



Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ
ΣΕ ΠΟΛΕΙΣ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΤΩΝΑΚΑΚΗ ΚΛΕΑΝΘΗ

ΧΑΝΙΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2022

«Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή της προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.»



Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ
ΣΕ ΠΟΛΕΙΣ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ-
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΤΩΝΑΚΑΚΗ ΚΛΕΑΝΘΗ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Δάρας Τρύφων (Επιβλέπων Καθηγητής)

Βαρουχάκης Εμμανουήλ

Βουλγαράκης Απόστολος

Περίληψη

Το θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση χρονοσειρών βροχόπτωσης σε πόλεις της Βόρειας Κρήτης και η διερεύνηση σύνδεσης με τη κλιματική αλλαγή. Σκοπός της μελέτης αυτής είναι να εξεταστούν οι βροχοπτώσεις που επικρατούν στις πόλεις των Χανίων, του Ηρακλείου και της Σητείας και στη συνέχεια να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με το αν υπάρχουν εμφανή δείγματα σύνδεσης με την κλιματική αλλαγή.

Αρχικά, στα πρώτα κεφάλαια πραγματοποιείται μια εκτενής περιγραφή της περιοχής μελέτης, όπου αναλύονται τα γεωγραφικά, μορφολογικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της Κρήτης. Επίσης γίνεται αναφορά στις χρήσεις γης και νερού του νησιού. Ακόμη περιγράφονται τα υδρολογικά χαρακτηριστικά της, όπως οι λεκάνες απορροής και τα υδατικά συστήματα που την απαρτίζουν, καθώς επίσης αναφέρονται και πληροφορίες που προσδιορίζουν το υδρολογικό της ισοζύγιο. Αξίζει να αναφερθεί πως σε ένα κανονικό έτος η συνολική βροχόπτωση στο νησί ανέρχεται σε 934mm, δηλαδή περίπου $7,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, με την εξατμισοδιαπνοή να αποτελεί το 68-76% της βροχόπτωσης. Επίσης να σημειωθεί πως η ετήσια κατανάλωση νερού, εκτιμάται περίπου σε $485 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται προσπάθεια προσδιορισμού και προσέγγισης του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής, καθώς επίσης αναφέρονται και πιθανές συνέπειες αναφορικά με τις βροχοπτώσεις αλλά και άλλες παραμέτρους για την περίπτωση της Κρήτης. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη θεωρία των χρονοσειρών και της ανάλυσής τους.

Η ανάλυση των χρονοσειρών βροχόπτωσης, προσεγγίζεται στο πέμπτο κεφάλαιο και γίνεται για την περίοδο ετών 1958-2018, για τις τρεις πόλεις. Η συλλογή των δεδομένων βροχόπτωσης έγινε από διάφορους φορείς, όπως το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και την Αποκεντρωμένη διοίκηση Κρήτης, ενώ στη συνέχεια η επεξεργασία τους έγινε μέσω του προγράμματος Minitab. Αρχικά μελετάται (στατιστικά) ξεχωριστά η κάθε πόλη και στη συνέχεια γίνεται σύγκριση τους ανά ζεύγη, δείχνοντας μία ισχυρότερη συσχέτιση ανάμεσα σε Ηράκλειο-Σητεία (με συντελεστή προσδιορισμού 8,67%) καθώς και ότι τα Χανιά διαθέτουν τις μεγαλύτερες ποσότητες βροχόπτωσης. Ακολούθως, επιλέχθηκαν τα Χανιά, ως το μέρος με τις περισσότερες βροχοπτώσεις, για να γίνει σύγκριση και συσχέτιση των παραμέτρων της θερμοκρασίας και της ηλιοφάνειας με τη βροχόπτωση. Από τα παραπάνω προέκυψε πως υπάρχει μέτρια προς ισχυρή αρνητική συσχέτιση και στους δυο συνδυασμούς. Ακόμη έγινε σύγκριση των ποσοτήτων βροχόπτωσης ανάμεσα σε Χανιά και Τυμπάκι (πόλη της Νότιας Κρήτης του Νομού Ηρακλείου), δείχνοντας πως όταν αυξάνονται τα ποσά βροχόπτωσης στα Χανιά αυξάνονται και στο Τυμπάκι (ισχυρή συσχέτιση - με συντελεστή προσδιορισμού 75,84%). Τέλος, έγινε προσπάθεια πρόβλεψης ποσοτήτων βροχόπτωσης στα Χανιά, για τα επόμενα τρία έτη με τη μέθοδο της διάσπασης χρονοσειρών.

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας περιλαμβάνονται σχόλια και συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την ανάλυση των δεδομένων. Από τη μελέτη προέκυψε πως παρατηρούνται κάποια φαινόμενα κλιματικής αλλαγής και στις τρεις πόλεις που εξετάζονται.

Abstract

This dissertation analyses rainfall time series in cities of northern Crete, and investigates the possibility of a connection to climate change. The study aims to examine the rainfall occurring in Chania, Heraklion, and Sitia, and to extract conclusions on whether there is evidence suggesting a connection to climate change.

The opening chapters provide an extensive profile of the study area, analysing the geographical, morphological, and climatic characteristics of Crete, while also referring to land and water use on the island. The area's hydrological characteristics, such as the drainage basins and water supply systems it consists of, as well as information that comprises its water balance, are also described. Note that in a regular year total rainfall amounts to 934mm, in other words approximately $7.7 \cdot 10^9$ m³, with evapotranspiration accounting for 68-76% of rainfall. Also note that yearly water consumption amounts to approximately $485 \cdot 10^6$ m³.

The third chapter of this study attempts to designate and touch on the issue of climate change, and mentions possible consequences related to rainfall and other parameters in the case of Crete. Chapter four relates to time series and their analysis.

The analysis of rainfall time series occurs in chapter five, and spans the period between 1958 and 2018 for the three cities mentioned above. Rainfall data collection involved several organisations, including the National Observatory of Athens, the Hellenic National Meteorological Service, and the Decentralised Administration of Crete, while data analysis was done using the Minitab software. Each city is statistically analysed, and they are then compared in pairs, showing a stronger correlation between Heraklion and Sitia (with a coefficient of determination of 8.67%), and indicating that Chania experiences the largest amounts of rainfall. Given that it experiences the largest rainfall amounts, Chania was chosen as the case study for the comparison and correlation of the factors of temperature and sunshine in relation to rainfall. Here, it emerged that a moderate to strong negative correlation exists in both combinations. Rainfall amounts were also compared between Chania and Tympaki, a city of southern Crete in Heraklion city, showing that as rainfall amounts increase in Chania, they also increase in Tympaki (strong correlation with a coefficient of determination of 75.84%). An effort has also been made to forecast rainfall amounts in Chania for the next three years, using the time series decomposition method.

The final chapter of the study contains commentary and conclusions that emerged from the data analysis process. Here, it became apparent that certain climate change phenomena can be observed in all three cities included in this study.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Τρύφωνα Δάρα, για το θέμα που μου ανέθεσε, τη πολύτιμη καθοδήγηση του, τις συμβουλές του, τον άπλετο χρόνο που μου αφιέρωσε και την υπομονή που έδειξε στο διάστημα πραγματοποίησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω, τον κύριο Μανώλη Βαρουχάκη για τις συμβουλές του, που ήταν καθοριστικές για την έκβαση της εργασίας μου, και για τον χρόνο που αφιέρωσε.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Απόστολο Βουλγαράκη, για τον χρόνο που αφιέρωσε, τόσο για την μελέτη της διπλωματικής εργασίας, όσο και για την παρουσίαση της.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Μανώλη και Κωνσταντίνα, για τις θυσίες που έκαναν και την αμέριστη στήριξή και συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου, που με στήριξαν και ήταν πάντα δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια σε ότι και αν χρειάστηκα.

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Abstract	2
Ευρετήριο Πινάκων.....	5
Ευρετήριο Εικόνων	6
Ευρετήριο Διαγραμμάτων	7
1. Εισαγωγή.....	8
1.1 Κρήτη	8
1.1.1 Κλίμα και μετεωρολογικά στοιχεία της Κρήτης	9
1.1.2 Χρήσης γης – νερού στη Κρήτη.....	10
1.1.3 Νομός Ηρακλείου.....	12
1.1.4 Νομός Λασιθίου	13
1.1.5 Νομός Ρεθύμνης.....	14
1.1.6 Νομός Χανίων	15
2. Υδρομετεωρολογικά και Υδρολογικά στοιχεία	17
2.1 Ατμόσφαιρα	17
2.2 Υγρασία.....	18
2.3 Θερμοκρασία.....	18
2.4 Άνεμος.....	19
2.5 Ηλιακή ακτινοβολία	19
2.6 Κατακρημνίσματα – Βροχόπτωση	20
2.6.1 Επεξεργασία Βροχομετρικών παρατηρήσεων.....	22
2.6.2 Συμπλήρωση ελλειπών βροχομετρικών παρατηρήσεων.....	22
2.7 Υδρολογικός Κύκλος	23
2.8 Εξατμισοδιαπνοή.....	25
2.9 Επιφανειακή απορροή.....	26
2.10 Υδρολογικά χαρακτηριστικά Κρήτης	26
3. Κλιματική Αλλαγή	33
3.1 Αιτίες που προκαλούν τη κλιματική αλλαγή.....	34
3.2 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής	34
3.3 Βροχοπτώσεις και κλιματική αλλαγή.....	35
3.4 Κλιματική αλλαγή – Κρήτη	36
4. Χρονολογικές σειρές – Περιγραφικά μέτρα & διαγράμματα Στατιστικής Ανάλυσης.....	38
4.1 Χρονολογική σειρά	38
4.2 Περιγραφικά μέτρα Στατιστικής Ανάλυσης.....	43
5. Ανάλυση δεδομένων	49
5.1 Περιγραφική Στατιστική	50

5.2	Σύγκριση βροχοπτώσεων των τριών πόλεων.....	56
5.3	Σύγκριση Βροχόπτωσης – Θερμοκρασίας – Ηλιοφάνειας στα Χανιά.....	62
5.4	Σύγκριση βροχόπτωσης Χανιά – Τυμπάκι.....	68
5.5	Πρόβλεψη ποσοτήτων βροχόπτωσης Χανιά.....	70
6.	Συζήτηση – Συμπεράσματα.....	73
	Βιβλιογραφία.....	78
	Παραρτήματα.....	81
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	81
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	82
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....	89
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ.....	91
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε.....	92

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 2.1:	Φράγματα υδατικού διαμερίσματος Κρήτης.....	28
Πίνακας 2.2:	Υπό μελέτη φράγματα και λιμνοδεξαμενές υδατικού διαμερίσματος Κρήτης.....	29
Πίνακας 2.3:	Παράκτια ύδατα της λεκάνης απορροής Ρεμάτων βόρειου τμήματος.....	29
Πίνακας 2.4:	Παράκτια ύδατα της λεκάνης απορροής Ρεμάτων νοτίου τμήματος.....	30
Πίνακας 2.5:	Παράκτια ύδατα της λεκάνης απορροής Ρεμάτων ανατολικής Κρήτης.....	30
Πίνακας 5.1:	Τιμές παραμέτρων Περιγραφικής Στατιστικής Ηρακλείου.....	50
Πίνακας 5.2:	Τιμές παραμέτρων Περιγραφικής Στατιστικής Χανίων.....	52
Πίνακας 5.3:	Τιμές παραμέτρων Περιγραφικής Στατιστικής Σητείας.....	54
Πίνακας 5.4:	Πίνακας ανάλυσης διασποράς κατά έναν παράγοντα (ANOVA table).....	58
Πίνακας 5.5:	Περιγραφικά στοιχεία και διαστήματα εμπιστοσύνης.....	58
Πίνακας 5.6:	Αποτελέσματα τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Tukey.....	58
Πίνακας 5.7:	Αποτελέσματα τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Tukey.....	58
Πίνακας 5.8:	Συντελεστής προσδιορισμού για Ηράκλειο - Χανιά.....	61
Πίνακας 5.9:	Συντελεστής προσδιορισμού για Ηράκλειο – Σητεία.....	61
Πίνακας 5.10:	Συντελεστής προσδιορισμού για Χανιά – Σητεία.....	61
Πίνακας 5.11:	Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης βροχόπτωσης – θερμοκρασίας (Χανιά).....	64
Πίνακας 5.12:	Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης ηλιοφάνειας – βροχόπτωσης (Χανιά).....	66
Πίνακας 5.13:	Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης βροχόπτωσης Χανιά – Τυμπάκι.....	68
Πίνακας 5.14:	Αποτελέσματα τάσης βροχόπτωσης Χανιά, εποχιακοί δείκτες.....	70
Πίνακας 6.1:	Συγκεντρωτικός πίνακας για τις τρεις πόλεις για μέσα, μέγιστα και ελάχιστα ποσά βροχόπτωσης.....	73
Πίνακας 6.2:	Συγκεντρωτικός πίνακας για τις τρεις πόλεις για τους συντελεστές λοξότητας και κυρτότητας.....	73
Πίνακας 6.3:	Συνοπτικός πίνακας συσχετίσεων (R-sq) μεταξύ των πόλεων.....	76

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1.1: Χάρτης μορφολογικών χαρακτηριστικών της Κρήτης.....	9
Εικόνα 1.2: Κατανομή των χρήσεων γης της Κρήτης.....	11
Εικόνα 1.3: Χρήσεις γης ανά περιφερειακή ενότητα.....	11
Εικόνα 1.4: Κατανομή αναγκών σε νερό στο Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης.....	12
Εικόνα 1.5: Χάρτης Νομού Ηρακλείου	13
Εικόνα 1.6: Χάρτης Νομού Λασιθίου	14
Εικόνα 1.7: Χάρτης Νομού Ρεθύμνης.....	15
Εικόνα 1.8: Χάρτης Νομού Χανίων.....	16
Εικόνα 2.1: Τα στρώματα της ατμόσφαιρας	17
Εικόνα 2.2: Αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός (θερμογράφος).....	18
Εικόνα 2.3: Μετεωρολογικός κλωβός.....	18
Εικόνα 2.4: Ηχητικό ανεμόμετρο.....	19
Εικόνα 2.5: Ανεμόμετρο έλικας.....	19
Εικόνα 2.6: Ανεμόμετρο κυπέλλων	19
Εικόνα 2.7: Πυρόμετρο για μέτρηση ηλιακής ακτινοβολίας	20
Εικόνα 2.8: Απλό ολοκληρωτικό βροχόμετρο, ψηφιακό βροχόμετρο.....	21
Εικόνα 2.9: Τυπική διάταξη μετεωρολογικού σταθμού, με βροχόμετρο.....	22
Εικόνα 2.10: Τυπικό υδρολογικό ισοζύγιο	24
Εικόνα 2.11: Υδρολογικός κύκλος – περιγραφική απεικόνιση.....	25
Εικόνα 2.12: Λεκάνες απορροής ποταμών του υδατικού διαμερίσματος Κρήτης.....	27
Εικόνα 2.13: Χάρτης υδατικών συστημάτων Κρήτης.....	31
Εικόνα 4.1: Παράδειγμα χρονολογικής σειράς	38
Εικόνα 4.2: Χρονολογική σειρά και προβλέψεις	39
Εικόνα 4.3: Χαρακτηριστικά χρονολογικής σειράς.....	42
Εικόνα 4.4: Πλατύκυρτη καμπύλη συχνοτήτων	45
Εικόνα 4.5: Λεπτόκυρτη καμπύλη συχνοτήτων.....	45
Εικόνα 4.6: Μεσόκυρτη καμπύλη συχνοτήτων.....	45
Εικόνα 4.7: Αρνητική ασυμμετρία.....	46
Εικόνα 4.8: Θετική ασυμμετρία.....	46
Εικόνα 4.9: Παρουσίαση διαγραμμάτων	47
Εικόνα 4.10: Απεικόνιση Θηκογράμματος	48
Εικόνα 4.11: Απεικόνιση Φυλογράφηματος.....	48
Εικόνα 5.1: Χάρτης απεικόνισης μετεωρολογικών σταθμών Μετεωρολογικού Παρατηρητηρίου Κρήτης (με τετράγωνα σημειώνονται οι σταθμοί του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και με κύκλους οι σταθμοί της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης).....	49
Εικόνα 5.2: Χάρτης μετεωρολογικών σταθμών που δίνονται από την Ε.Μ.Υ	50

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 5.1: Ιστόγραμμα ετήσιας βροχόπτωσης Ηρακλείου με καμπύλη κανονικής κατανομής	51
Διάγραμμα 5.2: Θηκόγραμμα ετήσιας βροχόπτωσης Ηρακλείου	51
Διάγραμμα 5.3: Χρονοσειρά βροχόπτωσης στο Ηράκλειο	52
Διάγραμμα 5.4: Ιστόγραμμα Χανίων με καμπύλη κανονικής κατανομής	53
Διάγραμμα 5.5: Θηκόγραμμα Χανίων	53
Διάγραμμα 5.6: Χρονοσειρά βροχόπτωσης Χανίων	54
Διάγραμμα 5.7: Ιστόγραμμα Σητείας με καμπύλη κανονικής κατανομής	55
Διάγραμμα 5.8: Θηκόγραμμα Σητείας	55
Διάγραμμα 5.9: Χρονοσειρά βροχόπτωσης Σητείας	56
Διάγραμμα 5.10: Χρονοσειρές ποσοτήτων βροχόπτωσης για Ηράκλειο – Χανιά – Σητεία	57
Διάγραμμα 5.11: Θηκόγραμμα ποσοτήτων βροχόπτωσης για Ηράκλειο - Χανιά – Σητεία	57
Διάγραμμα 5.12: Τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey	59
Διάγραμμα 5.13: Διάγραμμα διασποράς βροχοπτώσεων για Ηράκλειο - Χανιά	60
Διάγραμμα 5.14: Διάγραμμα διασποράς βροχοπτώσεων για Ηράκλειο - Σητεία	60
Διάγραμμα 5.15: Διάγραμμα διασποράς βροχοπτώσεων για Χανιά - Σητεία	60
Διάγραμμα 5.16: Χρονοσειρά βροχόπτωσης στην περιοχή της Σούδας/Χανιά (2000 - 2021)	62
Διάγραμμα 5.17: Χρονοσειρά βροχόπτωσης και γραμμή τάση στην περιοχή της Σούδας/Χανιά (2000-2021)	63
Διάγραμμα 5.18: Χρονοδιάγραμμα θερμοκρασίας στην περιοχή Σούδας/Χανιά (2000-2021)	63
Διάγραμμα 5.19: Διάγραμμα διασποράς ηλιοφάνειας - βροχόπτωσης	65
Διάγραμμα 5.20: Χρονοδιάγραμμα θερμοκρασίας - βροχόπτωσης	65
Διάγραμμα 5.21: Χρονοδιάγραμμα μηνιαίας ηλιοφάνειας Σούδα (2016-2021)	66
Διάγραμμα 5.22: Διάγραμμα διασποράς ηλιοφάνειας - βροχόπτωσης Σούδα/ Χανιά	67
Διάγραμμα 5.23: Χρονοδιάγραμμα ηλιοφάνειας - βροχόπτωσης Σούδα/ Χανιά	68
Διάγραμμα 5.24: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης Χανιά - Τυμπάκι	69
Διάγραμμα 5.25: Χρονοδιάγραμμα βροχόπτωσης Χανιά - Τυμπάκι	70
Διάγραμμα 5.26: Διάσπαση χρονοσειράς βροχόπτωσης (Χανιά)	71
Διάγραμμα 5.27: Χρονοσειράς βροχόπτωσης και προβλέψεις (Χανιά)	72

1. Εισαγωγή

1.1 Κρήτη

Η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο σε έκταση αλλά και πληθυσμό νησί της Ελλάδας, με πληθυσμό 636.504 κατοίκους για το 2020 (ΕΛΣΤΑΤ, 2020). Επίσης αποτελεί και το πέμπτο μεγαλύτερο νησί, σε έκταση (8335km²) της Μεσογείου, με μέγιστο μήκος τα 260km και πλάτος 60km μέγιστο. Το μήκος της ακτογραμμής της, συμπεριλαμβανομένης και αυτή των νήσων που ανήκουν διοικητικά στην περιφέρεια Κρήτης (Γαύδος, Χρυσή, Κουφονήσι, Ντία, Διονυσάσες κ.α.) υπολογίζεται σε 1306km. Η Περιφέρεια Κρήτης περιλαμβάνει τέσσερις περιφερειακές ενότητες - συμπίπτουν με τους νομούς όπου αποτελείται - το Ηράκλειο, το Λασιθί, το Ρέθυμνο και τα Χανιά, με το Ηράκλειο να αποτελεί πρωτεύουσα του νησιού. Η βόρεια πλευρά της βρέχεται από το Κρητικό πέλαγος ενώ η νότια από το Λιβυκό πέλαγος.

Η *μορφολογία* του κρητικού εδάφους χαρακτηρίζεται ως έντονα ορεινή, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.1 Οι κύριοι ορεινοί όγκοι, που διαμορφώνουν τη γεωμορφολογία του νησιού είναι τα Λευκά Όρη (2453 μ.), η Ίδη (Ψηλορείτης) (2456 μ.) και η Δίκτη (Λασιθιώτικα Όρη) (2148 μ.) που το διασχίζουν κατά σειρά από τη δύση ως την ανατολή. Επιπλέον ορεινοί όγκοι είναι αυτοί της Θρυπτής (1476 μ) στα ανατολικά, τα Αστερούσια Όρη (1231 μ.) στα νότια. Στα βόρεια του νομού Ρεθύμνης υψώνονται τα Ταλαία όρη (1088 μ.) καθώς και το αυτόνομο όρος Κέντρος (1777 μ.) στον ίδιο νομό.

Το συνολικό ποσοστό των ορεινών περιοχών επί της επιφάνειας του νησιού είναι 49,4% ακολουθούμενο από τις ημιορεινές περιοχές (28,1%) και τις πεδινές που καταλαμβάνουν ποσοστό 22,5% [ΕΛΣΤΑΤ, 1991].

Ένα μεγάλο μέρος των ακτών της Κρήτης, κυρίως στο νότιο τμήμα της, είναι βραχώδες, με απόκρημνους και δύσκολα προσβάσιμους δρόμους. Το βόρειο τμήμα του νησιού, διαμορφώνεται από ήπιες κλίσεις εδάφους που σχηματίζουν σχετικά εύκολα προσβάσιμες παραλίες. Η *γεωλογία* της Κρήτης αποτελείται κυρίως από ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθους, μάρμαρο και δολομίτης) που επιτρέπουν τη διείσδυση του νερού, δημιουργώντας εκτεταμένους καρστικούς σχηματισμούς. Τα περισσότερα ανθρακικά πετρώματα βρίσκονται στα Λευκά Όρη την Ίδη, τη Δίκτη. [Nikolaidis et. al., 2016]

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί όπου χαρακτηρίζεται η Κρήτη είναι σπήλαια (5200 καταγεγραμμένα), καρστικοί σχηματισμοί (3100 καταγεγραμμένοι), φαράγγια (περίπου 100) και οροπέδια (25) με σημαντικότερο τα οροπέδια Λασιθίου και Ομαλού. Η μεγαλύτερη πεδιάδα, είναι η πεδιάδα.

Μεσσαράς στο νότιο-κεντρικό τμήμα του νησιού, ενώ νοτιοανατολικά βρίσκεται η πεδιάδα της Ιεράπετρας.

Οι πεδιάδες του νησιού, καθώς και οι μικρές κοιλάδες τροφοδοτούνται με νερό, από τους ορεινούς υδροσυλλέκτες και από πολλούς, μικρούς σχετικά ποταμούς, αλλά και πλήθος χειμάρρων και φαραγγιών.

Λόγω της μορφολογίας, της έκτασης του νησιού και την εναλλαγή των γεωλογικών σχηματισμών, αδιαπέρατους και διαπερατούς, σχηματίζονται αρκετές πηγές και χείμαρροι και όχι τόσο μεγάλα ποτάμια

Η κατανομή των εκτάσεων στη Κρήτη χωρίζεται, σε 2550 km² γεωργικής έκτασης, όπου αποτελεί το 30% της συνολικής έκτασης, τη μεγαλύτερη γεωργική περιοχή διαθέτει το Ηράκλειο (1100 km²). Οι βοσκοτοπικές εκτάσεις καλύπτουν περίπου 3800 km², δηλαδή ποσοστό περίπου 45% της συνολικής έκτασης της. [Nikolaidis et. al., 2016]



Εικόνα 1.1: Χάρτης μορφολογικών χαρακτηριστικών της Κρήτης

Πηγή: [1η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης(EL13)]

(http://wfdver.ypeka.gr/wp-content/uploads/2017/10/EL13_1REV_P13_Proxedia_LAP_v03.pdf)

1.1.1 Κλίμα και μετεωρολογικά στοιχεία της Κρήτης

Η Κρήτη ανήκει σε δύο κλιματικές ζώνες, τη Μεσογειακή και τη Βόρεια Αφρικανική, η διαφοροποίηση γίνεται στη Νότια πλευρά του νησιού. Ο γενικός χαρακτηρισμός του κλίματος όμως, είναι ως εύκρατο Μεσογειακό, με αρκετή υγρασία στην ατμόσφαιρα, κυμαινόμενη από την εγγύτητα στη θάλασσα. Η χειμερινή περίοδος χαρακτηρίζεται ως ήπια και αρκετά υγρή, κυρίως στα δυτικά του νησιού, ενώ οι χιονοπτώσεις συναντώνται σπάνια στα πεδινά, σε αντίθεση με τις ορεινές περιοχές όπου πρόκειται για συχνό φαινόμενο κατά τους χειμερινούς μήνες. Τα καλοκαίρια μπορούν να περιγραφούν ως θερμά, ξηρά, αφού μέση θερμοκρασία κυμαίνεται στους 25 με 30 βαθμούς Κελσίου, χαμηλότερες από αυτές της ηπειρωτικής χώρας εξαιτίας των μελτεμιών που κυριαρχούν στο νησί. Στις ορεινές περιοχές οι συνθήκες διαφοροποιούνται, παρουσιάζοντας χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες, με έντονες θερμοκρασιακές αποκλίσεις. Έτσι στον κλιματολογικό σταθμό των Ανωγείων (+800m) παρατηρείται μέση ετήσια θερμοκρασία 15,2 βαθμοί Κελσίου, με τον Φεβρουάριο να είναι ψυχρότερος μήνας (μέση μηνιαία θερμοκρασία 7,3 βαθμοί Κελσίου) και θερμότερο τον Ιούλιο (23,7 βαθμούς Κελσίου). Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση των φαινομένων καύσωνα, με θερμοκρασίες περίπου 38 με 40 βαθμούς Κελσίου.

Οι βροχοπτώσεις στη Κρήτη, δεν χαρακτηρίζονται από ίση κατανομή, τόσο από ορεινές σε πεδινές περιοχές, όσο και από τα ανατολικά στα δυτικά. Γενικά, οι μήνες Δεκέμβρης, Ιανουάριος διαθέτουν, κατά κύριο λόγο, τα μέγιστα μέσα μηνιαία χιλιοστά βροχόπτωσης (περίπου 15 ημέρες βροχόπτωσης μηνιαία), ενώ τα ελάχιστα συναντώνται τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο (0,3 ημέρες βροχόπτωσης μηνιαία), οι οποίοι είναι σχεδόν άνομβροι σε όλες τις πεδινές περιοχές. Ο μέσος αριθμός ημερών βροχής στην Κρήτη ανέρχεται σε 90 περίπου ημέρες (25% του έτους) και η μέση ετήσια βροχόπτωση

στην ανατολική Κρήτη είναι κατά 22% μικρότερη σε σχέση με τη Δυτική. Τα χαμηλότερα ύψη βροχής, με τιμές κάτω από 300 χιλιοστά ετησίως παρατηρούνται στην Παλαιόχωρα ενώ τα μεγαλύτερα μέσα ετήσια ύψη βροχής παρατηρούνται στα Ανώγεια και στο Τζερμιάδο. Πιο συγκεκριμένα, όπως αναφέρεται στο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμυράς των Λεκανών Απορροής Ποταμών για τη Κρήτη, εκτιμάται ότι η βροχόπτωση κυμαίνεται από 400 έως 600 χιλιοστά για χαμηλές και παράκτιες περιοχές του βόρειου, ανατολικού και νότιου - νοτιοανατολικού τμήματος, από 600 έως 1000 χιλιοστά για περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο, στην ενδοχώρα του κεντρικού και δυτικού τμήματος του νησιού και κάποιες παράκτιες περιοχές (κυρίως στη δυτική Κρήτη), ενώ για ορεινές περιοχές τα ύψη βροχής μπορεί να κυμαίνονται από 1000 έως 1600 χιλιοστά, με τα Λευκά Όρη να παρατηρούνται και βροχοπτώσεις μεγαλύτερες από 1600 χιλιοστά.

Τα ανεμολογικά στοιχεία από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία για τη Περιφέρεια Κρήτης δείχνουν ότι οι άνεμοι που κυριαρχούν είναι οι βόρειοι και οι βορειοδυτικοί και ακολουθούν οι νότιοι και οι νοτιοδυτικοί. Η διακύμανση της έντασης των ανέμων παρατηρείται μεγαλύτερη στην ανατολική Κρήτη σε σχέση με τη δυτική. Ο μέσος συνολικός αριθμός ημερών με ισχυρούς ανέμους (ένταση μεγαλύτερη από 6 Beaufort) κυμαίνεται από 30 έως 80 ημέρες, με μεγαλύτερο στους ορεινούς σταθμούς, ενώ ο μέσος αριθμός ημερών με ορμητικός άνεμος (ένταση μεγαλύτερη από 8 Beaufort) είναι μικρός και προσδιορίζεται σε λίγες ημέρες στους πεδινούς παραλιακούς σταθμούς.

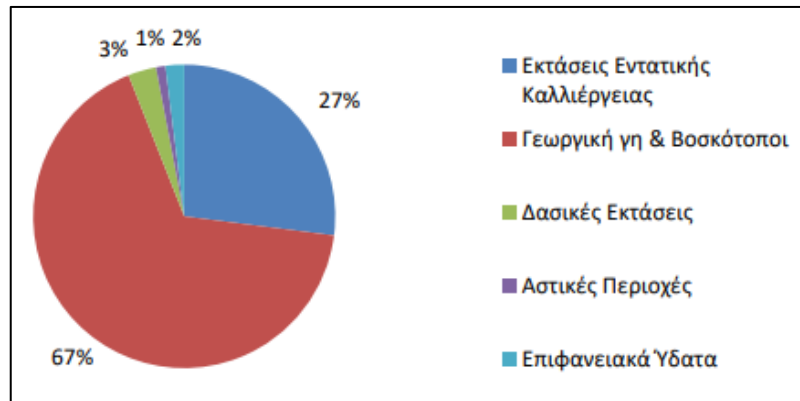
Οι συνολικές ετήσιες ημέρες ηλιοφάνειας είναι αρκετές, με μέσο ετήσιο αριθμό ωρών ηλιοφάνειας, όπως αυτές εκτιμήθηκαν από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (εκτίμηση από 8 έτη), να είναι 2700 ώρες περίπου στη Βόρεια Κρήτη. Αναλυτικότερα, 2.707 ώρες στο Ηράκλειο, 2699 ώρες στη Σητεία, 2765 ώρες στη Σούδα και 2592 ώρες στο Ρέθυμνο. Οι αριθμοί αυτοί διαφέρουν για το νότιο μέρος του νησιού, καθώς αυξάνονται κατά τουλάχιστον 10%. Οι μέσες ετήσιες ώρες ηλιοφάνειας για τη Νότια Κρήτη είναι 3000 ώρες περίπου. Συγκεκριμένα, η Ιεράπετρα κατέχει τις περισσότερες ώρες ετήσιας ηλιοφάνειας πανελλαδικά, με αυτές να ανέρχονται σε 3068 ώρες, ενώ στο Τυμπάκι είναι 2948 ώρες.

Η αιθριότητα για τον Ιανουάριο είναι περίπου τρεις ημέρες ενώ για τον Ιούλιο είκοσι οκτώ για τις πεδινές περιοχές, όπου στις ορεινές είναι λιγότερες σε ποσοστό περίπου 30%. Η μέση νεφοκάλυψη για τον Ιανουάριο είναι 5 όγδοα και για τον Ιούλιο εκτιμάται από 0,6-1 όγδοο

Η ομίχλη (όπως και η πάχνη) δεν είναι τόσο συχνό φαινόμενο στην Κρήτη. Η δρόσος, δηλαδή εμφάνιση σταγόνων νερού στις επιφάνειες, κυρίως τις πρώτες πρωινές ώρες είναι αρκετά συχνό φαινόμενο.

1.1.2 Χρήσης γης – νερού στη Κρήτη

Η κρητική γη, αποτελείται από 67%, της συνολικής της έκταση από γεωργική γη / βοσκότοπους, 27% από καλλιεργημένες εκτάσεις, ένα ποσοστό 3% είναι δασώδες, ενώ επιφανειακά ύδατα και αστικές περιοχές είναι σε ποσοστά 2% και 1% αντίστοιχα. Η παραπάνω κατανομή φαίνονται και σχηματικά στην Εικόνα 1.2, ενώ στην Εικόνα 1.3 φαίνονται οι χρήσεις γης σε κάθε περίπτωση ανά περιφερειακή ενότητα.



Εικόνα 1.2: Κατανομή των χρήσεων γης της Κρήτης

Πηγή: [Σχέδιο Διαχείρισης Κίνδυνων Πλημμυράς των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης]
(https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/legacy/Files/Dimosia%20Diavouleysi/20171215_Krth.pdf)

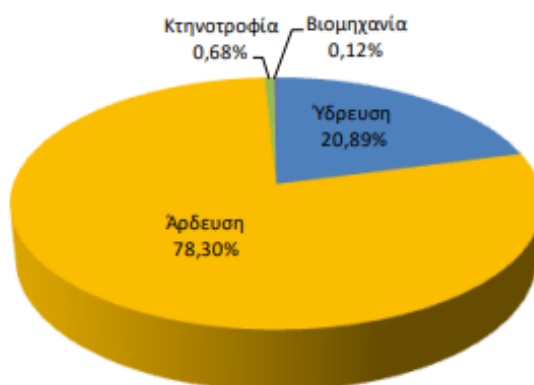


Εικόνα 1.3: Χρήσεις γης ανά περιφερειακή ενότητα

Πηγή: [1^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (EL13)]
(http://wfdver.ypeka.gr/wp-content/uploads/2017/10/EL13_1REV_P13_Proxedia_LAP_v03.pdf)

Στο Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης, η απαίτηση σε νερό είναι για ύδρευση, τουρισμό, άρδευση, κτηνοτροφίας και βιομηχανίας και ανέρχεται σε περίπου 500 εκατομμύρια κυβικά το χρόνο. Ο υπολογισμός αυτός συμπεριλαμβάνει ότι αφορά τις ανάγκες για άρδευση, όπου το νερό που απαιτείται για τη βέλτιστη ανάπτυξη των φυτών και με ποσοστό αρδεύσιμο καλλιεργειών περίπου 42% σε σχέση με τη συνολική έκταση των καλλιεργειών και κάλυψη του 100% σε νερό ύδρευσης συμπεριλαμβανομένου και του τουρισμού. Η υφιστάμενη κάλυψη των αναγκών αυτών (πραγματική χρήση) γίνεται σε ποσοστό περίπου 79,6% της ζήτησης, που αναλύεται σε έλλειμμα για το νερό άρδευσης περίπου 22% ενώ για τις υπόλοιπες χρήσεις το έλλειμμα αυτό ανέρχεται σε λιγότερο από 6%. Συγκεκριμένα, για ύδρευση χρειάζονται 127,65 εκατομμύρια κυβικά, για άρδευση 478,39 εκατομμύρια κυβικά, ενώ για τη κτηνοτροφία και τη βιομηχανία μόλις 6,2 και 0,75 εκατομμύρια κυβικά αντίστοιχα. Η χρήση του βιομηχανικού νερού καθώς είναι μικρή καλύπτεται επαρκώς από υπόγεια νερά που αντλούνται από γεωτρήσεις. Σχηματικά και σε μορφή ποσοστών οι παραπάνω

ανάγκες παρουσιάζονται σε γράφημα στην Εικόνα 1.4. Τέλος να αναφερθεί πως στη Κρήτη λειτουργούν 11 βιομηχανίες εμφιάλωσης νερού.



Εικόνα 1.4: Κατανομή αναγκών σε νερό στο Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης

Πηγή: 1^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (EL13)

(http://wfdver.ypeka.gr/wp-content/uploads/2017/10/EL13_1REV_P13_Proxedia_LAP_v03.pdf)

1.1.3 Νομός Ηρακλείου

Ο Νομός Ηρακλείου (Εικόνα 1.5) καταλαμβάνει το ομαλότερο και μεγαλύτερο τμήμα ανάμεσα στα όρη Τδη (Ψηλορείτης) στα Δυτικά και Δίκτη στα Ανατολικά. Το έδαφος του νομού Ηρακλείου είναι ορεινό–λοφώδες, με πεδινά τμήματα στο βόρειο και στο νοτιοδυτικό τμήμα. Το Ηράκλειο είναι η μεγαλύτερη πόλη της Κρήτης και πρωτεύουσά της, στα βόρεια παράλια του νομού βρίσκεται η νησίδα Δία (Ντία).

