

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Διερεύνηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην βροχόπτωση της Κύπρου για την περίοδο 1971 μέχρι 2015, μέσω του στατιστικού προγράμματος SPSS

Χαραλαμπία Πατσαλή

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Αντώνης Ζορπάς**

Μάιος, 2018

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Διερεύνηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην βροχόπτωση της Κύπρου για την περίοδο 1971 μέχρι 2015, μέσω του στατιστικού προγράμματος SPSS

Χαραλαμπία Πατσαλή

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Αντώνης Ζορπάς**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών
Στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος
από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών
του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάιος, 2018

Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα που επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε τοπικό επίπεδο. Η τάση της βροχόπτωσης σε όλο τον πλανήτη έχει μεταβληθεί από μέρος σε μέρος και ταυτόχρονα με την άνοδο της θερμοκρασίας, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του κλίματος μιας περιοχής. Η κυριότερη αιτία της διακύμανσης της βροχόπτωσης είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου και κατ' επέκταση η κλιματική αλλαγή.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αρχικά αναφέρεται στις κλιματικές αλλαγές στον πλανήτη και στην Κύπρο. Έπειτα περιγράφει τον υδρολογικό κύκλο, τον σχηματισμό της βροχής, τους βροχομετρικούς παράγοντες και τις τεχνικές μέτρησης της βροχής τονίζοντας την σπουδαιότητά της. Παράλληλα γίνεται μια προσπάθεια να παρουσιασθεί η εποχική κατανομή της βροχόπτωσης στη Γη με βάση τη διεθνή και ξενόγλωσση βιβλιογραφία. Επίσης δίνεται έμφασή στις συμβάσεις διεθνών οργανισμών για την προστασία του περιβάλλοντος και της κλιματικής αλλαγής.

Σκοπός της διατριβής είναι η διερεύνηση της διακύμανσης της βροχόπτωσης για την περιοχή μελέτης το νησί της Κύπρου, η οποία παρουσίασε πρόβλημα ολιγομβρίας και ανομβρίας κατά τον 20^ο και 21^ο αιώνα, και η σύνδεση της με την θερμοκρασία και κυρίως με την κλιματική αλλαγή. Για την επίτευξη του στόχου χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα Spss, όπου έγινε στατιστική ανάλυση μετεωρολογικών δεδομένων για 7 περιοχές της Κύπρου. Συγκεκριμένα με τη χρήση του γραμμικού μοντέλου μελετήθηκαν οι τάσεις της βροχόπτωσης των 7 περιοχών για τα έτη 1971 μέχρι 2015.

Η στατιστική ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων έδειξε ότι η γραμμική τάση της βροχόπτωσης είναι γενικά πτωτική. Συγκρίνοντας την ανοδική πορεία της θερμοκρασίας σε σχέση με την μειωμένη βροχόπτωση του νησιού καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η κλιματική αλλαγή έχει επηρεάσει αρνητικά το κλίμα της Κύπρου.

Θεματικές περιοχές / Λέξεις κλειδιά:

Κλιματική αλλαγή, φαινόμενο του θερμοκηπίου, τάση της βροχόπτωσης, θερμοκρασία, στατιστική ανάλυση, Κύπρος.

Summary

Undoubtedly, climate change is a global phenomenon and problem which causes adverse consequences not only globally but locally as well. It is a fact that around the globe rainfall trends and the increase in temperature have changed from place to place. As a result, they play an important part in determining and setting the climate of an area.

The main cause of the rainfall fluctuation is the greenhouse effect and climate change. At first, the present Master Thesis deals with the climate changes around the globe as well as in Cyprus. Furthermore, the literature review emphasizes on topics of water cycle, formation of rain, rainfall factors and rain measurement techniques. In addition, the seasonal distribution of rainfall on earth and international conventions on climate change were studied.

The aim of the current Master Thesis is to research the trend of rainfall on the island of Cyprus and how the island is affected by temperature and climate change. For this research, meteorological data from seven regions in Cyprus for the period from 1971 to 2015 were analysed utilising a linear statistical model on SPSS.

In addition, the statistical analysis of the meteorological data resulted in the following outcome that the trend of rainfall is declining. Due to the upward trend of temperature and the downward trend of rainfall, it is concluded that climate change negatively impacts the climate of Cyprus.

Keywords

Climate change, greenhouse effect, trend of rainfall, temperature, statistical analysis, Cyprus.

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή μου Δρ. Αντώνη Ζορπά για την εποπτεία της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, για την επιστημονική καθοδήγηση και την άμεση βοήθεια που μου παρείχε σε όλα τα στάδια της συγγραφής της διατριβής μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου που μου έδωσε τα πολύτιμα δεδομένα για την στατιστική ανάλυση της διπλωματικής μου.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένεια μου, τον σύζυγο μου καθώς και στην κόρη μου για την τεράστια υπομονή και στήριξη τους, καθόλη της διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών μου και στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	1
1.1	Καταγραφή του προβλήματος	1
1.2	Σκοπός και στόχος της μελέτης	2
2	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	3
2.1	Η έννοια της κλιματικής αλλαγής	3
2.2	Η μεταβολή των κλιματικών συνθηκών σε παγκόσμιο επίπεδο.....	4
2.3	Η κλιματική αλλαγή στην περιοχή της Κύπρου.....	6
2.3.1	Προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή της Κύπρου.....	7
2.4	Στρατηγικές πρόληψης της κλιματικής αλλαγής.....	9
2.5	Συνθήκες πρόληψης της κλιματικής αλλαγής	11
2.6	Διακυβερνητικό Πάνελ για την Κλιματική Αλλαγή, IPCC.....	15
2.7	Υδρολογικός κύκλος.....	16
2.8	Βροχή.....	18
2.9	Τύποι νεφών.....	20
2.10	Τύποι βροχής.....	26
2.11	Βροχομετρικοί παράμετροι.....	30
2.12	Εποχική κατανομή της βροχόπτωσης στη Γη.....	34
2.13	Τεχνικές μέτρησης βροχόπτωσης.....	39
2.14	Τάσεις βροχόπτωσης σε Παγκόσμιο, Ευρωπαϊκό και Τοπικό επίπεδο.....	42
3	Μεθοδολογία Ερευνάς	48
3.1	Περιοχή Μελέτης.....	48
3.2	Κλιματικές συνθήκες.....	49
3.3	Μετεωρολογικά Δεδομένα.....	51
3.4	Ερευνητικά ερωτήματα.....	59
3.5	Επεξεργασία Μετεωρολογικών Δεδομένων.....	59
3.5.1	Ερευνητικά Εργαλεία.....	59
3.5.2	Στατιστική Ανάλυση.....	60
3.5.3	Δυσκολίες κατά την έρευνα.....	60
3.5.4	SPSS.....	60
3.5.5	Ανάλυση Διασποράς.....	61
3.5.6	Ανάλυση Παλινδρόμησης.....	63
3.5.7	Χρονοσειρές.....	69

3.6	Αξιοπιστία και Εγκυρότητα	71
3.6.1	Αξιοπιστία	71
3.6.2	Εγκυρότητα	72
4	Αποτελέσματα.....	74
4.1	Ανάλυση Δεδομένων.....	74
4.2	Ανάλυση Παλινδρόμησης για τις μεταβλητές «Έτος» & «Μέση Βροχόπτωση ανά Έτος».....	75
4.2.1	Κοκκινοχώρια.....	75
4.2.2	Λάρνακα.....	76
4.2.3	Λεμεσός.....	78
4.2.4	Λευκωσία.....	79
4.2.5	Μόρφου.....	81
4.2.6	Πάφος.....	82
4.2.7	Πόλις.....	84
4.3	Βροχοσειρές.....	85
4.3.1	Κοκκινοχώρια.....	85
4.3.2	Λάρνακα.....	87
4.3.3	Λεμεσός.....	89
4.3.4	Λευκωσία.....	91
4.3.5	Μόρφου.....	93
4.3.6	Πάφος.....	95
4.3.7	Πόλις.....	97
4.4	Σύγκριση περιοχών.....	99
4.5	Μέση ετήσια θερμοκρασία.....	100
5	Συζήτηση- Συμπεράσματα- Εισηγήσεις	103
5.1	Συζήτηση Αποτελεσμάτων.....	103
5.1.1	Αιτίες.....	103
5.1.2	Παγκόσμια.....	105
5.1.3	Επιπτώσεις.....	106
5.2	Συμπεράσματα.....	108
5.3	Εισηγήσεις.....	110
	Βιβλιογραφία	111

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Καταγραφή του προβλήματος

Η κλιματική αλλαγή άρχισε να απασχολεί την παγκόσμια κοινότητα κατά τον 20^ο αιώνα. Το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι μια από τις σημαντικότερες απειλές για το περιβάλλον και για τον άνθρωπο. Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής γίνεται αντιληπτή μέσα από τα ακραία καιρικά φαινόμενα που επικρατούν όπως η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, η μείωση της βροχόπτωσης, η απερίμωση, οι παρατεταμένες περίοδοι ξηρασίας και οι τυφώνες (Kröner N. et al, 2016).

Το Διακυβερνητικό Πάνελ για την Κλιματική αλλαγή (IPCC, 2007) μέσα από τις επιστημονικές έρευνες έχει καταγράψει το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής και τις επιπτώσεις του, για αυτό τονίζει την αναγκαιότητα περιορισμού του φαινομένου (IPCC, 2007). Πρέπει να υιοθετηθούν μέτρα και στρατηγικές τόσο σε εθνικό επίπεδο, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η περιοχή της Μεσογείου και συγκεκριμένα η Κύπρος έχει επηρεαστεί εντονότερα από την κλιματική αλλαγή (IPCC, 2007). Τα τελευταία 100 χρόνια έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση στο ύψος της βροχής ετησίως και σύμφωνα με τις προβλέψεις των κλιματικών μοντέλων η καθοδική τάση στην βροχόπτωση του νησιού θα συνεχιστεί. Τον τελευταίο αιώνα παρουσιάζονται μεγάλες περίοδοι ανομβρίας και ξηρασίας (Lelieveld, et al., 2012). Ακόμη πιο συχνή είναι η εμφάνιση τοπικών καταιγίδων μικρής διάρκειας, περίπου 5 λεπτών, κατά την θερινή περίοδο. Η μέση ετήσια βροχόπτωση, σύμφωνα με το Διακυβερνητικό Πάνελ για την Προστασία του κλίματος, αναμένεται να μειωθεί μεταξύ 4% και 27% (IPCC, 2013). Επίσης η μέση ετήσια θερμοκρασία στην Κύπρο και για την

περιοχή της Μεσογείου, έχει αυξηθεί κατά 1,7 °C και αναμένεται να αυξηθεί μέχρι και 5 °C (Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου).

1.2 Σκοπός και στόχος της μελέτης

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχει σκοπό να περιγράψει το πρόβλημα της μειωμένης βροχόπτωσης στην Κύπρο, λαμβάνοντας υπόψη την πτωτική τάση βροχόπτωσης στο νησί από το 1971 μέχρι το 2015 και την ανοδική πορεία της θερμοκρασίας για την ίδια χρονική περίοδο. Κύριος σκοπός της μελέτης είναι η διερεύνηση του προβλήματος ελέγχοντας ποια εποχή ανά έτος είχε την μεγαλύτερη βροχόπτωση στις περιοχές, ποιο έτος ήταν πιο υδροφόρο για το νησί και ποια περιοχή είχε το μεγαλύτερο πτωτικό ποσοστό βροχόπτωσης.

Καταλήγοντας στόχος της μελέτης είναι να επιδείξει τις επιπτώσεις που εμφανίζονται στη Κύπρο, λόγω της μειωμένης, στατιστικά τάσης της βροχής, και με ποιο τρόπο συμβάλει η κλιματική αλλαγή.

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Η έννοια της κλιματικής αλλαγής.

Με τον όρο κλιματική αλλαγή αναφερόμαστε στην παρατηρούμενη, στατιστικά, σημαντική μεταβολή και στην διακύμανση του κλίματος από την μέση κατάσταση του, η οποία παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η αλλαγή του κλίματος οφείλεται σε φυσικά και ανθρωπογενή αίτια (Vijaya Venkata Raman, et al., 2012). Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι το κλίμα αλλάζει με ραγδαία ταχύτητα και έχει μεγάλο αντίκτυπο σε διάφορες πτυχές όπως στο περιβάλλον και στον άνθρωπο (Andre Berger, et al., 2012).

Η σχέση μεταξύ του κλίματος και της κοινωνίας θεωρούνταν πάντα ως μία δυναμική σχέση. Τα φυσικά περιβάλλοντα και μικροπεριβάλλοντα έχουν παίξει σημαντικό ρόλο στη βιολογική, αλλά και την κοινωνική εξέλιξη των ανθρώπων ανά τους αιώνες (Hulme M., 2010). Η διαβίωση σε ένα μοναδικό περιβάλλον με το δικό του χαρακτηριστικό μικροκλίμα έχει διαμορφώσει βιογεωγραφικά συστήματα που παρέχουν στους πληθυσμούς τους τα αγαθά και τις υπηρεσίες από τα οποία έχει προέλθει όλη η ανθρώπινη δραστηριότητα. Με παρόμοιο τρόπο, οι άνθρωποι έχουν επιβληθεί στο περιβάλλον από τη στιγμή της εμφάνισής τους, με τρόπους που έχουν προκαλέσει συνεχείς μεταβολές στο κλίμα και το μικροκλίμα μίας περιοχής. Η επίδραση που έχει προκαλέσει η ανθρώπινη δραστηριότητα δεν περιορίζεται μόνο στη σημερινή κατάσταση που βιώνουμε σαν ανθρωπότητα. Υπήρξε άλλοτε ευεργετική και άλλοτε καταστροφική (Hulme M., 2010).

Η σχέση μεταξύ του κλίματος και της ανθρώπινης κοινωνία έχει χαρακτηριστεί ανά τους αιώνες, μέσα από την αποτύπωσή της σε ιστορικά κείμενα και σε παραστάσεις της προϊστορικής εποχής. Το κλίμα της εκάστοτε περιοχής έχει προσφέρει παραγωγικές πηγές σε όλες τις κοινωνίες και από την εμφάνιση του ανθρώπινου είδους, μέχρι και σήμερα, αποτελεί έμπνευση για τη δημιουργία νέων ανακαλύψεων. Το κλίμα είναι αυτό που έχει προσδώσει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά σε διακεκριμένες προσωπικότητες και συλλογικές συνειδήσεις (Hulme M., 2008).

Παρόλα αυτά, οι κλιματικές συνθήκες μίας περιοχής αποτελούσαν και εμπόδιο στην ελεύθερη ανάπτυξη μίας ανθρώπινης κοινωνίας μέσα από τους κινδύνους που ενείχε. Το αποτέλεσμα αυτού του φόβου προς το άγνωστο αποτελεί και τον παράγοντα που ώθησε τον άνθρωπο να ξεπεράσει τους φόβους του, ώστε να παλέψει για ένα ευνοϊκότερο μέλλον για τις επόμενες γενιές. Αυτή η σχέση μεταξύ της κοινωνίας και των κλιματικών συνθηκών έχει μετατραπεί σε μία έντονη αντιπαράθεση, καθώς οι πράξεις της ανθρωπότητας λαμβάνουν χώρα σε παγκόσμιο επίπεδο πλέον και οι περιβαλλοντικές μεταβολές συμβαίνουν επίσης σε παγκόσμιο επίπεδο.

2.2 Η μεταβολή των κλιματικών συνθηκών σε παγκόσμιο επίπεδο.

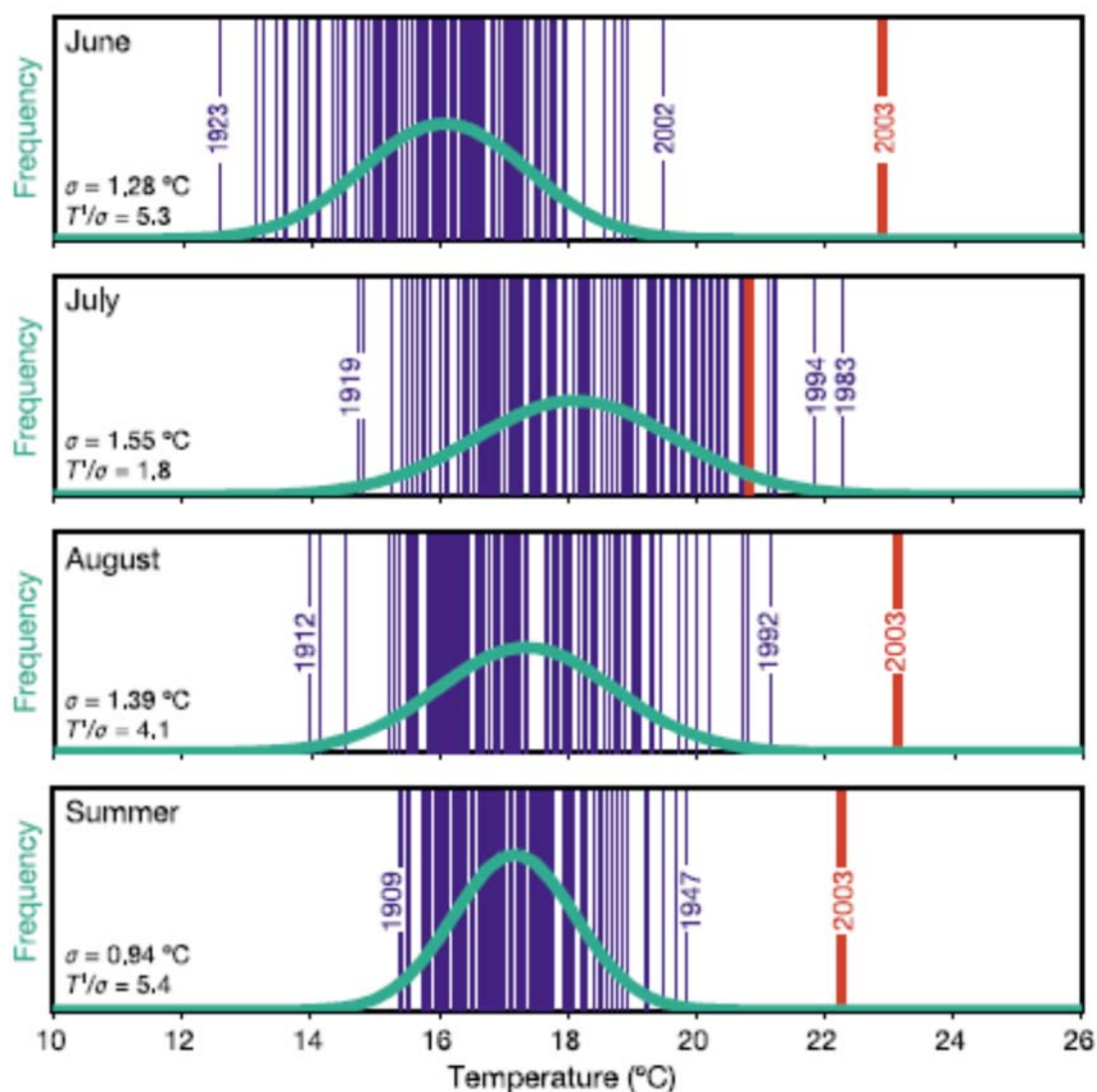
Η κλιματική αλλαγή αποτελεί έναν όρο που χρησιμοποιείται ευρέως τα τελευταία 50 χρόνια. Ενώ αρχικά μπορούσε κανείς να ακούσει για την κλιματική αλλαγή μόνο σε επιστημονικούς κύκλους, που μελετούσαν τις μεταβολές του περιβάλλοντος, στο τέλος του προηγούμενου αιώνα, η κλιματική αλλαγή μετατράπηκε σε κύρια ανησυχία παγκοσμίου επιπέδου (IPCC, 2007).

Πλέον, η κλιματική αλλαγή είναι παρούσα, καθώς έχει γίνει εμφανής σε διάφορα μέρη της υδρογείου. Δεν είναι όμως η πρώτη φορά που ο πλανήτης δέχεται τέτοιας έκτασης κλιματική αλλαγή, καθώς και στο γεωλογικό παρελθόν, υπήρχαν μεγάλες περιόδους ξηρασίας εναλλασσόμενες με εποχές παγετώνων. Αυτό που κάνει την παρούσα κλιματική αλλαγή τόσο ενδιαφέρουσα από τη σκοπιά της έρευνας και τόσο επικίνδυνη για τα οικοσυστήματα που υπάρχουν αυτή τη στιγμή πάνω στη γη είναι ότι η παρούσα μεγάλη έκτασης κλιματική αλλαγή προκλήθηκε καθαρά από ανθρώπινη δραστηριότητα. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί μέσα από γεωλογικές μελέτες ότι οι παρελθοντικές κλιματικές αλλαγές συνέβησαν με την πάροδο χιλιάδων ετών. Αντίθετα, στην παρούσα κατάσταση, η ανθρώπινη δραστηριότητα κατάφερε να πετύχει αυτό το αποτέλεσμα σε μερικές μόνο δεκαετίες, με την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης (Yearley S., 2006).

Η κλιματική αλλαγή του 20ου και 21ου αιώνα γίνεται αντιληπτή μέσα από τα ακραία καιρικά φαινόμενα που επικρατούν. Σε αυτά μπορούν να συμπεριληφθούν οι έντονες βροχοπτώσεις, ισχυροί καύσωνες, παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας, οι δυνατότεροι τυφώνες, η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας, η μεταβολή πολλών ενδιαιτημάτων, με

αποτέλεσμα την εξαφάνιση ειδών και τέλος, η αύξηση της θερμοκρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο (Kröner N. et al, 2016).

Ειδικά για την άνοδο της θερμοκρασίας, οι μεταβολές παρατηρούνται σε παγκόσμιο και τοπικό επίπεδο. Η Ευρώπη μόνο, υπέφερε από τρία κύματα καύσωνα που ξεπέρασαν κάθε προηγούμενο, κατά τα έτη 2003, 2006 και 2010 (Schär et al. 2004; Rebetez et al. 2009; Barriopedro et al. 2011).



Σχήμα 2.2.1: Η μέση θερμοκρασία της Ελβετίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Kröner N. et al, 2016)

Από το σχήμα 2.2.1, οι μετρήσεις από τις επιστημονικές ομάδες που συμμετείχαν στην έρευνα έδειξαν ότι οι θερμοκρασίες των θερινών μηνών απείχαν σημαντικά από το μέσο όρο θερμοκρασιών των προηγούμενων ετών, από την απαρχή του 20 ου αιώνα.

Από αυτή την απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας δεν έχει ξεφύγει ούτε και η ευρύτερη Μεσόγειος, της οποίας το κλίμα είναι μοναδικό και στηρίζεται σε ευαίσθητους ρυθμιστικούς μηχανισμούς. Με την κλιματική αλλαγή, οι ισορροπίες των Μεσογειακών συστημάτων κινδυνεύουν να καταρρεύσουν, οδηγώντας σε μεγαλύτερες ακόμη περιβαλλοντικές καταστροφές.

2.3 Η κλιματική αλλαγή στην περιοχή της Κύπρου

Η Κύπρος, αν και δε διαθέτει μεγάλη έκταση μέσα στη Μεσόγειο, αποτελεί το μεγαλύτερο νησί της και η ίδια διαθέτει χαρακτηριστικά κλιματικά χαρακτηριστικά. Με την έναρξη της κλιματικής αλλαγής, η περιοχή της Κύπρου επηρεάστηκε σημαντικά. Η Κύπρος αναμένεται να επηρεαστεί σημαντικά από την κλιματική αλλαγή, με αύξηση της συχνότητας και έντασης των ξηρασιών και των ζεστών κλιματικών συνθήκων, αυξανόμενες ακραίες ψηλές θερμοκρασίες και μειωμένες βροχοπτώσεις (Lelieveld, et al., 2012)

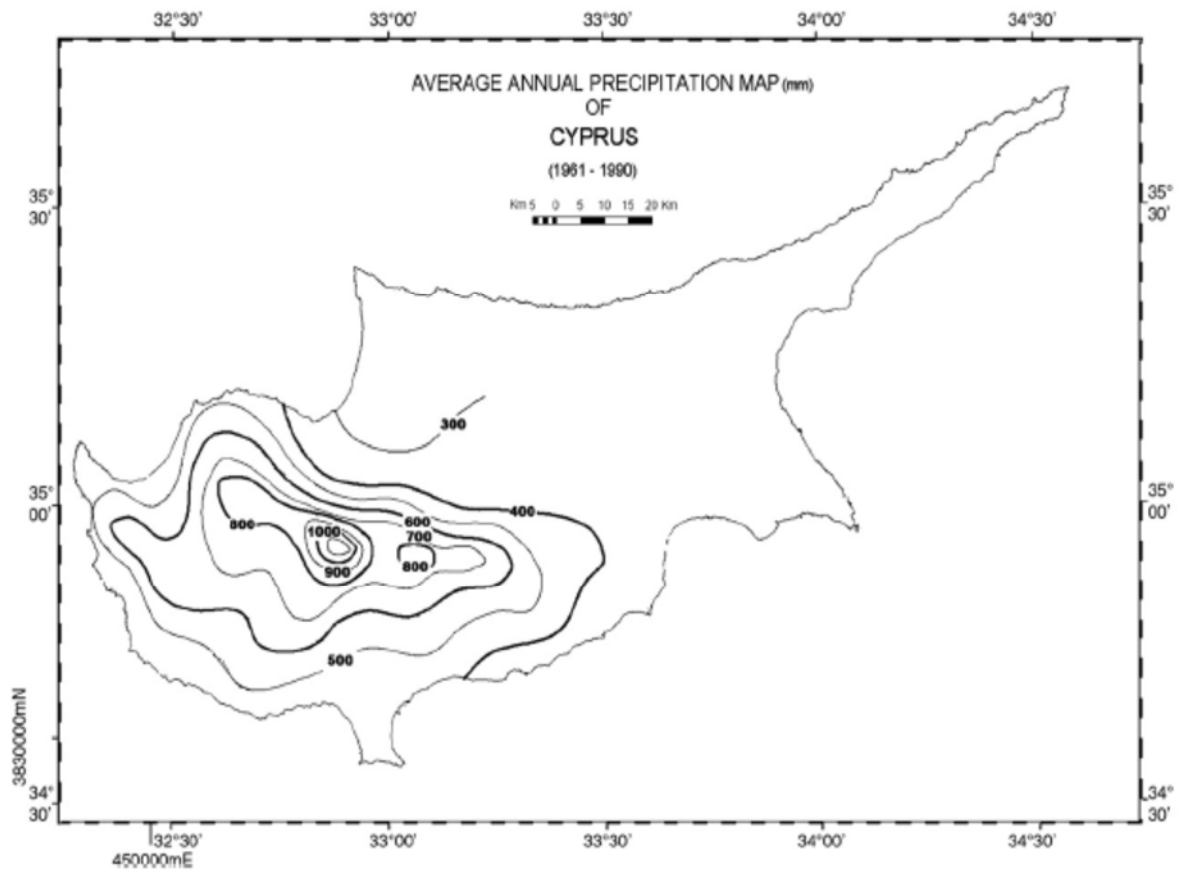
Σύμφωνα με τη Μετεωρολογική Υπηρεσία, τα τελευταία 100 χρόνια έχουν παρατηρηθεί διαφοροποιήσεις στο μικροκλίμα της. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα παρατηρήθηκε μία σταδιακή πτώση στα επίπεδα βροχόπτωσης. Ο μέσος ρυθμός μείωσης που υπολογίστηκε είναι 1 mm το χρόνο, ενώ η θερμοκρασία παρουσιάζει ανοδική τάση, με μέσο ρυθμό 0,01°C σε ετήσια βάση. Κατά την περίοδο 1981-2010, η βροχόπτωση μειώθηκε κατά 8% σε σχέση με την περίοδο αναφοράς κατά τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό [1961- 1990]. Αντίστοιχα, η μέση ετήσια θερμοκρασία για την περίοδο 1981-2010 κυμάνθηκε στους 18,6°C, δηλαδή 1,4°C υψηλότερη από την κανονική της θερμοκρασία, ενώ το 2010 η μέση θερμοκρασία της Κύπρου έφτασε τους 20,6°C.

Επιπρόσθετα, στοιχεία της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας καταδεικνύουν ότι ο ρυθμός αύξησης της ελάχιστης θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερος του αντίστοιχου ρυθμού αύξησης της μέγιστης θερμοκρασίας, ενώ παρατηρείται αύξηση της συχνότητας εμφάνισης, ανά τριακονταετία, ετών με υπερβολική ή ελάχιστη μέση ετήσια βροχόπτωση αλλά και αύξηση στην ένταση άλλων ακραίων καιρικών φαινομένων (ξηρασίες, πλημμύρες, καύσωνες, κλπ.) στην τελευταία τριακονταετία (Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου).

2.3.1 Προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή της Κύπρου

Η Κύπρος αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της Μεσογείου και οι μεταβολές που συμβαίνουν στη θάλασσα και τις παράκτιες περιοχές της επηρεάζουν και την ίδια την Κύπρο. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος στην Ευρώπη έχει προβλέψει ότι η ετήσια μέση θερμοκρασία στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου αναμένεται να αυξηθεί σε μεγαλύτερο βαθμό από τον παγκόσμιο μέσο όρο, ενώ αναμένεται να μειωθεί η ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή, με μείωση του αριθμού ημερών βροχόπτωσης και αυξημένο κίνδυνο καλοκαιρινής ξηρασίας. Επιπλέον, αναμένεται συνεχής και σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1 °C -3 °C στις επόμενες τρεις δεκαετίες, 3 °C -5 °C μέχρι τα μέσα του αιώνα και 3,5 °C -7 °C μέχρι το τέλος του αιώνα, με την αναμενόμενη αύξηση να είναι πολύ γρηγορότερη από τη μέση παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας. Η βροχόπτωση στην περιοχή προβλέπεται να μειωθεί κατά 10-50% τον 21ο αιώνα, με τη μείωση να σημειώνεται κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι (Ελεγκτική Υπηρεσία της Δημοκρατίας, 2011).

Η βροχόπτωση είναι πολύ σημαντική για έναν τόπο όμως πολλοί τομείς εξαρτώνται από τις τιμές της βροχόπτωσης, όπως η αγροτική παραγωγή και η παροχή νερού στους πολίτες. Αυτοί και άλλοι τομείς δεν επηρεάζονται μόνο από το ύψος της βροχόπτωσης ανά έτος, όπου μπορεί να αποθηκευτεί ως βρόχινο νερό σε φράγματα, αλλά από την περιστασιακή και χωρική κατανομή της βροχής σε έναν τόπο. Συχνά φαινόμενα βροχόπτωσης μικρής έντασης είναι ωφέλιμα για τους υδροφόρους ορίζοντες και τις καλλιέργειες. Αντίθετα, λιγότερο συχνές βροχοπτώσεις υψηλής έντασης, ένα χαρακτηριστικό του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής, ακολουθούμενες από μακροσκελείς περιόδους ξηρασίας μπορεί να αποβούν μοιραίες για την αγροτική παραγωγή, βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα, καθώς υποβαθμίζεται η ποιότητα του εδάφους μέσω της διάβρωσης και του μηχανικού εμβολιασμού (Michaelides et al., 2009).



Σχήμα 2.3.1: Χάρτης μέσης ετήσιας βροχόπτωσης της Κύπρου για τα έτη 1961- 1990, (Michaelides et al, 2009).

Σύμφωνα με μελέτες, διαπιστώθηκε ότι κατά τη διάρκεια των ετών μελέτης τους υπήρχαν πολλές διακυμάνσεις στους σταθμούς μελέτης. Κάποιες από αυτές τις διακυμάνσεις οφείλονται σε γεωγραφικούς παράγοντες που κάνουν τις βροχοπτώσεις να κατανέμονται με αυτόν τον τρόπο, αλλά ακόμη περισσότερες οφείλονται στην κλιματική αλλαγή, ιδιαίτερα όσον αφορά τη μεταβολή της βροχόπτωσης μεταξύ ετών. Παρόλα αυτά, σημειώνουν ότι οι διαφορές που παρατηρήθηκαν ήταν μικρές, τουλάχιστον μέχρι και την αρχή του 21ου αιώνα (Michaelides et al, 2009).

Επίσης οι περίοδοι ξηρασίας έχουν γίνει περισσότερο συχνές στην περιοχή της Κύπρου και όταν συμβαίνουν, έχουν μεγαλύτερη ένταση, οδηγώντας σε έλλειψη νερού. Η έρευνα στηρίζεται σε μοντέλα που τα αποτελέσματά τους συνάδουν με τις αρχικές μετρήσεις για την άνοδο της θερμοκρασίας και την ταυτόχρονη μείωση της βροχόπτωσης, οδηγώντας σε ακόμη μεγαλύτερη έλλειψη νερού, με σημαντικές επιπτώσεις στη διαθεσιμότητα του πόσιμου και του αρδευσιμου νερού (Zachariadis, 2010).

2.4 Στρατηγικές πρόληψης της κλιματικής αλλαγής

Με την απαρχή της κλιματικής αλλαγής, όλες οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης άρχισαν να βιώνουν ακραία καιρικά φαινόμενα, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, τα οποία περιλαμβάνουν εκτεταμένες πυρκαγιές, πλημμύρες και περιόδους ξηρασίας. Η κλιματική αλλαγή γίνεται περισσότερο αισθητή με το πέρασμα των χρόνων και πλέον αρκετές χώρες σχεδιάζουν εθνικές στρατηγικές και προσπαθούν να εφαρμόσουν εθνικά σχέδια προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή (Euroopa.eu). Μέσα από αυτά τα σχέδια δίνεται προτεραιότητα στους τομείς της υγείας, της γεωργίας, των υδάτινων πόρων και της στάθμης της θάλασσας.

Η εθνική στρατηγική για την κλιματική αλλαγή έχει ως πρώτο στόχο το γεωργικό τομέα. Ο τομέας αυτός, συμπεριλαμβάνοντας τη γεωργία και την κτηνοτροφία, επηρεάζεται άμεσα από την κλιματική αλλαγή ως προς την παραγωγικότητα των καλλιεργειών και τους ρυθμούς παραγωγής και διαθεσιμότητας των κτηνοτροφικών προϊόντων. Επιπλέον, αναμένεται πώς με την επερχόμενη κλιματική αλλαγή, θα επέλθει και εκτεταμένη ερημοποίηση, συνεπώς η αξία των αγροτεμαχίων θα μεταβληθεί. Η κυβέρνηση προβαίνει σε τμηματικά μέτρα, εκκινώντας από τον παρόντα χρόνο (Berger et al., 2012). Το πρώτο μέτρο και δράση της κυβέρνησης είναι η καταγραφή των περιβαλλοντικών μεταβολών και της δημιουργίας ερευνητικής βάσης δεδομένων. Τα ερευνητικά δεδομένα που θα προκύψουν, σκοπεύετε να χρησιμοποιηθούν για τον ανασχεδιασμό των καλλιεργητικών εκτάσεων με βάση τα νέα δεδομένα τρωτότητας. Επιπλέον, όλα τα συστήματα καταγραφής του αγροτικού και κτηνοτροφικού τομέα θα εκσυγχρονιστούν, ώστε να προχωρήσει η πολιτεία στην αειφόρο διαχείριση των εκτάσεων και των φυσικών πόρων, διατηρώντας την ισορροπία του οικοσυστήματος. Μία λύση είναι η χρήση μη υδροφόρων φυτών, ο εξ ορθολογισμός των αρδεύσεων, η ελαχιστοποίηση απωλειών στα συστήματα άρδευσης, κατασκευή τραπεζών γενετικού υλικού καλλιεργειών και διατήρηση φυλογενετικών πόρων. Τέλος, η κυβέρνηση στοχεύει να υιοθετήσει νέες καλλιεργητικές τεχνικές και να προβεί σε ενέργειες που θα κάνουν τα φυτά και τα ζώα περισσότερο ανθεκτικά στις νέες συνθήκες (Ελεγκτική Υπηρεσία της Δημοκρατίας, 2011).

Αντίστοιχες ενέργειες γίνονται και για τα δασικά οικοσυστήματα, τα οποία κατέχουν πρωτεύοντα ρόλο στην κλιματική αλλαγή και την αποτροπή της ερημοποίησης μίας περιοχής. Οι κινήσεις της κυβέρνησης για τη διατήρηση των δασικών εκτάσεων

περιλαμβάνουν την καταγραφή και την παρακολούθηση των εκτάσεων για την αποτροπή πυρκαγιών, την εγκατάσταση μηχανισμών πυρασφάλειας, τη διατήρηση της βιοποικιλότητας με την αναγέννηση δασικών εκτάσεων και τη φύτευση νέων ειδών, ανθεκτικότερων στην ξηρασία. Τέλος, η κυβέρνηση στοχεύει στην αειφόρο διαχείριση των δασικών πόρων με δημιουργία δασοσυστάδων υποκηπευτικής μορφής, αποφυγή της αποψίλωσης, προσαρμογή δασοκομικών επεμβάσεων για τη δημιουργία αραιότερων δασοσυστάδων, ικανών να παράγουν με περιορισμένη εδαφική υγρασία, υψηλότερες θερμοκρασίες και να ανταποκρίνονται στα ακραία καιρικά φαινόμενα, προσαρμογή διαχείρισης βλάστησης με καθαρισμούς και ελεγχόμενη βόσκηση, ώστε να περιοριστεί ο ανταγωνισμός για εδαφική υγρασία στα δένδρα καθώς και ο κίνδυνος πυρκαγιών και εφαρμογή ορθολογικής βόσκησης των δασικών και αγροτικών οικοσυστημάτων (βοσκοφόρτωση ίση με τη βοσκοϊκανότητα) για αριστοποίηση της βιοποικιλότητας και της παραγωγής πολλαπλών προϊόντων και υπηρεσιών (Raman et al., 2012).

Οι προτεινόμενες δράσεις και τα μέτρα για τη βιοποικιλότητα έχουν ως στόχο τη διατήρηση ή/και την αποκατάσταση της δυνατότητας προσαρμογής του φυσικού περιβάλλοντος, μέσω της μείωσης των ανθρωπογενών πιέσεων στα οικοσυστήματα και στα είδη χλωρίδας και πανίδας, όπου αυτό απαιτείται. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με μελέτες και τη δημιουργία βάσης δεδομένων για τη βιοποικιλότητα της περιοχής. Στη συνέχεια, η πολιτεία στοχεύει στην προσαρμογή των στοιχείων βιοποικιλότητας στα νέα δεδομένα της κλιματικής αλλαγής μέσα από Οριοθέτηση και θεσμική κατοχύρωση περιοχών που περιλαμβάνουν τρωτά οικοσυστήματα ή/και είδη, προώθηση μέτρων αποκατάστασης φυσικών οικοσυστημάτων, προώθηση μέτρων διατήρησης της βιοποικιλότητας και για τη συνέχιση αυτού του έργου απαιτείται η Εκπαίδευση, ενημέρωση, ευαισθητοποίηση, κατάρτιση, ανάδειξη και προώθηση εναλλακτικών μορφών τουρισμού.

Τέλος, η κυβέρνηση σκοπεύει να προβεί σε μέτρα που προστατεύουν και προσαρμόζουν στα νέα δεδομένα τις υδατοκαλλιέργειες και τις αλιευτικές δράσεις. Παρόλα αυτά, το σημαντικότερο σημείο της κλιματικής αλλαγής παραμένουν οι υδάτινοι πόροι και η διαθεσιμότητά τους. Μετά από τις κατάλληλες ερευνητικές κινήσεις, η κυβέρνηση σκοπεύει να προβεί σε ένα πρώτο βήμα βελτίωσης της κατανόησης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στους υδάτινους πόρους και οι επιπτώσεις των διαφόρων πιθανών σεναρίων προσαρμογής, ενημερώνοντας υπηρεσίες Διοίκησης, Αυτοδιοίκησης και Φορέων. Στη συνέχεια, θα εφαρμοστεί ο σχεδιασμός δράσεων μείωσης (ποσοτική και

ποιοτική) της απόδοσης των υδροληπτικών έργων, ιδιαίτερα της άντλησης των παράκτιων υδροφορέων και απολήψεων επιφανειακού νερού που εκβάλλει στη θάλασσα, σε μελέτη τρωτότητας υπόγειων υδατικών συστημάτων και σωμάτων, την αντιδιαβρωτική προστασία εδαφών, που είναι ήδη παρούσα στα κυπριακά εδάφη, την πρόληψη της ερημοποίησης και τη διατήρηση της οικολογικής παροχής (Ελεγκτική Υπηρεσία της Δημοκρατίας, 2011).

2.5 Συνθήκες πρόληψης της κλιματικής αλλαγής

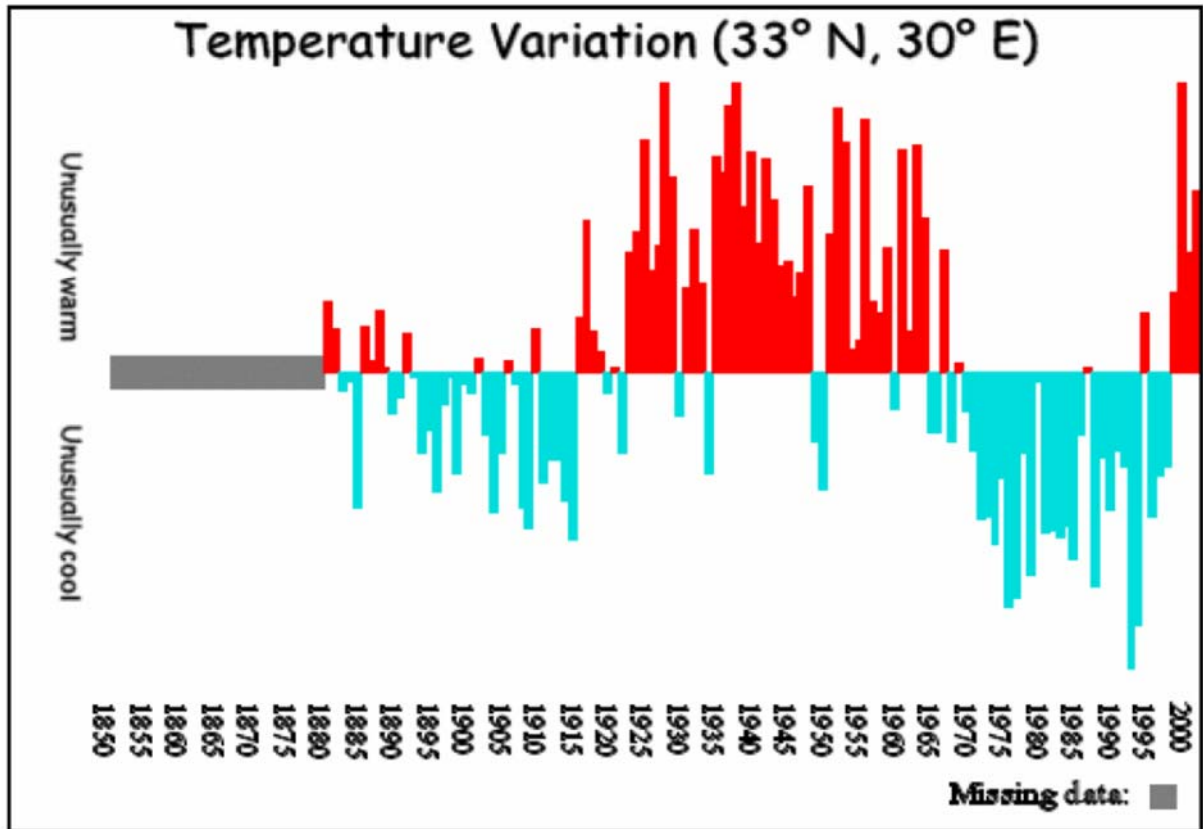
Ο πλανήτης έχει βιώσει πολλούς κύκλους υπερθέρμανσης, εναλλασσόμενους με περιόδους παγετώνων. Αυτές οι υπερβολικές μεταβολές κατά τις περιόδους υπερθέρμανσης και παγετώνων συνοδεύονταν από εξαφάνιση πολλών ειδών και από μεταβολές στη στάθμη της θάλασσας και τα επίπεδα βροχοπτώσεων. Παρόλα αυτά, όλες οι προηγούμενες περιόδους υπερθέρμανσης ή ψύξης του πλανήτη έχουν συμβεί με φυσικό τρόπο και η εγκατάστασή τους ήταν σταδιακή. Η κλιματική αλλαγή που βιώνουμε στην τρέχουσα περίοδο οφείλεται σε ανθρώπινους παράγοντες και η υπερθέρμανση επέρχεται με πολύ ταχύτερους ρυθμούς από αυτούς που προβλέπει η φύση.

