

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**



ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟ-ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ  
ΝΗΣΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΛΕΥΘΕΡΑΚΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

Καρατζάς Γεώργιος (Επιβλέπων καθηγητής)

Βαρουχάκης Εμμανουήλ

Νικολαΐδης Νικόλαος

Παρανυχιανάκης Νικόλαος

ΧΑΝΙΑ 2018

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω ειλικρινά όλους εκείνους, οι οποίοι βοήθησαν και συνέβαλαν ουσιαστικά στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος και επιβλέποντα της παρούσας εργασίας κ. Γεώργιο Καρατζά για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου, την ανάθεση της εργασίας και την πολύτιμη καθοδήγησή του. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Βαρουχάκη Εμμανουήλ, για τη συνεχή συνεργασία μας, τη σημαντική βοήθεια και τις πολύτιμες συμβουλές του, την κατανόηση και την άμεση ανταπόκριση σε όλη την πορεία ολοκλήρωσης της διπλωματικής μου εργασίας. Τέλος, ευχαριστώ τον κύριο Παρανυχιανάκη Νικόλαο, για την συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Ξεχωριστά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, για την απεριόριστη αγάπη, στήριξη και φροντίδα που μου παρείχαν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια στατιστική ανάλυση και μελέτη των υδρο-μετεωρολογικών δεδομένων και βασικών περιβαλλοντικών μεταβλητών στη νήσο Κρήτη. Οι περιβαλλοντικές μεταβλητές που αναλύονται είναι η βροχόπτωση, η εξατμισοδιαπνοή και η ωφέλιμη βροχόπτωση, καθώς επίσης γίνεται αναφορά στη θερμοκρασία.

Αρχικά, παρουσιάζονται κάποια γενικά στοιχεία για την Κρήτη, αναφέρεται ο σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας και αναλύεται η έννοια της στατιστικής ανάλυσης, που χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή των αποτελεσμάτων. Ακολουθεί μια εκτενής περιγραφή των μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν, για την ανάλυση των υδρο-μετεωρολογικών δεδομένων.

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μια γενική περιγραφή της περιοχής μελέτης, όπου αναφέρονται οι γεωλογικές συνθήκες και τα υδρολογικά δεδομένα της νήσου Κρήτης. Περιγράφονται επίσης, τα βασικά χαρακτηριστικά του κλίματος, όσον αφορά στις περιβαλλοντικές μεταβλητές και γίνεται αναφορά στη βιοποικιλότητα του νησιού, σχετικά με τη χλωρίδα, την πανίδα και τις ευαίσθητες και προστατευόμενες περιοχές. Ακολουθεί η παρουσίαση της βάσης των περιβαλλοντικών δεδομένων, όπου απαριθμούνται οι βροχομετρικοί και μετεωρολογικοί σταθμοί του νησιού αλλά και η περιγραφή του τρόπου που αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των επιθυμητών αποτελεσμάτων.

Έπειτα, πραγματοποιείται η στατιστική ανάλυση των παραπάνω περιβαλλοντικών μεταβλητών και κυρίως της βροχόπτωσης, όπου κυρίως μέσω της χρήσης γραφημάτων παρουσιάζεται η χρονική κατανομή της βροχόπτωσης. Πιο συγκεκριμένα παρατίθενται διαγράμματα με την ημερήσια, τη μηνιαία αλλά και την ετήσια αθροιστική βροχόπτωση των βροχομετρικών σταθμών, αφού πρώτα πραγματοποιείται συμπλήρωση χρονοσειρών με τη μέθοδο της βροχοβαθμίδας, με σκοπό τη διεξαγωγή έγκυρων αποτελεσμάτων. Υπολογίζεται ο μέσος όρος της συνολικής βροχόπτωσης για τα έτη 1974-2017, αλλά και ο μέσος όρος των ξηρών και των υγρών περιόδων και παρουσιάζονται και τα αντίστοιχα διαγράμματα. Μέσω γραφημάτων προσαρμογής της κανονικής κατανομής, προσδιορίζονται οι περίοδοι επαναφοράς της μέγιστης βροχόπτωσης αλλά και το ύψος βροχής που αναμένεται και στη συνέχεια παρουσιάζονται διαγράμματα εξατμισοδιαπνοής και ωφέλιμης βροχόπτωσης.

Τέλος, αναφέρονται τα βασικά συμπεράσματα, που εξάγονται από την παρούσα ανάλυση και αφορούν στη χωρική και χρονική κατανομή των μεταβλητών αυτών σε ολόκληρη την έκταση του νησιού. Πιο συγκεκριμένα, προκύπτουν τα εξής σημαντικά συμπεράσματα:

Η Δυτική ακτή εμφανίζει μεγαλύτερο ύψος βροχής από την Ανατολική και η βροχή αυξάνει με το ανάγλυφο. Τα Λευκά Όρη είναι υπεύθυνα για τις περισσότερες βροχοπτώσεις στους νομούς δυτικά της Κρήτης όπως Χανίων και Ρεθύμνου. Για το σύνολο των σταθμών της νήσου Κρήτης, εκτιμάται ότι κατά τη διάρκεια των ετών 1974-2017, το ύψος της βροχόπτωσης ακολούθησε πτωτική τάση της τάξεως των 3mm, ενώ ο μέσος όρος της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης στο υδατικό διαμέρισμα της Κρήτης, ανέρχεται σε 763,61mm κατακρημνισμάτων. Απο αυτά, εκτιμάται ότι 87% της συνολικής βροχόπτωσης ενός υδρολογικού έτους πραγματοποιείται κατά την υγρή περίοδο, ενώ ένα ποσοστό 13% αντιστοιχεί στην ξηρή περίοδο. Για τους νομούς Χανίων και Ρεθύμνης, εκτιμάται ότι το ύψος της βροχόπτωσης ακολούθησε πτωτική τάση της τάξεως των 4,8mm/yr και 4,24mm/yr, ενώ για τους νομούς Ηρακλείου και Λασιθίου, 2,62mm/yr και 3,65mm/yr, αντίστοιχα. Η υψηλότερη βροχόπτωση παρατηρείται στον σταθμό Πρασσές, ενώ η χαμηλότερη βροχόπτωση παρατηρείται στη Σητεία. Η μέση μηνιαία βροχόπτωση είναι μέγιστη τον Ιανουάριο ή τον Δεκέμβριο και ελάχιστη τον Ιούνιο και τον Αύγουστο, καθώς επίσης τουλάχιστον το 30% της ετήσιας βροχόπτωσης στους περισσότερους σταθμούς της Κρήτης, πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια του πιο υγρού μήνα. Αναφορικά με την εξατμισοδιαπνοή, η μεγαλύτερη, λαμβάνει χώρα στον Πλακιά, ενώ η μεγαλύτερη ωφέλιμη βροχόπτωση, σε σταθμούς του Νομού Χανίων. Το 2015 είναι το έτος με τη μεγαλύτερη εξατμισοδιαπνοή για την πλειοψηφία των σταθμών. Η ωφέλιμη βροχόπτωση, παρουσιάζει μέγιστες τιμές κυρίως τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο.

## **ABSTRACT**

This thesis is a statistical study and analysis of hydrometeorological data and basic environmental variables on the island of Crete. Initially, the hydrological setting of Crete is presented, as well as the concept of statistical analysis and a detailed description of the methodologies used to analyze the hydrometeorological data.

A general description of the study area is outlined, where its geological conditions are discussed, the key features of the climate with regard to environmental variables are presented, while reference is made to biodiversity of the island, on flora, fauna, and sensitive and protected areas. The description of the environmental database follows, which considers the space-time variations of the hydrometeorological variables on the island of Crete.

Then, the statistical analysis of the aforementioned hydrometeorological variables is carried out. More specifically, the daily, monthly and annual cumulative rainfall is presented using descriptive statistics. The annual average of the total rainfall for the years 1974-2017, as well as the average of the dry and wet seasons are calculated, while its temporal variation is presented through descriptive charts. The rainfall recovery periods and the corresponding expected rainfall is determined using the periodogram and fitting of probability distributions. Similarly, analysis of evapotranspiration and effective rainfall occurs.

Finally, the main conclusions are outlined concerning the spatial and temporal distribution of the hydrometeorological variables on the whole area of the island. More specifically, the following important conclusions were found:

The West Coast shows a higher rainfall than the East and the rain increases with altitude. It was estimated that during the years 1974-2017, the rainfall variation followed a decreasing trend of 3mm/yr, while the average annual rainfall on the island of Crete accounts to 763, 61mm. It was estimated that 87% of the total rainfall of a hydrological year takes place during the wet period, while 13% corresponds to the dry season. For the prefectures of Chania and Rethymnon, it was estimated that the rainfall variation followed a decreasing trend of 4,8 mm/yr and 4,24 mm/yr respectively, while for the Prefectures of Heraklion and Lasithi, 2,62 mm/yr and 3,65 mm/yr, respectively. The highest rainfall is observed at Prasesses Station, which belongs to the prefecture of Chania, while the lowest rainfall is observed in Sitia, which belongs to Lasithi prefecture. Average monthly rainfall is peak in January or December and minimum in June and August, as well as at least 30% of annual rainfall in most stations of Crete, occur during the wettest months. Lastly, with regard to the evapotranspiration, the highest takes place in Plakias, while the highest effective rainfall in the prefecture of Cania. The year 2015 is the year with the highest evapotranspiration for the majority of stations, while the effective rainfall is highest mainly during December and January.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>7</b>
<b>1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΥΔΡΟ-ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....</b>	<b>9</b>
1.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ .....	9
1.2 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ.....	11
1.3 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ- ΩΦΕΛΙΜΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ.....	16
1.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ .....	28
1.5 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ- ΠΕΡΙΟΔΟΓΡΑΜΜΑ .....	30
<b>2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ- ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....</b>	<b>35</b>
2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ .....	36
2.1.1 ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ .....	36
2.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΡΗΤΗΣ .....	40
2.2.1 ΛΕΚΑΝΕΣ ΧΩΡΙΣ ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΑΝΤΛΗΣΗΣ- ΠΤΩΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ....	40
2.2.2 ΛΕΚΑΝΕΣ ΧΩΡΙΣ ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΑΝΤΛΗΣΗΣ- ΠΤΩΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΑΛΛΑ ΜΕ ΕΝΤΟΝΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ .....	41
2.2.3 ΛΕΚΑΝΕΣ ΜΕ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΑΝΤΛΗΣΗΣ .....	41
2.2.4 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΑ .....	41
2.3 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ .....	42
2.3.1 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ .....	43
2.3.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ .....	43
2.3.3 ΥΓΡΑΣΙΑ.....	44
2.3.4 ΕΞΑΤΜΙΣΗ.....	44
2.3.5 ΑΝΕΜΟΣ.....	44
2.3.6 ΝΕΦΕΛΩΣΗ- ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ-ΟΜΙΧΛΗ .....	45
2.4 ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ .....	45
2.4.1 ΧΛΩΡΙΔΑ.....	45
2.4.2 ΠΑΝΙΔΑ .....	46
2.4.3 ΕΥΑΙΣΘΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ .....	47
2.5 ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ .....	49
2.6 ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ.....	49
2.7 ΒΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	51
2.7.1 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ .....	51
2.7.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ .....	57
<b>3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>59</b>
3.1 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ.....	59
3.1.1 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΚΡΗΤΗ- ΥΓΡΕΣ ΚΑΙ ΞΗΡΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΙ .....	60
3.1.2 ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ .....	64

3.1.3 ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ.....	85
3.1.4 ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ .....	89
3.1.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΡΟΧΟΒΑΘΜΙΔΑΣ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2007-2017 .....	100
3.2 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ.....	105
3.3 ΩΦΕΛΙΜΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ.....	112
3.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ- ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ.....	118
<b>4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>142</b>
<b>5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>146</b>

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η Κρήτη, σύμφωνα με τον Ν. 1739/87 περί διαχείρισης υδατικών πόρων, αποτελεί ένα αυτόνομο υδατικό διαμέρισμα από τα συνολικά δεκατέσσερα ,στα οποία χωρίζεται η Ελλάδα. Περιλαμβάνει την ομώνυμη μεγαλόνησο μαζί με τα μικρά νησιά Γαύδος, Ντία, Κουφονήσι, Χρυσή, Διονυσάδες, Σπιναλόγκα και Παξιμάδι. Αποτελείται από τους νομούς Χανίων, Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου. Βρέχεται βόρεια από το Κρητικό Πέλαγος και νότια από το Λιβυκό και Αιγύπτιο Πέλαγος. Έχει συνολική έκταση 8.336 τετραγωνικά χιλιόμετρα και καλύπτει το 6,3% της συνολικής έκτασης της χώρας.[1]

Η μορφολογία της Κρήτης χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τριών βασικών ζωνών:

Την υψηλή ζώνη με υψόμετρο 400m και άνω ,τη μέση ζώνη με υψόμετρο 200-400m και την χαμηλή ζώνη, που αφορά τις περιοχές που εκτείνονται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 200μ. υψόμετρο. Οι δύο πρώτες ζώνες καταλαμβάνουν σχεδόν τα 3/5 της νήσου και αποτελούν μια συνεχή οροσειρά από τα δυτικά προς τα ανατολικά, διακοπτόμενη από μικρές κοιλάδες και φαράγγια. Η οροσειρά αυτή έχει έξι κορυφές που ξεπερνούν τα 2.000 m.[1]

Το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού (3/4 της επιφάνειας περίπου) είναι ορεινό. Τα βασικά ορεινά συγκροτήματα του νησιού της Κρήτης είναι: τα Λευκά όρη (2.454 m), ο Ψηλορείτης (2.456 m) , το όρος Δίκτη (2.147 m) και τα όρη Σητείας (1.476m). Το δυτικό και νότιο ανάγλυφο του νησιού είναι αρκετά απότομο, σε αντίθεση με το βόρειο, το οποίο είναι πιο ήπιο και λοφώδες (πεδιάδες Χανίων, Ρεθύμνου και Μαλλίων). Η μεγαλύτερη πεδιάδα του νησιού βρίσκεται στο νότιο-κεντρικό τμήμα του (πεδιάδα Μεσσαράς), ενώ στο νότιο ανατολικό αναπτύσσεται η πεδιάδα της Ιεράπετρας. Υπάρχουν τέλος αρκετά οροπέδια, τα κυριότερα των οποίων είναι του Λασιθίου και του Ομαλού.[1]

Το υδρογραφικό δίκτυο είναι πυκνό στο δυτικό τμήμα του νησιού, ενώ στο ανατολικό δεν είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένο. Το απότομο ανάγλυφο ,σε συνδυασμό με το μικρό εύρος του νησιού έχει ευνοήσει το σχηματισμό χειμάρρων και την εμφάνιση πηγών αλλά όχι τη δημιουργία μεγάλων ποταμών. Όσον αφορά τη βλάστηση,η Κρήτη, περιλαμβάνει θερμομεσογειακές διαπλάσεις Ανατολικής Μεσογείου, ενώ στις ορεινές περιοχές εμφανίζεται η ορομεσογειακή διάπλαση του Κυπαρισσιού.[1]

Ο τύπος κλίματος της Κρήτης, είναι ένας μεταβατικός ενδιάμεσος τύπος μεταξύ του χερσαίου Μεσογειακού και του ερημοειδούς Μεσογειακού, με κύριο χαρακτηριστικό του κλίματος ,την ηπιότητα. Η ψυχρή εποχή είναι ήπια και σε αυτό συντελεί η συχνή άφιξη στην περιοχή των θερμών και υγρών ΝΔ αερίων μαζών.[1]

Ο χειμώνας αρχίζει συνήθως κατά τα μέσα Δεκεμβρίου και είναι ήπιος. Ο ψυχρότερος μήνας του έτους είναι ο Φεβρουάριος, που διαφέρει ελάχιστα θερμομετρικά από τον Ιανουάριο. Η ηλιοφάνεια είναι ιδιαίτερα υψηλή σε ολόκληρη την Κρήτη, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την περιοχή της Ιεράπετρας, όπου ο αριθμός ωρών ηλιοφάνειας στην περιοχή είναι ο μεγαλύτερος της Ελλάδας.

Η Κρήτη γενικώς παρουσιάζει σημαντική ανισοκατανομή του ετήσιου όγκου βροχόπτωσης, τόσο γεωγραφικά ,όσο και φυσιογραφικά, εμφανίζοντας βροχοβαθμίδα ,δηλαδή αύξηση της βροχόπτωσης με το υψόμετρο από τις μεγαλύτερες της Ελλάδας. Η μέση μηνιαία βροχόπτωση είναι μέγιστη τον Δεκέμβριο ή τον Ιανουάριο και ελάχιστη τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. [1]

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η στατιστική ανάλυση και μελέτη των βασικών υδρο-μετεωρολογικών δεδομένων στη νήσο Κρήτη, με έμφαση στη βροχόπτωση, τη θερμοκρασία, την εξατμισοδιαπνοή και την ωφέλιμη βροχόπτωση. Η ανάλυση αυτή πραγματοποιείται τόσο χρονικά, μελετώντας την πορεία και τη διακύμανση των περιβαλλοντικών μεταβλητών στην Κρήτη συναρτήσει του χρόνου, όσο και χωρικά, αναλύοντας την χωρική κατανομή των περιβαλλοντικών μεταβλητών σε ολόκληρη την έκταση του νησιού.

Η Στατιστική ανάλυση, είναι μία μεθοδική μαθηματική, παλαιότερα τεχνική και σήμερα επιστήμη που επιχειρεί να εξαγάγει έγκυρη γνώση χρησιμοποιώντας εμπειρικά δεδομένα παρατήρησης ή και πειράματος. Κύριο αντικείμενο έρευνας και μελέτης της Στατιστικής είναι η συλλογή, ταξινόμηση, επεξεργασία, παρουσίαση, ανάλυση και ερμηνεία διαφόρων δεδομένων με απώτερο στόχο την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για λήψη ορθών αποφάσεων. Πρόκειται για σημαντική επιστήμη της οποίας οι εφαρμογές έχουν ευρύτατο πεδίο στη διοικητική, τις επιχειρήσεις, καθώς και στις θετικές και συμπεριφορικές ή Κοινωνικές επιστήμες.

Γενικά ο όρος Στατιστική φέρεται με διττή σημασία, αφενός υποδηλώνοντας μαθηματικές μεθόδους χειρισμού δεδομένων που λήφθηκαν με απαρίθμηση ή μέτρηση και αφετέρου αυτά τα ίδια τα δεδομένα που έχουν υποστεί αυτούς τους χειρισμούς. Η Στατιστική έρευνα βασίζεται στη χρήση της στατιστικής θεωρίας, ενός κλάδου των εφαρμοσμένων μαθηματικών. Η τυχαιότητα και η απροσδιοριστία ορίζονται στα πλαίσια της θεωρίας πιθανοτήτων. Η πρακτική της στατιστικής περιλαμβάνει την σχεδίαση, συλλογή και ερμηνεία δεδομένων που προκύπτουν από αβέβαιες παρατηρήσεις. Επειδή αποσκοπεί στην εξαγωγή των «καλύτερων» πληροφοριών από τα διαθέσιμα δεδομένα, κατατάσσεται από μερικούς ως κλάδος της θεωρίας των αποφάσεων. Η επιστήμη της στατιστικής, περιλαμβάνει ποικίλες τεχνικές για την οργάνωση και ανάλυση δεδομένων, οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις παρακάτω δύο κατηγορίες: την περιγραφική στατιστική και την επαγωγική. Όσον αφορά την περιγραφική στατιστική, περιλαμβάνει μεθόδους για την οργάνωση, απλοποίηση και συνοπτική παρουσίαση των δεδομένων. Η πιο γνωστή μέθοδος είναι ο υπολογισμός της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης. Η δεύτερη προαναφερθείσα κατηγορία, περιλαμβάνει τεχνικές που επιτρέπουν την ανάλυση δεδομένων, με σκοπό την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, βάσει των πληροφοριών που συλλέγονται.[13]

Η διάρθρωση της ύλης στην παρούσα εργασία, έχει ως εξής:

- ▷ Το πρώτο κεφάλαιο, περιλαμβάνει την περιγραφή των μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν, για την ανάλυση των υδρο-μετεωρολογικών δεδομένων.
- ▷ Στο δεύτερο κεφάλαιο, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην περιοχή μελέτης, δηλαδή, τη νήσο Κρήτη. Πιο συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται: οι γεωλογικές συνθήκες της Κρήτης (έδαφος και στρωματογραφία, σεισμικότητα), τα υδρολογικά δεδομένα, οι κλιματολογικές συνθήκες (βροχόπτωση, θερμοκρασία, υγρασία, εξάτμιση, άνεμοι, νέφωση-ηλιοφάνεια-ομίχλη). Επιπροσθέτως, αναλύονται: η βιοποικιλότητα, ο πληθυσμός της Κρήτης αλλά και η υπάρχουσα κατάσταση. Τέλος, παρατίθενται τα δεδομένα και ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των επιθυμητών αποτελεσμάτων.
- ▷ Το τρίτο κεφάλαιο, περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων με τη χρήση γραφημάτων και περιγραφικών μέτρων.
- ▷ Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο, παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την επεξεργασία δεδομένων και τα σημαντικότερα γραφήματα.
- ▷ Στο τέλος της εργασίας, δίνεται η σχετική βιβλιογραφία.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>**

### **1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΥΔΡΟ-ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Στην παρούσα εργασία, ο αριθμός των σταθμών που μελετήθηκαν είναι ενενήντα εννέα (99), τα βροχομετρικά δεδομένα των οποίων προήλθαν από σταθμούς της ελληνικής μετεωρολογικής υπηρεσίας- meteo (39 σταθμοί) και από το Πολυτεχνείο και την Περιφέρεια Κρήτης (60 σταθμοί). Για την επεξεργασία των προαναφερθέντων δοθέντων δεδομένων ακολουθήθηκαν συγκεκριμένες μεθοδολογίες για τη μελέτη σημαντικών μεγεθών.

#### **1.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ**

Θερμοκρασία είναι το φυσικό μέγεθος που μετρά την ενέργεια κίνησης ή ταλάντωσης της ύλης σε ατομικό επίπεδο. Είναι το μέτρο εκείνο με το οποίο προσδιορίζεται η "θερμική κατάσταση" των διαφόρων σωμάτων, δηλαδή ένα φυσικό μέγεθος που συνδέεται με την μέση κινητική ενέργεια των σωματιδίων ενός συστατικού, το οποίο και χαρακτηρίζει πόσο θερμό ή πόσο ψυχρό είναι αυτό. Μετριέται με ειδικά όργανα που λέγονται θερμόμετρα, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στο φαινόμενο της διαστολής ή συστολής ως αποτέλεσμα παροχής ή αφαίρεσης της θερμότητας. Η βαθμολογία των θερμομέτρων γίνεται σε βαθμούς Celsius (Κελσίου) °C, στο μετρικό σύστημα, και σε βαθμούς Fahrenheit (Φαρενάιτ) °F, στο αγγλικό σύστημα.[9]

Θερμοκρασία ατμόσφαιρας ονομάζεται η θερμοκρασία την οποία έχει ο ατμοσφαιρικός αέρας πάνω από μια περιοχή. Συνεπώς, σχετίζεται πάντα με κάποια περιοχή, είτε μικρή, είτε μεγάλη. Αποτελεί σημαντικό κλιματικό στοιχείο και τη βασικότερη παράμετρο σε όλες τις κλιματικές κατατάξεις. Η θερμοκρασία του αέρα σε έναν τόπο, αποδίδεται με τις παρακάτω παραμέτρους:[9], [21]

A) Απολύτως μέγιστη ( $T_{max}$ ) και απολύτως ελάχιστη ( $T_{min}$ ) τιμή της θερμοκρασίας του αέρα που σημειώνεται στον τόπο, στη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου (24ωρο, μήνας, έτος)

B) Μέση ημερήσια θερμοκρασία που μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

• Ο μέσος όρος ημερήσιων θερμοκρασιών ενός μετεωρολογικού σταθμού, που ορίζεται από τη σχέση:

$$T = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} T_{hi}, \text{ όπου } T_{hi} = \text{ωριαία τιμή (i = 1, 2, \dots, 24)}. \quad (1)$$

• Ο μέσος όρος της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας της ημέρας

$$T = \frac{1}{2} (T_{max} + T_{min}) \quad (2)$$

• Ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων της ημέρας, δηλαδή των μετρήσεων στις 8 το πρωί, 2 το μεσημέρι και 8 το βράδυ.

$$T = \frac{1}{3} (T_8 + T_{14} + T_{20}) \quad (3)$$

Η μέση μηνιαία θερμοκρασία, ορίζεται ως ο μέσος όρος των ημερήσιων θερμοκρασιών του θεωρούμενου μήνα για τον εκάστοτε μετεωρολογικό σταθμό. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_{mo} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{(i)}, \text{ όπου } n = \text{πλήθος ημερών του θεωρούμενου μήνα}. \quad (4)$$

Η μέση ετήσια θερμοκρασία, αποτελεί το μέσο όρο όλων των καταγραφέντων τιμών σε όλα τα υδρολογικά έτη λειτουργίας του εκάστοτε σταθμού. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{12} T_{mo(i)} , \text{ όπου } n = \text{πλήθος μηνών} \quad (5)$$

Ανάλογες στατιστικές παράμετροι της θερμοκρασίας του αέρα μ' αυτές που δίνονται από τους τύπους (4)-(5) ,ορίζονται και για τις άκρες τιμές (Tmax, Tmin) της θερμοκρασίας, δηλαδή έχουμε τη μέση μηνιαία μέγιστη, τη μέση μηνιαία ελάχιστη, κ.λπ. [9], [21]

## **1.2 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ**

Η Βροχή ή βροχόπτωση ή υδατόπτωση είναι μια υγρή κατακρήμνιση και ανήκει στα υδατώδη μετεωρολογικά κατακρημνίσματα ή υδρομετέωρα όπως ονομάζονται τα διάφορα φαινόμενα του υετού, του οποίου άλλα επίσης είδη είναι το χιονόνερο, το χιόνι και το χαλάζι. Η ποσότητα της βροχής που παρέχεται στην επιφάνεια του εδάφους μετρείται σε χιλιοστά (mm) ύψους του υδάτινου στρώματος το οποίο σχηματίζει. Το πάχος του στρώματος αυτού σε χιλιοστά, εκφράζει ποσοτικά τη βροχή που έπεσε σε ορισμένο χρονικό διάστημα.[14]

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της βροχής ονομάζονται βροχόμετρα. Αποτελούνται από χωνί με διάμετρο συνήθως 10-30 cm, του οποίου γνωρίζουμε το εμβαδόν στομίου. Το βροχόμετρο εγκαθίσταται μόνιμα και κατακόρυφα μέσα στο Μετεωρολογικό σταθμό και σε αρκετή απόσταση από υψηλά αντικείμενα. Το στόμιο του βροχόμετρου πρέπει να είναι εντελώς οριζόντιο και σε απόσταση συνήθως 150cm από την επιφάνεια του εδάφους.[14]

Το κύριο χαρακτηριστικό, που στην ουσία ξεχωρίζει τις μετρήσεις των βροχών από εκείνες των θερμοκρασιών είναι ότι οι βροχές είναι ασυνεχείς κατά τρόπο και χρόνο, γεγονός που σημαίνει ότι δεν βρέχει ποτέ την ίδια στιγμή, ακόμη και μικρές ποσότητες επάνω σ' ολόκληρη την επιφάνεια της γης, ή σε μια εκτεταμένη ήπειρο.

Η βροχή σχηματίζεται όταν τα μόρια των υδρατμών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα δημιουργούν τα νέφη ή σύννεφα, τα οποία με την σειρά τους συμπυκνώνονται πάνω σε ένα κέντρο συμπύκνωσης, συνήθως έναν κόκκο σκόνης, αρχίζοντας έτσι να σχηματίζουν σταγόνες. Όταν η μάζα της σταγόνας ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο, έλκεται λόγω βαρύτητας και πέφτει στη γη. Μερικές φορές, η βροχή δεν φθάνει στο έδαφος όταν ο αέρας ανάμεσα στα σύννεφα και στο έδαφος είναι πολύ ξηρός. Η διάμετρος των σταγονιδίων της βροχής που φθάνουν μέχρι την επιφάνεια της Γης κυμαίνεται από 0,05 - 0,06 εκατοστά. Όταν βεβαίως έλθουν σε επαφή με ψυχρή επιφάνεια, μπορεί και να παγώσουν.[14]

Η πτώση βροχής από τα σύννεφα ονομάζεται **βροχόπτωση**. Η ένταση της βροχόπτωσης μετριέται με βάση τα χιλιοστά βροχής που πέφτουν ανά ώρα. Οι Μετεωρολόγοι, ανάλογα με την ένταση της βροχόπτωσης την διακρίνουν στις ακόλουθες κατηγορίες, ανάλογα με το παρατηρούμενο ύψος βροχής:

- Ασθενής: < 2 χιλιοστά / h. Συνήθως φθάνει τα 0,5 mm/h.
- Μέτρια: 2 - 6 χιλιοστά / h.
- Ισχυρή: > 6 χιλιοστά / h. Βίαιη: > 50 χιλιοστά / h (στατιστικώς σπάνιο φαινόμενο).

Επίσης, ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού των βροχοπτώσεων, οι βροχές διακρίνονται σε:

- Βροχές κατακόρυφης μεταφοράς: προέρχονται από σύννεφα ανοδικών ρευμάτων, δηλαδή από σωρείτες και σωρειτομελανίες.
- Βροχές του Ανάγλυφου ή Ορογραφικές βροχές: Παρατηρούνται κυρίως στις βουνοπλαγιές που έχουν προσανατολισμό προς τις ακτές. Ο αέρας που πνέει πάνω από τις θάλασσες και του Ωκεανούς είναι πλούσιος σε υδρατμούς. Όταν φθάσει στη ξηρά έχει να υπερπηδήσει τα βουνά που θα συναντήσει, οπότε, καθώς ανυψώνεται πάνω τους, ψύχεται, οι υδρατμοί συμπυκνώνονται και τους εγκαταλείπει ως βροχή. Στη συνέχεια όταν ο αέρας κατέρχεται από την άλλη πλευρά τις βουνοπλαγιές είναι σχεδόν χωρίς υδρατμούς.

- **Μετωπικές βροχές ή Βροχές μετώπου:** Δημιουργούνται όταν οι άνεμοι μεταφέρουν θερμότητα από τις τροπικές περιοχές προς τους Πόλους και στα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Ενώ άλλοι άνεμοι αντιθέτων διευθύνσεων από τις αρκτικές περιοχές πνέουν προς τον Ισημερινό. Στην περιοχή που συναντώνται σχηματίζουν μέτωπο και ύφεση καθώς ο θερμός αέρας ανέρχεται πάνω από τον ψυχρό. Αυτή η ύφεση δημιουργεί συχνά σταθερή βροχή σε περιοχές μεγάλης έκτασης.

- **Όξινη βροχή :** Περιλαμβάνει όξινους διαλυμένους ρύπους, δηλαδή ουσίες που δεν αποτελούν φυσιολογικά χαρακτηριστικά της καθαρής ατμόσφαιρας, αλλά είναι προϊόντα ανθρώπινης δραστηριότητας ή άλλων ρυπογόνων αιτιών (π.χ. ηφαιστειακής δραστηριότητας). Τα καυσαέρια ορυκτών καυσίμων, όπως το πετρέλαιο και οι γαιάνθρακες, περιέχουν συχνά (όξινα) οξείδια του θείου και του αζώτου, μεταξύ άλλων και έτσι παράγεται όξινη βροχή που περιέχει σε διάλυση τα αντίστοιχα οξέα. Είναι ιδιαιτέρως καταστροφική για τα οικοσυστήματα, τις καλλιέργειες και τα πολιτιστικά μνημεία. [14], [19]

Η βροχόπτωση, αποδίδεται με τις παρακάτω παραμέτρους:

A) Ημερήσια βροχόπτωση που ορίζεται το σύνολο της βροχής που πέφτει σε μία μέρα. Το μέγεθος αυτό καλύπτει το χρονικό διάστημα 0-24 ώρες (είτε το διάστημα 20<sup>η</sup> ώρα της προηγούμενης, μέχρι 20<sup>η</sup> ώρα της επόμενης μέρας). Μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

- Το σύνολο της ημερήσιας βροχόπτωσης ενός μετεωρολογικού σταθμού, που ορίζεται από τη σχέση:

$$P_d = \sum_{i=1}^{24} P_{hi}, \text{ όπου } P_{hi} = \text{ωριαία τιμή της βροχόπτωσης (i = 1, 2, \dots, 24)}. \quad (6)$$

B) Μηνιαία βροχόπτωση ή μηνιαία ύψος, που ορίζεται ως το άθροισμα των ημερήσιων βροχοπτώσεων σε ένα μήνα. Υπολογίζεται ως εξής:

$$P_{mo} = \sum_{i=1}^n P_{(i)}, \text{ όπου } n = \text{πλήθος ημερών του θεωρούμενου μήνα}. \quad (7)$$

Γ) Ετήσια βροχόπτωση ή ετήσιο ύψος βροχής, που ορίζεται ως το σύνολο της βροχής που πέφτει στους 12 μήνες ενός υδρολογικού έτους. Υπολογίζεται ως εξής:

$$T_E = \sum_{i=1}^{12} P_{mo(i)} \quad (8)$$

Οι παραπάνω παράμετροι, χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της βροχόπτωσης στους σταθμούς για τους οποίους δόθηκαν ημερήσια βροχομετρικά δεδομένα. Για την ανάλυση και την εκτίμηση της βροχόπτωσης μιας περιοχής υπάρχουν κάποιες επιπλέον μέθοδοι, που θα ήταν σημαντικό να αναφερθούν.

### I) Εκτίμηση της βροχόπτωσης μιας περιοχής από τα δεδομένα ενός μόνον βροχομέτρου.

Οι μετρήσεις του βροχομέτρου είναι δυνατόν να μετατραπούν στη μέση βροχόπτωση μιας περιοχής η οποία όμως μπορεί να έχει έκταση μέχρι και  $1000\text{Km}^2$ , πολλαπλασιάζοντας το ποσοστό της ανάγνωσης με την απαιτούμενη διάρκεια και την έκταση της περιοχής. Εκτός από αυτό έχουν βρεθεί κάποιες σχέσεις οι οποίες συνδέουν τη μέση βροχόπτωση,  $R$ , μιας περιοχής εμβαδού  $A$ , για μια δεδομένη διάρκεια, με την σημειακή βροχόπτωση  $R_0$ . Μια τέτοια σχέση έχει τη μορφή:

$$R = R_0 e^{-kAn} \quad (9) \text{ όπου:}$$

$k$  και  $n$  είναι σταθερές για ένα ορισμένο επεισόδιο ή για μια σειρά επεισοδίων ορισμένης διάρκειας.

### II) Δίκτυα μετεωρολογικών σταθμών και υπολογισμός της βροχόπτωσης μιας περιοχής.

Οι κυριότερες μέθοδοι οι οποίες μετατρέπουν τις αναγνώσεις των βροχομέτρων στη μέση βροχόπτωση μιας ορισμένης περιοχής είναι οι παρακάτω:

- Η μέθοδος του αριθμητικού μέσου
- Η μέθοδος του πολυγώνου του Thiessen
- Η μέθοδος του τριγώνου
- Η μέθοδος των ισοϋετιών με γραμμική παρεμβολή
- Η μέθοδος των ισοϋετιών με υποκειμενική παρεμβολή
- Η μέθοδος των βαρών που βασίζεται σε ισοπληθή πρότυπα ή άλλα δεδομένα.
- Η υψομετρική μέθοδος [14]

#### α) Η μέθοδος του αριθμητικού μέσου.

Το μέσο βροχομετρικό ύψος της περιοχής με τη μέθοδο αυτή μπορεί να υπολογισθεί από την ακόλουθη σχέση:

$$R = 1/n (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) = (\sum R_i)/n \quad (10) \text{ όπου:}$$

$R_i$  : είναι το βροχομετρικό ύψος κάθε σταθμού για τη μελετώμενη περίοδο.

Εφαρμόζεται κυρίως, σε περιοχές οι οποίες δεν παρουσιάζουν έντονες τοπογραφικές ανωμαλίες, όπου υπάρχει μεγάλο πλήθος μετεωρολογικών σταθμών ομοιόμορφα διεσπαρμένων μέσα στην περιοχή. [14]

#### β) Η μέθοδος του πολυγώνου του Thiessen.

Η ολική μέση βροχόπτωση μιας λεκάνης απορροής μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$R = (\sum R_i S_i) / \sum S_i, \quad (11) \text{ όπου:}$$

$R_i$ : η βροχή κάθε σταθμού

Η μέθοδος του Thiessen δε συστήνεται για την εκτίμηση της βροχόπτωσης σε ορεινές περιοχές. Η μέθοδος του πολυγώνου ή η μέθοδος του Thiessen, χρησιμοποιεί τον χάρτη της περιοχής όπου σημειώνονται οι θέσεις των σταθμών που λειτουργούν στην περιοχή. Ενώνονται με ευθύγραμμο τμήματα όλοι οι γειτονικοί σταθμοί και στη συνέχεια σε κάθε ευθύγραμμο τμήμα σχηματίζεται η μεσοκάθετος. Οι μεσοκάθετες τέμνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν πολύγωνα, καθένα από τα οποία, καθορίζει την έκταση της περιοχής ( $S_i$ ), που αντιστοιχεί σε ένα μόνο σταθμό που βρίσκεται μέσα στο πολύγωνο και καλείται **ποσοστιαίος παράγοντας ή συντελεστής Thiessen**. Ο συντελεστής αυτός, καθορίζει το ποσοστό της συμμετοχής της βροχής του σταθμού στην ολική βροχή της περιοχής. [14]



Σχήμα 1 .Το πολύγωνο του Thiessen [14]

#### γ) Η μέθοδος των τριγώνων.

Η περιοχή χωρίζεται σε τρίγωνα και όχι πολύγωνα. Ενώνεται με ευθύγραμμα τμήματα κάθε σταθμός με τους γειτονικούς του και έτσι σχηματίζεται ένα πλήθος τριγώνων στις κορυφές των οποίων βρίσκονται οι σταθμοί. Το εμβαδόν κάθε τριγώνου ( $S_i$ ), αποτελεί έναν ποσοστιαίο παράγοντα του εμβαδού όλης της λεκάνης, το δε ύψος της βροχής ( $R_i$ ), που αντιπροσωπεύει κάθε τρίγωνο υπολογίζεται από το μέσο όρο  $R_{mi}$  των τριών σταθμών των κορυφών του τριγώνου (π.χ. ΑΒΓ) σύμφωνα με τη σχέση:

$$R_m(AB\Gamma) = (R_A + R_B + R_\Gamma) / 3 \quad (12)$$

Το τελικό μέσο βροχομετρικό ύψος της λεκάνης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R = \Sigma R_{mi} \cdot S_i / \Sigma S_i \quad (13)$$

#### δ) Μέθοδος των ισοϋετίων με γραμμική παρεμβολή

Κατασκευάζονται ισοϋέτιες καμπύλες από το δίκτυο των βροχομετρικών σταθμών. Μετά τη χάραξη των ισοπληθών, μπορεί να εκτιμηθεί το ύψος της βροχής με τον πολλαπλασιασμό του εμβαδού της περιοχής μεταξύ δύο ισοϋετίων με τη μέση τιμή αυτών.

#### ε) Μέθοδος των ισοϋετίων με υποκειμενική παρεμβολή

Στον τοπογραφικό χάρτη της περιοχής χαράσσονται οι ισοπληθείς καμπύλες. Στη συνέχεια η μέση βροχόπτωση της περιοχής υπολογίζεται όπως και στην προηγούμενη περίπτωση. Μια σχέση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι η ακόλουθη:

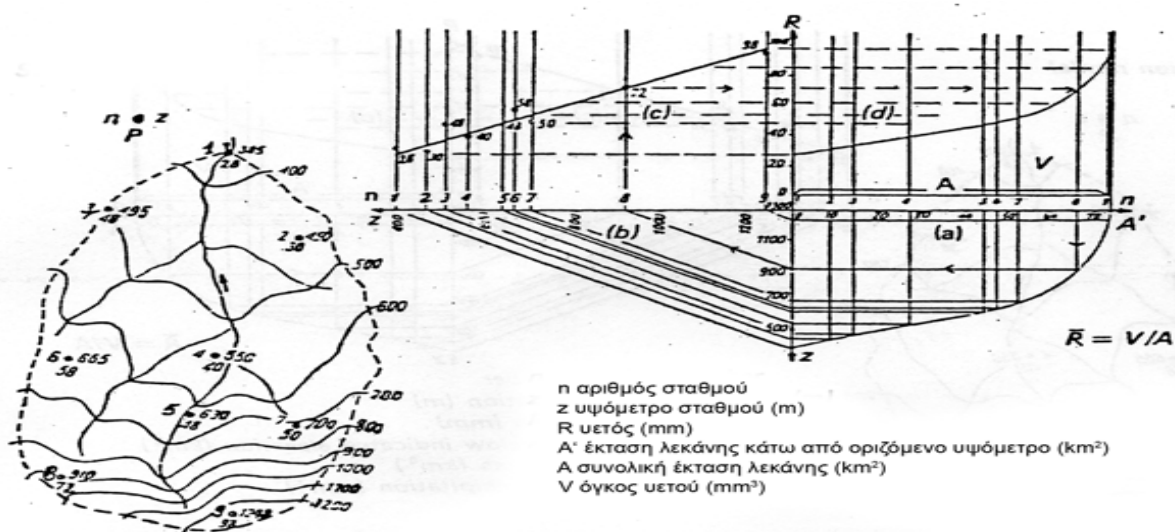
$$R = B + (i/3) (2a + b) / (a + b) \quad (14)$$

όπου: B είναι η αριθμητική τιμή της ισοπληθούς με τη μικρή τιμή, b το μήκος της ισοπληθούς με την τιμή B, a το μήκος της άλλης ισοπληθούς (της A), με τη μεγάλη τιμή, και i το βήμα με το οποίο είναι χαραγμένες οι ισοπληθείς (A και B).

### στ) Η υψομετρική μέθοδος.

Αποτελείται από ένα σύστημα ορθογωνίων αξόνων οι οποίοι ορίζουν τα τέσσερα τεταρτημόρια (a, b, c και d). Στον άξονα x ( $A_1$ ) περιλαμβάνεται το εμβαδόν της περιοχής σε  $\text{Km}^2$  και στον άξονα των y ( $z$ ) τα υψόμετρα της περιοχής, ενώ στον άξονα y(R) η βροχόπτωση. Ο όγκος του νερού της λεκάνης απεικονίζεται από το σχήμα με την ένδειξη V, μετά από διαδικασίες οι οποίες σε γενικές γραμμές είναι οι ακόλουθες. Από τον άξονα των υψομέτρων ( $z$ ) των σταθμών, φέρνουμε ευθείες παράλληλες προς τον άξονα x οι οποίες συναντούν την καμπύλη εμβαδού - υψομέτρου ( $zA'$ ) σε ορισμένα σημεία. Από τα σημεία αυτά φέρνουμε παραλλήλους προς τον άξονα των y, οι οποίες διασχίζουν το τεταρτημόριο (d). Στη συνέχεια επιστρέφουμε στον άξονα των υψομέτρων ( $z$ ), από όπου οι γραμμές αυτές υπό γωνία  $60^\circ$  προβάλλονται στον άξονα -x( $z_1$ ). Από αυτά τα σημεία τομής φέρνουμε καθέτους προς τον x οι οποίες διασχίζουν το τρίτο τεταρτημόριο (c) και είναι μια για κάθε σταθμό. Η κλίμακα των υψών στο δεύτερο τεταρτημόριο ( $z, z_1$ ) έχει λόγο 1:2 αφού στο ορθογώνιο τρίγωνο οι γωνίες είναι  $30^\circ$  και  $60^\circ$ .

Στον άξονα y τοποθετούνται οι τιμές της βροχόπτωσης (R). Επάνω στις κατακόρυφες ευθείες του τρίτου τεταρτημορίου (c), ορίζονται τα βροχομετρικά ύψη κάθε σταθμού και χαράσσεται η γραμμή που αντιπροσωπεύει την πορεία της βροχής σε σχέση με το υψόμετρο. Τα παραπάνω σημεία των υψών της βροχής προβάλλονται στο τέταρτο τεταρτημόριο (d). Κάθε τέτοια ευθεία συναντά την αντίστοιχη ευθεία του σταθμού στο τέταρτο τεταρτημόριο. Αν ενωθούν τα σημεία αυτά θα καθορίσουν την **καμπύλη της βροχής** της λεκάνης. Η περιοχή (στο τεταρτημόριο d) που βρίσκεται κάτω από την καμπύλη αυτή αντιπροσωπεύει τον όγκο της βροχής της λεκάνης. Αν ο όγκος αυτός διαιρεθεί με το ολικό εμβαδόν της περιοχής θα δώσει το μέσο **ύψος βροχής** της περιοχής.[14]



Σχήμα 2. Η Υψομετρική μέθοδος και ο τοπογραφικός χάρτης της λεκάνης [14]

### **1.3 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ- ΩΦΕΛΙΜΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ**

Η εξάτμιση είναι το φαινόμενο μέσω του οποίου τα μόρια ενός σώματος μετατρέπονται από την υγρή ή την στερεά φάση, στην αέρια. Ο φυσικός ρυθμός εξάτμισης καθορίζεται από τρεις θεμελιώδεις παράγοντες:

(α) τη φυσική διαθεσιμότητα του νερού σε υγρή φάση

(β) τη διαθεσιμότητα ενέργειας στην επιφάνεια του νερού για την πραγματοποίηση της εξάτμισης

(γ) την ευκολία με την οποία με την οποία διαχέονται οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα.

Η εξατμισοδιαπνοή, είναι το άθροισμα των εξής δύο παραγόντων :

1.Της διαπνοής, ήτοι της ποσότητας του νερού η οποία απορροφάται από τις ρίζες των φυτών και στη συνέχεια χρησιμοποιείται είτε για την διάπλαση των ιστών των φυτών, είτε αποβάλλεται από το φύλλωμα στον ατμοσφαιρικό αέρα και

2.Της εξάτμισης, η οποία εκφράζει την ποσότητα του νερού, η οποία εξατμίζεται από το παρακείμενο έδαφος από την ελεύθερη επιφάνεια των υδαταποθηκών, διωρύγων κλπ. και από την επιφάνεια των φύλλων των φυτών.

Γενικά, η εξατμισοδιαπνοή είναι φαινόμενο εξάτμισης που γίνεται κάτω από ειδικές συνθήκες. Το μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται από την κινητικότητα των υδρατμών που διαμορφώνεται από την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Εξαρτάται από φυσικούς, βιολογικούς και φυτικούς παράγοντες. [15]

(α) Οι φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή είναι: η ηλιακή ακτινοβολία, η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική υγρασία του αέρα η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και το γεωγραφικό πλάτος.

(β) Πέρα από τους φυσικούς παράγοντες, που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή, σπουδαίο ρόλο επίσης παίζουν και οι βιολογικές καταστάσεις. Πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν με τις βιολογικές καταστάσεις των φυτών και κατέστησαν προφανή την κριτική περίοδο των καλλιεργειών. Κριτική περίοδο μίας καλλιέργειας εννοούμε τη χρονική περίοδο κατά την οποία η καλλιέργεια παρουσιάζει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε νερό και σε θρεπτικά στοιχεία. Η κριτική περίοδος, ή κρίσιμη περίοδος άρδευσης μίας καλλιέργειας, είναι διαφορετική από μία άλλη.

γ) Οι φυτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή είναι: το είδος του φυτού, η αντανakλαστικότητα του φυλλώματος, το ποσοστό καλύψεως του εδάφους από το φύλλωμα, το ύψος των φυτών, το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος και το στάδιο αναπτύξεως της καλλιέργειας.[15]

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή( ETα) είναι η διαδικασία κατά την οποία η απευθείας εξάτμιση από το έδαφος και η διαπνοή, γίνονται ταυτόχρονα στη φύση και είναι δύσκολο να διαχωριστούν οι παραχθέντες από τις δύο διαδικασίες υδρατμοί. Ουσιαστικά είναι η συνολική διεργασία μεταφοράς νερού στην ατμόσφαιρα από φυτοκαλυμμένες επιφάνειες, της οποίας το ανώτατο όριο είναι η μέγιστη εξατμισοδιαπνοή( ETmax).



Όσον αφορά τη δυναμική εξατμισοδιαπνοή (ET<sub>p</sub>), είναι η ποσότητα εξατμισοδιαπνοής που πραγματοποιείται σε πλήρως και ομοιόμορφα καλυμμένες με χλωρίδα επιφάνειες και είναι πάντα μεγαλύτερη ή ίση με την πραγματική εξατμισοδιαπνοή.

Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET<sub>c</sub>) είναι η μέγιστη εξατμισοδιαπνοή που παρατηρείται από μια δυναμικά αναπτυσσόμενη καλλιέργεια, κάτω από ειδικές συνθήκες με καλή λίπανση απαλλαγμένη από ασθένειες και με βέλτιστες συνθήκες υγρασίας, που θα μπορούσε να αποφέρει τη μέγιστη παραγωγή. [15], [10]

Η επίδραση του κλίματος στην εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας εκφράζεται από την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ή βασική εξατμισοδιαπνοή (ET<sub>r</sub>), η οποία ορίζεται ως ο ρυθμός εξάτμισης από μια υποθετική καλλιέργεια αναφοράς με ύψος 0,50m, με σταθερή συνολική αντίσταση επιφάνειας 45sec/m και albco 0,23. Η διαφορά της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας ET<sub>c</sub> από τη βασική εξατμισοδιαπνοή ET<sub>r</sub> εκφράζεται από το φυτικό συντελεστή kc, ο οποίος υπολογίζεται ως εξής:

$$ET_c = k_c \cdot ET_r \rightarrow k_c = \frac{ET_c}{ET_r} \quad (15)$$

Ο φυτικός συντελεστής αντιπροσωπεύει τη διαφοροποίηση της εξατμισοδιαπνοής μιας οποιασδήποτε άλλης καλλιέργειας από αυτή της καλλιέργειας αναφοράς. Οι φυτικοί συντελεστές διαφέρουν από καλλιέργεια σε καλλιέργεια, αλλά και για την ίδια την καλλιέργεια παρουσιάζουν διαφορές κατά τη βλαστική περίοδο. Οι τιμές τους διαμορφώνονται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε καλλιέργειας, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής που αναπτύσσεται, την καλλιεργητική πρακτική και τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Για τις ετήσιες καλλιέργειες, το kc επηρεάζεται από το χρόνο σποράς ή φύτευσης, το ρυθμό ανάπτυξης και τη συχνότητα των βροχών και αρδεύσεων. Στην καλλιέργεια αναφοράς το kc είναι ίσο με την τιμή 1 όμως για κάθε άλλη καλλιέργεια η τιμή του διαφέρει, αναλόγως με την βλαστική περίοδο στην οποία βρίσκεται.

Η εξατμισοδιαπνοή περιλαμβάνει τόσο τη διαπνοή από τα φυτά, όσο και την εξάτμιση από υάτινες επιφάνειες, το έδαφος, το χιόνι, τον πάγο και τα φυτά. Μπορεί να εκτιμηθεί είτε άμεσα, είτε έμμεσα αλλά και με συνδυαστικές μεθόδους και εμπειρικές μεθόδους. [15], [10]

Η **άμεση εκτίμηση** της μπορεί να υλοποιηθεί με τις εξής μεθόδους:

#### α) Πειραματικές δεξαμενές και λυσιμετρικά δοχεία

Η μέθοδος αυτή συνίσταται στη μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής, η οποία πραγματοποιείται κατά την καλλιέργεια διαφόρων φυτών μέσα σε δεξαμενές, οι οποίες γεμίζονται με εδαφικό υλικό που παίρνεται από τα χωράφια, τα οποία πρόκειται να εξεταστούν.

Η μέτρηση αυτή της εξατμισοδιαπνοής μπορεί επίσης να γίνει και με λυσιμετρικά δοχεία. Το κύριο σώμα του λυσίμετρου είναι ένα μεγάλο, κατά προτίμηση κυλινδρικό δοχείο από μέταλλο ή ενισχυμένο πλαστικό, που τοποθετείται μέσα στο έδαφος έτσι που το ελεύθερο άκρο του να ταυτίζεται με την επιφάνειά του. Το δοχείο είναι γεμάτο με χώμα και καλλιεργείται με τα φυτά των οποίων πρόκειται να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή. Το βάθος του δοχείου πρέπει να είναι αρκετό ώστε να μπορεί να αναπτυχθεί ανεμπόδιστα το ριζικό σύστημα της καλλιέργειας και να έχει αρκετή επιφάνεια, όχι μικρότερη από 4 m<sup>2</sup>. [10]

## β) Πειραματικοί αγροί

Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται η εποχιακή εξατμισοδιαπνοή (ETs). Σε ένα χωράφι που έχει σημαντική έκταση εγκαθίσταται η καλλιέργεια της οποίας πρόκειται να υπολογιστεί η ETs. Μέσα στο χωράφι επιλέγεται ένα αντιπροσωπευτικό τμήμα του οποίου προσδιορίζεται η περιεχόμενη υγρασία στην αρχή και το τέλος της βλαστικής περιόδου. Αν P είναι η ωφέλιμη βροχόπτωση σε mm, IR είναι το νερό της άρδευσης σε mm, SM1 και SM2 είναι αντίστοιχα η εδαφική υγρασία στην αρχή και το τέλος της βλαστικής περιόδου σαν ποσοστό % ξηρού βάρους, ASW είναι το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους και RD είναι το βάθος του ριζοστρώματος σε mm, η εποχιακή εξατμισοδιαπνοή σε mm μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση :

$$ETs = P + IR + \frac{SW_1 - SW_2}{100} * ASW * RD \quad (16)$$

Η σχέση αυτή βρίσκει εφαρμογή όταν το έδαφος είναι ομοιόμορφο σε όλο το βάθος του ριζοστρώματος. Στην περίπτωση που το έδαφος αποτελείται από στρώσεις, οι υπολογισμοί της υγρασίας γίνονται για κάθε στρώση χωριστά και η ETs υπολογίζεται από τη σχέση

$$ETs = P + IR + \sum_{i=1}^n \frac{SM1i - SM2i}{100} * ASW_i * d_i \quad (17)$$

Όπου n είναι ο αριθμός των στρώσεων και SM1i, SM2i, ASWi και di είναι αντίστοιχα οι υγρασίες, το φαινόμενο ειδικό βάρος και το πάχος κάθε εδαφικής στρώσης. [10]

## γ) Μετρήσεις της υγρασίας του εδάφους

Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται συνήθως για εκτάσεις με μάλλον ομοιόμορφο έδαφος και φρεάτιο ορίζοντα ο οποίος κείται σε αρκετό βάθος. Η υγρασία του εδάφους προσδιορίζεται προ και μετά από κάθε άρδευση. Επίσης γίνονται και μερικές μετρήσεις στο ενεργό ριζόστρωμα των φυτών κατά το διάστημα, που μεσολαβεί μεταξύ δύο αρδεύσεων. Για την κάθε περίοδο υπολογίζονται οι ημερησίως καταναλισκόμενες ποσότητες νερού και νομογραφούνται συναρτήσεως του χρόνου. Από την καμπύλη, που καταρτίζεται με αυτό τον τρόπο, μπορεί να προσδιοριστεί εύκολα η εξατμισοδιαπνοή ολόκληρης της περιόδου. [10]

## δ) Ολοκληρωτική μέθοδος

Με τη μέθοδο αυτή η συνολική εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται σαν άθροισμα των γινομένων της εξατμισοδιαπνοής στη μονάδα επιφανείας, για κάθε κατηγορία χρήσης γαιών. Πιο συγκεκριμένα, αθροίζονται τα γινόμενα:

- της ανά μονάδα επιφανείας εξατμισοδιαπνοής της κάθε καλλιέργειας, επί την καλυπτόμενη από αυτή έκταση,
- της ανά μονάδα επιφανείας εξατμισοδιαπνοής της φυσικής βλάστησης, επί την αντίστοιχη έκταση,
- του ύψους εξάτμισης, επί την επιφάνεια που καταλαμβάνεται από νερά,
- του ύψους εξάτμισης από ακάλυπτες εκτάσεις, επί την επιφάνεια αυτών [15]

#### ε) Υπολογισμός εισροών- εκροών

Η πραγματοποιούμενη ετήσια εξατμισοδιαπνοή μιάς περιοχής, υπολογίζεται κατά τη μέθοδο αυτή από το τύπο:

$$U = (I + B) + (G_s - G_e) - P \quad (18) \text{ , όπου}$$

I : η συνολική ποσότητα νερού που εισρέει στην περιοχή.

B: ο συνολικός όγκος βροχοπτώσεων και λοιπών ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

$G_s$  και  $G_e$  : ο συνολικός όγκος του νερού που περιέχεται στο έδαφος, στην αρχή και το τέλος του έτους αντίστοιχα.

P : η συνολική ποσότητα νερού που απορρέει από την περιοχή. [15]

#### στ) Μέθοδος των διαδοχικών δειγματοληψιών

Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή για μικρές χρονικές περιόδους με διαδοχική λήψη εδαφοδειγμάτων σε πειραματικά τεμάχια, των οποίων προσδιορίζεται η υγρασία. Η εξατμισοδιαπνοή μπορεί να υπολογιστεί με τη σχέση:

$$ET = \frac{W_1 - W_2}{100} \cdot E_\phi \cdot D \quad (19)$$

Όταν το έδαφος είναι ομοιόμορφο , ή με τη σχέση

$$ET = \sum_{i=1}^n \frac{(W_{1i} - W_{2i})}{100} \cdot \frac{E_{\phi i}}{9,81} \cdot D_i \quad (20)$$

Όταν το έδαφος αποτελείται από στρώσεις.

$W_1, W_2$  : είναι οι υγρασίες του εδάφους αντίστοιχα στην αρχή και το τέλος της χρονικής περιόδου εκφρασμένες στα % ξηρού βάρους ,

$E_\phi$ : είναι το φαινόμενο ειδικό βάρος και

D : η ζώνη δειγματοληψίας σε mm [15]

Αναφορικά με την **έμμεση εκτίμηση** της εξατμισοδιαπνοής, ισχύουν οι παρακάτω μέθοδοι :

#### α) Μέθοδος υδατικού ισοζυγίου

Σε περίπτωση που υπάρχει απουσία άρδευσης, η εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται ως εξής:

$$ET = P + \Delta SW \pm RO - D \quad (21) \text{ , όπου:}$$

P: η κατακρήμνιση

$\Delta SW$  : η μεταβολή περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό

RO : η επιφανειακή απορροή

D: η βαθιά διήθηση [15]

## β) Μέθοδος του ισοζυγίου ενέργειας

Εάν υπάρχει μεταβολή του δυναμικού του νερού μέσα στο έδαφος και συνεπώς κίνηση του νερού, αυτό συνεπάγεται ότι υπάρχει συνεχώς μία προσφορά ενέργειας, στη φάση του νερού που βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια της γής.

Η ολική καθαρή ενέργεια στην επιφάνεια της γής είναι :  $R_n = S_n - L_n$  (22)

Θεωρείται ένας όγκος αναφοράς στην επιφάνεια της γής με μοναδιαία έκταση, στον οποίο εισρέει η ενέργεια  $R_n$ . Το μεγαλύτερο μέρος  $A$  αυτής της ενέργειας, γνωστό ως διαθέσιμη ενέργεια, είναι διαθέσιμο για να μετατραπεί σε αισθητή θερμότητα  $H$  και λανθάνουσα θερμότητα  $\Lambda$ , δηλαδή :

$$A = H + \Lambda \quad (23)$$

Ένα μικρό συνήθως τμήμα της ενέργειας δαπανάται με άλλους τρόπους και συγκεκριμένα

- διακινείται με αγωγή προς το έδαφος ή με αγωγή και μεταφορά προς το υδάτινο σώμα ( $G$ )
- δαπανάται για τις βιοχημικές διαδικασίες των φυτών ( $Q_B$ )
- μπορεί να αποθηκεύεται προσωρινά ( ιδίως στην περίπτωση δασών) στον όγκο αναφοράς ( $Q_S$ )
- μπορεί να μεταφέρεται οριζόντια ( σε περιπτώσεις που εκδηλώνεται το φαινόμενο της όασης, διαφορετικά αμελείται ) προς άλλες περιοχές ( $Q_h$ )

Η ενέργεια αυτή είναι ηλιακής προελεύσεως ως επί τό πλείστον. Ηπλήρης εξίσωση του ενεργειακού ισοζυγίου για το συγκεκριμένο όγκο αναφοράς μπορεί να γραφεί

$$R_n = H + \Lambda + G + Q_B + Q_S + Q_h \quad (24)$$

Στίς περισσότερες περιπτώσεις της πράξης οι δευτερεύοντες όροι  $G$ ,  $Q_B$ ,  $Q_S$ ,  $Q_h$  αμελούνται οπότε γίνεται

$$R_n = A = H + \Lambda \quad (25)$$

Από το λόγο του Bowen, προσδιορίζεται ο όρος  $\Lambda = \frac{H}{B}$  και στη συνέχεια η εξάτμιση προκύπτει από τη σχέση:

$$E = \frac{\Lambda}{\lambda} = \frac{A}{\lambda} * (1+B) \quad (26), \text{ όπου:}$$

$\lambda$ : η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης.

Αντίστοιχα, η εξάτμιση εκφρασμένη ως ισοδύναμο ύψος νερού στη μονάδα χρόνου είναι

$$E = \frac{E}{\rho} = \frac{\Lambda}{\rho * \lambda} \quad (27) \text{ όπου,}$$

$\rho$  : η πυκνότητα του νερού (  $1000 \text{ Kg/m}^3$  ). [14]

### γ) Μέθοδος ισοζυγίου μάζας ή αεροδυναμική μέθοδος

Από αεροδυναμική άποψη, η εξαέρμιση μπορεί να θεωρηθεί ως μια διεργασία διάχυσης, η οποία διέπεται από το γενικό νόμο :

$$G_Z = \frac{-D^* d_c}{d_z} \quad (28), \text{ όπου :}$$

$G_Z$ : είναι ο ρυθμός μεταφοράς μιας δεδομένης ιδιότητας ή ποσότητας κατά τη διεύθυνση  $Z$

$C$  : η συγκέντρωση αυτής της ιδιότητας και

$D$ : χαρακτηριστικός συντελεστής, γνωστός ως διαχυτότητα της ιδιότητας στο ρευστό

Στην περίπτωση της εξαέρμισης και για κατακόρυφο άξονα  $Z$ , ο ρυθμός μεταφοράς ταυτίζεται με το ρυθμό εξαέρμισης  $E$ , ενώ η συγκέντρωση ταυτίζεται με την πυκνότητα υδρατμών  $\rho_v$ , οπότε παίρνει την ακόλουθη μορφή ( νόμος του Fick )

$$E = \frac{-D_v * d\rho_v}{d_z} \quad (29), \text{ όπου}$$

$D_v$  : η διαχυτότητα των υδρατμών στον αέρα με τυρβώδη κίνηση [14]

Συνδυαστικές μέθοδοι προσδιορισμού εξατμισοδιαπνοής

#### ● Μέθοδος του Penman

Στην ανάλυσή του, ο Penman χρησιμοποίησε την προσεγγιστική σχέση

$$\Delta = \frac{e_0(T_s) - e_0(T_a)}{T_s - T_a} \quad (30) \text{ , όπου :}$$

$\Delta$  : είναι κλίση της καμπύλης πίεσης κορεσμού των υδρατμών σε mbar/°K.

$T_s, T_a$  : είναι αντίστοιχα η θερμοκρασία της επιφάνειας που εξατμίζει και της ατμόσφαιρας σε °C.

$e_0(T_s), e_0(T_a)$  : είναι η πίεση κορεσμού των υδρατμών για τις θερμοκρασίες  $T_s$  και  $T_a$  σε mbar

Ο λόγος του Bowen δηλαδή ο λόγος της αισθητής προς την λανθάνουσα θερμότητα, που δίνεται από τη

$$\text{σχέση } B = \gamma \cdot \frac{T_s - T_a}{e_0(T_s) - e} \quad (31), \text{ όπου :}$$

$\gamma$  είναι ο ψυχομετρικός συντελεστής mbar/°K

$e$  είναι η πραγματική πίεση των υδρατμών σε mbar [10]

Από τις (30) και (31) προκύπτει :

$$B = \frac{\gamma}{\Delta} \cdot \frac{e_0(T_s) - e_0(T_a)}{e_0(T_s) - e} = \frac{\gamma}{\Delta} \cdot \frac{e_0(T_s) - e + e - e_0(T_a)}{e_0(T_s) - e} = \frac{\gamma}{\Delta} \cdot \left[ 1 - \frac{e_0(T_a) - e}{e_0(T_s) - e} \right] \quad (32)$$

Από τις σχέσεις  $B = \frac{H}{\Lambda}$ ,  $R_n \cong A = H + \Lambda$  και  $E' = \frac{\Lambda}{\lambda}$  προκύπτει :

$$\lambda \cdot E' = A - H = A - \frac{A \cdot B}{1+B} \Rightarrow \frac{A}{\lambda \cdot (1+B)} \cong E' = \frac{R_n}{\lambda \cdot (1+B)} \Rightarrow \lambda + \lambda \cdot B = \frac{R_n}{E'} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B = \frac{R_n}{\lambda \cdot E'} - \frac{\lambda}{\lambda} = \frac{R_n}{\lambda \cdot E'} - 1 \quad (33)$$

όπου :

H είναι η αισθητή θερμότητα kJ / m<sup>2</sup>/day

Λ είναι η λανθάνουσα θερμότητα kJ / m<sup>2</sup>/day

R<sub>n</sub> είναι η ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης σε kJ / m<sup>2</sup>/day

E' είναι η εξάτμιση εκφρασμένη σε μάζα ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου [ $\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{day}}$ ]

Από τις (32) και (33) προκύπτει :

$$\frac{\gamma}{\Delta} \cdot \left[ 1 - \frac{e_0(T_a) - e}{e_0(T_s) - e} \right] = \frac{R_n}{\lambda \cdot E'} - 1 \Rightarrow \frac{R_n}{\lambda} = E' + \frac{\gamma}{\Delta} \cdot E' - \frac{\gamma}{\Delta} \cdot \frac{e_0(T_a) - e}{e_0(T_s) - e} \cdot E' =$$

$$= \left( \frac{\gamma + \Delta}{\Delta} \right) \cdot E' - \frac{\gamma}{\Delta} \cdot \frac{e_0(T_a) - e}{e_0(T_s) - e} \cdot E' \quad (34)$$

Σύμφωνα με την εξίσωση μεταφοράς η εξάτμιση υπολογίζεται από τη σχέση :

$$E' = F(u) \cdot [e_0(T_s) - e]$$

$$\text{Επομένως από τις (5) και (6) προκύπτει ότι } \frac{R_n}{\lambda} = \left( \frac{\gamma + \Delta}{\Delta} \right) \cdot E' - \frac{\gamma}{\Delta} \cdot (e_0(T_a) - e) \cdot F(u) \Rightarrow$$

$$E' = \frac{\Delta}{\gamma + \Delta} \cdot \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta} \cdot \frac{\Delta}{\gamma + \Delta} \cdot D \cdot F(u) \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{day}} \right] \quad (35)$$

Αν διαιρέσουμε την E' δια την πυκνότητα του νερού ρ = 1000 Kg / m<sup>3</sup> προκύπτει η εξίσωση του Penman η οποία δίνει εξάτμιση εκφρασμένη σε ισοδύναμο ύψος νερού ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου:

$$E = \frac{1}{\rho} \cdot \left[ \frac{\Delta}{\gamma + \Delta} \cdot \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\gamma + \Delta} \cdot D \cdot F(u) \right] \left[ \frac{\text{m}}{\text{day}} \right] \quad (36)$$

## β) Μέθοδος Penman-Monteith

Ο Monteith συνδύασε κατάλληλα την επιφανειακή και την αεροδυναμική αντίσταση και κατέληξε στην ακόλουθη τροποποιημένη σχέση Penman, γνωστή ως εξίσωση Penman- Monteith :

$$E = \frac{1}{\rho} \cdot \left[ \frac{\Delta}{\gamma' + \Delta} \cdot \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\gamma' + \Delta} \cdot D \cdot F(u) \right] \quad (\text{m/day}) \quad (37)$$

Στη σχέση αυτή όλες οι παράμετροι είναι οι ίδιες με εκείνες της αυθεντικής εξίσωσης Penman εκτός από το  $\gamma'$  το οποίο δίνεται από τη σχέση,  $\gamma' = \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)$  (38), όπου:

$$\gamma : \text{είναι ο ψυχομετρικός συντελεστής } \gamma = \frac{\left(1 - 2,256 \cdot 10^{-5} \cdot z\right)^{5,256}}{0,001516 - 1,431 \cdot T_s} \frac{\text{mbar}}{^{\circ}\text{C}} \quad (39)$$

$r_s$ : είναι η επιφανειακή αντίσταση των στομάτων στη μεταφορά υδρατμών που μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:  $r_s = \frac{100}{0,5 \cdot \text{LAI}}$  (40) στην οποία

LAI : είναι ο δείκτης της φυλλικής επιφάνειας που, προκειμένου για χλοοτάπητα και μηδική ύψους άνω των 3 cm που υποβάλλονται σε περιοδική συγκομιδή, μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση  $\text{LAI} = 1,5 \cdot \ln(h_c) - 1,4$  (41) όπου:

$h_c$  :είναι το μέσο ύψος της φυτοκόμης σε cm

$$\text{ή } \text{LAI} = 6,908 + 1,5 \cdot \ln(h_c) - 1,4 \quad (42)$$

$r_a$  : είναι η αεροδυναμική αντίσταση στη μεταφορά αισθητής θερμότητας και υδρατμών που δίνεται

$$\text{από τη σχέση } r_a = \frac{\ln\left[\frac{z_u - d}{z_{om}}\right] \cdot \ln\left[\frac{z_p - d}{z_{ov}}\right]}{(0,41)^2 \cdot u_z} \quad (43)$$

όπου:

$z_u$  είναι το ύψος σε m στο οποίο μετράται η ταχύτητα τον ανέμου,

$z_p$  είναι το ύψος σε m που γίνεται η μέτρηση της υγρασίας (ψυχρόμετρο) και της θερμοκρασίας του αέρα,

$R_n$  είναι η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία σε  $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$  που υπολογίζεται με τη διαδικασία που δίνεται στη μέθοδο του Penman

$u_z$  είναι η ταχύτητα τον ανέμου σε m/sec σε ύψος  $z_u$ ,

$d$  είναι η μετατόπιση τον μηδενικού επιπέδου σε m και

$z_{om}$  και  $z_{ov}$  είναι παράμετροι που εκφράζουν την τραχύτητα της φυτοκόμης σε m.

$$z_{ov} = 0,1 \cdot z_{om} = 0,0123 \cdot h_c \quad (44)$$

Οι παράμετροι  $d$ ,  $z_{om}$  και  $z_{ov}$  υπολογίζονται αντίστοιχα με τις σχέσεις

$$d = \frac{2}{3} \cdot h_c \quad z_{om} = 0,123 \cdot h_c \quad z_{ov} = 0,1 \cdot z_{om} = 0,0123 \cdot h_c$$

όπου το  $h_c$  είναι το μέσο ύψος της φυτοκόμης σε m.

Αν θεωρήσουμε ότι  $h_c = 15 \text{ cm}$   $z_u = 2,00 \text{ m}$   $z_p = 2,00 \text{ m}$  μετά την εκτέλεση των πράξεων προκύπτει:

$$\gamma' = \frac{\left(1 - 2,256 \cdot 10^{-5} \cdot z\right)^{5,256}}{0,001516 - 1,431 \cdot T_s} \cdot (1 + 0,393 \cdot u_z) \frac{\text{mbar}}{^{\circ}\text{C}} \quad (45)$$

### γ) Η τροποποιημένη μέθοδος του Penman

Εκφράζεται απο τη σχέση :

$$ETr = c * [W \cdot R_n + (1-W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)] \quad (46), \text{ όπου :}$$

$ETr$  : είναι η βασική εξατμισοδιαπνοή σε  $mm \cdot d^{-1}$

$W$  : είναι ένας σταθμιστικός παράγοντας που αντιπροσωπεύει την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στην  $ETr$  ενώ το  $(1-W)$  αντιπροσωπεύει την επίδραση του ανέμου και της υγρασίας της ατμόσφαιρας στην  $ETr$ .

$R_n$  :είναι η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία εκφρασμένη σε ισοδύναμο πάχος εξατμιζόμενου νερού σε  $mm \cdot d^{-1}$ .

$e_a - e_d$  :είναι ένας παράγοντας που εκφράζει την επίδραση της υγρασίας της ατμόσφαιρας στη βασική εξατμισοδιαπνοή , όπου  $e_a$  είναι η πίεση κορεσμού των υδρατμών που αντιστοιχεί στη μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας σε mb και  $e_d$  είναι η πραγματική πίεση των υδρατμών που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία αυτή σε mb. Αν είναι γνωστή η μέση σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας  $RH_{mean}$  .. η  $e_d$  υπολογίζεται απο τη σχέση:

$$e_d = e_a * \frac{RH_{mean}}{100} \quad (47), \text{ όπου:}$$

$c$ :είναι ένας διορθωτικός παράγοντας ενδεικτικός της διαφοράς των συνθηκών που επικρατούν σε ένα τόπο κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας .Μπορεί να υπολογιστεί με βάση την ακόλουθη σχέση :

$$\begin{aligned} C = & a_0 + a_1 \cdot U_d + a_2 \cdot U_d \cdot R_s + a_3 \cdot RH_{max} \cdot R_s + a_4 \cdot \left( \frac{U_d}{U_n} \right) \cdot U_d \cdot RH_{max} \\ & + a_5 \cdot \left( \frac{U_d}{U_n} \right) \cdot U_d \cdot RH_{max} \cdot R_s + a_6 \cdot (U_d)^2 \cdot RH_{max} \cdot R_s + a_7 \cdot \left( \frac{U_d}{U_n} \right)^2 \cdot U_d \cdot RH_{max} \\ & + a_8 \cdot \left( \frac{U_d}{U_n} \right) \cdot (U_d)^2 \cdot (RH_{max})^2 \cdot R_s + a_9 \cdot RH_{max} \cdot (R_s)^2 \end{aligned}$$

(48) όπου:

$a_0 = 0,892$  ,  $a_1 = -0,0781$  ,  $a_2 = 0,00219$  ,  $a_3 = 0,000402$  ,  $a_4 = 0,000196$  ,  $a_5 = 0,0000198$  ,  $a_6 = 0,00000236$  ,  $a_7 = -0,0000086$  ,  $a_8 = -0,0000000292$  ,  $a_9 = -0,0000161$  και  $U_d$  ,  $U_n$  είναι σε  $m \cdot s^{-1}$  ,  $RH_{max}$  είναι σε ποσοστά % και  $R_s$  είναι σε  $mm \cdot d^{-1}$  . [14]

### δ) Μέθοδος Priestley-Taylor

Μια αρκετά διαδεδομένη , εύχρηστη και ικανοποιητικά ακριβής απλοποίηση είναι αυτή των Priestley-Taylor (1972) που περιγράφεται από την εξίσωση

$$E = a_e \cdot \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{R_n}{\lambda} \quad (49) \quad , \text{ όπου}$$

$a_e$  : αριθμητική σταθερά ίση με 1.3 [14]



### ε) Μέθοδος Linacre

Για την εξάτμιση απο υδάτινη επιφάνεια ,η εξίσωση γράφεται

$$E = \frac{\frac{700 \cdot (T + 0.006 \cdot z)}{100 - \phi} + 15 \cdot (T - T_d)}{80 - T} \quad (\text{mm/d}), (50) \text{ όπου:}$$

z : είναι το υψόμετρο σε m ,

φ: το γεωγραφικό πλάτος σε μοίρες και

T<sub>d</sub>: το σημείο δρόσου σε °C

Για την δυνητική εξατμοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς η σταθερά 700 αντικαθίσταται με 500.

