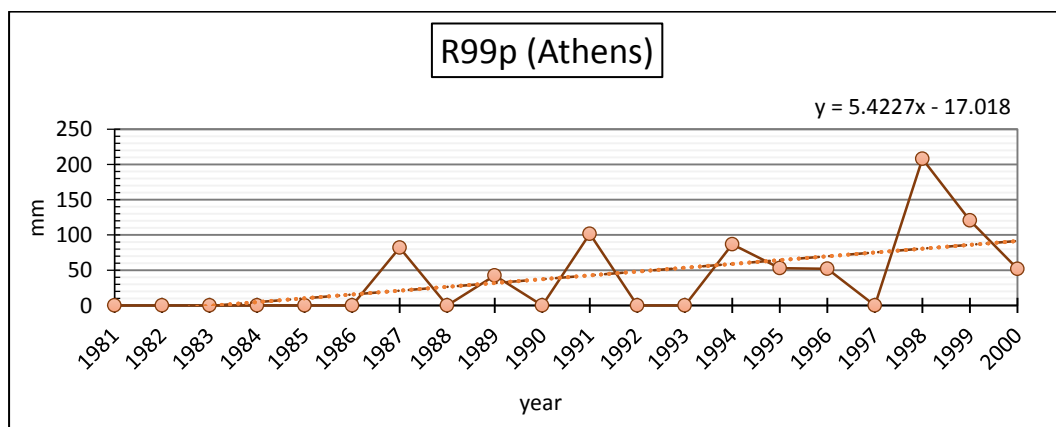


Διάγραμμα 4.6.8. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R25mm για την πόλη της Αθήνας την περίοδο 1981-2000.

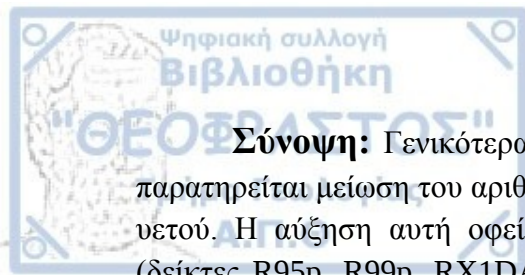
Σχετικά με τους δείκτες **R95p** (διάγραμμα 4.6.9.) και **R99p** (διάγραμμα 4.6.10.), ο πρώτος σημειώνει μέγιστο 259,2 mm (1998) και ελάχιστο 0 mm (1990). Για τον R99p προκύπτει μέγιστο 208 mm (1998) και ελάχιστο 0 mm (1981-1986, 1988, 1990, 1992, 1993, 1997). Οι δύο δείκτες εμφανίζουν όμοια διακύμανση και ανοδική τάση. Ο R95p έχει ανοδική τάση της τάξης των 5,6 mm/έτος (56 mm/ 10ετία) και ο R99p της τάξης των 5,4 mm/έτος (54 mm/10ετία).



Διάγραμμα 4.6.9. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R95p για την πόλη της Αθήνας την περίοδο 1981-2000.



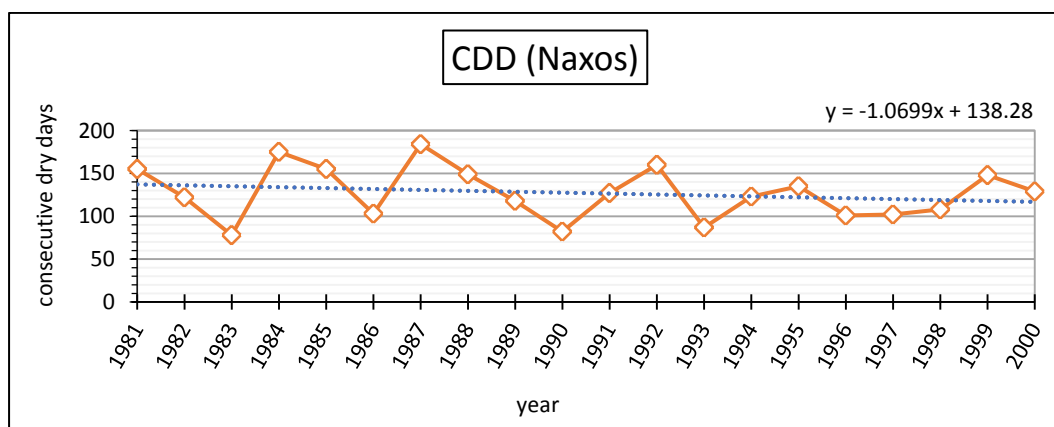
Διάγραμμα 4.6.10. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R99p για την πόλη της Αθήνας την περίοδο 1981-2000.



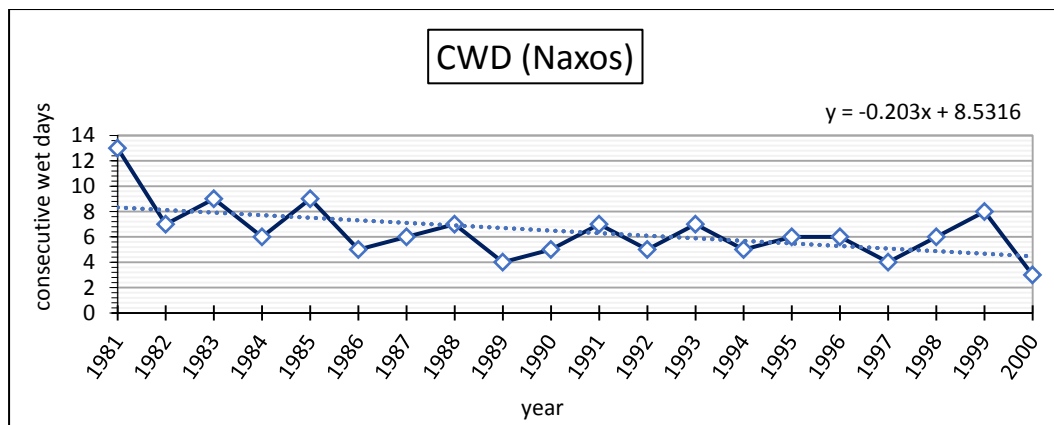
Σύνοψη: Γενικότερα, στην πόλη της Αθήνας, κατά την εικοσαετία 1981-2000, παρατηρείται μείωση του αριθμού των ημερών βροχής και αύξηση του συνολικού ετήσιου υετού. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην αύξηση των πιο έντονων επεισοδίων βροχής (δείκτες R95p, R99p, RX1DAY, R25mm). Τα πολύ ακραία φαινόμενα (δείκτης R99p) σχεδόν απουσιάζουν στο πρώτο μισό της περιόδου αναφοράς και εμφανίζονται κυρίως στο δεύτερο μισό (μετά το 1987).

4.7. ΝΑΞΟΣ

Στην πόλη της Νάξου, κατά την εικοσαετία 1981-2000, η μέση συνολική ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 360 mm με τον μέσο μέγιστο αριθμό διαδοχικών ξηρών ημερών να αγγίζει τις 127 ημέρες και τον μέσο μέγιστο αριθμό διαδοχικών υγρών ημερών τις 6. Οι ημέρες με συνολικό υετό ≥ 10 mm είναι 12 ανά έτος και αυτές με συνολικό υετό ≥ 25 mm είναι μόλις 2. Η μέση μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση φτάνει τα 45 mm και η μέση μέγιστη βροχόπτωση 5 διαδοχικών ημερών τα 43 mm. Ακόμα, η μέση ετήσια ραγδιότητα υπολογίζεται σε 6 mm/day. Τέλος, το σύνολο του υετού που ξεπερνά το 95% των συνολικών βροχοπτώσεων του εκάστοτε έτους φτάνει τα 101 mm κατά μέσο όρο και το αντίστοιχο σύνολο για το 99% των συνολικών βροχοπτώσεων τα 33 mm.



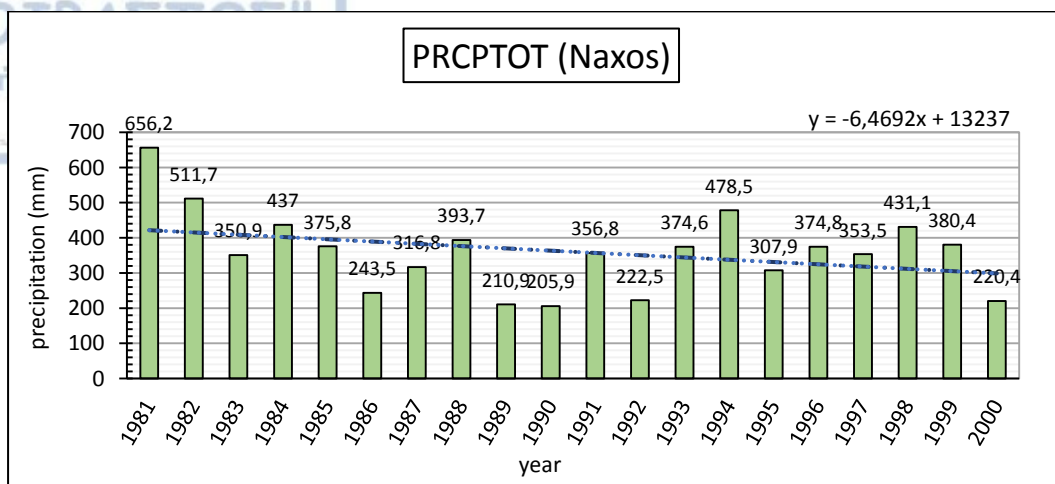
Διάγραμμα 4.7.1. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CDD για την πόλη της Νάξου την περίοδο 1981-2000.



Διάγραμμα 4.7.2. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CWD για την πόλη της Νάξου την περίοδο 1981-2000.

Από την ανάλυση του δείκτη **CDD** (διάγραμμα 4.7.1.) προκύπτει ότι ο μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών ξηρασίας είναι 184 (1987) και ο ελάχιστος μέγιστος 78 ημέρες (1983). Ο δείκτης καταγράφει τάση μείωσης κατά ~1 ημέρα ανά έτος (10 ημέρες ανά δεκαετία).

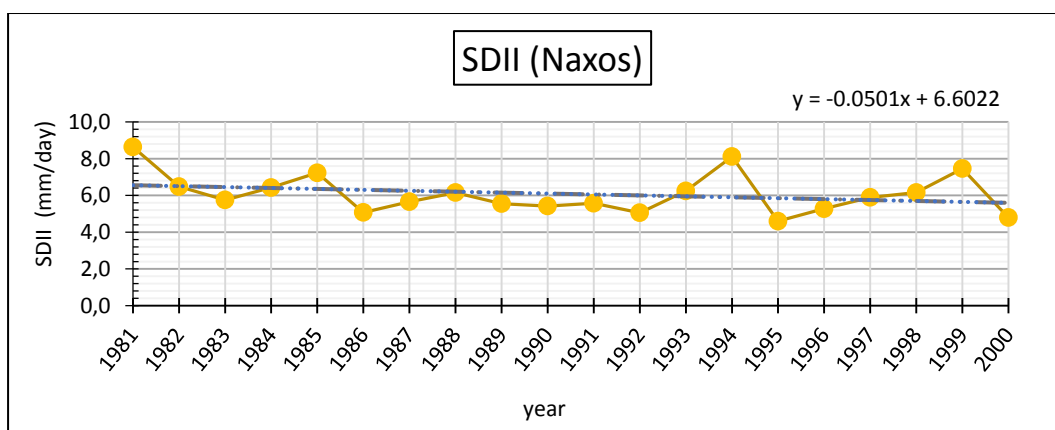
Ο δείκτης **CWD** (διάγραμμα 4.7.2.), εμφανίζει μέγιστη τιμή 13 συνεχόμενων ημερών βροχής (1981), ελάχιστη τιμή 3 ημερών (2000) και έχει και αυτός αρνητική τάση με μείωση των διαδοχικών ημερών βροχής κατά 2 ανά δεκαετία.



Διάγραμμα 4.7.3. Ετήσια διακύμανση του δείκτη PRCPTOT για την πόλη της Νάξου την περίοδο 1981-2000.