Η κλιματική αλλαγή που βιώνουμε σταδιακά, μετά την επιτυχία της βιομηχανικής επανάστασης άρχισε να γίνεται αντιληπτή τη δεκαετία του 1950, όπου και για πρώτη φορά περιγράφηκε ως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, εξαιτίας της παγίδευσης των ηλιακών ακτινών μέσα στην ατμόσφαιρα. Καθώς ο 20ος αιώνας πλησίαζε προς τις τελευταίες δεκαετίες του, πολλοί επιστήμονες παρατήρησαν και άλλες επιβλαβείς ανθρώπινες παρεμβάσεις σε όλα τα επίπεδα του πλανήτη, όπως για παράδειγμα η αραίωση της στειβάδας του όζοντος. Σε συνδυασμό με τη συνεχή αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, πολλοί επιστήμονες, όπως και τα Ηνωμένα Έθνη αποφάσισαν πώς θα έπρεπε να προβούν σε προστατευτικές ενέργειες για να διαφυλάξουν την κλιματική ισορροπία.

Η πρώτη διεθνής διάσκεψη που πραγματοποιήθηκε για κλιματικά θέματα ήταν η Διάσκεψη του Ρίο ντε Τζανέιρο το 1992. Στη διάσκεψη αυτή, έγινε για πρώτη φορά η σύνδεση της έννοιας του περιβάλλοντος με την ανάπτυξη των κρατών και συγκεκριμένα με την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη. Το πρωταρχικό θέμα που αναγνωρίστηκε στη συγκεκριμένη διάσκεψη ήταν οι αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Συνεπώς, κεντρική ιδέα της διάσκεψης ήταν η σταθεροποίηση της συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα που δε θα μπορούσαν να επηρεάσουν το παγκόσμιο κλίμα. Εκτός από τη σταθεροποίηση των επιπέδων των εκπεμπόμενων αερίων, η διάσκεψη είχε ως θέμα και τη βιώσιμη ανάπτυξη, τη δημογραφική δυναμική, τη συντήρηση και διατήρηση των πόρων για την ανάπτυξη της ατμόσφαιρας, του εδάφους, των δασών, της γεωργίας, της βιοποικιλότητας και της βιοτεχνολογίας των ωκεανών και του γλυκού νερού. Όλα αυτά τα θέματα και οι προτεινόμενες λύσεις ή τα μέτρα για τη βελτίωσή τους συγκεντρώθηκαν σε ένα πρωτόκολλο που ονομάστηκε Ατζέντα 21, αποτελούμενη από 27 άρθρα.

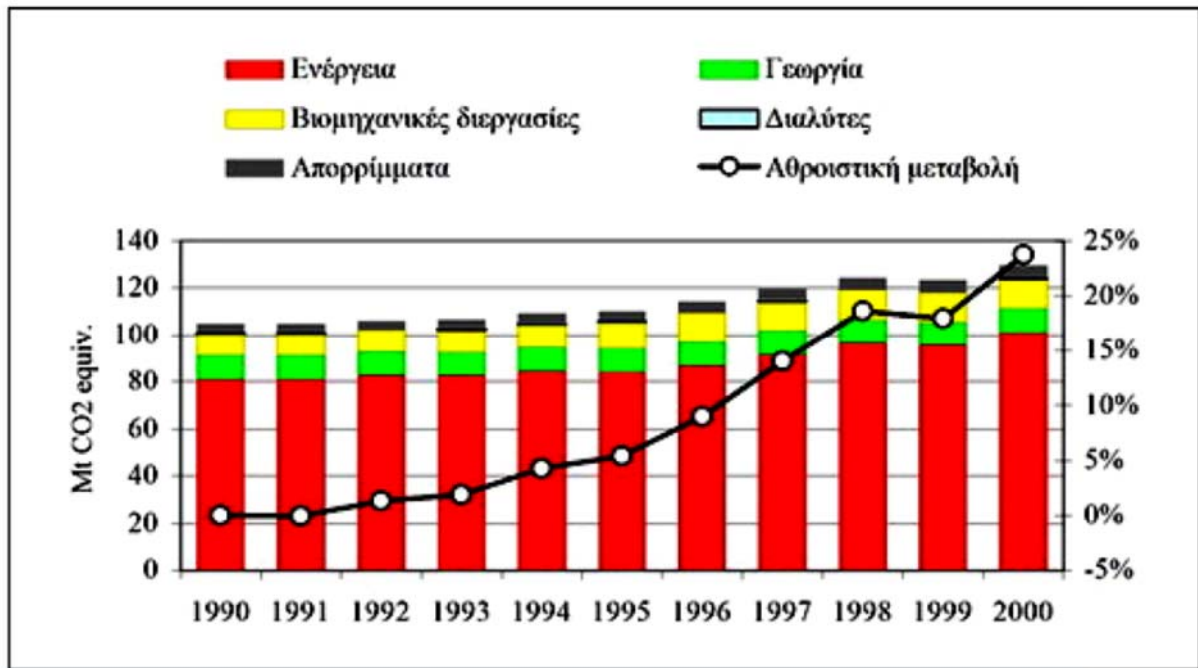
Η γνωστότερη συνθήκη σχετικά με την κλιματική αλλαγή και την προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί το Πρωτόκολλο του Κυότο, το 1997. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο πρωτόκολλο, αναγνωρίστηκε ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελούσε το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό κίνδυνο για τον πλανήτη. Σύμφωνα με τη συμφωνία εκείνης της διάσκεψης, στην οποία συμμετείχαν 150 χώρες από όλο τον κόσμο αποφασίσθηκε ότι οι ανεπτυγμένες χώρες θα έπρεπε να είχαν μειώσει τις εκπομπές των έξι βασικότερων εκπεμπόμενων αερίων που εντείνουν το φαινόμενο, ως το 2012, κατά 5% τουλάχιστον σε σχέση με το 1990.



Σχήμα 2.5.1: Οι μεταβολές της παγκόσμιας θερμοκρασίας τα τελευταία 150 χρόνια ως το 2000.

Στην αρχή του 21ου αιώνα και σε μία εποχή που η κλιματική αλλαγή φάνταζε πιο κοντά από ποτέ, πραγματοποιήθηκε η Διάσκεψη της Χάγης, το 2000. Σε αυτή τη διάσκεψη συμμετείχαν οι ηγέτες 180 χωρών ώστε να προσδιορίσουν τους μηχανισμούς του πρωτοκόλλου του Κιότο. Η διάσκεψη κατέληξε σε τρεις άξονες που περιλάμβαναν μηχανισμούς ευελιξίας, το ζήτημα των δασών και κυρώσεις για παραβάσεις. Παρόλα αυτά, οι ΗΠΑ, η περισσότερο ανεπτυγμένη χώρα της περιόδου δε συμβιβάστηκαν με όσα συμφωνήθηκαν για την πρόληψη της κλιματικής αλλαγής, θεωρώντας τα ως απειλή στην οικονομία της.

Κατά τη διάρκεια των ετών από το 2000 μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί κι άλλες διασκέψεις για το περιβάλλον, όπως η Διάσκεψη της Βόννης, το 2001, στην οποία έγινε και ο συμβιβασμός για το Πρωτόκολλο του Κιότο, η Διάσκεψη του Μαρακές, το ίδιο έτος, σε μία προσπάθεια να μετατρέψουν το Πρωτόκολλο του Κιότο σε νομικό έγγραφο, η Παγκόσμια Διάσκεψη για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη στο Γιοχάνεσμπουργκ το 2002, στην οποία εισήχθη ο όρος της βιώσιμης ανάπτυξης σε συνδυασμό με τη διατήρηση του περιβάλλοντος και της οικονομικής ανάπτυξης των χωρών.



Σχήμα 2.5.2 . Οι εκπομπές αερίων στη χώρα μας από το 1990 μέχρι το 2000 και οι πηγές εκπομπών τους.

Τέλος, το Πρωτόκολλο του Κιότο δυστυχώς δεν εφαρμόστηκε στο βαθμό που ήταν επιθυμητό ή και καθόλου για κάποιες περιπτώσεις χωρών. Ταυτόχρονα, αντί ο άνθρωπος να αναπτύξει μία περιβαλλοντική συνείδηση, παρά τη συνεχή πληροφόρησή του, συνέχισε να αυξάνει τις εκπομπές αερίων από τη βιομηχανική δραστηριότητα, με αποτέλεσμα η κλιματική αλλαγή και η υπερθέρμανση του πλανήτη να είναι γεγονός.

Η πιο πρόσφατη Διάσκεψη για την κλιματική αλλαγή είναι η Διάσκεψη του Παρισιού ή η Νέα Παγκόσμια Συμφωνία που πραγματοποιήθηκε στο τέλος του 2015. Οι χώρες που συμμετείχαν στη διάσκεψη του Παρισιού δεν έχει στόχο την αποφυγή της υπερθέρμανσης του πλανήτη πλέον, αλλά τον περιορισμό της ήδη υπάρχουσας υπερθέρμανσης, κατά 2 °C, σε παγκόσμιο επίπεδο.

Οι κύριοι άξονες της συμφωνίας αυτής περιλαμβάνουν ένα μακροπρόθεσμο στόχο μείωσης της θερμοκρασίας κατά 2 °C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα, την καταγραφή και αναφορά των αποτελεσμάτων και των δράσεων μείωσης της θερμοκρασίας και της συνεισφοράς κατά της κλιματικής αλλαγής όλων των κρατών, ανά πέντε έτη, η κοινοποίηση της προόδου μεταξύ των κρατών καθ'όλη τη διάρκεια των πέντε ετών μεταξύ των απαιτούμενων αναφορών και η συνεχής παροχή

χρηματοδότησης εκ των κρατών προς τις αναπτυσσόμενες χώρες, για τη μείωση των εκπομπών αερίων.

2.6 Διακυβερνητικό Πάνελ για την Κλιματική Αλλαγή, IPCC

Το Διακυβερνητικό Πάνελ για την Κλιματική Αλλαγή, γνωστό και ως IPCC είναι το κύριο όργανο του ΟΗΕ, για την καταγραφή και την εκτίμηση της κλιματικής αλλαγής. Το όργανο αυτό ιδρύθηκε το 1988 από το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) και τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO). Στόχος αυτού του οργάνου είναι να παρέχει μία εμπειριστατωμένη και επιστημονική άποψη για τη γνώση που έχει συσσωρευτεί ανά πάσα χρονική στιγμή για την κλιματική αλλαγή, αλλά και για πιθανές επιπτώσεις της στο περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία (IPCC, 2007).

Στο IPCC συμμετέχουν 195 χώρες, οι οποίες έχουν υπογράψει και παρελθοντικές συνθήκες για τη διατήρηση και την προστασία του περιβάλλοντος. Το IPCC ανασκοπεί και παράγει εκτιμήσεις των πιο πρόσφατων επιστημονικών, τεχνικών κοινωνικών και οικονομικών πληροφοριών που παράγονται σε παγκόσμιο επίπεδο, σχετικά με την κατανόηση της κλιματικής αλλαγής.

Το IPCC αποτελείται από τέσσερις κύριες ομάδες που εργάζονται πάνω στους στόχους του. Η πρώτη ομάδα ή Working Group I (WG I) έχει ως στόχο την εκτίμηση των φυσικών επιστημονικών εκφάνσεων του κλιματικού συστήματος και της κλιματικής αλλαγής. Οι πληροφορίες που επεξεργάζεται αυτή η ομάδα αφορούν μεταβολές των αερίων του θερμοκηπίου και προωθητικών αερίων στην ατμόσφαιρα, μεταβολές που παρατηρούνται στη θερμοκρασία του αέρα, του εδάφους και των ωκεανών, του ύψους της βροχόπτωσης, των παγόβουνων και παγετώνων, της στάθμης της θάλασσας και των ωκεανών (IPCC, 2007). Επιπλέον, περιλαμβάνουν ιστορικές και παλαιοκλιματικές απόψεις για την κλιματική αλλαγή, τη βιογεωχημεία, τον κύκλο του άνθρακα και των εκπεμπόμενων αερίων, δορυφορικά και άλλα δεδομένα, κλιματικά μοντέλα, αιτίες της κλιματικής αλλαγής.

Η δεύτερη ομάδα ή IPCC Working Group II (WG II) έχει στόχο της τη μελέτη της τρωτότητας των φυσικών και κοινωνικό-οικονομικών συστημάτων στην κλιματική

αλλαγή, αρνητικές και θετικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και επιλογές που υπάρχουν για την προσαρμογή μας σε αυτήν. Επιπλέον, η ομάδα αυτή λαμβάνει υπόψη της σχέσης μεταξύ τροφής και δασών, παράκτιων συστημάτων, της βιομηχανίας, της ανθρώπινης υγείας και επιμέρους περιοχών (Αφρική, Ασία, Αυστραλία και Ν. Ζηλανδία, Ευρώπη, Λατινική και Βόρεια Αμερική, Πολικές Περιοχές και Μικροί Νήσοι).

Η τρίτη ομάδα IPCC Working Group III (WG III) εκτιμά επιλογές μετριασμού της κλιματικής αλλαγής μέσα από τον περιορισμό ή την πρόληψη εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Επίσης εκτιμά τις πιθανότητες ενίσχυσης ενεργειών που απομακρύνουν τα αέρια του θερμοκηπίου από την ατμόσφαιρα. Λαμβάνονται υπόψη οι κύριοι οικονομικοί τομείς σε μία ταυτόχρονη βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη προοπτική. Οι τομείς αυτοί περιλαμβάνουν την ενέργεια, τη μεταφορά, τα κτίρια, τη βιομηχανία, τη γεωργία, τη δασοκομία και τη διαχείριση λυμμάτων. Η ομάδα αναλύει τα κόστη και τα ωφέλη των διαφορετικών προσεγγίσεων του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, λαμβάνοντας επίσης υπόψη τα διαθέσιμα όργανα και τα μέτρα που επιβάλλονται από την εκάστοτε πολιτική.

Τέλος, η τέταρτη ομάδα, η Ομάδα Δράσης για τα Αποθέματα Αερίων του Θερμοκηπίου ιδρύθηκε από το IPCC ώστε να επιβλέπει το Πρόγραμμα Αποθεμάτων Αερίων του Θερμοκηπίου του ίδιου του IPCC. Αυτή η ομάδα έχει ως κύρια δράση της την ανάπτυξη και τη βελτίωση μίας μεθοδολογίας που έχει συμφωνηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως και το αντίστοιχο λογισμικό της τον υπολογισμό και την αναφορά εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε εθνικό επίπεδο, όπως και της απομάκρυνσής τους.

Μετά από κάθε σύσκεψη του IPCC, το όργανο επανεκτιμά τις αναφορές όλων των χωρών, παράγει συμπεράσματα από τα αποτελέσματα και προετοιμάζεται να απευθύνει τις κατάλληλες ερωτήσεις για την αποτελεσματικότερη λειτουργία του. Επιπλέον μπορεί να προτείνει νέες στρατηγικές που μπορεί να προκύψουν από τις παρελθοντικές εκτιμήσεις των ομάδων εργασίας, ανάλογα με τον τομέα που αφορούν, για την ενίσχυση της προσπάθειας για μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

2.7 Υδρολογικός κύκλος

Η αύξηση της θερμοκρασίας της Γης πάνω από τους 18°C, λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, επιτρέπει στο νερό του πλανήτη να υφίσταται και στις τρεις του

καταστάσεις, υγρή, αέρια και στερεή. Επομένως ο Υδρολογικός Κύκλος του νερού επηρεάζεται άμεσα από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Ο κύκλος του νερού ή αλλιώς ο υδρολογικός κύκλος περιγράφει την κυκλοφορία του νερού στις τρεις φάσεις του στον πλανήτη.



Σχήμα 2.7.1: Υδρολογικός κύκλος (Πηγή: www.usgs.gov Γεωλογική Υπηρεσία ΗΠΑ).

Για αρχή ο ήλιος θερμαίνει το νερό της θάλασσας και των ωκεανών, το οποίο ένα μέρος του εξατμίζεται και ανυψώνεται με την μορφή υδρατμών στον αέρα. Επίσης το νερό εξατμίζεται ακόμη από τις λίμνες, τα ποτάμια ακόμη και από το έδαφος. Ακόμη ένας σημαντικοί παράγοντες που αποδίδουν υδρατμούς στην ατμόσφαιρα είναι η εξατμισοδιαπνοή των φυτών και η εξάχνωση των χιονιών και των πάγων. Στην συνέχεια τα ανοδικά ρεύματα ανεβάζουν τους υδρατμούς στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου με τις κατάλληλες πιέσεις που επικρατούν πετυχαίνετε η μείωση της θερμοκρασίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο αέρας να μην μπορεί να συγκρατήσει όλη την μάζα των υδρατμών, έτσι ένα μέρος των υδρατμών συμπυκνώνεται και σχηματίζει τα σύννεφα. Τα σύννεφα κινούνται με την βοήθεια των ρευμάτων πάνω από την Γη. Τα σταγονίδια του νερού που υπάρχουν στα σύννεφα συγκρούονται μεταξύ τους με αποτέλεσμα να μεγαλώνουν. Έτσι πέφτουν από τα σύννεφα με την μορφή των κατακρημνισμάτων και με την συχνότερη μορφή τους την βροχή (Μπρουζούκης, 2012).

Μια άλλη μορφή κατακρημνίσματος είναι το χιόνι που όταν πέσει από τα σύννεφα συσσωρεύεται και σχηματίζει τους πάγους. Όταν η θερμοκρασία στην γη αυξηθεί (πχ.

Άνοιξη) τότε το χιόνι λιώνει και το νερό ρέει και δημιουργείται απορροή του νερού από το λιώσιμο των πάγων.

Στις θάλασσες (ωκεανούς) πέφτει το μεγαλύτερο μέρος των κατακρημνισμάτων αλλά και το νερό που απορρέει από το έδαφος καταλήγει και πάλι στους ωκεανούς με την βοήθεια της επιφανειακής απορροής. Ένα μικρό ποσοστό της επιφανειακής απορροής καταλήγει σε λίμνες και ποτάμια με την μορφή ροής σε υδατορεύματα έχοντας σαν αποτέλεσμα να δημιουργούνται αποθήκες γλυκού νερού. Παράλληλα ένα μέρος των κατακρημνισμάτων διαπερνούν το έδαφος με την βοήθεια της διήθησης και σχηματίζουν το υπόγειο νερό, το οποίο ένα μέρος του κινείται προς τα επιφανειακά υδάτινα σώματα και ένα άλλο μέρος του εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς. Έτσι με την πάροδο του χρόνου ένα μέρος του νερού καταλήγει πάλι στους ωκεανούς συνεχίζοντας τον κύκλο του νερού (Γεωλογική Υπηρεσία ΗΠΑ).

2.8 Βροχή

Η βροχή μαζί με τις χιονοπτώσεις, το χαλάζι, τη δρόσο και τη πάχνη αποτελούν τις 5 μορφές ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (Sumner, 2000). Η βροχή σε συνδυασμό και με τη θερμοκρασία, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του κλίματος μιας περιοχής (Φλόκας, 1994). Με τον όρο βροχή καλούμε την πιο κοινή μορφή του υετού. Η βροχή σχηματίζεται όταν τα μόρια των υδρατμών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα δημιουργούν τα σύννεφα, τα οποία συμπυκνώνονται αρχίζοντας έτσι να σχηματίζουν σταγόνες (Κακαβά, 2015).. Στη συνέχεια πέφτουν στην επιφάνεια της Γης, λόγω της αύξησης του βάρους τους και κάτω από την επίδραση της βαρύτητας (Μαχαίρας et al., 1997). Για να συμβεί το φαινόμενο της βροχής στη Γη απαιτείται ένα πυκνό στρώμα της ατμόσφαιρας με θερμοκρασία πάνω από το σημείο τήξης του νερού κοντά στη επιφάνεια της γης. Η συγκέντρωση των ατμοσφαιρικών υδρατμών πρέπει να είναι αρκετά υψηλή, ώστε αυτοί να υγροποιηθούν και να σχηματίσουν σταγόνες νερού (Φαλέγας, 2014).

Οι βροχοσταγόνες μέσα στο σύννεφο μπορεί να βρίσκονται σε υγρή φάση, αλλά πολλές φορές μπορεί να έχουν στερεή μορφή, στη συνέχεια λιώνουν κατά την κάθοδό τους, καθώς περνούν μέσα από θερμότερα στρώματα αέρα. Πολλές φορές η εξάτμιση μέσα στην ατμόσφαιρα, ιδίως κατά το θέρος, είναι τόσο ισχυρή που οι βροχοσταγόνες δεν προλαβαίνουν να φτάσουν στο έδαφος. Τότε μέσα στην ατμόσφαιρα παρατηρούνται

κάτω από τα σύννεφα σκοτεινές κατακόρυφες ταινίες που απεικονίζουν αυτή τη διαδικασία (Μαχαίρας et al., 1997). Αν οι υδροσταγόνες φθάσουν στην επιφάνεια της γης χωρίς να εξατμιστούν τότε δημιουργείται το φαινόμενο της βροχής.

Το μέγεθος των υδροσταγόνων που φθάνουν στο έδαφος εξαρτάται από την εξάτμιση καθώς και από τα ρεύματα του αέρα που επικρατούν κάτω από τα σύννεφα. Η διάμετρος των υδροσταγονιδίων υπερβαίνει τα 0.5mm. Η ένταση της βροχής ενός επεισοδίου παρουσιάζει ενδιαφέρον για τους επιστήμονες, οι οποίοι ασχολούνται με την πρόγνωση των πλημμυρών και την προστασία από αυτές, καθώς και με τη διάβρωση του εδάφους.

Η βροχόπτωση εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περιοχή και ανάλογα με την ένταση της διακρίνεται σε (Sumner, 2000):

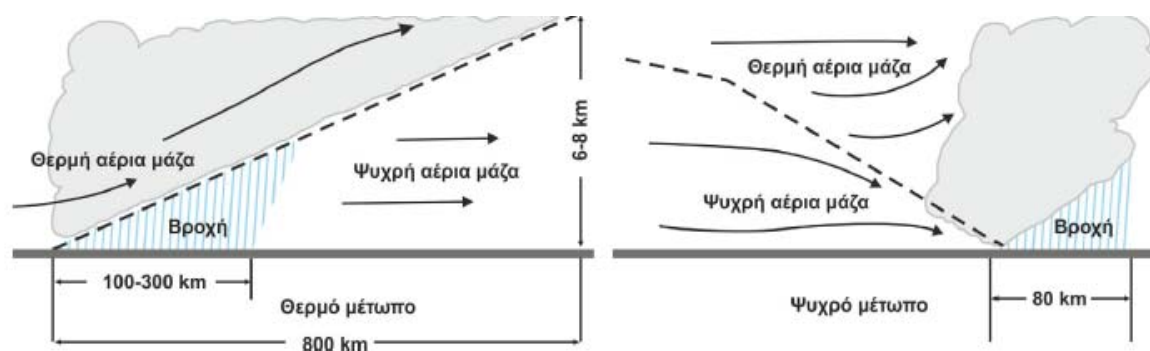
- ασθενής, όταν το ύψος της φθάνει τα 0.5mm/h και συνήθως προέρχεται από στρωματοειδή νέφη με πάχος μικρότερο από 2km.
- μέτρια, όταν το ύψος της φθάνει τα 0.5-4mm/h
- ισχυρή, όταν το ύψος της μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα, περίπου 30λεπτών, είναι μεγαλύτερο από 4mm/h. Είναι απότομη βροχόπτωση και οι βροχοσταγόνες της έχουν μεγάλη διάμετρο. Επίσης κάποιες φορές συνοδεύεται από χαλάζι.
- Πλημμυρική ή καταιγιδοφόρα, όταν το ύψος της βροχόπτωσης φθάνει ή ξεπερνά τα 5 mm/h.

Σημαντικό ρόλο στην δημιουργία βροχής από ένα νέφος έχουν οι πιο κάτω τέσσερις παράγοντες:

1. Το ανομοιόμορφο ηλεκτρικό φορτίο στα σωματίδια του νέφους.
2. Η συνύπαρξη και των τριών φάσεων του νερού ((υγρή, αέρια, στερεή) μέσα στο σύννεφο.
3. Οι αναταρακτικές κινήσεις μέσα στο σύννεφο και
4. Η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο σύννεφο και στην ατμόσφαιρα (Καλύβας, 2014).

2.9 Τύποι νεφών

Τα νέφη είναι ένα μείγμα υδροσταγονιδίων και παγοκρυστάλλων. Η δομή τους εξαρτάται από το ύψος σχηματισμού και από τις θερμοκρασίες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα. Ανάλογα με την συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα, δηλαδή το πόσο ασταθής είναι, τότε λειτουργεί ο μηχανισμός σχηματισμού των νεφών. Οι μηχανισμοί σχηματισμού των νεφών οδηγούν στην ανύψωση, στην ψύξη και στη συμπύκνωση των υδρατμών επάνω στα σωματίδια της ατμόσφαιρας.



Σχήμα 2.9.1: Η κίνηση των αέριων μαζών (Remenieras, 1976)

Λόγω των πολλών μορφών νεφών που υπάρχουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους γίνεται η κατάλληλη ομαδοποίηση. Διακρίνονται σε 4 κατηγορίες:

1. Κατώτερα νέφη: εμφανίζονται στο ατμοσφαιρικό στρώμα ανάμεσα σε 0 και 2000 m.
2. Μέσα νέφη: εμφανίζονται στο στρώμα 2000-7000 m ή 2000-4000 m στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη.
3. Ανώτερα νέφη: συναντώνται πάνω από τα 6000 m στους τροπικούς, 5000 m στα μέσα πλάτη και 3000 m στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη.
4. Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης: παρουσιάζουν πολύ μεγάλη κατακόρυφη διάσταση.

Επίσης οι κύριες κατηγορίες νεφών υποδιαιρούνται στα στρωματοσώματα, τις μελανίες, τα θυσανόμορφα και τα σωρειτόμορφα (Ahrens, 2003). Συγκεκριμένα έχουν την εξής μορφή:

- Στρωματομορφα (stratus): τα οποία έχουν την μορφή στρώματος.
- Μελάνιες (nimbus): τα οποία είναι πυκνά σκούρα νέφη και ως συνήθως συνοδεύονται από βροχή.
- Θυσανόμορφα (cirrus): τα οποία έχουν την μορφή των θυσάνων.
- Σωρειτόμορφα (cumulus): τα οποία έχουν τη μεγαλύτερη κατακόρυφη ανάπτυξη.

Πιο αναλυτικά οι πιο πάνω κατηγορίες των νεφών υποδιαιρούνται σε 10 υποκατηγορίες (ονομαστικά):

- Ανώτερα νέφη: αποτελούνται από τους θυσανοσωρείτες, τους θυσάνους και τα θυσανοστρώματα.
- Μέσα νέφη: αποτελούνται από τους υψισωρείτες και τα υψιστρώματα
- Κατώτερα νέφη: αποτελούνται από τα στρώματα, τους στρωματοσωρείτες και τις στρωματομελάνιες.
- Κατακόρυφης ανάπτυξης νέφη: αποτελούνται από τους σωρείτες και τις σωρειτομελάνιες.

	ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΟΣ	ΔΙΕΘΝΗΣ ΟΡΟΣ
ΑΝΩΤΕΡΑ		
1	Θύσανοι	Cirrus (Ci)
2	Θυσανοσωρείτες	Cirrocumulus (Cc)
3	Θυσανοστρώματα	Cirrostratus (Cs)
ΜΕΣΑ		
4	Υψισωρείτες	Alto cumulus (Ac)
5	Υψιστρώματα	Altostratus (As)
ΚΑΤΩΤΕΡΑ		
6	Στρωματομελάνιες	Nimbostratus (Ns)
7	Στρωματοσωρείτες	Stratocumulus (Sc)
8	Στρώματα	Stratus (St)
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ		
9	Σωρείτες	Cumulus (Cu)
10	Σωρειτομελάνιες	Cumulonimbus (Cb)

Σχήμα 2.9.2: Βασικές κατηγορίες νεφών

Χαρακτηριστικά των βασικών κατηγοριών νεφών:

Τα ανώτερα νέφη:

Η κατηγορία των ανώτερων νεφών ανήκει στα θυσανόμορφα νέφη. Συγκεκριμένα αποτελούνται από τα βασικά είδη: θύσανοι, θυσανοστρώματα και θυσανοσωρείτες (Ahrens, 2003).

Θυσανοστρώματα (cirrostratus): είναι πολύ λεπτά στρώματα νεφών τα οποία μοιάζουν σαν πέπλο. Έχουν λευκή φωτεινή εμφάνιση και συνήθως η παρουσία τους συνοδεύεται με την εμφάνιση χιονιού ή βροχής. Μέσα από τα λεπτά στρώματα φαίνεται η χαρακτηριστική πολύχρωμη άλω του Ήλιου και της Σελήνης. Διαθέτουν παγοκρυστάλλους οι οποίοι με την διαδικασία της διάθλασης, διαθλούν τις ακτίνες του Ήλιου ή της Σελήνης και έτσι σχηματίζεται η πολύχρωμη άλω (χρωματικό φάσμα).

Θυσάνοι (cirrus): είναι επίσης λεπτά στρώματα νεφών τα οποία σχηματίζονται σε ύψος μεγάλα ύψη συνήθως στα 6 km από το έδαφος. Δημιουργούνται από τους υδρατμούς που ψύχονται και μεταρέπονται σε παγοκρυστάλλια. Κινούνται από τα δυτικά και στα ανατολικά ανάλογα με τους ανέμους που πνέουν στην περιοχή και η ύπαρξη τους δείχνει πως θα υπάρχει καλός καιρός στην περιοχή.

Θυσανοσωρείτες (cirrocumulus): τα νέφη αυτά δημιουργούνται επίσης σε μεγάλα ύψη, μεγαλύτερα των 6 km. Έχουν κυματοειδή μορφή και ανακλούν το κόκκινο και το κίτρινο μέρος του ηλιακού φάσματος.

Μέσα νέφη

Η κατηγορία των μέσων νεφών αποτελείται από τους υψιστρώματα και τους υψισωρείτες.

Υψιστρώματα (altostratus): τα νέφη αυτά δημιουργούνται σε μεγάλα ύψη και έχουν μεγάλη έκταση. Έχουν ως συνήθως γκριζο ή μπλε χρώμα. Δημιουργούνται όταν υπάρχει αστάθεια στην ατμόσφαιρα, η οποία δίνει βροχοπτώσεις. Έχω παχιά στρώματα με αποτέλεσμα να μην διαπερνά το ηλιακό φως. Έτσι όταν εμφανίζονται τα υψιστρώματα στο έδαφος επικρατεί σκιά. Στα λεπτότερα στρώματα των υψιστρωμάτων, οι ακτινοβολία του Ήλιου είναι εμφανής αλλά αμυδρή.



Σχήμα 2.9.3: Εμφάνιση μεσαίων νεφών στην ατμόσφαιρα.

Υψισωρείτες (altocumulus): αυτή η κατηγορία νεφών εμφανίζεται στα 2-7km και έχουν την μορφή μιας γκρίζας ανομοιόμορφης μάζας. Όταν εμφανίζονται τα νέφη αυτά τότε στο έδαφος δημιουργείτε σκιά και μετέπειτα εκδηλώνετε έντονη βροχόπτωση στην περιοχή.

Κατώτερα νέφη

Στην κατηγορία αυτή των κατώτερων νεφών περιλαμβάνονται οι στρωματομελανίες τα στρώματα και οι στρωματοσωρείτες.

Στρώματομελάνιες (nimbostratus): εμφανίζονται σε χαμηλά ύψη, περίπου στα 2 km και έχουν παχιά σκοτεινά γκρίζα στρώματα. Περιέχουν υψηλό περιεχόμενο νερού και η εμφάνιση τους πάντα συνοδεύεται με μέτρια ή και ασθενής βροχή, που έχει μεγάλη διάρκεια μέχρι και μια μέρα. Λόγω του χοντρού στρώματος των στρωματομελανιών ο Ήλιος και η Σελήνη δεν είναι ορατά και συχνά εμφανίζεται ο φαινόμενο της ομίχλης σαν αποτέλεσμα της γρήγορης κίνησης των νεφών στον ψυχρό αέρα.



Σχήμα 2.9.4: Εμφάνιση στρωματομελάνια νέφη στην ατμόσφαιρα.

Στρώματα (stratus): τα στρώματα εμφανίζονται σε πολύ χαμηλά ύψη με την μορφή της ομίχλης, η οποία ποτέ δεν φθάνει στο έδαφος. Είναι ομοιόμορφα νέφη, τα οποία έχουν γκρίζο χρώμα και έχουν μεγάλη έκταση που συνήθως καλύπτουν όλο τον ουρανό της περιοχής. Επίσης η εμφάνιση των στρωμάτων δεν συνοδεύονται με βροχή αλλά με την παρουσία τους δίνουν μικρά αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία πέφτουν πολύ αργά προς το έδαφος.



Σχήμα 2.9.5 : Εμφάνιση στρωμάτων στην ατμόσφαιρα.

Στρωματοσωρείτες (stratocumulus): τα νέφη αυτά εμφανίζονται σε πολύ χαμηλά ύψη και είναι πολύ λεπτά με αποτέλεσμα να διακρίνεται ο ουρανός. Έχουν λευκό ή γκρίζο σκοτεινό χρώμα και μεγάλη έκταση.



Σχήμα 2.9.6: Εμφάνιση στρωματοσωρείτων στην ατμόσφαιρα.

Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης:

Η κατηγορία των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης αποτελείται από τους σωρειτομελάνιες και τους σωρείτες.

Σωρειτομελάνιες (cumulonimbus): τα νέφη αυτά είναι πυκνά και έχουν έντονη μεγάλη κατακόρυφη ανάπτυξη. Σχηματίζονται όταν υπάρχει αστάθεια στην ατμόσφαιρα. Η βάση τους είναι οριζόντια ενώ το πάνω μέρος τους παίρνει συχνά τη μορφή αμονιού. Έχουν πολύ μεγάλο ύψος που φθάνει περίπου στα 17 km και η βάση τους είναι περίπου 2 km. Η παρουσία τους προμηνύει ισχυρές καταιγίδες και πολλές φορές συνοδεύονται από ηλεκτρικές εκκενώσεις, κεραυνούς ή αστραπές.



Σχήμα 2.9.4: Εμφάνιση σωρειτομελάνιων στην ατμόσφαιρα.

Σωρείτες (cumulus): τα νέφη των σωρείτων σχηματίζονται σε χαμηλά ύψη μικρότερα των 2 km. Έχουν επίπεδες βάσεις και εξογκωμένες κορυφές. Κάποιες φορές όταν στην περιοχή υπάρχει αστάθεια στην ατμόσφαιρα τότε τα νέφη των σωρείτων έχουν πυργοειδής μορφή. Η παρουσία τους δείχνει ότι στην περιοχή θα έχει καλό καιρό.

Συνοψίζοντας όλα τα πιο πάνω τα νέφη που δημιουργούν το φαινόμενο της βροχής είναι:

1. Οι σωρειτομελανίες (Cumulonimbus)
2. Τα μελανοστώματα (Nimbostratus)
3. Οι στρωματοσωρείτες (Stratocumulus)
4. Τα στρώματα (Stratus)
5. Τα υψιστρώματα (Altostratus).

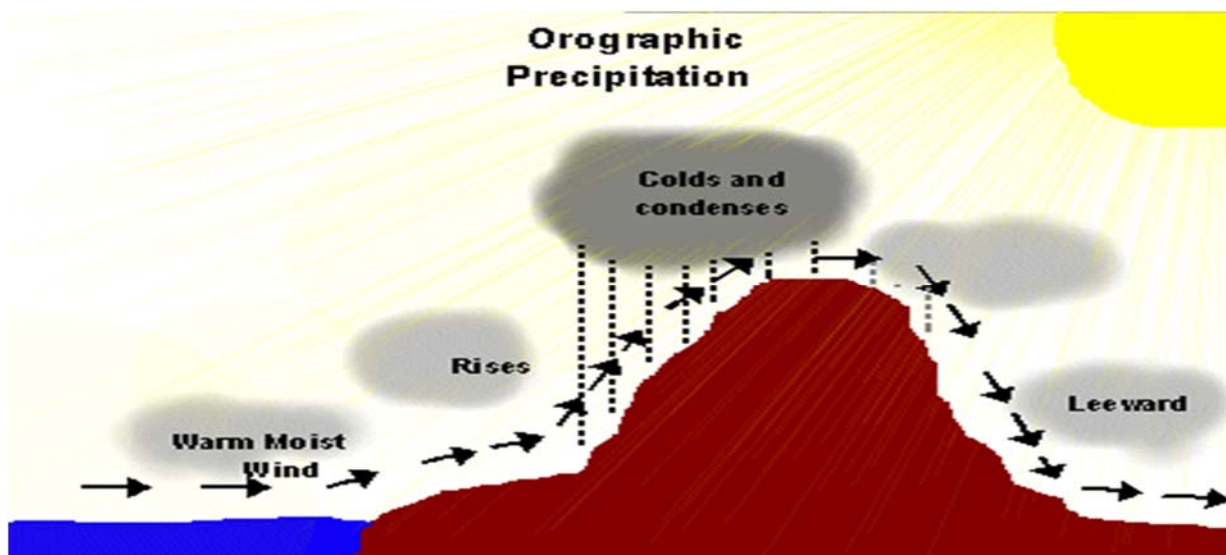
2.10 Τύποι βροχής

Η ανοδική κίνηση της αέριας μάζας δημιουργεί την βροχή. Οι ανοδικές κινήσεις αυτές της αέριας μάζας δημιουργούνται είτε με τη θέρμανση της από τη επιφάνεια του εδάφους, είτε από τα ψυχρά και θερμά μέτωπα, τα οποία την ψύχουν αδιαβατικά (Καλύβα, 2014). Η ακόρεστη αέρια μάζα κατά την άνοδο της, ψύχεται διαβατικά (Ξυρिकासza, 2016). Όταν φθάνει στην θερμοκρασία δρόσου του αέρα (T_d), τότε οι υδρατμοί που υπάρχουν μέσα στην αέρια μάζα συμπυκνώνονται με αποτέλεσμα η αέρια μάζα να γίνεται κορεσμένη και στην συνέχεια να σχηματίζεται νέφος (Καλύβας, 2014). Ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού των ανοδικών κινήσεων των αέριων μαζών, οι βροχές χωρίζονται στις πιο κάτω κατηγορίες

Ορογραφικές βροχές ή βροχές ανάγλυφου (orographic precipitation)

Οι ορογραφικές βροχές παρατηρούνται στις βουνοπλαγιές που έχουν προσανατολισμό προς τις ακτές. Στις βουνοπλαγιές αυτές ο αέρας είναι πλούσιος σε υδρατμούς καθώς κινείται πάνω από την θάλασσα. Έτσι όταν φθάσει στη προσήμενη πλευρά του όρους, τότε κινείται ανοδικά (Barstad et al., 2004). Κατά την ανύψωση του, ο αέρας ψύχεται και ο υδρατμοί υγροποιούνται με αποτέλεσμα να σχηματίζονται σύννεφα με αποτέλεσμα να δημιουργείται βροχή στην προσήμενη πλευρά του βουνού. Έπειτα ο αέρας συνεχίζει την πορεία του προς την υπήνεμη πλευρά του βουνού, όπου θερμαίνεται και γίνεται

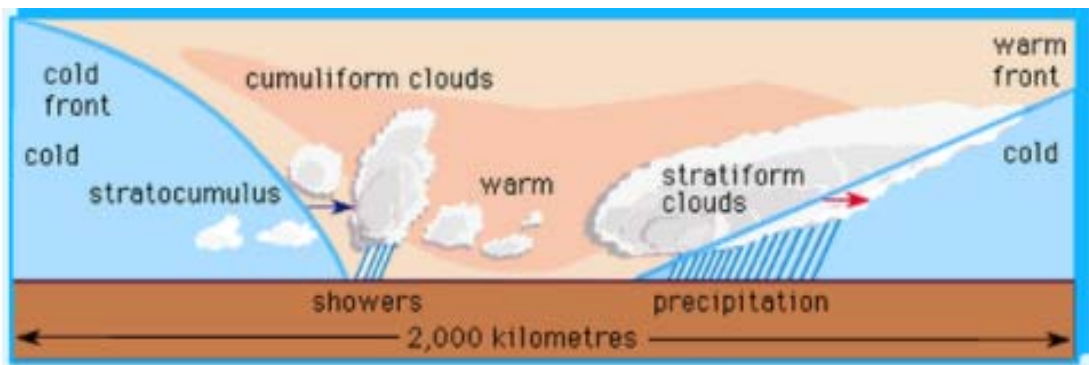
ξηρότερος (Rotunno et al., 2007). Η βροχόπτωση αυξάνεται κυρίως λόγω του υψομέτρου, μέχρι 2500m, έτσι όσο μεγαλύτερο υψόμετρο έχει ένα βουνό, τόσο μεγαλύτερη βροχόπτωση θα έχει. Για υψόμετρα μεγαλύτερα των 2500m η βροχόπτωση θα ελαττώνεται καθώς σε αυτό το υψόμετρο η αέρια μάζα είναι πιο φτωχή σε υδατμούς (Ahrens, 2003). Για αυτό τον λόγο βουνοπλαγιές που έχουν προσανατολισμό αντίθετα των ακτών έχουν γενικότερα ξηρό κλίμα. Επίσης σημαντικό ρόλο για την εμφάνιση πιο έντονα του φαινομένου της βροχόπτωσης, παίζει αν ο άξονας της οροσειράς είναι κάθετος στην κίνηση των αέριων μαζών. Παραδείγματα από τις βροχές ανάγλυφου έχουμε στην δυτική Μεσόγειο, όπου οι υγρές μάζες προσπίπτουν στην οροσειρά την Πίνδου και τα βουνά της Πελοποννήσου, με αποτέλεσμα να δημιουργούν παρατεταμένες βροχές που φθάνουν το ύψος των 2 μέτρων ετησίως (Καλύβας, 2014).



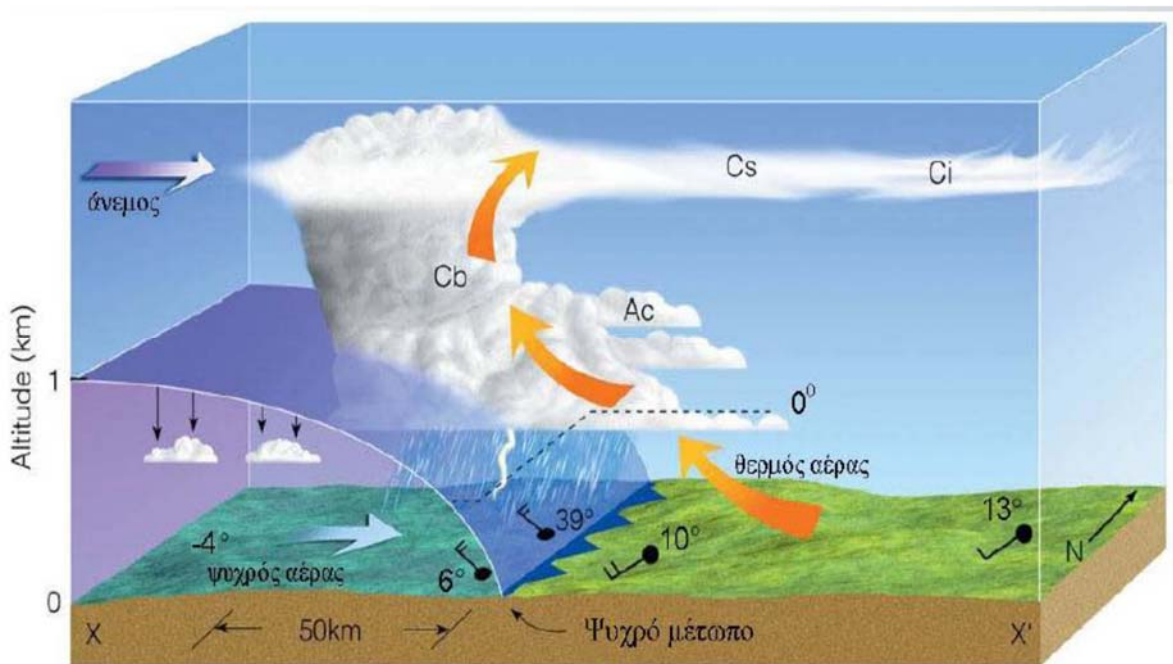
Σχήμα 2.10.1: Σχηματισμός ορογραφικών βροχών

Μετωπικές βροχές ή κυκλωνικές βροχές (frontal precipitation)

Οι μετωπικές βροχές δημιουργούνται όταν οι αέριες μάζες κατά την ανάμειξή τους ή την εκτόνωση τους μεταφέρουν θερμότητα από τα θερμά και ψυχρά μέτωπα. Στην συνέχεια οι θερμές αέριες μάζες συναντώνται με τις ψυχρές αέριες μάζες με αποτέλεσμα να σχηματίζεται μέτωπο (Ξυρικόςζα, 2016). Επίσης καθώς οι θερμές αέριες μάζες ανέρχονται πάνω από τις ψυχρές τότε σχηματίζεται ύφεση. Η ύφεση αυτή δημιουργεί συχνά σταθερή βροχή καθώς ο θερμός αέρας όταν ανέρχεται ψύχεται και οι υδατμοί υγροποιούνται με αποτέλεσμα να εμφανίζεται νετός (Φαλέγας, 2014). Πρόκειται για τον σπουδαιότερο τύπο βροχής μέσα στα γεωγραφικά πλάτη αφού έχουν μεγάλη διάρκεια και έκταση.