Εμπειρικές μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής

### α) Μέθοδος Thornthwaite

Η εμπειρική μέθοδος του Thornthwaite έχει χρησιμοποιηθεί στην πράξη περισσότερο από κάθε άλλη, διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα, λόγω του γεγονότος ότι απαιτεί λίγα δεδομένα εισόδου (μόνο μέση θερμοκρασία) αλλά και της παλαιότητας της (1948)

Ο Thornthwaite, το 1948, χρησιμοποίησε κλιματικά δεδομένα των καλοκαιρινών μηνών και βρήκε ότι κάτω απο συνθήκες πλήρους διαθεσιμότητας νερού υπάρχει μια σαφής σχέση ανάμεσα στη δυναμική εξατμισοδιαπνοή , τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας , τη γεωγραφική θέση και την εποχή

Η εξίσωση που διατύπωσε είναι η εξής:

$$E_p = 1.6 \cdot L_d \left( \frac{10 \cdot T}{I} \right)^a \quad (\text{cm/μήνα}) (51) , \text{ όπου}$$

E<sub>p</sub>: είναι η δυνατή εξατμισοδιαπνοή σε cm/μήνα για μήνες 30 ημερών με διάρκεια ωρών ημέρας 12 ώρες .

T : είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία υπολογισμένη από την E.M.Y

L<sub>d</sub> :είναι διορθωτικός συντελεστής και

$$\alpha = 0,016 \cdot I + 0,5 \quad (52)$$

I :είναι δείκτης θερμοκρασίας (θερμικός δείκτης )που υπολογίζεται από τη σχέση

$$I = \sum_{n=1}^{12} \left( \frac{T_n}{5} \right)^{1.514} \quad (53) , \text{ όπου}$$

T<sub>n</sub>: είναι η μέση θερμοκρασία κάθε μήνα [14]

### β) Μέθοδος Turc

Ο Turc (1954, 1955) παρουσίασε έναν εμπειρικό τύπο για την εκτίμηση των ετήσιων τιμών της πραγματικής εξατμοδιαπνοής E<sub>t</sub>, χρησιμοποίησε ως βάση την εξίσωση του ισοζυγίου του ύδατος για

να εκτιμήσει την εξατμισοδιαπνοή ( $E_t$ ), από τη βροχόπτωση ( $P$ ) και την απορροή και κατέληξε στην ακόλουθη σχέση:

$$Et = \frac{P}{\left[0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2\right]^{0,5}} \quad (54), \text{όπου:}$$

$P$  = η ετήσια μέση βροχόπτωση (σε mm),

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 \quad (\text{σε mm}), \quad (55)$$

$T$  = η μέση θερμοκρασία του αέρα (σε °C) [16]

#### γ) Μέθοδος Hargreaves .

Βασίζεται στην απλή εξίσωση :

$$E_{rc} = 0.0023 \cdot \left(\frac{S_0}{\lambda}\right) \cdot (T + 17.8) \cdot \delta_T \quad (56) \quad , \text{όπου}$$

$E_{rc}$ : η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς σε mm/d

$S_0$  : η εξωγήινη ακτινοβολία σε kJ/(m<sup>2</sup>d ) ίση με  $R_a$

$\lambda$  : η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης σε kJ/kg

$T$ : η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα σε °C (Μέθοδος Turc)

$\delta_T$ : η διαφορά της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας σε °C [10]

#### δ ) Μέθοδος των Jensen- Haise .

Οι Jensen και Haise (1963) , αναγνωρίζοντας την άμεση σχέση της ET με την ηλιακή ακτινοβολία , κατέληξαν στη σχέση :

$$PET = [0.014 \cdot T - 0.37] \cdot R_s \quad (57) \quad , \text{όπου}$$

**PET**: είναι η δυναμική εξατμισοδιαπνοή σε ίντσες /ημέρα

$T$ : είναι η μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα σε °F και

**$R_s$**  : είναι η προσπίπτουσα στο έδαφος ολική ηλιακή ακτινοβολία εκφρασμένη σε ισοδύναμο πάχος εξατμιζόμενου νερού σε ίντσες /ημέρα

Αν το  $T$  είναι σε °C και το  $R_s$  είναι σε mm /ημέρα , η PET εκφρασμένη σε mm /ημέρα δίνεται από τη σχέση :

$$PET = [0.0252T + 0.078]R_s \quad (58) \quad [14]$$

#### ε)Μέθοδος Blaney-Criddle

Η εξίσωση **Blaney-Criddle** έχει μοναδικό μετεωρολογικό δεδομένο εισόδου τη θερμοκρασία και είναι η εξής:

$$Ep = 0,254 \cdot Kc \cdot P \cdot (32 + 1,8 \cdot Ta) \quad (59), \text{όπου:}$$

$E_p$ : η δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm/μήνα

ke : συντελεστής καταναλωτικής χρήσης (φυτικός συντελεστής)

Ta: θερμοκρασία σε °C

p = ποσοστό (%) των ωρών ημέρας του συγκεκριμένου μήνα σε σχέση με το σύνολο των ωρών ημέρας του έτους. Αλλάζει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος. [15]

#### στ) Μέθοδος Hargreaves

$ET_p = MF \cdot (18 \cdot T_a + 32) \cdot CH$  (60) ,όπου :

ET<sub>p</sub>: η εξατμισοδιαπνοή σε mm/μήνα.

MF :ένας μηνιαίος συντελεστής που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος.

T<sub>a</sub> : η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε °C.

CH :ένας διορθωτικός παράγοντας για την υγρασία RH, που χρησιμοποιείται σε περίπτωση που η μέση ημερήσια σχετική υγρασία ξεπερνά το 64%. Υπολογίζεται ως εξής:

$CH = 0,166 \cdot (100 - RH)^{1/2}$  (61) όπου για  $RH \leq 64\% \rightarrow CH = 1$  [15]

Ένα ποσοστό της ζήτησης των καλλιεργειών ικανοποιείται από την βροχόπτωση που υπάρχει, το σύνολο της οποίας, όμως, δεν μπορεί να θεωρηθεί πως καταλήγει στο φυτό αφού υπάρχουν απώλειες από την εξατμισοδιαπνοή, την επιφανειακή απορροή και την βαθιά διήθηση. Εκείνο που απομένει αποτελεί την ωφέλιμη βροχή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες για την κάλυψη των αναγκών τους. Το ποσοστό που αντιπροσωπεύει η ωφέλιμη βροχή δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της βροχής, του εδάφους και της καλλιέργειας. Η ενεργός βροχόπτωση είναι το μέρος εκείνο της βροχοπτώσεως που εισχωρεί στο ριζόστρωμα και χρησιμοποιείται από τις καλλιέργειες για την ανάπτυξη τους. Εξαρτάται από :

- ▷ το ύψος και η ένταση βροχοπτώσεως
- ▷ την αποθηκευτικότητα του ριζοστρώματος της καλλιέργειας
- ▷ την κατάσταση της επιφάνειας του εδάφους
- ▷ τη διηθητικότητα του εδάφους
- ▷ το έλλειμμα υγρασίας πριν τη βροχόπτωση που καθορίζεται από την υγρασία
- ▷ την εξάτμιση

Ο υπολογισμός της ωφέλιμης βροχόπτωσης Peff, δηλαδή το ύψος της βροχής μετά από την αφαίρεση των απωλειών που έχουμε από την επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση κάτω από το ριζόστρωμα, αναφέρεται παρακάτω.

Η Peff υπολογίζεται με βάση το μηνιαίο ύψος της βροχόπτωσης με τους παρακάτω τύπους της USDA Soil Conservation Service.

$$P < 250\text{mm} \rightarrow Peff = \frac{P \cdot (125 - 0,2 \cdot P)}{125} \quad (62)$$

$$P \geq 250\text{mm} \rightarrow P_{\text{eff}} = 125 + \frac{1}{10} \cdot P, \quad (63)$$

όπου P η μηνιαία βροχόπτωση. (USDA, 1970 & Dastane, 1974).

#### **1.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ**

Το πρόβλημα της έλλειψης μετρήσεων σε συστηματικά βροχομετρικά δείγματα είναι συχνό και οφείλεται κυρίως σε βλάβες οργάνων και αμέλειες ή κωλύματα παρατηρήσεων. Η συμπλήρωση των ελλείψεων είναι απαραίτητη σε κάθε υδρολογική μελέτη. Οι μέθοδοι που υπάρχουν, υπάγονται σε δύο γενικές κατηγορίες, τις εμπειρικές και τις στατιστικές. Οι στατιστικές είναι καταλληλότερες και για την επέκταση δειγμάτων.

##### **Στατιστικές μέθοδοι**

###### **α) Μέθοδος βροχοβαθμίδας**

Ως βροχοβαθμίδα ορίζεται η καθ' ύψος μεταβολή της βροχόπτωσης και βασίζεται στην παρατήρηση ότι το ύψος βροχής αυξάνει με την αύξηση του υψομέτρου (mm/m). Συνήθως τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, αυξάνονται αναλόγως με το υψόμετρο. Η μέθοδος χρησιμοποιεί μια απλή γραμμική σχέση που σχετίζει τα υψόμετρα των σταθμών με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κάθε σταθμού, εφόσον υπάρχει ικανοποιητική συσχέτιση (συντελεστής συσχέτισης  $r > 0.70$ ).

Για τον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας, απαιτούνται :

- τα απόλυτα υψόμετρα των βροχομετρικών σταθμών και
- τα αντίστοιχα μέσα ετήσια ύψη βροχής. [2], [3]

Στη συνέχεια, κατασκευάζεται η καμπύλη μεταβολής του ύψους βροχής, συναρτήσεως του υψομέτρου των σταθμών, όπου η τετμημένη (x), περιλαμβάνει τα υψόμετρα, ενώ η τεταγμένη (y), περιλαμβάνει τα ύψη της βροχής. Η εξίσωση της ευθείας που προκύπτει, είναι της μορφής:  $y = ax + b$ , όπου:

a, b: Το ύψος βροχής σε υψόμετρο μηδέν και συντελεστής της διεύθυνσης της ευθείας  $y = f(x)$ , αντίστοιχα, τα οποία προκύπτουν ως εξής:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (64) \quad \text{και} \quad b = \bar{y} - a \cdot \bar{x} \quad (65), \text{όπου:}$$

$\bar{x}$  και  $\bar{y}$  οι μέσες τιμές των  $y_i$  και  $x_i$  αντίστοιχα, δηλαδή:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3) \quad \text{και} \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (66), \text{όπου } n: \text{ το μήκος του δείγματος.}$$

Η επίλυση, μπορεί να γίνει γραφικά, με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων. Ο έλεγχος της αξιοπιστίας της εξίσωσης γίνεται με τον υπολογισμό του συντελεστή συσχέτισης των δύο μεγεθών. Οι τιμές του κυμαίνονται στο διάστημα  $[-1, 1]$ . Όσο πιο κοντά στα όρια του διαστήματος βρίσκεται η τιμή του συντελεστή αυτού, τόσο ισχυρότερη είναι η συσχέτιση, ενώ μηδενική τιμή αυτού, εκφράζει ανυπαρξία συσχέτισης. Ο συντελεστής συσχέτισης υπολογίζεται ως εξής:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (67)$$

Για να είναι στατιστικά σημαντική η συσχέτιση, θα πρέπει ο συντελεστής  $r$ , να είναι σε απόλυτη τιμή, μεγαλύτερος από την κρίσιμη τιμή, η οποία υπολογίζεται:

$$r_c = \frac{2}{\sqrt{n}} \quad (68) \quad [13], [14]$$

### Εμπειρικές μέθοδοι

Οι μέθοδοι αυτοί, χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου οι ελλείψεις είναι σποραδικές και αφορούν μικρές χρονικές περιόδους και είναι οι παρακάτω τρεις:

#### α) Μέθοδος του αριθμητικού μέσου

Σύμφωνα με αυτή, η τιμή του ύψους βροχής του σταθμού  $Y$  που λείπει,  $h_Y$  (π.χ ημερήσια ή μηνιαία), εκτιμάται ως ο μέσος όρος των αντίστοιχων υψών τριών ή και περισσότερων γειτονικών σταθμών, κανονικά διατεταγμένων γύρω από τον  $Y$ :

$$h_Y = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k h_i \quad (69), \text{ όπου:}$$

$k$ : το πλήθος των γειτονικών σταθμών και

$h_i$ : το ύψος βροχής του καθενός

Εφαρμόζεται, με την προϋπόθεση ότι οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις των γειτονικών σταθμών, δε διαφέρουν πάνω από 10% από την αντίστοιχη του σταθμού  $Y$ . Εάν αυτό δεν ισχύει εφαρμόζεται η επόμενη μέθοδος [4]

#### β) Μέθοδος των κανονικών λόγων

Στη μέθοδο αυτή, τα ύψη βροχής των γειτονικών σταθμών, σταθμίζονται βάσει των αναλογιών των μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων, ως εξής:

$$h_Y = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k h_i \frac{H_Y}{H_i} \quad (70), \text{ όπου:}$$

$H_Y$  και  $H_i$ , οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις του σταθμού  $Y$  και του γειτονικού  $I$ , αντίστοιχα. [2],[3]

#### γ) Μέθοδος της αντίστροφης απόστασης

Αποτελεί γενίκευση της μεθόδου του αριθμητικού μέσου, με τη διαφορά ότι εδώ λαμβάνονται υπόψη, τα αντίστροφα των αποστάσεων των σταθμών, υψωμένα σε κατάλληλη δύναμη, για τη στάθμιση των επιμέρους ύψους βροχής. Χρησιμοποιούνται συνήθως, τέσσερις ή περισσότεροι γειτονικοί σταθμοί και το ύψος βροχής  $Y$ , υπολογίζεται ως εξής:

$$h_Y = \sum_{i=1}^k h_i \cdot w_i \quad (71), \text{ όπου:}$$

$w_i$ : ο συντελεστής βάρους ο οποίος δίνεται από τη σχέση:  $w_i = \frac{d_i^{-b}}{\sum_{j=1}^k d_j^{-b}}$  (72), όπου:

$d_i$  : η απόσταση του σταθμού  $i$ , από το σταθμό  $Y$  και

$b$ : η σταθερά που συνήθως λαμβάνεται ίση με 2. [2], [3]

## 1.5 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ-ΠΕΡΙΟΔΟΓΡΑΜΜΑ

Η **κανονική κατανομή** αναφέρεται σε συνεχείς μεταβλητές αποτελώντας μία συνεχή συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Χρησιμοποιείται ως μία πρώτη προσέγγιση για να περιγραφούν τυχαίες μεταβλητές πραγματικών τιμών, οι οποίες τείνουν να συγκεντρώνονται γύρω από μια μέση τιμή. Η κανονική κατανομή αποτελεί την πιο σημαντική κατανομή της στατιστικής μεθοδολογίας για τους εξής λόγους:

- Την κανονική κατανομή ακολουθούν είτε με ακρίβεια είτε με μεγάλη προσέγγιση τα περισσότερα συνεχή φαινόμενα.
- Πολλές ασυνεχείς κατανομές πιθανοτήτων μπορούν να προσεγγιστούν μέσω της κανονικής κατανομής. Για παράδειγμα πολλά πληθυσμιακά χαρακτηριστικά, όπως το ύψος, το βάρος η βαθμολογία σε διαγώνισμα, κ.λπ.
- Η κανονική κατανομή αποτελεί σύμφωνα με το κεντρικό οριακό θεώρημα (το άθροισμα ενός ικανοποιητικά μεγάλου αριθμού ανεξάρτητων και ισόνομων τυχαίων μεταβλητών προσεγγίζεται από την κανονική κατανομή) τη βάση της στατιστικής συμπερασματολογίας ή επαγωγικής στατιστικής.
- Τυχαία σφάλματα που εμφανίζονται σε διάφορες μετρήσεις έχουν κανονική κατανομή. Γι' αυτό το λόγο η Κανονική κατανομή αναφέρεται πολλές φορές και ως κατανομή σφαλμάτων.[17]

Η γραφική παράσταση της σχετιζόμενης συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας έχει σχήμα "καμπάνας", και είναι γνωστή ως Γκαουσιανή συνάρτηση ή κωδωνοειδής καμπύλη:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} * e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (73)$$

Αν η αθροιστική συνάρτηση κατανομής μίας τυχαίας μεταβλητής είναι συνεχώς διαφορίσιμη, τότε η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας ορίζεται ως η παράγωγος της αθροιστικής συνάρτησης κατανομής:

$$F = F' = \frac{dF(x)}{dx} \quad (74)$$

Έχει τις εξής ιδιότητες:

1.  $f(x) \geq 0$       σχεδόν παντού

2.  $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$

Αν μία συνάρτηση ικανοποιεί τις δύο παραπάνω σχέσεις, τότε ορίζει ένα μέτρο πιθανότητας σύμφωνα με :

$$\int_a^b f(x) dx = P(a < X \leq b) \quad (75)$$

Η κανονική κατανομή που έχει μέση τιμή 0 ( $\mu=0$ ) και τυπική απόκλιση 1 ( $\sigma=1$ , άρα και διασπορά 1), συμβολίζεται με  $N(0,1)$  και ονομάζεται **τυποποιημένη κανονική κατανομή**. Μια τυχαία μεταβλητή που ακολουθεί την τυποποιημένη κανονική κατανομή, έχει επικρατήσει να συμβολίζεται με  $Z$  και η συνάρτηση πυκνότητάς της με  $\varphi(z)$ .

$$\varphi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{z^2}{2}}, -\infty < z < +\infty \quad (76)$$

Η τυποποίηση των δεδομένων βασίζεται στην απόκλισή τους από το μέσο όρο σε όρους της  $\sigma$ , σύμφωνα με τον τύπο  $Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$  (77). Έτσι, τα δεδομένα μιας μεταβλητής που κατανέμεται κανονικά σε τυποποιημένη μορφή, μπορούν να μετατραπούν και να υπολογισθούν οι πιθανότητες χρησιμοποιώντας τους πίνακες της τυποποιημένης κανονικής κατανομής. Οι πίνακες της τυποποιημένης κανονικής κατανομής δίνουν τις αθροιστικές πιθανότητες της κατανομής της  $Z$ , δηλαδή τα εμβαδά της κατανομής από  $-\infty$  έως και μία συγκεκριμένη τιμή της  $Z$  (π.χ.  $z$ ). Έτσι, οι πίνακες δίνουν τις πιθανότητες  $P(Z \leq z)$  για όλα τα  $z$  από  $-3,99$  έως  $+3,99$  με βήμα  $0,01$ . [17]

Στην παρούσα εργασία, μέσω της χρήσης της Matlab, σχεδιάστηκαν οι κανονικές κατανομές για τα ετήσια βροχομετρικά δεδομένα, για κάθε σταθμό και ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα προσαρμογής κανονικής κατανομής:

1) Υπολογίστηκαν τα στατικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων (μέση τιμή, τυπική απόκλιση)

2) Τα δείγματα κατατάχθηκαν σε φθίνουσα σειρά και αριθμήθηκαν οι παρατηρήσεις.

3) Προσδιορίστηκαν οι περίοδοι επαναφοράς από τον τύπο του Weibull :

$$T = \frac{N+1}{m} \quad (78).$$

4) Υπολογίστηκαν οι πιθανότητες μη υπέρβασης:

$$F = 1 - \frac{1}{T} \quad (79).$$

5) Βρέθηκαν οι τυποποιημένες μεταβλητές  $Z$  από τον παρακάτω πίνακα για κάθε  $F$ .

$u$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7703	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9014
1.3	0.9032	0.9049	0.9065	0.9082	0.9098	0.9114	0.9130	0.9146	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9250	0.9264	0.9278	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9333	0.9348	0.9357	0.9369	0.9382	0.9394	0.9406	0.9417	0.9429	0.9440
1.6	0.9452	0.9463	0.9473	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9563	0.9572	0.9581	0.9590	0.9599	0.9608	0.9616	0.9624	0.9632
1.8	0.9640	0.9648	0.9656	0.9663	0.9671	0.9678	0.9685	0.9692	0.9699	0.9706
1.9	0.9712	0.9719	0.9725	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9755	0.9761	0.9767
2.0	0.9772									
2.1	0.9824									
2.2	0.9861									
2.3	0.9892									
2.4	0.9918									
2.5	0.9937									

$u$	2.32	3.09	3.72	4.27	4.75	5.20	5.61	6.00	6.36	6.71
$1-P(u)$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-10}$	$10^{-11}$

Πίνακας 1: πίνακας κανονικής κατανομής [17]

6) Εκτιμήθηκαν οι τιμές της μεταβλητής  $X$  από τα  $Z$  ως εξής:

$$X = \mu + (\sigma \cdot Z) \quad (80), \text{ όπου:}$$

$X$ : η ένταση της βροχόπτωσης (mm)

$\mu$ : η μέση τιμή που προέκυψε από τη επεξεργασία δεδομένων στη Matlab

$\sigma$ : η τυπική αποκλιση που προέκυψε από τη επεξεργασία δεδομένων στη Matlab [17]

Περίοδος επαναφοράς  $T$  μιας δεδομένης τιμής  $x$  της τυχαίας μεταβλητής  $X$  είναι ο μέσος αριθμός χρονικών διαστημάτων (εν προκειμένω υδρολογικών ετών) που μεσολαβεί μεταξύ 2 διαδοχικών εμφανίσεων της τυχαίας μεταβλητής με μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο της δεδομένης τιμής  $x$ . Για συνεχείς και στατιστικά ανεξάρτητες μεταβλητές, η περίοδος επαναφοράς είναι το αντίστροφο της **πιθανότητας υπέρβασης**. [18]

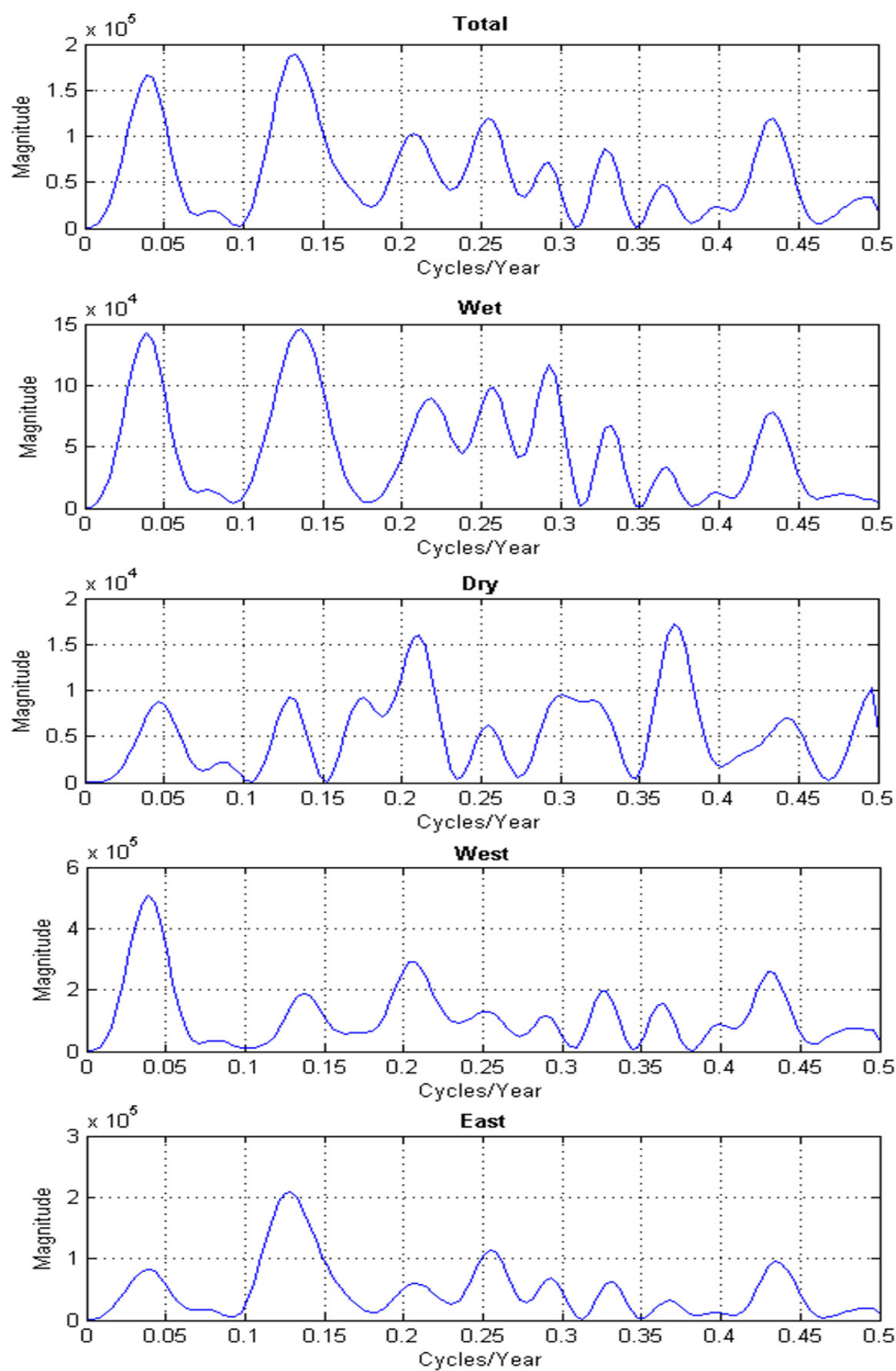
$$\text{Πιθανότητα υπέρβασης σε ένα έτος: } F_1 = \frac{1}{T} \quad (81)$$

$$\text{Πιθανότητα μη υπέρβασης σε ένα έτος: } F = 1 - F_1 = 1 - \frac{1}{T} \quad (81)$$

$$\text{Πιθανότητα μη υπέρβασης σε } n \text{ έτη: } F' = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (83)$$

Το περιοδόγραμμα παρέχει σημαντικές και χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τις περιόδους επαναφοράς της βροχόπτωσης. Όσον αφορά την Κρήτη, σημαντική παρατήρηση για τα συνολικά ετήσια περιοδογράμματα για την υγρή περίοδο και τα δεδομένα βροχόπτωσης της Δυτικής Κρήτης, είναι ένας κύκλος 25 ετών. Η συνολική ετήσια μεταβλητότητα βροχόπτωσης στο νησί της Κρήτης, παρουσιάζει έναν κύριο κύκλο περίπου κάθε 8 χρόνια και 2 ακόμα κύκλους παρομοίου μεγέθους, έναν κάθε 4 χρόνια περίπου και έναν κάθε 2 χρόνια. Οι υγρές περίοδοι που εκείνες συμβάλλουν κυρίως στην συνολική ετήσια βροχόπτωση, ακολουθούν τον ίδιο κυρίαρχο κύκλο, που εμφανίζεται περίπου κάθε 3 χρόνια. Έν αντιθέσει, οι ξηρές περίοδοι, παρουσιάζουν έναν μέγιστο κύκλο κάθε 3 χρόνια και έναν ελάχιστο, παρομοίου μεγέθους, κάθε 5 χρόνια. Έχουν παρατηρηθεί σημαντικές διαφορές στις τιμές της ετήσιας βροχόπτωσης της Ανατολικής σε σχέση με τη Δυτική Κρήτη. Η Ανατολική Κρήτη, παρουσιάζει μέγιστη περίοδο επαναφοράς κάθε 8 χρόνια, παρόμοια με τη συνολική ετήσια και την υγρή περίοδο μεταβλητότητας της βροχόπτωσης, καθώς επίσης και 2 μικρότερες περιόδους επαναφοράς κάθε 4 και κάθε 2 χρόνια. Η Δυτική Κρήτη, παρουσιάζει, περιόδους επαναφοράς ίδιου ελάχιστου μεγέθους, περίπου κάθε 5 χρόνια και 2 χρόνια, όπως και το Ανατολικό κομμάτι. [16],[17]





Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκε η κανονική κατανομή. Υπάρχουν και άλλες συνήθεις κατανομές, οι οποίες κατηγοριοποιούνται σε διακριτές και συνεχείς και παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες, μαζί με τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

κατανομή	συνάρτηση πιθανότητας	παράμετροι	μέση τιμή	διακύμανση
Bernoulli	$p(1-p)$	$p \in (0,1)$	$p$	$p(1-p)$
Διωνυμική	$\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$	$p \in (0,1), n \in \mathbb{N}$	$np$	$np(1-p)$
Αρνητική διωνυμική	$\binom{r+k-1}{r-1} p^r (1-p)^k$	$p \in (0,1), r \in \mathbb{N}$	$r \frac{p}{1-p}$	$r \frac{1-p}{p^2}$
Γεωμετρική	$p(1-p)^{n-1}$	$p \in (0,1)$	$\frac{1}{p}$	$\frac{1-p}{p^2}$
Υπεργεωμετρική	$\frac{\binom{K}{k} \binom{N-K}{n-k}}{\binom{N}{n}}$	$n, N, K \in \mathbb{N}, n, K \leq N$	$\frac{nK}{N}$	$\frac{nK(N-K)(N-n)}{N^2(N-1)}$
Poisson	$\frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$	$\lambda \in \mathbb{R}_+$	$\lambda$	$\lambda$

Πίνακας 2: Διακριτές κατανομές [11]

κατανομή	συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας	παράμετροι	μέση τιμή	διακύμανση
Ομοιόμορφη	$\frac{1}{b-a} I_{[a,b]}(x)$	$a, b \in \mathbb{R}, a < b$	$\frac{a+b}{2}$	$\frac{(b-a)^2}{12}$
Κανονική	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	$\mu \in \mathbb{R}, \sigma \in \mathbb{R}_+^*$	$\mu$	$\sigma^2$
Εκθετική	$\lambda e^{-\lambda x}$	$\lambda > 0$	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{1}{\lambda^2}$
Γάμμα	$\frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\beta x}$	$\alpha, \beta > 0$	$\frac{\alpha}{\beta}$	$\frac{\alpha}{\beta^2}$
Βήτα	$\frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} I_{(0,1)}(x)$	$\alpha, \beta > 0$	$\frac{\alpha}{\alpha+\beta}$	$\frac{\alpha\beta}{(\alpha+\beta)^2(\alpha+\beta+1)}$
Cauchy	$\left( \pi\beta \left( 1 + \left( \frac{x-a}{\beta} \right)^2 \right) \right)^{-1}$	$\alpha \in \mathbb{R}, \beta > 0$	δεν υπάρχει	δεν υπάρχει
Weibull	$\frac{c}{\alpha} x^{c-1} e^{-\frac{x^c}{\alpha}}$	$\alpha, c > 0$	$\alpha^{\frac{1}{c}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)$	$\alpha^{\frac{2}{c}} \left( \Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)^2 \right)$

Πίνακας 3: Συνεχείς κατανομές [11]

### **2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ-ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

Η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο και πολυπληθέστερο νησί της Ελλάδας και το πέμπτο σε έκταση μεγαλύτερο της Μεσογείου, μετά τη Σικελία, τη Σαρδηνία, την Κύπρο και την Κορσική. Βρίσκεται στο νότιο άκρο του Αιγαίου πελάγους και καλύπτει μια περιοχή 8.336 km<sup>2</sup>. Πρωτεύουσα και μεγαλύτερη πόλη της είναι το Ηράκλειο, το οποίο είναι έδρα της περιφέρειας Κρήτης ,με πληθυσμό 623.065 κατοίκων, περίπου 160 χιλιόμετρα νότια της ελληνικής ηπειρωτικής χώρας και εκτεινόμενη από τα δυτικά προς τα ανατολικά, βρέχεται βόρεια από το Κρητικό και νότια από το Λιβυκό πέλαγος. Ο μόνιμος πληθυσμός της Κρήτης είναι 682.928 σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Η έκταση της είναι 8.335,9 τετραγωνικά χιλιόμετρα, σε μήκος 260 χιλιομέτρων περίπου και πλάτος που κυμαίνεται από τα 12 έως τα 60 χιλιόμετρα.

Η Κρήτη αποτελείται από τέσσερις νομούς και συγκεκριμένα, ξεκινώντας από δυτικά και πηγαινόντας προς τα ανατολικά αυτοί είναι: νομός Χανίων, νομός Ρεθύμνης, νομός Ηρακλείου και νομός Λασιθίου. Το νησί είναι εξαιρετικά ορεινό με τρεις κύριες οροσειρές: τον Ψηλορείτη (2456 μ.) ,τα Λευκά Όρη (2454 μ.) και τη Δίκτη (Λασιθιώτικα Όρη) (2148 μ.) που το διασχίζουν κατά σειρά από τη δύση ως την ανατολή. Η έκταση που καλύπτουν οι ορεινοί όγκοι της Κρήτης ανέρχεται στο 49,4% της συνολικής της έκτασης. Σε αυτά τα βουνά οφείλονται τα εύφορα οροπέδια, όπως ο Ομαλός στα Λευκά Όρη, η Νίδα στην Ίδη και το Λασιθί, και το Καθαρό στη Δίκτη. Στο νησί υπάρχουν σημαντικά σπήλαια όπως το Δικταίο και το Ιδαίο άντρο. Κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό της Κρήτης είναι τα επιβλητικά φαράγγια όπως το διάσημο φαράγγι της Σαμαριάς, το φαράγγι Ίμπρου, το Κουρταλιώτικο φαράγγι, ,το Φαράγγι των Νεκρών και το φαράγγι του γάφαρη.

Τα μεγαλύτερα ποτάμια της Κρήτης είναι ο Γεροπόταμος και ο Αναποδιάρης στην περιοχή της Μεσαράς, ο Τυφλός και ο Κολένης στην πεδιάδα των Χανίων και οι Κοιλιάρης, Μέγας Ποταμός και Κουρταλιώτης. Γενικώς το νησί δεν χαρακτηρίζεται από τα μεγάλα του ποτάμια, καθώς διαθέτει μικρό πλάτος. Όσον αφορά τις λίμνες του νησιού, οι περισσότερες χαρακτηρίζονται περισσότερο ως νερόλακκοι. Μόνο μια λίμνη διαθέτει ουσιαστικά η Κρήτη, τη λίμνη του Κουρνά στην περιοχή του Αποκόρωνα. Το κλίμα θεωρείται ότι είναι υπο-υγρό μεσογειακό με υγρούς και σχετικά ψυχρούς χειμώνες και ξηρά και θερμά καλοκαίρια. Η μέση ετήσια βροχόπτωση εκτιμάται να είναι 927 χιλιοστά, οι ανανεώσιμοι υδατικοί πόροι είναι 2.650 εκατομμύρια κυβικά μέτρα και η πραγματική ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται είναι 384 κυβικά χιλιοστά ανά έτος.

Η κύρια χρήση του νερού στην Κρήτη είναι για άρδευση που εξυπηρετούν την γεωργία (83,3% της συνολικής κατανάλωσης), ενώ η οικιακή χρήση συμπεριλαμβανομένου του τουρισμού είναι 15,6% και η βιομηχανική χρήση 1%. Η Κρήτη παρουσιάζει σημαντικές περιφερειακές διακυμάνσεις όσον αφορά τη διαθεσιμότητα του νερού, ιδίως στις παράκτιες, ανατολικές και νότιες περιοχές λόγω του τουρισμού και της γεωργίας. Έχει υψηλή διαθεσιμότητα νερού, η οποία είναι ελαφρώς χαμηλότερη από εκείνη της υπόλοιπης χώρας. Η ζήτηση για νερό άρδευσης είναι υψηλή, ενώ την ίδια στιγμή μόνο το 31% της διαθέσιμης γεωργικής γης αρδεύεται. Οι αυξανόμενες απαιτήσεις σε νερό κάνει την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων εξαιρετικά σημαντική για την βιώσιμη ανάπτυξη και για την προστασία του περιβάλλοντος.[4]



Χάρτης 1. Χάρτης Κρήτης [18]

## **2.1.ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ**

Η Κρήτη αποτελεί ορεινό υπόλειμμα μίας ενιαίας χέρσου, που συνέδεε την ηπειρωτική Ελλάδα με τη Μικρά Ασία. Στις αρχές του Καινοζωικού Αιώνα, η Ελλάδα ήταν καλυμμένη από θάλασσα, μέχρι που ξεκίνησε να αναδύεται τμηματικά από τα κύματα. Η ξηρά αυτή ονομάστηκε Αιγιές και εκτεινόταν από το Ιόνιο μέχρι τη Μικρά Ασία και από τις ακτές της Θράκης μέχρι την Κρήτη. Έτσι άρχισαν να δημιουργούνται διαρρήξεις και καταβυθίσεις μεγάλων τεμαχίων, μία από τις οποίες, κατά τη διάρκεια του Κατώτερου Μειόκαινου, έδωσε για πρώτη φορά τη μορφή του νησιού, που όμως ήταν μεγαλύτερο σε μήκος και πλάτος. Η Κρήτη είναι το πρώτο νησί του νησιωτικού αρχιπελάγους, το οποίο αποσπάστηκε από τον κορμό της βυθιζόμενης Αιγιίδας, αφού βυθίστηκαν οι συνδετικές γέφυρες με τα άλλα νησιά.

Κατά το Άνω Ελβέτιο εκδηλώνεται μια νέα δημιουργία ρηγμάτων, εγκάρσιων στον κορμό της, με διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ στη δυτική Κρήτη και ΒΔ-ΝΑ στην ανατολική. Τα ρήγματα αυτά, είχαν ως αποτέλεσμα το γεγονός ότι η Κρήτη έλαβε τη μορφή συμπλέγματος νησιών, εκ των οποίων, τα παρακάτω τρία ήταν τα βασικότερα : Χανίων-Ρεθύμνης, Ηρακλείου-Λασιθίου και Σητείας-Αφέντη.

Αργότερα, κατά το κατώτερο Πλειόκαινο, λόγω έντονων ανοδικών κινήσεων, τα τρία νησιά ενώνονται και διαχωρίζονται πλέον μόνο μέσω λιμνών. Κατά το Πλειόκαινο, υπήρξε νέα επίκληση της θάλασσας, η οποία επεκτάθηκε κυρίως προς Βορρά και Ανατολή και κάλυψε τις συνδετικές γέφυρες από ξηράς του νησιού και της Μ. Ασίας. Κατά το τεταρτογενές, μια νέα σειρά ρηγμάτων, με διεύθυνση από Ανατολή προς Δύση, είχε ως αποτέλεσμα την καταβύθιση σημαντικών τμημάτων του νησιού. Τα ρήγματα αυτά, με την επίδραση των διαβρωτικών παραγόντων, δίνουν το σημερινό έντονο ανάγλυφο του νησιού. [13]

### **2.1.1 ΈΛΑΦΟΣ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ**

Η μορφολογία της Κρήτης χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τριών βασικών ζωνών: την ζώνη με υψόμετρο 400 m και άνω (υψηλή ή ορεινή), τη ζώνη από 200-400 m (μέση) και την χαμηλή ζώνη που αφορά τις περιοχές που εκτείνονται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 200 m υψόμετρο. Το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού είναι ορεινό. Αναλυτικά, η κατανομή του σε κατηγορίες έχει ως εξής: 33% πεδινό, 26% ημιορεινό και 41% ορεινό. Χαρακτηριστικό στοιχείο της δομής της είναι τα αλληπάλληλα τεκτονικά καλύμματα των διαφόρων ζωνών, τα οποία αναπτύσσονται στην ενότητα Ταλέα Όρη – των πλακωδών ασβεστόλιθων. Η Κρήτη αποτελείται από ένα αυτόχθονο ή σχετικά αυτόχθονο σύστημα πετρωμάτων που περιλαμβάνει την ημιμεταμορφωμένη ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων και τους υποκείμενους ασβεστολίθους, δολομίτες, με παρεμβολές σχιστολίθων και

από ένα αλλόχθονο σύστημα, με επιμέρους καλύμματα το οποίο είναι επωθημένο πάνω στο αυτόχθονο και τέλος από τα νεότερα ιζήματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς. Πιο συγκεκριμένα, αναφορικά με τη γεωλογική δομή του νησιού, οι στρωματογραφικές ενότητες και τα τεκτονικά καλύμματα που τη χαρακτηρίζουν είναι :

**A) Τεταρτογενείς αποθέσεις .** Αποτελούνται από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, πηλούς, ψαμμίτες, κροκάλες λατύπες ποικίλης σύστασης, ασύνδετες, έως συνεκτικά συνδεδεμένες, και από υλικά του αλλουβιακού μανδύα. Εμφανίζονται κυρίως σε 12 απολήξεις λεκανών ανοικτών προς τη θάλασσα, στις μείζονες κοίτες των ποταμών, σε μικρές εσωτερικές λεκάνες, καθώς και σε μορφή πλευρικών κορημάτων, κώνων κορημάτων και σε αναβαθμίδες χειμάρρων

**B) Αποθέσεις του νεογενούς.** Συνίσταται από εναλλασσόμενα στρώματα κίτρινων, κιτρινόφαιων, κιτρινόλευκων μάργων με κλασσικούς μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, συχνά βιογενείς - υφαλογενείς, καλά στρωμένους σε πάγκους που το πάχος τους ποικίλει από μερικά cm έως 1-2 m. Συναντώνται ακόμα και μαργαϊκοί ψαμμίτες, αμμούχες άργιλοι, λατύπες και κροκαλοπαγή..

### **Γ) Τεκτονικά καλύμματα**

- Τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Πίνδου: Αποτελείται κυρίως από πελαγικούς ασβεστόλιθους με παρεμβολές κερατολίθων.

- Τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Τρίπολης : Τα κατώτερα μέρη αποτελούνται από δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστόλιθους με σπηλαιώδη υφή ,ενώ τα ανώτερα στρώματα των ασβεστόλιθων παρουσιάζουν μικρολατυποπαγή υφή. Χαρακτηριστικό τους είναι το πτωχό υδρογραφικό δίκτυο που ταυτίζεται με τεκτονικές ασυνέχειες.

- Τεκτονικό κάλυμμα φυλλιτικής - χαλαζιττικής ζώνης Τα πετρώματα αυτά διασχίζονται από αδροκρυσταλλικές φλέβες χαλαζία και φλέβες κατακερματισμένων ασβεστόλιθων. Επικρατούν ανθρακικοί ασβεστόλιθοι σεριτικοί - χλωριτικοί φυλλίτες και χαλαζιακοί μεταψαμμίτες

- Τεκτονικό κάλυμμα Τρυπαίου .Αποτελεί το πρώτο τεκτονικό κάλυμμα της Κρήτης. Βρίσκεται επωθημένο είτε στην ενότητα «πλακωδών ασβεστόλιθων», είτε στο υπόβαθρο τους που αποτελείται από την ενότητα των «μαρμάρων - ασβεστόλιθων - δολομιτικών μαρμάρων - δολομιτών». Στα κατώτερα στρώματα επικρατούν κυψελώδεις δολομίτες με δολομιτικό άλευρο που πληροί τις κυψέλες.

Τελικά, τα πετρώματα που συναντώνται στην Κρήτη, μπορούν να χωριστούν σε 4 κατηγορίες :

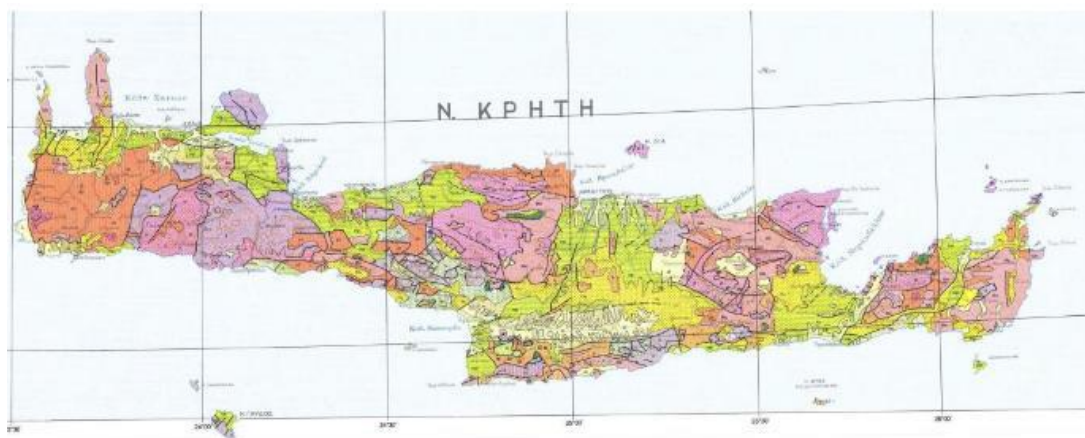
A) Ασβεστολοθικά - Δολομιτικά πετρώματα. Ο ασβεστόλιθος είναι μονόμεικτο πέτρωμα αποτελούμενο κυρίως από ασβεστίτη. Ο δολομίτης είναι πέτρωμα μονόμεικτο και σχηματίζεται όταν ένα μέρος του ασβεστίου του  $\text{CaCO}_3$  του ασβεστόλιθου αντικατασταθεί από μαγνήσιο .

B) Φυλλίτες - Χαλαζίτες- Σχιστόλιθοι Οι φυλλίτες είναι πετρώματα κυρίως ιζηματογενών πετρωμάτων και ιδιαίτερα αργιλικών σχιστολίθων, κύρια ορυκτολογικά συστατικά των οποίων είναι ο χαλαζίας και ο μαρμαρυγίας. Οι χαλαζίτες είναι κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα τα οποία προέρχονται από τη μεταμόρφωση χαλαζιακών ψαμμιτών. Τα πετρώματα αυτά είναι συνήθως συμπαγή και πολύ σκληρά Οι σχιστόλιθοι είναι κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα. Υπάρχουν πολλοί τύποι σχιστόλιθων, που χαρακτηρίζονται γεωλογικά από το επικρατέστερο ορυκτολογικό τους συστατικό, όπως μαρμαρυγιακοί και χαλαζιακοί, σχιστόλιθοι.

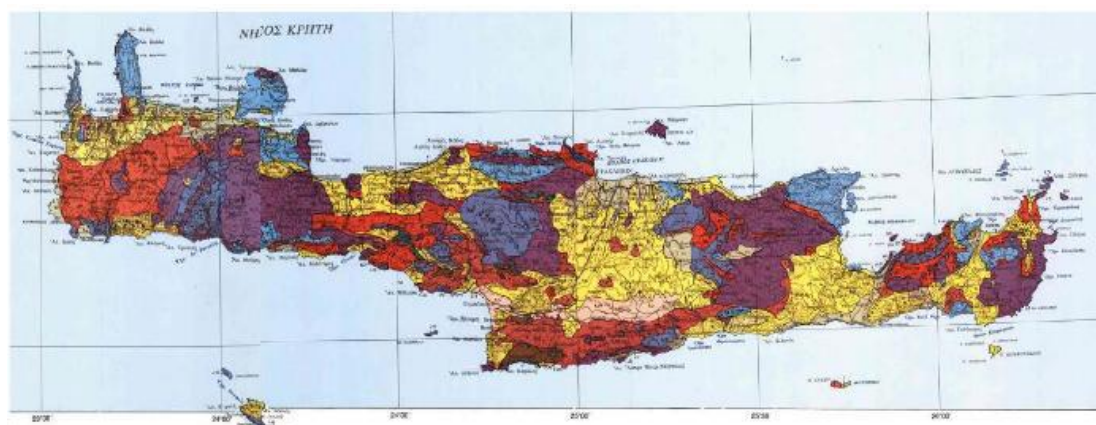


Γ) Μάργες – Ασβεστομάργες. Η μάργα είναι ιζηματογενής σχηματισμός, που χημικά και ορυκτολογικά κυμαίνεται μεταξύ ασβεστόλιθου και αργίλου και περιέχει 35-65% άργιλο.

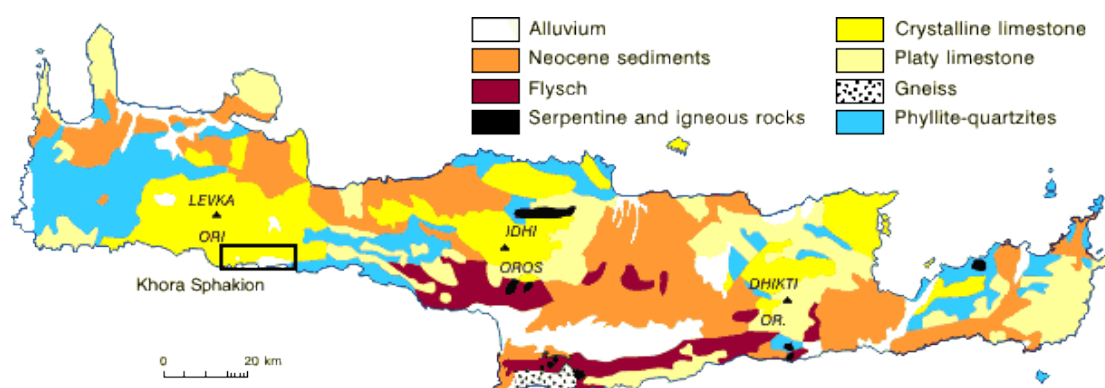
Δ) Τεταρτογενή ιζήματα . Τα τεταρτογενή ιζήματα είναι τοποθετημένα πάνω σε όλους τους σχηματισμούς τόσο του αλπικού υποβάθρου όσο και των νεογενών αποθέσεων και αποτελούνται από χερσαίες, θαλάσσιες έως λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις, άμμων, κροκαλών, αργίλων και χαλίκων ασύνδετων έως ελαφρά συγκολλημένων. [4]



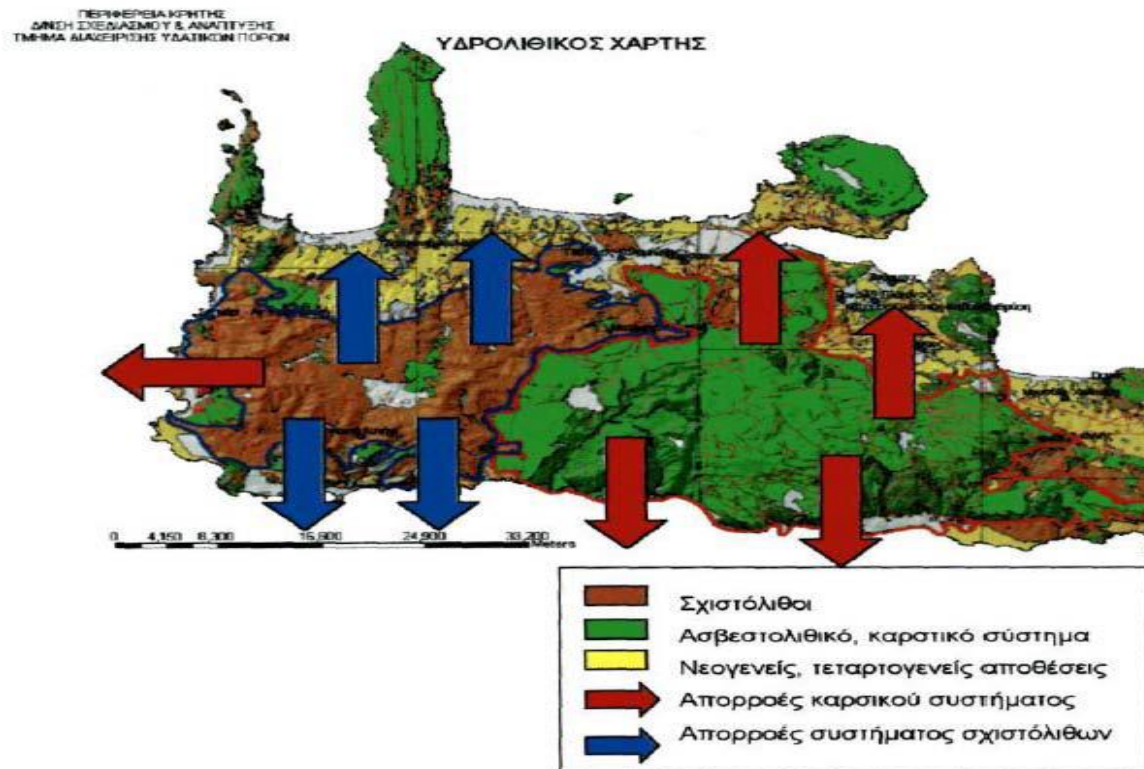
Χάρτης 2. Γεωλογικός χάρτης ΙΓΜΕ κλίμακας 1:500.000 [8]



Χάρτης 3. Γεωτεχνικός χάρτης ΙΓΜΕ κλίμακας 1:500.000 [8]



Χάρτης 4. Γεωλογικός χάρτης Κρήτης (School of Environment, Education and Development, University of Manchester, 2015)



Χάρτης 5. Υδρολιθικός Χάρτης (Βοζινάκης και Κουγιάννη, 2004).

## **2.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΡΗΤΗΣ**

Η συνολική μέση ποσότητα κατακρημνισμάτων που δέχεται το νησί υπολογίζεται περίπου σε  $7,7 \times 10^9 \text{ m}^3$  νερού κάθε χρόνο με απόκλιση  $\pm 2,6 \times 10^9 \text{ m}^3$ . Από αυτά, τα 27,6% περίπου κατεισδύουν, το 9,6% ρέει στην επιφάνεια σχηματίζοντας χείμαρρους ενώ το 62,8% επιστρέφει στην ατμόσφαιρα λόγω εξατμισοδιαπνοής. Το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού που κατεισδύει εισέρχεται στους καρστικούς σχηματισμούς και κυρίως στις καρστικές ενότητες των ορεινών όγκων του Ψηλορείτη, των Λευκών Ορέων, Δίκτης-Σελένας και δευτερευόντως στις καρστικές ενότητες της περιοχής της Σητείας. Το υπόλοιπο ταμιεύεται σε νεογενείς και τεταρτογενής υδροφορίες. Το νερό που είναι τεχνικά (δυναμικά) εκμεταλλεύσιμο στο νησί, και συμπεριλαμβανομένων των υπόγειων και επιφανειακών, εκτιμάται ότι ανέρχεται σε  $857 \times 10^6 \text{ m}^3$  ανά έτος.

Η ζήτηση σε νερό στην Κρήτη αφορούν την ύδρευση, τον τουρισμό, την άρδευση, την κτηνοτροφία και τη βιοτεχνία/βιομηχανία και ανέρχονται σε περίπου  $515 \times 10^6 \text{ m}^3$  το χρόνο. Το σύνολο των καλλιεργούμενων εκτάσεων στο νησί είναι περίπου  $2,5 \times 10^6$  στρ. Το σύνολο των αρδευτικών αναγκών του νησιού ανέρχεται σε  $439 \times 10^6 \text{ m}^3$ /έτος, ποσοστό 85,3% των συνολικών αναγκών του νησιού.

Στην Κρήτη, παρατηρείται η ανάπτυξη πολλών μικρών υδρολογικών λεκανών που η έκταση του όμως δεν ξεπερνά τα  $600 \text{ km}^2$  και αυτό οφείλεται στην έκταση και τη γεωλογική δομή της, στο ισχυρό ανάγλυφο του υδατικού διαμερίσματος της και στις μεγάλες ποσότητες ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Το πυκνό υδρογραφικό δίκτυο, χειμαρρώδους χαρακτήρα παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση των παροχών του. Οι δύο μεγαλύτερες υδρολογικές λεκάνες του νησιού, του Γεροπόταμου και του Αναποδιάρη έκτασης 525 και  $600,6 \text{ km}^2$  αντίστοιχα, βρίσκονται στο νότιο τμήμα του νησιού στην περιοχή της Μεσσαράς και εκτιμάται ως μικτή απορροή των δύο λεκανών το 10-12 % των βροχοπτώσεων. Η τεκτονική δομή και η στρωματογραφία συμμετέχουν στη διαμόρφωση και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των υδρογεωλογικών λεκανών. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό στην Κρήτη είναι η ύπαρξη μεγάλων παράκτιων και υποθαλάσσιων καρστικών πηγών αυξημένης περιεκτικότητας σε χλωρίοντα, μαζί με τις αντίστοιχα μεγάλες καρστικές πηγές με καλής ποιότητας υπόγειο νερό, γεγονός που οδηγεί στην εκτεταμένη υφαλμύριση των υπόγειων υδροφορέων. Αντίθετα, οι πηγές που εμφανίζονται προς το εσωτερικό του νησιού, προσφέρουν δυνατότητες πλήρους αξιοποίησης των εκρεουσών ποσοτήτων.[1]

### **2.2.1 ΛΕΚΑΝΕΣ ΧΩΡΙΣ ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΑΝΤΛΗΣΗΣ -ΠΤΩΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ**

Οι λεκάνες όπου παρατηρείται μια φυσιολογική διακύμανση, ανάλογα με τις συνθήκες τροφοδοσίας, χωρίς διαχρονική πτώση στάθμης είναι οι εξής:

Νομός Λασιθίου : Σητείας, Παλαίκαστρου, Ξερόκαμπος Ζήρου, Παχιάς Άμμου, Καλού Χωριού, Έξω Λακωνίων και Ιεράπετρας.

Νομός Ηρακλείου : Μυρτιάς, Ελιάς, Χερσονήσου, Φοινικιάς, Κρουσσώνα

Νομός Ρεθύμνης : Ρούμελη, Πρίνου -Πηγής, Μπαλί, Αγ. Γαλήνης, Κουρταλιώτη, Μαλάκι, Ακούμια, Θρόνος, Σκουλούφια, Πλατύ, Σίσσες και Ατσιπόπουλο.[5]



### **2.2.2 ΛΕΚΑΝΕΣ ΧΩΡΙΣ ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΑΝΤΛΗΣΗΣ -ΠΤΩΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ, ΑΛΛΑ ΜΕ ΕΝΤΟΝΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ**

Υπάρχει και μια ομάδα λεκάνων, όπου δεν παρατηρούνται διαχρονικά προβλήματα πτώσης στάθμης, αλλά παρουσιάζεται μια έντονη διακύμανση της υπόγειας στάθμης στη διάρκεια του έτους μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου. Οι περιοχές με την ανωτέρω συμπεριφορά είναι οι εξής:

Νομός Ηρακλείου : Βιάννος, Μεγάλη Βρύση, Βούτες.

Νομός Ρεθύμνης : Ερφών, Αγγελιανά, Πλατανιά, Γεράνι, Μελιδονίου, Μέση, Δοξάρο -Γαράζο.[5]

### **2.2.3 ΛΕΚΑΝΕΣ ΜΕ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΑΝΤΛΗΣΕΩΝ**

Οι περιοχές, που βρίσκονται υπό το καθεστώς υπερεκμετάλλευσης είναι οι εξής:

Νομός Λασιθίου : Παπαγιαννάδες (μετά το 1997), Σητείας ( 1986-1998), Κάτω Χωριό (μέχρι το 1996), Ιεράπετρα (1987-1993).

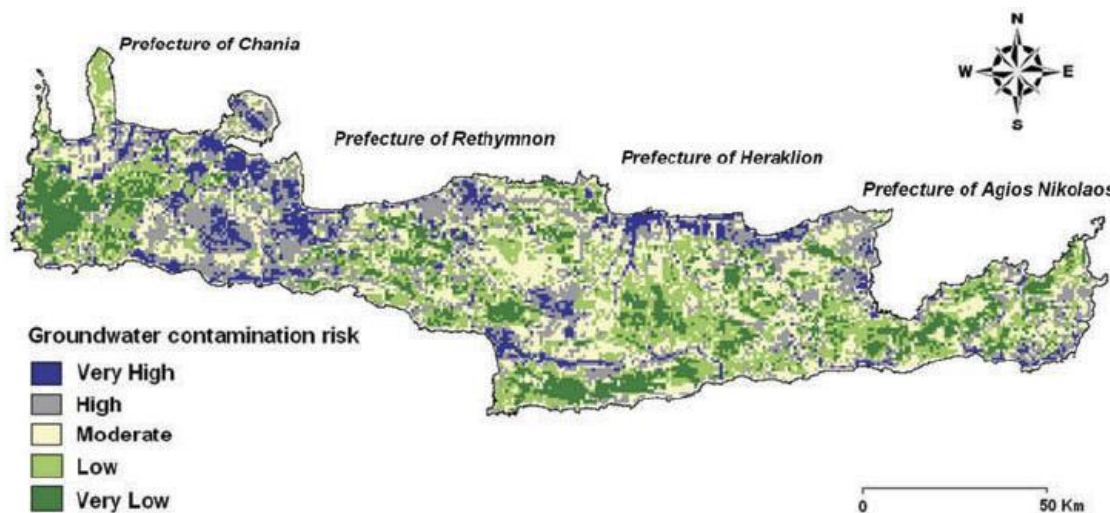
Νομός Ηρακλείου : Άγιος Κύριλλος, Βιάννου(μέχρι 1995),Σίβα (μετά το 1992), Πύργου , Κουνάβων (1985-1999), Αστράκων (1984-1999), Σιλαμου (1990-1999), Αρχανών (από 1988-1990),Λεκάνη Μεσσαράς (από 1987-1998).

Νομός Ρεθύμνης : Παγκαλοχωρίου (1992-1999), Αγιάς -Δοξαρού (1984-1993) πτώση Γερανίου (1990-1999), Αρμένων (1984-1994).

Στο νομό Χανίων δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερα προβλήματα διαχρονικής πτώσης στάθμης της πιεζομετρικής επιφάνειας, εκτός από κάποιους ανεξάρτητους υδροφορείς των νεογενών και ανθρακικών σχηματισμών της περιοχής Κολυμπαρίου-Κισσάμου.[5]

### **2.2.4 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΑ**

Η συμβολή των επιφανειακών υδάτων στους υδάτινους πόρους της Κρήτης είναι περίπου 40%, με πραγματικό ποσοστό 13%.Στην Κρήτη υπάρχουν 25 ρεύματα, 11 στο νομό Ηρακλείου, 5 στο νομό Χανίων, 3 στο νομό Ρεθύμνου και 6 στο νομό Λασιθίου. Η συνολική μέση ετήσια απορροή εκτιμάται ότι είναι της τάξης του 0,857 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Η μεγαλύτερη απορροή συναντάται στο ρεύμα του Αλμυρού, που βρίσκεται κοντά στο Ηράκλειο, το οποίο έχει μέση ετήσια απορροή 236 κυβικά χιλιοστά. Το ρεύμα με την υψηλότερη μέση ετήσια απορροή στο νομό Ρεθύμνου είναι ο Πλατύς, με μέση ετήσια απορροή 50 κυβικά χιλιοστά, στο νομό Χανίων ο Σεπρενιώτης με μέση ετήσια απορροή 14,9 κυβικά χιλιοστά και στο νομό Λασιθίου οι Καταβόθρες με μέση ετήσια απορροή 16,6 κυβικά χιλιοστά.



Χάρτης 8. Υδρολογικός Χάρτης Κρήτης [12],[18]

## **2.3 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ**

Η Κρήτη ανήκει στη μεσογειακή κλιματολογική ζώνη που προσδίδει τον κύριο κλιματικό χαρακτήρα της, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως εύκρατος. Η ατμόσφαιρα μπορεί να είναι αρκετά υγρή, ανάλογα με την εγγύτητα στη θάλασσα. Η μέση θερμοκρασία μειώνεται όσο πηγαίνουμε στο βορρά και στα ορεινά σημεία. Η μέση βροχόπτωση είναι χαμηλή στα χαμηλά υψόμετρα και σχεδόν εξαφανίζεται το καλοκαίρι. Οι χειμερινοί μήνες είναι αρκετά ήπιοι και υγροί, με αρκετές βροχοπτώσεις, κυρίως στα δυτικά τμήματα του νησιού. Η χιονόπτωση είναι σπάνια στις πεδινές εκτάσεις, αλλά αρκετά συχνή στις ορεινές. Το χιόνι εμφανίζεται συνήθως κατά τους μήνες Ιανουάριο έως τον Μάρτιο, αν και υπάρχουν έτη που χιονίζει κι εκτός αυτών των μηνών. Το περισσότερο χιόνι στην Κρήτη πέφτει στις ορεινές περιοχές, όπως τα Λευκά Όρη, τον Ψηλορείτη και τη Δίκτη. ο Νοέμβριο η θερμοκρασία της θάλασσας είναι συνήθως ψηλότερη από τον Ιούνιο (19-20°C). Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες προκύπτουν τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο, αλλά ποτέ δεν πέφτουν κάτω από 14°C. Η θερμοκρασία αρχίζει να μειώνεται απότομα όταν το πρώτο χιόνι εμφανιστεί στα βουνά, ειδικά σε περιοχές που καταλήγουν ποτάμια και χείμαρροι, που μεταφέρουν το παγωμένο νερό στη θάλασσα. Ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι θερμότεροι μήνες και ο Γενάρης ο πιο κρύος του χρόνου. Το καλοκαίρι η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται στους 20-30°C και το χειμώνα στους 10-15°C. Η νότια ακτή, συμπεριλαμβανομένης της πεδιάδας της Μεσαράς και των Αστερούσιων ορέων, απολαμβάνει περισσότερες ηλιόλουστες ημέρες και υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού σε σχέση με την υπόλοιπη μεγαλόνησο. Γενικότερα, ο Σεπτέμβρης είναι ο μήνας μετάβασης από την ξηρή στην υγρή περίοδο. Η θερμοκρασία πέφτει λίγο ενώ στο τέλος του μήνα παρουσιάζονται και οι πρώτες καταιγίδες. Κατά τη διάρκεια του μήνα Οκτώβρη ξεκινά απότομα η αλλαγή της εποχής σε χειμώνα. Αποτελεί την μοναδικό φθινοπωρινό μήνα. Ο υετός του είναι τριπλάσιος από του Σεπτεμβρίου και η θερμοκρασία αισθητά μικρότερη. Ο Νοέμβριος και ο Δεκέμβριος είναι στατιστικά νεφελώδεις και ψυχροί μήνες στη περιοχή ενώ παρατηρούνται και τα μεγαλύτερα ποσοστά υετού. Πιο αναλυτικά, η Π.Ε. Λασιθίου κατά το μεγαλύτερο της μέρος υπάγεται στον ημίξηρο βιοκλιματικό όροφο με ήπιο έως θερμό χειμώνα. Οι ημιορεινές περιοχές ανήκουν στον ύφυγρο βιοκλιματικό όροφο με ψυχρό χειμώνα και οι ορεινές περιοχές στον υγρό βιοκλιματικό όροφο με ψυχρό χειμώνα. Όσον αφορά το βόρειο τμήμα της Π.Ε. Ηρακλείου, υπάγεται στον ημίξηρο βιοκλιματικό όροφο με θερμό χειμώνα ενώ το υπόλοιπο τμήμα στον ύφυγρο βιοκλιματικό όροφο με ήπιο-θερμό χειμώνα. Η Π.Ε. Ρεθύμνου υπάγεται στον ύφυγρο βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα ήπιο ή θερμό στις πεδινές και οι ημιορεινές και ορεινές περιοχές της ανήκουν στον υγρό βιοκλιματικό όροφο. Στον υγρό βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα δριμύ υπάγεται ένα πολύ μικρό μέρος των πολύ ορεινών περιοχών της Π.Ε. Ρεθύμνου. Στον ύφυγρο βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα θερμό ήπιο ή ψυχρό υπάγονται οι πεδινές και ημιορεινές περιοχές της Π.Ε. Χανίων. Οι ορεινές περιοχές της ανήκουν στον υγρό βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα ήπιο ή ψυχρό. Τέλος, ανά πολύ μικρό μέρος των πολύ ορεινών περιοχών της Π.Ε. ανήκει στον υγρό βιοκλιματικό όροφο με δριμύ χειμώνα. [6], [19]

### **2.3.1 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ**

Η μέση ετήσια βροχόπτωση παρουσιάζει μείωση από τα ανατολικά προς τα δυτικά και από νότια προς βόρεια. Στην πόλη της Σητείας η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 490 mm, στο Ηράκλειο σε 470mm ενώ στους δυτικούς σταθμούς των Χανίων και της Σούδας οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις ανέρχονται σε 824 και 600mm αντίστοιχα. Η μικρότερη μέση υπερετήσια βροχόπτωση καταγράφεται στον σταθμό της Ιεράπετρας (440mm) ενώ στους ορεινούς σταθμούς οι τιμές της βροχόπτωσης διαφοροποιούνται σημαντικά. Στο σταθμό Τζερμιάδων η μέση υπερετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 1157mm. Η Κρήτη γενικώς παρουσιάζει σημαντική ανισοκατανομή του ετήσιου όγκου βροχόπτωσης τόσο γεωγραφικά (από ανατολικά προς δυτικά), όσο και φυσιογραφικά (πεδινές ημιορεινές περιοχές), εμφανίζοντας βροχοβαθμίδα (αύξηση της βροχόπτωσης με το υψόμετρο) από τις μεγαλύτερες της Ελλάδας, 61 χιλ/100 υψομετρικής διαφοράς. Η μέση μηνιαία βροχόπτωση είναι μέγιστη τον Δεκέμβριο ή τον Ιανουάριο και ελάχιστη τον Ιούλιο και τον Αύγουστο οι οποίοι είναι σχεδόν άνομβροι σε ολόκληρη την πεδινή Κρήτη. Το 25% περίπου της ετήσιας βροχόπτωσης συμβαίνει στους περισσότερους σταθμούς της Κρήτης στη διάρκεια του βροχερότερου μήνα. Αντίστοιχα, ο μηνιαίος αριθμός ημερών βροχής κυμαίνεται μεταξύ 15 ημερών περίπου κατά τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο και 0,3 ημέρες τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Ο αριθμός των ημερών βροχής δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ορεινών και των πεδινών σταθμών. Στους ορεινούς μάλιστα σταθμούς ο αριθμός ημερών βροχής εμφανίζεται ίσος ή και μικρότερος του αριθμού ημερών βροχής στους πεδινούς σταθμούς, ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες. Ο μέσος αριθμός ημερών βροχής στην Κρήτη ανέρχεται σε 90 περίπου ημέρες. [6]

### **2.3.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ**

Η θερμοκρασία στο νησί της Κρήτης παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση και αυξάνεται από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Η ορεινή ζώνη εμφανίζει μεγαλύτερες θερμοκρασιακές αποκλίσεις και έχει μέση ετήσια θερμοκρασία 2-3°C χαμηλότερη από την πεδινή ζώνη. Θερμότερος μήνας του έτους στο νησί είναι ο Ιούλιος με μέση υπερετήσια θερμοκρασία περίπου 25 °C η οποία για την Ιεράπετρα ανέρχεται στους 28 °C . Ο Αύγουστος εμφανίζεται με ελαφρώς χαμηλότερη μέση υπερετήσια θερμοκρασία ενώ ο Ιούνιος με χαμηλότερη θερμοκρασία τόσο από τον Ιούλιο όσο και από τον Αύγουστο, παρουσιάζοντας όμως τα ίδια επίπεδα με τον Σεπτέμβριο του οποίου η μέση υπερετήσια θερμοκρασία ανέρχεται σε 23 °C και για την Ιεράπετρα στους 25 °C . Κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου, η θερμοκρασία αυξάνεται όσο μειώνεται το γεωγραφικό πλάτος, ενώ στη διάρκεια της ζεστής περιόδου και κυρίως κατά την περίοδο από το Μάιο έως τον Αύγουστο αυξάνεται η θερμοκρασία από την ακτή προς την ενδοχώρα και ιδιαίτερα στις πεδιάδες. Στις ορεινές περιοχές οι συνθήκες διαφοροποιούνται, έτσι στον κλιματολογικό σταθμό των Ανωγείων παρατηρείται μέση ετήσια θερμοκρασία 15,2 °C , με τον Φεβρουάριο ψυχρότερο μήνα (μέση μηνιαία θερμοκρασία 7,3 °C ), και θερμότερο τον Ιούλιο ( 23,7 °C ) ενώ το ετήσιο θερμομετρικό εύρος ανέρχεται σε 22 °C.Στις πεδινές περιοχές της Κρήτης κατά τους θερινούς μήνες η θερμοκρασία αγγίζει της 40°C, ενώ το χειμώνα οι χαμηλότερες θερμοκρασίες σπάνια πέφτουν κάτω από 0°C. Στην Κρήτη γενικότερα, οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται μεταξύ Ιουλίου και Αυγούστου και οι χαμηλότερες μεταξύ του Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου. Μελέτη των θερμοκρασιακών τιμών της Κρήτης έχουν δείξει ότι η ετήσια θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά 0,3°C τις τελευταίες δύο δεκαετίες. [6], [21]

### **2.3.3 ΥΓΡΑΣΙΑ**

Ιδιαίτερως στη νότια Κρήτη αλλά και σε όλο το νησί, παρατηρούνται χαμηλές σχετικές υγρασίες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όπου παρατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες. Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας για τους σταθμούς της νότιας πλευράς είναι 27% και είναι η μεγαλύτερη με τη μικρότερη να παρουσιάζεται στον σταθμό του Ηρακλείου (12%). Στον βόρειο άξονα του νησιού από Ανατολή προς Δύση, η ελάχιστη σχετική υγρασία μειώνεται (Σητεία 59,88% Ηράκλειο 55,4% και Σούδα 48,90%) ενώ η μέγιστη παραμένει παρόμοια με εξαίρεση το Ηράκλειο όπου παρατηρούνται χαμηλότερες τιμές. Οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές σχετικής υγρασίας στο βόρειο τμήμα του νησιού παρουσιάζονται τον Ιούνιο και Δεκέμβριο αντίστοιχα. [6],[20],[19]

### **2.3.4. ΕΞΑΤΜΙΣΗ**

Υπάρχουν 24 σταθμοί στην Κρήτη οι οποίοι μετρούν την εξάτμιση. Από τους σταθμούς αυτούς οι 11 βρίσκονται στο νομό Ηρακλείου, οι 3 στο νομό Ρεθύμνου, οι 4 στο νομό Λασιθίου και οι 6 στο νομό Χανίων. Η υψηλότερη μέση ετήσια εξάτμιση παρατηρείται στο σταθμό Καψάλι στην ενδοχώρα του νομού Ηρακλείου, ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 10 μέτρων και παρουσιάζει μια μέση ετήσια εξάτμιση της τάξης των 2.039 χιλιοστών ανά έτος. Παρατηρείται ότι η εξάτμιση και η θερμοκρασία σχετίζονται ως προς τους μήνες που σημειώνονται μέγιστες και ελάχιστες τιμές. Οι υψηλότερες τιμές εξάτμισης παρατηρούνται τον Ιούλιο, ενώ οι χαμηλότερες τιμές παρατηρούνται τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο. Η μέση ετήσια εξάτμιση κυμαίνεται από 40 έως 265 χιλιοστά. Η υψηλότερη διακύμανση των τιμών εξάτμισης μέσα στο χρόνο παρατηρείται στο σταθμό Λευκόγεια στο νομό Ρεθύμνου, ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 90 μέτρων και έχει μέση εξάτμιση τον Ιανουάριο 60 χιλιοστά και τον Ιούλιο 341 χιλιοστά. [6]

### **2.3.5 ANEMOI**

Τα βουνά της Κρήτης σχηματίζουν ένα είδος «τείχους», το οποίο συγκρατεί τους βόρειους ανέμους και παγιδεύει τα σύννεφα που σαρώνουν το Αιγαίο. Τα μελτέμια κυριαρχούν τους καλοκαιρινούς μήνες και μετριάζουν τη θερμοκρασία, ενώ το χειμώνα οι νοτιάδες είναι εξίσου συχνοί με τους βοριάδες. Πιο συγκεκριμένα, κατεύθυνση του ανέμου που επικρατεί είναι βόρεια και βορειοδυτική. Οι βόρειες ακτές επηρεάζονται το καλοκαίρι από της ετήσιους ανέμους (μελτέμια) που είναι ΒΑ ή ΒΔ, θερμοί και ξηροί. Οι νότιες ακτές επηρεάζονται τον χειμώνα από νότιους ξηρούς και θερμούς ανέμους που προέρχονται από την Αφρική. Η διακύμανση της έντασης των ανέμων παρατηρείται μεγαλύτερη στην ανατολική Κρήτη σε σχέση με τη δυτική. Η μέγιστη μηνιαία ταχύτητα για τους σταθμούς Σητείας και Ιεράπετρας είναι 5,82 και 6,84m/s (Ιούλιος) αντίστοιχα. Υψηλή ταχύτητα ανέμου παρατηρείται κυρίως τον Φεβρουάριο και τον Μάρτιο στην δυτική Κρήτη και τον Ιούλιο στην ανατολική Κρήτη. Από την άλλη πλευρά, η νηνεμία καλύπτει ετήσιο ποσοστό της τάξης του 20% στους πεδινούς σταθμούς της ανατολικής Κρήτης. Στους ορεινούς σταθμούς το ποσοστό είναι μεγαλύτερο και ανέρχεται σε 30% περίπου.[6]

### **2.3.6 ΝΕΦΕΛΩΣΗ- ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ- ΟΜΙΧΛΗ**

Ο ετήσιος μέσος αριθμός μερών με ηλιοφάνεια είναι ιδιαίτερα υψηλός στο νησί και ανέρχεται σε 2700 ώρες περίπου στη βόρεια Κρήτη ενώ για τη νότια ο αριθμός αυτός αυξάνεται σε περίπου 3000 ώρες. Ιδιαίτερη νέφωση παρατηρείται κατά τον Ιανουάριο όπου η μέση νέφωση κυμαίνεται στα 5/8 ενώ την χαμηλότερη μέση τιμή παρατηρούμε τον Ιούλιο (0,6/8-1/8). Η ομίχλη δεν παρατηρείται συχνά στο νησί έτσι 1 μέρα το χρόνο, κατά μέσο όρο, παρατηρείται ομίχλη στις πεδινές περιοχές και 15 στις ορεινές. Στον αντίποδα, ο δρόσος εμφανίζεται συχνότερα και αγγίζει τις 45,2 ημέρες στο Ηράκλειο.