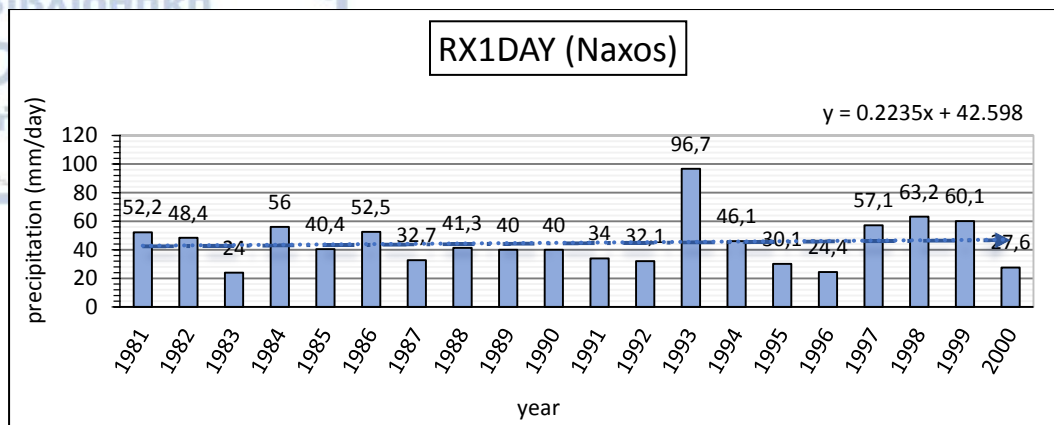
Η συνολική ετήσια βροχόπτωση (δείκτης **PRCPTOT** - *διάγραμμα 4.7.3.*), σημειώνει μέγιστο 656,2 mm (1981), ελάχιστο 205,9 (1990) και ακολουθεί πτωτική τάση με ρυθμό 6,5 mm/έτος (-65 mm/10ετία).

Όσον αφορά την μέση ετήσια ραγδαιότητα των συνολικών βροχοπτώσεων, σύμφωνα με τον δείκτη **SDII** (*διάγραμμα 4.7.4.*), παίρνει τη μέγιστη της το 1981 στα 8,1 mm/day, την ελάχιστη το 1995 στα 4,6 mm/day και ακολουθεί ελαφρώς καθοδική πορεία με μείωση της τάξης των 0,5 mm/day ανά 10ετία.



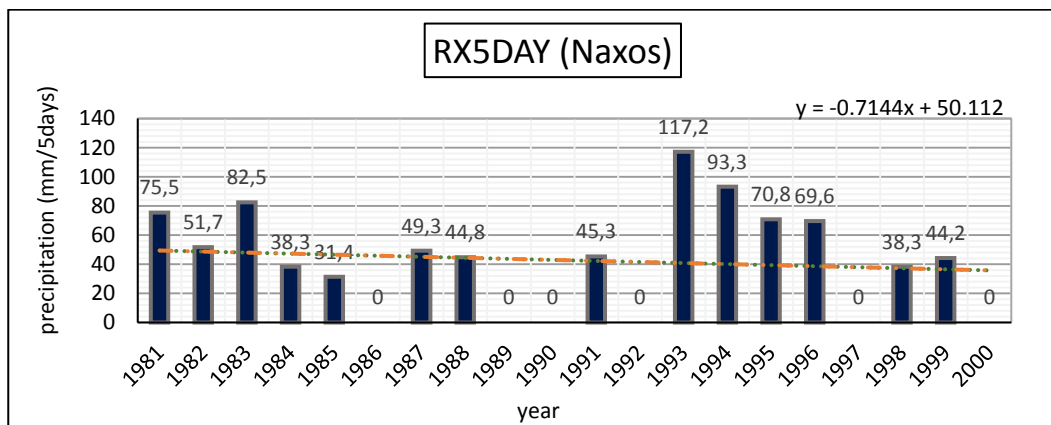
Διάγραμμα 4.7.4. Ετήσια διακύμανση του δείκτη SDII για την πόλη της Νάξου την περίοδο 1981-2000.

Στην περίπτωση της μέγιστης ημερήσιας βροχόπτωσης ανά έτος και του δείκτη **RX1DAY** (*διάγραμμα 4.7.5.*), μέγιστη τιμή είναι τα 96,7 mm (1993), ελάχιστη τα 24 mm (1983), ενώ ο δείκτης εμφανίζει μικρή αύξηση κατά 2,2 mm/10ετία.



Διάγραμμα 4.7.5. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX1DAY για την πόλη της Νάξου την περίοδο 1981-2000.

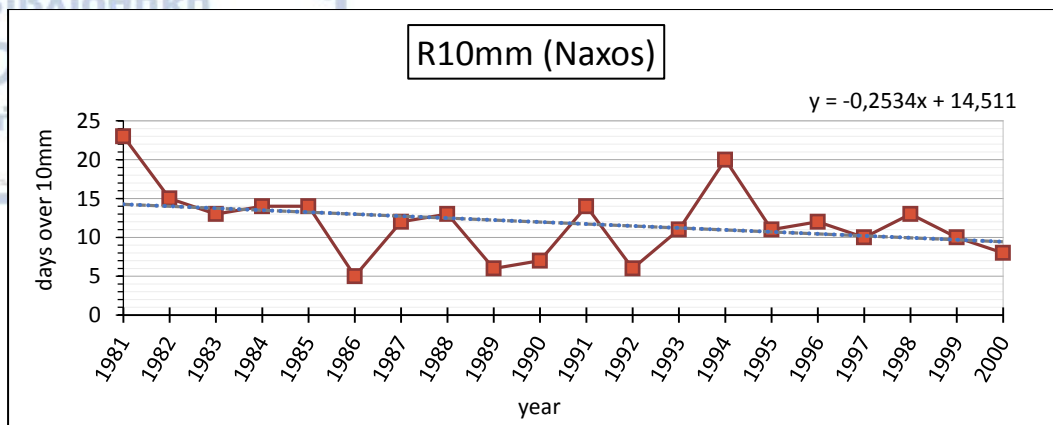
Σύμφωνα με τον δείκτη **RX5DAY** (διάγραμμα 4.7.6.) η μέγιστη βροχόπτωση 5 διαδοχικών ημερών είναι 117,2 mm (1993) και η ελάχιστη 0 τα έτη 1986, 1989, 1990, 1992, 1997 και 2000 (δεν παρατηρούνται 5 διαδοχικές ημέρες βροχόπτωσης). Ο δείκτης μειώνεται με ρυθμό 0,7 mm/έτος (7 mm/10ετία).



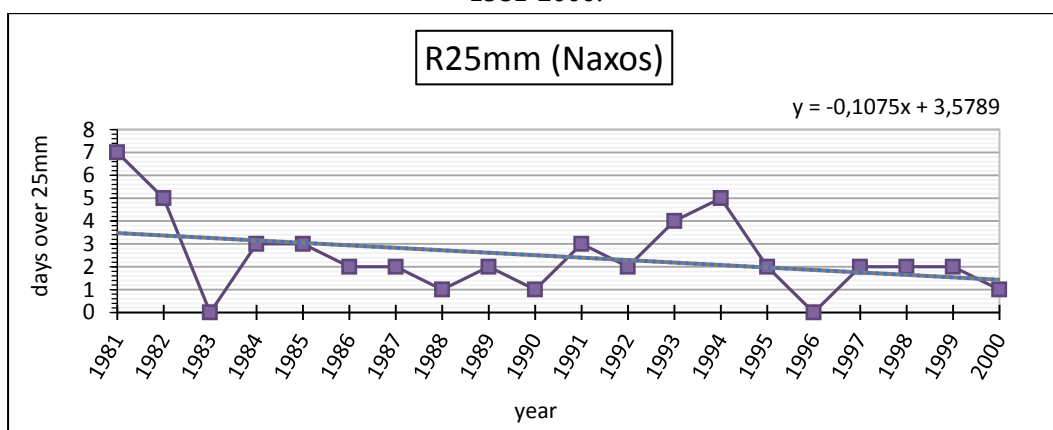
Διάγραμμα 4.7.6. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX5DAY για την πόλη της Νάξου την περίοδο 1981-2000.

Στο διάγραμμα 4.7.7. του δείκτη **R10mm** παρατηρείται ότι ο μέγιστος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ≥ 10 mm ετησίως είναι 23 (1981) και ο ελάχιστος 5 (1986). Επιπλέον, ο δείκτης εμφανίζει πτώση της τάξης των 2,5 ημερών/10ετία (-0,25 ημέρες/έτος).

Με τον ίδιο τρόπο, ο δείκτης **R25mm** του διαγράμματος 4.7.8. εμφανίζει μέγιστη τιμή 7 ημερών (1981), ελάχιστη 0 (1996) και σημειώνει και αυτός πτώση, της τάξης της 1 ημέρας/10ετία (-0,1 ημέρες/έτος).



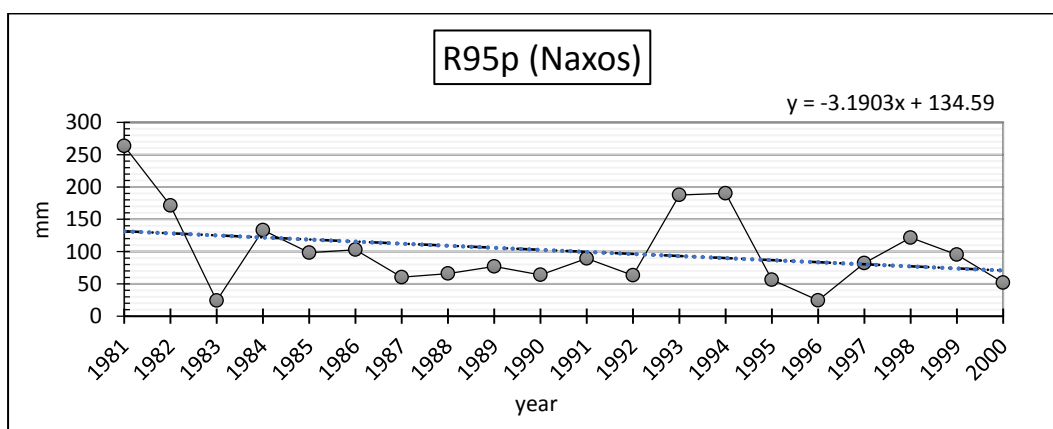
Διάγραμμα 4.7.7. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R10mm για την πόλη της Νάξου την περίοδο 1981-2000.



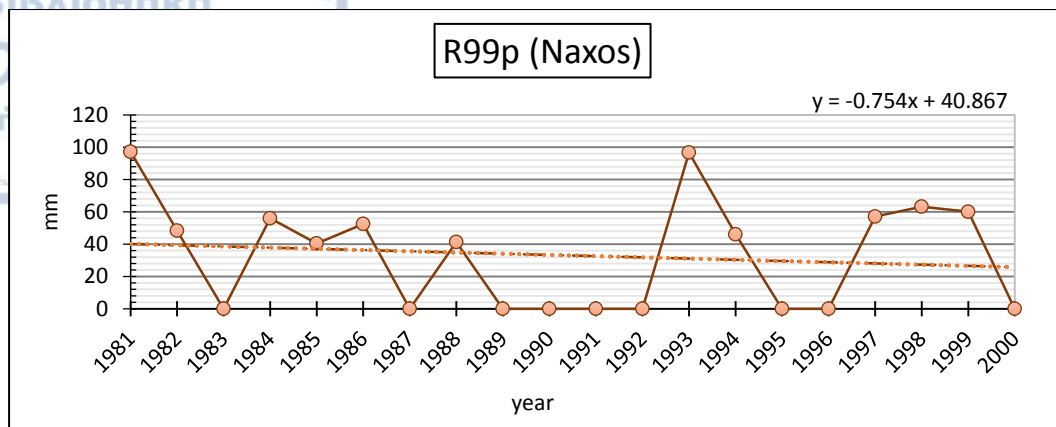
Διάγραμμα 4.7.8. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R25mm για την πόλη της Νάξου την περίοδο 1981-2000.

Σχετικά με τον δείκτη **R95p** (διάγραμμα 4.7.9.) ισχύει ότι το μέγιστο τού αγγίζει τα 263,5 mm (1981) και το ελάχιστο τα 24 mm (1983). Η τάση του είναι αρνητική με μείωση κατά 32 mm/10ετία (-3,19 mm/έτος).

Στη συνέχεια, ο δείκτης **R99p** (διάγραμμα 4.7.10.) εμφανίζει μέγιστο 97,2 mm (1981), ελάχιστο 0 mm (1983, 1987, 1989-1992, 1995, 1996, 2000) και έχει ελαφρώς αρνητική τάση με μείωση κατά 7,5 mm/10ετία (-0,75 mm/έτος).