Σχήμα 2.10.2: Σχηματισμός μετωπικών βροχών

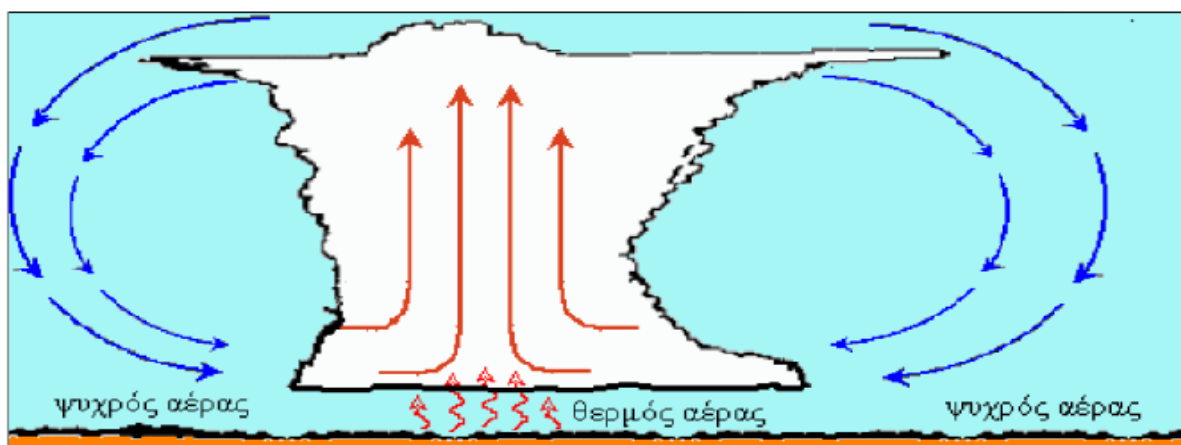


Σχήμα 2.10.3: Σχηματισμός μετωπικών βροχών

Βροχές κατακόρυφης μεταφοράς (convective precipitation)

Η βροχόπτωση κατακόρυφης μεταφοράς προέρχεται από νέφη ανοδικών ρευμάτων, από τους σωρείτες (cumulus) και σωρειτομελάνιες (cumulonimbus) (Fosser et al., 2015). Λόγω ισχυρής θέρμανσης του εδάφους, η ανομοιόμορφη θέρμανση του εδάφους μετατρέπει πιο θερμή την αέρια μάζα που βρίσκεται πάνω από το έδαφος. Έτσι η θερμοκρασία της αέριας μάζας που βρίσκεται πάνω από το έδαφος σε σχέση με την θερμοκρασία του αέρα είναι μεγαλύτερη (Καλύβας, 2014). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία αστάθειας και η αέρια μάζα αρχίζει να ανέρχεται. Η ύπαρξη υψηλής υγρασίας σε συνδυασμό με την μεγάλη αστάθεια της ατμόσφαιρας προκαλεί τον σχηματισμό σύννεφου σωρειτομελάνια και βροχή μεγάλης έντασης αλλά μικρής διάρκειας. Μαζί με

την βροχή υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η εμφάνιση χαλαζιού.

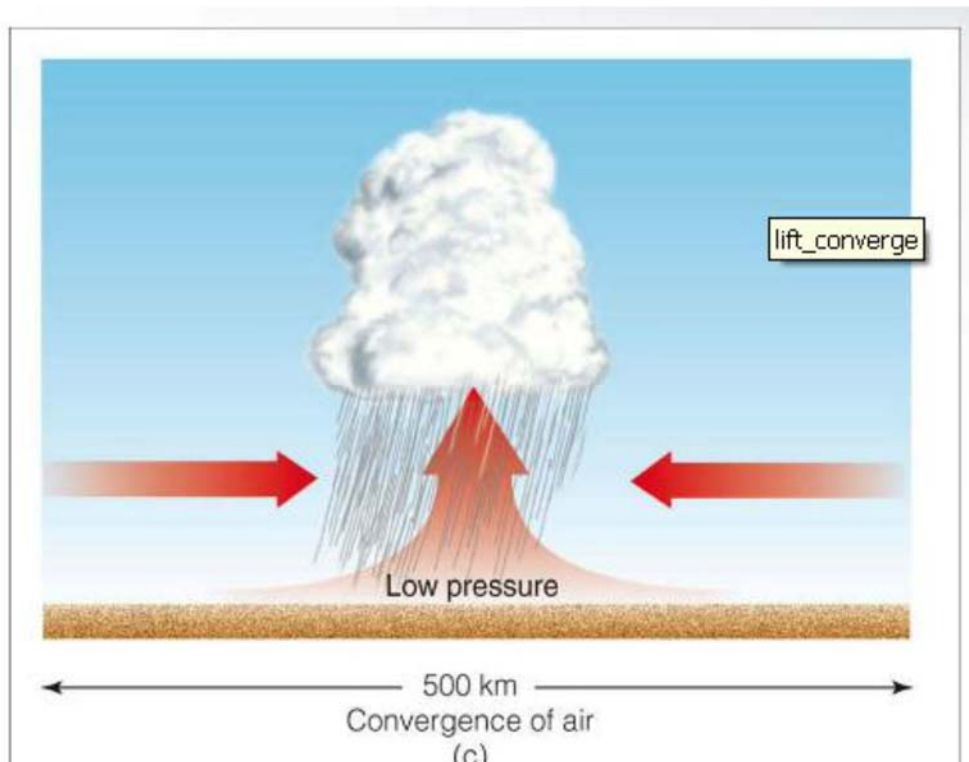


Σχήμα 2.10.4: Σχηματισμός βροχόπτωσης κατακόρυφης μεταφοράς

Βροχές σύγκλισης (convective precipitation)

Οι βροχές σύγκλισης σχηματίζονται όταν η σύγκλιση των αερίων μαζών σε μια περιοχή, κινούνται ανοδικά. Με άλλα λόγια η βροχή σύγκλισης συνδέεται με νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης, σωρείτες και σωρειτομελάνιες (Sumner, 2000). Διακρίνουμε τρεις υποκατηγορίες:

1. Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης: που αναπτύσσονται λόγω της έντονης θέρμανσης στο επίπεδο του εδάφους κατά το θέρος και με την χαμηλή θερμοκρασία της ατμόσφαιρας δημιουργείται αστάθεια στην ατμόσφαιρα. Η βροχόπτωση, που συχνά συνοδεύεται από χαλάζι, έχει τη μορφή καταιγίδας χωρίς να είναι απαραίτητη η παρουσία αστραπών ή βροντών. Επηρεάζουν μικρές περιοχές μικρότερες των 50 km^2 και συνήθως είναι μικρής διάρκειας (Critchfield, 1974).
2. Όμβροι με βροχή ή χιόνι ή μαλακοί χαλαζόκοκκοι: δημιουργούνται από ψυχρό, υγρό και ασταθή αέρα που διέρχεται πάνω από θερμή επιφάνεια (Μαχαίρας et al., 1985).
3. Τροπικούς κυκλώνες: δημιουργούνται από τα κύτταρα των σωρειτομελανιών που οργανώνονται σε σπειροειδή μορφή γύρω από το κέντρο. Η βροχόπτωση είναι ισχυρή και διαρκής και καλύπτει τεράστιες εκτάσεις (Ahrens, 2003).



Σχήμα 2.10.5: Σχηματισμός βροχόπτωσης σύγκλισης

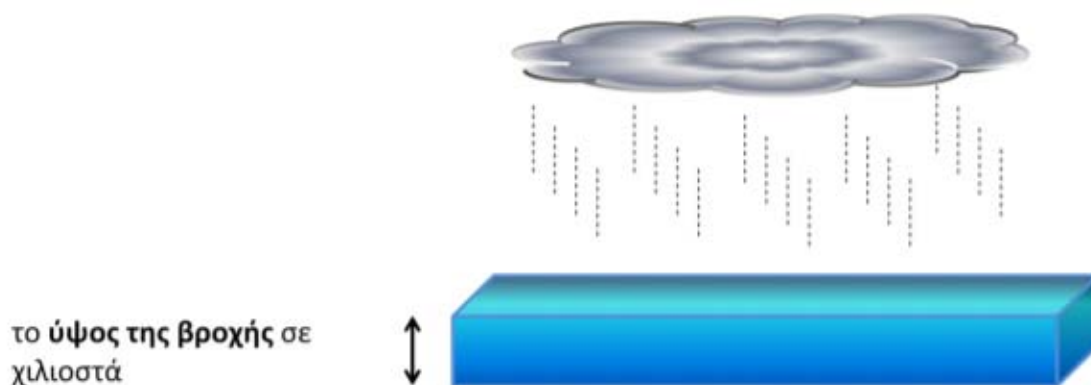
2.11 Βροχομετρικοί παράμετροι

Οι παράμετροι από τους οποίους εξαρτάται η βροχή είναι ο ύψος και η ένταση της βροχής, η διάρκεια βροχής καθώς και ο αριθμός των ημερών στις οποίες παρουσιάζεται βροχόπτωση:

- **Ύψος βροχής**

Είναι το σημαντικότερο στοιχείο της βροχόπτωσης καθώς δείχνει την ποσότητα του νερού που πέφτει στην γη σε ημερήσια, εποχική και ετήσια βάση. Η ποσότητα τη βροχής που φθάνει στην επιφάνεια της γης, θεωρώντας ότι δεν υπάρχει απορροή, απορρόφηση και εξάτμιση. Εάν συγκεντρωθεί σε μια οριζόντια επιφάνεια, η ποσότητα αυτή, θα σχηματιστεί υδάτινο στρώμα το πάχος του οποίου μετρούμενο σε χιλιοστά του μέτρου θα εκφράζει το ύψος της βροχής. Για την μέτρησή της χρησιμοποιείται διεθνώς ο όρος "ύψος βροχής" με μονάδα μέτρησης τα χιλιοστά (*mm*) ή τα εκατοστά (*cm*). Είναι αποδεκτό ότι ένα χιλιοστό βροχής σε επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου ισοδυναμεί με ένα λίτρο νερού. Επίσης στις μελέτες του αστικού κλίματος η βροχόπτωση εκφράζεται σε ένα

λίτρο ανά τετραγωνικό μέτρο ($1l/1m^2$). Το ύψος της βροχής μετριέται με την βοήθεια των βροχόμετρων και των βροχογράφων.



Σχήμα 2.11.1: Ύψος βροχής

- **Ένταση βροχής**

Η ένταση της βροχής είναι παράγωγο μέγεθος και χαρακτηρίζεται ως η ποσότητα της βροχής ανά μονάδα χρόνου, ως συνήθως σε ένα μία μέρα (24 ώρες).

Η ένταση της βροχής έχει άμεση σχέση με την αποτελεσματικότητα της, δηλαδή τη συγκέντρωση του πλεονάζοντος ποσού βροχής στην επιφάνεια του εδάφους (ύψος βροχής). Η τιμή της έντασης ορίζεται από την πιο κάτω εξίσωση και αποτελεί χρονικά τη μέση τιμή της μεταβολής του ύψους της βροχής Δh , η οποία εξαρτάται από το χρονικό διάστημα Δt . Μετριέται σε mm/h. Όσο μικρότερο είναι το χρονικό διάστημα τόσο περισσότερο η χρονικά μέση ένταση προσεγγίζει τη στιγμιαία.

$$i = \Delta h / \Delta t$$

i =ένταση βροχής

Δh =μεταβολή ύψους βροχής

Δt =χρονικό διάστημα.

- **Διάρκεια βροχής**

Η διάρκεια της βροχής εκφράζεται ως το χρονικό διάστημα που υπάρχει βροχόπτωση σε μια περιοχή. Η βροχόπτωση είναι ασυνεχές μέγεθος, δηλαδή δεν παρουσιάζεται βροχόπτωση ταυτόχρονα σε όλο τον πλανήτη.

- **Αριθμός ημερών βροχής**

Αναφερόμαστε στον αριθμό των ημερών στον οποίο σημειώνεται βροχόπτωση σε ένα τόπο και σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Στον τομέα της στατιστικής ανάλυσης σημαντικές θεωρούνται οι βροχές πάνω από 0.1mm.

Ημερήσια πορεία της βροχής ή ημερήσιο ύψος: το σύνολο της βροχής που πέφτει σε μια μέρα ονομάζεται ημερήσια βροχόπτωση. Το μέγεθος αυτό καλύπτει το χρονικό διάστημα 0-24 ώρες ή συνήθως το διάστημα από την 20^η ώρα της προηγούμενης μέρας μέχρι την 20^η ώρα της επόμενης μέρας.

Μηνιαία πορεία βροχής ή μηνιαίο ύψος: το άθροισμα των ημερήσιων βροχοπτώσεων σε ένα μήνα.

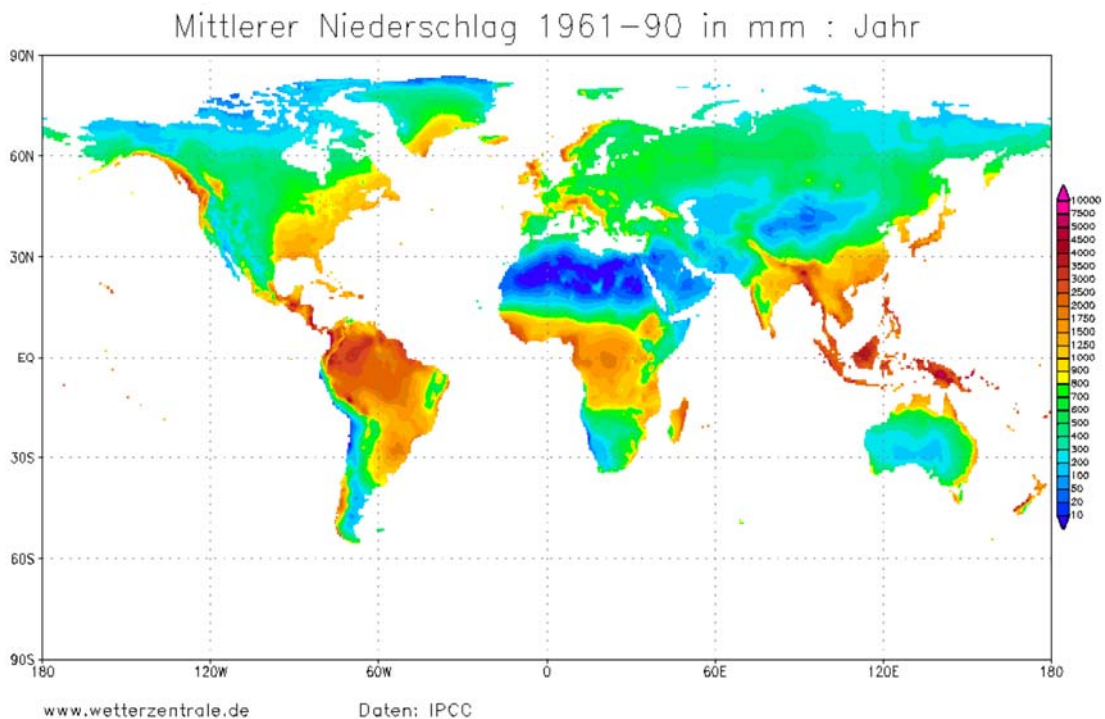
Ετήσια πορεία βροχής ή ετήσιο ύψος: το σύνολο της βροχής που πέφτει στους 12 μήνες ενός έτους. Εκφράζεται με το βροχομετρικό σύστημα. Είναι μεγάλης σημασίας για τις ανθρώπινες δραστηριότητες και για το είδος των φυτών που θα αναπτυχθούν σε μια περιοχή. Διαφέρει από τόπο σε τόπο.

Υδρολογικό έτος: στις υδρολογικές μελέτες συχνά χρησιμοποιείται ο όρος υδρολογικό έτος επειδή ανταποκρίνεται καλύτερα στη φυσική διαδοχή των εποχών σχετικά με τη μεταβολή των υδατικών αποθεμάτων. Δηλαδή ως υδρολογικό έτος ορίζεται μια 12μηνη περίοδος στην οποία τα διαθέσιμα υδατικά αποθέματα να είναι ελάχιστα και επίσης τα εναπομείναντα αποθέματα υδάτινων πόρων στο τέλος της 12μηνιαίας περιόδου να είναι ελάχιστα (Παπαπέτρου, 2007).

Η 12μηνη αυτή περίοδος για τις περιοχές του Βόρειου Ημισφαιρίου με εύκρατο κλίμα, στις οποίες συγκαταλέγεται και η Κύπρος ξεκινά από τον μήνα Οκτώβρη κάθε έτους και τελειώνει στον μήνα Σεπτέμβριο του επόμενου έτους. Συγκεκριμένα οι δύο περίοδοι χωρίζονται σε υγρή και ξηρή-άνομβρη περίοδο (Καλύβας, 2014).

- **Υγρή περίοδος:** ξεκινά τον Οκτώβρη και τελειώνει τον Απρίλη. Σε αυτή την περίοδο σημειώνονται τα μεγαλύτερα ποσά υετού στην Κύπρο και για αυτό παρατηρείται αύξηση των υδατικών αποθεμάτων.
- **Ξηρή – Άνομβρη περίοδος:** ξεκινά τον Μάη και τελειώνει τον Σεπτέμβρη. Σε αυτή την περίοδο η εμφάνιση βροχής δεν είναι συχνή. Βροχοπτώσεις σημειώνονται στις ορεινές περιοχές της Κύπρου ενώ υπάρχει αύξηση της εξατμισοδιαπνοής με αποτέλεσμα να μειώνονται τα αποθέματα νερού.

Ο ρυθμός της βροχής δεν είναι σταθερός σε ένα τόπο, η βροχόπτωση είναι κάποιες φορές έντονη και κάποτε ασθενής. Τα ποσά της βροχής που φθάνουν στη γη είναι τεράστια σε ετήσια βάση. Κατά μέσο όρο θα μπορούσαν να καλύψουν την επιφάνεια της γης με ένα υδάτινο στρώμα πάχους 900 χιλιοστών (μέσο ετήσιο πλανητικό βροχομετρικό ύψος). Συγκεκριμένα η κατανομή της βροχής είναι ακανόνιστη στην επιφάνεια της γης και διαφέρει κατά πολύ από την μέση τιμή. Για παράδειγμα οι βροχότερες περιοχές είναι: η Ινδία με βροχές που σε κάποια έτη υπερβαίνουν κατά τα 10 μέτρα ετησίο ύψος, η Χαβάη και το Καμερούν με βροχές που φθάνουν μέχρι τα 9 μέτρα ετήσιο ύψος. Για την Ευρώπη η Κροατία έχει βροχές που φθάνουν τα 4.5 μέτρα ετήσιο ύψος. Στην αντίθετη περίπτωση στο Σουδάν η παρουσία βροχής είναι σπάνια και συγκεκριμένα το ύψος βροχής φθάνει μόλις στο 1 χιλιοστό τη δεκαετία.

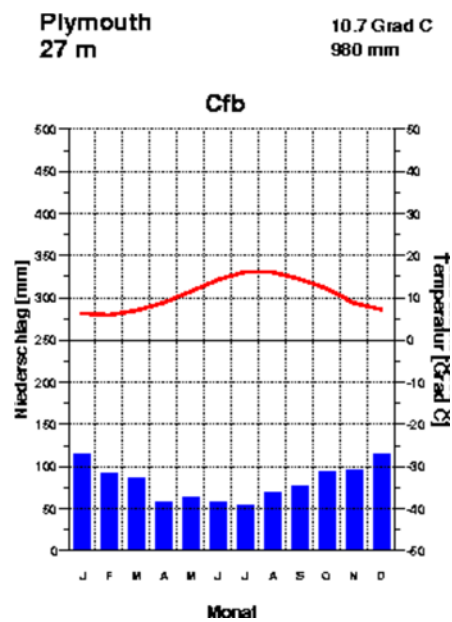


Σχήμα 2.11.2: Ετήσια κατανομή της βροχόπτωσης στη Γη.

2.12 Εποχική κατανομή της βροχόπτωσης στη Γη

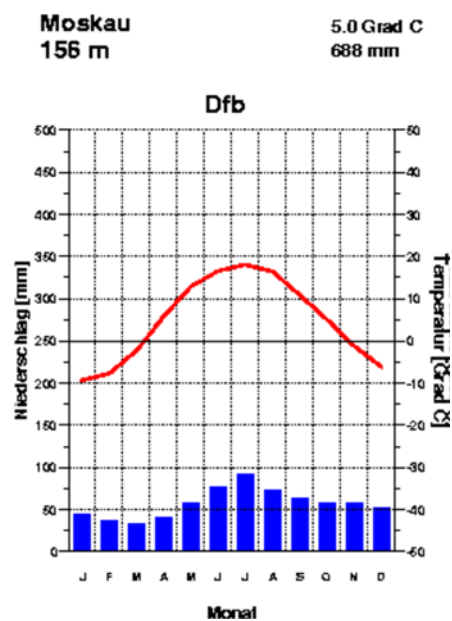
Η βροχή παρουσιάζει μεταβολές από τόπο σε τόπο και διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει επειδή η κυκλοφορία της ατμόσφαιρας δεν είναι αμετάβλητη ολόκληρο το χρόνο. Σε περιοχές όπου υπάρχουν σταθερές συνθήκες κυκλοφορίας κατά την διάρκεια του χρόνου τα ποσά της βροχόπτωσης είναι περίπου σταθερά, παράδειγμα ο Ισημερινός. Δηλαδή η περίοδος των βροχοπτώσεων είναι διαφορετική για κάθε περιοχή. Η ετήσια πορεία της βροχής- βροχομετρικό σύστημα αποτελεί ένα βασικό κλιματικό χαρακτηριστικό του τόπου. Πιο αναύτικα η πορεία της βροχής ως προς την ετήσια πορεία της διακρίνεται σε έξι βασικούς τύπους (βροχομετρικά συστήματα):

- **Θαλάσσιος τύπος:** αυτός ο τύπος βροχομετρικού συστήματος εκδηλώνεται πάνω από θαλάσσιες περιοχές και παρουσιάζει ένα μέγιστο, το οποίο παρουσιάζεται πάντα κατά τη διάρκεια των νυκτερινών ή πρώτων πρωινών ωρών. Η θερμοκρασία του αέρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας μειώνεται αρκετά κατά τη διάρκεια της νύκτας. Αυτό γίνεται λόγω της επαφής του αέρα με τη θερμότερη υδάτινη επιφάνεια με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια σχετική αστάθεια για τη δημιουργία βροχής. Επομένως εκείνο το σημείο θεωρείται μέγιστο. Επίσης εάν η νυκτερινή αστάθεια είναι έντονη τότε ενισχύει τις μετωπικές βροχοπτώσεις που σημειώνονται πάνω από τη θάλασσα ή και τις δημιουργεί. Στον κυπριακό και ελλαδικό χώρο αστάθεια πάνω από την θάλασσα δημιουργείται πάντα την χειμερινή περίοδο, εξαιτίας των ψυχρών μαζών που περνούν πάνω από την θερμότερη υδάτινη επιφάνεια της θάλασσας. Οι βροχές που σημειώνονται είναι σχετικά άφθονες σε όλο το έτος.



Σχήμα 2.12.1: Θαλάσσιο Βροχομετρικό σύστημα για την πόλη του Plymouth.

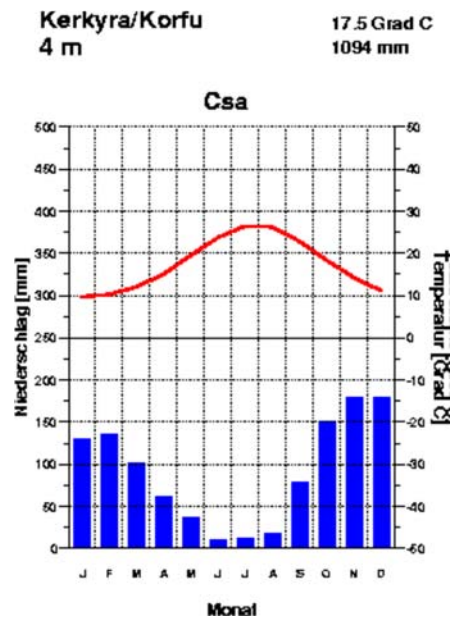
- **Ηπειρώτικος τύπος:** αυτός ο τύπος βροχομετρικού συστήματος παρουσιάζει μέγιστο κατά τις απογευματινές ώρες εξαιτίας της θέρμανσης του εδάφους. Η υπερθέρμανση του αέρα εξαιτίας της θέρμανσης του υποκείμενου εδάφους οδηγεί σε ανοδικές κινήσεις και ψύξη του αέρα. Τέτοιου είδους τύπος παρατηρείται κυρίως σε ηπειρωτικές περιοχές κατά της θερινής περιόδου. Παρουσιάζει αυξημένες θερινές βροχοπτώσεις και χειμερινή ξηρασία.



Σχήμα 2.12.2: Ηπειρωτικό Βροχομετρικό σύστημα για την πόλη της Μόσχας

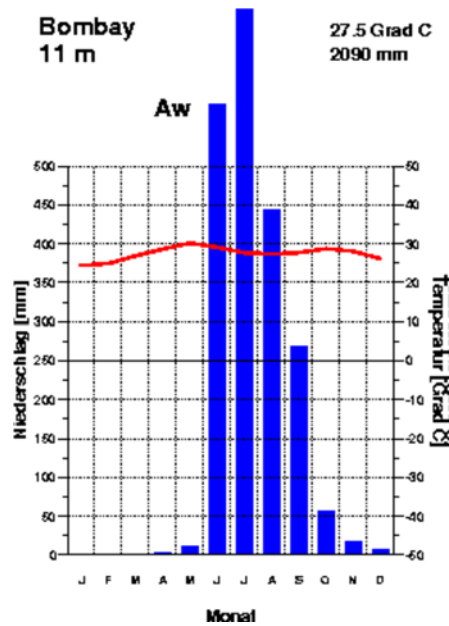
- **Πολύπλοκος τύπος ή μεσογειακός τύπος:** αυτός ο τύπος βροχομετρικού συστήματος είναι συνδυασμός του θαλάσσιου και ηπειρωτικού τύπου και

παρουσιάζει κάποιες αποκλίσεις. Μερικοί τύποι μπορεί να εμφανίζουν και τις δύο περιπτώσεις μεγίστων (νυχτερινό, απογευματινό), ενώ άλλοι είναι δυνατόν να εμφανίζουν θαλάσσιο τύπο το χειμώνα και ηπειρωτικό τύπο το καλοκαίρι. Συναντάται κυρίως στη Μεσόγειο, Νότια Αφρική και Νότια Αυστραλία



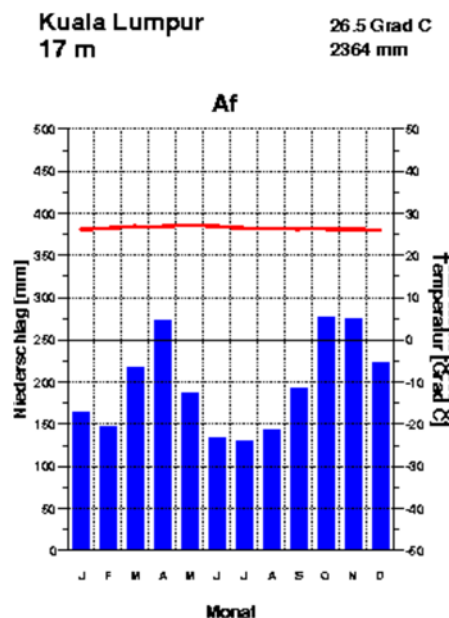
Σχήμα 2.12.3: Μεσογειακό Βροχομετρικό σύστημα για την Κέρκυρα

- Μουσσωνικός τύπος:** αυτός ο τύπος βροχομετρικού συστήματος παρουσιάζεται σε περιοχές που έχουν μουσσωνικό κλίμα. Το βασικό χαρακτηριστικό του μουσσωνικού κλίματος είναι οι υψηλές βροχές την θερινή περίοδο και στην χειμερινή περίοδο επικρατεί ξηρασία. Επίσης αυτός ο τύπος παρατηρείται στα δυτικά των ηπείρων των τροπικών γεωγραφικών πλατών.



Σχήμα 2.12.4: Μουσωνικό Βροχομετρικό σύστημα για την πόλη της Βομβάης

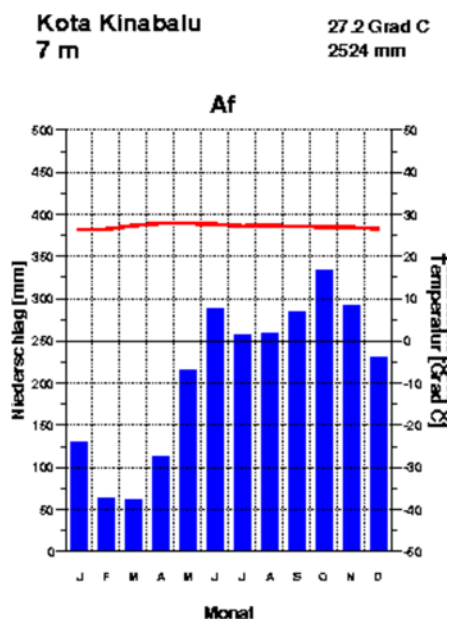
- **Ισημερινός τύπος:** αυτός ο τύπος βροχομετρικού συστήματος παρουσιάζεται σε περιοχές που βρίσκονται ανάμεσα στον Ισημερινό, μεταξύ 10 ° Βόρεια και Νότια του Ισημερινού. Σημειώνονται δύο μέγιστα κατά τις ισημερίες (21 Μαρτίου και 23 Σεπτεμβρίου) και δύο ελάχιστα βροχής κατά τα ηλιοστάσια.



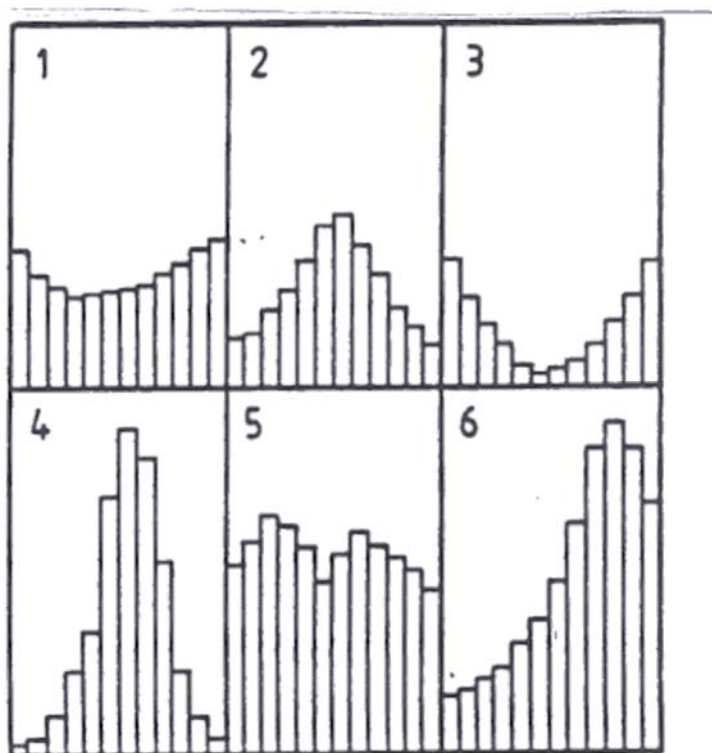
Σχήμα 2.12.5: Ισημερινό Βροχομετρικό Σύστημα στην πόλη Κουάλα Λουμπούρ

- **Τροπικός τύπος:** αυτός ο τύπος βροχομετρικού συστήματος παρουσιάζεται στις ανατολικές ακτές των ηπείρων στα τροπικά γεωγραφικά πλάτη. Στις περιοχές αυτές παρατηρείται συχνά τροπικοί κυκλώνες. Χαρακτηρίζεται από ένα μέγιστο

βροχής κατά την θερινή περίοδο, όταν ο ήλιος βρίσκεται στο ζενίθ του τόπου και ένα ελάχιστο κατά την χειμερινή περίοδο.



Σχήμα 2.12.6: Τροπικό Βροχομετρικό Σύστημα στην πόλη Kota Kinabalu



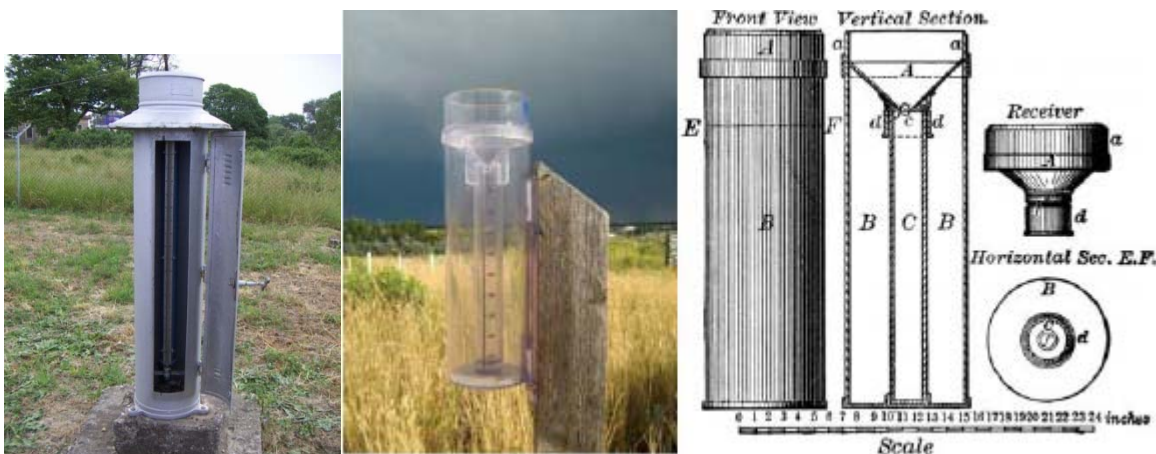
Εικόνα 2.12.7: Τύποι βροχομετρικών συστημάτων: 1. Θαλάσσιος, 2. Ηπειρωτικός, 3. Μεσογειακός, 4. Μουσωνικός, 5. Ισημερινός, 6. Τροπικός.

2.13 Τεχνικές μέτρησης βροχόπτωσης

Υπάρχουν 2 τεχνικές προκειμένου να μετρήσουμε την βροχόπτωση που πέφτει σε μια περιοχή, την επίγεια παρατήρηση και την τηλεπισκόπιση.

Η επίγεια παρατήρηση αποτελεί μια συμβατική και την πιο διαδεδομένη τεχνική όπου χρησιμοποιούνται όργανα που ονομάζονται βροχόμετρα και βροχογράφοι. Τα δεδομένα προέρχονται από σημειακές μετρήσεις σε πολλά σημεία μιας περιοχής, όπου μετρούν την υδρολογική μεταβλητή (ύψος βροχής) της. Βασικοί τύποι επίγειων οργάνων μέτρησης βροχόπτωσης είναι:

- Τα ογκομετρικά βροχόμετρα (δεκαπλαστικό και ογκομετρικό βροχόμετρο τύπου Hellman).
- Ο βροχογράφος τύπου Hellman.
- Τα βροχόμετρα με tipping bucket.



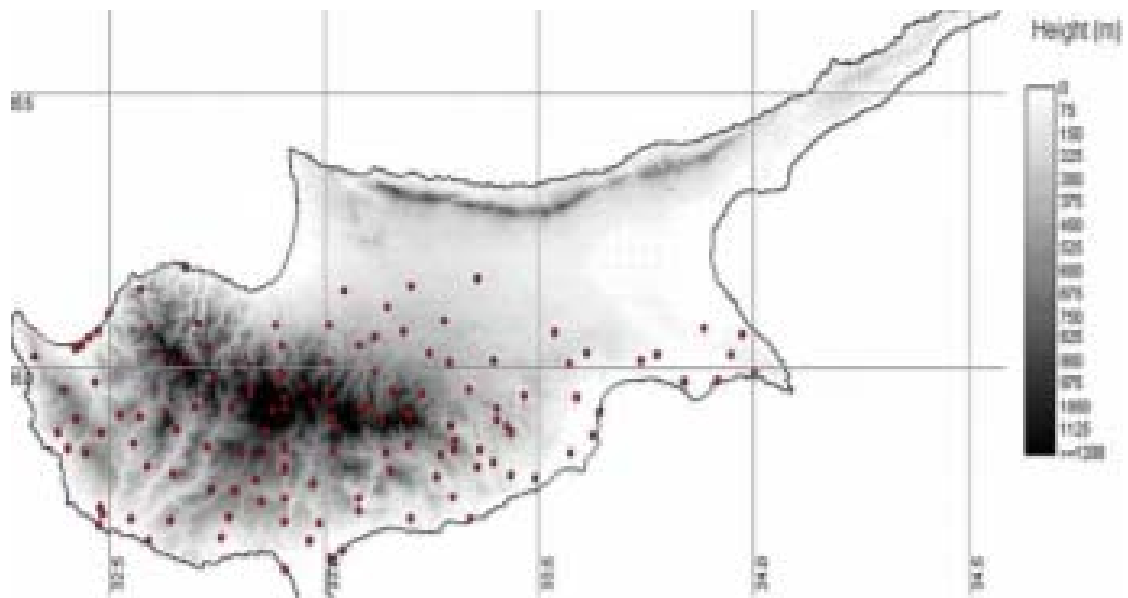
Σχήμα 2.13.1: Δεκαπλασιαστικό βροχόμετρο



Σχήμα 2.13.2: Βροχογράφος τύπου Hellman



Σχήμα 2.13.3: Βροχόμετρο με tipping bucket (Silas, 2014)



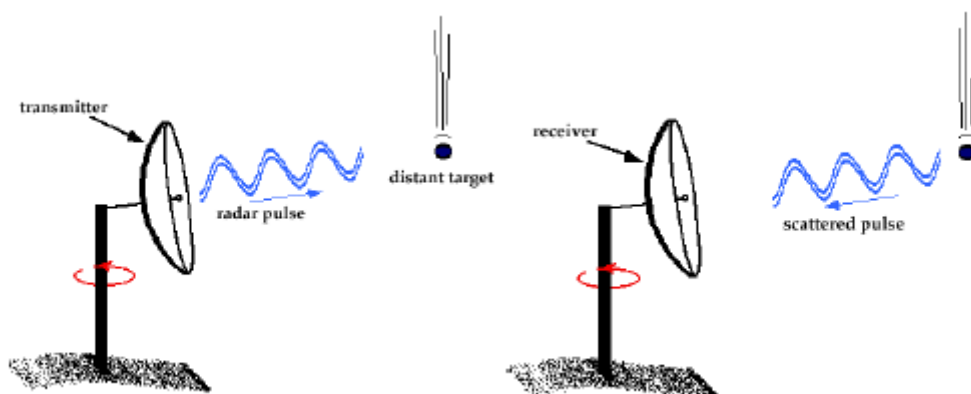
Σχήμα 2.13.4: Το δίκτυο των παραδοσιακών βροχομετρικών σταθμών στην Κύπρο, σύνολο 145 βροχόμετρα (Silas, 2014)

Η εγκατάσταση δικτύων σημειακών μετρήσεων αποτελεί ένα εξαιρετικά περίπλοκο εγχείρημα, απαιτεί ειδική μελέτη και εξαρτάται κυρίως από κλιματικούς και γεωμορφολογικούς παράγοντες αλλά και από τη χρήση των βροχομετρικών δεδομένων. Όσο πιο πυκνό είναι το δίκτυο των βροχομετρικών σταθμών τόσο μειώνονται τα σφάλματα μέτρησης και τα αποτελέσματα είναι πιο αντιπροσωπευτικά για την βροχόπτωση.

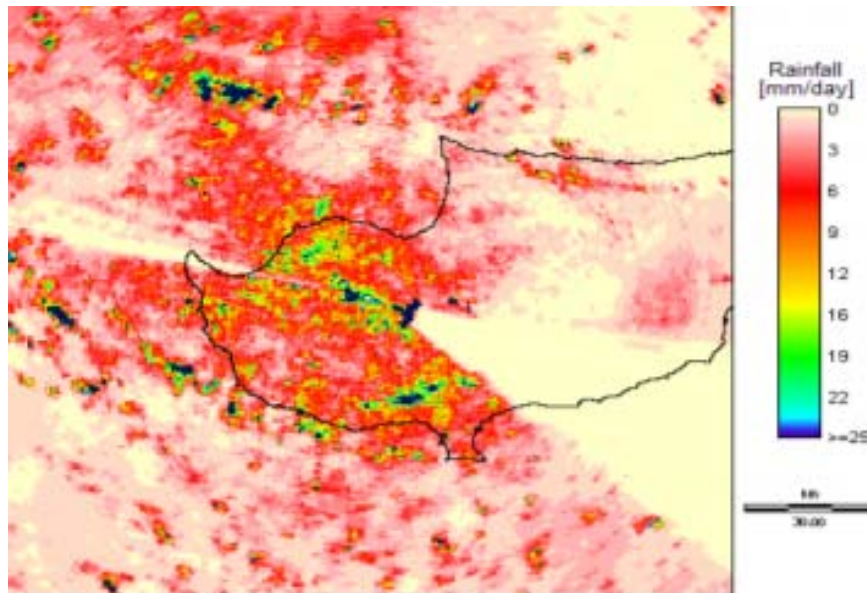
Όμως τα δεδομένα που προέρχονται από την επίγεια παρατήρηση είναι ανεπαρκή και για αυτό είναι αναγκαία η χρήση εφαρμογών που δίνουν υψηλότερη ακρίβεια. Για αυτό τον λόγο εφαρμόζεται η τηλεπισκόπηση, δηλαδή η εξ αποστάσεως παρατήρηση των μετεωρολογικών φαινομένων και της λήψης πληροφοριών μέσω συστημάτων υψηλής τεχνολογίας όπως είναι τα μετεωρολογικά ραντάρ και οι μετεωρολογικοί δορυφόροι.