Το βόρειο τμήμα του Νομού εσωκλείει πεδιάδες, με σημαντικότερη αυτή του Καστελλίου, κοιλάδες με βλάστηση και πλαγιές με χαμηλούς λόφους. Στο νότιο τμήμα βρίσκεται η μεγαλύτερη πεδιάδα του νησιού, αυτή της Μεσαράς, βόρεια του όρους Κόφινα. Η απόληξη του όρους Τδη ταυτίζεται με το δυτικό όριο του Νομού, ενώ η Δίκτυ με το ανατολικό. Τέλος, στο νότιο τμήμα του Νομού βρίσκονται τα Αστερούσια όρη, που εκτείνονται στο μέσο του νομού και τον χωρίζουν στα δύο. Η οροσειρά των Αστερουσίων βρίσκεται παράλληλα στην ακτή του Λιβυκού πελάγους και η υψηλότερη της κορυφή είναι ο Κόφινας (1231 m).

Οι κυριότεροι ποταμοί του Νομού Ηρακλείου είναι ο Αναποδάρης, ο μεγαλύτερος σε έκταση ποταμός της Κρήτης, ο Γιόφυρος, ο Καρτερός, ο Γαζανός, ο Αποσελέμης και ο Γεροπόταμος. Οι ποταμοί αυτοί εκβάλουν στο Κρητικό και το Λιβυκό Πέλαγος. Η μεγαλύτερη πόλη στο νότιο Νομό Ηρακλείου είναι οι Μοίρες.

Το κλίμα στο Νομό Ηρακλείου ποικίλει στη βόρεια και στη νότια πλευρά του Νομού, καθώς και στο κεντρικό ορεινό συγκρότημα. Οι παράκτιες περιοχές έχουν γενικά εύκρατο κλίμα, όπως και η πόλη του Ηρακλείου, όπου αυτό συνεπάγεται οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες στα παράκτια τμήματα να είναι περίπου 13°C. Στη πόλη του Ηρακλείου, για τον Ιανουάριο η μέση θερμοκρασία είναι 12,4°C, με τη χαμηλότερη να έχει φτάσει στους 0,1°C, ενώ του μήνες του καλοκαιριού είναι περίπου 28 - 30 °C. Οι άνεμοι που πνέουν στο νομό είναι νότιοι και βορειοδυτικοί, με μεγαλύτερη συχνότητα να συναντώνται οι δεύτεροι και ιδιαίτερα του θερινούς μήνες. Τα μελέμια, δεν έχουν επίδραση στα

νότια παράλια κι έτσι επικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες. Έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές παρατηρούνται στα ορεινά, όπου στα μεγαλύτερα υψόμετρα η θερμοκρασία είναι αρκετούς βαθμούς υπό του μηδενός το χειμώνα. Το χιόνι είναι συχνό φαινόμενο στις ορεινές περιοχές και σπανιότερο στις παράκτιες. Τα ετήσια χιλιοστά βροχόπτωσης στις παράκτιες περιοχές είναι μόλις υπερβαίνουν τα 500, ενώ αντίθετα στα ορεινά και συγκεκριμένα στην Ίδη πέφτουν περισσότερα από 1200 χιλιοστά βροχόπτωσης. Οι νεφώσεις είναι ισχυρές, αλλά περιορίζονται στους χειμερινούς μήνες, με αποτέλεσμα οι αίθριες ημέρες να υπερβαίνουν τις 120 ετησίως. Τέλος, το κλίμα στο Νομό Ηρακλείου μπορεί να θεωρηθεί ξηρό από άποψη υγρασίας, ενώ ο παγετός είναι σπάνιος.



Εικόνα 1.5: Χάρτης Νομού Ηρακλείου

Πηγή: (<https://www.hotelsandrooms.gr/index.php?region=Crete&p=7>)

1.1.4 Νομός Λασιθίου

Ο ανατολικότερος και πιο αραιοκατοικημένος νομός της Κρήτης είναι ο Νομός Λασιθίου (Εικόνα 1.6), με πρωτεύουσα την πόλη του Αγίου Νικολάου. Τα νησιά που ανήκουν στον νομό είναι αρκετά, μερικά από αυτά είναι η Σπιναλόγκα βόρεια του κόλπου της Ελούντας, οι Διονυσάδες βορειοανατολική του νησιού -ανοιχτά της Σητείας, η Χρυσή νότια της Ιεράπετρας και άλλα. Βόρεια βρέχεται από το Κρητικό Πέλαγος, νότια από το Λιβυκό και ανατολικά από το Καρπάθιο. Δυτικά συνορεύει με τον Νομό Ηρακλείου, με φυσικό σύνορο την οροσειρά Δίκτη. Η Δίκτη, ή αλλιώς τα Λασιθιώτικα όρη, χαμηλώνει προς τα ανατολικά του Νομού, με απόληξη τον ισθμό της Ιεράπετρας, το στενότερο σημείο στην Κρήτη. Το έδαφος στο Νομό είναι κυρίως ορεινό.

Δυτικά κυριαρχεί η Δίκτη (2148 μ.), που καταλαμβάνει ολόκληρη την επαρχία Λασιθίου και ένα μέρος από την επαρχία Μιραμπέλλου και την επαρχία Ιεράπετρας. Ανατολικά τοποθετούνται τα Σητειακά όρη. Ωστόσο δεν υπάρχουν πεδιάδες στο Νομό, αλλά πολλές κοιλάδες. Η μεγαλύτερη κοιλάδα στο Νομό Λασιθίου είναι του Μιραμπέλλου. Ακόμα ο νομός καταλαμβάνεται από πολλά οροπέδια, με μεγαλύτερο το οροπέδιο Λασιθίου και το οροπέδιο Καθαρού. Επίσης ο νομός έχει πολλά φαράγγια, από τα ωραιότερα είναι το φαράγγι του Χα.

Στο Νομό δεν υπάρχουν μεγάλα ποτάμια, αλλά κάποιοι χειμάρροι. Επιπλέον υπάρχουν πηγές που αξιοποιούνται στην ύδρευση και την άρδευση. Βόρεια βρίσκονται, ο κόλπος του Μιραμπέλλου, η λιμνοθάλασσα Βουλισμένη του Αγίου Νικολάου, εκτενής παραλίες και τα λιμάνια της Ελούντας, της Σητείας, του Πόρου και της Φανερωμένης. Δυτικά βρίσκονται τα λιμάνια Ζάκρος, Γκράντε και Καρούμπι, και στη νότια ακτογραμμή τα Καλά Νερά και ο Μακρύς Γιαλός.

Το κλίμα στον Νομό Λασιθίου είναι εύκρατο και στις περιοχές με μεγάλο υψόμετρο χαρακτηρίζεται ως ορεινό. Η Σητεία έχει ξηρό και θερμό Μεσογειακό κλίμα και ο αριθμός βιολογικά ξηρών ημερών είναι 161,6. Η περιοχή κατατάσσεται στον ημίξηρο βιοκλιματικό όροφο με θερμό χειμώνα. Η υγρασία διατηρείται στις μέσες τιμές (60 - 73%) μια και το ποσοστό βροχής που πέφτει το χρόνο είναι μικρό, περίπου 500 χιλιοστά. Οι βροχοπτώσεις είναι λιγότερες συγκριτικά με την υπόλοιπη Κρήτη, όπου στη Σητεία και την Ιεράπετρα το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται από 93 έως 108 χιλιοστά περίπου για τον Ιανουάριο ενώ για το μήνα Ιούλιο είναι 0,2 χιλιοστά. Ο μεγαλύτερος μέσος μηνιαίος αριθμός ημερών βροχόπτωσης είναι 13,1 και 12, για την Σητεία και την Ιεράπετρα αντίστοιχα. (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) ενώ ο μέσος όρος ετήσιων ημερών βροχής ανέρχεται περίπου σε 72. Συγκεκριμένα η Ιεράπετρα διαθέτει το ηπιότερο κλίμα στην Ευρώπη με ελάχιστες βροχές ενώ η θερμοκρασία σπάνια πέφτει κάτω από τους 12 βαθμούς Κελσίου, όλο το χρόνο. Οι άνεμοι είναι περισσότεροι συγκριτικά με τους υπόλοιπους νομούς της Κρήτης, επίσης θεωρείται από τις πιο ανεμώδεις περιοχές στην Ελλάδα, με επικρατέστερους να είναι οι βόρειοι άνεμοι. Γενικά υπάρχει μεγάλο εύρος τιμών στις θερμοκρασίες, αφού η μέση ημερήσια κυμαίνεται από 15 έως 34 °C και η μέση νυχτερινή από 7 έως 20 °C, ενώ οι νεφώσεις είναι μεγαλύτερες.



Εικόνα 1.6: Χάρτης Νομού Λασιθίου

Πηγή: (<https://www.hotelsandrooms.gr/index.php?region=Crete&p=7>)

1.1.5 Νομός Ρεθύμνης

Ο Νομός Ρεθύμνης, με πρωτεύουσα την πόλη του Ρεθύμνου, βρίσκεται ανάμεσα στον Νομό Χανίων δυτικά και στον Νομό Ηρακλείου ανατολικά (Εικόνα 1.7). Βρέχεται από το Κρητικό πέλαγος βόρεια και από το Λιβυκό νότια.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του εδάφους στον Νομό Ρεθύμνης είναι ορεινό, σε ποσοστό περίπου 65%, ένα 20% περίπου είναι ημιορεινό και 16% είναι πεδινό. Ανατολικά βρίσκεται το όρος Ίδη και το όρος Κέδρος (1.777 μ.), που προεκτείνεται βόρεια. Οι λίγες πεδιάδες, βρίσκονται μεταξύ των παράκτιων περιοχών και των οροσειρών. Οι σημαντικότερες κοιλάδες είναι αυτή στο Αμάρι, που βρίσκεται μεταξύ Ίδης και Κέδρου, και η κοιλάδα στο Μυλοπόταμο που βρίσκεται μεταξύ Ίδης και Κουλούκωνα. Δυτικά υψώνονται οι ανατολικές προεκτάσεις των Λευκών Ορέων.

Το υδρογραφικό δίκτυο του νομού είναι περιορισμένο όχι και τόσο σημαντικά υδάτινα ρεύματα. Τα σημαντικότερα ποτάμια στο Νομό Ρεθύμνης είναι ο Μουρσέλας, που βρίσκεται στο όριο με το Νομό Χανίων, ο Γεροπόταμος και ο Πετρέας και εκβάλουν στο Κρητικό πέλαγος όπως και το Σφακορύακο που βρίσκεται ανατολικά του Ρεθύμνου. Ακόμη ο Πλατύς που βρίσκεται στο όρμο της Μεσσαράς, ο Ακουμιανός πιο δυτικά και ο Κουρταλιώτης με το φαράγγι που έχει διαμορφώσει, εκβάλουν στο Λιβυκό πέλαγος. Επιπλέον, υπάρχει η τεχνητή λίμνη του φράγματος Ποταμών.

Το κλίμα στον Νομού Ρεθύμνης είναι ήπιο στις παράκτιες περιοχές. Στις περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, κυρίως στο Ψηλορείτη το κλίμα γίνεται ορεινό, με αρκετά χαρακτηριστικά ηπειρωτικού κλίματος, αλλά ηπιότερο. Στα νότια παράλια του Νομού οι βροχές είναι περισσότερες, όπως συμβαίνει σε όλο το νότιο τμήμα του νησιού. Ο χειμώνας είναι ήπιος και υγρός με αρκετές βροχοπτώσεις και χιόνια στα ορεινά. Η χιονόπτωση είναι σπάνια στις πεδινές περιοχές, αλλά αρκετά συχνή στις ορεινές. Η βροχόπτωση είναι έντονη το φθινόπωρο και το χειμώνα, ασθενής την άνοιξη και σπάνια το καλοκαίρι. Ο Ιανουάριος είναι ο μήνας με τα περισσότερα χιλιοστά βροχόπτωσης όπου είναι περίπου 686 και με μέσο αριθμό ημερών βροχόπτωσης τις 10,2. Στα νότια του Νομού Ρεθύμνου, η θερμοκρασία είναι υψηλότερη και με περισσότερες ημέρες ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Το θερμοκρασιακό εύρος είναι περίπου από 6°C έως 34°C, με πιο σπάνιες τις φορές που η θερμοκρασία είναι εκτός των τιμών αυτών. Στις ακτές οι υψηλές θερινές θερμοκρασίες μετριάζονται από την επίδραση της θάλασσας. Η πιο ζεστοί μήνες είναι από τον Ιούνιο μέχρι τον Σεπτέμβρη, με μέση μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία τους 27°C. Η νεφοκάλυψη παρουσιάζει σημαντική εποχιακή διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους, ενώ η υγρασία γίνεται αρκετά έντονη ανάλογα με την εγγύτητα στη θάλασσα. Οι άνεμοι που πνέουν στον νομό είναι κυρίως βόρειοι και νότιοι.



Εικόνα 1.7: Χάρτης Νομού Ρεθύμνης

Πηγή: (<https://www.hotelsandrooms.gr/index.php?region=Crete&p=7>)

1.1.6 Νομός Χανίων

Ο Νομός Χανίων, με πρωτεύουσα την πόλη των Χανίων και δεύτερη μεγαλύτερη πόλη τη Σούδα, βρίσκεται ανατολικά προς το Νομό Ρεθύμνης, δυτικά και βόρεια προς το Κρητικό πέλαγος και νότια προς το Λιβυκό (Εικόνα 1.8). Ο νομός Χανίων περιλαμβάνει επίσης και τα νησιά Γαύδος και Γαυδοπούλα. Η Γαύδος είναι νότια των Χανίων και ταυτόχρονα αποτελεί και το νοτιότερο σημείο της Ευρώπης.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του εδάφους στον Νομό Χανίων είναι ορεινό –τριπλάσιο από το ημιορεινό και πεδινό τμήμα του νομού που είναι σχεδόν ίσα–, με τους ορεινούς όγκους να καλύπτουν σχεδόν όλο το κεντρικό και νότιο τμήμα του Νομού. Δυτικά του Νομού εκτείνονται κορυφές των Λευκών Ορέων, με υψηλότερη αυτή των Πάχνων στα 2.453 μέτρα.

Ρήγματα, διαβρώσεις και κατακόρυφες μετακινήσεις του εδάφους δημιούργησαν στα Λευκά Όρη τάφρους, κοιλάδες και φαράγγια, όπως το φαράγγι της Σαμαριάς - Αγίας Ρούμελης. Επιπλέον υπάρχουν οροπέδια όπως του Ομαλού βορειοδυτικά και του Ασκυφού ανατολικά.

Δεν υπάρχουν μεγάλα ποτάμια στον Νομό Χανίων, αλλά πολλές πηγές που είναι συνδεδεμένες με την λεκάνη απορροής των Λευκών Ορέων (800 km²). Επιπλέον η παρουσία της λίμνης Κουρνά, βορειοδυτικά του νομού, μαρτυρά τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.

Το κλίμα του Νομού είναι ήπιο στη χαμηλή ζώνη και δριμύ στα ορεινά. Οι βροχοπτώσεις είναι πιο έντονες σε σχέση με την υπόλοιπη Κρήτη, λόγω της γεωγραφικής τοποθέτησης του νησιού επί του άξονα Ανατολή-Δύση σε σχέση με τη κίνηση των αερίων μαζών κα έτσι τα υγρά ρεύματα του Ιονίου Πελάγους παγιδεύονται από τα Λευκά Όρη. Το γεγονός αυτό, καθώς και η ασβεστολιθική σύσταση του εδάφους, είναι υπεύθυνοι για τις πηγές που υπάρχουν στο Νομό. Ο μέσος μηνιαίος αριθμός ημερών βροχοπτώσεις είναι 16,3, ενώ για το 2018 τα συνολικά χιλιοστά βροχόπτωσης που έπεσαν ήταν πάνω από 1100. Τους μήνες από τον Απρίλιο μέχρι και το Σεπτέμβριο οι βροχοπτώσεις είναι ελάχιστες. Στα ορεινά το χιόνι τους χειμερινούς μήνες είναι σταθερό φαινόμενο, όπου οι κορυφές των Λευκών Ορέων διατηρούνται χιονισμένες έως και αρχές Μαΐου. Αντίθετα, στις πεδινές περιοχές το φαινόμενο του χιονιού είναι σπάνιο. Οι θερινοί μήνες είναι οι πιο ζεστοί μήνες του χρόνου χωρίς βροχοπτώσεις. Στα ημιορεινά και τα ορεινά του νομού οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερη, ενώ αντίθετα στα νότια παράλια και την πεδινή ενδοχώρα είναι κατά υψηλότερη. Γενικά για τη θερμοκρασία, το καλοκαίρι η μέση μέγιστη κυμαίνεται περίπου από 20 έως 30 °C και το χειμώνα από 10 έως 15 °C. Η ημέρες ηλιοφάνειας είναι πολλές κατά τη διάρκεια όλου του έτους. Κατά τη διάρκεια των χειμερινών και φθινοπωρινών μηνών πνέουν κυρίως δυτικοί και βορειοδυτικοί άνεμοι. Η υγρασία είναι αρκετά έντονη, ιδιαίτερα στις παραλιακές περιοχές, με πιο υγρούς μήνες το Δεκέμβριο και Ιανουάριο με ποσοστό υγρασίας περίπου 73%.



Εικόνα 1.8: Χάρτης Νομού Χανίων

Πηγή: (<https://www.hotelsandrooms.gr/index.php?region=Crete&p=7>)

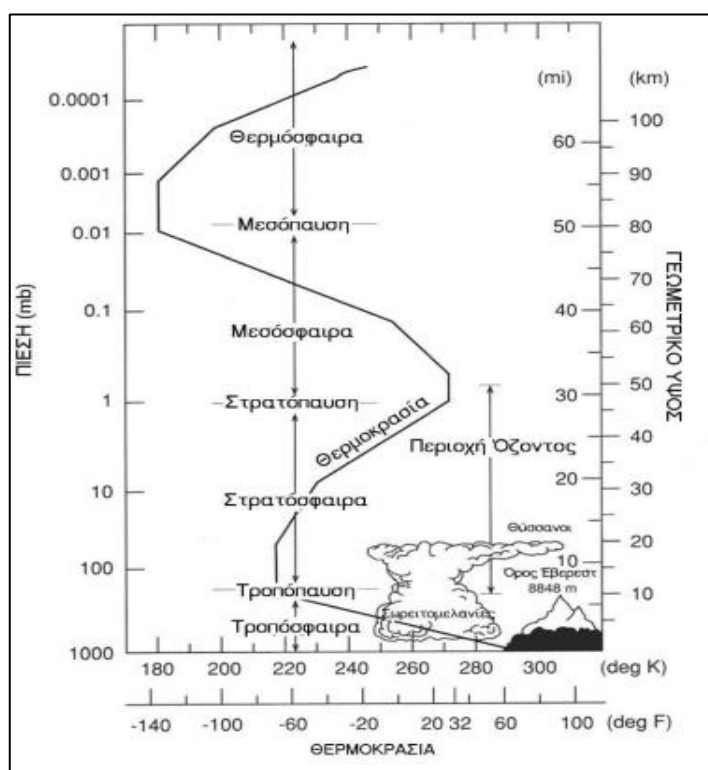
2. Υδρομετεωρολογικά και Υδρολογικά στοιχεία

Για την κατανόηση και την περιγραφή του υδρολογικού κύκλου και των φάσεών του αναπτύχθηκε ο κλάδος της υδρομετεωρολογίας. Οι σημαντικότεροι κλιματικοί παράγοντες της υδρομετεωρολογίας είναι τα κατακρημνίσματα, η υγρασία, η θερμοκρασία, ο άνεμος και η ηλιακή ακτινοβολία. Παρακάτω θα αναφερθούν η ατμόσφαιρα και συνοπτικά οι παραπάνω παράμετροι.

2.1 Ατμόσφαιρα

Η ατμόσφαιρα της γης είναι ένα στρώμα, αποτελούμενο από διάφορα αέρια, με κυριότερα το άζωτο και το οξυγόνο. Από τα αέρια που είναι σε μικρότερη διαθεσιμότητα στην ατμόσφαιρα, τα κυριότερα είναι το διοξείδιο του άνθρακα και οι υδρατμοί, οι οποίοι προέρχονται από την εξάτμιση των επιφανειακών υδάτων, την εξάχνωση των πάγων και την αναπνοή των φυτών. Το μεγαλύτερο ποσοστό του ατμοσφαιρικού αέρα εντοπίζεται, σε ένα λεπτό στρώμα, πάχους τριάντα χιλιομέτρων που ονομάζεται *ανώτατο οριακό στρώμα*. Εντός της ατμόσφαιρας πραγματοποιούνται μετατροπές σε διάφορες μορφές ενέργειας (θερμότητα, κινητική ενέργεια κ.α.) από την ηλιακή και τη γήινη ακτινοβολία.

Ανάλογα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος, η ατμόσφαιρα διαιρείται σε τέσσερις ζώνες. Αυτές είναι η *τροπόσφαιρα*, η *στρατόσφαιρα*, η *μεσόσφαιρα* και η *θερμόσφαιρα*, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.1. Στην τροπόσφαιρα βρίσκεται το 70 – 80 % της ατμόσφαιρας και ουσιαστικά ολόκληρη η ποσότητα των υδρατμών, επίσης σε αυτή δημιουργούνται όλες οι ατμοσφαιρικές διαταραχές, οι καιρικές συνθήκες και γενικότερα τα περισσότερα μετεωρολογικά φαινόμενα.



Εικόνα 2.1: Τα στρώματα της ατμόσφαιρας

Πηγή: [Λαζαρίδης, 2010]

2.2 Υγρασία

Η *υγρασία* είναι η ποσότητα των υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Στην ατμόσφαιρα υπάρχει πάντοτε μια μεταβαλλόμενη ποσότητα υγρασίας (υδρατμών) η οποία προέρχεται από την εξάτμιση του νερού από τις θάλασσες, την επιφάνεια της γης και τη διαπνοή των φυτών. Η ποσότητα της υγρασίας (η έκφρασή της είναι συνήθως με τη μορφή ποσοστού) έχει άμεση εξάρτηση από τη θερμοκρασία και ακολουθεί το ρυθμό ελάττωσης της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα. Η μεταβολή του ποσοστού της υγρασίας, μειώνεται με το υψόμετρο, ενώ μεταβάλλεται και με το γεωγραφικό πλάτος ενός τόπου.

2.3 Θερμοκρασία

Με τον όρο *θερμοκρασία* αέρα, νοείται η θερμοκρασία αέρα υπό σκιά, του οποίου η μέτρηση γίνεται με θερμόμετρα και θερμογράφους, τοποθετημένα εντός του μετεωρολογικού κλωβού και προστατευμένα από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία όπου ο αέρας κυκλοφορεί ελεύθερα. Ο κλωβός βρίσκεται σε ύψος 1,5 – 2,0 m από την επιφάνεια του εδάφους και συνήθως μέσα σε αυτόν υπάρχουν και θερμόμετρα μέγιστης και ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας. Με τη βοήθεια των οργάνων μέτρησης της μπορούν να προσδιοριστούν οι διάφορες παράμετροι της θερμοκρασίας (μέση ημερήσια, μέση μηνιαία και η μέση ετήσια). Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν αυτόγραφα όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας η καταγραφή γίνεται συνήθως στις 8:00, 14:00 και 20:00. Ως μονάδα μέτρησης της θερμοκρασίας έχει επικρατήσει η μονάδα Celsius ($^{\circ}\text{C}$) και η απόλυτη θερμοκρασία Kelvin (K).

Η μείωση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα συνεπάγεται αύξηση του υψομέτρου. Η μέση τιμή της μείωσης είναι $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$, αυτό ονομάζεται *θερμοβαθμίδα* και ποικίλει ανάλογα με το ύψος, την εποχή του έτους και τις μετεωρολογικές συνθήκες. Μερικοί από τους λόγους μείωσης της θερμοκρασίας είναι η αραιώση του αέρα και των υδρατμών μετά του ύψους, η μείωση της αντανακλώμενης από το έδαφος ακτινοβολίας εντός του εδάφους.



Εικόνα 2.3: Μετεωρολογικός κλωβός



Εικόνα 2.2: Αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός (θερμογράφος)

Πηγή: [Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών] (<https://www.meteo.gr/pdf/klwvos.pdf>)

2.4 Άνεμος

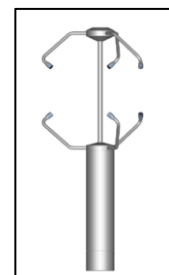
Άνεμος, καλείται η κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα κατά την οριζόντια διεύθυνση, η κίνηση του αέρα προς τα επάνω ή προς τα κάτω καλείται ανοδικός και καθοδικός άνεμος αντίστοιχα. Ο άνεμος προσδιορίζεται από την κατεύθυνση (ή διεύθυνση) και τη ένταση ή ταχύτητα. Η διεύθυνση του ανέμου προσδιορίζεται από το σημείο του ορίζοντα που πνέει ο άνεμος και τα όργανα μέτρησής του είναι οι ανεμόμετρα ή ανεμογράφοι. Η ταχύτητα του, εκφράζεται σε m/s, ή km/h, ή κόμβους ανά ώρα, όμως για τον προσδιορισμό της ταχύτητας χρησιμοποιείται και η κλίμακα Beaufort που βασίζεται στις επιδράσεις του ανέμου πάνω σε αντικείμενα (δένδρα, κτίρια κλπ). Η αντιστοιχία βαθμών της κλίμακας Beaufort και ταχύτητας ανέμου προσδιορίζεται από πίνακες.



Εικόνα 2.6: Ανεμόμετρο
κυπέλλων



Εικόνα 2.5: Ανεμόμετρο
έλικας



Εικόνα 2.4: Ηχητικό
ανεμόμετρο

Πηγές:

Εικόνα 2.6: (<https://www.baranidesign.com/wind-sensors>)

Εικόνα 2.5: (https://www.noesis.edu.gr/wp-content/uploads/2014/07/img_60ff93e44632.jpg)

Εικόνα 2.4: (https://shop.profec-ventus.com/product_info.php?language=en&info=p16_ultrasonic-anemometer-thies---3d.html)

2.5 Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την κύρια πηγή θερμικής ενέργειας του συστήματος γη – ατμόσφαιρα και καθορίζει τον καιρό και το κλίμα των διαφόρων περιοχών της γης σε συνδυασμό τη φύση και το ανάγλυφο της επιφάνειάς της. Μετρίεται με πυρανόμετρα ή πυρηνλιόμετρα. Επίσης οι ώρες ηλιοφάνειας είναι καθοριστικός παράγοντας για τον προσδιορισμό της ημερήσιας και ετήσιας ηλιακής ενέργειας μιας περιοχή. Η θεωρητική ηλιοφάνεια είναι η περίοδος από την ανατολή του ηλίου μέχρι τη δύση του, ενώ η μέση πραγματική ηλιοφάνεια ορίζεται ως ο μέσος όρος των ωρών όπου το φως του ήλιου δεν εμποδίζεται από τα σύννεφα καθώς πέφτει στη γη, ακόμη η παρουσία νεφών επηρεάζει και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια του εδάφους διακρίνεται στην άμεση και διάχυτη. Το άθροισμα των παραπάνω αποτελεί την ολική ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια επιφάνεια. Η άμεση ακτινοβολία προέρχεται απ' ευθείας από τον Ήλιο, αποτελεί δηλαδή μια δέσμη ακτινών και μετρίεται πάντοτε ως προς επιφάνεια κάθετη προς την κατεύθυνση διάδοσης του φωτός. Η διάχυτη ακτινοβολία είναι εκείνη που έρχεται από διάφορες κατευθύνσεις και προέρχεται από ανακλάσεις των ηλιακών ακτινών πάνω σε διάφορες επιφάνειες (κτίρια, έδαφος, κλπ), από σκέδασή τους από τα συστατικά της ατμόσφαιρας, αλλά και από άλλες πηγές εκπομπής (γήινη ακτινοβολία, φθορισμός,

κλπ). Η ολική διάχυτη ακτινοβολία είναι το άθροισμα όλων των παραπάνω συνιστωσών. Η μέτρηση της διάχυτης και της ολικής ακτινοβολίας γίνεται ως προς το οριζόντιο επίπεδο.



Εικόνα 2.7: Πυρόμετρο για μέτρηση ηλιακής ακτινοβολίας

Πηγή: [Κολοκοτσά, Σπυριδάκη, 2016]

2.6 Κατακρημνίσματα – Βροχόπτωση

Ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις είναι γενικά οι διάφορες μορφές με τις οποίες το νερό της ατμόσφαιρας αποβάλλεται από αυτή σε υγρή, στερεή κατάσταση και επανέρχεται στην επιφάνεια της γης. Στην υγρή μορφή το νερό επανέρχεται στην γη με τη μορφή βροχής, δροσιάς, ομίχλης ή χιονόβροχου, ενώ στην στερεή μορφή επανέρχεται ως χιόνι, χαλάζι ή πάχνη.

Παρακάτω επιλέγεται να γίνει αναφορά στη βροχόπτωση, που είναι η μορφή κατακρημνίσματος που αναφέρεται η παρούσα εργασία.

Βροχόπτωση

Τα σύννεφα αποτελούνται από υδροσταγονίδια, τα οποία όταν ενωθούν σχηματίζουν υδροσταγόνες όπου λόγω του βάρους τους πέφτουν με ταχύτητα στην επιφάνεια της γης και έτσι δημιουργείτε το φαινόμενο της βροχής. Οι σταγόνες νερού που σχηματίζονται έχουν συνήθη διάμετρο από 0,5 – 6 mm, ενώ για σταγόνες με διάμετρο μικρότερη των 0,5 mm και ομοιόμορφο ρυθμό πτώσης χαρακτηρίζεται ως ψιγάλα. Τα ημερήσια και μηνιαία ύψη βροχόπτωσης αντιστοιχούν στην περίοδο μέτρησης του συνολικού ύψους μιας ημέρας ή ενός μήνα. Οι έννοιες μέσος όρος ή μέσο ύψος βροχής αναφέρεται σε παρόμοιες παρατηρήσεις για πολλά χρόνια. Στις περιπτώσεις αυτές ισχύουν και οι όροι μέγιστη και ελάχιστη τιμή. Για παράδειγμα, η μέση μηνιαία βροχόπτωση σε μια τοποθεσία, για ένα μήνα είναι ο μέσος όρος των μηνιαίων τιμών για μια σειρά ετών. Ο μέσος όρος των ετήσιων υψών βροχής ενός σταθμού για σειρά ετών, λέγεται επίσης κανονικό ετήσιο ύψος βροχής. [Νικολακόπουλος κ.α., 2015]

Οι βροχοπτώσεις χαρακτηρίζονται από την έντασή τους, όπου με τον όρο αυτό, ορίζεται το ύψος του νερού που πέφτει σε μια χρονική περίοδο. Ανάλογα με την ένταση της βροχόπτωσης, αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί ως ελαφρά, μέση και εντατική, για ταχύτητες μέχρι 2,5 mm/h, από 2,5 mm/h μέχρι 7,5 mm/h, και πάνω από 7,5 mm/h αντίστοιχα για κάθε κατηγορία.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ετήσια βροχόπτωση είναι αρκετοί ο βασικότερος όμως είναι το υψόμετρο, όπου συνδέεται με το ύψος βροχής. Δηλαδή με έναν όρο μπορεί να ονομαστεί βροχοβαθμίδα, δηλαδή πρόκειται για τη σχέση που δίνει τη μεταβολή των βροχοπτώσεων σε σχέση με το υψόμετρο υπό την παραδοχή ότι η μόνη παράμετρος που επιδρά στο ύψος των βροχοπτώσεων είναι το υψόμετρο.

Η συνολική βροχόπτωση που φθάνει στο έδαφος στη συνέχεια κατανέμεται σε διάφορες διεργασίες. Ένα ποσοστό της βροχόπτωσης που πέφτει καλύπτει κοιλάματα στην επιφάνεια του εδάφους και τελικά εξατμίζεται και ένα άλλο καλύπτει τις ανάγκες του εδάφους σε υγρασία και στη κατόπιν εμπλουτίζονται τα υπόγεια ύδατα. Η πραγματική κατανομή των κατακρημνισμάτων εξαρτάται από το ολικό ύψος της βροχής, την υγρασία του εδάφους, την τοπογραφία, την κάλυψη της γης, τη χρήση γης και λοιπά. Από τις μετρήσεις του ύψους χιονόπτωσης από διαφορετικά γειτονικά μέρη, προκύπτει ο μέσος όρος και στη συνέχεια ανάγεται σε ύψος βροχόπτωσης. Η πυκνότητα του χιονιού συνδέεται με το ισοδύναμο ύψος νερού βροχής, όμως γενικά θεωρείται ότι 10 mm ύψους χιονιού ισοδυναμούν με ένα 1 mm ύψους βροχής. [Νικολακόπουλος κ.α., 2015]

Οι βροχοπτώσεις ανάλογα με τον τρόπο που ψύχονται οι αέριες μάζες (για να γίνει συμπύκνωση των υδρατμών και στη συνέχεια σχηματισμός νεφών) διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Κατακρημνίσματα ανοδικής μεταφοράς
- Κυκλωνικά ή μετωπικά κατακρημνίσματα.
- Ορογραφικά ή κατακρημνίσματα ανάγλυφου

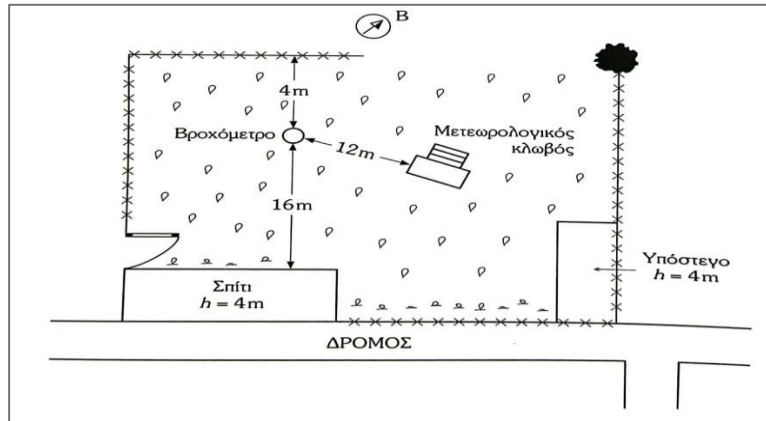
Μερικά όργανα μέτρησης και εκτίμησης της βροχόπτωσης είναι τα τυπικά βροχόμετρα, βροχογράφοι, μετεωρολογικά radar και δορυφόροι, με περισσότερο χρησιμοποιημένα τα πρώτα δύο (Εικόνα 2.8). Η ποσότητα νερού που προσπίπτει σε μια επιφάνεια ορίζεται ύψος βροχής, με μονάδα μέτρησης τα χιλιοστά (mm) ή εκατοστά (cm). Δηλαδή, υετός ύψους 10mm σημαίνει κατακρήμνιση η οποία είχε σαν αποτέλεσμα τη συγκέντρωση 10kg νερού σε επιφάνεια 1m².



Εικόνα 2.8: Απλό ολοκληρωτικό βροχόμετρο, ψηφιακό βροχόμετρο

Πηγή: [Νικολακόπουλος κ.α., 2015]

Για να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ακρίβεια της μέτρησης από τα κατάλληλα όργανα πρέπει αυτά να είναι τοποθετημένα σε επιλεγμένες θέσεις, ειδικά διαμορφωμένες και περιφραγμένες που ονομάζονται βροχομετρικοί σταθμοί. Συνήθως τα βροχομετρικά όργανα βρίσκονται τοποθετημένα μαζί με πολλά άλλα όργανα μέτρησης άλλων μετεωρολογικών μεγεθών στους μετεωρολογικούς σταθμούς. Ένας βροχομετρικός σταθμός μπορεί να διαθέτει βροχόμετρο ή βροχογράφο ή και τα δύο, ενώ δεν πρέπει να τοποθετείται σε κεκλιμένο επίπεδο και γενικότερα πρέπει να πληρούν κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές. Ένας μετεωρολογικός σταθμός που διαθέτει βροχόμετρο φαίνεται στην Εικόνα 2.9.



Εικόνα 2.9: Τυπική διάταξη μετεωρολογικού σταθμού, με βροχόμετρο

Πηγή: [Τσακίρης, 2013]

2.6.1 Επεξεργασία Βροχομετρικών παρατηρήσεων

Από τις ενδείξεις των βροχομετρικών οργάνων προσδιορίζεται το ημερήσιο ύψος βροχής για κάθε βροχομετρικό σταθμό. Στη συνέχεια έχοντας ημερήσια δεδομένα μπορούν να προσδιοριστούν τα μηνιαία ύψη βροχής, αθροιστικά των σχετικών ημερήσιων υψών και έτσι στη συνέχεια να υπολογιστεί το ετήσιο ύψος βροχής, το οποίο αναφέρεται στο Υδρολογικό έτος.

Υδρολογικό έτος είναι μια χρονική περίοδος ίση με το ημερολογιακό έτος, που όμως η αρχή τους δεν συμπίπτει καθώς για το υδρολογικό έτος η αρχή θεωρείται η έναρξη της βροχερής περιόδου για μια περιοχή. Το Υδρολογικό έτος για την Ελλάδα έχει επιλεγεί να αρχίζει την 1η Οκτωβρίου και να λήγει την 30η Σεπτέμβριου.

Με τις παραπάνω προσδιορισθείσες τιμές, μπορούν να καθοριστούν μετέπειτα το μέγιστο και ελάχιστο ύψος βροχής για ίσες περιόδους. Το μέσο ύψος βροχής μια χρονικής περιόδου, υπολογιζόμενο από παρατηρήσεις τριακονταετίας, αποτελεί και το κανονικό ύψος βροχής.

2.6.2 Συμπλήρωση ελλιπών βροχομετρικών παρατηρήσεων

Σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχουν ελλείψεις στις παρατηρήσεις ενός σταθμού λόγω βλάβης ή άλλης αιτίας, ως συνέπεια την ανάγκη για συμπλήρωση των χαμένων τιμών ώστε να είναι πλήρης η σειρά των δεδομένων και να μπορεί να τεθεί σε περαιτέρω ανάλυση. Για το λόγο αυτό υπάρχουν διάφορες μέθοδοι συμπλήρωσης, στη συνέχεια επιλέγεται να αναφερθούν τρεις από αυτές.

