



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***«ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΛΕΚΑΝΩΝ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΙ ΓΙΟΦΥΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ»***

ΑΝΤΩΝΙΟΣ Ν. ΠΟΥΝΤΟΥΡΑΚΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΤΣΑΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΚΑΡΑΤΖΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

ΧΑΝΙΑ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2003

Στους γονείς μου
Νίκο και Κατερίνα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

Αισθάνομαι αρχικά την ανάγκη να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Ιωάννη Τσάνη για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου, για τη συνεχή και άριστη συνεργασία μας, την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές του, οι οποίες συνετέλεσαν σημαντικά στο παρόν αποτέλεσμα.

Ευχαριστώ θερμά τους κυρίους Κριτσωτάκη Μαρίνο από το Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Περιφέρειας Κρήτης, καθώς και το προσωπικό της Υ.Ε.Β Ηρακλείου για τη διάθεση συνεργασίας και τη σημαντική βοήθειά τους στην εύρεση των πρωτογενών στοιχείων, στα οποία βασίστηκε η παρούσα εργασία.

Θα ήθελα τέλος να ευχαριστήσω τους συνεργάτες Κουτρούλη Άρη και Κουτσογιαννάκη Ειρήνη από το Εργαστήριο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων και Παράκτιας Μηχανικής για την κατανόηση, την άμεση ανταπόκριση και την πολύτιμη συμβολή τους σε όλη την πορεία ολοκλήρωσης της διπλωματικής μου εργασίας.

Πουντουράκης Αντώνης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό τον καθορισμό του υδατικού ισοζυγίου των λεκανών απορροής Γεροπόταμου και Γιόφυρου αντίστοιχα. Και οι δύο υδρολογικές λεκάνες είναι από τις πιο ενδιαφέρουσες του Νομού Ηρακλείου γιατί παρουσιάζουν πλούσια υδροφορία (ιδιαίτερα η λεκάνη Γεροπόταμου), την οποία όμως εκμεταλλεύονται οι τοπικοί φορείς με ανορθολογικό και μη βιώσιμο τρόπο.

Αρχικά πραγματοποιείται μια γενική περιγραφή των περιοχών μελέτης όπου γίνεται αναφορά στα γεωλογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά των περιοχών καθώς και στις κλιματολογικές συνθήκες (υγρασία, θερμοκρασία, βροχόπτωση) που επικρατούν στις περιοχές.. Αναφορά γίνεται επίσης για την χλωρίδα και πανίδα των περιοχών.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η βάση των περιβαλλοντικών μεταβλητών όπου απαριθμούνται οι βροχομετρικοί σταθμοί καθώς και οι μετρητές απορροής των χειμάρρων, και παρατίθενται οι ανάλογοι χάρτες για την κατανόηση της χωροθετησής τους.

Έπειτα πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των δύο βασικών παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου, της βροχόπτωσης και της απορροής, χρησιμοποιώντας ετήσια και ημερήσια δεδομένα υπερδεκαετούς περιόδου. Η ανάλυση περιλαμβάνει τον έλεγχο ομοιογένειας, τον υπολογισμό βροχοβαθμίδων, τη διακύμανση τάσης της βροχόπτωσης, της απορροής των χειμάρρων και του όγκου βροχής που δέχονται οι λεκάνες απορροής, την ανάλυση επεισοδίων βροχής για τα ακραία έτη και την ανάλυση ακραίων γεγονότων βροχόπτωσης μεγαλύτερων των 100mm.

Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή των Γ.Σ.Π καθώς και του λογισμικού προγράμματος ArcView GIS που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία. Γίνεται αναφορά των διαφόρων μεθόδων χωρικής παρεμβολής και ιδιαίτερα της μεθόδου χωρικής παρεμβολής Kriging καθώς και η διαδικασία επιλογής της κατάλληλης μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε για την χωρική ανάλυση της βροχόπτωσης. Με τη βοήθεια χαρτών παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της βροχόπτωσης.

Στην επόμενη ενότητα γίνεται θεωρητική αναφορά στις παραμέτρους του υδατικού ισοζυγίου καθώς και στις μεθόδους υπολογισμού τους.

Στην τελευταία ενότητα γίνεται ανάλυση του υδατικού ισοζυγίου και για τις δύο υπό εξέταση λεκάνες καθώς και μια προσπάθεια ανάλυσης του υπόγειου υδατικού δυναμικού.

Τέλος αναφέρονται τα βασικά συμπεράσματα που εξάγονται από την παρούσα εργασία καθώς και ορισμένες προτάσεις οι οποίες ενδέχεται να οδηγήσουν σε μια ακριβέστερη ανάλυση από αυτή που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1 Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ	9
1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ	9
1.2.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	9
1.2.2 Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	10
1.2.3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	13
1.2.4 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΘΜΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	16
1.2.5 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	16
1.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΓΙΟΦΥΡΟΥ	26
1.3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	26
1.3.2 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	29
1.4 ΧΛΩΡΙΔΑ	34
1.5 ΠΑΝΙΔΑ	34
2. ΒΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	36
2.1 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	36
2.2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ	37
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	40
3.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ	40
3.2 ΕΤΗΣΙΑ ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	55
3.2.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	56
3.2.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΙΟΦΥΡΟΥ	61
3.3 ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΒΡΟΧΗΣ	64
3.4 ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΤΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΩΝ	65
3.5 ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΧΕΙΜΑΡΡΩΝ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	69
3.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΒΡΟΧΟΒΑΘΜΙΔΑΣ	73
3.7 ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΑ ΕΤΗ	78
3.7.1 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	78
3.7.1.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	79
3.7.1.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΙΟΦΥΡΟΥ	85
3.7.2 ΑΠΟΡΡΟΗ ΧΕΙΜΑΡΡΩΝ	86
3.7.2.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΙΟΦΥΡΟΥ	87
3.8 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΚΡΑΙΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	89
3.9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΤΩΝ ΑΚΡΑΙΩΝ ΕΤΩΝ	91
4. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	102
4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	103
4.1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ Γ.Σ.Π.	103
4.1.2 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΩΝ Γ.Σ.Π.	104
4.1.3 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ Γ.Σ.Π.	104
4.1.4 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ	105

4.1.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ Γ.Σ.Π.	106
4.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ARC VIEW GIS	109
4.3 ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	114
4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ KRIGING	119
4.4.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	120
4.4.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΓΙΟΦΥΡΟΥ	124
4.5 ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	128
5. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ	131
5.1 Ο ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	131
5.2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΑ	133
5.3 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ	136
5.4 ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ	140
5.5 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ	143
5.5.1 ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΧΕΙΜΑΡΡΩΝ	145
5.6 ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	146
6. ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	148
6.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	148
6.1.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΓΙΟΦΥΡΟΥ	148
6.1.2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΑ	149
6.1.2.1 ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	149
6.1.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	153
6.1.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΩΝ	154
6.1.5 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ	156
6.1.6 ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ	157
6.1.6.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	158
6.1.6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΙΟΦΥΡΟΥ	158
6.1.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ	158
6.2 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	159
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1970-1997	159
6.2.1 ΥΓΡΟ ΕΤΟΣ 1977-1978	159
6.2.2 ΞΗΡΟ ΕΤΟΣ 1989-1990	162
6.2.3 ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1970-1997	165
6.3 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΙΟΦΥΡΟΥ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1975-2001	169
6.3.1 ΥΓΡΟ ΕΤΟΣ 1996-1997	169
6.3.2 ΞΗΡΟ ΕΤΟΣ 1989-1990	171
6.3.3 ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1975-2001	173
6.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ	176
6.4.1 ΓΕΝΙΚΑ	176
6.4.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	176
6.4.2.1 ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ	178
6.4.2.2 ΥΓΡΟ ΕΤΟΣ 1977-1978	179
6.4.2.3 ΞΗΡΟ ΕΤΟΣ 1989-1990	180
6.4.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΓΙΟΦΥΡΟΥ	181
6.4.3.1 ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ	181

6.4.3.2 ΥΓΡΟ ΕΤΟΣ 1996-1997	182
6.4.3.3 ΞΗΡΟ ΕΤΟΣ 1989-1990	183
6.5 ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	185
6.5.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	185
6.5.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΓΙΟΦΥΡΟΥ	186
6.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	187
6.6.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	188
6.6.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΓΙΟΦΥΡΟΥ	189
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	192
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	200
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	202
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η γεωλογική δομή της Κρήτης

Η προ-νεογενής γεωλογική δομή της Κρήτης μπορεί να περιγραφεί σαν μία διάταξη τεσσάρων διαδοχικά επωθημένων τεκτονικών καλυμμάτων, ενώ η όλη αυτή αλληλουχία είναι επωθημένη πάνω σε μια παρα-αυτόχθονη ενότητα. Η διάταξη αυτή είναι συνολικού πάχους περίπου 6,5 Km και έχει ακολούθως τοπικά καλυφθεί από νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις.

Η παρα-αυτόχθονη ενότητα της βάσης ονομάζεται **Ενότητα Πλακωδών Ασβεστολίθων** ενώ η τεκτονικά υπερκείμενη αυτής αλληλουχία αποτελείται από κάτω προς τα πάνω από την **Φυλλιτική-Χαλαζιτική Σειρά**, την **Ενότητα της Τρίπολης**, την **Ενότητα της Πίνδου** και την **Ενότητα των Οφιολίθων-Οφιολιθικού Melange**. Κάθε μία από τις Ενότητες αυτές έχει διακεκριμένη λιθολογική δομή και τεκτονική ιστορία που αντανakλά το συγκεκριμένο τεκτονικό περιβάλλον γένεσης της καθώς και τη μετέπειτα εξελικτική της πορεία [9]

1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

1.2.1 Υδρολογική Λεκάνη Γεροπόταμου

ΓΕΝΙΚΑ

Η υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου καλύπτει μια έκταση 596 Km² και βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της νήσου Κρήτης, περίπου 50 Km νότια της πόλης του Ηρακλείου. Η πεδιάδα της Μεσσαράς αποτελεί την σημαντικότερη αγροτική περιοχή τη Κρήτης. Η πεδιάδα της Μεσσαράς αποτελεί επίσης την τοποθεσία όπου βρίσκονται το παλάτι του Μίνωα της Φαιστού καθώς επίσης και η Ρωμαϊκή πόλη της Γόρτυνας. 250 Km² περίπου της συνολικής έκτασης της πεδιάδας είναι καλλιέργειες. Η κύρια χρήση γης είναι η ανάπτυξη και καλλιέργεια της ελιάς (175 Km² περίπου) και η καλλιέργεια αμπελιών(40Km²). Η υπόλοιπη καλλιεργήσιμη έκταση χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια λαχανικών, φρούτων και δημητριακών. Η πεδιάδα της Μεσσαράς παραμένει μια αγροτική περιοχή με ένα μικρό πληθυσμό της τάξης των 40.000

κατοίκων. Η υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου έχει μεγάλη διακύμανση τοπογραφικών υψομέτρων, που εκτείνονται από μερικά μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας στον κάμπο της Μεσσαράς και ξεπερνούν τα 2000 μέτρα στο βόρειο, βορειοδυτικό υδροκρίτη όπου και το νότιο τμήμα του ορεινού όγκου του Ψηλορείτη. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης αυτής εκτιμάται στα 435 μέτρα.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η λεκάνη αυτή έχει μεγάλη γεωλογική πολυμορφία.

Η λεκάνη του Γεροπόταμου είναι μια ποταμογενής λεκάνη που καταλαμβάνει το δυτικό τμήμα της ομώνυμης τεκτονικής τάφρου (graben). Αποτελείται από Τεταρτογενείς (Πλειστοκαινικές) αποθέσεις κροκαλοπαγών και διασχίζεται από μια τάφρο αλλουβιακών ιζημάτων, πλάτους μερικών εκατοντάδων μέτρων και βάθους 100-200 μέτρων. Τόσο τα Πλειστοκαινικά όσο και τα αλλουβιακά ιζήματα περιέχουν σχετικά μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκου υλικού. Στα B-BA η λεκάνη οριοθετείται από μια ρηξιγενή ζώνη, διέυθυνσης Α-Δ, η οποία την χωρίζει από τους Μεσοζωικούς ανθρακικούς σχηματισμούς του ορεινού όγκου της Ίδης και από τα υπερκείμενα μαργαικά Μειοκαινικά ιζήματα, ενώ στα N-NA ορίζεται παρόμοια από μια ρηξιγενή ζώνη που την χωρίζει από τους σχηματισμούς των ανώτερων τεκτονικών καλυμμάτων (Ενότητα Πίνδου και οφιολικό σύμπλεγμα), της οροσειράς των Αστερουσίων, καθώς και από τα υπερκείμενα τους Μειοκαινικά ιζήματα. [9]. Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης χαρακτηρίζεται πυκνό, δενδρικού τύπου.

Χαρακτηριστική επίσης είναι η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδατικών διαθέσιμων της λεκάνης αυτής από γεωτρήσεις, (καθώς η κύρια πηγή άρδευσης αποτελούν τα υπόγεια νερά αφού το υδατικό δυναμικό των επιφανειακών νερών περιορίζεται τους χειμερινούς μήνες), από τις οποίες, κατά μια πρόσφατη εκτίμηση ο μέσος ετήσιος αντλούμενος όγκος νερού από το σύνολο της επιφάνειας της λεκάνης ανέρχεται σε 45 εκατομμύρια κυβικά περίπου.[9]

Γεωλογική – Υδρογεωλογική επισκόπηση

1.2.2 Η γεωλογική δομή της λεκάνης Γεροπόταμου

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί λοιπόν που δομούν την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης από τους παλαιότερους προς τους νεότερους είναι:

1. Οι Πλακώδεις ασβεστόλιθοι που είναι και η αυτόχθονη ενότητα πετρωμάτων της νήσου Κρήτης και δομούν τον κύριο κορμό του ορεινού όγκου του Ψηλορείτη.
2. Πάνω στους Πλακώδεις ασβεστόλιθους επικάθονται οι σχηματισμοί της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής Σειράς οι οποίοι δε βρίσκονται απαραίτητα σε όλη την έκταση των Πλακωδών ασβεστόλιθων.
3. Πάνω στους σχηματισμούς της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής Σειράς ή όπου απουσιάζουν, κατ' ευθείαν στους Πλακώδεις ασβεστόλιθους βρίσκονται επωθημένοι οι ανθρακικοί σχηματισμοί του τεκτονικού καλύμματος της γεωλογικής ζώνης της Τρίπολης και στη συνέχεια ο Φλύσχος της ίδιας γεωλογικής ζώνης.
4. Στη συνέχεια και πάνω στους σχηματισμούς της γεωλογικής ζώνης της Τρίπολης είναι επωθημένοι οι σχηματισμοί του τεκτονικού καλύμματος της γεωλογικής ζώνης της Πίνδου που αποτελούνται από εναλλαγές ανθρακικών σχηματισμών και Φλύσχη.
5. Πάνω στους σχηματισμούς της γεωλογικής Ζώνης της Πίνδου βρίσκονται επωθημένοι οι γεωλογικοί σχηματισμοί της ενότητας των Οφιολίθων-Κρυσταλλοσχιστωδών. Η ενότητα των πετρωμάτων αυτών αποτελεί και το ανώτερο τεκτονικό κάλυμμα το οποίο συμμετέχει στην γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής. Πρόκειται για ένα πολύμικτο τεκτονικό κάλυμμα που αποτελείται από οφιολίθους που συνδέονται άλλοτε με μεταμορφωμένα πετρώματα, αμφιβολίτες, γνεύσιους, σχιστόλιθους και άλλοτε με μη μεταμορφωμένα ιζήματα όπως ασβεστόλιθους και φλυσχοειδή. Η ονομασία των ονομάτων δόθηκε από τις περιοχές στις οποίες πρωτοεντοπίστηκε.

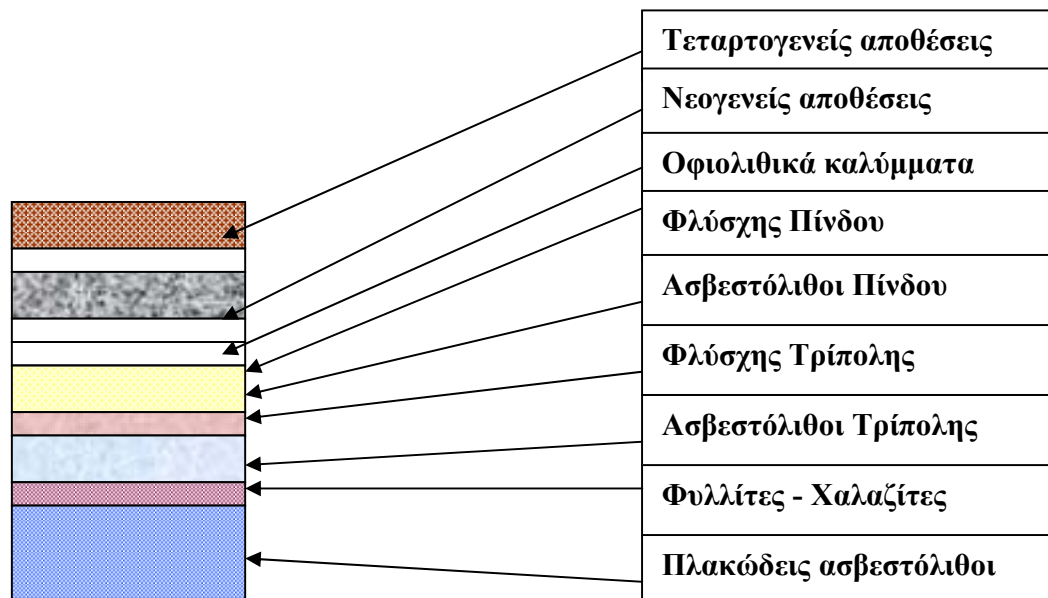
Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η επώθηση των αλλόχθονων ενοτήτων που αναφέραμε πιο πάνω, έγινε από το Κατώτερο Μειόκαινο πάνω στα αναδυθέντα πετρώματα της αυτόχθονης ενότητας των Πλακωδών ασβεστόλιθων. Από την επώθηση αυτή δημιουργήθηκαν μεγάλες ανομοιόμορφες λιθοστατικές πιέσεις, με αποτέλεσμα και τη δημιουργία διαφόρων πεδίων τάσεως. Έτσι δημιουργήθηκαν τεράστια ρήγματα με διευθύνσεις Α-Δ (Καμάρες – Ζαρός – Γέργερης, Καλοχωραφίτης – Σκούρβουλα – Λαλουμάς, Φανερωμένη – Ρουφάς, Λίσταρος – Πόμπια – Πλώρα) και Β-Ν. Παράλληλα προς τα ρήγματα αυτά, άλλα τεμάχη ανήλθαν και άλλα βυθίστηκαν με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός έντονου ανάγλυφου.

Πάνω στο ανάγλυφο αυτό αρχίζει έντονη διάβρωση των πετρωμάτων η οποία δίνει τα πρώτα αδρομερή υλικά και αρχίζει έτσι ο νέος κύκλος ιζηματογένεσης των νεογενών σχηματισμών που ανάλογα με την ηλικία τους παίρνουν και την ανάλογη ονομασία.

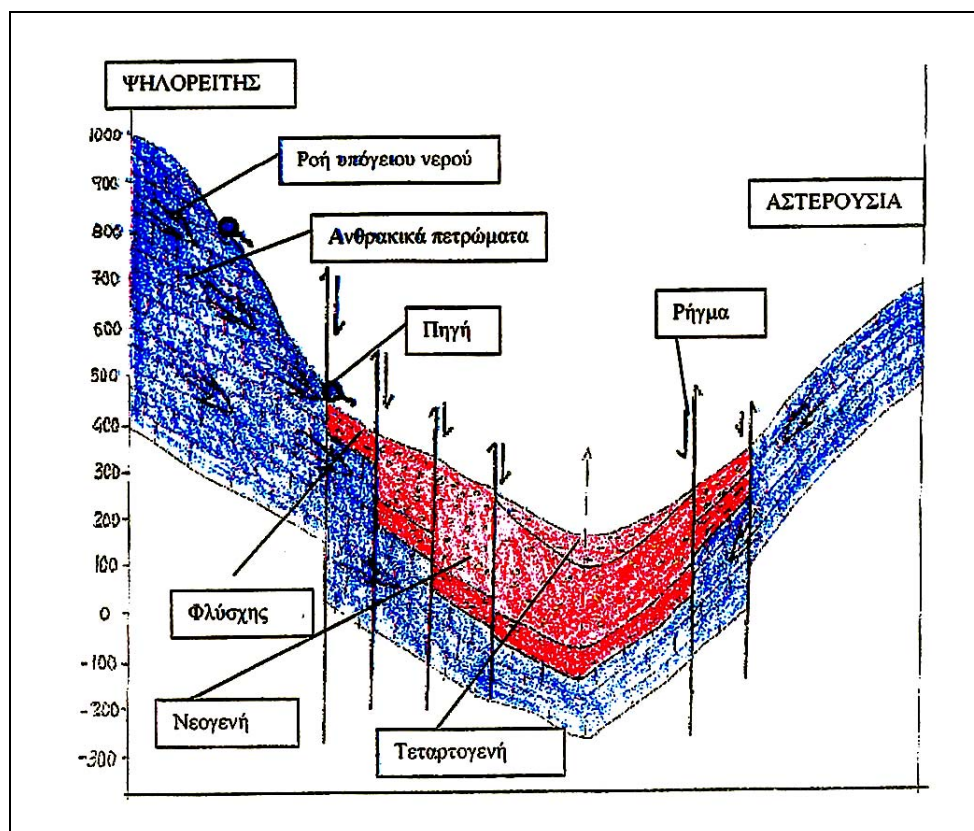
Κατά το Πλειστόκαινο η περιοχή παίρνει τη σημερινή μορφή της οπότε και άρχισε η εναπόθεση των τεταρτογενών ιζημάτων της λεκάνης Μεσσαράς [7]

Ακολουθούν δύο σχηματικές γεωλογικές δομές ενδεικτικές για την περιοχή

Σχηματική γεωλογική τομή Ι



«Υδρογεωλογική Μελέτη Περιοχής Δήμου Μοιρών του Νομού Ηρακλείου, Ι.Γ.Μ.Ε. Παράρτημα Κρήτης – Πολυχρονάκη Ανδριάνη, Ρέθυμνο, Μάρτιος 2000».

Σχηματική γεωλογική τομή II

«Υδρογεωλογική Μελέτη Περιοχής Δήμου Ζαρού του Νομού Ηρακλείου, Ι.Γ.Μ.Ε. Παράρτημα Κρήτης – Πολυχρονάκη Ανδριάνη, Ρέθυμνο, Αύγουστος 1999».

1.2.3 Υδρογεωλογία Λεκάνης Γεροπόταμου

Τα κύρια υδροφόρα στρώματα στη λεκάνη του Γεροπόταμου είναι οι Τεταρτογενείς αποθέσεις που περιλαμβάνουν: (1) κώνους κορημάτων και πλευρικά κορήματα, Ολοκαινικής ηλικίας, αποτελούμενα από λατύπες, ανθρακικής κυρίως σύστασης και ποικίλου μεγέθους, συγκολλημένες σε μεγάλο βαθμό με ερυθρογή. Οι κυριότερες εμφανίσεις τους βρίσκονται στις βόρειες πλευρές των Αστερουσίων και στις νότιες παρυφές του Ψηλορείτη και (2) ποταμιμαία, ερυθρά κροκαλοπαγή, άμμους, υλιολίθους και τεφροκύανα αργιλικά πετρώματα, Πλειστοκαινικής – Ολοκαινικής ηλικίας. Οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν πολύ καλή υδρογεωλογική συμπεριφορά κυρίως κατά μήκος του Γεροπόταμου και των μεγαλύτερων παραποτάμων του.

Οι Νεογενείς αποθέσεις που καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση στο κεντρικό τμήμα της τεκτονικής τάφρου (graben) έχουν γενικά περιορισμένη υδρογεωλογική σημασία με μικρή σχετικά δυναμικότητα. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται κυρίως από Πλειο-Πλειστοκαινικά, θαλάσσια, υφάλμυρα, ποτάμια και λιμνιαία, ερυθρά κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ερυθρές – κιτρινωπές ή τεφρές ιλυώδεις αργίλους με ενδιαστρώσεις μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Οι υδροφορίες στους σχηματισμούς αυτούς αναπτύσσονται στα κροκαλοπαγή και στις άμμους που επιτρέπουν στο νερό, λόγω του κοκκώδους χαρακτήρα τους, να κατεισδύει σε μεγάλο βάθος και να σχηματίζει υδροφόρους ορίζοντες στις επαφές με το αδιαπέρατο υπόβαθρο. Επίσης, υδροφόρα στρώματα είναι οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι που μέσω των πρωτογενών και δευτερογενών ρωγμών τους και των διακένων τους διηθούν το νερό σε βάθος.

Οι υπόγειες που αναπτύσσονται στα πρακτικώς αδιαπέρατα καλύμματα των οφιολίθων, των Αστερούσιων και του Βάτου, είναι μικρές και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες εξασθενούν αφού τροφοδοτούνται μόνο από τα κατεισδύοντα νερά της βροχής. Τοπικό ενδιαφέρον παρουσιάζει ο αποσαθρωμένος μανδύας αυτών των σχηματισμών, όπου μπορεί να αναπτυχθεί φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας.

Το τεκτονικό κάλυμμα της Πίνδου, στην περιοχή της λεκάνης Γεροπόταμου αντιπροσωπεύεται κυρίως από φλύσχη και ασβεστόλιθους. Ο φλύσχος είναι θεωρητικά αδιαπέρατος σχηματισμός αλλά, λόγω της ψαμμιτικής σύστασής του, σχηματίζει αποσαθρωμένο μανδύα, στον οποίο αναπτύσσεται φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας στην επαφή του με το υγιές πέτρωμα. Γενικά, στον σχηματισμό αυτό δεν υπάρχουν αξιόλογες υπόγειες υδροφορίες, ενώ είναι αυξημένη η επιφανειακή απορροή. Οι ασβεστόλιθοι χαρακτηρίζονται γενικά ως υδροπερατοί και οι υπόγειες υδροφορίες καθορίζονται από τον βαθμό καρστικοποίησης τους και τον κατακερματισμό τους.

Τέλος, από το τεκτονικό κάλυμμα της Τρίπολης επικρατεί ο πρακτικά αδιαπέρατος φλύσχος, κυρίως στις νότιες παρυφές της λεκάνης Γεροπόταμου, ο οποίος παρουσιάζει όμως ιδιαίτερο ενδιαφέρον επειδή υπέρκειται των πολύ υδροπερατών ανθρακικών σχηματισμών. Εκτεταμένες εμφανίσεις ασβεστόλιθων της ζώνης Τρίπολης βρίσκονται στο βόρειο τμήμα της λεκάνης, όπου μεγάλο μέρος του υδατικού τους δυναμικού εκφορτίζεται στην περιοχή Ζαρού – Γέργερης με πηγές σημαντικών παροχών.

Η περιοχή αυτή των νοτιοανατολικών παρυφών του Ψηλορείτη κυριαρχείται από τρεις μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες: Γέργερης – Ζαρού – Καμαρών, Καλοχωραφίτη – Σκουρβούλων – Λαλούμα και Βώρων – Φανερωμένης – Αμπελούζου. Η πρώτη, που είναι και σημαντικότερη, αποτελεί το νότιο όριο των ανθρακικών σχηματισμών και το βόρειο πέρας των Νεογενών και Τεταρτογενών αποθέσεων της κυρίως κοιλάδας του Γεροπόταμου. Επίσης, η ζώνη αυτή σε συνδυασμό με τις άλλες βυθίζει κλιμακωτά τα ανθρακικά πετρώματα με ρήγματα που έχουν άλματα της τάξης των 300m

Οι υδροφορίες του Ψηλορείτη διαπιστώθηκε ότι έχουν υδραυλικές κλίσεις με φορά από Βορρά προς Νότο αλλά η συνέχεια τους επηρεάζεται από την ρηξιγενή ζώνη Γέργερης – Ζαρού – Καμαρών. Στην περιοχή αυτή δημιουργούνται συνθήκες υπερπλήρωσης, αλλά συγχρόνως διατηρείται η υδραυλική επικοινωνία με το βυθιζόμενο ρηξιτέμαχος και τους Νεογενείς και Τεταρτογενείς σχηματισμούς. Αποτέλεσμα της υπερπλήρωσης των ανθρακικών πετρωμάτων είναι η εκδήλωση μεγάλων καρστικών πηγών στην Γέργερη ($200-250 \text{ m}^3/\text{h}$) και στο Ζαρό ($450-500 \text{ m}^3/\text{h}$) σε υψόμετρα 500-600m. Παράλληλα όμως με την εκφόρτιση του υπόγειου υδάτινου δυναμικού από τις πηγές, υπάρχει και η πιθανή πλευρική τροφοδοσία προς Νότο τόσο στο βυθιζόμενο ανθρακικό ρηξιτέμαχος όσο και στις Νεογενείς και Τεταρτογενείς, λόγω του υψηλού ενεργού πορώδους τους και της συμβολής των πλευρικών κορημάτων, τα οποία βοηθούν στην πλευρική μετάγγιση του υπόγειου νερού.

Ειδικότερα για τις πηγές η παρουσία των οποίων είναι ιδιαίτερα σημαντική στην περιοχή των νοτιοανατολικών παρυφών του Ψηλορείτη και κατ' επέκταση στην λεκάνη του Γεροπόταμου έχει γίνει διαχωρισμός τους σε τρεις μεγάλες ομάδες, ανάλογα με την γεωλογική δομή. Στην πρώτη ομάδα συγκαταλέγονται οι μεγάλες καρστικές πηγές της ρηξιγενούς ζώνης Γέργερης – Ζαρού – Καμαρών. Στην δεύτερη ομάδα περιλαμβάνονται οι πηγές που σχετίζονται με τα πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος και του φλύσχη της ζώνης Πίνδου και έχουν παροχές της τάξης λίγων m^3/h . Τέλος, στην τρίτη ομάδα ανήκουν όσες πηγές έχουν σχέση με τα υδροπερατά μέλη και τις γύψους των Νεογενών αποθέσεων (πηγές Πανασού) και παρουσιάζουν παροχές λίγων ως μερικών δεκάδων m^3/h . [9]

1.2.4 Παρατηρήσεις για τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα

Στην περιοχή έχουν διανοιχτεί πολλές γεωτρήσεις, με μεγάλο όγκο αντλήσεων και σύμφωνα με τα στοιχεία της ΥΕΒ (1992) παρατηρείται μεγάλη πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα στην υπολεκάνη των Μοιρών, καθώς και πιθανό πρόβλημα μόλυνσης του.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΥΕΒ για την πτώση στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα σε 13 γεωτρήσεις, που παρακολουθούνται συστηματικά, στην υπολεκάνη Μοιρών και σε 12 γεωτρήσεις στην περιοχή του χωριού Γκαγκάλες προκύπτουν οι ακόλουθες μέσες πτώσεις στάθμης, σε μέτρα (m), για τις αντίστοιχες περιοχές.

ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΜΟΙΡΕΣ	ΓΚΑΓΚΑΛΕΣ
Χειμώνας 1991-1992 (περίοδος υψηλής στάθμης)	1,75	3,27
Καλοκαίρι 1991-1992 (περίοδος χαμηλής στάθμης)	3,40	2,12

Η μέση ετήσια πτώση στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα για το διάστημα 1991-1992 σε ολόκληρη τη λεκάνη του Γεροπόταμου υπολογίζεται σε 2m περίπου.

Ο υδροφόρος ορίζοντας στη λεκάνη του Γεροπόταμου βρίσκεται σε μικρό βάθος και υπάρχουν ενδείξεις για την ύπαρξη ενός μη συνεχούς υδροφόρου συστήματος, λόγω της μορφολογίας και της πολυσύνθετης τεκτονικής της περιοχής. Ο υδροφόρος ορίζοντας στον πυθμένα της κοιλάδας του Γεροπόταμου κυμαίνεται κατά μέσο όρο σε βάθη λιγότερο του 1m έως 5m περίπου κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, ενώ στα υψηλότερα τμήματα της λεκάνης εμφανίζεται συνήθως σε βάθη 25-35m και σπανιότερα μέχρι τα 84m. Στις Πλειστοκαινικές και Νεογενείς αποθέσεις της υπολεκάνης των Μοιρών, το βάθος της υδροστατικής στάθμης βρίσκεται στα 5-36m και στις αντίστοιχες αποθέσεις της περιοχής του χωριού Γκαγκάλες, στα 12-50m. [9]

1.2.5 Κλιματολογικές συνθήκες

Οι κλιματολογικές συνθήκες ενός τόπου εξαρτώνται άμεσα από τους ανέμους, την εξάτμιση, ηλιοφάνεια, θερμοκρασία, υγρασία, χιονόπτωση, βροχή κ.λ.π. που επηρεάζουν και το υδατικό δυναμικό.