Διάγραμμα 4.7.9. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R95p για την πόλη της Νάξου την περίοδο 1981-2000.

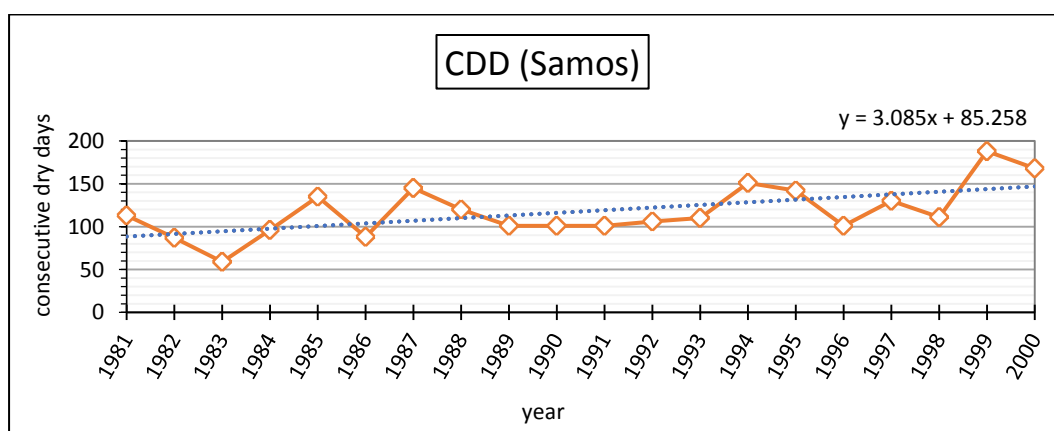


Διάγραμμα 4.7.10. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R99p για την πόλη της Νάξου την περίοδο 1981-2000.

Σύνοψη: Για την πόλη της Νάξου, με γνώμονα τα παραπάνω αποτελέσματα, προκύπτει ότι κατά την περίοδο 1981-2000 παρατηρείται μείωση των συνολικών βροχοπτώσεων με παράλληλη μείωση και των περιόδων ξηρασίας.

4.8. ΣΑΜΟΣ

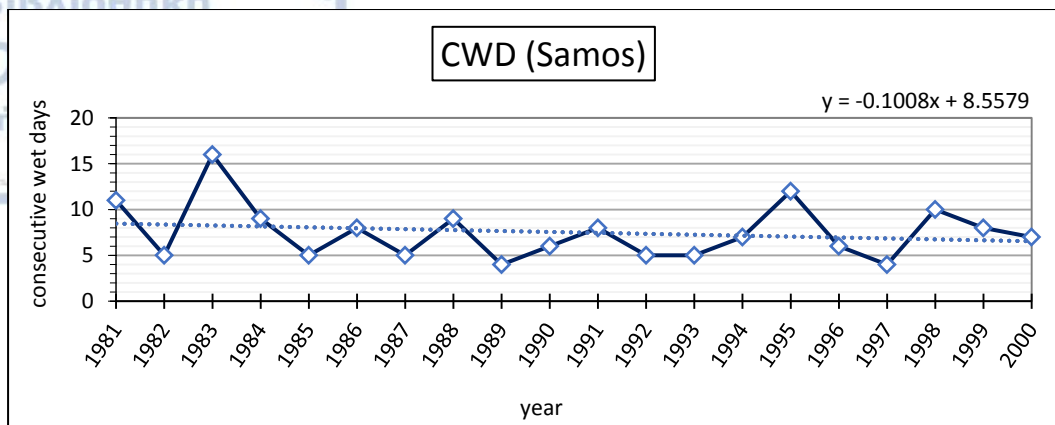
Για την περίοδο αναφοράς 1981-2000 τα δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό της Σάμου τοποθετούν την μέση ετήσια βροχόπτωση στα 689 mm, με την μέγιστη περίοδο ανομβρίας να διαρκεί 118 ημέρες κατά μέσο όρο και τον μέσο μέγιστο αριθμό διαδοχικών ημερών βροχής να ανέρχεται σε 8 ημέρες. Οι ημέρες όπου η συνολική βροχόπτωση είναι ≥ 10 mm είναι 23 και οι ημέρες με συνολική βροχόπτωση ≥ 25 mm 7 ανά έτος κατά μέσο όρο. Ακόμη, η μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση ανά έτος αγγίζει τα 69 mm και η μέγιστη βροχόπτωση 5 διαδοχικών ημερών τα 98 mm. Παράλληλα, η μέση ετήσια ένταση του συνόλου των ημερών βροχής υπολογίζεται σε 11 mm/day. Τέλος, το μέσο άθροισμα των βροχοπτώσεων που υπερβαίνουν το 95% των συνολικών βροχοπτώσεων του έτους φτάνει τα 187 mm και το αντίστοιχο άθροισμα για το 99% των συνολικών ετήσιων βροχοπτώσεων τα 56 mm.



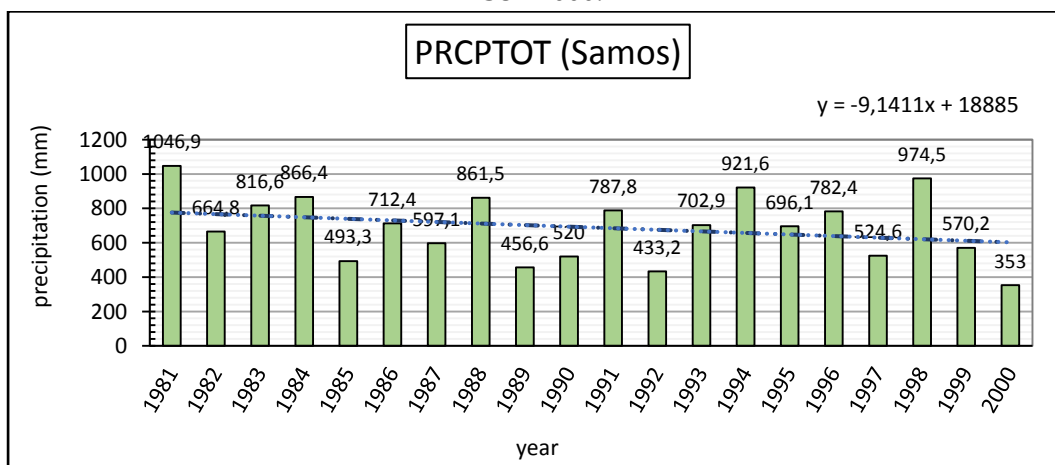
Διάγραμμα 4.8.1. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CDD για την πόλη της Σάμου την περίοδο 1981-2000.

Σύμφωνα με το *διάγραμμα 4.8.1.* του δείκτη **CDD** ο μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών ανομβρίας είναι 188 (1999), ο ελάχιστος 59 (1983) και ο δείκτης καταγράφει τάση αύξησης με ρυθμό 3 ημερών/έτος (+30 ημέρες διαδοχικής ξηρασίας ανά δεκαετία).

Στη συνέχεια, ο δείκτης **CWD** (*διάγραμμα 4.8.2.*) εμφανίζει μέγιστη τιμή 16 διαδοχικών ημερών βροχής (1983), ελάχιστη τιμή 4 ημερών (1989,1997) και παρουσιάζει τάση μείωσης κατά 0,1 ημέρες/έτος (-1 ημέρα/10ετία).



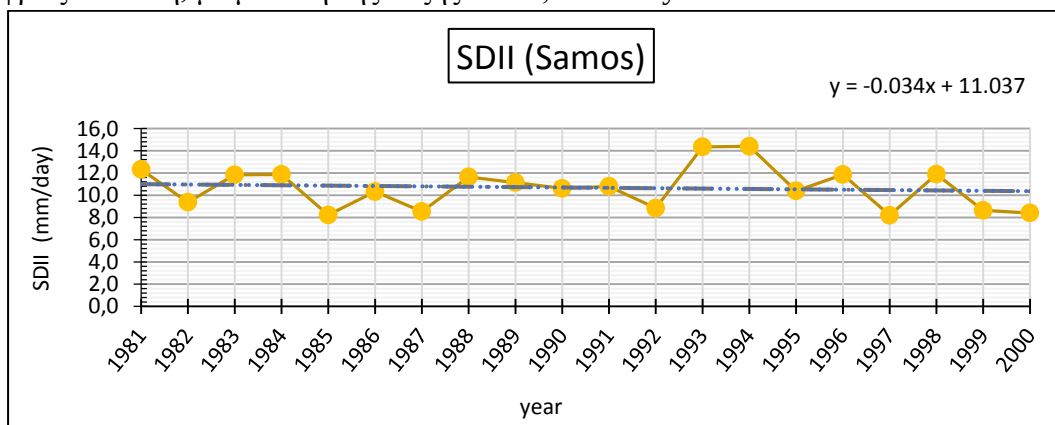
Διάγραμμα 4.8.2. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CWD για την πόλη της Σάμου την περίοδο 1981-2000.



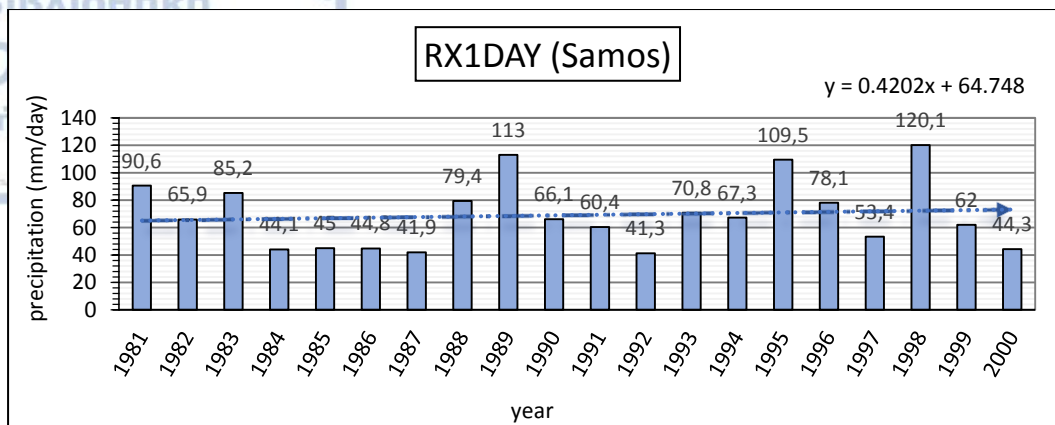
Διάγραμμα 4.8.3. Ετήσια διακύμανση του δείκτη PRCPTOT για την πόλη της Σάμου την περίοδο 1981-2000.

Στην περίπτωση του δείκτη **PRCPTOT** (διάγραμμα 4.8.3.) η μέγιστη τιμή της συνολικής ετήσια βροχόπτωσης είναι 1046,9 mm (1981) και η ελάχιστη 353 mm (2000). Ο δείκτης ακολουθεί σημαντική πτωτική πορεία με μείωση του νετού κατά 9,1 mm/έτος (-91 mm/10ετία).

Όσον αφορά τον δείκτη **SDII** (διάγραμμα 4.8.4.) μέγιστη τιμή είναι τα 14,4 mm/day (1994), ελάχιστη τιμή τα 8,2 mm/day (1985,1997), ενώ η πορεία του δείκτη είναι ελαφρώς πτωτική, με μείωση της τάξης των 0,3 mm/day ανά δεκαετία.



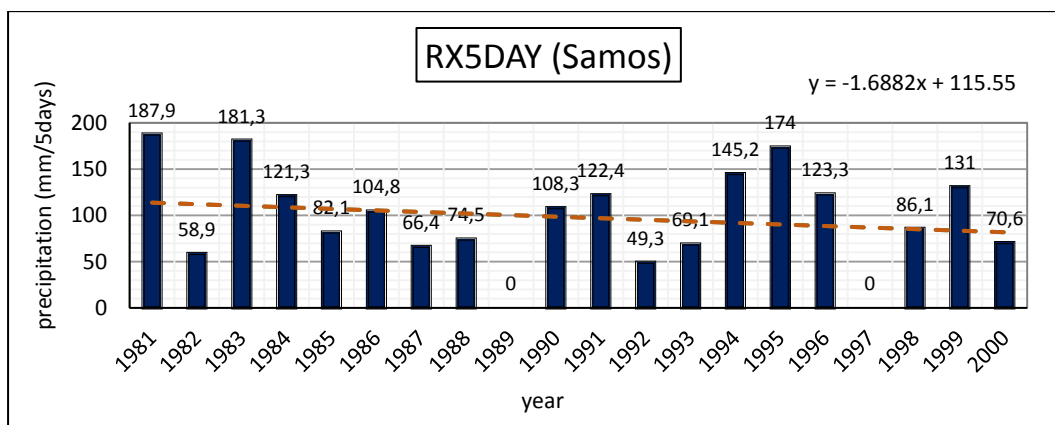
Διάγραμμα 4.8.4. Ετήσια διακύμανση του δείκτη SDII για την πόλη της Σάμου την περίοδο 1981-2000.