Η Κρήτη, αν και το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας, χαρακτηρίζεται από έλλειψη μεγάλων όγκων επιφανειακών υδάτων πράγμα που χαρακτηρίζει όλη τη νησιωτική χώρα σε αντίθεση με την ηπειρωτική όπου συναντώνται μεγάλα ποτάμια μόνιμης ροής. Η εισροή υδάτων στο νησί γίνεται μόνο από τα κατακρημνίσματα. Παράλληλα, η γεωγραφική τοποθέτηση του νησιού επί του άξονα Ανατολή-Δύση σε σχέση με τη κίνηση των αερίων μαζών (νέφη) δεν ευνοεί την ισοκατανομή των κατακρημνισμάτων με αποτέλεσμα ο μεγαλύτερος όγκος να πέπτει στη δυτική πλευρά και να μειώνεται προς ανατολάς. Επίσης αντίστοιχη άνιση κατανομή παρατηρείται και στον άξονα βοράς-νότος. Τέλος όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο οι ορεινές περιοχές δέχονται σημαντικά περισσότερο νερό σε σχέση με τις ορεινές παρουσιάζοντας ρυθμό μεταβολής βροχόπτωσης σε σχέση με το υψόμετρο, της τάξης των 61mm/100m. [6]

### **2.4 ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ**

Η Κρήτη φιλοξενεί μια πλούσια και πολυποίκιλη χλωρίδα και πανίδα. Υπάρχει μεγαλύτερος αριθμός ενδημικών φυτών ,σε σχέση με τα δέντρα και τα φυτά που συναντώνται στην Ελλάδα, λόγω της γεωγραφικής απομόνωσης του νησιού. Η Κρήτη αποτελεί μοναδικό χλωριδικό κέντρο από πλευράς αριθμού ειδών αλλά και εξέλιξης. Από την πρόσφατη απογραφή της χλωρίδας, προέκυψε ότι φύονται 2.386 ταξινομικές μονάδες, στις οποίες περιλαμβάνονται 206 ενδημικά είδη. Τόσο για τη χλωρίδα, όσο και για την πανίδα, η ανάπτυξη εξαρτάται τόσο από περιβαλλοντικούς παράγοντες όσο και από το υψόμετρο και τη θερμοκρασία. Υπάρχει συστηματική έλλειψη στοιχείων που να αφορούν τον ακριβή αριθμό των ζώων που ζουν στην Κρήτη, την εξάπλωση, τη βιολογία και την οικολογία τους και την κατάσταση των πληθυσμών τους.[12]

#### **2.4.1 ΧΛΩΡΙΔΑ**

Η κρητική χλωρίδα είναι ενδιαφέρουσα, πλούσια και σημαντική. Ο πλούτος αυτός αποδίδεται στη γεωγραφική θέση, στη γεωλογική ιστορία και στην ποικιλία των βιοτόπων του νησιού. Η βλάστηση της Κρήτης αποτελείται κυρίως από μεσογειακά σκληρόφυλλα είδη και χαρακτηρίζεται από μικρό αριθμό ξυλωδών ειδών. Στα χαμηλά υψόμετρα εμφανίζεται θερμόφιλη βλάστηση που αποτελείται από χαρακτηριστικά φυτά της μεσογειακής λεκάνης (πουρνάρια, σχίνои, κουμαριές, ελιές, χαρουπιές, ρείκια, άρκευθοι, πεύκα κ.ά.). Χαρακτηριστικά επίσης είναι τα μοναδικά δάση από αυτοφυή οριζοντιόκλαδα κυπαρίσσια που παρατηρούνται μόνο στην Κρήτη και στα Δωδεκάνησα. Τα δάση αυτά εξαπλώνονται από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι το υψόμετρο των 1.750 μέτρων. Η κρητική χλωρίδα αποτελείται από 1.706 φυτά (αυτοφυή) εκ των οποίων 178 θεωρούνται αποκλειστικά ενδημικά της περιοχής και επιπλέον 38 ανήκουν στην ευρύτερη περιοχή Κρήτης-Καρπάθου, δηλαδή δεν βρίσκονται πουθενά αλλού στον πλανήτη. Κάποια από τα ενδημικά φυτά της Κρήτης είναι το δίκταμο, ο έβενος και η αμπελιτσιά. Αν και η κρητική χλωρίδα θεωρείται μία από τις πιο μελετημένες της περιοχής της Μεσογείου, είναι σίγουρο ότι επιφυλάσσει εκπλήξεις στους νέους ερευνητές. Στο

ανάγλυφο της περιοχής, δύσβατες ορεινές περιοχές και φαράγγια που ακόμα δεν έχουν ερευνηθεί, ανατρέπουν τα δεδομένα για τον αριθμό και την κατανομή των φυτικών ειδών στο νησί. Η βλάστηση της Κρήτης βρίσκεται εδώ και 5000 – 6000 χρόνια στη επίδραση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, πυρκαγιές, παράνομη βόσκηση και υπερβόσκηση, διάνοιξη αγροτικών δρόμων, αρδευτικά έργα στις ορεινές περιοχές, ανεξέλεγκτος τουρισμός, ξυλεύσεις, εκχερσώσεις κλπ. Αποτέλεσμα αυτών των δράσεων είναι η μετατροπή των εκτάσεων που άλλοτε καλύπτονταν με δάση σε περιοχές που καλύπτονται με φρύγανα ή ποώδη βλάστηση ενώ συχνά, λόγω της έκπλυσης των εδαφών έχουν απομείνει απογυμνωμένοι βράχοι. Παρόλα αυτά, υπάρχουν και σήμερα σημαντικές διάσπαρτες εκτάσεις με αξιόλογη δενδρώδη και θαμνώδη βλάστηση. Από φυτογεωγραφική άποψη ενδιαφέρουσα είναι η φρυγανώδης και ποώδης βλάστηση, κύρια των χαραδρών και των βράχων η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερα φυσιογνωμικά χαρακτηριστικά αποτελούμενη από ενδημικά είδη. [12]

Στην παραθαλάσσια ζώνη, συναντώνται φυτά που ευνοούνται από την υγρασία και τη θαλασσινή αλμύρα, όπως το κρινάκι της θάλασσας, τα αρμυρίκια καθώς και τον περίφημο κρητικό Φοίνικα του Θεοφράστη. Στην πεδινή ζώνη, που φθάνει μέχρι το υψόμετρο των 300 m συναντώνται θάμνοι της Μεσογειακής Κακίας, όπως ο Σχίνος, το Πουρνάρι, η Πικροδάφνη, η Λυγαριά, το Χαμομήλι, η Μέντα, η Μυρτιά, οι Σταφυλίνακες, οι Δενδρομολόχες, η παπαρούνα, η Λαδανιά και ο Κρητικός Έβενος. Η ημιορεινή ζώνη φθάνει περίπου ως τα 800 m και περιλαμβάνει θάμνους όπως το Πουρνάρι, το Σχίνο, το Θυμάρι, τη Κουμαριά, τον Αγγάραθο, το Σφεντάμι, τη Βρυωνιά, τα Σπάρτα, το Στύρακα, αλλά και κάποια αγριολούλουδα όπως το κρητικό Κυκλάμινο την Ίριδα, τη Δρακοντιά, την Τουλίπα και τα Βολβολούλουδα. Στην ορεινή ζώνη, που εκτείνεται από τα 800 έως τα 1800m, ευδοκούν τα Πουρνάρια, το Κρητικό Σφεντάμι, καθώς και θάμνοι και αγριολούλουδα όπως οι κίτρινες Βιολέτες, η Τουλίπα, η κρητική Αγριανιθιά, οι Αγριομενεξέδες και ο Κρόκος. Δασικά είδη με δασοπονικό ενδιαφέρον είναι ελάχιστα. Παρ' όλα αυτά, τέτοιο ενδιαφέρον παρουσιάζουν η τραχεία Πεύκη και το κυπαρίσσι. Επίσης, ο πλάτανος της Κρήτης αλλά και η ξυλοκερασιά, είναι ένα άλλο δασικό είδος με επιστημονική αξία. [12], [18]

#### **2.4.2 ΠΑΝΙΔΑ**

Η Κρήτη έχει εξαιρετική και ποικίλη πανίδα. Τα απομονωμένα φαράγγια με ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες, απότομες ορεινές πλαγιές με μηδαμινή την ανθρώπινη επίδραση, οδηγούν στην εμφάνιση ενδημικών ειδών, όπως ο ακανθοπόντικας, ο κρητικός ασβός, το κρητικό κουνάβι, η κρητική νυφίτσα ή καλογιαννού και το κρητικό αγριοκούνελο. Υπάρχουν συγκεκριμένες κατηγορίες ζώων που είναι ενδογενή μόνο στο νησί, όπως ο Κρητικός Αίγαγρος "κρί-κρί" και ο Κρητικός βάτραχος των δασών.

Γενικά, οι ακτές του νησιού αποτελούν σημαντικούς βιότοπους για τη θαλάσσια χελώνα *Caretta caretta*, όπου αρκετές παραλίες στα βόρεια του νησιού της προσφέρουν προστασία κατά την αναπαραγωγική της περίοδο, ενώ έχει αναφερθεί αρκετές φορές και η παρουσία της μεσογειακής φώκιας *Monachus monachus*. Στην παραθαλάσσια ζώνη και μάλιστα στις βραχύδεις ακτές φωλιάζει ο γνωστός Γλάρος καθώς και το Γεράκι, που έρχεται στην Κρήτη από την Αφρική κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Τα όρη Ιδη ή Ψηλορείτης, Κόφινας, Γιούχτας και η νήσος Δία είναι σημαντικές περιοχές για αρκετά είδη πτηνών, όπως τα αρπακτικά πουλιά (γυπαετός, όρνιο, χρυσαετός, σπιζαετός και πετρίτης) αλλά και η νησιωτική πέρδικα, η κοκκινοκαλιακούδα και ο μαυροπετρίτης.

Στην πεδινή ζώνη, συναντώνται: λαγοί, νυφίτσες, ασβοί, σκατζόχοιροι, αγροπόντικες, νυχτερίδες, αλλά και πουλιά, όπως σπουργίτια, καρδερίνες, χελιδόνια και σπίνι . Στην ημιορεινή ζώνη, συναντώνται τα ίδια είδη ζώων και πουλιών αλλά επιπλέον κάποια είδη αρπακτικών πουλιών, όπως τα κοράκια και τα κοτσύφια. Τα αρπακτικά πουλιά όμως, ζούν κυρίως στην ορεινή ζώνη. [12], [18]

### **2.4.3 ΕΥΑΙΣΘΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ**

Στην περιφέρεια της Κρήτης υπάρχουν περιοχές που συμπεριλαμβάνονται σε λίστες ευαίσθητων ή/και προστατευόμενων, με κύριο κριτήριο την οικολογική και αισθητική τους αξία. Οι περιοχές αυτές είτε προστατεύονται με βάση το υπάρχον θεσμικό πλαίσιο, είτε η διαδικασία θεσμικής τους θωράκισης είναι σε εξέλιξη. Οι κύριες κατηγορίες τέτοιων περιοχών είναι οι ακόλουθες:

ΔΕθνικοί Δρυμοί: Θεσμοθετημένη προστασία, σχετική νομοθεσία Ν. 996/1971

Στην περιφέρεια της Κρήτης υπάρχει θεσμοθετημένος Εθνικός Δρυμός, το Φαράγγι της Σαμαριάς, στο νομό Χανίων. Η έκταση, που καταλαμβάνει ο πυρήνας είναι 4.850 εκτάρια και είναι περιοχή εξαιρετικής αισθητικής και οικολογικής σημασίας, με πληθώρα σπάνιων και απειλούμενων ειδών χλωρίδας και πανίδας.

ΔΜνημεία της Φύσης: Θεσμοθετημένη προστασία, σχετική νομοθεσία Ν.996/1971

Στην περιφέρεια της Κρήτης υπάρχουν τα εξής πέντε τέτοια μνημεία ,βάσει των προβλεπόμενων από το Ν.Δ.996/1971:

- Αειθαλής Πλάτανος (Ηράκλειο, 1977)
- Η Δρυς των Κορφών (1980)
- Ο Πλάτανος του Βλάτους (1980)
- Ο Αειθαλής Πλάτανος Αζογηρών (1981)
- Απειλούμενη Κρητική *Cephalanthera* (1985)

ΔΠροστατευόμενα τοπία: Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα θεσμοθετημένα αισθητικά δάση. Θεσμοθετημένη προστασία, που αναφέρεται σε τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους, σχετική νομοθεσία Ν. 1496/1950, Ν. 996/1971.

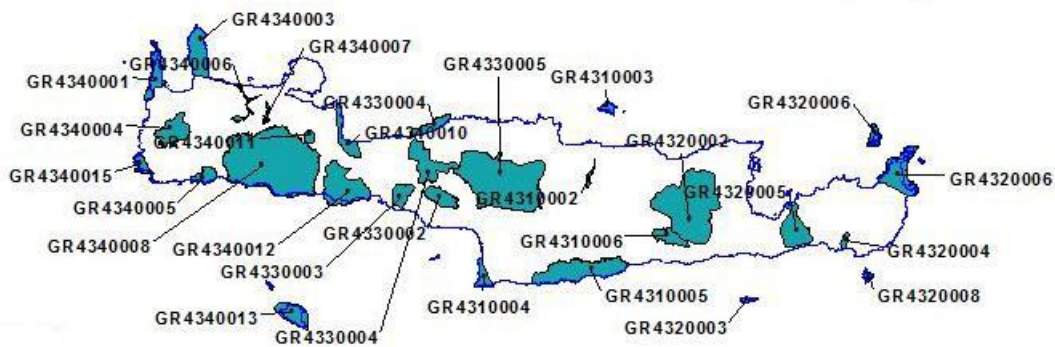
Η περιφέρεια της Κρήτης περιλαμβάνει ένα Αισθητικό Δάσος, το Φοινικόδασος στο Βάι του νομού Λασιθίου, το οποίο αποτελεί περιοχή εξαιρετικής αισθητικής και οικολογικής σημασίας. Θεσμοθετήθηκε με το Προεδρικό Διάταγμα 121/1973.

ΔΠεριοχές υποψήφιες για ένταξη στο υπό κατάρτιση Πανευρωπαϊκό Δίκτυο Προστατευόμενων Περιοχών Natura 2000: Θεσμοθετημένο νομικό πλαίσιο αρχών, Οδηγία 92/43/ΕΟΚ.

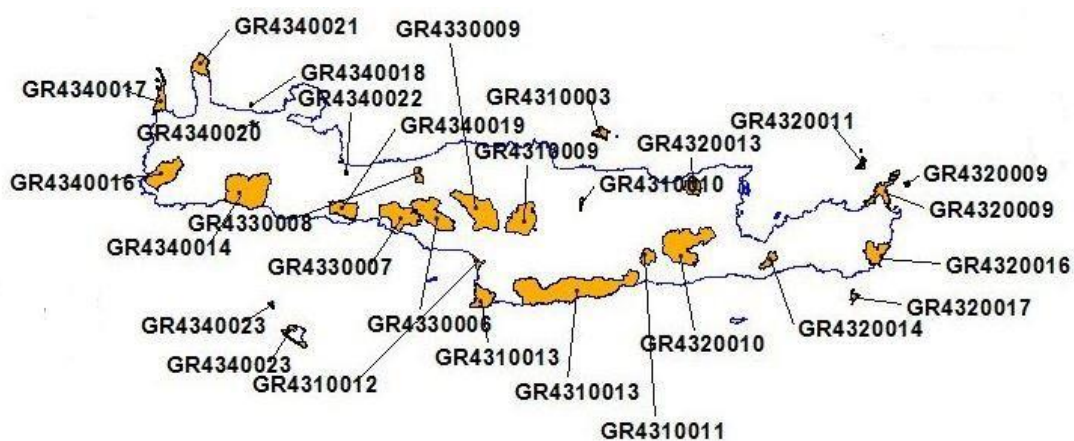
Σε αυτές περιλαμβάνονται και σημαντικές περιοχές για την орνιθοπανίδα (SPA), με βάση την οδηγία 79/409/ΕΟΚ.

ΔΠεριοχές CORINE: Περιοχές που ανήκουν στην Ευρωπαϊκή λίστα περιοχών ιδιαίτερης οικολογικής αξίας, που καταρτίστηκε στα πλαίσια του χρηματοδοτούμενου από την Ευρωπαϊκή Ένωση προγράμματος Corine από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Αποτέλεσε τη βάση για την εκκίνηση του προγράμματος Natura 2000 και αποτέλεσε την πιο εμπεριστατωμένη για την εποχή εκείνη προσπάθεια καταγραφής σημαντικών οικολογικά περιοχών σε πανευρωπαϊκή κλίμακα. Δεν συνδέθηκε με συγκεκριμένο θεσμικό πλαίσιο προστασίας και το κενό αυτό συμπληρώθηκε από την Οδηγία 92/43/ΕΟΚ.

ΔΤοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους: Πρόγραμμα του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων για την καταγραφή και οριοθέτηση περιοχών με σημαντική αισθητική αξία σε πανελλαδική κλίμακα. [7]



Χάρτης 9. Περιοχές Κρήτης Natura 2000 [18]



Χάρτης 10. Ζώνες ειδικής προστασίας ορνιθοπανίδας Κρήτης (Natura 2000) [18]



## **2.5 ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ**

Η Κρήτη, λόγω γεωγραφικής τοποθέτησης αλλά και των γεωλογικών και γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της, αντιμετωπίζει προβλήματα σε θέματα που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα και πιο συγκεκριμένα τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Η ικανοποίηση των αναγκών σε νερό, δυσχεραίνεται, λόγω των εποχιακών διακυμάνσεων της ζήτησης νερού που παρουσιάζουν αύξηση το καλοκαίρι κυρίως λόγω τουρισμού και αρδευτικών αναγκών, σε συνδυασμό με το ξηρό καλοκαίρι που επικρατεί στο νησί. Επιπροσθέτως, λόγω υψηλών θερμοκρασιών, υπάρχουν μεγάλες απώλειες κατακρημνισμάτων, καθώς ευνοείται η αυξημένη εξατμισοδιαπνοή. Στα παραπάνω έρχεται να προστεθεί και μία τάση αύξησης του μόνιμου πληθυσμού αλλά και του εποχιακού, λόγω τουρισμού, αυξάνοντας τις μελλοντικές ανάγκες της ζήτησης. Συμπερασματικά, η υπάρχουσα υποδομή φαίνεται να μην μπορεί να καλύψει, κατά μέσο όρο, τη ζήτηση νερού και κυρίως στην άρδευση.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έχουν ήδη αρχίσει να κάνουν αισθητή την εμφάνισή τους και οι προβλέψεις για το μέλλον δείχνουν την ανάγκη για επανασχεδιασμό των προγραμμάτων διαχείρισης υδατικών πόρων. Εργασίες που αφορούν την Κρήτη και λαμβάνουν υπόψη σενάρια κλιματικής αλλαγής ώστε να εκτιμήσουν την επίδρασή της στους υδατικούς πόρους, δείχνουν μία μελλοντική ανεπάρκεια σε νερό ως απόρροια της προβλεπόμενης στα επόμενα 100 χρόνια, της μείωσης της βροχόπτωσης και αύξησης της θερμοκρασίας. Στο μέλλον προβλέπεται ότι τα φαινόμενα βροχής θα γίνουν σπανιότερα με αυξημένη όμως ένταση, καθιστώντας την Κρήτη σε κρίσιμη θέση, εφόσον θα έρθει αντιμέτωπη με φαινόμενα ξηρασίας και πλημμυρών. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη, η υλοποίηση σχεδίων διαχείρισης της ξηρασίας αλλά και των πλημμυρών, καθώς και ανάπτυξη προγράμματος μέτρων, με σκοπό την αντιμετώπιση τέτοιων φαινομένων.

## **2.6 ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ**

Ο πληθυσμός του νησιού της Κρήτης αποτελεί το 5,76% του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδος βάσει της απογραφής του 2011. Σύμφωνα με αυτή λοιπόν, ο πληθυσμός της Κρήτης ανέρχεται σε 623,065 κατοίκους, σε αντίθεση με την απογραφή του 2001, όπου ο συνολικός καταγεγραμμένος πληθυσμός ήταν 594,368. Συμπερασματικά, παρατηρείται αύξηση πληθυσμού στο νησί. Ο πραγματικός πληθυσμός δε, κατά την απογραφή του 2011 είναι 682,928 κάτοικοι οι οποίοι αντιπροσωπεύουν το 20,1% του συνολικού πληθυσμού του νησιού και διαμένουν σε 1593 οικισμούς εκ των οποίων το 89% συγκεντρώνει λιγότερους από 500 κατοίκους. Οι υπόλοιποι διαμένουν σε 38 οικισμούς δυναμικότητας άνω των 2000 κατοίκων. (πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ 2011).

## **2.7. ΒΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

### **2.7.1 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ**

Στην παρούσα εργασία, η συλλογή δεδομένων, διεξήχθη από διάφορες πηγές (meteo, Πολυτεχνείο Κρήτης, Περιφέρεια Κρήτης), με σκοπό τη δημιουργία μιας κοινής βάσης δεδομένων, που δείχνει τη μεταβολή της βροχοπτώσης.

Περιλαμβάνονται βροχομετρικά στοιχεία 99 βροχομετρικών σταθμών εγκαταστημένων κατά νομούς ως εξής:

ο Στο Νομό Χανίων 24 σταθμοί

ο Στο Νομό Ρεθύμνης 16 σταθμοί

ο Στο Νομό Ηρακλείου 42 σταθμοί

ο Στο Νομό Λασιθίου 17 σταθμοί

Οι βροχομετρικοί σταθμοί ανά Νομό παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

<b>Νομός Χανίων</b>	<b>Νομός Ρεθύμνης</b>	<b>Νομός Ηρακλείου</b>	<b>Νομός Λασιθίου</b>
Αλικιανός	Ανώγεια	Βαγιονιά	Σητεία
Ασκύφου	Σπήλι	Μεταξοχώρι	Έξω Ποταμοί
Κάνδανος	Αγία Γαλήνη	Αβδού	Καλό Χωριό
Ταυρονίτης	Γαράζο	Αγία Βαρβάρα	Κατσιδώνι
Αγροκήπιο	Γερακάκι	Αγιος Κύριλλος	Μάλλες
Καλύβες	Καβούσι	Αρμάχα	Μαρωνία
Μουρί	Λευκόγεια	Ασήμι	Μύθοι
Παλαιά Ρουμάτα	Μέλαμπες	Αχεντριά	Νεάπολη
Πρασσές	Βολεόνες	Βόνη	Παλαιόκαστρο
Ζυμβραγού	Βυζάρι	Βορίζια	Παχιά άμμος
Βρύσες	Δοξαρό	Γέργερη	Άγιος Στέφανος
Έλος	Πλακιάς	Γόρτυς	Ζίρος
Παλαιοχώρα	Ρέθυμνο	Δεμάτι	Άγιος Νικόλαος
Πλατανιάς	Φουρφουράς	Ζάρος	Ιεράπετρα
Σαμαριά	Φράγμα Ποταμών	Καλύβια	Τζερμιάδων
Φαράγγι Σαμαριάς	Πόλη Ρεθύμνου	Καπετανιανά	Φινοκαλιά
Σέμπρωνας		Κασσάνοι	
Σφακιά		Καστέλι	
Φαλάσαρνα		Καψάλι	
Χανιά		Κρουσώνας	
Κέντρο Χανίων		Λαγολιό	
Άγιοι Πάντες		Μορόνι	
Ασή Γωνιά		Πάρτιρα	
Κολυμπάρι		Πόμπια	
		Πραιτώρια	
		Προφήτης Ηλίας	
		Στέρνες	
		Τεφέλι	

	Τυμπάκι	
	Φοινικιά	
	Ρουσσοχώρια	
	Βιάννος	
	Βασιλικά Ανώγεια	
	Πύργος	
	Ποταμιές	
	Δυτικό Ηράκλειο	
	Ανατολικό Ηράκλειο	
	Λιμάνι Ηρακλείου	
	Λέντας	
	Μοίρες	
	Πυράθι	
	Σταυράκια	

Πίνακας 4: Βροχομετρικοί Σταθμοί ανά νομό στην Κρήτη

Από τους παραπάνω βροχομετρικούς σταθμούς, τα ημερήσια βροχομετρικά δεδομένα των 39, προήλθαν από το meteo, ενώ των 68, από το Πολυτεχνείο Κρήτης και την Περιφέρεια Κρήτης. Επειδή μερικοί σταθμοί ήταν κοινοί (8 σταθμοί), για τους σταθμούς αυτούς, στα δεδομένα Πολυτεχνείου και Περιφέρειας Κρήτης, προστέθηκαν και τα δεδομένα του meteo (για τα έτη που δεν υπήρχαν δεδομένα). Οπότε, συνολικά μελετήθηκαν 99 σταθμοί. Ο διαχωρισμός αυτός παρατίθενται παρακάτω.

<b>Βροχομετρικοί σταθμοί του meteo</b>	<b>Υδρολογικά Έτη με διαθέσιμα δεδομένα</b>
Άγιος Νικόλαος	2010-2017
Βρύσες	2008-2017
Έλος	2015-2017
Ηράκλειο-Δυτικά	2014-2017
Ηράκλειο	2007-2017
Ηράκλειο-Λιμάνι	2009-2017
Ιεράπετρα	2009-2017
Λέντας	2012-2017
Μοίρες	2010-2017
Παλαιοχώρια	2007-2017
Πλακιάς	2013-2017
Πλατανιάς	2016-2017
Πυράθι	2015-2017
Ρέθυμνο	2008-2017
Σαμαριά	2009-2017
Σαμαριά-Φαράγγι	2014-2017
Σέμπρωνας	2016-2017
Σταυράκια	2015-2017
Σφακιά	2014-2017
Τζερμιάδων	2007-2017
Φαλάσαρνα	2011-2017
Φινοκαλιά	2015-2017

Φουρφουράς	2011-2017
Φράγμα Ποταμών	2009-2017
Χανιά	2007-2017
Χανιά - Κέντρο Πόλης	2011-2017
Άγιοι Πάντες	2016-2017
Ασή γωνία	2017
Κολυμπάρι	2017
Ρέθυμνο- πόλη	2017
Ηράκλειο-Ανατολικά	2017
Αλικιανός	2013-2017
Ασκούφου	2015-2017
Ανώγεια	2009-2017
Σητεία	2011-2017
Σπήλι	2008-2017
Κάνδαρος	2017
Βαγιονιά	2015-2017
Μεταξοχώρι	2009-2017

Πίνακας 5: Βροχομετρικοί σταθμοί του meteo

Οι βροχομετρικοί σταθμοί του meteo ανά νομό παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Νομός Χανίων	Νομός Ρεθύμνης	Νομός Ηρακλείου	Νομός Λασιθίου
Αλικιανός	Ανώγεια	Βαγιονιά	Σητεία
Ασκούφου	Σπήλι	Μεταξοχώρι	Άγιος Νικόλαος
Κάνδαρος	Πλακιάς	Δυτικό Ηράκλειο	Ιεράπετρα
Βρύσες	Ρέθυμνο	Ηράκλειο	Τζερμιάδων
Έλος	Φουρφουράς	Ηράκλειο-Λιμάνι	Φινοκαλιά
Παλιόχωρα	Φράγμα Ποταμών	Μοίρες	
Πλατανιάς	Πόλη Ρεθύμνου	Πυράθι	
Σέμπρωνας		Σταυράκια	
Σφακιά		Ανατολικό Ηράκλειο	
Φαλάσαρνα		Λέντας	
Χανιά			
Χανιά Κέντρο			
Άγιοι Πάντες			
Ασή γωνιά			
Κολυμπάρι			
Φαράγγι Σαμαριάς			
Σαμαριά			

Πίνακας 6: Βροχομετρικοί σταθμοί του meteo ανά νομό

Οι βροχομετρικοί σταθμοί ανά νομό, των οποίων τα βροχομετρικά δεδομένα διατέθηκαν από το Πολυτεχνείο Κρήτης και την Περιφέρεια Κρήτης, παρατίθενται στη συνέχεια.

Νομός Χανίων	Νομός Ρεθύμνης	Νομός Ηρακλείου	Νομός Λασιθίου
Αλικιανός	Ανώγεια	Βαγιονιά	Σητεία
Ασκούφου	Σπήλι	Μεταξοχώρι	Έξω Ποταμοί
Κάνδαρος	Αγία Γαλήνη	Αβδού	Καλό Χωριό
Ταυρονίτης	Γαράζο	Αγία Βαρβάρα	Κατσιδώνι
Αγροκήπιο	Γερακάκι	Άγιος Κύριλλος	Μάλλες
Καλύβες	Καβούσι	Αρμάχα	Μαρωνία
Μουρί	Λευκόγεια	Ασήμι	Μύθοι

Παλαιά Ρουμάτα	Μέλαμπες	Αχεντριά	Νεάπολη
Πρασσές	Βολεόνες	Βόνη	Παλαιόκαστρο
Ζυμβραγού	Βυζάρι	Βορίζια	Παχιά άμμος
	Δοξαρό	Γέργερη	Άγιος Στέφανος
		Γόρτυς	Ζίρος
		Δεμάτι	
		Ζάρος	
		Καλύβια	
		Καπετανιανά	
		Κασσάνοι	
		Καστέλι	
		Καψάλι	
		Κρουσώνας	
		Λαγολιό	
		Μορόνι	
		Πάρτιρα	
		Πόμπια	
		Πραιτώρια	
		Προφήτης Ηλίας	
		Στέρνες	
		Τεφέλι	
		Τυμπάκι	
		Φοινικιά	
		Ρουσσοχώρια	
		Βιάννος	
		Βασιλικά Ανώγεια	
		Πύργος	
		Ποταμιές	

Πίνακας 7: Βροχομετρικοί σταθμοί Πολυτεχνείου και Περιφέρειας Κρήτης ανά νομό

Όπως γίνεται αντιληπτό, κάποιοι βροχομετρικοί σταθμοί είναι κοινοί στα δεδομένα από το meteo και από την Περιφέρεια και το Πολυτεχνείο Κρήτης. Σε αυτούς τους σταθμούς λοιπόν, τα βροχομετρικά δεδομένα του meteo, που αφορούν κυρίως υδρολογικά έτη από το 2006 και έπειτα, ενσωματώθηκαν στα υπόλοιπα δεδομένα, έτσι ώστε η επεξεργασία αυτών να επιφέρει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα αποτελεσμάτων. Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται οι κοινοί σταθμοί που προαναφέρθηκαν.

<b>Κοινοί βροχομετρικοί σταθμοί</b>
Αλικιανός (Νομός Χανίων)
Ασκούφου (Νομός Χανίων)
Κάνδανος (Νομός Χανίων)
Ανώγεια (Νομός Ρεθύμνης)
Σπήλι (Νομός Ρεθύμνης)
Βαγιονιά (Νομός Ηρακλείου)
Μεταξοχώρι (Νομός Ηρακλείου)
Σητεία (Νομός Λασιθίου)

Πίνακας 8: Κοινοί βροχομετρικοί σταθμοί

Ο πίνακας που ακολουθεί, παραθέτει τα υδρολογικά έτη με τα διαθέσιμα δεδομένα για τους σταθμούς της Περιφέρειας και του Πολυτεχνείου Κρήτης, συμπεριλαμβανομένου τα δεδομένα των κοινών σταθμών που αναφέρθησαν παραπάνω.

Νομός Χανίων	Υδρολογικά έτη	Νομός Ρεθύμνης	Υδρολογικά έτη
Αλικιανός	1974-1977,2013-2017	Ανώγεια	1974-1993,1998-2001,2009-2017
Ασκούφου	1974-2011,2014-2017	Σπήλι	1974-1996, 1998-2017
Κάνδανος	1974-1977,2002-2004,2007-2010,2017	Αγία Γαλήνη	1974-1996,1998-2011
Ταυρονίτης	1974-1977,2009,2010,2017	Γαράζο	1996,1998-2010
Αγροκήπιο	1974-1977,2009-2010	Γερακάκι	1974-1996,1998-2012
Καλύβες	1974-2008	Καβούσι	1974-1996,1998-2011
Μουρί	1974-1996,1998-2014	Λευκόγεια	1974-1996,1998-2011
Παλαιά Ρουμάτα	1974-1996,1998-2010	Μέλαμπες	1974-1996,1998-2009
Πρασσές	1992-1996,1998-2008	Βολεόνες	1974-1996,1998-2009
Ζυμβραγού	1974-1977	Βυζάρι	1974-1996,1998-2009
		Δοξάρο	2016-2017

Νομός Ηρακλείου		Νομός Λασιθίου	
Βαγιονιά	1974-2010, 2015-2017	Σητεία	1974-2008,2011-2017
Μεταξοχώρι	1974-2017	Έξω Ποταμοί	1974-2009
Αβδού	1974-2011	Καλό Χωριό	1974-2010,2013
Αγία Βαρβάρα	1974-2011	Κατσιδώνι	1974-2011
Αγιος Κύριλλος	1974-2011	Μάλλες	1974-2011
Αρμάχα	1974-2011	Μαρωνία	1974-2008
Ασήμι	1974-2011	Μύθοι	1974-2008
Αχεντριά	1974-2011	Νεάπολη	1974-2011
Βόνη	1974-2011	Παλαιόκαστρο	1974-2009
Βορίζια	1974-2014	Παχιά άμμος	1974-2009
Γέργερη	1974-2013	Άγιος Στέφανος	2016-1017
Γόρτυς	1974-1981	Ζίρος	2016-2017
Δεμάτι	1974-2012		
Ζάρος	1974-2012		
Καλύβια	1974-2011		
Καπετανιανά	1974-2010		
Κασσάνοι	1974-2011		
Καστέλι	1974-2011		
Καψάλι	1988-2013		
Κρουσώνας	1974-2011		
Λαγολιό	1974-2014		
Μορόνι	1974-2014		
Πάρτιρα	1974-2011		
Πόμπια	1974-2010		
Πραιτώρια	1974-2011		
Προφήτης Ηλίας	1974-2014		
Στέρνες	1990-1993		
Τεφέλι	1974-2013		
Τυμπάκι	1975-1979, 2016-2017		
Φοινικιά	1974-2012		
Ρουσσοχώρια	2016-2017		
Βιάννος	2016-2017		
Βασιλικά Ανώγεια	2015-2017		
Πύργος	2015-2017		
Ποταμιές	2017		

Πίνακας 9: Υδρολογικά έτη με τα διαθέσιμα δεδομένα για τους σταθμούς Περιφέρειας και Πολυτεχνείου Κρήτης, συμπεριλαμβανομένου τα δεδομένα των κοινών σταθμών.

## **2.7.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ**

Στην Κρήτη, υπάρχουν 52 σταθμοί μέτρησης της θερμοκρασίας, κατανεμημένοι ως εξής:

- ο Στο Νομό Χανίων 22 σταθμοί
- ο Στο Νομό Ρεθύμνης 7 σταθμοί
- ο Στο Νομό Ηρακλείου 18 σταθμοί
- ο Στο Νομό Λασιθίου 5 σταθμοί

Οι θερμομετρικοί σταθμοί ανά νομό παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

<b>Νομός Χανίων</b>	<b>Νομός Ρεθύμνης</b>	<b>Νομός Ηρακλείου</b>	<b>Νομός Λασιθίου</b>
Αλικιανός	Ανώγεια	Βαγιονιά	Σητεία
Ασκούφου	Σπήλι	Μεταξοχώρι	Άγιος Νικόλαος
Κάνδανος	Πλακιάς	Δυτικό Ηράκλειο	Ιεράπετρα
Βρύσες	Ρέθυμνο	Ηράκλειο	Τζερμιάδων
Έλος	Φουρφουράς	Ηράκλειο-Λιμάνι	Φινοκαλιά
Παλαιόχωρα	Φράγμα Ποταμών	Μοίρες	
Πλατανιάς	Πόλη Ρεθύμνου	Πυράθι	
Σέμπρωνας		Σταυράκια	
Σφακιά		Ανατολικό Ηράκλειο	
Φαλάσαρνα		Λέντας	
Χανιά		Αβδού	
Χανιά Κέντρο		Φοινικιά	
Άγιοι Πάντες		Γέργερη	
Ασή γωνιά		Καυάλι	
Κολυμπάρι		Καστέλλι	
Φαράγγι Σαμαριάς		Κρουσώνας	
Σαμαριά		Πόμπια	
Ψυχρό Πηγάδι		Πραιτώρια	
Σαμωνάς			
Αγροκήπιο			
Καλύβες			
Ταυρονίτης			

Πίνακας 10: θερμομετρικοί σταθμοί ανά νομό

Τα ημερήσια θερμομετρικά δεδομένα 39 σταθμών, προήλθαν από το meteo, ενώ 14 σταθμών από το Πολυτεχνείο Κρήτης και την Περιφέρεια Κρήτης. Επειδή ένας σταθμός ήταν κοινός (Μεταξοχώρι), στα δεδομένα Πολυτεχνείου και Περιφέρειας Κρήτης, για τον σταθμό αυτόν, προστέθηκαν και τα δεδομένα του meteo(για τα έτη που δεν υπήρχαν δεδομένα). Οπότε, συνολικά μελετήθηκαν 52 σταθμοί.

Οι θερμομετρικοί σταθμοί, τα δεδομένα των οποίων προήλθαν από το meteo, αλλά και τα υδρολογικά έτη με διαθέσιμα δεδομένα, παρατίθενται παρακάτω:

<b>Θερμομετρικοί σταθμοί του meteo</b>	<b>Υδρολογικά Έτη με διαθέσιμα δεδομένα</b>
Άγιος Νικόλαος	2010-2017
Βρύσες	2008-2017
Έλος	2015-2017
Ηράκλειο-Δυτικά	2014-2017
Ηράκλειο	2007-2017
Ηράκλειο-Λιμάνι	2009-2017
Ιεράπετρα	2009-2017
Λέντας	2012-2017
Μοίρες	2010-2017
Παλαιοχώρα	2007-2017
Πλακιάς	2013-2017
Πλατανιάς	2016-2017
Πυράθι	2015-2017
Ρέθυμνο	2008-2017
Σαμαριά	2009-2017
Σαμαριά-Φαράγγι	2014-2017
Σέμπρωνας	2016-2017
Σταυράκια	2015-2017
Σφακιά	2014-2017
Τζερμιάδων	2007-2017
Φαλάσαρνα	2011-2017
Φινοκαλιά	2015-2017
Φουρφουράς	2011-2017
Φράγμα Ποταμών	2009-2017
Χανιά	2007-2017
Χανιά - Κέντρο Πόλης	2011-2017
Άγιοι Πάντες	2016-2017
Ασή γωνια	2017
Κολυμπάρι	2017
Ρέθυμνο- πόλη	2017
Ηράκλειο-Ανατολικά	2017
Αλικιανός	2013-2017
Ασκούφου	2015-2017
Ανώγεια	2009-2017
Σητεία	2011-2017
Σπήλι	2008-2017
Κάνδαλος	2017
Βαγιονιά	2015-2017
Μεταξοχώρι	2009-2017

Πίνακας 11: θερμομετρικοί σταθμοί του meteo



Οι θερμομετρικοί σταθμοί του meteo ανά νομό παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Νομός Χανίων	Νομός Ρεθύμνης	Νομός Ηρακλείου	Νομός Λασιθίου
Αλικιανός	Ανώγεια	Βαγιονιά	Σητεία
Ασκούφου	Σπήλι	Μεταξοχώρι	Άγιος Νικόλαος
Κάνδαλος	Πλακιάς	Δυτικό Ηράκλειο	Ιεράπετρα
Βρύσες	Ρέθυμνο	Ηράκλειο	Τζερμιάδων
Έλος	Φουρφουράς	Ηράκλειο-Λιμάνι	Φινοκαλιά
Παλαιόχωρα	Φράγμα Ποταμών	Μοίρες	
Πλατανιάς	Πόλη Ρεθύμνου	Πυράθι	
Σέμπρωνας		Σταυράκια	
Σφακιά		Ανατολικό Ηράκλειο	
Φαλάσαρνα		Λέντας	
Χανιά			
Χανιά Κέντρο			
Άγιοι Πάντες			
Ασή γωνιά			
Κολυμπάρι			
Φαράγγι Σαμαριάς			
Σαμαριά			

Πίνακας 12: θερμομετρικοί σταθμοί του meteo ανά νομό

Οι θερμομετρικοί σταθμοί ανά νομό, των οποίων τα θερμομετρικά δεδομένα προήλθαν από το Πολυτεχνείο Κρήτης και την Περιφέρεια Κρήτης, παρουσιάζονται παρακάτω:

Νομός Χανίων	Νομός Ηρακλείου
Ψυχρό Πηγάδι	Αβδού
Σαμωνάς	Φοινικιά
Αγροκήπιο	Γέργερη
Καλύβες	Καψάλι
Ταυρονίτης	Καστέλλι
	Κρουσώνας
	Πόμπια
	Πραιτώρια

Πίνακας 13: Θερμομετρικοί σταθμοί Πολυτεχνείου και Περιφέρειας Κρήτης ανά νομό

Όπως γίνεται αντιληπτό και όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει ένας κοινός θερμομετρικός, το Μεταξοχώρι, στα δεδομένα Πολυτεχνείου- Περιφέρειας Κρήτης και meteo.

Ο ακόλουθος πίνακας, παραθέτει τα υδρολογικά έτη με τα διαθέσιμα θερμομετρικά δεδομένα για τους σταθμούς της Περιφέρειας - Πολυτεχνείου Κρήτης, συμπεριλαμβανομένου τα δεδομένα του προαναφερθέντα κοινού σταθμού:

<b>Νομός Χανίων</b>	<b>Υδρολογικά έτη</b>	<b>Νομός Ρεθύμνης</b>	<b>Υδρολογικά έτη</b>
Ψυχρό Πηγάδι	2007-2010	Αβδού	1992-1995
Σαμωνάς	2007-2010	Φοινικιά	1992-1995
Αγροκήπιο	1991-2010	Γέργερη	1992-1995
Καλύβες	1996-2007	Καψάλι	1992-1995
Ταυρονίτης	2009-2010	Καστέλλι	1977-2011
		Κρουσώνας	1992-1995
		Πόμπια	1992-1995
		Πραιτώρια	1992-1995
		Μεταξοχώρι	2009-2017

Πίνακας 14: Υδρολογικά έτη με τα διαθέσιμα θερμομετρικά δεδομένα για τους σταθμούς Περιφέρειας -Πολυτεχνείου Κρήτης, συμπεριλαμβανομένου τα δεδομένα του κοινού σταθμού.

### **3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

#### **3.1 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ**

Στην Κρήτη, όπως και σε όλα τα νησιά του Αιγαίου, η ξηρή περίοδος είναι πιο έντονη και πιο μεγάλη, εφόσον διαρκεί περίπου 6 μήνες, από τον Απρίλιο έως το Σεπτέμβριο, σε αντίθεση με την υπόλοιπη Ελλάδα, όπου διαρκεί 2-4 μήνες. Παρόλο που η αύξηση της βροχόπτωσης από τον ξηρότερο προς τον υγρότερο μήνα είναι αρκετά απότομη, η ελάττωσή της, από τον υγρότερο προς τον ξηρότερο μήνα, είναι πιο ήπια. Η ελάττωση της βροχόπτωσης, οφείλεται στη μείωση της υφειακής διαστηριότητας από τον Μάρτιο και έπειτα, ενώ η αύξηση αυτής, στις έντονες υφειακές βροχές και καταιγίδες από τον Οκτώβριο και μετά. Οι βροχές αυτές αποδίδονται στην ανάμιξη ή εκτόνωση αερίων μαζών που σημειώνεται κατά τις ανοδικές κινήσεις που δημιουργούνται κοντά στα θερμά και ψυχρά μέτωπα.

Η άύξηση των βροχοπτώσεων το μήνα Οκτώβριο, είναι πιο έντονη κυρίως στους βορειοδυτικούς παράκτιους σταθμούς, όπου ξεπερνά τις τιμές του Νοεμβρίου. Στην Κρήτη, ο Ιανουάριος εμφανίζει τη μέγιστη βροχόπτωση και στη συνέχεια ακολουθεί ο Δεκέμβριος, γεγονός που οφείλεται στην υφειακή δράση και στους πνέοντες βόρειους ανέμους. Οι βροχοπτώσεις το μήνα Φεβρουάριο, μοιάζουν με εκείνες του Οκτωβρίου και του Νοεμβρίου. Το 85-90% των βροχοπτώσεων σημειώνεται από τον Οκτώβριο έως τον Μάρτιο (υγρή περίοδος) και η αναλογία αυτή είναι κατά πολύ μεγαλύτερη της υπόλοιπης Ελλάδας. Από τον Μάρτιο παρατηρείται μείωση του μηνιαίου ύψους βροχής και ο Απρίλιος σε πολλές περιοχές θα πρέπει να θεωρηθεί ως ξηρός μήνας. Σε όλους τους σταθμούς από τον Απρίλιο έως και τον Σεπτέμβριο (ξηρή περίοδος) λαμβάνει χώρα το 10-15% του συνόλου των βροχοπτώσεων.

Έχει παρατηρηθεί, ότι υπάρχουν μικρές διαφορές μόνο στο μηνιαίο ύψος βροχής, το οποίο τείνει να ελαττωθεί από δυτικά προς ανατολικά και από τους ορεινούς όγκους του εσωτερικού του νησιού προς τις ακτές. Κατά την υγρή περίοδο οι κινούμενες υφέσεις κατά μήκος του κυρίου άξονα της Μεσογείου, είναι το κύριο αίτιο των βροχοπτώσεων στην ελληνική περιοχή. Ακολουθούν τροχιά από δυτικά προς ανατολικά και ως αποτέλεσμα η ορεινή δυτική Κρήτη, η οποία τις δέχεται πρώτη να δέχεται τις περισσότερες βροχοπτώσεις. Επίσης, την ίδια εποχή οι νότιοι θερμοί και υγροί άνεμοι συνδεδεμένοι με τις μεσογειακές υφέσεις, καθώς πλησιάζουν στις πλαγιές των δυτικών ορεινών όγκων της Κρήτης αναγκάζονται να ανέλθουν, εναποθέτοντας το μεγαλύτερο ποσοστό των υδρατμών που περιέχουν. Βεβαίως, επειδή τα δυτικά όρη της Κρήτης σχηματίζουν φραγμό, οι ορεινοί όγκοι της κεντρικής Κρήτης, λιγότερο υψηλοί στο σύνολό τους να δέχονται και λιγότερες βροχοπτώσεις. Στην ανατολική πλευρά του νησιού, οι ακόμα χαμηλότεροι ορεινοί όγκοι δημιουργούν μια εντονότερη ελάττωση των βροχοπτώσεων. [22]

### **3.1.1 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΚΡΗΤΗ- ΥΓΡΕΣ ΚΑΙ ΞΗΡΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΙ**

Στην παρούσα εργασία, όπως προαναφέρθηκε, μελετήθηκαν συνολικά 99 βροχομετρικοί σταθμοί, τα δεδομένα των 39 εκ των οποίων προήλθαν από το meteo για τα υδρολογικά έτη 2006-2007 έως 2016-2017 και των υπόλοιπων 60 από το Πολυτεχνείο και την Περιφέρεια Κρήτης, για τα υδρολογικά έτη 1974-2017.

Όσον αφορά τους βροχομετρικούς σταθμούς του meteo, υπολογίστηκαν: η μέση μηνιαία και ετήσια βροχόπτωση αλλά και αθροιστική μηνιαία και ετήσια βροχόπτωση. Επειδή τα διαθέσιμα ημερήσια βροχομετρικά δεδομένα αρκετών εξ αυτών σταθμών, δεν ήταν επαρκή, πραγματοποιήθηκε συμπλήρωση χρονοσειρών για την ετήσια αθροιστική βροχόπτωση, με τη μέθοδο της βροχοβαθμίδας. Ως αποτέλεσμα, υπολογίστηκε προσεγγιστικά η αθροιστική ετήσια βροχόπτωση για όλα τα υδρολογικά έτη της δεκαετίας 2006-07 έως 2016-17. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τους βροχομετρικούς σταθμούς από το Πολυτεχνείο-Περιφέρεια Κρήτης, αφού πρώτα υπολογίστηκε η αθροιστική ετήσια βροχόπτωση, με τη διαφορά ότι τα δεδομένα αφορούσαν περισσότερα υδρολογικά έτη, 1973-74 έως 2016-17.

Για τον υπολογισμό των υγρών και ξηρών περιόδων για κάθε έτος, κάθε βροχομετρικού σταθμού της Κρήτης, ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

Αρχικά, προσδιορίστηκαν οι υγρές και ξηρές περίοδοι για κάθε διαθέσιμο έτος των σταθμών του meteo, λαμβάνοντας ως δεδομένο ότι η υγρή περίοδος στην Κρήτη διαρκεί από το μήνα Οκτώβριο έως το Μάρτιο, ενώ η ξηρή, από τον Απρίλιο έως το Σεπτέμβριο. Η διαδικασία αυτή, εφαρμόστηκε για τους 37 σταθμούς του meteo, καθώς 2 εξ αυτών δε διέθεταν επαρκή βροχομετρικά δεδομένα. Οι τιμές της αθροιστικής βροχόπτωσης για τις υγρές και ξηρές περιόδους των σταθμών αυτών, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

<b>ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ(meteo)</b>	<b>ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΥΓΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (mm)</b>	<b>ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ(mm)</b>
Άγιος Νικόλαος	87.30	12.70
Αλικιανός	84.56	15.44
Ασκούφου	85.87	14.13
Ανώγεια	87.48	12.52
Βρύσες	87.04	12.96
Έλος	86.99	13.01
Ηράκλειο-Δυτικά	87.79	12.21
Ηράκλειο	88.14	11.86
Ηράκλειο-Λιμάνι	87.54	12.46
Ιεράπετρα	86.42	13.58
Λέντας	91.89	8.11
Μεταξοχώρι	88.31	11.69
Μοίρες	94.06	5.94
Παλαιοχώρα	89.52	10.48
Πλακιάς	86.82	13.18
Πλατανιάς	84.58	15.42
Πυράθι	86.77	13.23
Ρέθυμνο	85.27	14.73
Σαμαριά	91.25	8.75
Σαμαριά-Φαράγγι	87.10	12.90
Σέμπρωνας	82.07	17.93
Σταυράκια	86.52	13.48
Σφακιά	86.07	13.93

Σητεία	85.88	14.12
Τζερμιάδων	86.07	13.93
Φαλάσαρνα	88.17	11.83
Φινοκαλιά	84.13	15.87
Φουρφουράς	89.26	10.74
Φράγμα Ποταμών	87.62	12.38
Χανιά	88.67	11.33
Χανιά - Κέντρο Πόλης	87.78	12.22
Άγιοι Πάντες	86.80	13.20
Κάνδαρος	98.10	1.94
Κολυμπάρι	82.58	17.42
Βαγιωνιά	85.24	14.76
Ηράκλειο-Ανατολικά	88.80	11.20
Σπήλι	87.34	12.66
<b>Μ.Ο(%)</b>	<b>87.45</b>	<b>12.55</b>

Πίνακας 15: Αθροιστική βροχόπτωση υγρής και ξηρής περιόδου

Αφού προσδιορίστηκε το ποσοστό της βροχόπτωσης για υγρές και ξηρές περιόδους για το σύνολο των παραπάνω σταθμών, στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε υπολογισμός των τιμών της συνολικής βροχόπτωσης των υγρών και ξηρών περιόδων όλων των σταθμών για όλα τα έτη. Τέλος, υπολογίστηκε ο μέσος όρος της βροχόπτωσης υγρών και ξηρών περιόδων για κάθε έτος, δηλαδή για τα υδρολογικά έτη 1973-74 για τους σταθμούς του Πολυτεχνείου –Περιφέρειας Κρήτης, συμπεριλαμβανομένου των τιμών της βροχόπτωσης από τα δεδομένα του meteo για τα υδρολογικά έτη 2006-2007 και έπειτα.

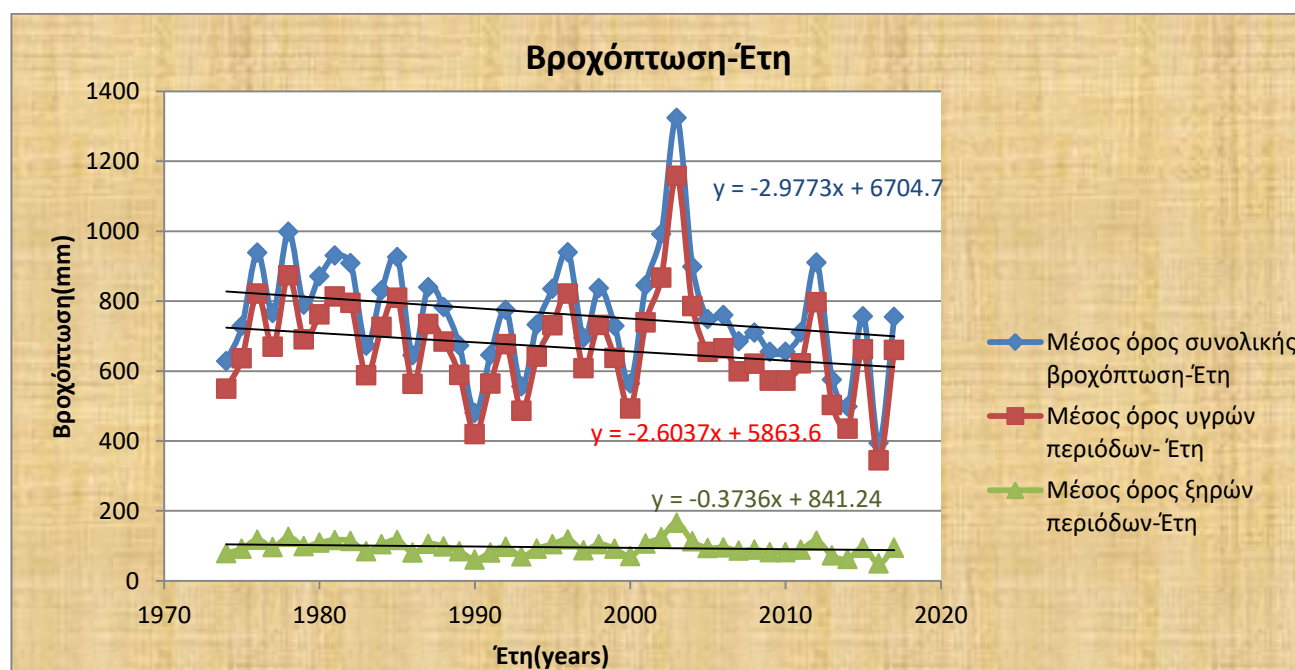
Οι τιμές του μέσου όρου της συνολικής βροχόπτωσης για όλη την Κρήτη και για όλα τα υδρολογικά έτη, καθώς επίσης και του μέσου όρου των υγρών και ξηρών περιόδων αυτών, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

<b>ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΤΗ</b>	<b>Μ.Ο ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ</b>	<b>Μ.Ο ΥΓΡΩΝ ΠΕΡΙΟΔΩΝ</b>	<b>Μ.Ο ΞΗΡΩΝ ΠΕΡΙΟΔΩΝ</b>
1974	628.86	549.96	78.90
1975	728.02	636.68	91.34
1976	939.34	821.49	117.86
1977	765.75	669.67	96.08
1978	998.89	873.57	125.33
1979	789.73	690.65	99.09
1980	871.29	761.98	109.32
1981	930.52	813.78	116.75
1982	908.90	794.87	114.04
1983	672.64	588.25	84.40
1984	831.14	726.86	104.28
1985	926.08	809.89	116.20
1986	644.79	563.90	80.90
1987	840.05	734.66	105.40
1988	782.86	684.64	98.22
1989	673.65	589.13	84.52
1990	480.16	419.92	60.25
1991	645.68	564.67	81.01
1992	774.65	677.46	97.20
1993	555.96	486.21	69.76
1994	732.80	640.87	91.94

1995	835.46	730.64	104.82
1996	940.05	822.11	117.95
1997	695.64	608.37	87.28
1998	837.04	732.03	105.02
1999	729.31	637.82	91.51
2000	564.00	493.24	70.77
2001	845.12	739.10	106.04
2002	992.19	867.71	124.49
2003	1324.57	1158.39	166.19
2004	898.67	785.92	112.76
2005	748.89	654.94	93.96
2006	760.13	664.76	95.37
2007	685.22	599.25	85.97
2008	709.94	620.87	89.08
2009	654.90	572.74	82.17
2010	654.69	572.55	82.14
2011	710.82	621.64	89.19
2012	910.87	796.59	114.29
2013	575.29	503.12	72.18
2014	498.09	435.60	62.50
2015	756.95	661.98	94.97
2016	394.05	344.61	49.44
2017	755.10	660.37	94.74

Πίνακας 16: Μέσος όρος συνολικής βροχόπτωσης και μέσος όρος βροχόπτωσης υγρών και ξηρών περιόδων

Από τον παραπάνω πίνακα, προκύπτει το εξής γράφημα:



Από το παραπάνω γράφημα, προκύπτουν τα εξής βασικά συμπεράσματα:

‣ Η συνολική βροχόπτωση για όλους τους σταθμούς παρουσιάζει πτωτική τάση καθώς οι απώλειες στο ύψος της βροχής είναι 2.98mm περίπου, ανά έτος. Κατά τη διάρκεια του υδρολογικού έτους 2002-2003, παρατηρείται μια άξια αναφοράς αυξητική τάση κατά 332mm σε σχέση με το υδρολογικό έτος 2001-2002 και κατά 426mm σε σχέση με το 2003-2004.

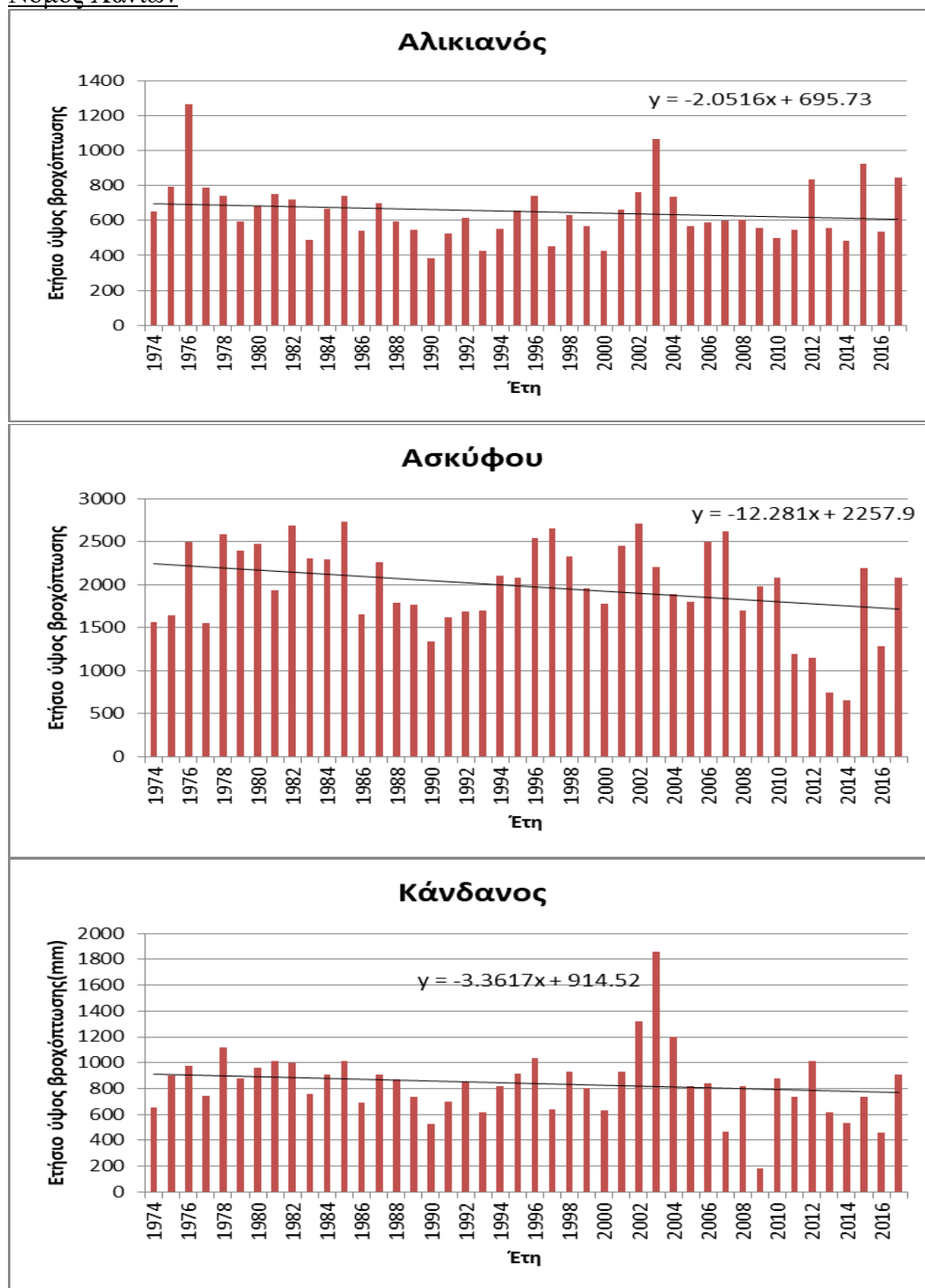
‣ Η βροχόπτωση των υγρών περιόδων ( Οκτώβριος-Μάρτιος) για το σύνολο των βροχομετρικών σταθμών, παρουσιάζει επίσης πτωτική τάση καθώς οι απώλειες στο ύψος της βροχής είναι 2.6 mm, ανά έτος. Κατά τη διάρκεια του υδρολογικού έτους 2002-2003, παρατηρείται έντονη μια αυξητική τάση κατά 291 mm σε σχέση με το υδρολογικό έτος 2001-2002 και κατά 373mm περίπου σε σχέση με το 2003-2004.

‣ Η βροχόπτωση των ξηρών περιόδων ( Απρίλιος-Σεπτέμβριος) για το σύνολο των βροχομετρικών σταθμών, παρουσιάζει μικρή πτωτική τάση καθώς οι απώλειες στο ύψος της βροχής είναι 0.37 mm, ανά έτος. Κατά τη διάρκεια του υδρολογικού έτους 2002-2003, παρατηρείται μια μικρή αυξητική τάση κατά 42 mm σε σχέση με το υδρολογικό έτος 2001-2002 και κατά 54 mm περίπου σε σχέση με το 2003-2004.

### 3.1.2 ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

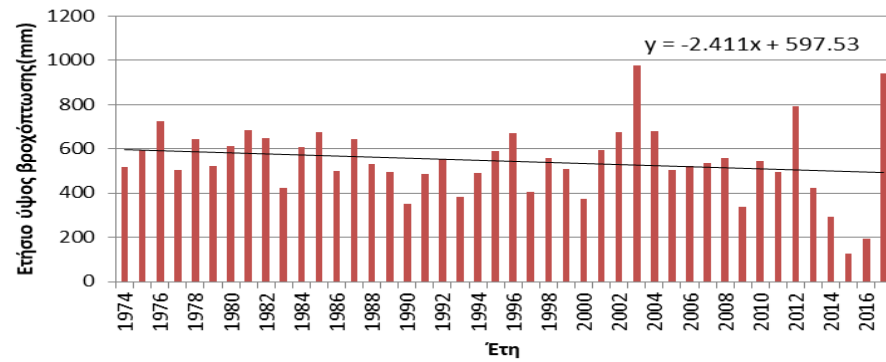
Στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνεται η διακύμανση του ετήσιου ύψους βροχής για τη χρονική περίοδο 1974-2017. Τα διαγράμματα έχουν ομαδοποιηθεί ανά νομό και υποδεικνύουν την τάση που ακολουθεί η βροχόπτωση (αυξητική ή πτωτική) με το πέρασμα του χρόνου στους διάφορους σταθμούς των νομών.

#### Νομός Χανίων

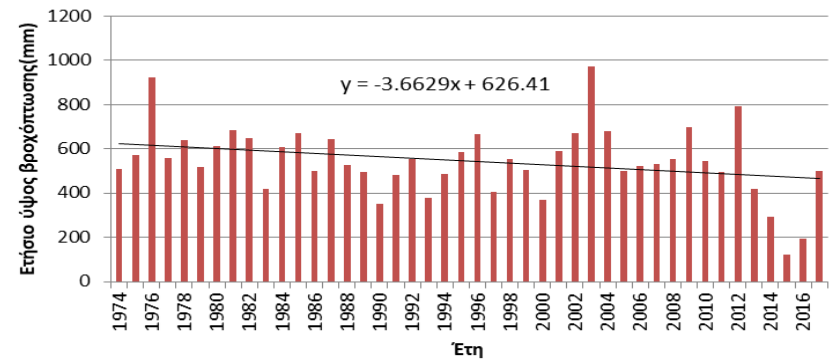




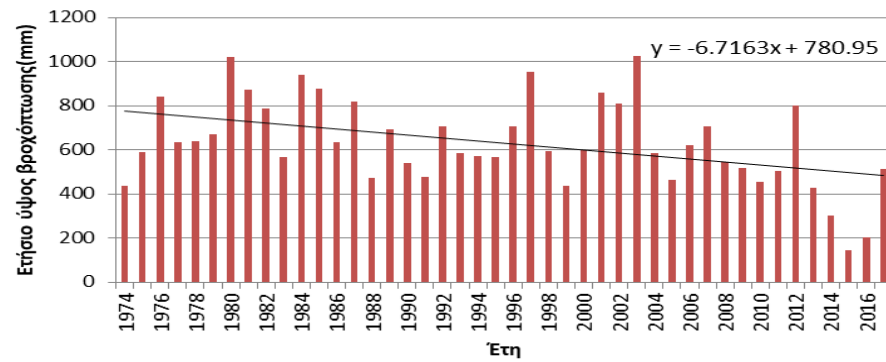
### Ταυρωνίτης



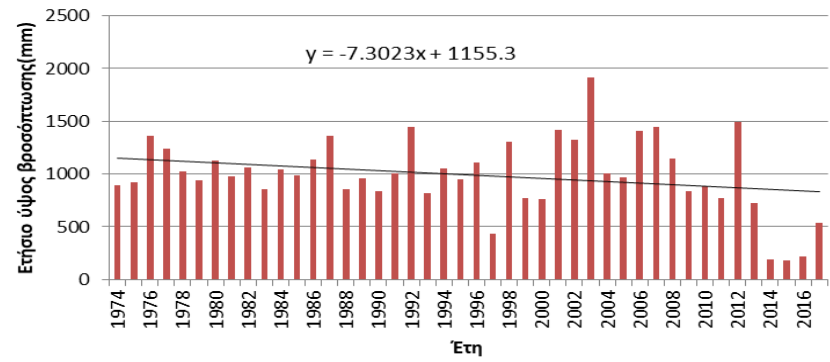
### Αγροκήπιο



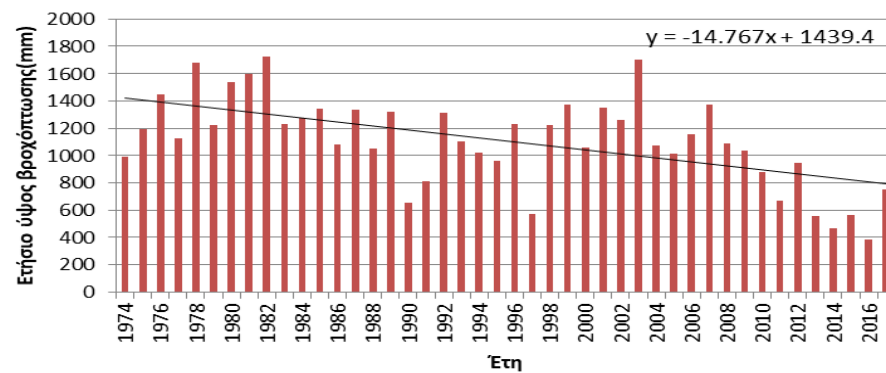
### Καλύβες



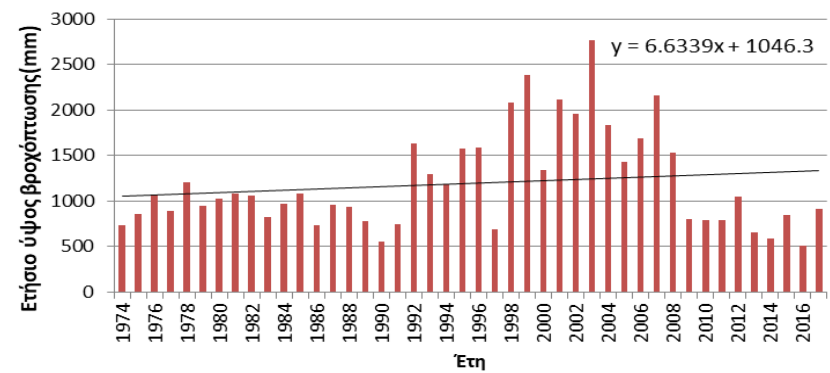
### Μουρί



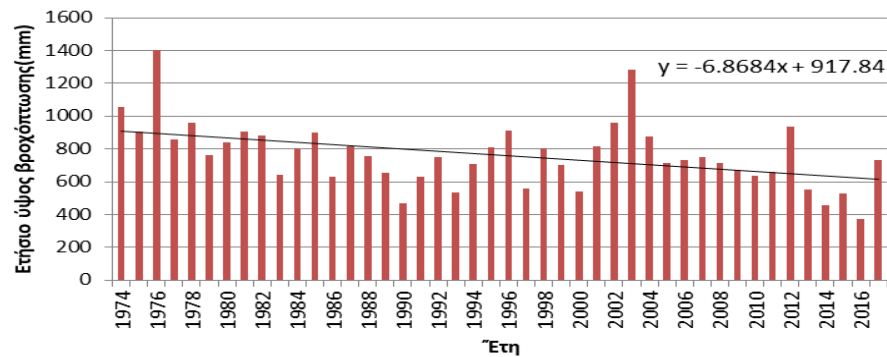
### Παλαιά Ρουμάτα



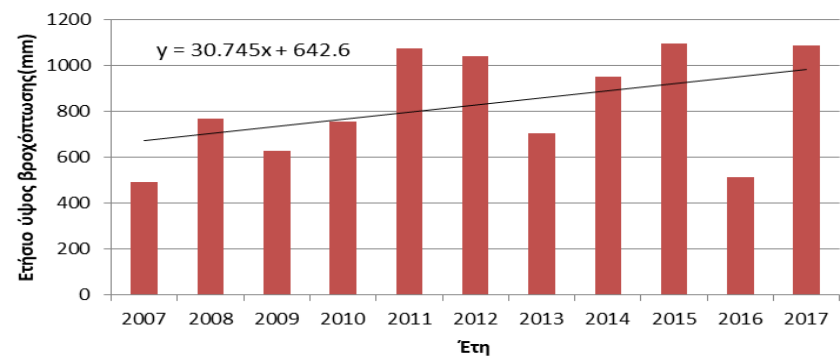
### Πρασές



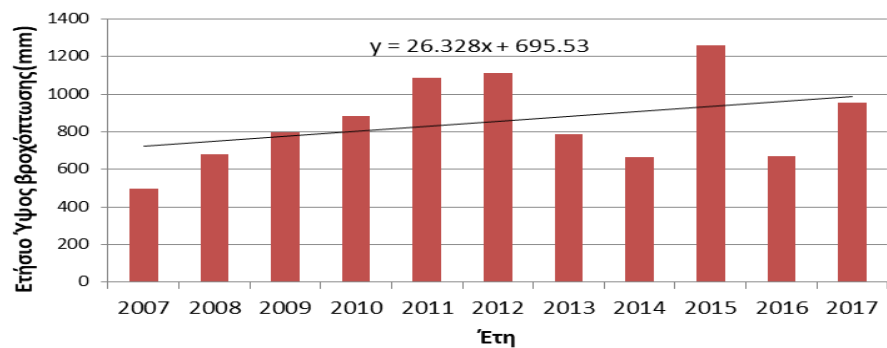
### Ζυμβραγού



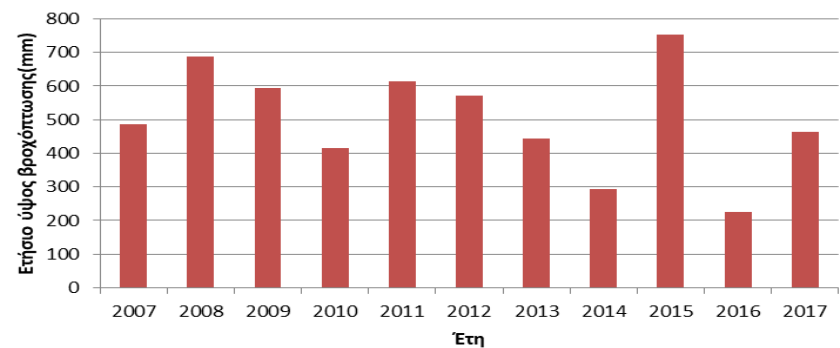
### Βρύσες



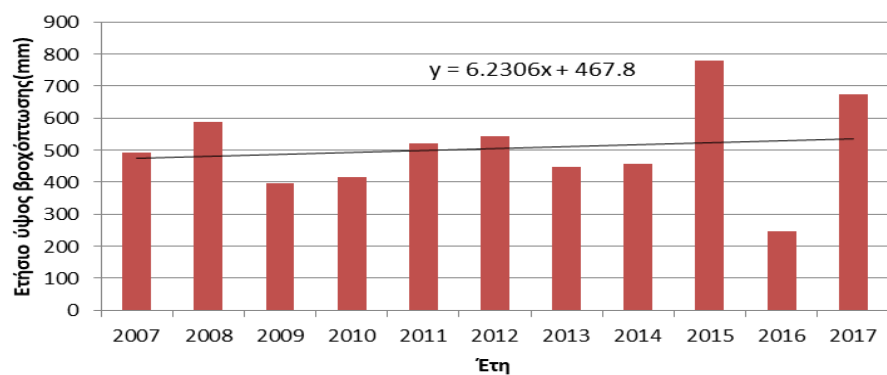
### Έλος



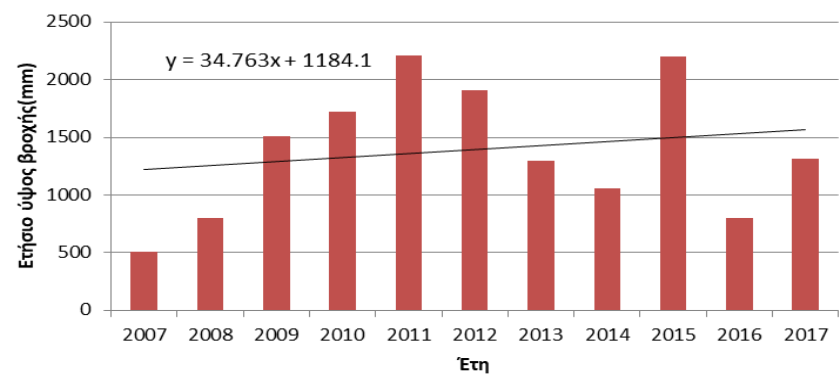
### Παλαιοχώρα

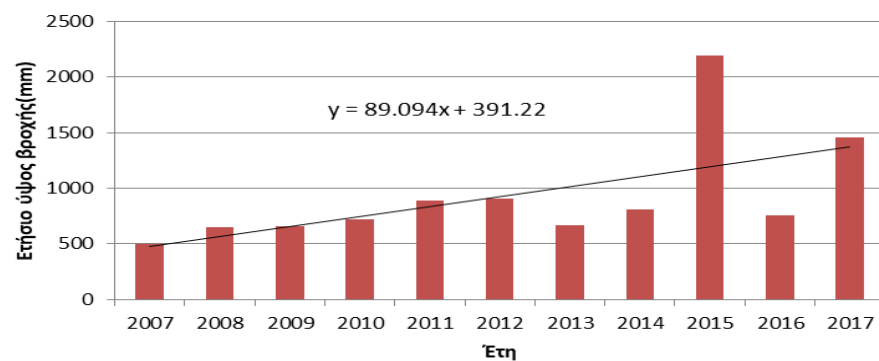
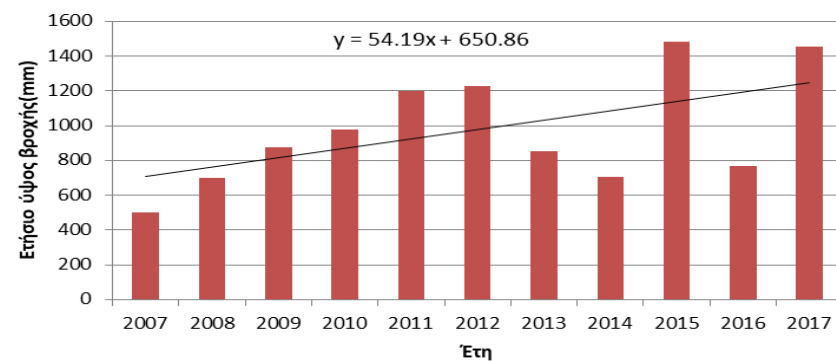
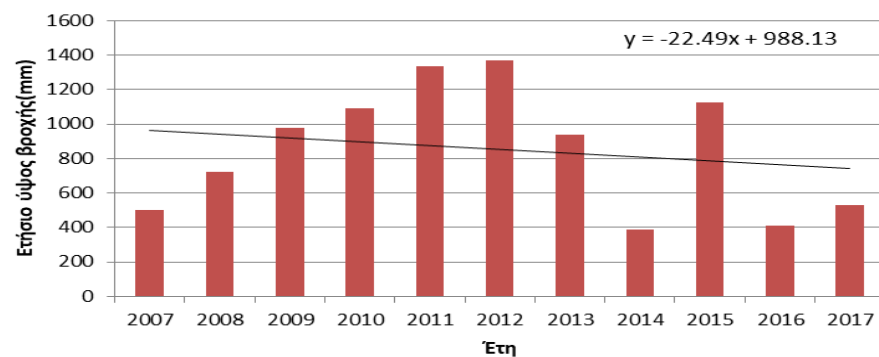
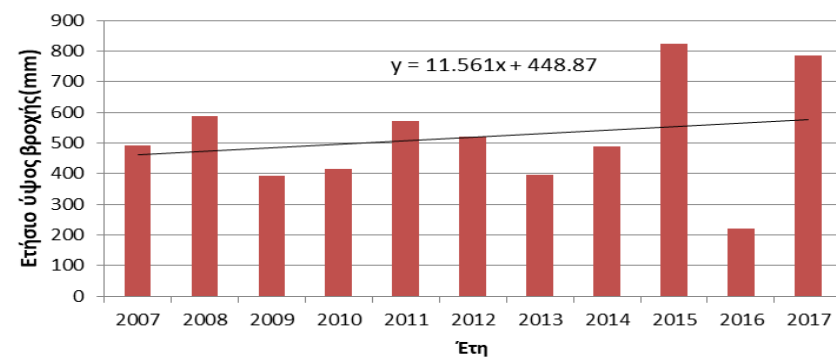
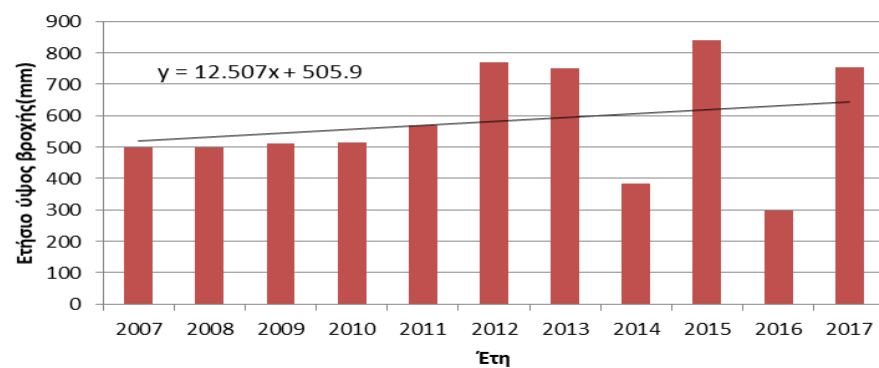
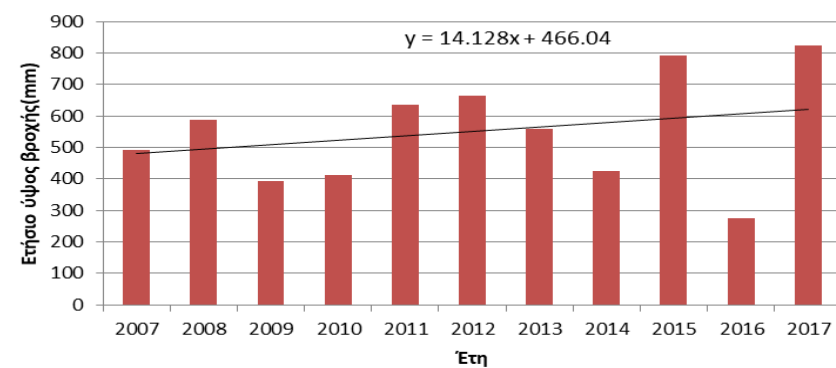


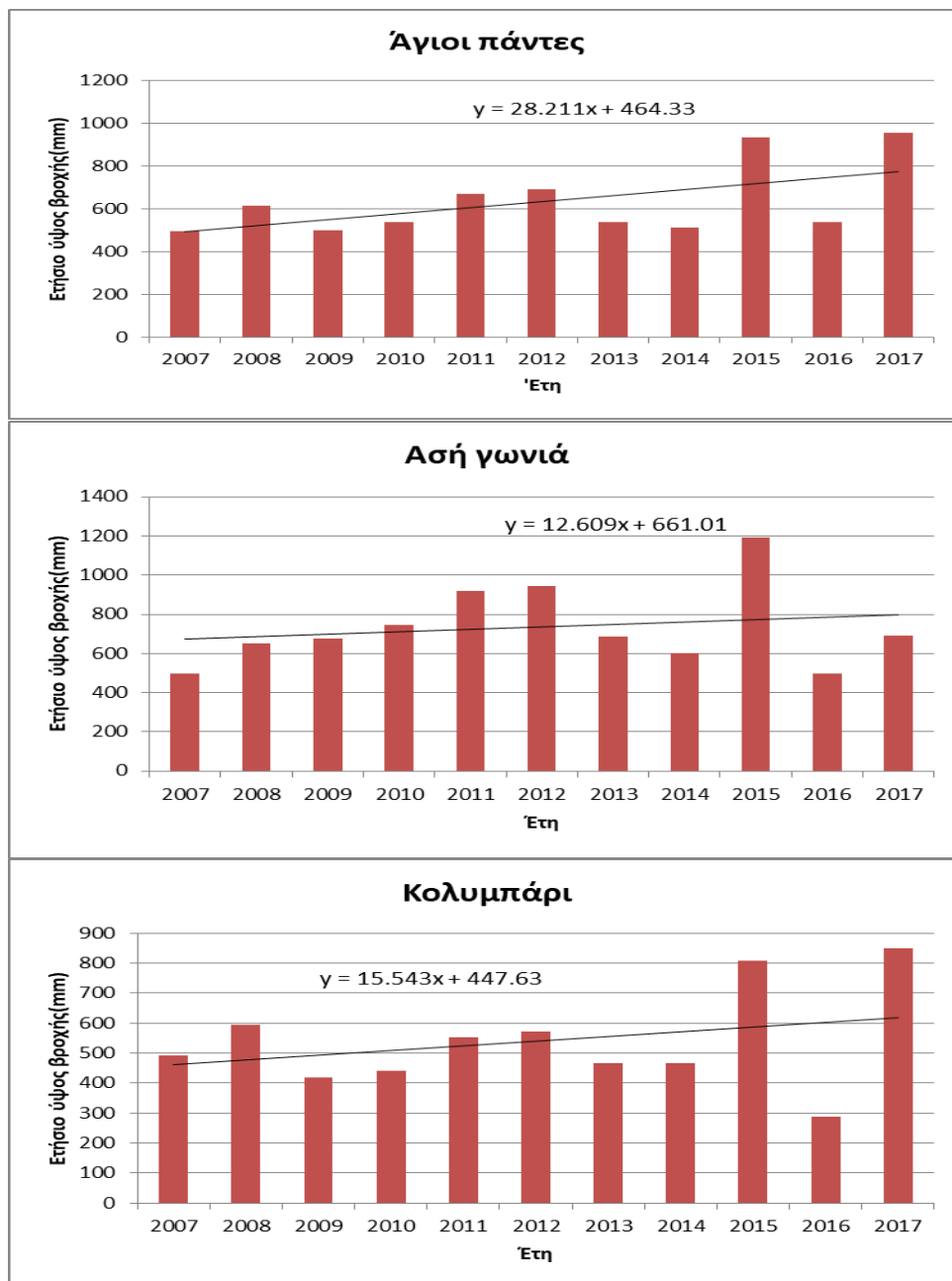
### Πλατανιάς



### Σαμαριά



**Φαράγγι Σαμαριάς****Σέμπρωνας****Σφακιά****Φαλάσαρνα****Χανιά****Χανιά-κέντρο**



Για την περιοχή των Χανίων προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

▷ Η περιοχή των Χανίων είναι αρκετά ανοικτή προς το Βορρά και δέχεται άφθονες βροχές, οι οποίες αυξάνουν ταχέως καθώς πλησιάζουμε προς τον ορεινό όγκο των Λευκών Ορέων. Αξιοσημείωτες αυξητικές τάσεις εμφανίζει η βροχόπτωση στις εξής περιοχές του νομού:

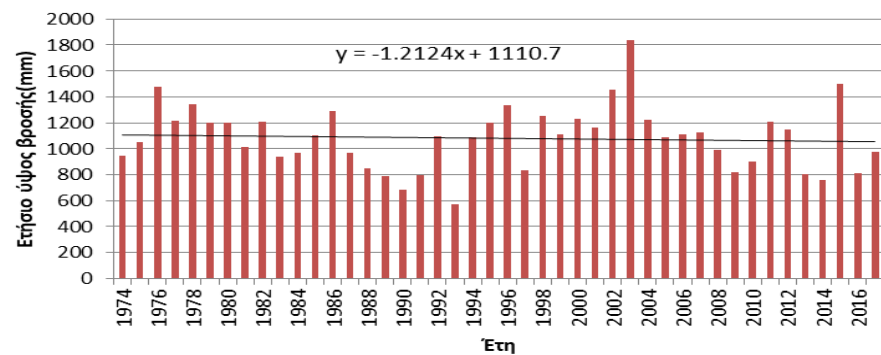
Στις πράσινες, με αύξηση 6,6mm ανά έτος για τη 43ετία 1974-2017, ενώ αναφορικά με τα 10ετία 2007-2017, αύξηση βροχόπτωσης παρουσιάζεται στις Βρύσες, κατά 30,7 mm ανά έτος, στο Έλος, κατά 26,3mm, στη Σαμαριά, κατά 34,7mm, στο Φαράγγι της Σαμαριάς, κατά 89,1mm και στο Σέμπρωνα με αύξηση κατά 54,2mm.