Άνεμοι

Στοιχεία ανέμων για την περιοχή δεν διαθέτουμε. Γενικά όμως μπορούμε να πούμε ότι στην Κρήτη λόγω της γεωγραφικής της θέσης πνέουν ισχυροί άνεμοι όλων των κατευθύνσεων.

Εξάτμιση

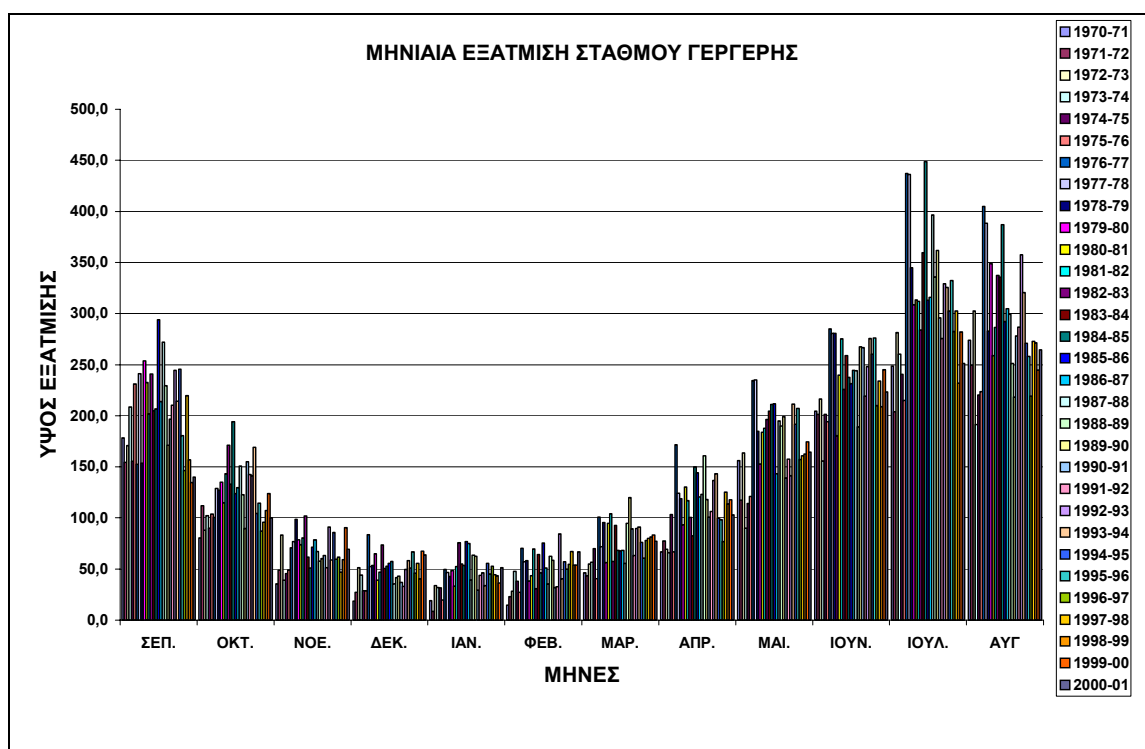
Τα στοιχεία που θα αναφέρουμε πιο κάτω αφορούν την δυνητική εξάτμιση της περιοχής (1970-2001) και ελήφθησαν από το εξατμισήμετρο της ΥΕΒ Ηρακλείου που λειτουργεί στην Γέργερη.

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΥΝΟΛΟ
1970-71	178,3	80,3	35,5	18,8	19,2	14,8	46,4	66,8	156,0	204,5	248,9	273,8	1343,3
1971-72	154,4	112,1	48,9	27,4	8,7	23,0	43,6	77,4	117,2	201,2	204,0	249,5	1267,4
1972-73	171,0	87,8	83,4	51,4	33,8	28,2	55,0	69,2	163,8	216,5	281,5	302,5	1544,1
1973-74	208,5	102,3	39,0	44,1	31,8	47,7	56,7	66,1	90,1	155,7	260,1	191,2	1293,3
1974-75	155,4	90,1	45,6	28,8	31,6	38,2	69,9	103,3	114,1	201,3	240,6	220,5	1339,4
1975-76	231,2	103,7	49,1	28,8	19,7	27,4	40,4	66,9	120,9	194,2	215,0	223,6	1320,9
1976-77	152,7	100,5	70,8	83,7	49,6	70,3	100,8	171,6	234,5	285,1	437,3	404,9	2161,8
1977-78	241,1	128,9	76,7	52,3	46,8	57,2	71,8	124,3	235,1	280,8	436,1	388,4	2139,5
1978-79	153,6	126,9	98,7	53,4	42,8	58,1	95,3	118,7	184,9	280,7	344,8	282,9	1840,8
1979-80	253,8	135,1	78,7	64,9	48,3	38,4	56,5	93,2	153,0	180,6	308,7	349,0	1760,2
1980-81	232,6	114,8	73,8	39,2	33,6	43,4	94,9	130,4	183,9	239,8	313,2	258,7	1758,1
1981-82	202,1	143,3	80,4	46,9	52,5	69,6	104,1	117,1	187,8	275,3	311,8	286,3	1877,2
1982-83	241,0	171,2	102,1	73,5	75,8	30,7	57,5	100,4	196,4	225,8	283,9	337,5	1895,7
1983-84	205,0	133,2	61,6	50,5	55,0	64,2	92,7	82,4	204,7	258,8	359,6	335,7	1903,4
1984-85	206,7	194,2	50,9	52,9	53,5	46,2	68,3	150,1	210,9	237,6	448,8	387,1	2107,1
1985-86	294,1	123,9	71,4	55,8	76,8	75,5	67,8	144,2	211,9	231,4	313,0	292,1	1957,9
1986-87	213,9	129,5	78,5	57,4	74,9	50,9	68,2	120,6	143,1	244,4	315,9	304,8	1802,1
1987-88	272,1	150,8	67,1	35,5	39,6	35,5	55,8	123,0	194,8	244,2	396,6	299,2	1914,2
1988-89	229,5	122,9	57,8	41,5	63,6	62,4	94,9	160,8	190,0	189,0	336,1	251,1	1799,6
1989-90	171,3	89,7	60,5	43,2	62,3	58,6	120,0	118,1	199,2	267,4	361,7	218,3	1770,3
1990-91	196,8	155,1	63,0	36,8	29,3	31,9	89,2	100,7	139,4	266,8	295,8	278,2	1683,0
1991-92	210,4	142,6	51,2	33,0	43,7	32,8	63,1	106,2	157,6	219,2	275,6	286,7	1622,1
1992-93	244,6	141,6	91,1	49,7	46,2	84,3	89,6	136,9	141,6	248,1	329,3	357,4	1960,4
1993-94	214,2	169,1	59,0	58,2	33,8	40,6	91,3	143,1	211,5	275,6	325,6	320,4	1942,4
1994-95	245,5	104,5	85,8	51,0	55,7	57,0	76,2	99,9	191,7	260,2	302,6	270,9	1801,0
1995-96	180,6	114,6	59,7	66,8	45,4	50,0	60,5	98,3	207,2	276,2	332,2	258,0	1749,5
1996-97	146,4	87,1	61,9	45,8	52,6	54,6	77,9	76,7	157,3	210,1	282,6	219,2	1472,2
1997-98	219,5	96,0	46,9	55,7	44,5	67,0	80,0	125,2	160,8	233,9	302,5	272,9	1704,9
1998-99	156,9	107,3	59,2	40,5	43,5	54,0	81,6	113,7	162,5	209,0	232,0	271,5	1531,7
1999-00	134,7	123,9	90,4	67,5	36,2	53,8	83,2	117,9	174,6	245,1	282,1	244,7	1654,1
2000-01	139,9	100,3	69,3	63,8	51,3	66,6	77,2	103,0	164,5	223,3	251,3	264,5	1575,0

M.O.	201,9	122,0	66,7	49,0	45,2	49,4	75,2	110,5	172,9	234,9	310,6	287,1	1725,6
-------------	--------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Τιμές μηνιαίας εξάτμισης για τα έτη 1970-2001 στον σταθμό Γέργερης

Από τον πίνακα 1 και το πιο κάτω σχετικό σχεδιάγραμμα (Γράφημα 1) φαίνεται ότι η μέγιστη δυνατική εξάτμιση παρατηρείται τους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο και η μικρότερη τους μήνες Δεκέμβρη-Ιανουάριο.



Γράφημα 1.1: Μηνιαία εξάτμιση σταθμού Γέργερης για τα έτη 1970-2001

Ηλιοφάνεια

Η ηλιοφάνεια γενικά στην Κρήτη άρα και στην περιοχή αυτή είναι από τις μεγαλύτερες στην Ελλάδα.

Θερμοκρασία

Στοιχεία θερμοκρασίας πήραμε από το σταθμό της ΥΕΒ Ηρακλείου που βρίσκεται τοποθετημένος από το 1978 στην Γέργερη.

Από τον Πίνακα 1.2 και 1.3 και τα σχετικά διαγράμματα (Γραφήματα 1.2 και 1.3) είναι φανερό ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες παρατηρούνται τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο και οι ελάχιστες τους μήνες Δεκέμβριο-Ιανουάριο.

ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

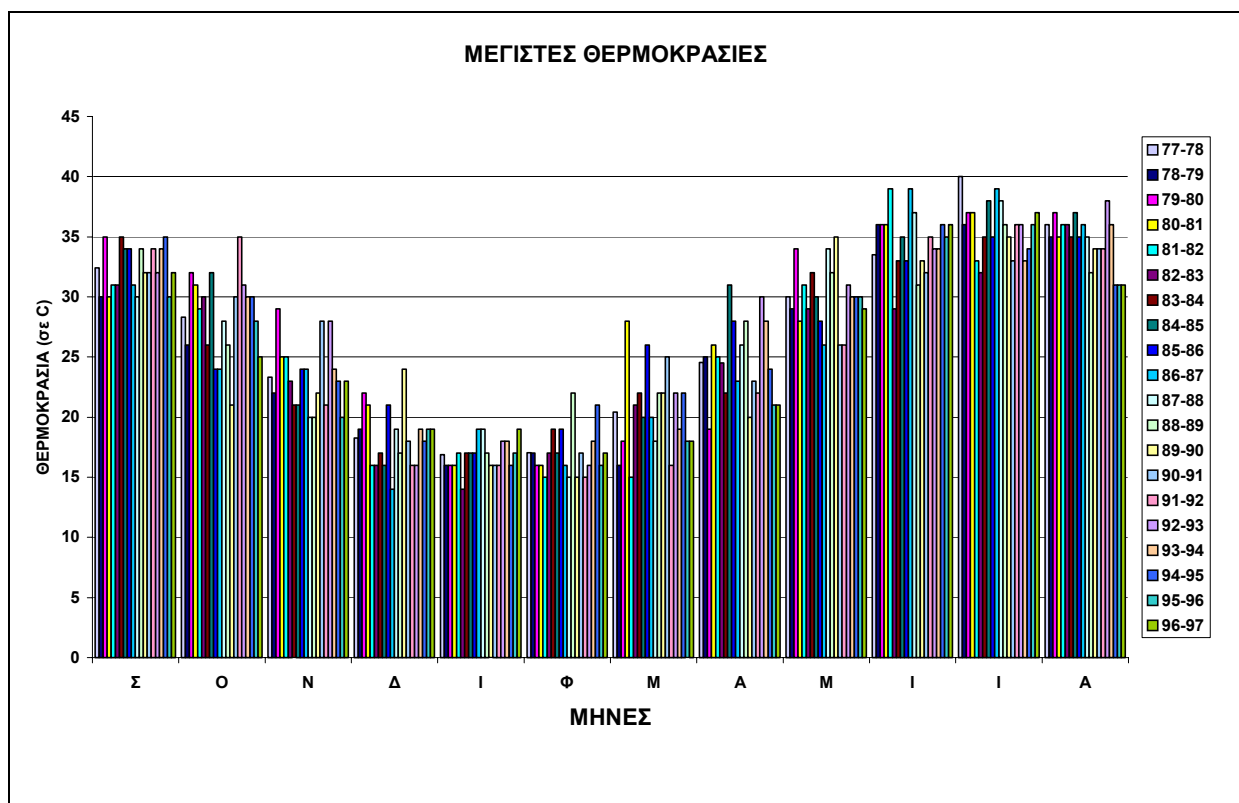
ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΤΟΥΣ
77-78	32	28	23	18	17	17	20	25	30	33,5	40	36	40
78-79	30	26	22	19	16	17	16	25	29	36	36	35	36
79-80	35	32	29	22	16	16	18	19	34	36	37	37	37
80-81	30	31	25	21	16	16	28	26	28	36	37	35	37
81-82	31	29	25	16	17	15	15	25	31	39	33	36	39
82-83	31	30	23	16	14	17	21	24,5	29	29	32	36	36
83-84	35	26	21	17	17	19	22	22	32	33	35	35	35
84-85	34	32	21	16	17	17	20	31	30	35	38	37	38
85-86	34	24	24	21	17	19	26	28	28	33	35	35	35
86-87	31	24	24	14	19	16	20	23	26	39	39	36	39
87-88	30	28	20	19	19	15	18	26	34	37	38	35	38
88-89	34	26	20	17	17	22	22	28	32	31	36	32	36
89-90	32	21	22	24	16	15	22	20	35	33	35	34	35
90-91	32	30	28	18	16	17	25	23	26	32	33	34	34
91-92	34	35	21	16	16	15	16	22	26	35	36	34	36
92-93	32	31	28	16	18	16	22	30	31	34	36	38	38
93-94	34	30	24	19	18	18	19	28	30	34	33	36	36
94-95	35	30	23	18	16	21	22	24	30	36	34	31	36
95-96	30	28	20	19	17	16	18	21	30	35	36	31	36
96-97	32	25	23	19	19	17	18	21	29	36	37	31	37
Μ.Ο	32	28	23	18	17	17	20	25	30	35	36	35	36

Πίνακας 1.2: Μέγιστες θερμοκρασίες σταθμού Γέργερης

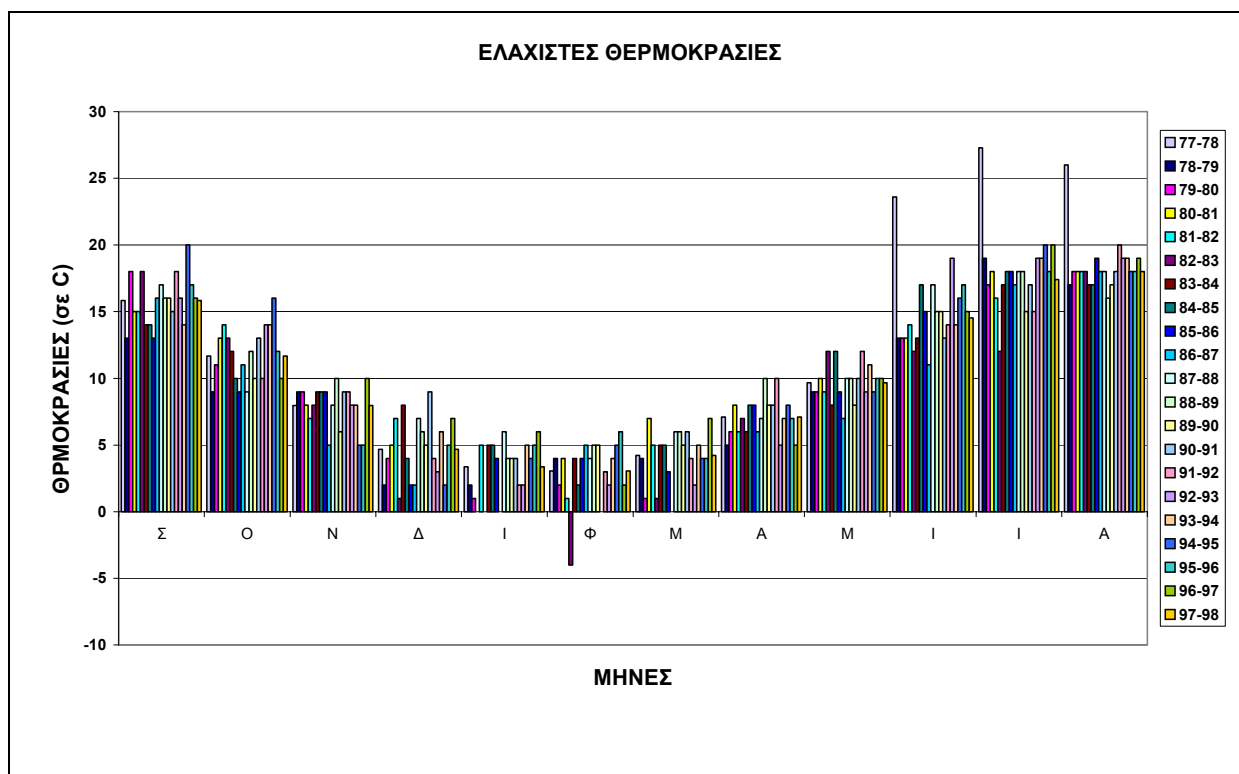
ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

ΥΑΡ. ΕΤΟΣ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΤΟΥΣ
77-78	16	12	8	5	3	3	4	7	10	23,6	27,3	26	3
78-79	13	9	9	2	2	4	4	5	9	13	19	17	2
79-80	18	11	9	4	1	2	1	6	9	13	17	18	1
80-81	15	13	8	5	0	4	7	8	10	13	18	18	0
81-82	15	14	7	7	5	1	5	6	9	14	16	18	1
82-83	18	13	8	1	0	-4	1	7	12	12	12	18	-4
83-84	14	12	9	8	5	4	5	6	8	13	17	17	4
84-85	14	10	9	4	5	2	5	8	12	17	18	17	2
85-86	13	9	9	2	4	4	3	8	9	15	18	19	2
86-87	16	11	5	2	0	5	0	6	7	11	17	18	0
87-88	17	9	8	7	6	4	6	7	10	17	18	18	4
88-89	16	12	10	6	4	5	6	10	10	15	18	16	4
89-90	16	10	6	5	4	5	5	8	8	15	15	17	4
90-91	15	13	9	9	4	0	6	8	10	13	17	18	0
91-92	18	10	9	4	2	3	4	10	12	14	15	20	2
92-93	16	14	8	3	2	2	2	5	9	19	19	19	2
93-94	14	14	8	6	5	4	5	7	11	14	19	19	4
94-95	20	16	5	2	4	5	4	8	9	16	20	18	2
95-96	17	12	5	5	5	6	4	7	10	17	18	18	4
96-97	16	10	10	7	6	2	7	5	10	15	20	19	2
M.O	16	12	8	5	3	3	4	7	10	15	17	18	3

Πίνακας 1.3: Ελάχιστες θερμοκρασίες σταθμού Γέργερης



Γράφημα 1.2: Μέγιστες θερμοκρασίες σταθμού Γέργερης για τα έτη 1977-1997



Γράφημα 1.3: Ελάχιστες θερμοκρασίες σταθμού Γέργερης για τα έτη 1977-1997

Υγρασία Γενικά στο νησί η υγρασία παρουσιάζει μεγάλες τιμές, ενώ δεν πέφτει κάτω του 50%. Ειδικά στην λεκάνη της Μεσσαράς έχουμε αυξημένη υγρασία.

Βρογή

Η μελέτη και η επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων έχει μεγάλη σημασία στον καθορισμό του υδατικού δυναμικού και ισοζυγίου γιατί είναι ο κύριος παράγοντας τροφοδοσίας του υδρογραφικού δικτύου κάθε περιοχής είτε με τη μορφή επιφανειακής είτε υπόγειας.

Τα στοιχεία βροχόπτωσης που επεξεργαστήκαμε βασίζονται στις τιμές που πήραμε από τα βροχόμετρα της ΥΕΒ Ηρακλείου που βρίσκονται τοποθετημένα στις περιοχές **Ζαρός, Βορίζια, Γέργερη, Μορώνι, Αγ.Βαρβάρα, Πόμπια, Βαγιωνιά, Λαγόλιο, Αγ. Κύριλλος, Ασήμι, Καπετανιανά**, για τη χρονική περίοδο 1970-2001

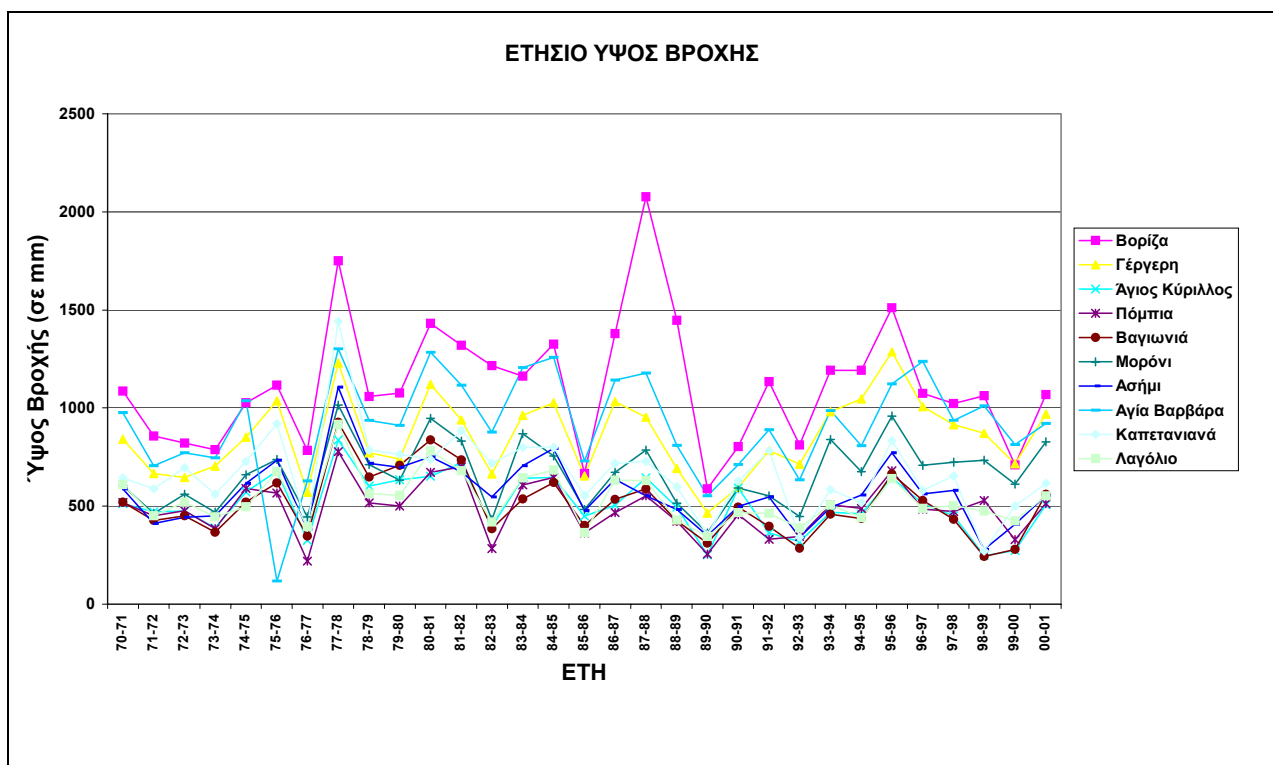
A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	ΥΨΟΜΕΤΡΑ ΣΤΑΘΜΩΝ	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ
1	ΖΑΡΟΣ	500	782,3
2	ΒΟΡΙΖΙΑ	520	1114,9
3	ΓΕΡΓΕΡΗ	450	853,3
4	ΜΟΡΩΝΙ	400	664,9
5	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	570	914,9
6	ΠΟΜΠΙΑ	150	487
7	ΒΑΓΙΩΝΙΑ	190	505,7
8	ΛΑΓΟΛΙΟ	140	535
9	ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ	450	507,6
10	ΑΣΗΜΙ	200	570,9
11	ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	800	668,2

Πίνακας 1.4: Βροχομετρικοί σταθμοί εντός της λεκάνης, υψόμετρο θέσης, και μέσο ετήσιο ύψος βροχής

Από τον Πίνακα 1.4 διαφαίνεται ότι ο μέσος όρος του ετήσιου ύψους βροχής για τις 31 βροχομετρικές περιόδους είναι για το ορεινό τμήμα της λεκάνης 668,2mm ενώ για το πεδινό 535mm.

ΥΑΡ. ΕΤΟΣ	Ζαρός	Βορίζα	Γέργερη	Άγ. Κύριλλος	Πόμπια	Βαγιωνιά	Μορόνι	Ασήμι	Αγ.Βαρβάρα	Καπετανιανά	Λαγόλιο
70-71	901,1	1086,4	841,5	511,5	517,4	520,6	604	588	975,9	644,4	610,6
71-72	619	857,9	665,6	470,8	450,1	426,6	462	410,6	705,1	588,6	450
72-73	645	821,3	646,1	474,6	476,1	450	561	442,6	772,1	696,1	520,3
73-74	628	788,2	704,2	389,6	385	366,4	468	450	746,3	560,1	444,4
74-75	838	1027,7	852	572,7	589,5	520	660	615,5	1037,5	727,7	496,5
75-76	902	1116,4	1036	676,9	566,5	618,4	738	734,5	117,1	918,1	676
76-77	593	784,3	569,5	325,8	218,5	347,5	445	380,5	628,7	393,2	394,4
77-78	1301	1751	1230	837,7	777	926,6	1014	1105,5	1301	1441,2	916,4
78-79	795	1058,4	772,5	601,8	515,8	647	711	717,5	937	784,8	564,9
79-80	673	1076,5	739,5	634,5	499,5	708,2	631	697,5	911,9	762,9	554,6
80-81	1109	1430,9	1120	651,8	672,5	836,6	947	751,5	1283,7	737,6	782,4
81-82	964	1318,8	939,5	721,6	699	736	831	673,5	1116,7	885	680,7
82-83	688	1216,2	664,5	397,4	282,5	384	430,2	546,8	877,1	717,9	417,7
83-84	878	1162,4	962,5	642,8	607,9	535,8	869	706	1205,9	800	644,3
84-85	957	1326,1	1026,5	645,8	646,5	619,2	754,8	792,5	1257,6	799,7	683,4
85-86	499	665,5	653,5	448,9	363	399,8	482	475,5	730,5	554,5	365,8
86-87	742	1380,1	1033,4	504	466	534	672,7	636,5	1141,6	716,8	632,6
87-88	933	2076,8	952,5	643,8	553	588,9	786	552,5	1179,1	727,5	630,8
88-89	648,2	1446,4	692	494,3	423,5	424,6	514,5	481,5	810	597,4	429,1
89-90	416,5	588,1	465	251,1	255	310,7	363	349,5	551,8	352	344,8
90-91	592,2	803,5	596,5	592,1	456	494,5	592	499	711,9	627,8	465,9
91-92	726,7	1133,6	784	363,3	330,5	395,9	552	546,5	888,5	781	462,5
92-93	590,5	811,5	713	318,6	344,5	284,5	446	341,6	634,4	341,8	388,1
93-94	942	1192,5	981,2	468,7	505,9	458,9	838,4	492,5	987	584,7	506,2
94-95	950	1192,5	1047,3	460,8	488,7	436,9	675,8	556,6	808,3	518,3	440,1
95-96	1109	1511,5	1286,3	644,7	679,9	663	959,1	772,3	1122,9	834,2	639,1
96-97	945,5	1073,6	1006,1	512,7	483,5	527,5	708,5	562,2	1237,8	580,7	488,1
97-98	854	1023,5	915,9	451	472,2	432,5	722,7	579,5	937	653,5	502,9
98-99	372,5	1063	871,8	247,5	528,6	243,2	733,7	279,6	1011	270,6	474,3
99-00	604,9	710,6	714,8	272,2	328,9	278,7	612,1	406,4	814	500,6	425,4
00-01	835,3	1067,7	968,7	507	512,9	561	828	553,4	921,5	616,2	551,8
M.O.	782,335	1114,932	853,2871	507,6129032	486,9645	505,7258	664,92	570,89	914,8677419	668,2225806	534,971

Πίνακας 1.5: Μέση ετήσια βροχόπτωση σε mm για τους 11 σταθμούς εντός της λεκάνης απορροής για 30 χρόνια μελέτης.



Γράφημα 1.4: Ετήσιο ύψος βροχής για τα έτη 1970-2001.

1.3 Υδρολογική λεκάνη Γιοφύρου

1.3.1 Γεωλογική – Υδρογεωλογική επισκόπηση

Η υδρολογική λεκάνη του Γιοφύρου καλύπτει μια έκταση περίπου 183 km² και βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του νομού Ηρακλείου. Έχει μήκος 25 km κατά την διεύθυνση Β-Ν και ενώ στις νότιες ορεινές περιοχές έχει το μέγιστο πλάτος της (17 Km), στην χαμηλή ζώνη παρουσιάζει τα μικρότερα πλάτη με ελάχιστο κοντά στην εκβολή.

Η υδρολογική λεκάνη του Γιοφύρου δεν έχει μεγάλη διακύμανση τοπογραφικών υψομέτρων καθώς το μέγιστο υψόμετρο φτάνει τα 860m και το ελάχιστο 30 μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης εκτιμάται στα 360m ενώ η μέση κατά μήκος κλίση της 0,22.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι μορφολογικά η λεκάνη απορροής που μελετάμε μπορεί να διακριθεί σε δύο τμήματα: το λοφώδες-ημιορεινό και το πεδινό.

Σχετικά με την γεωλογική σύσταση της περιοχής παρατηρούμε ότι πρόκειται για προσχωσιγενή εδάφη με υψηλό ποσοστό αργιλικού υλικού. Σποραδικά συναντώνται σε μικρές περιοχές αμμοχάλικα, κορίματα, λατυπαγή, πηλός και θίνες δηλαδή ηπειρωτικές αποθέσεις. Στην περιοχή έχουν αναπτυχθεί διάφορες καλλιέργειες και συναντώνται δασώδεις εκτάσεις.[9]

Η λεκάνη του Γιοφύρου περιλαμβάνει δύο υπολεκάνες, της Φοινικιάς και της Μεγάλης Βρύσης.

Υπολεκάνη Φοινικιάς

Η προσχωσιγενής υπολεκάνη της Φοινικιάς καταλαμβάνει το βόρειο μισό της λεκάνης του Γιοφύρου και διαρρέεται σε όλο το μήκος της από τον ομώνυμο ποταμό, ο οποίος έχει δημιουργήσει μια παραποτάμια ζώνη αλλουβιακών αποθέσεων, (κυρίως από χαλαρά κροκαλοπαγή), το εύρος της οποίας κυμαίνεται μεταξύ 1,0 και 1,5 Km. Η υπόλοιπη λεκάνη καλύπτεται από τις λεύκες και ανοικτόφαιες μάργες του σχηματισμού της Φοινικιάς, που περικλείουν εκτεταμένα στρώματα γύψου, καθώς και από τοπικές, περιορισμένης έκτασης εμφανίσεις μαργαϊκών ασβεστολίθων.

Η κύρια υδροφορία τη υπολεκάνης αναπτύσσεται στις Τερτατογενείς αποθέσεις, όπου ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε βάθος από 8-52m. Η μέση ετήσια πτώση της υδροστατικής στάθμης του είναι μικρή και κυμαίνεται από $\Delta H = 0,48\text{m}$ για τον χειμώνα έως $\Delta H = 0,53\text{ m}$ για το καλοκαίρι, όπως προκύπτει από τα στοιχεία των συστηματικών παρατηρήσεων της ΥΕΒ σε 7 γεωτρήσεις της περιοχής.

Εκτός όμως από τις αλλουβιακές αποθέσεις, σημαντικό υδρογεωλογικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι γύψοι, ιδιαίτερα όταν είναι κατακερματισμένοι, οπότε στην περίπτωση αυτή δίνουν παροχές της τάξης των $50\text{-}100\text{m}^3/\text{h}$. Η τροφοδοσία των γυψούχων στρωμάτων, στις θέσεις που αυτά εμφανίζονται επιφανειακά, γίνεται από τα νερά της βροχής και τα υδάτινα ρεύματα, ενώ στις περιοχές όπου οι γύψοι είναι ενταφιασμένοι στις αδιαπέρατες μάργες πρέπει η τροφοδοσία τους να γίνεται υπόγεια.