Διάγραμμα 4.8.5. Ετήσια κατανομή του δείκτη RX1DAY για την πόλη της Σάμου την περίοδο 1981-2000.

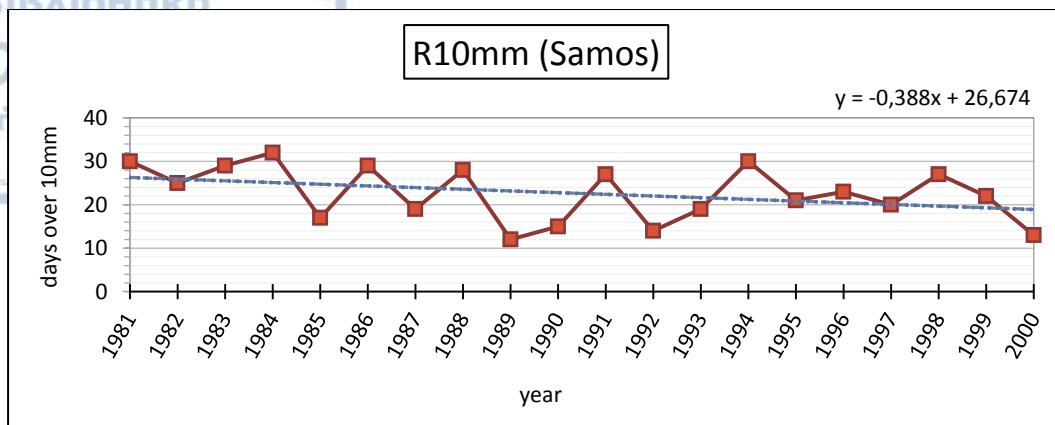
Ο δείκτης **RX1DAY** (διάγραμμα 4.8.5.) σημειώνει μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση στα 120,1 mm (1998), η ελάχιστη μέγιστη 41,3 mm (1992) και ο δείκτης ακολουθεί ελαφρώς ανοδική πορεία με αύξηση του μέγιστου ημερήσιου νετού κατά 0,4 mm/έτος (+4 mm/10ετία).

Ταυτόχρονα, για τον δείκτη **RX5DAY** (διάγραμμα 4.8.6.) η μέγιστη τιμή υπολογίζεται στα 187,9 mm το 1981 και η ελάχιστη τιμή στο 0 τα έτη 1989, 1997 (δεν παρατηρούνται 5 διαδοχικές ημέρες βροχόπτωσης). Ο δείκτης καταγράφει πτωτική πορεία της τάξης των 1,7 mm/5days ανά έτος (-17 mm/5days ανά 10ετία).

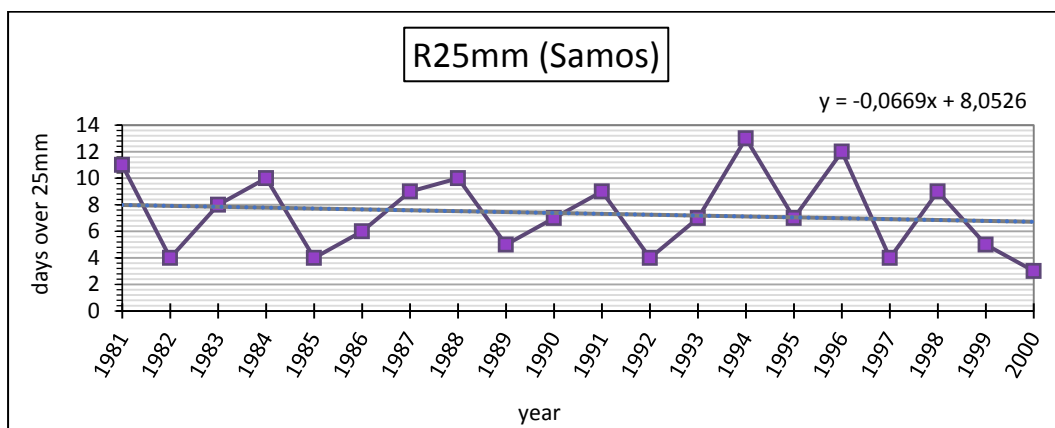


Διάγραμμα 4.8.6. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX5DAY για την πόλη της Σάμου την περίοδο 1981-2000.

Ακολουθώντας, στα διαγράμματα 4.8.7. και 4.8.8. παρουσιάζονται οι δείκτες **R10mm** και **R25mm** αντίστοιχα. Ο δείκτης R10mm εμφανίζει μέγιστο 32 ημέρες (1984), ελάχιστο 12 ημέρες (1989) και ακολουθεί πτωτική τάση με ρυθμό 0,38 ημέρες/έτος (-3,8 ημέρες/10ετία). Ομοίως, ο δείκτης R25mm, εμφανίζει μέγιστο 13 ημέρες (1994), ελάχιστο 3 ημέρες (2000) και ακολουθεί ελαφρώς αρνητική πορεία με μείωση της τάξης των 0,7 ημερών ανά 10ετία.

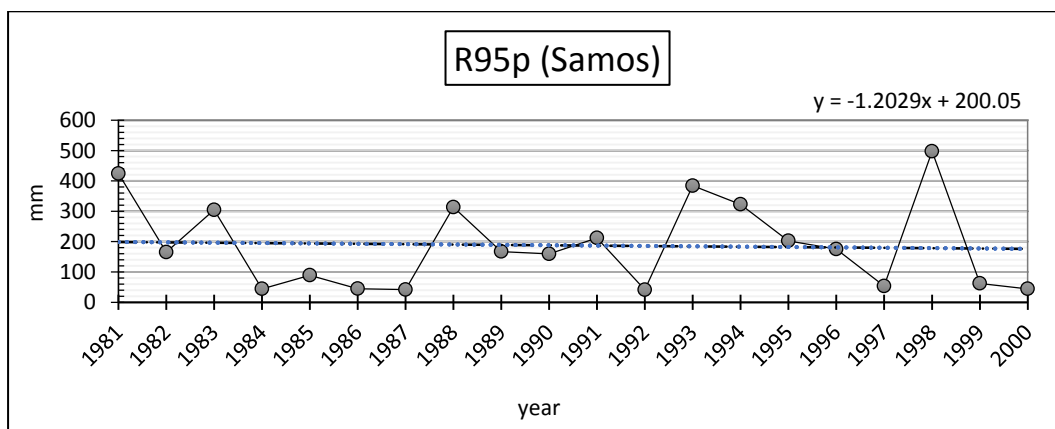


Διάγραμμα 4.8.7. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R10mm για την πόλη της Σάμου την περίοδο 1981-2000.

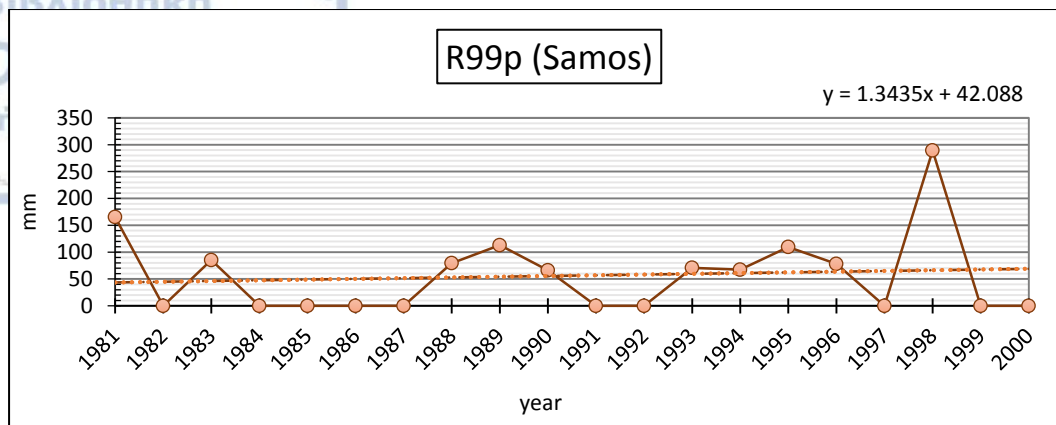


Διάγραμμα 4.8.8. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R25mm για την πόλη της Σάμου την περίοδο 1981-2000.

Σε ότι αφορά τους δείκτες **R95p** (διάγραμμα 4.8.9.) και **R99p** (διάγραμμα 4.8.10.), ο πρώτος (R95p) σημειώνει μέγιστη τιμή 497,5 mm (1998), ελάχιστη 41,3 mm (1992) και καταγράφει πτωτική τάση με ρυθμό -12 mm/10ετία. Ο δείκτης R99p εμφανίζει μέγιστο 289,2 mm (1998), ελάχιστο 0 mm (1982, 1984-1987, 1991, 1992, 1997, 1999, 2000), ενώ η τάση του αυξάνεται ελαφρώς κατά 1,3 mm/έτος (+13 mm/10ετία).



Διάγραμμα 4.8.9. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R95p για την πόλη της Σάμου την περίοδο 1981-2000.

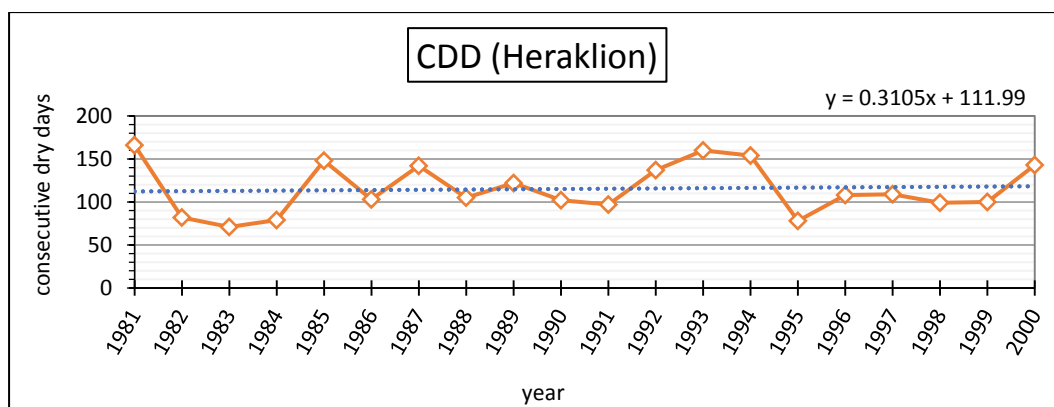


Διάγραμμα 4.8.10. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R99p για την πόλη της Σάμου την περίοδο 1981-2000.

Σύνοψη: Από την παραπάνω ανάλυση των δεικτών, για την εικοσαετία 1981-2000, συμπεραίνεται η μείωση των συνολικών ετήσιων βροχοπτώσεων για την πόλη της Σάμου, καθώς και μια σημαντική αύξηση των διαδοχικών ημερών ξηρασίας ανά έτος. Επιπρόσθετα, καταγράφεται μείωση στα ακραία επεισόδια βροχής με τις ακραίες βροχοπτώσεις του 1998 να αποτελούν εξαίρεση.