Σχήμα 2.13.5: Μετεωρολογικό ραντάρ (Silas, 2014)



Σχήμα 2.13.6: Μετεωρολογικό ραντάρ: λειτουργία - εκπομπή και λήψη ανακλώμενης ακτινοβολίας (Silas, 2014)

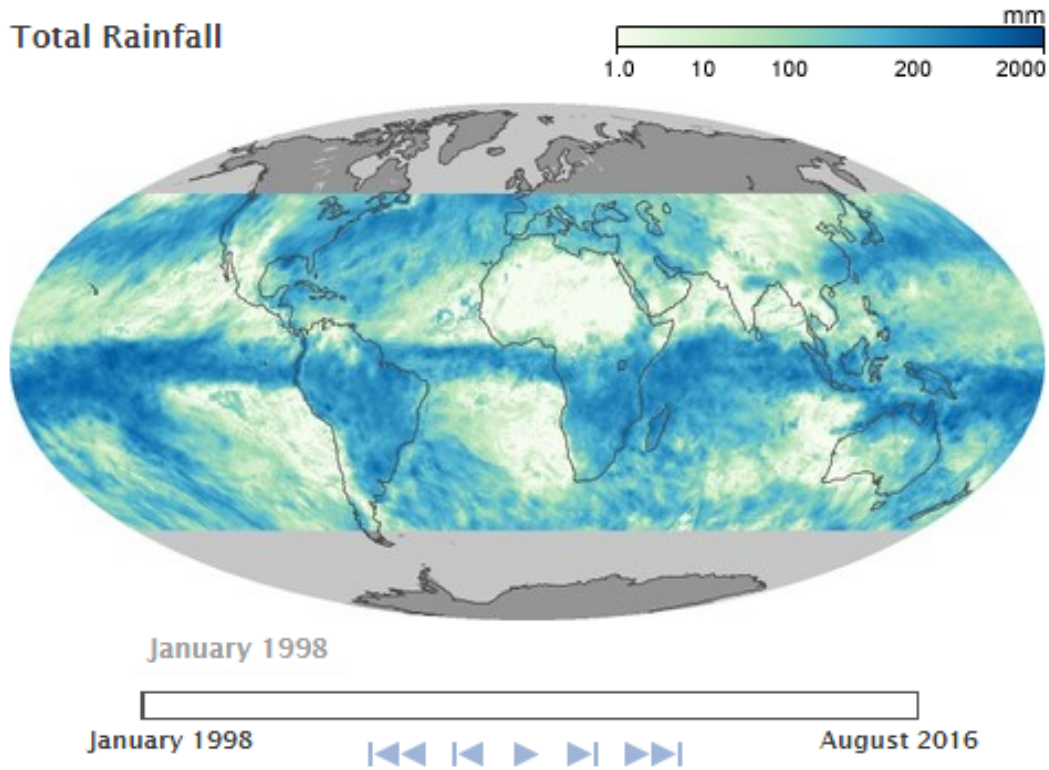


Σχήμα 2.13.7: Το δίκτυο των μετρήσεων με ραντάρ (Silas, 2014)

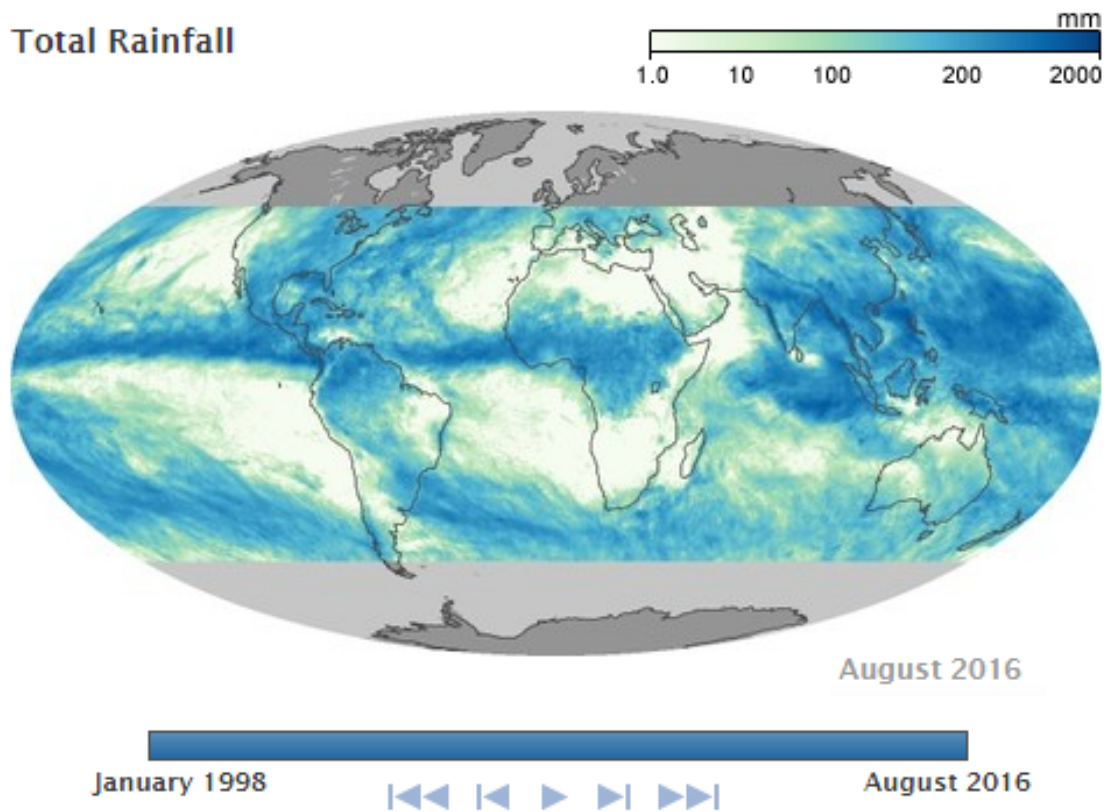
2.14 Τάσεις βροχόπτωσης σε Παγκόσμιο, Ευρωπαϊκό και Τοπικό επίπεδο

Η βροχόπτωση αποτελεί την κύρια πηγή φρέσκου, πόσιμου νερού για τα φυτά και τα ζώα. Η βροχόπτωση έχει την ιδιότητα να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες νερού από περιοχή σε περιοχή, αλλά τα σύννεφα έχουν την ικανότητα να μεταφέρουν και μεγάλα ποσά ενέργειας. Όταν το νερό εξατμίζεται από την επιφάνεια της θάλασσας και μεταφέρεται ως ατμός στην ατμόσφαιρα, συµμεταφέρει και θερμότητα από την επιφάνεια της θάλασσας, η οποία έχει θερμανθεί από τον ήλιο. Όταν οι υδρατμοί συμπυκνώνονται για να σχηματίσουν σύννεφα και σταγόνες βροχής, η ενέργεια που μεταφέρουν απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Η ενέργεια που απελευθερώνεται αποτελεί ένα μεγάλο τμήμα του ενεργειακού ισοζυγίου της γης, καθώς και του κλίματός της.

Μέσα από την κλιματική αλλαγή που βιώνεται τα τελευταία χρόνια και με την επερχόμενη επιδείνωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη, αναμένεται να τροποποιηθεί η ποσότητα της βροχόπτωσης, αλλά και οι περιοχές στις οποίες εμφανίζεται μικρότερη ή μεγαλύτερη βροχόπτωση. Ένα σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη της τάσης και της στάθμης της βροχόπτωσης αποτελούν οι χάρτες βροχόπτωσης, οι οποίοι δείχνουν τη μηνιαία βροχόπτωση σε χιλιοστά και οι μετρήσεις γίνονται από δορυφόρους.



Σχήμα 2.14.1.: Το ύψος και οι περιοχές βροχόπτωσης για τον Ιανουάριο του 1998



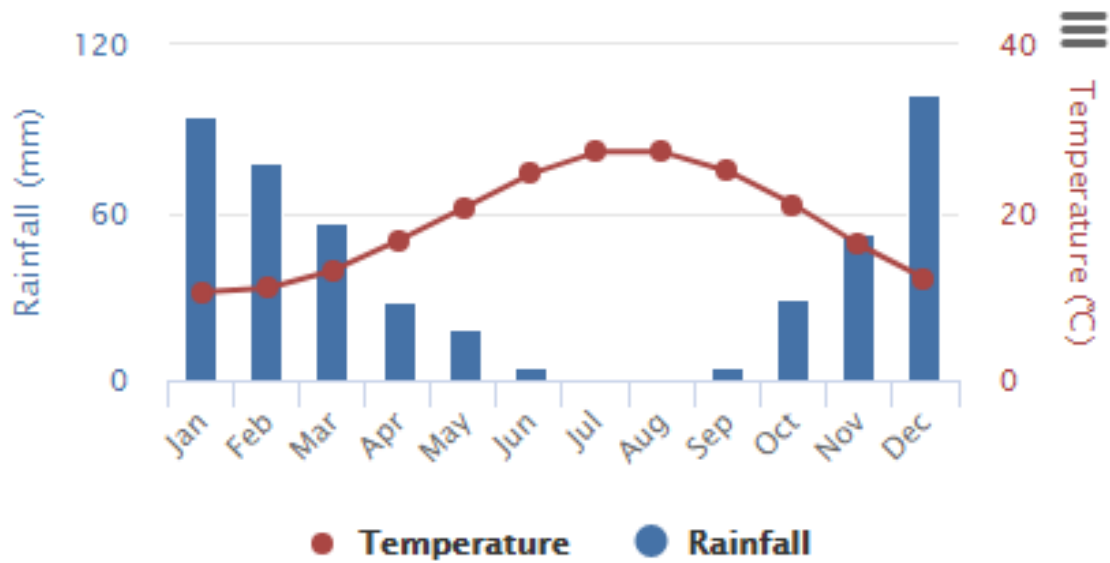
Σχήμα 2.14.2.: Το ύψος και οι περιοχές βροχόπτωσης για τον Αύγουστο του 2016

Τα σχήματα 2.14.1 και 2.14.2 απεικονίζουν τα επίπεδα της βροχόπτωσης για δύο χρονικές στιγμές, τον Ιανουάριο του 1998 και τον Αύγουστο του 2016, δηλαδή η πρώτη μας δίνει μία εικόνα της βροχόπτωσης πριν την κλιματική αλλαγή, ενώ η δεύτερη μας δίνει μία εικόνα της βροχόπτωσης στα αρχικά στάδια της κλιματικής αλλαγής.

Παρατηρώντας το σχήμα 2.14.1, βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη βροχόπτωση συγκεντρώνεται στην περιοχή του ισημερινού και στις νότιες περιοχές του. Στο βόρειο ημισφαίριο αντίστοιχα, παρατηρούμε ότι εκτός από τις περιοχές που χαρακτηρίζονται από ερημικό ή ξηρό κλίμα, η βροχόπτωση είναι υψηλή. Αντίθετα, εάν παρατηρήσουμε το χάρτη (σχήμα 2.14.2) βροχόπτωσης του 2016, αρχικά παρατηρούμε ότι οι βροχοπτώσεις έχουν αραιώσει πολύ, σε σχέση με το 1998. Επιπλέον, είναι εμφανές ότι η γραμμή του ισημερινού στην οποία εμφανίζονταν ο κύριος όγκος βροχοπτώσεων, έχει μικρύνει σημαντικά και δεν έχει την ίδια οριζόντια έκταση που είχε. Πλέον, ο κυριότερος όγκος βροχοπτώσεων εντοπίζεται στην Ανατολική Ασία και στο τμήμα του Ειρηνικού Ωκεανού από το οποίο βρέχεται. Μεταβολές παρατηρούνται και στην Κεντρική Αμερική, όπου πλέον φαίνεται ότι υπήρχαν περισσότερες βροχοπτώσεις. Τέλος, σε πολλές περιοχές, όπως στη Νότια Αφρική, τη Δυτική Ευρώπη και την Κεντρική Ασία, τα επίπεδα των βροχοπτώσεων έχουν μειωθεί σε σημαντικό βαθμό, προμηνύοντας τη σταδιακή ερημοποίηση των περιοχών αυτών.

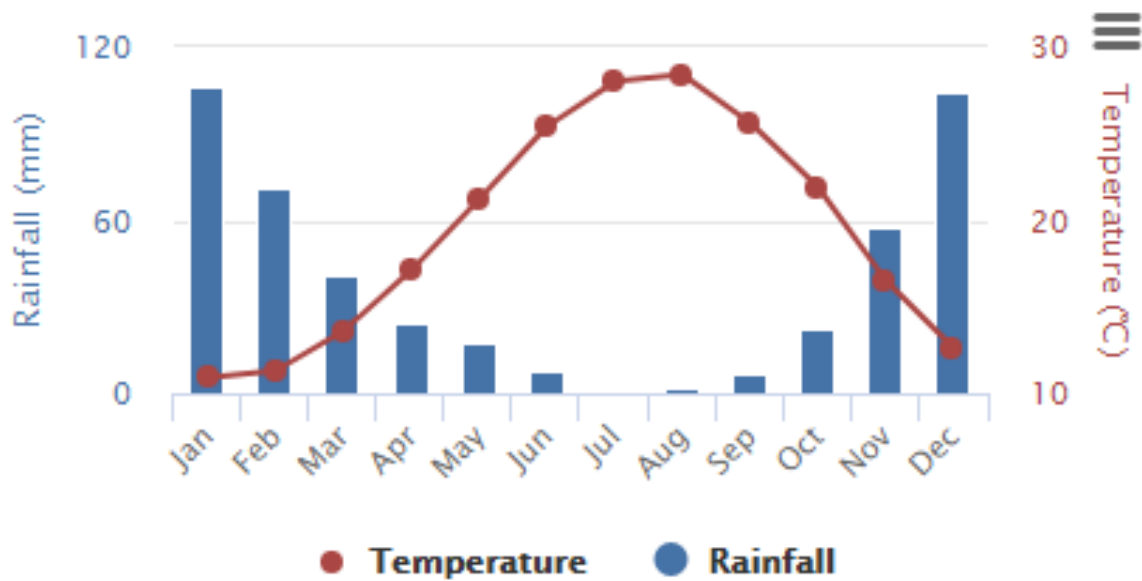
Για την περίπτωση της Κύπρου, η αναλογία της θερμοκρασίας σε σχέση με τη βροχόπτωση φαίνονται στα διαγράμματα 2.14.1 και 2.14.2.

Average Monthly Temperature and Rainfall for Cyprus from 1961-1990



Διάγραμμα 2.14.1: Μέση μηνιαία θερμοκρασία και βροχόπτωση για την περίοδο 1961-1990 στην Κύπρο

Average Monthly Temperature and Rainfall for Cyprus from 1991-2015



Διάγραμμα 2.14.2: Μέση μηνιαία θερμοκρασία και βροχόπτωση για την περίοδο 1991-2015 στην Κύπρο

Όπως φαίνεται από τα δύο διαγράμματα 2.14.1 και 2.14.2 της Παγκόσμιας Τράπεζας, μπορεί να εντοπιστεί μία μικρή διαφορά στα επίπεδα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για την Κύπρο. Είναι γνωστό ότι τους θερμούς μήνες, η βροχόπτωση είναι μειωμένη στην περιοχή της Κύπρου και η εικόνα αυτή είναι εμφανής και στα δύο διαγράμματα. Παρόλα αυτά, κατά τους ψυχρούς μήνες παρατηρείται ότι για την περίοδο 1991- 2015, τα επίπεδα της βροχόπτωσης είναι ελαφρώς μικρότερα από αυτά της περιόδου 1961-1990. Αντίστοιχα, η θερμοκρασία της νήσου είναι υψηλή κατά τους θερινούς μήνες. Παρόλα αυτά, μέσα από τη σύγκριση των διαγραμμάτων προκύπτει ότι κατά την περίοδο 1961-1990, η μέση θερμοκρασία των θερινών μηνών δεν άγγιζε τους 30°C, ενώ η κατανομή της για όλους τους υπόλοιπους μήνες ήταν ομαλή. Αντίθετα, για την περίοδο 1991- 2015, η μέση θερμοκρασία των θερινών μηνών αγγίζει τους 30°C και επιπλέον, η κατανομή της τους υπόλοιπους μήνες έχει πάψει να είναι ομαλή, αλλά φαίνεται ότι έφτασε πολύ χαμηλότερα επίπεδα, από ότι σε παλαιότερες περιόδους και μάλιστα με απότομο τρόπο, ένα χαρακτηριστικό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αντίστοιχα, αν κοιτάξουμε το δελτίο βροχοπτώσεων και κατακρημνήσεων της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Κύπρου, θα διαπιστώσουμε ότι τα επίπεδα βροχόπτωσης για τις ημέρες μελέτης είναι πολύ χαμηλότερα από τα αντίστοιχα επίπεδα της χαρακτηριζόμενης κανονικής περιόδου (1961- 1990), όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.14.3.

SEPTEMBER				
Provisional records until 22/09/2017				
Station	NORMAL OF THE MONTH (1961-90)	AMOUNT FOR THE LAST 24 HOURS (mm)	TOTAL AMOUNT SINCE 1st OF THE MONTH	PERCENTAGE OF ACTUAL TO NORMAL
LEFKOSIA(ATHALASSA)	6.0	0.0	0.0	0%
LEMESOS	1.1	0.0	0.0	0%
LARNAKA (AIRPORT)	1.7	0.0	0.0	0%
PAFOS (AIRPORT)	1.7	0.0	0.0	0%
POLIS	2.6	0.0	0.0	0%
PANO PANAGIA	5.2	0.0	0.0	0%
STAVROS PSOKAS	7.3	0.0	0.0	0%
PRODROMOS	10.0	0.0	0.0	0%
PLATANIA	9.2	0.0	1.6	17%
SAITTAS	10.3	0.0	7.5	73%

Σχήμα 2.14.3: Ημερήσια βροχόπτωση σε σταθμούς της Κύπρου και σύγκριση με την κανονική περίοδο.

Μπορούμε να παρατηρήσουμε από την εικόνα 2.14.3 ότι την ημέρα της μέτρησης δεν υπήρχε καθόλου βροχόπτωση σε κανέναν σταθμό. Στη μέτρηση για τα επίπεδα βροχόπτωσης από την αρχή του μήνα, βλέπουμε ότι εκτός από τους δύο τελευταίους σταθμούς, δεν έχει παρατηρηθεί βροχόπτωση σε κανέναν άλλο. Παρόλα αυτά, ακόμη και στους σταθμούς που υπήρχε βροχόπτωση, το ποσοστό της ανέρχονταν στο 17 και 73% αντίστοιχα. Αυτή η εικόνα δεν αποτελεί ενθαρρυντική ένδειξη για τα επίπεδα βροχόπτωσης της Κύπρου και για τη θετική μεταβολή τους, παρά μόνο εάν υπάρξουν οι ανάλογες παρεμβάσεις για την αποκατάσταση της βροχόπτωσης, αλλιώς το νησί κινδυνεύει να οδηγηθεί σε ερημοποίηση.

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογία Ερευνάς

3.1 Περιοχή Μελέτης

Περιοχή μελέτης είναι το νησί της Κύπρου. Η Κύπρος βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 35° και ανατολικό γεωγραφικό μήκος 33°. Περιβάλλεται από την ανατολική Μεσόγειο θάλασσα και έχει μεσογειακό κλίμα. Η Κύπρος έχει έκταση 9,254 m² και χωρίζεται σε 4 φυσικές περιοχές (Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου):

- α. Την οροσειρά του Τροόδους, που βρίσκεται στο κεντρικό-δυτικό μέρος του νησιού και η ψηλότερη βουνοκορφή της, ο Όλυμπος, έχει ύψος 1,951 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Το ανάγλυφο της οροσειράς χαρακτηρίζεται από απότομες πλαγιές, βαθιές ρεματιές και απόκρημνες επιφάνειες. Επίσης καλύπτεται από πυκνό δίκτυο ρυακίων χειμάρρων και ποταμών (Encyclopedia Britannica, 2014)
- β. Την πεδιάδα της Μεσαορίας, που βρίσκεται μεταξύ των οροσειρών του Τροόδους και του Πενταδακτύλου και έχει γενικά χαμηλό υψόμετρο, το οποίο στην περιοχή της Λευκωσίας δεν ξεπερνά τα 180 m,
- γ. Τις παράλιες πεδιάδες και κοιλάδες κατά μήκος των ακτών, οι οποίες έχουν χαμηλό υψόμετρο με ελάχιστες εξαιρέσεις και
- δ. Την οροσειρά του Πενταδακτύλου, που έχει σχετικά μικρό πλάτος που δεν υπερβαίνει τα 5 km και εκτείνεται κατά μήκος των βόρειων ακτών του νησιού με κορυφές μέχρι 1,020 m ύψος περίπου.

3.2 Κλιματικές συνθήκες

Κλίμα

Το κλίμα της περιοχής μελέτης είναι μεσογειακό. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μεσογειακού κλίματος είναι:

- Η θερινή περίοδο ξεκινά από τα μέσα του Μάη μέχρι τα μέσα του Σεπτέμβρη, σημειώνονται υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να το καλοκαίρι να είναι ζεστό και ξηρό.
- Η χειμερινή περίοδο, μέσα Νοέμβρη μέχρι τα μέσα Μάρτη ο χειμώνας είναι ήπιος με την παρουσία βροχοπτώσεων και χαμηλών θερμοκρασιών.
- Τέλος υπάρχουν δυο ενδιάμεσες μεταβατικές εποχές, το φθινόπωρο και η άνοιξη (Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου).

Το κλίμα της Κύπρου επηρεάζεται από την γεωγραφική θέση του νησιού, την μορφολογία του εδάφους και από την κυκλοφορία των αέριων μαζών.

Κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου, η Κύπρος βρίσκεται υπό την επίδραση του χαμηλού βαρομετρικού, που έχει κέντρο του στη νοτιοδυτική Ασία. Η επίδραση του χαμηλού βαρομετρικού στο νησί έχει ως αποτέλεσμα τις ψηλές θερμοκρασίες και καθαρό ουρανό.

Κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου η Κύπρος, όπως και η περιοχή της Μεσογείου επηρεάζεται από το συχνό πέρασμα μικρών υφέσεων και μετώπων που μετακινούνται στην Μεσόγειο από τα δυτικά προς τα ανατολικά.

Βροχόπτωση

Η μέση βροχόπτωση πάνω από ολόκληρη την Κύπρο για το χρόνο ως σύνολο είναι περίπου 480 χιλιοστόμετρα (μέση τιμή για την περίοδο 1951-1980). Κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου η Κύπρος βρίσκεται κάτω από χαμηλό βαρομετρικό, με αποτέλεσμα τις ψηλές θερμοκρασίες και την σπάνια, σχεδόν καθόλου βροχόπτωση. Εάν πέσουν βροχές θα έχουν τοπικό χαρακτήρα και πέφτουν στις ορεινές περιοχές και στην κεντρική πεδιάδα κατά τις πρώτες απογευματινές ώρες. Η βροχόπτωση του σημειώνεται δεν ξεπερνά το 5% της μέσης ολικής βροχόπτωσης σε ολόκληρο το χρόνο. Κατά την περίοδο

Νοέμβρη μέχρι Μάρτη πέφτουν οι περισσότερες βροχές. Τον χειμώνα η Κύπρος επηρεάζεται από συχνά από το πέρασμα υφέσεων και μετώπων που κινούνται στην Μεσόγειο με αποτέλεσμα να σημειώνεται βροχόπτωση. Έντονα το φαινόμενο της βροχής παρουσιάζεται κατά τους μήνες Δεκέμβρη, Γενάρη και Φλεβάρη. Η βροχόπτωση που παρουσιάζεται την περίοδο αυτή αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ποσοστό, περίπου 60% σε ολόκληρο το χρόνο. Τέλος στις ενδιάμεσες εποχές, Άνοιξη και Φθινόπωρο πέφτουν λίγες βροχές και είναι τοπικές.

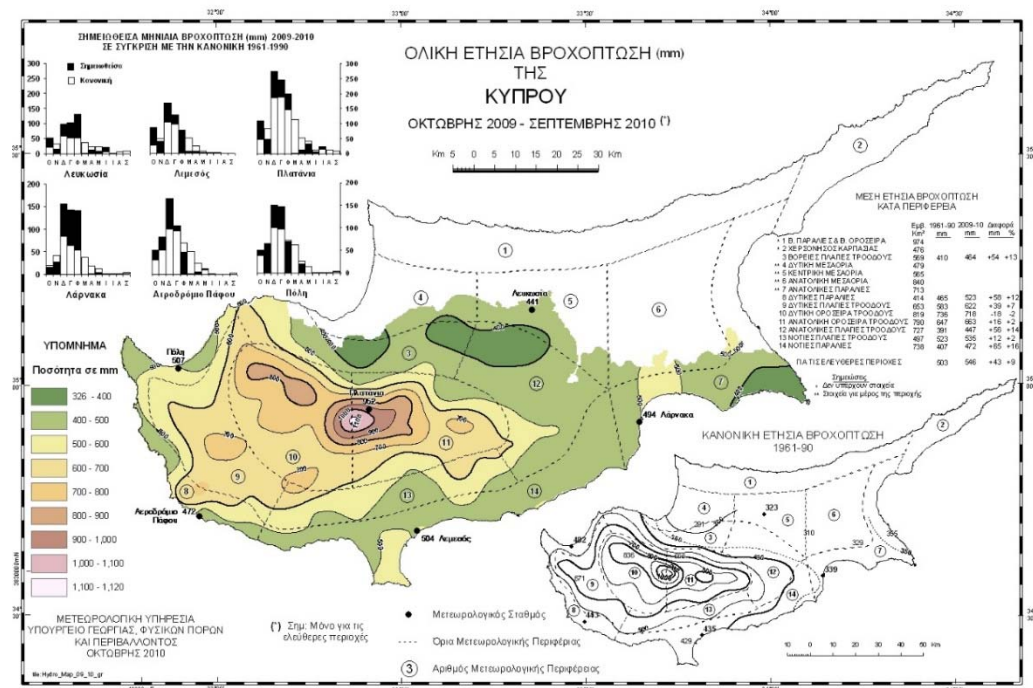
Το ανάγλυφο του εδάφους παίζει σημαντικό ρόλο στην κατανομή των βροχοπτώσεων. Για παράδειγμα στις νοτιοδυτικές προσήνεμες περιοχές της οροσειράς του Τροόδους παρουσιάζεται κατά μέσο ετήσιο όρο 450 mm ενώ στους πρόποδες του και στο ψηλότερο σημείο, τον Όλυμπο είναι 1100 mm περίπου.

Η μέση βροχόπτωση την Κύπρο κατά την διάρκεια του 20^{ου} αιώνα και του 21^{ου} αιώνα παρουσιάζει σταθερή πτωτική τάση. Η σταθερή μείωση της βροχής είναι εντονότερη κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα. Στον πίνακα 3.2.1 φαίνεται η μέση ετήσια βροχόπτωση στις ελεύθερες περιοχές με την κατάταξη των υδρολογικών ετών από το 1901 μέχρι το 2011 σε σχέση με την κανονική περίοδο 1961-1990.

Πίνακας 3.2.1: Μέση ετήσια βροχόπτωση στις ελεύθερες περιοχές σε σύγκριση με την κανονική περίοδο 1961-1990 (Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου)

A/A	Σοβαρή Ανομβρία ≤ 70%	Ανομβρία 71-80%	Ολιγομβρία 81-90%	Περίπου Κανονική 91-100%	Περίπου Κανονική 101-110%	Πολυομβρία 111-120%	Μεγάλη Πολυομβρία 121-130%	Εξαιρετική Πολυομβρία >130%
1	1901-02	1916-17	1915-16	1902-03	1903-04	1909-10	1913-14	1904-05
2	1931-32	1933-34	1927-28	1907-08	1905-06	1918-19	1922-23	1906-07
3	1932-33	1940-41	1956-57	1908-09	1910-11	1920-21	1928-29	1911-12
4	1963-64	1950-51	1959-60	1917-18	1912-13	1936-37	1930-31	1919-20
5	1972-73	1958-59	1971-72	1924-25	1914-15	1937-38	1938-39	1925-26
6	1990-91	1969-70	1978-79	1960-61	1921-22	1941-42	1942-43	1929-30
7	2007-08	1973-74	1981-82	1967-68	1923-24	1947-48	1944-45	1934-35
8		1989-90	1982-83	1970-71	1926-27	1949-50	1951-52	1952-53
9		1995-96	1983-84	1976-77	1935-36	1975-76	1961-62	1966-67
10		1996-97	1985-86	1977-78	1939-40	1979-80	1962-63	1968-69
11		1997-98	1993-94	1984-85	1943-44	1980-81	1974-75	
12		1999-00	2004-05	1988-89	1945-46		1987-88	
13		2005-06		1994-95	1946-47		1991-92	
14				1998-99	1948-49			
15				2000-01	1953-54			
16				2006-07	1954-55			
17				2010-11	1955-56			
18					1957-58			
19					1964-65			
20					1965-66			
21					1986-87			
22					1992-93			
23					2003-04			
24					2008-09			
25					2009-10			

Η γεωγραφική κατανομή του ύψους βροχής στην Κύπρο, για το υδρολογικό έτος 2009-2010 αποτυπώνεται στο σχήμα 3.2.1.



Σχήμα 3.2.1: Ετήσια Βροχόπτωση της Κύπρου για τη χρονική περίοδο Οκτώβριος 2009 – Σεπτέμβριος 2010, (Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος)

3.3 Μετεωρολογικά Δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας αφορούσαν την μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) για επτά περιοχές της Κύπρου για τα έτη από το 1971 έως το 2015. Όταν αποφασίστηκε το θέμα της διπλωματικής εργασίας μαζί με τον υπεύθυνο επιβλέπων καθηγητή μου, κ. Ζορπά, ήρθαμε σε επικοινωνία μαζί με την Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου, κλείσαμε ένα ραντεβού στα γραφεία τους στην Λευκωσία και έγινε συνέντευξη. Τους εξηγήσαμε το θέμα της εργασίας και συζητήσαμε αν μπορούμε να συνεργαστούμε και με ποιο τρόπο. Έπειτα αποφασίστηκε ότι μπορεί να γίνει συνεργασία αφού με την δική μου έρευνα θα μπορούν να επωφεληθούν και οι ίδιοι από τα αποτελέσματα. Ζητήσαμε δεδομένα για την βροχόπτωση, ύψος βροχής, της Κύπρου για τις πόλεις της Κύπρου για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Τα μετεωρολογικά στοιχεία που δόθηκαν από το τμήμα Μετεωρολογίας της Κύπρου, δείχνουν την μηνιαία βροχόπτωση, ύψος βροχής, για τα έτη 1971 μέχρι 2015 και αφορούν τις περιοχές της Λεμεσού, της Λάρνακας, της Πάφου, της Πόλης της Χρυσοχού, της Μόρφου, των Κοκκινοχωρίων και της Λευκωσίας και έχουν

την μορφή excel. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα δεδομένα που δόθηκαν για τις 7 περιοχές μελέτης μου.

Πίνακας 3.3.1: Ύψος Βροχής για την πόλη της Πάφου για τα έτη 1971-2015, Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου.

ΠΑΦΟΣ	Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1971	62	176	38	99	22	1	1	13	0	7	44	90
1972	66	37	58	75	22	20	3	18	2	34	19	16
1973	67	52	25	38	27	10	0	0	7	50	61	51
1974	105	45	73	20	10	7	0	10	5	7	64	170
1975	257	154	44	51	43	5	0	0	1	8	56	163
1976	144	62	84	64	51	4	11	0	1	89	105	72
1977	90	40	88	73	1	8	14	0	3	16	15	205
1978	225	128	112	41	0	4	0	0	2	55	24	158
1979	77	60	45	16	17	34	0	1	1	56	94	162
1980	140	154	102	17	6	0	0	1	1	32	16	79
1981	350	134	59	30	12	6	1	0	1	17	148	95
1982	75	67	94	8	12	11	12	4	1	13	57	106
1983	88	148	71	56	25	2	0	2	1	82	86	91
1984	90	70	70	94	1	1	1	1	0	4	187	72
1985	145	94	40	24	6	4	0	2	2	92	63	86
1986	117	68	27	10	49	7	0	0	15	21	50	139
1987	130	57	217	37	16	1	2	1	3	37	55	182
1988	130	134	168	28	21	0	15	10	2	80	66	211
1989	145	13	37	0	12	6	0	1	0	52	99	47
1990	41	143	33	1	1	2	2	2	0	5	17	60
1991	98	72	45	22	4	3	0	0	0	40	67	323
1992	29	98	47	22	31	5	4	4	1	0	135	141
1993	97	56	74	17	16	4	0	0	0	4	53	21
1994	149	99	33	15	6	1	2	3	25	53	201	69
1995	82	51	42	13	52	0	6	0	0	8	74	22
1996	153	83	91	44	1	3	0	0	1	78	16	123
1997	14	110	40	69	13	9	1	0	33	26	93	128
1998	66	32	103	26	18	7	0	0	14	12	101	191
1999	80	93	62	30	0	21	1	9	7	6	12	73
2000	130	93	58	92	9	0	0	3	9	20	111	96
2001	63	131	3	51	20	0	0	2	4	34	79	273
2002	117	73	63	70	19	1	4	3	0	14	31	192
2003	71	181	95	41	6	17	1	0	3	20	30	143
2004	316	74	2	13	5	15	0	1	1	11	93	87
2005	114	75	37	32	9	21	0	8	5	24	104	33
2006	72	61	52	25	7	4	24	0	6	171	48	14
2007	63	130	40	22	57	0	6	8	0	11	64	133
2008	52	51	36	2	6	0	0	5	35	26	23	133
2009	149	161	97	32	44	0	0	10	26	59	78	189
2010	169	102	2	17	23	1	8	0	1	13	0	133
2011	118	105	104	59	27	2	0	0	24	24	74	158
2012	318	137	60	31	21	9	5	1	1	59	102	312
2013	75	66	17	60	35	0	0	0	1	30	29	61
2014	62	69	36	8	89	16	6	4	11	43	73	77
2015	204	146	74	17	25	3	1	1	0	0	0	0

Πίνακας 3.3.2: Ύψος Βροχής για την πόλη της Λευκωσίας για τα έτη 1971-2015, Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου.

ΛΕΥΚΩΣΙΑ	Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)											
ΕΤΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1971	70	96	14	106	33	11	10	42	0	2	35	76
1972	65	24	70	44	15	18	1	19	2	7	2	12
1973	31	20	7	13	4	14	6	0	4	26	72	7
1974	82	44	51	9	3	8	0	18	1	7	39	66
1975	98	131	5	25	57	20	0	0	3	5	22	140
1976	41	41	51	60	53	0	9	0	6	61	42	53
1977	53	15	55	38	1	4	10	1	25	3	5	102
1978	96	36	47	12	0	2	0	0	0	20	5	99
1979	55	90	45	11	36	46	5	1	0	70	35	131
1980	39	112	32	21	3	0	0	0	0	16	9	50
1981	127	101	45	23	19	22	0	0	0	2	43	29
1982	26	54	86	18	13	11	9	0	9	12	18	29
1983	66	38	39	25	36	20	0	0	2	25	65	55
1984	32	45	33	59	0	0	2	9	0	6	128	54
1985	55	39	46	21	18	3	0	0	10	28	20	63
1986	28	58	26	27	67	23	0	0	7	21	46	49
1987	25	16	120	14	10	1	1	1	0	35	9	101
1988	61	78	82	7	5	0	1	9	15	19	53	123
1989	141	13	15	0	13	2	2	1	3	41	17	27
1990	16	132	39	1	19	1	0	15	0	5	3	19
1991	50	43	62	8	1	0	0	2	0	21	37	221
1992	13	86	23	8	28	49	13	14	1	3	85	107
1993	59	65	51	5	55	11	1	0	0	9	26	8
1994	151	62	64	21	10	5	11	1	24	36	214	39
1995	21	15	14	12	9	8	37	0	0	6	31	7
1996	88	52	37	31	1	4	0	1	1	31	19	67
1997	10	37	44	41	8	34	0	1	20	26	56	72
1998	38	13	37	3	32	5	0	0	9	1	41	89
1999	52	42	31	13	4	47	5	0	9	15	11	13
2000	40	44	25	56	18	1	0	3	24	54	113	114
2001	41	44	15	27	28	0	0	8	0	13	61	185
2002	70	36	38	39	25	9	10	2	19	13	7	141
2003	55	141	91	32	29	30	0	0	1	8	13	87
2004	234	61	0	24	5	6	1	0	0	22	49	72
2005	65	27	17	17	87	26	0	5	2	7	84	10
2006	73	42	49	11	12	3	22	0	10	92	9	2
2007	33	109	31	16	65	3	20	7	0	8	19	45
2008	17	14	6	2	28	0	0	2	10	15	10	59
2009	48	47	40	16	25	1	2	5	50	29	16	90
2010	118	114	2	34	9	28	1	0	0	2	0	61
2011	92	36	33	40	23	40	0	1	9	7	84	65
2012	111	51	15	13	49	8	6	14	0	67	58	94
2013	46	16	4	35	25	0	1	0	4	6	18	50
2014	11	19	22	26	64	19	3	4	18	53	14	100
2015	101	61	59	15	21	8	1	3	0	0	0	0

Πίνακας 3.3.3: Ύψος Βροχής για την πόλη της Μόρφου για τα έτη 1971-2015, Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου.

ΜΟΡΦΟΥ	Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1971	78	107	31	129	38	7	6	33	0	1	38	102
1972	69	34	80	70	23	9	10	10	2	14	14	9
1973	47	33	17	17	6	7	0	0	4	43	102	25
1974	87	47	54	7	4	5	1	17	0	8	26	96
1975	141	138	15	31	68	24	0	2	0	4	34	146
1976	75	51	80	75	54	2	21	0	1	60	48	53
1977	83	23	85	53	3	6	10	0	4	9	6	132
1978	149	71	73	29	0	1	0	0	0	30	23	107
1979	86	64	31	5	46	43	2	5	0	55	59	132
1980	79	107	64	17	5	0	0	1	0	28	14	57
1981	204	120	49	22	20	17	0	0	0	1	71	67
1982	40	76	90	12	17	30	8	1	5	7	27	61
1983	79	92	49	33	44	29	2	0	0	35	69	72
1984	66	51	40	54	1	0	1	2	0	2	132	67
1985	89	71	50	32	14	2	0	1	3	36	35	56
1986	49	59	26	23	43	15	0	0	7	48	42	98
1987	69	29	159	15	8	1	5	0	4	35	23	132
1988	86	112	127	15	4	4	12	7	3	26	53	184
1989	134	12	35	0	7	6	1	0	1	39	43	15
1990	22	146	57	2	13	0	0	7	0	12	7	29
1991	60	57	61	11	2	6	0	2	0	26	37	266
1992	19	132	39	12	30	22	12	10	1	5	98	135
1993	85	80	57	8	47	5	0	0	0	3	39	11
1994	169	73	62	29	5	0	6	0	44	65	204	49
1995	46	25	22	20	10	0	7	0	0	10	44	12
1996	90	64	64	39	2	14	0	11	0	34	16	84
1997	11	53	54	49	13	30	0	2	9	13	76	61
1998	37	20	68	7	16	9	0	0	22	3	56	131
1999	78	57	41	15	0	66	5	1	10	6	15	24
2000	75	70	30	72	21	0	0	3	13	15	91	127
2001	41	77	27	34	12	0	0	28	0	21	53	212
2002	95	55	54	51	27	14	32	2	5	10	17	146
2003	67	167	105	31	9	37	0	0	1	7	22	93
2004	258	60	1	18	11	6	1	0	0	9	77	63
2005	73	49	30	26	38	26	0	4	0	14	104	14
2006	85	55	57	9	13	9	17	0	2	107	20	8
2007	44	131	39	18	106	4	11	10	0	7	30	76
2008	29	30	21	1	4	1	0	2	17	15	15	75
2009	75	102	56	15	25	1	3	10	41	28	25	108
2010	169	136	1	21	18	11	7	0	0	6	0	91
2011	93	59	61	57	26	5	0	0	11	8	81	100
2012	182	101	37	14	40	10	8	3	0	48	80	141
2013	68	28	13	41	28	0	1	0	4	10	46	63
2014	26	26	22	23	61	21	2	9	9	57	30	80
2015	129	103	61	20	32	4	2	1	0	0	0	0

Πίνακας 3.3.4: Ύψος Βροχής για την περιοχή των Κοκκινοχωρίων για τα έτη 1971-2015, Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου.

ΚΟΚΚΙΝΟΧΩΡΙΑ	Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)											
ΕΤΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1971	61	70	18	93	1	2	0	2	0	0	27	74
1972	55	17	42	35	23	14	0	0	0	7	5	29
1973	33	27	6	18	1	13	0	0	0	24	38	21
1974	100	36	48	4	1	1	0	0	0	0	31	114
1975	91	150	9	21	6	0	0	0	0	1	24	149
1976	43	34	47	24	31	0	0	0	1	39	73	57
1977	64	10	44	36	0	4	7	0	4	16	5	121
1978	110	38	30	6	1	0	0	0	0	28	34	141
1979	36	39	34	2	6	6	0	0	0	15	19	132
1980	27	89	29	18	5	0	0	0	0	13	3	47
1981	120	71	30	16	20	7	0	0	0	9	178	22
1982	35	63	53	10	3	1	0	0	1	10	37	41
1983	79	37	48	18	1	0	0	0	0	9	59	25
1984	35	64	37	25	0	0	0	0	0	6	177	119
1985	55	25	28	12	0	0	0	0	0	68	14	81
1986	27	56	13	6	43	1	0	0	1	19	20	73
1987	24	20	120	14	0	0	0	0	0	35	5	195
1988	91	155	72	5	13	16	0	0	2	39	46	99
1989	68	35	20	0	4	1	0	0	0	25	25	30
1990	19	105	19	4	2	0	0	0	0	1	27	12
1991	68	43	44	16	4	0	0	0	0	16	64	314
1992	23	58	13	3	37	3	1	0	0	12	51	108
1993	76	60	60	12	19	8	0	0	0	40	25	12
1994	108	37	53	13	2	0	0	0	2	34	137	35
1995	32	20	9	31	8	0	0	0	0	3	49	14
1996	101	27	15	36	0	0	0	0	0	38	3	53
1997	10	37	27	32	7	0	0	0	19	22	45	55
1998	60	10	24	2	13	0	0	0	1	0	38	98
1999	79	36	19	19	0	1	0	0	3	2	18	36
2000	46	67	19	40	1	0	0	0	2	41	127	130
2001	93	30	5	15	9	0	0	0	0	6	63	153
2002	86	26	24	37	5	0	0	7	1	6	13	114
2003	40	80	77	14	1	0	0	0	2	7	11	112
2004	229	79	0	7	0	0	0	1	0	5	62	72
2005	89	17	17	22	11	1	0	0	8	12	40	9
2006	152	30	24	12	1	0	0	0	0	38	8	9
2007	26	150	29	14	60	0	0	0	0	5	22	66
2008	30	11	3	5	13	0	0	0	7	18	24	56
2009	101	47	50	17	3	0	0	0	10	18	23	146
2010	113	125	0	19	2	0	0	0	1	12	0	60
2011	107	38	29	20	8	10	0	0	16	11	86	69
2012	139	29	14	8	40	1	0	0	0	54	69	151
2013	43	32	1	13	7	0	0	0	0	2	0	67
2014	24	12	28	6	44	10	0	0	6	26	32	66
2015	104	29	41	7	0	21	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 3.3.5: Ύψος Βροχής για την πόλη της Λάρνακας για τα έτη 1971-2015, Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου

ΛΑΡΝΑΚΑ	Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)											
ΕΤΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1971	72	117	16	112	7	4	2	8	0	12	29	73
1972	78	26	65	43	6	19	1	10	0	14	4	20
1973	38	27	5	18	13	5	2	0	1	33	63	19
1974	105	44	54	11	2	25	0	7	0	3	38	89
1975	118	169	12	16	37	7	0	1	0	15	30	183
1976	73	39	70	55	43	0	10	0	1	62	71	75
1977	63	20	51	48	0	1	11	0	6	14	10	149
1978	115	70	60	7	0	2	0	0	1	30	9	137
1979	52	50	40	8	29	18	3	1	17	44	30	151
1980	56	140	40	20	8	0	0	0	0	18	6	58
1981	214	113	42	23	11	36	0	0	0	5	82	41
1982	39	69	69	15	7	13	1	1	2	13	32	44
1983	73	47	48	31	11	10	0	0	1	24	72	73
1984	53	68	46	50	2	1	1	1	0	7	169	81
1985	75	50	37	12	7	1	0	0	8	58	20	78
1986	59	48	22	18	91	20	0	0	8	30	20	74
1987	46	26	180	21	3	0	2	0	0	33	7	147
1988	85	78	111	9	20	14	6	4	3	55	42	127
1989	130	22	38	0	13	1	0	0	0	35	35	45
1990	20	145	31	5	11	0	0	3	1	5	20	24
1991	72	53	65	19	0	0	0	1	0	20	54	343
1992	18	92	23	11	55	26	32	11	3	11	99	122
1993	78	47	64	8	23	13	0	0	0	15	40	11
1994	154	70	80	14	6	4	5	5	2	38	262	45
1995	41	21	17	17	9	2	10	0	4	6	52	6
1996	119	64	37	38	1	1	0	0	2	47	17	76
1997	8	56	34	41	4	5	0	2	24	35	57	88
1998	47	12	45	7	28	2	0	0	7	4	49	123
1999	57	58	33	23	1	24	0	2	9	21	23	39
2000	60	42	42	60	7	1	0	0	10	32	135	135
2001	60	50	6	34	26	0	0	7	2	23	42	225
2002	82	36	51	40	22	2	5	4	15	10	11	139
2003	67	113	101	34	7	12	0	0	4	22	12	152
2004	261	85	1	9	2	8	0	0	3	7	64	82
2005	106	31	17	24	35	6	1	2	14	9	78	18
2006	64	45	42	21	3	3	11	0	3	96	33	2
2007	31	143	34	20	63	1	2	3	0	7	21	51
2008	28	21	7	4	15	0	0	2	16	25	29	68
2009	90	61	67	17	20	1	4	1	61	30	27	152
2010	129	101	2	16	6	19	6	0	3	4	0	101
2011	103	56	59	24	21	18	0	1	19	6	106	105
2012	208	54	29	11	42	7	2	1	0	52	76	155
2013	34	26	4	40	18	0	0	0	18	5	10	50
2014	25	33	26	12	48	14	3	1	14	41	34	95
2015	178	71	61	10	5	10	3	1	0	0	0	0

Πίνακας 3.3.6: Ύψος Βροχής για την πόλη της Λεμεσού για τα έτη 1971-2015, Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου.