▷ Πτωτικές τάσεις εμφανίζει η βροχόπτωση στις ορεινές περιοχές της βόρειας πλευράς του νομού όπως ο σταθμός Παλαιά Ρούματα, με μείωση της τάξης των 14,8 mm ανά έτος για τη 43ετία 1974-2017. Επίσης σημαντικές πτωτικές τάσεις παρατηρούνται:

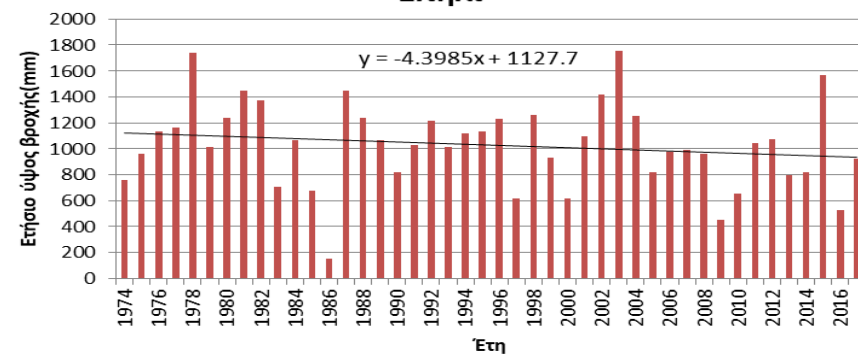
στο σταθμό Ασκύφου, με μείωση 12,3mm ανα έτος για 43ετία 1974-2017, ενώ κατά τη διάρκεια της 10ετίας 2007-2017, η Παλαιόχωρα εμφανίζει μείωση της τάξεως των 17,2mm και τα Σφακιά, μείωση βροχόπτωσης κατά 22,5mm ανά έτος.

Ακολουθούν τα διαγράμματα των σταθμών του νομού Ρεθύμνης:

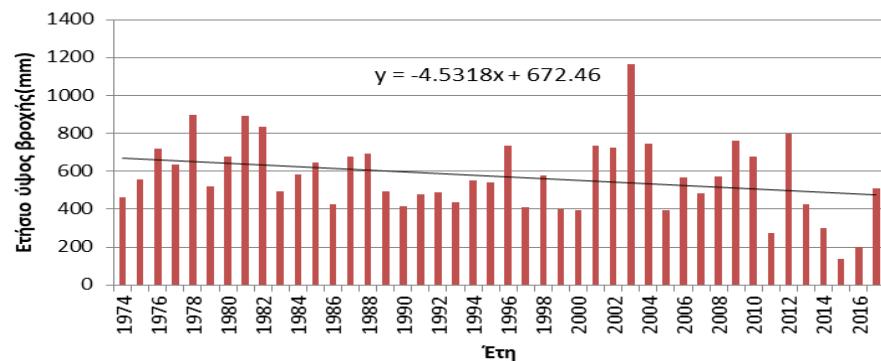
### Ανώγεια



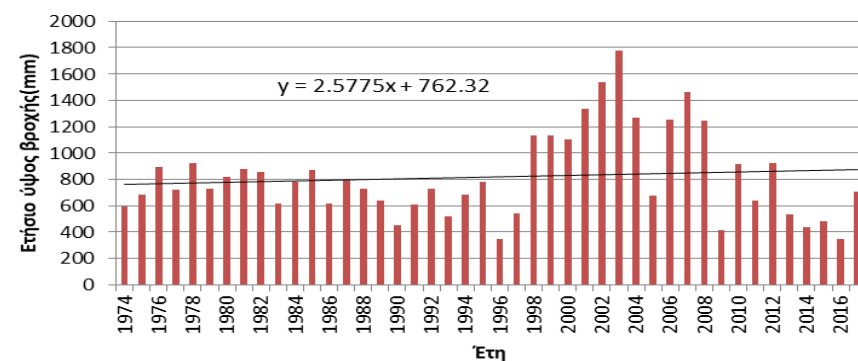
### Σπήλι



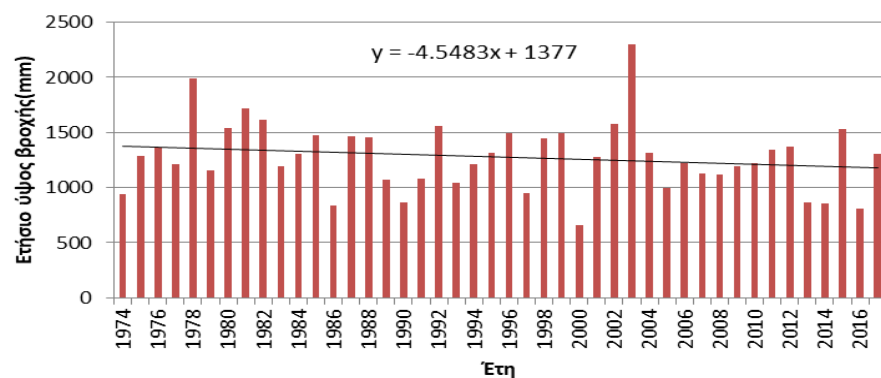
### Αγία Γαλήνη



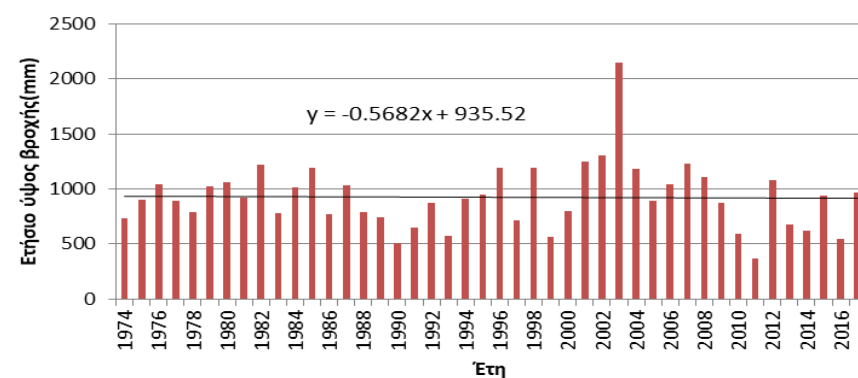
### Γαράζο



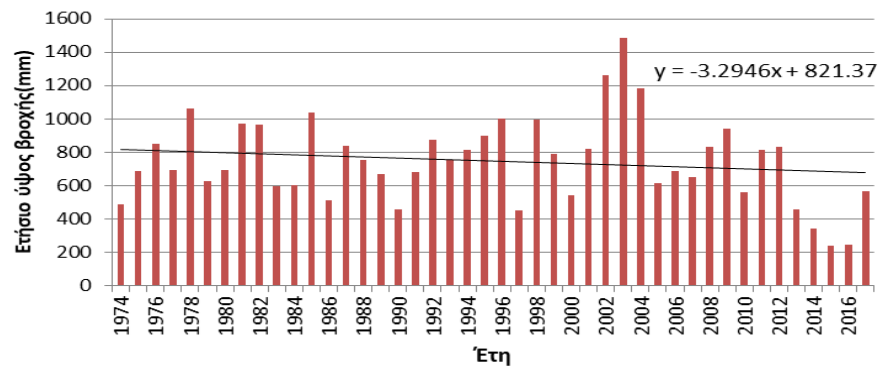
### Γερακάκι



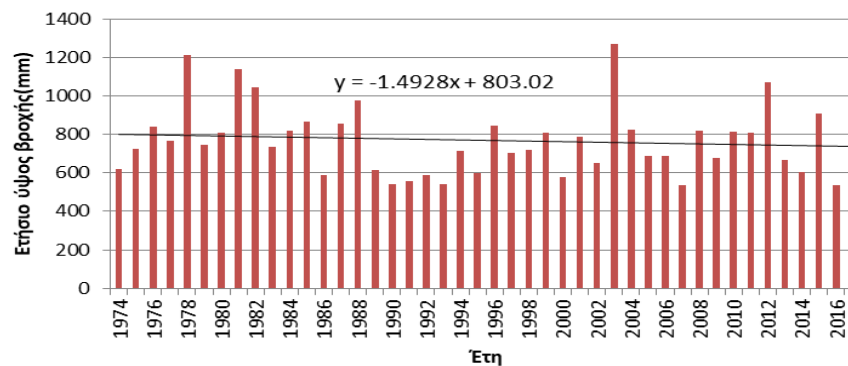
### Καβούσι



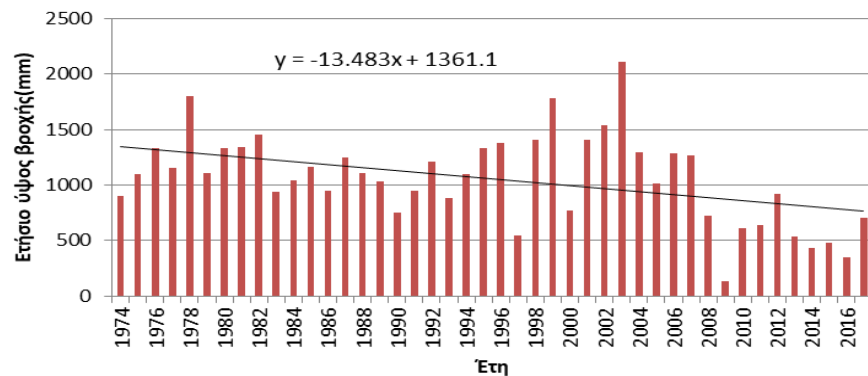
### Λευκόγεια



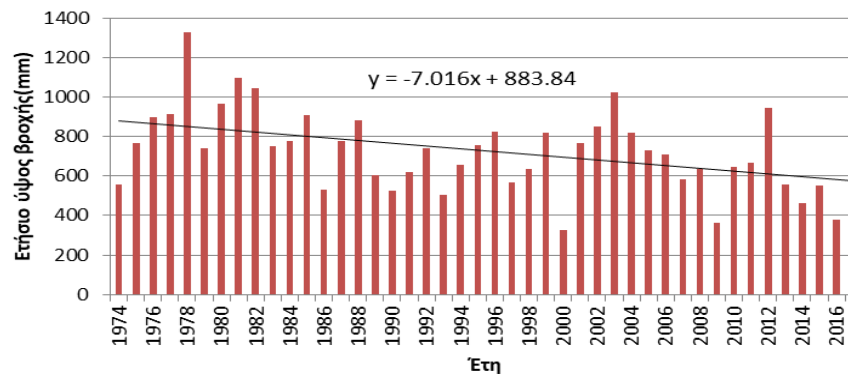
### Μέλαμπες



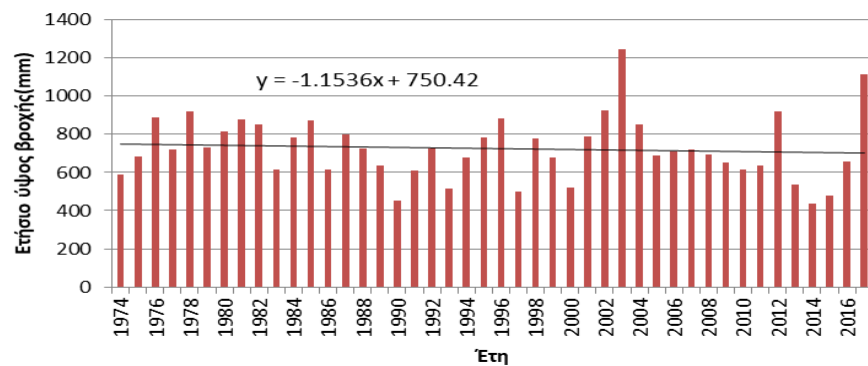
### Βωλεώνες



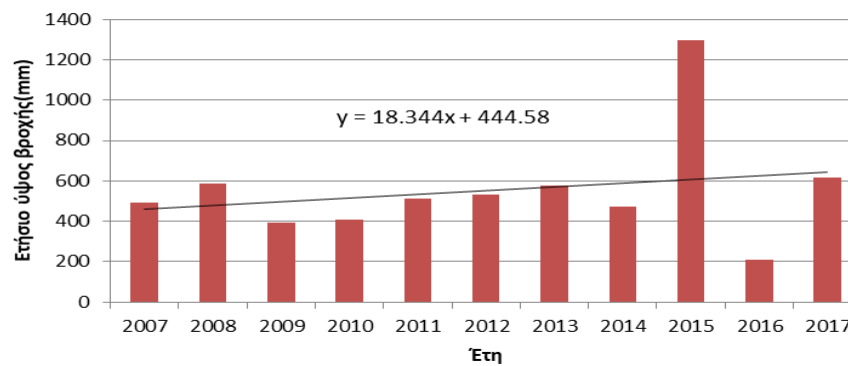
### Βυζάρι

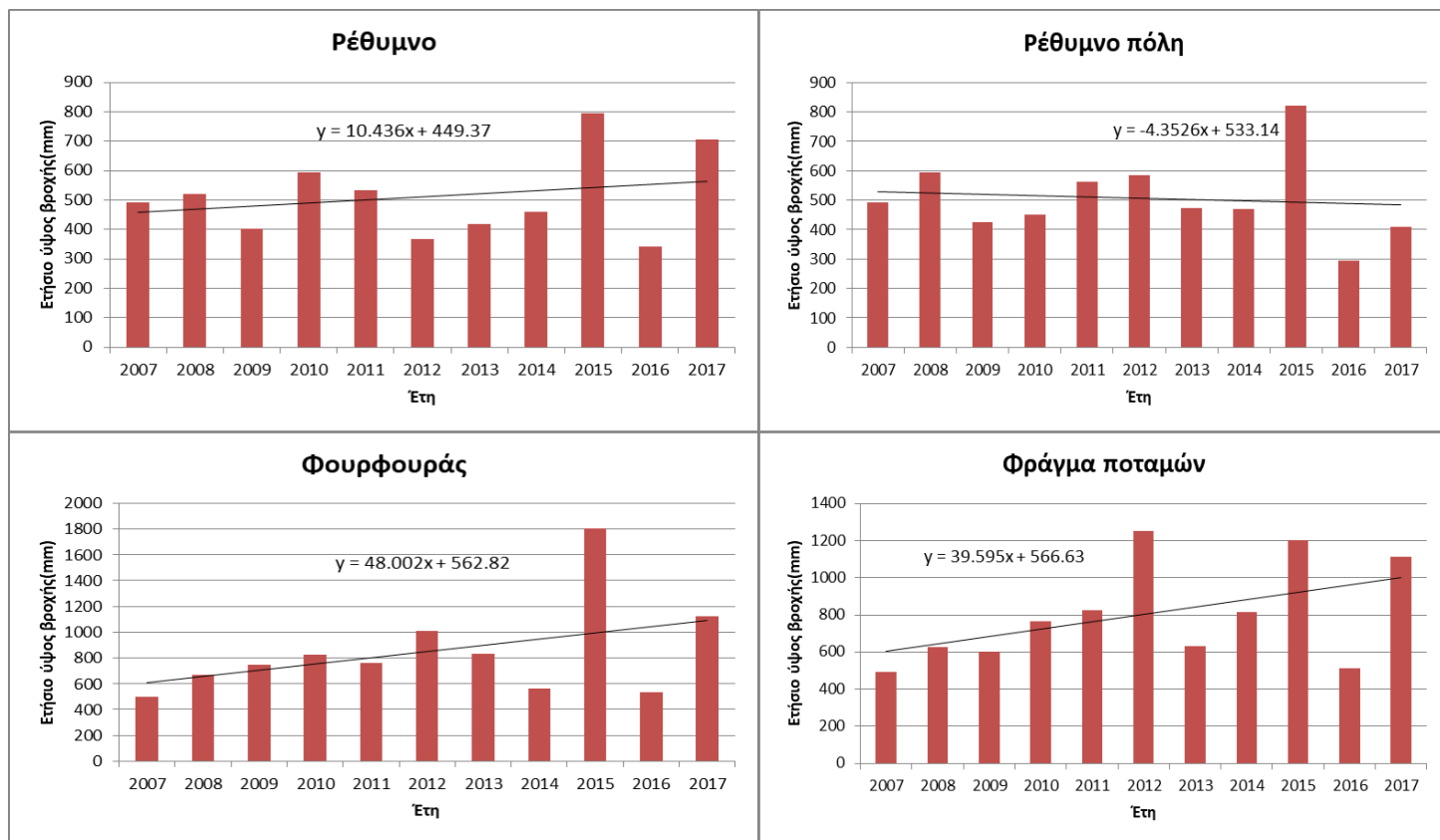


### Δοξαρό



### Πλακιάς





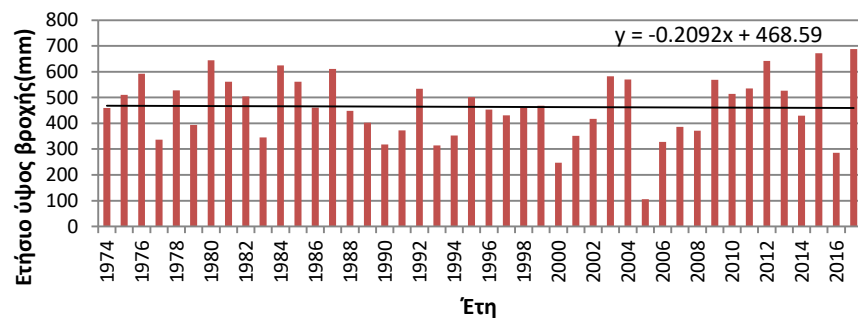
Για το νομό Ρεθύμνης προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

▷ Στους περισσότερους σταθμούς του νομού η βροχόπτωση παρουσιάζει πτωτική τάση, ενώ οι απώλειες στο ύψος βροχής κυμαίνονται από 4,5mm ανά έτος (για τη 43ετία 1974-2017) στις νότιες ακτές του νομού (σταθμός Αγίας Γαλήνης), οι οποίες δέχονται τις επιδράσεις του Λιβυκού πελάγους και υποδέχονται τους νότιους θερμούς και υγρούς ανέμους, έως και 7mm και 13,5mm ανά έτος στους σταθμούς Βυζάρι και Βωλεώνες αντίστοιχα.

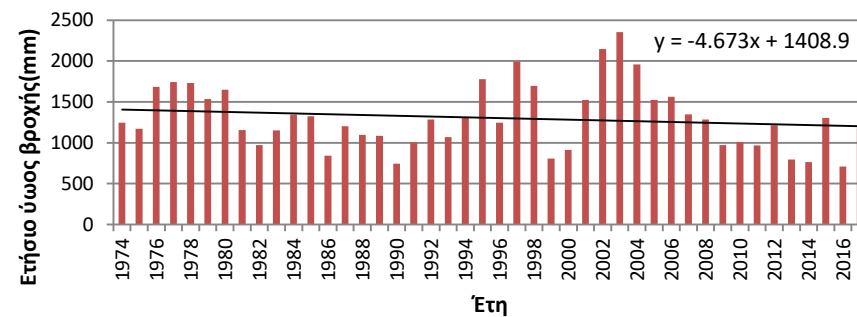
▷ Εξαίρεση αποτελούν: ο σταθμός Γαράζο με αυξητική τάση κατά 2,6mm ανά έτος αλλά και οι σταθμοί: Πλακιάς, Ρέθυμνο, Φουρφουράς και Φράγμα Ποταμών στους οποίους η βροχόπτωση παρουσιάζει αυξητική τάση κατά 10,4mm έως 48mm ανά έτος ( για τη 10ετία 2007-2017).

Ακολουθούν τα διαγράμματα των σταθμών του νομού Λασιθίου:

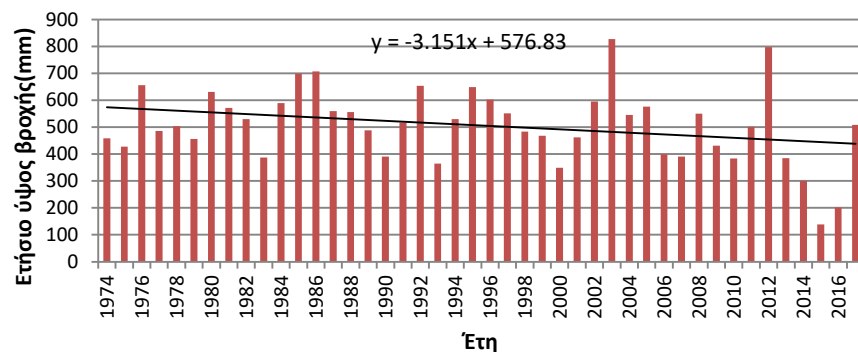
### Σητεία



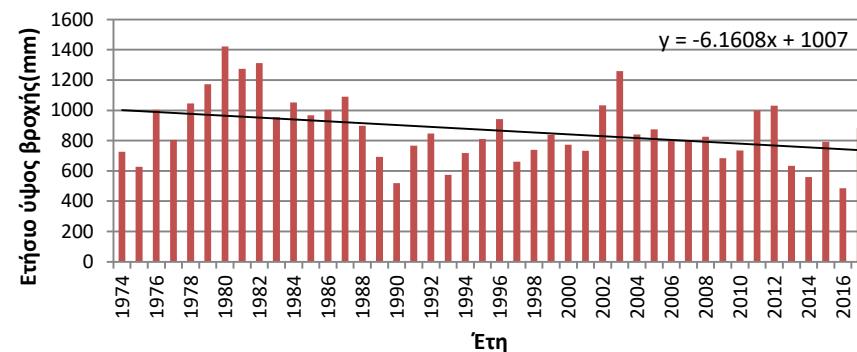
### Έξω ποταμοί



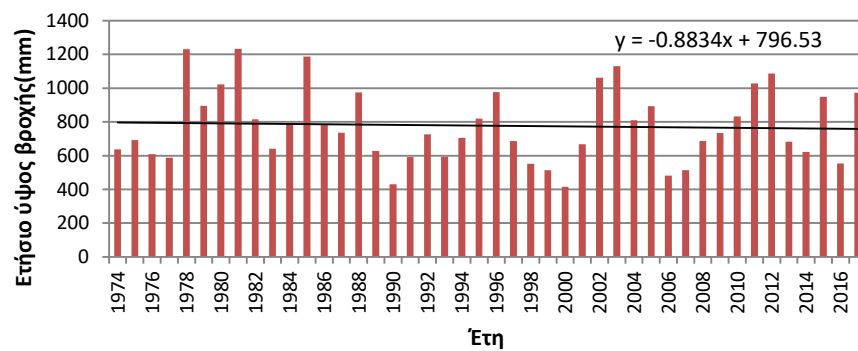
### Καλό χωριό



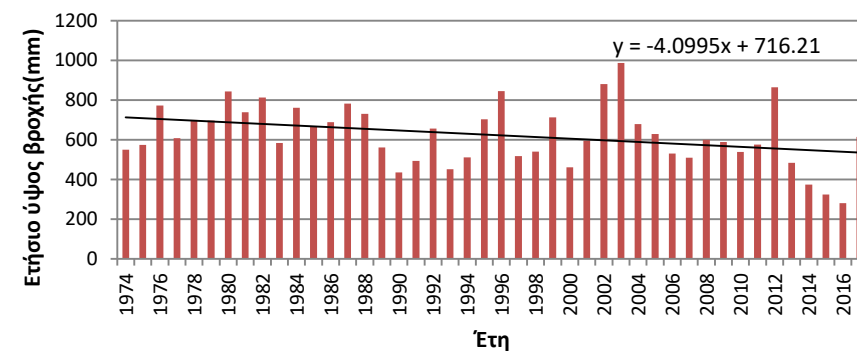
### Κατσιδώνι



### Μάλλες

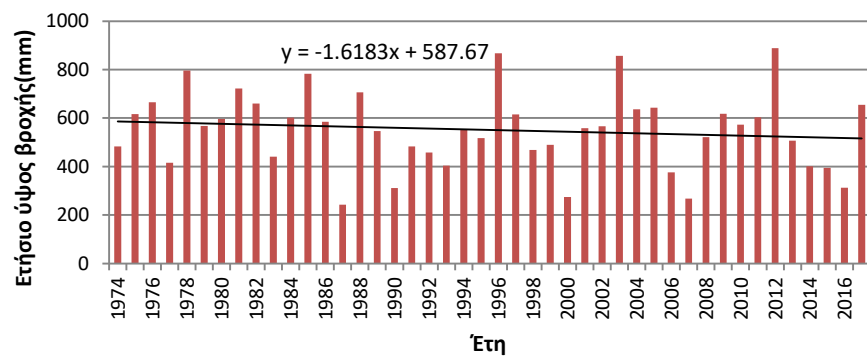


### Μαρωνιά

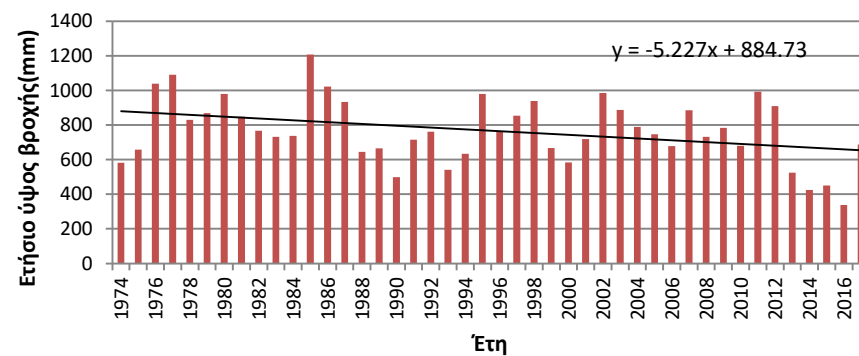




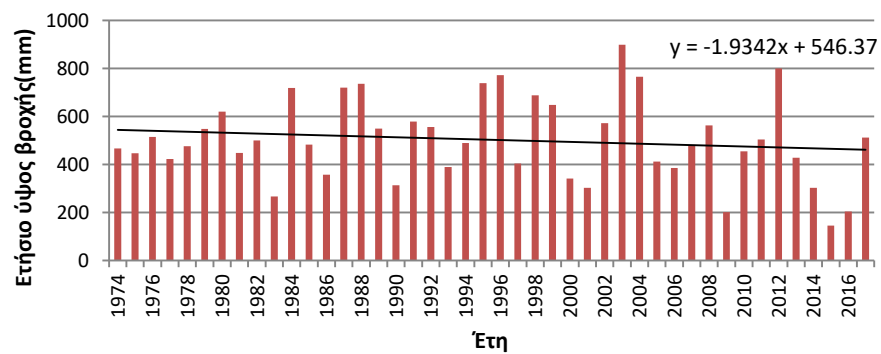
### Μύθοι



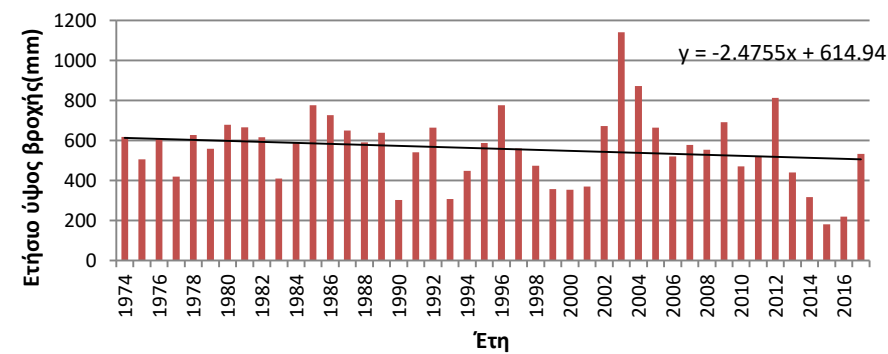
### Νεάπολη



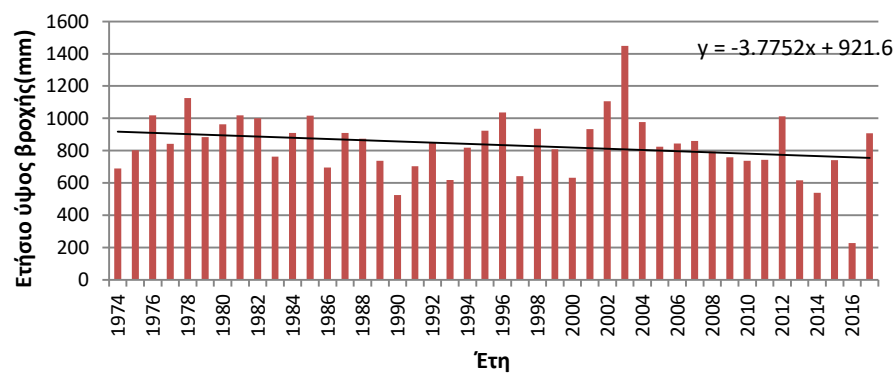
### Παλαιόκαστρο



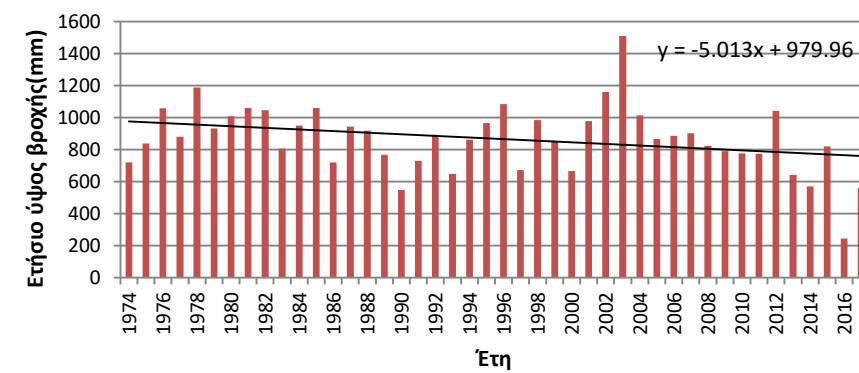
### Παχιά άμμος

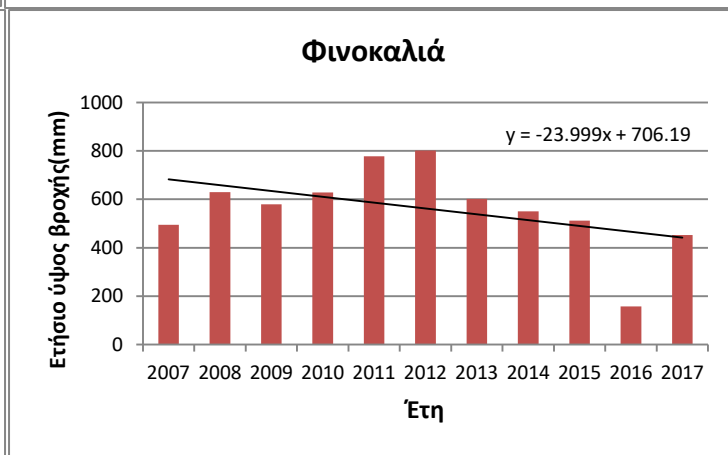
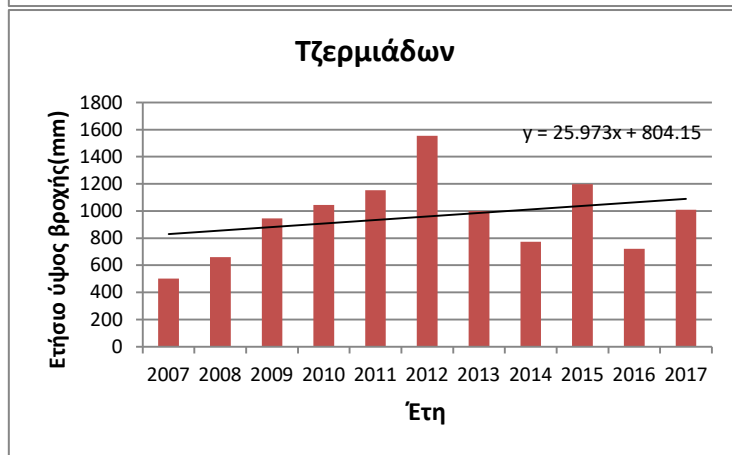
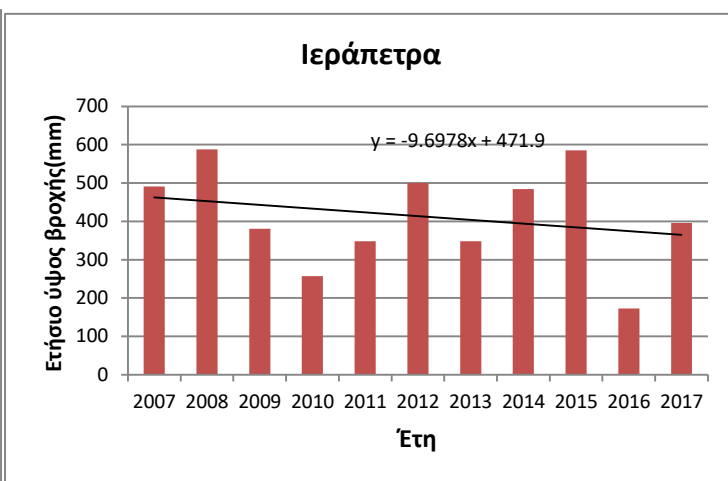
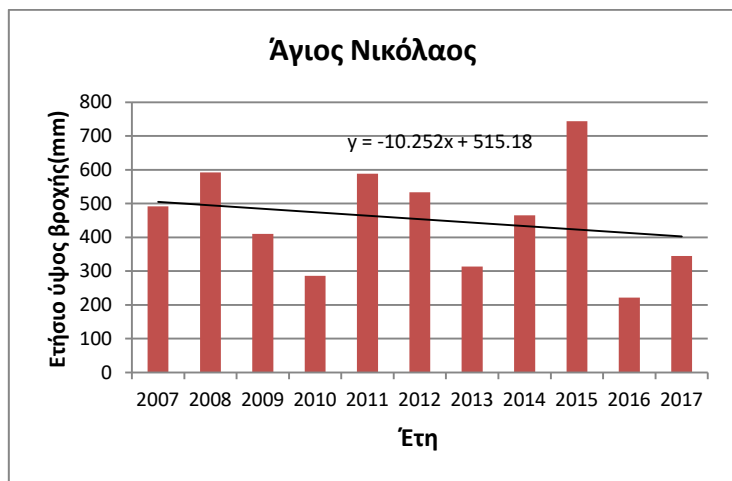


### Άγιος Στέφανος



### Ζίρος





Η περιοχή του Λασιθίου χαρακτηρίζεται από μια ιδιαίτερα έντονη ξηρασία κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου Απριλίου- Σεπτεμβρίου, λόγω της γεωγραφικής της θέσης. Οι βροχές, οι οποίες έρχονται από τα νότια είναι πολύ ασθενείς, ενώ οι βροχές από τα δυτικά και τα βόρεια σταματούν στο φράγμα που σχηματίζουν τα Λασιθιώτικα Όρη.

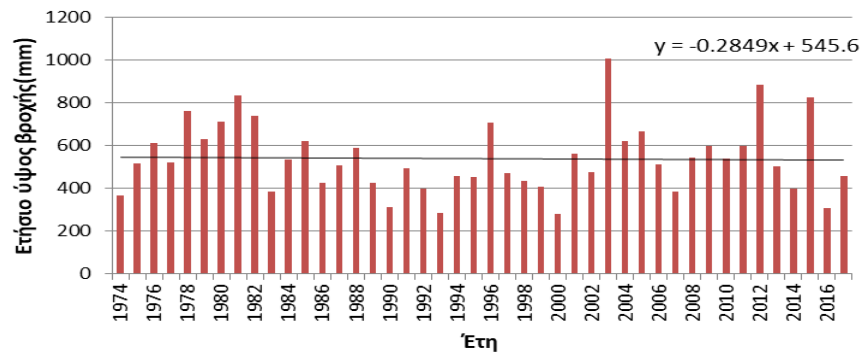
Τα γενικά συμπεράσματα, που προκύπτουν από τα παραπάνω διαγράμματα για το νομό Λασιθίου είναι τα εξής:

▷ Στην πλειοψηφία τους οι σταθμοί του νομού Λασιθίου παρουσιάζουν πτωτική τάση, δηλαδή η βροχύπτωση στο νομό τείνει να μειώνεται με το πέρασμα του χρόνου. Οι απώλειες στο ύψος της βροχής είναι μικρές, καθώς οι πιο έντονες παρατηρούνται στους σταθμούς: Κατσιδώνι, Μαρωνιά και Νεάπολη, με μείωση της τάξεως των 6,2mm, 4,1mm και 5,2mm αντίστοιχα ανά έτος (για τη 43ετία 1974-2017). Μεγαλύτερες απώλειες, εμφανίζουν οι σταθμοί: Άγιος Νικόλαος, Ιεράπετρα και Φινοκαλιά, με μείωση της τάξεως των 10,3mm, 9,7mm και 24mm αντίστοιχα, ανά έτος (10ετία 2007-2017). Τα αποτελέσματα για τους τελευταίους σταθμούς δεν είναι όσο αξιόπιστα είναι τα πρώτα καθώς, έχουν μελετηθεί για πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα.

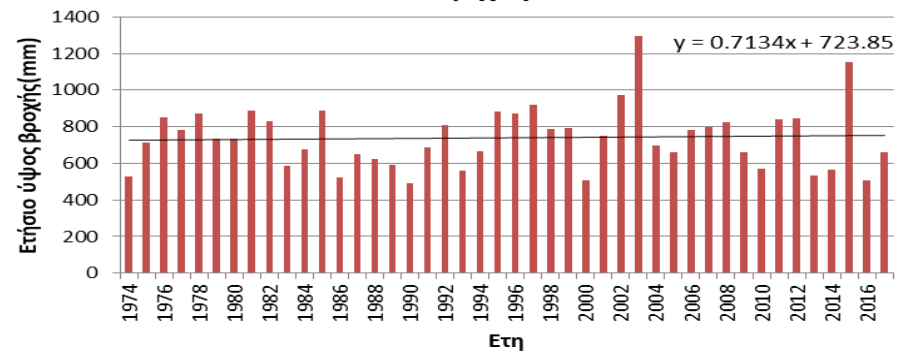
▷ Εξαίρεση αποτελεί ο σταθμός Τζερμιάδων, ο οποίος εμφανίζει αυξητική τάση βροχύπτωσης κατά 26mm ανά έτος (για τη 10ετία 2007-2017).

Ακολουθούν τα διαγράμματα των σταθμών του νομού Ηρακλείου:

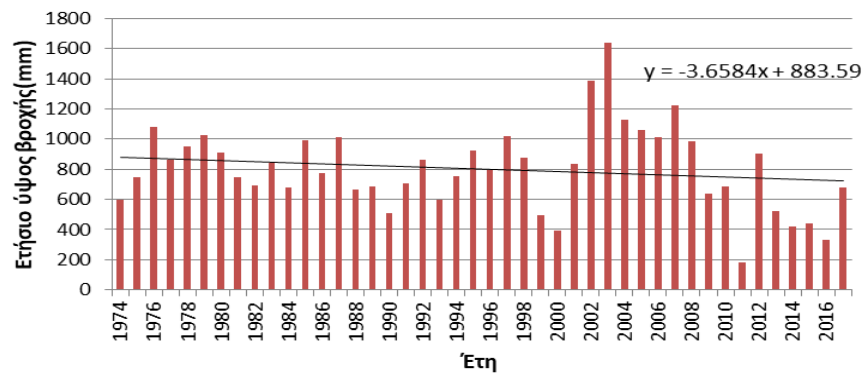
### Βαγιονιά



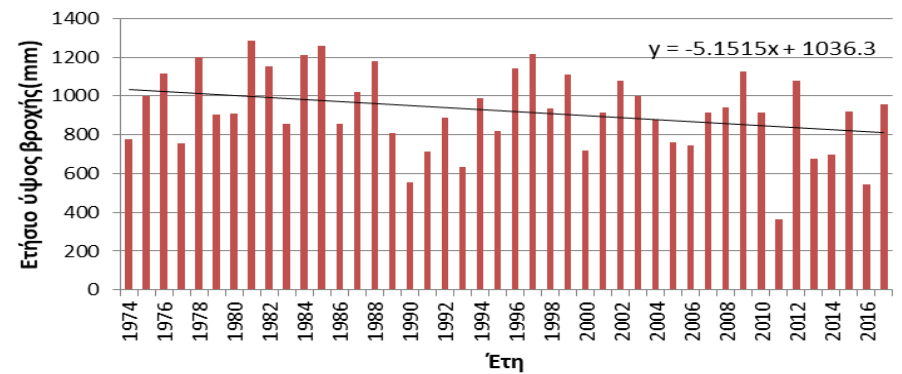
### Μεταξχώρι



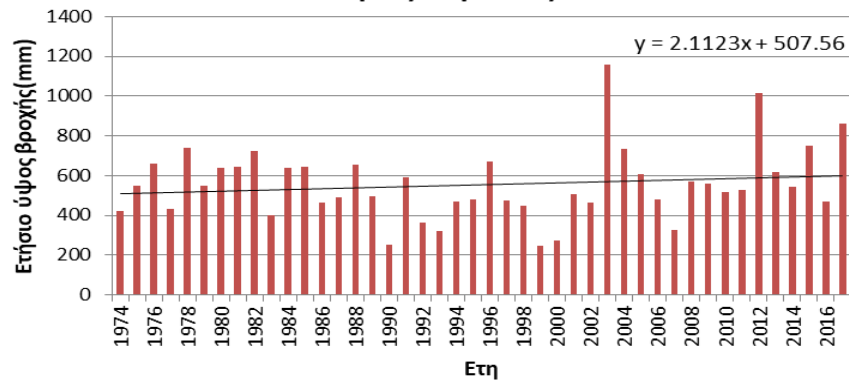
### Άβδου



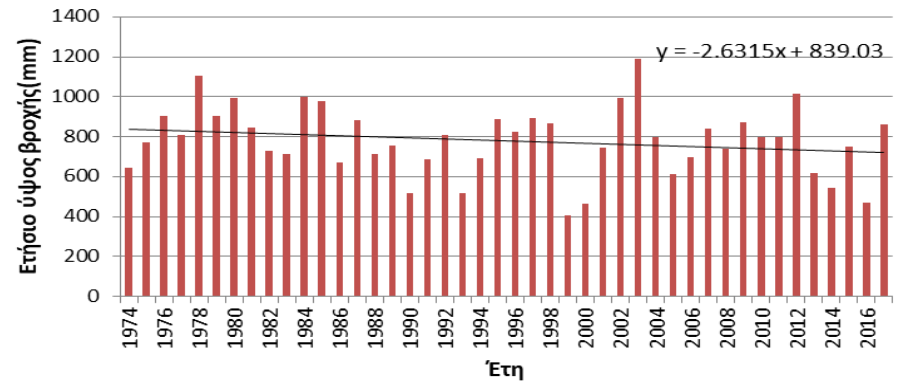
### Αγία Βαρβάρα



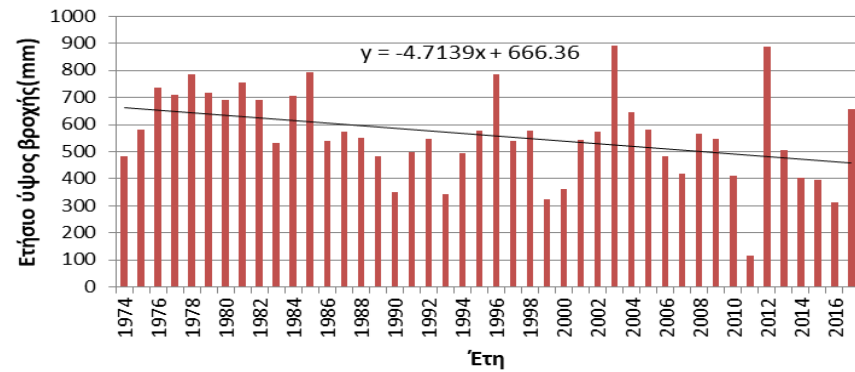
### Άγιος Κυρίλλος



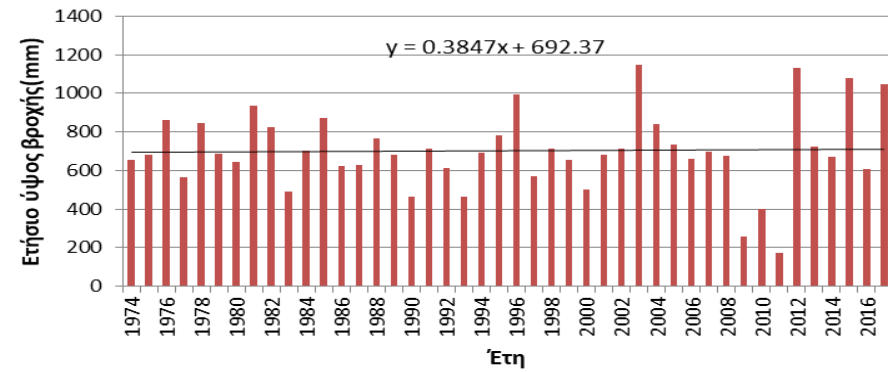
### Αρμάχα



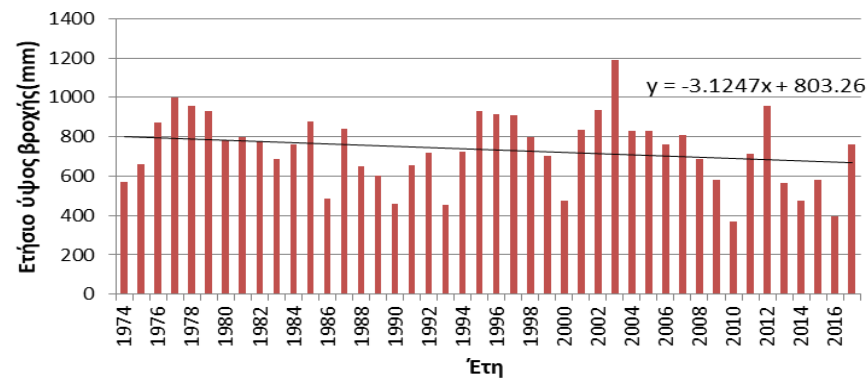
### Ασήμι



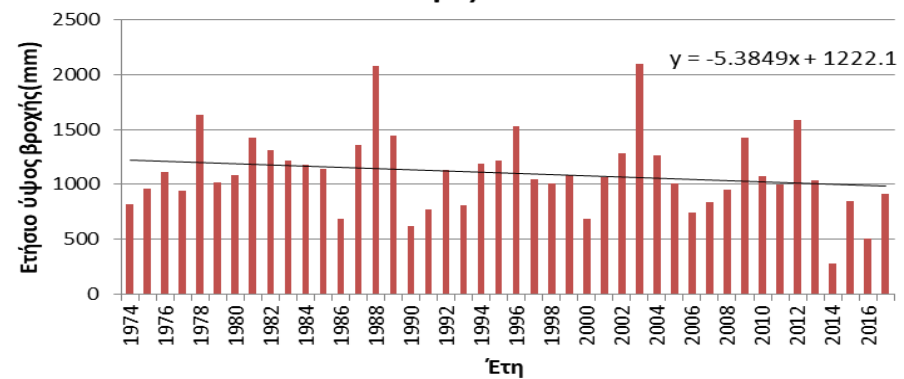
### Αχέντρια



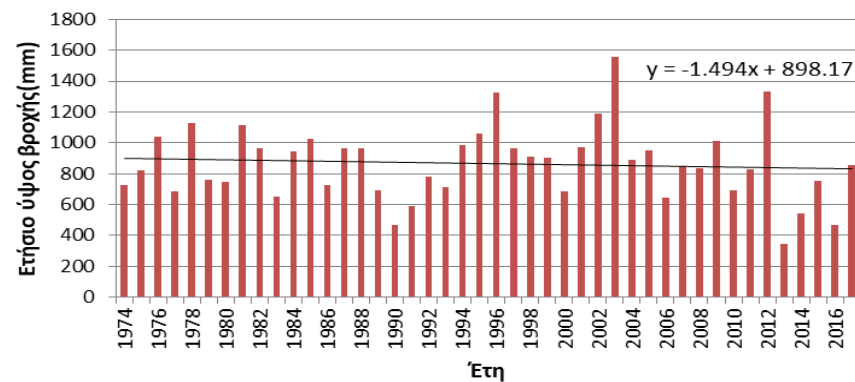
### Βόνη



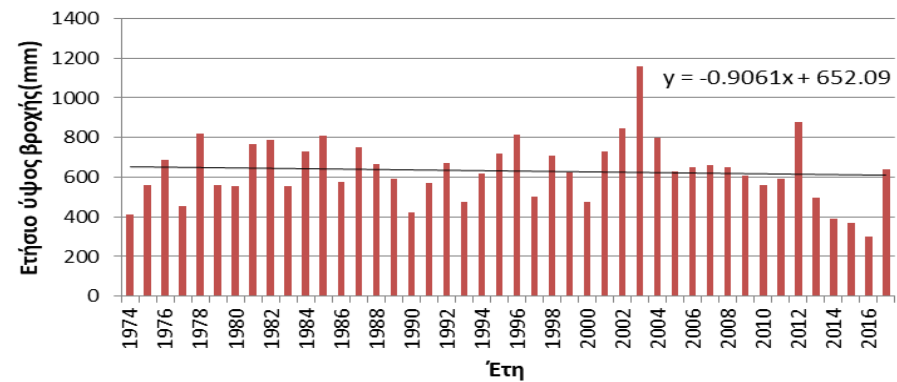
### Βορίζια



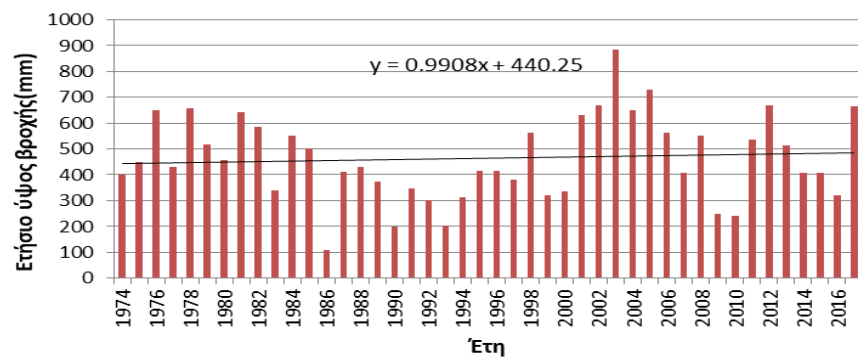
### Γέργερη



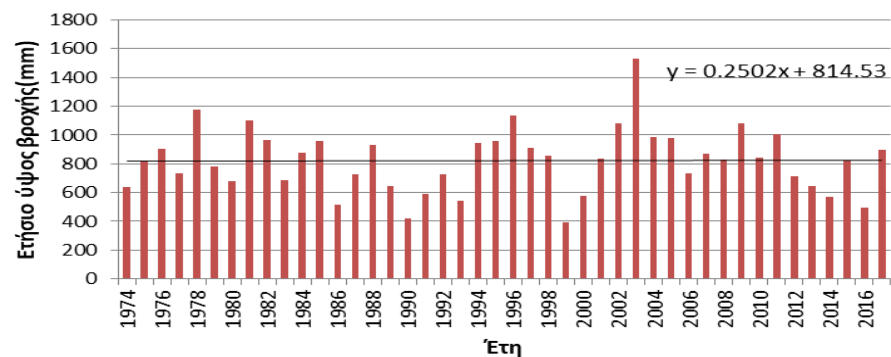
### Γόρτυς



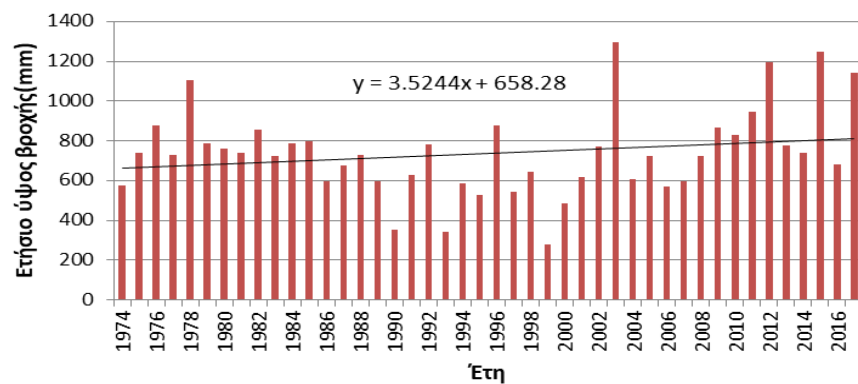
### Δεμάτι



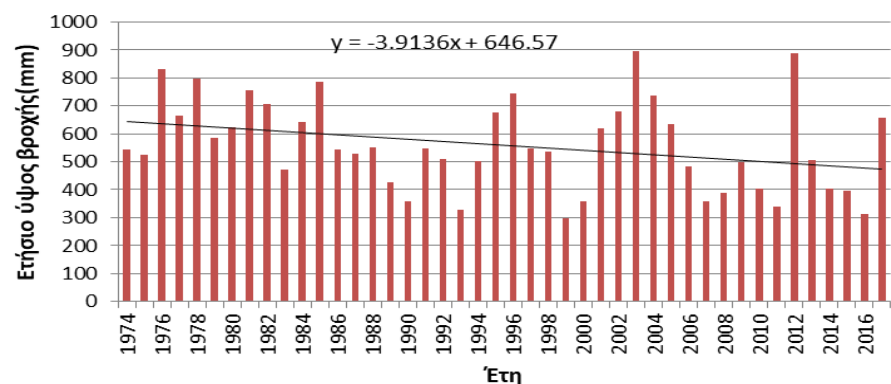
### Ζάρος



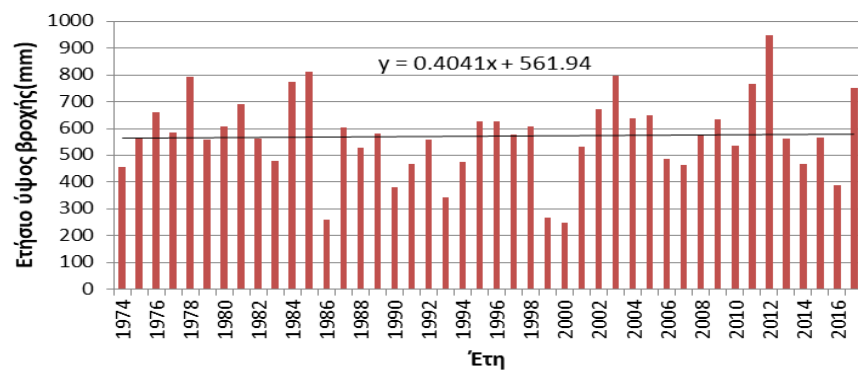
### Καπετανιανά



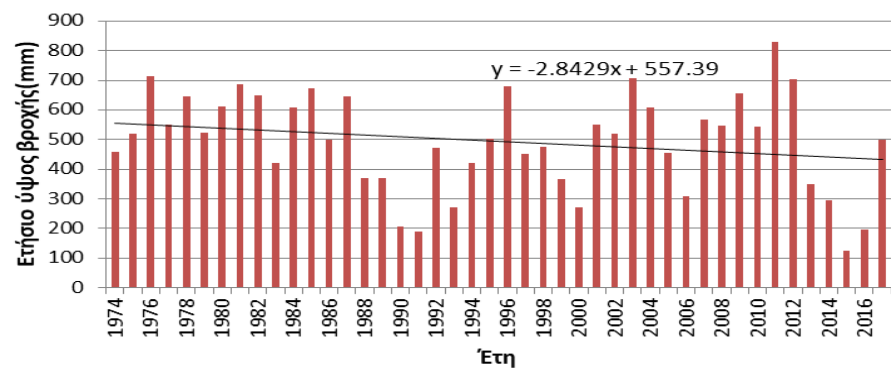
### Καλύβια



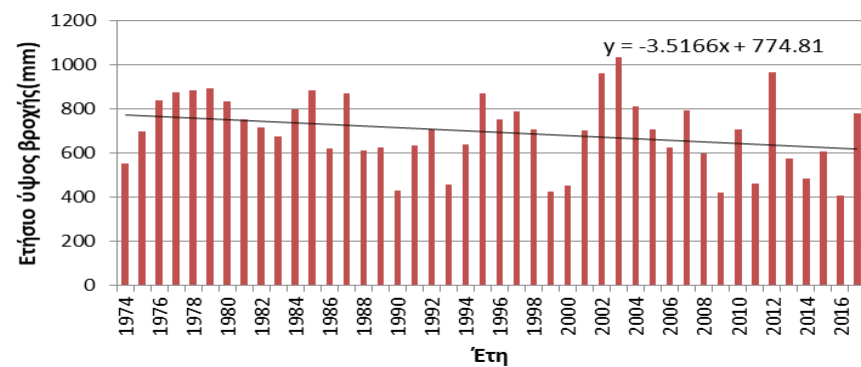
### Κασσάνοι



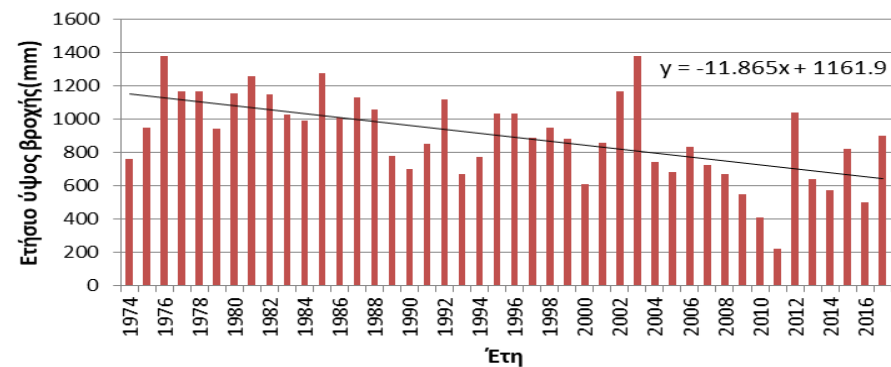
### Καψάλι



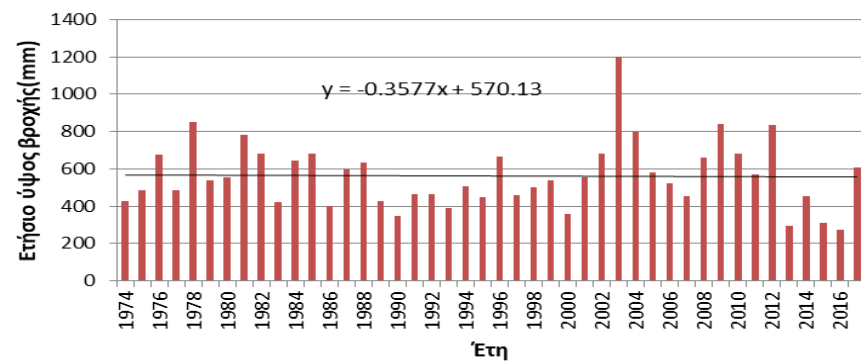
### Καστέλι



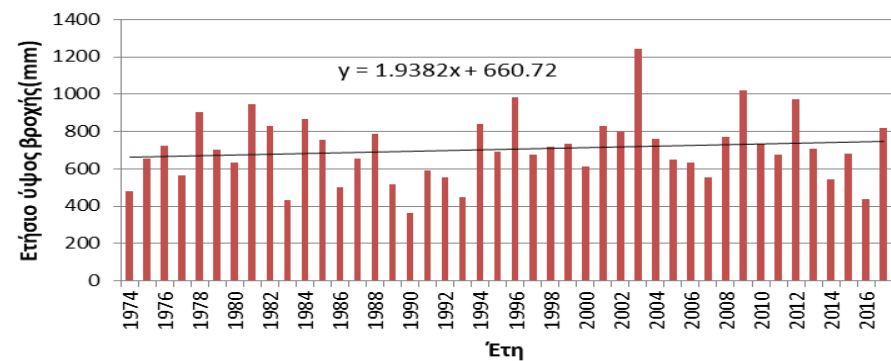
### Κρουσώνας



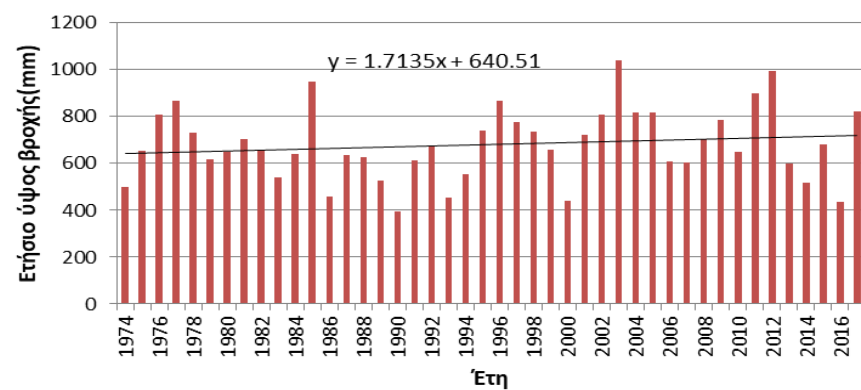
### Λαγολιό



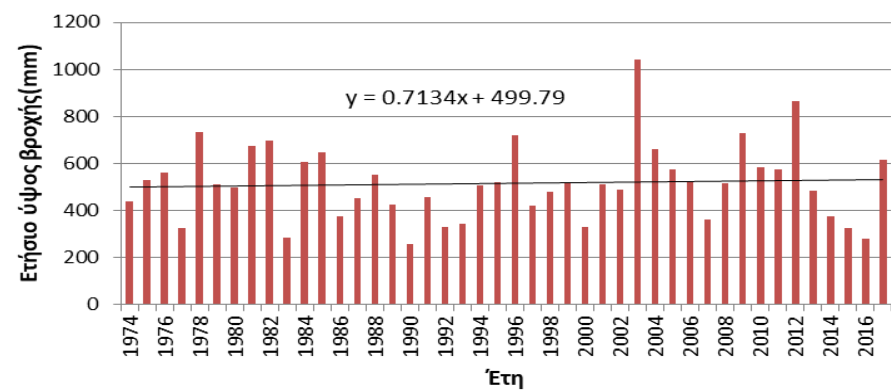
### Μορόνι



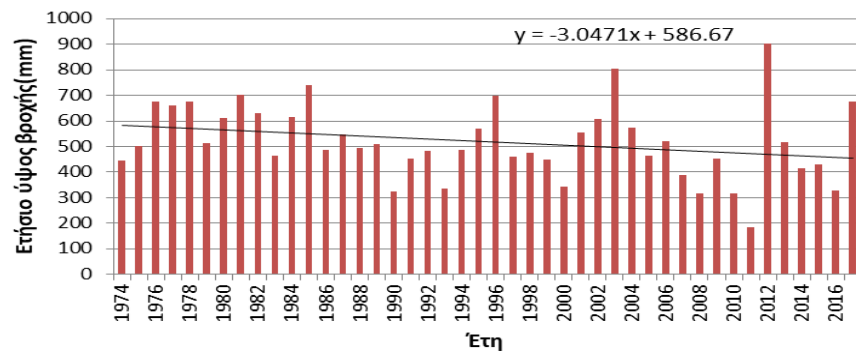
### Πάρτιρα



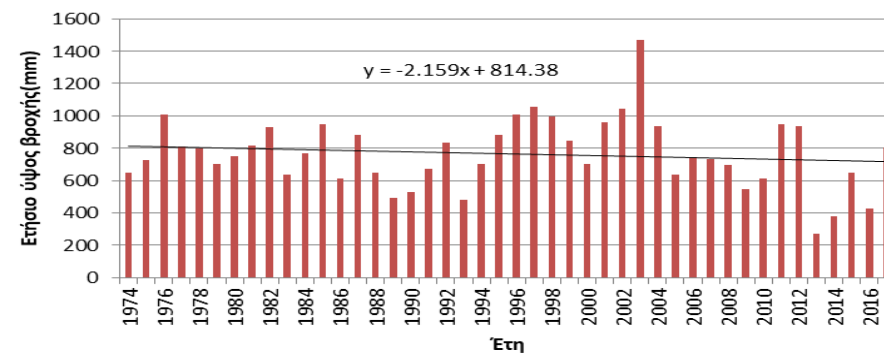
### Πόμπια



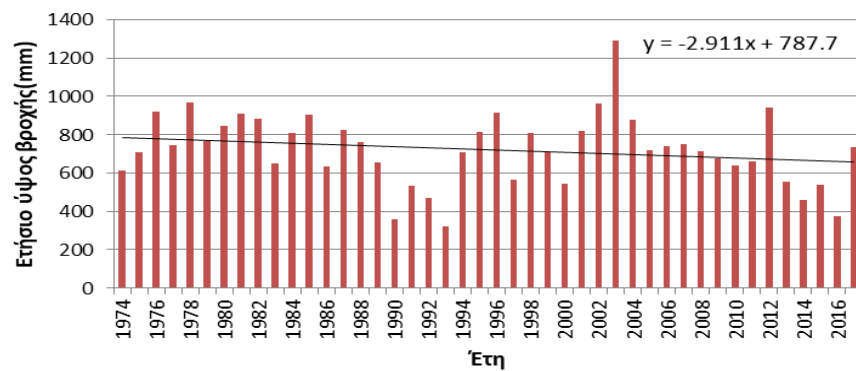
### Πραιτώρια



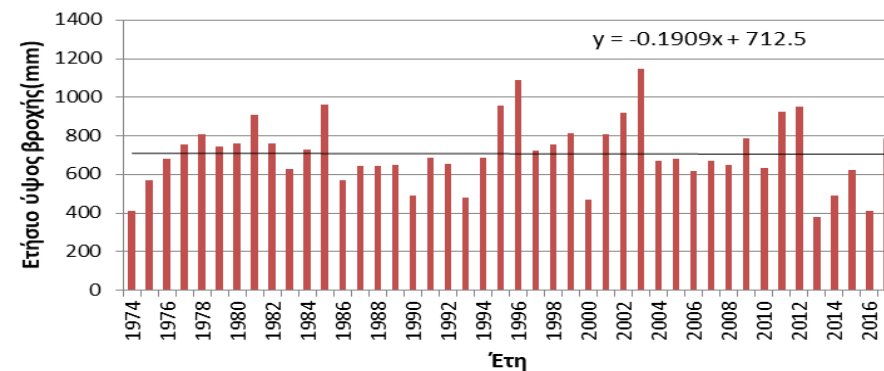
### Προφήτης Ηλίας



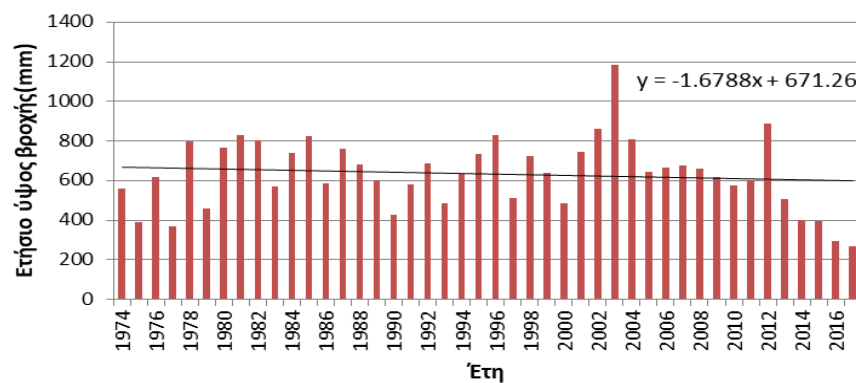
### Στέρνες



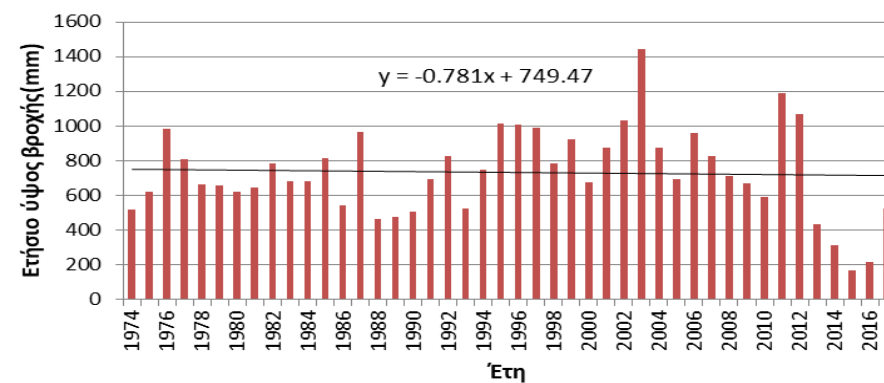
### Τεφέλι



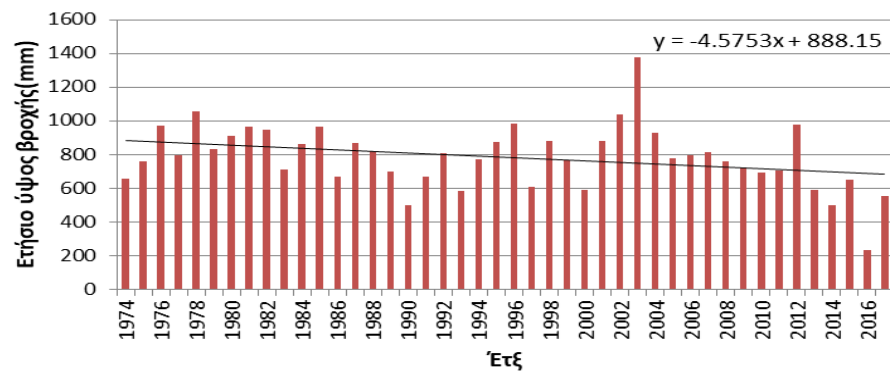
### Τυμπάκι



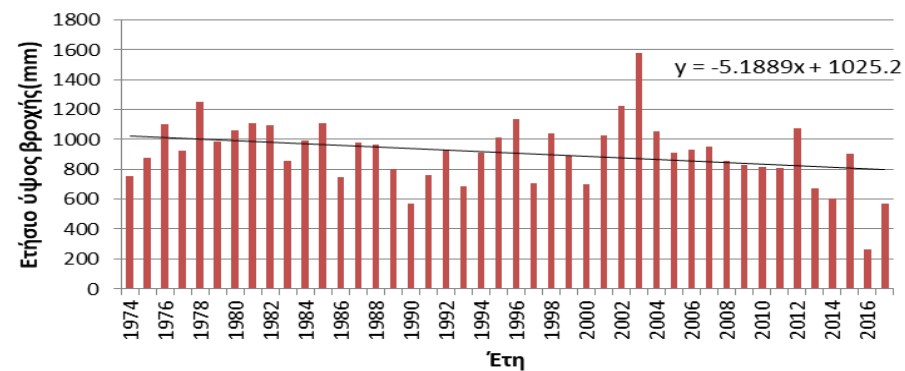
### Φοινικιά



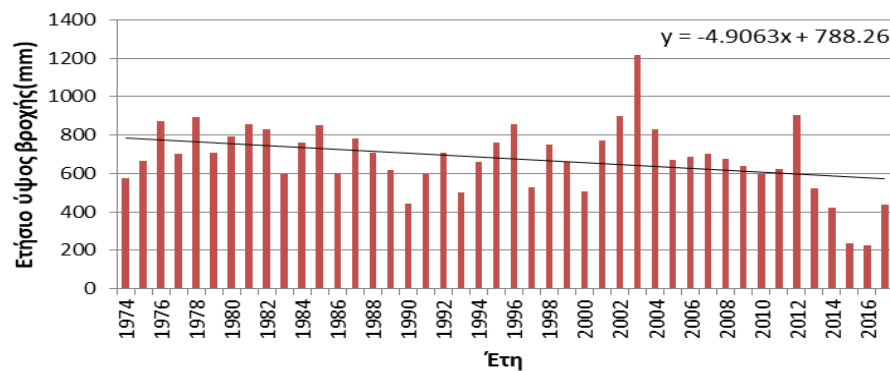
### Ρουσοχώρια



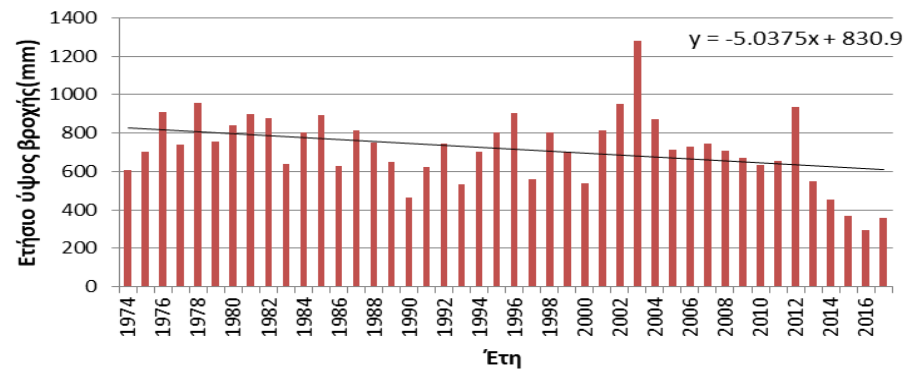
### Βιάννος



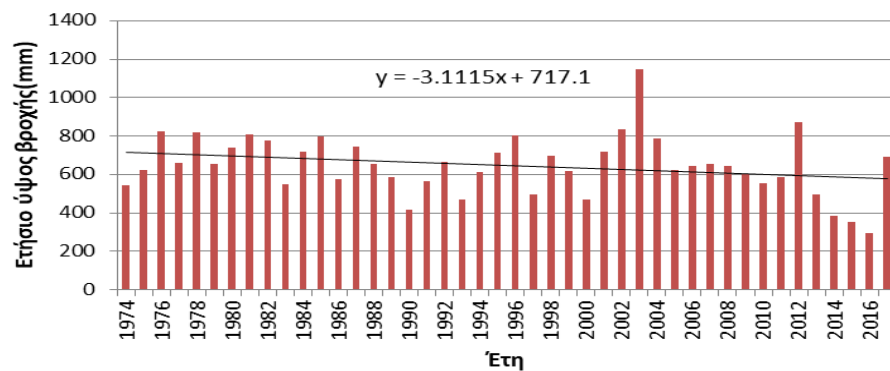
### Βασιλικά ανώγεια



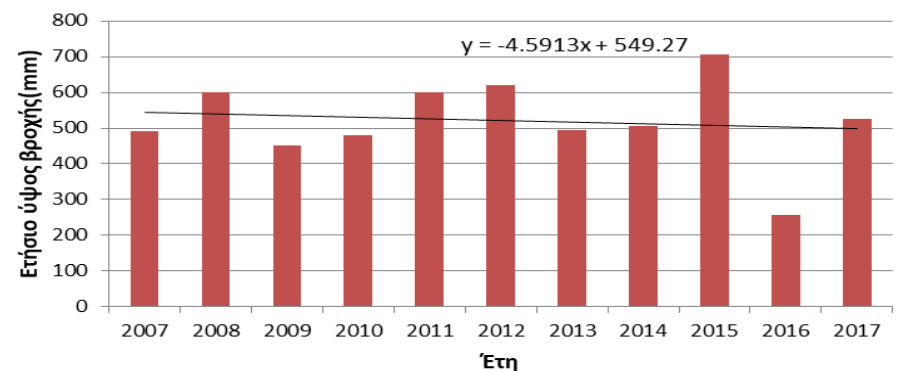
### Πύργος



### Ποταμιές

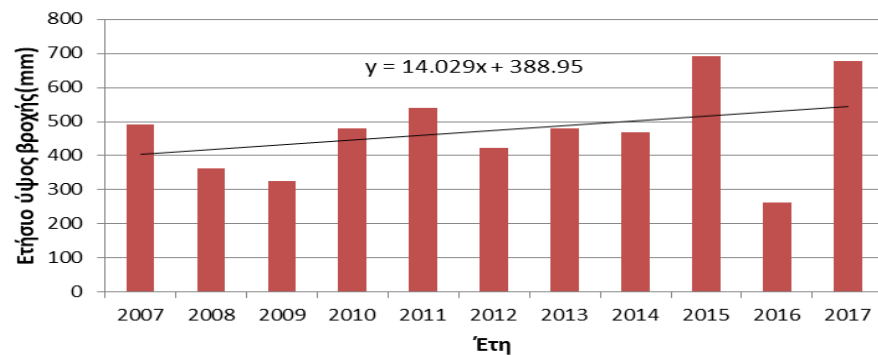


### Δυτικό Ηράκλειο

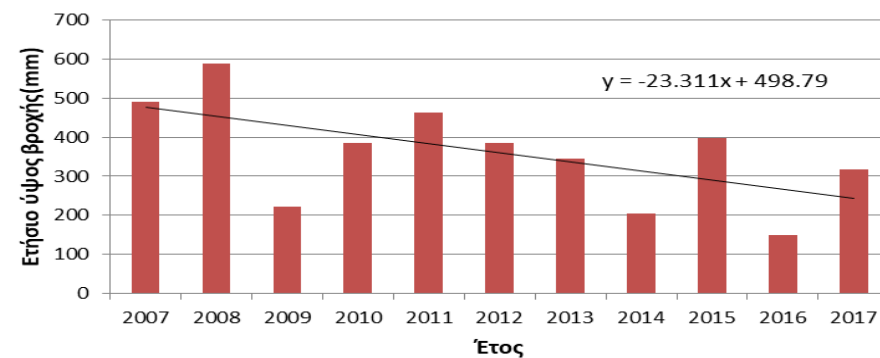




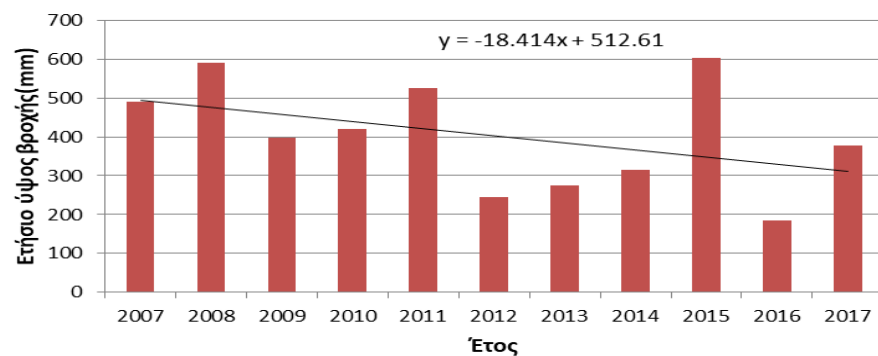
### Ηράκλειο



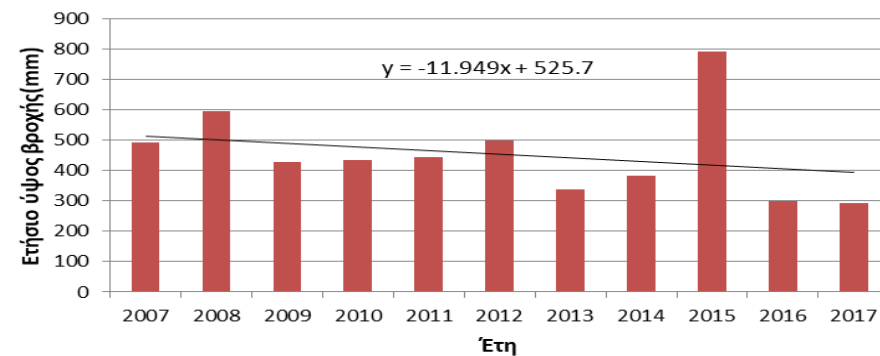
### Λιμάνι Ηρακλείου



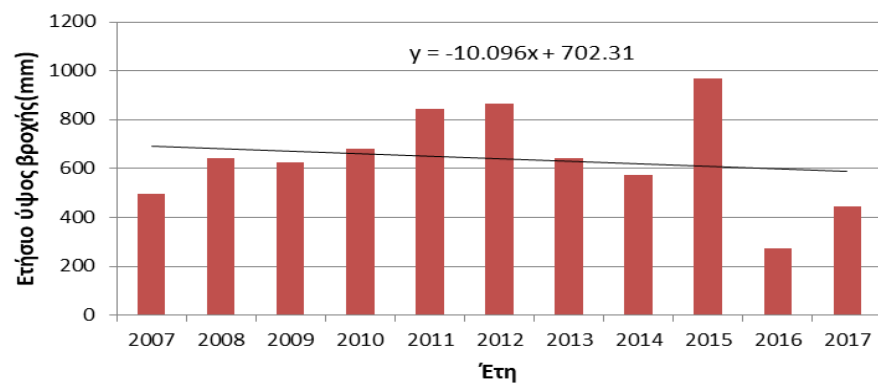
### Λέντας



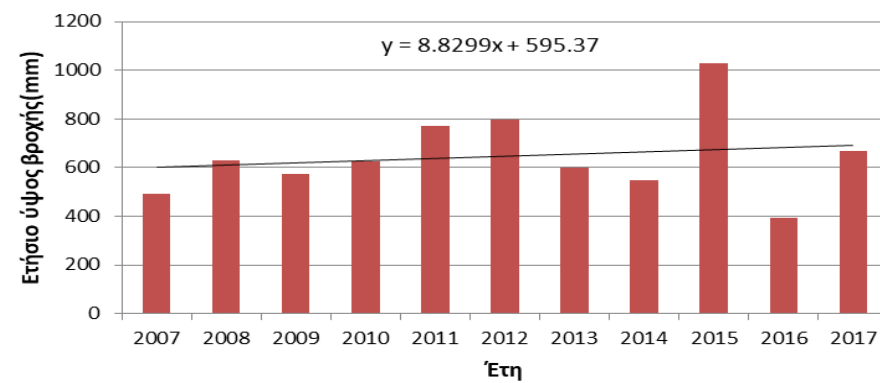
### Μοίρες



### Πυράθι



### Σταυράκια



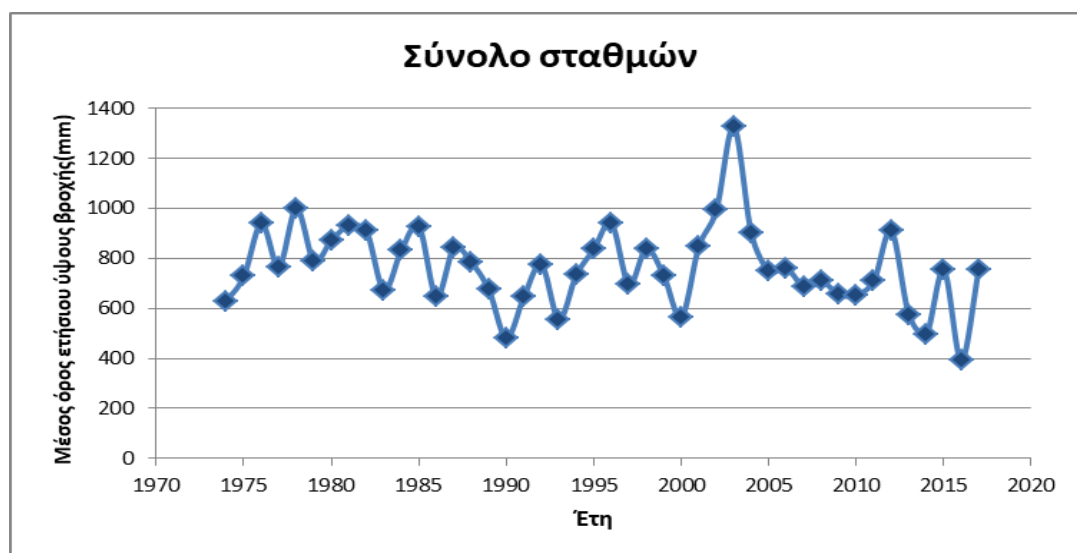


Για το νομό Ηρακλείου προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

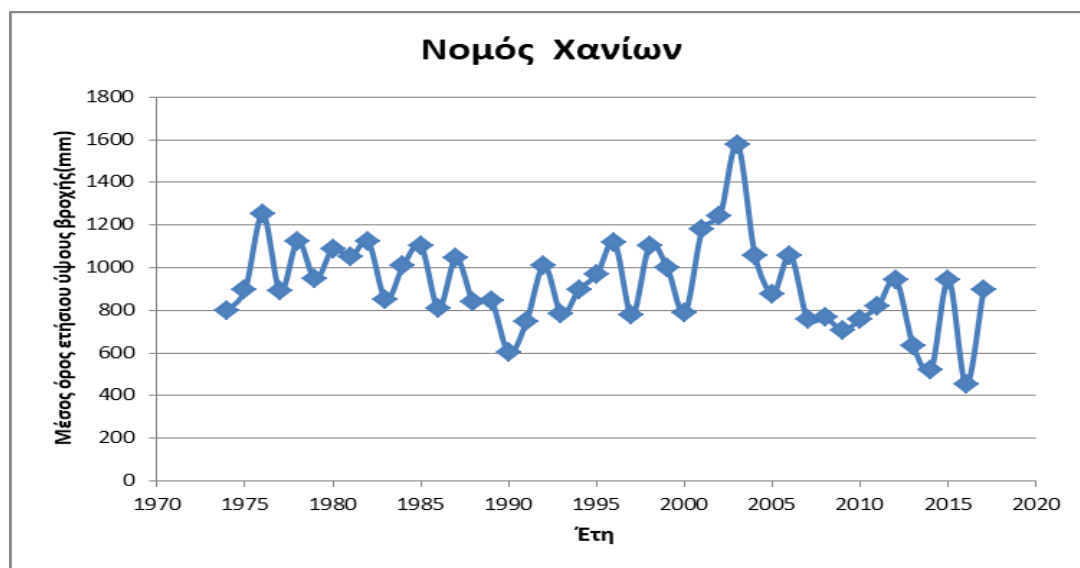
› Η περιοχή του Ηρακλείου είναι αρκετά υγρή, από πλευράς βροχοπτώσεων. Μικρή αυξητική τάση παρουσιάζουν οι σταθμοί: Μορόνι, Πάρτιρα, Πόμπια, της τάξεως του 1,9mm, 1,7mm και 0,7mm αντίστοιχα, ανά έτος (για τη 43ετία 1974-2017). Αυξητική τάση επίσης παρουσιάζουν οι σταθμοί: Σταυράκια Ανατολικό Ηράκλειο και Κέντρο Ηρακλείου με μέση αυξητική τάση της τάξεως των 14mm ανά έτος (10ετία 2007-2017).

› Βορειότερα εμφανίζονται πτωτικές τάσεις της βροχόπτωσης στους σταθμούς Αβδού, Αρμάχα, Καστέλι, Κρουσσώνας και Άγιος Κύριλλος, έως και 11,9 mm ανά έτος . Η περιοχή της Μεσσαράς, η οποία προφυλάσσεται προς βορρά από τον ορεινό όγκο της Ίδης και προς νότο από τα Αστερούσια Όρη, φαίνεται εκ πρώτης όψεως λιγότερη βροχερή από τις γειτονικές της περιοχές. Οι περισσότεροι σταθμοί της Μεσσαράς και κυρίως της ανατολικής πλευράς της πεδιάδας εμφανίζουν πτωτική τάση (σταθμοί Καλύβια, Ασήμι, Δεμάτι, Καπετανιανά, Προτόρια, Αχεντριάς και Κασσάνοι στην Ανατολική Μεσσαρά και σταθμοί Βαγιωνιά, Πόμπια, Ζάρος και Λαγολιό στη Δυτική Μεσσαρά).

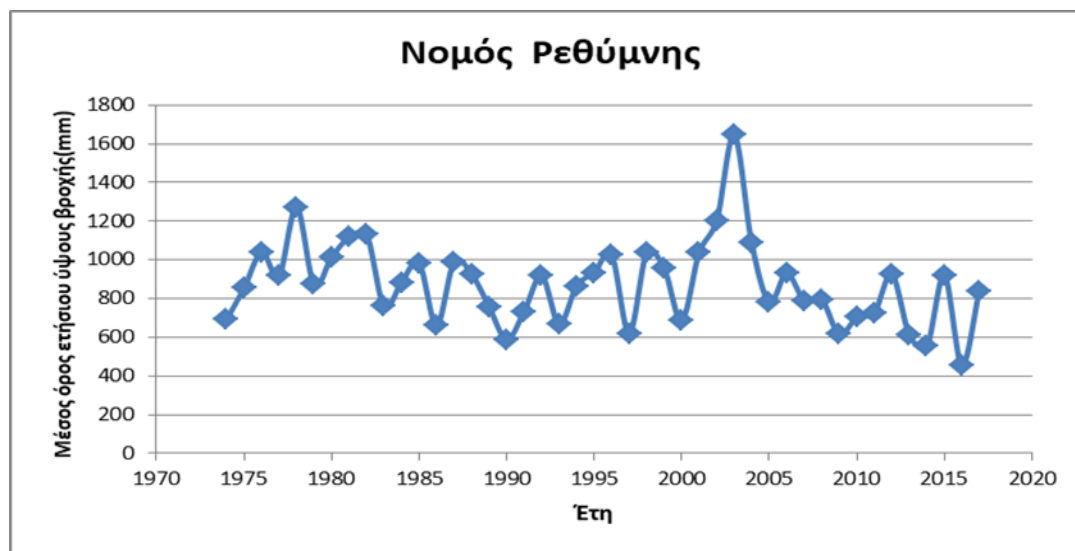
Στη συνέχεια, αφού υπολογίστηκε ο μέσος όρος της ετήσιας βροχόπτωσης για τα έτη 1974-2017, αρχικά για το σύνολο των σταθμών και έπειτα για κάθε νομό ξεχωριστά, σχεδιάστηκαν τα παρακάτω διαγράμματα:



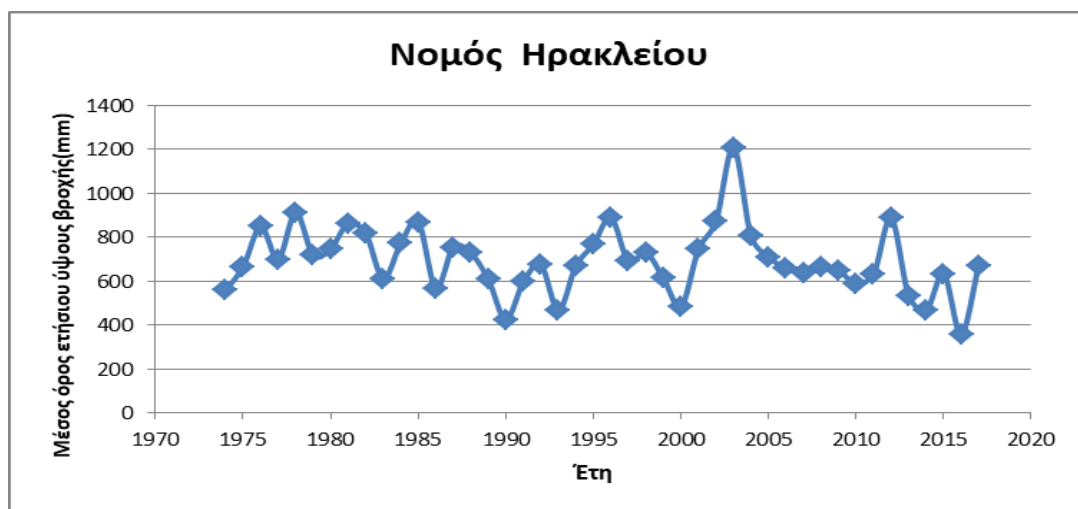
Για το σύνολο των σταθμών της νήσου Κρήτης, εκτιμάται ότι κατά τη διάρκεια των ετών 1974-2017, το ύψος της βροχόπτωσης ακολούθησε πτωτική τάση της τάξεως των 3mm. Γίνεται αντιληπτό από το παραπάνω διάγραμμα, επιπλέον, ότι το έτος με το μεγαλύτερο ύψος βροχής, (1324,57mm) ,είναι το 2003, ενώ εκείνο με το ελάχιστο ύψος βροχής (392,7 mm), είναι το 2016.



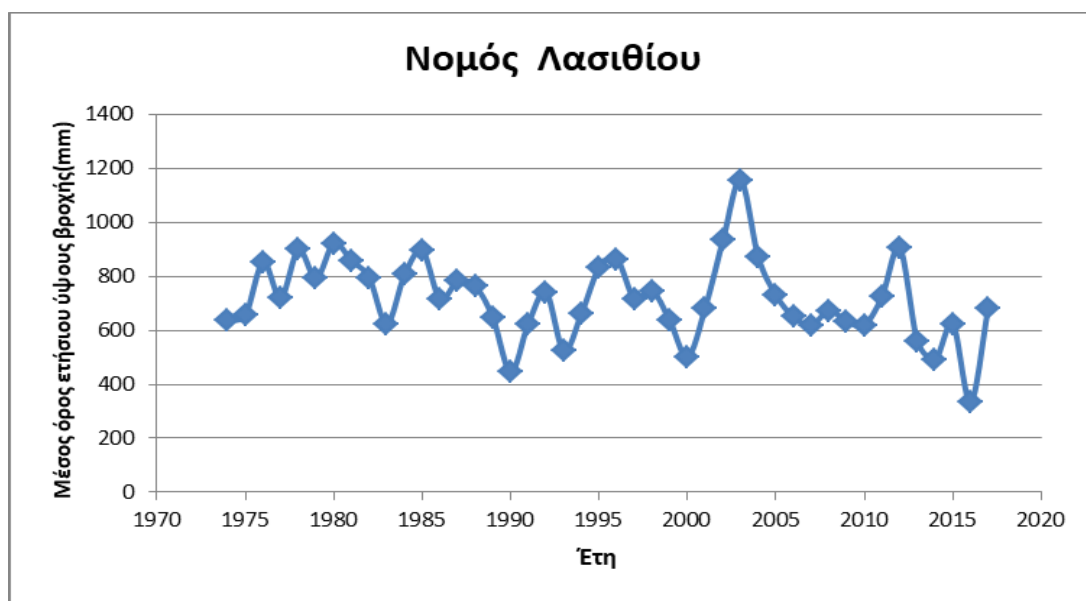
Για το νομό Χανίων, εκτιμάται ότι κατά τη διάρκεια των ετών 1974-2017, το ύψος της βροχόπτωσης ακολούθησε πτωτική τάση της τάξεως των 4,8mm. Το παραπάνω γράφημα, φανερώνει ότι το πιο "βροχερό" έτος ( με ύψος βροχής 1577,74 mm) ,είναι το 2003, ενώ εκείνο με το ελάχιστο ύψος βροχής (452,72 mm), είναι το 2016.



Για το νομό Ρεθύμνης, εκτιμάται ότι κατά τη διάρκεια των ετών 1974-2017, το ύψος της βροχόπτωσης ακολούθησε πτωτική τάση της τάξεως των 4,24 mm. Το παραπάνω γράφημα, φανερώνει ότι το έτος με το μεγαλύτερο ύψος βροχής (1647,11 mm) ,είναι το 2003, ενώ εκείνο με το ελάχιστο ύψος βροχής (456 mm), είναι το 2016.



Για το νομό Ηρακλείου, εκτιμάται ότι κατά τη διάρκεια των ετών 1974-2017, το ύψος της βροχόπτωσης ακολούθησε πτωτική τάση της τάξεως των 2,62 mm. Το παραπάνω γράφημα, φανερώνει ότι το έτος με το μεγαλύτερο ύψος βροχής (1208,41 mm) ,είναι το 2003, ενώ εκείνο με το ελάχιστο ύψος βροχής (357,73 mm), είναι το 2016.



Για το νομό Ηρακλείου, εκτιμάται ότι κατά τη διάρκεια των ετών 1974-2017, το ύψος της βροχόπτωσης ακολούθησε πτωτική τάση της τάξεως των 3,45 mm. Το παραπάνω γράφημα, φανερώνει ότι το έτος με το μεγαλύτερο ύψος βροχής (1156,75 mm) ,είναι το 2003, ενώ εκείνο με το ελάχιστο ύψος βροχής (333,31 mm), είναι το 2016.

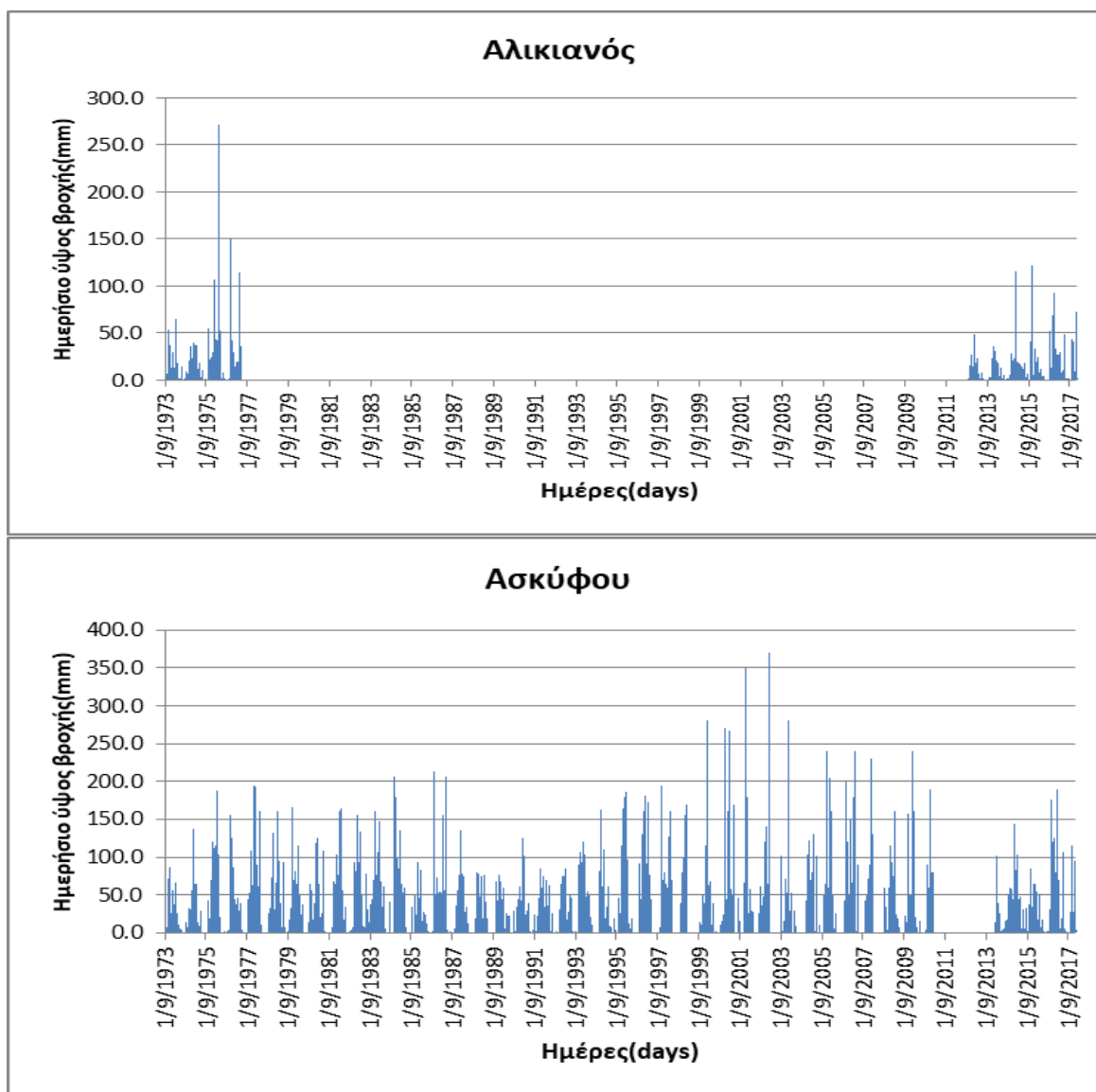
Συμπερασματικά, γίνεται αντιληπτό, ότι η βροχόπτωση ακολούθησε πτωτική τάση, κατά τη διάρκει των ετών 1974-2017 και στους τέσσερις νομούς της Κρήτης. Εκτιμάται όμως, ότι μεγαλύτερη είναι η πτωτική τάση του νομού Χανίων.

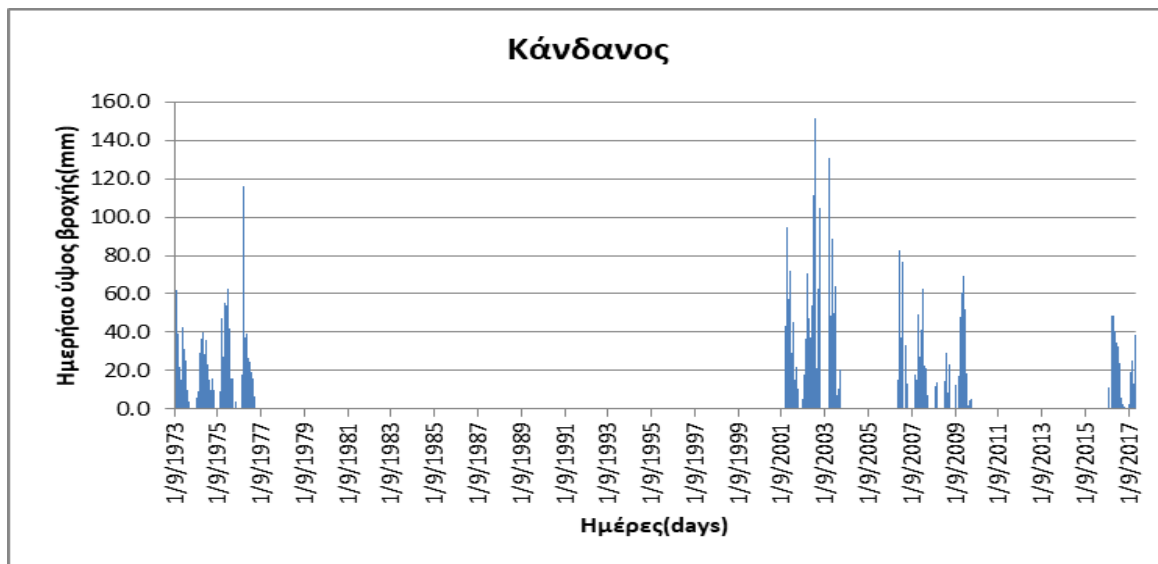
### 3.1.3 ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1974-2007.

Για την εξαγωγή ορθότερων και σαφέστερων συμπερασμάτων για την πορεία και διακύμανση της βροχόπτωσης στο υδατικό διαμέρισμα της Κρήτης, πραγματοποιήθηκε ανάλυση με τη χρήση των ημερήσιων τιμών του ύψους της βροχής, στους διάφορους σταθμούς του νησιού για τη περίοδο 1974-2017.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ετήσιας διακύμανσης της βροχόπτωσης, για τους κοινούς βροχομετρικούς σταθμούς του μετεο και της Περιφέρειας και Πολυτεχνείου Κρήτης, χρησιμοποιώντας ημερήσιες μετρήσεις του ύψους βροχής. Στα διαγράμματα αυτά είναι εμφανή τα επεισόδια βροχής κάθε έτους και σε κάθε ένα από τους βροχομετρικούς σταθμούς.

Τα ακόλουθα διαγράμματα των κοινών σταθμών έχουν ομαδοποιηθεί ανά νομό, ξεκινώντας από το νομό Χανίων:



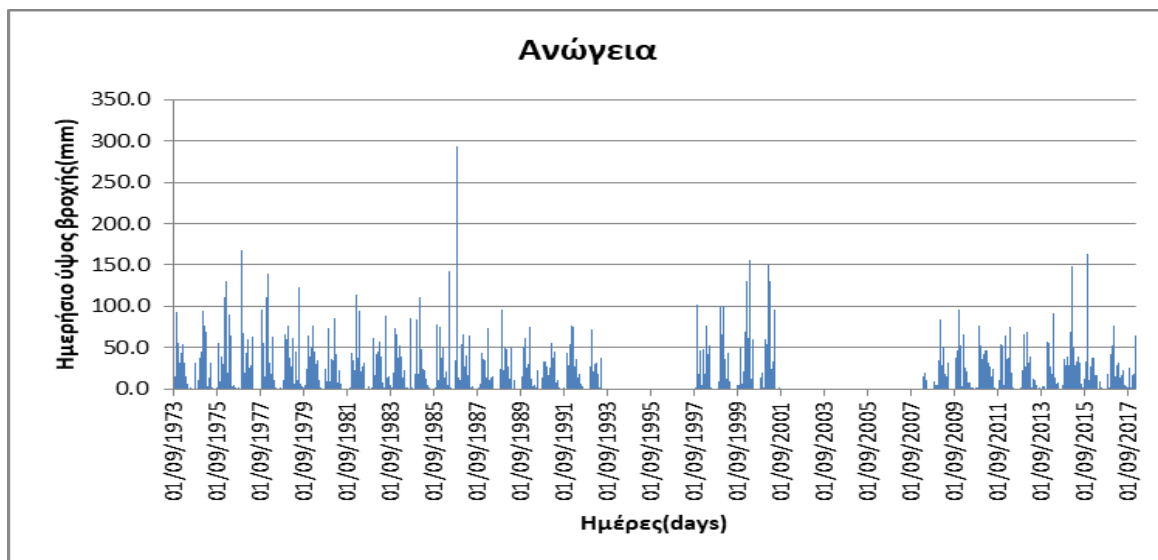


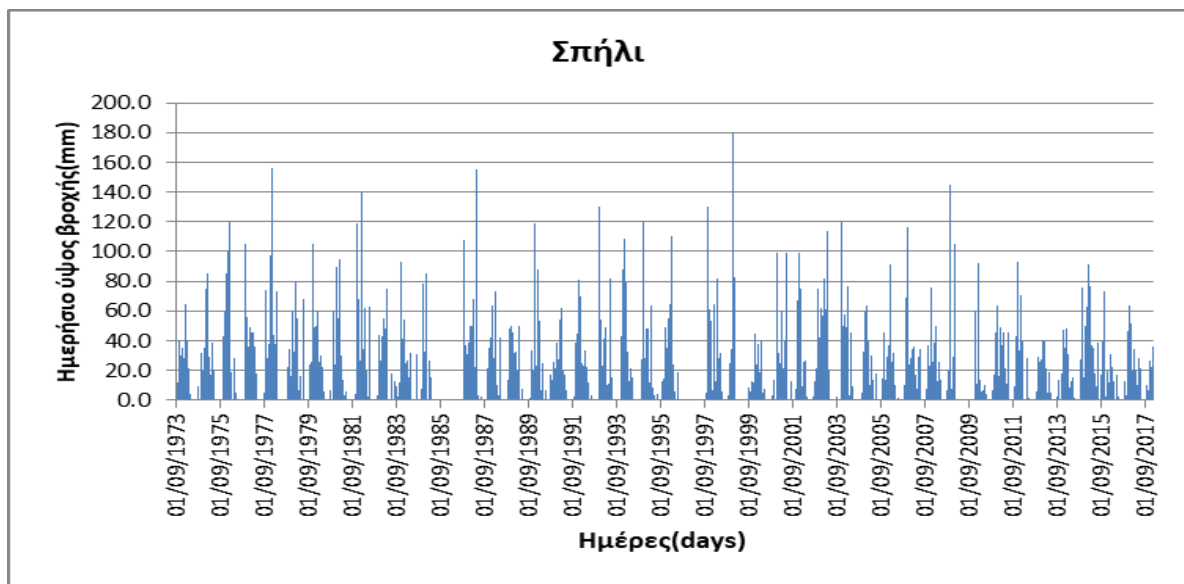
Για την ημερήσια διακύμανση της βροχόπτωσης στο νομό Χανίων, την περίοδο 1974-2007, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα από τα παραπάνω γραφήματα:

Στον βροχομετρικό σταθμό Αλικιανού, το μέγιστο ύψος βροχής 271,2mm, εμφανίζεται στην υγρή περίοδο του υδρολογικού έτους 1975-1976 και συγκεκριμένα, στις 30/03/76. Στο σταθμό Ασκύφου, το μέγιστο ύψος βροχής 370 mm, παρατηρείται στις 27/01/03 (υγρή περίοδος υδρολογικού έτους 2002-2003), ενώ στον Κάνδανο το μέγιστο ύψος βροχής 151,2 mm, παρατηρείται στις 17/03/03 (υγρή περίοδος υδρολογικού έτους 2002-2003).

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα γραφήματα, υπάρχουν κάποιες ελλείψεις ημερήσιων βροχομετρικών δεδομένων, οι οποίες εμποδίζουν την έκβαση περισσότερο ολοκληρωμένων συμπερασμάτων.

### Νομός Ρεθύμνου

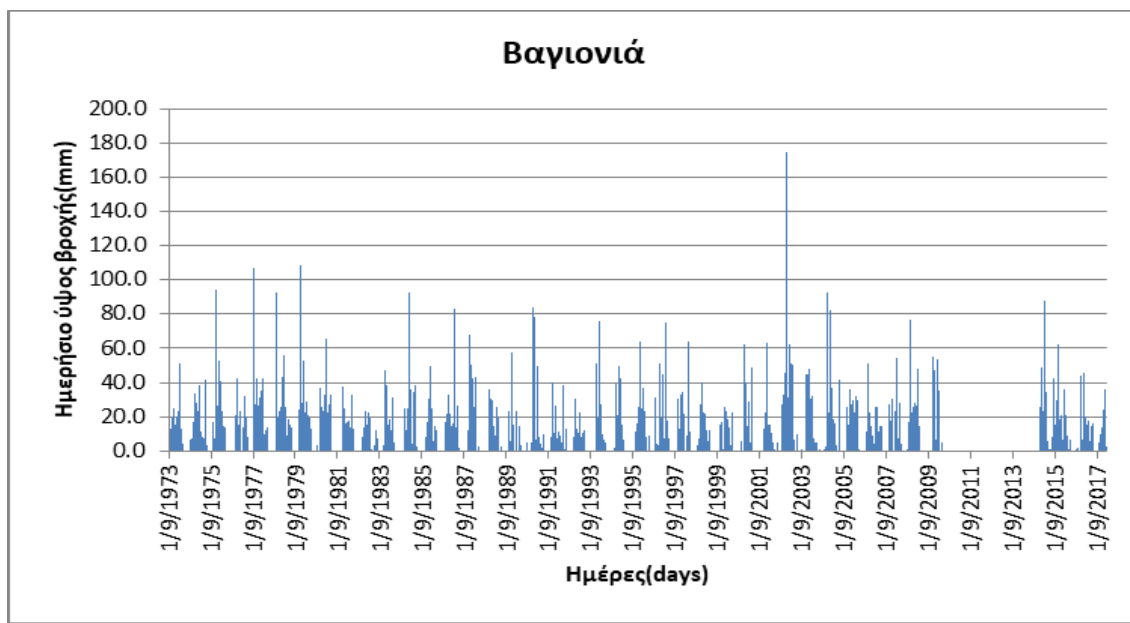


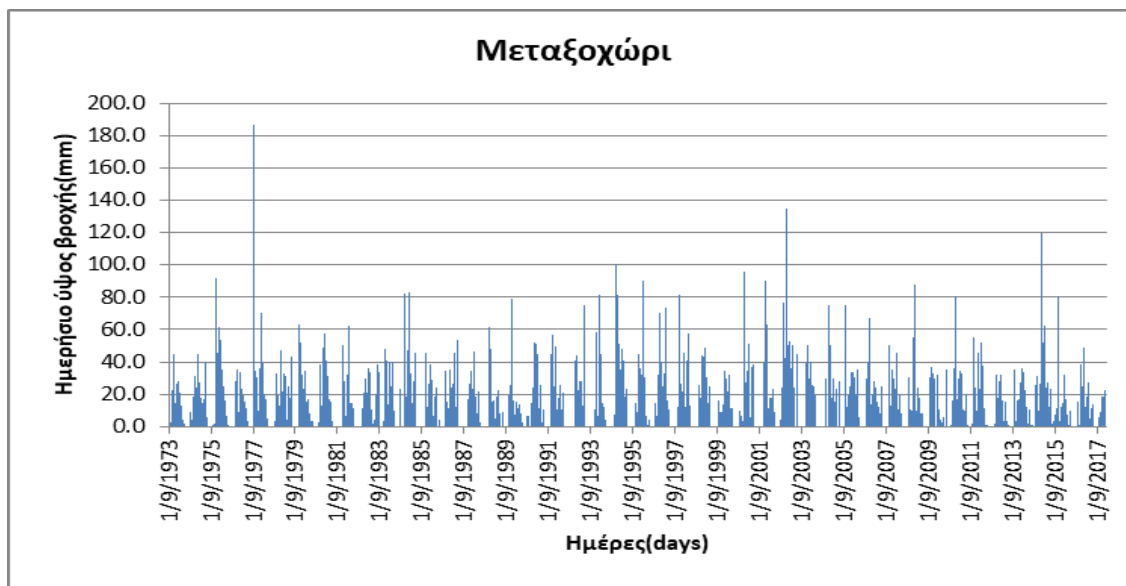


Για την ημερήσια διακύμανση της βροχόπτωσης στο νομό Ρεθύμνης, την περίοδο 1974-2007, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα από τα παραπάνω γραφήματα:

Στον βροχομετρικό σταθμό Ανώγεια, το μέγιστο ύψος βροχής 294,1mm, εμφανίζεται στην ξηρή περίοδο του υδρολογικού έτους 1985-1986 και συγκεκριμένα, στις 24/09/86, γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε κάποιο ακραίο επεισόδιο βροχής τη συγκεκριμένη ημέρα. Στο σταθμό Σπήλι, το μέγιστο ύψος βροχής 180 mm, παρατηρείται στις 16/12/98 (υγρή περίοδος υδρολογικού έτους 1998-1999).

#### Νομός Ηρακλείου

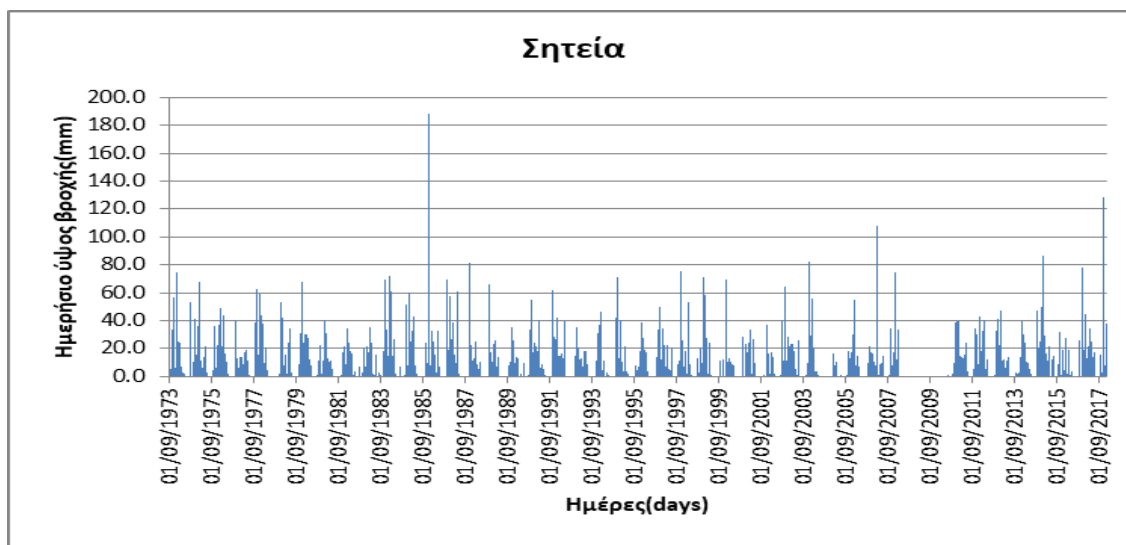




Για την ημερήσια διακύμανση της βροχόπτωσης στο νομό Ηρακλείου, την περίοδο 1974-2007, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα από τα παραπάνω γραφήματα:

Στον βροχομετρικό σταθμό Βαγιονιά, το μέγιστο ύψος βροχής 175 mm, εμφανίζεται στην υγρή περίοδο του υδρολογικού έτους 2002-2003 και συγκεκριμένα, στις 29/11/03. Στο σταθμό Μεταξοχώρι, το μέγιστο ύψος βροχής 186,7 mm, παρατηρείται στις 12/09/77 δηλαδή, κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου του υδρολογικού έτους 1976-1977.

#### Νομός Λασιθίου



Όσον αφορά την ημερήσια διακύμανση της βροχόπτωσης στο νομό Λασιθίου και συγκεκριμένα στο βροχομετρικό σταθμό Σητείας, την περίοδο 1974-2007, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα από το παραπάνω γράφημα:

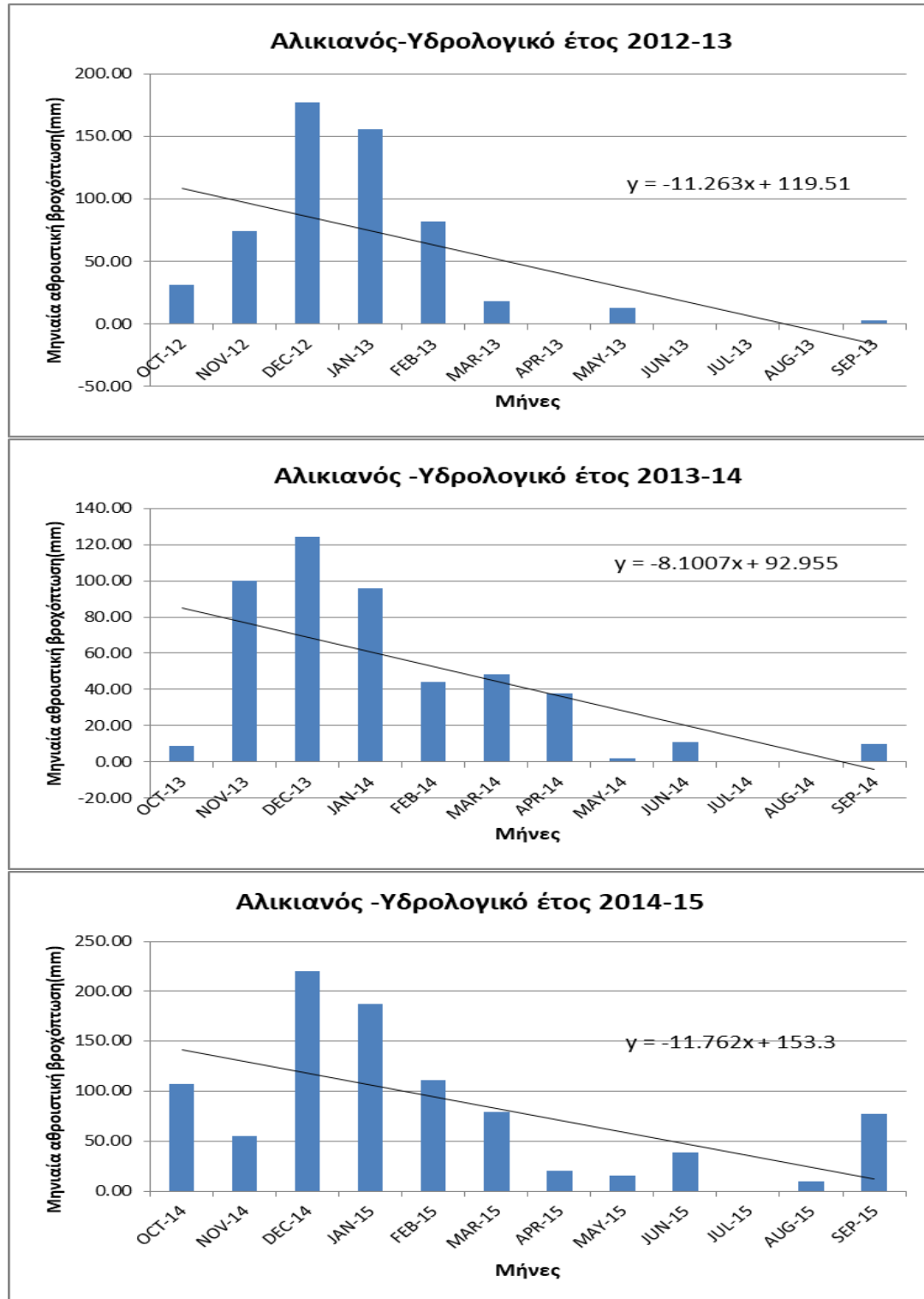
Το μέγιστο ύψος βροχής 188,3 mm, εμφανίζεται στην υγρή περίοδο του υδρολογικού έτους 1985-1986 και συγκεκριμένα, στις 13/12/85.



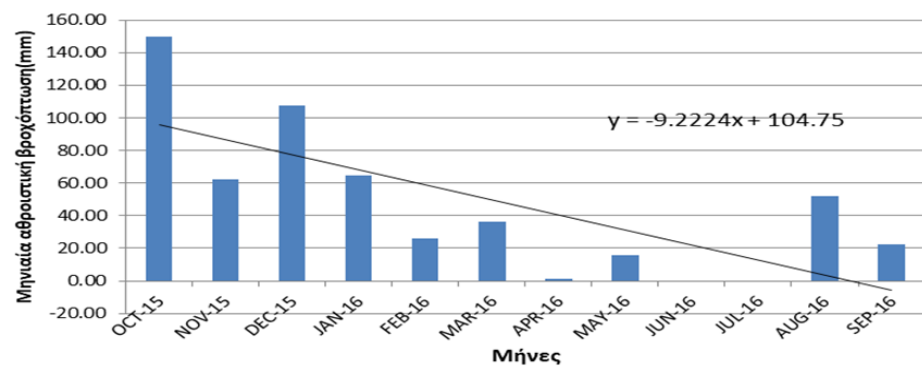
### 3.1.4 ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα της μηνιαίας αθροιστικής βροχόπτωσης, για τους κοινούς βροχομετρικούς σταθμούς, για τα υδρολογικά έτη 2006-07 έως 2016-17. Τα δεδομένα ορισμένων σταθμών, αντιστοιχούν σε λιγότερα υδρολογικά έτη.

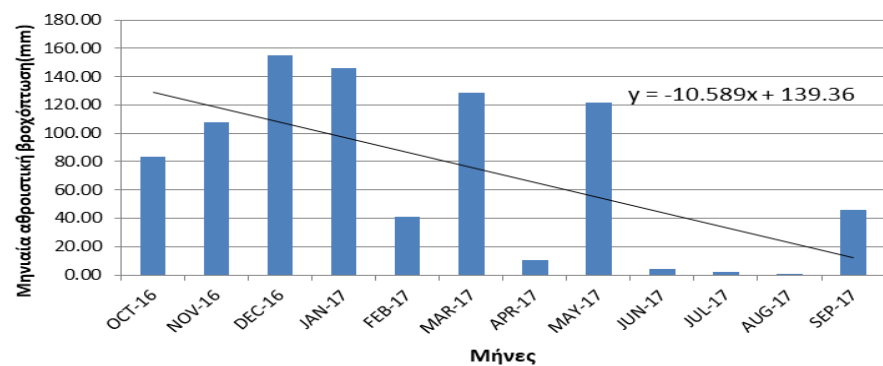
Τα ακόλουθα διαγράμματα των κοινών σταθμών έχουν ομαδοποιηθεί ανά νομό, ξεκινώντας από το νομό Χανίων:



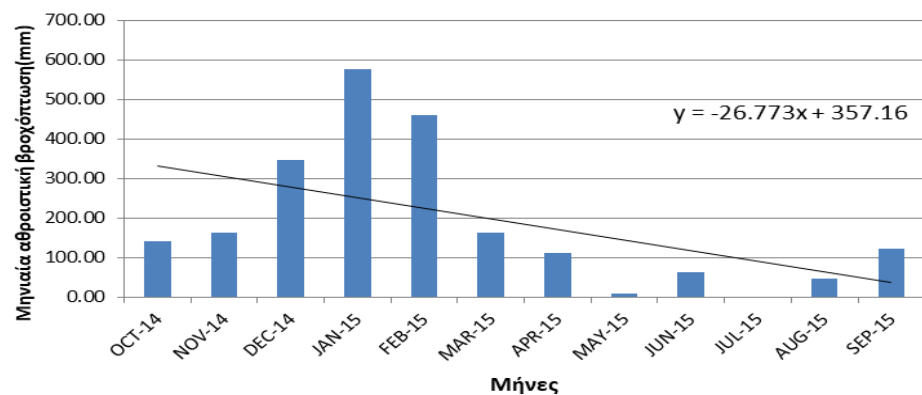
**Αλικιανός-Υδρολογικό έτος 2015-16**



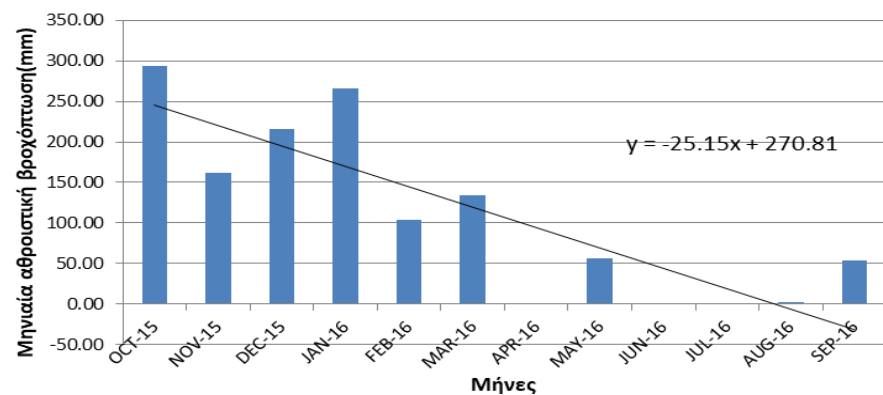
**Αλικιανός-Υδρολογικό έτος 2016-17**



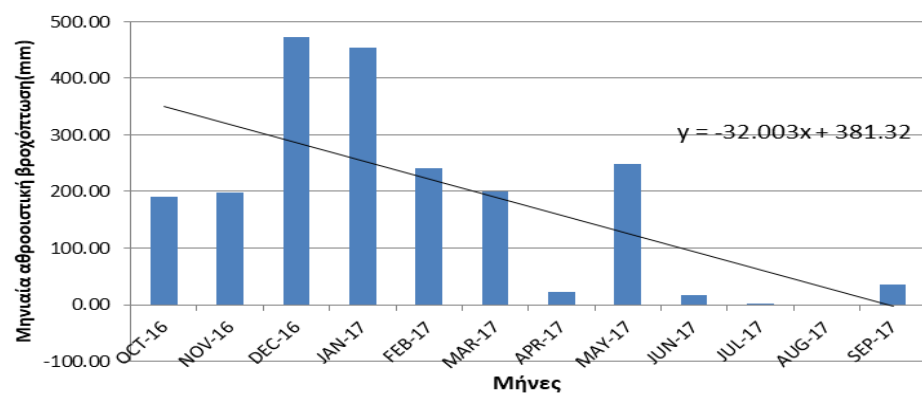
**Ασκήφου-Υδρολογικό έτος 2014-15**



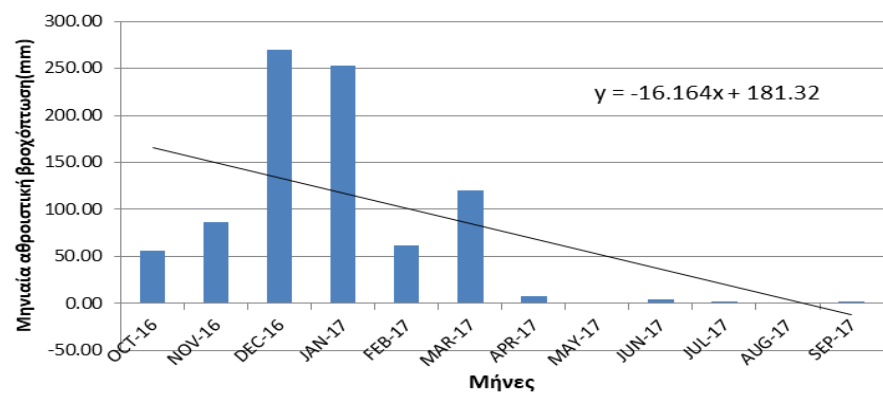
**Ασκήφου-Υδρολογικό έτος 2015-16**



**Ασκήφου-Υδρολογικό έτος 2016-17**



**Κάνδανος-Υδρολογικό έτος 2016-17**



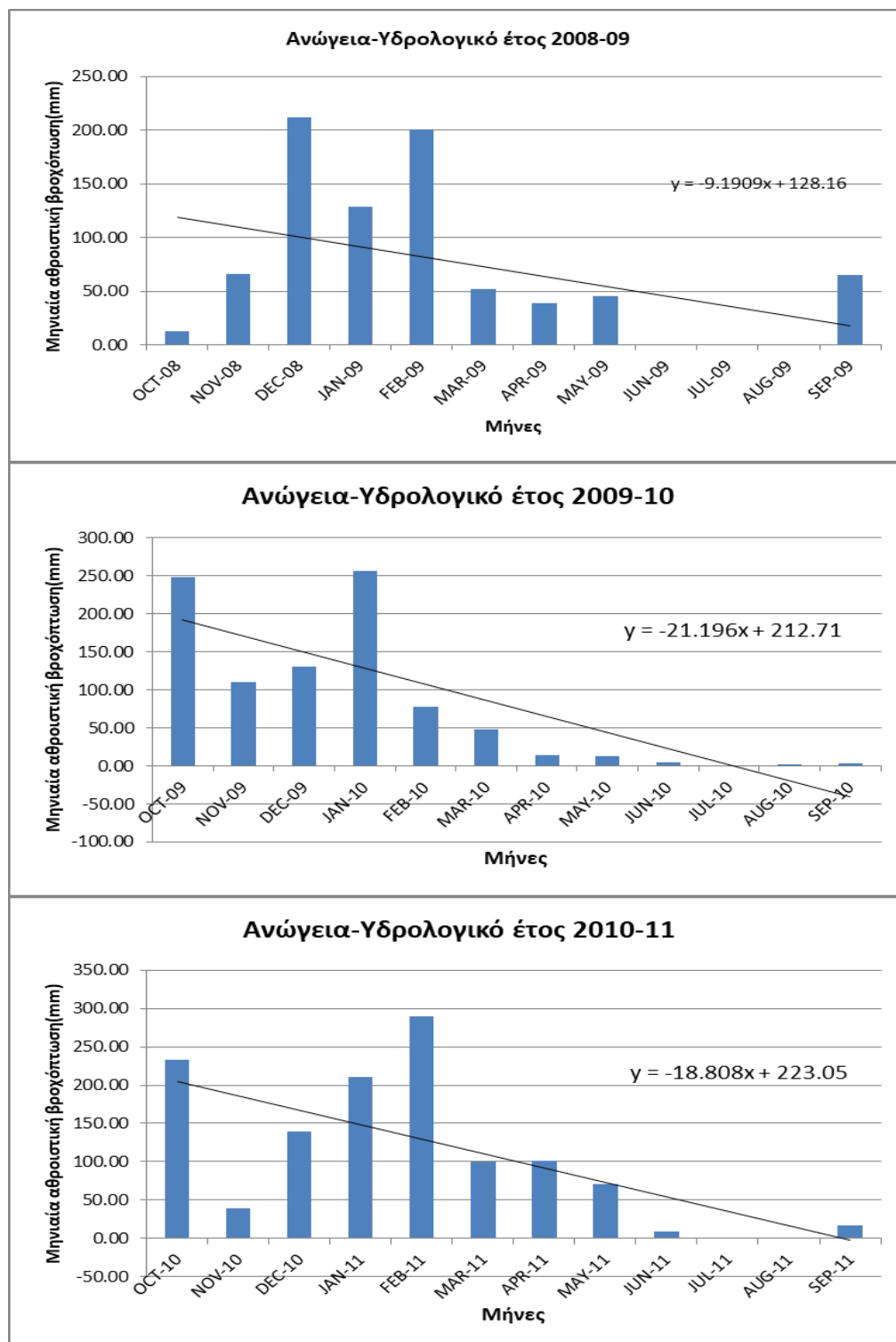
Απο το παραπάνω διαγράμματα, μηνιαίας αθροιστικής βροχόπτωσης, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα για το νομό Χανίων:

Όλοι οι σταθμοί που μελετήθηκαν, παρουσιάζουν πτωτική τάση. Ο Αλικιανός, εμφανίζει πτωτική τάση της τάξεως του 11,3mm για το υδρολογικό έτος 2012-13 ενώ για τα υδρολογικά έτη 2013-14, 2014-15, 2015-16 και 2016-17, η μηνιαία αθροιστική βροχόπτωση μειώνεται κατά 8,1mm, 11,8mm, 9,2mm και 10,6 mm αντίστοιχα.

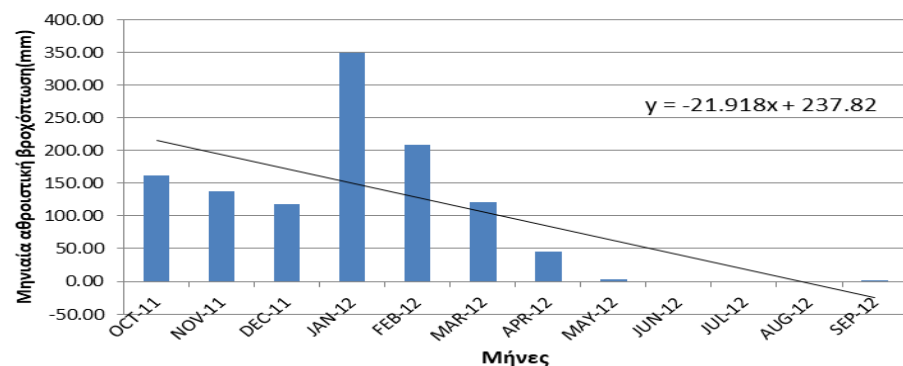
Όσον αφορά το σταθμό Ασκύφου, εμφανίζει πτωτική τάση της τάξεως του 26,8mm για το υδρολογικό έτος 2014-15, ενώ κατά τα υδρολογικά έτη 2015-16 και 2016-17, η μηνιαία αθροιστική βροχόπτωση μειώνεται κατά 25,2mm και 32mm αντίστοιχα.

Τέλος, Ο Κάνδανος, εμφανίζει πτωτική τάση της τάξεως του 16,2mm για το υδρολογικό έτος 2016-17.