4.9. ΗΡΑΚΛΕΙΟ

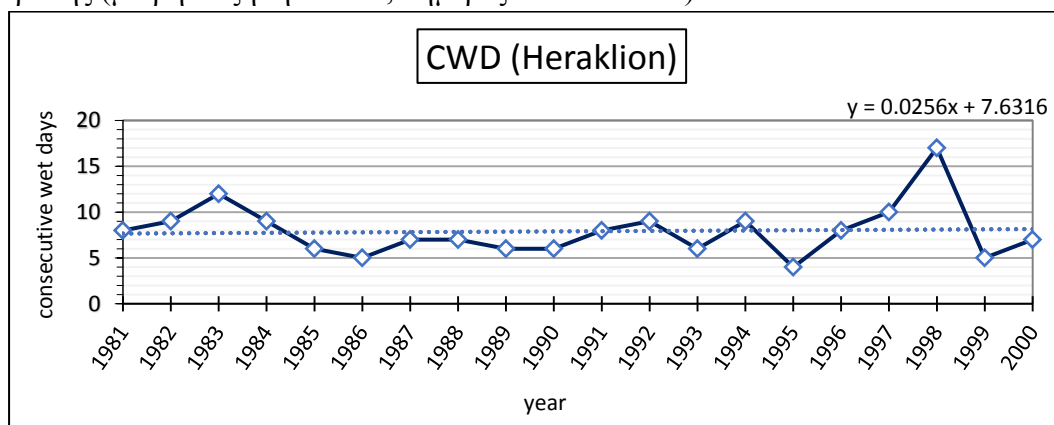
Με βάση τα στοιχεία από τον μετεωρολογικό σταθμό του Ηρακλείου, για το διάστημα 1981-2000, ως μέση ετήσια βροχόπτωση αναφέρονται τα 460 mm. Ο μέγιστος ετήσιος αριθμός διαδοχικών ημερών ξηρασίας αγγίζει τις 115 και ο μέγιστος ετήσιος αριθμός διαδοχικών ημερών βροχής τις 8 κατά μέσο όρο. Ταυτόχρονα, καταγράφονται 14 ημέρες με βροχόπτωση ≥ 10 mm κατά μέσο όρο και 3 ημέρες με βροχόπτωση ≥ 25 mm ετησίως. Η μέση μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 58 mm και η μέση μέγιστη βροχόπτωση 5 διαδοχικών ημερών σε 67 mm. Η μέση ετήσια ραγδιαιότητα των συνολικών βροχοπτώσεων κάθε έτους υπολογίζεται σε 6 mm/day. Τέλος, το συνολικό ύψος βροχής που υπερβαίνει το 95% των συνολικών βροχοπτώσεων κάθε έτους είναι 143 mm και το αντίστοιχο ύψος για το 99% των συνολικών βροχοπτώσεων φτάνει τα 52 mm κατά μέσο όρο.



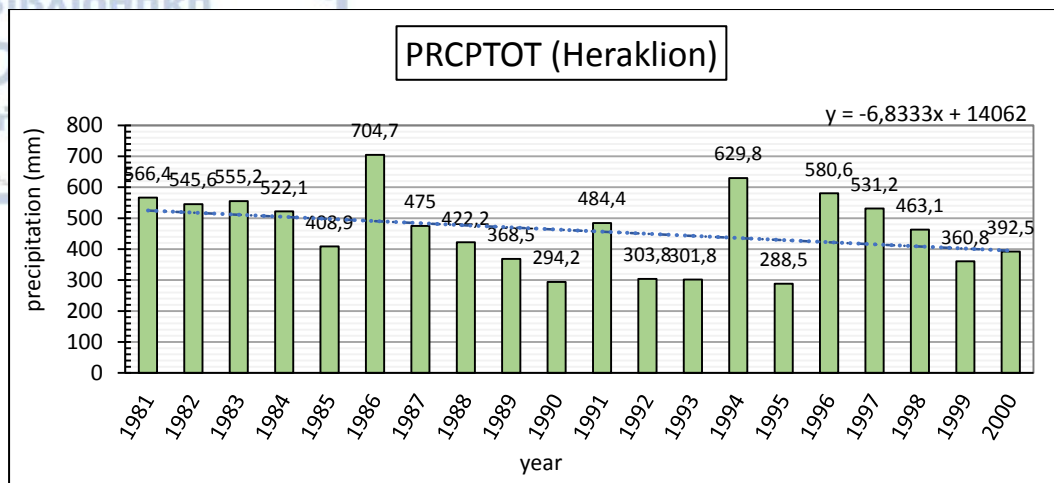
Διάγραμμα 4.9.1. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CDD για την πόλη του Ηρακλείου την περίοδο 1981-2000.

Σύμφωνα με τον δείκτη **CDD** του διαγράμματος 4.9.1. η μέγιστη περίοδος ξηρασίας έχει διάρκεια 166 ημερών (1981) και η ελάχιστη μέγιστη είχε διάρκεια 71 ημέρες (1983). Ο δείκτης παρουσιάζει μικρή τάση αύξησης κατά 0,3 ημέρες/έτος (+3 ημέρες ξηρασίας ανά δεκαετία).

Έπειτα, ο δείκτης **CWD** (διάγραμμα 4.9.2.) καταγράφει μέγιστο 17 διαδοχικών ημερών βροχής (1998), ελάχιστο 4 ημερών (1995) και δεν εμφανίζει ιδιαίτερη τάση μεταβολής (μικρή αύξηση κατά 0,2 ημέρες ανά δεκαετία).



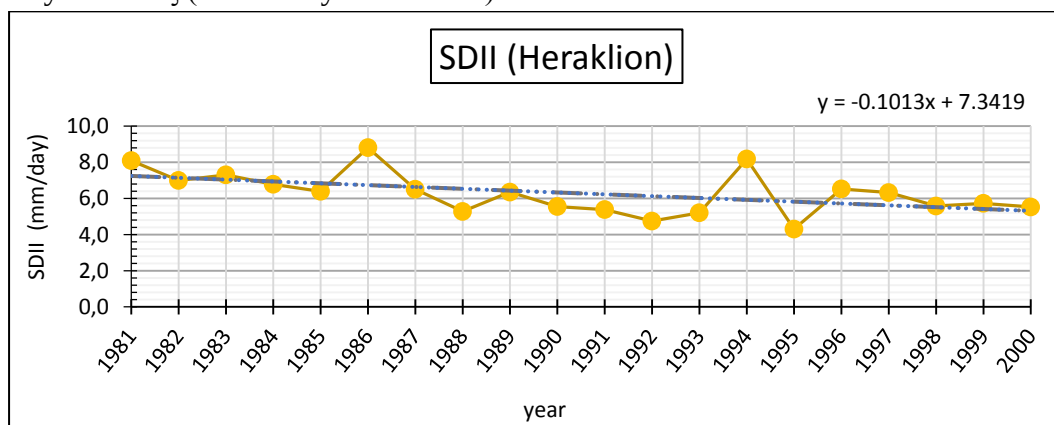
Διάγραμμα 4.9.2. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CWD για την πόλη του Ηρακλείου την περίοδο 1981-2000.



Διάγραμμα 4.9.3. Ετήσια διακύμανση του δείκτη PRCPTOT για την πόλη του Ηρακλείου την περίοδο 1981-2000.

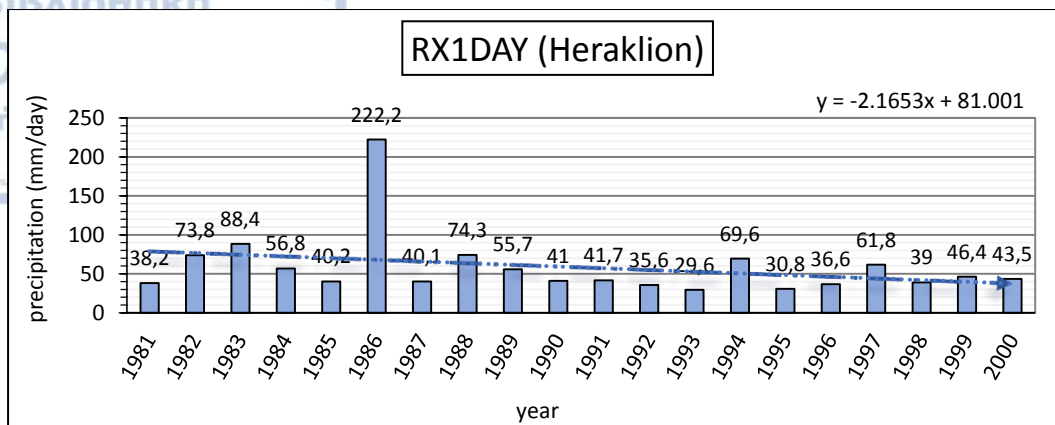
Η συνολική ετήσια βροχόπτωση (δείκτης **PRCPTOT**, *διάγραμμα 4.9.3.*) παρουσιάζει μέγιστο 704,7 mm (1986), ελάχιστο 288,5 mm (1995) και σημειώνει μείωση με ρυθμό 6,8 mm/έτος (-68 mm/10ετία).

Ο δείκτης **SDII** (*διάγραμμα 4.9.4.*) έχει μέγιστη τιμή 8,8 mm/day (1986), ελάχιστη τιμή 4,3 mm/day (1995) και αναγράφει καθοδική πορεία με ρυθμό της τάξης των 0,1 mm/day ανά έτος (-1 mm/day ανά 10ετία).

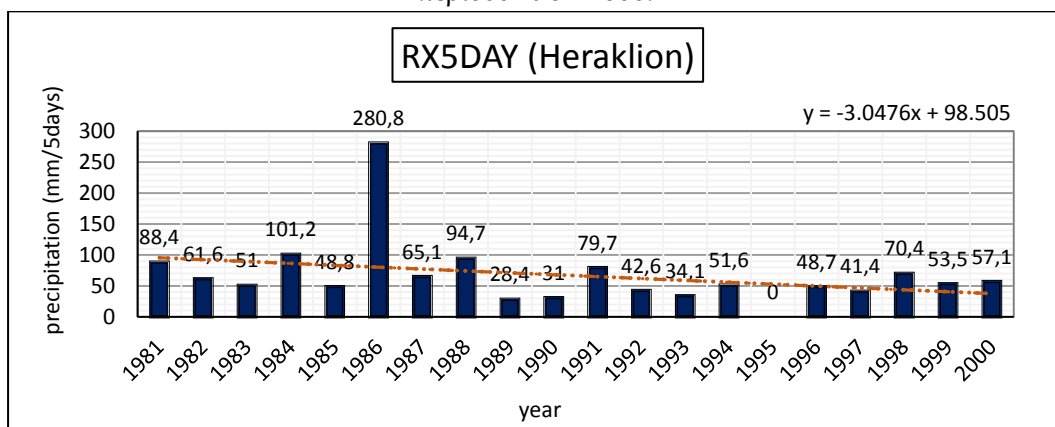


Διάγραμμα 4.9.4. Ετήσια διακύμανση του δείκτη SDII για την πόλη του Ηρακλείου την περίοδο 1981-2000.

Στο *διάγραμμα 4.9.5.* του δείκτη **RX1DAY** παρατηρείται μέγιστη τιμή 222,2 mm (1986), η οποία αποτελεί μια εξαιρετικά ακραία τιμή. Ελάχιστη τιμή είναι τα 29,6 mm (1993), ενώ ο δείκτης παρουσιάζει πτώση κατά ~2,2 mm ανά έτος (-22 mm ανά δεκαετία). Ωστόσο, η ακραία τιμή των 222,2 mm, το 1986, επηρεάζει σημαντικά τα δεδομένα. Η μεταβολή του δείκτη, εξαιρουμένης της τιμής αυτής, υπολογίζεται σε -1 mm ανά έτος (-10 mm/δεκαετία).

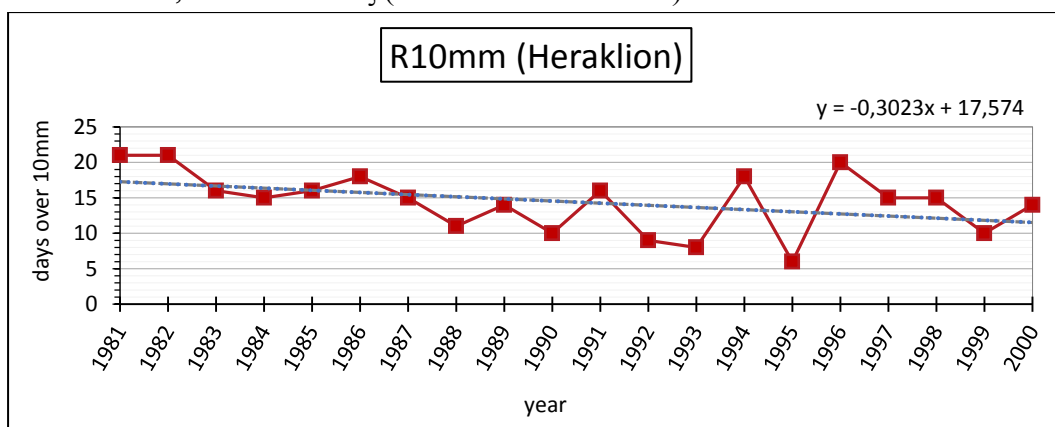


Διάγραμμα 4.9.5. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX1DAY για την πόλη του Ηρακλείου την περίοδο 1981-2000.