Μέθοδος αριθμητικού μέσου

Αυτή η μέθοδος για τη συμπλήρωση των τιμών ενός σταθμού που έχει ελλείψεις, χρησιμοποιεί τη μέση τιμή όλων των μετρήσεων, τουλάχιστον τριών γειτονικών σταθμών. Για να γίνει χρήση αυτής της μεθόδου, πρέπει οι ετήσιες βροχοπτώσεις των γειτονικών σταθμών να αποκλίνουν λιγότερο από 10% από τον υπό συμπλήρωση σταθμό.

Μέθοδος κανονικών αναλογιών

Η μέθοδος των κανονικών αναλογιών χρησιμοποιεί κι αυτή μετρήσεις γειτονικών σταθμών (τουλάχιστον τριών) που όμως οι μετρήσεις τους διαφέρουν περισσότερο από 10% από τον υπό συμπλήρωση σταθμό. Συνήθως, γίνεται επιλογή τριών σταθμών που απέχουν ίσες περίπου αποστάσεις και περιβάλλουν τον υπό συμπλήρωση σταθμό. Η γενική σχέση της μεθόδου είναι:

$$P_x = \frac{1}{3} \left[\frac{N_x P_1}{N_1} + \frac{N_x P_2}{N_2} + \frac{N_x P_3}{N_3} \right]$$

όπου:

P: τα ύψη βροχής της περιόδου που καταγράφηκαν

N: η ετήσια βροχόπτωση

x: δείκτης που υποδηλώνει τον υπό συμπλήρωση σταθμό

Συσχέτιση και παλινδρόμηση

Προϋπόθεση γι' αυτή τη μέθοδο είναι, η γραμμική συσχέτιση μεταξύ των παρατηρήσεων του σταθμού που λείπουν δεδομένα και των γειτονικών σταθμών να είναι ιδιαίτερα ισχυρή. Με τον όρο συσχέτιση, νοείται να προσδιοριστεί η σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων σταθμών, δηλαδή αν x και y οι μεταβλητές που συμβολίζουν τη βροχόπτωση σε δύο γειτονικούς σταθμούς, τότε οι μεταβλητές συνδέονται με τη σχέση:

$$y = f(x)$$

Παλινδρόμηση είναι κάθε συσχέτιση που στηρίζεται στη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, πρακτικά δηλαδή ταυτίζεται με τη συσχέτιση, αφού στις πλείστες των περιπτώσεων γίνεται χρήση της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων. Η συνηθέστερη είναι η γραμμική παλινδρόμηση και έχει σχέση της μορφής:

$$y = a + bx$$

Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης (R) πρέπει να έχει τιμή τουλάχιστον 0,70 σε μερικές περιπτώσεις. Να αναφερθεί ότι, όσο πλησιέστερος στη μονάδα είναι ο συντελεστής τόσο πιο κατάλληλη η μέθοδος.

2.7 Υδρολογικός Κύκλος

Ο υδρολογικός κύκλος (Εικόνα 2.11) περιγράφει τη συνεχή κίνηση του νερού μεταξύ των ωκεανών, της ατμόσφαιρας και της γης, με αλλαγές μεταξύ υγρών, αέριων και στερεών καταστάσεων.

Η αρχή του υδρολογικού κύκλου φαίνεται στην ατμόσφαιρα, όπου οι υδρατμοί συλλέγονται από την εξάτμιση του νερού από τη θάλασσα και την ξηρά και από την διαπνοή των δέντρων και της βλάστησης. Με τη βοήθεια του ανέμου, οι υδρατμοί εκτρέπονται, συμπυκνώνονται σε νέφη κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες και επιστρέφουν στην επιφάνεια της γης ως *ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα* (P) (βροχή, χιόνι, χαλάζι). Το νερό που φτάνει στην επιφάνεια της γης, ένα μέρος συγκρατείται από τη βλάστηση και εξατμίζεται ή διαπνέεται από τα φυτά, είτε μπορεί να μπορεί να ακολουθήσει τις παρακάτω διαδρομές.

Ένα μέρος γίνεται *επιφανειακή απορροή* (R) προς ρυάκια, χείμαρρους, παραπόταμους και ποταμούς καταλήγοντας στις λίμνες ή τις θάλασσες, όπου με εξάτμιση επιστρέφει στην ατμόσφαιρα.

Ένα μέρος διηθείται στο έδαφος, όπου είτε εξατμίζεται ή διαπνέεται μέσω των φυτών, είτε διεισδύει σε βαθύτερα στρώματα της γης μέσω των πόρων, των ρωγμών και των ρηγμάτων των διάφορων πετρωμάτων και σχηματίζει τους υπόγειους υδροφορείς. Το νερό αυτό μετά την διαδρομή του στο υπέδαφος, επανέρχεται στην επιφάνεια της γης μέσω των πηγών, τροφοδοτεί τους ποταμούς ή οδηγείται στη θάλασσα, ή διαφορετικά μέσω του ριζικού συστήματος των φυτών και του φαινομένου της διαπνοής επανέρχεται στην ατμόσφαιρα. Το νερό που διαπερνά την επιφάνεια της γης, αποτελεί την *κατείσδυση* (G).

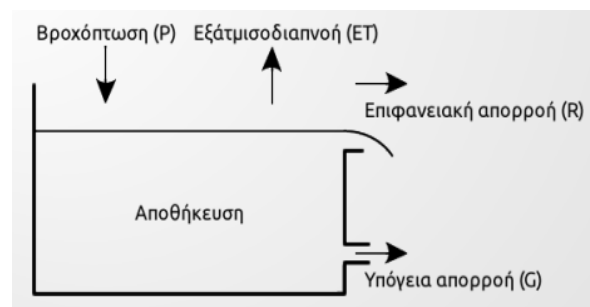
Η αξιοσημείωτη ποσότητα νερού που επιστρέφει στη γη, είτε από εξάτμιση του νερού των λιμνών, των ποταμών και της ξηράς, είτε μέσω της διαπνοής των φυτών, ονομάζεται *εξατμισοδιαπνοή* (ET).

Επομένως, το υδρολογικό ισοζύγιο, όπου παριστάνεται στην Εικόνα 2.10, δίνεται από τη παρακάτω σχέση:

$$P = R + G + ET$$

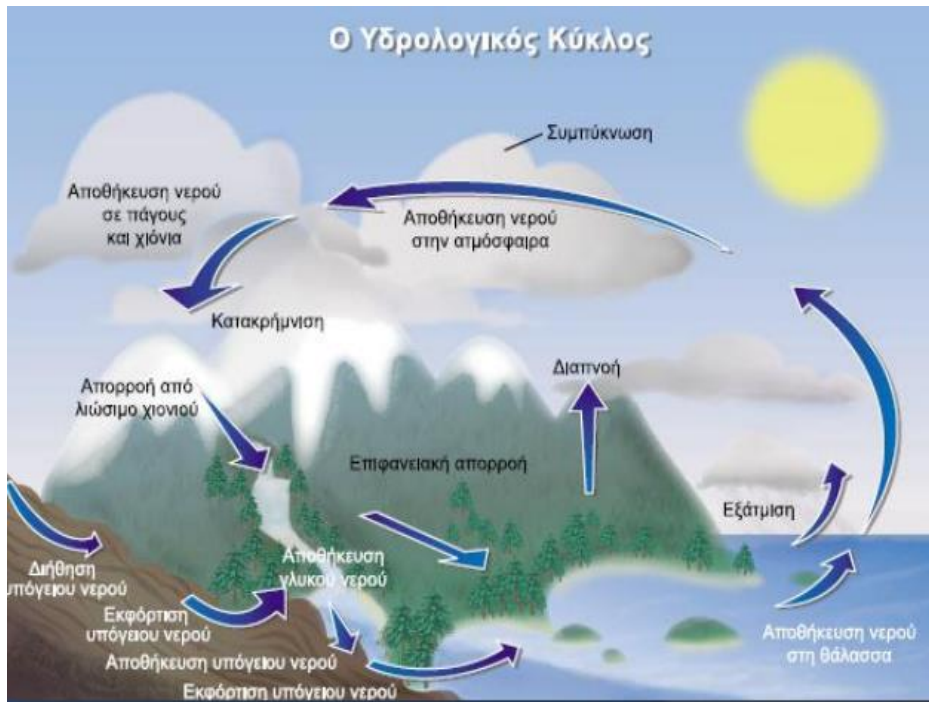
Η περιοχή μελέτης και εφαρμογής του υδρολογικού ισοζυγίου, ονομάζεται λεκάνη απορροής ή υδρολογική λεκάνη. Τα χαρακτηριστικά μιας λεκάνης απορροής που καθορίζουν το υδρολογικό ισοζύγιο είναι:

- Κλιματικά
- Γεωλογικά, κυρίως από άποψη περατότητας
- Μορφολογικά



Εικόνα 2.10: Τυπικό υδρολογικό ισοζύγιο

Πηγή: [Δαλιακόπουλος, 2018]



Εικόνα 2.11: Υδρολογικός κύκλος – περιγραφική απεικόνιση

Πηγή: [Βουδούρης, 2018]

2.8 Εξατμισοδιαπνοή

Εξατμισοδιαπνοή είναι η διαδικασία μετάβασης του νερού που βρίσκεται πάνω ή κοντά στη επιφάνεια της γης, από την υγρή κατάσταση στην αέρια, όπως αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από την Εικόνα 2.11.

Εξάτμιση, πρόκειται για τη μετατροπή του νερού (και του πάγου) σε υδρατμό. Η διαδικασία της εξάτμισης είναι συνεχής και συμβαίνει στα νερά που βρίσκονται τόσο στην επιφάνεια του εδάφους (λίμνες, ποτάμια, υδατοδεξαμενές και λοιπά) όσο και σε εκείνα που βρίσκονται πολύ κοντά σε αυτή. Μερικοί από τους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την εξάτμιση είναι η θερμοκρασία του νερού, η θερμοκρασία και η υγρασία αέρα, ο άνεμος, η δομή και η σύσταση του εδάφους, και άλλοι.

Διαπνοή, είναι η εξάτμιση του υγρού ύδατος που εμπεριέχεται στους ιστούς των φυτών και η απελευθέρωσή του προς την ατμόσφαιρα. Η διαπνοή εξαρτάται από την παρεχόμενη ενέργεια, περιβαλλοντικούς παράγοντες (έδαφος, κλίμα, κλπ.) και χαρακτηριστικά της βλάστησης (είδος, στάδιο ανάπτυξης, κλπ.). Να σημειωθεί ότι το 95% της διαπνοής λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Στην πράξη, είναι αδύνατο να διαχωριστεί η εξάτμιση (από μια υγρή επιφάνεια) από την διαπνοή (εξάτμιση του νερού μέσα στο φυτό), οπότε παρατηρείται το συνολικό αποτέλεσμα, που είναι η εξατμισοδιαπνοή. Η εξατμισοδιαπνοή χωρίζεται σε *δυναμική* και *πραγματική*, όμως για το υδατικό ισοζύγιο μιας λεκάνης απορροής χρησιμοποιείται η πραγματική εξατμισοδιαπνοή γιατί αυτός είναι ο ρυθμός με τον οποίον απομακρύνεται το νερό.

2.9 Επιφανειακή απορροή

Πρόκειται για την ποσότητα νερού που είναι σε πλεόνασμα, δηλαδή η ποσότητα νερού που απομένει αφού έχει γίνει η απαραίτητη κατακράτηση για τη βλάστηση, κατείσδυση στο υπέδαφος αλλά και η συγκέντρωση στην επιφάνεια (σε διάφορα μορφολογικά κοιλώματα). Το νερό αυτό απορρέει υπό την επίδραση της βαρύτητας και καταλήγει σε ρυάκια, ποτάμια και χείμαρρους (υδρογραφικό δίκτυο) όπου καταλήγει σε ένα υδάτινο αποδέκτη (λίμνη, θάλασσα, κλπ.).

Κάποιοι από τους κύριους παράγοντες που εξαρτάται είναι η διάρκεια, η ένταση και η κατανομή των βροχοπτώσεων σε μία λεκάνη απορροής, η βλάστηση, η κλίση του εδάφους, η γεωμετρία του υδρογραφικού δικτύου, και άλλοι.

Η επιφανειακή απορροή μπορεί να προσδιοριστεί, με συνεχή και συχνή μέτρηση της στάθμης και με περιοδική μέτρηση της παροχής του νερού στα ίδια σημεία. (Καρύμπαλης Ε., 2012)

2.10 Υδρολογικά χαρακτηριστικά Κρήτης

Η Κρήτη αποτελεί το 13ο υδατικό διαμέρισμα, από τα 14 που υπάρχουν συνολικά πανελλαδικά. Στη Κρήτη δεν υπάρχει μεγάλος όγκος επιφανειακών υδάτων σε αντίθεση με την ηπειρωτική χώρα που συναντώνται μεγάλα ποτάμια μόνιμης ροής. Η πολύπλοκη γεωλογική δομή της, το ανάγλυφο και οι μεγάλες ποσότητες κατακρημνισμάτων (κύρια εισροή) βοηθούν στην ανάπτυξη μικρών υδρολογικών λεκανών, με τη συνολική τους έκταση να μην είναι πάνω από 600 km². Αποτελείται από τρεις λεκάνες απορροής (Εικόνα 2.12), με τις παρακάτω ονομασίες, σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ) του ΥΠΕΚΑ:

1. Ρεμάτων βόρειου τμήματος Χανίων – Ρεθύμνου – Ηρακλείου

Έχει συνολική έκταση 3676 km² και καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του βόρειου τμήματος του νησιού. Διαθέτει εκτάσεις και στους 4 νομούς. Οριοθετείται κατά τον άξονα Δύση - Ανατολή από τις κορυφογραμμές των Λευκών Όρων και του Ψηλορείτη ενώ περιλαμβάνει και το οροπέδιο Λασιθίου στο ανατολικότερο της τμήμα. Το υδρογραφικό δίκτυο αναπτύσσεται στον άξονα Νότος-Βοράς αφού τα διάφορα ρέματα και ποτάμια πηγάζουν από τους ορεινούς όγκους στο κέντρο του νησιού και καταλήγουν στις πεδινές περιοχές των βόρειων ακτών, από την περιοχή των Χανίων (Καστέλι) έως την περιοχή του Ηρακλείου. Σημαντικά υδατορεύματα στην περιοχή των Χανίων είναι ο Ταυρωνίτης, ο Ντεριανός, ο Πλατανιάς, ο Κερίτης και ο Κλαδισός. Στην Περιοχή του Ηρακλείου ο Γαζανός, ο Ξηροπόταμος, ο Σιλαμιανός και ο Γιόφυρος.

2. Ρεμάτων νοτίου τμήματος Χανίων – Ρεθύμνου – Ηρακλείου

Με συνολική έκταση 2798 km² που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του νότιου τμήματος του νησιού. Περιλαμβάνει εκτάσεις των Περιφερειακών Ενοτήτων Χανίων, Ρεθύμνου, Ηρακλείου και μικρό τμήμα της Περιφερειακής Ενότητας (Π.Ε.) Λασιθίου. Οριοθετείται από τις κορυφογραμμές των Λευκών Όρων, του Ψηλορείτη και της Δίκτης. Οι δυτικές ακτές της περιοχής προς τον νότο είναι απόκρημνες με μεγάλες κλίσεις και φαράγγια. Στα ανατολικά περιλαμβάνεται η πεδιάδα της Μεσαράς Ηρακλείου. Επίσης περιλαμβάνεται το οροπέδιο Ομαλού Χανίων. Το υδρογραφικό δίκτυο στο ανατολικό τμήμα, αποτελείται από ρέματα και χείμαρρους που καταλήγουν στις απόκρημνες νότιες ακτές, ενώ στο δυτικότερο τμήμα της περιλαμβάνονται οι μεγάλες υδρολογικές λεκάνες των ποταμών Αναποδάρη και Γεροπόταμου που διασχίζουν την Πεδιάδα της Μεσαράς.

3. Ρεμάτων ανατολικής Κρήτης

Συνολικής έκτασης 1885 km², ενώ καταλαμβάνει το ανατολικό τμήμα του νησιού. Περιλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό της Π.Ε. Λασιθίου. Οριοθετείται από τις κορυφογραμμές του όρους Δίκτη. Νότια της Δίκτης, αναπτύσσεται η πεδιάδα της Ιεράπετρας και ανατολικά της η πεδιάδα του Αγίου Νικολάου ενώ βόρεια και ανατολικά από τα Λασιθιώτικα Όρη, η πεδιάδα της Σητείας και του Παλαικάστρου αντίστοιχα. Το υδρογραφικό δίκτυο δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένο και αποτελείται από ρέματα που καταλήγουν στις βόρειες Ανατολικές και νότιες ακτές.



Εικόνα 2.12: Λεκάνες απορροής ποταμών του υδατικού διαμερίσματος Κρήτης

Πηγή: [1η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (EL13)]
(http://wfdver.ypeka.gr/wp-content/uploads/2017/10/EL13_1REV_P13_Proxedia_LAP_v03.pdf)

Υδατικά συστήματα

Ποτάμια εντοπίζονται 122, όπου τα 5 από αυτά αφορούν ταμιευτήρες φραγμάτων, σύμφωνα με το ΣΔΛΑΠ. Υπάρχουν λίγα μόνιμης ροής που ρέουν όλο το έτος. Τα περισσότερα ποτάμια είναι χειμάρροι περιοδικής ροής. Κάποια από τα κυριότερα ποτάμια της Κρήτης είναι ο Γεροπόταμος και ο Αναποδιάρης, στη περιοχή της Μεσαράς που είναι και τα μεγαλύτερα του νησιού, ο Τυφλός, ο Κολένης και ο Κοιλάρης στα Χανιά, ο Κουρταλιώτης, στο Ρέθυμνο. Επίσης, ένας από τους μεγαλύτερους ποταμούς της Κρήτης είναι ο Αποσελέμης,, ο οποίος δέχεται τα υπόγεια ύδατα του Οροπεδίου Λασιθίου Άλλα ποτάμια της Κρήτης είναι ο Αλμυρός, ο Γιόφυρος και ο Πλατύς.

Από *λίμνες*, υπάρχει η λίμνη Κουρνά όπου αποτελεί και την μοναδική φυσική λίμνη του νησιού. Οι τεχνητές λίμνες που λειτουργούν και ως ταμιευτήρες είναι αυτές των Ποταμών και Αποσελέμη για τη λεκάνη απορροής Ρεμάτων βόρειου τμήματος Χανίων – Ρεθύμνου – Ηρακλείου, η Πλακιώτισσας και Φανερωμένης για τη λεκάνη απορροής Ρεμάτων νοτίου τμήματος Χανίων – Ρεθύμνου – Ηρακλείου και η Μπραμιανών για τη λεκάνη απορροής Ρεμάτων ανατολικής Κρήτης.

Μεταβατικά ύδατα γενικά διακρίνονται σε λιμνοθάλασσες εκβολές/ δέλτα ποταμών. Στην Κρήτη, αναγνωρίστηκαν ότι υπάρχουν 4 λιμνοθάλασσες και βρίσκονται όλα στην λεκάνη απορροής Ρεμάτων βόρειου τμήματος Χανίων – Ρεθύμνου – Ηρακλείου. Επομένως σύμφωνα με το ΣΔΛΑΠ, είναι η λιμνοθάλασσα του Ταυρωνίτη, του Κερίτη, του Κοιλιάρη και του Μουσελά.

Όσον αφορά τα παράκτια ύδατα της Κρήτης, όπως αυτά προσδιορίζονται στο ΣΔΛΑΠ, παρουσιάζονται με τη μορφή πίνακα (Πίνακας 2.3, 2.4, 2.5) για κάθε λεκάνη απορροής.

Γενικά, συνολικά υπάρχουν 12 000 γεωτρήσεις, πηγάδια και πηγές, φράγματα και λιμνοδεξαμενές στο νησί, συνολικής χωρητικότητας 136 εκατομμυρίων κυβικών ανά έτος.

Φράγματα και λιμνοδεξαμενές σε λειτουργία, της Κρήτης αναφέρονται στο πίνακα 2.1, ενώ τα υπό μελέτη στον πίνακα 2.2. Η συνολική ποσότητα του νερού που αποταμιεύεται στα φράγματα και τις λιμνοδεξαμενές στην Κρήτη αποτελεί κατά μέσο όρο το 2% των ποσοτήτων βροχόπτωσης.

Πίνακας 2.1: Φράγματα υδατικού διαμερίσματος Κρήτης

<i>Νομός</i>	<i>Ονομασία φράγματος</i>	<i>Όγκος ταμιευτήρα</i>	<i>Σκοπός</i>
Νομός Ηρακλείου	Αποσελέμης	$27,30 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Ύδρευση
	Παρτίρων	$1,50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Άρδευση
	Ινίου – Μαχαιράς	$1,75 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Άρδευση
	Δαμανιών	$1,50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Άρδευση
	Αμουργελές	$1,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Άρδευση
	Αρμανωγείων	$1,50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Άρδευση
	Φανερωμένης	$19,67 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Άρδευση
	Χαλαυριανού	$1,20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Άρδευση
	Πλακιώτισσας	$18,60 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Άρδευση
Νομός Χανίων	Βαλσαμιώτη	$5,50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Άρδευση
	Αγιάς	$0,13 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Ενέργεια (Άρδευση – Ύδρευση)
Νομός Λασιθίου	Μπραμιανών	$16,00 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Άρδευση
Νομός Ρεθύμνης	Ποταμών	$22,50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Άρδευση - Ύδρευση
Συνολικός όγκος ταμιευτήρων		$118,71 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	

Πίνακας 2.2: Υπό μελέτη φράγματα και λιμνοδεξαμενές υδατικού διαμερίσματος Κρήτης

ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΚΡΗΤΗΣ (GR 13)					
III. ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΑ - Λ/Δ					
ΟΝΟΜΑΣΙΑ		ΤΥΠΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ	ΣΚΟΠΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1	ΦΡΑΓΜΑ ΠΛΑΤΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΧΩΜΑΤΙΝΟ	20,00 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΥΠΑΑΤ
2	ΦΡΑΓΜΑ ΑΜΙΡΩΝ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΧΩΜΑΤΙΝΟ	1,03 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΥΠΑΑΤ
3	ΦΡΑΓΜΑ ΑΝΩ ΑΣΙΤΩΝ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΧΩΜΑΤΙΝΟ	1,40 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΥΠΑΑΤ
4	ΦΡΑΓΜΑ ΚΑΛΑΜΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΧΩΜΑΤΙΝΟ	0,67 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΥΠΑΑΤ
ΣΥΣΤΗΜΑ 3ων ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΤΑΥΡΩΝΙΤΗ ΧΑΝΙΩΝ (ΠΑΠΑΔΙΑΝΑ-ΣΕΜΠΡΩΝΙΩΤΗ-ΡΟΥΜΑΤΙΑΝΟΥ)		ΣΚΛΗΡΟ ΕΠΙΧΩΜΑ (RCC)	45,00 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	Ο.Α.Κ.Α.Ε.
6	ΦΡΑΓΜΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΜΥΡΤΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΧΩΜΑΤΙΝΟ	1,00 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΥΠΑΑΤ
7	ΦΡΑΓΜΑ ΛΙΘΙΩΝ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΧΩΜΑΤΙΝΟ	9,00 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΥΠΑΑΤ
8	ΦΡΑΓΜΑ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΧΩΜΑΤΙΝΟ	18,50 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΔΕΗ Α.Ε. - ΔΥΗΠ
9	ΦΡΑΓΜΑ ΑΝΑΡΙΘΜΙΣΗΣ ΛΗΘΑΙΟΥ	ΧΩΜΑΤΙΝΟ	5,00 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΥΠΑΑΤ
10	ΦΡΑΓΜΑ ΔΕΜΑΤΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΧΩΜΑΤΙΝΟ	30,00 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΥΠΑΑΤ
11	ΦΡΑΓΜΑ ΚΑΘΑΡΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΧΩΜΑΤΙΝΟ	0,94 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΔΕΗ Α.Ε. - ΔΥΗΠ
12	Λ/Δ ΚΟΥΝΤΟΥΡΑΣ(Β') ΧΑΝΙΩΝ	ΕΞΟΠΟΤΑΜΙΑ ΜΕ ΑΚΑΛΥΠΤΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ	0,90 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	Ο.Α.Κ.Α.Ε.
13	Λ/Δ ΒΑΣΙΛΙΚΩΝ ΑΝΩΓΕΙΩΝ	ΕΞΟΠΟΤΑΜΙΑ ΜΕ ΑΚΑΛΥΠΤΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ	0,70 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΥΠΑΑΤ
14	Λ/Δ ΦΟΥΡΝΗΣ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΕΞΟΠΟΤΑΜΙΑ ΜΕ ΚΑΛΥΜΜΕΝΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ	0,23 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΔΕΗ Α.Ε. - ΔΥΗΠ
15	Λ/Δ ΣΧΙΝΟΚΑΨΑΛΩΝ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΕΞΟΠΟΤΑΜΙΑ ΜΕ ΚΑΛΥΜΜΕΝΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ	0,61 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΔΕΗ Α.Ε. - ΔΥΗΠ
16	Λ/Δ ΤΣΙΚΑΛΑΡΙΩΝ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΕΞΟΠΟΤΑΜΙΑ ΜΕ ΚΑΛΥΜΜΕΝΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ	0,38 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΔΕΗ Α.Ε. - ΔΥΗΠ
17	Λ/Δ ΛΑΠΑΘΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΕΞΟΠΟΤΑΜΙΑ ΜΕ ΚΑΛΥΜΜΕΝΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ	0,52 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΔΕΗ Α.Ε. - ΔΥΗΠ
18	Λ/Δ ΧΟΧΛΑΚΙΩΝ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΕΞΟΠΟΤΑΜΙΑ ΜΕ ΑΚΑΛΥΠΤΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ	0,84 x 10 ⁶ m ³	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΔΕΗ Α.Ε. - ΔΥΗΠ
			136,72 x 10 ⁶ m ³		

Πηγή: [Καινοτόμες Μεθοδολογίες Διαχείρισης Υδατικών Πόρων για την Προσαρμογή της Κλιματικής Αλλαγής και Διακυβέρνησης της Περιφέρειας Κρήτης, Παραδοτέο 1]
(https://aquaman.tuc.gr/images/users/sotiria/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B4%CE%BF%CF%84%CE%AD%CE%BF_1.pdf)

Πίνακας 2.3: Παράκτια ύδατα της λεκάνης απορροής Ρεμάτων βόρειου τμήματος Χανίων – Ρεθύμνου – Ηρακλείου

<i>Λεκάνη απορροής Ρεμάτων βόρειου τμήματος Χανίων – Ρεθύμνου – Ηρακλείου</i>
Ακτές κόλπου Κισσάμου
Ακτές κόλπου Χανίων
Όρμος Σούδας
Όρμος Αλμυρού
Ακτές Ρεθύμνου
Ακτές Μπαλί – Φόδελε
Ακτές κόλπου Ηρακλείου
Νήσος Δία
Ακτές στο Νότιο Κρητικό πέλαγος (ΒΔΔ Κρήτη)

Νήσος Γραμβούσα

Πίνακας 2.4: Παράκτια ύδατα της λεκάνης απορροής Ρεμάτων νοτίου τμήματος

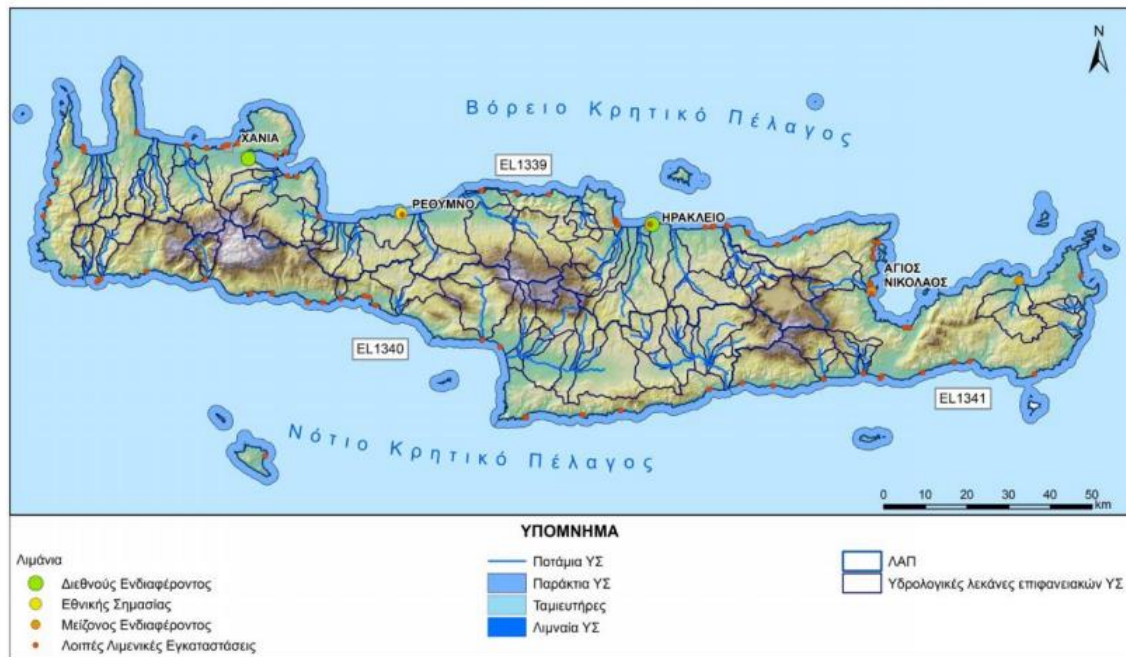
Χανίων – Ρεθύμνου – Ηρακλείου

Λεκάνη απορροής Ρεμάτων νοτίου τμήματος Χανίων – Ρεθύμνου – Ηρακλείου
Ακτές Νότιου Κρητικού πελάγους (Αστερούσια)
Ακτές κόλπου Μεσσαράς
Νήσοι Παξιμάδια
Νήσοι Γαύδος
Νήσοι Γαυδοπούλα
Ακτές στο Νότιο Κρητικό πέλαγος (Χανιά/ Ρέθυμνο)

Πίνακας 2.5: Παράκτια ύδατα της λεκάνης απορροής Ρεμάτων ανατολικής Κρήτης

Λεκάνη απορροής Ρεμάτων ανατολικής Κρήτης
Κόλπος Μαλίων
Νήσος Αβγό
Όρμος Ελούντας
Κόλπος Αγ. Νικολάου
Ακτές Σητείας
Ακτές Διονυσιάδων
Ακτές στο Νότιο Κρητικό πέλαγος (ΒΑΑ Κρήτη)
Ακτές Νότιου Κρητικού πελάγους (Λασιθί)
Ακτές νήσου Χρυσή

Όλα τα παραπάνω υδατικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν, αναπαρίστανται και στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 2.13).



Εικόνα 2.13: Χάρτης υδατικών συστημάτων Κρήτης

Πηγή: [Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμυράς των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης]
(https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/legacy/Files/Dimosia%20Diavouleysi/20171215_Krth.pdf)

Η μέση ποσότητα κατακρημνίσεων που πέφτουν συνολικά στο νησί, σε μία κανονική χρονιά είναι περίπου 934 χιλιοστά (7,7 δισεκατομμύρια κυβικά νερού). Σύμφωνα με τη τεχνική έκθεση του Π.Κ. για τη Περιφέρεια Κρήτης «Καινοτόμες Μεθοδολογίες Διαχείρισης Υδατικών Πόρων για την Προσαρμογή της Κλιματικής Αλλαγής και Διακυβέρνησης της Περιφέρειας Κρήτης» (Παραδοτέο 1), από τα 7,7 δισεκατομμύρια κυβικά νερού η κατανομή γίνεται ως εξής, το 27,6% περίπου ($2,12 \cdot 10^9$ m³) κατεισδύουν, το 9,6% ($0,74 \cdot 10^9$ m³) ρέει στην επιφάνεια σχηματίζοντας χείμαρρους ενώ το 62,8% ($4,83 \cdot 10^9$ m³) επιστρέφει στην ατμόσφαιρα μέσω εξατμισοδιαπνοής. Το νερό που είναι τεχνικά εκμεταλλεύσιμο στο νησί, συμπεριλαμβανομένων των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων, εκτιμάται ότι ανέρχεται περίπου σε $857 \cdot 10^9$ m³ ανά έτος.

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή εργασίας, η κατανομή των βροχοπτώσεων δεν είναι ομοιόμορφη σε όλο το νησί, υπάρχει μία μείωση περίπου 300 χιλιοστά από το δυτικό προς το ανατολικό τμήμα, καθώς και αύξηση των χιλιοστών με το υψόμετρο (Tsanis et al, 2013). Πιο συγκεκριμένα η ημερήσια βροχόπτωση τριάντα ετών, για τα δυτικά του νησιού είναι περίπου από 120 έως 180 χιλιοστά ανά ημέρα, για το κεντρικό τμήμα μεταξύ 80 και 120 χιλιοστών ανά ημέρα και για την ανατολική πλευρά κυμαίνεται από 100 μέχρι 150 χιλιοστά ανά ημέρα (Grillakis et al, 2020).

Γενικά εκτιμάται ότι η μέση εξατμισοδιαπνοή είναι περίπου 68 έως 76 % της βροχόπτωσης, η επιφανειακή απορροή κυμαίνεται από 10 μέχρι 15 %, ενώ 14 έως 17 % αφορά τη κατείσδυση (Tsanis et al, 2011).

Σύμφωνα με την με τη τεχνική έκθεση του Π.Κ. για τη Περιφέρεια Κρήτης «Καινοτόμες Μεθοδολογίες Διαχείρισης Υδατικών Πόρων για την Προσαρμογή της Κλιματικής Αλλαγής και Διακυβέρνησης της Περιφέρειας Κρήτης» (Παραδοτέο 1), προσδιορίστηκε η ετήσια διαθεσιμότητα

και κατανάλωση νερού. Η διαθεσιμότητα του νερού ετήσια εκτιμάται, για σχετικά ξηρά έτη στα 1,5 δισεκατομμύρια κυβικά ανά έτος και για υγρά στα 6,8 δισεκατομμύρια κυβικά ανά έτος. Η ετήσια κατανάλωση αφορά τους τομείς της γεωργίας – κτηνοτροφίας (86% της ετήσιας κατανάλωσης), ύδρευσης, βιομηχανίας και λοιπές χρήσεις. Η ετήσια κατανάλωση εκτιμάται περίπου 485 εκατομμύρια κυβικά συνολικά για όλο το έτος, 72 και 413 κυβικά εκατομμύρια, για χειμερινούς και θερινούς μήνες αντίστοιχα. Οι υπάρχουσες γεωτρήσεις, πηγάδια, φράγματα και λιμνοδεξαμενές καλύπτουν 8% της κατανάλωσης, δηλαδή περίπου 40 εκατομμύρια κυβικά το χρόνο.

Με την ανάπτυξη της Κρήτης σε όλους του τομείς (τουρισμός, χρήση γης και άλλα) με τη πάροδο των χρόνων, δημιουργείται ταυτόχρονα και μεγάλη αύξηση ζήτησης νερού, όπου βάση των παραπάνω δεδομένων προκύπτει ότι υπήρξε πρόβλημα διαχείρισης νερού στο νησί. Ενδεικτικά για τη περίοδο 1970 – 2000, η μέση ετήσια διαθεσιμότητα νερού (επιφανειακή απορροή και κατείσδυση) ήταν 1908 εκατομμύρια κυβικά, από αυτά εκμεταλλεύτηκε μόνο το 19,5% για την κάλυψη του 70% της συνολικής υπάρχουσας ζήτησης. Το έτος 2000, η συνολική κατανάλωση νερού ήταν 420 κυβικά εκατομμύρια, περίπου 6 % της βροχόπτωσης ενός κανονικού έτους (Tsanis et al, 2015).

3. Κλιματική Αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα σημαντικό πρόβλημα της σημερινής εποχής αλλά και μελλοντικό. Αρχικά, θα γίνει προσπάθεια να προσδιοριστεί τι ακριβώς είναι η κλιματική αλλαγή. Στη συνέχεια θα αναφερθούν, παράγοντες που την επηρεάζουν και αλλά και οι συνέπειες οι οποίες προκαλούνται από αυτή, εστιάζοντας στην επιρροή της στις βροχοπτώσεις.

Κλιματική αλλαγή θεωρείται η αλλαγή στη τάση των καιρικών φαινομένων και των κλιματικών συνθηκών ενός τόπου, ή ευρύτερα της γης. Αυτό μπορεί να σημαίνει μια αλλαγή στη ποσότητα ή και τη συχνότητα των βροχοπτώσεων, στην εξατμισοδιαπνοή, στις θερμοκρασίες, το λιώσιμο των παγετώνων και την αύξηση της στάθμης της θάλασσας [Tsanis et al., 2011]. Αυτές οι αλλαγές δεν αφορούν την φυσική αλλαγή του καιρού ή του κλίματος σε πάροδο ετών, καθώς αξίζει να αναφερθεί ότι μια εναλλαγή του καιρού μπορεί να συμβεί εντός κάποιων ωρών, όμως η αλλαγή του κλίματος χρειάζεται εκατοντάδες ή χιλιάδες χρόνια για να συμβεί.