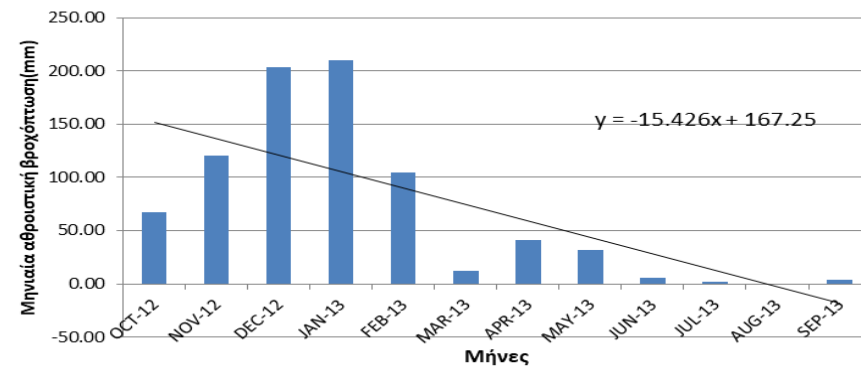
### Νομός Ρεθύμνης



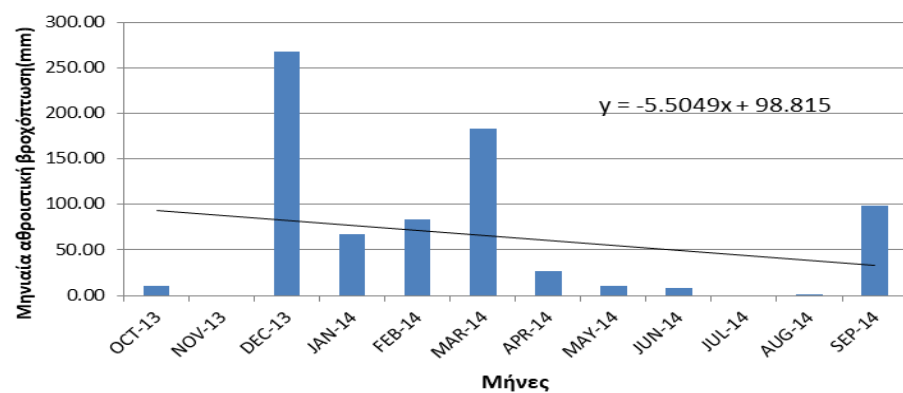
**Ανώγεια-Υδρολογικό έτος 2011-12**



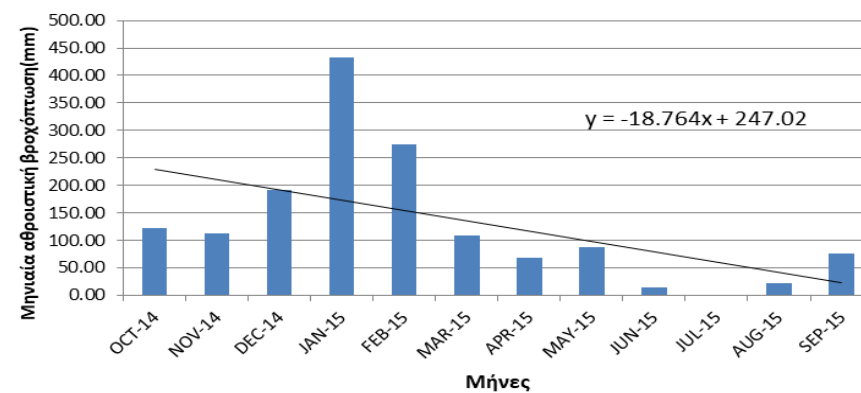
**Ανώγεια-Υδρολογικό έτος 2012-13**



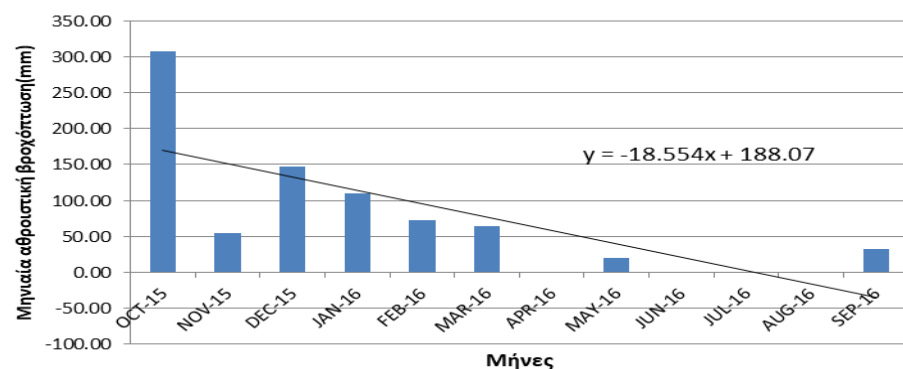
**Ανώγεια-Υδρολογικό έτος 2013-14**



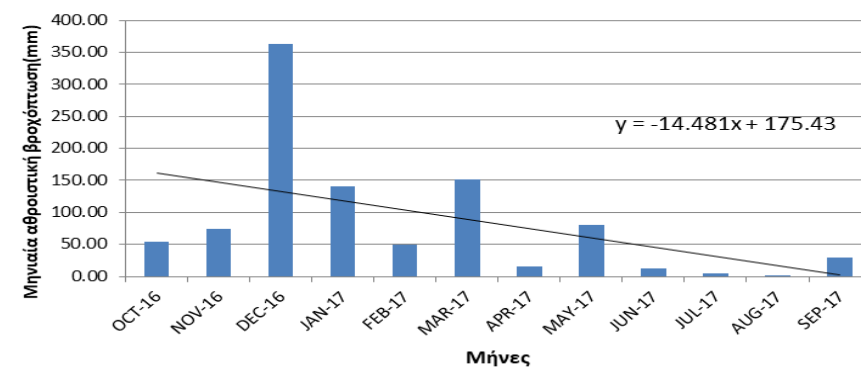
**Ανώγεια -Υδρολογικό έτος 2014-15**



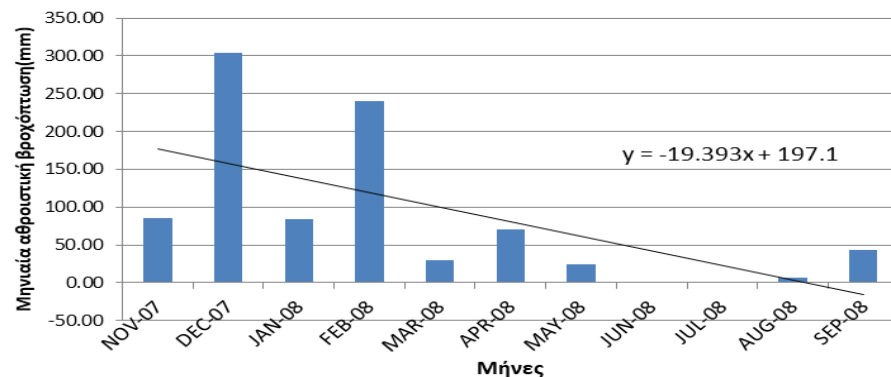
**Ανώγεια-Υδρολογικό έτος 2015-16**



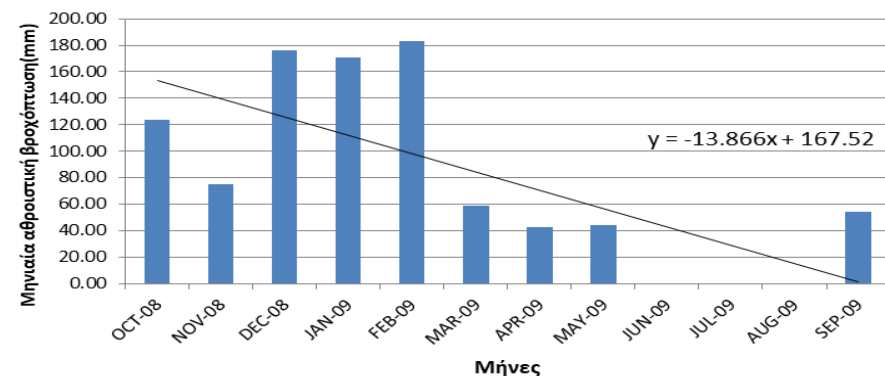
**Ανώγεια-Υδρολογικό έτος 2016-17**



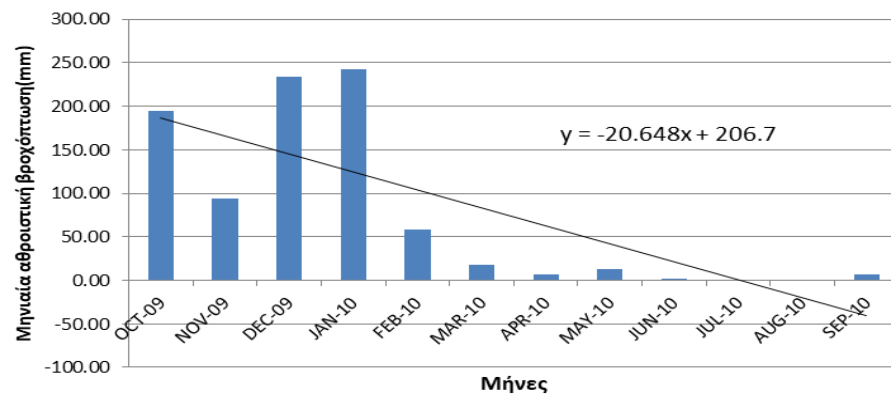
**Σπήλι-Υδρολογικό έτος 2007-08**



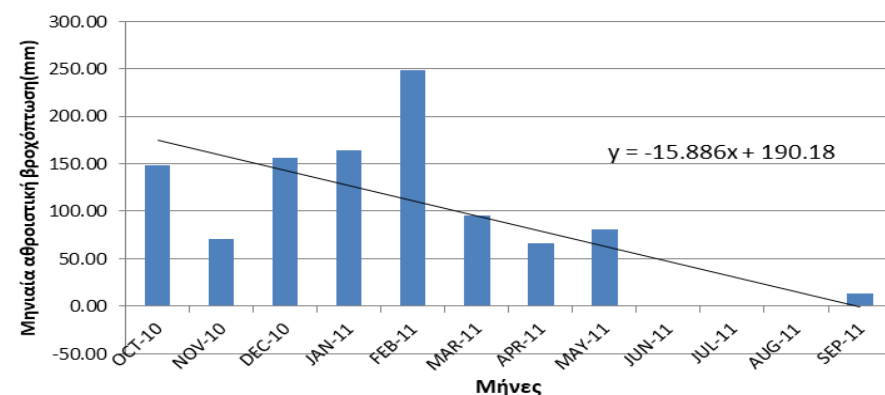
**Σπήλι-Υδρολογικό έτος 2008-09**



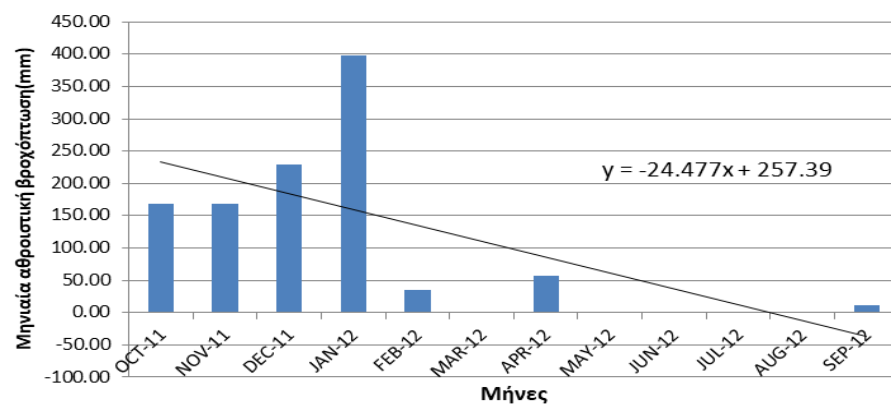
**Σπήλι-Υδρολογικό έτος 2009-10**



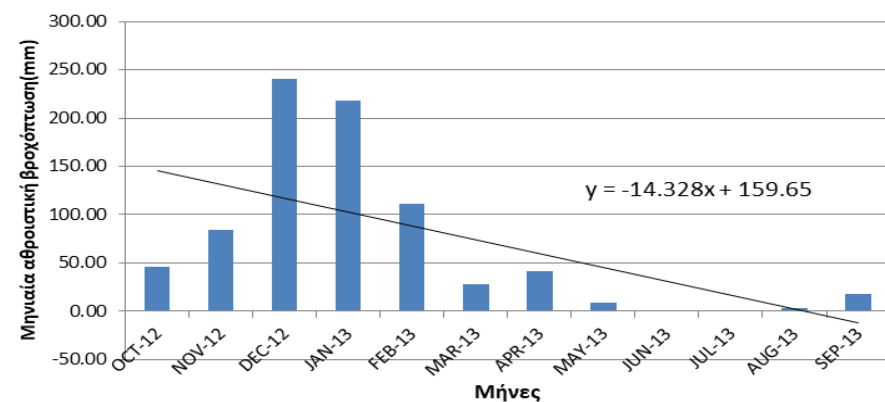
**Σπήλι-Υδρολογικό έτος 2010-11**



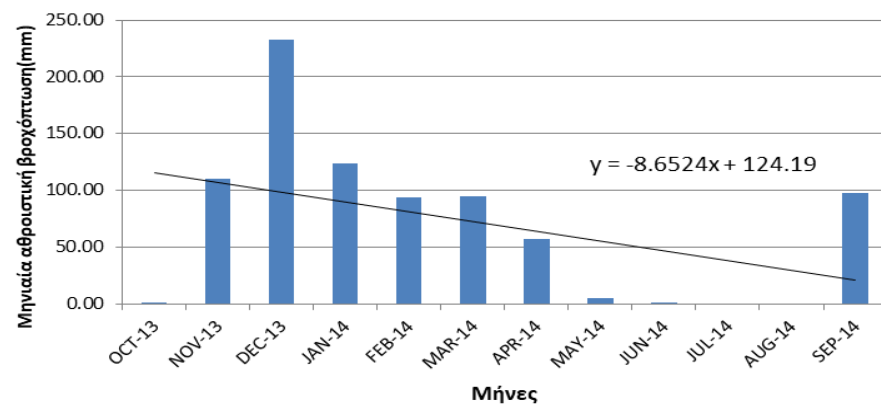
**Σπήλι-Υδρολογικό έτος 2011-12**



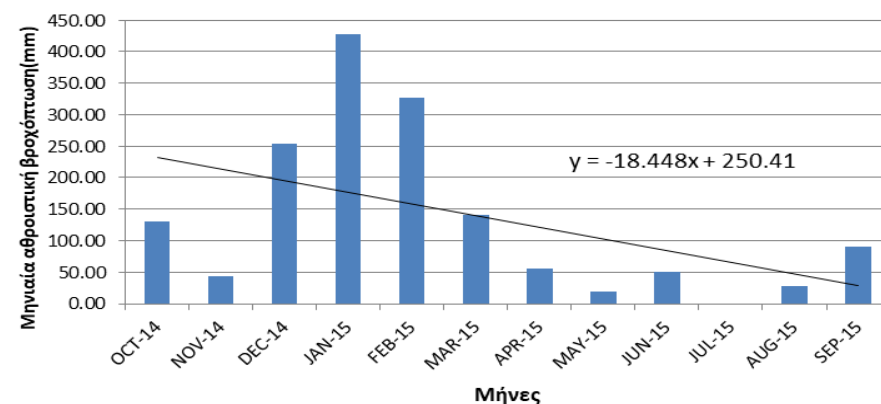
**Σπήλι-Υδρολογικό έτος 2012-13**



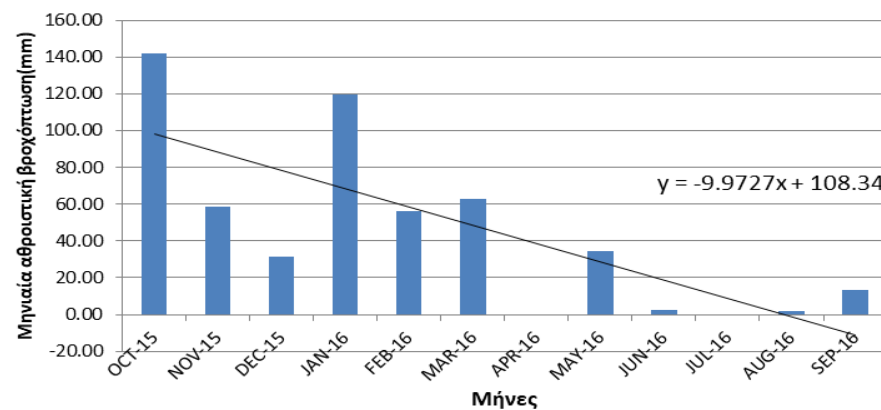
Σπήλι-Υδρολογικό έτος 2013-14



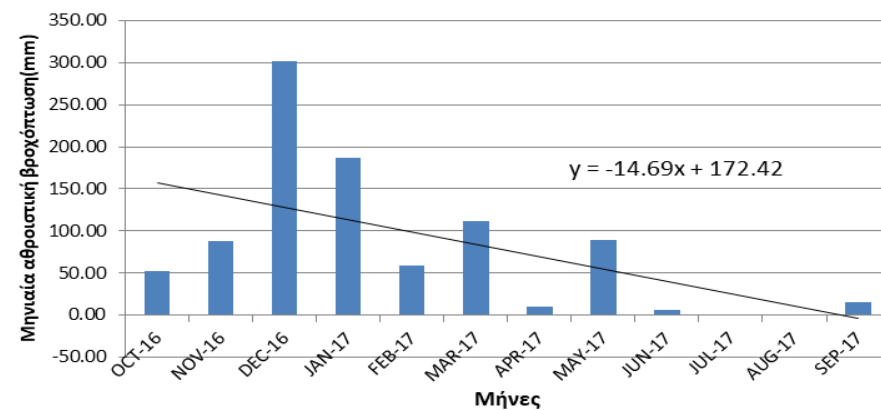
Σπήλι-Υδρολογικό έτος 2014-15



Σπήλι-Υδρολογικό έτος 2015-16



Σπήλι-Υδρολογικό έτος 2016-17

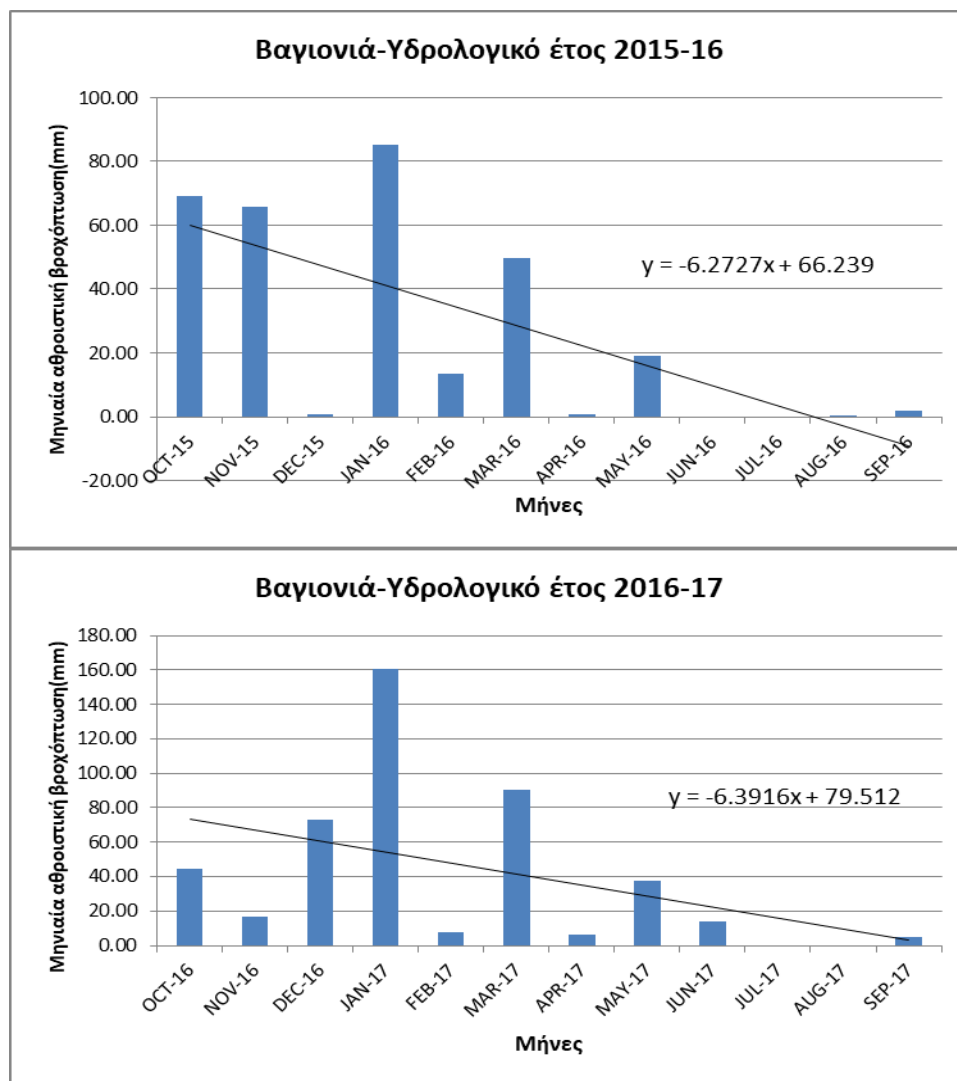


Απο τα διαγράμματα μηνιαίας αθροιστικής βροχόπτωσης, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα για το νομό Ρεθύμνης:

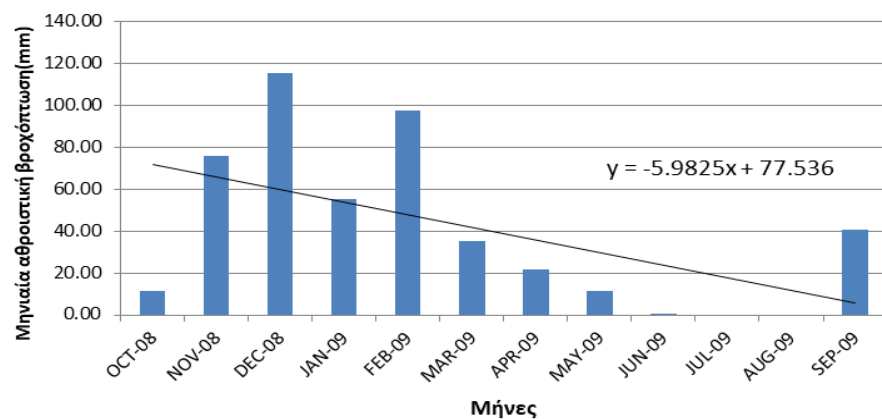
Όλοι οι σταθμοί που μελετήθηκαν, παρουσιάζουν πτωτική τάση. Τα ανώγεια, εμφανίζουν πτωτική τάση της τάξεως του 21,2 mm για το υδρολογικό έτος 2009-10 ενώ για τα υδρολογικά έτη 2010-11, 2011-12, 2014-15 και 2015-16, η μηνιαία αθροιστική βροχόπτωση μειώνεται κατά 18,8mm, 21,9 mm, 18,8mm και 18,6 mm αντίστοιχα.

Όσον αφορά το σταθμό Σπήλι, εμφανίζει πτωτική τάση της τάξεως του 19,4mm για το υδρολογικό έτος 2007-08, ενώ κατά τα υδρολογικά έτη 2009-10 , 2011-12 και 2014-15, η μηνιαία αθροιστική βροχόπτωση μειώνεται κατά 20,6mm , 25,5mm και 18,5mm αντίστοιχα.

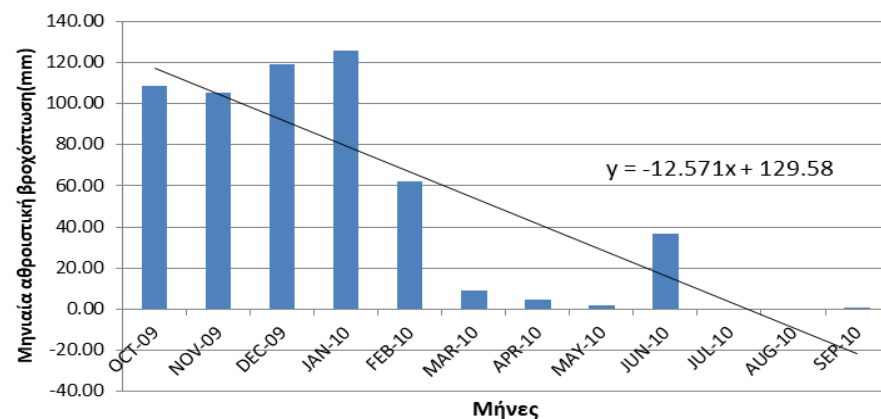
### Νομός Ηρακλείου



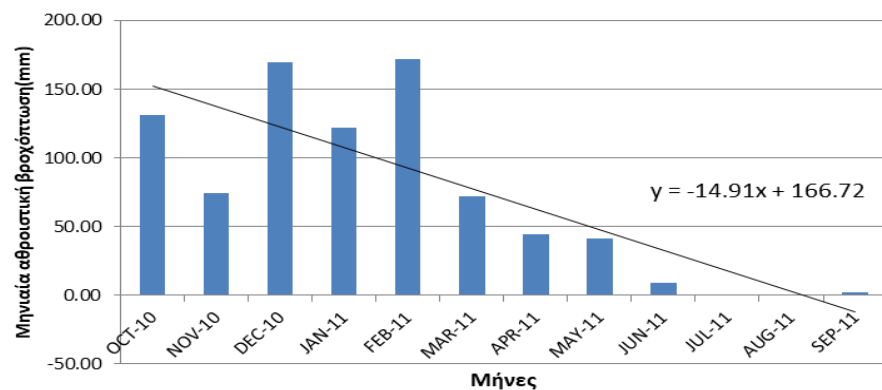
**Μεταξοχώρι-Υδρολογικό έτος 2008-09**



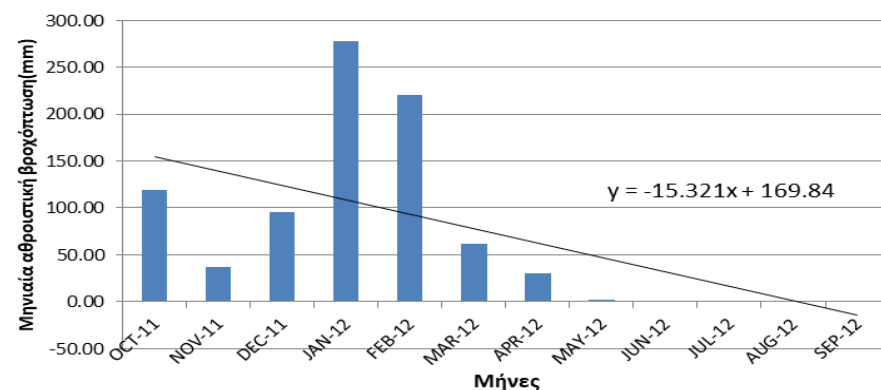
**Μεταξοχώρι-Υδρολογικό έτος 2009-10**



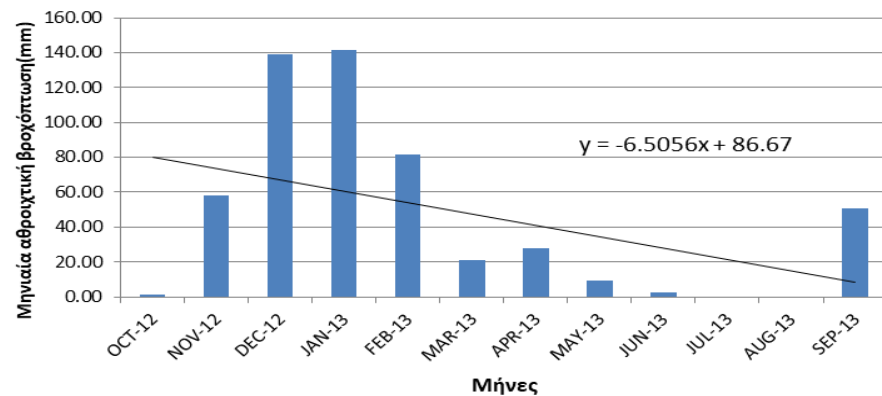
**Μεταξοχώρι-Υδρολογικό έτος 2010-11**



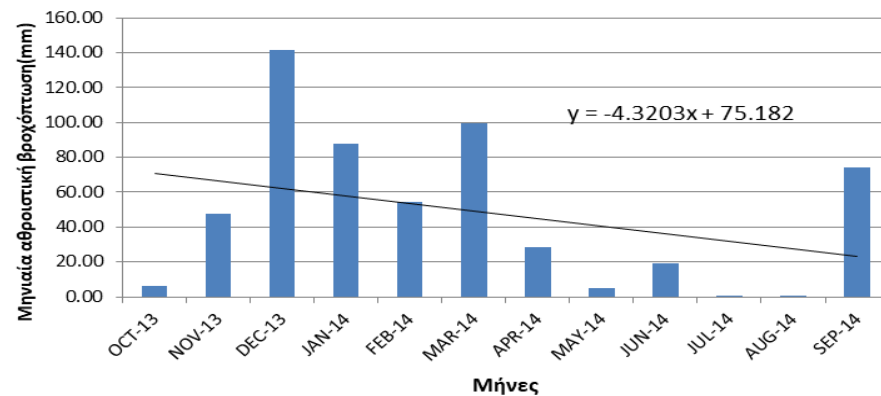
**Μεταξοχώρι-Υδρολογικό έτος 2011-12**



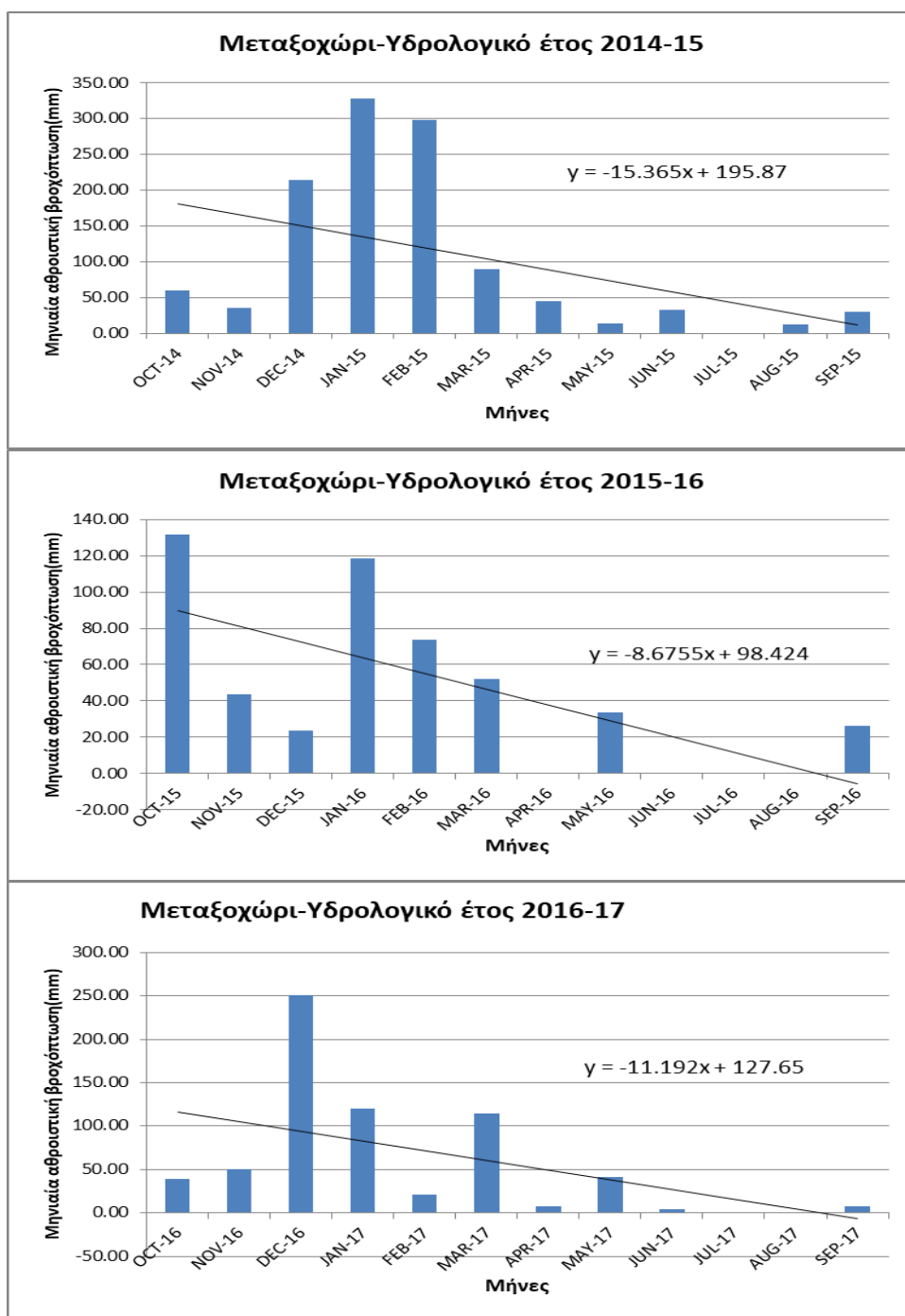
**Μεταξοχώρι-Υδρολογικό έτος 2012-13**



**Μεταξοχώρι-Υδρολογικό έτος 2013-14**



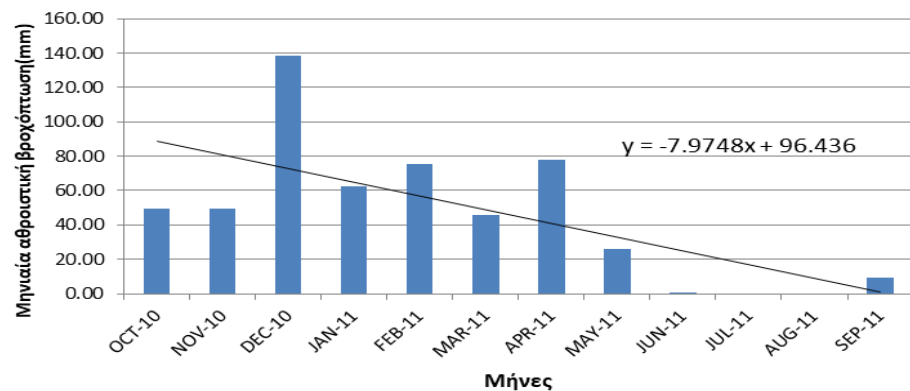




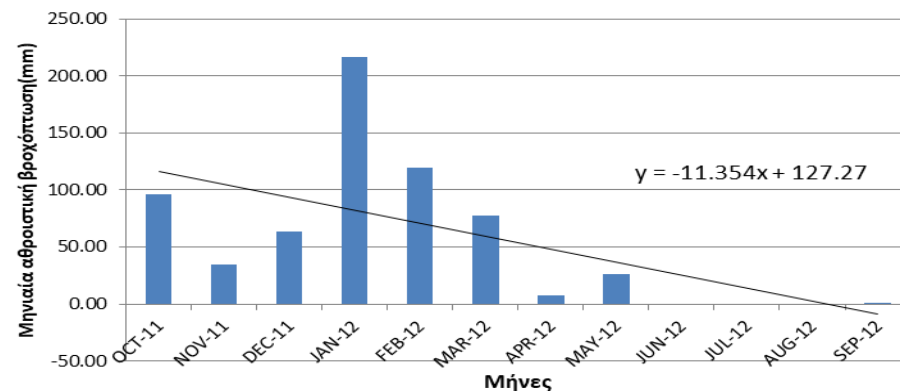
Από τα παραπάνω διαγράμματα, γίνεται φανερό ότι οι δύο σταθμοί που μελετήθηκαν για το νομό Ηρακλείου, παρουσιάζουν πτωτική τάση βροχόπτωσης. Το Μεταξοχώρι, παρουσιάζει πτωτική τάση της τάξεως του 14,9 mm κατά το υδρολογικό έτος 2010-11, ενώ κατά τα έτη 2011-12 και 2014-15, η βροχόπτωση μειώνεται κατά 15,3mm και 15,4mm αντίστοιχα.

Ακολουθούν τα διαγράμματα για το νομό Λασιθίου:

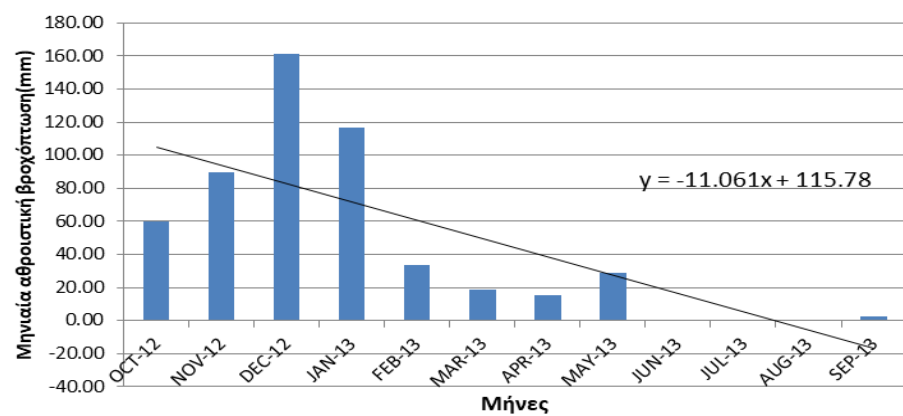
Σητεία-Υδρολογικό έτος 2010-11



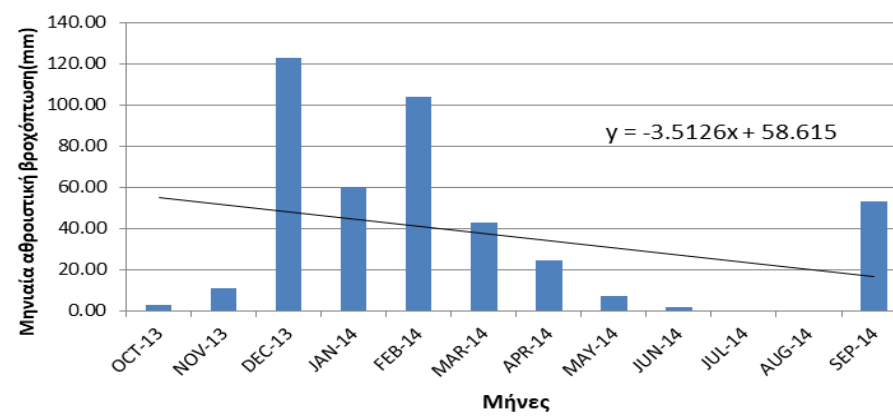
Σητεία-Υδρολογικό έτος 2011-12



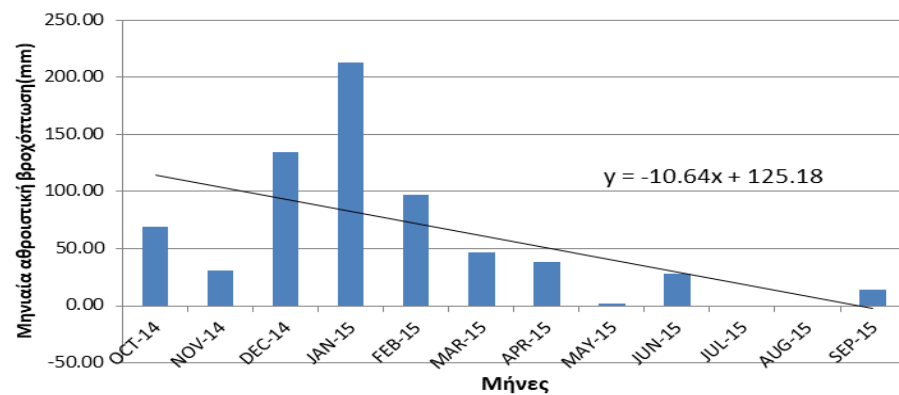
Σητεία-Υδρολογικό έτος 2012-13



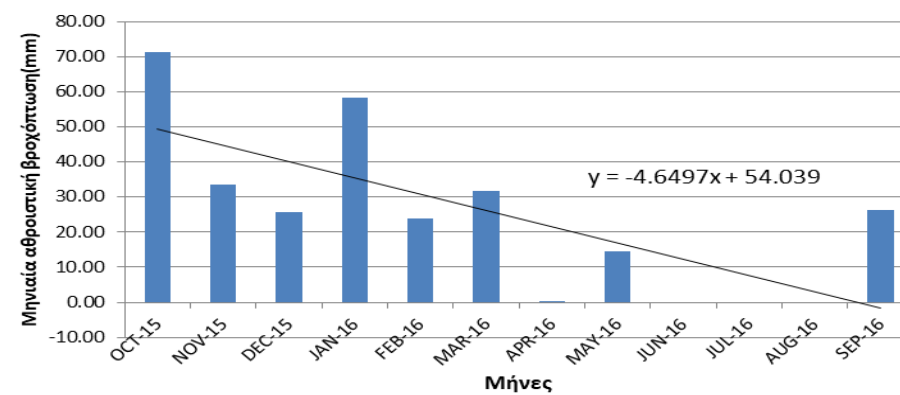
Σητεία-Υδρολογικό έτος 2013-14

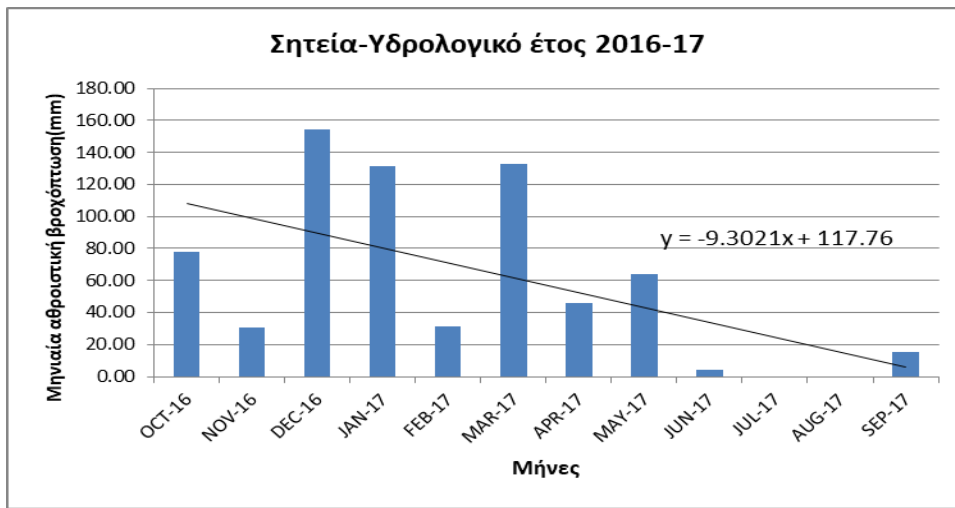


Σητεία-Υδρολογικό έτος 2014-15



Σητεία-Υδρολογικό έτος 2015-16





Απο τα διαγράμματα μηνιαίας αθροιστικής βροχόπτωσης, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα για το νομό Λασιθίου και συγκεκριμένα για το βροχομετρικό σταθμό της Σητείας:

Εκτιμάται πτωτική τάση της τάξεως του 11,4 mm για το υδρολογικό έτος 2011-12 ενώ για τα υδρολογικά έτη 2012-13 και 2014-15, η μηνιαία αθροιστική βροχόπτωση μειώνεται κατά 11,1mm και 10,6mm αντίστοιχα.

### **3.1.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΡΟΧΟΒΑΘΜΙΔΑΣ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 2007-2017**

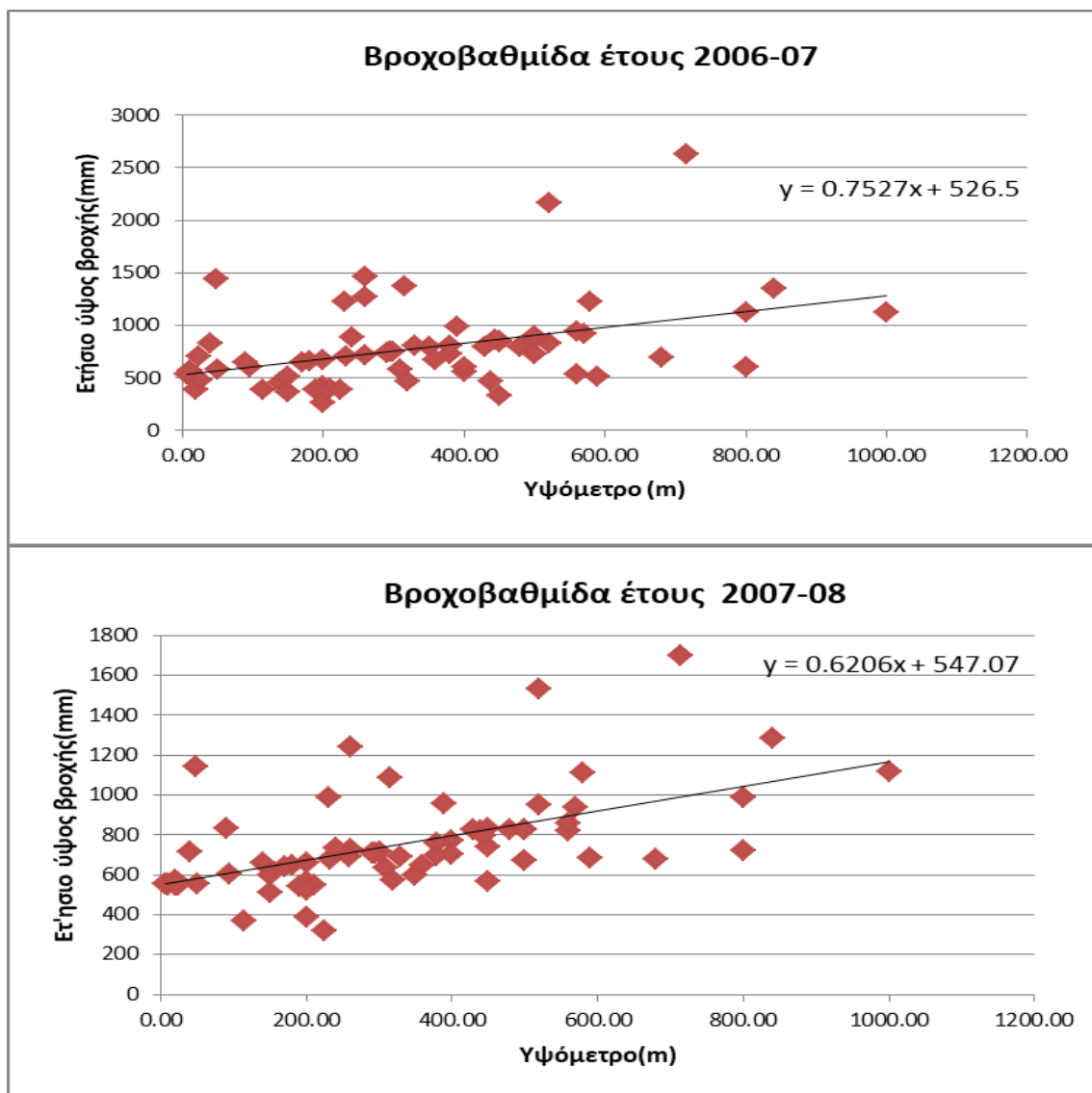
Στα διαθέσιμα στοιχεία των βροχομετρικών σταθμών για τις ημερήσιες μετρήσεις των ετών της περιόδου 1974-2017, υπήρχαν κάποιες ελλείψεις, οι οποίες συμπληρώθηκαν με τη χρήση της μεθόδου της βροχοβαθμίδας. Για τον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας, χαράσσεται το διάγραμμα του ετήσιου ύψους της βροχόπτωσης συναρτήσει του υψόμετρου του κάθε σταθμού. Ο παρακάτω πίνακας περιλαμβάνει τα υψόμετρα του κάθε σταθμού που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας.

<b>Σταθμός</b>	<b>Υψόμετρο</b>	<b>Σταθμός</b>	<b>Υψόμετρο</b>
Αλικιανός	95.00	Τυμπάκι	200.00
Ασκούφου	715.00	Φοινικιά	40.00
Κάνδανος	439.00	Ρουσσοχώρια	380.00
Ταυρονίτης	11.00	Βιάννος	560.00
Αγροκίπιο	7.00	Βασιλικά Ανώγεια	233.00
Καλύβες	24.00	Πύργος	290.00
Μουρί	49.00	Ποταμιές	170.00
Παλαιά Ρουμάτα	316.00	Σητεία	114.00
Πρασσές	520.00	Έξω Ποταμοί	840.00
Ζυμβραγού	295.00	Καλό Χωριό	20.00
Ανώγεια	801.00	Κατσιδώνι	480.00
Σπήλι	390.00	Μάλλες	590.00
Αγία Γαλήνη	20.00	Μαρωνία	150.00
Γαράζο	260.00	Μύθοι	200.00
Γερακάκι	1000.00	Νεάπολη	240.00
Καβούσι	580.00	Παλαιόκαστρο	25.00
Λευκόγεια	90.00	Παχιά άμμος	50.00
Μέλαμπες	560.00	Άγιος Στέφανος	444.00
Βολεόνες	260.00	Ζίρος	500.00
Βυζάρι	310.00	Άγιος Νικόλαος	30.00
Δοξαρό	259.00	Βρύσες	58.00
Βαγιονιά	190.00	Έλος	535.00
Μεταξοχώρι	430.00	Δυτικό Ηράκλειο	85.00
Αβδού	230.00	Ηράκλειο	115.00
Αγία Βαρβάρα	570.00	Λιμάνι Ηρακλείου	10.00
Άγιος Κύριλλος	450.00	Ιεράπετρα	5.00
Αρμάχα	450.00	Λέντας	15.00
Ασήμι	200.00	Μοίρες	54.00
Αχεντριά	680.00	Παλαιοχώρα	5.00
Βόνη	330.00	Πλακιάς	5.00
Βορίζια	520.00	Πλατανιάς	12.00
Γέργερη	450.00	Πυράθι	311.00
Γόρτυς	180.00	Ρέθυμνο	39.00
Δεμάτι	210.00	Σαμαριά	1250.00
Ζάρος	500.00	Φαράγγι Σαμαριάς	349.00
Καλύβια	200.00	Σέμπρωνας	640.00
Καπετανιανά	800.00	Σταυράκια	245.00
Κασσάνοι	320.00	Σφακιά	770.00
Καστέλι	350.00	Τζερμιάδων	820.00
Καψάλι	10.00	Φαλάσαρνα	10.00

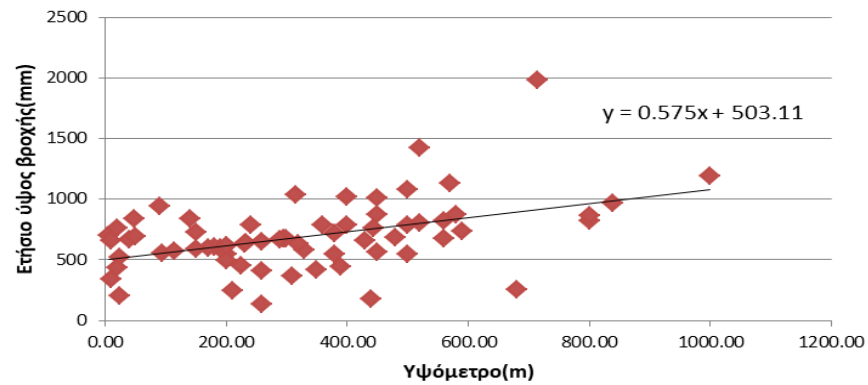
Κρουσώνας	500.00	Φινοκαλιά	250.00
Λαγολιό	140.00	Φουρφουράς	471.00
Μορόνι	400.00	Φράγμα Ποταμών	240.00
Πάρτιρα	400.00	Χανιά	137.00
Πόμπια	150.00	Χανιά - Κέντρο Πόλης	7.00
Πραιτώρια	225.00	Άγιοι Πάντες	148.00
Προφήτης Ηλίας	380.00	Ασή γωνια	380.00
Στέρνες	300.00	Κολυμπάρι	40.00
Τεφέλι	360.00	Ρέθυμνο- πόλη	50.00
		Ανατολικό Ηράκλειο	35.00

Πίνακας: Υψόμετρα των βροχομετρικών σταθμών της Κρήτης

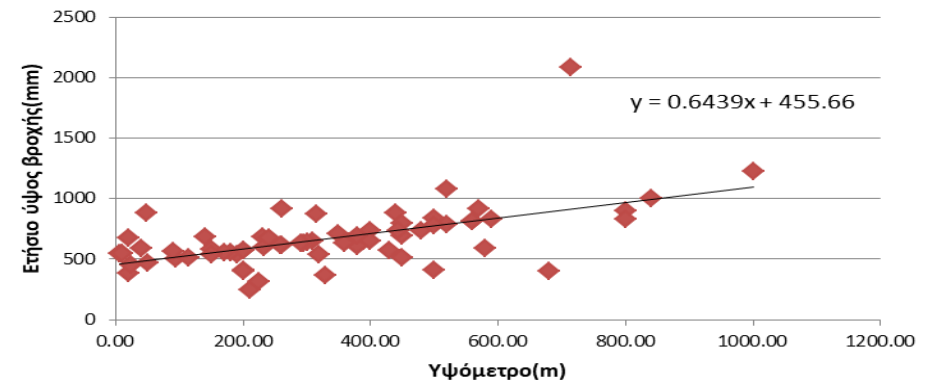
Η βροχοβαθμίδα υπολογίστηκε για όλα τα έτη της περιόδου 1974-2017. Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα του ύψους της βροχόπτωσης συναρτήσει του υψομέτρου για κάθε ένα από τα έτη της δεκαετίας 2007-2017:



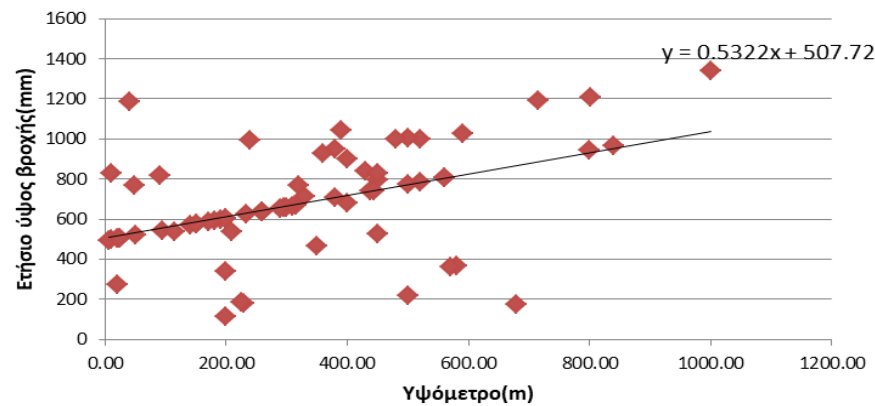
Βροχοβαθμίδα έτους 2008-09



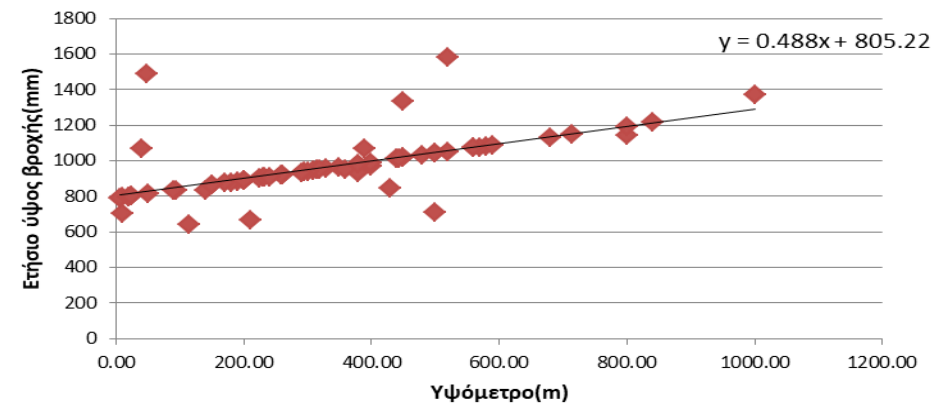
Βροχοβαθμίδα έτους 2009-10



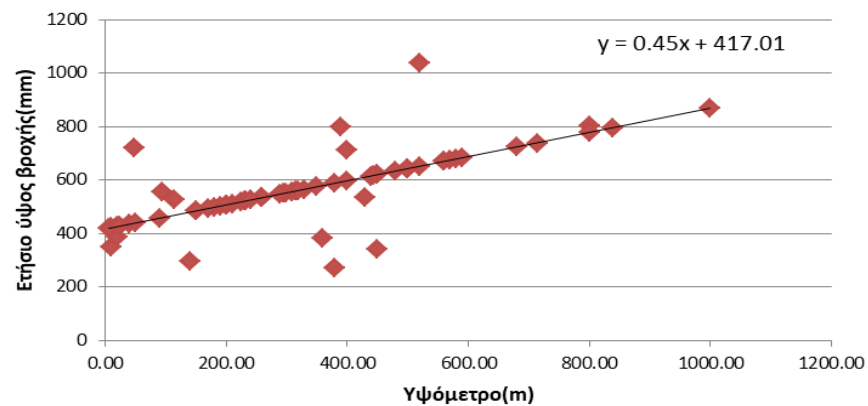
Βροχοβαθμίδα έτους 2010-11



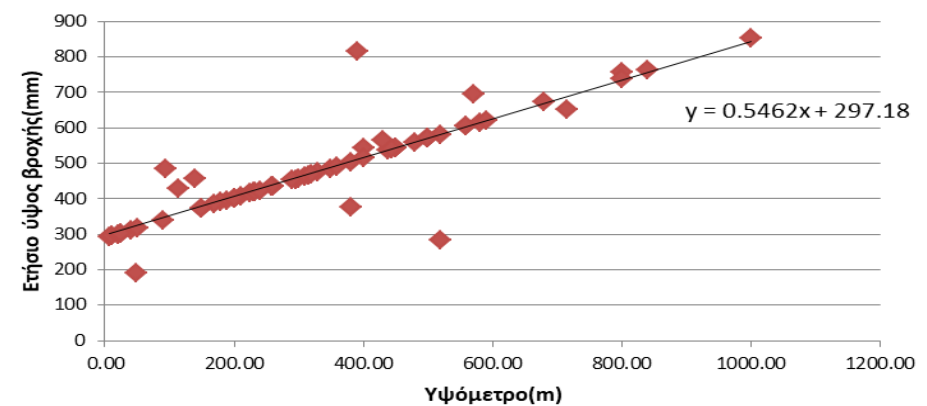
Βροχοβαθμίδα έτους 2011-12

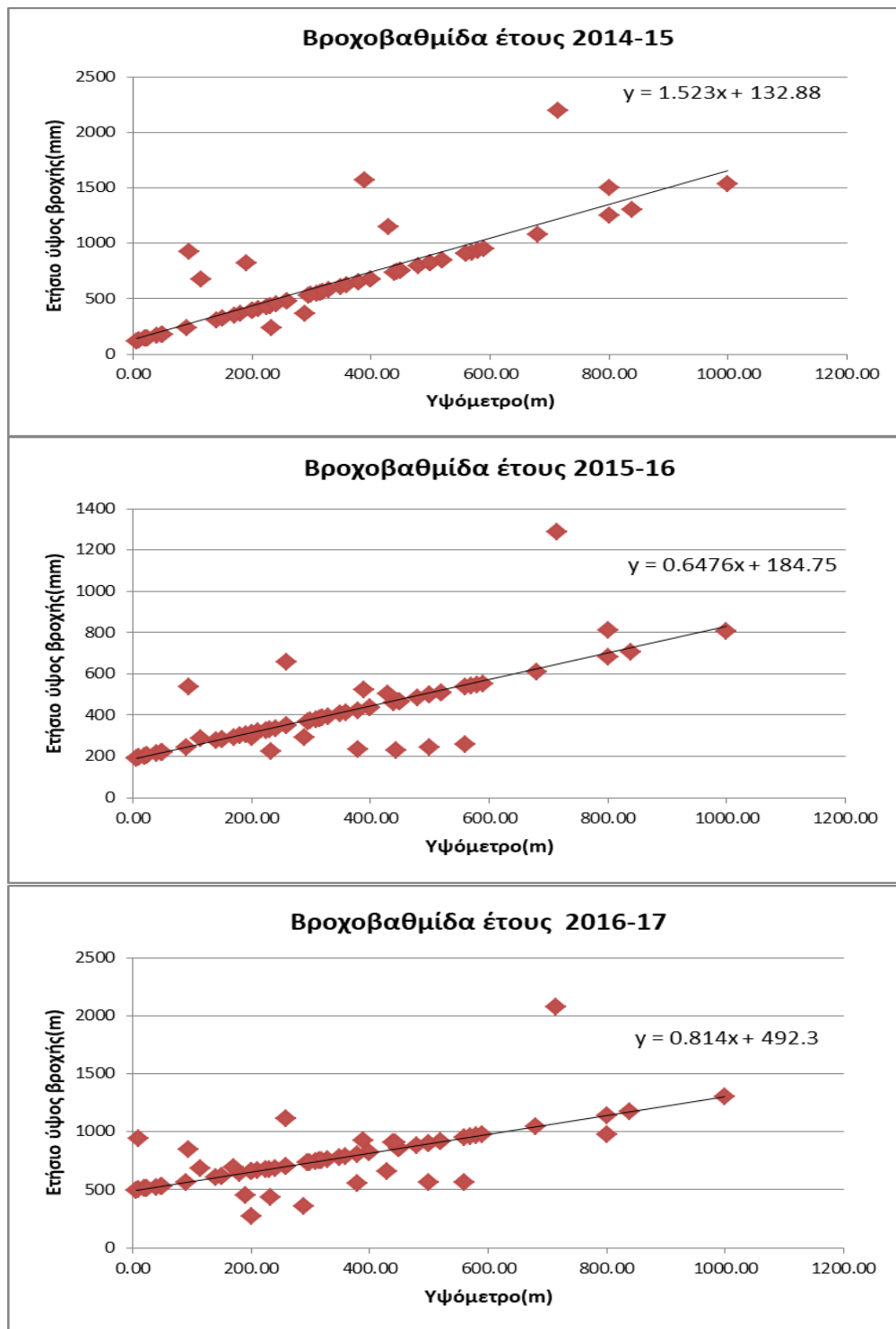


Βροχοβαθμίδα έτους 2012-13



Βροχοβαθμίδα έτους 2013-14





Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτουν τα εξής:

▷ Για το έτος 2006-2007 η ενιαία βροχοβαθμίδα για ολόκληρο το νησί της Κρήτης είναι 75,27 mm, δηλαδή για αύξηση του υψόμετρου κατά 100 μέτρα το ύψος της βροχής αυξάνεται κατά 75,27 mm.

▷ Για το έτος 2007-2008 η ενιαία βροχοβαθμίδα για το νησί της Κρήτης είναι 62,06 mm, δηλαδή για υψομετρική αύξηση 100 μέτρων το ύψος της βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 62,06 mm.

▷ Για το έτος 2008-2009 η ενιαία βροχοβαθμίδα για ολόκληρο το νησί της Κρήτης είναι 57,5 mm, δηλαδή σε υψομετρική αύξηση 100 μέτρων αντιστοιχεί αύξηση του ύψους βροχής 57,5 mm.

▷ Για το έτος 2009-2010 η ενιαία βροχοβαθμίδα για το νησί της Κρήτης είναι 64,39 mm, δηλαδή για υψομετρική αύξηση 100 μέτρων το ύψος της βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 64,39mm.

‣ Για το έτος 2010-2011 η ενιαία βροχοβαθμίδα για το νησί της Κρήτης είναι 53,22 mm, δηλαδή για υψομετρική αύξηση 100 μέτρων το ύψος της βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 53,22 mm.

‣ Για το έτος 2011-2012 η ενιαία βροχοβαθμίδα για το νησί της Κρήτης είναι 48,8 mm, δηλαδή για υψομετρική αύξηση 100 μέτρων το ύψος της βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 48,8 mm.

‣ Για το έτος 2012-2013 η ενιαία βροχοβαθμίδα για το νησί της Κρήτης είναι 45 mm, δηλαδή για υψομετρική αύξηση 100 μέτρων το ύψος της βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 45 mm.

‣ Για το έτος 2013-2014 η ενιαία βροχοβαθμίδα για το νησί της Κρήτης είναι 54,62 mm, δηλαδή για υψομετρική αύξηση 100 μέτρων το ύψος της βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 54,62 mm.

‣ Για το έτος 2014-2015 η ενιαία βροχοβαθμίδα για το νησί της Κρήτης είναι 152,3 mm, δηλαδή για υψομετρική αύξηση 100 μέτρων το ύψος της βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 152,3 mm.

‣ Για το έτος 2015-2016 η ενιαία βροχοβαθμίδα για το νησί της Κρήτης είναι 64,76 mm, δηλαδή για υψομετρική αύξηση 100 μέτρων το ύψος της βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 64,76 mm.

‣ Για το έτος 2016-2017 η ενιαία βροχοβαθμίδα για το νησί της Κρήτης είναι 81,4 mm, δηλαδή για υψομετρική αύξηση 100 μέτρων το ύψος της βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 81,4mm.



### 3.2 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Σημαντικός παράγοντας των οικοσυστημάτων είναι η διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής, δηλαδή της απελευθέρωσης νερού υπο μορφή υδρατμών τόσο μέσω της φυσικής εξάτμισης όσο και μέσω της διαπνοής. Κανείς μπορεί να σκεφτεί την εξατμισοδιαπνοή ως το αντίστροφο της βροχής. Η εξατμισοδιαπνοή και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή (που θα συνέβαινε αν το οικοσύστημα ήταν υδατικά πλήρες) είναι δείκτες της ενέργειας που χάνεται από το οικοσύστημα υπό μορφή θερμότητας.

Στην παρούσα εργασία, η εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται στους βροχομετρικούς σταθμούς, τα δεδομένα των οποίων προήλθαν από το meteo, μέσω της μεθόδου Turc. Για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής από τη βροχόπτωση και την απορροή, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση του ισοζυγίου του ύδατος, η οποία καταλήγει στην ακόλουθη σχέση:

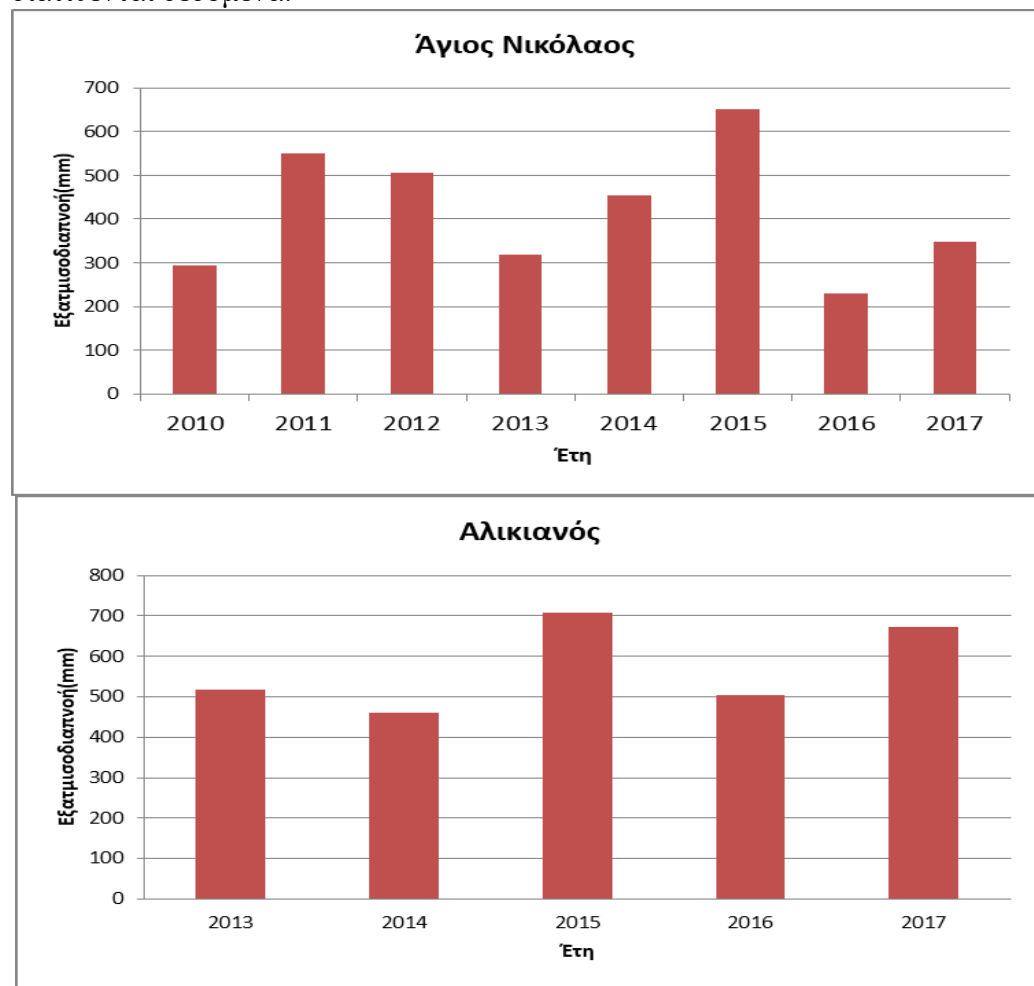
$$Et = \frac{P}{\left[0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2\right]^{0,5}}, \text{ όπου:}$$

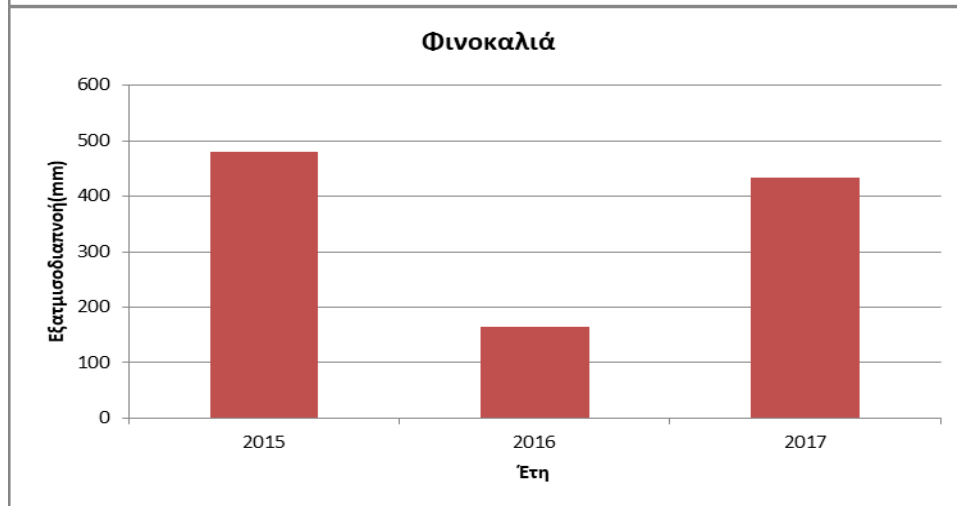
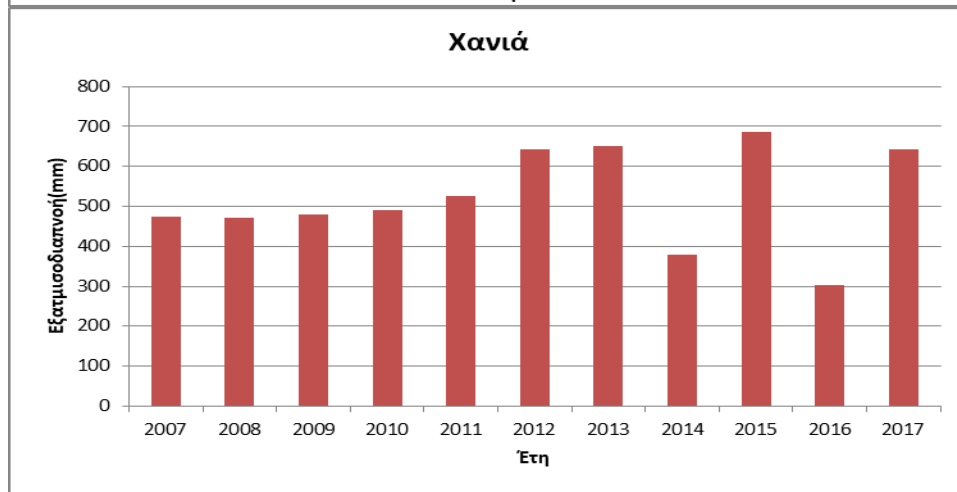
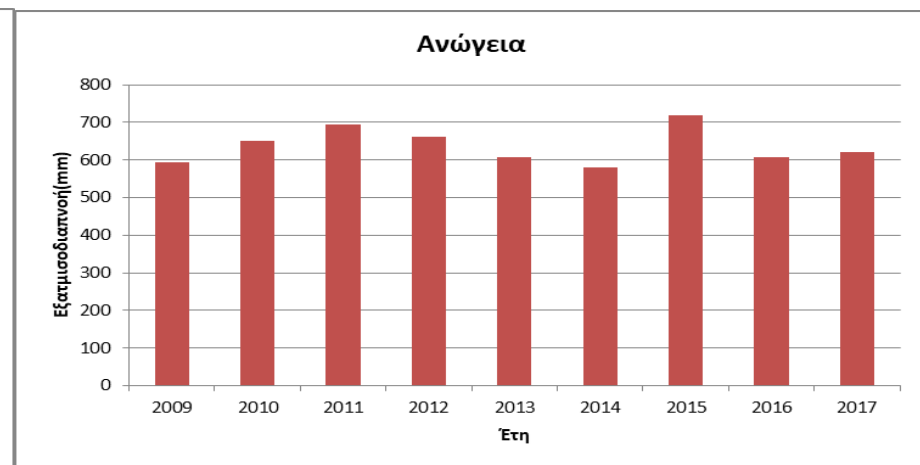
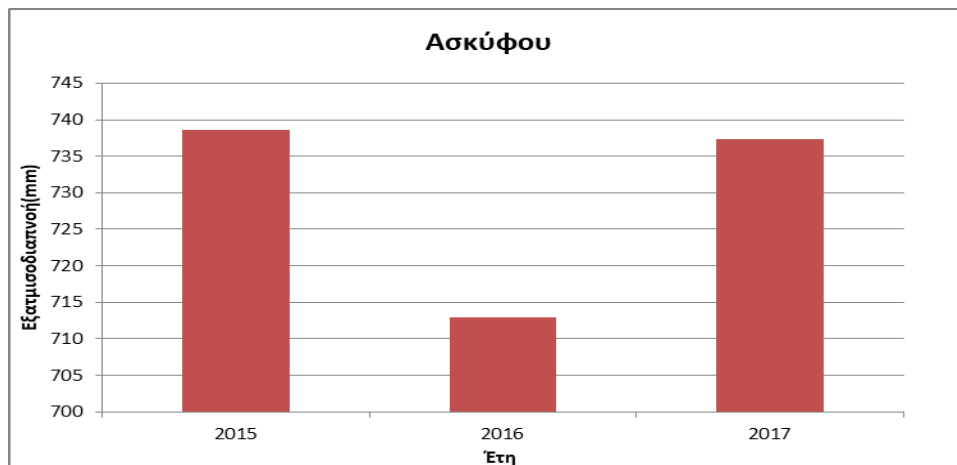
P = η ετήσια μέση βροχόπτωση ( mm),

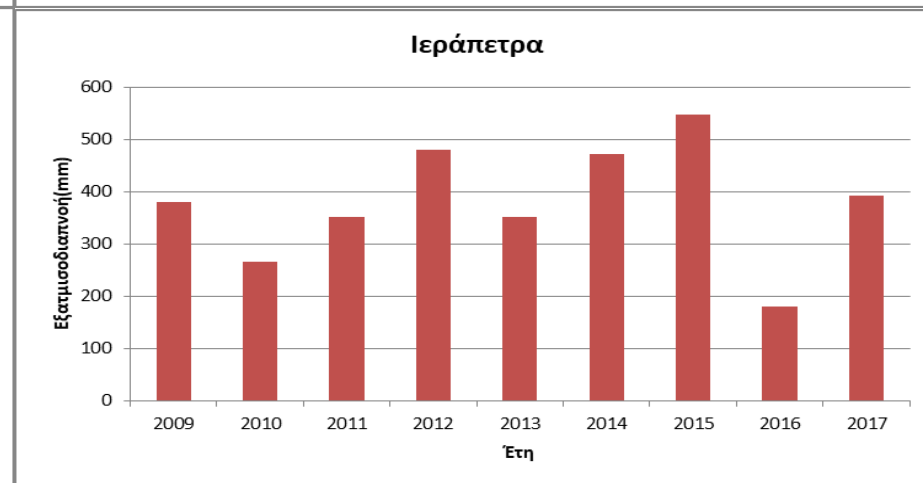
L = 300 + 25T + 0.05T<sup>3</sup> (mm),

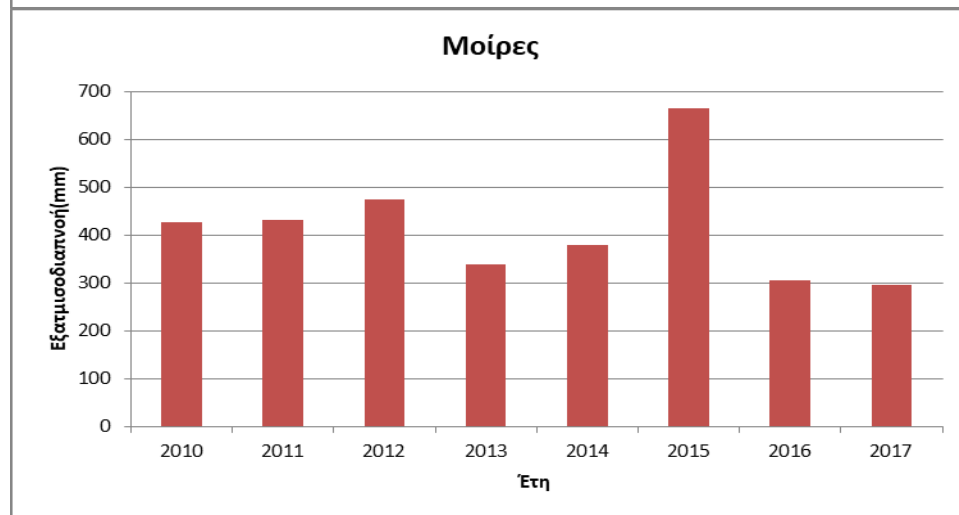
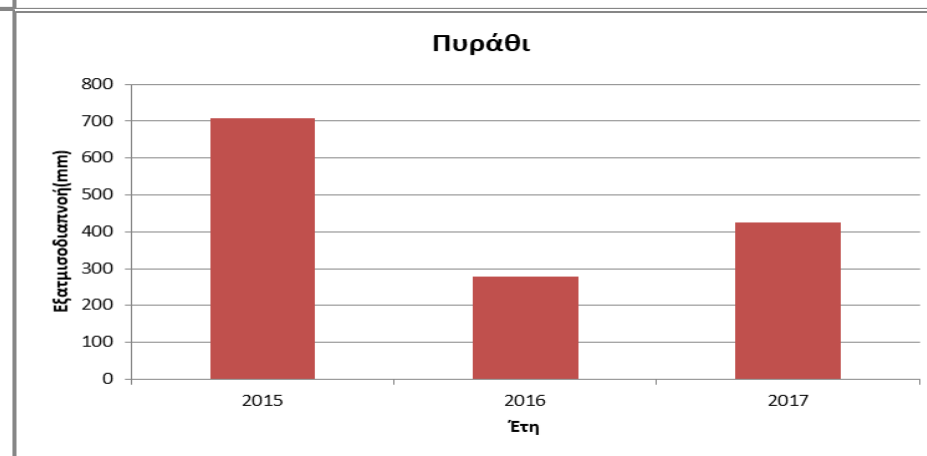
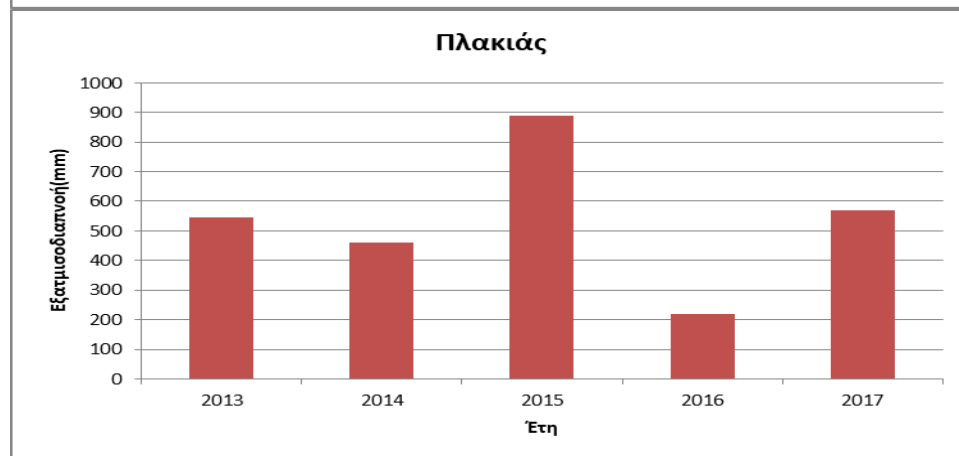
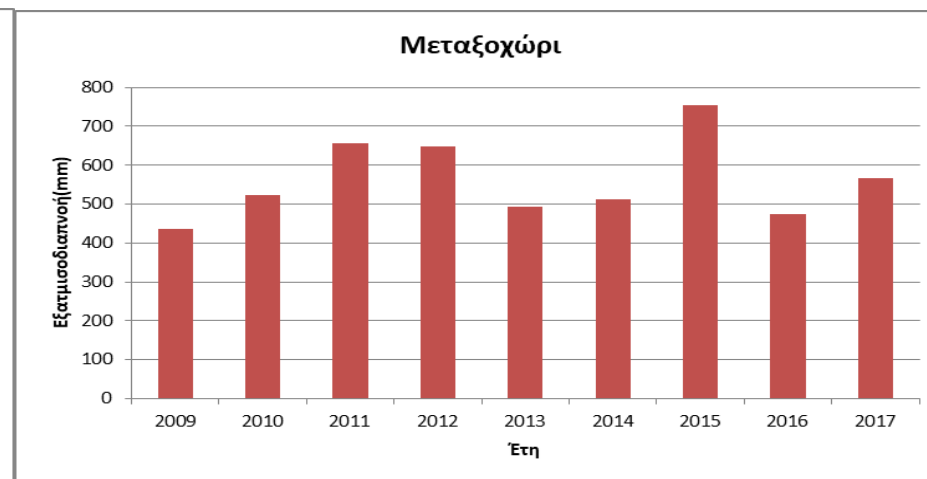
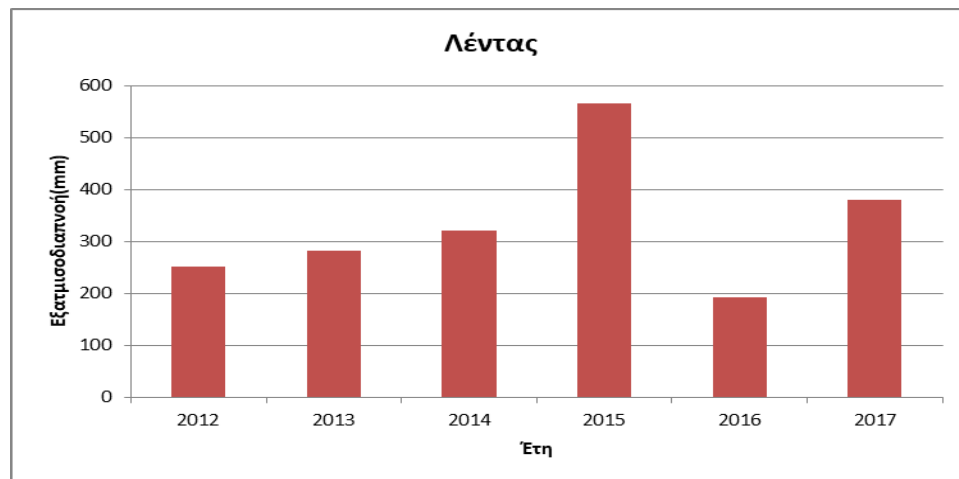
T = η μέση θερμοκρασία του αέρα (°C)