Διάγραμμα 4.9.6. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX5DAY για την πόλη του Ηρακλείου την περίοδο 1981-2000.

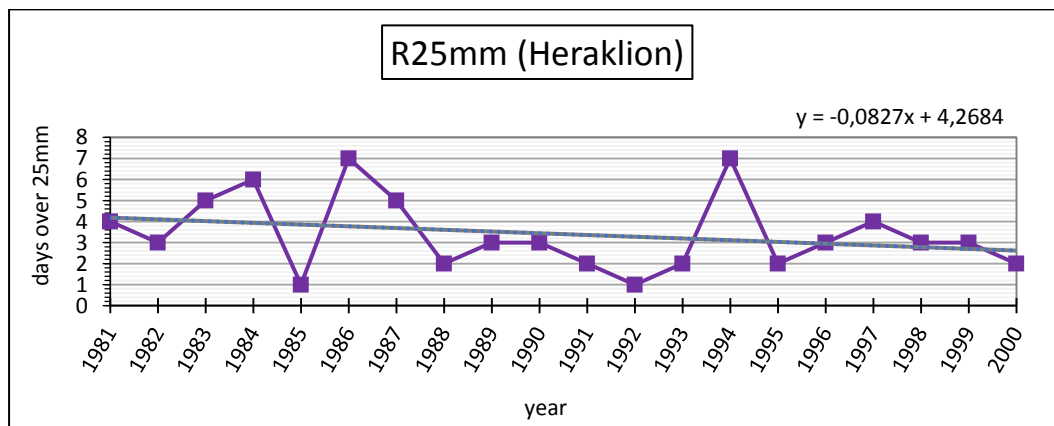
Ομοίως, ο δείκτης **RX5DAY** (διάγραμμα 4.9.6.) παίρνει μέγιστη τιμή 280.8 mm/5days (1986) και ελάχιστη τιμή 0 (1995), καθώς δεν υπάρχουν 5 διαδοχικές ημέρες βροχής. Η μεταβολή του δείκτη, συμπεριλαμβανομένης της ακραίας τιμής των 280,8 mm, είναι πτωτική της τάξης των 3 mm ανά έτος (-30 mm ανά δεκαετία), ενώ χωρίς αυτήν μειώνεται κατά 1,6 mm ανά έτος (-16 mm ανά δεκαετία).



Διάγραμμα 4.9.7. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R10mm για την πόλη του Ηρακλείου την περίοδο 1981-2000.

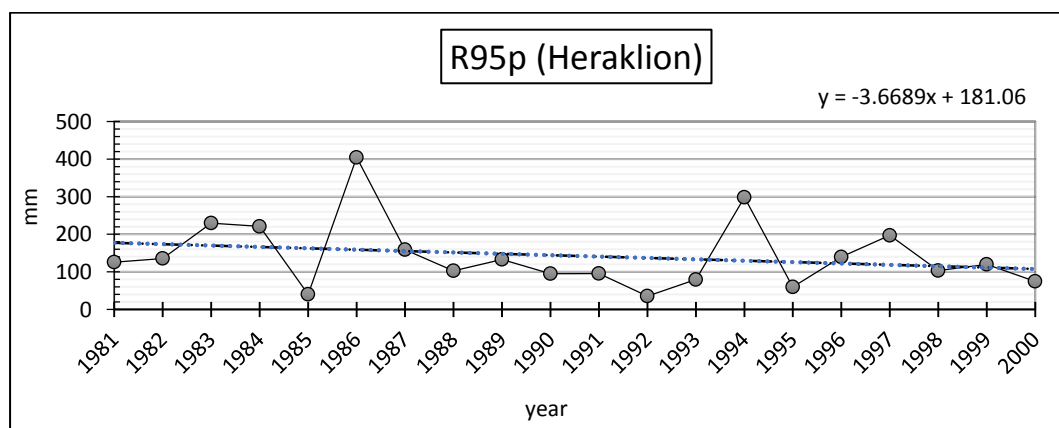
Για τον δείκτη **R10mm** (διάγραμμα 4.9.7.) ο μέγιστος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ≥ 10 mm είναι 21 (1981, 1982), ο ελάχιστος είναι 6, ενώ ο δείκτης έχει πτωτική τάση με ρυθμό 0,3 ημέρες/έτος (-3 ημέρες/10ετία).

Στον δείκτη **R25mm** (διάγραμμα 4.9.8.) μέγιστη τιμή σημειώνεται στις 7 ημέρες (1986, 1994), ελάχιστη στη 1 ημέρα (1985), ενώ η διακύμανση είναι τυχαία και δεν εμφανίζει αξιόλογη τάση.

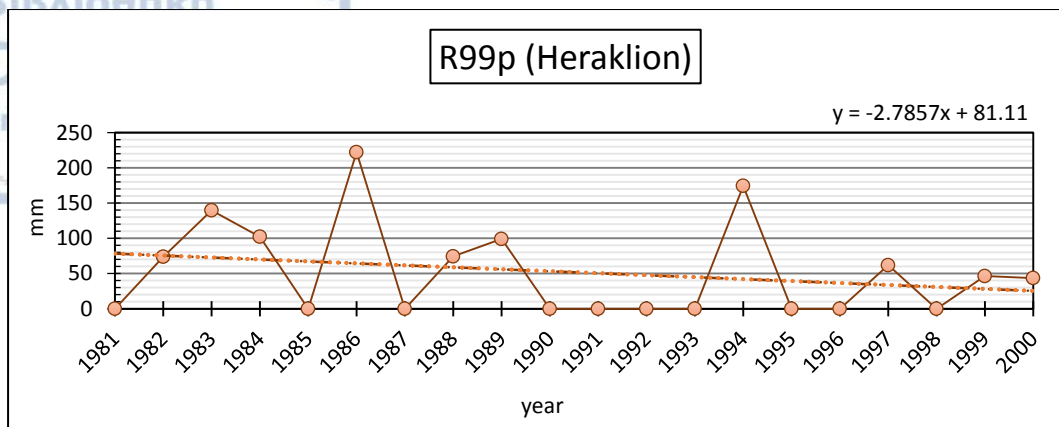


Διάγραμμα 4.9.8. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R25mm για την πόλη του Ηρακλείου την περίοδο 1981-2000.

Τέλος, οι δείκτες **R95p** (διάγραμμα 4.9.9.) και **R99p** (διάγραμμα 4.9.10.) καταγράφουν μέγιστο 404,6 mm και 222,2 mm αντίστοιχα το 1986. Ο δείκτης R95p έχει ελάχιστο 35,6 mm (1992) και εμφανίζει πτωτική τάση με ρυθμό 3,66 mm/έτος (-36,6 mm/10ετία). Ο δείκτης R99p έχει ελάχιστο 0 mm (1981, 1985, 1987, 1990-1993, 1995, 1996, 1998) και μειώνεται και αυτός με ρυθμό 2,78 mm/έτος (-27,8 mm/10ετία). Η ακραία μέγιστη τιμή των 2 δεικτών το 1986 αντικατοπτρίζει τις πολύ ισχυρές βροχοπτώσεις τις 29^{ης} Οκτωβρίου του 1986.



Διάγραμμα 4.9.9. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R95p για την πόλη του Ηρακλείου την περίοδο 1981-2000.

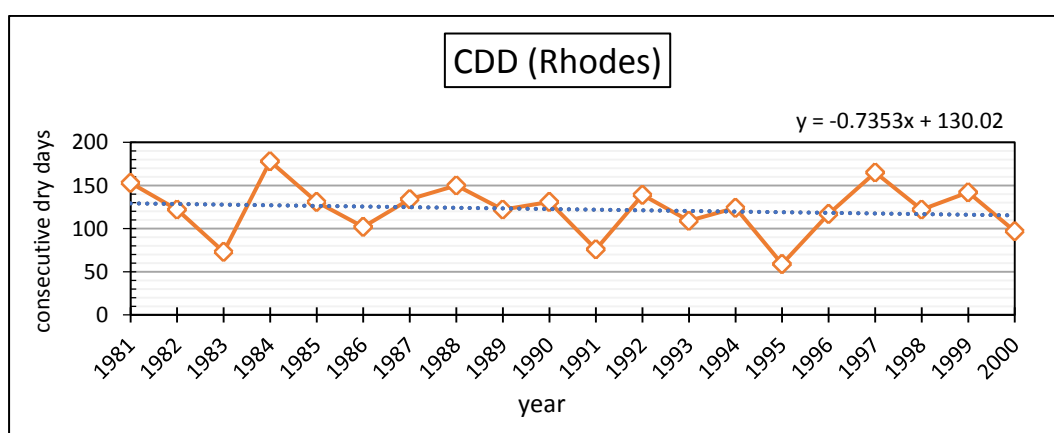


Διάγραμμα 4.9.10. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R99p για την πόλη του Ηρακλείου την περίοδο 1981-2000.

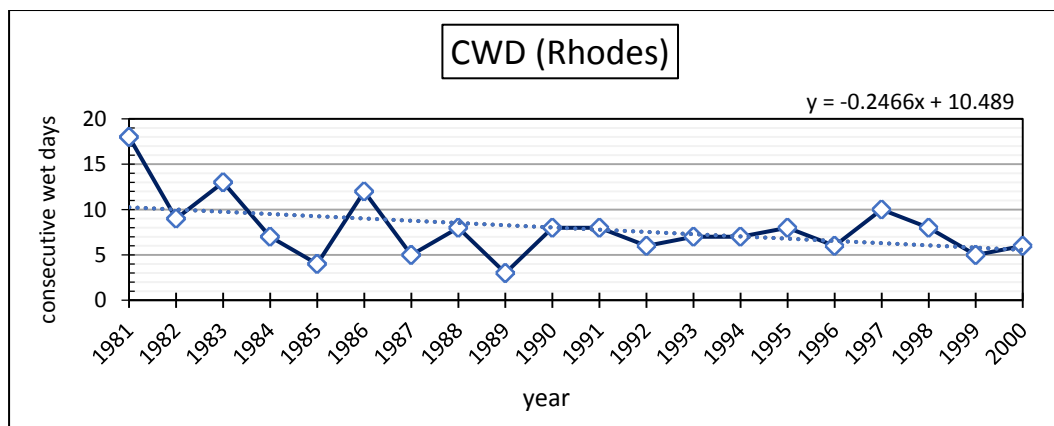
Σύνοψη: Σύμφωνα με την ανάλυση των παραπάνω δεικτών, κατά την εικοσαετία 1981-2000, παρατηρήθηκε γενική μείωση των βροχοπτώσεων με μικρή αύξηση της ξηρής περιόδου. Τα πολύ ακραία φαινόμενα εμφανίζονται κυρίως την πρώτη δεκαετία (1981-1990).

4.10. ΡΟΔΟΣ

Σύμφωνα με τον μετεωρολογικό σταθμό στην πόλη της Ρόδου την περίοδο 1981-2000 η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 654 mm. Κατά μέσο όρο εμφανίζονται 122 ημέρες συνεχόμενης ξηρασίας ετησίως και 8 ημέρες συνεχόμενων βροχοπτώσεων. Οι ημέρες με ημερήσια βροχόπτωση ≥ 10 mm είναι 19 ανά έτος και με βροχόπτωση ≥ 25 mm είναι 6 ανά έτος. Η μέση μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση φτάνει τα 97 mm, η μέση μέγιστη βροχόπτωση 5 συνεχόμενων ημερών τα 75 mm και η μέση ημερήσια ένταση των βροχοπτώσεων είναι 10 mm/day. Το άθροισμα των βροχοπτώσεων που υπερβαίνουν το 95% των συνολικών ημερησίων βροχοπτώσεων υπολογίζεται στα 219 mm και το άθροισμα των βροχοπτώσεων που ξεπερνούν το 99% των συνολικών ημερησίων βροχοπτώσεων είναι 80 mm.