Είναι, επανειλημμένως, επιστημονικά αποδεδειγμένο ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα μπορεί σταδιακά να προκαλέσει αλλαγή στο κλίμα της γης. Οι διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας, η αποψίλωση, η γεωργία και η παραγωγή χημικών ουσιών, προσθέτουν, επιπλέον των φυσιολογικών, αέρια του θερμοκηπίου. Το κυριότερο αέριο του θερμοκηπίου που παράγεται από όλες αυτές τις δράσεις είναι το διοξείδιο του άνθρακα, όπου προκαλεί την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αλλά αέρια που αυξάνονται οι συγκεντρώσεις εξαιτίας της ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι το μεθάνιο, τα οξείδια του αζώτου και τα φθοριούχα αέρια.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου:

Από την ηλιακή ακτινοβολία που εκπέμπεται στη γη, ένα μέρος της απορροφάτε και θερμαίνει το έδαφος και τους ωκεανούς, ενώ το υπόλοιπο μπορεί να φύγει πίσω στο διάστημα. Μερικά από τα αέρια που μετέχουν στη σύνθεση της ατμόσφαιρας, απορροφούν θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία και μέρος αυτής το επανεκπέμπουν πίσω στη γήινη επιφάνεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η εγκλωβισμένη ενέργεια που υπάρχει στην ατμόσφαιρα να θερμαίνει τη γη, έτσι αυτό φαινόμενο καλείται «φαινόμενο του θερμοκηπίου» και διατηρεί τον πλανήτη μας σε μια άνετη θερμοκρασία. Όπως προαναφέρθηκε τα αέρια που είναι γνωστά και ως αέρια του θερμοκηπίου, είναι οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το τροποσφαιρικό όζον (O_3), το μεθάνιο (CH_4), το οξείδιο του αζώτου (N_2O) και τέλος οι χλωροφθοράνθρακες (CFC's). Οι χλωροφθοράνθρακες δεν αποτελούν φυσικό αέριο της ατμόσφαιρας, αλλά παράγονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Επίσης εξαιτίας αυτών, ενισχύονται οι συγκεντρώσεις και των υπόλοιπων αερίων, με αποτέλεσμα να ενισχύεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου και να αυξάνει περισσότερο της θερμοκρασία της γης.

Από επιστημονικές μελέτες αποδεικνύεται ότι η αύξηση της θερμοκρασίας θα συνεχιστεί και την επόμενη εκατονταετία. Όπως αυτό συνεπάγεται το λιώσιμο χιονιού και παγετώνων, το οποίο θα οδηγήσει σε σταδιακή αύξηση της στάθμης της θάλασσα. Επίσης η θερμοκρασία έχει και θα έχει σημαντικές διαφοροποιήσεις σε κάθε μέρος, οι βροχοπτώσεις αλλού θα είναι έντονες ενώ σε άλλα μέρη θα επικρατεί ξηρασία.

Για τη πρόβλεψη της μεταβολής των κλιματικών συνθηκών λόγω της κλιματικής αλλαγής χρησιμοποιούνται διάφορα μοντέλα, όπως:

- Παγκόσμια μοντέλα /Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (General Circulation Models – GCMs)
- Περιοχικά Κλιματικά Μοντέλα (Regional Climate Models – RCMs): Η διακυβερνητική επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) έχει προτείνει τέσσερα κλιματικά σενάρια εκπομπών αερίων. Οι βασικές παράμετροι που

καθορίζουν τα τέσσερα αυτά διαφορετικά σενάρια είναι ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού, οι οικονομικές δραστηριότητες, ο τρόπος ζωής, οι πηγές ενέργειας, η τεχνολογική ανάπτυξη, οι μελλοντικές χρήσεις γης και η γενικότερη πολιτική απέναντι στις κλιματικές αλλαγές. Στα σενάρια αυτά περιλαμβάνονται ένα ήπιο σενάριο (RCP2.6), δύο μέτρια (RCP4.5 και RCP6.0) και ένα σενάριο με πολύ υψηλές συγκεντρώσεις εκλυόμενων αερίων του θερμοκηπίου (RCP8.5)

3.1 Αιτίες που προκαλούν τη κλιματική αλλαγή

Κάποιες από τις κύριες πηγές που μπορούν να παραχθούν επιπλέον αέρια του θερμοκηπίου από τον άνθρωπο είναι:

- Η καύση ορυκτών καυσίμων, όπως είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο, η βενζίνη, το φυσικό αέριο, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τις μεταφορές, τη βιομηχανία ή για άλλες αστικές χρήσεις. Με όλες τις παραπάνω ενέργειες παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και οξείδιο του αζώτου.
- Η αλλαγή στη χρήση γης, όπως η αποψίλωση των δασών είναι πολύ σημαντικό πρόβλημα. Τα δένδρα συμβάλουν στη ρύθμιση του κλίματος μέσω της απορρόφησης του διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Οπότε με το κόψιμό τους η ποσότητα άνθρακα που θα δεσμευόταν απελευθερώνεται στο περιβάλλον.
- Μέσω της γεωργίας, κυρίως από τη χρήση λιπασμάτων που έχουν στα συστατικά τους άζωτο, παράγεται υποξείδιο του αζώτου (N_2O).
- Στην αύξηση της συγκέντρωσης του μεθανίου στην ατμόσφαιρα, μπορεί να συμβάλει και η κτηνοτροφία, αφού τα βοοειδή και τα πρόβατα παράγουν μεγάλες ποσότητες μεθανίου μέσω της χώνευσης της τροφής τους. Για τις ανάγκες του επισιτισμού του πλανήτη έχει αυξηθεί ακραία η εκτροφή αγελάδων και άλλων βοοειδών.
- Τα φθοριούχα αέρια που χρησιμοποιούνται από διάφορους εξοπλισμούς καθώς και αερολύματα. Διεθνώς έχει ξεκινήσει να γίνεται μείωση στη χρήση των χλωροφθορανθράκων (CFC) και των διάδοχων ουσιών τους, τα οποία προκαλούν καταστροφή στη στοιβάδα του όζοντος. Η αντικατάστασή τους έγινε με φθοριούχα αέρια, γνωστά ως αέρια F, όπου δεν έχουν επίδραση στη στοιβάδα του όζοντος, είναι όμως ισχυρά αέρια του θερμοκηπίου και προκαλούν μεγάλη αύξηση θερμοκρασίας.
- Μέσω της υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων παράγεται μεθάνιο, το οποίο δεν είναι στο βέλτιστο ποσοστό αξιοποιήσιμο. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση, το 26% των ανθρωπογενών εκπομπών μεθανίου προέρχεται από τα απόβλητα.

3.2 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι ήδη αισθητές, επηρεάζοντας όλες τις περιοχές στο κόσμο και θα μελλοντικά προβλέπεται να είναι εντονότερες. Κάποιες από τις πολλές επιπτώσεις που προκαλεί η κλιματική αλλαγή στο περιβάλλον, τον άνθρωπο και τα ζώα θα αναφερθούν εν συντομία παρακάτω.

Πρώτη και σημαντικότερη συνέπεια είναι η αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας του πλανήτη. Σύμφωνα με τα δεδομένα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο ρυθμός αύξησης ήταν ιδιαίτερα υψηλός από τη δεκαετία του 1970 με περίπου 0,2°C ανά δεκαετία, ενώ η δεκαετία μεταξύ 2011 και 2020 ήταν θερμότερη που έχει καταγραφεί. Το έτος 2020 καταγράφηκε ως η θερμότερη χρονιά στην Ευρώπη, από τότε που ξεκίνησαν οι καταγραφές οργάνων σύμφωνα με όλα τα σύνολα δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν.

Η υπερθέρμανσή του πλανήτη έχει ως συνέπεια και την υπερθέρμανση των ωκεανών και το λιώσιμο των παγετώνων. Το νερό όταν θερμαίνεται, διαστέλλεται, αυτή η ελάχιστη διαστολή μπορεί να αυξήσει το επίπεδο τη θάλασσας κατά περίπου ένα μέτρο. Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας συνεπάγεται αρκετά προβλήματα όπως πλημμύρες και διάβρωση των παράκτιων και περιοχών με χαμηλό υψόμετρο.

Όλο και συχνότερα συναντώνται στις μέρες μας ακραία καιρικά φαινόμενα, αλλαγές στις βροχοπτώσεις, ενώ άλλες περιοχές αντιμετωπίζουν ξηρασίες και ακραία κύματα καύσωνα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πλημμυρικά φαινόμενα, σε υποβάθμιση της ποιότητας του νερού αλλά και σε μείωση της διαθεσιμότητας υδάτινων πόρων σε ορισμένες περιοχές. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο η παρατήρησης που έγιναν ήταν ότι στη Νότια και Κεντρική Ευρώπη συμβαίνουν κύματα καύσωνα, δασικές πυρκαγιές και ξηρασία, ενώ στη Βόρεια Ευρώπη παρατηρήθηκαν σημαντικές βροχοπτώσεις και αρκετές πλημμύρες. Η περιοχή της Μεσογείου γίνεται ξηρότερη και κάνει τον κίνδυνο δασικών πυρκαγιών εντονότερο. Άλλες διαταραχές που προκαλούνται μέσω της κλιματικής αλλαγής είναι η αλλαγή της διάρκειας των εποχών και η αλλαγή της απόδοσης των καλλιεργειών.

Αρκετοί είναι και οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία καθώς τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει αύξηση των θανάτων που σχετίζονται με τη ζέστη σε κάποιες περιοχές καθώς και πρόωροι θάνατοι σε ετήσια βάση λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες έχουν επηρεάσει όμως την χλωρίδα και την πανίδα των τόπων. Πολλά χερσαία και θαλάσσια είδη έχουν μετακινηθεί σε νέες τοποθεσίες, επίσης ορισμένα είδη φυτών και ζώων θα διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο εξαφάνισης εάν η μέση παγκόσμια θερμοκρασία συνεχίσει να αυξάνεται ανεξέλεγκτα.

Οι αλλαγές στο κλίμα επηρεάζουν άμεσα και τα αποθέματα τροφής, νερού καθώς και την υγεία όπως αναφέρθηκε. Οι επιπτώσεις αυτές είναι εντονότερες στις αναπτυσσόμενες και υποανάπτυκτες χώρες, καθώς δημιουργούνται και κοινωνικό-οικονομικά προβλήματα.

3.3 Βροχοπτώσεις και κλιματική αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει αρκετά τον υδρολογικό κύκλο, διαταράσσοντας σοβαρά τους υδάτινους πόρους, περιορίζοντας σημαντικά τη διαθεσιμότητα νερού, προκαλώντας ευρείες συνέπειες για τις τοπικές κοινωνίες και τα οικοσυστήματα. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) προβλέπει ότι φαινόμενα όπως πλημμύρες και παρατεταμένες ξηρασίες θα συμβαίνουν συχνότερα. Από αρκετές μελέτες και την ανάλυση κλιματικών μοντέλων έχει προκύψει ότι οι βροχοπτώσεις κατά μέσο όρο είναι πιθανό να είναι λιγότερο συχνές αλλά πιο έντονες, ενώ να αυξηθούν οι περίοδοι με ξηρασία και σε κάποιες περιοχές να είναι εντονότερη. Η ένταση των ακραίων βροχοπτώσεων προβλέπεται να αυξηθεί στα περισσότερα μέρη του κόσμου. Συγκεκριμένα στη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη, όπου υπάρχουν διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία, εκτιμάται ότι από το 1951 και έπειτα έχει αυξηθεί η συνολική κατακρήμνιση νερού στο βόρειο ημισφαίριο, στις περιοχές μέσου γεωγραφικού πλάτους, με εξαίρεση τη Μεσόγειο, όπου παρατηρήθηκαν πτωτικές τάσεις. Επίσης στη κεντρική Ευρώπη τα τελευταία 50 χρόνια, κατά μέσο όρο, οι ημέρες οι ημέρες με ισχυρή βροχόπτωση έχουν αυξηθεί κατά τέσσερις περίπου, ενώ στην

Ιβηρική Χερσόνησο και στα Βαλκάνια έχουν μειωθεί κατά δύο έως τρεις περίπου ημέρες. Όπως παρατηρείται υπάρχουν σημαντικές διαφορές από περιοχή σε περιοχή, όπου αυτό τονίζει τη πολυπλοκότητα του κλιματικού συστήματος υπό την επιρροή της κλιματικής αλλαγής.

Μελέτες που αφορούν τη Μεσόγειο έχουν καταδείξει ότι οι αλλαγές της κλιματικής αλλαγής θα είναι λιγότερες βροχοπτώσεις με ταυτόχρονη αύξηση της έντασής τους και ενισχυμένη εξατμισοδιαπνοή που οδηγεί σε περισσότερες ξηρασίες (Γρυλλάκης κ.α., 2020).

Όπως προκύπτει από μελέτες που αναφέρονται στην Ελλάδα και πως θα επηρεάσει η κλιματική αλλαγή τις βροχοπτώσεις εκεί, αναφέρεται πως αναμένεται σημαντική μείωση, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες, αλλά αύξηση στην ποσότητα και την ένταση των βροχοπτώσεων τους το χειμώνα. Οι περιοχές που θα επηρεαστούν εντονότερα θα είναι η ανατολική και νότια Ελλάδα, ιδιαίτερα η Αττική, η Θεσσαλία, η Θεσσαλονίκη και η ανατολική Πελοπόννησος.

3.4 Κλιματική αλλαγή – Κρήτη

Βροχοπτώσεις

Τα τελευταία χρόνια η Κρήτη έχει αντιμετωπίσει αυξημένες ξηρασίες συγκριτικά με παλαιότερα χρόνια. Αρκετές είναι οι μελέτες που έχουν ασχοληθεί με τη περίπτωση της Κρήτης, ωστόσο οι περισσότερες δείχνουν το ίδιο μοτίβο. Η ανάλυση δεδομένων για την περίοδο 1970–2100 αποκαλύπτει μια συνολική πτωτική τάση στη μηνιαία βροχόπτωση περίπου 26 χιλιοστά ανά δεκαετία, η οποία, σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας, οδηγεί σε σημαντική μείωση της διαθεσιμότητας νερού.

Συγκεκριμένα με χρήση κλιματικών μοντέλων προσορμίζεται η συμπεριφορά των βροχοπτώσεων για τρεις χρονικές περιόδους, 2010-2040, 2040-2070 και 2070-2100. Για τη περίοδο 2010-2040 αναμένεται αύξηση της μέγιστης και ελάχιστης μηνιαίας και μέγιστης ημερήσιας βροχόπτωσης, ενώ για τη περίοδο 2040-2070 σημαντική μείωση στις χειμερινές και ανοιξιάτικες βροχοπτώσεις. Τέλος για τη περίοδο 2070-2100, αναμένεται πιθανή αύξηση στη μέγιστη μηνιαία βροχόπτωση και οι εποχιακές (χειμώνας, άνοιξη) βροχοπτώσεις πιθανών να μειωθούν. [Τσάνης Ι. κ.α, 2011]

Συνοψίζοντας, για τα επόμενα χρόνια αναμένονται ακραία φαινόμενα βροχοπτώσεων (λιγότερο συχνές αλλά πιο έντονες), ενώ από το 2060 και έπειτα σταδιακή μείωσή της. Όπου η μείωση αυτή σύμφωνα με τη τεχνική έκθεση «Επιπτώσεις κλιματικών αλλαγών στη διαχείριση υδατικών πόρων της Κρήτης», Aquaman Project, υπολογίστηκε μέσω κλιματικών μοντέλων ότι μπορεί να κυμαίνεται από 4,5 έως 28,2% για διάφορα σενάρια.

Άλλες παράμετροι

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας είναι απειλή για την Κρήτη και αυτό οφείλεται κυρίως σε οποία οφείλεται κυρίως σε παγετωνοευστατικούς παράγοντες. Οι βόρειες παράκτιες περιοχές του νησιού είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένες σε κινδύνους που αφορούν την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, με ρυθμό ανύψωσης περίπου 0,7 έως 4 χιλιοστά ανά έτος. Σε πάροδο 50 ετών οι παράκτιες περιοχές της Κρήτης, χαρακτηρίζονται ως περιοχές υψηλού και μεσαίου βαθμού επικινδυνότητας λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας.

Στη τρωτότητα μιας παράκτιας περιοχής στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, αποτελούν καθαριστικούς παράγοντες η παράκτια μορφολογία και ο ρυθμός διάβρωσης. Ο ρυθμός διάβρωσης επηρεάζεται, από φυσικούς παράγοντες όπως οι ισχυροί άνεμοι και θυελλογενείς κυματισμοί, αλλά

και από ανθρωπογενείς όπως η κατασκευή παράκτιων τεχνικών έργων, η έργων διευθέτησης ποταμών και λοιπά. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξεως του 65,8% της ακτογραμμής της Κρήτης χαρακτηρίζεται ως υψηλού κίνδυνου για διάβρωση. Περισσότερες από 60% των ελληνικών παραλιών θα οπισθοχωρήσουν, αν η στάθμη της θάλασσας αυξηθεί κατά 0,48 εκατοστά, σε ποσοστό περίπου 20% του μέγιστου πλάτους τους και περίπου 15% το ήμισυ αυτού [Monioudi et al, 2014].

Η μείωση των βροχοπτώσεων θα κάνει τη *ξηρασία* αρκετά έντονη τα επόμενα χρόνια, ιδιαίτερα τη καλοκαιρινή περίοδο, οδηγώντας έτσι σε πιέσεις των υδατικών πόρων.

Για τις επόμενες δεκαετίες, σε όλες τις μελέτες φαίνεται *άνοδος της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας*, σε σχέση με την περίοδο 1981 – 2000 (περίοδος αναφοράς), σε όλα τα σενάρια και τις χρονικές περιόδους. Για τη θερμοκρασία μελλοντικά εκτιμάται μεγαλύτερη αύξησή της μακροπρόθεσμα (2081 - 2100) δυσμενές σενάριο, ενώ για το μέσο μέλλον (περίοδος 2041-2060) η μέση αύξηση για την Περιφέρεια Κρήτης εκτιμάται στους 1,7 °C για μέτριο σενάριο και 2,2 °C για το δυσμενές. Στη περίοδο 2021 – 2040 η εκτίμηση είναι πως για μέτριο σενάριο η αύξηση θα είναι $1,33 \pm 0,32$ °C, ενώ για το δυσμενές $1,35 \pm 0,49$ °C. Λόγω των παραπάνω η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη, αναμένεται να αυξηθεί σε όλα τα εξεταζόμενα σενάρια, σε αντίθεση με τη ζήτηση ενέργειας για θέρμανση όπου θα μειωθεί.

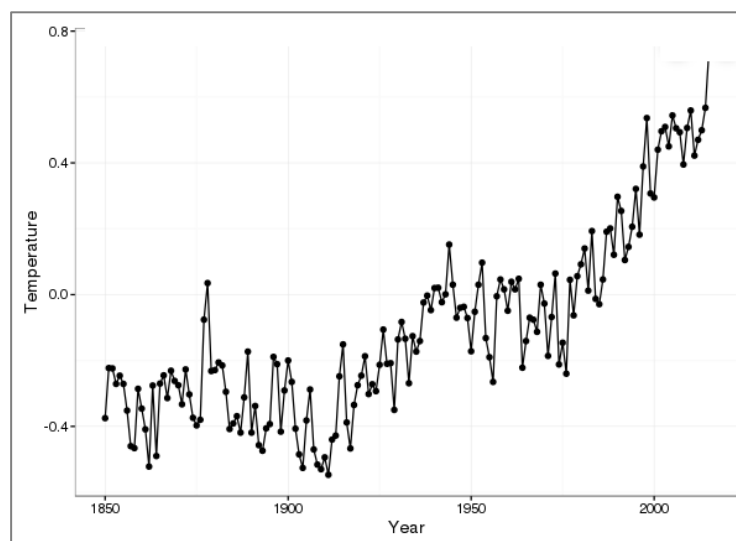
Ο *νυχτερινός παγετός* (αριθμός ημερών με ελάχιστη θερμοκρασία κάτω από μηδέν βαθμούς Κελσίου) και η *χιονοκάλυψη*, πιθανών θα μειωθεί μελλοντικά, ενώ οι άνεμοι δεν αναμένεται να έχουν σημαντικές αλλαγές.

4. Χρονολογικές σειρές – Περιγραφικά μέτρα & διαγράμματα Στατιστικής Ανάλυσης

4.1 Χρονολογική σειρά

Σαν *χρονολογική σειρά* θεωρούμε ένα σύνολο/πεπερασμένη ακολουθία από τιμές y_1, y_2, \dots, y_N (μετρήσεις ή παρατηρήσεις), μίας μεταβλητής που μας ενδιαφέρει κατά τις χρονικές στιγμές t_1, t_2, \dots, t_N (ίσα συνήθως χρονικά διαστήματα).

Οι πωλήσεις ενός προϊόντος μιας επιχείρησης κατά το τελευταίο εξάμηνο, το ετήσιο ακαθάριστο εθνικό προϊόν μιας χώρας (ΑΕΠ), ο δείκτης τιμών μίας μετοχής στο Χρηματιστήριο, οι θερμοκρασίες ενός τόπου σε ωριαία βάση, είναι μερικά παραδείγματα χρονολογικών σειρών. [Δάρας, 2018].



Εικόνα 4.1: Παράδειγμα χρονολογικής σειράς

Σκοπός στην *ανάλυση χρονολογικών σειρών* είναι η αποκάλυψη των χαρακτηριστικών του μηχανισμού/ διαδικασίας, που διαμορφώνει τις μελλοντικές τιμές της μεταβλητής του ενδιαφέροντός μας [Δερβιτσιώτης, 1995]. Έχοντας τα (στατιστικά) δεδομένα από το παρελθόν για τις τιμές ενός μεγέθους, αναζητούμε την τιμή που θα ακολουθήσει κάνοντας της υπόθεση ότι, *οι παράγοντες που διαμόρφωσαν τη χρονολογική σειρά στο κοντινό παρελθόν θα συνεχίζουν να τη διαμορφώνουν και στο μέλλον* κατά τον ίδιο τρόπο (μοτίβο). Η δυσκολία επομένως, κατά την ανάλυση μιας χρονολογικής σειράς, είναι να *εκτιμηθεί σωστά το σύστημα που την παράγει* με κύριο στόχο την πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών του μεγέθους που παρατηρούμε.

Μια χρονολογική σειρά μπορεί να χαρακτηριστεί ως:

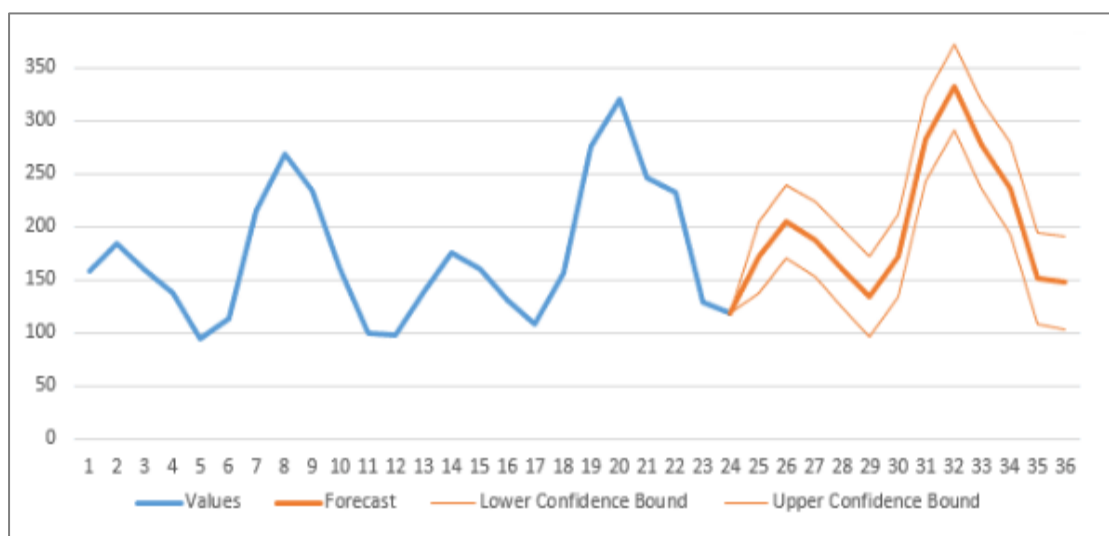
- **Συνεχής:** οι παρατηρήσεις της αναφέρονται και αντιστοιχούν σε κάθε σημείου του χρόνου (βροχόπτωση, θερμοκρασία, υγρασία).
- **Διακριτή:** οι μετρήσεις ή παρατηρήσεις της μεταβλητής γίνονται/αντιστοιχούν σε προκαθορισμένα σταθερά χρονικά διαστήματα (αριθμός πελατών σε ένα κατάστημα).

Ο πιο απλός τρόπος για μια πρώτη ανάλυση των στοιχείων/ μετρήσεων μιας χρονοσειράς είναι να τα παρουσιάσουμε με τη βοήθεια μίας γραφικής παράστασης (**χρονοδιάγραμμα**). Η μορφή του διαγράμματος εξαρτάται από τέσσερα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς που συνηθίζεται να ονομάζονται «**συνιστώσες**»:

- Η *οριζόντια συνιστώσα*,
- η *συνιστώσα τάσης* (αν και μερικές παρατηρήσεις παρουσιάζουν μικρότερη/μεγαλύτερη τιμή από τις αμέσως προηγούμενές τους, στο σύνολό τους τείνουν να αυξάνονται ή να μειώνονται),
- η *συνιστώσα εποχικότητας* (επανάληψη του ίδιου μοτίβου ανά τακτά χρονικά διαστήματα) και
- η *κυκλική συνιστώσα*.

Το να αναγνωρίσει κανείς τον τρόπο με τον οποίο τα χαρακτηριστικά αυτά επηρεάζουν την εξέλιξη των τιμών χρονολογικής σειράς, είναι τις περισσότερες φορές γεγονός δύσκολο και καθιστά το πρόβλημα της πρόβλεψης των μελλοντικών τιμών μιας χρονολογικής σειράς εξαιρετικά πολύπλοκο.

Κύριος σκοπός επομένως της μελέτης των χρονολογικών σειρών, είναι η χρήση τους στη διενέργεια προβλέψεων. Η γνώση των μελλοντικών τιμών διαφόρων μεγεθών/χαρακτηριστικών, που σχετίζονται με το περιβάλλον, την κοινωνία κ.α., είναι απαραίτητη για τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων σχετικά με τον προγραμματισμό της καλής και εύρυθμης λειτουργίας όλων των παραπάνω οργανωτικών δομών.



Εικόνα 4.2: Χρονολογική σειρά και προβλέψεις

Τις τελευταίες δεκαετίες χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο η επιστημονική γνώση για την πραγματοποίηση αξιόπιστων προβλέψεων (π.χ. μέθοδοι παλινδρόμησης, οικονομετρικά πρότυπα, μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης κ.α). [Ψωινός, 1989].

A. Στάδια διαδικασίας πρόβλεψης

Θα μπορούσε να διακρίνει κανείς τα παρακάτω πέντε διαφορετικά στάδια σε κάθε διαδικασία πρόβλεψης των μελλοντικών τιμών μιας μεταβλητής:

- *Ορισμός του προβλήματος.*
- *Συγκέντρωση πληροφοριών* (στατιστικά ή αριθμητικά δεδομένα ή/και ποιοτικές πληροφορίες, προσωπικές απόψεις και κρίσεις εξειδικευμένων στελεχών).
- *Προκαταρκτική ανάλυση/ διερεύνηση δεδομένων* (αναλύουμε πρώτα τα συμπεράσματα από τα ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα που συγκεντρώθηκαν, και διερευνούμε χαρακτηριστικές τάσεις αύξησης, μείωσης, περιοδικότητας και εποχικότητας).
- *Προσαρμογή κατάλληλου μαθηματικού προτύπου/μοντέλου* (π.χ. πρότυπο κινητών μέσων, εκθετικής εξομάλυνσης, απλής ή πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης).
- *Πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών.* Επιπλέον, επειδή έχουμε στη διάθεση μας και τις πραγματικές τιμές της μεταβλητής για την οποία γίνεται η πρόβλεψη, είμαστε σε θέση να αξιολογήσουμε την ακρίβεια των προβλέψεων και να προχωρήσουμε ανάλογα σε αναπροσαρμογή του προτύπου.

B. Μέθοδοι προβλέψεων

Για τη διενέργεια προβλέψεων υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Οι περισσότερες από αυτές αναπτύχθηκαν πριν από μερικές δεκαετίες και εφαρμόστηκαν σε ευρεία κλίμακα λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης των υπολογιστών. Οι περισσότερες από αυτές βασίζονται στην Στατιστική ανάλυση [Αγιάκογλου, Οικονόμου, 2002].

Γενικά, τρεις είναι οι μεθοδολογικά διαφορετικές διαδικασίες πρόβλεψης, τις οποίες μπορούμε να εφαρμόσουμε κατά περίπτωση.

- Οι μέθοδοι ανάλυσης χρονολογικών σειρών και προβολής τάσης.

Προσπαθούμε να αναγνωρίσουμε, με τη βοήθεια μαθηματικών προτύπων, τον τρόπο με τον οποίο διαμορφώθηκαν οι τιμές μιας μεταβλητής στο πρόσφατο παρελθόν και να προβάλουμε ακριβώς τον ίδιο αυτό τρόπο στο μέλλον. Εφαρμόζονται με επιτυχία όταν υπάρχουν διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία και ο χρονικός ορίζοντας της πρόβλεψης είναι μικρός.

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν:

- ✓ οι μέθοδοι εξομάλυνσης:

- *Απλός κινητός ή κινούμενος μέσος*
- *Απλή εκθετική εξομάλυνση*
- *Διπλός κινητός ή κινούμενος μέσος*
- *Μέθοδος Brown*
- *Μέθοδος Holt*
- *Μέθοδος Winters*

- ✓ η διάσπαση χρονολογικών σειρών και
- ✓ η ανάλυση *ARIMA*, γνωστή και ως Box – Jenkins ανάλυση, μια σύνθετη στατιστική μέθοδος.

➤ *Οι αιτιοκρατικές μέθοδοι ή μέθοδοι ανάλυσης των δομικών παραγόντων.*

Διαμορφώνουμε μαθηματικά πρότυπα που αποδίδουν με κάποια σχετική ακρίβεια, τη συμπεριφορά της μεταβλητής που μας ενδιαφέρει και τις αιτίες που προκάλεσαν τις μεταβολές της στο πρόσφατο παρελθόν. Τα μαθηματικά αυτά πρότυπα είναι συνήθως:

- ✓ υποδείγματα απλής ή πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης,
- ✓ πολύπλοκα οικονομετρικά υποδείγματα.

➤ *Οι ποιοτικές μέθοδοι ή μέθοδοι κρίσης.*

Προσπαθούμε με μια συστηματική διαδικασία (π.χ. έρευνα αγοράς, συμβούλιο ειδικευμένων στελεχών), να καταλήξουμε σε ποσοτικές εκτιμήσεις των μελλοντικών τιμών της μεταβλητής, οι οποίες βασίζονται στις υποκειμενικές κρίσεις και την προσωπική γνώμη μιας ομάδας. Χρησιμοποιούνται όταν δεν υπάρχουν στη διαθέσιμα ή είναι πολύ δύσκολο να συγκεντρωθούν επαρκή και αξιόπιστα στατιστικά στοιχεία, για τις τιμές της μεταβλητής στο πρόσφατο παρελθόν. Κυριότερη μέθοδος σε αυτή την κατηγορία, είναι η **μέθοδος των Δελφών**, στην οποία συγκεντρώνονται ποιοτικές πληροφορίες από ειδικές ομάδες εμπειρογνομόνων.

Γ. Υποδείγματα χρονολογικών σειρών

Τα υποδείγματα/πρότυπα χρονολογικών σειρών διακρίνονται σε

- *προσδιοριστικά* (deterministic)
- *στοχαστικά* (stochastic)

Το στοιχείο που διαχωρίζει τις δύο αυτές κατηγορίες, είναι ο ρόλος που παίζει ο τυχαίος δομικός παράγοντας, στην τιμή της εξεταζόμενης για πρόβλεψη μεταβλητής. Στα προσδιοριστικά, χρησιμοποιούνται απλές μαθηματικές μορφές (π.χ. κινούμενοι μέσοι όροι, μέθοδοι απλής εκθετικής εξομάλυνσης), με τον τυχαίο δομικό παράγοντα να προστίθεται σαν κατάλοιπο λάθους (σφάλμα) σε κάθε χρονική στιγμή. Στα στοχαστικά υποδείγματα ο τυχαίος δομικός παράγοντας, αποτελεί το μηχανισμό μέσα από τον οποίο δημιουργείται η χρονολογική σειρά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα στοχαστικού υποδείματος αποτελεί η **τεχνική Box – Jenkins**.

Στην περίπτωση δηλαδή που οι τιμές μιας χρονολογικής σειράς μπορούν να καθορισθούν από μια συνάρτηση, τότε η χρονική σειρά ονομάζεται *αιτιοκρατική*. Αν όμως, οι μελλοντικές τιμές της εξεταζόμενης μεταβλητής καθορίζονται μόνο ως προς μια κατανομή πιθανότητας, τότε η χρονική σειρά ονομάζεται *στατιστική ή στοχαστική*.

Μια πρόβλεψη δεν είναι πλήρης αν δεν συνοδεύεται από μια εκτίμηση του αναμενόμενου σφάλματος. Οι πλέον συνήθεις είναι:

- ✓ Το **μέσο σφάλμα τετραγώνου** (MSE – Mean Square Error).

Το μέσο σφάλμα τετραγώνου (MSE) είναι ίσο με το άθροισμα των σφαλμάτων τετραγώνου των προβλέψεων διαιρούμενο με τον αριθμό των εξεταζόμενων περιόδων (n), δηλαδή:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y(t) - \hat{Y}(t))^2$$

Όπου $Y(t)$ η πραγματική τιμή της μεταβλητής τη χ.σ. t και $\hat{Y}(t)$ η προβλεπόμενη.

✓ Η μέση απόλυτη απόκλιση (MAD –Mean Absolute Difference).

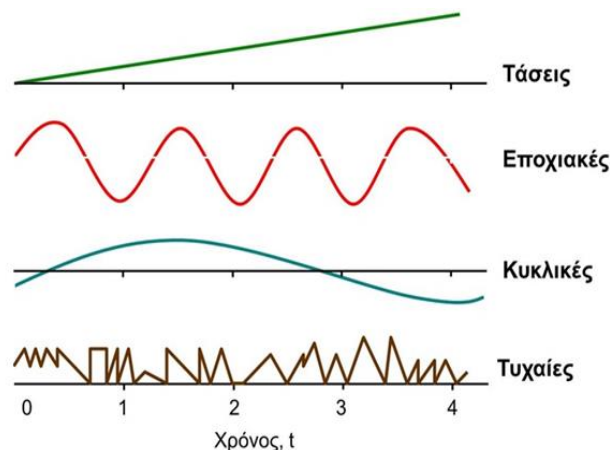
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y(t) - \hat{Y}(t)|$$

όπου $|\dots|$ η απόλυτη τιμή του αριθμού.

Δ. Προβλέψεις με ανάλυση χρονολογικών σειρών

Στην ανάλυση χρονολογικών σειρών λοιπόν γίνεται η παραδοχή ότι: η τιμή της μεταβλητής του ενδιαφέροντός μας, (Y) μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή είναι αποτέλεσμα τεσσάρων παραγόντων, γνωστών και συνθετικών στοιχείων της χρονολογικής σειράς. (χαρακτηριστικά χρονοσειράς). Συμβολικά, $Y = f(T, C, S, R)$ όπου :

- Y : η πραγματική ζήτηση σε δεδομένη χρονική περίοδο
- T : η μακροχρόνια τάση (ανοδική ή καθοδική)
- C : η κυκλική διακύμανση της ζήτησης που οφείλεται σε οικονομικούς, τεχνολογικούς, κοινωνικούς και πολιτικούς παράγοντες
- S : η εποχική διακύμανση των τιμών που επαναλαμβάνονται ετησίως
- R : η τυχαία ή απρόβλεπτη διακύμανση τιμών που δεν αποδίδεται στους παραπάνω παράγοντες.



Εικόνα 4.3: Χαρακτηριστικά χρονολογικής σειράς

Το επόμενο βήμα, μετά τον προσδιορισμό των στοιχείων της χρονολογικής σειράς, είναι ο προσδιορισμός της μορφής της συνάρτησης που συνδέει αυτά τα στοιχεία. Τα δύο είδη προτύπων που χρησιμοποιούνται είναι το **αθροιστικό** και το **πολλαπλασιαστικό**.

Στο αθροιστικό πρότυπο, η πραγματική τιμή μιας μεταβλητής είναι το άθροισμα των επιρροών από τα συνθετικά στοιχεία της χρονικής σειράς, δηλαδή:

$$Y = T + C + S + R$$

Εδώ, κάθε όρος εκφράζεται με τις ίδιες φυσικές ή χρηματικές μονάδες. Η παραδοχή του αθροίσματος των επιμέρους επιρροών συναντά δυσκολίες τόσο στη θεωρία όσο και στην πράξη.

Στο πολλαπλασιαστικό πρότυπο, η πραγματική τιμή μιας μεταβλητής προσδιορίζεται από το γινόμενο των επιρροών των επιμέρους στοιχείων, δηλαδή:

$$Y = T \cdot C \cdot S \cdot R$$

Η τιμή της μεταβλητής εκφράζεται με φυσικές ή χρηματικές μονάδες μόνο στον όρο της μακροπρόθεσμης τάσης (T), ενώ τα αποτελέσματα των άλλων επιρροών εμφανίζονται σαν ποσοστιαίες προσαρμογές της τάσης (T).

Για τις περισσότερες εφαρμογές, το πολλαπλασιαστικό πρότυπο παρουσιάζει τόσο θεωρητικά όσο και πρακτικά πλεονεκτήματα έναντι του αθροιστικού.