Ακόμη, τοπικής σημασίας υδροφορία αναπτύσσεται στους μαργαϊκούς ασβεστολίθους, όπου στην περιοχή του Αγ. Σύλλα αναβλύζουν πηγές (με παροχές 10-12 m³/h) στην επαφή τους με τις αδιαπέρατες μάργες και τις αργίλους. Τέλος, στο βορειότερο τμήμα της υπολεκάνης, ο υπερβολικά μεγάλος αριθμός των υφιστάμενων γεωτρήσεων, έχει δημιουργήσει προβλήματα υφαλμύρινσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.[9]

Υπολεκάνη Μεγάλης Βρύσης

Η υπολεκάνη της Μεγάλης Βρύσης καταλαμβάνει το νότιο μισό της λεκάνης του Γιοφύρου και αποτελείται κυρίως από Νεογενείς αποθέσεις και περιορισμένης έκτασης, εμφανίσεις φλύσχη της ζώνης Πίνδου καθώς και από ασβεστόλιθους και φλύσχη της ζώνης Τρίπολης. Στις Νεογενείς αποθέσεις, υδροφορίες αναπτύσσονται μόνο στους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, οι οποίοι ανάλογα με τη μορφολογία του ανάγλυφου δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες εμφάνισης τυρβών στην επαφή τους με το αδιαπέρατο μαργαϊκό-αργλικό υπόβαθρο, όπως στην περιοχή του χωριού Βενεράτο. Επίσης σημαντικοί υδροφόροι ορίζοντες απαντούν και στα στρώματα γύψων που βρίσκονται με τη μορφή ενδιαστρώσεων μέσα στους μαργαϊκούς ασβεστολίθους. Ακόμη στους πρακτικά αδιαπέρατους σχηματισμούς των μαργών όπου επικρατούν οι ενδιαστρώσεις των κροκαλοπαγών και των ψαμιτών, δημιουργούνται φρεάτιοι υδροφόροι ορίζοντες, κυρίως στις κοίτες των υδάτινων ρευμάτων από όπου εμπλουτίζονται με νερό στους χειμερινούς μήνες. Το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα στις Νεογενείς αποθέσεις κυμαίνεται από 4-52m.

Εκτός από τους μαργαϊκούς ασβεστολίθους υδροφορίες αναπτύσσονται και στα κατακερματισμένα ανθρακικά πετρώματα της ζώνης Τρίπολης, τα οποία όμως, λόγω της περιορισμένης έκτασης τους στο νοτιο-δυτικό τμήμα της λεκάνης και δεδομένου ότι ένα ποσοστό της υδροφορίας τους εκφορτίζεται μέσω μιας πηγής κοντά στο Βενεράτο δεν περικλείουν υδροφόρους ορίζοντες μεγάλης δυναμικότητας. Τέλος, στον σχηματισμό του φλύσχη τόσο της ζώνης Πίνδου όσο και της ζώνης Τρίπολης αναπτύσσονται μικροί, τοπικής σημασίας, φρεάτιοι υδροφόροι ορίζοντες όταν τα ψαμμιτικά στρώματα του σχηματισμού βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια.

Στην υπολεκάνη Μεγάλης Βρύσης δεν παρατηρείται πτώσης στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα αλλά μικρής ανύψωση του, γεγονός που ερμηνεύεται από την πιθανή ύπαρξη πλούσιας πλευρικής τροφοδοσίας των υδροφορέων, με αποτέλεσμα την ικανοποιητική αναπλήρωση των ρυθμιστικών αποθεμάτων τους. Η μέση ετήσια μεταβολή της υδροστατικής στάθμης όπως προκύπτει από τα στοιχεία 3 γεωτρήσεων που παρακολουθούνται συστηματικά από την ΥΕΒ, κυμαίνεται από $\Delta H = 0,25\text{m}$ για τον χειμώνα έως $\Delta H = 0,19\text{m}$ για το καλοκαίρι.[9]

1.3.2 Κλιματολογικές συνθήκες

Οι κλιματολογικές συνθήκες ενός τόπου εξαρτώνται άμεσα από τους ανέμους, την εξάτμιση, ηλιοφάνεια, θερμοκρασία, υγρασία, χιονόπτωση, βροχή κ.λ.π. που επηρεάζουν και το υδατικό δυναμικό.

Άνεμοι

Στοιχεία ανέμων για την περιοχή δεν διαθέτουμε. Γενικά όμως μπορούμε να πούμε ότι το βόρειο τμήμα του νομού Ηρακλείου δέχεται κυρίως Βόρειους και Βορειο-δυτικούς ανέμους.

Θερμοκρασία: Στοιχεία θερμοκρασίας πήραμε από το σταθμό της ΥΕΒ Ηρακλείου που είναι τοποθετημένος στη Φοινικιά. Η εξέταση πραγματοποιήθηκε για τα έτη 1970-1997.

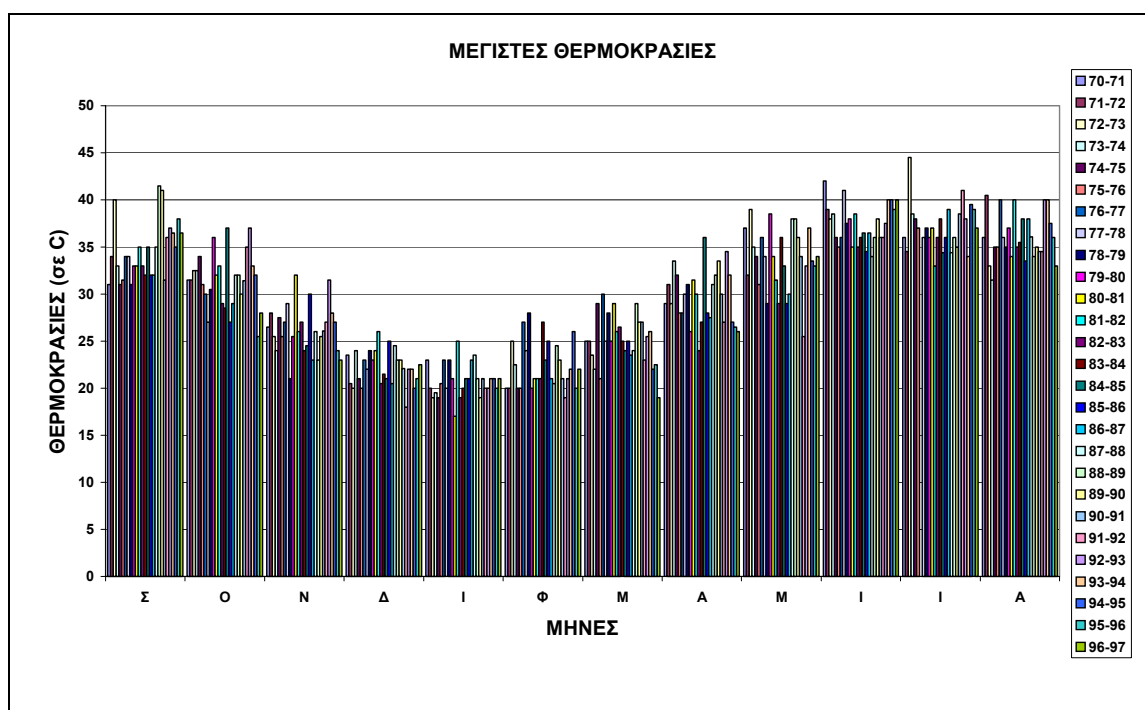
Από τον Πίνακα 1.6 και 1.7 και τα σχετικά διαγράμματα (Γραφήματα 1.4 και 1.5) είναι φανερό ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες παρατηρούνται τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο και οι ελάχιστες τους μήνες Ιανουάριο-Φεβρουάριο.

ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	Σ	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΤΟΥΣ
70-71	31	31,5	26,5	23,5	23	20	25	29	37	42	36	36	42
71-72	34	31,5	28	20,5	20	20	25	31	32	39	34,5	40,5	40,5
72-73	40	32,5	25,5	20	19	25	23,5	29	39	38	44,5	33	44,5
73-74	33	32,5	24	24	19,5	22,5	22	33,5	35	38,5	38,5	31,5	38,5
74-75	31	34	27,5	21	19	20	29	32	34	36	38	35	38
75-76	31,5	31	25,5	20	20,5	20	21	28	31	35	37	35	37
76-77	34	30	27	23	23	27	30	28	36	36		40	40
77-78	34	27	29	22	20	24	25	30	34	41	36	36	41
78-79	31	30,5	21	24	23	28	28	31	29	37,5	37	35	37,5
79-80	33	36	25,5	23	21	20	25	26	38,5	38	36	37	38,5

80-81	33	32	32	24	17	21	29	31,5	34	35	37	34	37
81-82	35	33	26	26	25	21	26	30	31,5	38,5	33	40	40
82-83	33	29	27	20,5	19	21	26,5	24	29	35	36	35	36
83-84	32	28,5	24	21,5	20	27	25	27	36	36	38	35,5	38
84-85	35	37	24,5	21	21	23	24	36	33	36,5	34,4	38	38
85-86	32	27	30	25	21	25	25	28	29	34,5	36	33,5	36
86-87	32	29	23	20,5	23	21	23,5	27,5	30	36,5	39	38	39
87-88	35	32	26	24,5	23,5	20,5	24	31	38	34	34,4	36,1	38
88-89	41,5	32	23	23	21	24,5	29	32	38	36	36	34	41,5
89-90	41	30	25,5	23	19	23	27	33,5	36	38	35	35	41
90-91	31,5	31,4	26,1	22,1	21	21	27	30	34	36	38,5	34,5	38,5
91-92	36	35	27	18	20	19	23	27	25,5	36	41	34,5	41
92-93	37	37	31,5	22	20	21	25,5	34,5	33	37,5	38	40	40
93-94	36,5	33	28	22	21	22	26	32	37	40	34	40	40
94-95	35	32	27	20	21	26	22	27	33,5	40	39,5	37,5	40
95-96	38	25,5	24	21	20	20	22,5	26,5	33	39	39	36	39
96-97	36,5	28	23	22,5	21	22	19	26	34	40	37	33	40
M.O.	34,5	31,4	26,2	22,1	20,8	22,4	25,1	29,7	33,7	37,4	37,1	36,1	37,4

Πίνακας 1.6: Μέγιστες θερμοκρασίες σταθμού Φοινικιάς για τα έτη 1970-1997



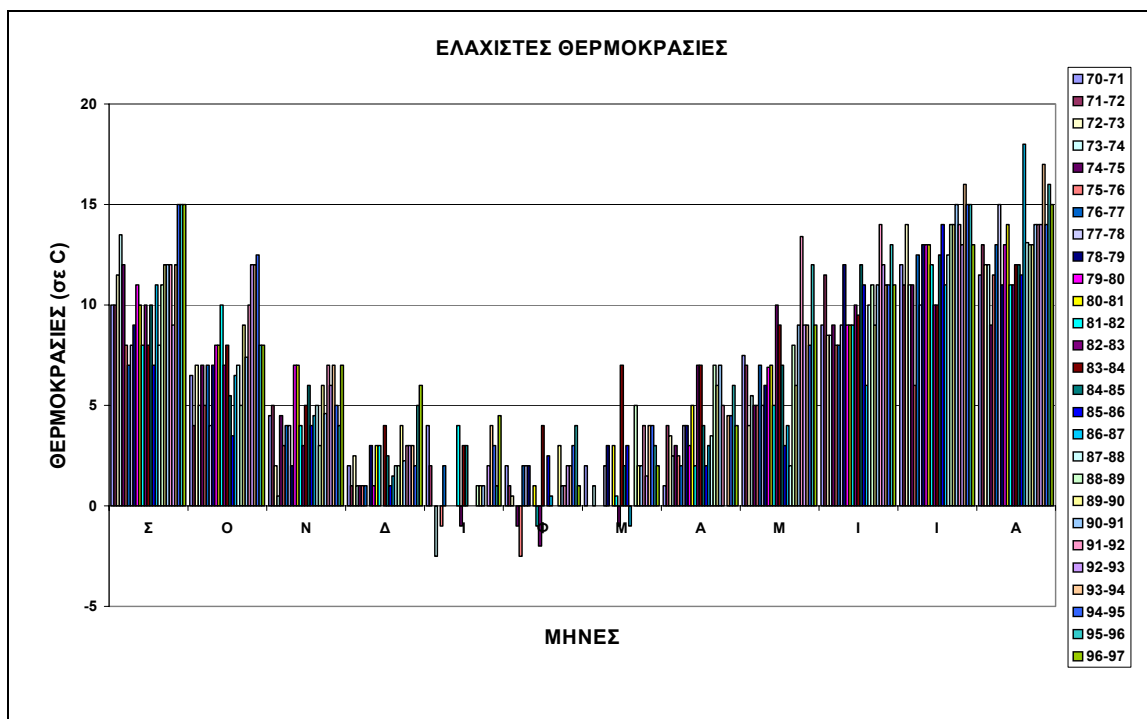
Γράφημα 1.4 : Μέγιστες θερμοκρασίες σταθμού Φοινικιάς ετών 1970-1997

ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	Σ	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΤΟΥΣ
70-71	10	6,5	4,5	2	4	2	2	1	7,5	9	12	11,5	1
71-72	10	4	5	1	2	1	0	4	7	11,5	11	13	0
72-73	11,5	7	2	2,5	0	0,5	0	3,5	4	8,5	14	12	0

73-74	13,5	5	0,5	1	-2,5	0	1	2,5	5,5	8,5	11	12	-2,5
74-75	12	7	4,5	1	0	-1	0	3	5	9	11	9	-1
75-76	8	5	3	1	-1	-2,5	0	2,5	5	8	6	11,5	-2,5
76-77	7	7	4	1	2	2	0	2	7	8	12,5	13	0
77-78	8	4	4	0	0	2	2	4	5	9	10	15	0
78-79	9	7	2	3	0	2	3	4	6	12	13	11	0
79-80	11	8	7	1	0	0	0	3	6,9	9	13	13	0
80-81	10	8	7	3	0	1	3	5	7	9	13	14	0
81-82	8	10	4	3	4	-1	0,5	2	5	9	12	11	-1
82-83	10	7	3	0	-1	-2	-1	7	10	10	10	11	-2
83-84	8	8	5	4	3	4	7	7	9	9,5	10	12	3
84-85	10	5,5	6	2,5	3	0	2	4	7	12	12,5	12	0
85-86	7	3,5	4	1	0	2,5	3	2	3	11	14	11,5	0
86-87	11	6,5	4,5	1,5	0	0,5	-1	3	4	6	11	18	-1
87-88	8	7	5	2	0	0	0	3,5	2	10	12,5	13,1	0
88-89	11	5	3	2	1	0	5	7	8	11	14	13	0
89-90	12	9	6	4	1	3	2	6	6	9	14	13	1
90-91	12	7,4	4,6	2,25	1	1	2	7	9	11	15	14	1
91-92	12	10	7	3	0	1	4	5	13,4	14	14	14	0
92-93	9	12	6	3	2	2	1,5	0	9	12	13	14	0
93-94	12	12	7	3	4	2	4	4,5	9	11	16	17	2
94-95	15	12,5	5	2	3	3	4	4,5	8	11	15	14	2
95-96	15	8	4	5	1	4	3	6	12	13	15	16	1
96-97	15	8	7	6	4,5	1	2	4	9	11	13	15	1
M.O.	10,56	7,40	4,61	2,25	1,15	1,04	1,81	3,96	7,01	10,07	12,50	13,10	0,07

Πίνακας 1.7:Ελάχιστες θερμοκρασίες σταθμού Φοινικιάς για τα έτη 1970-1997



Γράφημα 1.5 : Ελάχιστες θερμοκρασίες σταθμού Φοινικιάς ετών 1970-1997

Υγρασία Γενικά στο νησί η υγρασία παρουσιάζει μεγάλες τιμές, ενώ δεν πέφτει κάτω του 50%.

Εξάτμιση. Η λεκάνη του Γιόφυρου δεν διαθέτει σταθμό μέτρησης της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής.

Βρογή Η μελέτη και η επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων έχει μεγάλη σημασία στον καθορισμό του υδατικού δυναμικού και ισοζυγίου γιατί είναι ο κύριος παράγοντας τροφοδοσίας του υδρογραφικού δικτύου κάθε περιοχής είτε με τη μορφή επιφανειακής είτε υπόγειας.

Τα στοιχεία βροχόπτωσης που επεξεργαστήκαμε βασίζονται στις τιμές που πήραμε από τα βροχόμετρα της ΥΕΒ Ηρακλείου που βρίσκονται τοποθετημένα στις περιοχές **Φοινικιά, ΥΕΒ Ηρακλείου, Αγ. Βαρβάρα, Προφ. Ηλίας** για τη χρονική περίοδο 1975-2001.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΙ	ΥΨΟΜΕΤΡΑ ΣΤΑΘΜΩΝ	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ
1	ΦΟΙΝΙΚΙΑ	40	744,2
2	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	15	483,3
3	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	570	965,9
4	ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	380	789,9

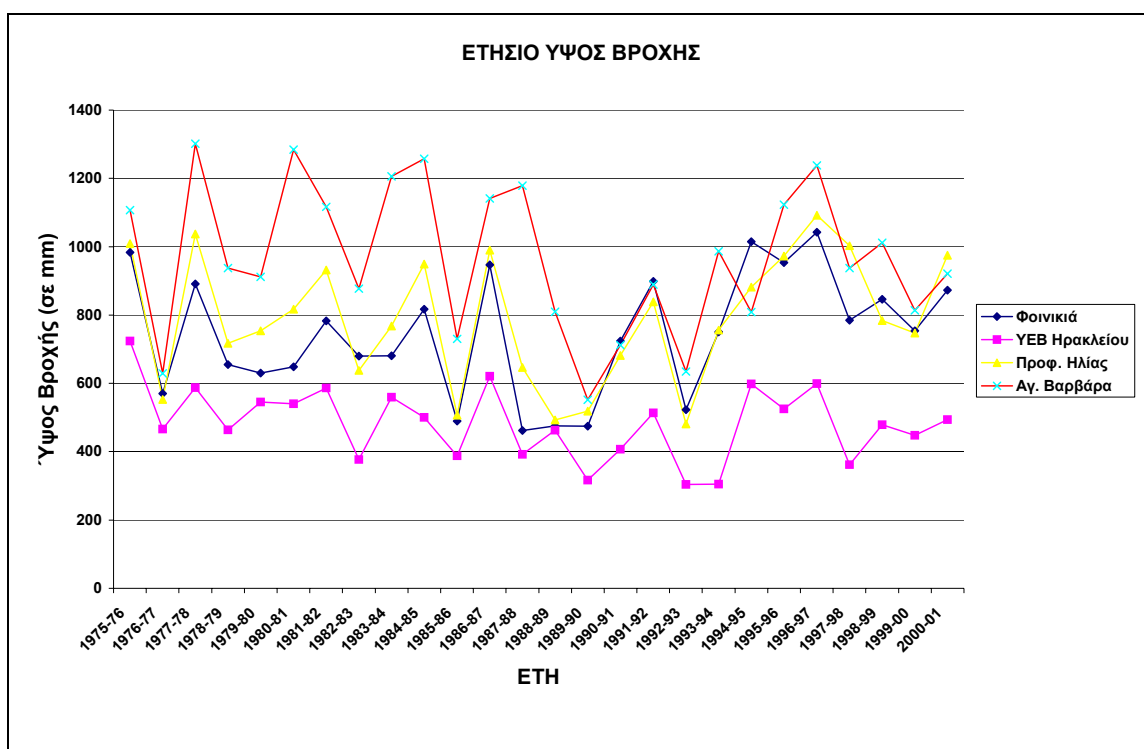
Πίνακας 1.8: Βροχομετρικοί σταθμοί εντός της λεκάνης, υψόμετρο θέσης, και μέσο ετήσιο ύψος βροχής

Από τη μελέτη του παραπάνω πίνακα προκύπτει για το πεδινό τμήμα της λεκάνης βροχόπτωση ίση με 483,3mm ενώ για το ορεινό τμήμα 965,9.

Έτος	Ηρακλείου	Προφ. Ηλίας	ΦΟΙΝΙΚΙΑ	Αγία Βαρβάρα
75-76	724,1	1009	983	117,1
76-77	465,7	552,4	570	628,7
77-78	587,1	1036,8	891	1301
78-79	464,3	717,2	654,6	937
79-80	545,7	753,5	630	911,9
80-81	540,4	817,2	649	1283,7
81-82	586,7	932,3	782,5	1116,7
82-83	377,2	637,7	679,5	877,1

83-84	559,5	767,9	680,5	1205,9
84-85	500,4	948,6	816,5	1257,6
85-86	387,3	506,4	490	730,5
86-87	620,6	990	947	1141,6
87-88	392,1	646	462	1179,1
88-89	463	492,7	475,5	810
89-90	316,4	518,3	474,5	551,8
90-91	407,1	681,5	724	711,9
91-92	513,4	838	898,5	888,5
92-93	303,9	480,9	523	634,4
93-94	304,4	755,7	750,1	987
94-95	598,2	881,2	1014,7	808,3
95-96	525,5	972,9	953,2	1122,9
96-97	599,3	1092,1	1042,1	1237,8
97-98	362	1003,2	785	937
98-99	479,1	784	846	1011
99-00	447,2	747,2	753,8	814
00-01	494,2	975	872,7	921,5
M.O.	483,26	789,91	744,18	927,85

Πίνακας 1.9: Μέση ετήσια βροχόπτωση για τους 4 σταθμούς εντός της λεκάνης απορροής του Γιόφυρου για τη περίοδο 1975-2001



Γράφημα 1.6 : Ετήσιο ύψος βροχής για τα έτη 1975-2001

1.4 Χλωρίδα

Η κρητική χλωρίδα είναι ενδιαφέρουσα, πλούσια και σημαντική. Αποτελείται από 1.706 φυτά (αυτοφυή) εκ των οποίων 178 θεωρούνται αποκλειστικά ενδημικά της περιοχής και επιπλέον 38 ανήκουν στην ευρύτερη περιοχή Κρήτης-Καρπάθου, δηλαδή δεν βρίσκονται πουθενά αλλού στον πλανήτη. Αν και η κρητική χλωρίδα θεωρείται μία από τις πιο μελετημένες της περιοχής της Μεσογείου, είναι σίγουρο ότι επιφυλάσσει εκπλήξεις στους νέους ερευνητές. Το ανάγλυφο της περιοχής, δύσβατες ορεινές περιοχές και φαράγγια που ακόμα δεν έχουν ερευνηθεί ανατρέπουν τα δεδομένα για τον αριθμό και την κατανομή των φυτικών ειδών στο νησί. Ο πλούτος της χλωρίδας της Κρήτης γίνεται περισσότερο αντιληπτός αν ληφθεί υπόψη ότι σε μια έκταση 8.306τ.χλμ., που αντιπροσωπεύει περίπου το 6% της συνολικής έκτασης του ελληνικού χώρου, απαντάται το 28% περίπου του συνόλου των γνωστών φυτών της ελληνικής χλωρίδας. Ο πλούτος αυτός αποδίδεται στη γεωγραφική θέση, στη γεωλογική ιστορία και στην ποικιλία των βιοτόπων (οικοτόπων) του νησιού. Κάποια από τα ενδημικά φυτά της Κρήτης είναι το δίκταμο, ο έβενος και η αμπελιτσιά.

1.5 Πανίδα

Οι πολλοί και διαφορετικοί οικοτόποι που συναντώνται στο Ν. Ηρακλείου δημιουργούν ιδανικές συνθήκες (απομονωμένα φαράγγια με ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες, απότομες ορεινές πλαγιές με μηδαμινή την ανθρώπινη επίδραση) για την εμφάνιση ενδημικών ειδών, όπως ο ακανθοπόντικος, ο κρητικός ασβός, το κρητικό κουνάβι, η κρητική νυφίτσα ή καλογιαννού και το κρητικό αγριοκούνελο. Ο ακανθοπόντικας είναι ένα μικρόσωμο τρωκτικό, χρώματος γκρι-καφέ και έντονα αγκαθωτό (μήκος αγκαθιών δέκα περίπου χιλιοστά) στη ραχιαία περιοχή. Τρέφεται με σπόρους και άλλα φυτικά υλικά, σαλιγκάρια και αρθρόποδα, αλλά γενικά δεν υπάρχουν αναλυτικά στοιχεία, καθώς πρόκειται για σπάνιο είδος και έχουν βρεθεί ελάχιστα δείγματα. Το αγριοκούνελο είναι ένα σπάνιο είδος με εξάπλωση στα νησιά Θοδωρού και Δία. Το μήκος του σώματος μαζί με το κεφάλι είναι 30-40cm και το μήκος της ουράς 60-70mm. Το σώμα του έχει χρώμα κίτρινο-γκρίζο με καφέ, και κόκκινο-καφέ αποχρώσεις. Η νήσος Δία θεωρείται σημαντική περιοχή για την αύξηση του πληθυσμού των κρητικών αγριοκάτσικων ή κρι-κρι, καθώς έγινε εισαγωγή ατόμων από την περιοχή της Σαμαριάς. Όμως οι διασταυρώσεις με κατοικίδια κατσίκια αλλοίωσαν τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού (υβριδικά άτομα), ο οποίος απειλείται με εξαφάνιση, καθώς ολόκληρο το οικοσύστημα της νήσου απειλείται με κατάρρευση, λόγω της υπερβόσκησης. Τα τελευταία χρόνια υπήρξαν σοβαρές προσπάθειες από

τη Διεύθυνση Δασών του Ν. Ηρακλείου να απομακρύνει τα κρι-κρι και τα υβριδικά άτομα, με σκοπό την ανάκαμψη της βλάστησης και την επανεισαγωγή καθαρόαιμων ειδών. Γενικά, οι ακτές του Ν. Ηρακλείου αποτελούν σημαντικούς βιότοπους για τη θαλάσσια χελώνα *Caretta caretta*, ενώ έχει αναφερθεί αρκετές φορές και η παρουσία της μεσογειακής φώκιας *Monachus monachus*.

Αρκετές περιοχές του Νομού Ηρακλείου έχουν χαρακτηριστεί Σημαντικές Περιοχές για τα Πουλιά (ΣΠΠ). Τα όρη Ιδη ή Ψηλορείτης, Κόφινας, Γιούχτας και η νήσος Δία είναι σημαντικές περιοχές για αρκετά είδη, όπως τα αρπακτικά πουλιά, καθώς αναπαράγονται εκεί ο γυπαετός, το όρνιο, ο χρυσαετός, ο σπιζαετός και ο πετρίτης, αλλά και η νησιωτική πέρδικα και η κοκκινοκαλιακούδα, ενώ το καλοκαίρι εμφανίζεται και ο μαυροπετρίτης.

2.ΒΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

2.1Βροχόπτωση

Για την ανάλυση της βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια και ετήσια βροχομετρικά δεδομένα από 15 συνολικά βροχομετρικούς σταθμούς.

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε και η ψηφιακή καταχώρηση των ημερήσιων βροχομετρικών δεδομένων των 15 σταθμών για την περίοδο 1973-2001.

Όλοι οι σταθμοί ανήκουν στην ΥΕΒ Ηρακλείου.

Το υδρολογικό έτος αρχίζει την 1/9 και τελειώνει 31/8 του επόμενου έτους.

Για την υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου οι βροχομετρικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου
Αγία Βαρβάρα
Άγιος Κύριλλος
Ασήμι
Βαγιωνιά
Βορίζια
Γέργερη
Ζαρός
Καπετανιανά
Λαγολιό
Μορόνι
Πόμπια

Για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου οι βροχομετρικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου
Φοινικιά
ΥΕΒ Ηρακλείου
Προφήτης Ηλίας
Αγ. Βαρβάρα

2.2 Επιφανειακή Απορροή

Για την ανάλυση της επιφανειακής απορροής χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια και ετήσια δεδομένα παροχής χειμάρρων από 4 υδρομετρικούς σταθμούς μέτρησης απορροής χειμάρρων.

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε και η ψηφιακή καταχώρηση των ημερήσιων δεδομένων απορροής των 4 χειμάρρων για την περίοδο 1973-2001.

Όλοι οι σταθμοί ανήκουν στην ΥΕΒ Ηρακλείου.

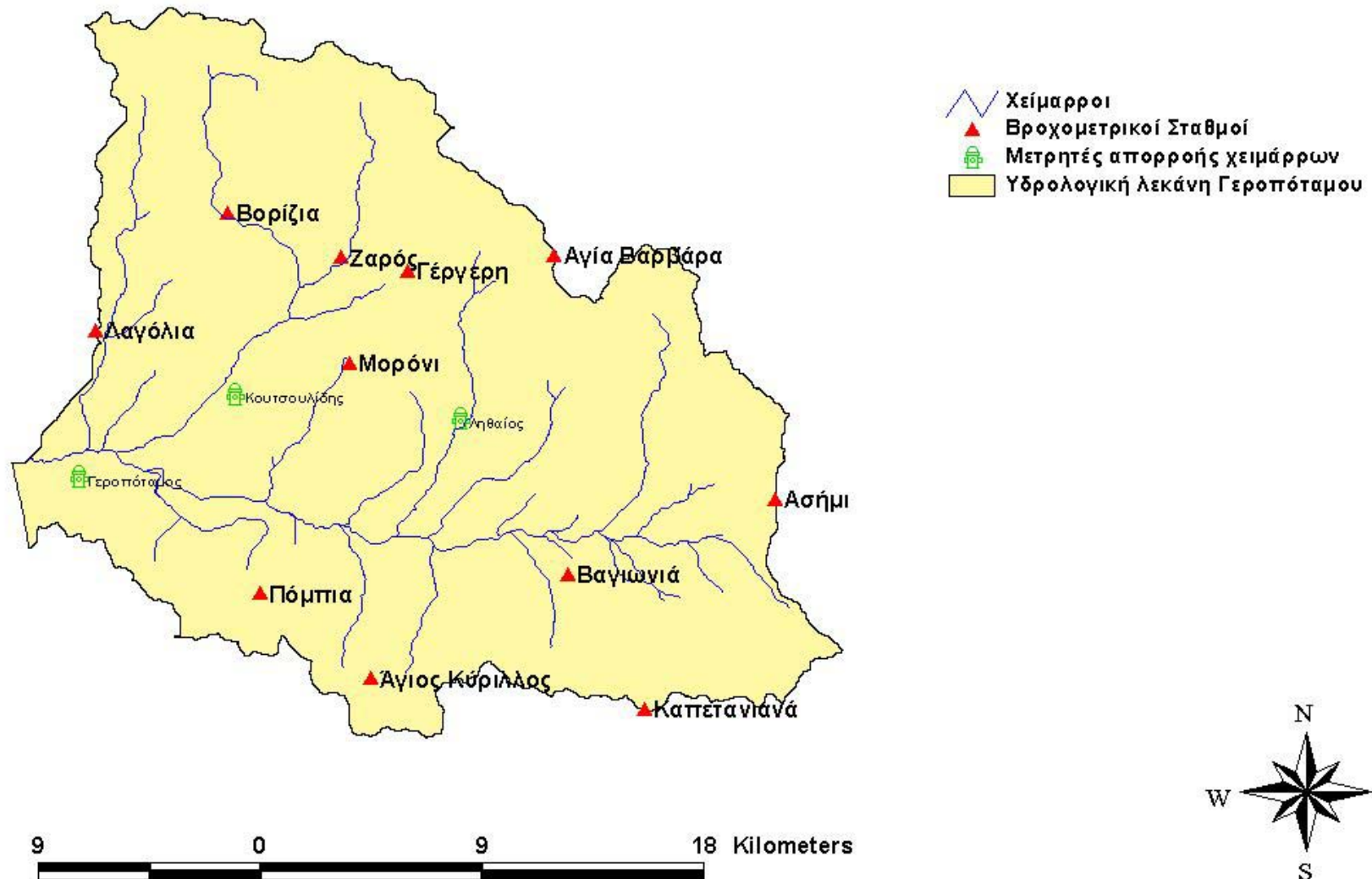
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι χείμαρροι ανά υδρολογική λεκάνη τα δεδομένα των οποίων χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική:

Υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου
Γεροπόταμος
Κουτσουλίδης
Ληθαίος

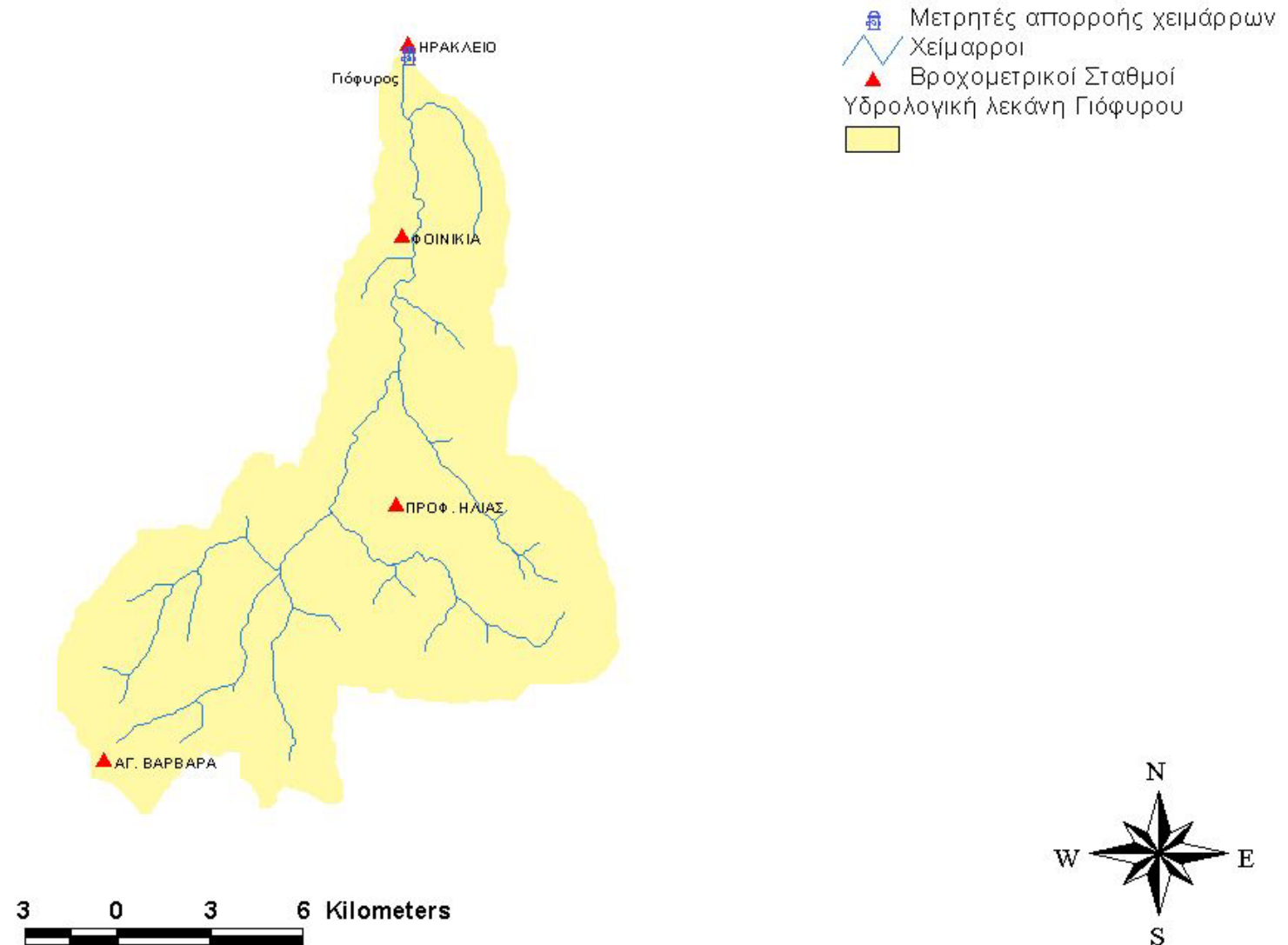
Υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου
Γιόφυρος

Στη συνέχεια παρατίθεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των βροχομετρικών και υδρομετρικών σταθμών για κάθε υδρολογική λεκάνη.

Υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου



Υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου



3.ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

3.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ

Πολλές φορές, όταν πρόκειται για υδρολογικές μελέτες μεγάλης (υπερδεκαετούς διάρκειας), παρατηρείται ανομοιογένεια στα μετρούμενα ύψη βροχής ενός ή και περισσότερων σταθμών. Η ανομοιογένεια αυτή οφείλεται είτε σε αλλαγή του φυσικού περιβάλλοντος γύρω από το βροχόμετρο (κατασκευή κτηρίων, ανάπτυξη βλάστησης) είτε σε μετακίνηση του, είτε σε αλλαγή παρατηρητή. Έτσι μπορεί να εισάγονται σφάλματα και γι' αυτό χρειάζεται έλεγχος της ομοιογένειας των δεδομένων.

Ο έλεγχος της ομοιογένειας των δεδομένων μας πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο των διπλών αθροιστικών καμπύλων. Βιβλιογραφικά αναφέρουμε ότι ο έλεγχος ομοιογένειας μπορεί να γίνει με διάφορες δοκιμές (tests) όπως το V-test κλπ. Υπάρχουν ακόμη δοκιμές για τη διαπίστωση «συνιστωσών τάσεων», περιοδικότητας κλπ.

Η μέθοδος των διπλών αθροιστικών καμπύλων είναι μια γραφική μέθοδος ελέγχου των δεδομένων η οποία επιλέχτηκε γιατί είναι σχετικά σύντομη και αποτελεσματική στον εντοπισμό τέτοιου είδους ανωμαλιών.

Σε ορθογώνιο σύστημα αξόνων γίνεται προβολή των αθροιστικών ετήσιων υψών βροχής του κάθε σταθμού (σταθμός που ελέγχεται) συναρτήσει των μέσων ετήσιων αθροιστικών υψών βροχής του συνόλου των υπολοίπων σταθμών οι οποίοι αποτελούν τους σταθμούς βάσης. Ο έλεγχος ομοιογένειας γίνεται σε κοινή περίοδο λειτουργίας των σταθμών. Με τον τρόπο αυτό λαμβάνεται πλήθος διαγραμμάτων διπλών αθροιστικών καμπύλων, όσο και ο αριθμός των υπό εξέταση σταθμών που ελέγχονται.

Αναγκαία προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου είναι ο υψηλός βαθμός γραμμικής συσχέτισης μεταξύ του σταθμού που εξετάζεται και του/των σταθμών βάσης. Σε αυτή την περίπτωση τα σημεία διατάσσονται κατά μήκος της κεντροβαρούς ευθείας που υπολογίζεται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Στην αντίθετη περίπτωση παρατηρείται μια θλάση της ευθείας σε ένα ή και περισσότερα σημεία, πράγμα το οποίο ερμηνεύεται ως διαφορετικές συνθήκες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις του υπό εξέταση σταθμού.

Για τη διόρθωση των ετήσιων βροχομετρικών υψών συνήθως θεωρούνται αξιόπιστες οι πιο πρόσφατες μετρήσεις και η διόρθωση γίνεται στο παλιότερο υποσύνολο. Η διόρθωση γίνεται με πολλαπλασιασμό επί ένα συντελεστή αναγωγής που προκύπτει ως ο λόγος των κλίσεων των δύο ευθύγραμμων τμημάτων της διπλής αθροιστικής καμπύλης.

$$A = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Στην περίπτωση της υδρολογικής λεκάνης Γεροπόταμου ο έλεγχος ομοιογένειας πραγματοποιήθηκε και για τους έντεκα βροχομετρικούς σταθμούς τους οποίους εξετάζουμε, για την χρονική περίοδο 1970-1997.

Στην περίπτωση της υδρολογικής λεκάνης του Γιόφυρου ο έλεγχος ομοιογένειας πραγματοποιήθηκε και για τους τέσσερις σταθμούς που εξετάζουμε, για την χρονική περίοδο 1975-2001.

Στον Πίνακα 6.4 και στον Πίνακα 6.7 παρατίθενται τα ετήσια ύψη βροχής των έντεκα σταθμών του Γεροπόταμου και των τεσσάρων σταθμών του Γιόφυρου για την κοινή χρονική περίοδο λειτουργίας τους.

Στους Πίνακες 6.5, 6.6, 6.8, 6.9 παρατίθενται τα αθροιστικά ετήσια ύψη βροχής κάθε σταθμού καθώς και τα μέσα ετήσια αθροιστικά ύψη βροχής για τον έλεγχο κάθε σταθμού για κάθε υδρολογική λεκάνη αντίστοιχα.

Με βάση τους παραπάνω πίνακες κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα της διπλής αθροιστικής καμπύλης.

Από τα την παρατήρηση των διαγραμμάτων της διπλής αθροιστικής καμπύλης για κάθε σταθμό παρατηρούμε ότι παρουσιάζεται πολύ καλή ομοιογένεια για όλους τους σταθμούς καθώς ο συντελεστής συσχέτισης προκύπτει μεγαλύτερος του 0.9. Έτσι, δεν χρειάστηκε να προχωρήσουμε σε διόρθωση ετερογένειας κάποιου σταθμού.

ΕΤΟΣ	ΖΑΡΟΣ	ΒΟΡΙΖΑ	ΓΕΡΓΕΡΗ	ΑΣΗΜΙ	ΑΓ. ΚΥΡΙΑΛΛΟΣ	ΠΟΜΠΙΑ	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	ΒΑΓΙΩΝΙΑ	ΛΑΓΟΛΙΟ	ΜΟΡΟΝΙ
70-71	901,1	1086,4	841,5	588	511,5	517,4	975,9	644,4	520,6	610,6	604
71-72	619	857,9	665,6	410,6	470,8	450,1	705,1	588,6	426,6	450	462
72-73	645	821,3	646,1	442,6	474,6	476,1	772,1	696,1	450	520,3	561
73-74	628	788,2	704,2	450	389,6	385	746,3	560,1	366,4	444,4	468
74-75	838	1027,7	852	615,5	572,7	589,5	1037,5	727,7	520	496,5	660
75-76	902	1116,4	1036	734,5	676,9	566,5	117,1	918,1	618,4	676	738
76-77	593	784,3	569,5	380,5	325,8	218,5	628,7	393,2	347,5	394,4	445
77-78	1301	1751	1230	1105,5	837,7	777	1301	1441,2	926,6	916,4	1014
78-79	795	1058,4	772,5	717,5	601,8	515,8	937	784,8	647	564,9	711
79-80	673	1076,5	739,5	697,5	634,5	499,5	911,9	762,9	708,2	554,6	631
80-81	1109	1430,9	1120	751,5	651,8	672,5	1283,7	737,6	836,6	782,4	947
81-82	964	1318,8	939,5	673,5	721,6	699	1116,7	885	736	680,7	831
82-83	688	1216,2	664,5	546,8	397,4	282,5	877,1	717,9	384	417,7	430,2
83-84	878	1162,4	962,5	706	642,8	607,9	1205,9	800	535,8	644,3	869
84-85	957	1326,1	1026,5	792,5	645,8	646,5	1257,6	799,7	619,2	683,4	754,8
85-86	499	665,5	653,5	475,5	448,9	363	730,5	554,5	399,8	365,8	482
86-87	742	1380,1	1033,4	636,5	504	466	1141,6	716,8	534	632,6	672,7
87-88	933	2076,8	952,5	552,5	643,8	553	1179,1	727,5	588,9	630,8	786
88-89	648,2	1446,4	692	481,5	494,3	423,5	810	597,4	424,6	429,1	514,5
89-90	416,5	588,1	465	349,5	251,1	255	551,8	352	310,7	344,8	363
90-91	592,2	803,5	596,5	499	592,1	456	711,9	627,8	494,5	465,9	592
91-92	726,7	1133,6	784	546,5	363,3	330,5	888,5	781	395,9	462,5	552
92-93	590,5	811,5	713	341,6	318,6	344,5	634,4	341,8	284,5	388,1	446
93-94	942	1192,5	981,2	492,5	468,7	505,9	987	584,7	458,9	506,2	838,4
94-95	950	1192,5	1047,3	556,6	460,8	488,7	808,3	518,3	436,9	440,1	675,8
95-96	1109	1511,5	1286,3	772,3	644,7	679,9	1122,9	834,2	663	639,1	959,1
96-97	945,5	1073,6	1006,1	562,2	512,7	483,5	1237,8	580,7	527,5	488,1	708,5

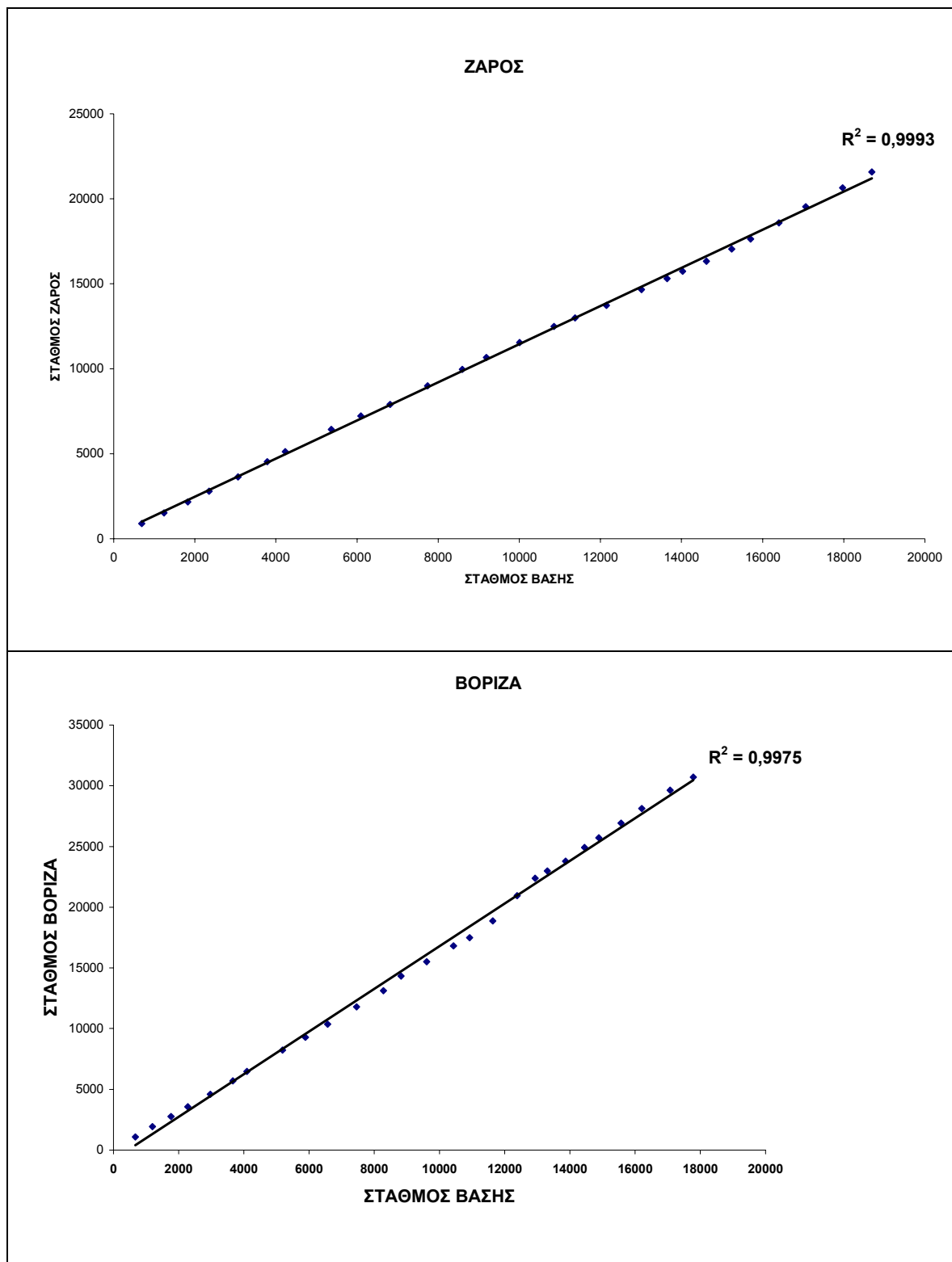
Πίνακας 6.4:Ετήσια ύψη βροχής των έντεκα σταθμών της υδρολογικής λεκάνης Γεροπόταμου για την περίοδο 1973-1997.

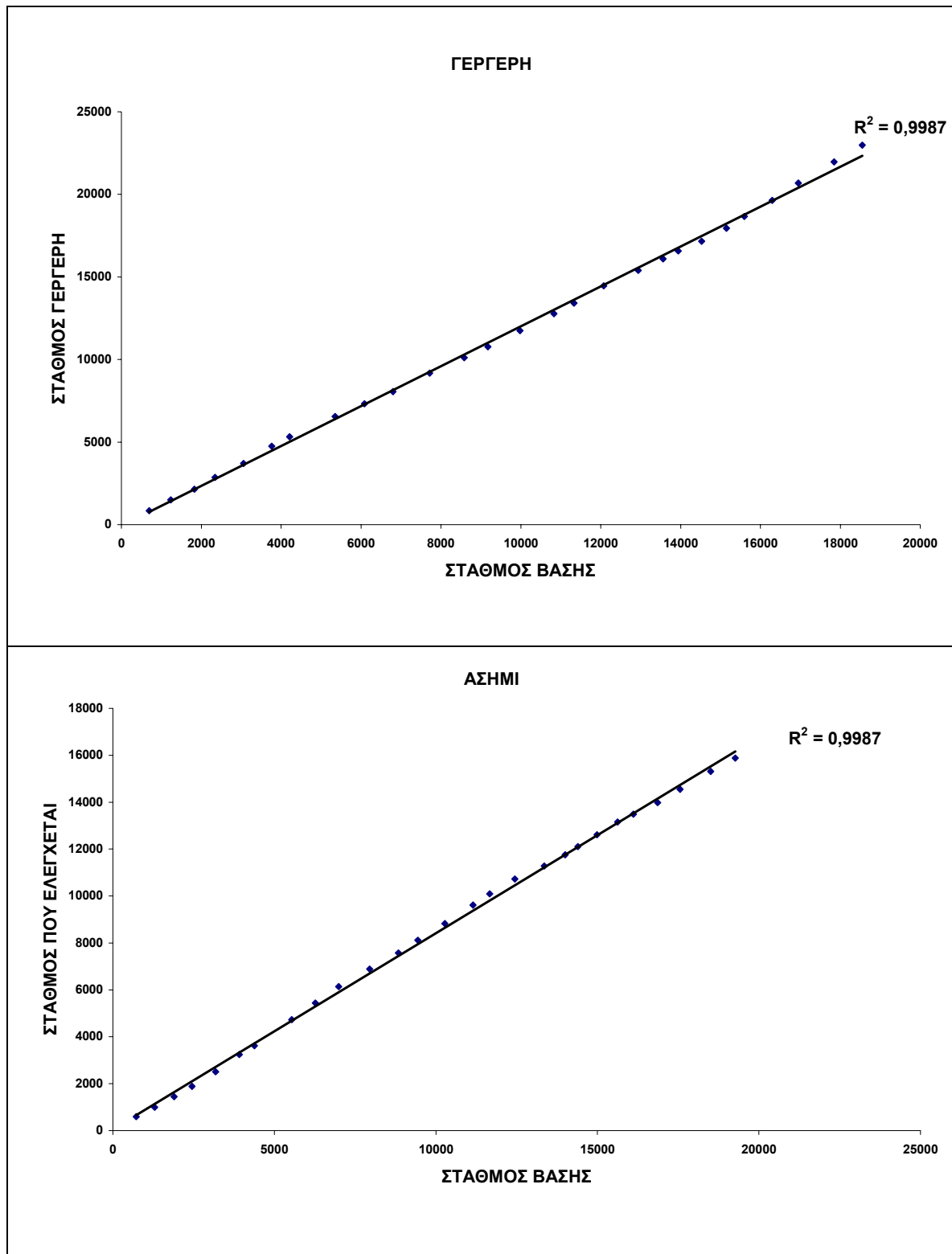
ΕΤΟΣ	ΖΑΡΟΣ	ΒΟΡΙΖΑ	ΓΕΡΓΕΡΗ	ΑΣΗΜΙ	ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ	ΠΟΜΠΗ	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	ΒΑΓΙΩΝΙΑ	ΛΑΓΟΛΙΟ	ΜΟΡΟΝΙ
70-71	901,1	1086,4	841,5	588	511,5	517,4	975,9	644,4	520,6	610,6	604
71-72	1520,1	1944,3	1507,1	998,6	982,3	967,5	1681	1233	947,2	1060,6	1066
72-73	2165,1	2765,6	2153,2	1441,2	1456,9	1443,6	2453,1	1929,1	1397,2	1580,9	1627
73-74	2793,1	3553,8	2857,4	1891,2	1846,5	1828,6	3199,4	2489,2	1763,6	2025,3	2095
74-75	3631,1	4581,5	3709,4	2506,7	2419,2	2418,1	4236,9	3216,9	2283,6	2521,8	2755
75-76	4533,1	5697,9	4745,4	3241,2	3096,1	2984,6	4354	4135	2902	3197,8	3493
76-77	5126,1	6482,2	5314,9	3621,7	3421,9	3203,1	4982,7	4528,2	3249,5	3592,2	3938
77-78	6427,1	8233,2	6544,9	4727,2	4259,6	3980,1	6283,7	5969,4	4176,1	4508,6	4952
78-79	7222,1	9291,6	7317,4	5444,7	4861,4	4495,9	7220,7	6754,2	4823,1	5073,5	5663
79-80	7895,1	10368,1	8056,9	6142,2	5495,9	4995,4	8132,6	7517,1	5531,3	5628,1	6294
80-81	9004,1	11799	9176,9	6893,7	6147,7	5667,9	9416,3	8254,7	6367,9	6410,5	7241
81-82	9968,1	13117,8	10116,4	7567,2	6869,3	6366,9	10533	9139,7	7103,9	7091,2	8072
82-83	10656,1	14334	10780,9	8114	7266,7	6649,4	11410,1	9857,6	7487,9	7508,9	8502,2
83-84	11534,1	15496,4	11743,4	8820	7909,5	7257,3	12616	10657,6	8023,7	8153,2	9371,2
84-85	12491,1	16822,5	12769,9	9612,5	8555,3	7903,8	13873,6	11457,3	8642,9	8836,6	10126
85-86	12990,1	17488	13423,4	10088	9004,2	8266,8	14604,1	12011,8	9042,7	9202,4	10608
86-87	13732,1	18868,1	14456,8	10724,5	9508,2	8732,8	15745,7	12728,6	9576,7	9835	11280,7
87-88	14665,1	20944,9	15409,3	11277	10152	9285,8	16924,8	13456,1	10165,6	10465,8	12066,7
88-89	15313,3	22391,3	16101,3	11758,5	10646,3	9709,3	17734,8	14053,5	10590,2	10894,9	12581,2
89-90	15729,8	22979,4	16566,3	12108	10897,4	9964,3	18286,6	14405,5	10900,9	11239,7	12944,2
90-91	16322	23782,9	17162,8	12607	11489,5	10420,3	18998,5	15033,3	11395,4	11705,6	13536,2
91-92	17048,7	24916,5	17946,8	13153,5	11852,8	10750,8	19887	15814,3	11791,3	12168,1	14088,2
92-93	17639,2	25728	18659,8	13495,1	12171,4	11095,3	20521,4	16156,1	12075,8	12556,2	14534,2
93-94	18581,2	26920,5	19641	13987,6	12640,1	11601,2	21508,4	16740,8	12534,7	13062,4	15372,6
94-95	19531,2	28113	20688,3	14544,2	13100,9	12089,9	22316,7	17259,1	12971,6	13502,5	16048,4
95-96	20640,2	29624,5	21974,6	15316,5	13745,6	12769,8	23439,6	18093,3	13634,6	14141,6	17007,5
96-97	21585,7	30698,1	22980,7	15878,7	14258,3	13253,3	24677,4	18674	14162,1	14629,7	17716

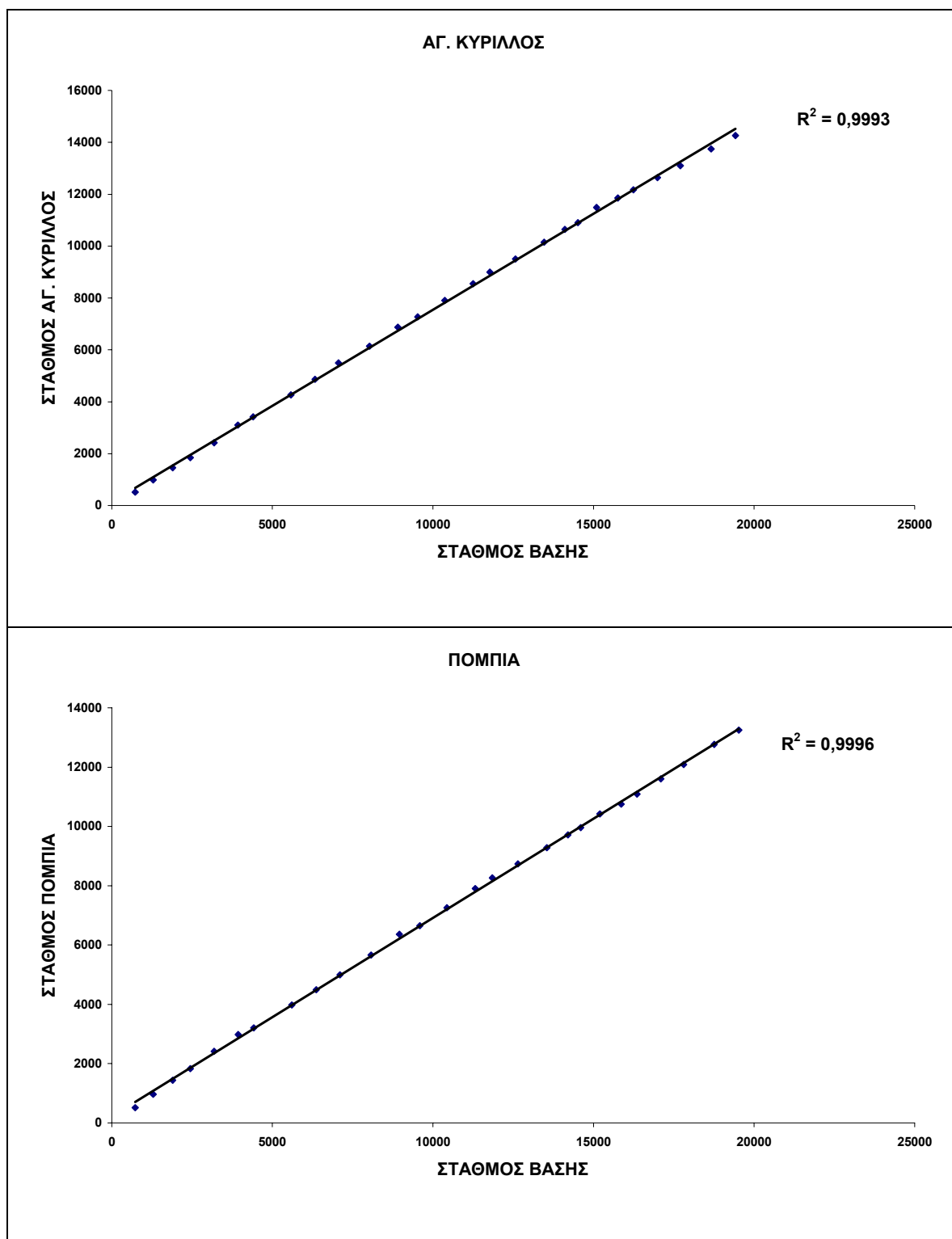
Πίνακας 6.5: Ετήσια ύψη βροχής κάθε σταθμού

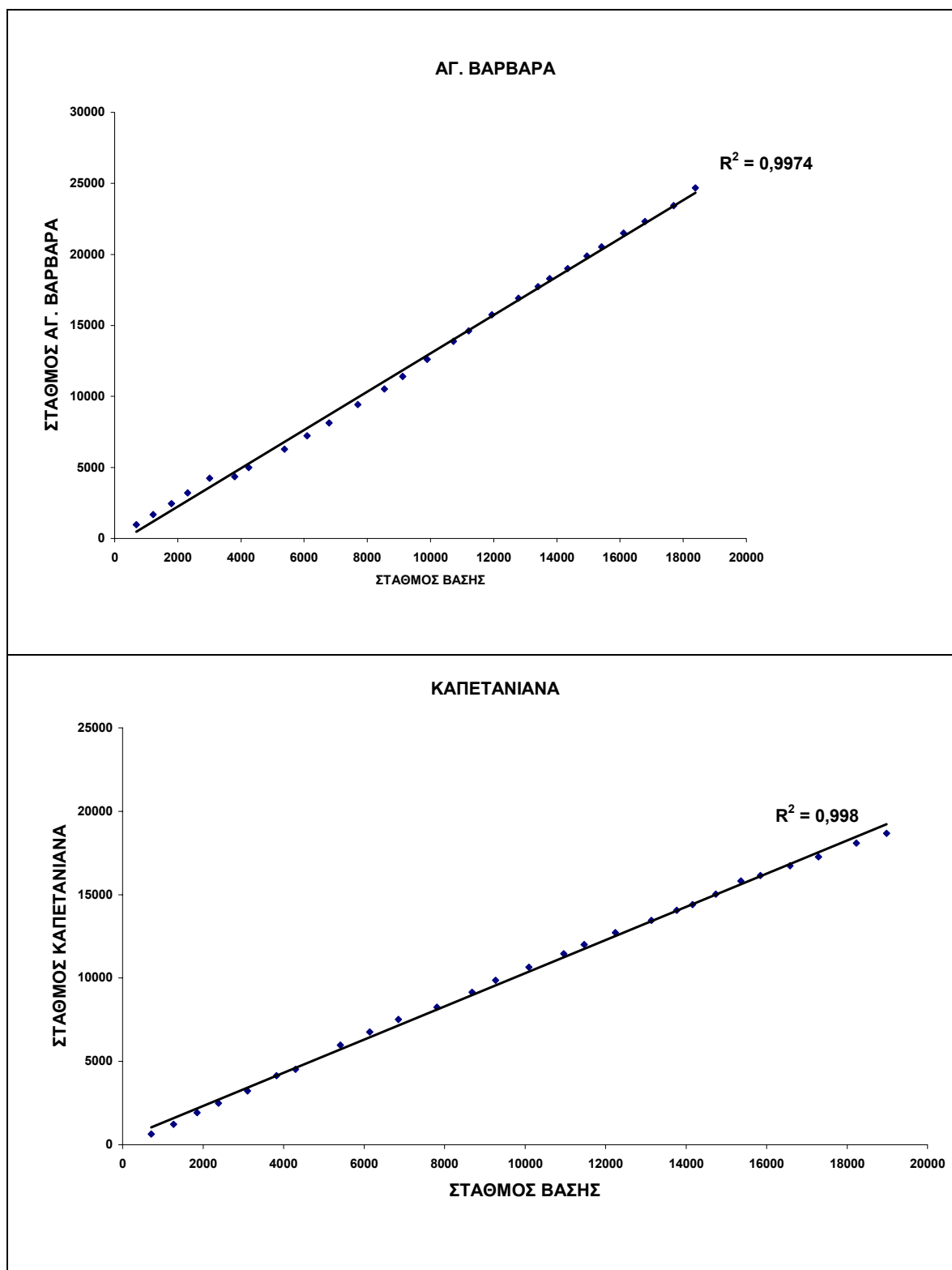
ΕΤΟΣ	ΖΑΡΟΣ	ΒΟΡΙΖΑ	ΓΕΡΓΕΡΗ	ΑΣΗΜΙ	ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ	ΠΟΜΠΙΑ	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	ΒΑΓΙΩΝΙΑ	ΛΑΓΟΛΙΟ	ΜΟΡΟΝΙ
70-71	690,03	671,5	695,99	721,34	728,99	728,4	682,55	715,7	728,08	719,08	719,74
71-72	1238,76	1196,34	1240,06	1290,91	1292,54	1294,02	1222,67	1267,47	1296,05	1284,71	1284,17
72-73	1824,78	1764,73	1825,97	1897,17	1895,6	1896,93	1795,98	1848,38	1901,57	1883,2	1878,59
73-74	2355	2278,93	2348,57	2445,19	2449,66	2451,45	2314,37	2385,39	2457,95	2431,78	2424,81
74-75	3064,91	2969,87	3057,08	3177,35	3186,1	3186,21	3004,33	3106,33	3199,66	3175,84	3152,52
75-76	3784,7	3668,22	3763,47	3913,89	3928,4	3939,55	3802,61	3824,51	3947,81	3918,23	3888,71
76-77	4233,44	4097,83	4214,56	4383,88	4403,86	4425,74	4247,78	4293,23	4421,1	4386,83	4352,25
77-78	5363,48	5182,87	5351,7	5533,47	5580,23	5608,18	5377,82	5409,25	5588,58	5555,33	5510,99
78-79	6094,55	5887,6	6085,02	6272,29	6330,62	6367,17	6094,69	6141,34	6334,45	6309,41	6250,46
79-80	6816,16	6568,86	6799,98	6991,45	7056,08	7106,13	6792,41	6853,96	7052,54	7042,86	6976,27
80-81	7737,56	7458,07	7720,28	7948,6	8023,2	8071,18	7696,34	7812,5	8001,18	7996,92	7913,87
81-82	8597,74	8282,77	8582,91	8837,83	8907,62	8957,86	8541,25	8680,58	8884,16	8885,43	8787,35
82-83	9191,17	8823,38	9178,69	9445,38	9530,11	9591,84	9115,77	9271,02	9507,99	9505,89	9406,56
83-84	10004,83	9608,6	9983,9	10276,24	10367,29	10432,51	9896,64	10092,48	10355,87	10342,92	10221,12
84-85	10860,04	10426,9	10832,16	11147,9	11253,62	11318,77	10721,79	10963,42	11244,86	11225,49	11096,55
85-86	11373,94	10924,15	11330,61	11664,15	11772,53	11846,27	11212,54	11471,77	11768,68	11752,71	11612,15
86-87	12145,71	11632,11	12073,24	12446,47	12568,1	12645,64	11944,35	12246,06	12561,25	12535,42	12390,85
87-88	13014,8	12386,82	12940,38	13353,61	13466,11	13552,73	12788,83	13135,7	13464,75	13434,73	13274,64
88-89	13646,13	12938,33	13567,33	14001,61	14112,83	14206,53	13403,98	13772,11	14118,44	14087,97	13919,34
89-90	14029,23	13304,27	13945,58	14391,41	14512,47	14605,78	13773,55	14161,66	14512,12	14478,24	14307,79
90-91	14613,15	13867,06	14529,07	14984,65	15096,4	15203,32	14345,5	14742,02	15105,81	15074,79	14891,73
91-92	15236,93	14450,15	15147,12	15626,45	15756,52	15866,72	14953,1	15360,37	15762,67	15724,99	15532,98
92-93	15699,33	14890,45	15597,27	16113,74	16246,11	16353,72	15411,11	15847,64	16255,67	16207,63	16009,83
93-94	16400,93	15567	16294,95	16860,29	16995,04	17098,93	16108,21	16584,97	17005,58	16952,81	16721,79
94-95	17063,46	16205,28	16947,75	17562,16	17706,49	17807,59	16784,91	17290,67	17719,42	17666,33	17411,74
95-96	17974,76	17076,33	17841,32	18507,13	18664,22	18761,8	17694,82	18229,45	18675,32	18624,62	18338,03
96-97	18692,83	17781,59	18553,33	19263,53	19425,57	19526,07	18383,66	18984	19435,19	19388,43	19079,8