ΛΕΜΕΣΟΣ	Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)											
ΕΤΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1971	76	150	28	122	21	3	2	18	0	9	38	97
1972	80	35	56	66	16	28	3	15	3	22	8	14
1973	46	50	13	30	25	18	4	0	2	48	62	33
1974	95	41	74	16	5	5	0	16	3	5	58	144
1975	218	163	22	19	24	7	0	2	1	2	40	208
1976	125	50	68	49	43	3	7	0	0	67	90	72
1977	88	43	57	67	1	2	8	0	1	18	11	179
1978	179	124	86	18	2	1	0	0	1	44	23	156
1979	65	68	29	6	25	21	0	4	0	31	60	193
1980	108	174	64	13	8	0	1	1	0	24	12	61
1981	361	140	36	29	7	4	0	0	1	6	120	79
1982	53	84	69	9	9	15	6	5	4	18	47	79
1983	91	124	71	59	20	1	1	1	5	40	74	94
1984	73	75	71	74	7	3	1	3	0	6	187	87
1985	117	72	45	14	5	3	0	1	9	73	34	92
1986	93	70	20	15	71	10	0	2	13	31	32	129
1987	108	49	220	41	9	1	3	0	2	40	28	203
1988	126	102	160	18	10	12	13	12	3	78	62	144
1989	170	16	44	1	11	2	1	0	0	37	75	51
1990	28	183	39	4	3	0	1	3	0	4	23	44
1991	90	86	56	23	2	3	0	1	0	36	52	326
1992	32	97	37	23	28	10	16	4	2	5	159	134
1993	87	68	82	13	15	4	0	1	0	3	57	14
1994	186	92	54	17	13	3	5	4	17	30	282	54
1995	83	43	32	12	17	0	11	1	1	7	79	19
1996	163	72	63	35	2	5	0	0	1	61	13	140
1997	13	102	51	54	9	14	8	1	37	27	80	127
1998	45	22	80	18	14	10	0	0	7	16	73	167
1999	61	87	51	14	5	35	1	2	6	7	14	51
2000	92	78	50	78	8	1	0	1	5	18	143	105
2001	74	92	5	47	16	0	1	12	5	29	55	272
2002	97	55	44	38	15	3	7	8	3	9	20	166
2003	75	162	112	35	3	10	1	0	2	19	26	144
2004	328	83	2	9	2	10	1	1	3	11	89	92
2005	129	56	32	27	9	23	1	5	13	10	95	38
2006	61	66	44	21	10	5	21	0	3	122	37	11
2007	56	150	30	18	48	2	8	10	0	16	41	103
2008	47	50	25	1	4	0	1	4	30	21	23	122
2009	123	112	86	25	37	1	2	9	44	51	44	194
2010	135	93	8	17	19	7	10	0	0	6	0	124
2011	115	83	79	39	28	4	0	1	34	18	70	132
2012	306	124	46	20	20	9	4	5	0	43	87	246
2013	63	44	10	59	27	0	0	0	13	18	33	51
2014	39	41	26	11	65	13	6	7	14	41	51	86
2015	221	114	64	16	15	1	2	1	0	0	0	0

Πίνακας 3.3.7: Ύψος Βροχής για την Πόλη της Χρυσοχούς για τα έτη 1971-2015, Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου.

ΠΟΛΙΣ	Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)											
ΕΤΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1971	66	134	57	96	17	1	2	7	0	3	42	93
1972	69	42	65	66	19	5	4	14	2	35	23	12
1973	57	54	28	32	18	2	0	0	2	52	70	51
1974	106	62	60	12	12	6	0	7	0	23	56	147
1975	208	142	43	61	40	7	0	0	0	8	75	138
1976	112	72	110	90	54	5	9	0	2	67	101	89
1977	107	38	90	74	0	4	9	0	3	26	6	195
1978	223	110	94	58	0	2	0	0	1	70	28	108
1979	88	63	65	26	22	34	0	0	0	51	127	133
1980	147	109	103	20	5	0	0	1	1	34	20	87
1981	276	114	62	22	12	12	0	0	2	4	98	85
1982	74	59	101	7	14	24	7	1	1	12	39	119
1983	74	142	70	55	26	10	0	0	0	66	64	96
1984	105	68	64	78	0	0	1	0	0	4	171	85
1985	141	99	38	14	6	1	0	0	1	88	75	72
1986	107	61	18	9	34	6	0	0	6	21	81	124
1987	114	60	226	24	16	3	1	0	0	53	51	142
1988	106	140	155	33	22	0	5	5	1	83	87	228
1989	118	13	33	0	4	1	0	0	0	33	109	47
1990	40	120	39	1	0	1	0	1	0	12	21	67
1991	97	57	38	25	5	0	0	0	0	44	52	303
1992	32	134	49	24	33	5	5	0	0	0	105	178
1993	98	54	79	14	21	0	0	0	0	10	51	29
1994	156	93	38	18	7	2	1	4	26	73	184	74
1995	67	46	40	30	44	0	3	0	0	13	69	25
1996	114	79	101	42	1	4	0	2	1	77	12	108
1997	19	74	46	76	14	6	1	1	21	27	86	99
1998	48	34	118	22	18	1	0	0	12	14	75	178
1999	108	76	57	39	1	24	1	4	5	6	26	69
2000	135	94	53	72	8	0	0	0	14	22	79	97
2001	55	123	6	37	17	0	0	4	4	33	72	224
2002	102	72	66	57	14	2	11	0	1	8	39	199
2003	65	201	84	26	5	22	0	0	4	11	47	117
2004	307	83	1	7	2	2	1	0	0	6	77	56
2005	90	83	38	39	5	5	0	2	7	32	109	24
2006	90	69	60	21	9	6	3	0	6	116	54	16
2007	67	130	44	30	84	1	5	2	0	18	68	135
2008	54	53	39	5	8	0	0	0	24	27	29	113
2009	154	165	103	32	34	0	0	3	23	47	75	149
2010	196	103	1	25	8	1	1	0	2	22	0	167
2011	106	104	78	51	28	1	0	0	16	24	67	144
2012	290	146	52	26	18	16	3	1	0	66	102	285
2013	72	66	27	67	42	0	0	0	1	31	21	70
2014	49	57	26	10	57	14	2	2	6	52	83	86
2015	154	156	65	26	37	1	1	1	0	0	0	0

3.4 Ερευνητικά ερωτήματα

Στην παρούσα εργασία θα απαντήσουμε στα εξής ερωτήματα:

1. Ποια εποχή ανά έτος παρουσιάστηκε μεγαλύτερη βροχόπτωση στις περιοχές της Κύπρου;
2. Ποιο έτος παρουσιάστηκε μεγαλύτερη βροχόπτωση στις περιοχές της Κύπρου;
3. Ποια περιοχή είχε τον μεγαλύτερο και το χαμηλότερο πτωτικό ποσοστό στον μέσο όρο βροχόπτωσης.
4. Που οφείλεται η πτωτική τάση της βροχόπτωσης και
5. Ποιες είναι οι επιπτώσεις της χαμηλής βροχόπτωσης του νησιού.

3.5 Επεξεργασία Μετεωρολογικών Δεδομένων

3.5.1 Ερευνητικά Εργαλεία

Για αρχή στο βιβλιογραφικό μέρος της εργασίας έγινε αναζήτηση άρθρων και δημοσιεύσεων από τις βιβλιοθήκες του myAthens και από την ιστοσελίδα google scholar χρησιμοποιώντας λέξεις κλειδιά όπως: Climatic change, Cyprus, heavy rainfall, rainfall data, τάσεις βροχοπτώσεων, βροχοσειρές, κατακρημνίσματα, κλίμα, βροχή, average rainfall, cloudburst, deluge, annual rainfall, στατιστική ανάλυση, βροχόπτωσης Κύπρου, spss.

Επίσης έγινε πρόσβαση σε διάφορες ιστοσελίδες όπως της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, Τμήμα Αναπτύξεων Υδάτων, Στατιστικής Υπηρεσίας και Ευρωπαϊκής Ένωσης για την συλλογή περισσότερων δεδομένων.

Στη συνέχεια, στο πειραματικό μέρος, για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα IBM SPSS Statistics 23. Με τη βοήθεια του στατιστικού λογισμικού δημιουργήθηκαν οι βροχοσειρές για κάθε πόλη της Κύπρου ξεχωριστά. Λόγω του μεγάλου όγκου των μετεωρολογικών δεδομένων αποφασίστηκε να ομαδοποιηθούν κατά εποχή (Χειμώνας, Άνοιξη, Καλοκαίρι, Φθινόπωρο), και κατά δεκαετία. Συγκεκριμένα βρέθηκε η μέση τιμή βροχόπτωσης ανά έτος για την κάθε πόλη.

Τα δεδομένα ήταν αξιόπιστα και έγκυρα. Για να ελέγχει αν τα δεδομένα ήταν ομοιογενή χρησιμοποιήθηκε το t - test Bartlett. Τα δεδομένα ήταν ομοιογενή εκτός από μερικά εποχικά δεδομένα, τα οποία δεν ήταν διότι υπήρχε χαμηλή βροχόπτωση την περίοδο αυτή. Τέλος, με τη χρήση του γραμμικού μοντέλου μελετήθηκαν οι τάσεις της βροχόπτωσης των συγκεκριμένων περιοχών για τα έτη 1971 – 2015. Παρατηρήθηκε ότι η τάση της βροχόπτωσης ήταν γενικά πτωτική κατά τα έτη αυτά.

3.5.2 Στατιστική Ανάλυση

Για την ανάλυση των δεδομένων που παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο, έχει γίνει γραμμική παλινδρόμηση για κάθε μία περιοχή της Κύπρου ξεχωριστά και στη συνέχεια παρουσιάζονται οι βροχοσειρές ανά έτος και εποχιακά. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με την βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS v.22.

Για την κατασκευή των διαγραμμάτων των βροχοσειρών κάνουμε την εξής διαδικασία στο πρόγραμμα του SPSS: Analyze → Forecasting → Sequence Charts και μετακινούμε στο πεδίο Variables τη μεταβλητή την οποία που επιθυμούμε να απεικονίσουμε και στο πεδίο Time Axis Labels τη μεταβλητή YEAR που συμβολίζει τη χρονική περίοδο. Στη συνέχεια πατάμε OK και στο output εμφανίζετε το διάγραμμα της βροχοσειράς.

3.5.3 Δυσκολίες κατά την έρευνα

Η δυσκολία που αντιμετώπισα κατά την έρευνα ήταν ότι τα δεδομένα που μου δόθηκαν από την έρευνα δεν περιείχαν το υψόμετρο της κάθε περιοχής της Κύπρου. Με αποτέλεσμα να μην μπορώ να ελέγξω αν υπάρχει σχέση μεταξύ της βροχόπτωσης σε κάθε περιοχή και του υψομέτρου της.

3.5.4 SPSS

Τα δύο κυρίαρχα θέματα στην εξέλιξη και ανάπτυξη της εταιρίας SPSS Inc. είναι η τεχνολογία του SPSS να απλοποιεί τις δυσκολίες που αντιμετωπίζονται κατά την ανάλυση των δεδομένων. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μέσω της προόδου στη χρηστικότητα και την πρόσβαση των δεδομένων, επιτρέποντας σε περισσότερους ανθρώπους να επωφελούνται από τη χρήση ποσοτικών τεχνικών στη λήψη αποφάσεων. Και η τεχνογνωσία του τομέα της εταιρείας, που έχει επικεντρωθεί στην ανάλυση δεδομένων, όπου αφορούν τις απόψεις των ατόμων, τις στάσεις και τη συμπεριφορά

τους. Ο σκοπός της Εταιρείας είναι να "οδηγήσει την ευρεία χρήση των δεδομένων στη λήψη αποφάσεων". Αυτό απορρέει άμεσα από αυτά τα δύο θέματα. Η επιτυχία της εταιρείας βασίστηκε στην ικανότητά της να αποδείξει τα πραγματικά οφέλη που προσφέρει η τεχνολογία SPSS.

Η προέλευση του SPSS
Το 1968, τρεις νέοι άνδρες από διαφορετικά επαγγελματικά υπόβαθρα, ο Norman H. O. Nie, C. Hadlai (Tex) Hull και ο Dale H. Bent, ανέπτυξαν ένα σύστημα λογισμικού βασισμένο στην ιδέα της χρήσης στατιστικών προγραμμάτων για να μετατρέψουν τα ακατέργαστα δεδομένα σε πληροφορίες απαραίτητες για τη λήψη αποφάσεων. Αυτοί οι τρεις άντρες ήταν πρωτοπόροι στον τομέα τους, οι οραματιστές που αναγνώρισαν νωρίς τα δεδομένα και πώς θα τα αναλύσουν είναι η κινητήρια δύναμη πίσω από την ορθή λήψη αποφάσεων.

Όταν εμφανίστηκαν οι προσωπικοί Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές, πραγματοποιήθηκε και η ανάπτυξη μιας PC – έκδοσης για το SPSS και από το 1983 ήταν διαθέσιμη η PC – έκδοση SPSS / PC+ για τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που διέθεταν λειτουργικό σύστημα MS-DOS. Το 1984, όπου και ιδρύθηκε στην Ολλανδία η ευρωπαϊκή εμπορική αντιπροσωπεία, έγινε το πιο γνωστό λογισμικό για ανάλυση δεδομένων σε όλο το πλανήτη και το πρόγραμμα ονομάστηκε Superior Performance Software System (σύστημα λογισμικού μέγιστης παραγωγικότητας).

Το μεγάλο βήμα για το SPSS έγινε όταν προγραμματίστηκε το SPSS για Windows. Αυτή η έκδοση περιείχε όλες τις δυνατότητες για μεγάλους υπολογιστές. Η πρώτη έκδοση SPSS για Windows ήταν η SPSS 5. Στη συνέχεια ακολούθησαν η 6.0 και η 6.1 για τα Windows 3.1. Το 1996 δημιουργήθηκε η έκδοση SPSS 7, η οποία αποτελούσε την έκδοση 7.0 και μετέπειτα την έκδοση 7.5. αυτές οι δυο εκδόσεις είχαν διαφορά στο ότι η δεύτερη εκδόθηκε και σε άλλες γλώσσες εκτός από τα αγγλικά. Στη συνέχεια ακολούθησε η έκδοση 8 μέχρι και την έκδοση 25. Κάθε έκδοση περιείχε και νέες δυνατότητες (Peter W. V, 2013).

3.5.4 Ανάλυση Διασποράς

Η ανάλυση διασποράς μιας κατεύθυνσης εξαρτάται από τις εκτιμήτριες της διασποράς. Όταν δουλεύουμε με έναν αριθμό διαφορετικών πληθυσμών, μπορούμε να υπολογίσουμε με δύο τρόπους τη διασπορά: μέσω της μεταβλητότητας των ξεχωριστών τιμών γύρω

από τους μέσους των πληθυσμών τους και μέσω της μεταβλητότητας των μέσων των πληθυσμών γύρω από το συνολικό μέσο. Εάν η μεταβλητότητα εντός των k διαφορετικών πληθυσμών είναι μικρή σε σχέση με τη μεταβλητότητα μεταξύ των αντίστοιχων μέσων, τότε αυτό αποδεικνύει ότι οι μέσοι των πληθυσμών είναι πράγματι διαφορετικοί (Peter W. V, 2013).

Για να ελέγξουμε τη μηδενική υπόθεση

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

για μια ομάδα k πληθυσμών, πρώτα χρειάζεται να βρούμε ένα τρόπο υπολογισμού της μεταβλητότητας των διαφορετικών παρατηρήσεων γύρω από τους μέσους των αντίστοιχων πληθυσμών. Ένας τέτοιος τρόπος είναι μέσω της σταθμισμένης εκτιμήτριας της κοινής διασποράς σ^2 . Εάν έχουμε $n = n_1 + n_2 + \dots + n_k$, τότε

$$s_W^2 = \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2 + \dots + (n_k-1)s_k^2}{n_1 + n_2 + \dots + n_k - k} = \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2 + \dots + (n_k-1)s_k^2}{n - k}$$

Αυτή η ποσότητα είναι απλά ένας σταθμισμένος μέσος όρος των k διαφορετικών δειγματικών διασπορών. Σημειώστε ότι με W αναφέρεται η «εντός - ομάδων» μεταβλητότητα.

Κατόπιν χρειαζόμαστε μια έκφραση που να εκτιμά σε ποια έκταση οι μέσοι των πληθυσμών διαφέρουν από το συνολικό μέσο. Εάν η μηδενική υπόθεση αληθεύει και οι μέσοι ταυτίζονται, τότε αυτή η ποσότητα επίσης εκτιμά την κοινή διασπορά σ^2 .
Ειδικότερα

$$s_B^2 = \frac{n_1(\bar{x}_1 - \bar{x})^2 + n_2(\bar{x}_2 - \bar{x})^2 + \dots + n_k(\bar{x}_k - \bar{x})^2}{k - 1}$$

οι όροι $(\bar{x}_i - \bar{x})^2$ είναι τα τετράγωνα των αποκλίσεων των δειγματικών μέσων \bar{x}_i από το συνολικό δειγματικό μέσο \bar{x} . Ο συνολικός μέσος ορίζεται ως ο αριθμητικός μέσος των n παρατηρήσεων που απαρτίζουν τα k διαφορετικά δείγματα. Συνεπώς,

$$\bar{x} = \frac{n_1\bar{x}_1 + n_2\bar{x}_2 + \dots + n_k\bar{x}_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \frac{n_1\bar{x}_1 + n_2\bar{x}_2 + \dots + n_k\bar{x}_k}{n}$$

Με B συμβολίζεται η «μεταξύ - ομάδων» μεταβλητότητα.

Τώρα, που έχουμε δύο εκτιμήτριες της διασποράς, θα θέλαμε να μπορούμε να απαντήσουμε στην ακόλουθη ερώτηση: «Διαφέρουν οι δειγματικοί μέσοι από το

συνολικό μέσο περισσότερο από ότι οι ξεχωριστές παρατηρήσεις από τους δειγματικούς μέσους;». Εάν ναι, τότε αυτό υποδηλώνει ότι οι αντίστοιχοι μέσοι των πληθυσμών είναι πράγματι διαφορετικοί. Για να ελέγξουμε τη μηδενική υπόθεση ότι οι μέσοι των πληθυσμών είναι ταυτόσημοι, χρησιμοποιούμε τη στατιστική συνάρτηση ελέγχου:

$$F = \frac{S_B^2}{S_W^2}$$

Σύμφωνα με τη μηδενική υπόθεση, και η S_W^2 και S_B^2 εκτιμούν τη κοινή διασπορά σ^2 , και η F είναι κοντά στο 1. Εάν υπάρχει διαφορά μεταξύ των πληθυσμών, τότε η μεταξύ ομάδων διασπορά είναι μεγαλύτερη της εντός ομάδων διασπορά, και η F είναι μεγαλύτερη του 1. Σύμφωνα με την H_0 ο λόγος F ακολουθεί την κατανομή F με $k-1$ και $n-k$ βαθμούς ελευθερίας. Οι βαθμοί ελευθερίας αναφέρονται στον αριθμητή και παρονομαστή αντίστοιχα. Συμβολίζουμε αυτή την κατανομή με $F_{k-1, n-k}$.

3.5.6 Ανάλυση Παλινδρόμησης

Η ανάλυση της παλινδρόμησης και της συσχέτισης χρησιμοποιούνται για τη μελέτη των σχέσεων μεταξύ μεταβλητών. Η παλινδρόμηση χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της τιμής μιας μεταβλητής με βάση την τιμή μιας διαφορετικής μεταβλητής. Η συσχέτιση είναι ένα μέτρο της ισχύος μιας σχέσης μεταξύ μεταβλητών. Οι μεταβλητές είναι δεδομένα τα οποία μετρούνται και / ή υπολογίζονται σε ένα πείραμα.

Τα στοιχεία για την παλινδρόμηση και τη συσχέτιση αποτελούνται από ζεύγη στη μορφή (x, y) . Η ανεξάρτητη μεταβλητή (x) καθορίζεται από το άτομο που πραγματοποιεί τη στατιστική ανάλυση. Αυτό σημαίνει ότι το άτομο έχει τον έλεγχο της μεταβλητής κατά τη διάρκεια της ανάλυσης. Η εξαρτημένη μεταβλητή (y) είναι το αποτέλεσμα που παρατηρείται κατά τη διάρκεια του πειράματος. Υποτίθεται ότι οι τιμές που λαμβάνονται για τη εξαρτημένη μεταβλητή είναι αποτέλεσμα των αλλαγών στην ανεξάρτητη μεταβλητή. Οι αναλύσεις παλινδρόμησης και συσχέτισης θα καθορίσουν τη φύση αυτής της σχέσης, εάν υπάρχει, και τη δύναμη της σχέσης. Μπορεί να θεωρηθεί ότι όλα τα ζεύγη (x, y) σχηματίζουν έναν πληθυσμό. Σε μερικές αναλύσεις, πολλές παρατηρήσεις του y λαμβάνονται σε κάθε τιμή του x . Σε αυτές τις περιπτώσεις, κάθε σύνολο τιμών του y που λαμβάνεται σε μια συγκεκριμένη τιμή του x σχηματίζει έναν υποπληθυσμό των δεδομένων.

Γραφική Αναπαράσταση:

Τα δεδομένα παρουσιάζονται χρησιμοποιώντας μια γραφική παράσταση που ονομάζεται διάγραμμα διασποράς ή γραφική παράσταση x-y. Κατά την ανάλυση προσπαθούμε να βρούμε την εξίσωση μιας γραμμής που ταιριάζει με τα δεδομένα. Αυτό ονομάζεται γραμμή παλινδρόμησης. Από την άλγεβρα, ισχύει ότι σημεία που είναι ζεύγη (x, y) μπορούν να αναπαρασταθούν στο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Υπενθυμίζουμε επίσης ότι μια ευθεία γραμμή στο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων έχει την εξίσωση $y = mx + b$, όπου m είναι η κλίση της γραμμής και b είναι σταθερά. Η κλίση είναι πάντα ο συντελεστής του x όρου στην εξίσωση. Ακολουθώντας αυτό το πρότυπο, η κλίση της γραμμής παλινδρόμησης μπορεί να δοθεί χρησιμοποιώντας διάφορες μορφές εξισώσεων, για παράδειγμα $y = ax + b$, $y = a + bx$ κ.λπ. Με την εξέταση της εξίσωσης μπορούμε να προσδιορίσουμε την κλίση και την τεταγμένη y. Τα διαγράμματα διασποράς μπορούν να δείξουν μια άμεση σχέση μεταξύ του x και του y. Έστω ότι έχουμε μια εξίσωση, $y = a + bx$ όπου b είναι η κλίση. Ανάλογη σχέση υπάρχει όταν η κλίση της γραμμής (b) είναι θετική. Ενώ αντιστρόφως ανάλογη σχέση υπάρχει όταν η κλίση της γραμμής είναι αρνητική. Όταν η κλίση $b = 0$, τότε δεν υπάρχει σχέση (Μπόρα - Σεντά Ε, 2005).

Γραμμή παλινδρόμησης:

Όπως σημειώθηκε παραπάνω, μια ευθεία γραμμή στο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων μπορεί να έχει την εξίσωση $y = mx + b$, όπου m είναι η κλίση της ευθείας και b σταθερά.

Μια γραμμή παλινδρόμησης θα έχει την εξής γενική μορφή:

$$y = a + bx + \varepsilon$$

όπου:

a είναι σταθερά

β: η κλίση της ευθείας

ε: ο όρος σφάλματος

Το ε, γνωστό ως σφάλμα, είναι η απόσταση ενός συγκεκριμένου αποτελέσματος y από τη γραμμή παλινδρόμησης του πληθυσμού. Εάν η απόκλιση ε είναι θετική, τότε το σημείο (x,y) βρίσκεται πάνω από τη γραμμή, ενώ εάν η ε είναι αρνητική, τότε το (x,y) βρίσκεται κάτω από τη γραμμή.

Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση, η ευθεία γραμμή που προσαρμόζουμε στα διεσπαρμένα σημεία παίρνει τη μορφή $\hat{y} = a + bx$.

Αυτή η γραμμή χρησιμεύει σαν εκτιμήτρια της γραμμής παλινδρόμησης του πληθυσμού $y = \mu_{y|x} = a + \beta x$.

Πριν προσπαθήσουμε να προσαρμόσουμε μια τέτοια γραμμή κάνουμε μερικές υποθέσεις:

1. Για μια συγκεκριμένη τιμή της x , που θεωρείται, ότι μετράται χωρίς σφάλμα, η κατανομή των y τιμών είναι κανονική με μέσο: $\mu_{y|x}$ και τυπική απόκλιση: $\sigma_{y|x}$.
2. Η σχέση μεταξύ $\mu_{x|y}$ και x περιγράφεται με την ευθεία γραμμή $\mu_{y|x} = a + \beta x$.
3. Για κάθε συγκεκριμένη τιμή της x , η $\sigma_{y|x}$, η τυπική απόκλιση των αποτελεσμάτων y , δεν μεταβάλλεται. Αυτή η υπόθεση της σταθερής διασποράς για όλες τις τιμές της x είναι γνωστή ως ομοσκεδαστικότητα.
4. Τα αποτελέσματα y είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους (Peter W. V, 2013).

Η μέθοδος των Ελάχιστων Τετραγώνων

Μια μαθηματική τεχνική για να προσαρμόσουμε μια ευθεία γραμμή σε μια ομάδα σημείων είναι γνωστή ως η *μέθοδος των Ελάχιστων Τετραγώνων*. Παρατηρείτε ότι κάθε σημείο (x_i, y_i) βρίσκεται σε κάποια κάθετη απόσταση από την αυθαίρετα σχεδιασμένη γραμμή. Συμβολίζουμε αυτή την απόσταση με e_i . Εάν y_i είναι το παρατηρούμενο αποτέλεσμα της Y για μια συγκεκριμένη τιμή της x_i , και \hat{y}_i είναι το αντίστοιχο σημείο στην προσαρμοσμένη γραμμή, τότε:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i.$$

Η απόσταση e_i καλείται *κατάλοιπο* (residual). Ιδεατά, θα θέλαμε όλα τα κατάλοιπα να ισούνται με το 0. Αυτό θα σήμαινε ότι κάθε σημείο (x_i, y_i) βρίσκεται επί της γραμμής παλινδρόμησης του πληθυσμού. Αφού όμως αυτό είναι αδύνατο, πρέπει να καταλήξουμε σε κάποιο άλλο κριτήριο. Το άθροισμα των τετραγώνων των καταλοίπων,

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

καλείται συχνά το *άθροισμα τετραγωνικών σφαλμάτων ή καταλοίπων*. Η γραμμή των ελάχιστων τετραγώνων κατασκευάζεται ούτως ώστε να ελαχιστοποιηθεί το άθροισμα των τετραγωνικών σφαλμάτων.

Η διαδικασία προσαρμογής της γραμμής των ελάχιστων τετραγώνων είναι η:

$$\hat{y} = a + bx$$

περιλαμβάνει την εύρεση των a και b , των εκτιμητριών των παραμέτρων του πληθυσμού a και β . Για να ελαχιστοποιήσουμε το

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2$$

βρίσκουμε ότι

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

και $a = \bar{y} - b\bar{x}$.

Αυτές οι εξισώσεις δίνουν την κλίση και τη σταθερά για την προσαρμοσμένη γραμμή των ελάχιστων τετραγώνων. Στην έκφραση για το b , ο αριθμητής είναι το άθροισμα των γινομένων των αντίστοιχων αποκλίσεων από το μέσο όρο των x και y . Ο παρονομαστής είναι το άθροισμα των τετραγώνων αποκλίσεων από το μέσο όρο του x μόνον. Η εξίσωση για το a εκφράζεται μέσω της εκτιμωμένης κλίσης b . Όταν γνωρίζουμε τις a και b , μπορούμε να αντικαταστήσουμε διάφορες τιμές της x στην εξίσωση της γραμμής, να λύσουμε για τις αντίστοιχες τιμές της \hat{y} , και να σχεδιάσουμε αυτά τα σημεία (Μπόρα - Σεντά Ε, 2005).

Συμπερασματολογία για τους συντελεστές παλινδρόμησης

Θα θέλαμε να μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τη γραμμή παλινδρόμησης ελάχιστων τετραγώνων:

$$\hat{y} = a + bx$$

για να βγάλουμε συμπεράσματα για τη γραμμή παλινδρόμησης του πληθυσμού

$$\mu_{y|x} = \alpha + \beta x$$

Θυμηθείτε ότι η α είναι μια εκτιμήτρια της σταθεράς του πληθυσμού α και η b είναι μια εκτιμήτρια της κλίσης β . Εάν επιλέγαμε κατ' επανάληψη δείγματα μεγέθους n από τον υποκείμενο πληθυσμό των ζευγαριών αποτελεσμάτων (x,y) και υπολογίζαμε μια γραμμή παλινδρόμησης ελάχιστων τετραγώνων για κάθε τέτοια ομάδα παρατηρήσεων, οι τιμές που θα υπολογίζαμε για τις α και b θα διέφεραν από δείγμα σε δείγμα. Χρειαζόμαστε τα τυπικά σφάλματα αυτών των ποσοτήτων (Μπόρα - Σεντά Ε, 2005).

Μπορεί να δειχτεί ότι:

$$se(b) = \frac{\sigma_{y|x}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

και

$$se(\alpha) = \sigma_{y|x} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

Τα τυπικά σφάλματα των εκτιμώμενων συντελεστών α και b εξαρτώνται από την $\sigma_{x|y}$ την τυπική απόκλιση των τιμών y για ένα δεδομένο x . Στην πράξη, αυτή η ποσότητα είναι συνήθως άγνωστη. Άρα πρέπει να εκτιμήσουμε τη $\sigma_{y|x}$ με τη δειγματική τυπική απόκλιση $s_{y|x}$, όπου

$$s_{y|x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 2}}$$

Αυτός ο τύπος περιλαμβάνει το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων των παρατηρήσεων y_i από τις προσαρμοσμένες τιμές \hat{y}_i . Το άθροισμα των τετραγώνων των καταλοίπων είναι η ποσότητα που ελαχιστοποιήθηκε όταν προσαρμόσαμε τη γραμμή παλινδρόμησης ελάχιστων τετραγώνων. Η εκτιμήτρια $s_{y|x}$ καλείται συχνά η τυπική απόκλιση από την παλινδρόμηση (Peter W. V, 2013).

Η κλίση είναι συνήθως ο πιο ενδιαφέρων συντελεστής στην εξίσωση παλινδρόμησης. Ποσοτικοποιεί τη μέση αλλαγή στην y που αντιστοιχεί στη μοναδιαία αλλαγή της x . Μπορούμε να ελέγξουμε τη μηδενική υπόθεση ότι η κλίση του πληθυσμού ισούται με β_0 ή

$H_0: \beta = \beta_0$,

βρίσκοντας την p , την πιθανότητα να παρατηρηθεί μια εκτιμώμενη κλίση τόσο ακραία ή πιο ακραία από τη δειγματική κλίση b , δεδομένου ότι η αληθινή κλίση του πληθυσμού ισούται με τη β_0 . Ο έλεγχος διεξάγεται υπολογίζοντας τη στατιστική συνάρτηση ελέγχου

$$t = \frac{b - \beta_0}{\widehat{se}(b)}$$

Σύμφωνα με τη μηδενική υπόθεση, αυτός ο λόγος ακολουθεί την κατανομή t με $n - 2$

βαθμούς ελευθερίας. Από τον πίνακα της κατανομής t βρίσκουμε την πιθανότητα p με το α , το επίπεδο σημαντικότητας του ελέγχου, για να καθορίσουμε εάν πρέπει να απορρίψουμε ή όχι την H_0 .

Συχνότερα θεωρούμε την περίπτωση κατά την οποία, $\beta_0 = 0$. Εάν η κλίση του πληθυσμού ισούται με 0, τότε δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των x και y . Με αυτήν την έννοια, η x δεν έχει καμία αξία στην πρόβλεψη ή εκτίμηση της y .

Συντελεστής προσδιορισμού

Μετά την κατασκευή της γραμμής παλινδρόμησης ελάχιστων τετραγώνων

$$\hat{y} = a + bx$$

μπορεί να αναρωτηθούμε πόσο καλά πράγματι αυτό το μοντέλο προσαρμόζεται στα παρατηρούμενα δεδομένα. Ένας τρόπος να πάρουμε μια αίσθηση της προσαρμογής του είναι να υπολογίσουμε το συντελεστή προσδιορισμού (Christensen R, 2011). Ο συντελεστής προσδιορισμού συμβολίζεται με R^2 και είναι το τετράγωνο του Pearson συντελεστή συσχέτισης r . Συνεπώς

$$r^2 = R^2$$

Ο r μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή στο εύρος -1 έως 1 , και άρα ο R^2 πρέπει να βρίσκεται μεταξύ 0 και 1 . Ο συντελεστής προσδιορισμού μπορεί να ερμηνευτεί ως το ποσοστό της μεταβλητότητας μεταξύ των παρατηρούμενων τιμών της y το οποίο εξηγείται από τη γραμμική παλινδρόμηση της y επί της x (Christensen R, 2011).

3.5.7 Χρονοσειρές

Μια χρονοσειρά είναι μια ακολουθία σημείων δεδομένων, που αποτελείται συνήθως από διαδοχικές μετρήσεις ή παρατηρήσεις επί ποσοτικά προσδιορισμένων μεταβλητών, που γίνονται σε ένα χρονικό διάστημα (Cochrane, 2005). Συνήθως οι παρατηρήσεις είναι χρονολογικές και λαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα (ημέρες, μήνες, έτη), αλλά η δειγματοληψία μπορεί επίσης να είναι ακανόνιστη.

Τα τυπικά παραδείγματα χρονολογικών σειρών είναι επίσης τα ιστορικά δεδομένα για τις πωλήσεις, το απόθεμα, τον αριθμό των πελατών, τα επιτόκια, το κόστος κ.λπ. Τα δεδομένα χρονολογικών σειρών συχνά παρατηρούνται φυσικά σε πολλούς τομείς εφαρμογής, όπως:

- Οικονομικά - π.χ. μηνιαία στοιχεία για την ανεργία, εισαγωγές σε νοσοκομεία κλπ.
 - Χρηματοοικονομικά - π.χ. ημερήσια συναλλαγματική ισοτιμία, τιμές μετοχών κλπ.
 - Περιβαλλοντικά - π.χ. καθημερινές βροχοπτώσεις, μετρήσεις ποιότητας αέρα.
 - Ιατρική - π.χ. ΗΚΓ δραστηριότητα κύματος εγκεφάλου κάθε 2-8 δευτερόλεπτα.
- Σύμφωνα με το (Cochrane, 2005), οι χρονολογικές σειρές μπορούν να εκπροσωπούνται ως ένα σύνολο παρατηρήσεων X_t , καθεμία από τις οποίες καταγράφεται σε συγκεκριμένο χρόνο T . Αυτό γράφεται ως έξης:

$$\{X_1, X_2, \dots, X_t\} \text{ ή } \{X_t\}, \text{ όπου } T = 1, 2, \dots, t$$

Εάν μια χρονοσειρά έχει μια κανονική διάταξη, δηλ. *Τάση*, τότε μια τιμή της σειράς θα πρέπει να είναι συνάρτηση προηγούμενων τιμών. Αν το X είναι η τιμή στόχος που πρόκειται να διαμορφωθεί και προβλεφθεί και το X είναι η τιμή του X στο χρόνο t , τότε ο στόχος είναι να δημιουργηθεί ένα μοντέλο με την εξής μορφή:

$$X_t = f(X_{t-1}, X_{t-2}, X_{t-3}, \dots, X_{t-n}) + e_t$$

Όπου X_{t-1} είναι η τιμή του X για την προηγούμενη παρατήρηση, το X_{t-2} είναι η τιμή για δύο παρατηρήσεις πριν, κ.λπ., και e_t αντιπροσωπεύει το θόρυβο που δεν ακολουθεί ένα προβλέψιμο μοτίβο (αυτό ονομάζεται τυχαίο σοκ). Οι τιμές μεταβλητών που εμφανίζονται πριν από την τρέχουσα παρατήρηση ονομάζονται τιμές καθυστέρησης.

Εάν μια χρονοσειρά ακολουθεί ένα επαναλαμβανόμενο μοτίβο, τότε η τιμή του X είναι συνήθως πολύ συσχετισμένη με το $X_{t-\text{cycle}}$ όπου ο κύκλος είναι ο αριθμός των

παρατηρήσεων στον κανονικό κύκλο (DTREG, 2010). Για παράδειγμα, οι μηνιαίες παρατηρήσεις με ετήσιο κύκλο συχνά μπορούν να διαμορφωθούν με βάση:

$$X_t = f(X_{t-12})$$

Γενικά, οι χρονολογικές σειρές δεν διαφέρουν πολύ από την υπόλοιπη οικονομετρία. Η κύρια διαφορά είναι ότι οι μεταβλητές γραμμένες με T και όχι με i.

Σύμφωνα με το (Diggle, 1990), μια απλή μέθοδος περιγραφής μιας σειράς είναι αυτή των κλασικών συνιστωσών. Η ιδέα είναι ότι οι χρονολογικές σειρές μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερα στοιχεία:

- Τάση (T_t) - μακροπρόθεσμες κινήσεις στο μέσο όρο. Η μακροχρόνια τάση συνήθως διαμορφώνεται ως γραμμική, τετραγωνική ή εκθετική συνάρτηση.
- Εποχικές μεταβολές (I_t) - Κυκλικές διακυμάνσεις που σχετίζονται με το χρόνο.
- Κύκλοι (C_t) - άλλες κυκλικές διακυμάνσεις (όπως επιχειρηματικοί κύκλοι). Μια ανάκαμψη ή κάμψη που δεν συνδέεται με την εποχιακή διακύμανση. Συνήθως είναι αποτέλεσμα αλλαγών στις οικονομικές συνθήκες.
- Υπολείμματα (E_t) - άλλες τυχαίες ή συστηματικές διακυμάνσεις.

Τα παρακάτω δίνονται σύντομοι ορισμοί των συνήθως χρησιμοποιούμενων ορολογιών στην περιγραφή των χρονοσειρών.

Σταθερά δεδομένα: Αυτό περιγράφει μια μεταβλητή χρονικής σειράς η οποία δεν παρουσιάζει σημαντική ανοδική ή καθοδική τάση με την πάροδο του χρόνου.

Μη στάσιμα δεδομένα: Τα μη σταθερά δεδομένα χρονολογικών σειρών είναι δεδομένα με μεταβλητές που παρουσιάζουν σημαντική ανοδική ή καθοδική τάση με την πάροδο του χρόνου.

Εποχιακά δεδομένα: Αυτό περιγράφει μια μεταβλητή χρονοσειρών που εμφανίζει επαναλαμβανόμενα μοτίβα σε τακτικά διαστήματα με την πάροδο του χρόνου.

Ανάλυση χρονοσειρών: Η ανάλυση των χρονοσειρών είναι η διαδικασία χρήσης στατιστικών τεχνικών για τη μοντελοποίηση και εξήγηση μιας εξαρτώμενης από το χρόνο σειράς σημείων δεδομένων. Αυτό περιλαμβάνει μεθόδους για την ανάλυση δεδομένων χρονολογικών σειρών με σκοπό την απόσπαση σημαντικών στατιστικών και άλλων χαρακτηριστικών των δεδομένων (Leonard & Wolfe, 2005). Η ανάλυση

χρονοσειρών αναφέρεται σε προβλήματα στα οποία συσχετίζονται παρατηρήσεις που συλλέγονται σε κανονικά χρονικά διαστήματα.

Προβλέψεις χρονοσειρών: Η πρόβλεψη χρονοσειρών είναι η διαδικασία χρήσης ενός μοντέλου για τη δημιουργία προβλέψεων για μελλοντικά γεγονότα με βάση τα γνωστά παρελθόντα γεγονότα. Ο στόχος της πρόβλεψης είναι η προβολή της υποκείμενης τάσης ή του προτύπου των χρονοσειρών στο μέλλον ως πιθανότερων τιμών για τα δεδομένα (Pentaho, 2013). Η πρόβλεψη είναι ο συνδυασμός γνώσεων από τις παρελθούσες και τις μελλοντικές προσδοκίες με ένα εκτιμώμενο μοντέλο για την παραγωγή πιθανών αποτελεσμάτων για το μέλλον. Επιτρέπει την πραγματοποίηση ακριβέστερων προβλέψεων του μέλλοντος, μειώνοντας την αβεβαιότητα που είναι εγγενής στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Ανάλυση παλινδρόμησης: Η ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιείται ουσιαστικά με τέτοιο τρόπο ώστε να ελέγχει τις θεωρίες ότι οι τρέχουσες τιμές μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων χρονοσειρών έχουν κάποιες επιρροές στην τρέχουσα τιμή μιας άλλης χρονοσειράς.

3.6 Αξιοπιστία και Εγκυρότητα

Η αξιοπιστία και εγκυρότητα είναι δύο βασικά κριτήρια για να εξασφαλιστεί ότι τα αποτελέσματα της έρευνας είναι έγκυρα. Στο παρελθόν οι ερευνητές αντιμετώπιζαν δυσκολία στα να βρουν εργαλεία μέτρησης αξιόπιστα και έγκυρα. Όμως την σημερινή εποχή υπάρχουν πληθώρα διαθέσιμα εργαλεία και έτσι οι ερευνητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα δοκιμασμένα εργαλεία, τα οποία είναι και σταθμισμένα.

3.6.1 Αξιοπιστία (reliability)

Ο όρος «αξιοπιστία» ενός εργαλείου μέτρησης αναφέρεται στη σταθερότητα που εμφανίζει σε διαδοχικές μετρήσεις. Ένα εργαλείο μέτρησης είναι αξιόπιστα αν σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις με τις ίδιες ακριβώς συνθήκες εμφανίζει σταθερά τα ίδια αποτελέσματα.

Στην στατιστική, ο συντελεστής συσχέτισης r (Correlation coefficient) εκτιμά την αξιοπιστία. Ο συντελεστής συσχέτισης παίρνει τιμές από το 0 έως το 1. Η τιμή 0 δίνει την

πληροφορία ότι το εργαλείο μέτρησης δεν είναι αξιόπιστο, ενώ η τιμή 1 δείχνει ότι διαθέτει τη μέγιστη αξιοπιστία. Το αποδεκτό επίπεδο αξιοπιστίας είναι για τιμές του $r \geq 0,70$.