4.2 Περιγραφικά μέτρα Στατιστικής Ανάλυσης

➤ Περιγραφικά Μέτρα

Τα περιγραφικά στατιστικά μέτρα είναι κατάλληλοι δείκτες οι οποίοι συνοψίζουν τις πληροφορίες που εμπεριέχονται στα δεδομένα. Διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Τα **μέτρα θέσης - κεντρικής τάσης**, δίνουν πληροφορίες για τη θέση της κατανομής των παρατηρήσεων στο χώρο. Τα πλέον χρησιμοποιούμενα είναι η *μέση τιμή* (μ), η *διάμεσος* (δ), η *κορυφή* και τα *ποσοστημόρια*. Όπου,

Μέση τιμή ή Αριθμητικός μέσος (Mean):

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Διάμεσος (Median): Εκφράζει την κεντρική θέση της κατανομής των παρατηρήσεων, δηλαδή είναι το σημείο της κατανομής των παρατηρήσεων κάτω από το οποίο βρίσκεται το 50% των παρατηρήσεων και πάνω από αυτό το υπόλοιπο 50% των παρατηρήσεων.

Αν ο αριθμός των n δεδομένων είναι περιττός τότε η διάμεσος είναι η τιμή στη θέση $x_{(n+1)/2}$, ενώ αν το n είναι άρτιος τότε είναι το ημίαθροισμα των τιμών στις θέσεις $x_{n/2}$ και $x_{n/2+1}$.

$$\tilde{x} = \begin{cases} x_{(n+1)/2} & n = 2k + 1 \\ \frac{x_{n/2} + x_{n/2+1}}{2} & n = 2k \end{cases}$$

Ποσοστημόρια: συμβολίζονται με p_a . Αποτελούν γενίκευση της διαμέσου και δίνουν αναλυτικότερη περιγραφή της θέσης της κατανομής των παρατηρήσεων. Το ποσοστημόριο p_a είναι το σημείο της κατανομής για το οποίο το $a\%$ των παρατηρήσεων είναι μικρότερες ή ίσες από αυτό και το υπόλοιπο $(1-a)\%$ των παρατηρήσεων είναι μεγαλύτερες ή ίσες από αυτό. Ειδικότερα:

- Εκατοστημόρια (percentiles): p_1, p_2, \dots, p_{99}
- Δεκατημόρια (deciles): αν $p_{10}, p_{20}, \dots, p_{90}$

- Τεταρτημόρια (quartiles): $p_{25} = Q_1$, $p_{50} = Q_2 = \delta$, $p_{75} = Q_3$

- Τα **μέτρα διασποράς**, πρόκειται για τη μεταβλητότητα ή διασπορά των παρατηρήσεων. Όταν τα δεδομένα είναι συγκεντρωμένα γύρω από μια κεντρική τιμή, δηλαδή η διασπορά των δεδομένων είναι μικρή, τότε η κεντρική τιμή αντιπροσωπεύει ικανοποιητικά τα δεδομένα. Αντίθετα όταν τα δεδομένα είναι σκορπισμένα τότε τα μέτρα κεντρικής τιμής δεν δίνουν καλή περιληπτική περιγραφή των δεδομένων. [Κουγιουμτζής, 2010]

Τα κυριότερα μέτρα διασποράς είναι το *εύρος*, η *διακύμανση* και η *τυπική απόκλιση*. Όπου,

Εύρος (Range): Συμβολίζεται με R και ορίζεται ως η διαφορά της μέγιστη (maximum) από την ελάχιστη (minimum) παρατήρηση.

$$R = \max - \min$$

Διασπορά (Variance): είναι το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών κάθε παρατήρησης από τη μέση τιμή. Συμβολίζεται s^2 για δείγμα και δίνεται από τον τύπο:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$$

Διασπορά της δειγματικής μέσης τιμής \bar{x} :

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{\sigma^2}{n}$$

Τυπική απόκλιση (Standard deviation): είναι η τετραγωνική ρίζα της διασποράς.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

$$s = \sqrt{s^2}$$

Σταθερό σφάλμα (standard error mean): η τυπική απόκλιση ορίζει το τυπικό σφάλμα εκτίμησης της μέσης τιμής μ με τη \bar{x} .

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

- Τα **μέτρα μορφής** της κατανομής των δεδομένων είναι ο συντελεστής ασυμμετρίας και ο συντελεστής κύρτωσης. Όπου:

Συντελεστής κύρτωσης (Kurtosis): Συμβολίζεται με KU και δηλώνει το βαθμό συγκέντρωσης των παρατηρήσεων στο μέσο και στα άκρα της κατανομής, διακρίνονται σε *μεσόκυρτες*, *λεπτόκυρτες*, και *πλατύκυρτες*, όπου οι κατανομές που προσεγγίζονται από τη κανονική κατανομή είναι μεσόκυρτες.

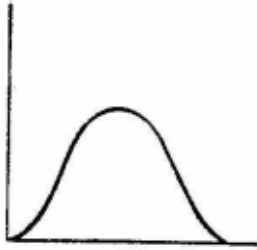
Για τη μέτρηση της κύρτωσης χρησιμοποιείται συνήθως ο παρακάτω συντελεστής, προτεινόμενος επίσης από τον Pearson.

$$KU = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^4 / n}{s^4}$$

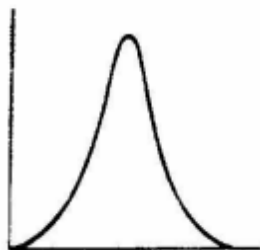
Όπου:

- ✓ Αν $KU > 3$ Λεπτόκυρτη κατανομή
- ✓ Αν $KU = 3$ Μεσόκυρτη κατανομή
- ✓ Αν $KU < 3$ Πλατύκυρτη κατανομή

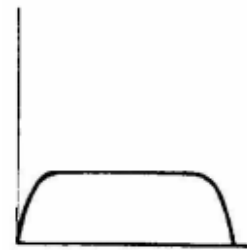
Στις παρακάτω εικόνες 4.4 – 4.6 απεικονίζονται τα είδη κυρτότητας.



Εικόνα 4.6: : Μεσόκυρτη
καμπύλη συχνοτήτων



Εικόνα 4.5: : Λεπτόκυρτη
καμπύλη συχνοτήτων



Εικόνα 4.4: : Πλατύκυρτη
καμπύλη συχνοτήτων

Πηγή: [Παπαδόπουλος, 2015]

Συντελεστής ασυμμετρίας/λοξότητας (Skewness): δηλώνει πόσο ασύμμετρη είναι η κατανομή των δεδομένων και συμβολίζεται με γ . Η κατανομή ενός συνόλου δεδομένων μπορεί να είναι είτε συμμετρική είτε μη συμμετρική. Οι καμπύλες συχνοτήτων μπορεί να έχουν διάφορες μορφές. Όταν μια καμπύλη συχνοτήτων είναι συμμετρική ως προς τον κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από την κορυφή της κατανομής τότε η κατανομή είναι συμμετρική. Τα δύο άκρα της καμπύλης λέγονται ουρές της κατανομής και πλησιάζουν ασυμπτωτικά τον άξονα των τιμών. Συνεπώς, σε μια συμμετρική κατανομή, δεξιά και αριστερά του άξονα συμμετρίας βρίσκεται το ίδιο ποσοστό παρατηρήσεων (50%). Όταν η καμπύλη συχνοτήτων δεν είναι συμμετρική, δηλαδή, όταν δεξιά και αριστερά του κατακόρυφου άξονα που περνάει από την κορυφή δε βρίσκεται το ίδιο ποσοστό παρατηρήσεων, τότε η κατανομή είναι ασύμμετρη. Υπάρχουν δύο ειδών ασυμμετρίες, θετικές και αρνητικές. Μια καμπύλη συχνοτήτων παρουσιάζει θετική ασυμμετρία όταν οι περισσότερες παρατηρήσεις βρίσκονται δεξιά της κορυφής (Εικόνα 4.7), ενώ, παρουσιάζει αρνητική ασυμμετρία όταν οι περισσότερες παρατηρήσεις βρίσκονται αριστερά της κορυφής (Εικόνα 4.8). [Παπαδόπουλος, 2015]

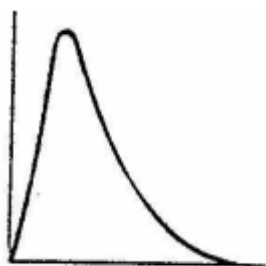
Για τον προσδιορισμό της αριθμητικής τιμής του συντελεστή ασυμμετρίας το συνηθέστερο είναι ο προσδιορισμός του με βάση τις ροπές ο οποίος ορίζεται ως:

$$\gamma = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left\{ \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right\}^3}$$

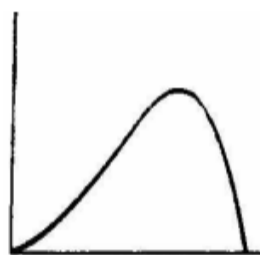
Όπου:

- ✓ Αν $\gamma > 0$ Θετική Ασυμμετρία
- ✓ Αν $\gamma = 3$ Συμμετρία
- ✓ Αν $\gamma < 3$ Αρνητική Ασυμμετρία

Στις παρακάτω εικόνες 4.7 και 4.8 απεικονίζονται τα είδη συμμετρίας.



Εικόνα 4.8: Θετική ασυμμετρία



Εικόνα 4.7: Αρνητική ασυμμετρία

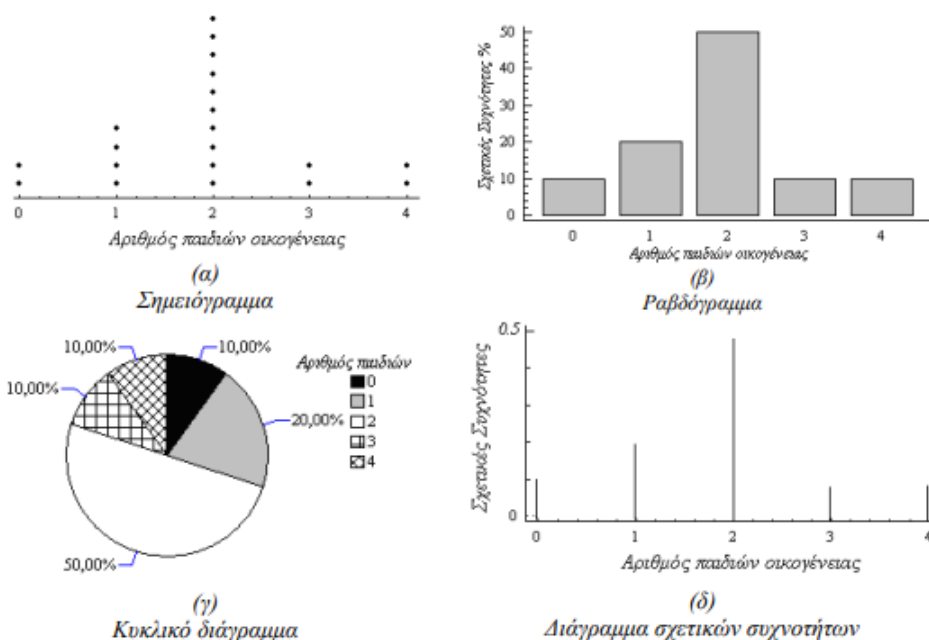
Πηγή: [Παπαδόπουλος, 2015]

➤ Διαγράμματα

Τα διαγράμματα είναι ιδιαίτερα σημαντικά στη στατιστική αφού δίνουν τη δυνατότητα να παρουσιασθούν τα δεδομένα με παραστατικό και εύληπτο τρόπο, να εξαχθούν πιο εύκολα και άμεσα συμπεράσματα καθώς και την πιο εύκολη κατανόησή τους. Υπάρχουν αρκετά είδη διαγραμμάτων και ανάλογα με τον τύπο της μεταβλητής χρησιμοποιείται και το κατάλληλο διάγραμμα. Η Περιγραφική Στατιστική προσφέρει πολλές δυνατότητες γραφικής παρουσίασης. Μερικοί τρόποι γραφικής παρουσίασης δεδομένων, θα αναφερθούν παρακάτω, όπου κάποιοι θα χρησιμοποιηθούν και στην παρούσα εργασία.

- *Σημειόγραμμα (dot diagram)*: τα δεδομένα αναπαρίστανται ως κουκίδες στις αντίστοιχες θέσεις στον οριζόντιο άξονα. (Εικόνα 4.9)
- *Ραβδόγραμμα (bar chart)*: οι συχνότητες των διαφόρων τιμών y_i , $i=0,1,2,\dots,k$, στο ραβδόγραμμα απεικονίζονται ως ύψη ορθογωνίων, σχεδιασμένα στις αντίστοιχες θέσεις του οριζόντιου άξονα, το πλάτος βάσης των ορθογωνίων είναι ίδιο που όμως επιλέγεται αυθαίρετα. Το ραβδόγραμμα μπορεί να σχεδιασθεί και με κατακόρυφο προσανατολισμό. (Εικόνα 4.9)
- *Διάγραμμα συχνοτήτων (line diagram)*: αντίστοιχο με το ραβδόγραμμα, διαφέρουν στο ότι οι συχνότητες των διαφόρων τιμών y_i , $i=0,1,2,\dots,k$, χαράσσονται κάθετα ευθύγραμμα τμήματα αντί ορθογωνίων. (Εικόνα 4.9)
- *Κυκλικό διάγραμμα (pie chart)*: οι συχνότητες των διαφόρων τιμών y_i , $i=0,1,2,\dots,k$, απεικονίζονται σε ένα κυκλικό δίσκο χωρισμένο σε k κυκλικούς τομείς, έναν για κάθε τιμή που υπάρχει, τα τόξα των οποίων, έστω φ_i , είναι ανάλογα με τις αντίστοιχες συχνότητες. Όπου, $\varphi_i = n_i \cdot \frac{360^\circ}{n}$. (Εικόνα 4.9)
- *Ιστογράμμοι συχνοτήτων (Histogram)*: χρησιμοποιείται συνήθως για συνεχείς ποσοτικές μεταβλητές. Τα ιστογράμματα κατασκευάζονται για τη γραφική παρουσίαση / αναπαράσταση της πληροφορίας που παίρνουμε από έναν πίνακα συχνοτήτων ομαδοποιημένων δεδομένων. Ένα ιστογράμμο αποτελείται από διαδοχικά ορθογώνια, που έχουν βάσεις ίσες με τα διαστήματα των κλάσεων τοποθετημένες πάνω στον οριζόντιο άξονα. Το εμβαδόν κάθε ορθογωνίου ισούται με τη συχνότητα της αντίστοιχης κλάσης. Αν

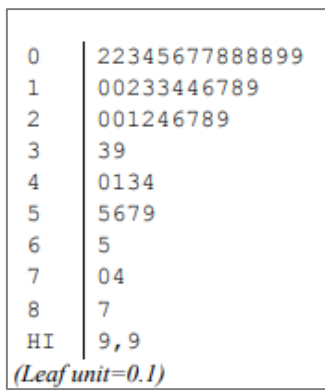
στο ιστόγραμμα συχνοτήτων, αριστερά της πρώτης κλάσης και δεξιά της τελευταίας, θεωρηθεί από μία υποθετική κλάση με συχνότητα μηδέν και ενωθούν με ευθύγραμμο τμήματα τα μέσα των πάνω βάσεων των ορθογωνίων, δημιουργείται το πολύγωνο συχνοτήτων. Το πολύγωνο αθροιστικών συχνοτήτων δημιουργείται αν στο ιστόγραμμα, ενωθούν με ευθύγραμμο τμήμα τα δεξιά άκρα των πάνω βάσεων των ορθογωνίων.



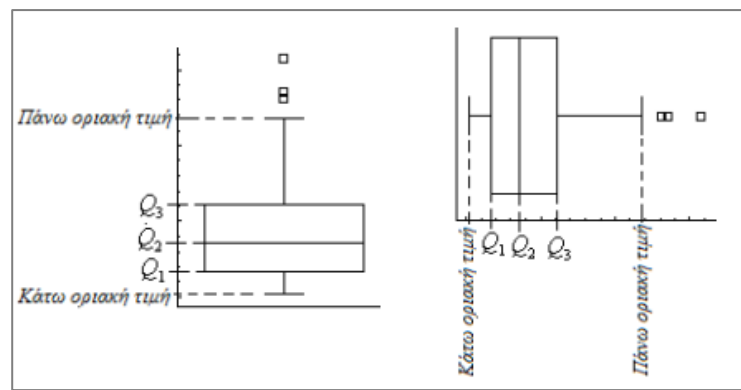
Εικόνα 4.9: Παρουσίαση διαγραμμάτων

Πηγή: [Παπαδόπουλος, 2015]

- **Φυλλογράφημα (Stem – and – leaf):** μπορεί να θεωρηθεί και ως παραλλαγή του ιστογράμματος, σε αυτό αποτυπώνονται και πληροφορίες που ενδεχομένως χάνονται από το ιστόγραμμα αλλά και από τον πίνακα συχνοτήτων καθώς με την ομαδοποίηση των παρατηρήσεων δεν διατηρούνται οι αρχικές παρατηρήσεις. (Εικόνα 4.11)
- **Θηκόγραμμα (box plot):** γνωστό και ως το διάγραμμα πέντε αριθμών. Πρόκειται για ένα ορθογώνιο με δύο κεραίες το οποίο κατασκευάζεται ως εξής: η κάτω βάση του ορθογωνίου βρίσκεται στο Q_1 τεταρτημόριο, η πάνω στο Q_3 , ενώ η διάμεσος $d = Q_2$ και αναπαριστάνεται με ένα οριζόντιο ευθύγραμμο τμήμα μέσα στο ορθογώνιο, στην κατάλληλη θέση. Το πλάτος των βάσεων του ορθογωνίου καθορίζεται αυθαίρετα. Το θηκόγραμμα προσφέρεται ιδιαιτέρως για την ανίχνευση ακραίων τιμών και για την αναγνώριση της συμμετρίας ή του είδους της ασυμμετρίας της κατανομής. Αν το ευθύγραμμο τμήμα που αναπαριστά τη διάμεσο βρίσκεται στο μέσο του ορθογωνίου, η κατανομή είναι συμμετρική, αν βρίσκεται προς την κάτω πλευρά του ορθογωνίου τότε η κατανομή παρουσιάζει θετική ασυμμετρία και τέλος, αν βρίσκεται προς την πάνω πλευρά του ορθογωνίου, η κατανομή παρουσιάζει αρνητική ασυμμετρία. Επίσης, τα θηκογράμματα είναι εξαιρετικά χρήσιμα για τη σύγκριση των κατανομών δύο ή περισσότερων δειγμάτων. (Εικόνα 4.10)



Εικόνα 4.11: Απεικόνιση
Φυλογραφήματος



Εικόνα 4.10: Απεικόνιση Θηκογράμματος

Πηγή: [Παπαδόπουλος, 2015]

5. Ανάλυση δεδομένων

Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία αφορούν τα ετήσια χιλιοστά βροχόπτωσης, για περίοδο των εξήντα ετών, ξεκινώντας από το 1958 και φτάνοντας έως και το 2018, για τις πόλεις Χανιά, Ηράκλειο και Σητεία. Η συλλογή των δεδομένων έγινε από διάφορες πηγές (meteo, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία), ώστε να είναι δυνατόν να συμπληρωθούν οι τιμές που έλειπαν σε κάποιες περιπτώσεις. Συγκεκριμένα για τη συλλογή των δεδομένων συγκεντρώθηκαν οι μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης και στη συνέχεια αθροιστικά υπολογίστηκαν για το κάθε έτος.

Ωστόσο σε κάποια έτη δεν βρέθηκαν μετρήσεις από κανένα φορέα. Για το λόγο αυτό, σε εκείνες τις χρονιές έγινε συμπλήρωση της χρονοσειράς με τη μέθοδο του αριθμητικού μέσου, όπως έχει αναφερθεί σε παραπάνω κεφάλαιο. Τα δεδομένα αφού συγκεντρώθηκαν ολοκληρωμένα στο λογιστικό φύλλο Excel, στη συνέχεια η επεξεργασία τους έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Minitab version 19.

Από πιλοτική πρωτοβουλία του εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, έχει δημιουργηθεί το Μετεωρολογικό Παρατηρητήριο Κρήτης, όπου στο τέλος του 2021, αποτελείται από εξήντα επτά (67) μετεωρολογικούς σταθμούς. Από αυτούς πενήντα τέσσερις (54) σταθμοί ανήκουν στο Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ), έντεκα (11) ανήκουν στην Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης (ΑΔΚ), ακόμη υπάρχουν δυο (2) πρότυποι χιονομετρικοί σταθμοί που δίνονται από το ΕΑΑ, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε μεγάλο υψόμετρο στα Λευκά Όρη και στον Ψηλορείτη και πρόκειται για τους μοναδικούς πανελλαδικά.

Η κατανομή τους φαίνεται στην Εικόνα 5.1 που παρατίθεται παρακάτω. Συγκεκριμένα στο νομό Χανίων, βρίσκονται είκοσι επτά σταθμοί, όπου οι είκοσι έξι δίνονται από το ΕΑΑ, ενώ ο ένας από την ΑΔΚ, στο νομό Ρεθύμνου, βρίσκονται εννιά σταθμοί, όπου οι επτά δίνονται από το ΕΑΑ, ενώ οι δύο δίνονται από την ΑΔΚ, στο νομό Ηρακλείου, βρίσκονται είκοσι ένας σταθμοί, όπου οι δέκα πέντε δίνονται από το ΕΑΑ, ενώ οι έξι δίνονται από την ΑΔΚ, ενώ στο νομό Λασιθίου, βρίσκονται δώδεκα μετεωρολογικοί σταθμοί, όπου οι δέκα δίνονται από το ΕΑΑ, ενώ οι δύο δίνονται από την ΑΔΚ.



Εικόνα 5.1: Χάρτης απεικόνισης μετεωρολογικών σταθμών Μετεωρολογικού Παρατηρητηρίου Κρήτης (με τετράγωνα σημειώνονται οι σταθμοί του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και με κύκλους οι σταθμοί της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης)

Πηγή: [Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών] (<https://www.meteo.gr/crete/index.cfm>)

Επίπλέον δίνονται, έξι μετεωρολογικοί σταθμοι από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.), και βρίσκονται στη Γαύδο, στο Ηράκλειο, στο Καστέλλι Πεδιάδος (Νομός Ηρακλείου), στη Παλαιόχωρα, στη Σούδα και στη Σητεία. Η κατανομή τους απεικονίζεται στην Εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.2:Χάρτης μετεωρολογικών σταθμών που δίνονται από την Ε.Μ.Υ

Πηγή: [Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία]

(http://www.emy.gr/emv/el/observation/sa_xartis_paron_kairos_perioxes?ora=None&perioxi=UTH)

5.1 Περιγραφική Στατιστική

Ηράκλειο:

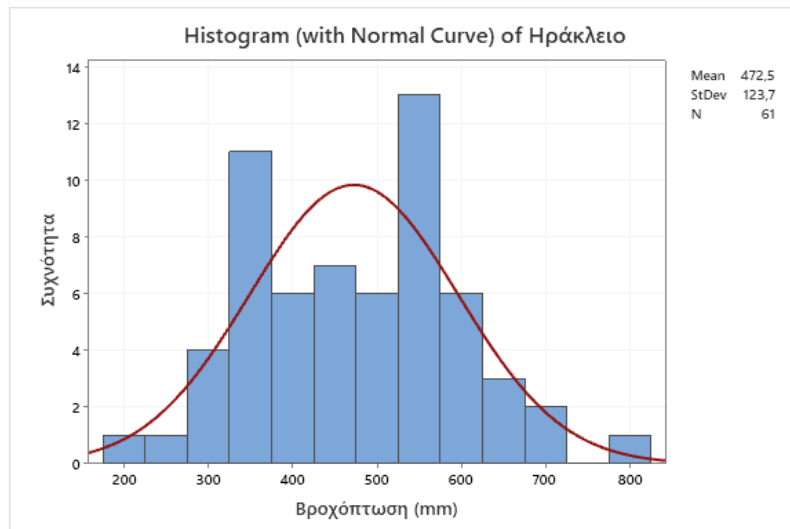
Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.1) παρατίθενται τα αποτελέσματα Περιγραφικής Στατιστικής που εξήχθησαν από τα δεδομένα (ετήσιας) βροχόπτωσης για την πόλη του Ηρακλείου και τα 61 έτη (1958-2018). Η μέση ετήσια βροχόπτωση στο Ηράκλειο είναι τα 472,5 mm, ενώ η μέγιστη και η ελάχιστη βροχόπτωση 822,5 mm και 212,1 mm αντίστοιχα. Ο συντελεστής λοξότητας (skewness) και κυρτότητας (kurtosis) είναι 0,22 και -0,17 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.1: Τιμές παραμέτρων Περιγραφικής Στατιστικής Ηρακλείου

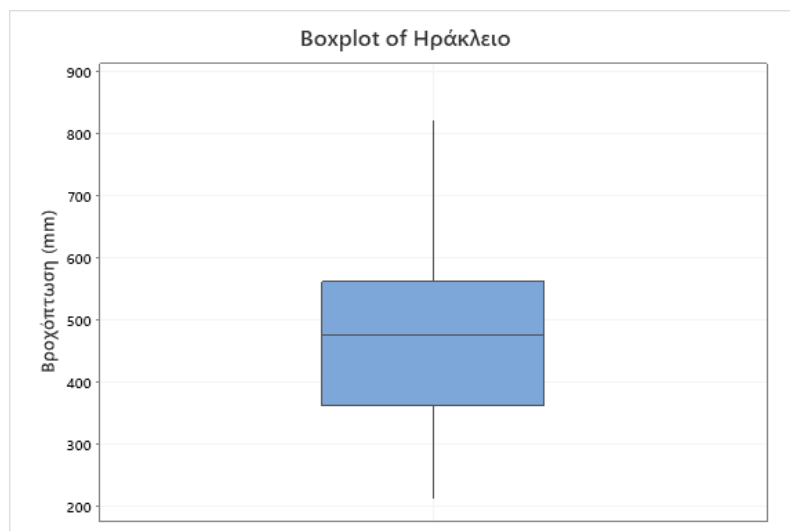
Statistics									
Variable	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	Skewness
Βροχόπτωση Ηράκλειο	472,5	123,7	212,1	362,8	476,3	562,2	822,5	610,4	0,22
Variable	Kurtosis								
Βροχόπτωση Ηράκλειο	-0,17								

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα Περιγραφικής Στατιστικής (Διάγραμμα 5.1 - 5.3) που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων.

Από το διάγραμμα 5.1 είναι φανερή η συμμετρία της κατανομής της βροχόπτωσης (μικρές αποκλίσεις από το ιστόγραμμα της κανονικής κατανομής). Ακόμα, η συμμετρία αυτή είναι φανερή και από το θηκόγραμμα της κατανομής που φαίνεται στο σχήμα 5.2 (η οριζόντια γραμμή/διάμεσος στο τετράγωνο είναι σχεδόν στο μέσο του και οι κάθετες γραμμές είναι σχεδόν ίσες, λόγω της μικρής δεξιάς λοξότητας).

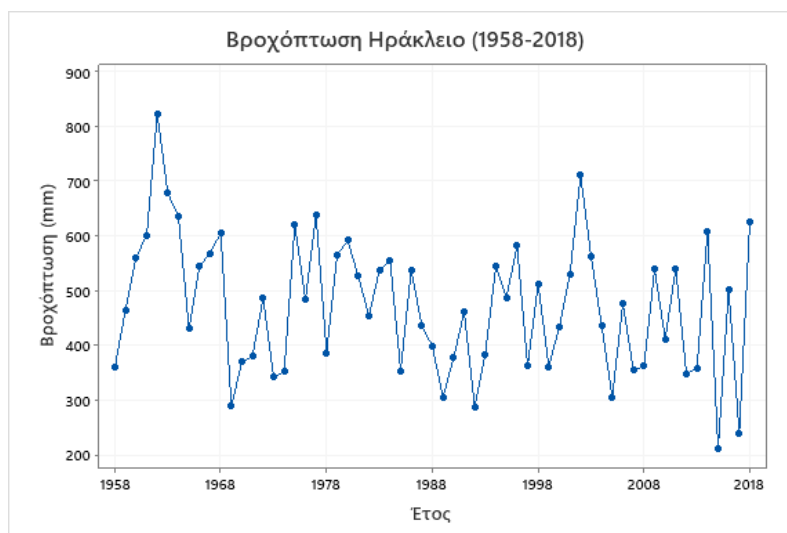


Διάγραμμα 5.1: Ιστόγραμμα ετήσιας βροχόπτωσης Ηρακλείου με καμπύλη κανονικής κατανομής



Διάγραμμα 5.2: Θηκόγραμμα ετήσιας βροχόπτωσης Ηρακλείου

Στο επόμενο διάγραμμα (Διάγραμμα 5.3), φαίνεται η χρονοσειρά (χρονοδιάγραμμα) της βροχόπτωσης στην περιοχή του Ηρακλείου.



Διάγραμμα 5.3: Χρονοσειρά βροχόπτωσης στο Ηράκλειο

Αν προσαρμόσουμε ένα πρότυπο/ευθεία παλινδρόμησης στα δεδομένα τότε η εξίσωσή του είναι:

Regression Equation

$$\text{Βροχόπτωση Η.} = 4129 - 1,839 \text{ Έτος}$$

Το αρνητικό πρόσημο στο μοντέλο φανερώνει τη μείωση της βροχόπτωσης. Δηλαδή, η ερμηνεία του -1,839 είναι ότι, κάθε χρόνο έχουμε μείωση της βροχόπτωσης κατά μέσο όρο 1,839mm.

Χανιά:

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.2) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα Περιγραφικής Στατιστικής που εξήχθησαν από τα δεδομένα (ετήσιας) βροχόπτωσης για την πόλη των Χανίων και τα 61 έτη (1958-2018). Όπου η μέση ετήσια βροχόπτωση στα Χανιά είναι 617,6 mm, ενώ η μέγιστη και η ελάχιστη βροχόπτωση 1342,7 mm και 283,4 mm αντίστοιχα. Ο συντελεστής λοξότητας (skewness) και κυρτότητας (kurtosis) είναι 1,16 και 2,49 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.2: Τιμές παραμέτρων Περιγραφικής Στατιστικής Χανίων

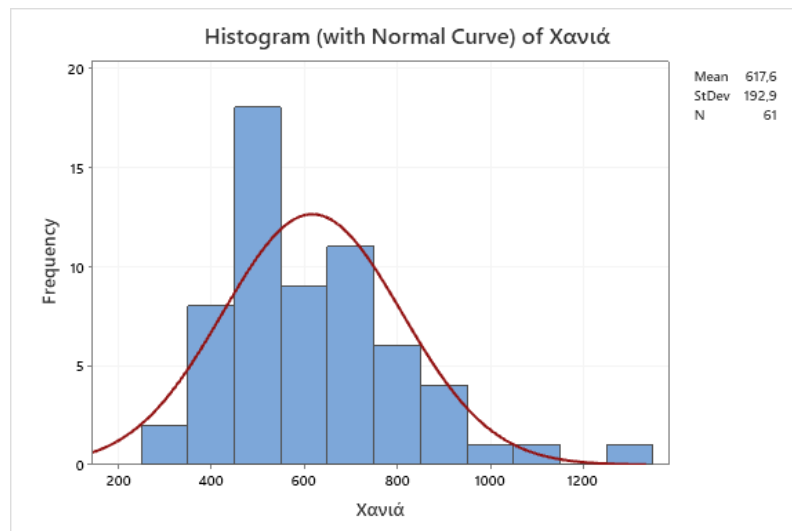
Statistics

Variable	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	Skewness
Βροχόπτωση Χανιά	617,6	192,9	283,4	485,3	571,4	739,3	1342,7	1059,3	1,16
Variable	Kurtosis								
Βροχόπτωση Χανιά	2,49								

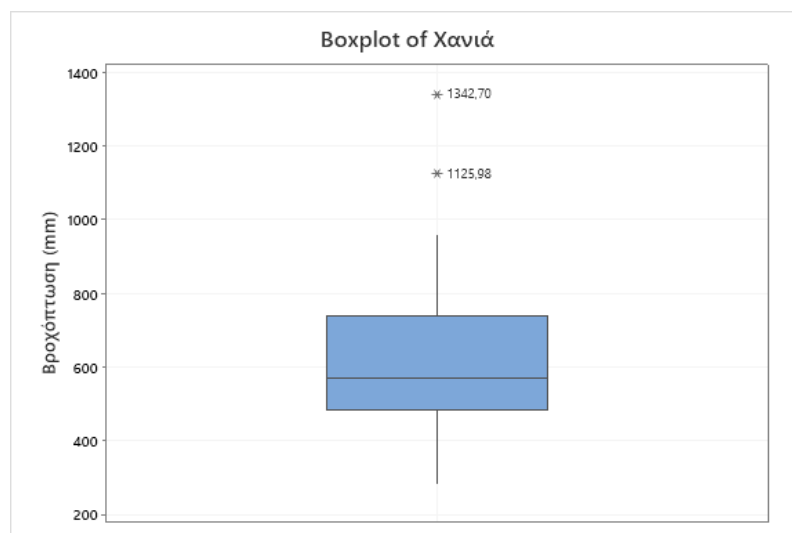
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα Περιγραφικής Στατιστικής για τα Χανιά (Διάγραμμα 5.4 -5.6) που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων.

Από το διάγραμμα 5.4 είναι φανερό η συμμετρία της κατανομής της βροχόπτωσης (μικρές αποκλίσεις από το ιστόγραμμα της κανονικής κατανομής). Η συμμετρία αυτή είναι φανερό και από

το θηκόγραμμα της κατανομής, που φαίνεται στο σχήμα 5.5, όπου η οριζόντια γραμμή/διάμεσος στο τετράγωνο είναι ελαφρώς κάτω από το μέσο του και οι κάθετες γραμμές είναι περίπου ίσες, λόγω της μικρής δεξιάς λοξότητας. Στο θηκόγραμμα επίσης φαίνονται στην κάθετο και οι ακραίες βροχοπτώσεις των ετών 2017 και 2018.

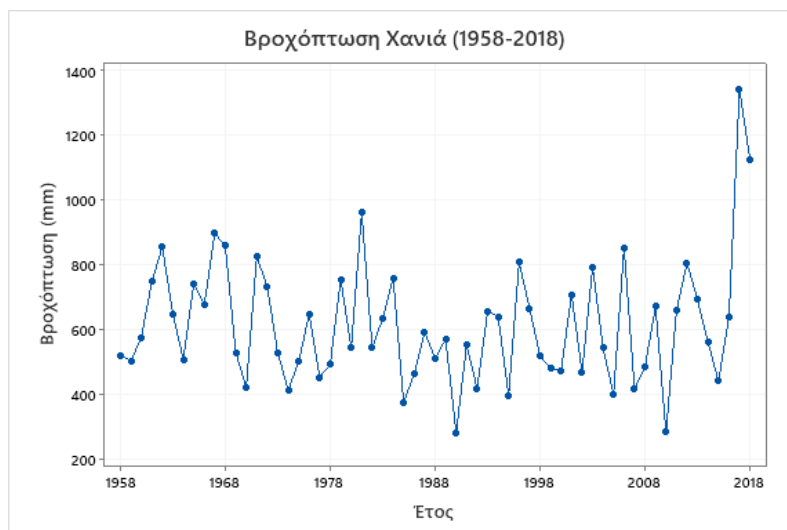


Διάγραμμα 5.4: Ιστόγραμμα Χανίων με καμπύλη κανονικής κατανομής



Διάγραμμα 5.5: Θηκόγραμμα Χανίων

Στο επόμενο διάγραμμα (Διάγραμμα 5.6) φαίνεται η χρονοσειρά (χρονοδιάγραμμα) της βροχόπτωσης στην περιοχή των Χανίων.



Διάγραμμα 5.6: Χρονοσειρά βροχόπτωσης Χανίων

Αν προσαρμόσουμε ένα πρότυπο/ευθεία παλινδρόμησης στα δεδομένα τότε η εξίσωσή του είναι:

Regression Equation

$$\text{Βροχόπτωση } X. = -619 + 0,62 \text{ Έτος}$$

Το θετικό πρόσημο στο μοντέλο φανερώνει την αύξηση της βροχόπτωσης τα επόμενα έτη. Δηλαδή η ερμηνεία του είναι ότι, κάθε έτος η βροχόπτωση θα αυξάνεται κατά μέσο όρο 0,62 χιλιοστά.

Σητεία :

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.3) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα Περιγραφικής Στατιστικής που εξήχθησαν από τα δεδομένα (ετήσιας) βροχόπτωσης για την πόλη της Σητείας τα 61 έτη (1958-2018). Όπου η μέση ετήσια βροχόπτωση στη Σητεία είναι 465,9 mm, ενώ η μέγιστη και η ελάχιστη βροχόπτωση 876,5mm και 105,5 mm αντίστοιχα. Ο συντελεστής λοξότητας (skewness) και κυρτότητας (kurtosis) είναι 0,33 και 0,72 αντίστοιχα.