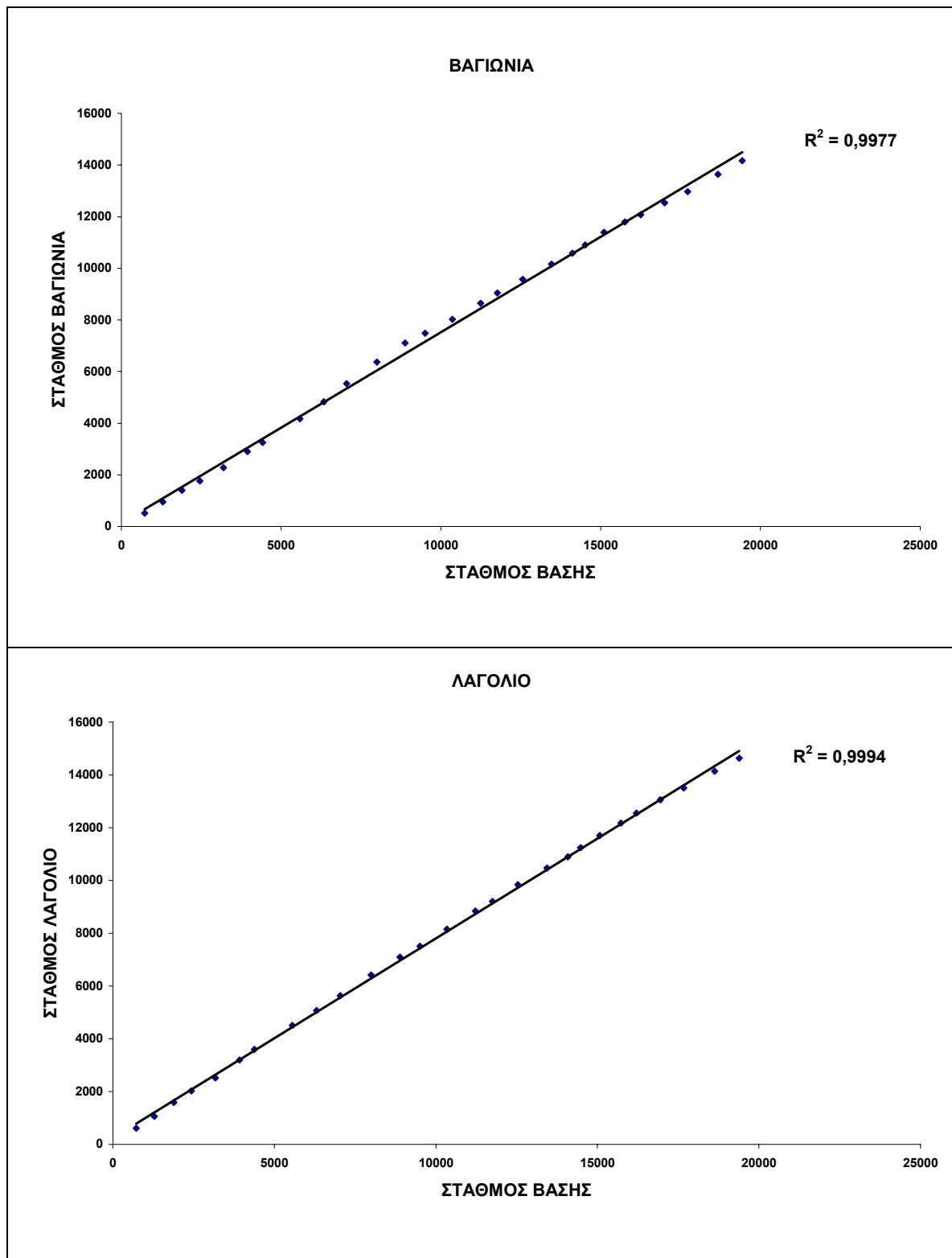
Πίνακας 6.6: Μέσα ετήσια αθροιστικά ύψη βροχής για τον έλεγχο κάθε σταθμού

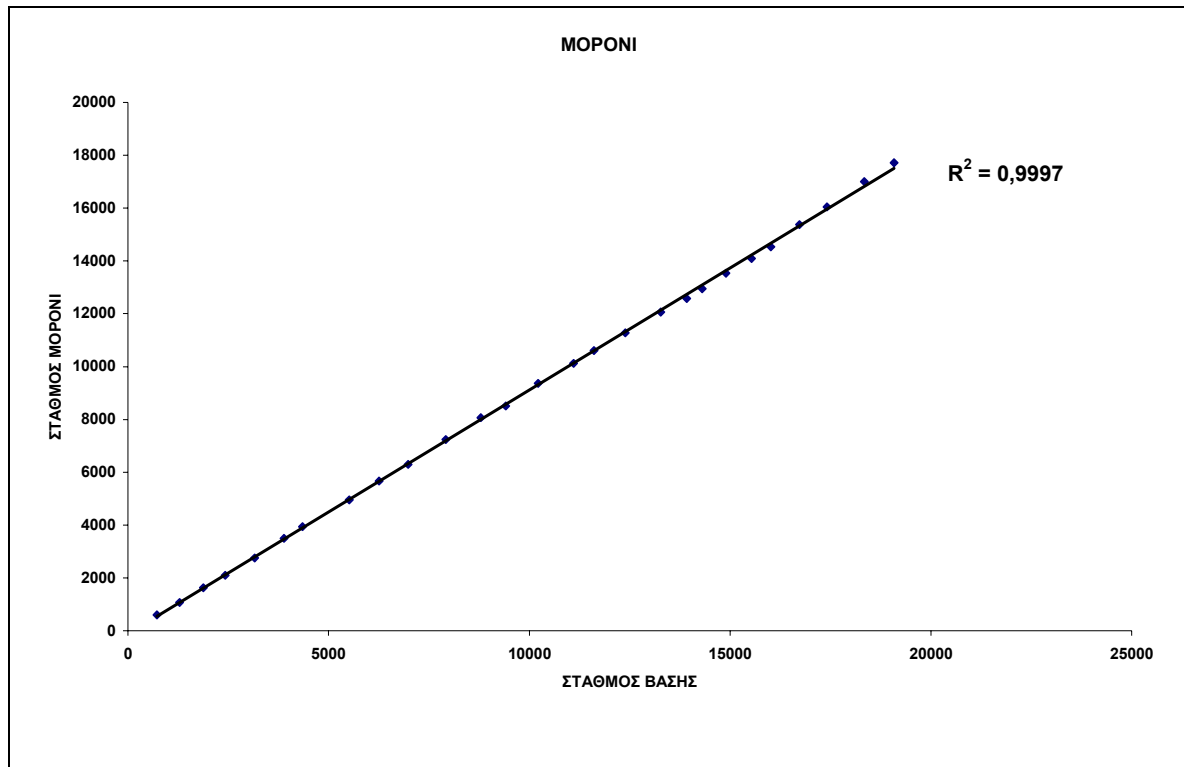












Υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου

ΕΤΟΣ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	ΦΟΙΝΙΚΙΑ	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ
75-76	724,1	1009	983	117,1
76-77	465,7	552,4	570	628,7
77-78	587,1	1036,8	891	1301
78-79	464,3	717,2	654,6	937
79-80	545,7	753,5	630	911,9
80-81	540,4	817,2	649	1283,7
81-82	586,7	932,3	782,5	1116,7
82-83	377,2	637,7	679,5	877,1
83-84	559,5	767,9	680,5	1205,9
84-85	500,4	948,6	816,5	1257,6
85-86	387,3	506,4	490	730,5
86-87	620,6	990	947	1141,6
87-88	392,1	646	462	1179,1
88-89	463	492,7	475,5	810
89-90	316,4	518,3	474,5	551,8
90-91	407,1	681,5	724	711,9
91-92	513,4	838	898,5	888,5
92-93	303,9	480,9	523	634,4
93-94	304,4	755,7	750,1	987
94-95	598,2	881,2	1014,7	808,3
95-96	525,5	972,9	953,2	1122,9
96-97	599,3	1092,1	1042,1	1237,8
97-98	362	1003,2	785	937
98-99	479,1	784	846	1011
99-00	447,2	747,2	753,8	814
00-01	494,2	975	872,7	921,5

Πίνακας 6.7: Ετήσια ύψη βροχής των τεσσάρων σταθμών αναφοράς την υδρολογική λεκάνη Γιόφυρος της περιόδου 1975-2001

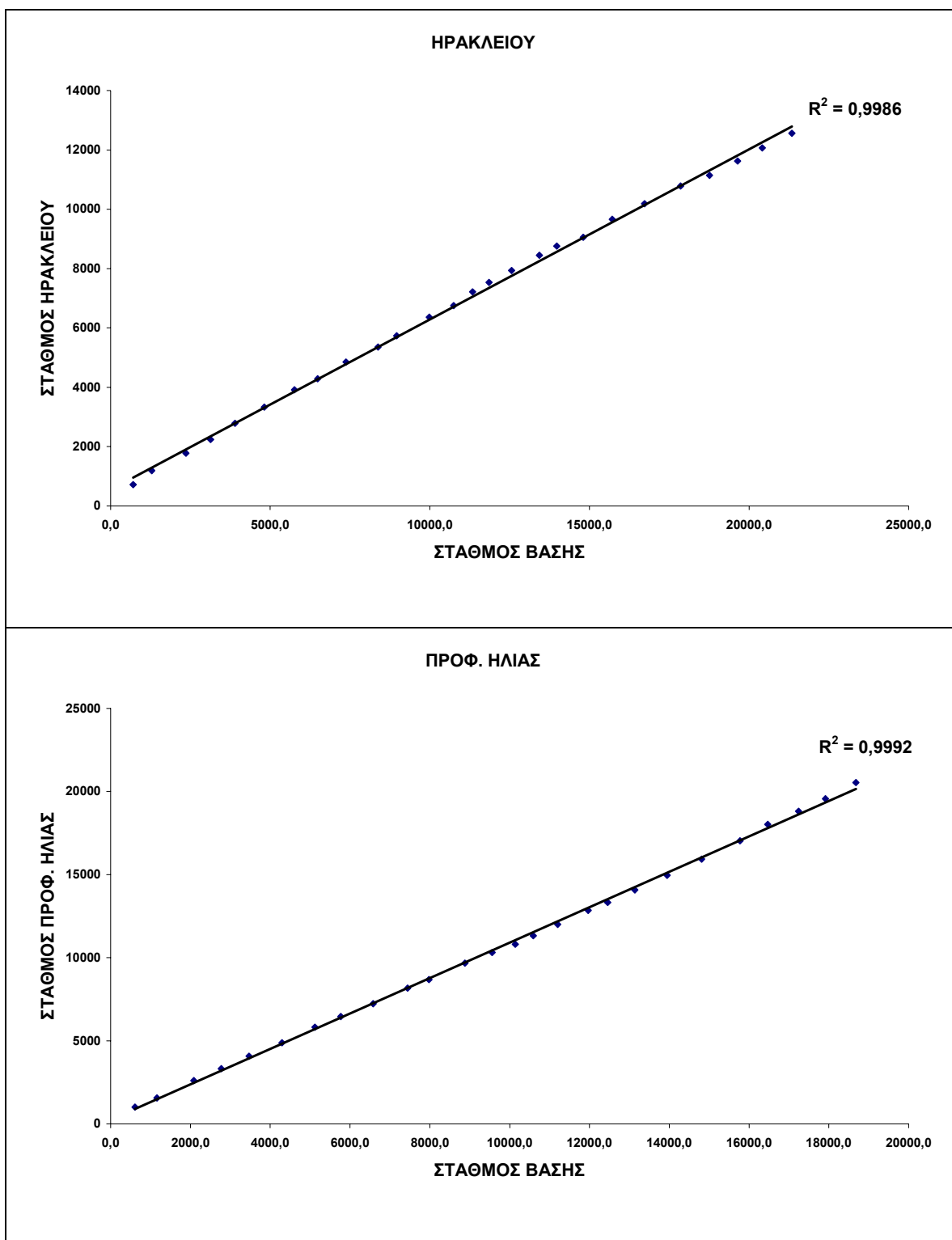
ΕΤΟΣ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	ΦΟΙΝΙΚΙΑ	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ
75-76	724,1	1009	983	117,1
76-77	1189,8	1561,4	1553	745,8
77-78	1776,9	2598,2	2444	2046,8
78-79	2241,2	3315,4	3098,6	2983,8
79-80	2786,9	4068,9	3728,6	3895,7
80-81	3327,3	4886,1	4377,6	5179,4
81-82	3914	5818,4	5160,1	6296,1
82-83	4291,2	6456,1	5839,6	7173,2
83-84	4850,7	7224	6520,1	8379,1
84-85	5351,1	8172,6	7336,6	9636,7
85-86	5738,4	8679	7826,6	10367,2
86-87	6359	9669	8773,6	11508,8
87-88	6751,1	10315	9235,6	12687,9
88-89	7214,1	10807,7	9711,1	13497,9
89-90	7530,5	11326	10185,6	14049,7
90-91	7937,6	12007,5	10909,6	14761,6
91-92	8451	12845,5	11808,1	15650,1
92-93	8754,9	13326,4	12331,1	16284,5
93-94	9059,3	14082,1	13081,2	17271,5
94-95	9657,5	14963,3	14095,9	18079,8
95-96	10183	15936,2	15049,1	19202,7
96-97	10782,3	17028,3	16091,2	20440,5
97-98	11144,3	18031,5	16876,2	21377,5
98-99	11623,4	18815,5	17722,2	22388,5

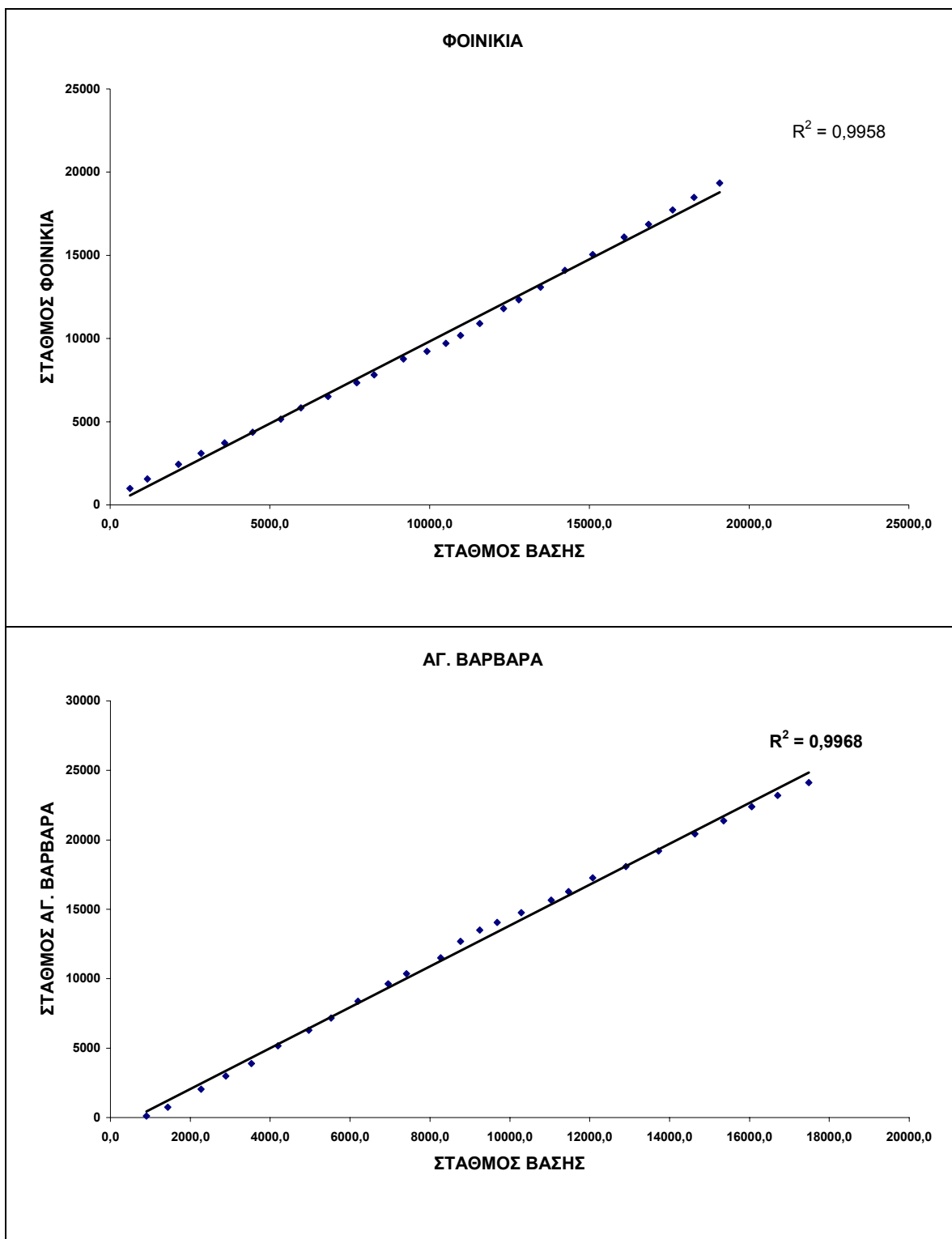
99-00	12070,6	19562,7	18476	23202,5
00-01	12564,8	20537,7	19348,7	24124

Πίνακας 6.8: Ετήσια αθροιστικά ύψη βροχής

ΕΤΟΣ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	ΦΟΙΝΙΚΙΑ	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ
75-76	703,0	608,1	616,7	905,4
76-77	1286,7	1162,9	1165,7	1434,7
77-78	2363,0	2089,2	2140,6	2273,0
78-79	3132,6	2774,5	2846,8	2885,1
79-80	3897,7	3470,4	3583,8	3528,1
80-81	4814,4	4294,8	4464,3	4197,0
81-82	5758,2	5123,4	5342,8	4964,2
82-83	6489,6	5768,0	5973,5	5529,0
83-84	7374,4	6583,3	6817,9	6198,3
84-85	8382,0	7441,5	7720,1	6953,4
85-86	8957,6	7977,4	8261,5	7414,7
86-87	9983,8	8880,5	9178,9	8267,2
87-88	10746,2	9558,2	9918,0	8767,2
88-89	11338,9	10141,0	10506,6	9244,3
89-90	11853,8	10588,6	10968,7	9680,7
90-91	12559,6	11202,9	11568,9	10284,9
91-92	13434,6	11969,7	12315,5	11034,9
92-93	13980,7	12456,8	12788,6	11470,8
93-94	14811,6	13137,3	13471,0	12074,2
94-95	15713,0	13944,4	14233,5	12905,6
95-96	16729,3	14811,6	15107,3	13722,8
96-97	17853,3	15771,3	16083,7	14633,9
97-98	18761,7	16466,0	16851,1	15350,7
98-99	19642,1	17244,7	17609,1	16053,7
99-00	20413,7	17916,4	18278,6	16703,1
00-01	21336,8	18679,2	19075,5	17483,7

Πίνακας 6.9: Μέσα ετήσια αθροιστικά ύψη βροχής για τον έλεγχο κάθε σταθμού





3.2 ΕΤΗΣΙΑ ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Στο νομό Ηρακλείου όπως και σε ολόκληρη την Κρήτη, η ξηρή περίοδος διαρκεί 5-6 μήνες, από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο, σε αντίθεση με την υπόλοιπη Ελλάδα όπου διαρκεί 2-4 μήνες. Η ελάττωση της βροχόπτωσης από τον υγρότερο προς τον ξηρότερο μήνα δεν είναι τόσο απότομη, όσο η αύξηση της από τον ξηρότερο προς τον υγρότερο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι η ελάττωση της βροχής η οποία οφείλεται στη μείωση της υφεσιακής δραστηριότητας από τον Φεβρουάριο και έπειτα ανακόπτεται από έντονες καταιγίδες, ενώ η αύξηση της βροχής από τον Σεπτέμβριο προς τον Οκτώβριο είναι απότομη, καθώς αυξάνονται οι υφεσιακές βροχές και οι καταιγίδες.

Η αύξηση λοιπόν των βροχοπτώσεων κατά το μήνα Οκτώβριο είναι τόσο έντονη, ώστε πολλές φορές να υπερέχει των τιμών του Νοεμβρίου, κατά τον οποίο συχνά σημειώνεται κάμψη. Ο Ιανουάριος εμφανίζει πάντοτε τη μέγιστη βροχόπτωση και ακολουθεί ο Δεκέμβριος. Το γεγονός αυτό, λόγω της γεωγραφικής θέσης της Κρήτης, οφείλεται ίσως, εκτός της υφεσιακής δράσης και στους πνέοντες βόρειους ανέμους, οι οποίοι καθώς διέρχονται πάνω από το Αιγαίο εμπλουτίζονται με υδρατμούς. Ο Φεβρουάριος μοιάζει με το Νοέμβριο και τον Οκτώβριο. Το 85-90% των βροχοπτώσεων σημειώνεται από τον Οκτώβριο έως τον Μάρτιο και η αναλογία αυτή είναι κατά πολύ μεγαλύτερη της υπόλοιπης Ελλάδας. Από τον Μάρτιο παρατηρείται μείωση του μηνιαίου ύψους βροχής και ο Απρίλιος ορισμένα υδρολογικά έτη θα πρέπει να θεωρηθεί ως ξηρός μήνας. Σε όλους τους σταθμούς από τον Απρίλιο έως και τον Σεπτέμβριο λαμβάνει χώρα το 10-15% του συνόλου των βροχοπτώσεων.

Η ομοιομορφία είναι λοιπόν αξιοπαρατήρητη και παρατηρούνται μικρές διαφορές μόνο στο μηνιαίο ύψος βροχής, το οποίο τείνει να ελαττωθεί από τα βόρεια προς τα νότια και από τους ορεινούς όγκους του εσωτερικού του νομού προς τις πεδιάδες και τις ακτές.

Για την καλύτερη κατανόηση των βροχοπτώσεων στο νομό Ηρακλείου θα πρέπει να αναφέρουμε τον μετεωρολογικό «μηχανισμό» που λαμβάνει μέρος στην ευρύτερη περιοχή και ειδικότερα στην Κρήτη. Οι υφέσεις που παρατηρούνται κατά τη βροχερή περίοδο που κινούνται κατά μήκος του κύριου άξονα της Μεσογείου έχουν τροχιά από δυτικά προς ανατολικά με αποτέλεσμα η δυτική ορεινή Κρήτη να δέχεται πρώτη τις βροχοπτώσεις προερχόμενες από την δυτική Ευρώπη. Επίσης, την ίδια εποχή οι νότιοι θερμοί και υγροί

άνεμοι συνδεδεμένοι με τις μεσογειακές υφέσεις, καθώς πλησιάζουν στις πλαγιές των νότιων ορεινών όγκων της Κρήτης αναγκάζονται να ανέλθουν, εναποθέτοντας το μεγαλύτερο ποσοστό των υδρατμών που περιέχουν. Βεβαίως, επειδή τα νότια όρη της Κρήτης σχηματίζουν φραγμό κατ' εξοχήν συνεχή, είναι φυσικό οι ορεινοί όγκοι της κεντρικής Κρήτης, λιγότερο υψηλοί στο σύνολό τους να δέχονται και λιγότερες βροχοπτώσεις. Στην ανατολική πλευρά του νησιού, οι ακόμα χαμηλότεροι ορεινοί όγκοι δημιουργούν μια εντονότερη ελάττωση των βροχοπτώσεων.[19]

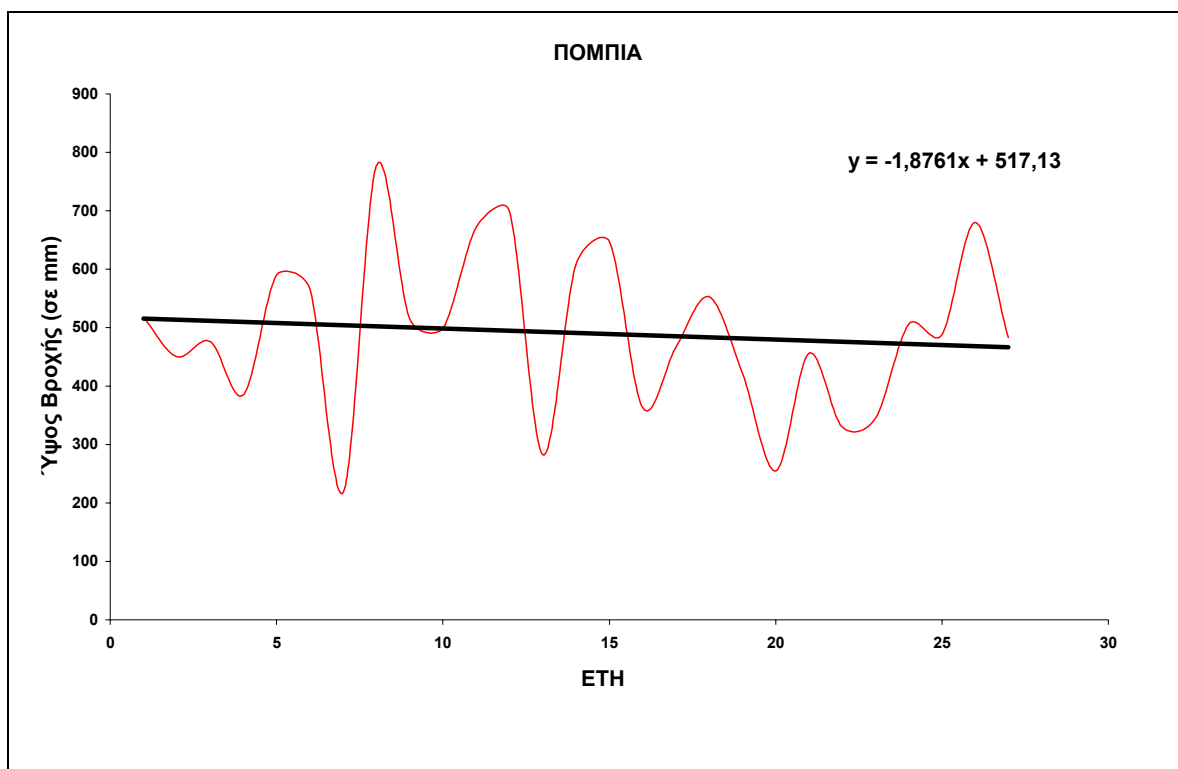
Στα διαγράμματα που ακολουθούν έγινε ανάλυση της ετήσιας διακύμανσης του ύψους της βροχής για τους βροχομετρικούς σταθμούς της υδρολογικής λεκάνης του Γεροπόταμου και του Γιόφυρου αντίστοιχα. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για την χρονική περίοδο 1970-1997 και 1975-2001 αντίστοιχα.

3.2.1 Διαγράμματα υδρολογικής λεκάνης Γεροπόταμου

Η υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου εκ πρώτης όψεως θα μπορούσαμε να πούμε ότι δεν αποτελεί μια ιδιαίτερη βροχερή περιοχή, καθώς από τον Βορρά προφυλάσσεται από τον ορεινό όγκο της Ίδης ενώ από το νότο από τα Αστερούσια Όρη. Ένα συμπέρασμα λανθασμένο καθώς η λεκάνη της Μεσσαράς επωφελείται από τις βροχοπτώσεις που δέχεται από τους δυτικούς υγρούς ανέμους, στους οποίους αφήνει πέρασμα, καθώς και από τους νότιους υγρούς ανέμους του χειμώνα προερχόμενοι από το Λυβικό πέλαγος οι οποίοι σταματούν στο φράγμα που δημιουργεί ο ορεινός όγκος των Αστερουσίων με αποτέλεσμα να βρέχει στην περιοχή της Μεσσαράς και όχι βορειότερα.

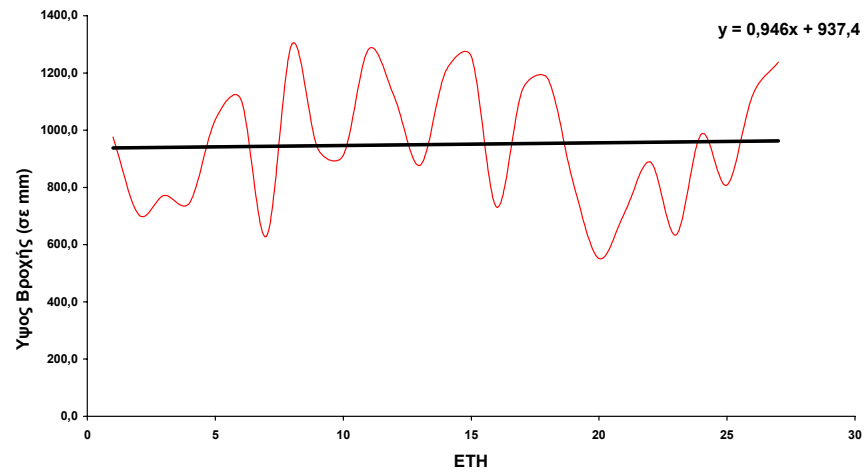
Από την ανάλυση των γραφημάτων καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι αυξητική τάση βροχόπτωσης παρουσιάζουν οι σταθμοί Βορίζα (64,4mm ανά δεκαετία), Γέργερη (59,07mm ανά δεκαετία) και Μορόνι (27,13mm ανά δεκαετία), Ζαρός (15,62mm ανά δεκαετία), Αγ. Βαρβάρα (9,46mm ανά δεκαετία).

Αντίθετα οι σταθμοί, Αγ. Κύριλλος, Ασήμι, Βαγιωνιά, Καπετανιανά, Λαγόλιο και Πόμπια παρουσιάζουν πτωτική τάση η οποία κυμαίνεται από 18,76mm ανά δεκαετία στον βροχομετρικό σταθμό της Πόμπιας έως και 66mm ανά δεκαετία στο βροχομετρικό σταθμό των Καπετανιανών.