Σχήμα 3.6.1: Τα στάδια της αξιοπιστίας (<https://explorable.com/images/validity-and-reliability.jpg>)

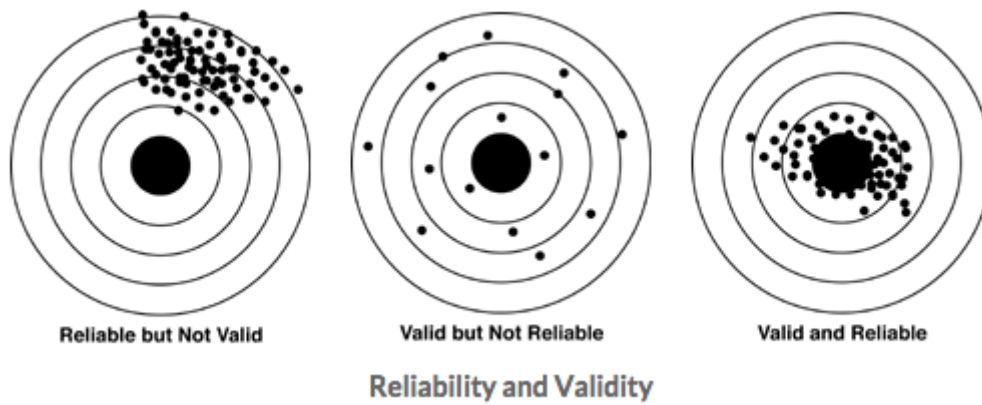
3.6.2 Εγκυρότητα (Validity)

Ένα εργαλείο μέτρησης μπορεί να είναι αξιόπιστο αλλά να μην είναι έγκυρο. Όποτε καθώς μετριέται η αξιοπιστία θα πρέπει να μετρηθεί και η εγκυρότητα ενός εργαλείου μέτρησης ή μιας κλίμακας. Έτσι, αν ένα εργαλείο μέτρησης είναι έγκυρο, τότε εκφράζει με ακρίβεια την έννοια που έχει σκοπό να μετρήσεις. Για παράδειγμα, όταν ένα εργαλείο μέτρησης μετράει την βροχόπτωση, δεν μπορεί ταυτόχρονα να μετράει και τη χαλαζόπτωση. Οι κυριότερες προσεγγίσεις για τη διασφάλιση της εγκυρότητας των ποσοτικών δεδομένων είναι:

- Η εγκυρότητα περιεχομένου,
- Η φαινομενική εγκυρότητα,
- Η εγκυρότητα κριτηρίου και
- Η προβλεπτική εγκυρότητα

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των οργάνων μέτρησης έχουν καθοριστικό ρόλο για την εξασφάλιση σωστών αποτελεσμάτων από τη διεξαγωγή μίας έρευνας. Κατά τη χρήση ενός εργαλείου μέτρησης θα πρέπει να ελέγχεται η αξιοπιστία και η εγκυρότητά του ανεξάρτητα αν είναι ήδη σταθμισμένο ή έχει δημιουργηθεί για τις ανάγκες μιας έρευνας. Αν δεν αναφέρεται η αξιοπιστία και η και η εγκυρότητα των εργαλείων μέτρησης, τα αποτελέσματα γίνονται δεκτά όμως με

επιφύλαξη και η έρευνα έχει περιορισμούς για την ορθότητα των αποτελεσμάτων της.



Σχήμα 3.6.2 : Αξιοπιστία κα εγκυρότητα

Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των μετεωρολογικών δεδομένων. Τα αποτελέσματα της μελέτης απεικονίζονται με πίνακες και διαγράμματα για την ευκολότερη ανάγνωση και κατανόηση τους. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων ξεκινά με την ανάλυση δεδομένων, ακολουθεί η ανάλυση παλινδρόμησης, οι βροχοσειρές και τέλος γίνεται σύγκριση των περιοχών.

4.1 Ανάλυση Δεδομένων

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο μέσος όρος των βροχοπτώσεων (mm) ανά εποχή για τις εξεταζόμενες περιοχές της Κύπρου, για τα έτη 1971 – 2015.

Πίνακας 4.1: Μέσος όρος βροχόπτωσης ανά εποχή για τα έτη 1971 – 2015.

Περιοχή	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
Πάφος	110.89	39.30	3.95	35.67
Πόλις	105.04	39.03	2.78	34.40
Λευκωσία	62.15	28.61	6.88	22.19
Κοκκινοχώρια	66.74	19.37	1,03	20.27
Λάρνακα	78.25	28.5	4.14	25.79
Μόρφου	80.73	34.01	6.56	25.07
Λεμεσός	103.58	33.59	4.67	31.27

4.2 Ανάλυση Παλινδρόμησης για τις μεταβλητές «Έτος» & «Μέση Βροχόπτωση ανά Έτος»

4.2.1 Κοκκινοχώρια

Πίνακας 4.2.1: Καλή προσαρμογή των δεδομένων

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,050 ^a	,002	-,021	8,92480
a. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ				

Από τον πίνακα 4.2.1 παρατηρείται ότι τα δεδομένα δεν είναι πολύ καλά προσαρμοσμένα, αυτό οφείλεται στο ότι εξετάζεται η μέση τιμή της βροχόπτωσης και αν εξαιρεθεί ο χειμώνας τις υπόλοιπες εποχές στην περιοχή δεν υπήρχε αρκετή βροχόπτωση.

Πίνακας 4.2.2: Πίνακας ANOVA

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	8,461	1	8,461	,106	,746 ^b
	Residual	3425,037	43	79,652		
	Total	3433,498	44			
a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						
b. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ						

Από τον πίνακα 4.2.2 παρατηρείται ότι το sig. F > 0,05, άρα τα οι δύο μεταβλητές δεν είναι γραμμικά συσχετισμένες.

Πίνακας 4.2.3: Μοντέλο παλινδρόμησης

Coefficients^a								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	93,395	204,171		,457	,650	-318,355	505,145
	ΕΤΟΣ	-,033	,102	-,050	-,326	,746	-,240	,173

a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Από τον πίνακα 4.2.3 προκύπτει ότι η εξίσωση που συνδέει τις δύο μεταβλητές είναι $Y = 93,395 - 0,33 X$, όπου $Y =$ «Μέση Βροχόπτωση ανά έτος» και $X =$ «Έτος». Από την προηγούμενη εξίσωση προκύπτει ότι υπάρχει πτωτική τάση βροχόπτωσης της τάξεως 3,3%.

4.2.2 Λάρνακα

Πίνακας 4.2.4 : Καλή προσαρμογή των δεδομένων

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,025 ^a	,001	-,023	10,17069

a. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ

Από τον πίνακα 4.2.4 παρατηρείται ότι τα δεδομένα δεν είναι πολύ καλά προσαρμοσμένα ($R = 0,025$) αυτό οφείλεται στο ότι εξετάζεται η μέση τιμή της βροχόπτωσης και αν εξαιρεθεί ο χειμώνας τις υπόλοιπες εποχές στην περιοχή δεν υπήρχε αρκετή βροχόπτωση.

Πίνακας 4.2.5 : Πίνακας ANOVA

ANOVA^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2,713	1	2,713	,026	,872 ^b
	Residual	4448,044	43	103,443		
	Total	4450,757	44			
a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						
b. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ						

Από τον πίνακα 4.2.5 παρατηρείται ότι το sig. F = 0,872 > 0,05, άρα οι δύο μεταβλητές δεν είναι γραμμικά συσχετισμένες.

Πίνακας 4.2.6: Μοντέλο παλινδρόμησης

Coefficients^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	71,845	232,673		,309	,759
	ΕΤΟΣ	-,019	,117	-,025	-,162	,872
a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						

Από τον πίνακα 4.2.6 προκύπτει ότι η εξίσωση που συνδέει τις δύο μεταβλητές είναι

$Y = 71,845 - 0,19 X$, όπου $Y =$ «Μέση Βροχόπτωση ανά έτος» και $X =$ « Έτος». Από την προηγούμενη εξίσωση προκύπτει ότι υπάρχει πτωτική τάση βροχόπτωσης της τάξεως 1,9%.

4.2.3. Λεμεσός

Πίνακας 4.2.7 : Καλή προσαρμογή των δεδομένων

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,042 ^a	,002	-,021	12,16401
a. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ				

Από τον πίνακα 4.2.7 παρατηρείται ότι τα δεδομένα δεν είναι πολύ καλά προσαρμοσμένα, διότι $R = 0,042$ αλλά είναι καλύτερα προσαρμοσμένα από ότι στα Κοκκινοχώρια και στη Λεμεσό.

Πίνακας 4.2.8 : Πίνακας ANOVA

ANOVA^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	11,151	1	11,151	,075	,785 ^b
	Residual	6362,416	43	147,963		
	Total	6373,567	44			
a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						
b. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ						

Από τον πίνακα 4.2.8 παρατηρείται ότι το $\text{sig. } F = 0,785 > 0,05$, άρα οι δύο μεταβλητές δεν είναι γραμμικά συσχετισμένες.

Πίνακας 4.2.9 : Μοντέλο παλινδρόμησης

Coefficients^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	119,666	278,274		,430	,669
	ΕΤΟΣ	-,038	,140	-,042	-,275	,785

a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Από τον πίνακα 4.2.9 προκύπτει ότι η εξίσωση που συνδέει τις δύο μεταβλητές είναι $Y = 119,67 - 0,038X$, όπου $Y =$ «Μέση Βροχόπτωση ανά έτος» και $X =$ « Έτος». Από την προηγούμενη εξίσωση προκύπτει ότι υπάρχει πτωτική τάση βροχόπτωσης της τάξεως 3,8%.

4.2.4 Λευκωσία

Πίνακας 4.2.10 : Καλή προσαρμογή των δεδομένων

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,039 ^a	,002	-,022	8,57965

a. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ

Από τον πίνακα 4.2.10 παρατηρείται ότι τα δεδομένα δεν είναι πολύ καλά προσαρμοσμένα, διότι $R = 0,039$.

Πίνακας 4.2.11: Πίνακας ANOVA

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4,857	1	4,857	,066	,799 ^b
	Residual	3165,249	43	73,610		
	Total	3170,106	44			
a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						
b. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ						

Από τον πίνακα 4.2.11 παρατηρείται ότι το sig. F = 0,799 > 0,05, άρα οι δύο μεταβλητές δεν είναι γραμμικά συσχετισμένες.

Πίνακας 4.2.12: Μοντέλο παλινδρόμησης

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	80,371	196,275		,409	,684
	ΕΤΟΣ	-,025	,098	-,039	-,257	,799
a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						

Από τον πίνακα 4.2.12 προκύπτει ότι η εξίσωση που συνδέει τις δύο μεταβλητές είναι $Y = 80,371 - 0,025X$, όπου Y = «Μέση Βροχόπτωση ανά έτος» και X = «Έτος». Από την προηγούμενη εξίσωση προκύπτει ότι υπάρχει πτωτική τάση βροχόπτωσης της τάξεως 2,5%.

4.2.5 Μόρφου

Πίνακας 4.2.13 : Καλή προσαρμογή των δεδομένων

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,074 ^a	,005	-,018	9,57748
a. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ				

Από τον πίνακα 4.2.13 παρατηρείται ότι τα δεδομένα δεν είναι πολύ καλά προσαρμοσμένα, διότι $R = 0,074$, αυτό συμβαίνει λόγω της χαμηλής βροχόπτωσης στην περιοχή.

Πίνακας 4.2.14: Πίνακας ANOVA

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	21,522	1	21,522	,235	,631 ^b
	Residual	3944,306	43	91,728		
	Total	3965,828	44			
a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						
b. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ						

Από τον πίνακα 4.2.14 παρατηρείται ότι το $\text{sig. } F = 0,631 > 0,05$, άρα οι δύο μεταβλητές δεν είναι γραμμικά συσχετισμένες.

Πίνακας 4.2.15: Μοντέλο παλινδρόμησης

Coefficients^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	142,721	219,102		,651	,518
	ΕΤΟΣ	-,053	,110	-,074	-,484	,631

a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Από τον πίνακα 4.2.15 προκύπτει ότι η εξίσωση που συνδέει τις δύο μεταβλητές είναι $Y = 142,721 - 0,053X$, όπου $Y =$ «Μέση Βροχόπτωση ανά έτος» και $X =$ «Έτος». Από την προηγούμενη εξίσωση προκύπτει ότι υπάρχει πτωτική τάση βροχόπτωσης της τάξεως 5,3%.

4.2.6 Πάφος

Πίνακας 4.2.16: Καλή προσαρμογή των δεδομένων

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,014 ^a	,000	-,023	13,34169

a. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ

Από τον πίνακα 4.2.16 παρατηρείται ότι τα δεδομένα δεν είναι πολύ καλά προσαρμοσμένα, διότι $R = 0,14$, λόγω της χαμηλής βροχόπτωσης στην περιοχή.

Πίνακας 4.2.17: Πίνακας ANOVA

ANOVA^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,407	1	1,407	,008	,930 ^b
	Residual	7654,032	43	178,001		
	Total	7655,439	44			
a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						
b. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ						

Από τον πίνακα 4.2.17 παρατηρείται ότι το sig. F = 0,930 > 0,05, άρα οι δύο μεταβλητές δεν είναι γραμμικά συσχετισμένες.

Πίνακας 4.2.18: Μοντέλο παλινδρόμησης

Coefficients^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	74,591	305,215		,244	,808
	ΕΤΟΣ	-,014	,153	-,014	-,089	,930
a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						

Από τον πίνακα 4.2.18 προκύπτει ότι η εξίσωση που συνδέει τις δύο μεταβλητές είναι $Y = 74,591 - 0,014X$, όπου Y = «Μέση Βροχόπτωση ανά έτος» και X = «Έτος». Από την προηγούμενη εξίσωση προκύπτει ότι υπάρχει πτωτική τάση βροχόπτωσης της τάξεως 1,4%.

4.2.7 Πόλις

Πίνακας 4.2.19 : Καλή προσαρμογή των δεδομένων

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,014 ^a	,000	-,023	12,18596
a. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ				

Από τον πίνακα 4.2.19 παρατηρείται ότι τα δεδομένα δεν είναι πολύ καλά προσαρμοσμένα, διότι $R = 0,14$, λόγω της χαμηλής βροχόπτωσης στην περιοχή.

Πίνακας 4.2.20: Πίνακας ANOVA

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,255	1	1,255	,008	,927 ^b
	Residual	6385,397	43	148,498		
	Total	6386,651	44			
a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						
b. Predictors: (Constant), ΕΤΟΣ						

Από τον πίνακα 4.2.20 παρατηρείται ότι το $\text{sig. } F = 0,927 > 0,05$, άρα οι δύο μεταβλητές δεν είναι γραμμικά συσχετισμένες.

Πίνακας 4.2.21: Μοντέλο παλινδρόμησης

Coefficients^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	70,938	278,776		,254	,800
	ΕΤΟΣ	-,013	,140	-,014	-,092	,927

a. Dependent Variable: ΜΕΣΟΣ_ΟΡΟΣ_ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

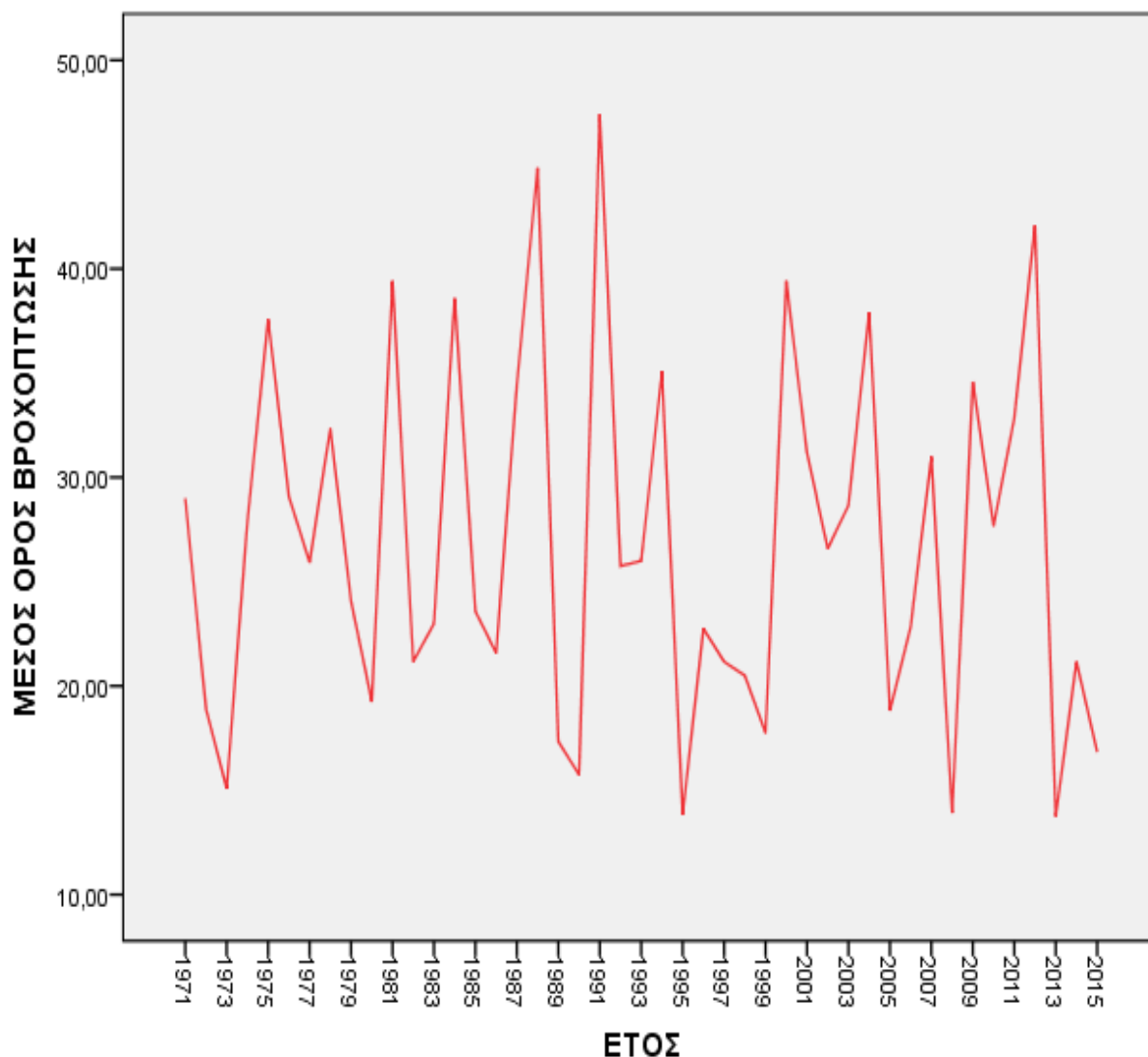
Από τον πίνακα 4.2.21 προκύπτει ότι η εξίσωση που συνδέει τις δύο μεταβλητές είναι $Y = 70,938 - 0,013X$, όπου $Y =$ «Μέση Βροχόπτωση ανά έτος» και $X =$ « Έτος». Από την προηγούμενη εξίσωση προκύπτει ότι υπάρχει πτωτική τάση βροχόπτωσης της τάξεως 1,3%.

4.3 Βροχοσειρές

4.3.1 Κοκκινοχώρια

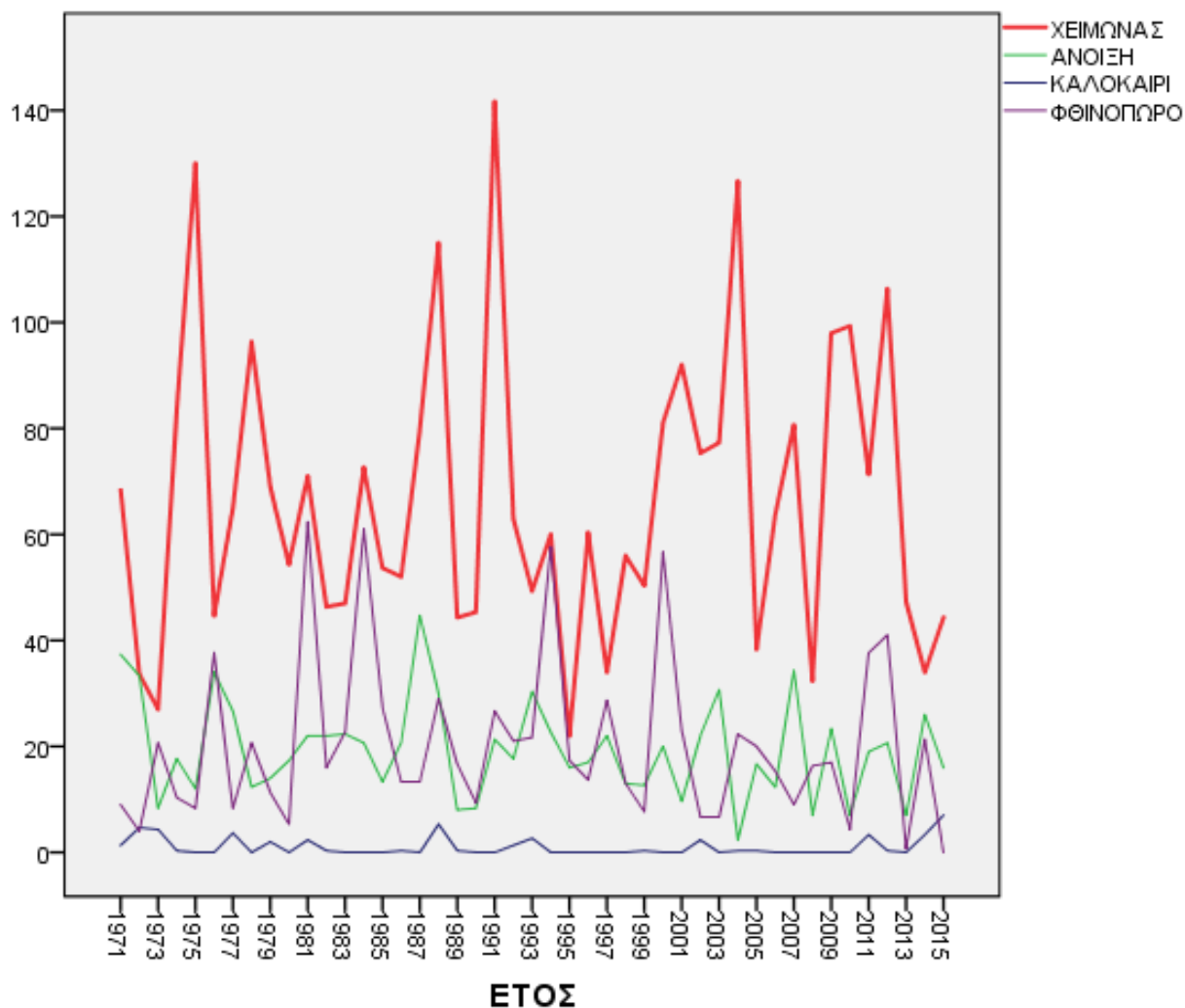
Από το διάγραμμα 4.3.1 παρατηρείται ότι ο υψηλότερος μέσος όρος βροχόπτωσης ανά έτος για την περιοχή Κοκκινοχώρια είναι 48 χιλιοστά βροχόπτωσης το έτος 1991 και ο αμέσως επόμενος υψηλότερος μέσος όρος είναι 45 χιλιοστά βροχόπτωσης που αντιστοιχεί στο έτος 1987. Ο μικρότερος μέσος όρος που έχει σημειωθεί είναι 15 χιλιοστά βροχόπτωσης και έχει σημειωθεί τα έτη 1973, 1995, 2008 και 2013.

Διάγραμμα 4.3.1: Βροχοσειρά των μεταβλητών έτος & μέσος όρος βροχόπτωσης ανά έτος



Το διάγραμμα 4.3.2 αναπαριστά τις βροχοσειρές των τεσσάρων εποχών ανά έτος. Παρατηρείτε λοιπόν, ότι το Χειμώνα του 1992 είχε τον υψηλότερο μέσο όρο βροχόπτωσης, όπου αντιστοιχούσε σε 140 χιλιοστά. Κατά το έτος 1994 παρατηρείται ότι για το Φθινόπωρο και για το Χειμώνα καταγράφηκε ο ίδια χιλιοστά μέσου όρου βροχόπτωσης, όπου αντιστοιχούν σε 60 χιλιοστά. Ενώ το έτος 1995 έχει καταγραφεί ο μικρότερος μέσος όρος βροχόπτωσης για την εποχή Χειμώνα, ο οποίος είναι 15 χιλιοστά.

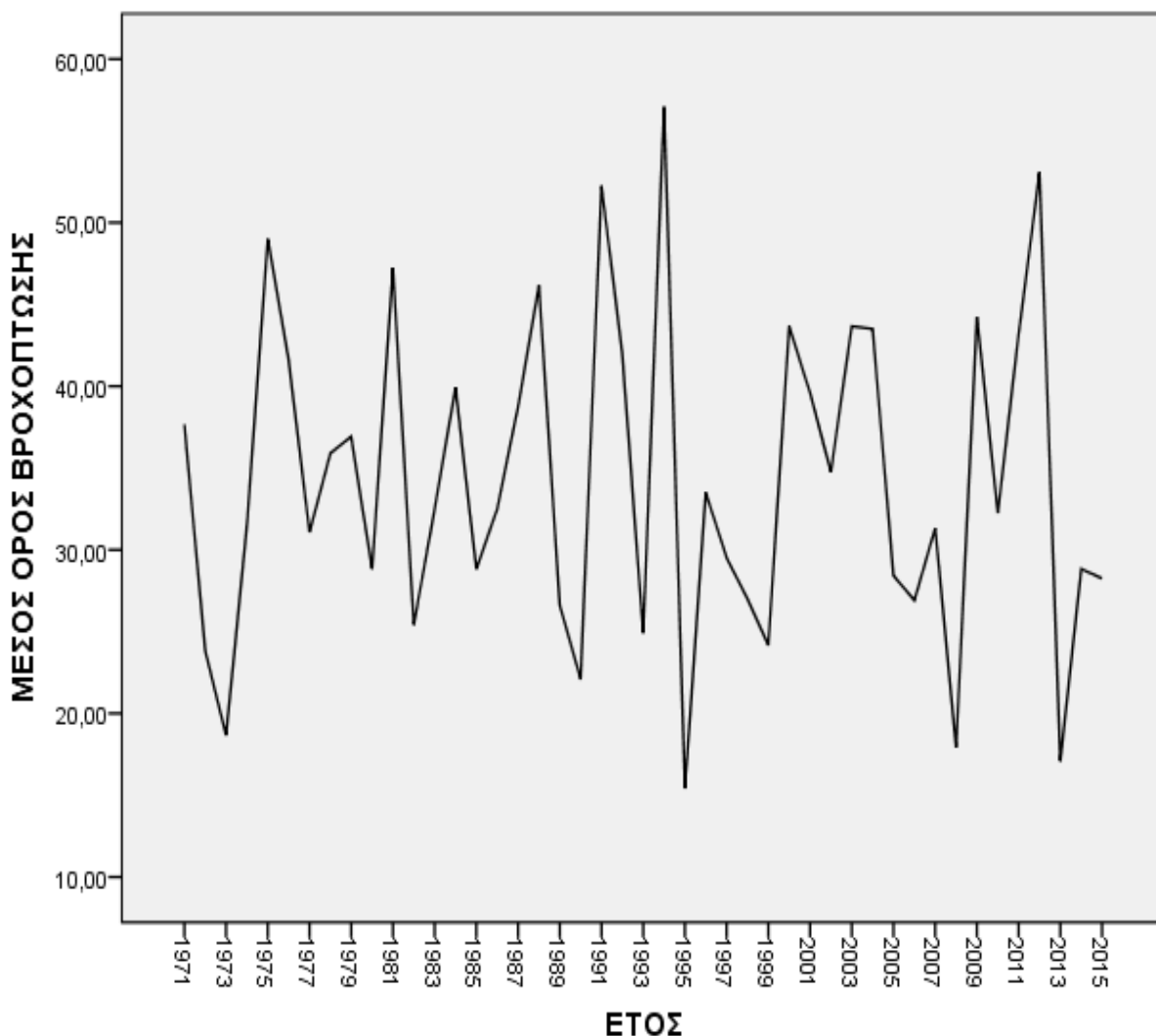
Διάγραμμα 4.3.2: Βροχοσειρές «έτος» – «εποχές»



4.3.2 Λάρνακα

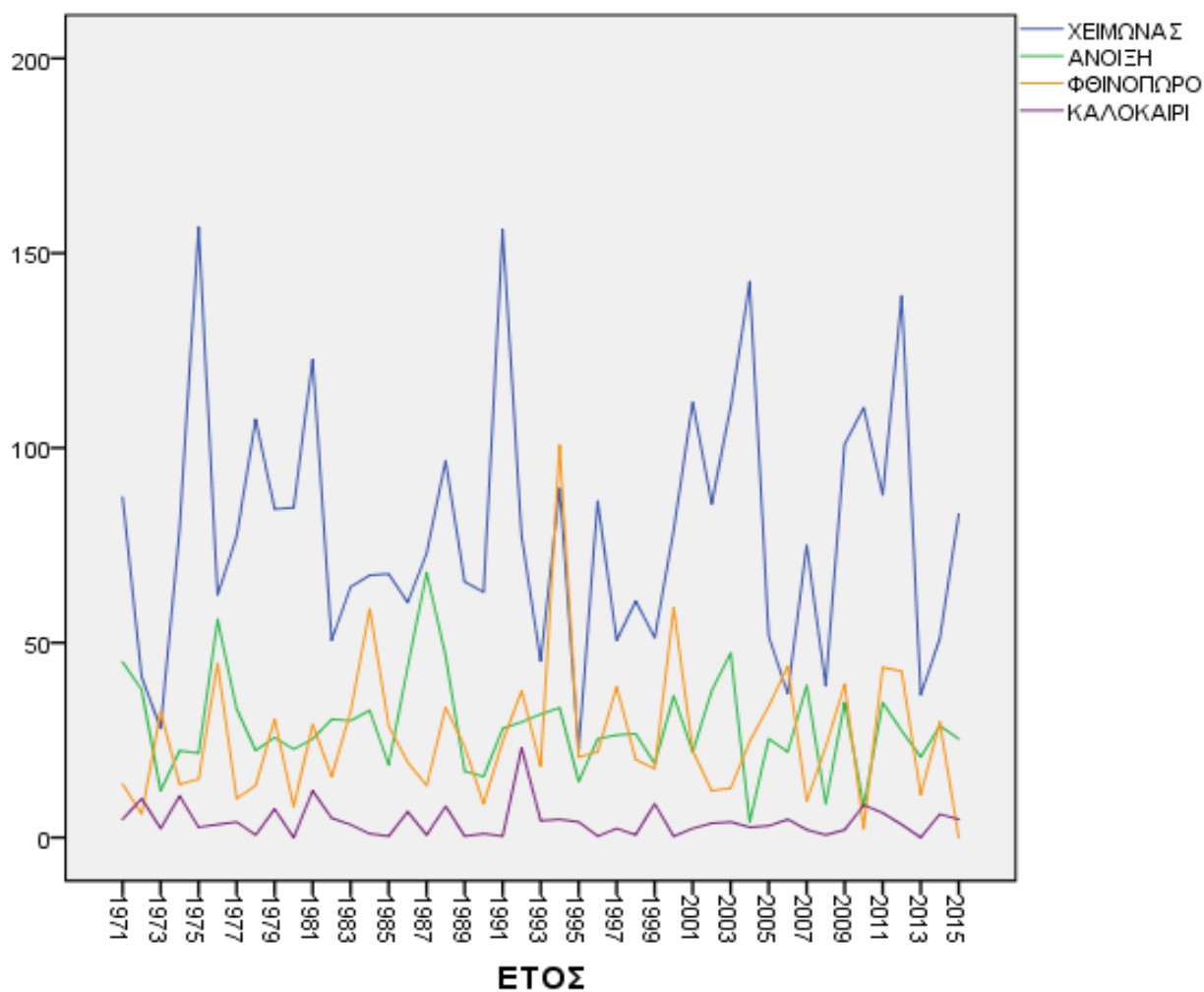
Για την περιοχή της Λάρνακας, από το διάγραμμα 4.3.3, διαφαίνεται ότι ο υψηλότερος μέσος όρος βροχόπτωσης ανά έτος σημειώθηκε το 1994 και αντιστοιχούσε σε 55 χιλιοστά βροχής. Ο επόμενος υψηλότερος μέσος όρος βροχόπτωσης σημειώθηκε κατά το έτος 1992 και 2012, όπου αντιστοιχούσε σε 52 χιλιοστά βροχής. Αντίθετα το χαμηλότερο μέσο όρο βροχόπτωσης σημειώθηκε τα έτη 1995 και 2013 και αντιστοιχούσε στα 15 χιλιοστά βροχής.

Διάγραμμα 4.3.3: Βροχοσειρά των μεταβλητών έτος & μέσος όρος βροχόπτωσης ανά έτος



Στο διάγραμμα 4.3.4, φαίνεται ότι την υψηλότερη μέτρηση βροχόπτωσης για την περιοχή της Λάρνακας έγινε τα έτη 1976 και 1992, όπου ήταν 160 χιλιοστά. Ενώ παρατηρείται ότι κατά τα έτη 1972, 2010 και 2015 η βροχόπτωση ήταν περισσότερη το Φθινόπωρο από ότι το Καλοκαίρι. Ακόμα φαίνεται στο διάγραμμα ότι το έτος 1973 τα χιλιοστά βροχόπτωσης ήταν τα ίδια και το Χειμώνα και το Φθινόπωρο. Τέλος, τα έτη 1994 και 2006, έβρεξε περισσότερο Φθινόπωρο από ότι το Χειμώνα.

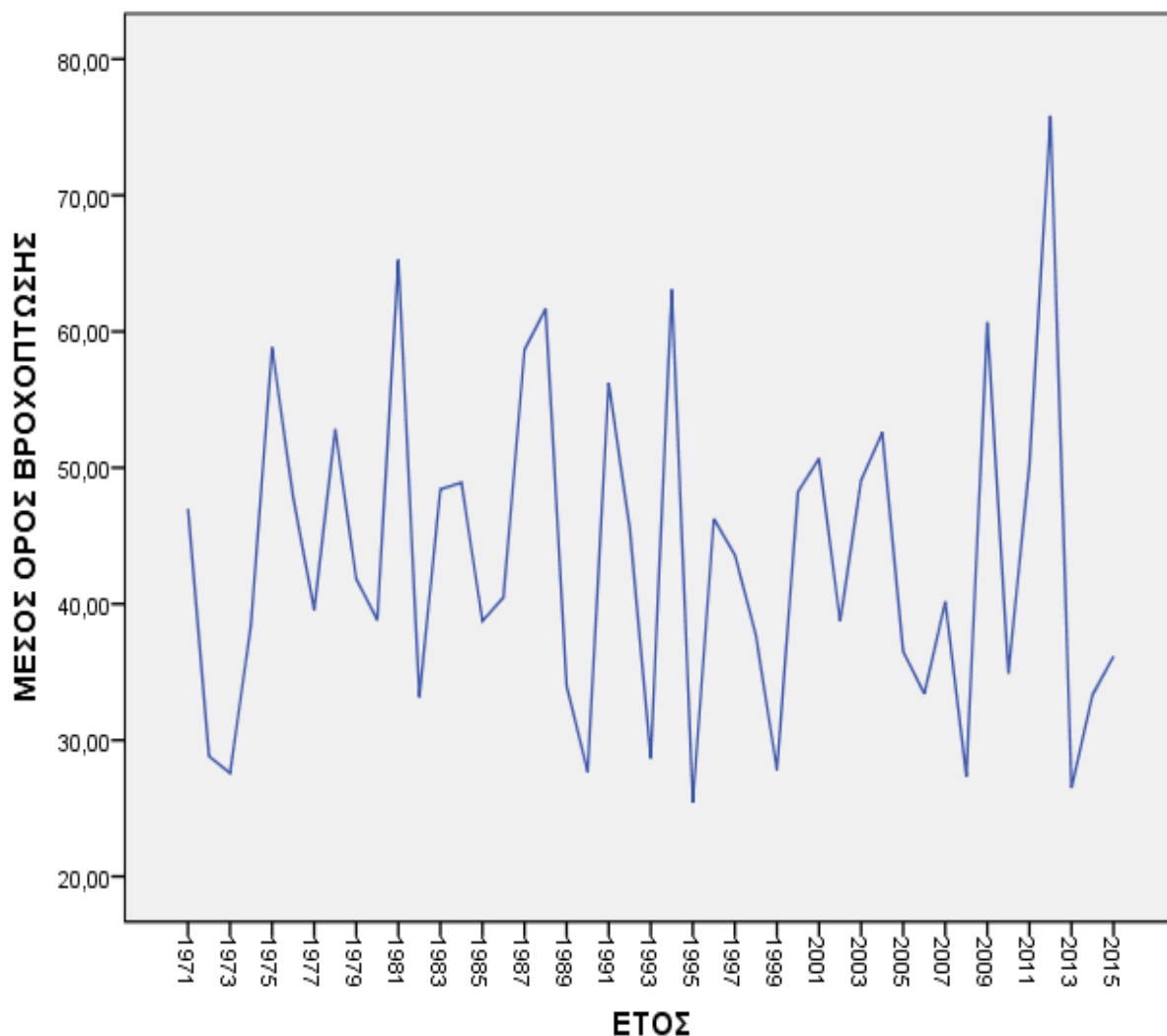
Διάγραμμα 4.3.4: Βροχοσειρές «έτος» – «εποχές»



4.3.3 Λεμεσός

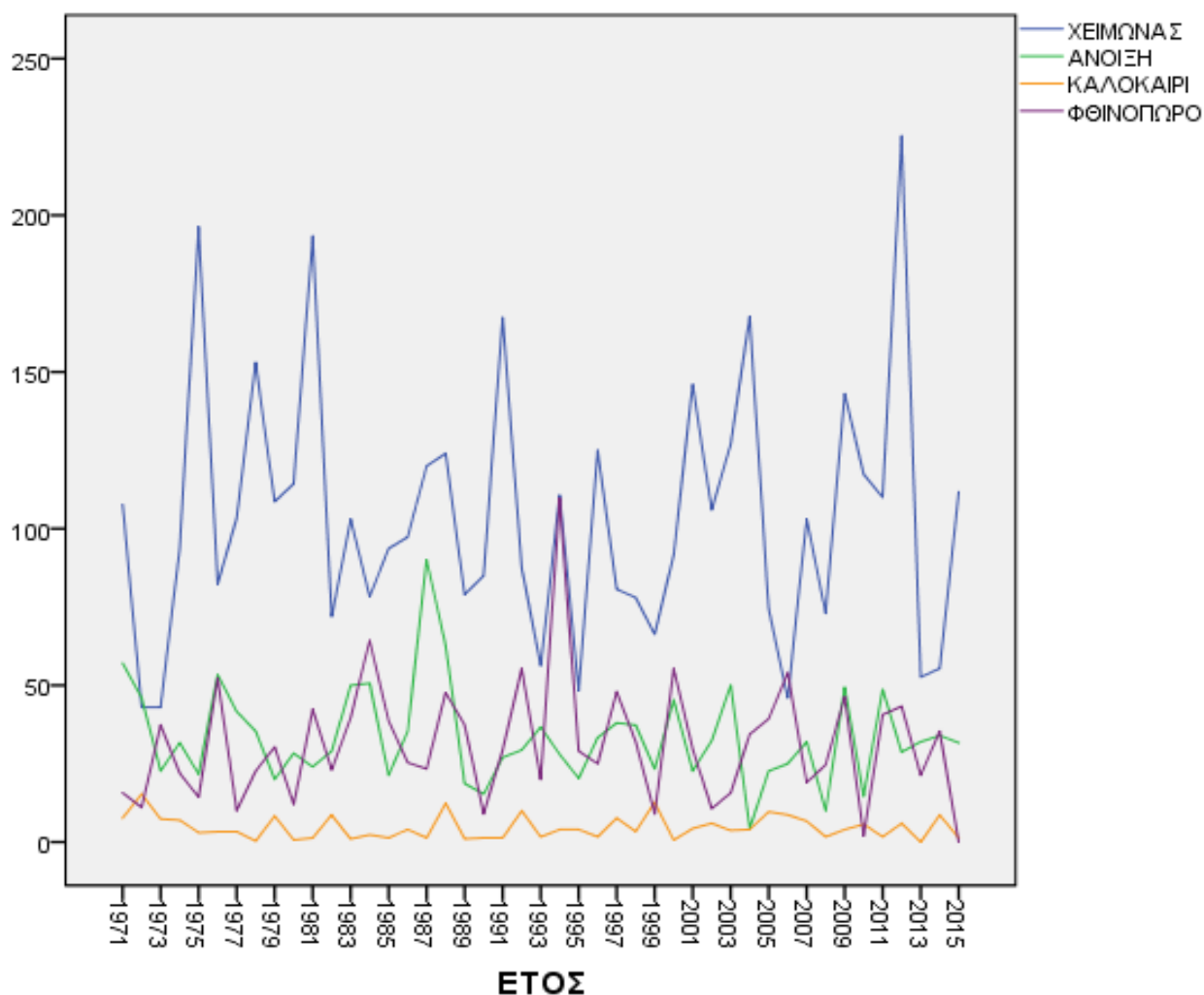
Από το διάγραμμα 4.3.5 φαίνεται ότι τον υψηλότερο μέσο όρο βροχόπτωσης για την περιοχή της Λεμεσού τον είχε το έτος 2012 και αντιστοιχούσε 78 χιλιοστά. Ενώ το χαμηλότερο μέσο όρο βροχόπτωσης τον είχε το έτος 1995 και αντιστοιχούσε 25 χιλιοστά βροχής.

Διάγραμμα 4.3.5: Βροχοσειρά των μεταβλητών έτος & μέσος όρος βροχόπτωσης ανά έτος



Για την Λεμεσό παρατηρείται από το διάγραμμα 4.3.6 ότι το έτος 2013 σημειώθηκε η πιο έντονη βροχόπτωση και αντιστοιχούσε σε 230 χιλιοστά. Ενώ κατά τα έτη 1972, 1999, 2010 και 2015 η βροχόπτωση το Καλοκαίρι ήταν ίδια με τη βροχόπτωση του Φθινοπώρου. Επίσης παρατηρείται ότι η βροχόπτωση την Άνοιξη και το Φθινόπωρο ήταν στα ίδια περίπου επίπεδα στη Λεμεσό κατά τα έτη 1971 - 2015. Τα έτη 1994 και 2007 η βροχόπτωση του Φθινοπώρου ήταν ίση με τη βροχόπτωση του Χειμώνα.