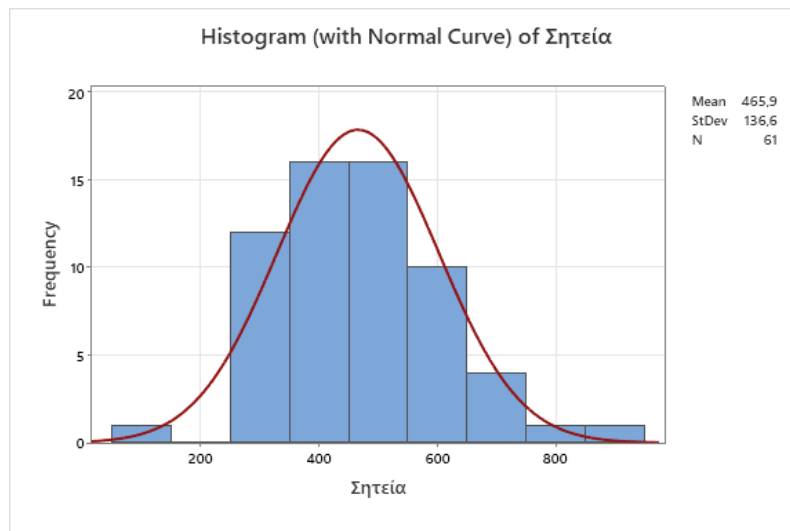
Πίνακας 5.3: Τιμές παραμέτρων Περιγραφικής Στατιστικής Σητείας

Statistics

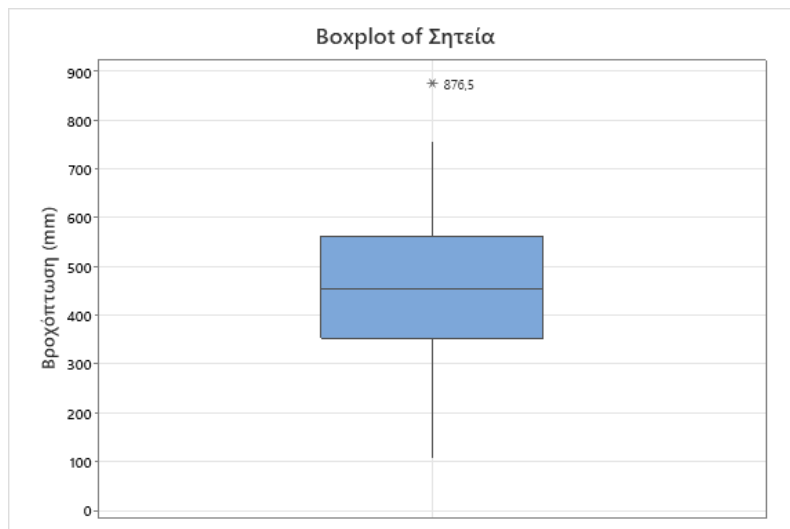
Variable	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Skewness
Βροχόπτωση Σητεία	465,9	136,6	105,3	352,8	454,0	561,7	876,5	0,33
Variable	Kurtosis							
Βροχόπτωση Σητεία	0,72							

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα Περιγραφικής Στατιστικής (Διαγράμματα 5.7-5.9) που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων.

Από το διάγραμμα 5.7 είναι φανερή η συμμετρία της κατανομής της βροχόπτωσης (ελάχιστες αποκλίσεις από το ιστόγραμμα κανονικής κατανομής). Επίσης, η συμμετρία αυτή είναι φανερή και από το θηκόγραμμα της κατανομής που φαίνεται στο σχήμα 5.8, όπου η οριζόντια γραμμή/διάμεσος στο τετράγωνο είναι σχεδόν στο μέσο του και οι κάθετες γραμμές είναι σχεδόν ίσες, λόγω της μικρής δεξιάς λοξότητας.

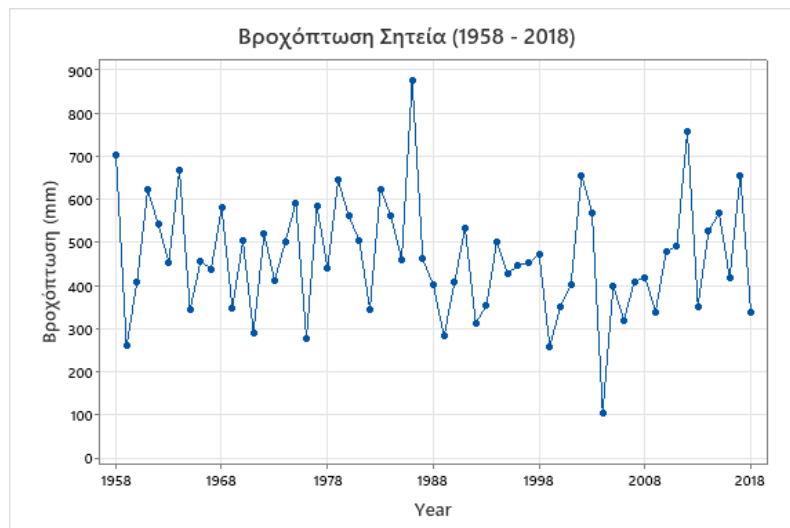


Διάγραμμα 5.7: Ιστόγραμμα Σητείας με καμπύλη κανονικής κατανομής



Διάγραμμα 5.8: Θηκόγραμμα Σητείας

Στο επόμενο διάγραμμα (Διάγραμμα 5.9), φαίνεται η χρονοσειρά (χρονοδιάγραμμα) της βροχόπτωσης στην περιοχή της Σητείας.



Διάγραμμα 5.9: Χρονοσειρά βροχόπτωσης Σητείας

Αν προσαρμόσουμε ένα πρότυπο/ευθεία παλινδρόμησης στα δεδομένα τότε η εξίσωσή του είναι:

Regression Equation

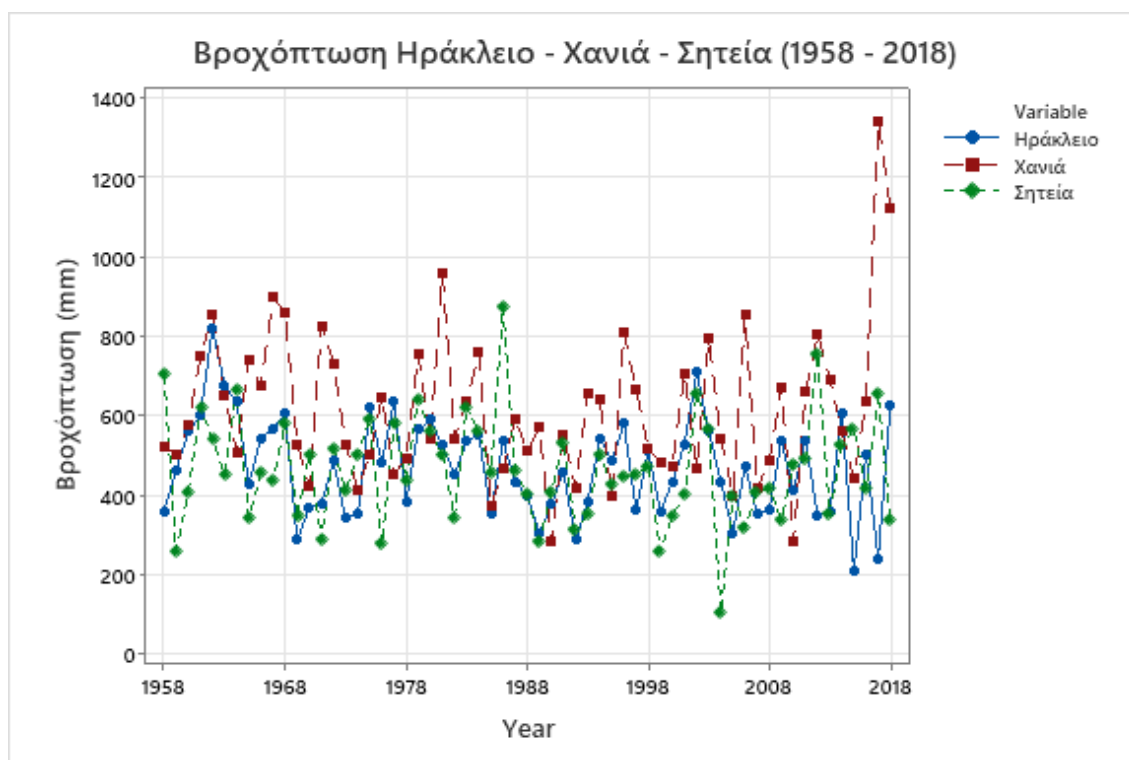
$$\text{Βροχόπτωση } \Sigma. = 2111 - 0,827 \text{ Έτος}$$

Το αρνητικό πρόσημο στο μοντέλο φανερώνει τη μείωση της βροχόπτωσης. Δηλαδή, η ερμηνεία του -0,827 είναι ότι, κάθε χρόνο έχουμε μείωση της βροχόπτωσης κατά μέσο όρο 0,827 mm.

5.2 Σύγκριση βροχοπτώσεων των τριών πόλεων

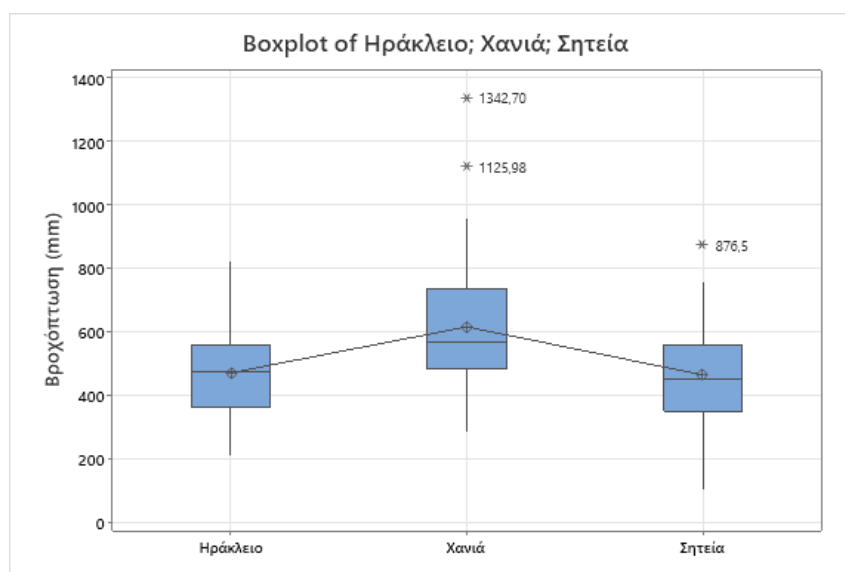
Στη συνέχεια, θα γίνει να προσπαθεί να συγκριθούν οι ποσότητες βροχόπτωσης των τριών πόλεων. Αρχικά στο Διάγραμμα 5.10 δίνεται το διάγραμμα των χρονοσειρών βροχόπτωσης των τριών αυτών πόλεων. Από το διάγραμμα είναι φανερό ότι:

- Τα Χανιά δέχονται αισθητά μεγαλύτερες ποσότητες βροχόπτωσης αναφορικά με το Ηράκλειο και τη Σητεία.
- Το Ηράκλειο και η Σητεία δέχονται ανάλογα ποσά βροχόπτωσης, με τις ποσότητες όμως του Ηρακλείου να έχουν μεγαλύτερη διακύμανση.
- Τα Χανιά εμφανίζουν ακραίες ποσότητες βροχόπτωσης τα τελευταία χρόνια.



Διάγραμμα 5.10: Χρονοσειρές ποσοτήτων βροχόπτωσης για Ηράκλειο – Χανιά – Σητεία

Ανάλογα συμπεράσματα μπορεί να βγάλει κανείς και από το Διάγραμμα 5.11 (θηκογράμματα των ποσοτήτων βροχόπτωσης των τριών πόλεων). Στο διάγραμμα εμφανίζονται επίσης οι μέσες τιμές βροχοπτώσεων όπως και οι ακραίες τιμές στην περίπτωση των Χανίων και της Σητείας.



Διάγραμμα 5.11: Θηκογράμματα ποσοτήτων βροχόπτωσης για Ηράκλειο - Χανιά – Σητεία

Για τη σύγκριση των ποσοτήτων βροχόπτωσης, θα χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο *Ανάλυσης διασποράς κατά έναν παράγοντα* (“one - way ANOVA”), με παράγοντα την τοποθεσία της πόλης (τα αποτελέσματα θα εξεταστούν σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ // διαστήματα εμπιστοσύνης 95%). Ο Πίνακας 5.4 δίνει τα αποτελέσματα της ανάλυσης, επειδή το test Anova είναι (στατιστικά) σημαντικό ($p\text{-value} = 0,000 < 0,05$), συμπεραίνουμε ότι οι μέσες ποσότητες των βροχοπτώσεων των τριών πόλεων διαφέρουν σημαντικά (τουλάχιστον οι δύο από αυτές). Στον Πίνακα 5.5 βλέπουμε τις μέσες τιμές ετήσιας βροχόπτωσης για κάθε μία από τις πόλεις, την τυπική απόκλιση καθώς και το αντίστοιχο διάστημα εμπιστοσύνης για τη μέση βροχόπτωση.

Πίνακας 5.4: Πίνακας ανάλυσης διασποράς κατά έναν παράγοντα (ANOVA table)

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	896746	448373	18,90	0,000
Error	180	4269458	23719		
Total	182	5166204			

Πίνακας 5.5: Περιγραφικά στοιχεία και διαστήματα εμπιστοσύνης

Means				
Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Βροχόπτωση Ηράκλειο	61	472,5	123,7	(433,6; 511,4)
Βροχόπτωση Χανιά	61	617,6	192,9	(578,7; 656,5)
Βροχόπτωση Σητεία	61	465,9	136,6	(427,0; 504,8)
Pooled StDev = 154,010				

Για να βρεθεί που εντοπίζεται αυτή η σημαντική διαφορά των μέσων ποσοτήτων βροχόπτωσης, ανάμεσα στις 3 πόλεις, θα χρησιμοποιηθεί το *τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Tukey*. Τα αποτελέσματα του test δίνονται στον Πίνακα 5.6 και 5.7 και παρατηρείται πως υπάρχει (στατιστικά) σημαντική διαφορά στις μέσες ποσότητες βροχόπτωσης ανάμεσα στις πόλεις Χανιά και Ηράκλειο, όπως επίσης και ανάμεσα στα Χανιά και στη Σητεία, ενώ δεν φαίνεται να υπάρχει (στατιστικά) σημαντική διαφορά ανάμεσα στη μέση βροχόπτωση στο Ηράκλειο και τη Σητεία (οι πόλεις που διαφέρουν έχουν στον παρακάτω πίνακα διαφορετικά γράμματα ταξινόμησης).

Πίνακας 5.6: Αποτελέσματα τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Tukey

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Βροχόπτωση Χανιά	61	617,6	A
Βροχόπτωση Ηράκλειο	61	472,5	B
Βροχόπτωση Σητεία	61	465,9	B

Means that do not share a letter are significantly different.

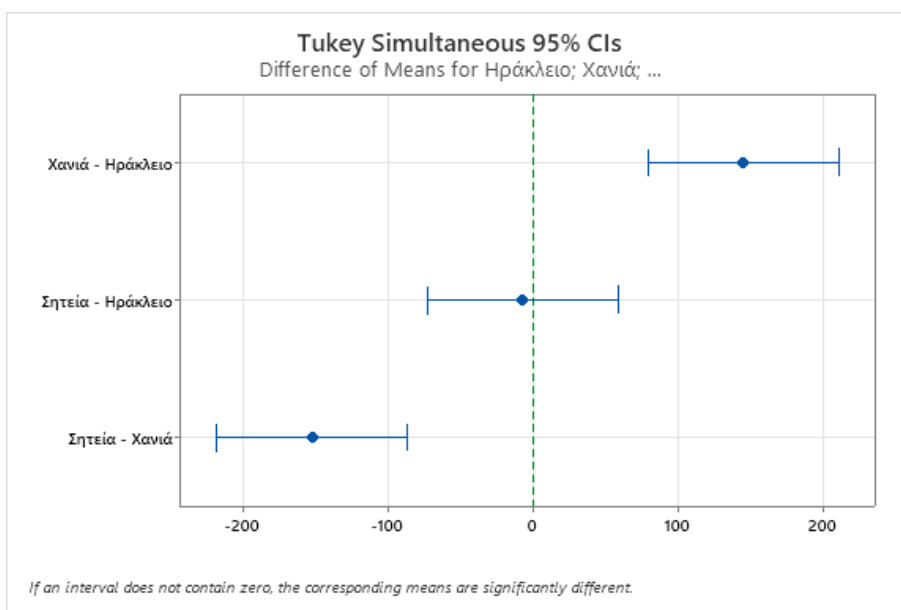
Πίνακας 5.7: Αποτελέσματα τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Tukey

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Βροχόπτωση Χ - Βροχόπτωση Η	145,1	27,9	(79,2; 210,9)	5,20	0,000
Βροχόπτωση Σ - Βροχόπτωση Η	-6,7	27,9	(-72,5; 59,2)	-0,24	0,969
Βροχόπτωση Σ - Βροχόπτωση Χ	-151,7	27,9	(-217,6; -85,9)	-5,44	0,000

Individual confidence level = 98,07%

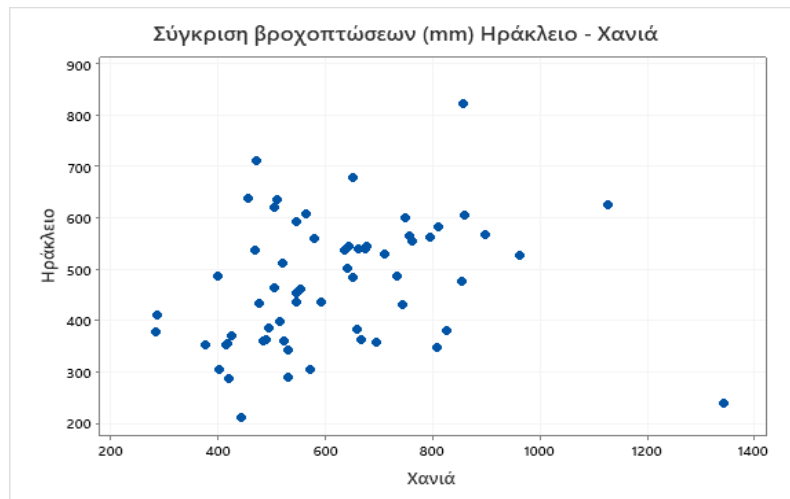
Τα αποτελέσματα είναι φανερά και στο επόμενο διάγραμμα (Διάγραμμα 5.12), όπου δίνει τις διαφορές των μέσων ποσοτήτων βροχόπτωσης ανάμεσα στις πόλεις. Όποιο διάστημα τέμνει το μηδέν (0) σημαίνει ότι οι ποσότητες βροχόπτωσης των αντίστοιχων πόλεων δεν διαφέρουν σημαντικά στατιστικά.



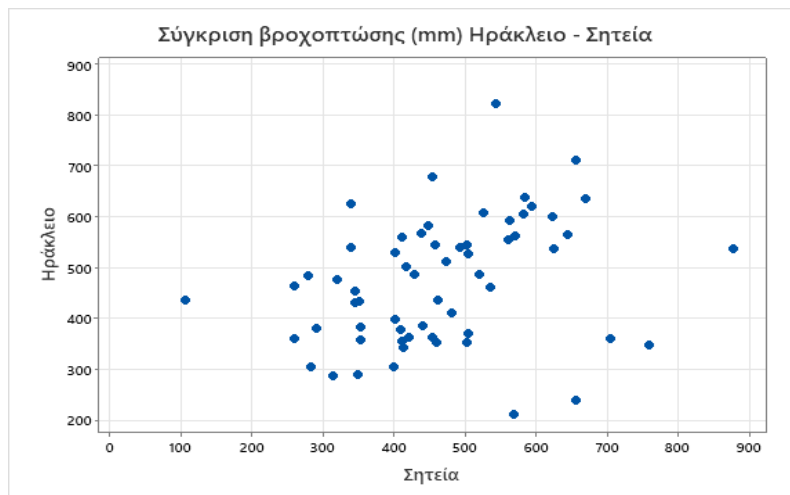
Διάγραμμα 5.12: Τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey

Στη συνέχεια δίνονται οι συσχετίσεις (απλή γραμμική παλινδρόμηση) των ποσοτήτων βροχόπτωσης, ανά δύο, των πόλεων του ενδιαφέροντός μας.

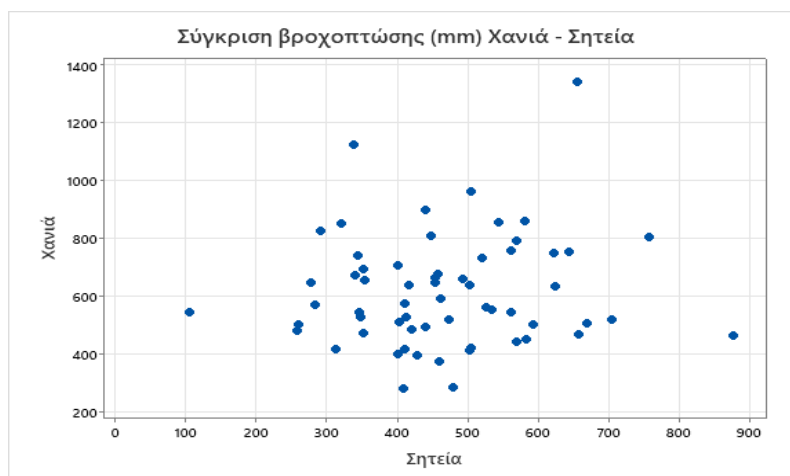
Αρχικά, δίνονται τα διαγράμματα διασποράς ανά δύο πόλεις, Ηράκλειο – Χανιά, Ηράκλειο – Σητεία και Χανιά – Σητεία (Διάγραμμα 5.13 – 5.15). Από τα διαγράμματα είναι φανερή μία ασθενής, θετική συσχέτιση της βροχόπτωσης ανάμεσα στο Ηράκλειο και τα Χανιά. Επίσης είναι φανερή μία λιγότερο ασθενής, θετική συσχέτιση στο Ηράκλειο και τη Σητεία.



Διάγραμμα 5.13: Διάγραμμα διασποράς βροχοπτώσεων για Ηράκλειο - Χανιά



Διάγραμμα 5.14: Διάγραμμα διασποράς βροχοπτώσεων για Ηράκλειο - Σητεία



Διάγραμμα 5.15: Διάγραμμα διασποράς βροχοπτώσεων για Χανιά - Σητεία

Συσχετίσεις ποσοτήτων βροχόπτωσης ανά δύο πόλεις:

- **Ηράκλειο – Χανιά**

Η εξίσωση της ευθείας παλινδρόμησης σε αυτή την περίπτωση είναι:

Regression Equation

$$\text{Βροχόπτωση Ηράκλειο} = 375,2 + 0,1575 \text{ Βροχόπτωση Χανιά}$$

Πίνακας 5.8: Συντελεστής προσδιορισμού για Ηράκλειο - Χανιά

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
120,932	6,03%	4,44%	0,00%

Ο συντελεστής προσδιορισμού (R-sq) ανάμεσα σε Ηράκλειο και Χανιά είναι 6,03%

- **Ηράκλειο – Σητεία**

Η εξίσωση της ευθείας παλινδρόμησης σε αυτή την περίπτωση είναι:

Regression Equation

$$\text{Βροχόπτωση Σητεία} = 312,2 + 0,325 \text{ Βροχόπτωση Ηράκλειο}$$

Πίνακας 5.9: Συντελεστής προσδιορισμού για Ηράκλειο – Σητεία

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
131,624	8,67%	7,13%	2,31%

Με συντελεστή προσδιορισμού (R-sq) για Ηράκλειο και Σητεία 8,67%.

- **Σητεία - Χανιά**

Η εξίσωση της ευθείας παλινδρόμησης σε αυτή την περίπτωση είναι:

Regression Equation

$$\text{Βροχόπτωση Σητεία} = 424,1 + 0,0677 \text{ Βροχόπτωση Χανιά}$$

Πίνακας 5.10: Συντελεστής προσδιορισμού για Χανιά – Σητεία

Model Summary

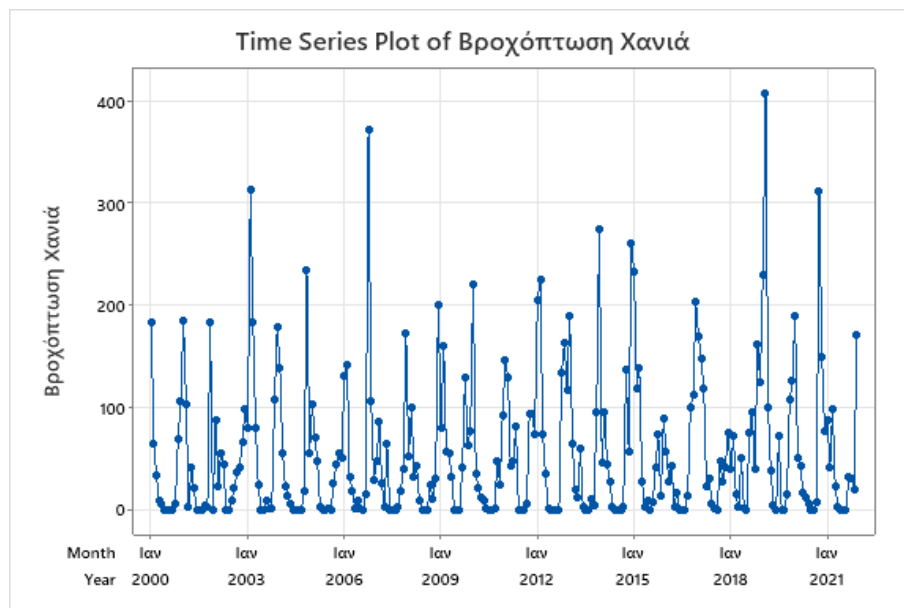
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
137,102	0,91%	0,00%	0,00%

Ο συντελεστής προσδιορισμού (R-sq) ανάμεσα σε Χανιά και Σητεία είναι 0,91%.

Είναι ξεκάθαρο ότι γενικά δεν υπάρχουν ιδιαίτερα σημαντικές συσχετίσεις, καθώς οι τιμές του R-sq είναι μικρές. Η μεγαλύτερη συσχέτιση μεταξύ των πόλεων, υπάρχει ανάμεσα σε Ηράκλειο και Σητεία με ποσοστό 8,67%, το οποίο αν και μικρό ποσοστό, συγκριτικά με τις άλλες πόλεις δείχνει ότι σχετικά μοιάζουν περισσότερο, το παραπάνω επιβεβαιώνεται και από το Διάγραμμα 5.14. Ο δεύτερος συνδυασμός με τον καλύτερο συντελεστή συσχέτισης, είναι του ζεύγους Ηράκλειο – Χανιά, με ποσοστό 6,03%, ενώ η ασθενέστερη συσχέτιση είναι αυτή των Χανίων με της Σητείας με 0,91% συντελεστή συσχέτισης, όπου φανερώνει πως δεν υπάρχει σχεδόν καμία ομοιότητα ανάμεσα στις βροχοπτώσεις των πόλεων αυτών.

5.3 Σύγκριση Βροχόπτωσης – Θερμοκρασίας – Ηλιοφάνειας στα Χανιά

Προκειμένου να εξεταστεί αν υφίσταται αύξηση της έντασης των περιστατικών / ποσοτήτων της βροχόπτωσης, θα εξεταστούν δεδομένα για την πόλη των Χανίων. Επιλέχθηκαν τα Χανιά γιατί είναι η πόλη που δέχεται τις μεγαλύτερες ποσότητες βροχόπτωσης στο νησί. Τα δεδομένα που θα εξεταστούν αφορούν μηνιαίες μετρήσεις για τη περίοδο ετών 2000 – 2021. Η χρονοσειρά των μηνιαίων ποσοτήτων βροχόπτωσης, στην περιοχή της Σούδας, φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 5.16).



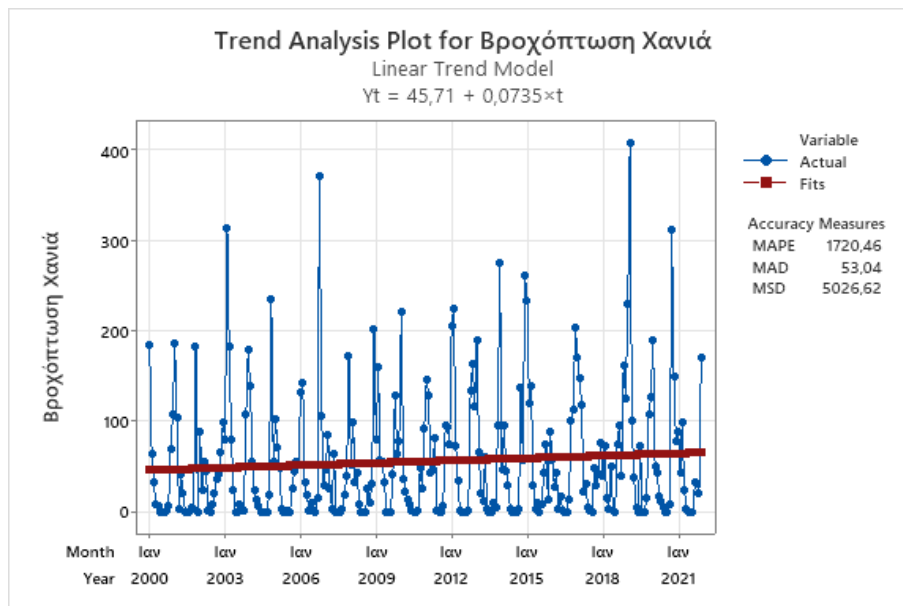
Διάγραμμα 5.16: Χρονοσειρά βροχόπτωσης στην περιοχή της Σούδας/Χανιά (2000 - 2021)

Από το Διάγραμμα 5.16 γίνονται οι παρακάτω παρατηρήσεις:

- Κατά τους χειμερινούς μήνες, υπάρχει μία αυξητική τάση των ποσοτήτων βροχόπτωσης, από το 2008 και έπειτα (με εξαίρεση τα έτη 2016 και 2018).
- Αυξημένες ποσότητες βροχόπτωσης, κατά τους χειμερινούς μήνες, τα τελευταία 3 χρόνια.

Τα φαινόμενα αυτά είναι ίσως ένδειξη (μάλλον ασθενής) της κλιματικής αλλαγής.

Προσαρμόζοντας μια ευθεία τάσης στα δεδομένα, προκύπτει το διάγραμμα που ακολουθεί (Διάγραμμα 5.17).

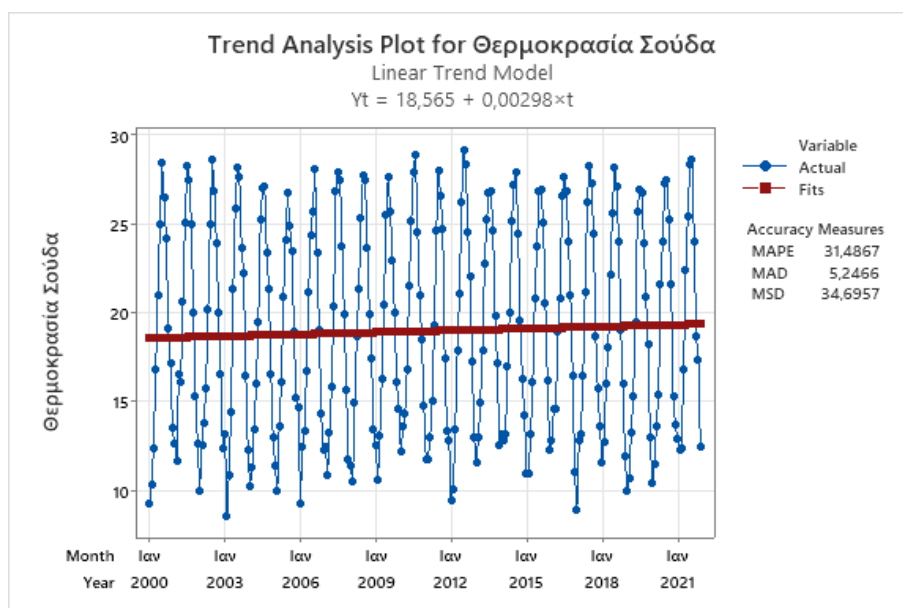


Διάγραμμα 5.17: Χρονοσειρά βροχόπτωσης και γραμμή τάση στην περιοχή της Σούδας/Χανιά (2000-2021)

Από το Διάγραμμα 5.17 μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η μέση μηνιαία αύξηση της ποσότητας της βροχής είναι 0,0735 mm. Αυτό σημαίνει ότι, κατά τη διάρκεια των 22 ετών 2000 - 2021, που εξετάζουμε, υπάρχει μία (μέση) συνολική αύξηση της βροχόπτωσης κατά 19 χιλιοστά (αύξηση μάλλον όχι ιδιαίτερα σημαντική).

α) Συσχέτιση Βροχόπτωσης – Θερμοκρασίας

Στη συνέχεια θα γίνει προσπάθεια να συσχετιστούν, τα μηνιαία ποσά βροχόπτωσης στην περιοχή των Χανίων, με την αντίστοιχη μέση μηνιαία θερμοκρασία της περιοχής.



Διάγραμμα 5.18: Χρονοδιάγραμμα θερμοκρασίας στην περιοχή Σούδας/Χανιά (2000-2021)

Από το χρονοδιάγραμμα της θερμοκρασίας, στη περιοχή των Χανίων, παρατηρείτε ότι πρόκειται για μία περιοδική χρονοσειρά (με περίοδο 12) και μικρή ανοδική τάση.

Στη συνέχεια ακολουθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη γραμμική παλινδρόμηση για τη παράμετρο της θερμοκρασίας στη περιοχή των Χανίων.

Πίνακας 5.11: Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης βροχόπτωσης – θερμοκρασίας (Χανιά)

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	195,1	11,7	16,64	0,000	
Θερμοκρασία Σούδα	-7,365	0,590	-12,48	0,000	1,00

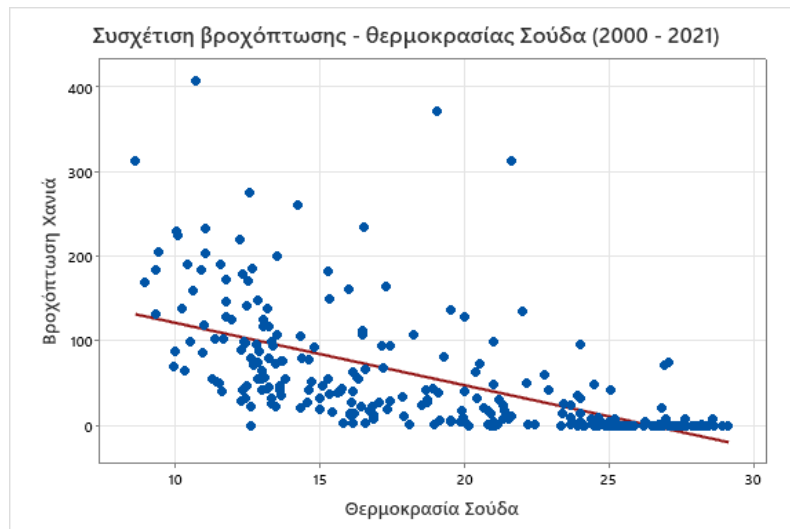
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
56,5435	37,27%	37,03%	36,34%

Analysis of Variance

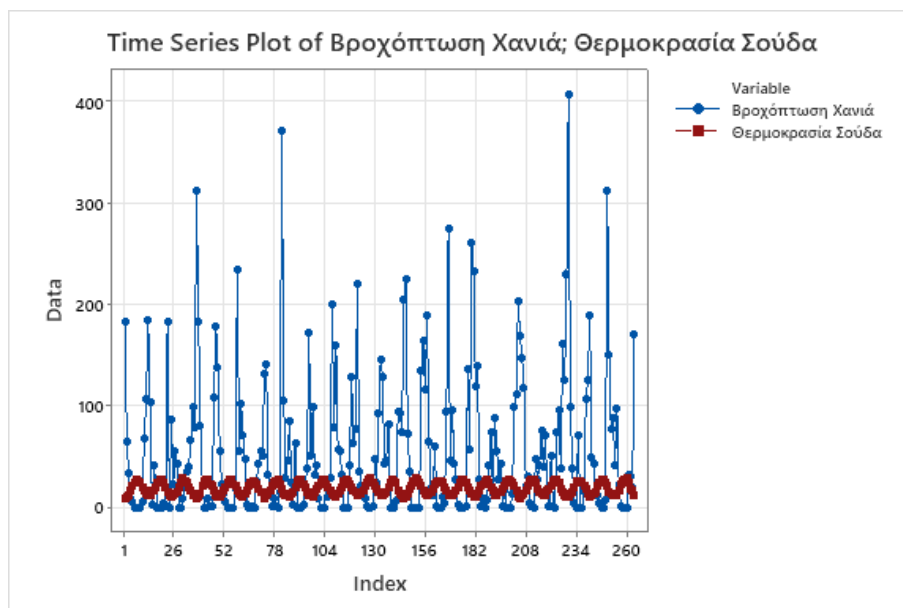
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	497647	497647	155,65	0,000
Θερμοκρασία Σούδα	1	497647	497647	155,65	0,000
Error	262	837658	3197		
Lack-of-Fit	240	777795	3241	1,19	0,326
Pure Error	22	59864	2721		
Total	263	1335305			

Από τους παραπάνω πίνακες διαπιστώνεται ότι υπάρχει μία (στατιστικά σημαντική) μέτρια προς ισχυρή αρνητική συσχέτιση (όπως αναμενόταν) ανάμεσα στη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση στη Σούδα/Χανιά. Αφού ο συντελεστής προσδιορισμού είναι 37,27%, οπότε ο συντελεστής συσχέτισης είναι 0,61. Τα αποτελέσματα αυτά είναι ορατά και στο παρακάτω διάγραμμα διασποράς Διάγραμμα 5.19.



Διάγραμμα 5.19: Διάγραμμα διασποράς ηλιοφάνειας - βροχόπτωσης

Στη συνέχεια δίνεται το χρονοδιάγραμμα της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας συνάρτηση των 20 ετών (2000 – 2021) (Διάγραμμα 5.20). Στο κάθετο άξονα βρίσκεται σε κάθε περίπτωση η ανάλογη παράμετρος ενώ στον οριζόντιο άξονα ο χρόνος, με κάθε αριθμό από το 1 έως το 264 να αντιστοιχεί σε κάθε μήνα της περιόδου που μελετάται.