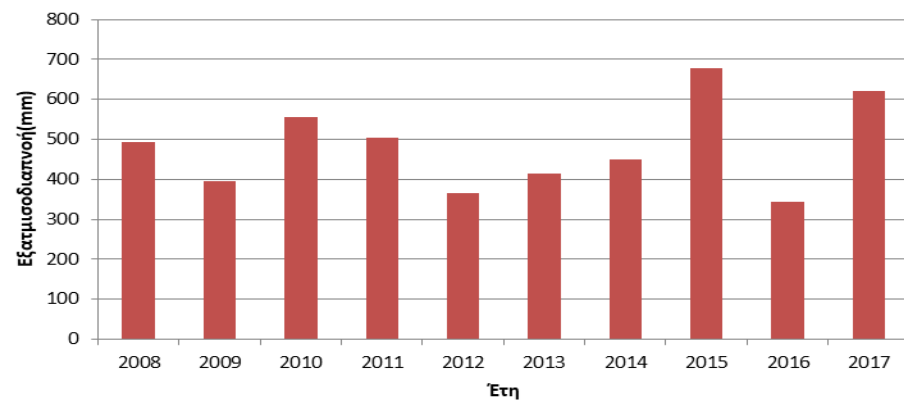
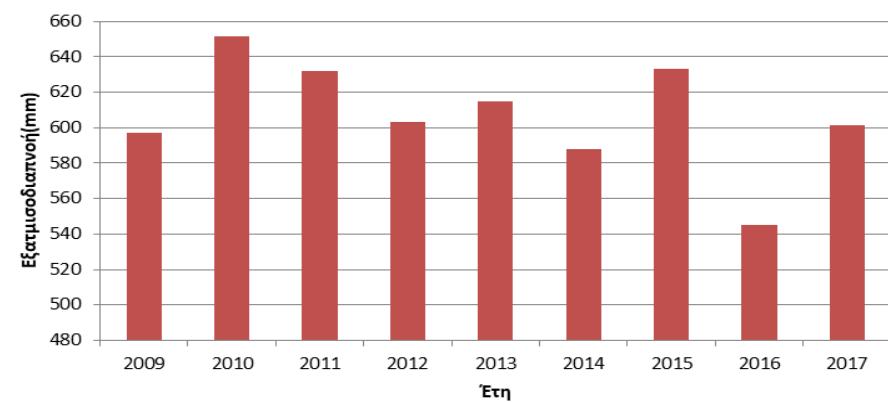
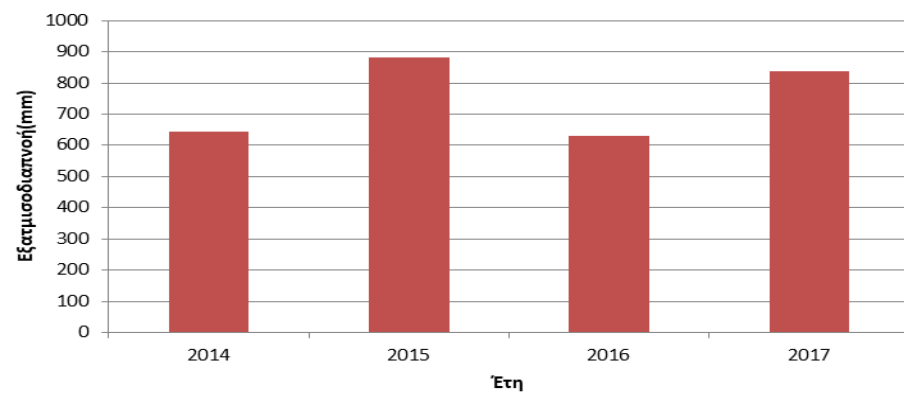
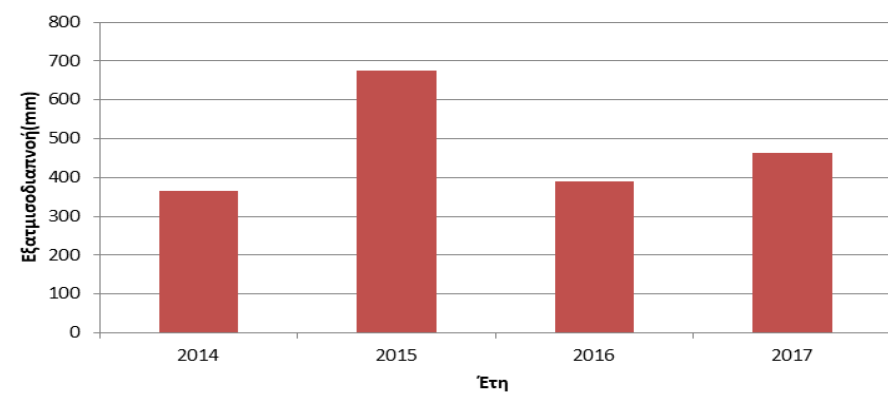
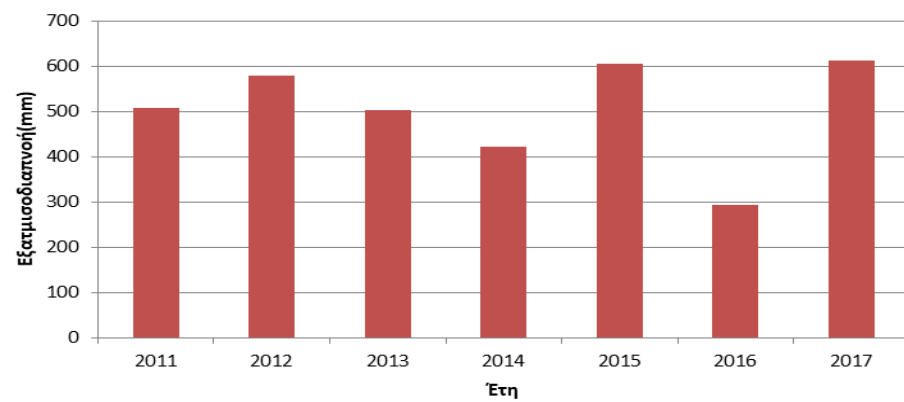
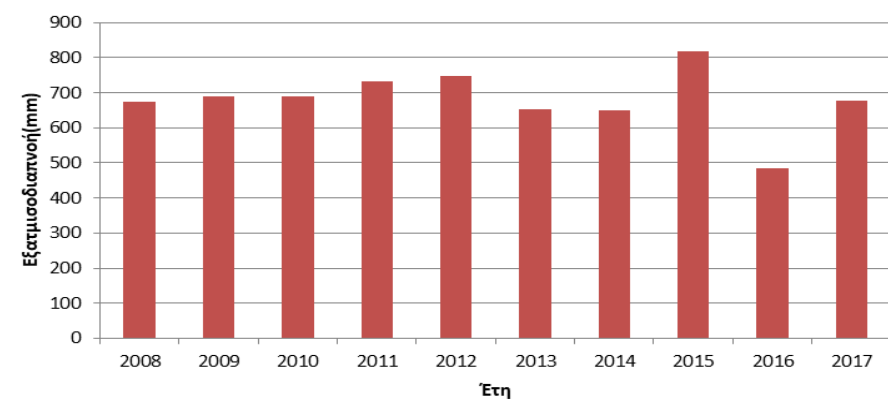
Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα της εξατμισοδιαπνοής συναρτήσει των ετών για τα οποία διατίθενται δεδομένα:

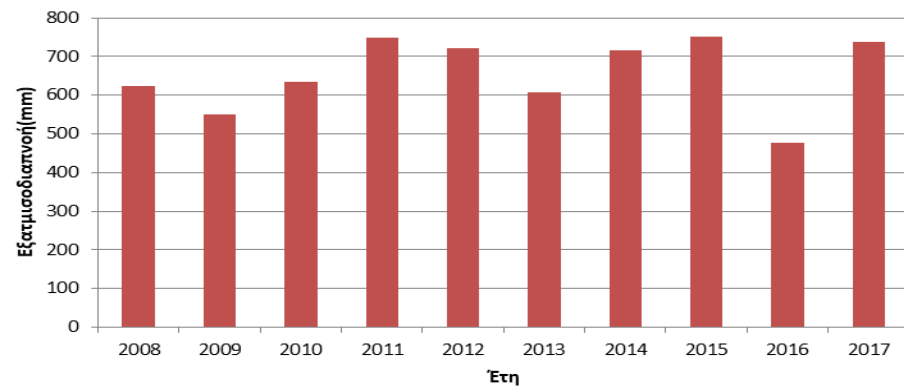
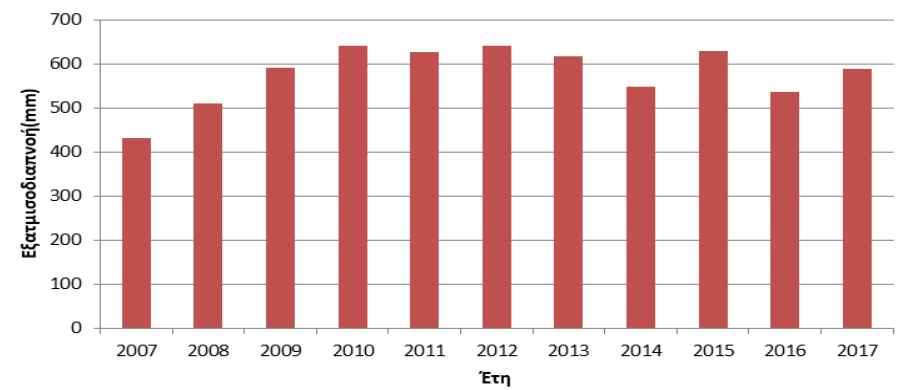
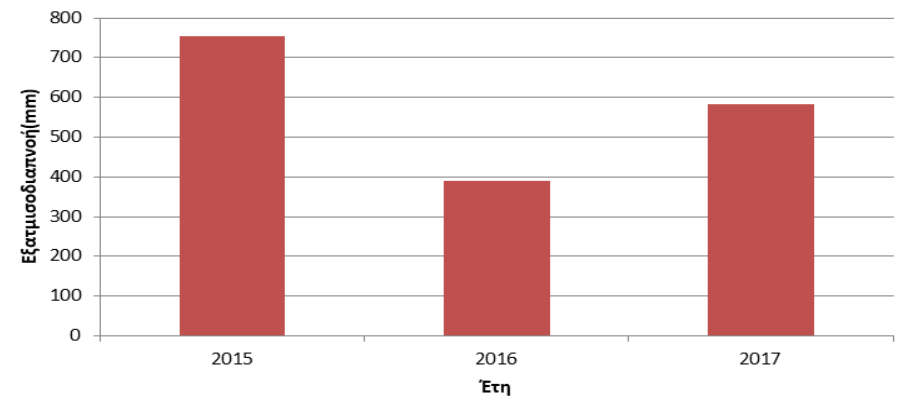
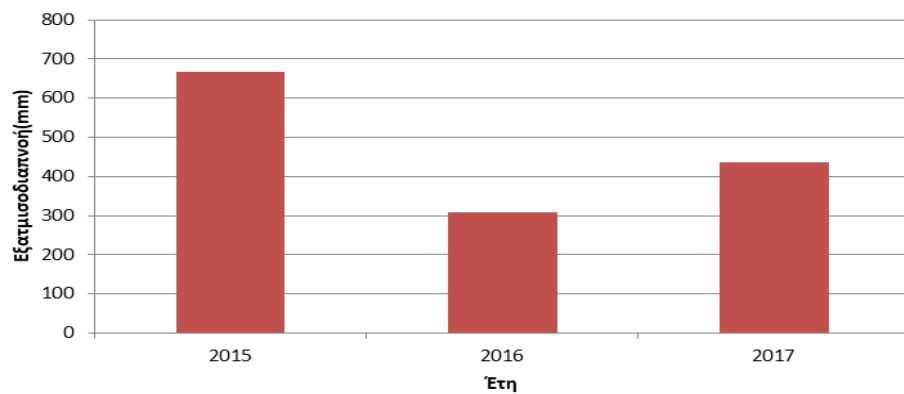








**Ρέθυμνο****Σαμαριά****Φαράγγι Σαμαριάς****Σφακιά****Σητεία****Σπήλι**

**Βρύσες****Τζερμιαδο****Έλος****Σταυράκια****Βαγιονιά**

Από τα παραπάνω διαγράμματα ετήσιας εξατμισοδιαπνοής, προκύπτουν κάποιες αξιοσημείωτες παρατηρήσεις.

Τη μεγαλύτερη πτωτική τάση εξατμισοδιαπνοής, εμφανίζει η Παλαιόχωρα, στην οποία εκτιμάται ότι η πτώση είναι 15,61mm ανά έτος (για τη δεκαετία 2007-2017). Ακολουθούν οι Μοίρες, το λιμάνι Ηρακλείου και ο Άγιος Νικόλαος, όπου η πτωτική τάση εκτιμάται 11,21 mm (2010-2017), 9,92mm( 2009-2017) και 7,65 mm( 2010-2017), ανά έτος ,αντίστοιχα.

Αρκετοί σταθμοί εμφανίζουν ανοδικές τάσεις ετήσιας εξατμισοδιαπνοής. Αξιοσημείωτη φαίνεται εκείνη στο σταθμό Αλικιανό, η οποία εκτιμάται 35,39mm ανά έτος ( για τα έτη 2013-2017). Ακολουθούν, ο Λέντας, το Ηράκλειο αλλά και το Φράγμα Ποταμών, όπου η αυξητική τάση εκτιμάται 17,74mm(2012-2017) , 9,78 mm(2007-2017) και 9,34mm(2009-2017) ανά έτος αντίστοιχα.

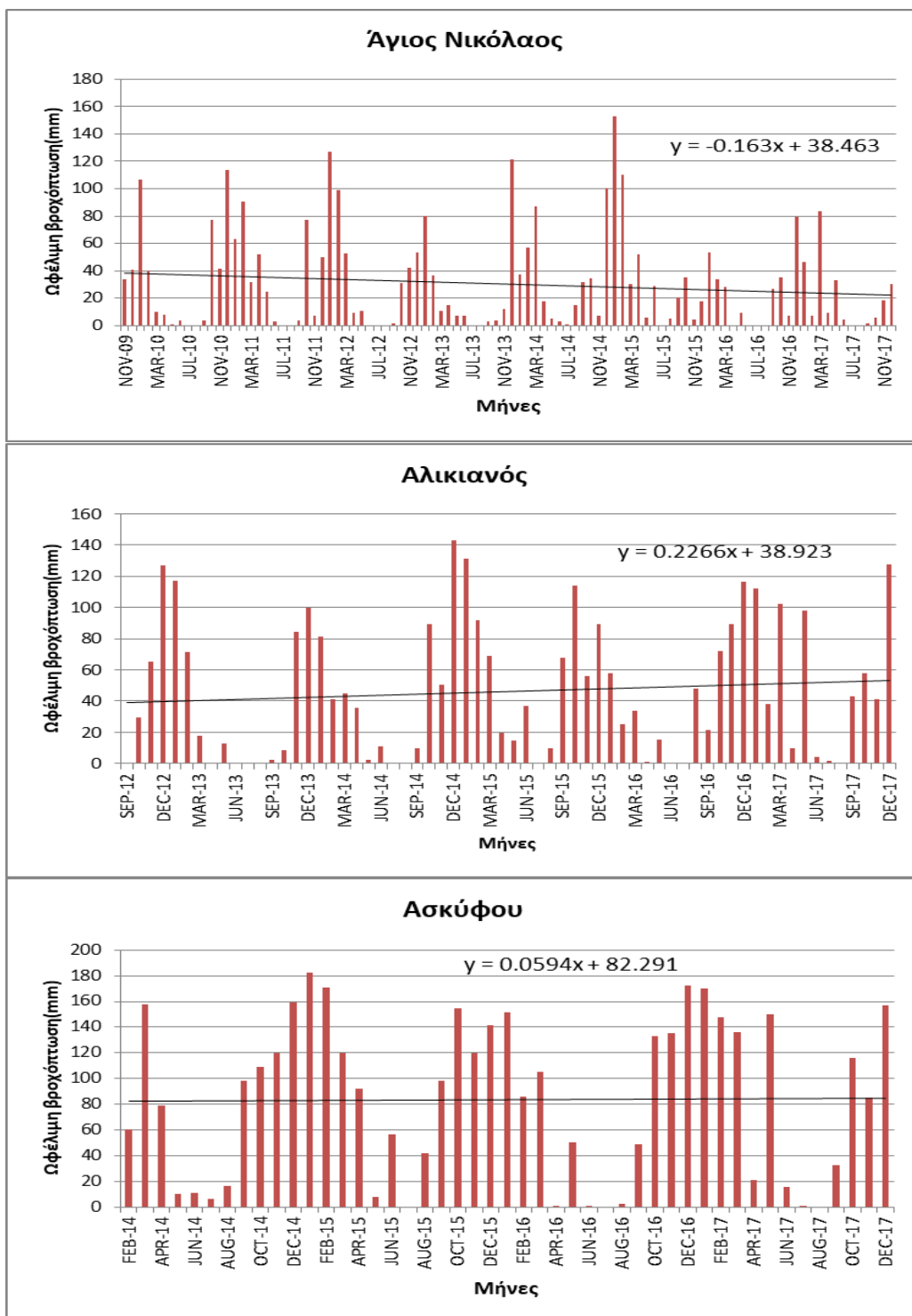
### 3.3 ΩΦΕΛΙΜΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Η ωφέλιμη βροχόπτωση(Peff) υπολογίζεται με βάση το μηνιαίο ύψος της βροχόπτωσης με τους παρακάτω τύπους:

$$P < 250\text{mm} \rightarrow \text{Peff} = \frac{P \cdot (125 - 0,2 \cdot P)}{125}$$

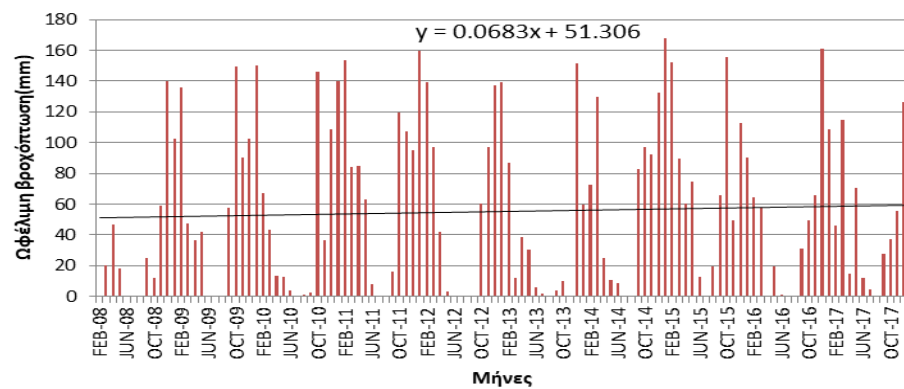
$$P \geq 250\text{mm} \rightarrow \text{Peff} = 125 + \frac{1}{10} \cdot P, \text{ όπου } P \text{ η μηνιαία βροχόπτωση.}$$

Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ωφέλιμης βροχόπτωσης συναρτήσει των μηνών για τους οποίους υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα:

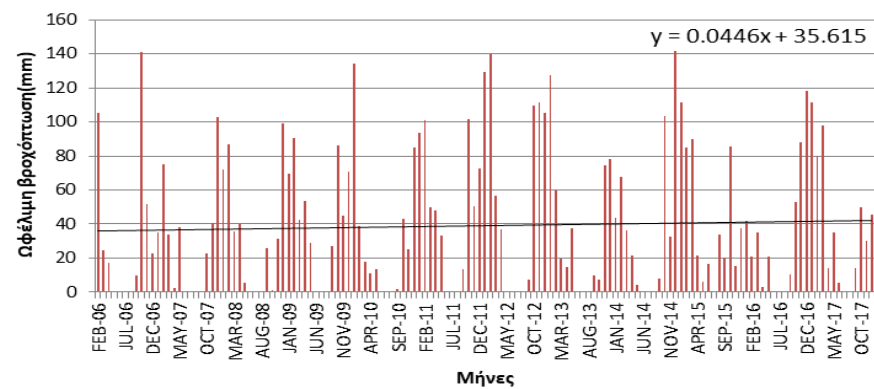




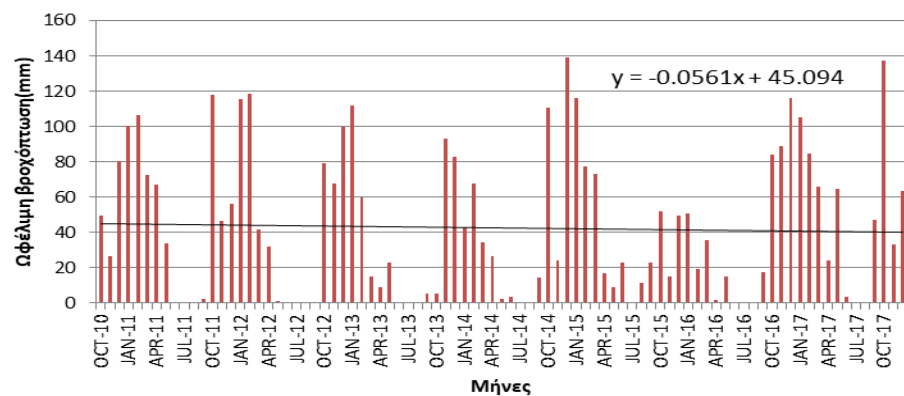
### Ανώγεια



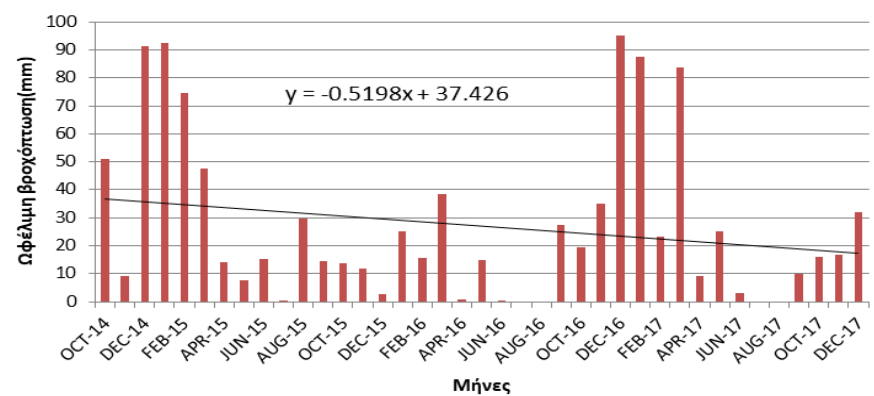
### Χανιά



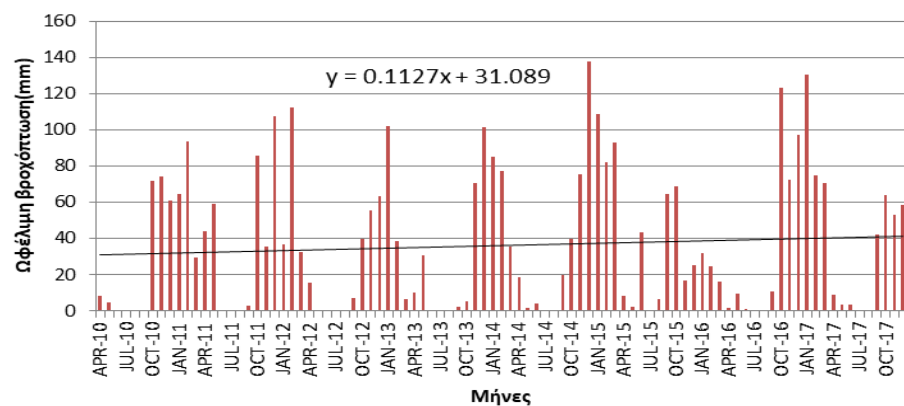
### Κέντρο Χανίων



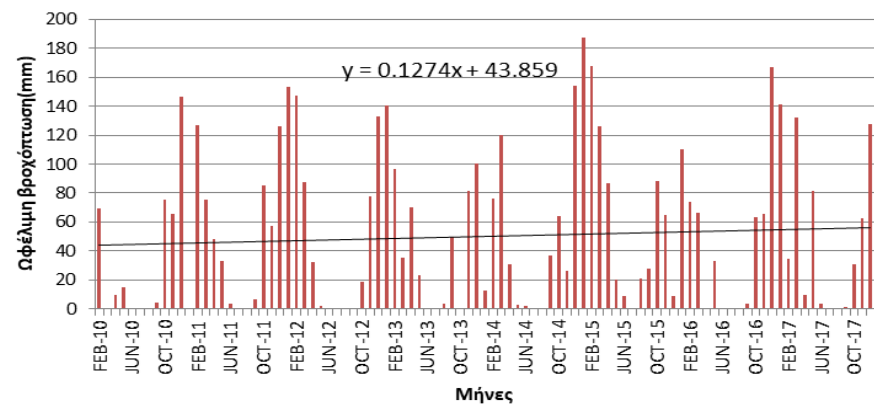
### Φινοκαλιά



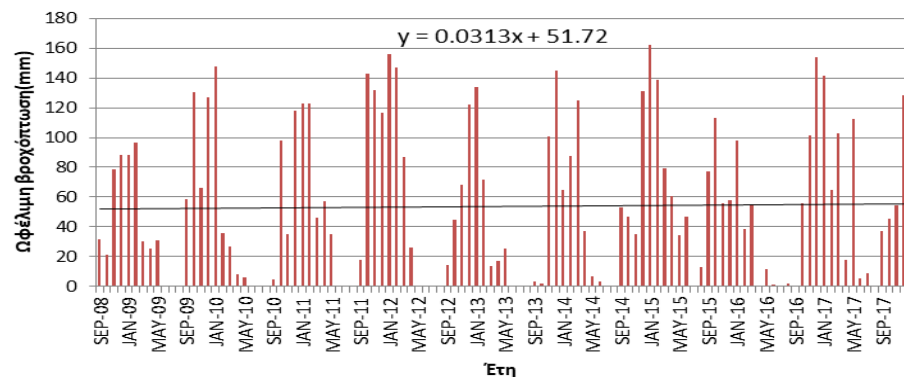
### Φαλάσαρνα



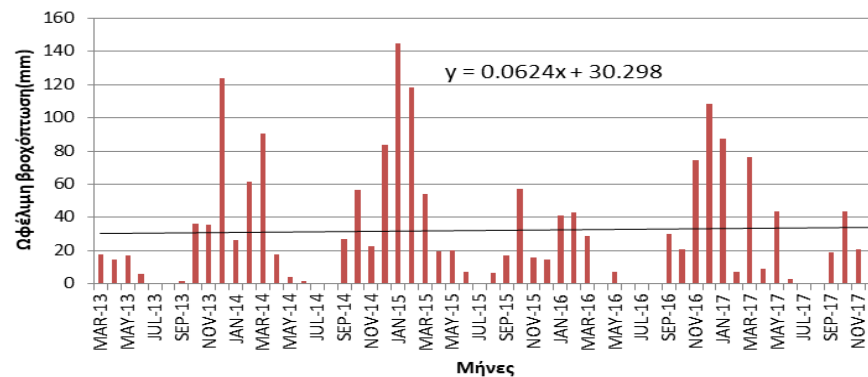
### Φουρφουράς



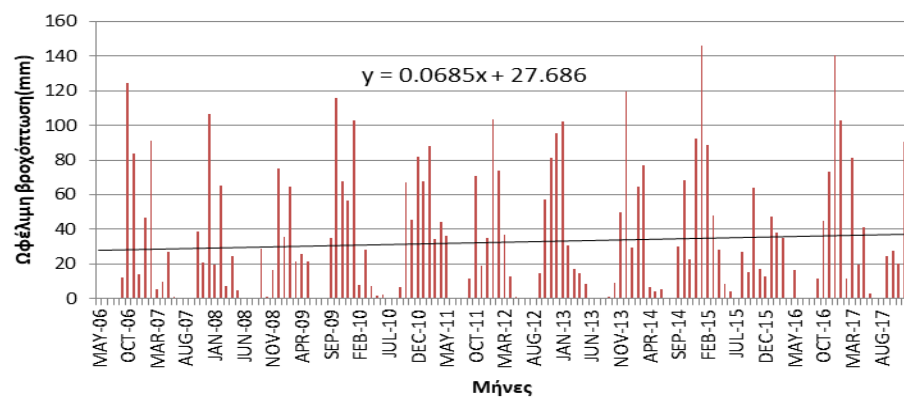
### Φράγμα ποταμών



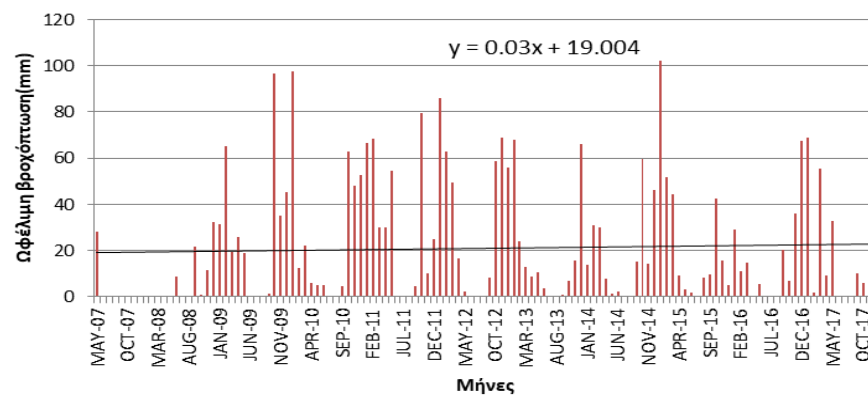
### Δυτικό Ηράκλειο



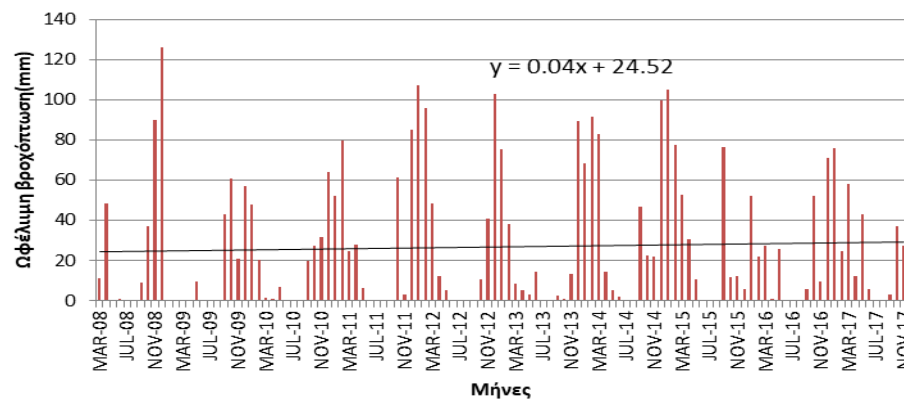
### Ηράκλειο



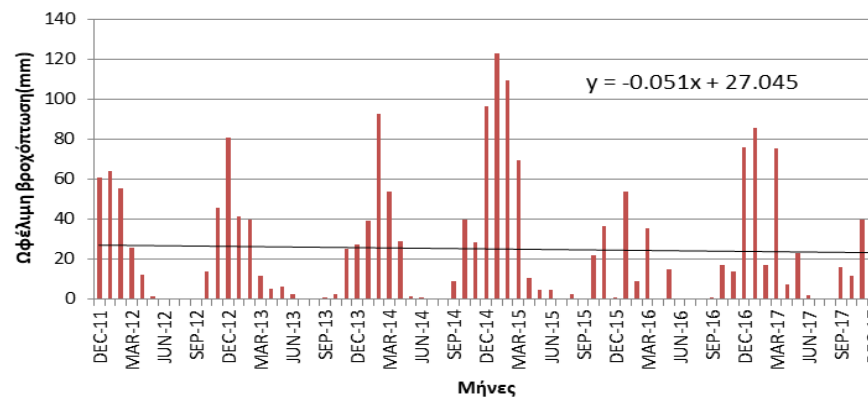
### Λιμάνι Ηρακλείου



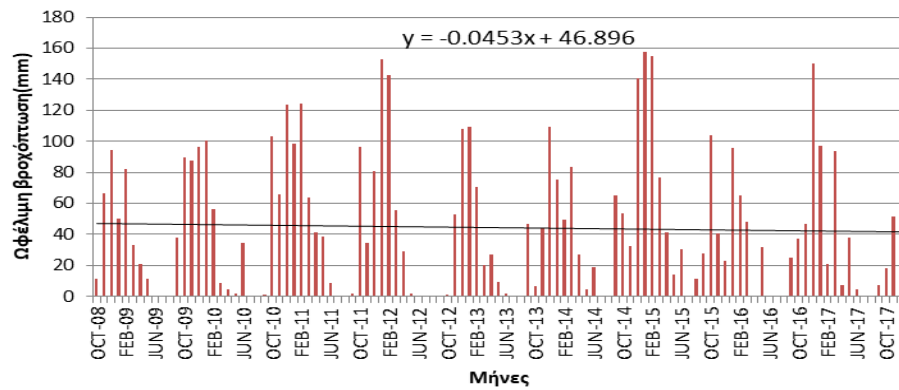
### Ιεράπετρα



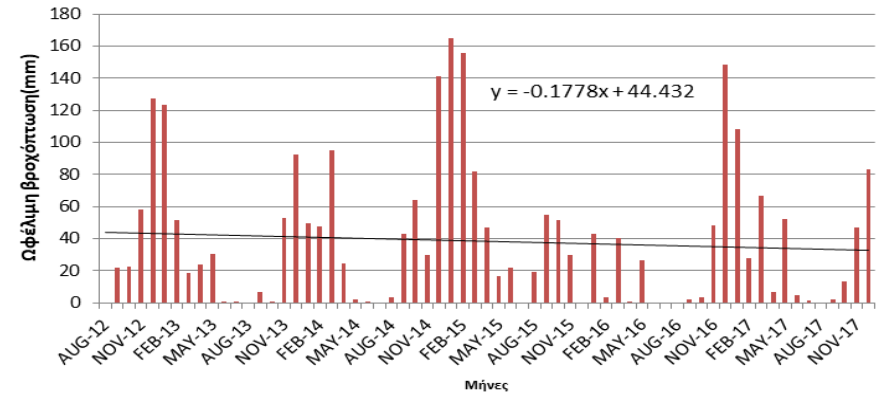
### Λέντας



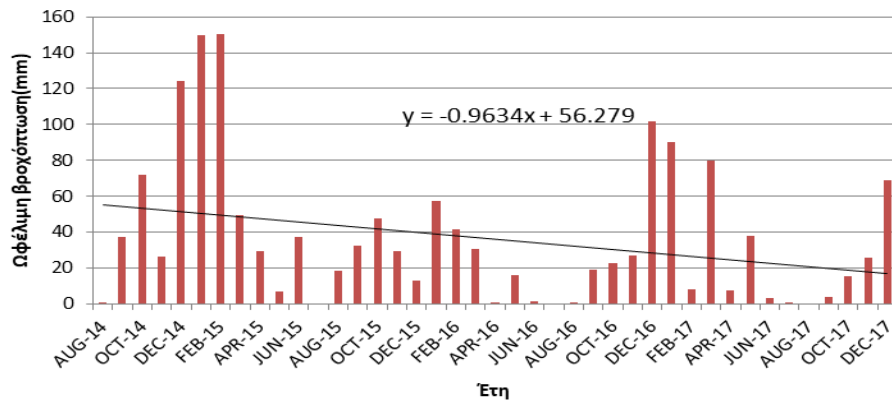
### Μεταξοχώρι



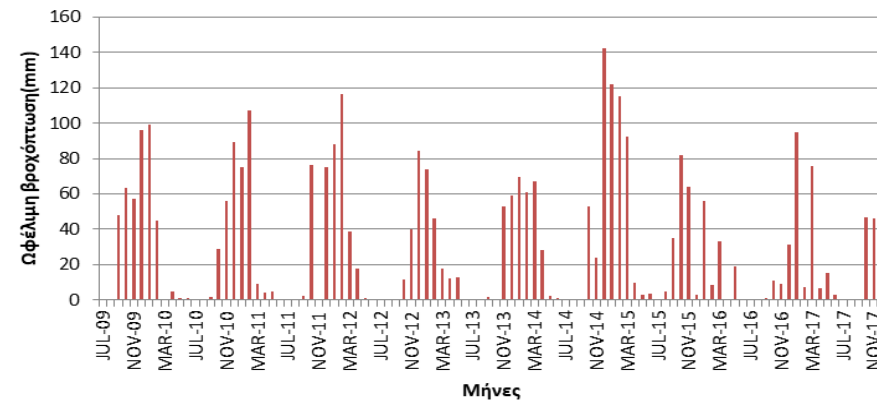
### Πλακιάς



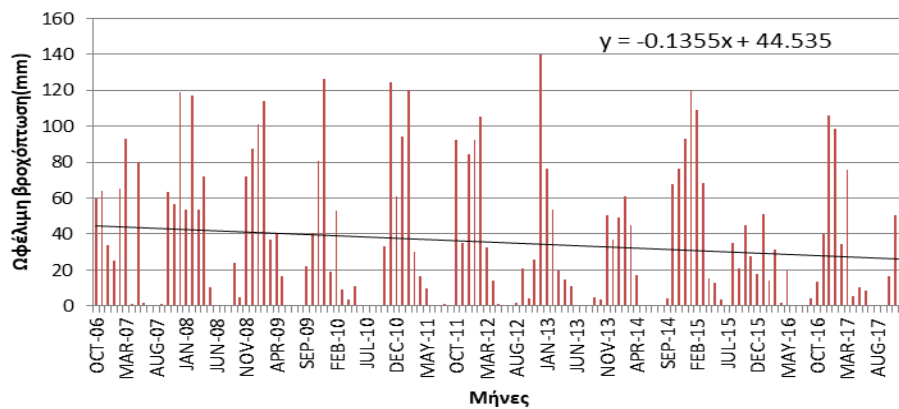
### Πυράθι



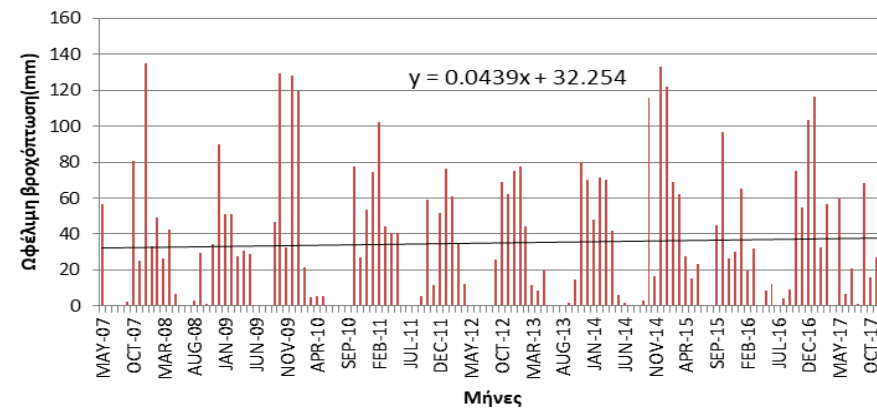
### Μοίρες



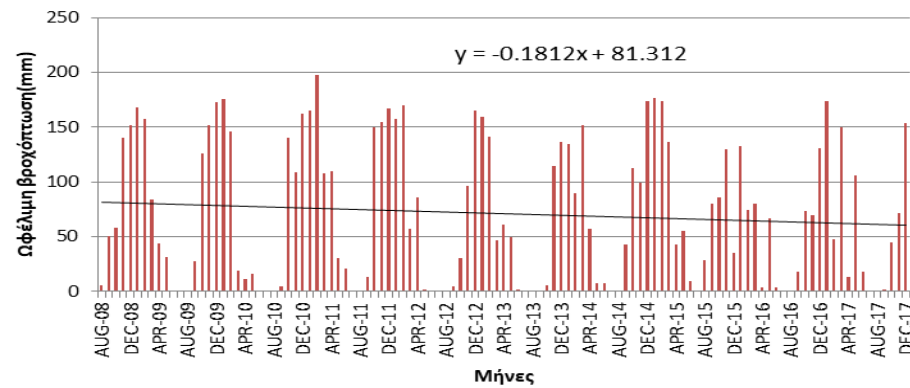
### Παλαιόχωρα



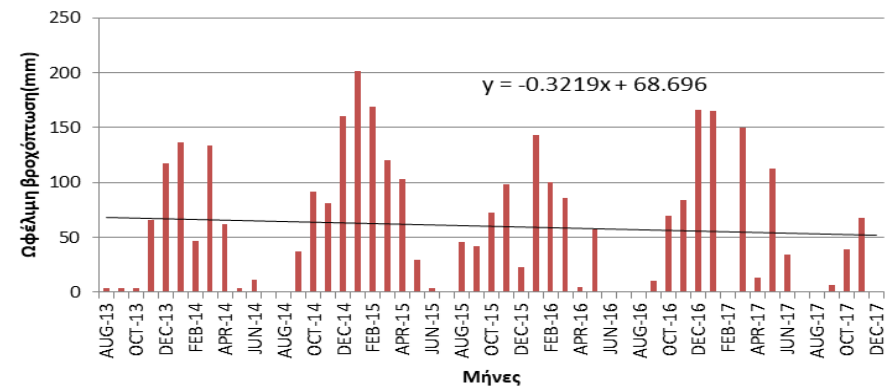
### Ρέθυμνο



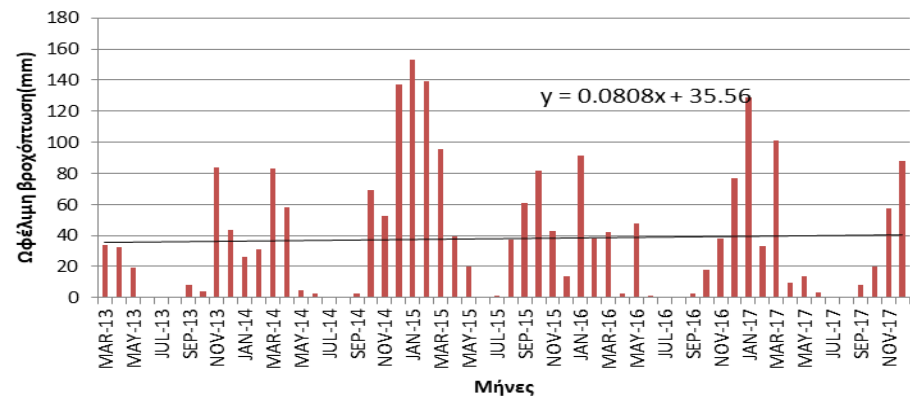
### Σαμαριά



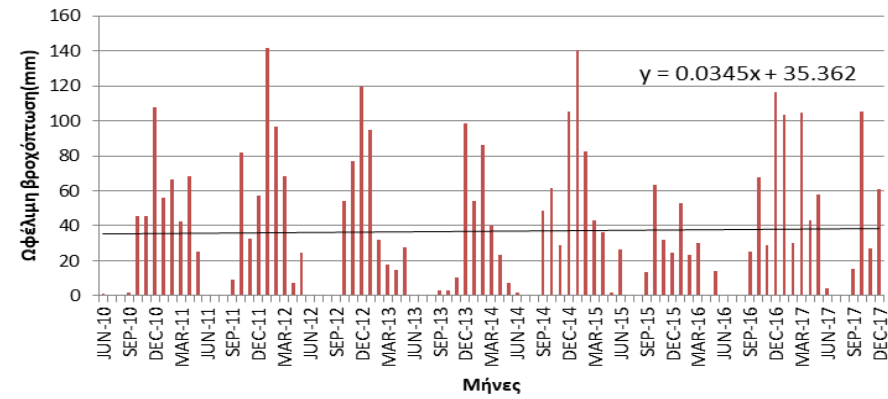
### Φαράγγι Σαμαριάς



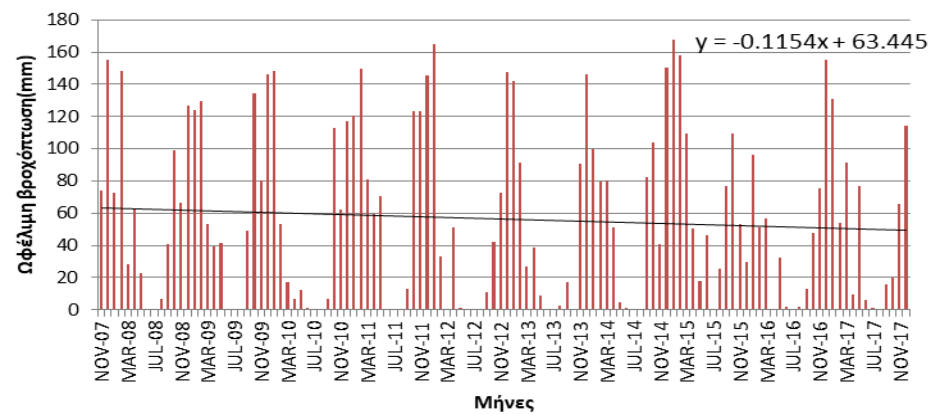
### Σφακιά



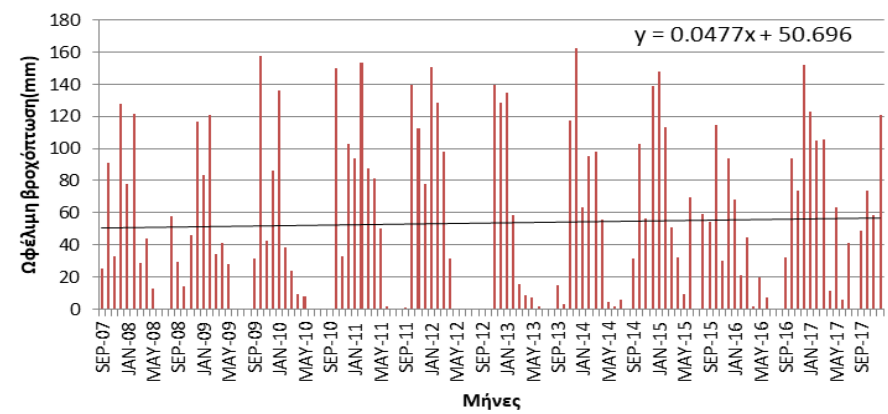
### Σητεία



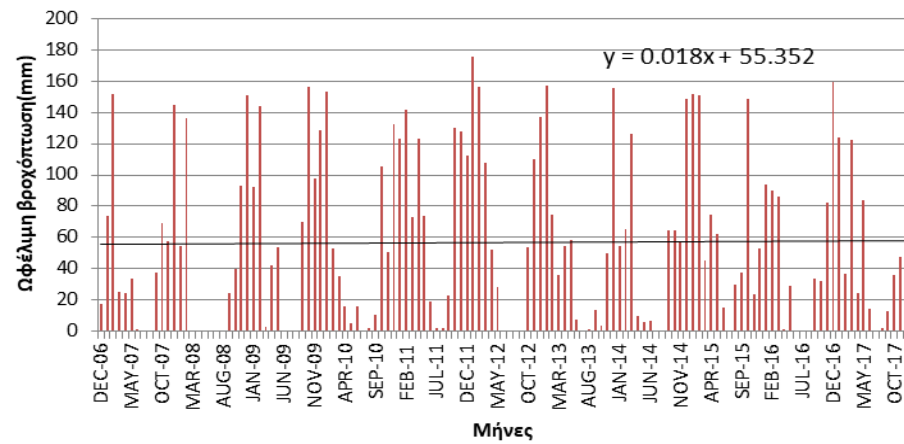
### Σπήλι



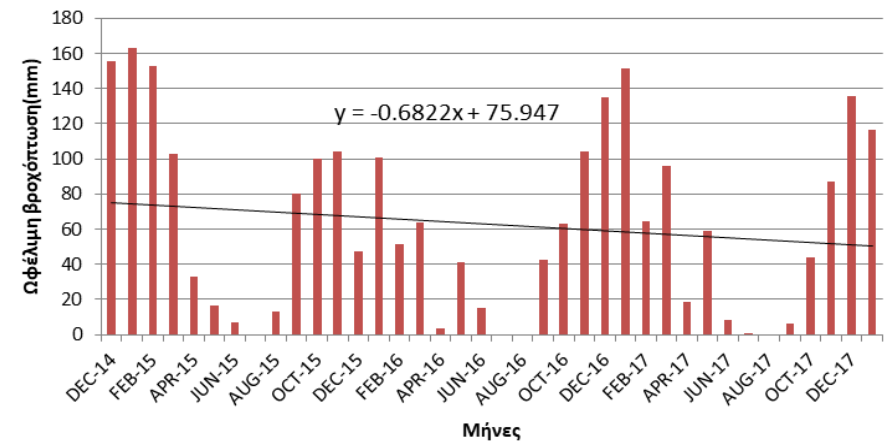
### Βρύσες



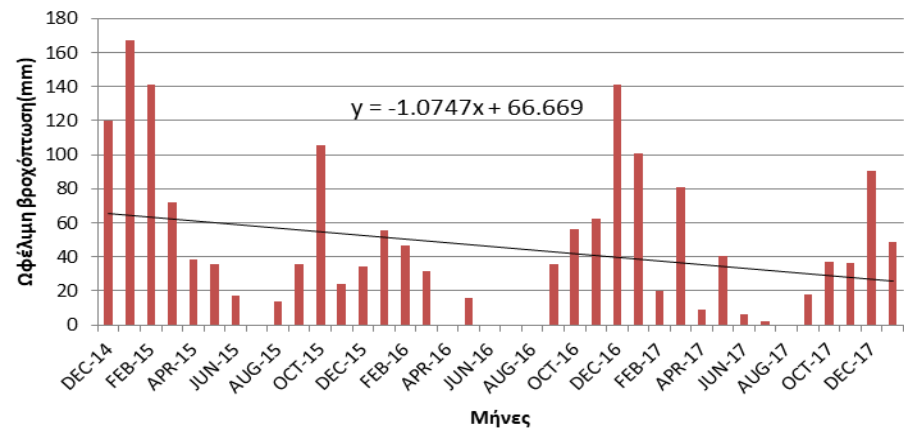
### Τζεργιάδο



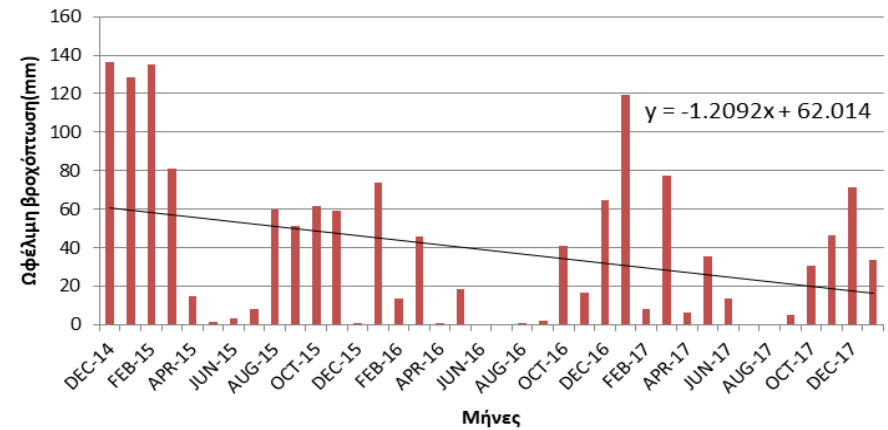
### Έλος



### Σταυράκια



### Βαγιονιά



### **3.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ-ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ**

Στην παρούσα εργασία, μέσω της χρήσης της Matlab, σχεδιάστηκαν οι κανονικές κατανομές για τα ετήσια βροχομετρικά δεδομένα, για κάθε σταθμο και ακολουθήθηκαν τα βήματα προσαρμογής κανονικής κατανομής που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ως γνωστόν, έχουν παρατηρηθεί διαφορές στις τιμές της ετήσιας βροχόπτωσης της Ανατολικής σε σχέση με τη Δυτική Κρήτη. Η Ανατολική Κρήτη, παρουσιάζει μέγιστη περίοδο επαναφοράς κάθε 8 χρόνια, παρόμοια με τη συνολική ετήσια και την υγρή περίοδο μεταβλητότητας της βροχόπτωσης, καθώς επίσης και 2 μικρότερες περιόδους επαναφοράς κάθε 4 και κάθε 2 χρόνια. Η Δυτική Κρήτη, παρουσιάζει, περιόδους επαναφοράς ίδιου ελάχιστου μεγέθους, περίπου κάθε 5 χρόνια και 2 χρόνια, όπως και το Ανατολικό κομμάτι. Όσον αφορά τη συνολική ετήσια μεταβλητότητα της βροχόπτωσης, στο νησί της Κρήτης, παρουσιάζει μέγιστη περίοδο επαναφοράς κάθε 8 χρόνια και 2 ακόμα περιόδους παρόμοιου μεγέθους, περίπου κάθε 4 χρόνια.

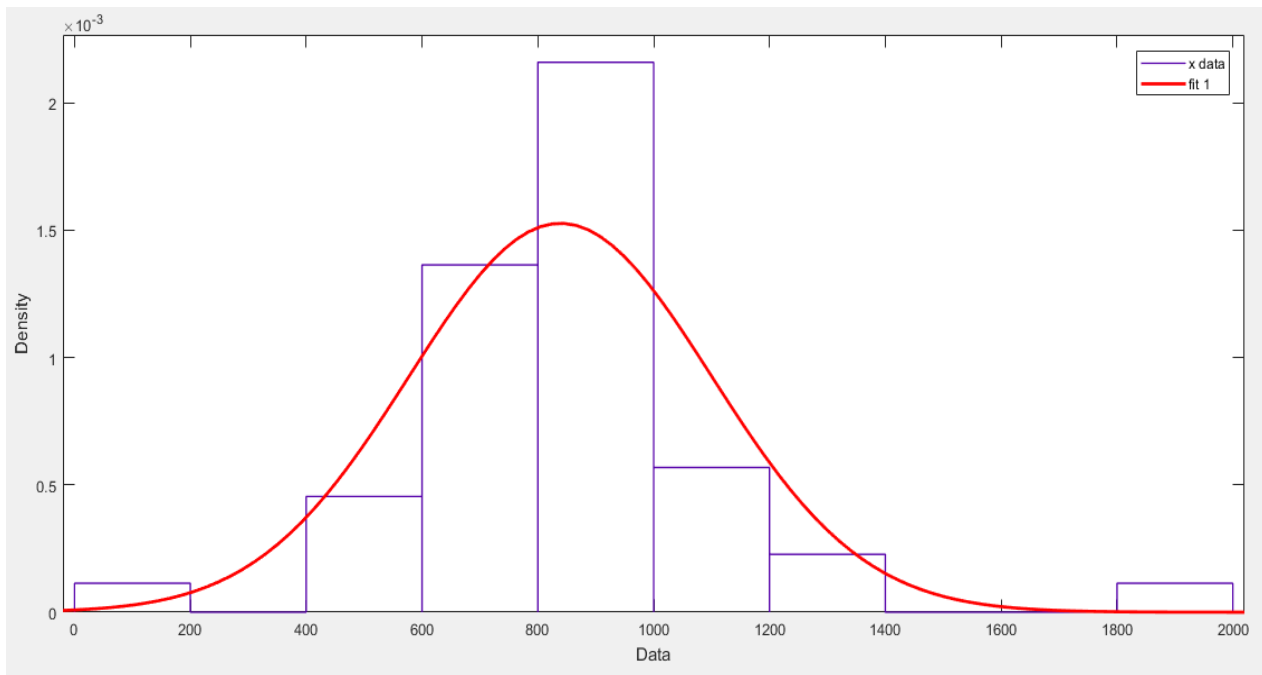
Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα των σταθμών που παρουσιάζουν κατανομές πιο “κοντά” στην καμπύλη της κανονικής κατανομής. Από τα γραφήματα αυτά, υπολογίζεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση καθώς επίσης καταγράφεται η περίοδος επαναφοράς αναλόγως με το γεωγραφικό διαμέρισμα της Κρήτης που βρίσκεται κάθε σταθμός (Ανατολική- Δυτική Κρήτη). Αφού έχει βρεθεί η περίοδος επαναφοράς (T), υπολογίζεται η πιθανότητα μη υπέρβασης(F) και στη συνέχεια από τον πίνακα κανονικής κατανομής, βρίσκεται η τυποποιημένη μεταβλητή (z), για κάθε F. Τέλος εκτιμάται η τιμή της μεταβλητής X ως εξής:

**$X = \mu + (\sigma \cdot Z)$**  , όπου:

X: η ένταση της βροχόπτωσης (mm)

$\mu$ : η μέση τιμή

$\sigma$ : η τυπική αποκλιση



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Κάνδανου

Από το γράφημα για το σταθμό Κάνδανο, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 829,044$ , ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 283,104$

Ο Κάνδανος ανήκει στη Δυτική Κρήτη, οπότε οι περίοδοι επαναφοράς εμφανίζονται κάθε 5 και 2 χρόνια. Συνεπώς:

- Για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια ( $T=5$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:

$$F = 1 - \frac{1}{T} = 1 - \frac{1}{5} = 0,8$$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,8$ , προκύπτει ότι:  $z=0,7881$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \rightarrow x = \mu + (\sigma * z) = 829,044 + (283,104 * 0,7881) \rightarrow x = 1052,158 \text{ mm}$$

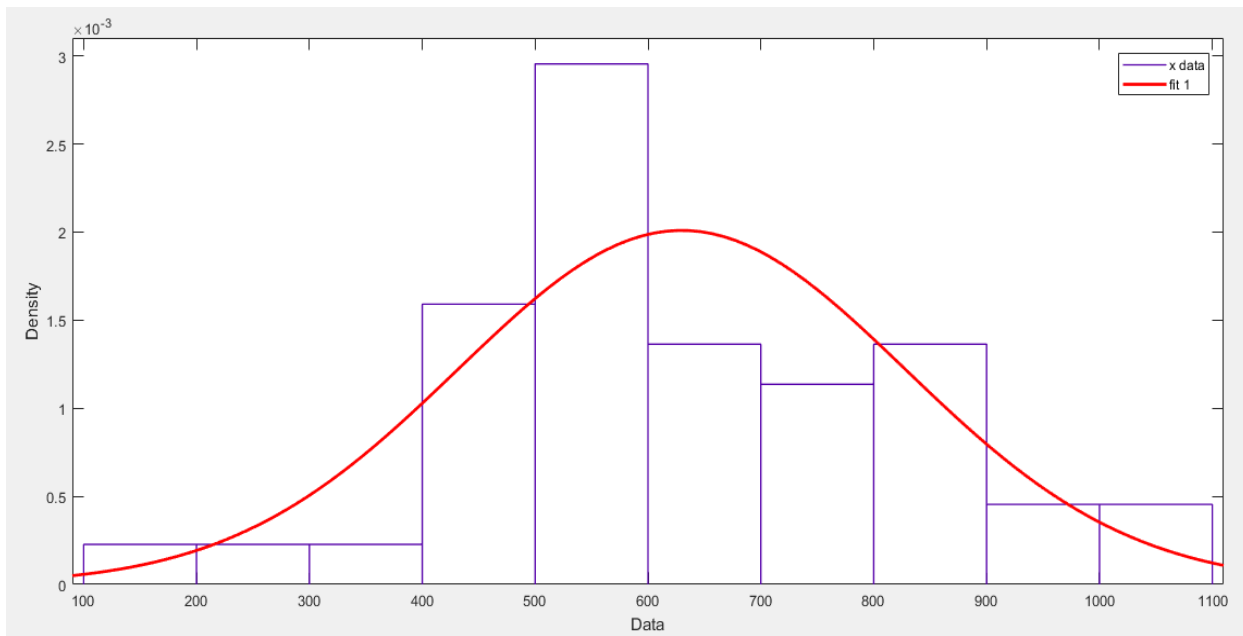
- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:

$$F = 1 - \frac{1}{T} = 1 - \frac{1}{2} = 0,5$$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$ , προκύπτει ότι:  $z=0,6915$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \rightarrow x = \mu + (\sigma * z) = 829,044 + (283,104 * 0,6915) \rightarrow x = 1024,81 \text{ mm}$$

Παρατηρείται λοιπόν ότι για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια στον Κάνδανο αναμένεται βροχόπτωση ύψους 1052,158mm, ενώ για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 1024,81 mm.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Καλύβες

Από το γράφημα για τις Καλύβες, που ανήκουν στη Δυτική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 629,831$ , ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 198,512$

- Για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια ( $T=5$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F = 0,8$

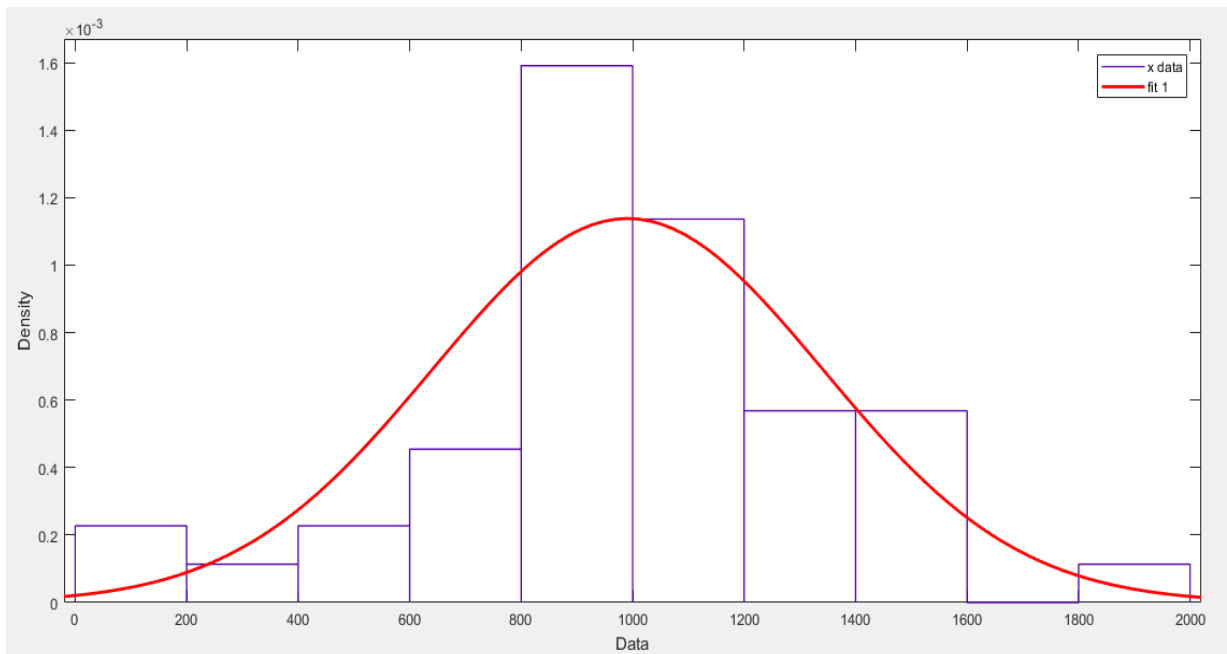
Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,8$  προκύπτει ότι:  $z=0,7881$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:  
 $x = \mu + (\sigma * z) = 629,831 + (198,512 * 0,7881) \rightarrow x = 786,278 \text{ mm}$

- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$ , προκύπτει ότι  $z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:  
 $x = \mu + (\sigma * z) = 629,831 + (198,512 * 0,6915) \rightarrow x = 767,102 \text{ mm}$

Παρατηρείται λοιπόν ότι στις Καλύβες για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 786,278mm ενώ για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια, το μέγιστο ύψος βροχής που αναμένεται είναι 767,102mm.





Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Μουρί

Από το γράφημα για το Μουρί, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 981,309$ , ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 371,62$

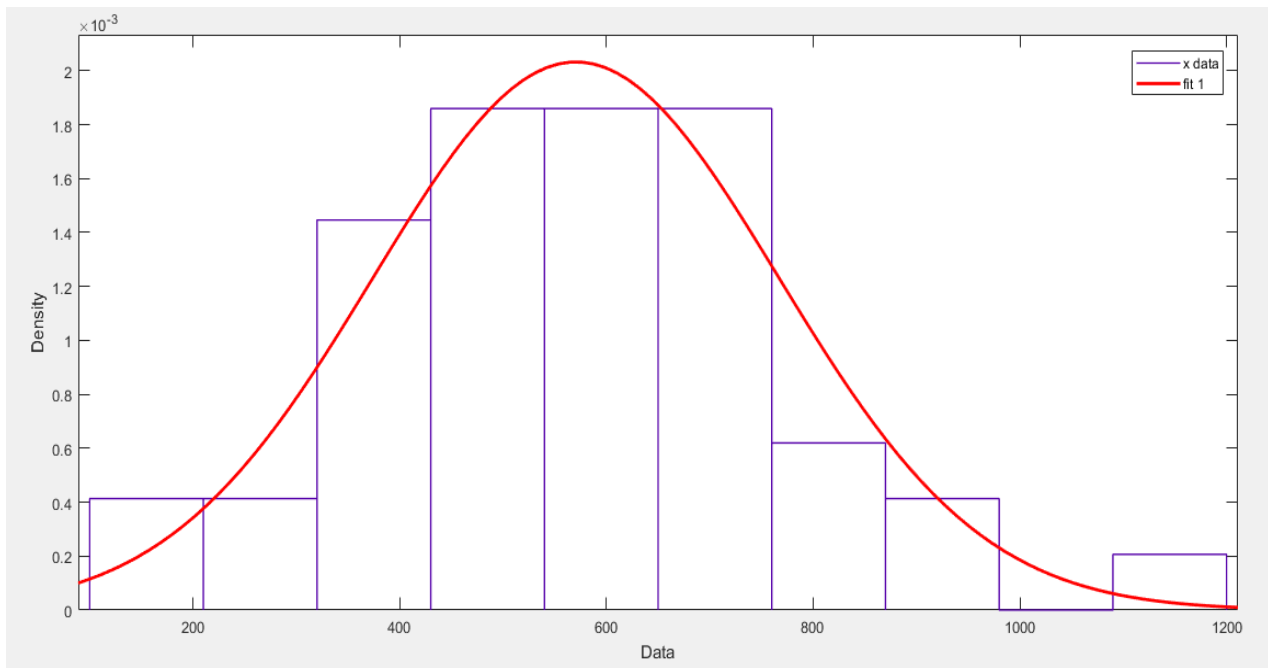
- Για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια ( $T=5$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F = 0,8$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,8$ , προκύπτει ότι:  $z=0,7881$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:  
 $x = \mu + (\sigma * z) = 981,309 + (371,62 * 0,7881) \rightarrow x = 1274,183 \text{ mm}$

- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F = 0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$ , προκύπτει ότι:  $z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:  
 $x = \mu + (\sigma * z) = 981,309 + (371,62 * 0,6915) \rightarrow x = 1238,284 \text{ mm}$

Παρατηρείται λοιπόν, ότι για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια, στο Μουρί, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 1274,183 mm ενώ για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια, το μέγιστο ύψος βροχής που αναμένεται είναι 1238,284 mm.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Αγία Γαλήνη

Από το γράφημα για την Αγία Γαλήνη, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:

$\mu = 570,494$ , ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 196,28$

• Για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια ( $T=5$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:

$F = 0,8$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,8$ , προκύπτει ότι:  $z=0,7881$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 570,494 + (196,28 * 0,7881) \rightarrow x = 725,181 \text{ mm}$$

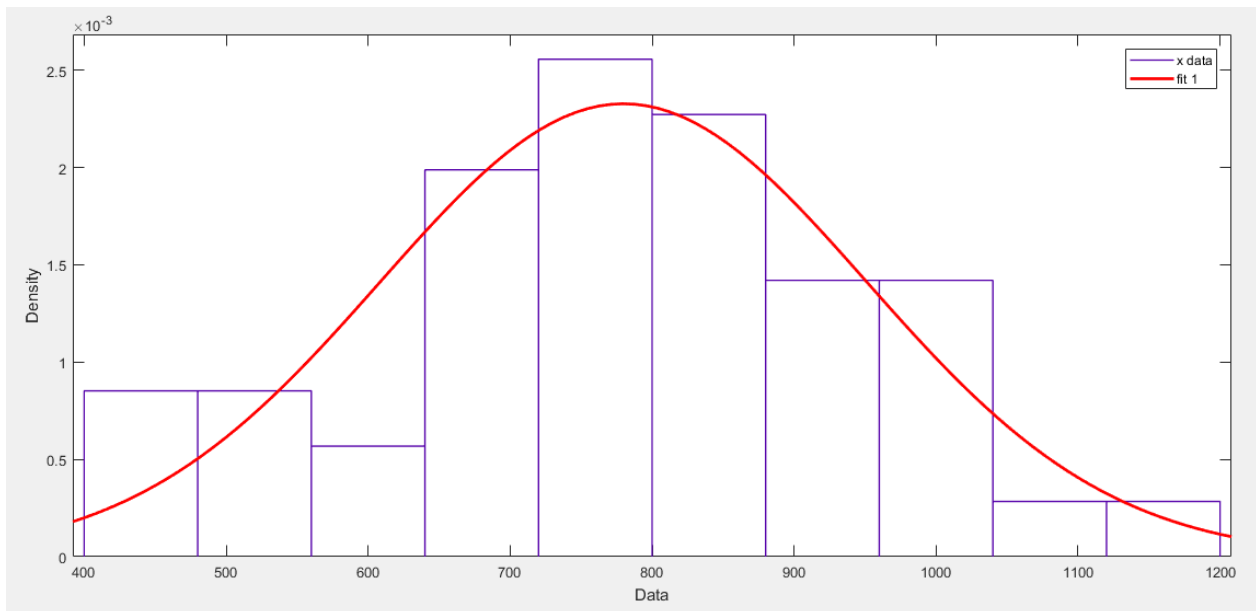
• Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:

$F = 0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$ , προκύπτει ότι  $z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 570,494 + (196,28 * 0,6915) \rightarrow x = 706,22 \text{ mm}$$

Συμπερασματικά, για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια, στην Αγία Γαλήνη, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 725,181 mm ενώ για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια, το μέγιστο ύψος βροχής που αναμένεται είναι 706,22 mm.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Αρμάχα

Από το γράφημα για την Αρμάχα, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 779,816$ , ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 171,365$

- Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:

$$F = 1 - \frac{1}{T} = 1 - \frac{1}{8} = 0,875$$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$ , προκύπτει ότι:  $z=0,8092$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \rightarrow x = \mu + (\sigma * z) = 779,816 + (171,365 * 0,8092) \rightarrow x = 918,484 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:

$$F = 1 - \frac{1}{T} = 1 - \frac{1}{4} = 0,75$$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75$ , προκύπτει ότι:  $z=0,7734$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \rightarrow x = \mu + (\sigma * z) = 779,816 + (171,365 * 0,7734) \rightarrow x = 912,349 \text{ mm}$$

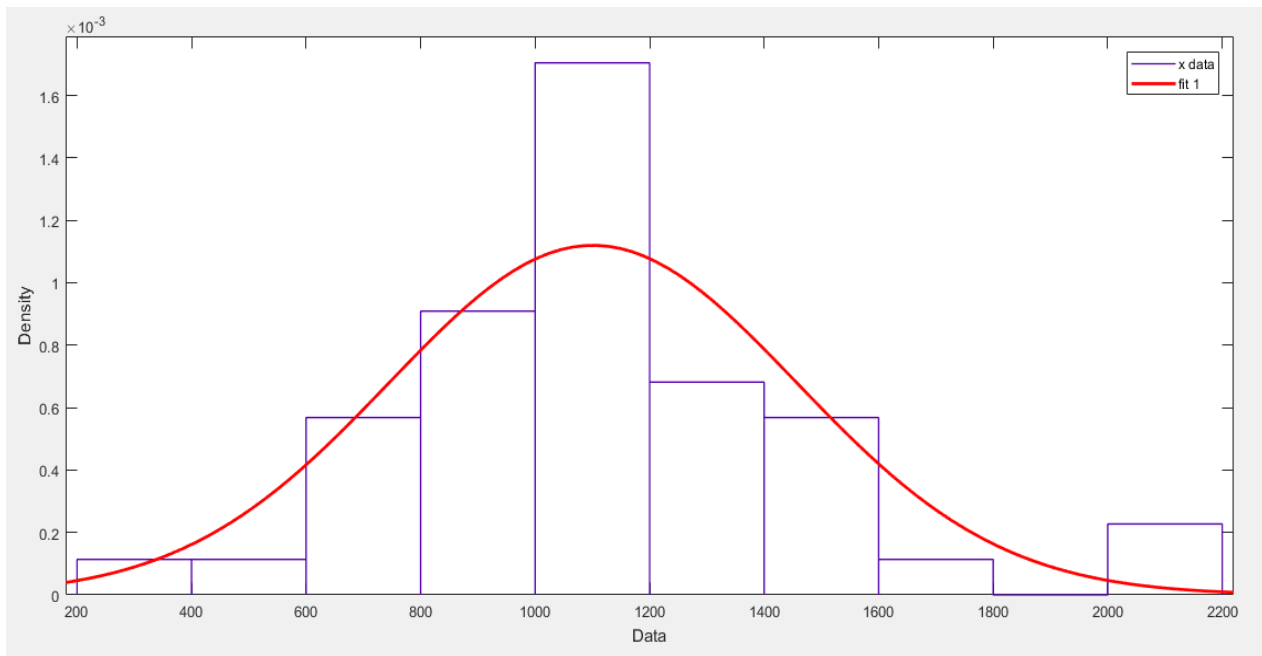
- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:

$$F = 1 - \frac{1}{T} = 1 - \frac{1}{2} = 0,5$$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$  προκύπτει ότι:  $z=0,6915$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \rightarrow x = \mu + (\sigma * z) = 779,816 + (171,365 * 0,6915) \rightarrow x = 898,314 \text{ mm}$$

Συμπερασματικά, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια στην Αρμάχα, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 918,484 mm ενώ για περιόδους επαναφοράς 4 και 2 χρόνια, τα μέγιστα ύψη βροχής που αναμένονται είναι 912,349 mm και 898,314mm, αντίστοιχα.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Βορίζια

Από το γράφημα για τα Βορίζια, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 1100,95$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 356,219$

- Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F = 0,875$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$  προκύπτει ότι:  $z=0,8092$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 1100,95 + (356,219 * 0,8092) \rightarrow x = 1389,202 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F = 0,75$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75$  προκύπτει ότι:  $z=0,7734$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

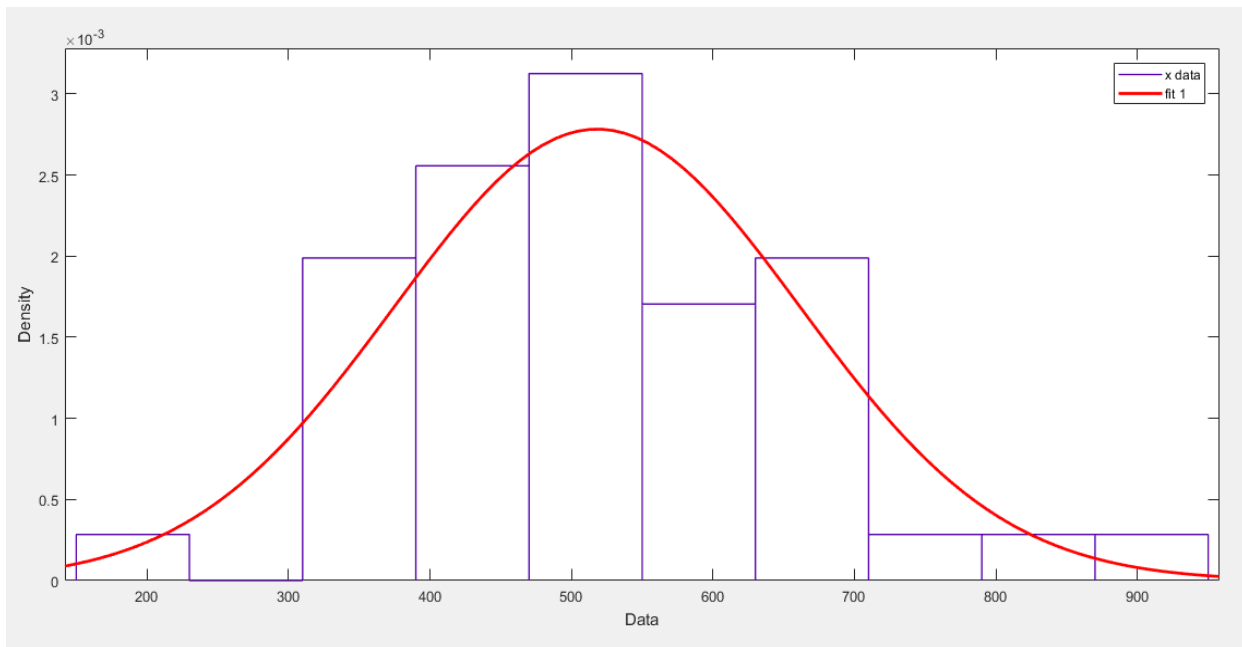
$$x = \mu + (\sigma * z) = 1100,95 + (356,219 * 0,7734) \rightarrow x = 1376,449 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F = 0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5 \rightarrow z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 1100,95 + (356,219 * 0,6915) \rightarrow x = 1320,024 \text{ mm}$$