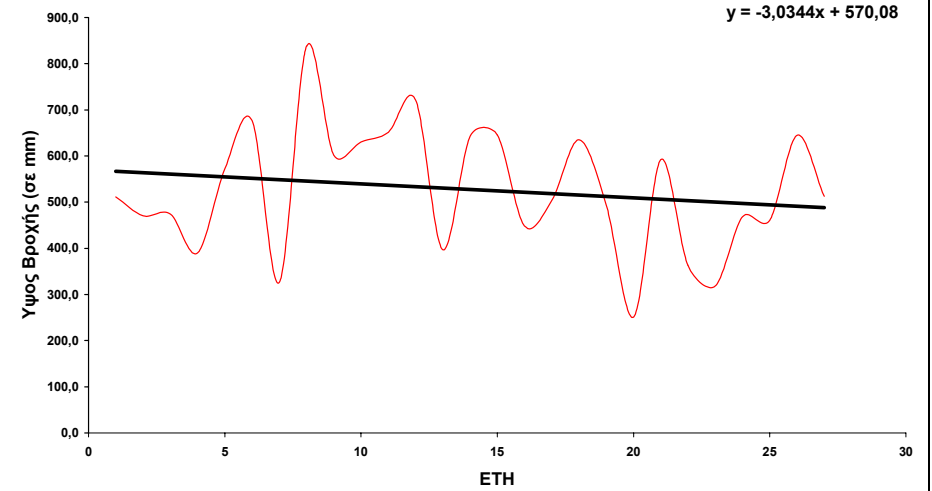


Κεφάλαιο 3

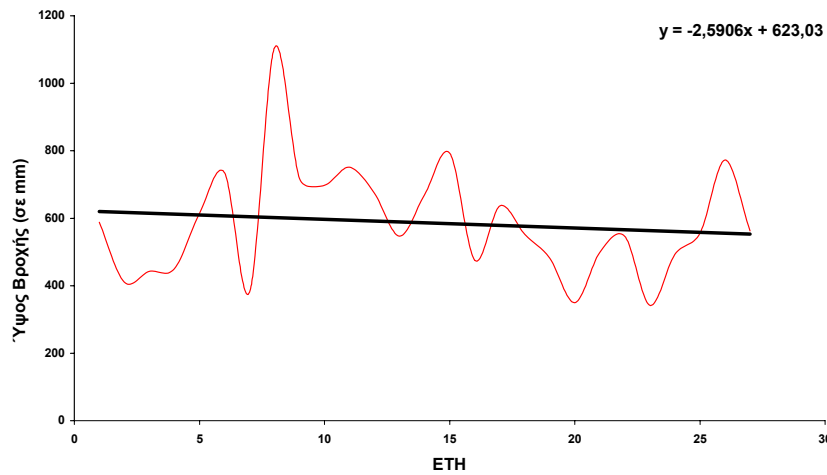
ΑΓΙΑ ΒΑΡΒΑΡΑ



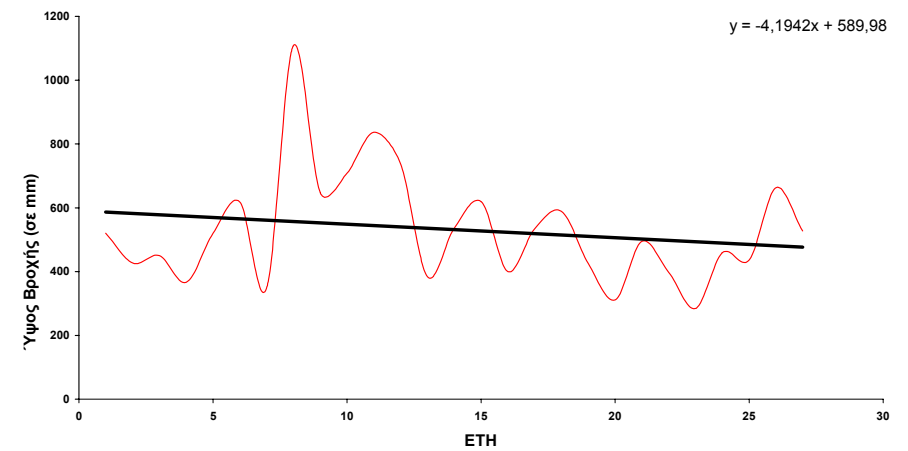
ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ



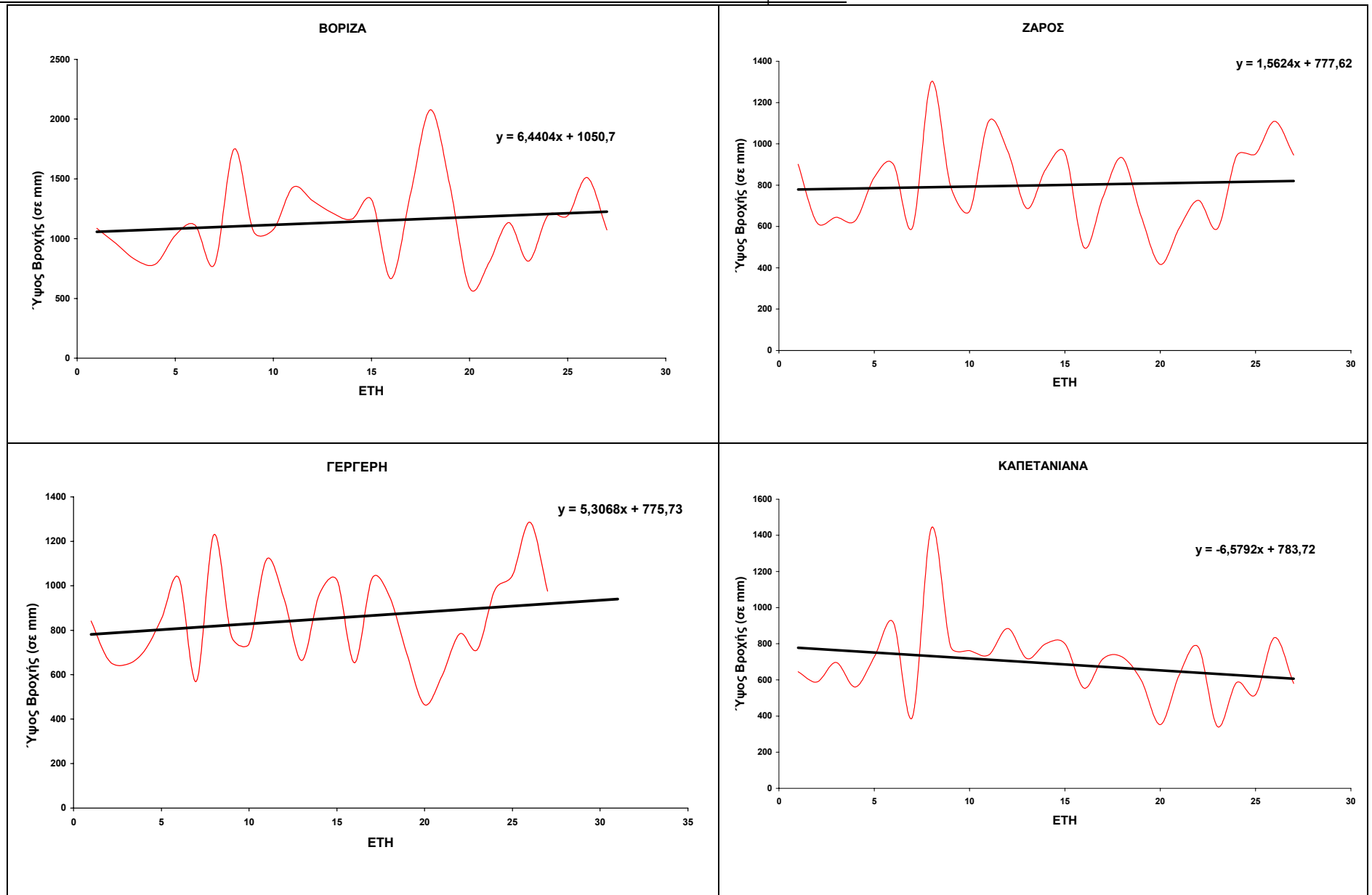
ΑΣΗΜΙ



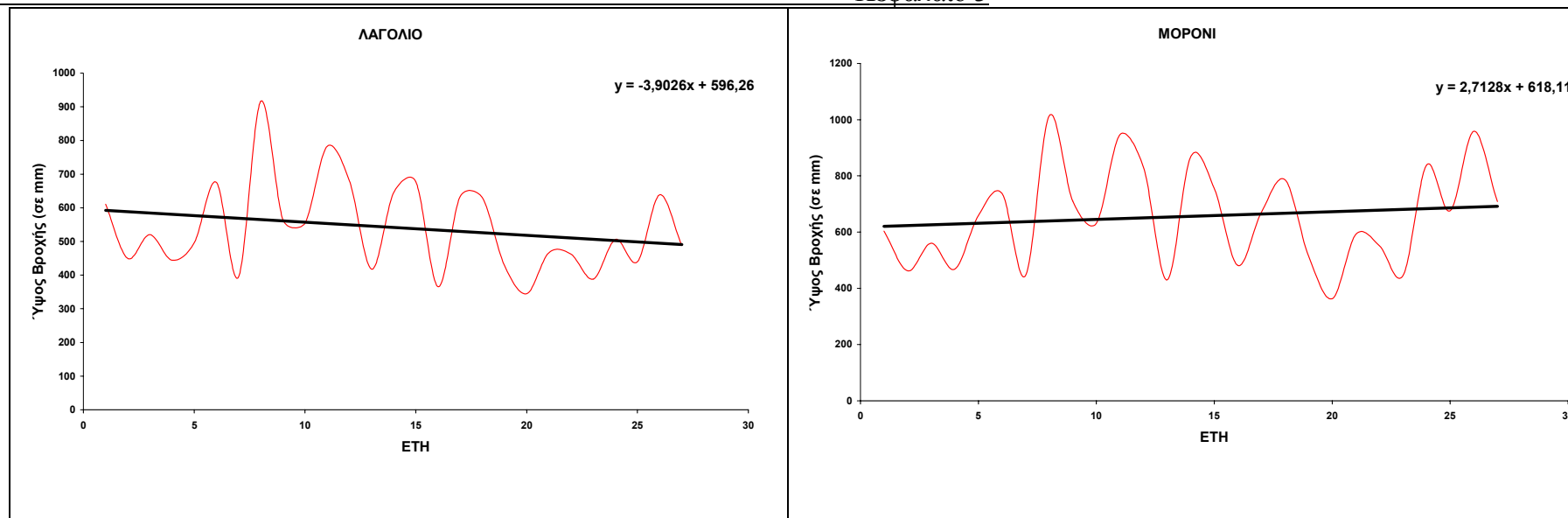
ΒΑΓΙΩΝΙΑ



Κεφάλαιο 3



Κεφάλαιο 3

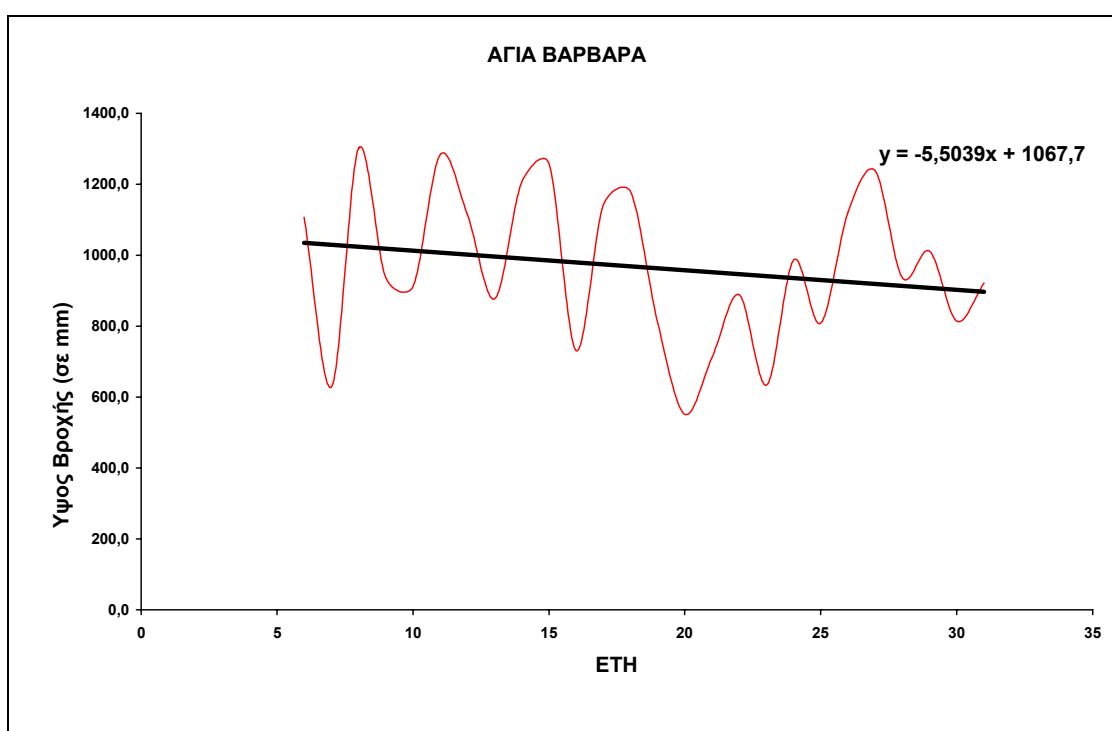


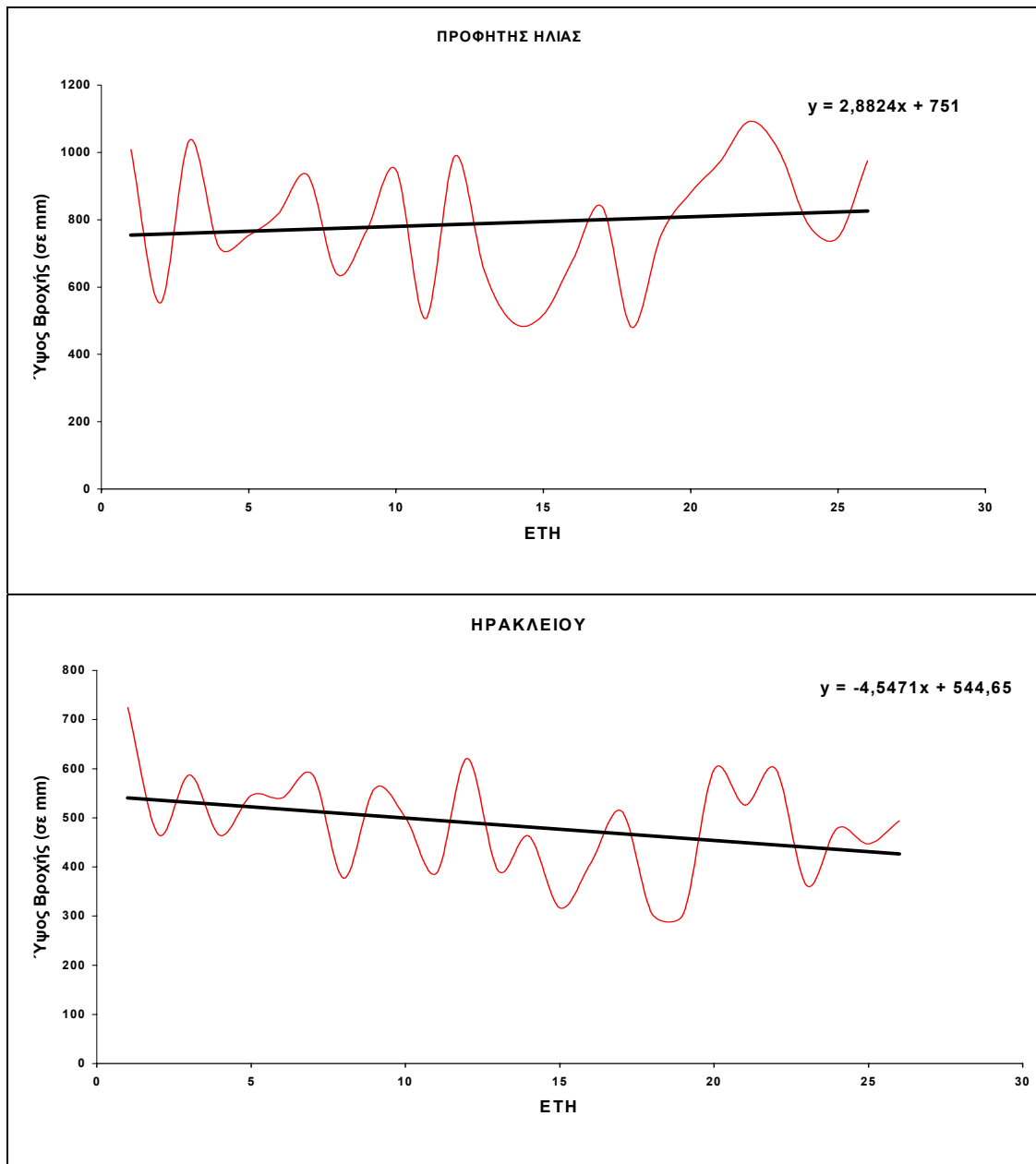
3.2.2 Διαγράμματα υδρολογικής λεκάνης Γιόφυρου

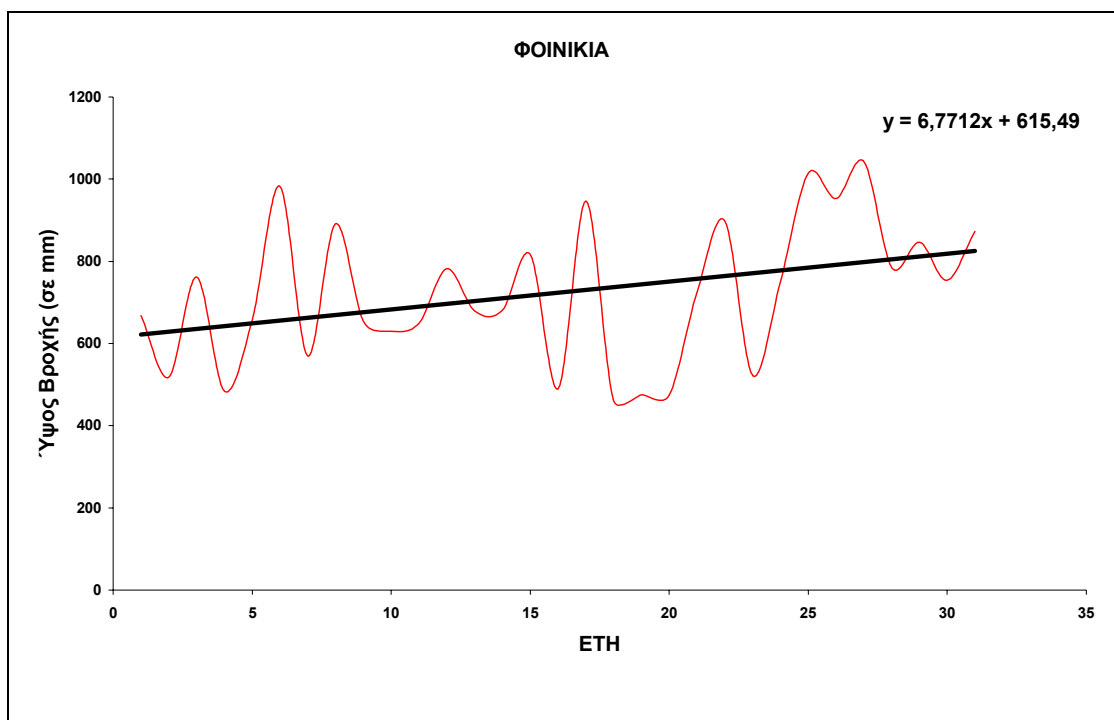
Η υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου και γενικότερα το βόρειο τμήμα του νομού Ηρακλείου θεωρείται μια περιοχή ιδιαίτερα υγρή καθώς δέχεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα βροχοπτώσεις που προκαλούν οι βόρειοι υγροί άνεμοι.

Από την ανάλυση των γραφημάτων της λεκάνης του Γιόφυρου προκύπτει ότι σταθμοί του Ηρακλείου και της Αγ. Βαρβάρας παρουσιάζουν πτωτική τάση της τάξης των 45mm ανά δεκαετία και 55mm ανά δεκαετία αντίστοιχα.

Αντίθετα οι σταθμοί του Προφήτη Ηλία και της Φοινικιάς παρουσιάζουν αυξητική τάση της τάξης των 28.9mm ανά δεκαετία και 67.7mm ανά δεκαετία.



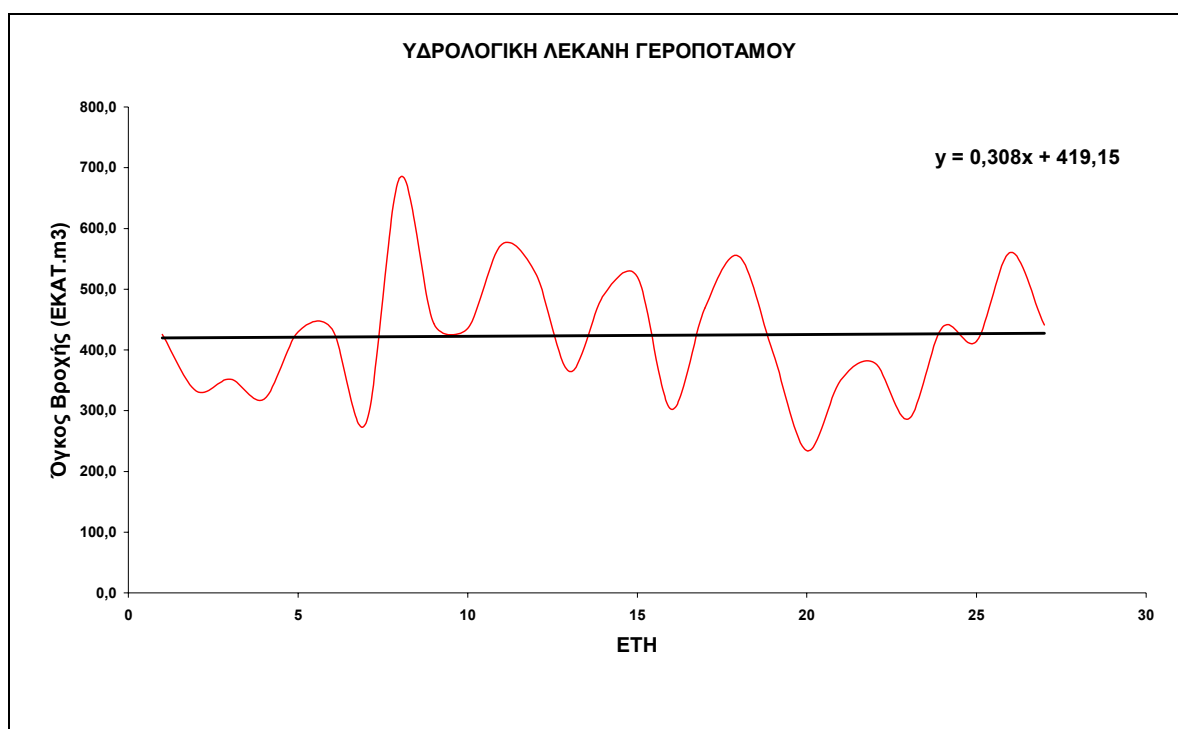




3.3 ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΒΡΟΧΗΣ

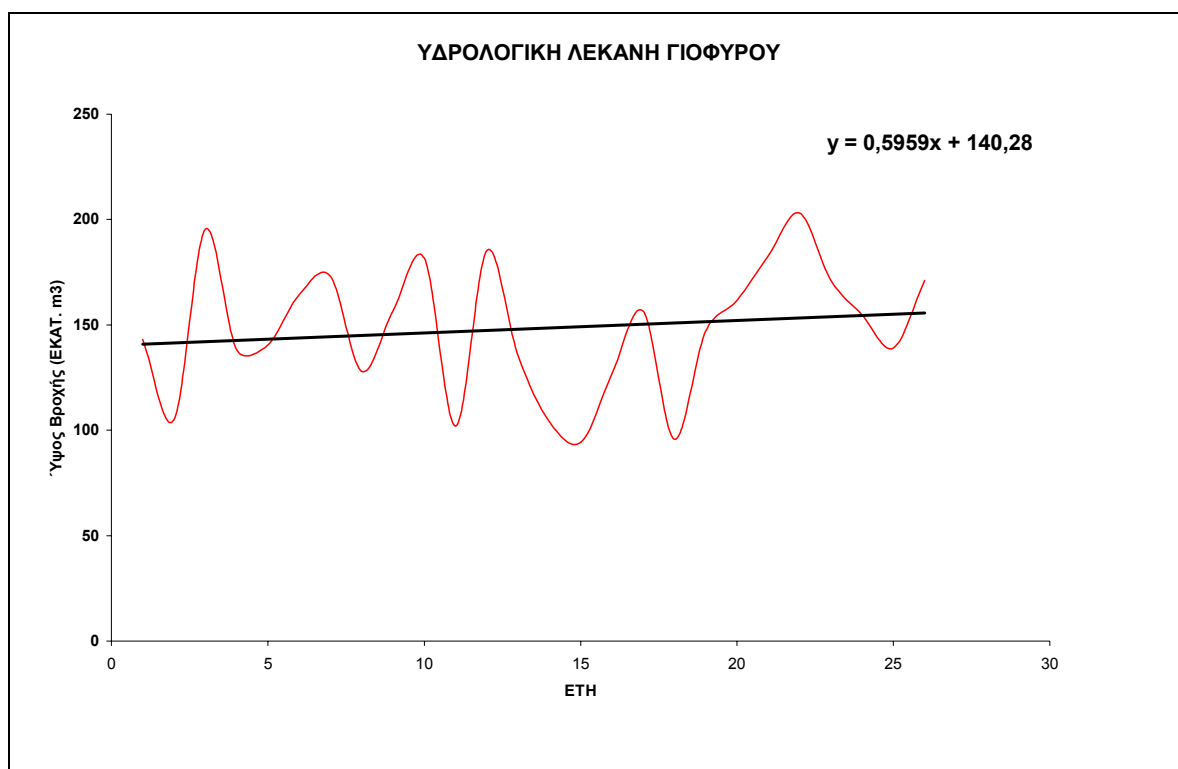
Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η διακύμανση του ετήσιου όγκου βροχής που δέχονται οι υδρολογικές λεκάνες του Γεροπόταμου και Γιόφυρου για την περίοδο 1970-1997 και 1975-2001. Στα ίδια διαγράμματα διακρίνεται και η τάση που ακολουθεί ο όγκος βροχόπτωσης που δέχονται οι δυο λεκάνες.

Για την υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου το διάγραμμα είναι:



Το συμπέρασμα που προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα είναι ότι ο όγκος βροχής που δέχεται η υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου έχει πτωτική τάση της τάξης των 3,08 εκατ. m³ ανά δεκαετία.

Για την υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου το αντίστοιχο διάγραμμα είναι:



Το συμπέρασμα που προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα είναι ότι ο όγκος βροχής που δέχεται η υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου έχει αυξητική τάση της τάξης των 5.96 εκατ. m³ ανά δεκαετία.

3.4 ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΤΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΩΝ

Στα διαγράμματα που ακολουθούν έγινε ανάλυση της ετήσιας διακύμανσης της παροχής των χειμάρρων της υδρολογικής λεκάνης του Γεροπόταμου και του Γιόφυρου αντίστοιχα. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για την χρονική περίοδο 1970-1997 για τη λεκάνη Γεροπόταμου και 1975-2001 για τη λεκάνη του Γιόφυρου.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των διαγραμμάτων είναι τα εξής:

Για την υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου:

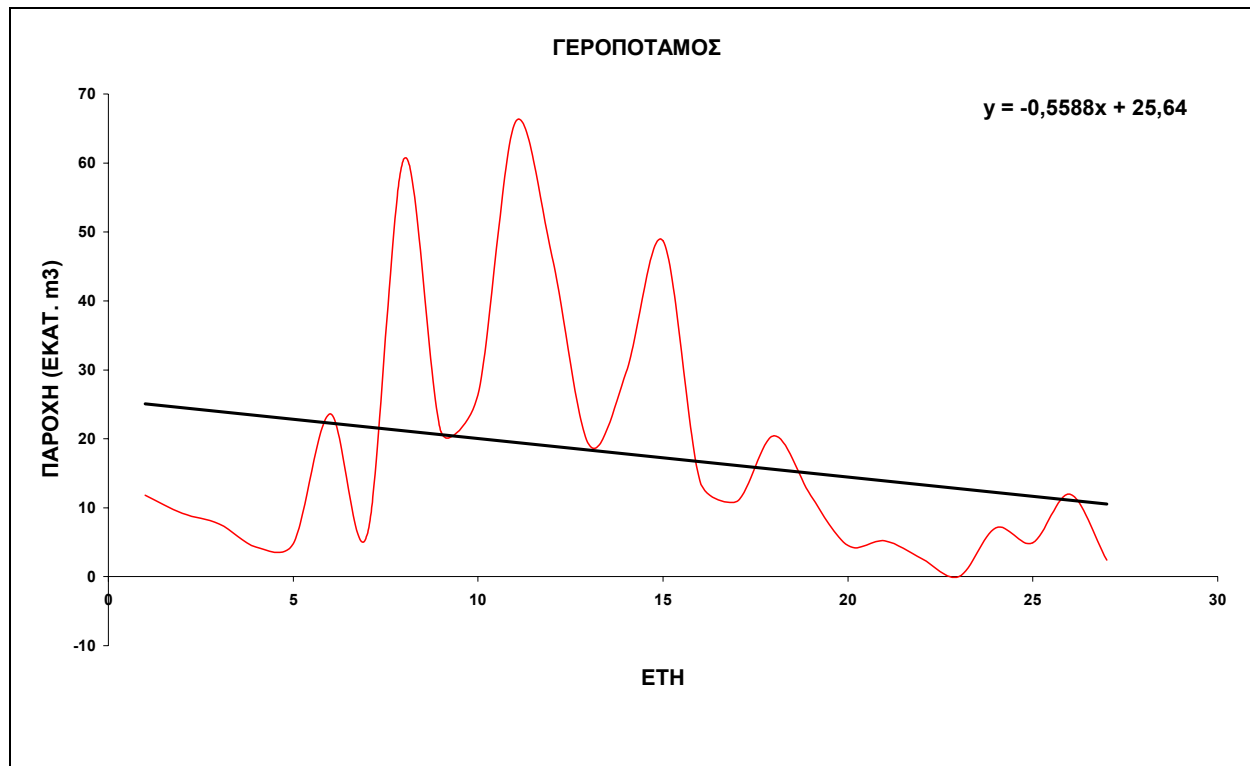
- ο χειμάρρος Γεροπόταμος παρουσιάζει σημαντική πτωτική τάση της τάξης των 5,588 εκατ. m³ ανά δεκαετία.

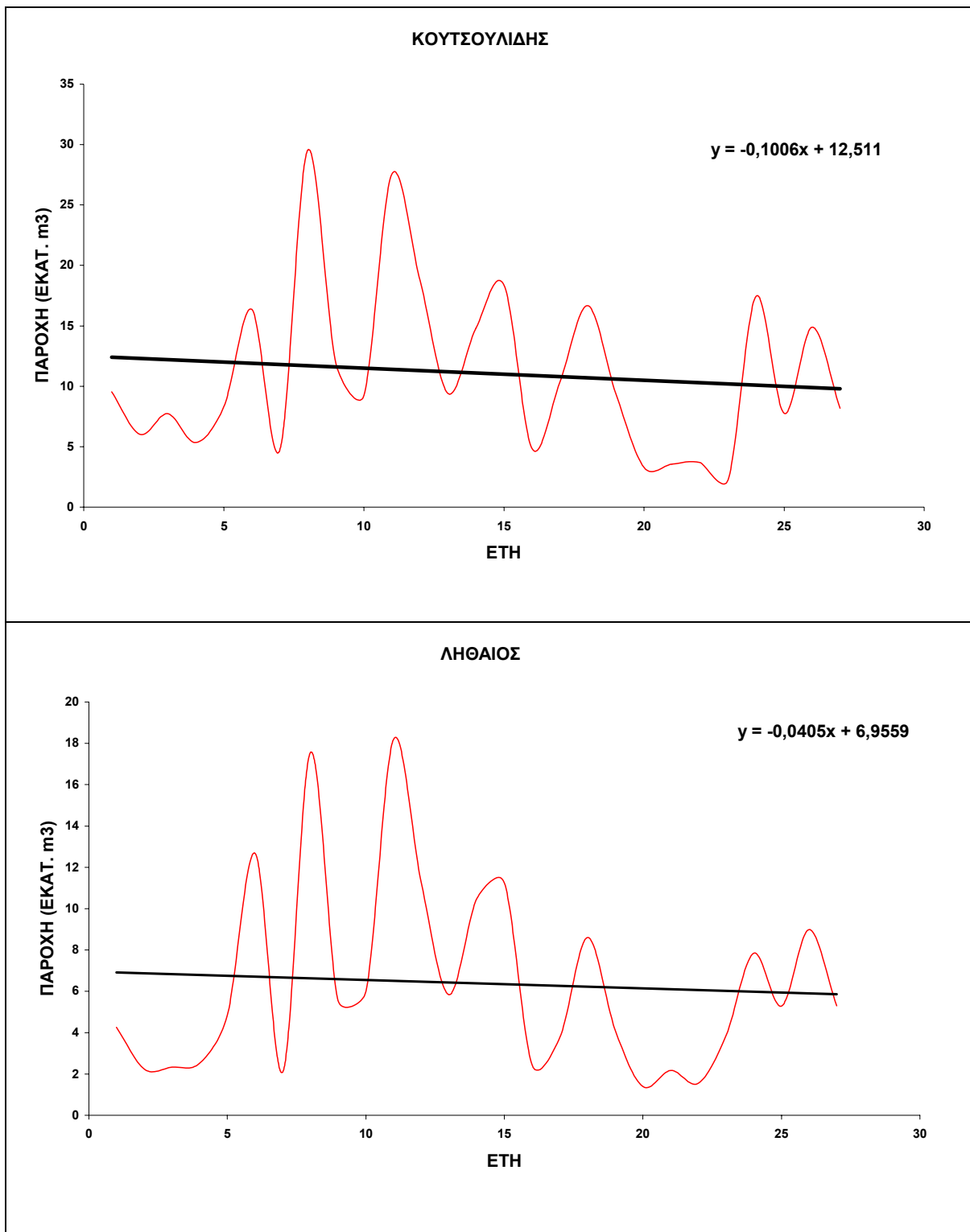
Σε αυτό το σημείο παρατηρούμε ότι η πτωτική τάση που παρουσιάζει ο χειμάρρος Γεροπόταμος είναι περίπου ίση με την πτωτική τάση του όγκου βροχής που δέχεται η λεκάνη του Γεροπόταμου, κάτι το οποίο δικαιολογεί την μεγάλη εκμετάλλευση των υδάτων του χειμάρρου τα τελευταία 20 χρόνια από αρδευτικά έργα.