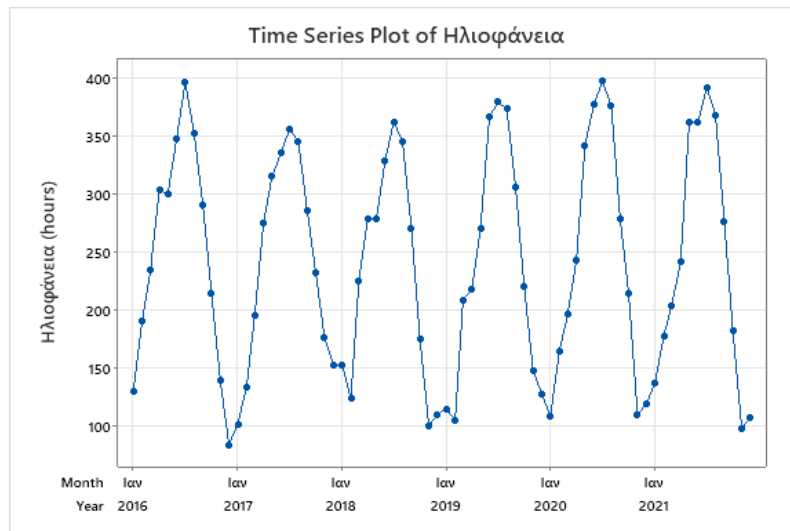
Διάγραμμα 5.20: Χρονοδιάγραμμα θερμοκρασίας - βροχόπτωσης

Από το προηγούμενο διάγραμμα (ταυτόχρονη αναπαράσταση των χρονοσειρών της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας βλέπουμε ότι, ενώ η θερμοκρασία είναι μία σχετικά στάσιμη χρονοσειρά (ίδιο μοτίβο κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων), οι ποσότητες της βροχής είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Δηλαδή έχουμε, ίδια περίπου μέση μηνιαία θερμοκρασία, αλλά με πολύ μεγαλύτερη μηνιαία ποσότητα βροχόπτωσης, ενδεικτικό ίσως της μεγαλύτερης έντασης των φαινομένων.

b) Συσχέτιση Βροχόπτωσης – Ηλιοφάνειας

Σε ότι ακολουθεί, εξετάστηκε τυχόν σχέση ανάμεσα στην ηλιοφάνεια της περιοχής και τη μηνιαία ποσότητα βροχόπτωσης. Τα αποτελέσματα φαίνονται σε μία σειρά από πίνακες και διαγράμματα που ακολουθούν. Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιήθηκαν μηνιαία δεδομένα της περιοχής για τα έτη 2016 – 2021.

Στο Διάγραμμα 5.21 απεικονίζονται οι ώρες ηλιοφάνειας στη περιοχή της Σούδας στα Χανιά για τη περίοδο Ιανουάριος 2016 έως Δεκέμβριος 2021.



Διάγραμμα 5.21: Χρονοδιάγραμμα μηνιαίας ηλιοφάνειας Σούδα (2016-2021)

Από το χρονοδιάγραμμα (Διάγραμμα 5.21) διαπιστώνουμε ότι, η μηνιαία ηλιοφάνεια στην περιοχή της Σούδας/Χανιά είναι μία περιοδική χρονοσειρά (με περίοδο 12). Η μορφή/μοτίβο που παρουσιάζει είναι μάλλον σταθερή, με μικρή αυξητική τάση κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων.

Στη συνέχεια (Πίνακας 5.12) παρατίθενται τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης που προέκυψαν για τα δεδομένα ηλιοφάνειας και βροχόπτωσης. Ενώ παρακάτω, στο Διάγραμμα 5.22, φαίνεται το διάγραμμα διασποράς για την ηλιοφάνεια – βροχόπτωση για τη Σούδα.

Πίνακας 5.12: Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης ηλιοφάνειας – βροχόπτωσης (Χανιά)

Coefficients

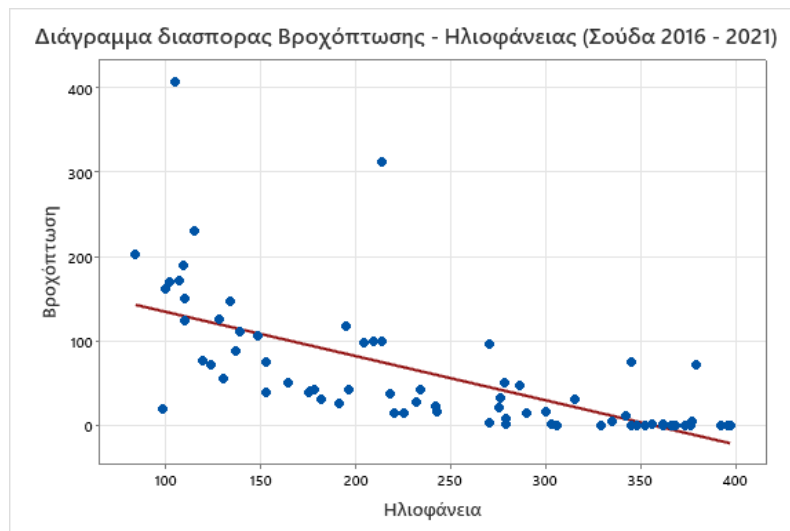
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	187,2	18,6	10,05	0,000	
Ηλιοφάνεια	-0,5240	0,0719	-7,28	0,000	1,00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
58,7938	43,11%	42,30%	39,52%

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	183358	183358	53,04	0,000
Ηλιοφάνεια	1	183358	183358	53,04	0,000
Error	70	241970	3457		
Lack-of-Fit	62	211472	3411	0,89	0,636
Pure Error	8	30498	3812		
Total	71	425328			

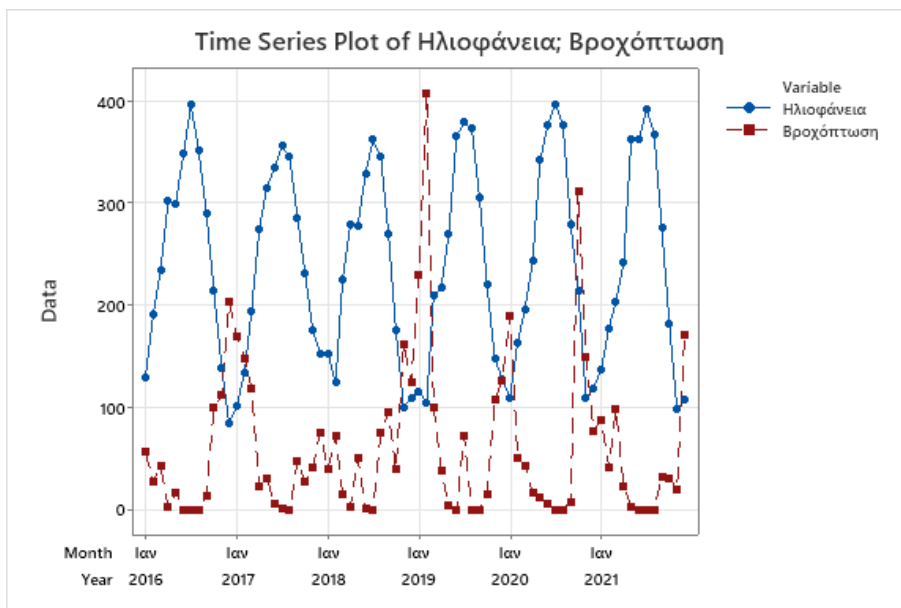


Διάγραμμα 5.22: Διάγραμμα διασποράς ηλιοφάνειας - βροχόπτωσης Σούδα/ Χανιά

Από τους παραπάνω πίνακες και το διάγραμμα διασποράς των παραμέτρων, διαπιστώνεται ότι υπάρχει μία (στατιστικά σημαντική) μέτρια προς ισχυρή αρνητική συσχέτιση (όπως αναμενόταν) ανάμεσα στην ηλιοφάνεια και τη βροχόπτωση στη Σούδα/Χανιά, αφού ο συντελεστής προσδιορισμού είναι 43,11% και άρα ο συντελεστής συσχέτισης είναι 0,65. Δηλαδή όταν αυξάνονται οι ώρες ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια ενός μήνα, μειώνεται μάλλον η ποσότητα της βροχόπτωσης. Επειδή η σχέση αυτή δεν είναι αρκετά ισχυρή είναι ίσως δείγμα της αύξησης της έντασης της βροχόπτωσης.

Το αποτέλεσμα αυτό είναι ορατό και από το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 5.23) όπου πρόκειται για ταυτόχρονη αναπαράσταση των χρονοσειρών της βροχόπτωσης και της ηλιοφάνειας. Ενώ η ηλιοφάνεια είναι μία σχετικά στάσιμη χρονοσειρά, δηλαδή ίδιο μοτίβο κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων, οι ποσότητες της βροχής είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Δηλαδή, περίπου ίδιος

αριθμός ημερών βροχής, αλλά με πολύ μεγαλύτερη μηνιαία ποσότητα, ενδεικτικό ίσως της μεγαλύτερης έντασης των φαινομένων.



Διάγραμμα 5.23: Χρονοδιάγραμμα ηλιοφάνειας - βροχόπτωσης Σούδα/ Χανιά

5.4 Σύγκριση βροχόπτωσης Χανιά – Τυμπάκι

Σε αυτό το σημείο θα γίνει προσπάθεια να διαπιστωθεί εάν υπάρχει σημαντική διαφορά στις ποσότητες βροχόπτωσης, μεταξύ Βορείων και Νοτίων παραλίων της Κρήτης. Για τα Βόρεια παράλια επιλέχθηκε η περιοχή των Χανίων όπου είναι η πόλη της Κρήτης με τα μεγαλύτερα ποσά βροχόπτωσης, ενώ για Νότια παράλια εξετάζεται το Τυμπάκι, όπου πρόκειται για κωμόπολη στη περιφερειακή ενότητα Ηρακλείου. Για το λόγο αυτό, εξετάστηκαν οι ποσότητες βροχόπτωσης και η συσχέτισή τους μεταξύ των Χανίων και του Τυμπακίου, για το χρονικό διάστημα από τον Απρίλιο του 2017 έως και τον Φεβρουάριο του 2020 (4/2017 – 2/2020).

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας 5.13 που δείχνει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη γραμμική παλινδρόμηση των βροχοπτώσεων σε Χανιά και Τυμπάκι.

Πίνακας 5.13: Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης βροχόπτωσης Χανιά – Τυμπάκι

Regression Equation

Χανιά = 7,12 + 1,717 Τυμπάκι

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	7,12	9,01	0,79	0,435	
Τυμπάκι	1,717	0,169	10,18	0,000	1,00

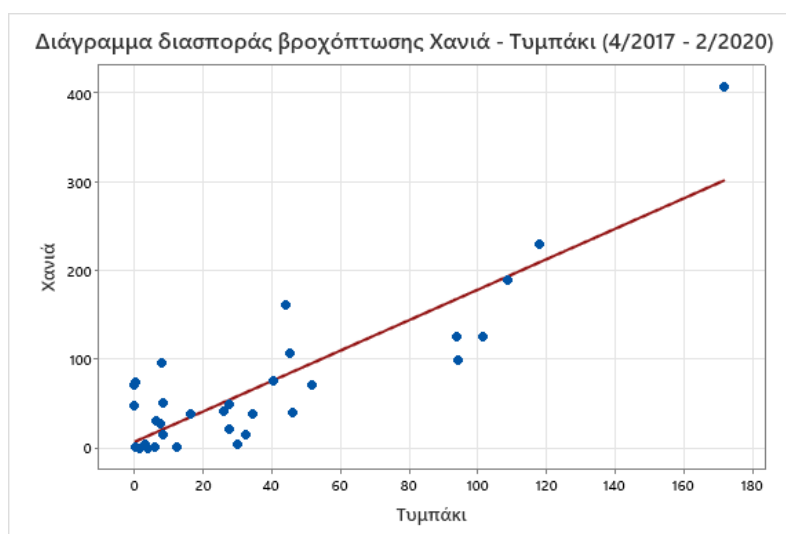
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
41,4069	75,84%	75,11%	67,39%

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	177595	177595	103,58	0,000
Τυμπάκι	1	177595	177595	103,58	0,000
Error	33	56579	1715		
Lack-of-Fit	29	52299	1803	1,69	0,330
Pure Error	4	4280	1070		
Total	34	234174			

Από το παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στα ποσά βροχόπτωσης που δέχονται τα Χανιά και το Τυμπάκι, με συντελεστής προσδιορισμού 75,84%, οπότε συντελεστής συσχέτισης 0,87. Αυτό σημαίνει ότι, όταν αυξάνονται τα ποσά βροχόπτωσης στα Χανιά αυξάνονται και στο Τυμπάκι. Το αποτέλεσμα είναι φανερό και από το παρακάτω διάγραμμα διασποράς.

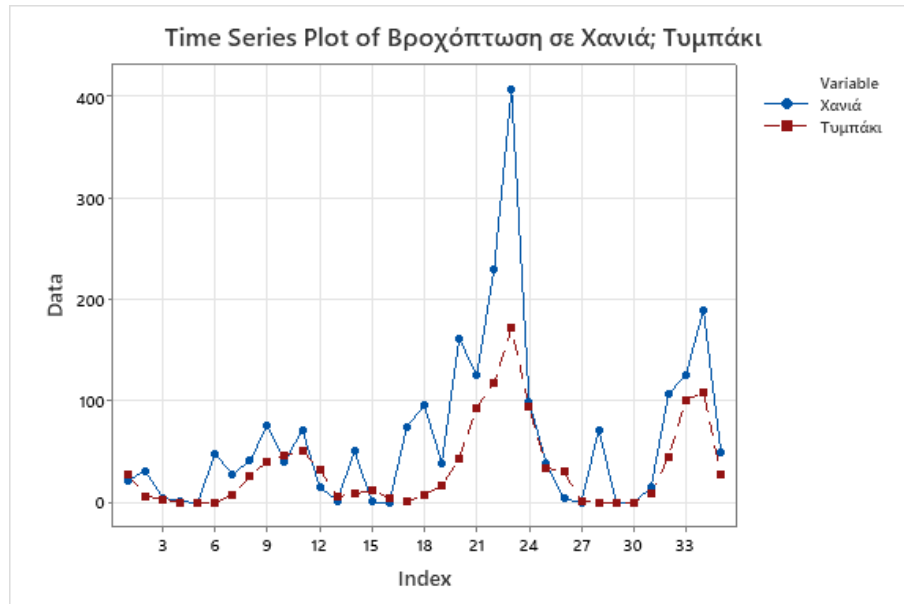


Διάγραμμα 5.24: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης Χανιά - Τυμπάκι

Τέλος, από το διάγραμμα που ακολουθεί, (ταυτόχρονο) χρονοδιάγραμμα των ποσοτήτων βροχόπτωσης στα Χανιά και στο Τυμπάκι, μπορεί να παρατηρηθεί ότι:

- Χανιά και Τυμπάκι ακολουθούν – περίπου – το ίδιο μοτίβο βροχόπτωσης.
- Οι ποσότητες βροχόπτωσης στο Τυμπάκι είναι σημαντικά μικρότερες από αυτές στα Χανιά.

Από την εξίσωση της ευθείας παλινδρόμησης, συμπεραίνεται ότι για κάθε αύξηση της βροχόπτωσης στο Τυμπάκι κατά 1mm, η αντίστοιχη αύξηση στα Χανιά είναι 1,7mm , δηλαδή κατά μέσο όρο 70% περισσότερη βροχόπτωση στα Χανιά.



Διάγραμμα 5.25: Χρονοδιάγραμμα βροχόπτωσης Χανιά - Τυμπάκι

5.5 Πρόβλεψη ποσοτήτων βροχόπτωσης Χανιά

Σε αυτό το υπό - κεφάλαιο θα γίνει προσπάθεια πρόβλεψης των ποσοτήτων βροχόπτωσης για τη περιοχή των Χανίων, για τα επόμενα 3 χρόνια. Οι προβλέψεις θα γίνουν με χρήση του Minitab και με τη βοήθεια της μεθόδου της διάσπασης χρονοσειρών.

Στη συνέχεια, ακολουθεί ο πίνακας με τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τη τάση της βροχόπτωσης και εποχιακοί δείκτες.

Πίνακας 5.14: Αποτελέσματα τάσης βροχόπτωσης Χανιά, εποχιακοί δείκτες

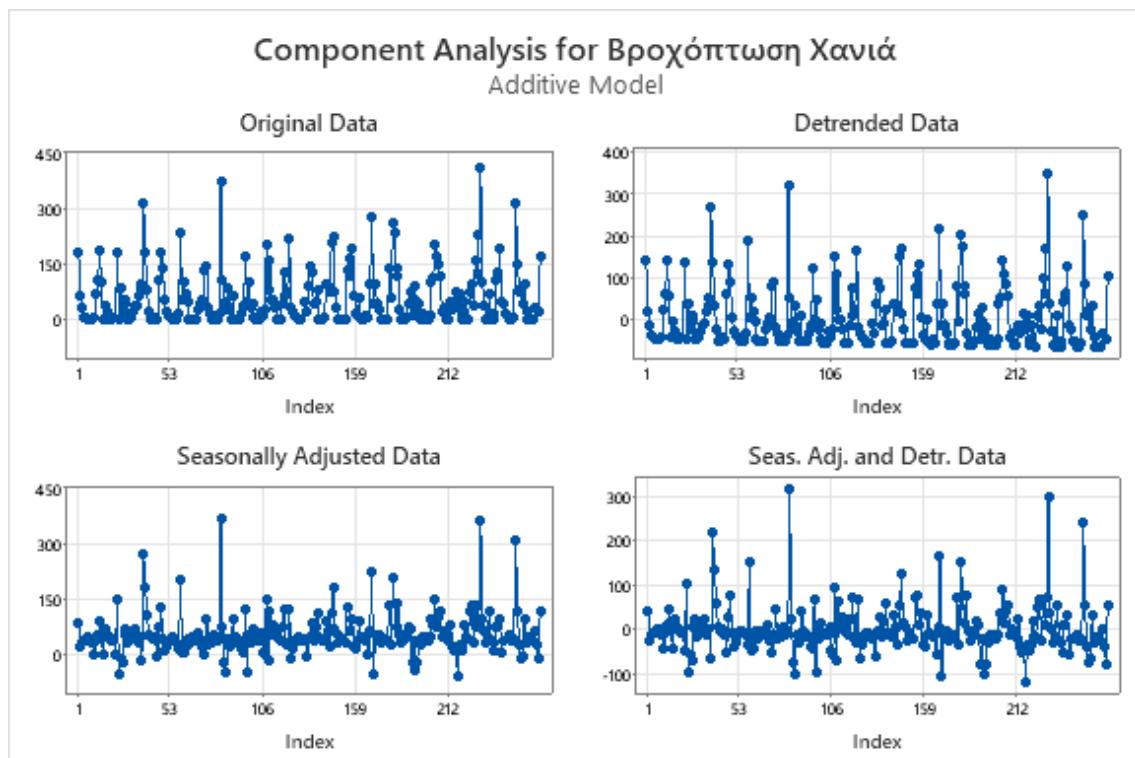
Fitted Trend Equation

$$Y_t = 45,08 + 0,0782 \times t$$

Seasonal Indices

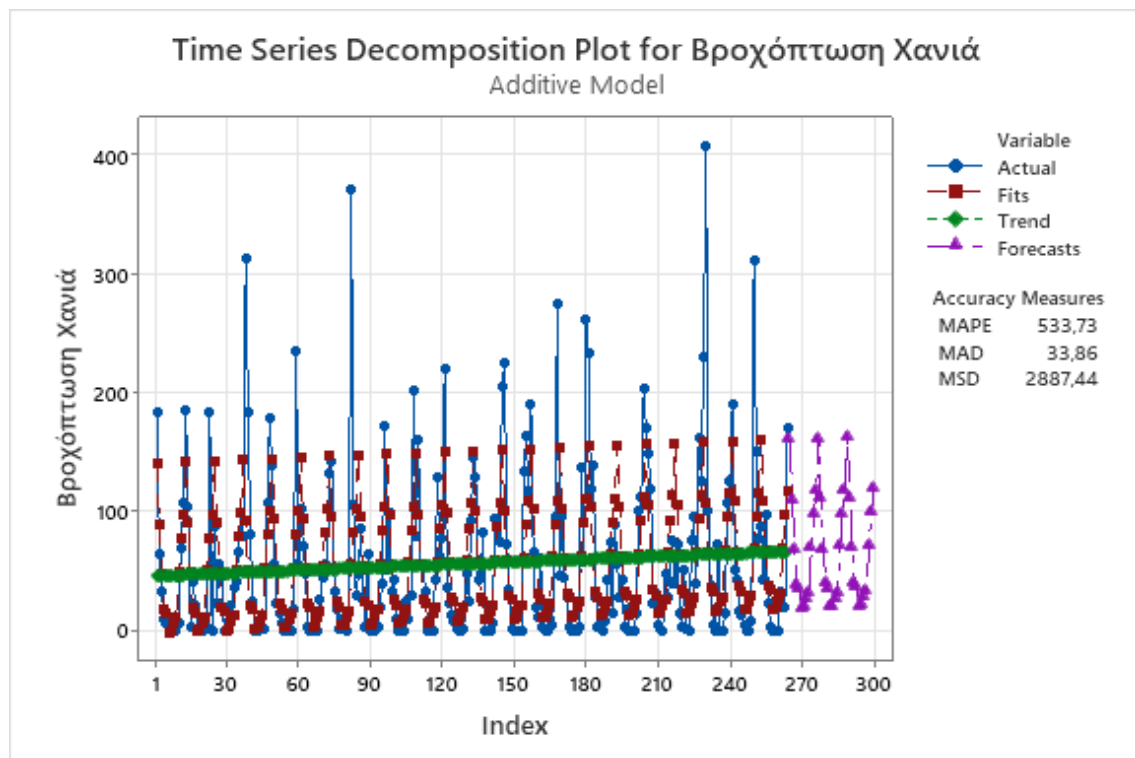
Period	Index
1	95,4476
2	44,2101
3	2,0934
4	-27,3358
5	-31,4066

6	-47,3566
7	-46,1649
8	-40,0816
9	-35,2858
10	3,6767
11	31,1351
12	51,0684



Διάγραμμα 5.26: Διάσπαση χρονοσειράς βροχόπτωσης (Χανιά)

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 5.27), παριστάνεται η χρονοσειρά των δεδομένων βροχόπτωσης καθώς και η χρονοσειρά πρόβλεψης (Forecasts) για τα επόμενα 3 έτη, με τη βοήθεια της διάσπασης χρονοσειράς. Αυτό που γίνεται φανερό από το διάγραμμα είναι ότι υπάρχει μία αυξητική τάση της βροχόπτωσης



Διάγραμμα 5.27: Χρονοσειράς βροχόπτωσης και προβλέψεις (Χανιά)

6. Συζήτηση – Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία, ασχολείται με την ανάλυση χρονοσειρών βροχόπτωσης τριών πόλεων – περιοχών, Χανιά, Ηράκλειο και Σητεία, στη βόρεια πλευρά του νησιού. Γενικά το κρητικό έδαφος μπορεί να χαρακτηριστεί από την έντονη ποικιλομορφία που διαθέτει, καθώς επίσης και από τις κλιματικές διαφοροποιήσεις που επικρατούν κατά μήκος αλλά και κατά πλάτος του νησιού.

Η ανάλυση χρονοσειρών βροχόπτωσης για τις τρεις πόλεις έγινε για 61 έτη από 1958 – 2018. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι παρουσιάζονται μερικές ελλείψεις στα βροχομετρικά δεδομένα ορισμένων ετών, για τη χρονοσειρά της Σητείας. Για τον λόγο αυτό έγινε συμπλήρωση των ελλειπόν στοιχείων, πιθανών όμως αυτό, να δημιουργήσει κάποιο σφάλμα στα αποτελέσματα που προκύπτουν στη συνέχεια. Οι ελλείψεις αυτές οφείλονται στο ότι δεν παρέχονται από όλους τους φορείς ιστορικά μετεωρολογικά, ενδεικτικά για την Σητεία το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών παρέχει δεδομένα από τον Ιούλιο του 2015.

Η ανάλυση των δεδομένων ξεκίνησε για κάθε πόλη με τα περιγραφικά στατιστικά. Από αυτά λοιπόν προέκυψε οι παρακάτω πίνακες (Πίνακας 6.1 – 6.2), οι οποίοι μπορούν να δείξουν συγκεντρωτικά αποτελέσματα που προέκυψαν και να γίνουν πιο άμεσα οι παρατηρήσεις.

Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας για τις τρεις πόλεις για μέσα, μέγιστα και ελάχιστα ποσά βροχόπτωσης

Πόλη	Βροχόπτωση (mm)			
	Μέση	Διάμεσος	Μέγιστη	Ελάχιστη
Ηράκλειο	472,5	476,3	822,5	212,1
Χανιά	617,6	571,4	1342,7	283,4
Σητεία	465,9	454	876,5	105,3

Πίνακας 6.2: Συγκεντρωτικός πίνακας για τις τρεις πόλεις για τους συντελεστές λοξότητας και κυρτότητας

Πόλη	Συντελεστής λοξότητας (skewness)	Συντελεστής κυρτότητας (kurtosis)
Ηράκλειο	0,22	-0,17
Χανιά	1,16	2,49
Σητεία	0,33	0,72

Αρχικά παρατηρείται ότι η διάμεσος και η μέση τιμή έχουν αρκετά κοντινές τιμές οπότε συμπεραίνουμε ότι η κατανομή της βροχόπτωσης είναι συμμετρική (κανονική κατανομή) και στις τρεις περιπτώσεις. το οποίο μπορεί να παρατηρηθεί και από τους συντελεστές της λοξότητας (skewness) και κυρτότητας (kurtosis). Τα παραπάνω μπορούν να φανούν και στα διαγράμματα 5.1, 5.2 - 5.4, 5.5 και 5.7, 5.8 για Ηράκλειο, Χανιά και Σητεία αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα:

- Για το Ηράκλειο: Μπορεί κανείς να προσέξει ότι στα ποσά βροχόπτωσης δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα ακραίες τιμές, με τη μέγιστη τιμή της η βροχόπτωση περίπου να διπλασιάζεται συγκριτικά με τη μέση ποσότητα ενώ για την ελάχιστη σχεδόν να υποδιπλασιάζεται. Η τιμή της λοξότητας είναι 0,22, τιμή αρκετά κοντά στο μηδέν που δείχνει συμμετρική κατανομή χωρίς ιδιαίτερα ακραίες τιμές, ενώ η τιμή της κυρτότητας είναι -0,17 όπου δείχνει μία ελαφρά λοξή δεξιά και ελαφρώς πλατύκυρτη καμπύλη.

Από το διάγραμμα 5.3, για το Ηράκλειο, μπορεί να παρατηρηθεί ότι υπάρχει μία πτωτική τάση στο ύψος της βροχόπτωσης τις τελευταίες δεκαετίες (με μερικές μικρές εξαιρέσεις). Ακόμη, είναι φανερό μία πιο συχνή ένταση (αυξημένη βροχόπτωση) τα τελευταία 5 χρόνια (ποσότητα βροχόπτωσης πάνω από 600 mm). Δηλαδή, αν και δεν είναι έντονα ορατό, αρχίζουν ίσως να εμφανίζονται γεγονότα ανάλογα εκείνων της κλιματικής αλλαγής (μείωση βροχόπτωσης, αύξηση της έντασης).

Με την προσαρμογή της ευθείας παλινδρόμησης που έγινε στη παράγραφο 5.1 για το Ηράκλειο, προκύπτει ότι για κάθε χρόνο θα υπάρξει μείωση στο μέσο ύψος βροχόπτωσης. Η μείωση αυτή πρόκειται να είναι 1,839 χιλιοστά, αν και όχι αξιοσημείωτη μείωση, όμως ίσως σημαντική για τα προβλήματα που τελικά μπορεί να δημιουργηθούν στα μετέπειτα χρόνια.

- Για τα Χανιά: Στη περίπτωση των Χανίων είναι φανερό πως η διακύμανση τιμών είναι σχεδόν ανάλογη με αυτή του Ηρακλείου, αφού η μέση τιμή βροχόπτωσης περίπου διπλασιάζεται (ελαφρώς παραπάνω) και η ελάχιστη ποσότητα βροχόπτωσης σχεδόν υποδιπλασιάζεται. Από τα παραπάνω μπορούμε να καταλάβουμε την ύπαρξη κάποιων ακραίων τιμών, όπως αυτές του 2017 και 2018. Η τιμή της λοξότητας είναι 1,16, τιμή κοντινή του μηδενός, που δείχνει σχεδόν συμμετρική κατανομή, ενώ η τιμή της κυρτότητας είναι 2,49 όπου δείχνει ελαφρώς λοξή δεξιά και λεπτόκυρτη καμπύλη.

Στο διάγραμμα 5.6 παρατηρείται ότι στη περιοχή επικρατούν εντονότερες βροχοπτώσεις (με αρκετές περιπτώσεις η βροχόπτωση να είναι περισσότερα από 600 mm). Ακόμη, παρατηρείται ότι υπάρχει σχετικά πτωτική τάση στο ύψος της βροχόπτωσης της πέμπτης δεκαετίας. Επίσης φαίνεται ότι εντός της τελευταίας δεκαετίας (2008 – 2018), οι δύο τελευταίες της χρονιές είχαν ακραία φαινόμενα βροχοπτώσεων, με περισσότερα από 1000 mm βροχόπτωσης, ενώ εντός της ίδιας δεκαετίας παρατηρείται και μία από τις δύο συνολικά περιπτώσεις, όπου η περιοχή είχε τη λιγότερη βροχόπτωση (λιγότερα από 300 χιλιοστά). Γενικότερα, τα προηγούμενα έτη της ίδιας δεκαετίας αλλά και τα έτη 1958 έως περίπου τα μέσα της δεκαετίας 1978 – 1988, τα χιλιοστά βροχόπτωσης παρατηρείται ότι βρίσκονται σε παρόμοια πλαίσια. Τα ακραία αυτά φαινόμενα της δεκαετίας 2008 – 2018, που αναφέρθηκαν θυμίζουν ίσως αρκετά τη συμπεριφορά φαινομένων της κλιματικής αλλαγής (ξηρασία – με έντονες βροχοπτώσεις).

Από την ευθεία παλινδρόμησης που κατασκευάστηκε προέκυψε το αποτέλεσμα πως η βροχόπτωση για τα επόμενα χρόνια ελαφρώς θα αυξηθεί. Το αποτέλεσμα αυτό είναι το αναμενόμενο αφού αυτό παρατηρείτε και από το διάγραμμα 5.6, όπου προσαρμόζοντας τη γραμμή τάσης δείχνει ανοδική τάση. Από την εξίσωση προκύπτει πως η αύξηση θα είναι κατά περίπου 0,62 χιλιοστά ανά έτος.

- Για τη Σητεία: Για τη Σητεία μπορούμε να κάνουμε την παρατήρηση ότι και σε αυτή τη περίπτωση οι αναλογίες των τιμών είναι παρόμοιες με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Παρατηρείται ότι η μέγιστη ποσότητα βροχόπτωσης είναι (ελαφρώς) περισσότερη από το διπλάσιο της μέσης τιμής και η ποσότητα της ελάχιστης βροχόπτωσης είναι αρκετά λιγότερη από την υποδιπλασιασμένη μέση τιμή της. Η τιμή της λοξότητας είναι 0,33, τιμή αρκετά κοντά στο μηδέν που δείχνει συμμετρική κατανομή χωρίς ιδιαίτερα ακραίες τιμές, ενώ η τιμή της κυρτότητας είναι 0,72 όπου δείχνει μία ελάχιστα λοξή δεξιά και ελαφρώς λεπτόκυρτη καμπύλη.

Από το χρονοδιάγραμμα της Σητείας, μπορεί να παρατηρηθεί ότι μέχρι το 1985 δεν υπάρχουν ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις στο μοτίβο που ακολουθούν οι βροχοπτώσεις. Την επόμενη όμως χρονιά (1986) παρατηρείται ένα ακραίο φαινόμενο μέγιστης βροχόπτωσης με 876,5 χιλιοστά βροχής (τιμή μεγαλύτερη από αυτή της μέγιστης βροχόπτωσης στο Ηράκλειο). Για τις δεκαετίες που ακολουθούν μπορούμε να παρατηρήσουμε μια πτωτική τάση της βροχόπτωσης στην περιοχή, ενώ αξίζει να σημειωθεί η υπάρξει έντονης ξηρασίας το 2004, αφού τα συνολικά χιλιοστά βροχής που έπεσαν στη περιοχή ήταν μόλις 105,3. Τέλος, μπορεί να παρατηρηθεί πως τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια ελαφριά αύξηση της βροχόπτωσης, όπου τείνει να προσεγγίσει το μοτίβο που είχε η χρονοσειρά στις πρώτες δεκαετίες που καταγράφονται στο διάγραμμα.

Μέσω της παλινδρόμησης, μπορέσαμε να εξάγουμε το αποτέλεσμα, ότι για κάθε χρόνο η βροχόπτωση στη Σητεία, θα επηρεαστεί με μείωση κατά μέσο όρο 0,827 χιλιοστά, μία όχι και τόσο σημαντική μείωση. Το παραπάνω όμως συνδυαστικά με τα ήδη χαμηλά ύψη βροχής που επικρατούν στη περιοχή, μπορεί στο μέλλον να δημιουργήσει ιδιαιτέρως σημαντικά προβλήματα ξηρασίας με ότι αυτό επακολουθεί ως συνέπειες στο περιβάλλον και τη κοινωνία.

Από όλα τα παραπάνω μπορούμε να καταλάβουμε οι μέσες ποσότητες βροχόπτωσης των τριών πόλεων διαφέρουν σημαντικά. Η βροχόπτωση στα Χανιά είναι αισθητά περισσότερη από τις άλλες πόλεις, δεύτερη είναι το Ηράκλειο, ενώ η Σητεία φαίνεται πως είναι η πόλη με τη λιγότερη βροχόπτωση συγκριτικά με τις άλλες δύο. Το παραπάνω είναι αναμενόμενο αποτέλεσμα αφού είναι γνωστή η ανισοκατανομή βροχοπτώσεων σε όλο το νησί, ενώ από τη βιβλιογραφία γνωρίζουμε πως υπάρχει μία μείωση περίπου 300 χιλιοστών από το δυτικό προς το ανατολικό τμήμα. Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 6.1 η μείωση αυτή από δυτικά (Χανιά) προς τα ανατολικά (Σητεία) είναι παραπάνω από 300 χιλιοστά για τις μέγιστες τιμές, αλλά στο μισό περίπου για τις μέσες και ελάχιστες τιμές. Για τη σύγκριση των ποσοτήτων βροχόπτωσης, ανάμεσα στις τρεις περιοχές, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Ανάλυσης διασποράς κατά παράγοντα.

Άμεσο συμπέρασμα είναι πως, όσο μεγαλώνει η απόσταση της μίας πόλης από την άλλη, τόσο μειώνεται και η συσχέτιση (αναφορικά με τα ποσά βροχόπτωσης) που εμφανίζουν. Αυτό φαίνεται στα διαγράμματα 5.13 – 5.15 όπου δίνονται τα διαγράμματα διασποράς ανά δύο πόλεις, Ηράκλειο – Χανιά, Ηράκλειο – Σητεία και Χανιά – Σητεία και παρατηρείται πως υπάρχει κάποια συσχέτιση ανάμεσα στο Ηράκλειο με τα Χανιά και στο Ηράκλειο με τη Σητεία με καλύτερη τη δεύτερη. Η διαφορά των μέσων ποσοτήτων βροχόπτωσης, ανάμεσα στις 3 πόλεις προσδιορίζεται στο προηγούμενο κεφάλαιο με τη βοήθεια των τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Tukey. Μέσω του τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Tukey, γίνεται ομαδοποίηση των πόλεων αναφορικά με τη βροχόπτωση και προέκυψε η διαφοροποίηση των Χανίων από τις άλλες πόλεις και η συσχέτιση μεταξύ Ηρακλείου

και Σητείας. Αξίζει όμως να σημειωθεί πως παρόλο που γίνονται συσχετίσεις μεταξύ των πόλεων για τις βροχοπτώσεις, αυτές είναι γενικά ασθενείς, με συντελεστές προσδιορισμού μικρότερους από 10%. Ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ των πόλεων συνοψίζεται στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.3) όπου επιβεβαιώνει όλα τα παραπάνω.

Πίνακας 6.3: Συνοπτικός πίνακας συσχετίσεων (*R-sq*) μεταξύ των πόλεων

Πόλεις	R-sq (%)
Ηράκλειο - Χανιά	6,03 %
Ηράκλειο - Σητεία	8,67 %
Σητεία - Χανιά	0,91 %

Στη συνέχεια γίνονται οι κατάλληλες συγκρίσεις, προκειμένου να διαπιστώσουμε τι θα συμβεί και με άλλες μετεωρολογικές παραμέτρους, όπως η θερμοκρασία και η ηλιοφάνεια και αν έχουμε εμφανή την επιρροή της κλιματικής αλλαγής σε αυτές και το πως σχετίζονται με την βροχόπτωση.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η θερμοκρασία αναμένεται να αυξηθεί μελλοντικά κατά μέσο όρο 1,3 °C. Για τη σύγκριση βροχόπτωσης-θερμοκρασίας, επιλέχθηκαν τα Χανιά και τα δεδομένα που είχαμε στη διάθεση μας αφορούν μηνιαίες τιμές για την περίοδο 2000 – 2021. Αρχικά, για τη βροχόπτωση της συγκεκριμένης περιόδου παρατηρείται αυξητική τάση μετά το 2008, καθώς και ιδιαίτερα αυξημένες ποσότητες τους χειμερινούς μήνες τα τελευταία χρόνια, δίνοντας την αίσθηση ότι ίσως έχει επηρεαστεί σε ένα βαθμό από την κλιματική αλλαγή. Στη συνέχεια εξετάζεται η θερμοκρασία γι' αυτή τη περίοδο, όπου η χρονοσειρά της έδειξε ανοδική τάση, δηλαδή η θερμοκρασία στα Χανιά, παρουσιάζει σχεδόν το ίδιο μοτίβο τα τελευταία 20 χρόνια. Αυτή η συμπεριφορά που παρατηρείται είναι αναμενόμενη αφού από τη βιβλιογραφία γνωρίζουμε πως η αύξηση της θερμοκρασίας θα γίνει σταδιακά.