Συμπερασματικά, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια στα Βορίζια, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 1389,202 mm ενώ για περιόδους επαναφοράς 4 και 2 χρόνια, τα μέγιστα ύψη βροχής που αναμένονται είναι 1376,449 mm και 1320,024 mm, αντίστοιχα.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Πραιτώρια

Από το γράφημα για τα Πραιτώρια, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 518,113$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 143,354$

- Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:

$$F = 0,875$$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$  προκύπτει ότι:  $z=0,8092$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 518,113 + (143,354 * 0,8092) \rightarrow x = 634,115 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:

$$F = 0,75$$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75$  προκύπτει ότι:  $z=0,7734$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 518,113 + (143,354 * 0,7734) \rightarrow x = 628,982 \text{ mm}$$

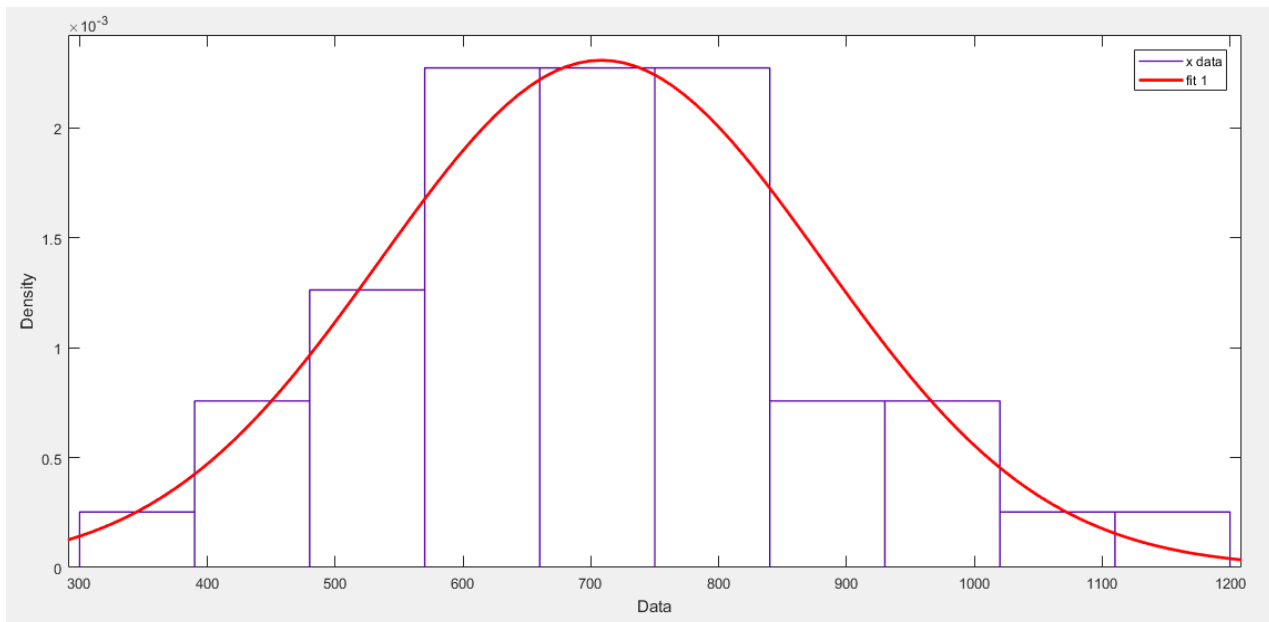
- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:

$$F = 0,5$$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5 \rightarrow z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 518,113 + (143,354 * 0,6915) \rightarrow x = 617,242 \text{ mm}$$

Συνεπώς, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια στα Πραιτώρια, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 634,115 mm ενώ για περιόδους επαναφοράς 4 και 2 χρόνια, τα μέγιστα ύψη βροχής που αναμένονται είναι 628,982 mm και 617,242 mm, αντίστοιχα.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Τεφέλι

Από το γράφημα για το Τεφέλι, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 708,201$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 172,883$

- Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F=0,875$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$  προκύπτει ότι:  $z=0,8092$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 708,201 + (172,883 * 0,8092) \rightarrow x = 848,097 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F=0,75$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75$  προκύπτει ότι:  $z=0,7734$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

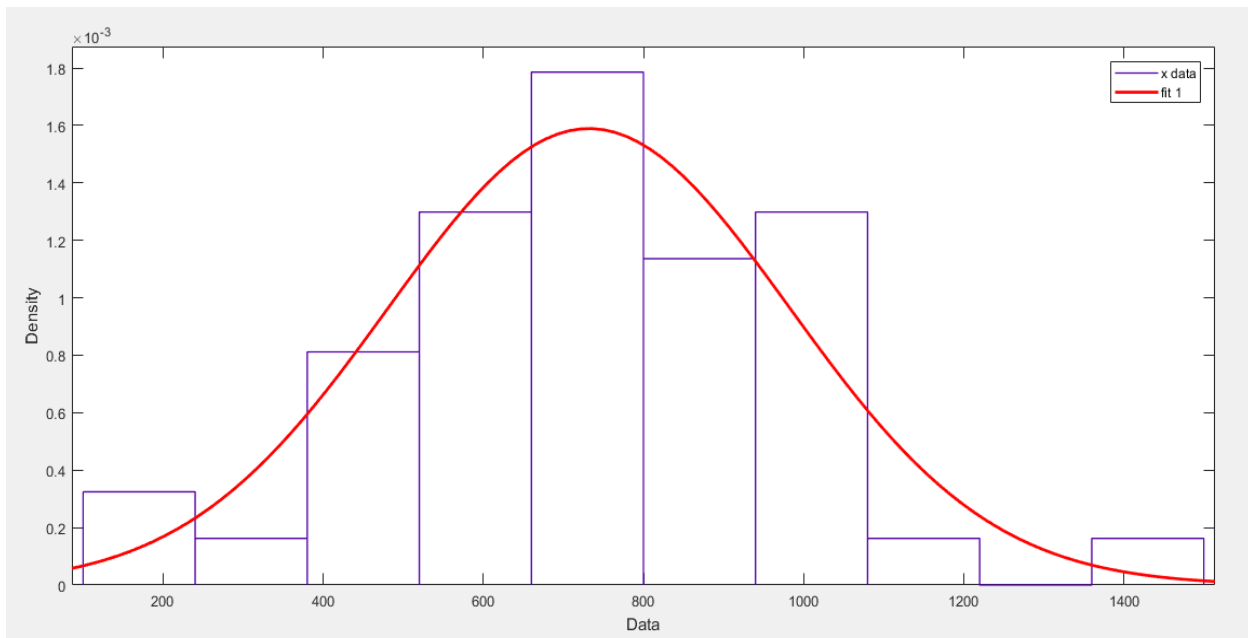
$$x = \mu + (\sigma * z) = 708,201 + (172,883 * 0,7734) \rightarrow x = 841,908 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F=0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$  προκύπτει ότι:  $z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 708,201 + (172,883 * 0,6915) \rightarrow x = 827,749 \text{ mm}$$

Συνεπώς, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια στο Τεφέλι, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 848,097mm ενώ για περιόδους επαναφοράς 4 και 2 χρόνια, τα μέγιστα ύψη βροχής που αναμένονται είναι 841,908 mm και 827,749 mm, αντίστοιχα.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Φοινικιά

Από το γράφημα για τη Φοινικιά, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:

$\mu = 731,894$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 251,004$

• Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F=0,875$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$  προκύπτει ότι:  $z=0,8092$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 731,894 + (251,004 * 0,8092) \rightarrow x = 935,006 \text{ mm}$$

• Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F=0,75$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75$  προκύπτει ότι:  $z=0,7734$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

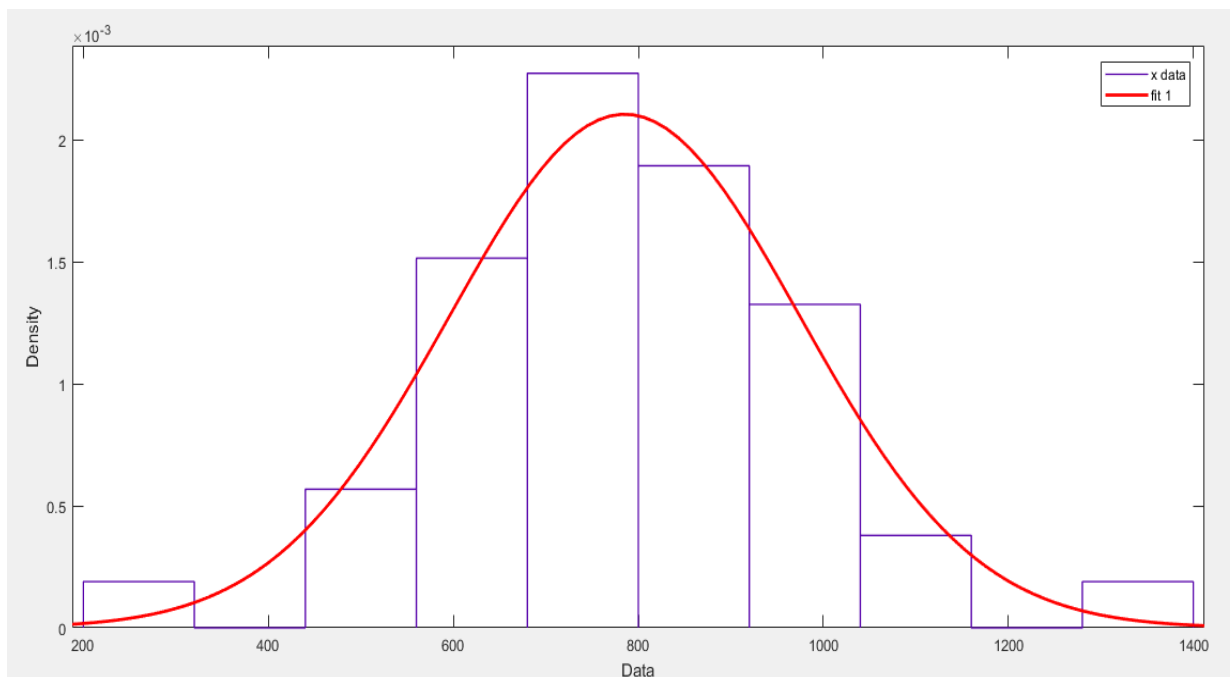
$$x = \mu + (\sigma * z) = 731,894 + (251,004 * 0,7734) \rightarrow x = 926,020 \text{ mm}$$

• Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F=0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5 \rightarrow z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 731,894 + (251,004 * 0,6915) \rightarrow x = 905,463 \text{ mm}$$

Συνεπώς, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια στη Φοινικιά, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 935,006mm ενώ για περιόδους επαναφοράς 4 και 2 χρόνια, τα μέγιστα ύψη βροχής που αναμένονται είναι 926,010 mm και 905,463 mm, αντίστοιχα.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Ρουσσοχώρια

Από το γράφημα για τα Ρουσσοχώρια, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 785,203$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 189,5088$

• Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F=0,875$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$  προκύπτει ότι:  $z=0,8092$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 785,203 + (189,5088 * 0,8092) \rightarrow x = 938,5535 \text{ mm}$$

• Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F=0,75$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75$  προκύπτει ότι:  $z=0,7734$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

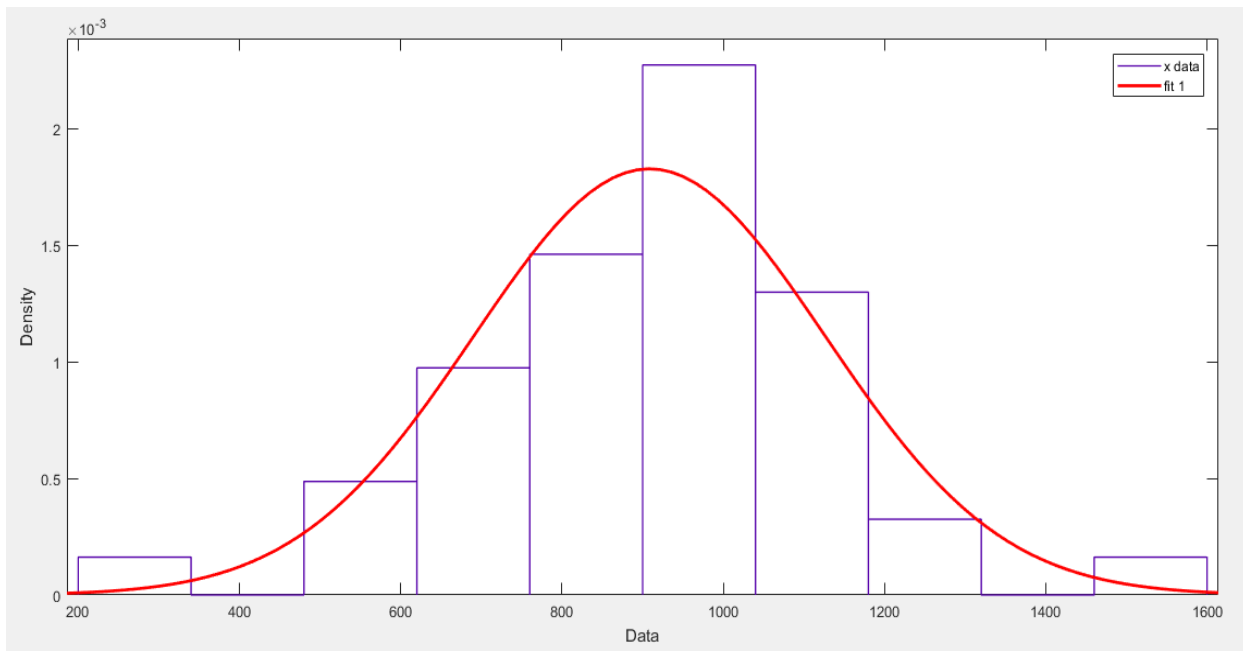
$$x = \mu + (\sigma * z) = 785,203 + (189,5088 * 0,7734) \rightarrow x = 931,769 \text{ mm}$$

• Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 Για  $T=2$  years  $\rightarrow F=0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$  προκύπτει ότι:  $z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:  
 $Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \rightarrow x = \mu + (\sigma * z) = 785,203 + (189,5088 * 0,6915) \rightarrow x = 916,248 \text{ mm}$

Συνεπώς, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια στη Φοινικιά, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 938,554 mm ενώ για περιόδους επαναφοράς 4 και 2 χρόνια, τα μέγιστα ύψη βροχής που αναμένονται είναι 931,769 mm και 916,248 mm, αντίστοιχα.





Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Βιάννος

Από το γράφημα για το Βιάννο, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 908,484$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 218,291$

- Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,875$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$  προκύπτει ότι:  $z=0,8092$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 908,484 + (218,291 * 0,8092) \rightarrow x = 1085,125 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,75$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75$  προκύπτει ότι:  $z=0,7734$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

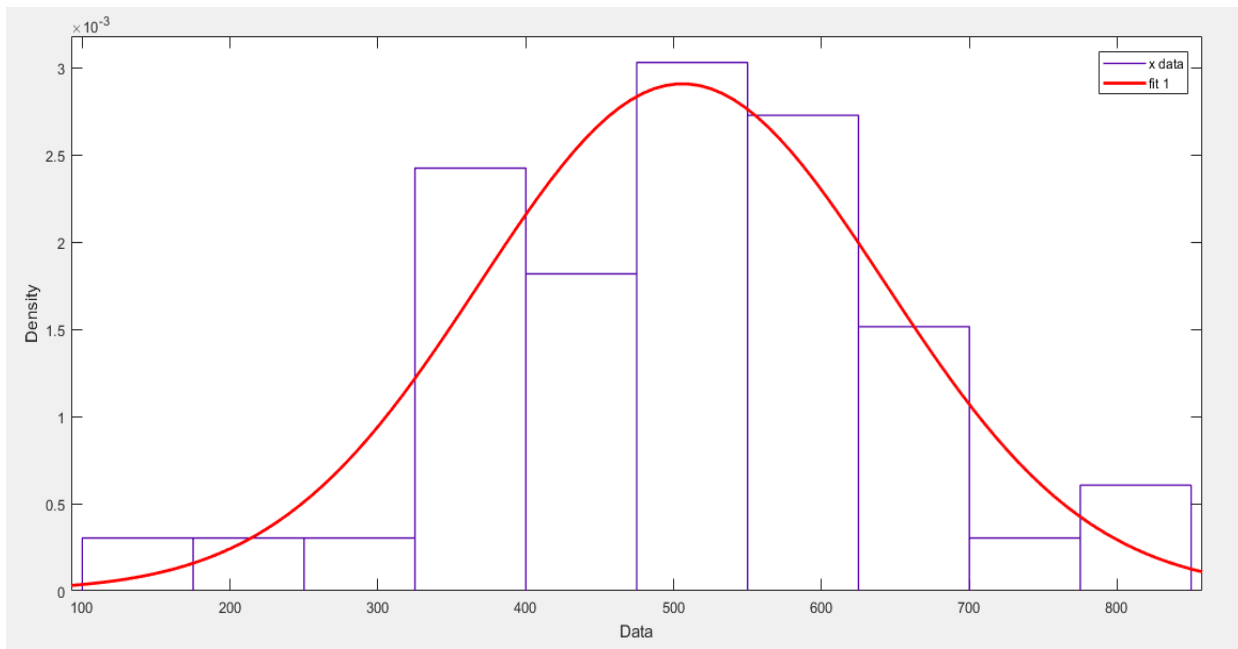
$$x = \mu + (\sigma * z) = 908,484 + (218,291 * 0,7734) \rightarrow x = 1077,310 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$  προκύπτει ότι:  $z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 908,484 + (218,291 * 0,6915) \rightarrow x = 1059,432 \text{ mm}$$

Συνεπώς, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια στο Βιάννο, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 1085,125 mm ενώ για περιόδους επαναφοράς 4 και 2 χρόνια, τα μέγιστα ύψη βροχής που αναμένονται είναι 1077,310 mm και 1059,432 mm, αντίστοιχα.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Καλό Χωριό

Από το γράφημα για το Καλό Χωριό, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 505,933$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 137,171$

- Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,875$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$  προκύπτει ότι:  $z=0,8092$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 505,933 + (137,171 * 0,8092) \rightarrow x = 616,932 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,75$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75$  προκύπτει ότι:  $z=0,7734$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

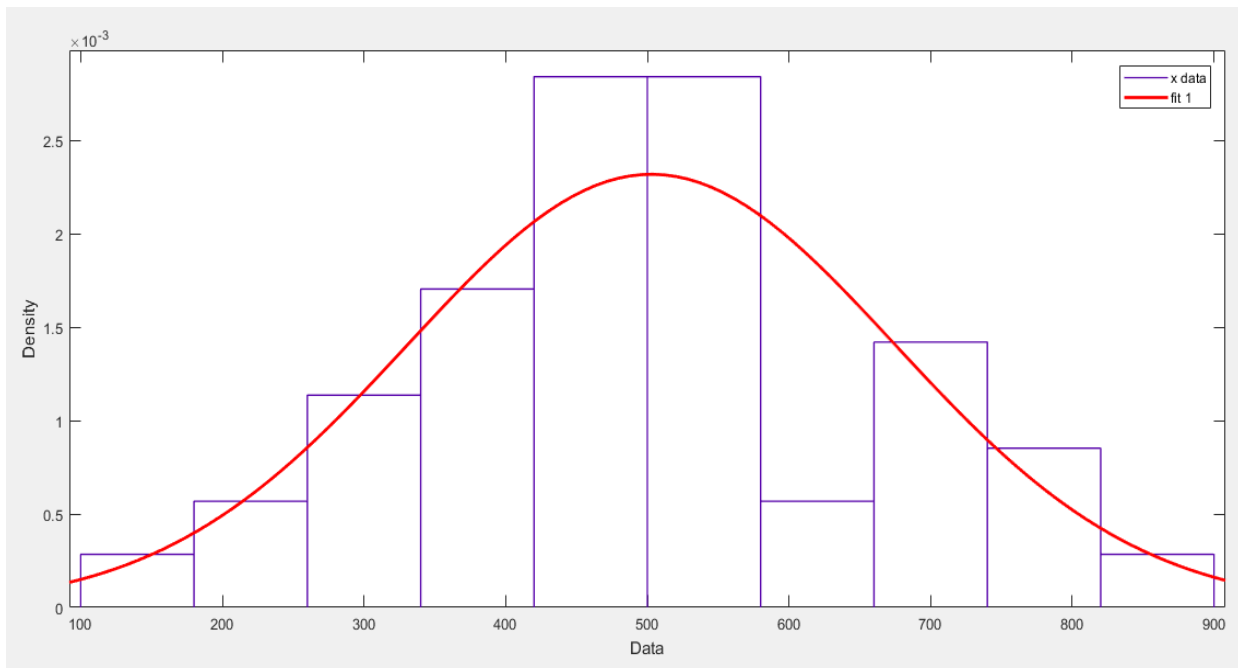
$$x = \mu + (\sigma * z) = 505,933 + (137,171 * 0,7734) \rightarrow x = 612,021 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5 \rightarrow z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 505,933 + (137,171 * 0,6915) \rightarrow x = 600,787 \text{ mm}$$

Συνεπώς, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια στο Καλό Χωριό, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 616,932 mm ενώ για περιόδους επαναφοράς 4 και 2 χρόνια, τα μέγιστα ύψη βροχής που αναμένονται είναι 612,021 mm και 600,787 mm, αντίστοιχα.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Παλαιόκαστρο

Από το γράφημα για το Παλαιόκαστρο, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 502,848$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 172.049$

- Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,875$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$  προκύπτει ότι:  $z=0,8092$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 502,848 + (172,049 * 0,8092) \rightarrow x = 642,07 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,75$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75 \rightarrow z=0,7734$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

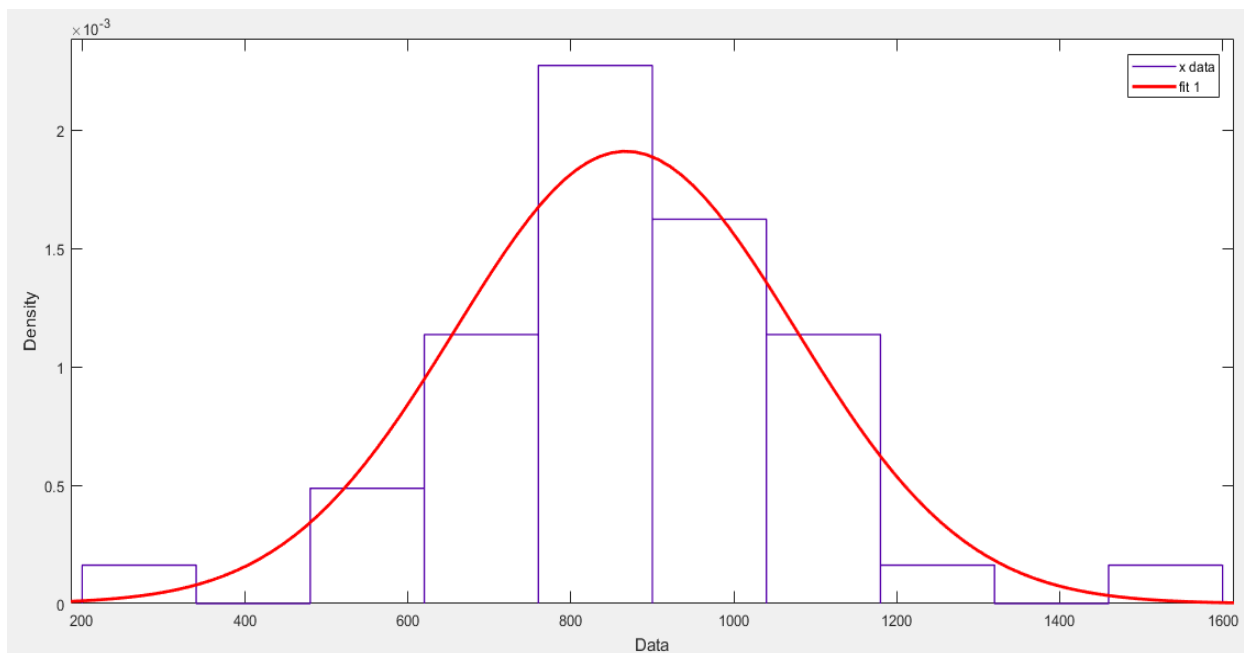
$$x = \mu + (\sigma * z) = 502,848 + (172,049 * 0,7734) \rightarrow x = 635,911 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5 \rightarrow z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 502,848 + (172,049 * 0,6915) \rightarrow x = 621,82 \text{ mm}$$

Συμπερασματικά, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια στο Παλαιόκαστρο, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 642,07 mm ενώ για περιόδους επαναφοράς 4 και 2 χρόνια, τα μέγιστα ύψη βροχής που αναμένονται είναι 635,911 mm και 621,82 mm, αντίστοιχα.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής του σταθμού Ζίρος

Από το γράφημα για τον Ζίρο, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 867,168$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 208,816$

- Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,875$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$  προκύπτει ότι:  $z=0,8092$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 867,168 + (208,816 * 0,8092) \rightarrow x = 1036,142 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,75$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75 \rightarrow z=0,7734$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

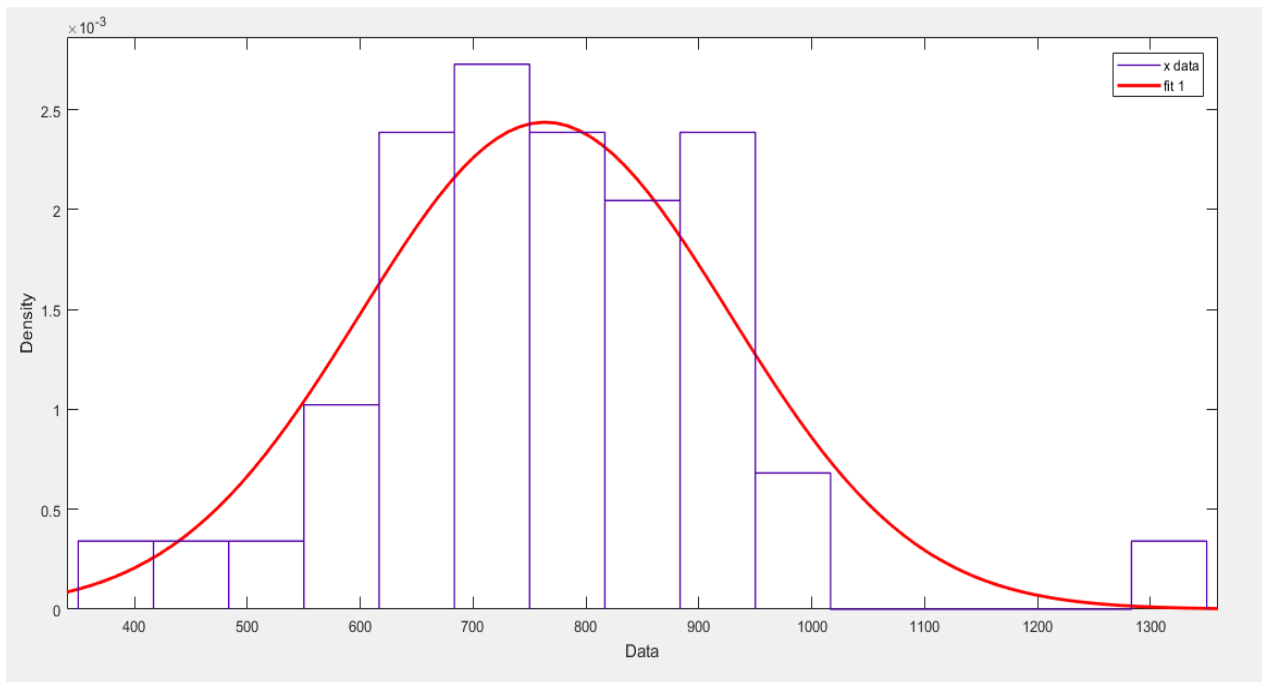
$$x = \mu + (\sigma * z) = 867,168 + (208,816 * 0,7734) \rightarrow x = 1028,666 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$  προκύπτει ότι:  $z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 867,168 + (208,816 * 0,6915) \rightarrow x = 1011,564 \text{ mm}$$

Συμπερασματικά, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια στο Ζίρο, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 1036,142 mm ενώ για περιόδους επαναφοράς 4 και 2 χρόνια, τα μέγιστα ύψη βροχής που αναμένονται είναι 1028,666mm και 1011,564 mm, αντίστοιχα.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής για το σύνολο των βροχομετρικών σταθμών στην Κρήτη

Από το γράφημα για το μέσο όρο όλων των σταθμών στην Κρήτη, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  
 $\mu = 763,609$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 163,693$

- Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F=0,875$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$  προκύπτει ότι:  $z=0,8092$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

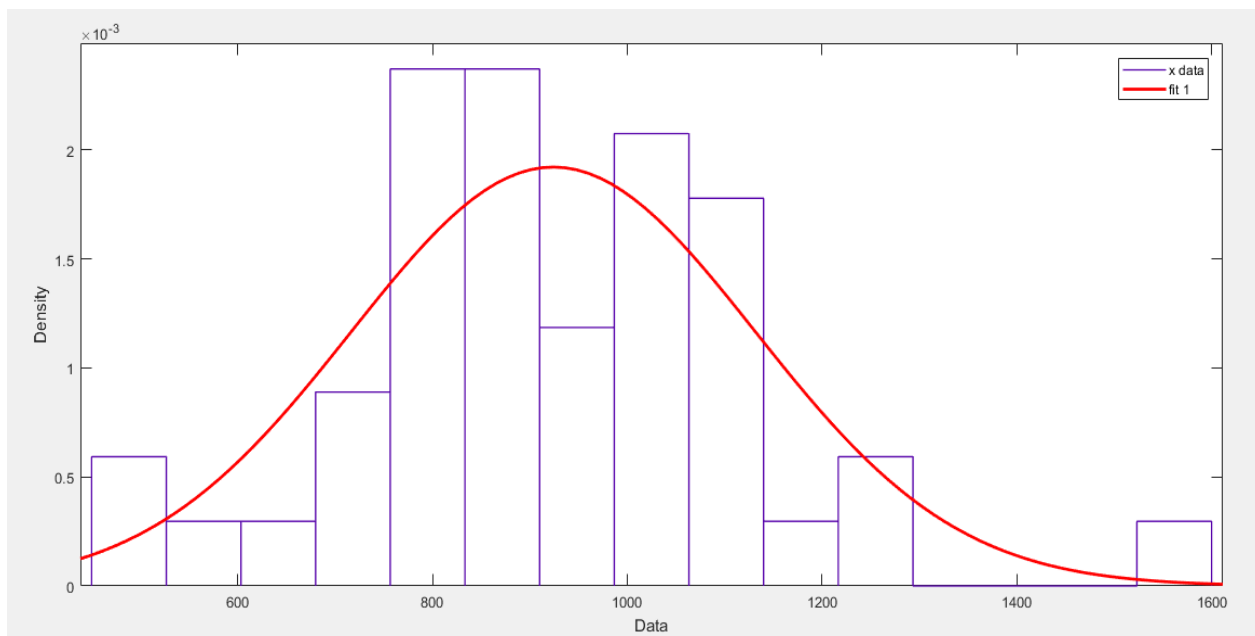
$$x = \mu + (\sigma * z) = 763,609 + (163,694 * 0,8092) \rightarrow x = 896,07 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F=0,75$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75$  προκύπτει ότι:  $z=0,7734$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 763,609 + (163,694 * 0,7734) \rightarrow x = 890,209 \text{ mm}$$

Συμπερασματικά, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια για το σύνολο της νήσου Κρήτης, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 896,07 mm ενώ για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια, το μέγιστο ύψος βροχής που αναμένεται είναι 890,209 mm.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής για το μέσο όρο των σταθμών που ανήκουν στα Χανιά

Από το γράφημα για το μέσο όρο όλων των σταθμών που ανήκουν στα Χανιά, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 924,059$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 207,604$

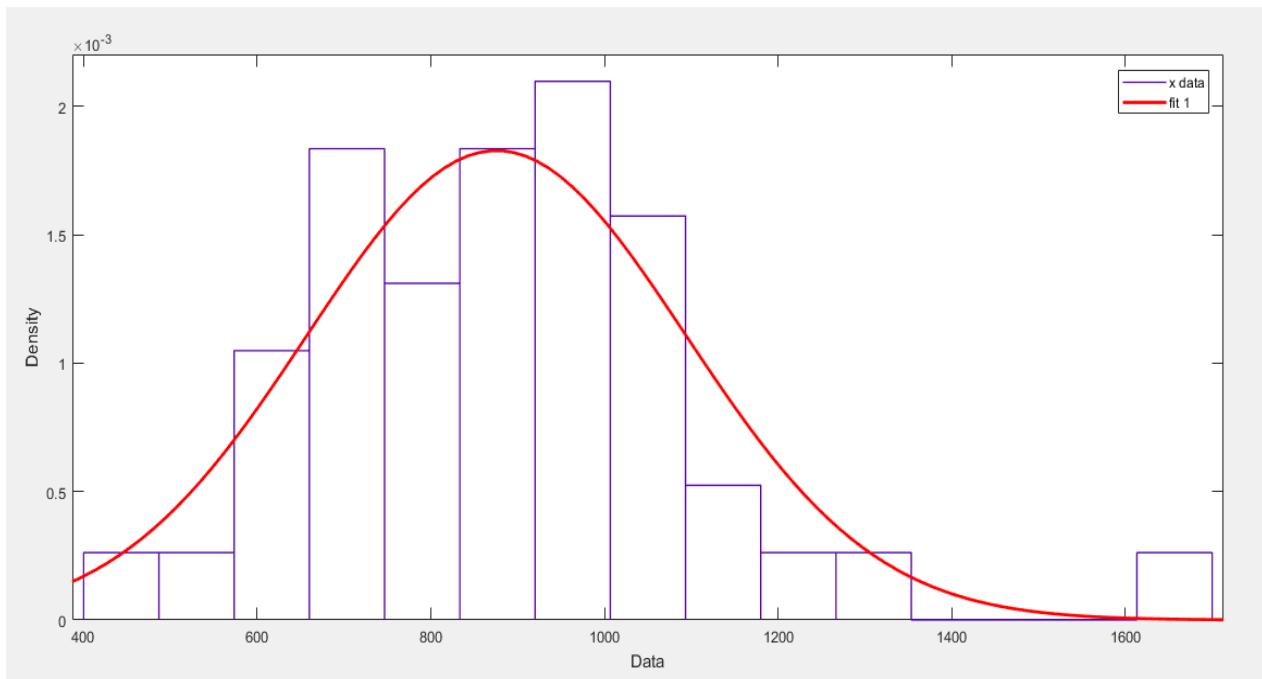
- Για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια ( $T=5$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0.8$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0.8$  προκύπτει ότι:  $z=0,7881$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:  
 $x = \mu + (\sigma * z) = 924,059 + (207,604 * 0,7881) \rightarrow x = 1087,671 \text{ mm}$

- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  $F=0.5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$  προκύπτει ότι:  $z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:  
 $x = \mu + (\sigma * z) = 924,059 + (207,604 * 0,6915) \rightarrow x = 1067,671 \text{ mm}$

Συμπερασματικά, για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια στα Χανιά αναμένεται βροχόπτωση ύψους 1087,671 mm ενώ για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια, το μέγιστο ύψος βροχής που αναμένεται είναι 1067,671 mm.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής για το μέσο όρο των σταθμών που ανήκουν στο Ρέθυμνο

Από το γράφημα για το μέσο όρο όλων των σταθμών που ανήκουν στο Ρέθυμνο, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 875,517$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 218,219$

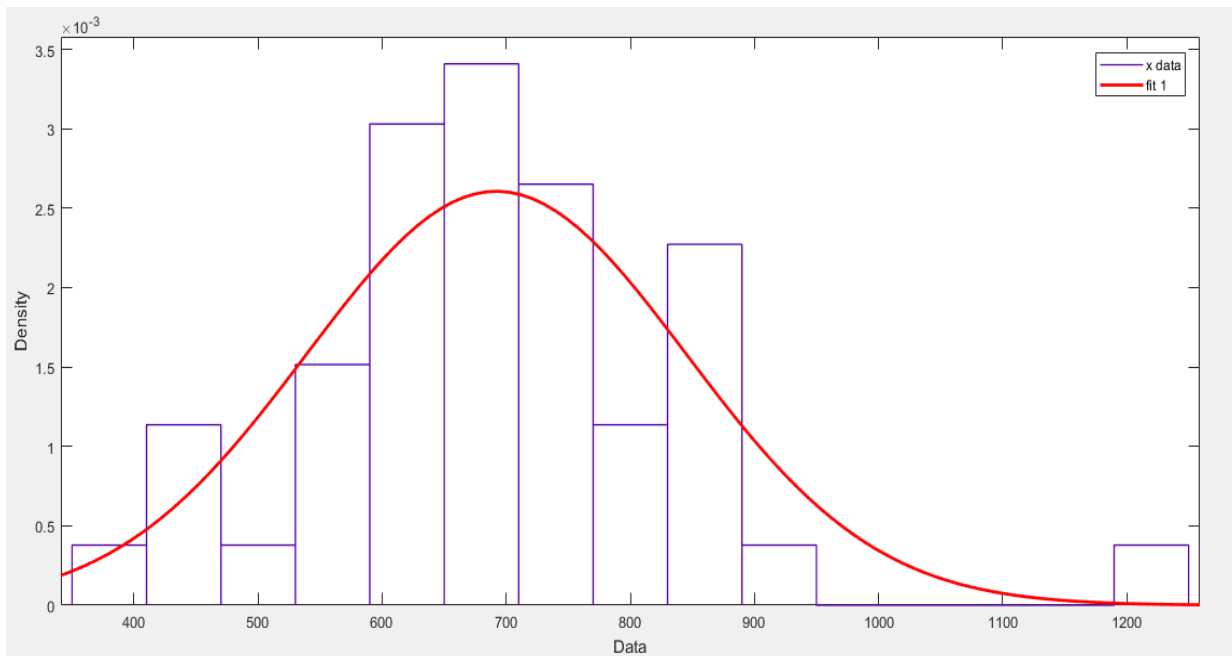
- Για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια ( $T=5$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F=0,8$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,8$  προκύπτει ότι:  $z=0,7881$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:  
 $x = \mu + (\sigma * z) = 875,517 + (218,219 * 0,7881) \rightarrow x = 1047,495 \text{ mm}$

- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F=0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$  προκύπτει ότι:  $z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:  
 $x = \mu + (\sigma * z) = 875,517 + (218,219 * 0,6915) \rightarrow x = 1026,415 \text{ mm}$

Συμπερασματικά, για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια στο Ρέθυμνο, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 1047,495 mm ενώ για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια, το μέγιστο ύψος βροχής που αναμένεται είναι 1026,415 mm.



Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής για το μέσο όρο των σταθμών που ανήκουν στο Ηράκλειο

Από το γράφημα για το μέσο όρο όλων των σταθμών που ανήκουν στο Ηράκλειο, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 692,071$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 153,051$

- Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F = 0,875$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$  προκύπτει ότι:  $z=0,8092$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 692,071 + (153,051 * 0,8092) \rightarrow x = 815,920 \text{ mm}$$

- Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F = 0,75$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75$  προκύπτει ότι:  $z=0,7734$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 692,071 + (153,051 * 0,7734) \rightarrow x = 810,441 \text{ mm}$$

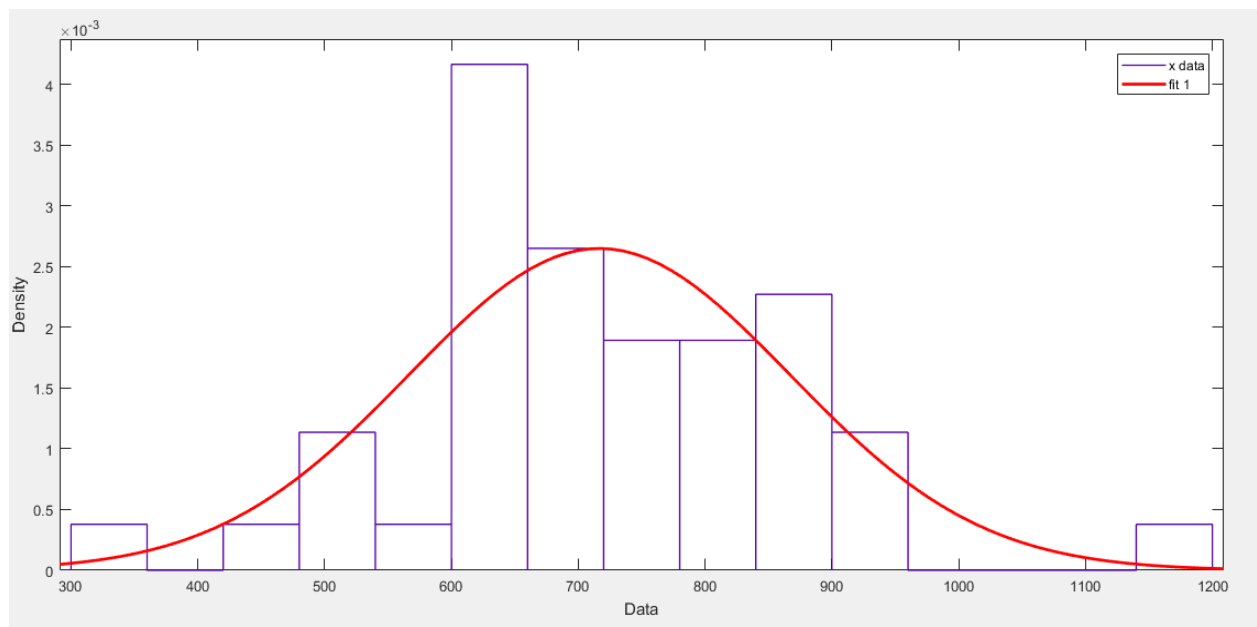
- Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F = 0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$  προκύπτει ότι:  $z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 692,071 + (153,051 * 0,6915) \rightarrow x = 797,906 \text{ mm}$$

Συνεπώς, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια στο Ηράκλειο, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 815,920 mm ενώ για περιόδους επαναφοράς 4 και 2 χρόνια, τα μέγιστα ύψη βροχής που αναμένονται είναι 810,441 mm και 797,906mm αντίστοιχα.





Γράφημα προσαρμογής κανονικής κατανομής για το μέσο όρο των σταθμών που ανήκουν στο Λασίθι

Από το γράφημα για το μέσο όρο όλων των σταθμών που ανήκουν στο Λασίθι, η μέση τιμή που προέκυψε ήταν:  $\mu = 716,698$  ενώ η τυπική απόκλιση:  $\sigma = 150,521$

• Για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια ( $T=8$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F = 0,875$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,875$  προκύπτει ότι:  $z=0,8092$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 716,698 + (150,521 * 0,8092) \rightarrow x = 838,5 \text{ mm}$$

• Για περίοδο επαναφοράς 4 χρόνια ( $T=4$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F = 0,75$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,75$  προκύπτει ότι:  $z=0,7734$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 716,698 + (150,521 * 0,7734) \rightarrow x = 833,11 \text{ mm}$$

• Για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια ( $T=2$  years), η πιθανότητα μη υπέρβασης ισούται με:  
 $F = 0,5$

Από πίνακα κανονικής κατανομής για  $F=0,5$  προκύπτει ότι:  $z=0,6915$ , οπότε το ύψος της βροχής είναι:

$$x = \mu + (\sigma * z) = 716,698 + (150,521 * 0,6915) \rightarrow x = 820,783 \text{ mm}$$

Συνεπώς, για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια στο Λασίθι, αναμένεται βροχόπτωση ύψους 838,5 mm ενώ για περιόδους επαναφοράς 4 και 2 χρόνια, τα μέγιστα ύψη βροχής που αναμένονται είναι 833,11 mm και 820,783 mm αντίστοιχα.

Όσον αφορά του υπόλοιπους σταθμούς που επεξεργαστήκαμε, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

▷ Στον Αλικιανό, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 781,66mm και 765,47mm αντίστοιχα.

▷ Στο σταθμό Ασκύφου, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 2389,48 mm και 2339,48mm αντίστοιχα.

▷ Στον Ταυρωνίτη, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 653,9 mm και 638,47 mm αντίστοιχα.

▷ Στο Αγροκήπιο , που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 670,57 mm και 653,58 mm αντίστοιχα.

▷ Στα Παλαιά Ρουμάτα, που ανήκουν στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1378,41 mm και 1343,55 mm αντίστοιχα.

▷ Στο σταθμό Πρασσές, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1619,23 mm και 1567,36 mm αντίστοιχα.

▷ Στο σταθμό Ζυβραγού, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 919,83 mm και 900,61mm αντίστοιχα.

▷ Στο σταθμό Ανώγεια, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1275,55 mm και 1255 mm αντίστοιχα.

▷ Στο Σπήλι , που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1287,36 mm και 1255,66 mm αντίστοιχα.

▷ Στο Γαράζο, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1078,68 mm και 1047,01 mm αντίστοιχα.

▷ Στο Γερακάκι , που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1522,31 mm και 1491,95mm αντίστοιχα.

▷ Στο Καβούσι , που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1157,27 mm και 1128,56 mm αντίστοιχα.

▷ Στη Λευκόγεια, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 948,63 mm και 923,92 mm αντίστοιχα.

▷ Στους Μέλαμπες, που ανήκουν στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 912,80 mm και 895,29 mm αντίστοιχα.

▷ Στους Βολεώνες, που ανήκουν στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1375,38 mm και 1336,44 mm αντίστοιχα.

▷ Στο Βυζάρι, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 885,76 mm και 866,17 mm αντίστοιχα.

▷ Στο Δοξαρό, που ανήκει στη Δυτική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 5 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 855,75 mm και 839,72 mm αντίστοιχα.

- ▷ Στη Βαγιονιά, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 671,36 mm, 665,51 mm και 652,11 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στο Μεταξοχώρι, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 876,77 mm, 870,72mm και 856,88 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στο Αβδού, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1026,69 mm, 1016,71 mm και 993,866 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στην Αγία Βαρβάρα, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1089,67 mm, 1082,21 mm και 1056,14 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στον Άγιο Κύριλλο, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 701,55 mm, 695,07 mm και 680,24 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στο Ασήμι, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 691,31 mm, 685,51 mm και 672,22 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στον Αχεντριά, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 864,12 mm, 856,91 mm και 840,4 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στη Βόνη, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 879,25 mm, 872,78 mm και 857,98 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στη Γέργερη, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1057,78 mm, 1049,25 mm και 1029,74 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στη Γόρτυ, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 760,96 mm, 755,26 mm και 742,21 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στο Δεμάτι, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 594,42 mm, 588,6 mm και 574,84 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στο Ζάρο, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 999,26 mm, 991,33 mm και 973,19 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στα Καλύβια, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 688,34 mm, 682,62 mm και 669,53 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στα Καπετανιανά, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 915,68 mm, 907,82 mm και 889,83 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στους Κασσάνους, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 692,33 mm, 686,97 mm και 674,69 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στο Καστέλι, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 828,72 mm, 822,85 mm και 809,41 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στο Καψάλι, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 627,03 mm, 621,15 mm και 607,68 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στον Κρουσώνα, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1102,98 mm, 1093,78 mm και 1072,73 mm αντίστοιχα.

- ▷ Στο Λαγολιό, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 705,27 mm, 698,93 mm και 684,43 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στο Μορόνι, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 847,12 mm, 840,79 mm και 826,31 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στα Πάρτιρα, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 801,96 mm, 796,52mm και 784,07 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στην Πόμπια, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 645,94 mm, 640,19 mm και 627,04 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στον Προφήτη Ηλία, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 940,42 mm, 932,7 mm και 915,05 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στις Στέρνες, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 872,6 mm, 865,94 mm και 850,7 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στο Τυμπάκι, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 777,93 mm, 771,56 mm και 756,99 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στα Βασιλικά Ανώγεια, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 824,22 mm, 817,75 mm και 802,95 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στον Πύργο, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 867,12 mm, 860,52 mm και 845,43 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στην Αγία Βαρβάρα, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1089,67 mm, 1082,21 mm και 1056,14 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στις Ποταμιές, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 773,47 mm, 767,87 mm και 755,07 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στη Σητεία, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 564,56 mm, 560,11 mm και 549,93 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στους Έξω Ποταμούς, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1619,91 mm, 1605,92 mm και 1573,93 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στο Κατσιδόνι, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1041,24 mm, 1033,58 mm και 1016,04 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στους Μάλλες, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 953,28 mm, 945,48 mm και 927,64 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στη Μαρωνιά, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 746,83 mm, 741,4 mm και 728,97 mm αντίστοιχα.
- ▷ Στους Μύθους, που ανήκουν στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 679,11 mm, 673,44 mm και 660,48 mm αντίστοιχα.

▷ Στη Νεάπολη, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 918,66 mm, 911,95 mm και 896,6 mm αντίστοιχα.

▷ Στην Αγία Βαρβάρα, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1089,67 mm, 1082,21 mm και 1056,14 mm αντίστοιχα.

▷ Στην Παχιά άμμο, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 704,29 mm, 697,86 mm και 683,16 mm αντίστοιχα.

▷ Στον Άγιο Στέφανο, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 995,71 mm, 988,69 mm και 972,63 mm αντίστοιχα.

▷ Στη Ζίρο, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 1035,97 mm, 1028,5 mm και 1011,4 mm αντίστοιχα.

▷ Στον Άγιο Νικόλαο, που ανήκει στην Ανατολική Κρήτη, για περιόδους επαναφοράς 8, 4 και 2 χρόνια, αναμένεται μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 580,59 mm, 574,99 mm και 562,18 mm αντίστοιχα.

#### **4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία, ασχολείται με τη στατιστική ανάλυση των υδρο-μετεωρολογικών δεδομένων της νήσου Κρήτης. Από τη στατιστική ανάλυση αυτή, προέκυψαν κάποια γενικά συμπεράσματα, τόσο για τη χρονική κατανομή τους, δηλαδή τη διακύμανσή τους στην Κρήτη συναρτήσει του χρόνου, όσο και για τη χωρική κατανομή τους στο νησί της Κρήτης.

Σημαντικό είναι, να σημειωθεί ξανά το γεγονός ότι σε αρκετές από τις περιοχές του νησιού, παρουσιάζονται ελλείψεις στα βροχομετρικά δεδομένα ορισμένων ετών. Αυτό, πιθανόν να οφείλεται στη μη επαρκή κάλυψη των περιοχών αυτών από δίκτυα βροχομετρικών και μετεωρολογικών σταθμών. Ως αποτέλεσμα, οι ελλείπουσες τιμές υπολογίζονται προσεγγιστικά, με σκοπό να υλοποιηθεί μία όσο το δυνατόν ‘καλύτερη’, δηλαδή κοντά στην πραγματικότητα, εκτίμηση της τάξης μεγέθους της εκάστοτε περιβαλλοντικής μεταβλητής στις προαναφερθέντες περιοχές.

Η υψηλότερη βροχόπτωση παρατηρείται στον σταθμό Πρασσές, που βρίσκεται στο κέντρο του νομού Χανίων, σε υψόμετρο 520 μέτρων με μέση ετήσια βροχόπτωση 2771,3mm, ενώ η χαμηλότερη βροχόπτωση παρατηρείται στο σταθμό της Σητείας σε υψόμετρο 114 μέτρων με μέση ετήσια βροχόπτωση 105,3 mm. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρατηρείται στο γεγονός ότι ενώ ο σταθμός των Έξω Ποταμών, στο δυτικό κομμάτι του νομού Λασιθίου, βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο (840mm) σε σχέση με το σταθμό Πρασσές, εμφανίζει χαμηλότερη βροχόπτωση, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στο ότι ο Πρασσές βρίσκεται πλησιέστερα στα Λευκά Όρη. Ο σταθμός με το μεγαλύτερο υψόμετρο στην Κρήτη είναι η Σαμαριά, σε υψόμετρο 1250m με μέση ετήσια βροχόπτωση 1392,72mm. Γίνεται αντιληπτό λοιπόν, ότι ο σταθμός αυτός και άλλοι κοντινοί, όπως Παλαιά Ρουματά και Μούρι παρουσιάζουν αρκετά υψηλή ετήσια βροχόπτωση καθώς βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από τα Λευκά όρη, που βρίσκονται στη Δυτική Κρήτη. Τα Λευκά Όρη είναι υπεύθυνα για τις περισσότερες βροχοπτώσεις στους νομούς δυτικά της Κρήτης όπως Χανίων και Ρεθύμνου.

Αναφορικά με τη σχέση του υψομέτρου του κάθε σταθμού και της στάθμης της βροχόπτωσης, παρατηρείται ότι οι σταθμοί που βρίσκονται σε υψόμετρο μεγαλύτερο από 500-600m, δέχονται σχεδόν τριπλάσια ποσότητα υδατόπτωσης από σταθμούς που βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο έως και 20m. Οι σταθμοί που βρίσκονται σε χαμηλά υψόμετρα είναι: ο Ταυρονίτης, το Αγκοκήπιο, το Καγιάλι, το Καλό Χωριό, η Ιεράπετρα, το λιμάνι Ηρακλείου, η Παλαιόχωρα, ο Πλακιάς, ο Πλατανιάς και το κέντρο των Χανίων.

Η μέση μηνιαία βροχόπτωση είναι μέγιστη τον Ιανουάριο ή τον Δεκέμβριο, καθώς επίσης και οι μήνες Φεβρουάριος και Μάρτιος είναι αρκετά βροχεροί. Παρατηρείται επίσης, ότι η μέση μηνιαία βροχόπτωση είναι ελάχιστη του μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, καθώς είναι σχεδόν άνομβροι στο σύνολο της Κρήτης. Τουλάχιστον το 30% της ετήσιας βροχόπτωσης στους περισσότερους σταθμούς της Κρήτης, πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια του πιο υγρού μήνα. Ο μηνιαίος αριθμός ημερών βροχής κυμαίνεται μεταξύ 15 ημερών περίπου κατά τους βροχερούς μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο και 1 ημέρα τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Ο μέσος αριθμός ημερών βροχής στην Κρήτη ανέρχεται 54 ημέρες βροχής ανά έτος, δηλαδή το 15% περίπου του. Μία σημαντική παρατήρηση είναι ότι ο αριθμός των ημερών βροχής στους περισσότερους ορεινούς σταθμούς, είναι ίσος ή και μικρότερος του αριθμού ημερών βροχής στους πεδινούς σταθμούς.

Τα επεισόδια βροχής δεν εκδηλώνονται σε όλη την έκταση του κάθε νομού, αλλά περιορίζονται σε μικρότερες ζώνες, παρουσιάζοντας τοπικό χαρακτήρα. Επιπροσθέτως, επεισόδια μικρότερης διάρκειας έχουν συχνά μεγαλύτερη ένταση, γεγονός το οποίο οδηγεί σε ακραίες καταστάσεις, όπως πλημμύρες, γεγονός που θα περιμέναμε να συμβεί από οξύτατα επεισόδια κατά τις μέγιστες ημέρες βροχής.

Όσον αφορά τους τέσσερις νομούς της Κρήτης, διεξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα για την τάση της βροχόπτωσης:

▷ Στην πλειοψηφία τους οι σταθμοί του νομού Λασιθίου παρουσιάζουν πτωτική τάση, δηλαδή η βροχόπτωση στο νομό τείνει να μειώνεται με το πέρασμα του χρόνου. Οι απώλειες στο ύψος της βροχής κυμαίνονται από 0,21 mm ανά έτος στο σταθμό της Σητείας έως και 24mm στη Φινοκαλιά. Μόνο ένας σταθμός του νομού Λασιθίου παρουσιάζει αυξητική τάση βροχόπτωσης, το Τζερμιάδο, με αύξηση του ύψους της βροχής κατά 25,97mm ανά έτος.

▷ Όσον αφορά το νομό Ρεθύμνης, οι περισσότεροι σταθμοί παρουσιάζουν πτωτική τάση και οι απώλειες στο ύψος της βροχής, κυμαίνονται από 0,57 mm ανά έτος στο Καβούσι, έως 13,48mm στους Βωλεώνες. Όπως γίνεται φανερό, οι απώλειες βροχής στις νότιες ακτές του νομού, είναι μικρότερες από ότι στις ορεινές περιοχές, καθώς οι πρώτες δέχονται τις επιδράσεις του Λιβυκού πελάγους και επηρεάζονται από τους νότιους θερμούς και υγρούς ανέμους. Αυξητική τάση παρουσιάζουν μόνο πέντε σταθμοί, όπου η αύξηση στο ύψος της βροχής κυμαίνεται από 2,58mm αμά έτος στο σταθμό Γαράζο, έως και 48mm στο Φουρφουρά.

▷ Η περιοχή των Χανίων είναι αρκετά ανοικτή προς το Βορρά και δέχεται άφθονες βροχές, οι οποίες αυξάνουν ταχέως καθώς πλησιάζουμε προς τον ορεινό όγκο των Λευκών Ορέων. Έτσι, αυξητικές τάσεις παρατηρούνται στις κεντρικές ορεινές περιοχές αλλά και στις βόρειες ακτές του νομού. Αξιοσημείωτες αυξητικές τάσεις εμφανίζουν οι σταθμοί: Βρύσες, Σαμαριά, Φαράγγι Σαμαριάς και Σέμπρωνας, με άυξηση της βροχόπτωσης κατά 30,75mm, 34,76mm, 89,1mm και 54,19mm ανά έτος, αντίστοιχα. Πτωτικές τάσεις εμφανίζει η βροχόπτωση κυρίως στις ορεινές περιοχές της βόρειας πλευράς του νομού. Η μεγαλύτερη πτώση, εμφανίζεται στα Σφακιά, κατά 22,49mm ανά έτος ενώ ακολουθούν η Παλαιόχωρα και τα Παλαιά Ρουμάτα, με πτωτικές τάσεις 17,25mm και 14,77mm αντίστοιχα.

▷ Η περιοχή του Ηρακλείου θεωρείται αρκετά υγρή, από πλευράς βροχοπτώσεων. Η λωρίδα δίπλα στη θάλασσα κυρίως, παρουσιάζει αυξητικές τάσεις, ενώ πτωτικές τάσεις εμφανίζονται βορειότερα. Πιο συγκεκριμένα, ενώ ο σταθμός Τεφέλι εμφανίζει ελάχιστη πτωτική τάση 0,19mm ανά έτος, μεγαλύτερη πτώση εμφανίζεται στον Κρουσσώνα αλλά και στο λιμάνι Ηρακλείου, της τάξεως του 11,87mm και 23,3mm αντίστοιχα.

Ο μέσος όρος της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης στο υδατικό διαμέρισμα της Κρήτης, ανέρχεται σε 763,61mm κατακρημνισμάτων, όπως προέκυψε για το σύνολο των ετών 1974-2017. Η μέση ετήσια βροχόπτωση του νησιού, είχε αξιολογηθεί στα 927mm, συνεπώς πρόκειται για διαφορά της τάξεως των 163,39mm, που οφείλεται σε διαφορετική περίοδο μελέτης. Λαμβάνοντας υπόψη τη μέση τιμή ετήσιας βροχόπτωσης του νησιού κατά τη διάρκεια της περιόδου 1974-2017, παρατηρήθηκαν σε κάθε χρονιά υγρές και ξηρές περιόδους. Εκτιμήθηκε ότι 87% της συνολικής βροχόπτωσης ενός υδρολογικού έτους πραγματοποιείται κατά την υγρή περίοδο, ενώ ένα ποσοστό 13% αντιστοιχεί στην ξηρή περίοδο. Από τα 763,61mm συνολικών κατακρημνισμάτων λοιπόν, τα 667,81mm αντιστοιχούν σε υγρές περιόδους, ενώ τα 95,81mm σε ξηρές. Ξηρή, χαρακτηρίζεται η περίοδος κατά την οποία όλες οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις βρίσκονται κάτω από την μέση τιμή, ενώ υγρή, εκείνη που βρίσκεται πάνω από αυτή. Η πρώτη μεγάλη υγρή περίοδος, διήρκεσε 6 χρόνια, από το 1976 έως 1982, ενώ η δεύτερη μεγαλύτερη υγρή περίοδος διήρκεσε 3 χρόνια, από το 2001 έως το 2004. Αναφορικά με την πρώτη μεγάλη ξηρή περίοδο, διήρκεσε 6 χρόνια, από το 2005 έως το 2011, στη συνέχεια η δεύτερη μεγαλύτερη έλαβε χώρα την τετραετία 2013-2017 και τέλος η Τρίτη ξηρή περίοδος διήρκεσε 2 χρόνια, από το 1989 έως το 1991.

Η Κρήτη γενικώς παρουσιάζει σημαντική ανισοκατανομή του ετήσιου όγκου βροχόπτωσης, τόσο γεωγραφικά (από ανατολικά προς δυτικά), όσο και φυσιογραφικά (πεδινές προς ορεινές περιοχές), εμφανίζοντας βροχοβαθμίδα από τις μεγαλύτερες της Ελλάδας και επαληθεύοντας τους κανόνες κατανομής της βροχής στην Ελλάδα: Η δυτική ακτή είναι βροχερότερη και η βροχή αυξάνει με το ανάγλυφο. Ο μέσος όρος της βροχόπτωσης όλων των ετών (1974-2017) για τα Χανιά, εκτιμήθηκε 923,678mm, για το Ρέθυμνο: 875,517mm, για το Ηράκλειο: 692,071mm και για το Λασιθί 716,698mm. Γίνεται φανερό λοιπόν, ότι η δυτική ακτή (Χανιά, Ρέθυμνο), εμφανίζει πιο πολλές βροχοπτώσεις από την Ανατολική (Ηράκλειο, Λασιθί).

Όσον αφορά τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές ετήσιου ύψους βροχόπτωσης, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Ο σταθμός Πρασσές εμφανίζει τη μέγιστη τιμή ετησίου ύψους βροχόπτωσης, της τάξεως των 2771,3mm το έτος 2003, ενώ η δεύτερη μεγαλύτερη τιμή της τάξεως των 2736,5mm παρατηρείται στο σταθμό Ασκύφου, το έτος 1985. Η ελάχιστη τιμή ετησίου ύψους βροχής, της τάξεως των 105,3mm, παρατηρείται στη Σητεία το έτος 2005, ενώ η δεύτερη μικρότερη τιμή αυτού, δηλαδή 106,5mm εμφανίζεται στο σταθμό Δεμάτι, το 1986.

Αναφορικά με το κάθε έτος μελέτης ξεχωριστά, προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

Ενώ για τα περισσότερα έτη οι μέγιστες τιμές ετήσιας αθροιστικής βροχόπτωσης, εμφανίζονται στο σταθμό Ασκύφου, παρατηρούνται και κάποιες εξαιρέσεις. Πιο συγκεκριμένα, το 1988, η μέγιστη τιμή ύψους βροχής, 2076,8mm, εμφανίζεται στα Βορίζια, ενώ το 2003, μέγιστη βροχόπτωση ύψους 2771,3mm, παρατηρείται στο σταθμό Πρασσές. Το 1977 αλλά και το 2004, ο σταθμός Έξω Ποτάμι, εμφανίζει μέγιστη ετήσια αθροιστική βροχόπτωση, ύψους 1743mm και 1958mm αντίστοιχα. Τέλος, αναφορικά με τα έτη 2011-2015, τα μέγιστα ετήσια ύψη βροχής εμφανίζονται στη Σαμαριά, και οι τιμές τους είναι οι εξής για τα αντίστοιχα έτη: 2205,4mm, 1911,4mm, 1292,6mm, 1057mm και 2198mm.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για την ημερήσια διακύμανση της βροχόπτωσης στους κοινούς σταθμούς για τους οποίους παρουσιάστηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα είναι τα εξής:

Ξεκινώντας από τα Χανιά, το μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής στον Αλικιανό, 271,2mm, παρατηρείται το υδρολογικό έτος 1975-1976 και συγκεκριμένα στις 30/3/1976, ενώ στους σταθμούς Ασκύφου και Κάνδανο, τα μέγιστα ημερήσια ύψη βροχής, 370mm και 151,2mm αντίστοιχα, εμφανίζονται κατά το υδρολογικό έτος 2002-2003 και συγκεκριμένα, στις 27/1/2003 και στις 17/3/2003 αντίστοιχα. Αναφορικά με το Ρέθυμνο, το μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής στα Ανώγεια, 294,1 mm, παρατηρείται το υδρολογικό έτος 1986-1987 και συγκεκριμένα στις 24/9/86, ενώ στο Σπήλι, η μεγαλύτερη ημερήσια βροχόπτωση, 180mm, συνέβη στις 16/12/98, κατά τη διάρκεια του υδρολογικού έτους 1998-1999. Πηγαίνοντας προς την Ανατολική πλευρά του νησιού και συγκεκριμένα στο Ηράκλειο, γίνεται φανερό ότι το μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής στο σταθμό Βαγιονιά, 294,1 mm, παρατηρείται το υδρολογικό έτος 2002-2003, στις 19/11/2002, ενώ στο Μεταξοχώρι, η μεγαλύτερη ημερήσια βροχόπτωση, 186,7mm, συνέβη στις 12/09/77, κατά τη διάρκεια του υδρολογικού έτους 1977-1978. Τέλος, στη Σητεία, η οποία ανήκει στο νομό Λασιθίου, έγινε γνωστό από τις μετρήσεις αλλά και από τα διαγράμματα, ότι η μεγαλύτερη ημερήσια βροχόπτωση, 188,3mm, συνέβη στις 13/12/83, κατά τη διάρκεια του υδρολογικού έτους 1983-1984.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για τη μηνιαία διακύμανση της βροχόπτωσης στους κοινούς σταθμούς για τους οποίους παρουσιάστηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα είναι τα εξής:

Αρχικά, στον Αλικιανό, για τα περισσότερα μελετηθέντα υδρολογικά έτη, ο μήνας με τα μέγιστα ύψη βροχής, είναι ο Δεκέμβριος. Πιο συγκεκριμένα, το Δεκέμβριο του 2012, το μέγιστο ύψος βροχής, υπολογίστηκε 177mm, ενώ το Δεκέμβρη του 2013, του 2014 και του 2016, η μέγιστη μηνιαία βροχόπτωση έφτασε τα 124,20mm 220mm και 154,8mm αντίστοιχα. Εξαίρεση για τον σταθμό του Αλικιανού, αποτελεί το υδρολογικό έτος 2015-2016, κατά το οποίο, ο μήνας με το μεγαλύτερο ύψος βροχής, ήταν ο Οκτώβριος. Όσον αφορά το σταθμό Ασκύφου, οι μήνες που εμφάνισαν τα μέγιστα ύψη βροχής, είναι ο Ιανουάριος του 2015 (για το υδρολογικό έτος 2014-2015), ο Οκτώβριος του 2015 (για το υδρολογικό έτος 2015-2016) και ο Δεκέμβριος του 2016 (για το υδρολογικό έτος 2016-2017), με μέγιστα ύψη βροχής: 577,4mm 294mm και 472,6mm αντίστοιχα. Αναφορικά με τα Ανώγεια, ο μήνας με το μέγιστο μηνιαίο ύψος βροχής, 432,20mm, είναι ο Ιανουάριος του 2015 και εκείνος με το δεύτερο μεγαλύτερο είναι ο Δεκέμβριος του 2016, όπου η μηνιαία βροχόπτωση φτάνει τα 363,4mm. Στο Σπήλι, ο μήνας με το μέγιστο μηνιαίο ύψος βροχής, 428,2mm, είναι ο Ιανουάριος του 2015 και εκείνος με το δεύτερο μεγαλύτερο είναι ο Ιανουάριος του 2016, όπου η μηνιαία βροχόπτωση φτάνει τα 397,4mm. Στο Μεταξοχώρι, ο μήνας με το μέγιστο μηνιαίο ύψος βροχής, 326,8 mm, είναι ο Ιανουάριος του 2015 και ακολουθεί ο Φεβρουάριος του 2015. Τέλος, όσον αφορά τη Σητεία, ο Ιανουάριος του 2012 παρουσιάζεται ως ο πιο βροχερός μήνας, με το ύψος βροχής να αγγίζει τα 216,6mm.

Μεγαλύτερη βροχόπτωση αναμένεται στο σταθμό Ασκύφου της Δυτικής Κρήτης, όπου με βάση τη στατιστική επεξεργασία, εκτιμήθηκε ότι για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια αναμένεται μέγιστη βροχόπτωση ύψους 2389,48mm, ενώ για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια, το μέγιστο ύψος βροχής που



αναμένεται είναι 2339,48mm. Η δεύτερη μεγαλύτερη βροχόπτωση αναμένεται στο Γερακάκι της Δυτικής Κρήτης, όπου εκτιμήθηκε ότι για περίοδο επαναφοράς 5 χρόνια, αναμένεται μέγιστη βροχόπτωση ύψους 1522,31 mm, ενώ για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνια, το μέγιστο ύψος βροχής που αναμένεται είναι 1491,95mm. Μικρότερη βροχόπτωση αναμένεται στο λιμάνι Ηρακλείου, όπου εκτιμήθηκε ότι για περίοδο επαναφοράς 8 χρόνια αναμένεται μέγιστη βροχόπτωση ύψους 465 mm, ενώ για περιόδους επαναφοράς, 4 και 2 χρόνια, το μέγιστο ύψος βροχής που αναμένεται είναι 460,32mm και 449,59mm αντίστοιχα.

Αναφορικά με την εξατμισοδιαπνοή στους σταθμούς της Κρήτης, εκτιμάται ότι το 2015 είναι το έτος με τη μεγαλύτερη εξατμισοδιαπνοή για την πλειοψηφία των μελετώμενων σταθμών. Εξαιρούνται οι σταθμοί: Σαμαριά, Σητεία, Τζερμιάδο, Λιμάνι Ηρακλείου και Κέντρο Χανίων, στους οποίους οι μεγαλύτερες εξατμισοδιαπνοές εμφανίζονται τα έτη, 2010, 2011 και 2017. Επιπροσθέτως, η μεγαλύτερη εξατμισοδιαπνοή, λαμβάνει χώρα στον Πλακιά (889,1mm) το έτος 2015, ενώ ακολουθούν οι σταθμοί Σπήλι και Φαράγγι Σαμαριάς, όπου οι τιμές της εξατμισοδιαπνοής εκτιμήθηκαν 818,54mm και 881,28mm αντίστοιχα για το έτος 2015.

Η ωφέλιμη βροχόπτωση, στους σταθμούς που μελετήθηκαν, παρουσιάζει μέγιστες τιμές κυρίως τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο, με εξαίρεση τέσσερις σταθμούς, τα Ανώγεια, το Ηράκλειο, το Πυράθι και τη Σαμαριά, όπου η μέγιστη ωφέλιμη βροχόπτωση εμφανίζεται τον Φεβρουάριο του 2015 για τους τρεις πρώτους σταθμούς, ενώ για τη Σαμαριά τον Φεβρουάριο του 2011. Επιπροσθέτως, εξαίρεση αποτελούν και τα Χανιά, όπου η μέγιστη ωφέλιμη βροχόπτωση, λαμβάνει χώρα το Νοέμβριο του 2014. Ο Ιανουάριος του 2015 είναι ο μήνας, όπου η πλειοψηφία των σταθμών (δεκατέσσερις σταθμοί), εμφανίζει μέγιστη ωφέλιμη βροχόπτωση και ακολουθεί ο Δεκέμβριος του 2016 (πέντε σταθμοί). Τέλος, μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι η μεγαλύτερη ωφέλιμη βροχόπτωση, ύψους 201,32mm, πραγματοποιήθηκε στο Φαράγγι της Σαμαριάς, τον Ιανουάριο του 2015, ενώ η μικρότερη, ύψους 95,2mm στη Φινοκαλιά, το Δεκέμβριο του 2016.

## **5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### Ελληνική βιβλιογραφία:

- [1] Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων της Κρήτης», Ενημερωτικό Σημείωμα, Νοέμβριος 2002
- [2] Κυριάκος Ι. Κυριακίδης, «Διερεύνηση μεταβολής ύψους βροχόπτωσης με το υψόμετρο σε περιοχές του Ελλαδικού χώρου», Μεταπτυχιακή εργασία στα πλαίσια του μαθήματος 'Έπιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων', Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Αθηνών, 2013.
- [3] Αικατερίνη Κ. Κάρλη, «Υδρογεωλογικές και υδροχημικές συνθήκες των υδροφόρων της λεκάνης του Σπερχειού ποταμού» , Μεταπτυχιακή εργασία στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών 'Γεωεπιστήμες και Περιβάλλον', Πανεπιστήμιο Πατρών , 2013.
- [4] Πέτρος Ι. Πέννας, «Το Κλίμα της Κρήτης», Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη 1977.
- [5] Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων της Κρήτης, Φάση Α . Υδρογεωλογικά Δεδομένα», Αθήνα, Δεκέμβριος 2000.
- [6] Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων της Κρήτης, Φάση Α . Συλλογή, Αξιολόγηση και Επεξεργασία Δεδομένων», Αθήνα, Δεκέμβριος 2000.
- [7] Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων της Κρήτης, Φάση Β . Ευαίσθητες και Προστατευόμενες Περιοχές», Τεύχος 1/1, Αθήνα, Απρίλιος 2001.
- [8] Κιλμπάνης Σεβαστός, «Τρισδιάστατο γεωλογικό μοντέλο μεταλλικών σχηματισμών στην περιοχή του Αρκαλοχωρίου της Κεντρικής Κρήτης», Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2008.
- [9] Χ. Περογιαννάκη, ταξίαρχου Π.Α. τ. Γενικού Διευθυντου ΕΜΥ, 'Ναυτική Μετεωρολογία", Ίδρυμα Ευγενίδου ,Αθήνα 1974.
- [10] Αγγελακόπουλος Λάζαρος, « Μέθοδοι υπολογισμού εξατμισοδιαπνοής καθώς και υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής με χρήση Η/Υ», Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος 2002.
- [11] Δαμιανός, Χ, Παπαδάτος, Ν. & Χαραλαμπίδης Χ.Α., 2003. Εισαγωγή στις Πιθανότητες και τη Στατιστική, Διδακτικές Σημειώσεις. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- [12] Μαρία Γ. Αποστολάκη« Χωροχρονική κατανομή των περιβαλλοντικών μεταβλητών στη νήσο Κρήτη με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών» , Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2002.
- [18] Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πέτρος Γκίκας, «Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για την κατασκευή μονάδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην περιοχή της Δημοτικής Ενότητας Νέας Κυδωνίας», στο πλαίσιο του μαθήματος 'Σχεδιασμός Περιβαλλοντικών Εγκαταστάσεων Και Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων', Χανιά 2018.

#### Δια-δουκτιακές πηγές:

[13] Χρήστος Κατσάνος και Νικόλαος Αβούρης « Στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης πειραματικών δεδομένων συνεργασίας», Πανεπιστήμιο Πατρών.

< <http://karagian.users.uth.gr/cscl/22-Katsanos-Avouris.pdf> >

[14] `` Ανάλυση της βροχόπτωσης'', Κεφάλαιο 6ο και Κεφάλαιο 8ο

< <http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc543e/kef6.html> >

< <http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc543e/kef8.html> >

[15] Μπαλτάς Ευάγγελος, «Εξατμισοδιαπνοή» ,σημειώσεις στα πλαίσια του εργαστηρίου ``Υδρολογία και Αξιοποίηση Υδάτινων Πόρων'', 2012

< <http://users.itia.ntua.gr/dk/courses/hydrometeo/2012BaltasEvap.pdf> >

[17] Παπαδόπουλος, Γεώργιος. Η Κανονική Κατανομή. Σημειώσεις μαθήματος Στατιστικής. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

< <https://www.aua.gr/gpapadopoulos/files/normal010-2.pdf>> .

#### Διεθνής βιβλιογραφία

[19] Tsanis I., Koutroulis I., Daliakopoulos N. & Jacob D., 2011, Severe climate-induced water shortage and extremes in Crete, Climatic Change

[20] Mavrommatis T. & Voudouris K., 2007, Relationships between hydrological parameters using correlation and trend analysis, Journal of environmental hydrology.

[21] Meteorology for Mariners Met O. 593, - Her Majesty's Stationery Office, London 1967

[16] Emmanouil A. Varouchakis, George P. Karatzas & George P. Giannopoulos, «Impact of irrigation scenarios and precipitation projections on the groundwater resources of Viannos Basin at the island of Crete, Greece», Environmental Earth Sciences, December 2014.