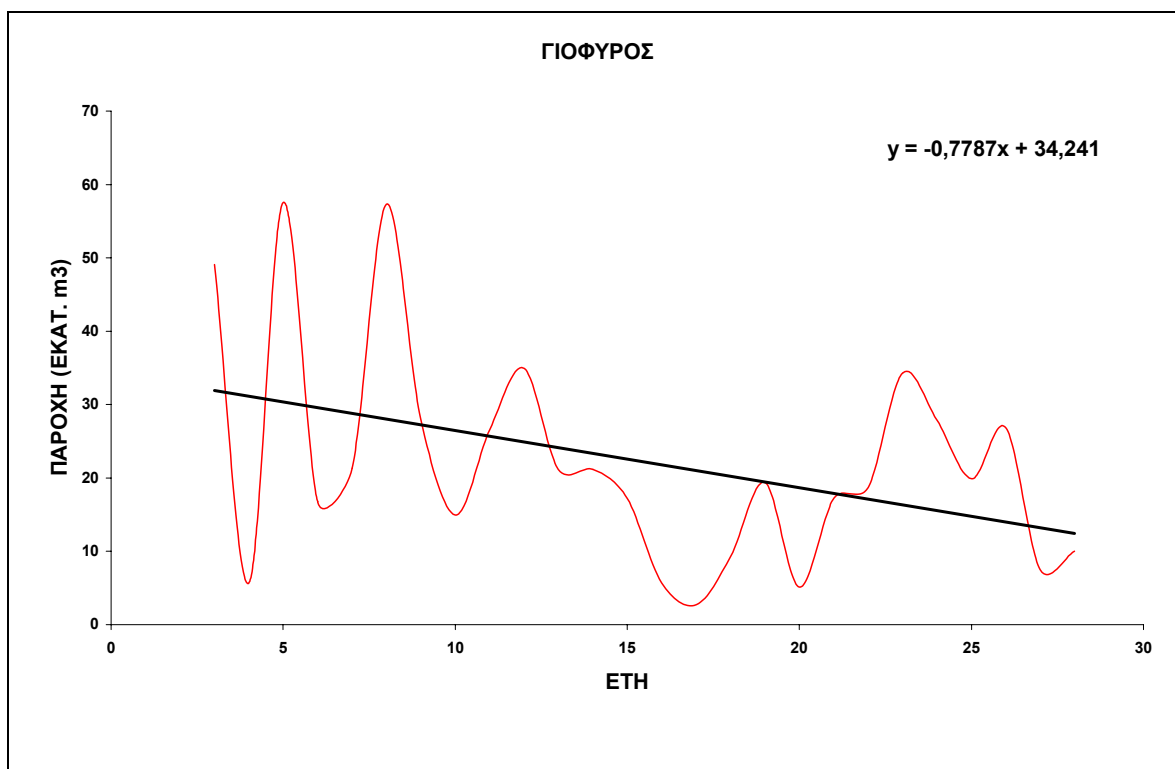
- Ο χείμαρρος Κουτσουλίδης παρουσιάζει πτωτική τάση της τάξης των 1 εκατ. m³ ανά δεκαετία.
- Ο χείμαρρος Ληθαίος παρουσιάζει πτωτική τάση της τάξης των 0,4 εκατ. m³ ανά δεκαετία.

Για την υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου:

- Ο χείμαρρος Γιόφυρος παρουσιάζει πτωτική τάση της τάξης των 7,8 εκατ. m³ ανά δεκαετία. Στην περίπτωση της υδρολογικής λεκάνης του Γιόφυρου ενώ ο όγκος βροχής που δέχεται η λεκάνη παρουσιάζει αυξητική τάση ο χείμαρρος Γιόφυρος παρουσιάζει πτωτική τάση ένα στοιχείο που ίσως να υποδεικνύει την εκμετάλλευση με αρδευτικά έργα της παροχής του λόγω και των αυξανόμενων αναγκών.
- Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο υπολογισμός της τάσης του όγκου της βροχής προήλθε από την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen, οπότε ενδέχεται ο καθορισμός των πολυγώνων επιρροής του κάθε σταθμού να περιέχει σημαντικό σφάλμα.

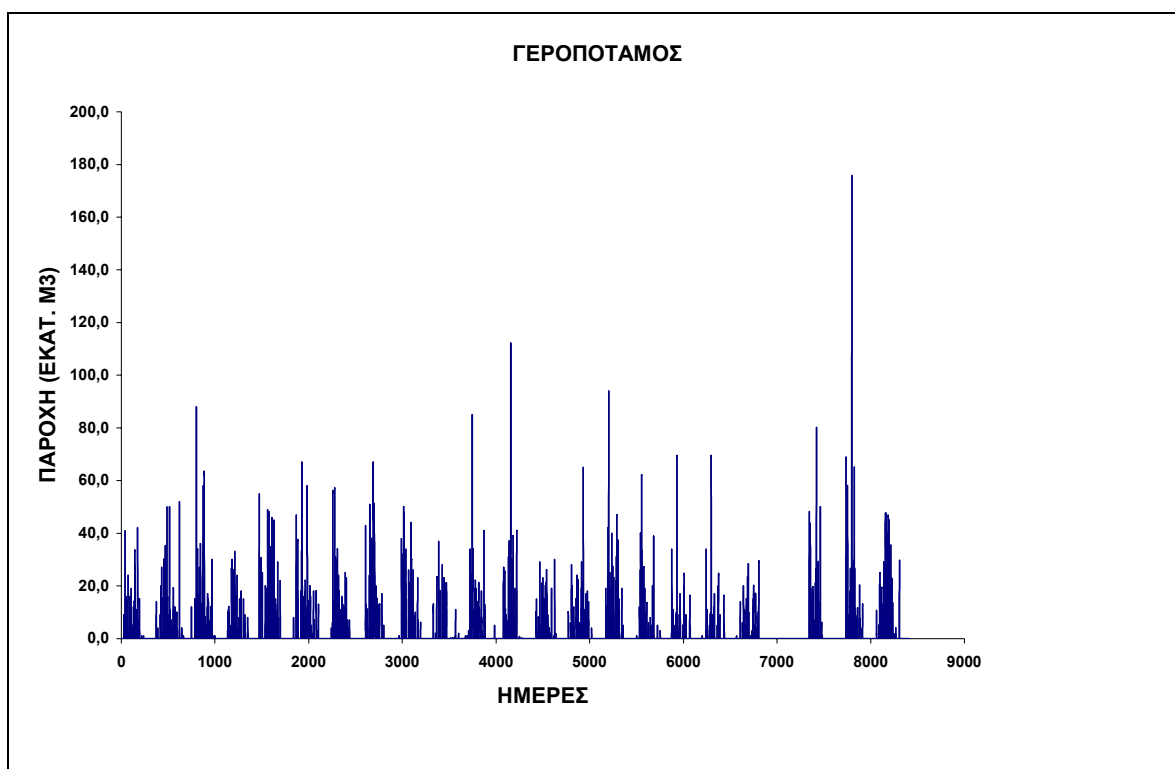


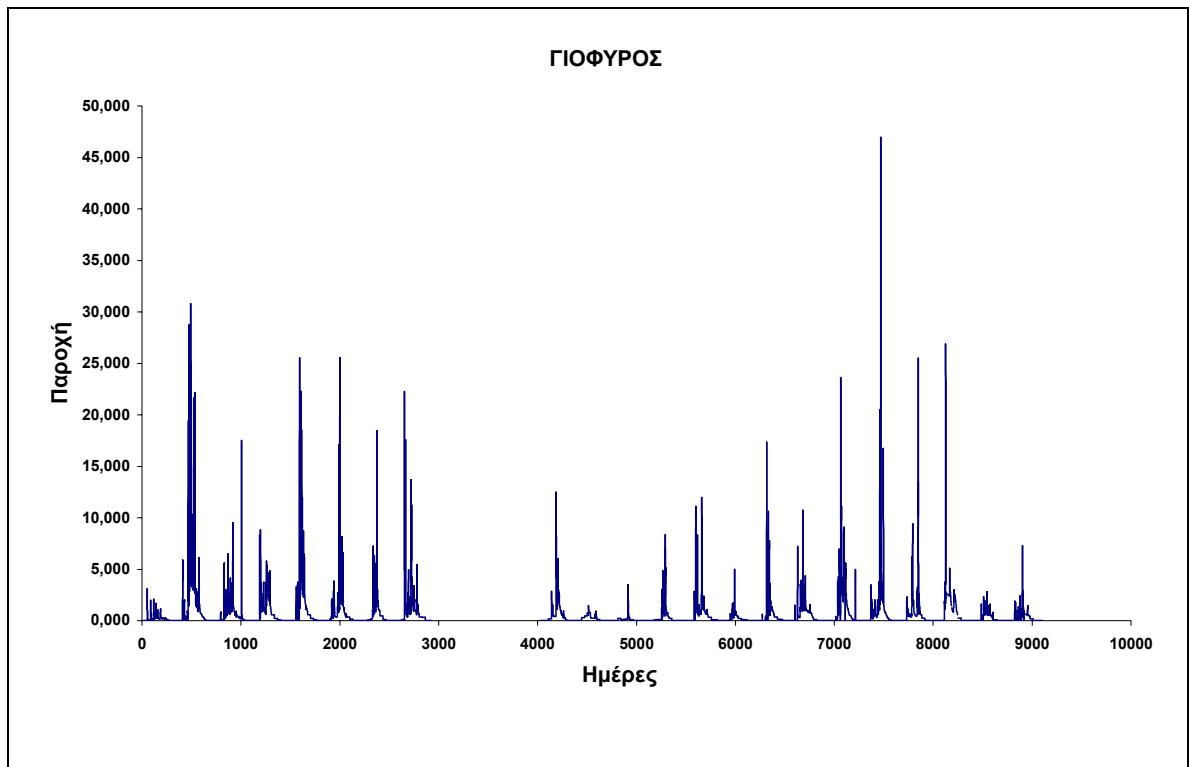




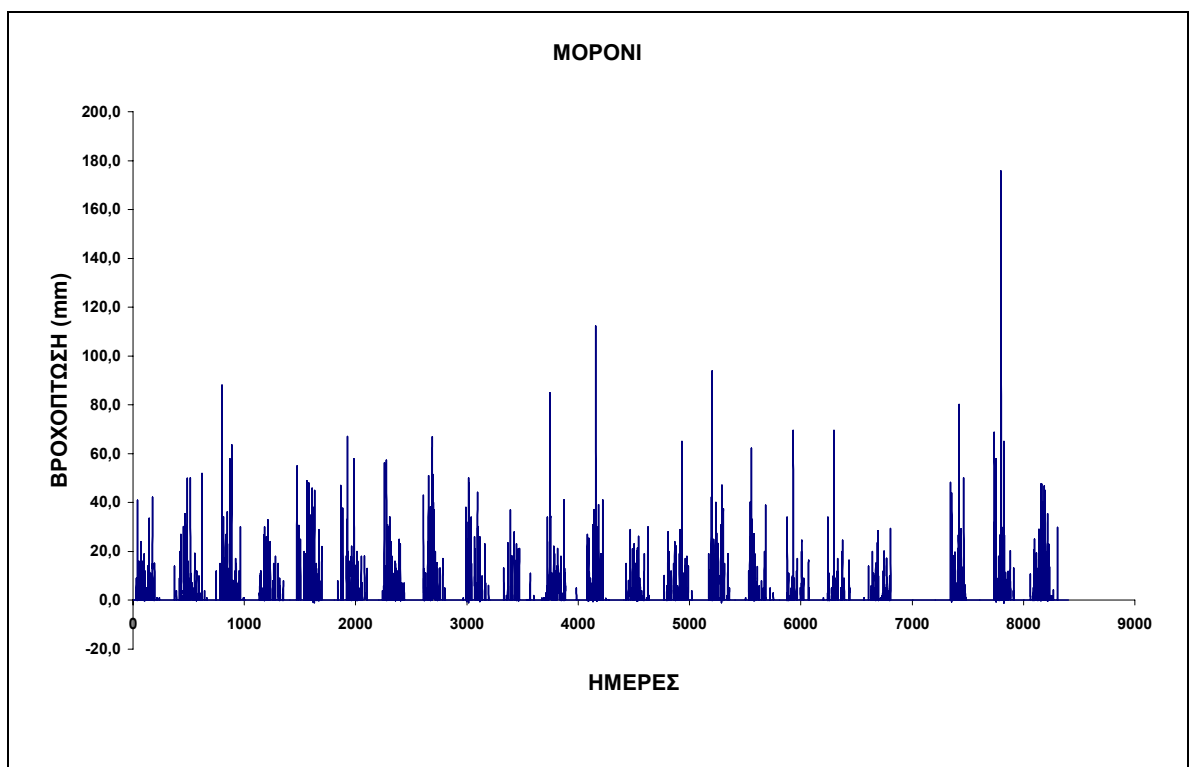
3.5 ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΧΕΙΜΑΡΡΩΝ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

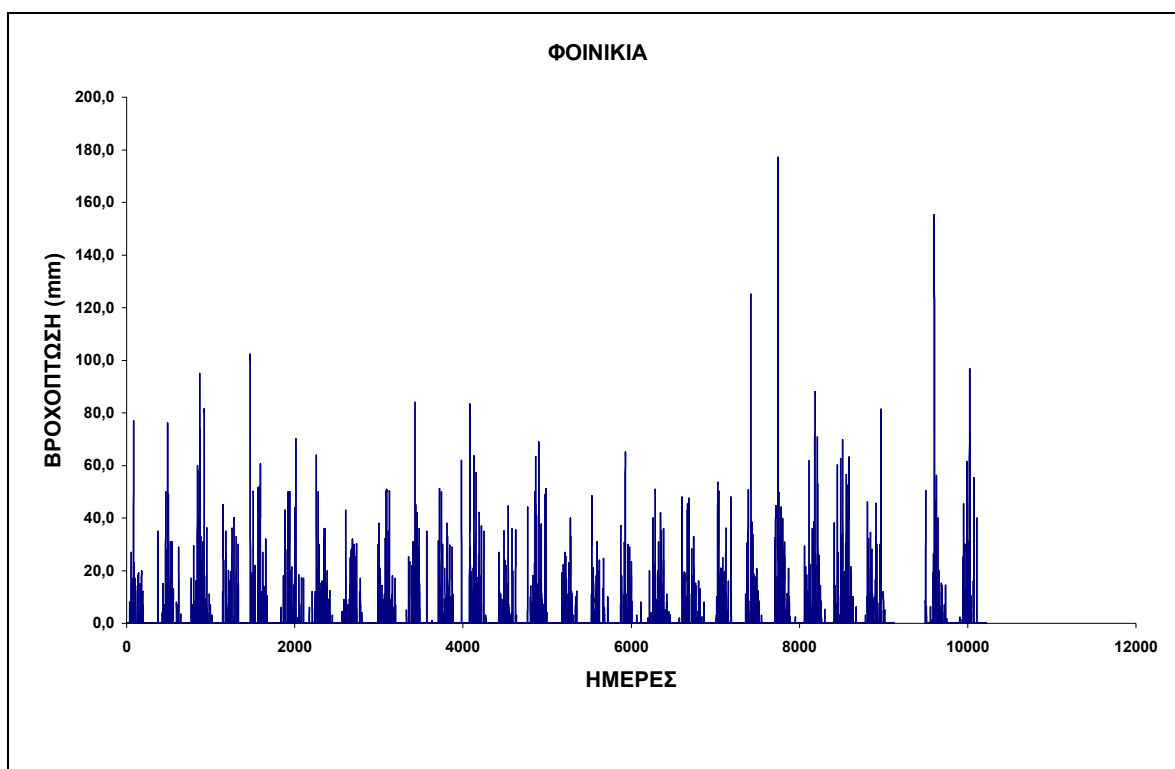
Για την καλύτερη κατανόηση της διακύμανσης της απορροής των δύο βασικών χειμάρρων, Γεροπόταμος και Γιόφυρος, των υδρολογικών λεκανών Γεροπόταμου και Γιόφυρου πραγματοποιήθηκε ημερήσια ανάλυση για την χρονική περίοδο 1973-1997 και 1975-2001 αντίστοιχα.





Επίσης πραγματοποιήθηκε η ημερήσια ανάλυση για ένα αντιπροσωπευτικό σταθμό για κάθε λεκάνη. Για την λεκάνη του Γεροπόταμου επιλέχθηκε ο βροχομετρικός σταθμός Μορόνι, ενώ για την λεκάνη του Γιόφυρου ο βροχομετρικός σταθμός Φοινικιά.





3.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΒΡΟΧΟΒΑΘΜΙΔΑΣ

Ο υπολογισμός της βροχοβαθμίδας υπολογίστηκε χωριστά για το σύνολο των σταθμών της λεκάνης του Γεροπόταμου και του Γιόφυρου αντίστοιχα.

Η λογική υπολογισμού βροχοβαθμίδας χωριστά για κάθε υδρολογική λεκάνη στηρίχτηκε στην παρατήρηση ότι γενικά δεν έχει νόημα η βροχοβαθμίδα σε ολόκληρα υδατικά διαμερίσματα λόγω της ποικιλίας των τοπικών συνθηκών που συναντιούνται σε μια ευρύτερη περιοχή ενός υδατικού διαμερίσματος, πόσο μάλλον σε δύο διαφορετικές υδρολογικές λεκάνες.

Ο υπολογισμός της ετήσιας βροχοβαθμίδας για την υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου υπολογίστηκε για το υγρό έτος 1977-1978, για το ξηρό έτος 1989-1990. Επίσης υπολογίστηκε και η υπερετήσια βροχοβαθμίδα από τα υπερετήσια ύψη βροχής των σταθμών για την χρονική περίοδο 1970-1997.

Για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου η ετήσια βροχοβαθμίδα υπολογίστηκε για το υγρό έτος 1996-1997, για το ξηρό έτος 1989-1990. Επίσης υπολογίστηκε η υπερετήσια βροχοβαθμίδα από τα υπερετήσια ύψη βροχής για την χρονική περίοδο 1975-2001.

Σε σύστημα ορθογωνίων αξόνων προβάλλονται τα απόλυτα υψόμετρα του συνόλου των σταθμών συναρτήσει των αντίστοιχων υψών βροχής.

Η εξίσωση της ευθείας που συνδέει τα δύο μεγέθη είναι της μορφής

$$Y=aX+\beta$$

Η εξίσωση αυτή μας δίνει την κατανομή της βροχόπτωσης σε σχέση με το υψόμετρο για την περιοχή μελέτης.

Όνομα Σταθμού	Υψόμετρο	1977-1978 (υγρό, mm)	1989-1990 (ξηρό, mm)	1970-1997 (υπερετήσιες τιμές, mm)
Αγία Βαρβάρα	570	1301	551,8	914
Άγιος Κύριλλος	450	837,7	251,1	528,1
Ασήμι	200	1105,5	349,5	588,1
Βαγιωνιά	190	926,6	310,7	524,5
Βορίζια	520	1751	588,1	1137,0
Γέργερη	450	1230	465	851,1
Ζαρός	500	1301	416,5	799,5
Καπετανιανά	800	1441,2	352	691,6

Λαγολιό	140	916,4	344,8	541,8
Μορόνι	400	1014	363	656,1
Πόμπια	150	777	255	490,9

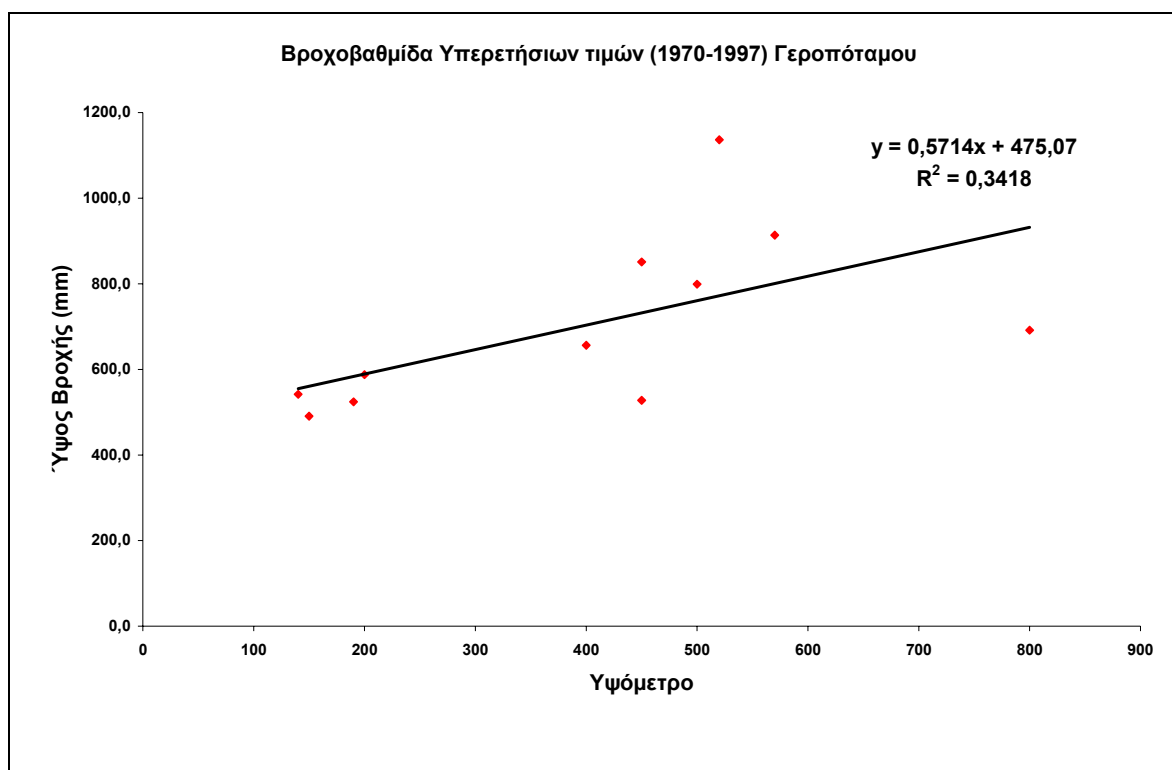
Πίνακας 3.1: Ετήσιες και υπερετήσιες τιμές των βροχομετρικών σταθμών της υδρολογικής λεκάνης Γεροπόταμου

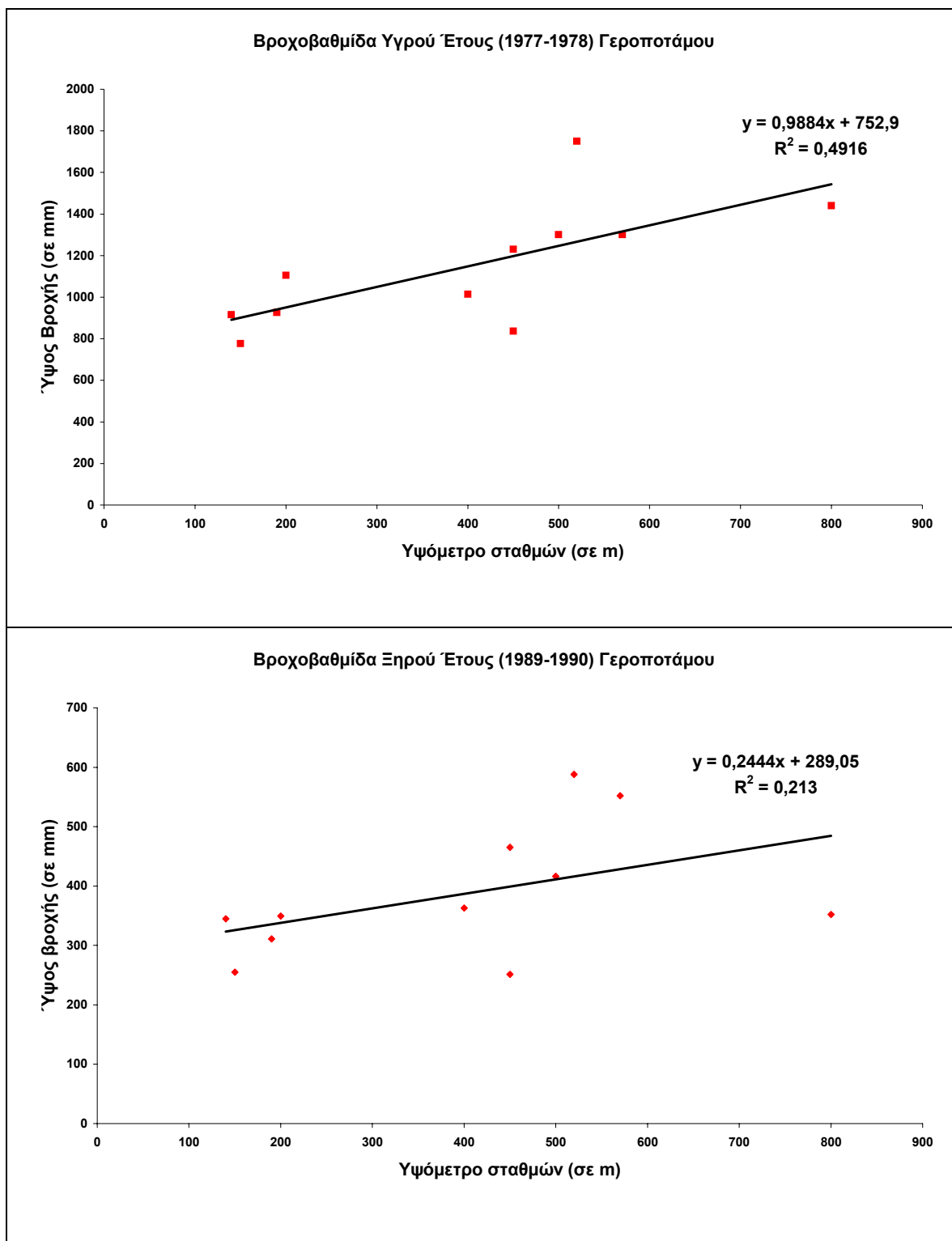
Όνομα Σταθμού	Υψόμετρο	1996-1997 (υγρό, mm)	1989-1990 (ξηρό, mm)	1975-2001 (υπερετήσιες τιμές, mm)
Ηρακλείου	15	599,3	316,4	483,3
Προφ. Ηλίας	380	1092,1	518,3	789,9
Φιονικιά	40	1042,1	474,5	744,2
Αγ. Βαρβάρα	570	1237,8	551,8	927,8

Πίνακας 3.2: Ετήσιες και υπερετήσιες τιμές των βροχομετρικών σταθμών της υδρολογικής λεκάνης Γιόφυρου

Τα διαγράμματα υπολογισμού των ετήσιων και υπερετήσιων βροχοβαθμίδων για την λεκάνη Γεροπόταμου και Γιόφυρου φαίνονται παρακάτω:

Βροχομετρικές Βαθμίδες υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου

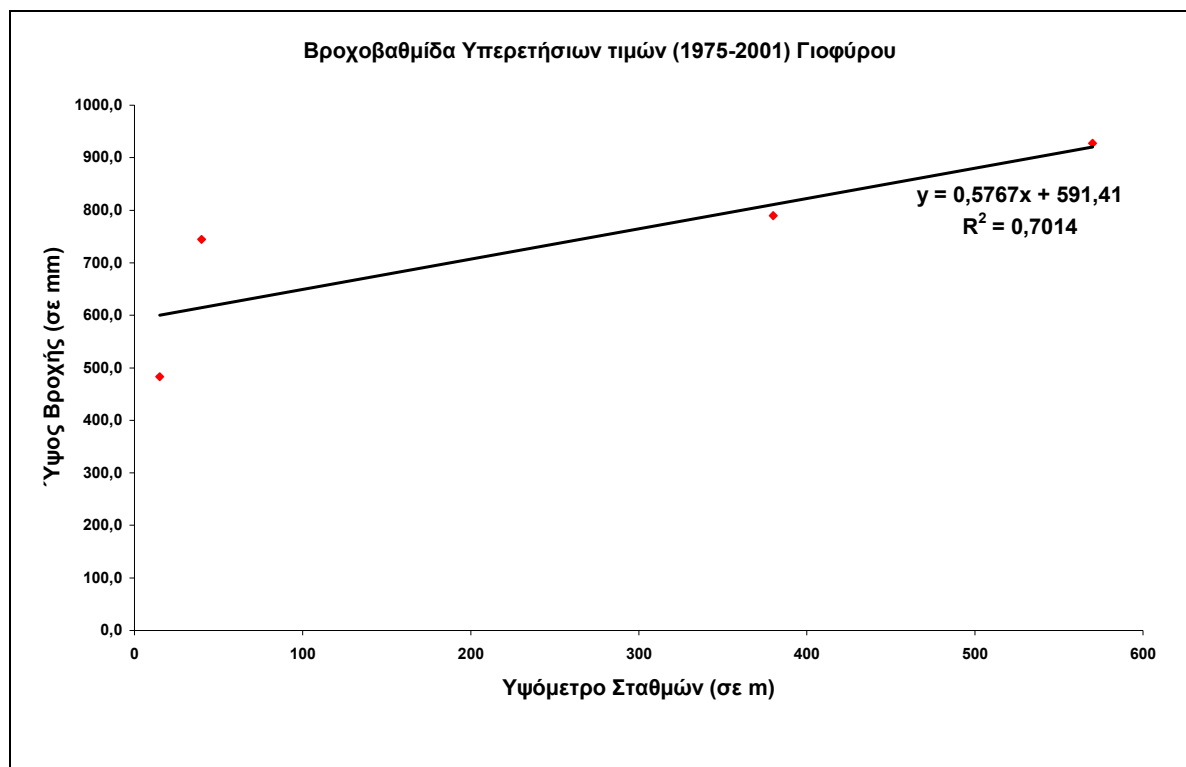


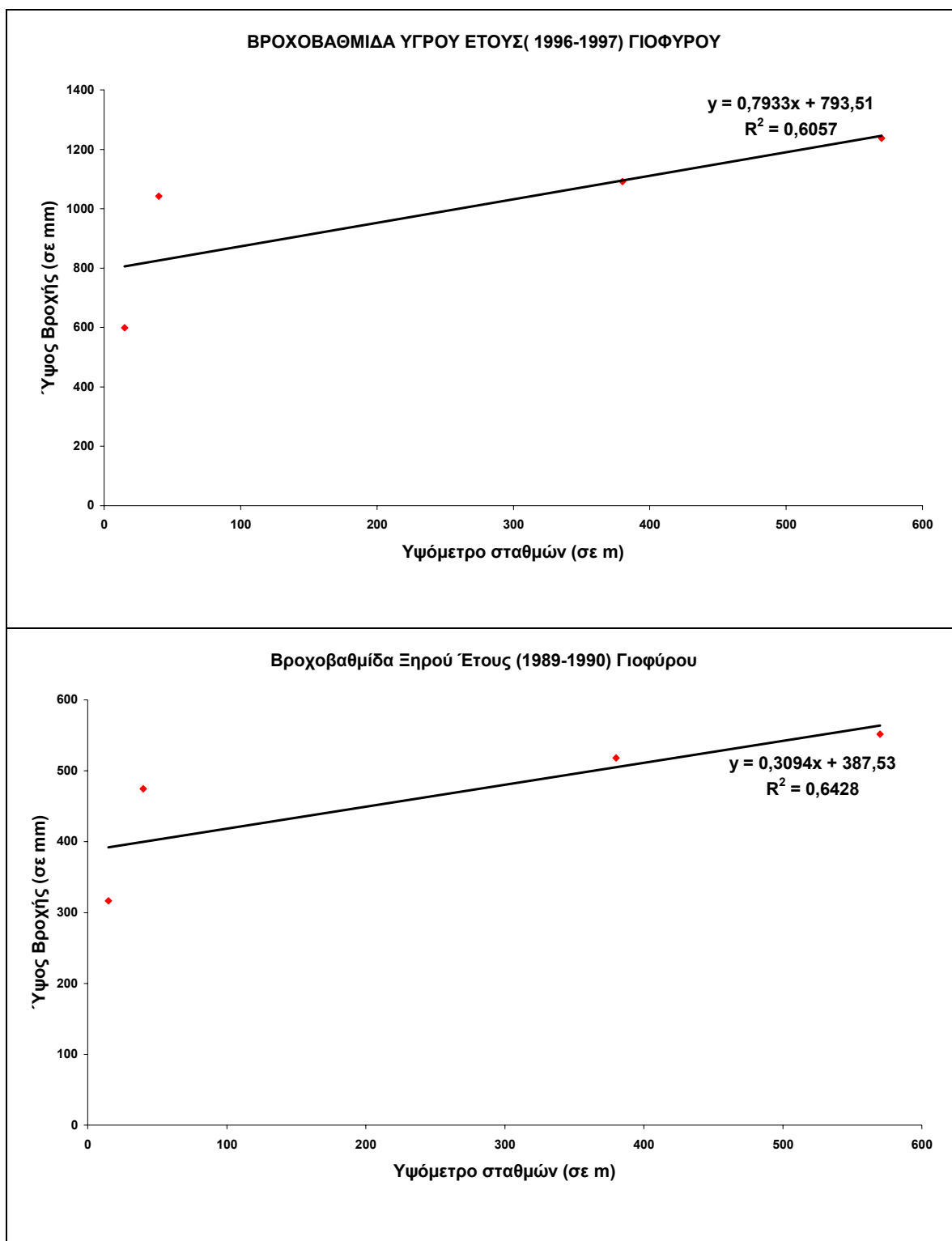


Από τα παραπάνω διαγράμματα, για την λεκάνη Γεροπόταμου, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα σχετικά με την μεταβολή της βροχόπτωσης σε σχέση με το υψόμετρο:

- Για τη χρονική περίοδο 1970-1997 η υπερετήσια βροχοβαθμίδα που προέκυψε είναι ίση με 57,14mm/100m
- Για το υγρό έτος 1977-1978 της περιόδου 1970-1997 η βροχοβαθμίδα είναι ίση με 98,84mm/100m
- Για το ξηρό έτος 1989-1990 της περιόδου 1970-1997 η βροχοβαθμίδα προέκυψε ίση με 24,44mm/100m

Βροχομετρικές Βαθμίδες υδρολογικής λεκάνης Γιοφύρου





Από τα παραπάνω διαγράμματα, για την λεκάνη Γιόφυρου, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα σχετικά με την μεταβολή της βροχόπτωσης σε σχέση με το υψόμετρο:

- Για τη χρονική περίοδο 1975-2001 η υπερετήσια βροχοβαθμίδα που προέκυψε είναι ίση με 57,67mm/100m
- Για το υγρό έτος 1996-1997 της περιόδου 1975-2001 η βροχοβαθμίδα είναι ίση με 79,33mm/100m

- ο Για το ξηρό έτος 1989-1990 της περιόδου 1975-2001 η βροχοβαθμίδα προέκυψε ίση με 30,94mm/100m

3.7 ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΑ ΕΤΗ .