Επιπλέον, εξετάζεται και η σχέση που τυχόν υπάρχει ανάμεσα στη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση στη Σούδα/Χανιά, απ' όπου προέκυψε μία ασθενής συσχέτιση. Δηλαδή έχουμε την ίδια περίπου μέση μηνιαία θερμοκρασία, αλλά με πολύ μεγαλύτερη μηνιαία ποσότητα βροχόπτωσης, ενδεικτικό ίσως της μεγαλύτερης έντασης των φαινομένων.

Για να γίνει η μελέτη της ηλιοφάνειας που επικρατεί στη περιοχή και η σύγκρισή της με τη βροχόπτωση, επιλέχθηκαν και πάλι τα Χανιά, με τις διαθέσιμες μετρήσεις να αφορούν τη περίοδο 2016 – 2021. Από τη χρονοσειρά της ηλιοφάνειας μπορούμε να συμπεράνουμε πως δεν παρατηρείται σημαντική αύξηση στις ώρες ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια του ίδιου μήνα. Η συσχέτιση ανάμεσα στην ηλιοφάνεια και τη βροχόπτωση στη Σούδα/Χανιά, έδειξε μέτρια προς ισχυρή αρνητική συσχέτιση. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί, πως όταν αυξάνονται οι ώρες ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια ενός μήνα, μειώνεται μάλλον η ποσότητα της βροχόπτωσης. Επειδή η σχέση αυτή δεν είναι αρκετά ισχυρή, είναι ίσως δείγμα της αύξησης της έντασης της βροχόπτωσης.

Ακόμη, συγκρίνονται τα Χανιά- μια περιοχής με μεγάλα ύψη βροχής, με το Τυμπάκι όπου πρόκειται για περιοχή της πεδιάδας της Μεσαράς όπου εκεί επικρατούν συνήθως χαμηλότερα ύψη βροχόπτωσης. Η περίοδος που αφορούν οι μετρήσεις είναι από 4/2017 – 2/2020. Από το διάγραμμα διασποράς προέκυψε πως υπάρχει αρκετά ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στις δύο περιοχές, αν και οι ποσότητες βροχόπτωσης διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Δηλαδή, υπάρχει μία ομοιότητα στην συμπεριφορά των βροχοπτώσεων και πως αύξηση της βροχόπτωσης στα Χανιά σημαίνει και αύξηση της στο Τυμπάκι.

Τέλος, σύμφωνα με τη πρόβλεψη που έγινε μέσω του Minitab και τη βοήθεια της μεθόδου διάσπασης μίας χρονοσειράς, για τις ποσότητες βροχόπτωσης στα Χανιά, τα επόμενα τρία χρόνια, προέκυψε πως υπάρχει σταδιακή αύξηση των ποσοτήτων της με τα χρόνια. Αυτό αποτελεί θετικό παράγοντα, από υδρολογικής άποψης συνδυαστικά με τη μείωση που θα υποστούν Ηράκλειο και Σητεία. Όμως όπως έχει ήδη παρατηρηθεί, στα Χανιά συμβαίνουν έντονα και συχνά πλημμυρικά φαινόμενα με ακραίες βροχοπτώσεις ανά τα χρόνια, σημάδι ίσως της επιρροής της κλιματικής αλλαγής.

Συμπερασματικά από όλα όσα γράφτηκαν παραπάνω, μπορούμε να πούμε πως τα επόμενα χρόνια το Ηράκλειο και η Σητεία θα έχουν ίσως την επίδραση της κλιματικής αλλαγής. Αυτό απορρέει από την εκτιμώμενη μείωση που θα υποστεί η βροχόπτωση στις περιοχές αυτές, σύμφωνα με τα δεδομένα των προηγούμενων ετών. Μπορεί η μείωση της βροχόπτωσης στη Σητεία να είναι μικρότερη από του Ηρακλείου κατά περίπου ένα χιλιοστό, όμως αυτό σε συνδυασμό με τα λίγα χιλιοστά βροχής που πέφτουν στη περιοχή μπορεί να δημιουργήσει αρκετά και σημαντικά προβλήματα. Γενικότερα σε Ηράκλειο και Σητεία οι χρονοσειρές που μελετήθηκαν δείχνουν μείωση στα ύψη βροχόπτωσης. Η μείωσή της βροχόπτωσης όμως συνεπάγεται και μείωση των αποθεμάτων νερού που διαθέτει το νησί. Όπως αναφέρεται στη παράγραφο 2.10, τα συνολικά χιλιοστά βροχοπτώσεων που δέχεται το νησί είναι 934, που αντιστοιχούν $7,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Με την ετήσια μείωση όμως που υπολογίστηκε για κάθε πόλη, η συνολική ετήσια ποσότητα βροχόπτωσης τα επόμενα 10 χρόνια μπορεί να φτάσει να είναι περίπου 913,5 χιλιοστά, ενώ με μια πρόχειρη εκτίμηση για τα επόμενα 30 χρόνια μπορεί να μειωθεί στα 872,6 χιλιοστά περίπου. Δεδομένου ότι η συνολική χωρητικότητα όλων των ταμιευτήρων της Κρήτης είναι $118,71 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και η συνολική ζήτηση νερού στο νησί φτάνει τα $485 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, αυτό σημαίνει πως στην ιδανική περίπτωση της μέγιστης πλήρωσης των φραγμάτων μπορεί να καλυφθεί το 1/4 της συνολικής ζήτησης. Επίσης, αξίζει να σχολιαστεί πως τα περισσότερα φράγματα καλύπτουν κυρίως ανάγκες άρδευσης, με τρία μόνο να καλύπτουν και τις ανάγκες ύδρευσης. Ακόμη κάτι που αξίζει σχολιασμού, είναι πως στο Νομό Λασιθίου υπάρχει μόνο ένα φράγμα, ωστόσο σύμφωνα με την «Ολοκληρωμένη μελέτη διαχείρισης ξηρασίας για την Περιφέρεια Κρήτης» που εκπονήθηκε εκ μέρους του Πολυτεχνείου Κρήτης για τη Περιφέρεια Κρήτης, είναι υπό μελέτη ακόμη 18 φράγματα και λιμνοδεξαμενές σε όλη τη Κρήτη. Εκ των οποίων τα 9 θα βρίσκονται στο Νομό Λασιθίου, ενώ στους Νομούς Ρεθύμνης και Χανίων από 2 και στο Ηράκλειο 5. Το υδρολογικό ισοζύγιο της Κρήτης επηρεάζεται ιδιαίτερα από την εξατμισοδιαπνοή καθώς διαθέτει μεγάλα ποσοστά. Συνολικά, το διαθέσιμο νερό των πηγών και της επιφανειακής απορροής είναι το 73% της βροχόπτωσης.

Από τα υδρολογικά στοιχεία που υπάρχουν μπορούμε να παρατηρήσουμε πως η συνολική διαθεσιμότητα νερού για τη Κρήτη είναι υψηλή, όμως δεν καλύπτει την υδατική επάρκεια. Αυτό συμβαίνει λόγω της περιοδικότητας της βροχόπτωσης, αφού έχουμε βροχοπτώσεις μόνο τους χειμερινούς μήνες και του γεγονότος ότι τα ποτάμια της Κρήτης είναι διαλείπουσας ροής και στερεύουν τους καλοκαιρινούς μήνες.

Οι λειψυδρίες που συνέβησαν στο νησί τα τελευταία χρόνια έδειξαν ότι η Κρήτη στο σύνολο της έχει την υδατική επάρκεια να αντιμετωπίσει περιοδικά φαινόμενα ξηρασίας, για τη περίπτωση όμως που αυτές αυξηθούν θα πρέπει να γίνει ορθότερη διαχείριση των υδατικών πόρων και να γίνουν ολοκληρωμένα έργα όπου θα αξιοποιούν στο μέγιστο το νερό που κατακρημνίζεται και να μην υπάρχουν ποσότητες που τελικά καταλήγουν στη θάλασσα.

Υπό το πρίσμα λοιπόν της κλιματικής αλλαγής, φαίνεται επιτακτική η ανάγκη σωστής διαχείρισης των ήδη υπάρχοντων έργων και γενικότερα η διερεύνηση της υδρολογικής κατάστασης των έργων ταμίευσης του νησιού, καθώς και προσεκτική διαχείριση όλων των υδατικών πόρων.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αγιάκογλου, Χ. & Οικονόμου, Γ. (2002), Μέθοδοι Προβλέψεων και Ανάλυσης Αποφάσεων, Αθήνα: Εκδόσεις Μπένου.
- Βουδούρης, Κ. - Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ., 2018, Interreg Greece-Bulgaria Best Water Use, «Το νερό στην κυκλική οικονομία των πόλεων: Η περίπτωση της Θεσσαλονίκης.»
- Δαλιακόπουλος Ι., 2018, Σημειώσεις μαθήματος: Διαχείριση Υδατικών Πόρων, «Εισαγωγική διάλεξη»
- Δάρας Τ., 2018, Σημειώσεις μαθήματος: Στοχαστική συμπεριφορά και ανάλυση χρονοσειρών
- Δερβιτσιώτης, Κ. (1995), Διοίκηση Παραγωγής: Σύγχρονες Προσεγγίσεις, Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλης.
- Δημήτρης Μ. Παπαμιχαήλ – Αναπληρωτής Καθηγητής Α.Π.Θ., 2001, Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη.
- Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωρικού Σχεδιασμού Περιφέρειας Κρήτης, «Παροχή Υπηρεσιών Για Την Κατάρτιση Του Περιφερειακού Σχέδιου Για Την Προσαρμογή Στην Κλιματική Αλλαγή (ΠΕΣΠΚΑ) Κρήτης Και Της Αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ)», ΕΝΙΑΙΟ ΠΕΣΠΚΑ ΚΡΗΤΗΣ, Παραδοτέο 8
- Ιωάννου Γ. Σακκά, 2007, Τεχνική Υδρολογία - Τόμος 1: Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Αιβάζη, 2η έκδοση.
- Καράλης Σ.Η., 2020, Σημειώσεις μαθήματος, Παρουσίαση: «Λεκάνες Απορροής και Υδατικά Ισοζύγια», Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
- Καρύμπαλης Ε., 2012, Σημειώσεις μαθήματος: Υδρολογία - Διαχείριση υδατικών πόρων, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
- Κολοκοτσά Δ., Σπυριδάκη Α., 2012, Σημειώσεις μαθήματος, «Περιβαλλοντική Μετεωρολογία και Μοντέλα Ποιότητας αέρα», Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
- Κολοκοτσά Δ., Σπυριδάκη Α., 2016, Σημειώσεις εργαστηριακού μαθήματος: Τεχνολογίας Ενέργειας και Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
- Κουγιουμτζής Δ., 2010, Στατιστική για Ηλεκτρολόγους Μηχανικούς ΜΕΡΟΣ Β, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Λαζαρίδης Μ., 2010. Ατμοσφαιρική Ρύπανση με Στοιχεία Μετεωρολογίας, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Τζιόλα, 2η έκδοση.
- Λεδάκη, Μ. (2019), Στοχαστικές Χρονοσειρές Θεωρία και Εφαρμογές, Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας
- Μ.Α. Μιμίκου, Ε.Α. Μπαλτάς – Καθηγητές Ε.Μ.Π., 2018, Τεχνική Υδρολογία, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 6η Έκδοση.

Νικολακόπουλος, Κ., Κατσάνου, Κ., Λαμπράκης, Ν., 2015, Υδρολογία με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και δεδομένων τηλεπισκόπησης [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Αθήνα, Κάλλιπος Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <http://hdl.handle.net/11419/2520>

Παπαδόπουλος Κ. Γ., 2015, Σημειώσεις παραδόσεων, «Περιγραφική Στατιστική»

Τσακίρης Γ. – Καθηγητής Ε.Μ.Π., 2013, Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία & Εισαγωγή στη διαχείριση υδατικών πόρων, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017, «1η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (EL13)», Προσχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών, σ.: 48-75.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017, «Σχέδιο Διαχείρισης Κίνδυνων Πλημμυράς των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης», Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, σ.: 228-249, 340,341,353.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Επιτελική Δομή ΕΣΠΑ Υ.Π.ΕΝ., Τομέα Περιβάλλοντος, 2016 «Καινοτόμες Μεθοδολογίες Διαχείρισης Υδατικών Πόρων για την Προσαρμογή της Κλιματικής Αλλαγής και Διακυβέρνησης της Περιφέρειας Κρήτης», Τεχνική έκθεση, Παραδοτέο 1 - Ολοκληρωμένη μελέτη διαχείρισης ξηρασίας για την Περιφέρεια Κρήτης, σ.:15-22

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Επιτελική Δομή ΕΣΠΑ Υ.Π.ΕΝ., Τομέα Περιβάλλοντος, 2016 «Καινοτόμες Μεθοδολογίες Διαχείρισης Υδατικών Πόρων για την Προσαρμογή της Κλιματικής Αλλαγής και Διακυβέρνησης της Περιφέρειας Κρήτης», Τεχνική έκθεση, Παραδοτέο 2 - Επιπτώσεις κλιματικών αλλαγών στη διαχείριση υδατικών πόρων της Κρήτης

Ψωνός, Δ. (1989), Ποσοτική ανάλυση, τόμος Ι, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη

Διεθνής Βιβλιογραφία

Grillakis M., Polykretis C. and Alexakis D., 2020. Past and projected climate change impacts on rainfall erosivity: Advancing our knowledge for the eastern Mediterranean island of Crete. CATENA, 193, p104625.

Koutroulis, A., Grillakis, M., Tsanis, I. and Jacob, D., 2015. Exploring the ability of current climate information to facilitate local climate services for the water sector. Earth Perspectives, 2(1).

Koutroulis, A., Tsanis I., Daliakopoulos I. and Jacob D., 2013. Impact of climate change on water resources status: A case study for Crete Island, Greece. Journal of Hydrology, 479, pp 146-158.

Malagò A., Efsthathiou D., Bouraoui F., Nikolaidis N., Franchini M., Bidoglio, G. and Kritsotakis M., 2016, Regional scale hydrologic modeling of a karst-dominant geomorphology: The case study of the Island of Crete. Journal of Hydrology, 540, pp 64-81.

Monioudi I., Karditsa A., Chatzipavlis A., Alexandrakakis G., Andreadis O., Velegrakis A., Poulos S., Ghionis G., Petrakis S., Sifnioti D., Hasiotis T., Lipakis M., Kampanis N., Karambas T. and Marinos E., 2014. Assessment of vulnerability of the eastern Cretan beaches (Greece) to sea level rise. Regional Environmental Change, 16(7), pp.1951-1962.

Tsanis I., Koutroulis A., Daliakopoulos I. and Jacob D., 2011. Severe climate-induced water shortage and extremes in Crete. Climatic Change, 106(4), 667-677.

Διαδικτυακές Πηγές

Hotel & Rooms, <https://www.hotelsandrooms.gr/index.php?region=Crete&p=7> , [February 2022].

Meteo24news, 2021, Το κλίμα της Κρήτης, <https://www.meteo24news.gr/2014/01/to-klima-tis-kritis.html/> , [November 2021].

Nasa, What Is Climate Change?, <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/stories/nasa-knows/what-is-climate-change-k4.html> , [February 2022].

National Geographic, Εγκυκλοπαίδεια του περιβάλλοντος για νέους, Κλιματική αλλαγή. Σε ηλεκτρονική έκδοση e-BOOK, <https://www.inedivim.gr/images/ng-egkykpolaideia/ng-egkykpolaideia-perivalon-2-klimatiki-allagi.pdf> , [February 2022].

Statistics.gr, 2020, Υπολογιζόμενος Πληθυσμός (1.1.2020) και Μεταναστευτικές Ροές της Χώρας (2019), <https://www.statistics.gr/documents/20181/972a68ea-7bc3-c764-94bd-2d989b25e6f6/> [November 2021].

Weather Spark, Climate and Average Weather Year Round in Rethymno, <https://weatherspark.com/y/90512/Average-Weather-in-Rethymno-Greece-Year-Round> , [December 2021].

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών - Τμήμα Αναβάθμισης Προπτυχιακών Σπουδών, <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/chania/pr51ge.pdf> , [December 2021].

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών - Τμήμα Αναβάθμισης Προπτυχιακών Σπουδών, <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/iraklio/pr18ge.pdf> , [December 2021].

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών - Τμήμα Αναβάθμισης Προπτυχιακών Σπουδών, <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/lasithiou/pr33ge.pdf> , [December 2021].

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών - Τμήμα Αναβάθμισης Προπτυχιακών Σπουδών, <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/rethimno/pr42ge.pdf> , [December 2021].

Δήμος Ρεθύμνης, Το κλίμα στο Ρέθυμνο, <https://www.rethymno.gr/city/clima/clima.html> , [December 2021].

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, Κλιματικά Δεδομένα για επιλεγμένους σταθμούς στην Ελλάδα, http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city? , [December 2021].

Ευρωπαϊκή Ένωση, Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, https://ec.europa.eu/clima/climate-change/climate-change-consequences_el , [February 2022].

Ευρωπαϊκή Ένωση, Κλιματική αλλαγή, https://europa.eu/climate-pact/about/climate-change_el , [February 2022].

Οργανισμός Ανάπτυξης Κρήτης Α.Ε., Η Εταιρεία, <https://oakae.gr/i-etairia/> , [December 2021]

Περιφέρεια Κρήτης, Η Περιφέρεια - Περιφέρεια Κρήτης, <https://www.crete.gov.gr/region/i-perifereia/> , [November 2021].

Παραρτήματα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Τα δεδομένα βροχόπτωσης για κάθε πόλη (Ηράκλειο, Χανιά, Σητεία) παρατίθενται στο Πίνακα Α όπου παρατίθεται παρακάτω. *Πίνακας δεδομένων Βροχόπτωσης - έτους για Ηράκλειο - Χανιά – Σητεία*

Πίνακας Α: Πίνακας δεδομένων Βροχόπτωσης - έτους για Ηράκλειο - Χανιά – Σητεία

Έτος	Βροχόπτωση (mm)		
	Ηράκλειο	Χανιά	Σητεία
1958	361,696	523,2	705
1959	465,074	504,9	260
1960	561,34	578,4	410
1961	601,218	749,8	622
1962	822,452	856,4	543
1963	678,18	651	454
1964	635,762	509,8	669
1965	430,53	744,4	344
1966	545,592	677,7	457
1967	568,452	898,6	439
1968	606,044	859,7	581
1969	289,306	530,7	348
1970	370,332	424,1	504
1971	381	826,6	291,2
1972	486,664	734,3	519,6
1973	342,646	530,1	412
1974	352,806	414,9	502,1
1975	620,776	503,5	592,8
1976	483,362	649,8	277,9
1977	638,048	455,3	583,7
1978	386,842	494,4	440
1979	566,166	756,7	644,2
1980	591,82	545,4	562,2
1981	526,288	961,8	504,2
1982	454,152	545,6	345,4
1983	538,226	636	624,5
1984	556,006	760,6	561,1
1985	354,584	375	460,3
1986	538,48	466,9	876,5
1987	436,626	592,7	462
1988	399,034	514,1	401,9
1989	305,562	571,4	282,7
1990	377,444	283,4	408,4
1991	461,264	554	534,5

1992	288,798	420,2	313,6
1993	384,81	657,3	353,1
1994	545,084	642,5	502,3
1995	487,426	398,7	429,1
1996	582,168	809,4	447
1997	362,712	667,3	453,4
1998	512,826	520,5	472,5
1999	361,188	482,4	258,5
2000	434,848	476,4	351
2001	530,352	708,9	401,7
2002	710,692	469,9	656,6
2003	563,118	795,6	569,7
2004	435,864	545,7	105,3
2005	305,816	401	400
2006	476,25	854,5	320
2007	355,092	417,322	410
2008	362,966	488,188	420
2009	539,496	673,1	340
2010	412,496	285,75	480
2011	540,512	661,924	492,5
2012	349,25	806,704	758
2013	357,632	694,182	352,4
2014	609,346	562,864	526,4
2015	212,09	442,722	569,2
2016	503,174	639,318	417,4
2017	240,284	1342,7	655,8
2018	626,11	1125,982	338,8

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Τα δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για τη πόλη των Χανίων που χρησιμοποιήθηκαν, από τον Ιανουάριο του 2000 έως και το Δεκέμβριο του 2021 παρουσιάζονται στον Πίνακα Β, στη στήλη Index αριθμούνται οι μήνες.

Πίνακας Β: Πίνακας δεδομένων Βροχόπτωσης – Θερμοκρασίας για Χανιά/ Σούδα για τη περίοδο ετών 2000 – 2021

<i>Έτος</i>	<i>Βροχόπτωση Χανιά (mm)</i>	<i>Θερμοκρασία Σούδα (°C)</i>	<i>Index</i>
2000	183,5	9,3	1
2000	64,6	10,31	2
2000	33,2	12,39	3
2000	8,6	16,82	4
2000	5,3	21	5
2000	0,0	24,94	6

2000	0,0	28,42	7
2000	0,0	26,46	8
2000	0,1	24,12	9
2000	5,8	19,15	10
2000	68,6	17,15	11
2000	106,7	13,49	12
2001	185,3	12,62	13
2001	103,3	11,63	14
2001	2,9	16,56	15
2001	41,0	16,14	16
2001	20,7	20,64	17
2001	0,0	25,04	18
2001	0,0	28,23	19
2001	0,0	27,47	20
2001	4,9	24,98	21
2001	2,9	20,02	22
2001	182,9	15,27	23
2001	0,0	12,61	24
2002	87,4	9,95	25
2002	22,8	12,57	26
2002	55,4	13,77	27
2002	43,8	15,75	28
2002	0,2	20,15	29
2002	0,0	24,98	30
2002	8,3	28,57	31
2002	20,6	26,83	32
2002	36,0	23,89	33
2002	40,8	20,01	34
2002	66,1	16,53	35
2002	98,9	12,35	36
2003	79,5	13,2	37
2003	313,0	8,6	38
2003	183,3	10,86	39
2003	80,1	14,38	40
2003	23,5	21,3	41
2003	0,0	25,87	42
2003	0,0	28,16	43
2003	8,5	27,61	44
2003	1,5	23,65	45
2003	1,3	22,19	46
2003	107,9	16,44	47
2003	178,6	12,31	48
2004	138,3	10,23	49
2004	55,9	11,27	50

2004	23,3	13,43	51
2004	13,6	16,05	52
2004	6,1	19,5	53
2004	0,0	25,2	54
2004	0,0	27,03	55
2004	0,0	27,09	56
2004	0,0	23,33	57
2004	18,3	21,36	58
2004	234,9	16,5	59
2004	55,3	12,98	60
2005	102,8	11,37	61
2005	70,5	9,94	62
2005	47,4	13,58	63
2005	2,8	16,11	64
2005	0,0	20,9	65
2005	0,0	24,11	66
2005	1,6	26,69	67
2005	0,0	24,85	68
2005	25,8	23,41	69
2005	43,9	18,9	70
2005	55,0	15,25	71
2005	51,2	14,71	72
2006	131,6	9,31	73
2006	142,0	12,45	74
2006	31,9	13,32	75
2006	18,0	16,71	76
2006	1,7	21,12	77
2006	8,8	24,37	78
2006	0,5	25,69	79
2006	0,0	28,02	80
2006	14,6	23,36	81
2006	371,2	19,02	82
2006	105,4	14,29	83
2006	28,9	12,27	84
2007	46,8	12,47	85
2007	85,5	10,91	86
2007	25,2	13,3	87
2007	3,0	15,79	88
2007	63,9	20,36	89
2007	0,0	26,85	90
2007	0,0	27,87	91
2007	0,0	27,47	92
2007	2,4	23,71	93
2007	18,5	19,88	94

2007	39,1	15,62	95
2007	172,2	11,73	96
2008	51,5	11,41	97
2008	99,3	10,48	98
2008	32,6	14,97	99
2008	42,4	18,64	100
2008	8,6	21,34	101
2008	0,0	25,35	102
2008	0,0	27,69	103
2008	0,0	27,41	104
2008	24,8	23,66	105
2008	10,0	19,92	106
2008	30,0	17,41	107
2008	201,1	13,48	108
2009	79,2	12,57	109
2009	159,5	10,6	110
2009	56,6	13,08	111
2009	55,9	16,31	112
2009	32,3	20,43	113
2009	0,0	25,51	114
2009	0,0	27,64	115
2009	0,0	25,71	116
2009	41,9	22,91	117
2009	129,0	19,97	118
2009	63,2	16,14	119
2009	77,4	14,59	120
2010	220,3	12,19	121
2010	35,4	13,62	122
2010	21,8	14,31	123
2010	12,3	16,83	124
2010	8,5	21,53	125
2010	1,2	25,13	126
2010	0,0	27,88	127
2010	0,0	28,9	128
2010	0,6	24,53	129
2010	48,2	21	130
2010	25,0	18,52	131
2010	92,4	14,8	132
2011	146,1	11,73	133
2011	129,0	11,73	134
2011	42,8	12,96	135
2011	47,0	15,07	136
2011	81,6	19,29	137
2011	0,1	24,61	138

2011	0,0	27,96	139
2011	0,0	26,59	140
2011	5,8	24,68	141
2011	94,5	17,39	142
2011	93,8	13,35	143
2011	74,2	12,83	144
2012	205,5	9,41	145
2012	225,2	10,07	146
2012	73,2	13,47	147
2012	34,7	17,84	148
2012	0,4	21,02	149
2012	0,0	26,18	150
2012	0,0	29,12	151
2012	0,0	28,29	152
2012	0,1	24,49	153
2012	134,4	22,01	154
2012	164,0	17,26	155
2012	116,9	13	156
2013	190,0	11,56	157
2013	65,2	12,99	158
2013	19,5	14,97	159
2013	11,8	17,87	160
2013	60,0	22,74	161
2013	2,0	25,21	162
2013	0,0	26,69	163
2013	0,0	26,84	164
2013	10,0	24,61	165
2013	4,5	19,82	166
2013	95,1	17,14	167
2013	274,9	12,53	168
2014	46,0	13,2	169
2014	96,0	12,79	170
2014	44,0	13,18	171
2014	28,0	17,02	172
2014	3,0	20,03	173
2014	0,0	25,14	174
2014	0,0	27,21	175
2014	0,0	27,87	176
2014	2,0	24,42	177
2014	137,0	19,52	178
2014	57,0	16,26	179
2014	261,0	14,21	180
2015	233,0	11	181
2015	119,0	10,96	182

2015	139,0	13,15	183
2015	28,0	16,09	184
2015	2,0	20,79	185
2015	9,0	23,68	186
2015	0,0	26,79	187
2015	8,0	26,94	188
2015	42,0	25,02	189
2015	74,0	20,49	190
2015	14,0	16,19	191
2015	89,0	12,26	192
2016	56,0	12,85	193
2016	27,0	14,56	194
2016	43,0	14,61	195
2016	2,0	18,94	196
2016	17,0	20,81	197
2016	0,1	26,55	198
2016	0,0	27,58	199
2016	0,0	26,86	200
2016	14,0	23,99	201
2016	100,0	20,97	202
2016	112,0	16,45	203
2016	203,0	11,01	204
2017	170,0	8,91	205
2017	148,0	12,84	206
2017	118,0	13,21	207
2017	22,0	16,42	208
2017	31,0	21,19	209
2017	5,0	26,23	210
2017	1,0	28,2	211
2017	0,0	27,28	212
2017	48,0	24,45	213
2017	28,0	18,7	214
2017	41,0	15,71	215
2017	76,0	13,62	216
2018	40,0	11,6	217
2018	72,0	12,69	218
2018	15,0	16,04	219
2018	2,0	18,07	220
2018	50,5	22,15	221
2018	0,6	25,61	222
2018	0,0	28,17	223
2018	75,0	27,07	224
2018	96,0	24,01	225
2018	39,0	19,06	226

2018	162,0	16	227
2018	125,0	11,91	228
2019	230,0	10	229
2019	407,0	10,7	230
2019	100,0	13,3	231
2019	38,0	15,3	232
2019	4,0	19,5	233
2019	0,0	25,7	234
2019	72,0	26,9	235
2019	0,0	26,7	236
2019	0,0	23,9	237
2019	15,0	20,9	238
2019	107,0	18,2	239
2019	126,0	13	240
2020	190,0	10,4	241
2020	50,0	11,5	242
2020	43,0	13,6	243
2020	16,0	15,4	244
2020	12,0	21,6	245
2020	5,0	24	246
2020	0,0	27,3	247
2020	0,0	27,4	248
2020	8,0	25,2	249
2020	312,0	21,6	250
2020	150,0	15,3	251
2020	77,0	13,7	252
2021	88,0	12,9	253
2021	42,0	12,3	254
2021	98,0	12,4	255
2021	23,0	16,8	256
2021	2,0	22,4	257
2021	0,0	25,4	258
2021	0,0	28,3	259
2021	0,0	28,6	260
2021	32,0	24	261
2021	31,0	18,7	262
2021	20,0	17,3	263
2021	171,0	12,5	264

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Τα δεδομένα για τη βροχόπτωσης και την ηλιοφάνεια για τη πόλη των Χανίων που χρησιμοποιήθηκαν, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας Γ) και αφορούν τη περίοδο από Ιανουάριο του 2016 έως και το Δεκέμβριο του 2021, στη στήλη Index αριθμούνται οι μήνες.

Πίνακας Γ: Πίνακας δεδομένων Βροχόπτωσης – Ηλιοφάνειας για Χανιά/ Σούδα για τη περίοδο ετών 2016 – 2021

Ηλιοφάνεια (ώρες)	Βροχόπτωση (mm)	Έτος	Index
130	56,0	2016	1
191	27,0	2016	2
234	43,0	2016	3
303	2,0	2016	4
300	17,0	2016	5
348	0,1	2016	6
396	0,0	2016	7
352	0,0	2016	8
290	14,0	2016	9
214	100,0	2016	10
139	112,0	2016	11
84	203,0	2016	12
102	170,0	2017	13
134	148,0	2017	14
195	118,0	2017	15
275	22,0	2017	16
315	31,0	2017	17
335	5,0	2017	18
356	1,0	2017	19
345	0,0	2017	20
286	48,0	2017	21
232	28,0	2017	22
176	41,0	2017	23
153	76,0	2017	24
153	40,0	2018	25
124	72,0	2018	26
225	15,0	2018	27
279	2,0	2018	28
278	50,5	2018	29
329	0,6	2018	30
362	0,0	2018	31
345	75,0	2018	32
270	96,0	2018	33
175	39,0	2018	34
100	162,0	2018	35
110	125,0	2018	36

115	230,0	2019	37
105	407,0	2019	38
209	100,0	2019	39
218	38,0	2019	40
270	4,0	2019	41
366	0,0	2019	42
379	72,0	2019	43
373	0,0	2019	44
306	0,0	2019	45
220	15,0	2019	46
148	107,0	2019	47
128	126,0	2019	48
109	190,0	2020	49
164	50,0	2020	50
196	43,0	2020	51
243	16,0	2020	52
342	12,0	2020	53
377	5,0	2020	54
397	0,0	2020	55
376	0,0	2020	56
279	8,0	2020	57
214	312,0	2020	58
110	150,0	2020	59
119	77,0	2020	60
137	88,0	2021	61
178	42,0	2021	62
204	98,0	2021	63
242	23,0	2021	64
362	2,0	2021	65
362	0,0	2021	66
392	0,0	2021	67
368	0,0	2021	68
276	32,0	2021	69
182	31,0	2021	70
98	20,0	2021	71
107	171,0	2021	72

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Τα δεδομένα για τη βροχόπτωσης για τα Χανιά και το Τυμπάκι, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας Δ) και αφορούν τη περίοδο από Απρίλιο του 2017 έως και το Φεβρουάριο του 2020 (4/2017 – 2/2020), στη στήλη Index γίνεται αρίθμηση των μηνών που υπάρχει μέτρηση.

*Πίνακας Δ: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης Χανίων – Τυμπακίου
για τη περίοδο 4/2017 έως 2/2020*

Βροχόπτωση (mm)		Έτος	Index
Χανιά	Τυμπάκι		
22,0	27,7	2017	1
31,0	6,5	2017	2
5,0	3,1	2017	3
1,0	0,3	2017	4
0,0	0	2017	5
48,0	0	2017	6
28,0	7,4	2017	7
41,0	25,9	2017	8
76,0	40,6	2017	9
40,0	45,9	2018	10
72,0	51,7	2018	11
15,0	32,4	2018	12
2,0	5,9	2018	13
50,5	8,5	2018	14
0,6	12,2	2018	15
0,0	4	2018	16
75,0	0,5	2018	17
96,0	7,8	2018	18
39,0	16,2	2018	19
162,0	43,9	2018	20
125,0	93,8	2018	21
230,0	117,9	2019	22
407,0	171,8	2019	23
100,0	94,3	2019	24
38,0	34,3	2019	25
4,0	30,1	2019	26
0,0	1,4	2019	27
72,0	0	2019	28
0,0	0	2019	29
0,0	0,2	2019	30
15,0	8,3	2019	31
107,0	45,2	2019	32
126,0	101,3	2019	33
190,0	108,7	2020	34
50,0	27,7	2020	35

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει τα αποτελέσματα της ανάλυσης της διάσπασης της χρονοσειράς βροχόπτωσης για τα Χανιά. Στην τελευταία στήλη εμφανίζονται τα αποτελέσματα των προβλέψεων.

Πίνακας Ε: Διάσπαση χρονοσειράς βροχόπτωσης Χανιά

<i>TRENI</i>	<i>DETRI</i>	<i>SEASI</i>	<i>DESEI</i>	<i>FITSI</i>	<i>RESII</i>	<i>FOREI</i>
45,16308	138,3369	95,44757	88,05243	140,6106	42,88935	161,2582
45,24129	19,35871	44,21007	20,38993	89,45136	-24,8514	110,0989
45,3195	-12,1195	2,093403	31,1066	47,4129	-14,2129	68,06041
45,39771	-36,7977	-27,3358	35,93576	18,06195	-9,46195	38,70945
45,47592	-40,1759	-31,4066	36,7066	14,06932	-8,76932	34,71683
45,55413	-45,5541	-47,3566	47,3566	-1,80247	1,802467	18,84504
45,63234	-45,6323	-46,1649	46,16493	-0,53259	0,53259	20,11492
45,71055	-45,7106	-40,0816	40,0816	5,628953	-5,62895	26,27646
45,78876	-45,6888	-35,2858	35,38576	10,503	-10,403	31,1505
45,86697	-40,067	3,676736	2,123264	49,54371	-43,7437	70,19121
45,94518	22,65482	31,13507	37,46493	77,08025	-8,48025	97,72776
46,02339	60,67661	51,0684	55,6316	97,09179	9,608206	117,7393
46,1016	139,1984	95,44757	89,85243	141,5492	43,75083	162,1967
46,17981	57,12019	44,21007	59,08993	90,38988	12,91012	111,0374
46,25802	-43,358	2,093403	0,806597	48,35142	-45,4514	68,99893
46,33623	-5,33623	-27,3358	68,33576	19,00047	21,99953	39,64798
46,41444	-25,7144	-31,4066	52,1066	15,00785	5,692155	35,65535
46,49265	-46,4927	-47,3566	47,3566	-0,86394	0,863944	19,78356
46,57086	-46,5709	-46,1649	46,16493	0,405933	-0,40593	21,05344
46,64907	-46,6491	-40,0816	40,0816	6,567476	-6,56748	27,21498
46,72728	-41,8273	-35,2858	40,18576	11,44152	-6,54152	32,08903
46,80549	-43,9055	3,676736	-0,77674	50,48223	-47,5822	71,12974
46,8837	136,0163	31,13507	151,7649	78,01877	104,8812	98,66628
46,96191	-46,9619	51,0684	-51,0684	98,03032	-98,0303	118,6778
47,04012	40,35988	95,44757	-8,04757	142,4877	-55,0877	163,1352
47,11833	-24,3183	44,21007	-21,4101	91,3284	-68,5284	111,9759
47,19655	8,203455	2,093403	53,3066	49,28995	6,110052	69,93746
47,27476	-3,47476	-27,3358	71,13576	19,93899	23,86101	40,5865
47,35297	-47,153	-31,4066	31,6066	15,94637	-15,7464	36,59388
47,43118	-47,4312	-47,3566	47,3566	0,074579	-0,07458	20,72209
47,50939	-39,2094	-46,1649	54,46493	1,344456	6,955544	21,99196
47,5876	-26,9876	-40,0816	60,6816	7,505999	13,094	28,15351
47,66581	-11,6658	-35,2858	71,28576	12,38004	23,61996	33,02755
47,74402	-6,94402	3,676736	37,12326	51,42075	-10,6208	72,06826
47,82223	18,27777	31,13507	34,96493	78,9573	-12,8573	99,6048
47,90044	50,99956	51,0684	47,8316	98,96884	-0,06884	119,6163
47,97865	31,52135	95,44757	-15,9476	143,4262	-63,9262	
48,05686	264,9431	44,21007	268,7899	92,26693	220,7331	