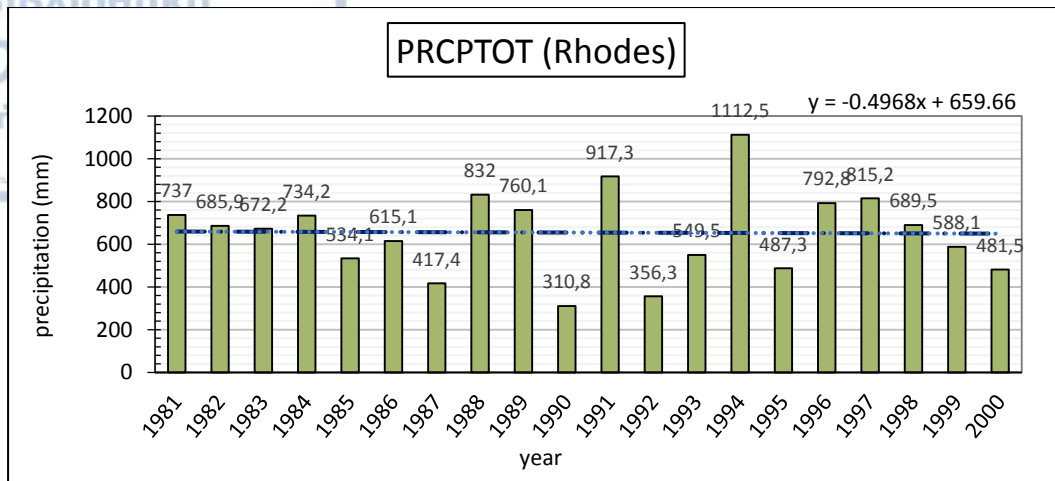
Διάγραμμα 4.10.1. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CDD για την πόλη της Ρόδου την περίοδο 1981-2000.



Διάγραμμα 4.10.2. Ετήσια διακύμανση του δείκτη CWD για την πόλη της Ρόδου την περίοδο 1981-2000.

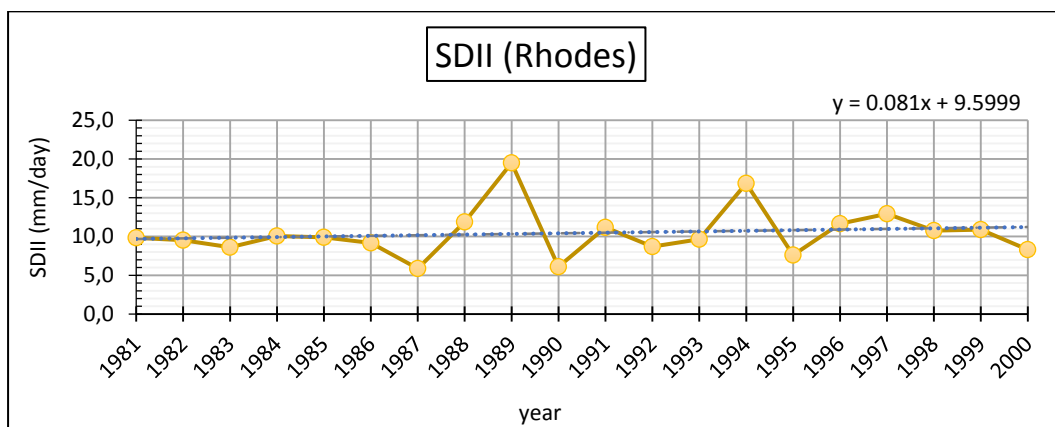
Σύμφωνα με τον δείκτη **CDD** (διάγραμμα 4.10.1.) η μέγιστη ξηρή περίοδος διαρκεί 178 ημέρες (1984), η ελάχιστη μέγιστη 59 ημέρες (1995), ενώ η τάση του δείκτη δείχνει μικρή ελάττωση της περιόδου ξηρασίας κατά 0,7 ημέρες/έτος (-7 ημέρες/10ετία).

Συγχρόνως, ο δείκτης **CWD** (διάγραμμα 4.10.2.) εμφανίζει μέγιστο 18 διαδοχικών βροχοημερών, ελάχιστο 3 διαδοχικών ημερών, ενώ σημειώνει επίσης αρνητική τάση με ρυθμό 0,25 ημέρες/έτος (-2,5 ημέρες βροχής/10ετία).



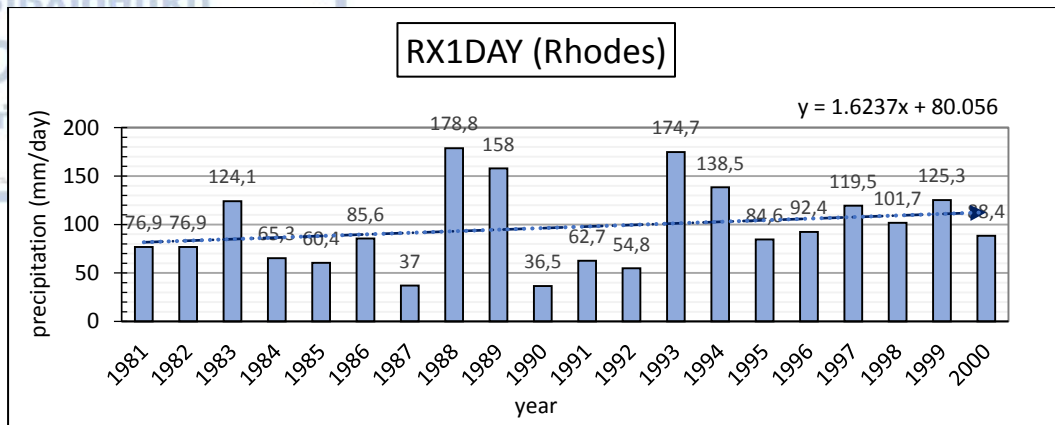
Διάγραμμα 4.10.3. Ετήσια διακύμανση του δείκτη PRCPTOT για την πόλη της Ρόδου την περίοδο 1981-2000.

Σε ότι αφορά τον δείκτη **PRCPTOT** (διάγραμμα 4.10.3.), αυτός εμφανίζει μέγιστο 1112,5 mm (1994) και ελάχιστο 310,8 mm (1990). Καταγράφεται μεγάλη κύμανση και η γενική τάση δείχνει μικρή έως αμελητέα μείωση της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης κατά 0,5 mm/έτος (-5 mm/10ετία). Ακολουθώντας, στο δείκτη **SDII** (διάγραμμα 4.10.4.) το μέγιστο αγγίζει τα 19,5 mm/day (1989), το ελάχιστο τα 5,9 mm/day. Ο δείκτης εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις και δεν παρατηρείται κάποια ιδιαίτερη τάση.



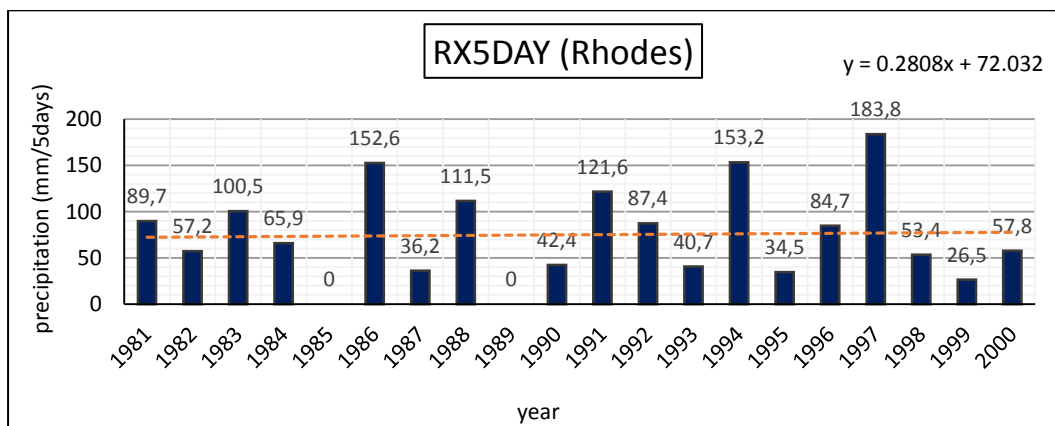
Διάγραμμα 4.10.4. Ετήσια κατανομή του δείκτη SDII για την πόλη της Ρόδου την περίοδο 1981-2000.

Για τον δείκτη **RX1DAY** (διάγραμμα 4.10.5.) η μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση υπολογίζεται στα 178,8 mm (1988) και η ελάχιστη μέγιστη στα 36,5 mm (1990). Η τάση του δείκτη δηλώνει αύξηση της μέγιστης ημερήσιας βροχόπτωσης κατά 1,6 mm/έτος (+16 mm/10ετία).



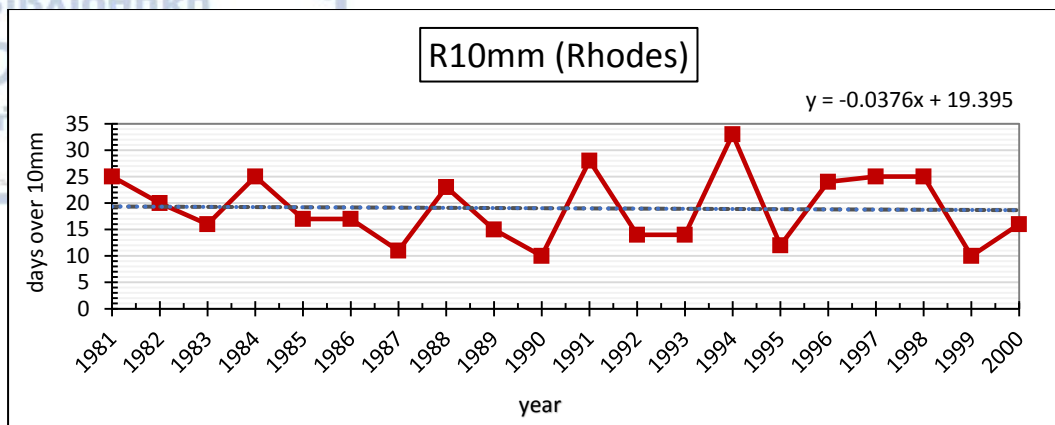
Διάγραμμα 4.10.5. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX1DAY για την πόλη της Ρόδου την περίοδο 1981-2000.

Ομοίως, ο δείκτης **RX5DAY** (διάγραμμα 4.10.6.) παρουσιάζει μέγιστο 183,8 mm/5days (1997), ελάχιστο 0 (1985, 1989) και έχει μικρή αύξουσα τάση της τάξης των 0,28 mm/έτος (+2,8 mm/10ετία).

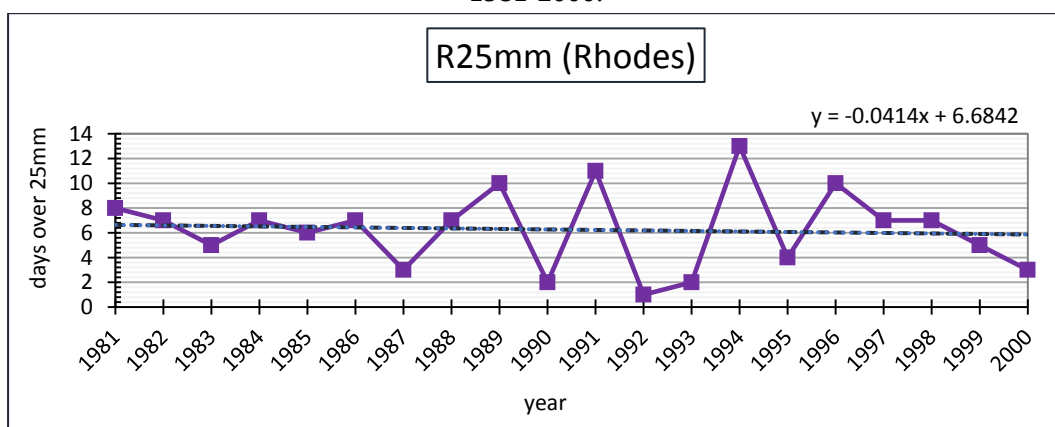


Διάγραμμα 4.10.6. Ετήσια διακύμανση του δείκτη RX5DAY για την πόλη της Ρόδου την περίοδο 1981-2000.