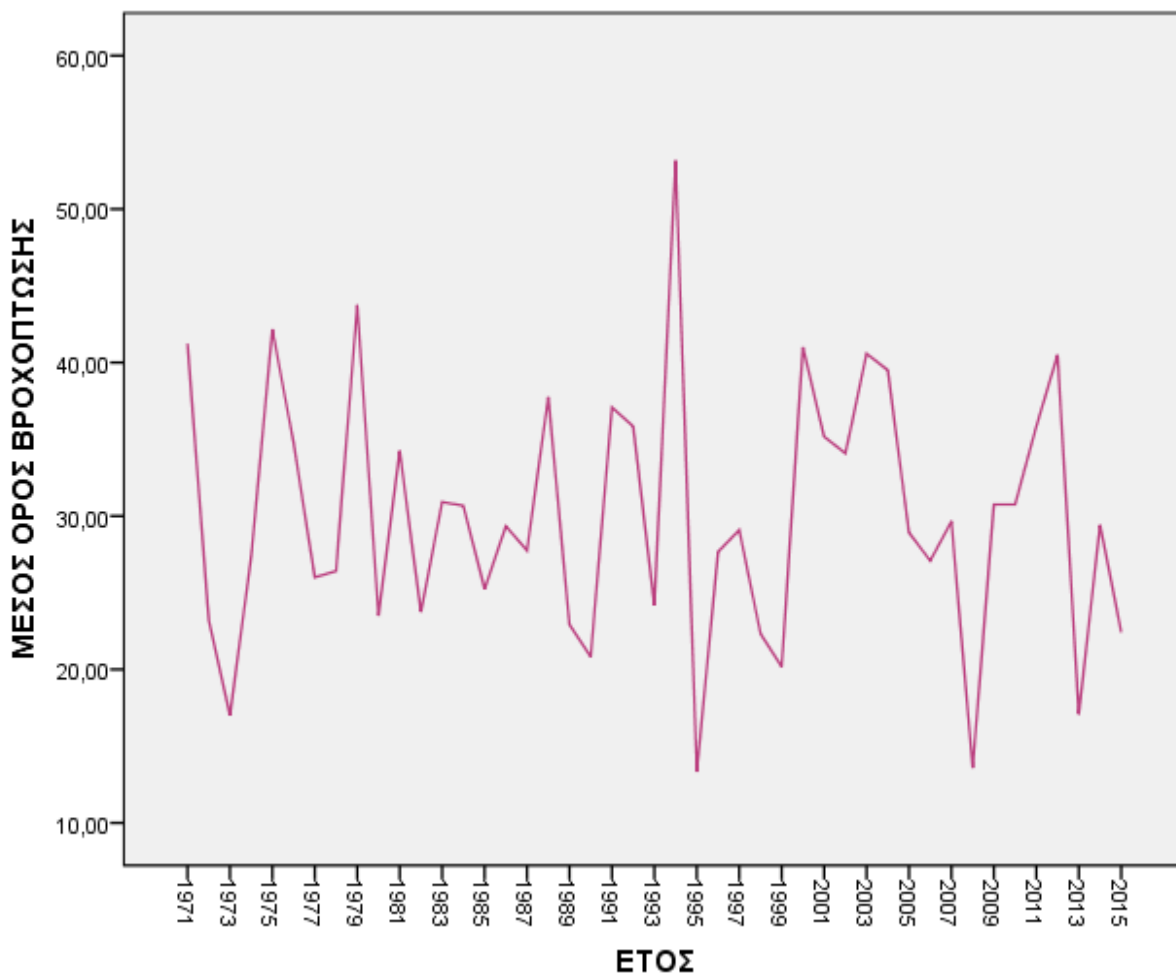
Διάγραμμα 4.3.6: Βροχοσειρές «έτος» – «εποχές»



4.3.4. Λευκωσία

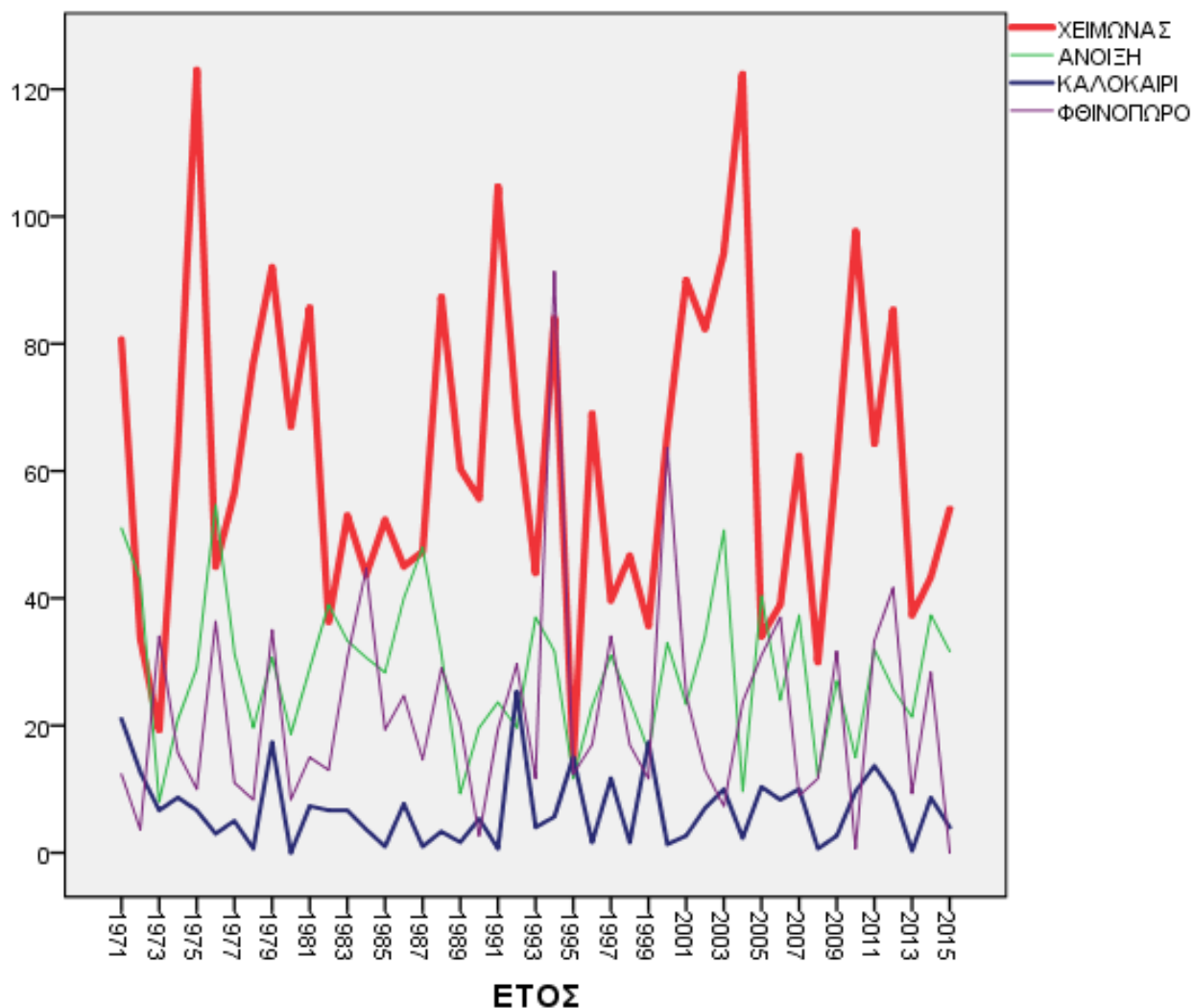
Για την περιοχή της Λευκωσίας παρατηρείται από το διάγραμμα 4.3.7 ότι ο υψηλότερος μέσος όρος ετήσιας βροχόπτωσης σημειώθηκε το έτος 1994 και αντιστοιχούσε σε 52 χιλιοστά βροχής. Ενώ αντίθετα ο χαμηλότερος μέσος όρος βροχόπτωσης σημειώθηκε τα έτη 1995 και 2009 και ήταν 13 χιλιοστά βροχής.

Διάγραμμα 4.3.7: Βροχοσειρά των μεταβλητών έτος & μέσος όρος βροχόπτωσης ανά έτος



Από το διάγραμμα 4.3.8 φαίνεται ότι το Χειμώνα κατά τα έτη 1974 και 2003 σημειώθηκε η μεγαλύτερη βροχόπτωση που αντιστοιχούσε σε 120 χιλιοστά. Στη συνέχεια από το διάγραμμα παρατηρείται ότι κατά τα έτη 1971, 1990, 1999, 2003, 2010 και 2015 το Καλοκαίρι σημειώθηκε περισσότερη βροχόπτωση από ότι το Φθινόπωρο. Επίσης παρατηρείται ότι την Άνοιξη κατά τα έτη 1976, 1982 και 2004 σημειώθηκαν περισσότερα χιλιοστά βροχής την Άνοιξη από ότι το Χειμώνα. Τέλος παρατηρείται ότι τα έτη 1973, 1985, 1995 έβρεξε περισσότερο το Φθινόπωρο από ότι το Χειμώνα.

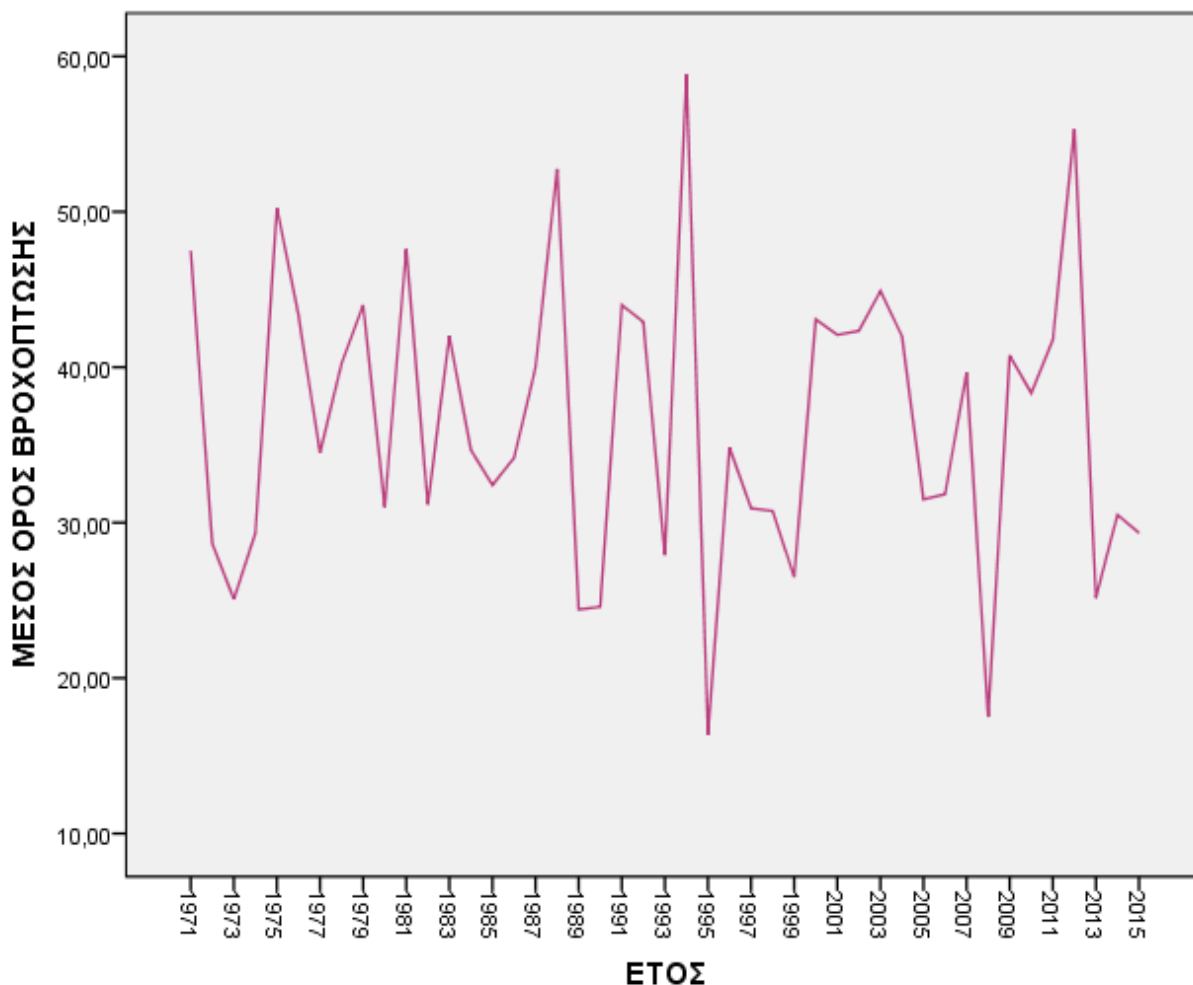
Διάγραμμα 4.3.8: Βροχοσειρές «έτος» – «εποχές»



4.3.5 Μόρφου

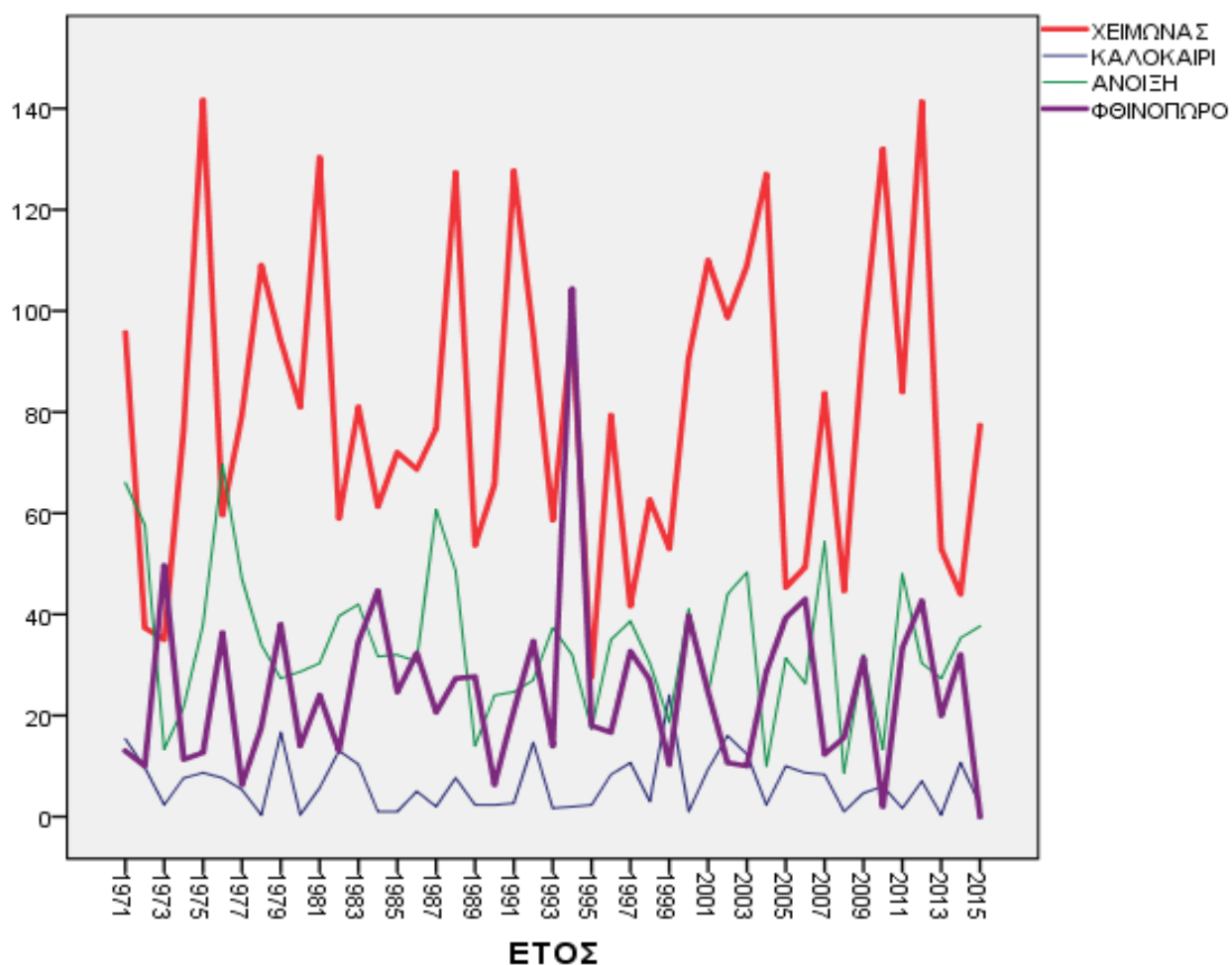
Για την περιοχή Μόρφου παρατηρείται ότι το έτος 1994 παρατηρείται από το διάγραμμα 4.9 ότι σημειώθηκε ο υψηλότερος μέσος όρος βροχόπτωσης, που ήταν 58 χιλιοστά βροχής. Ενώ το ακριβώς το επόμενο έτος, 1995 και το έτος 2008, σημειώθηκε ο μικρότερος μέσος όρος βροχόπτωσης που ήταν 15 χιλιοστά βροχής.

Διάγραμμα 4.3.9: Βροχοσειρά των μεταβλητών έτος & μέσος όρος βροχόπτωσης ανά έτος



Στο διάγραμμα 4.3.10 παρατηρείται ότι κατά τα έτη 1975 και 2013 σημειώθηκε η μεγαλύτερη βροχόπτωση του Χειμώνα που αντιστοιχούσε σε 140 χιλιοστά. Ενώ τα έτη 1973 και 1994 η βροχόπτωση του Φθινοπώρου ήταν περισσότερη από την βροχόπτωση του Χειμώνα. Τέλος, παρατηρείται ότι το καλοκαίρι είχε περισσότερη βροχόπτωση από ότι το Φθινόπωρο τα έτη 1974, 1999, 2002 και 2015.

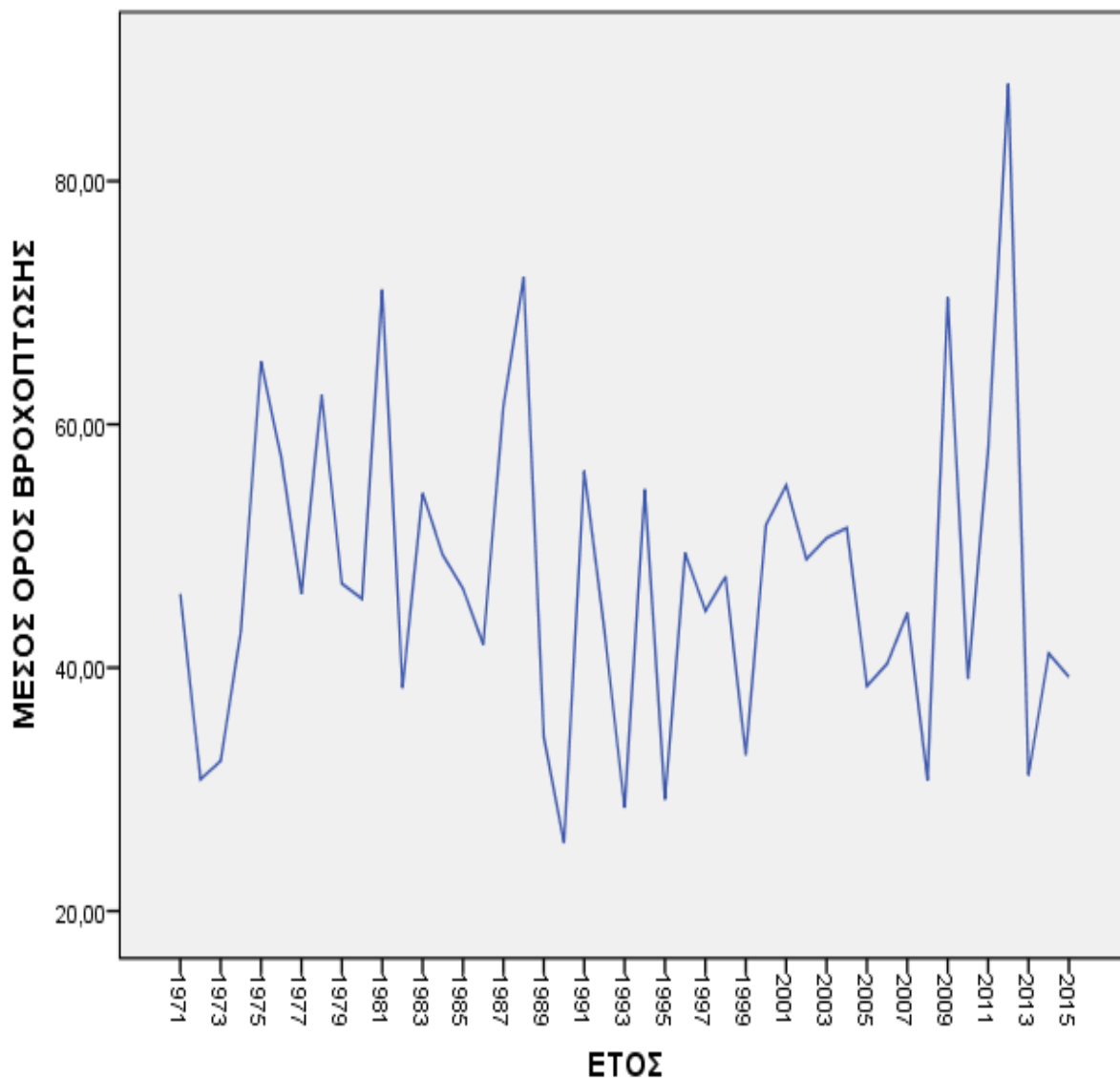
Διάγραμμα 4.3.10: Βροχοσειρές «έτος» – «εποχές»



4.3.6 Πάφος

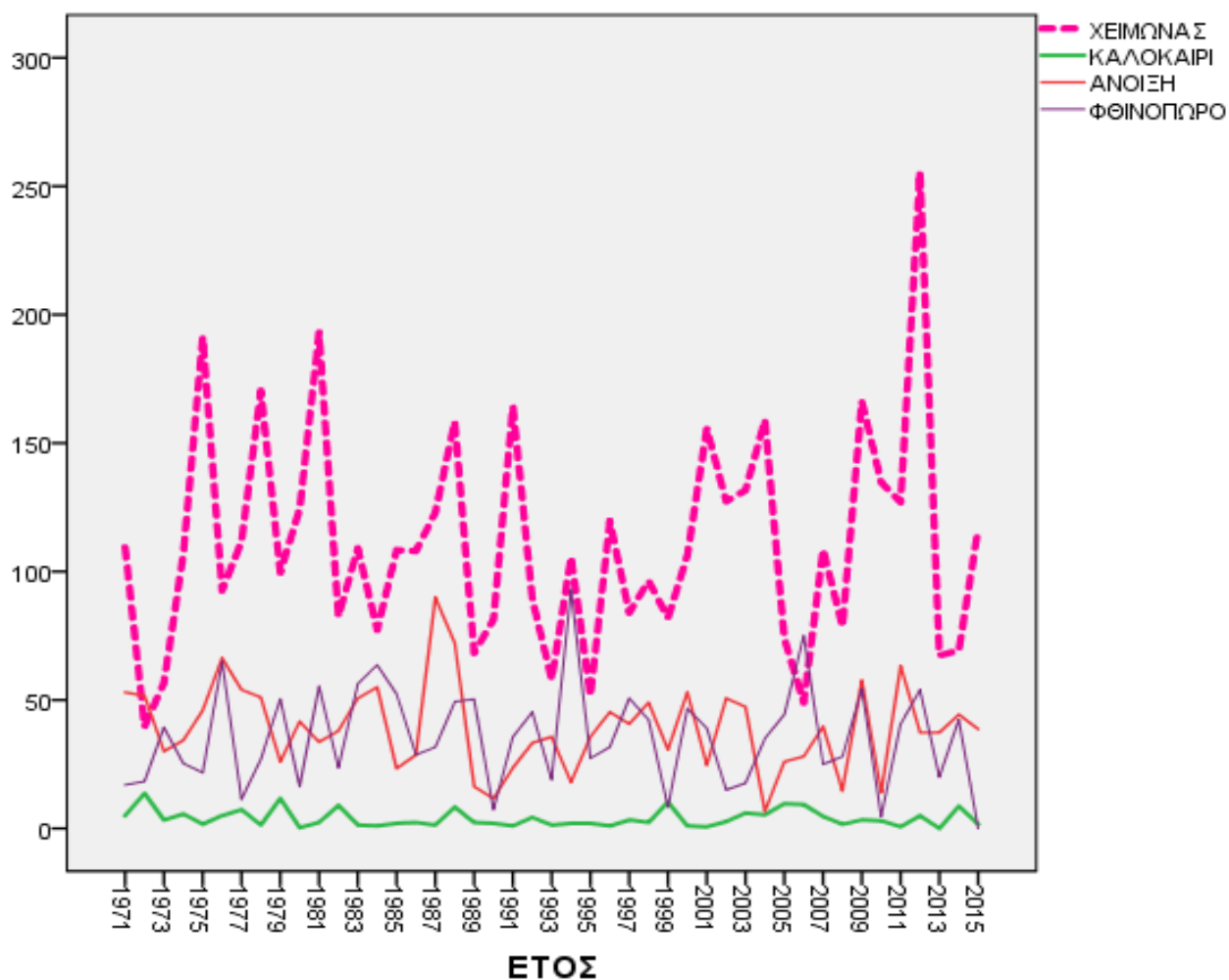
Για την περιοχή της Πάφου, από το διάγραμμα 4.3.11, φαίνεται ότι ο υψηλότερος μέσος όρος βροχόπτωσης σημειώθηκε το έτος 2012, όπου αντιστοιχούσε σε 90 χιλιοστά βροχής. Ενώ ο χαμηλότερος μέσος όρος βροχόπτωσης σημειώθηκε το έτος 1990.

Διάγραμμα 4.3.11: Βροχοσειρά των μεταβλητών έτος & μέσος όρος βροχόπτωσης ανά έτος



Από το διάγραμμα 4.3.12, φαίνεται ότι η υψηλότερη βροχόπτωση στην περιοχή της Πάφου σημειώθηκε το Χειμώνα του 2013. Ενώ την χαμηλότερη βροχόπτωση για την εποχή του Χειμώνα σημειώθηκε το έτος 1972 και αντιστοιχούσε σε 48 χιλιοστά βροχής. Τέλος, παρατηρείται ότι κατά τα έτη 1999, 2010 και 2015 η βροχόπτωση του Φθινοπώρου ήταν στα ίδια επίπεδα με του Καλοκαιριού.

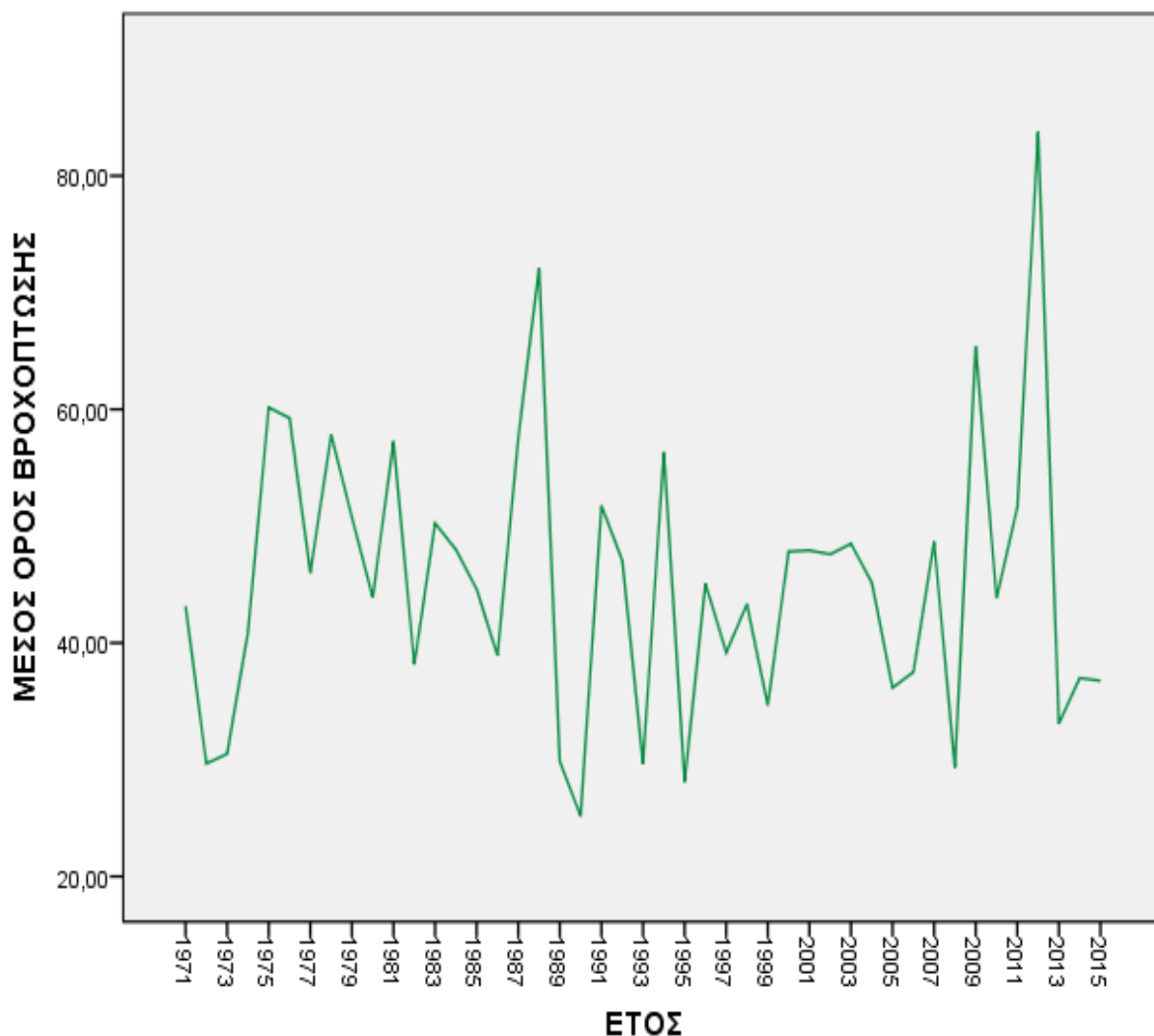
Διάγραμμα 4.3.12: Βροχοσειρές «έτος» – «εποχές»



4.3.7 Πόλις

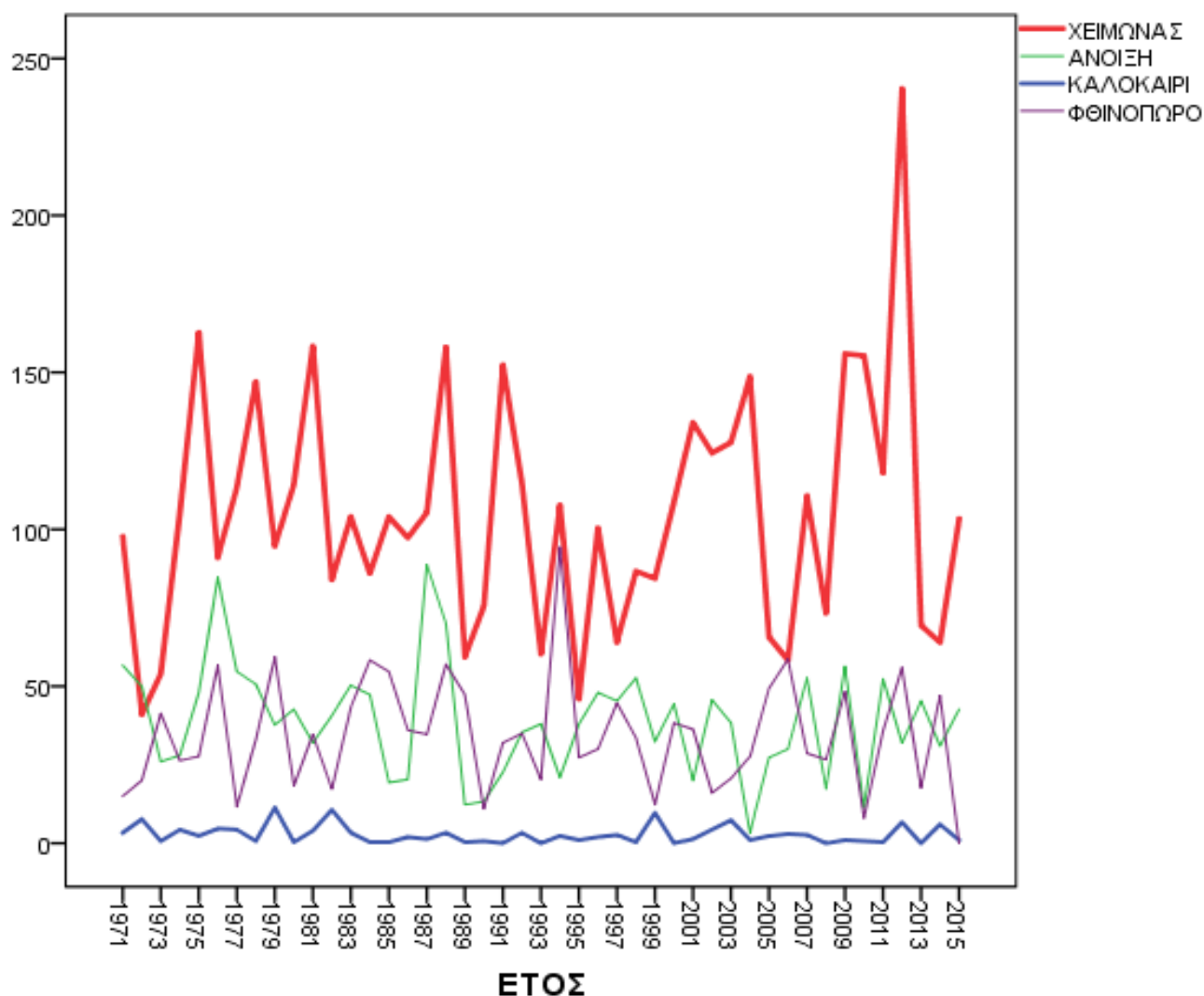
Τέλος, όσον αφορά την περιοχή της Πόλις φαίνεται από το διάγραμμα 4.3.13 ότι ο υψηλότερος μέσος όρος βροχόπτωσης σημειώθηκε το έτος 2013 και ήταν 80 χιλιοστά βροχής. Επίσης από το παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ότι τα χιλιοστά βροχόπτωσης κυμαίνονται μεταξύ 60 και 40 χιλιοστά.

Διάγραμμα 4.3.13: Βροχοσειρά των μεταβλητών έτος & μέσος ορός βροχόπτωσης ανά έτος



Από το διάγραμμα 4.3.14 παρατηρείται ότι η υψηλότερη βροχόπτωση που σημειώθηκε στην περιοχή Πόλις ήταν το Χειμώνα του 2013, σε αντίθεση με το έτος 1972 που είχε την χαμηλότερη βροχόπτωση. Το έτος 1994 παρατηρείται ότι η βροχόπτωση του Φθινόπωρου είναι στα ίδια επίπεδα με του Χειμώνα.

Διάγραμμα 4.3.14: Βροχοσειρές «έτος» – «εποχές»

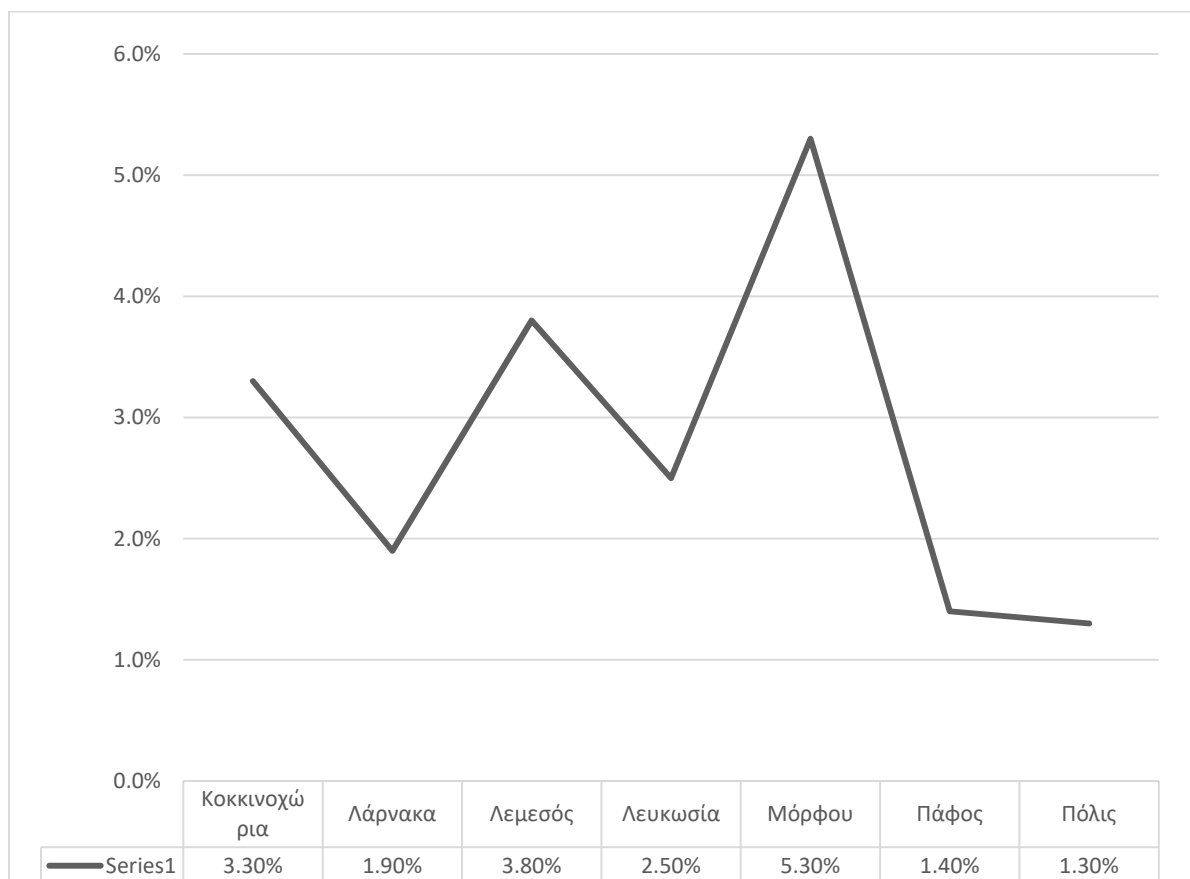


4.4 Σύγκριση περιοχών

Λαμβάνοντας υπόψιν τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν από την καθοδική πορεία του μέσου όρου της βροχόπτωσης ανά περιοχές για την χρονική περίοδο 1971 μέχρι 2015, μπορούμε συγκρίνουμε όλες τις περιοχές μεταξύ τους. Από το διάγραμμα 4.4.1 παρατηρείται ότι την μεγαλύτερη πτωτική τάση του μέσου όρου βροχόπτωσης είχε η περιοχή της Μόρφου με ποσοστό της τάξης των 5,3%, μετά ακολουθεί η περιοχή της Λεμεσού με ποσοστό της τάξης των 3,8%, η περιοχή των Κοκκινοχωριών με ποσοστό της τάξης των 3,3%, έπειτα η περιοχή της Λευκωσίας με ποσοστό της τάξης των 2,5%, ακολουθεί η Λάρνακα με ποσοστό 1,9% και τέλος η περιοχή της Πάφου και της Πόλης με ποσοστά της τάξεως 1,4% και 1,3% αντίστοιχα. Επίσης το μεγαλύτερο ποσοστό εμφανίζεται στην περιοχή της Μόρφου, η οποία είναι πεδιάδα και βρίσκεται στο κέντρο της Κύπρου, ενώ το χαμηλότερο ποσοστό παρουσιάστηκε στα παράλια του νησιού στην Πόλη της Χρυσοχούς. Σε αντίθεση η περιοχή της Λευκωσία που βρίσκεται στην

ενδοχώρα, κοντά από την περιοχή της Μόρφου, δεν παρατηρήθηκε τόσο μεγάλο ποσοστό πτωτικής τάσης των βροχοπτώσεων. Αυτό συμβαίνει διότι η περιοχή της Λευκωσίας δεν είναι μόνο πεδιάδα αλλά έχει μεγάλες εκτάσεις βουνών. Επομένως η μορφολογία του εδάφους διαφέρει κατά πολύ από της Μόρφου.

Διάγραμμα 4.4.1: Πτωτικό ποσοστό μέσου όρου «βροχόπτωσης» – «περιοχές»



4.5 Μέση ετήσια θερμοκρασία

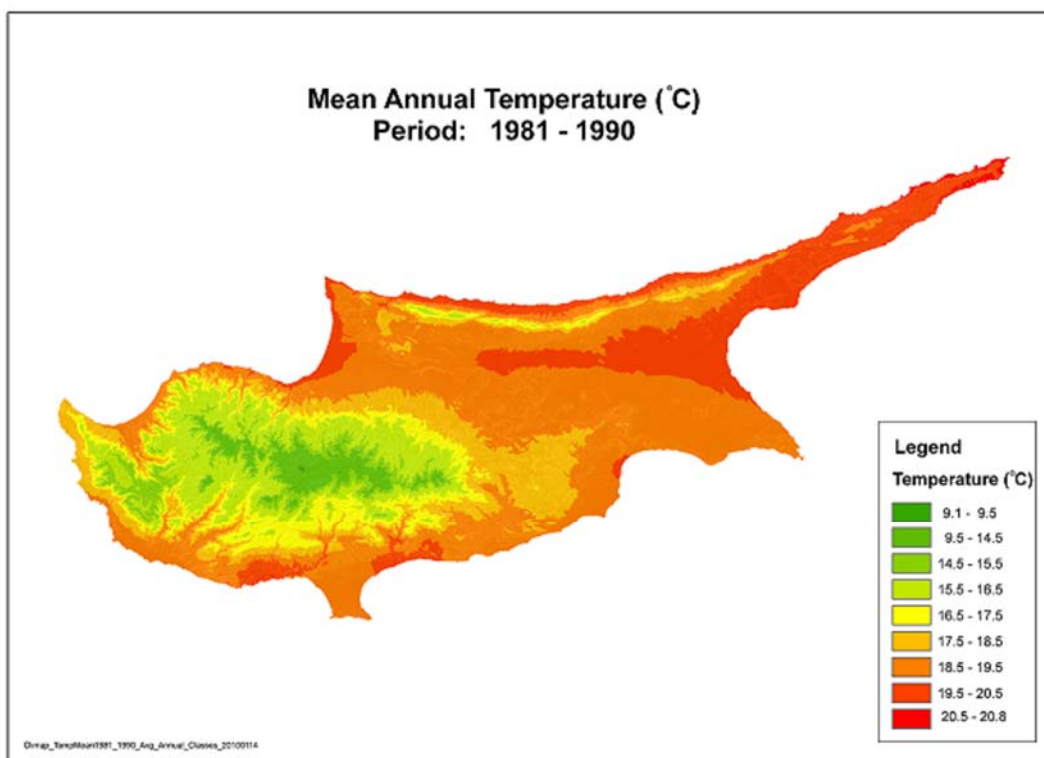
Η κανονική μέση τιμή της θερμοκρασίας για την Κύπρο έχει οριστεί την περίοδο 1961-1990 και είναι 17 °C. Η πορεία της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κατά τον 20^ο αιώνα και τον 21^ο αιώνα έχει αυξητική τάση και συγκεκριμένα έχει ρυθμό αύξησης 0.01 °C/ έτος. Για την περίοδο 1976-1998 ο μέσος ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας στις αστικές περιοχές είναι 0.035 °C/ έτος και στην ύπαιθρο 0.015 °C/ έτος. Το πιο θερμό έτος για την Κύπρο παρουσιάστηκε το έτος 1998 τον Αύγουστο. Ακόμη τον Αύγουστο του 2010 σημειώθηκαν πολύ ψηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τις κανονικές τιμές, με την πιο ψηλή να παρατηρείται στην Λευκωσία. Μελέτη για τις κλιματικές αλλαγές, σύμφωνα με τις πιο κάτω εικόνες, που έγινε για την Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου κατέδειξε ότι η

αύξηση στην μέση θερμοκρασία είναι περίπου 0,87 °C για την χρονική περίοδο 1981 μέχρι 2008 (Πασιαρδής et al., 2014).

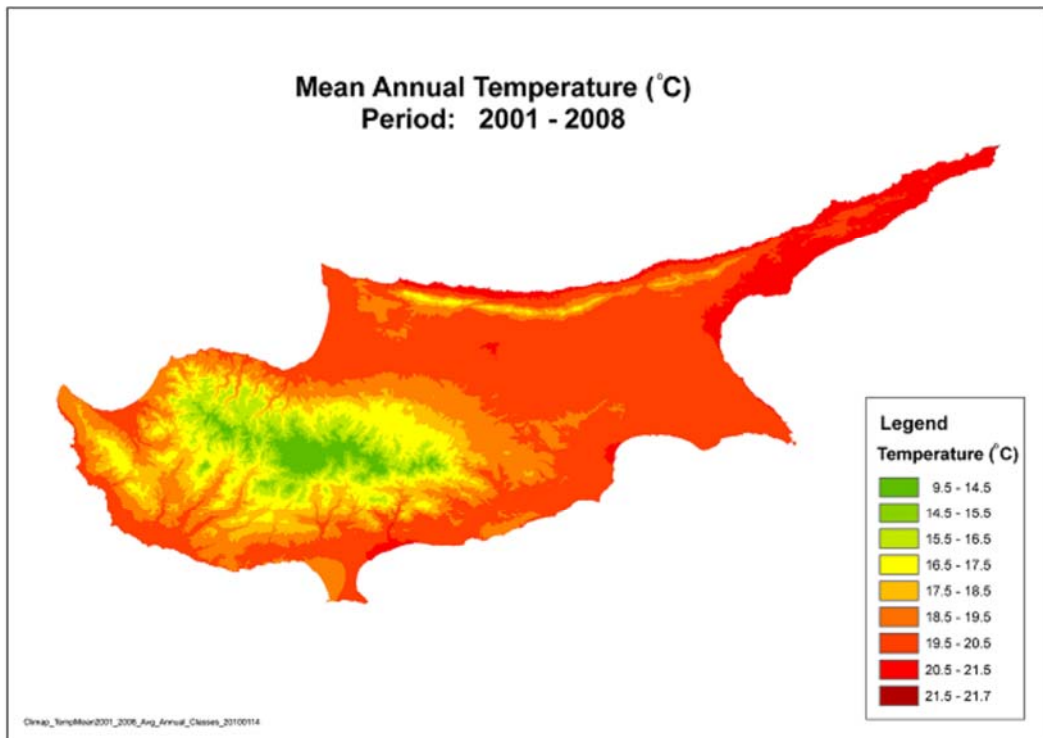
Mean Air Temperature (°C) over Cyprus

Statistics	Periods		
	1981-1990	1991-2000	2001-2008
Minimum Temp.	9.05	9.30	9.92
Average Temp.	18.15	18.63	19.02
Maximum Temp.	20.84	21.04	21.57
St. Deviation	1.65	1.57	1.60

Σχήμα 4.5.1: Αύξηση ετήσιας θερμοκρασίας για την Κύπρο, (Πασιαρδής et al., 2014).