Στην περίπτωση των δεικτών **R10mm** και **R25mm**, ο μέγιστος αριθμός ημερών με ύψος βροχής ≥ 10 mm (διάγραμμα 4.10.7.) είναι 33 (1994) και ο ελάχιστος 10 (1999). Αντίστοιχα, ο μέγιστος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ≥ 25 mm (διάγραμμα 4.10.8.) είναι 13 (1994) και ο ελάχιστος 1 (1992). Οι δύο δείκτες παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση και έχουν αμελητέα αρνητική τάση της τάξης των 0,04 ημερών/έτος (-0,4 ημέρες/10ετία).



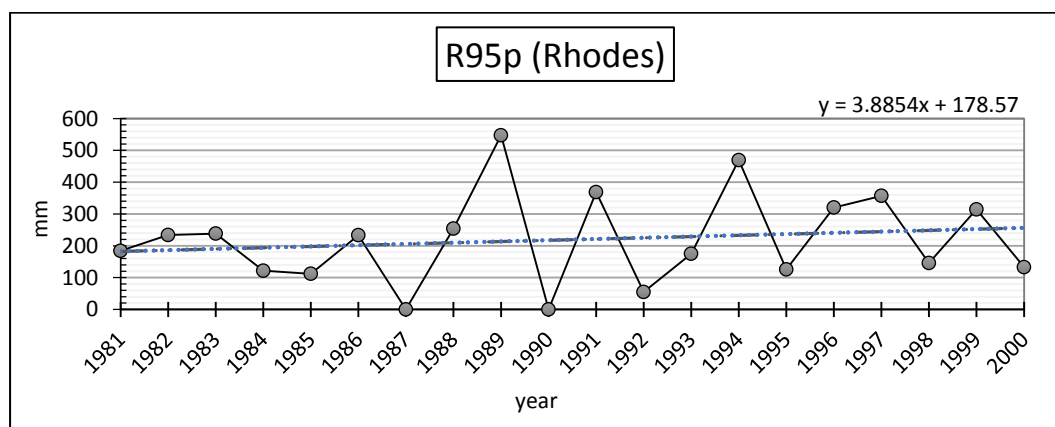
Διάγραμμα 4.10.7. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R10mm για την πόλη της Ρόδου την περίοδο 1981-2000.



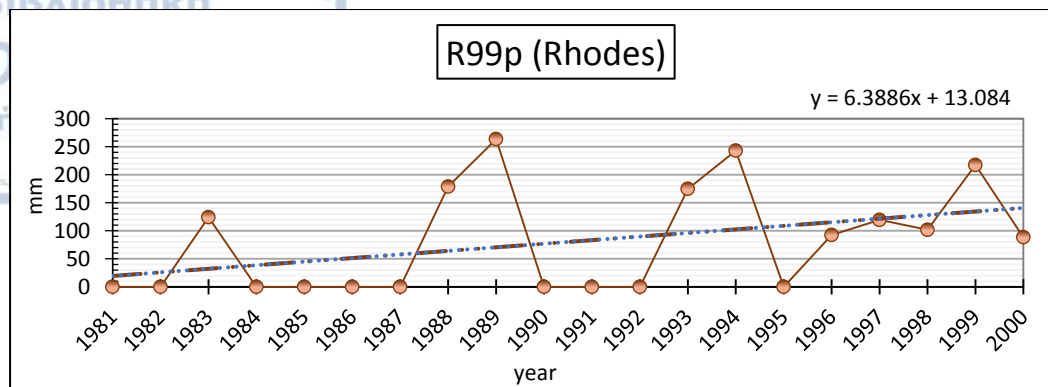
Διάγραμμα 4.10.8 Ετήσια διακύμανση του δείκτη R25mm για την πόλη της Ρόδου την περίοδο 1981-2000.

Ο δείκτης **R95p** (διάγραμμα 4.10.9.) σημειώνει μέγιστη τιμή 547,3 mm (1989), ελάχιστη 0 mm (1987, 1990) και έχει τάση αύξησης κατά 3,9 mm/έτος (+39 mm/δεκαετία).

Ο δείκτης **R99p** (διάγραμμα 4.10.10.) εμφανίζει μέγιστο 263,5 mm (1989), ελάχιστο 0 mm (1981, 1982, 1984-1987, 1990-1992, 1995) και έχει αξιοσημείωτη ανοδική τάση κατά 6,38 mm/έτος (+63,8 mm/10ετία).

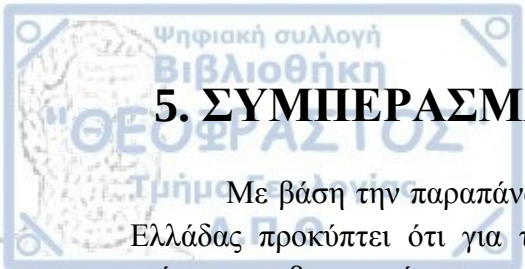


Διάγραμμα 4.10.9. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R95p για την πόλη της Ρόδου την περίοδο 1981-2000.



Διάγραμμα 4.10.10. Ετήσια διακύμανση του δείκτη R99p για την πόλη της Ρόδου την περίοδο 1981-2000.

Σύνοψη: Εξετάζοντας τους παραπάνω δείκτες για την πόλη της Ρόδου, συνάγεται το συμπέρασμα ότι, για το διάστημα 1981-2000, δεν σημειώνεται κάποια σημαντική μεταβολή στο βροχομετρικό καθεστώς της περιοχής, καθώς κανένας δείκτης δεν εμφανίζει κάποια αξιοσημείωτη τάση ανόδου ή πτώσης. Εξαιρέση αποτελούν οι διετίες 1988-89, 1993-94 και 1998-99, όπου έλαβαν χώρα πολύ έντονα φαινόμενα και έτσι υπάρχει μία τάση αύξησης των ακραίων φαινομένων κατά το δεύτερο μισό της περιόδου αναφοράς.



5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

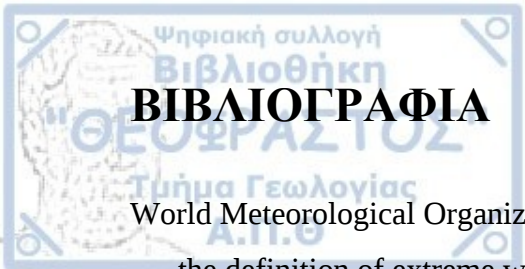
Με βάση την παραπάνω ανάλυση των 10 επιλεγμένων δεικτών για τις πόλεις της Ελλάδας προκύπτει ότι για την περίοδο 1981-2000 σημειώθηκε σε γενικές γραμμές μείωση των βροχοπτώσεων σε ετήσια βάση και μικρή αύξηση των περιόδων ξηρασίας.

Πιο συγκεκριμένα, η συνολική ετήσια βροχόπτωση (δείκτης PRCPTOT) παρουσιάζει ελάττωση στις 8 από τις 10 επιλεγμένες πόλεις. Οι δύο πόλεις που παρατηρείται αύξηση είναι η Αθήνα και η Αλεξανδρούπολη. Η μεγαλύτερη μείωση σημειώνεται στη Σάμο και την Κοζάνη και ακολουθούν Ηράκλειο και Νάξος. Αναφορικά με τις ξηρές και υγρές ακολουθίες (δείκτες CDD και CWD αντίστοιχα) σε 6 πόλεις πραγματοποιείται αύξηση των ξηρών περιόδων με την μεγαλύτερη με διαφορά αύξηση να την έχει η Σάμος. Τέσσερις πόλεις παρουσιάζουν μείωση των ξηρών ακολουθιών με την μεγαλύτερη να σημειώνεται στη Νάξο και τη Ρόδο. Οι υγρές ακολουθίες δεν εμφανίζουν κάποια αξιοσημείωτη μεταβολή. Η μέση ετήσια ραγδαιότητα (δείκτης SDII) έχει πτωτική τάση σε 7 από τις 10 πόλεις και η ανοδική τάση εμφανίζεται σε Αθήνα, Αλεξανδρούπολη και Ρόδο.

Όσον αφορά την ημερήσια ανάλυση, η μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση ανά έτος (δείκτης RX1DAY) δεν παρουσιάζει γενικευμένη τάση για τον Ελληνικό χώρο. 5 από τις 10 πόλεις παρουσιάζουν μείωση και οι υπόλοιπες αύξηση με τον διαχωρισμό αυτό να μην συνδέεται με γεωγραφικά κριτήρια και συνεπώς να θεωρείται τυχαίος. Μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται στην Αθήνα και μεγαλύτερη πτώση στη Λάρισα. Εν αντιθέσει η μέγιστη βροχόπτωση 5ημέρου (δείκτης RX5DAY) έχει πιο καθορισμένη τάση, με τις 7 στις 10 πόλεις να σημειώνουν μείωση. Κοζάνη και Ρόδος εμφανίζουν μικρή αύξηση ενώ σημαντική εξαίρεση αποτελεί η πόλη των Ιωαννίνων όπου η αύξηση είναι σημαντική. Στην περίπτωση των ημερών με σημαντικά ύψη βροχής (δείκτες R10mm ,R25mm) οι τάσεις δεν είναι αξιοσημείωτες ωστόσο επικρατεί η πτώση στην πλειονοψηφία των περιπτώσεων δείχνοντας μείωση των σημαντικών επεισοδίων βροχής.

Οι ακραίες βροχοπτώσεις, που αναγνωρίζονται κατά κύριο λόγο από τους δείκτες R95p και R99p, δείχνουν να ελαττώνονται στο μεγαλύτερο μέρος της Ελληνικής επικράτειας κατά την περίοδο 1981-2000. Συγκεκριμένα σε 7 πόλεις σημειώνεται σημαντική μείωση του όγκου του νετού που οφείλεται σε ακραία φαινόμενα. Εξαίρεση αποτελούν η Αλεξανδρούπολη, η Αθήνα και η Ρόδος όπου η αύξηση των ακραίων βροχοπτώσεων είναι μεγάλη, ειδικά για την Αθήνα.

Εν κατακλείδι, προκύπτει ότι σε γενικές γραμμές, κατά την διάρκεια της χρονικής περιόδου αναφοράς της συγκεκριμένης εργασίας, σημειώθηκε μείωση του ετήσιου νετού και των ακραίων βροχοπτώσεων με την Αθήνα , την Αλεξανδρούπολη και την Ρόδο να ακολουθούν ωστόσο αντίθετη κατεύθυνση.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

World Meteorological Organization-WMO Commission for Climatology, Task team on the definition of extreme weather and climate events, January 2018, Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor and P.M. Midgley, eds.). Cambridge and New York, Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley, eds.). Cambridge and New York, Cambridge University Press.

World Meteorological Organization, 1992: International meteorological vocabulary. Second edition. (WMO-No. 182). Geneva.

Beck, H.E., N.E. Zimmermann, T.R. McVicar, N. Vergopolan, A. Berg, E.F. Wood: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1km resolution, Nature Scientific Data, 2018.

Toreti, A., Xoplaki, E., Maraun, D., Kuglitsch, F. G., Wanner, H., and Luterbacher, J. 2010 , Characterisation of extreme winter precipitation in Mediterranean coastal sites and associated anomalous atmospheric circulation patterns, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 1037–1050, <https://doi.org/10.5194/nhess-10-1037-2010>,

E. Kostopoulou, P. D. Jones , 2004 Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean.

World Meteorological Organization, June 2009, Climate Data and Monitoring WCDMP-No. 72, Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation.

Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

Ελληνική βιβλιογραφία:

Απόστολος Αθ. Φλόκας Θεσ/νίκη 1992 ,Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, εκδόσεις ΖΗΤΗ 1997

Κωστοπούλου Ε., Μπερτσουκλή Μ. και Κίζος Α, Εκτίμηση μελλοντικών κλιματικών αλλαγών με υπολογισμό κλιματικών δεικτών στα νησιά του βορειοανατολικού Αιγαίου

Τ.Ι. Μακρογιάννης , Χ.Σ. Σαχσαμάνογλου, 2004, Μαθήματα γενικής Μετεωρολογίας, εκδόσεις Χάρις

Διαδικτυακές πηγές:

Κλιματικός Άτλαντας της Ελλάδας, EMY, 2016, <http://climatlas.hnms.gr/>

http://www.hnms.gr/emy/el/about_emy/sxetika-me-thn-emy

http://www.hnms.gr/emy/el/climatology/climatology_city

<https://geodata.gov.gr/dataset/periphereies-elladas>

<https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate>

https://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/glossary/glossary_c.html