Σχήμα 4.5.2 : Μέση ετήσια θερμοκρασία για την περίοδο 1981-1990, (Πασιαρδής et al., 2014).



Σχήμα 4.5.3 : Μέση ετήσια θερμοκρασία για την περίοδο 2001-2008, (Πασιαρδής et al., 2014).

Στη Λευκωσία η μέση ετήσια θερμοκρασία αυξήθηκε από 18.9°C στην πρώτη τριακονταετία του αιώνα σε 19.7°C στην τελευταία τριακονταετία, αυξήθηκε δηλαδή κατά 0.8°C. Λαμβάνοντας υπόψιν την πορεία της θερμοκρασίας σύμφωνα με τα πιο πάνω φαίνεται ότι η θερμοκρασία έχει αυξηθεί περίπου κατά 1 °C σε σχέση με την κανονική περίοδο 1961- 1990 (Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου). Συγκρίνοντας την πορεία της μέσης βροχόπτωσης της Κύπρου σε σχέση με την πορεία της θερμοκρασίας της Κύπρου για τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα παρατηρείται ότι, η θερμοκρασία στην Κύπρο έχει ανοδική τάση σε αντίθεση με την πτωτική τάση των βροχοπτώσεων για την χρονική περίοδο 1971 μέχρι 2015.

Κεφάλαιο 5

Συζήτηση – Συμπεράσματα- Εισηγήσεις

5.1 Συζήτηση Αποτελεσμάτων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας προκύπτει άμεση σύνδεση της πτωτικής τάσης της βροχής με την ανοδική πορεία της θερμοκρασίας. Η κλιματική αλλαγή είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αύξηση της θερμοκρασίας στην Κύπρο, η οποία συνοδεύεται από την αρνητική διακύμανση της βροχόπτωσης. Οι αλλαγές είναι εμφανείς στην βροχόπτωση αφού τα μειωμένα ποσοστά της είναι καθοδικά για την χρονική περίοδο 1971-2015. Επίσης για την χρονική περίοδο μελέτης, έχει παρατηρηθεί πιο συχνά το φαινόμενο της ανομβρίας στην χειμερινή περίοδο και η εμφάνιση τοπικών βροχοπτώσεων με την μορφή καταιγίδων κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

5.1.1 Αιτίες

Οι παρατηρούμενες αλλαγές όμως παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές από περιοχή σε περιοχή, αναδεικνύοντας την πολυπλοκότητα του κλιματικού συστήματος και την επίδραση των κλιματικών αλλαγών στον υδρολογικό κύκλο. Τα επίπεδα της βροχόπτωσης διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και αυτό οφείλεται:

- Μορφολογία του εδάφους. Το ανάγλυφο της κάθε περιοχής παίζει σημαντικό ρόλο στην κατανομή της βροχής σε όλο το νησί (Χορλακί et al., 2000). Περιοχές όπως της Λευκωσίας και Λάρνακας, οι οποίες έχουν ορεινές περιοχές παρουσιάζουν περισσότερες βροχές σε σχέση με περιοχές όπως της Μόρφου και των Κοκκινοχωρίων, οι οποίες είναι πεδιάδες.

- Στις παράλιες περιοχές η το ύψος της βροχής είναι μεγαλύτερο από τις χερσαίες περιοχές. Συγκεκριμένα η περιοχή της Μόρφου είχε το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης της βροχής ενώ το χαμηλότερο ποσοστό μείωσης της βροχής είχε η Πόλη της Χρυσοχούς. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο ποσοστό παρουσιάστηκε σε έκταση που βρίσκεται στο κέντρο του νησιού, χερσαία ενώ το χαμηλότερο ποσοστό παρουσιάστηκε στα παράλια του νησιού. Επομένως σημαντικό ρόλο παίζει και η γεωγραφία της περιοχής (Χορλακί et al., 2000). Συχνότερες βροχές σημειώνονται σε παράκτιες, παραλιακές περιοχές και λιγότερες σε χερσαίες εκτάσεις.
- Τα συστήματα χαμηλών πιέσεων της Μεσογείου που μεταφέρουν υγρές αέριες μάζες από τα δυτικά προς τα ανατολικά, οι οποίες συναντούν πρώτα τις περιοχές της Πάφου και της Πόλης Χρυσοχούς. Έτσι σε αυτές τις περιοχές παρουσιάζεται μικρότερο ποσοστό μείωσης της βροχόπτωσης.
- Κλιματικές αλλαγές. Το κλίμα της Κύπρου αλλάζει. Παρατηρώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα βλέπουμε ότι σε διάρκεια 44 χρόνων το κλίμα της Κύπρου έχει μεταβληθεί. Οι βροχές μειώνονται ως επακόλουθο της κλιματικής αλλαγής αφού το ετήσιο ύψος βροχής για κάθε περιοχή της μελέτης έχει μειωθεί.

Η Κύπρος έχει επηρεαστεί δυσμενώς από την κλιματική αλλαγή. Η αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται κυρίως στην αύξηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων αερίων θερμοκηπίου, που προέρχονται από φυσικές διεργασίες και ανθρώπινες δραστηριότητες. Το φαινόμενο το θερμοκηπίου είναι ένα φυσικό φαινόμενο. Την μεγαλύτερη συνεισφορά στο φαινόμενο έχουν κατά σειρά οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα και τα νέφη, που προέρχονται από φυσικές διεργασίες. Ωστόσο οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα ενώ παράλληλα εκπέμπονται και άλλα αέρια. Η έκλυση νέων ιχνοστοιχείων, όπως οι χλωροφθοράνθρακες, συντελούν με την σειρά τους στην αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες οι οποίες ενισχύουν την εκπομπή αερίων και κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα CO_2 είναι :

- Η γεωργία, με τις διάφορες δραστηριότητες των γεωργών για καλλιέργεια της γης και της αλλαγές της γης εκπέμπεται κυρίως διοξείδιο του άνθρακα CO_2 και μεθάνιο CH_4 .

- Η αποψίλωση των δασών για καλλιέργεια εκλύει στην ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα.
- Η καύση ορυκτών καυσίμων από τις βιομηχανίες και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως άνθρακας, πετρέλαιο και φυσικό αέριο συμβάλλουν στην έκλυση αερίων του θερμοκηπίου.
- Οι μεταφορές, η συγκοινωνία και τα νοικοκυριά επιφέρουν ένα μεγάλο μέρος διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα CO_2 .
- Η υγειονομική ταφή απορριμμάτων από τα Χ.Υ.Τ.Υ και Χ.Α.Δ.Α συνεισφέρουν με την σειρά τους στην εκπομπή μεθανίου CH_4 .
- Η χρήση βιομηχανικών φθοριούχων αερίων.

Η Κύπρος έχει επηρεαστεί αρνητικά από την θέρμανση του πλανήτη καθώς η μέση θερμοκρασία του νησιού έχει αυξηθεί περίπου $1\text{ }^\circ\text{C}$ για την χρονική περίοδο της μελέτης και αναμένεται να αυξηθεί μέχρι και $4\text{ }^\circ\text{C}$ τα επόμενα 100 χρόνια. Οδηγούμαστε επομένως στο συμπέρασμα ότι η παγκόσμια θέρμανση έχει σημαντικό ρόλο για την εμφάνιση καιρικών φαινομένων.

5.1.2 Παγκόσμια

Το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής δεν αφορά μόνο την Κύπρο αλλά και την παγκόσμια κοινότητα. Η εκδήλωση του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι γνωστό ως «πρόβλημα Παγκόσμιας Θέρμανσης».

Σε παγκόσμιο επίπεδο η συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου από το 1750 μέχρι και σήμερα έχει διαφοροποιηθεί. Συγκεκριμένα η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα το 1750 ήταν 280 ppm ενώ σήμερα είναι 360 ppm. Το ποσοστό μεταβολής του διοξειδίου του άνθρακα είναι 29%. Επίσης η συγκέντρωση μεθανίου CH_4 την ίδια χρονική περίοδο από 0.7 ppm ανέβηκε στο 1.7 ppm. Αυτό σημαίνει ότι το ποσοστό συγκέντρωσης μεθανίου στην ατμόσφαιρα παγκόσμια έχει μεταβληθεί κατά 143 %. Το ποσοστά αυτά είναι πολύ μεγάλα αν αναλογιστεί κανείς ότι την συγκεκριμένη χρονική περίοδο έχει γίνει τεράστια ανάπτυξη στις βιομηχανίες, στις μεταφορές και γενικά στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Βιομηχανική Επανάσταση). Ως συνέπεια των τεράστιων συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου είναι η παγκόσμια θέρμανση του πλανήτη. Τα τελευταία 100 χρόνια έχει παρατηρηθεί αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης από

0.3 °C μέχρι 0.8 °C ανάλογα την περιοχή. Επίσης τα καιρικά φαινόμενα αυξήθηκαν σημαντικά.

Εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής έχει μεταβληθεί το κλίμα έτσι οι βροχοπτώσεις έχουν μεταβληθεί διαφορετικά στον πλανήτη. Συγκεκριμένα :

- Η βροχόπτωση έχει αυξηθεί σημαντικά σε ανατολικές χώρες της Βόρειου και Νότιου Αμερικής, στην Βόρεια και Κεντρική Ασία καθώς και στην Βόρεια Ευρώπη (Europe.eu).
- Η βροχόπτωση έχει μειωθεί στην περιοχή της Μεσογείου, όπου βρίσκεται η Κύπρος, της Νότιας Ευρώπης, της Νότιας Αφρικής και στην Νότια Ασία.
- Σε πολλές περιοχές της Αφρικής και της Μεσογείου παρουσιάζονται περίοδοι με μεγάλη ανομβρία με αποτέλεσμα να παρατηρούνται εντονότερες και μεγαλύτερες περίοδοι ξηρασίας (Luis et al., 2000).
- Στην Κεντρική Ευρώπη τα τελευταία 50 χρόνια, κατά μέσο όρο, έχουν αυξηθεί κατά 4 οι ημέρες με ισχυρή βροχόπτωση ενώ στην Ιβηρική Χερσόνησο και στα Βαλκάνια έχουν μειωθεί κατά 2-3 περίπου ημέρες (Χορλακί et al., 2000).
- Οι ψυχρές υγρές μέρες είναι λιγότερες συχνές ενώ οι περίοδοι ανομβρίας και καύσωνα είναι πιο συχνές (Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου).
- Η συχνότητα των ακραίων καιρικών φαινομένων έχει αυξηθεί παγκόσμια, όπως η αύξηση των τροπικών κυκλώνων στο Βόρειο Ατλαντικό.
- Η τροπική ζώνη των βροχοπτώσεων διευρύνεται. Οι υποτροπικές ξηροθερμικές ζώνες μετατοπίζονται προς τους πόλους, σε περιοχές όπως οι νοτιοδυτικές ΗΠΑ, η νότια Αυστραλία και η νότια Ευρώπη, που γίνονται όλο και πιο ευάλωτες σε παρατεταμένες ξηρασίες (Goossens et al., 1986). Πέρα από τις υποτροπικές περιοχές, στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, οι καταιγίδες μετακινούνται επίσης προς τους πόλους. Το φαινόμενο αυτό ενισχύει των κλιματικών διαταραχών που επιφέρουν φαινόμενα όπως το Ελ Νίνιο και το Λα Νίνια.

5.1.3 Επιπτώσεις

Η πτωτική τάση της βροχόπτωσης επιφέρει επιπτώσεις με πολύπλευρο χαρακτήρα. Οι επιπτώσεις αφορούν το περιβάλλον, την υγεία και την οικονομία της Κύπρου.

Περιβάλλον

Ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως η ξηρασία, οι καταιγίδες, οι πλημμύρες, ο καύσωνας αναμένεται ότι θα είναι συχνότερα αλλά και εντονότερα στην Κύπρο. Έχει παρατηρηθεί από τα αποτελέσματα της μελέτης ότι στην Κύπρο έχουν παρατηρηθεί μείωση στην βροχόπτωση. Οι βροχές αναμένονται να μειωθούν περισσότερο στο μέλλον όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα της μελέτης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται περίοδοι με μεγάλη λειψυδρία (Michaëilides et al., 2009).

Επίσης η εμφάνιση τοπικής βροχόπτωσης μεγάλης έντασης, με την μορφή καταιγίδας αναμένεται να είναι εντονότερη στο μέλλον. Το φαινόμενο αυτό είναι πιο έντονο κατά τους φθινοπωρινούς μήνες.

Η εμφάνιση πλημμυρών στα αστικά κέντρα των πόλεων είναι πολύ πιθανή λόγω της πυκνής δόμησης των πόλεων και των περιορισμένων χώρων πρασίνου. Επίσης σε πολλούς αστικούς δρόμους δεν υπάρχει η κατάλληλη υποδομή φρεατίων ή είναι φραγμένα από κλαδιά και σκουπίδια έτσι υπάρχει μεγάλη πιθανότητα πλημμύρας όταν έχουμε έντονες τοπικές βροχοπτώσεις.

Στον γεωργικό τομέα η εμφάνιση έντονων καιρικών συνθηκών προκαλεί πολλά προβλήματα. Οι έντονες βροχοπτώσεις, πλημμύρες ή και χαμηλή βροχόπτωση έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή των γεωργικών καλλιεργειών, την διάβρωση του εδάφους και τις κτηνοτροφικές υποδομές (Europe.eu). Η βλαστητική περίοδος θα μειωθεί, θα μειωθεί η σοδιά των γεωργών και η ανάγκη για ύδρευση θα είναι μεγαλύτερη. Επίσης στην κτηνοτροφία θα επηρεαστεί αρνητικά αφού το ξηρό κλίμα με την απουσία των βροχών θα καταπονήσει τα ζώα και θα είναι ευάλωτα σε ασθένειες (Zachariades, 2012).

Παράλληλα στον δασικό τομέα η αύξηση της θερμοκρασίας και η ξηρασία θα αυξήσουν τα περιστατικά νέκρωσης συγκεκριμένων ειδών δέντρων καθώς και η πιθανότητα πρόκλησης δασικών πυρκαγιών είναι πολύ μεγάλη (Zachariades, 2012).

Ταυτόχρονα οι χαμηλές βροχοπτώσεις μαζί με τις ψηλές θερμοκρασίες στην Κύπρο απειλούν το έδαφος του νησιού, με απερίμωση, δηλαδή απώλεια της παραγωγικότητας του εδάφους. Η ερημοποίηση αποτελεί σοβαρό πρόβλημα στο νησί αφού το 57% των εδαφών είναι σε κρίσιμη κατάσταση και προκαλεί πολλά προβλήματα ξηρασίας στο νησί (Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου).

Το κλίμα της Κύπρου αλλάζει αφού σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ερευνάς διαπιστώθηκε ότι μέσα σε χρονική περίοδο 44 χρόνων η μείωση της βροχόπτωσης ήταν

αισθητή σε αντίθεση με την άνοδο της θερμοκρασίας. Έτσι από το μεσογειακό κλίμα που έχει η Κύπρος οδηγούμαστε σε πιο θερμό ξηρό κλίμα (τροπικό), παρόμοιο με το κλίμα των νότιων χωρών που βρίσκονται κοντά στον Ισημερινό.

Υγεία

Η κλιματική αλλαγή καθιστά το κλίμα της Κύπρου περισσότερο ζεστό και ξηρό, γεγονός το οποίο κάνει πιο ευάλωτη την υγεία των κατοίκων του νησιού. Η αλλαγή του κλίματος θα επιφέρει επιδημίες και ασθένειες, που θα προκαλούνται από κουνούπια, άλλα έντομα και τρωκτικά. Η διάδοση των ασθενειών θα είναι πιο εύκολη λόγω της κακής ποιότητας της ατμόσφαιρας. Επιπλέον, η υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να προκαλέσει και στην Κύπρο, αύξηση μικροβίων και βακτηριδίων που δυνατόν να οδηγήσουν σε αύξηση των λοιμώξεων. Επιπλέον η ρύπανση του αέρα και η εμφάνιση σκόνης στην ατμόσφαιρα θα αυξήσει την προδιάθεση για άσθμα, αναπνευστικές μολύνσεις και καρδιακά προβλήματα στους κατοίκους του νησιού.

Οικονομία

Η ενεργειακή ζήτηση τον χειμώνα σε ηλεκτρισμό είναι μειωμένη σε αντίθεση με το καλοκαίρι. Το καλοκαίρι υπάρχει μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για σκοπό κλιματισμού. Η αυξημένη ανάγκη για ενέργεια κατά τους καλοκαιρινούς μήνες επιβαρύνει το κόστος για τα κυπριακά νοικοκυριά του νησιού.

Η ανομβρία στο νησί έχει αντίκτυπο στα αποθέματα νερού του νησιού. Οι ανάγκες για νερό για την καθημερινή ζωή των κατοίκων του νησιού καθώς και για δραστηριότητες όπως την γεωργία και κτηνοτροφία είναι πολύ μεγάλες. Λόγω των μειωμένων βροχοπτώσεων τα αποθέματα νερού είναι πολύ λίγα σε σχέση με τις ανάγκες του νησιού. Επομένως απαιτείται αυξημένη παραγωγή νερού από τις μονάδες αφαλάτωσης, οι οποίες είναι πολύ ενεργοβόρες (Zachariades, 2012).

Σκόνη

Στην Κύπρο, όπως και σε γειτονικές χώρες παρατηρείται συχνά επεισόδια μεταφοράς σκόνης από την Δυτική Ασία κυρίως από την Συρία, την έρημο της Σαχάρας και περιοχές της Βόρειας Αφρικής. Η σκόνη ανάλογα με την περιοχή που προέρχεται συχνά περιέχει βαρέα μέταλλα, όπως ο ψευδάργυρος, ο μόλυβδος, το χρώμιο και βανάδιο, τα οποία είναι πολύ επιβλαβή για την υγεία του ανθρώπου και την γεωργία.

Η παρουσία της σκόνης έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια και αυτό οφείλεται στην ραγδαία ερημοποίηση σε πολλές περιοχές του πλανήτη. Ο παγκόσμιος Άτλας ερημοποίησης εκτιμά ότι στην Ευρώπη το 8% της επικράτειας είναι ευάλωτο σε σταδιακή ερημοποίηση. Συγκεκριμένα οι χώρες που έχουν επηρεαστεί είναι: Κύπρος, Ελλάδα, Βουλγαρία, Κροατία, Μάλτα, Πορτογαλία, Ισπανία, Ιταλία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ουγγαρία και Λετονία (WAD). Τεράστιες εκτάσεις χάνουν τη βλάστησή τους με αποτέλεσμα το έδαφος να προσφέρεται για τη δημιουργία της σκόνης αλλά και τη μεταφορά της.

Επίσης τα αερολύματα και η σκόνη επηρεάζουν το κλίμα και τον καιρό της περιοχής. Έχει παρατηρηθεί ότι όταν ένα επεισόδιο σκόνης παρουσιαστεί σε μια περιοχή τότε σημειώνονται βροχές με την υποχώρηση της σκόνης. Αυτό οφείλεται στο ότι η σκόνη επηρεάζει την ανάπτυξη νεφών. Τα σωματίδια της σκόνης και των αερολυμάτων επηρεάζουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης, είτε ανακλώντας το φως πίσω στο διάστημα, μειώνοντας έτσι την ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της Γης, είτε απορροφώντας την ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα την θέρμανση της ατμόσφαιρας. Η μεταβλητή ψύξη και θέρμανση επηρεάζει την σταθερότητα της ατμόσφαιρας με συνέπεια την κατακόρυφη κίνηση και τον σχηματισμό των νεφών (Rogers et al., 1989). Έτσι το μέσο ύψος νεφών αυξάνεται στο διπλάσιο, από το φυσιολογικό μέσο ύψος κάτω από συνθήκες καθαρής ατμόσφαιρας. Συνεπώς οι πιθανότητες εκδήλωσης βροχής, κατά την διάρκεια ενός επεισοδίου σκόνης, είναι διπλάσιες, από ότι σε καθαρή ατμόσφαιρα.

5.2 Συμπεράσματα

Από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε σχετικά με τις βροχοπτώσεις στην Κύπρο, ανέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

Η γραμμική τάση της βροχόπτωσης είναι γενικά πτωτική χωρίς να έχουν προκύψει στατιστικά σημαντικές περιπτώσεις γεγονός που οφείλεται στο κλίμα της Κύπρου. Οι τάσεις ανόδου της βροχόπτωσης παρατηρούνται περισσότερο στη μέση της βροχοσειράς.

Γενικά παρατηρείται ότι στις συγκεκριμένες πόλεις της Κύπρου ο υψηλότερος μέσος όρος βροχόπτωσης παρουσιάζεται τα έτη 1994 και 2012. Ενώ περισσότερη κατά μέσο όρο ανυδρία παρουσιάζεται τα έτη 1995 και 1990.

Ομαδοποιώντας τις περιοχές ανάλογα με τα έτη, όπου είχαν περισσότερη βροχόπτωση, προκύπτει ότι:

- Κατά το έτος 1994 οι περιοχές της Λάρνακας, της Λευκωσίας και της Μόρφου είχαν την μεγαλύτερη κατά μέσο όρο βροχόπτωση και το έτος 1995 είχαν την χαμηλότερη κατά μέσο όρο βροχόπτωση.
- Κατά το έτος 2012 οι περιοχές της Λεμεσού και της Πάφου είχαν την υψηλότερη κατά μέσο όρο βροχόπτωση, ενώ το έτος 1995 είχε η Λεμεσός την χαμηλότερη κατά μέσο όρο βροχόπτωση και η Πάφος είχε την χαμηλότερη το έτος 1990.
- Τέλος τα Κοκκινοχώρια και η Πόλις δεν ανήκουν σε καμία από τις παραπάνω ομάδες. Η πρώτη περιοχή είχε κατά μέσο όρο υψηλότερη βροχόπτωση το έτος 1991 και χαμηλότερη τα έτη 1973, 1995, 2008, 2013. Παρατηρούμε ότι είναι μια περιοχή με χαμηλή βροχόπτωση. Ενώ η Πόλις έχει τον υψηλότερο μέσο όρο βροχόπτωσης το 2013 και το χαμηλότερο το 1990.

Συγκρίνοντας το ποσοστό πτωτικής τάσης της βροχόπτωσης προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό είχε η περιοχή της Μόρφου με ποσοστό της τάξης των 5,3%, ακολούθως η περιοχή της Λεμεσού με ποσοστό της τάξης των 3,8%, η περιοχή των Κοκκινοχωρίων με ποσοστό της τάξης των 3,3%, έπειτα η περιοχή της Λευκωσίας με ποσοστό της τάξης των 2,5%, ακολουθεί η Λάρνακα με ποσοστό 1,9% και τέλος η περιοχή της Πάφου και της Πόλις με ποσοστά της τάξεως 1,4% και 1,3% αντίστοιχα.

Καταλήγοντας τα αίτια για την μειωμένη βροχόπτωση και την ανοδική θερμοκρασία που επικρατεί στο νησί ευθύνεται κυρίως η παγκόσμια θέρμανση του πλανήτη και μετέπειτα η μορφολογία και το κλίμα του νησιού. Συνεπώς η κλιματική αλλαγή έχει επηρεάσει το κλίμα της Κύπρου δυσμενώς.

5.3 Εισηγήσεις

Το πρόβλημα που αντιμετωπίζει η Κύπρος από την μεταβολή των βροχοπτώσεων και την αλλαγή του κλίματος είναι έντονο. Με την πάροδο του χρόνου εκτιμάται να γίνει ακόμη πιο έντονο ιδιαίτερα με τις ψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στο νησί.

Σημαντική είναι η κατανόηση του προβλήματος από τις αρχές του νησιού. Γίνεται σαφές ότι τα αποτελέσματα της μεταπτυχιακής διατριβής αποτελούν μια βάση για περαιτέρω μελέτη και έρευνα για την βελτίωση και εξέλιξη των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην Κύπρο.

Βιβλιογραφία

Adler RF, Huffman GJ, Chang A, Ferraro R, Xie P, Janowiak J, Rudolf B, Schneider U, Curtis S, Bolvin D, Gruber A, Susskind J, Arkin P (2003) The Version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979 – Present). *J Hydrometeor* 4(6): 1147–1167

Ahrens, D.C. (2003). *Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment*. Pacific Grove: Brooks Cole.

Arkin, P.A. and Meisner, B.N. (1987). The relationship between large-scale convective rainfall and cold cloud over the western hemisphere during 1982–84. *Mon. Wea. Rev.* 115, 51–74.

Barriopedro D, Fischer EM, Luterbacher J, Trigo R, Garcia-Herrera R (2011) The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe. *Science* 332:220–224. doi:10.1126/science.1201224

Barstad I, Smith RB. 2005. Evaluation of an orographic precipitation model. *J. Hydrometeorol.* 6: 85–99.

Bellprat O, Kotlarski S, Lüthi D, De Elfa R, Frigon A, Laprise R, Schär C (2016) Objective calibration of regional climate models: application over Europe and North America. *J Clim* 29(2):819–838

Ben-Gai T, Bitan A, Manes A, Alpert P (1994) Long-term changes in annual rainfall patterns in southern Israel. *Theor Appl Climatol* 49: 59–67

Berger, A.; Mesinger, F. & Sijacki, D. S., ed. (2012), *Climate Change. Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects*, Springer.

Brunetti M, Maugeri M, Nanni T (2002) Atmospheric circulation and precipitation in Italy for the last 50 years. *Int J Climatol* 22: 1455–1471

C. Price, S. Michaelides, S. Pashiardis, P. Alpert, 1999. Long Term Changes in Diurnal Temperature Range in Cyprus *Atmospheric Research* 51, 85-98

- Chang W, Stein M, Wang J, Kotamarthi VR, Moyer E (2016) Changes in spatio-temporal precipitation patterns in changing climate conditions. *J Clim.*
- Christensen Ronald, *Analysis of Variance, Design, and Regression: Linear Modeling for Unbalanced Data, Second Edition, 2011*
- Clark, A.J., Gallus, W.A., Xue, M., Kong, F., 2009. A comparison of precipitation forecast skill between small convection-allowing and large convection-parameterizing ensembles. *Weather Forecast.* 24 (4):1121–1140.
- Cochrane, J. H. (2005). *Time Series for Macroeconomics and Finance*. Chicago: Graduate School of Business, University of Chicago.
- Costa AC, Soares A (2009) Trends in extreme precipitation indices derived from a daily rainfall database for the South of Portugal. *Int J Climatol* 9:1956–1975
- Critchfield, H.J. (1974). *General Climatology*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall
- Cullen HM, de Menocal PB (2000) North Atlantic influence on Tigris-Euphrates streamflow. *Int J Climatol* 20: 853–863
- de Lima MIP, Santo FE, Ramos AM, de Lima JLMP (2012) Recent changes in daily precipitation and surface air temperature extremes in mainland Portugal, in the period 1941–2007.
- De Luis, M., J. Raventos, J.C. Gonzales-Hidalgo, J.R. Sanchez, and J. Cortina, 2000: Spatial analysis of rainfall trends in the region of Valencia (East Spain). *Int. J. Climatol.*, **20**:1451-1469.
- Dennett, M. D., Elston, J., and Rodgers, J. A.: 1985, 'A Reappraisal of Rainfall Trends in the Sahel', *J. Climat.* 5, 541–546.
- Di Luca, A., de Elía, R., Laprise, R., 2015. Challenges in the quest for added value of regional climate dynamical downscaling. *Curr. Clim. Chang. Rep.* 1 (1):10–21.
- Diffenbaugh, N., Giorgi, F., 2012. Climate change hotspots in the CMIP5 global climate model ensemble. *Clim. Chang.* 114 (3–4), 813–822.
- DTREG. (2010). *Time Series Analysis*. Retrieved March 2015, from DTREG: <https://www.dtreg.com/methodology>

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/148573/Cyprus>

European Environment Agency <https://www.eea.europa.eu/>

Feidas H, Makrogiannis T, Bora-Senta E (2004) Trend analysis of air temperature time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955–2001. *Theor Appl Climatol* 79: 185–208

Fleagle R. G., and Businger J. A., *Introduction to Atmospheric Physics*, Academic Press, 1963

Fosser, G.; Khodayar, S. & Berg, P. (2015), 'Benefit of convection permitting climate model simulations in the representation of convective precipitation', *Climate Dynamics* 44(1), 45--60.

Gilleland E. and Katz R., 2006 : Analyzing seasonal to interannual extreme weather and climate variability with the extremes toolkit. 18th Conference climate variability and change, Atlanta P2.15.

Gonzalez-Hidalgo JC, De Luis M, Raventos J, Sanchez JR (2001) Spatial distribution of rainfall trends in a Western Mediterranean area. *Int J Climatol* 21: 843–860

Goossens, Ch., and A. Berger, 1986: Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. *Annales Geophysicae*, 4, B, 4, 385-400.

Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D., New, M., 2008. A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. *J. Geophys. Res. Atmos.* 113, D20119

http://www.cyprusremotesensing.com/ilatic/docs/Silas_Michaelides_102014.pdf

Hulme M. (2008), *The conquering of climate: discourses of fear and their dissolution*. *Geogr J*, 174:5–16.

Hulme M. (2010), *Mapping climate change knowledge: an editorial essay*, Vol 1, John Wiley & Sons, Ltd.

Hurrell JW (1995) Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science* 269: 676–679

Hurrell, J. W., 1995: Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, 676–679.

IPCC (1996) *Climate change 1995: The science of climate change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press

IPCC, Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.-K., Allen, S.K., Tignor, M., Midgley, P.M., 2012.

IPCC. (2007) In: Solomon S, Qin D, Manning M, Marquis M, Averyt K, et al., eds. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. WGI Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge, UK: Cambridge University Press; p 996.

Isaac, A.G., and Stuart, R.A., 1992 : Temperature – Precipitation Relationships for Canadian Station. *J. Clim.*, 5, 822-830.

Joss, J. and Waldvogel, A. (1990). Precipitation measurement and hydrology: a review, in *Battan Memorial and Radar Conference, Radar in Meteorology*, editor D. Atlas, publ. AMS., Boston, chapter 29a, 577–606.

Katsanos, D., Retalis, A., Michaelides, S., 2016. Validation of a high-resolution precipitation database (CHIRPS) over Cyprus for a 30-year period. *Atmos. Res.* 169:459–464.

Klein Tank AMG, et al (2002) Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European climate assessment. *Int J Climatol* 22: 1441–1453

Kröner N. et al, (2016), Separating climate change signals into thermodynamic, lapse-rate and circulation effects: theory and application to the European summer climate, *Clim Dyn*, DOI 10.1007/s00382-016-3276-3

Kutiel H, Maheras P, Türkeş M, Paz S (2002) North Sea –Caspian Pattern (NCP) – an upper level atmospheric teleconnection affecting the eastern Mediterranean – implications on the regional climate. *Theor Appl Climatol* 72: 173–192

Lana X, Burgueño A (2000b) Statistical distribution and spectral analysis of rainfall anomalies for Barcelona (NE Spain). *Theor Appl Climatol* 66: 211–227

Lana X, Burgueño A, Martínez MD, Serra C (2012) Some characteristics of a daily rainfall deficit regime based on the dry day since last rain index (DDSLR). *Theor Appl Climatol* 109:153–174

- Le Treut H, McAvaney B (2000) A model intercomparison of equilibrium climate change in response to CO₂ doubling. Note du Pôle de Modélisation de l'IPSL, 2000
- Lelieveld, J et al., 2012. Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and in the Middle East. *Climatic Change*, 114(3-4), pp.667-687
- Leonard, M., & Wolfe, B. (2005). Mining Transactional and Time Series Data. *Data Mining and Predictive Modeling*, 1-3
- Liu C, Moncrieff MW, Tuttle JD, Carbone RE (2006) Explicit and parameterized episodes of warm-season precipitation over the continental United States. *Adv Atmos Sci* 23(1):91–105
- Łupikasza, E. (2016), *The Climatology of Air-Mass and Frontal Extreme Precipitation*, Springer International Publishing Switzerland.
- Maheras P (1988) Changes in precipitation conditions in the Western Mediterranean over the last century. *J Climatol* 8: 179–189
- Maheras P, Colyva-Machera F (1993) Drought and its dynamic causes over the Greek area. Proc. 3rd Greek National Geographical Congress, Thessaloniki, Greece. Hellenic Geographical Society, Athens, pp 529–546
- Maheras, P. and C. Anagnostopoulou, 2003: *Circulation Types and Their Influence on the Interannual Variability and Precipitation Changes in Greece*. Mediterranean climate – variability and trends. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 215-239
- Malcolm H. and Neville N., 2000 : Trends in extreme rainfall indices for an updated high quality data set for Australia, 1910-1998. *International journal of climatology*, 20, 1533-1541.
- MEDARE Proceedings of the International Workshop on rescue and digitization of Climate Records in the Mediterranean Basin, Pp 185-192. Ed. M. Brunet and F. Kuglitsch
- Michaelides S.C., Tymvios F.S., Michaelidou T., (2009), Spatial and temporal characteristics of the annual rainfall frequency distribution in Cyprus, *Atmospheric Research* 94, 606–615
- Mitchell, J.M., 1966: *Climatic Change*, WMO Tech. Note 79. WMO No. 195. TP-100, Geneva, 79 pp.

- Nathaniel B. Guttman, 1998. Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 34, No.1
- Negri, A. J. & Adler, R. F., 1993. An intercomparison of three satellite infrared rainfall techniques over Japan and surrounding waters, *J. Appl. Meteorol.*, 32, 357-373.
- Nelson, G. C., and Coauthors, 2009: Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation. IFPRI Food Policy Rep.,19 pp.
- O’Gorman PA, Schneider T (2009) The physical basis for increases in precipitation extremes in simulations of 21st-century climate change. *Proc Natl Acad Sci* 106(35):14773
- Olaniran, O. J. (1991), 'Evidence of climatic change in Nigeria based on annual series of rainfall of different daily amounts, 1919–1985', *Climatic Change* **19**(3), 319--340.
- Pashiardis, S., 2008. Rescue and Digitization of Climate Data in Cyprus
- Pentaho. (n.d.). Time Series Analysis and Forecasting (with WEKA). Retrieved March 2015, from Pentaho: <http://wiki.pentaho.com/display/DATAMINING/Time+Series+Analysis+and+Forecasting+with+Wek>
- Perkins S, Pitman A, Holbrook N, McAneney J (2007) Evaluation of the AR4 climate models’ simulated daily maximum temperature, minimum temperature, and precipitation over Australia using probability density functions. *J Clim* 20(17):4356–4376
- Peter W. Vik Regression, ANOVA, and the General Linear Model: A Statistics Primer 1st Edition, 2013
- Piervitali E, Colacino M (2003) Precipitation scenarios in the central-western Mediterranean Basin. In: B€olle H-J (ed) *Mediterranean climate. Variability and trends*. Berlin: Springer, pp 245–258
- Prein AF, Rasmussen RM, Ikeda K, Liu C, Clark MP, Holland GJ (2017) The future intensification of hourly precipitation extremes. *Nat Clim Change* 7:48–52
- Rebetez M, Dupont O, Giroud M (2009) An analysis of the July 2006 heatwave extent in Europe compared to the record year of 2003. *Theor Appl Climatol* 95:1–7. doi:10.1007/s00704-007-0370-9

- Reiser H, Kutiel H (2008) Rainfall uncertainty in the Mediterranean: definition of the rainy season—a methodological approach. *Theor Appl Climatol* 94:35–49
- Reiser H, Kutiel H (2010a) Rainfall uncertainty in the Mediterranean: intra-seasonal rainfall distribution. *Theor Appl Climatol* 100:105–121.
- Robert G. Fleagle and Joost A. Businger, 1980: *An Introduction to Atmospheric Physics*. International Geophysics Series, Academic Press
- Rogers R. R., *A Short Course in Cloud Physics*, Pergamon Press, 1979
- Rogers, R.R. and M.K. Yau, 1989: *A short course in cloud Physics*. Oxford et al, Pergamon Press, 293 pp.
- Rotunno, R. & Houze, R. A. [], 'Lessons on orographic precipitation from the Mesoscale Alpine Programme', *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 133(625), 811-830.
- Schär C et al, (2004) The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427:332–336. doi:10.1038/nature02300
- Sneyers, R., 1992: Use and measure of statistical methods for detection of climatic change. In: *climate change detection Project, Report on the Informal Planning meeting a statistical procedures for climate change detection*. WCDMP, 20:176-181.
- Sneyers, R., 1992: Use and measure of statistical methods for detection of climatic change. In: *climate change detection Project, Report on the Informal Planning meeting a statistical procedures for climate change detection*. WCDMP, 20:176-181.
- Sorooshian, S., Duan, Q., Gupta, V.K., 1993. Calibration of rainfall-runoff models: application of global optimization to the Sacramento soil moisture accounting model. *Water Resour. Res.* 29 (4):1185–1194
- Spiridonov, V., Baez, J., Telenta, B., 2017. Heavy convective rainfall forecast over Paraguay using coupled WRF-cloud model. In: Karacostas, T., Bais, A., Nastos, P.T. (Eds.), *Perspectives of Atmospheric Sciences*:pp. 183–189
- Sumner, G.N. (2000). *Precipitation: Process and Analysis*. New York: Wiley
- Tomozeiu R, Lazzeri M, Cacciamani C (2002) Precipitation fluctuations during the winter season from 1960 to 1995 over Emilia-Romagna, Italy. *Theor Appl Climatol* 72: 221–229

- Tout, D.G., 1987 : Precipitation – Temperature relationships in England and Wales summers. *J. Clim.*, 7, 181-184.
- Ulbrich, U., and Coauthors, 2006: TheMediterranean climate change under global warming. *Mediterranean Climate Variability and Predictability*, P. Lionello et al., Eds., Elsevier, 398–415
- Van Loon H, Rogers JC (1978) The seesaw in winter temperatures between Greenland and northern Europe. Part I: winter. *Mon Wea Rev* 104: 365–380
- Ventura F, Rossi-Pisa P, Ardizzoni E (2002) Temperature and precipitation trends in Bologna (Italy) from 1952 to 1999. *Atmos Res* 61: 203–214
- Vicente-Serrano SM, López-Moreno JI (2008) The nonstationary influence of the North Atlantic Oscillation on European precipitation. *J Geophys Res Atmos* 113, D20120.
- Vijaya Venkata Raman, S., Iniyar, S. & Goic, R., 2012. A review of climate change, mitigation and adaptation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), pp. 878-897.
- Vose, R. S., R. L. Schmoyer, P. M. Steurer, T. C. Peterson, R. Heim, T. R. Karl, and J. K. Eischeid, 1992: The Global Historical Climatology Network: Long-term monthly temperature, precipitation, sea-level pressure, and station pressure data. Carbon Dioxide Information Analysis Center Rep. ORNL/CDIAC-53, 25 pp.
- Wang XL, Feng Y (2010) RHtestsV3 User Manual. Climate Research Division, Science and Technology Branch, Environment Canada. 27 pp.
- White W.B., 1988, *Geomorphology and Hydrology of karst terrains*, Oxford University Press, Oxford, New York
- Williams P.W., 1993, *Environmental Changes and Human Impact on Karst Terrains: An Introduction*. In: Paul W. Williams ed. *Karst Terrains: Environmental Changes and Human Impact*. Cremlingen –Destedt: Caterna –Verlag: 1-19
- Williams, J.: 1980, 'Anomalies in Temperature and Rainfall During Warm Arctic Seasons as a Guide to the Formulation of Climate Scenarios', *Climatic Change* 2, 249–266.
- WMO (2007) The role of climatological normal in a changing climate. WCDMP-No. 61, WMO-TD No. 1377, Geneva
- WORLD ATLAS OF DESERTIFICATION (WAD): wad.jrc.ec.europa.eu/

www.airquality.dli.mlsi.gov.cy/

www.ecoweather.gr

Xoplaki, E., J. Luterbacher, R. Burkard, I. Patrikas and P. Maheras, 2000: Connection between the large-scale 500 hPa geopotential height fields and precipitation over Greece during wintertime. *Clim. Res.* 14: 129-146.

Xoplaki, E., J. Luterbacher, R. Burkard, I. Patrikas and P. Maheras, 2000: Connection between the large-scale 500 hPa geopotential height fields and precipitation over Greece during wintertime. *Clim. Res.* 14: 129-146.

Yearley S. (2006), How many 'ends' of nature: making sociological and phenomenological sense of the end of nature. *Nat Cult* 2006, 1:10-21.

Zachariadis T. (2010), Residential Water Scarcity in Cyprus: Impact of Climate Change and Policy Options, *Water* 2, 788-814; doi:10.3390/w2040788

Zhang J, Howard K, Langston C, Kaney B, Qi Y, Tang L, Grams H, Wang Y, Cocks S, Martinaitis S et al (2016) Multi-radar multi-sensor (MRMS) quantitative precipitation estimation: initial operating capabilities. *Bull Am Meteorol Soc* 97(4):621-638

Zittis, G., Hadjinicolaou, P., Lelieveld, J., 2014b. Comparison of WRF model physics parameterizations over the MENA-CORDEX domain. *Am. J. Clim. Chang.* 3:490-51

Αναγνωστοπούλου, Χ. Γ., 2003: Συμβολή στη μελέτη της ξηρασίας στον Ελληνικό Χώρο. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Αρσένη-Παπαδημητρίου, Α., Β. Καραντζόγλου και Π. Μαχαίρας, 2002: Ανάλυση των ημερήσιων βροχοπτώσεων στην Ελλάδα. 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μετεωρολογίας - Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας της Ελληνικής Μετεωρολογικής Εταιρείας, Ιωάννινα 25-28 Σεπτεμβρίου 2002.

Γεωλογική Υπηρεσία ΗΠΑ www.usgs.gov

ΕΛΕΓΚΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ (2011), ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ, Δημοκρατία της Κύπρου

Κακαβά, Μαρία. (2015), 'Η διερεύνηση της τρωτοτητας του Καρστικού Συστηματος των τριαδικων ανθρακικων λατυποπαγων στο Οροπεδιο Παλαιομανινα-Πενταλοφος, Νδ Αιτωλοακαρνανια.', Master's Thesis, Πανεπιστημιο Πατρων.

Καραταράκης, Ν. και Π. Σκριμιζέας, 2002: *Ανάλυση των βροχομετρικών δεδομένων της πεδιάδας της Μεσαράς*. 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μετεωρολογίας – Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας της Ελληνικής Μετεωρολογικής Εταιρείας, Ιωάννινα 25-28 Σεπτεμβρίου 2002.

Μαχαίρας, Π. & Μπαλαφούτης, Χ. (1984). *Γενική Κλιματολογία με στοιχεία Μετεωρολογίας*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Μαχαίρας, Π. & Μπαλαφούτης, Χ. (1985). *Μαθήματα Γενικής Κλιματολογίας με στοιχεία Βιοκλιματολογίας*. Θεσσαλονίκη: Γιαχούδη-Γιαπούλη.

Μπόρα - Σεντά Ευαγγελία, *Εφαρμοσμένη στατιστική, πολλαπλή παλινδρόμηση - ανομα χρονοσειρές*, 2005

Μπρουζούκης, Ε.. (2012), '«Χρήση των παγκόσμιων κλιματικών μοντέλων ως πηγή δεδομένων για την παράμετρο του ύψους βροχής σε μελλοντικά υδρολογικά σενάρια και προσαρμογή τους στην Ελληνική πραγματικότητα»', Master's thesis, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Φλόκας, Α. Α. (1994). *Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας*, Ζήτη, 480 σελ.

Χατζηιωάννου, Λ., Δ. Ρετάλης, Σ. Πασιαρδής, Δ. Νικολάκης, Ν. Σακελαρίου, Δ. Ασημακόπουλος και Λουράντος, 1998: *Μελέτη των χρονοσειρών βροχόπτωσης στην ΝΑ Ελλάδα και Κύπρο*. 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μετεωρολογίας – Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας της Ελληνικής Μετεωρολογικής Εταιρείας, Αθήνα 22-25 Οκτωβρίου 1998.