3.7.1 Βροχόπτωση

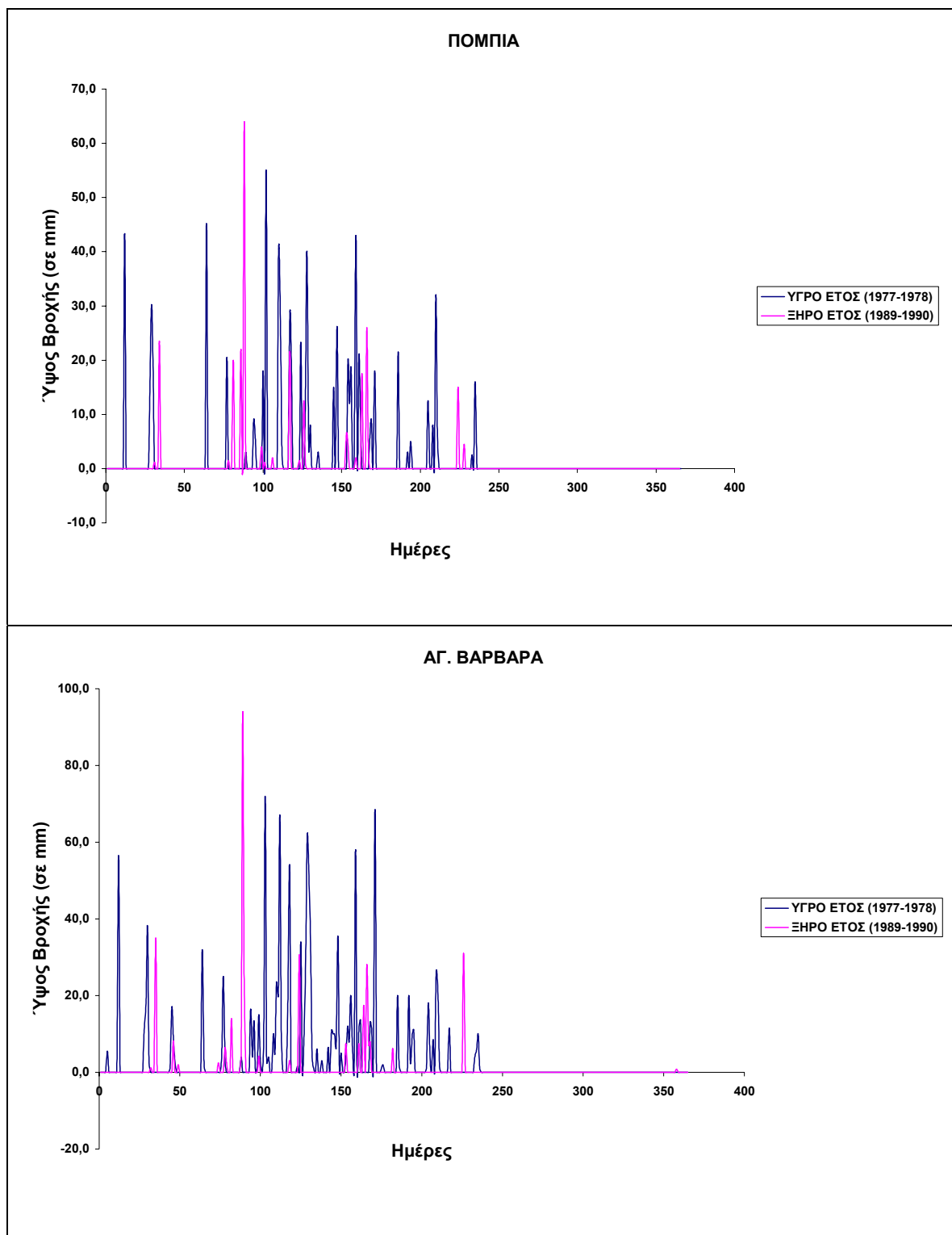
Στην παρούσα ενότητα πραγματοποιείται η ημερήσια ανάλυση της βροχόπτωσης για τα ακραία έτη της περιόδου που έχει επιλεγεί για κάθε υδρολογική λεκάνη.

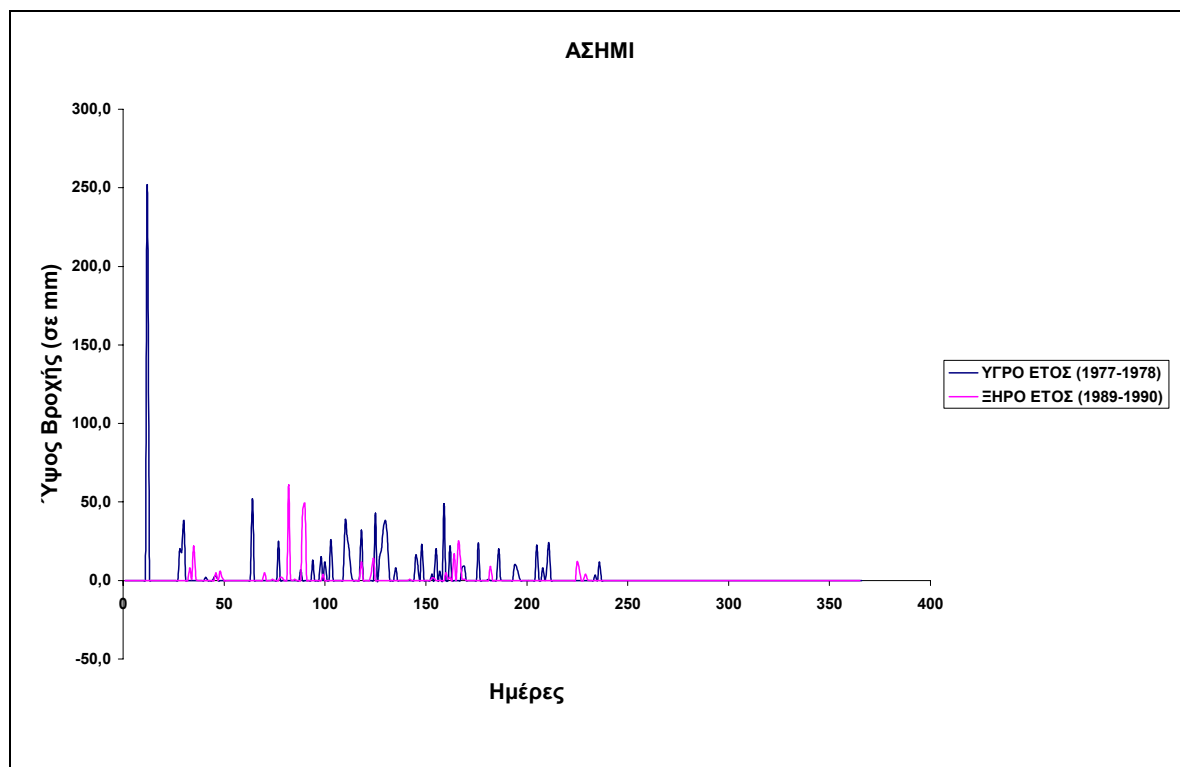
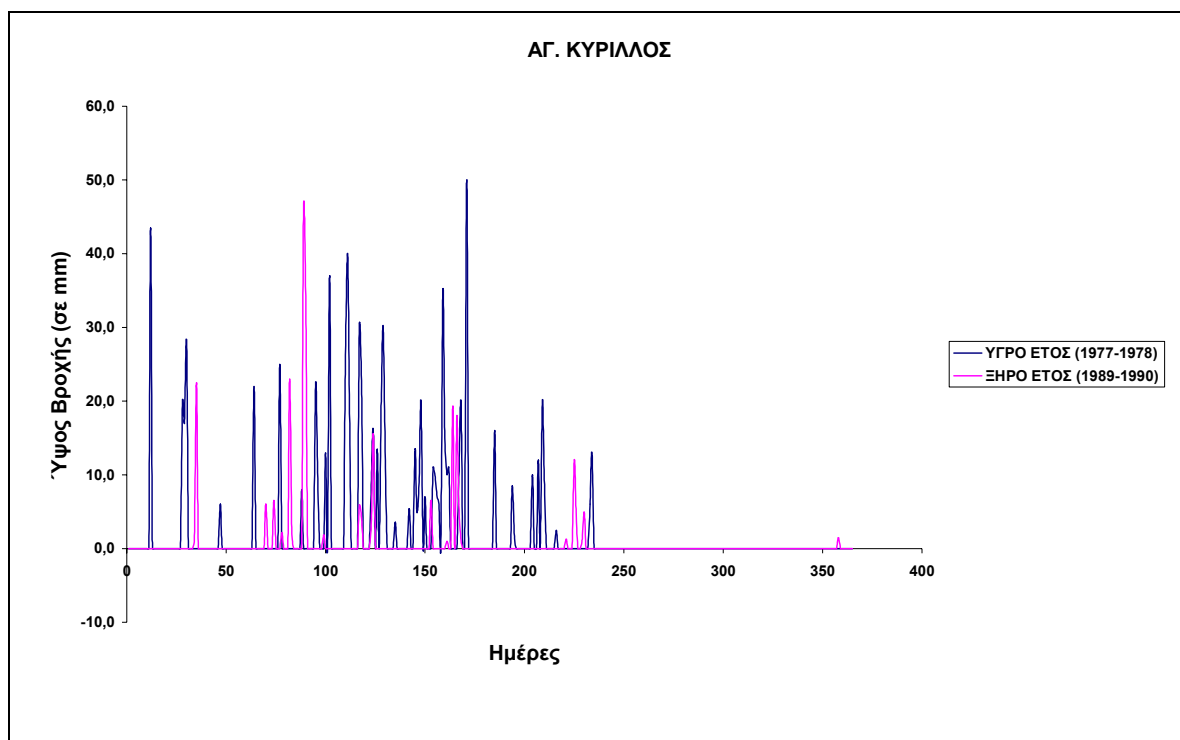
Έτσι για την υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου ως υγρό έτος και ξηρό έτος της περιόδου 1970-1997 επιλέχθηκε το υδρολογικό έτος 1977-1978 και 1989-1990 αντίστοιχα.

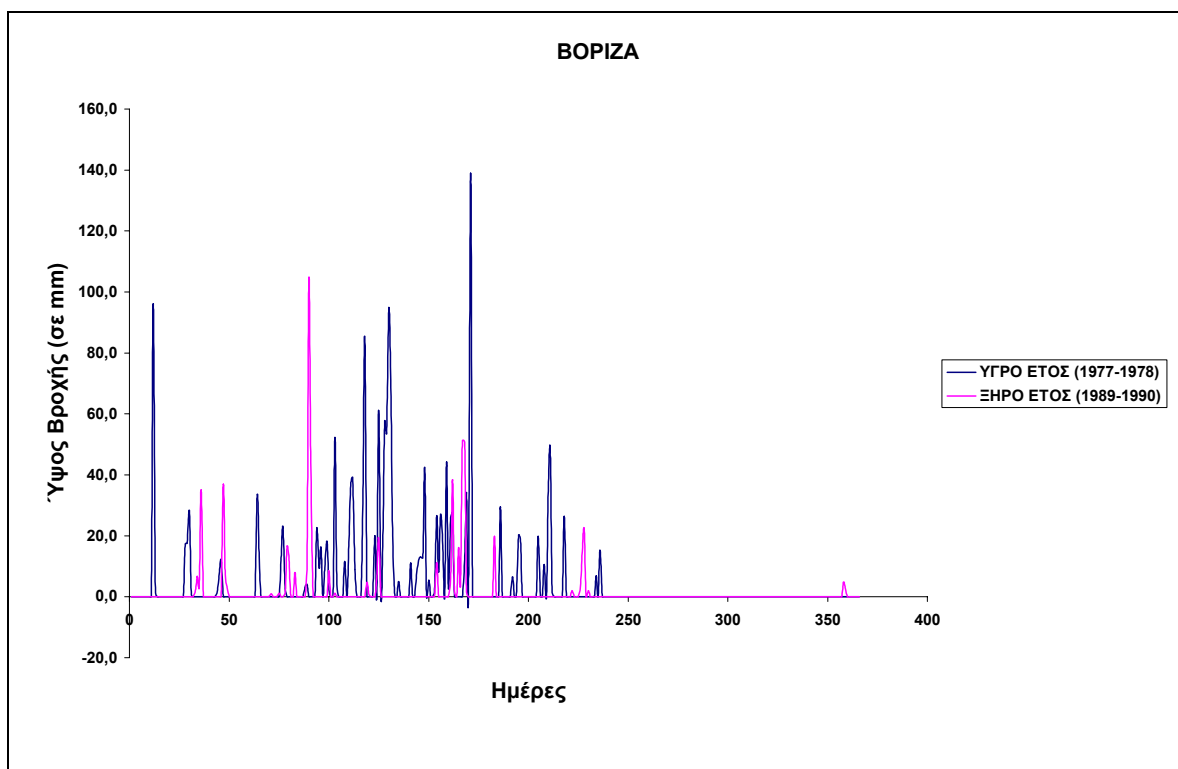
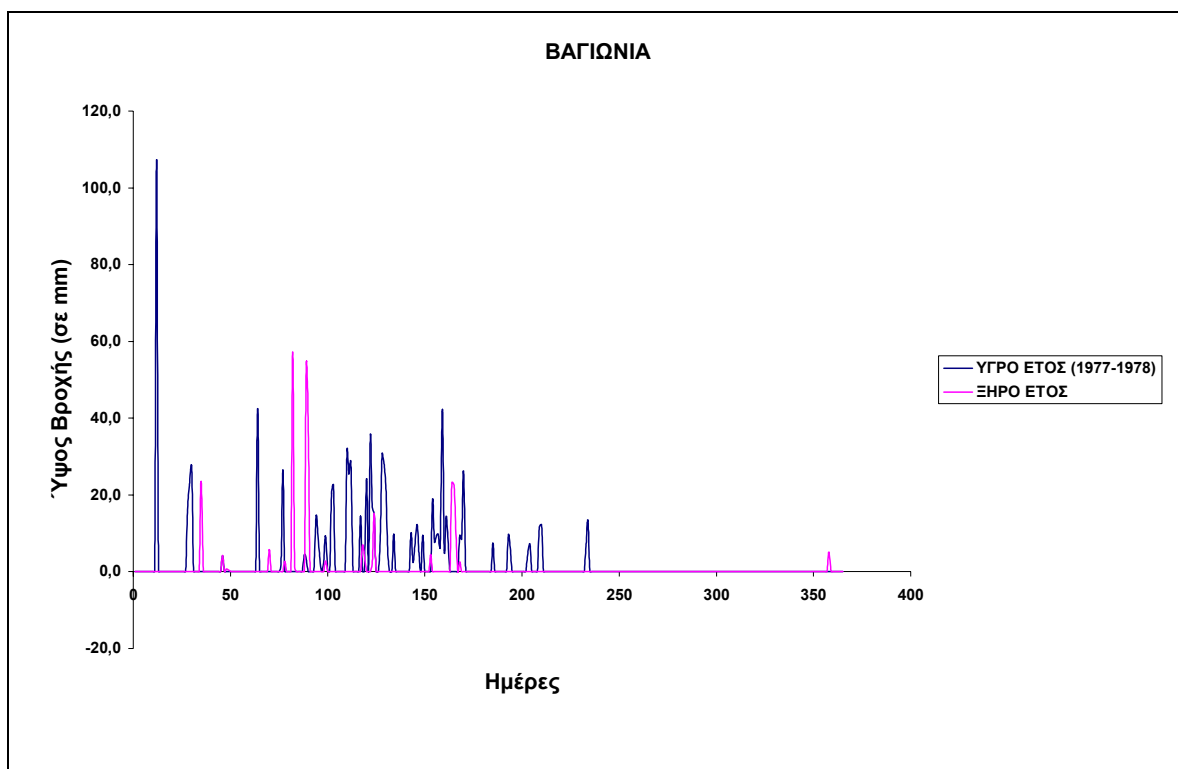
Για την υδρολογική λεκάνη ως υγρό και ξηρό έτος της περιόδου 1975-2001 επιλέχθηκε το υδρολογικό έτος 1996-1997 και 1989-1990 αντίστοιχα.

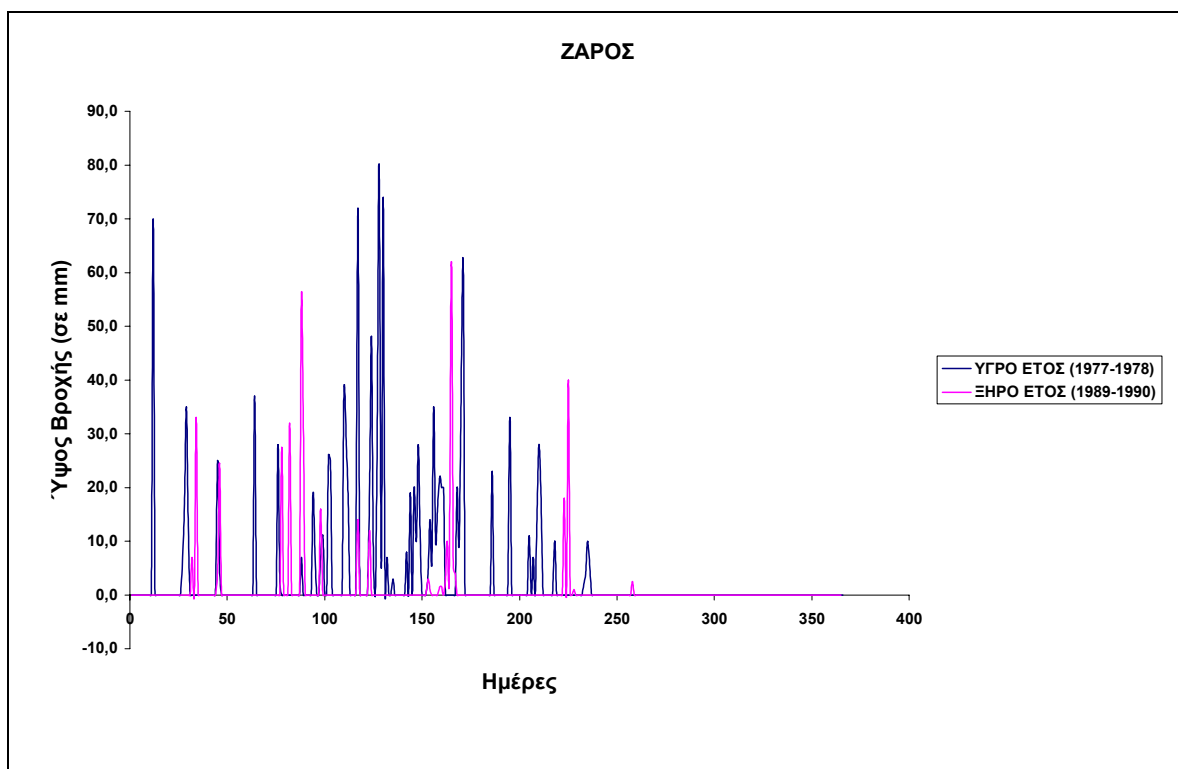
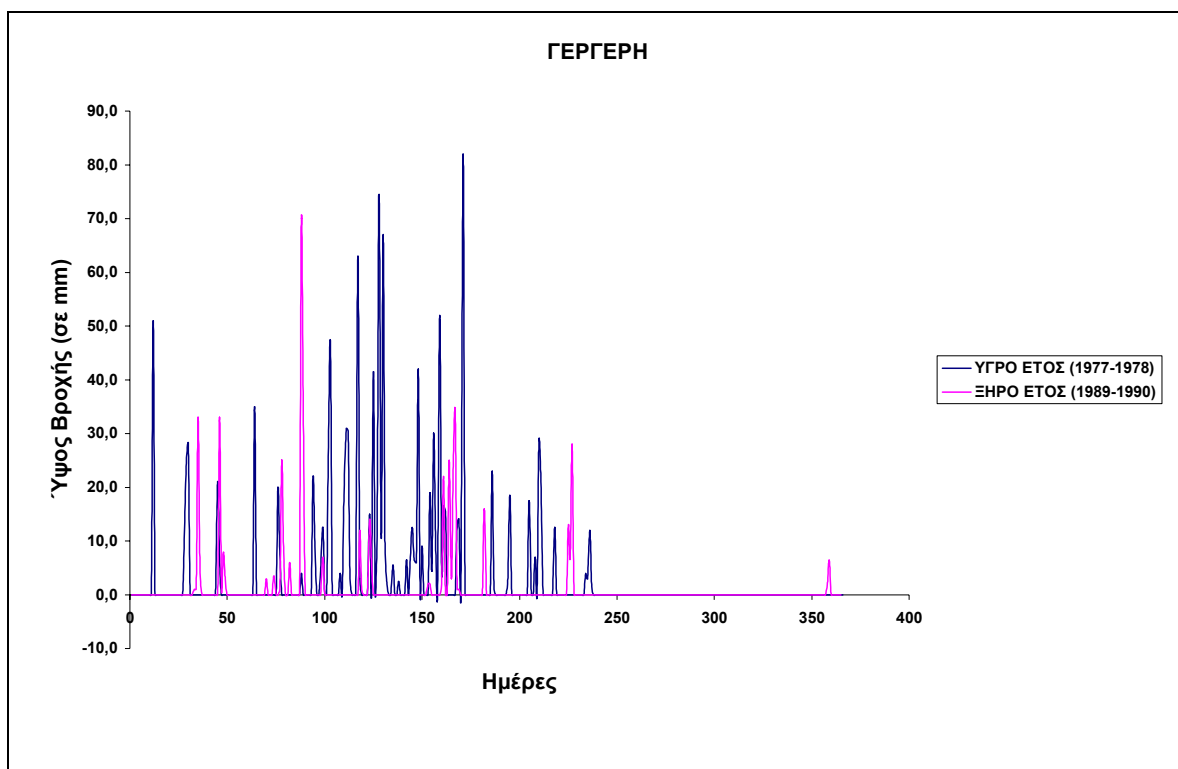
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ημερήσια διακύμανσης της βροχόπτωσης συναρτήσει του χρόνου του υγρού και ξηρού έτους μαζί για κάθε σταθμό, χρησιμοποιώντας ημερήσιες τιμές του ύψους βροχής.

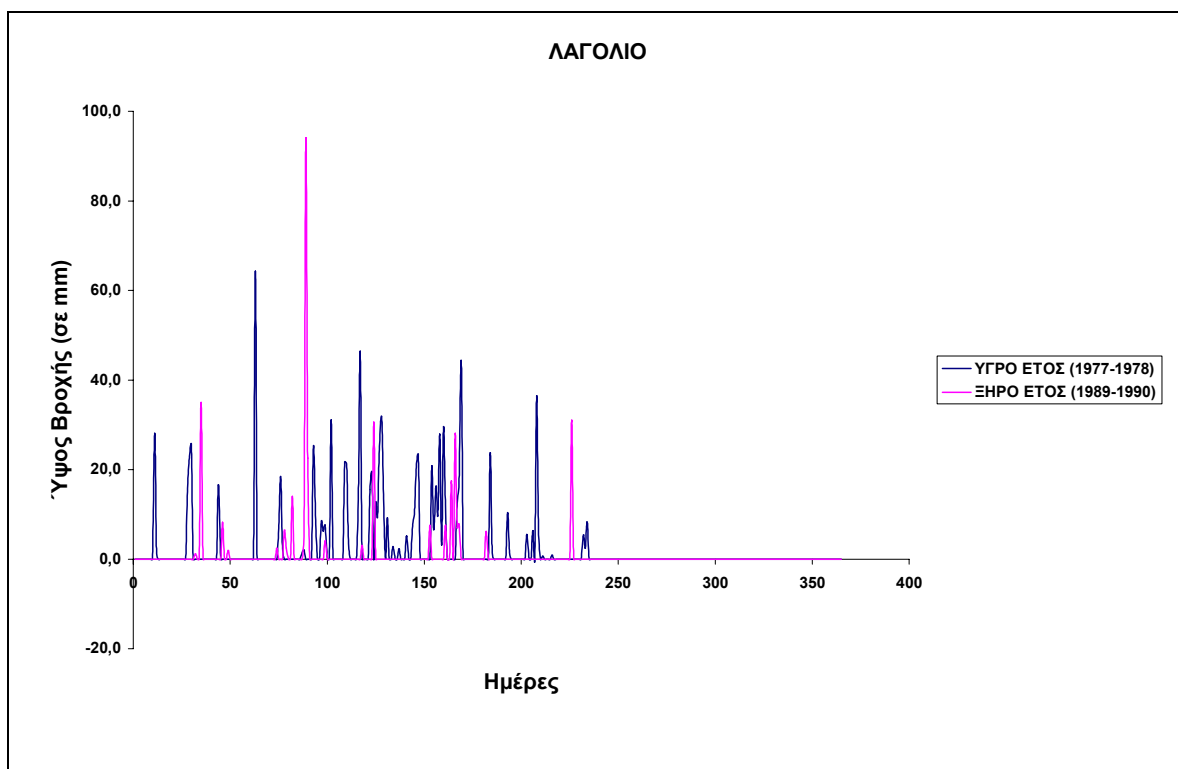
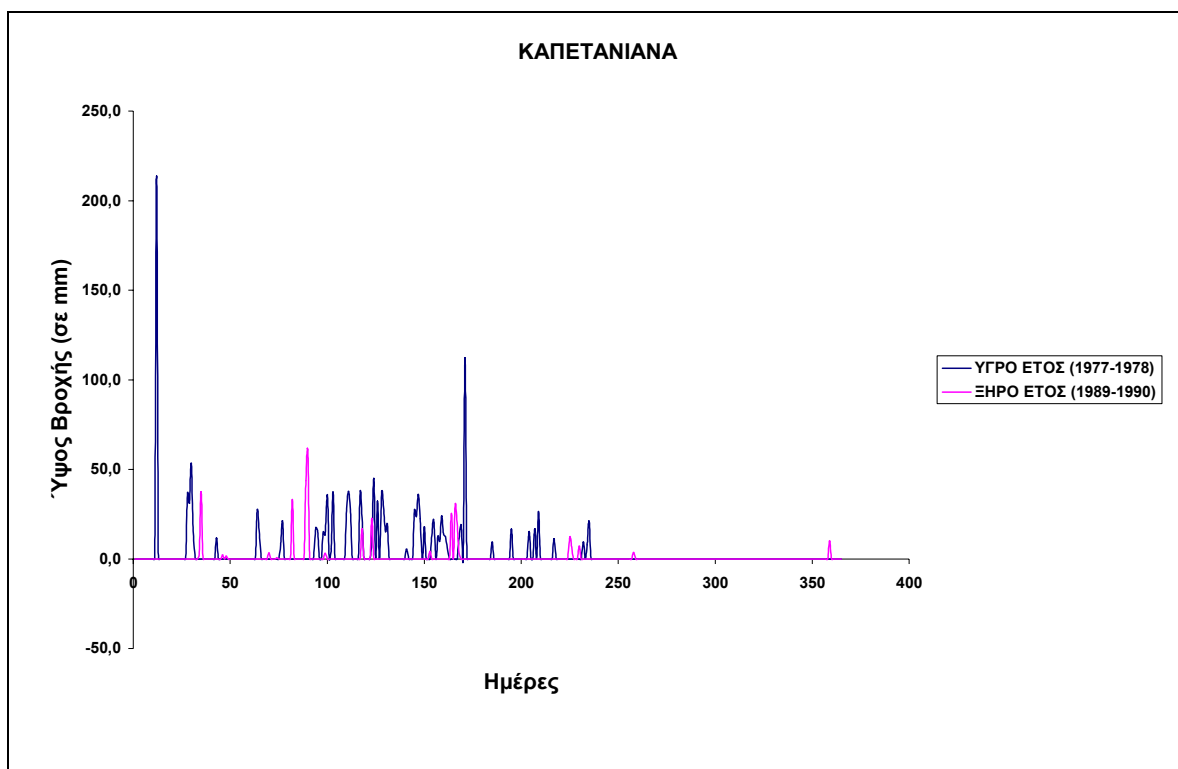
3.7.1.1 Διαγράμματα ημερήσιας διακύμανσης βροχόπτωσης υδρολογικής λεκάνης Γεροπόταμου.

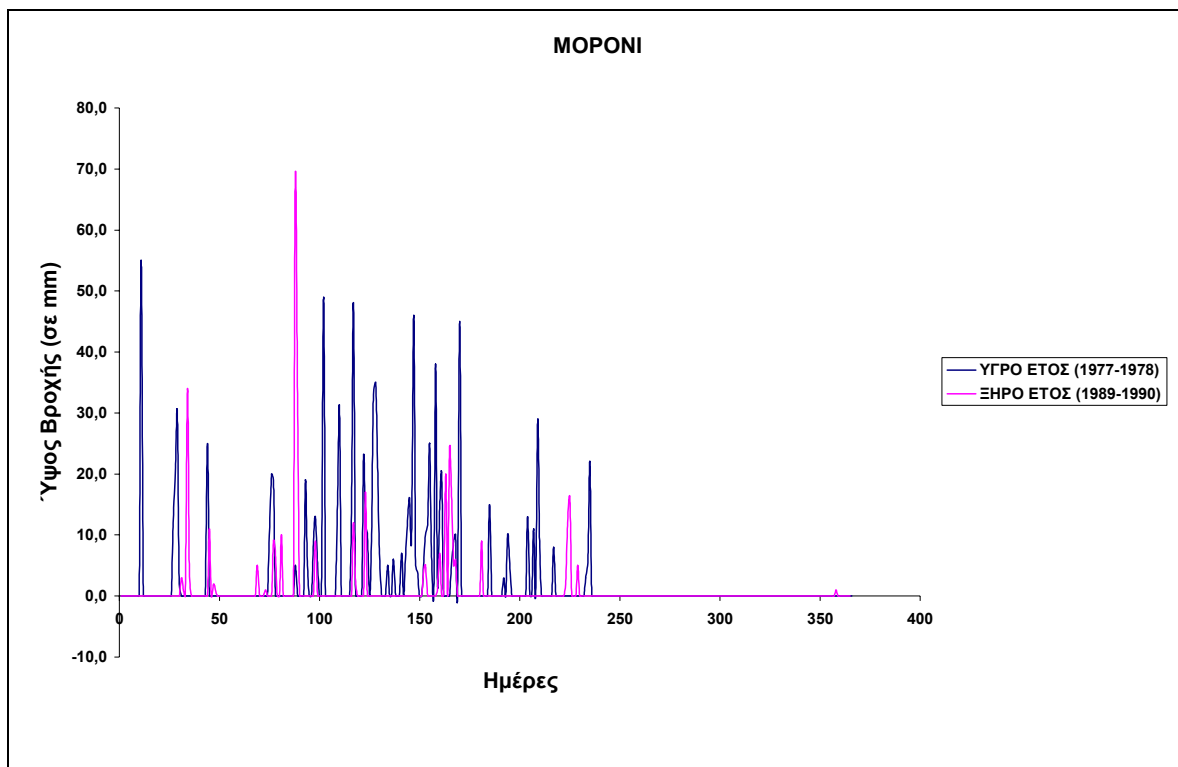




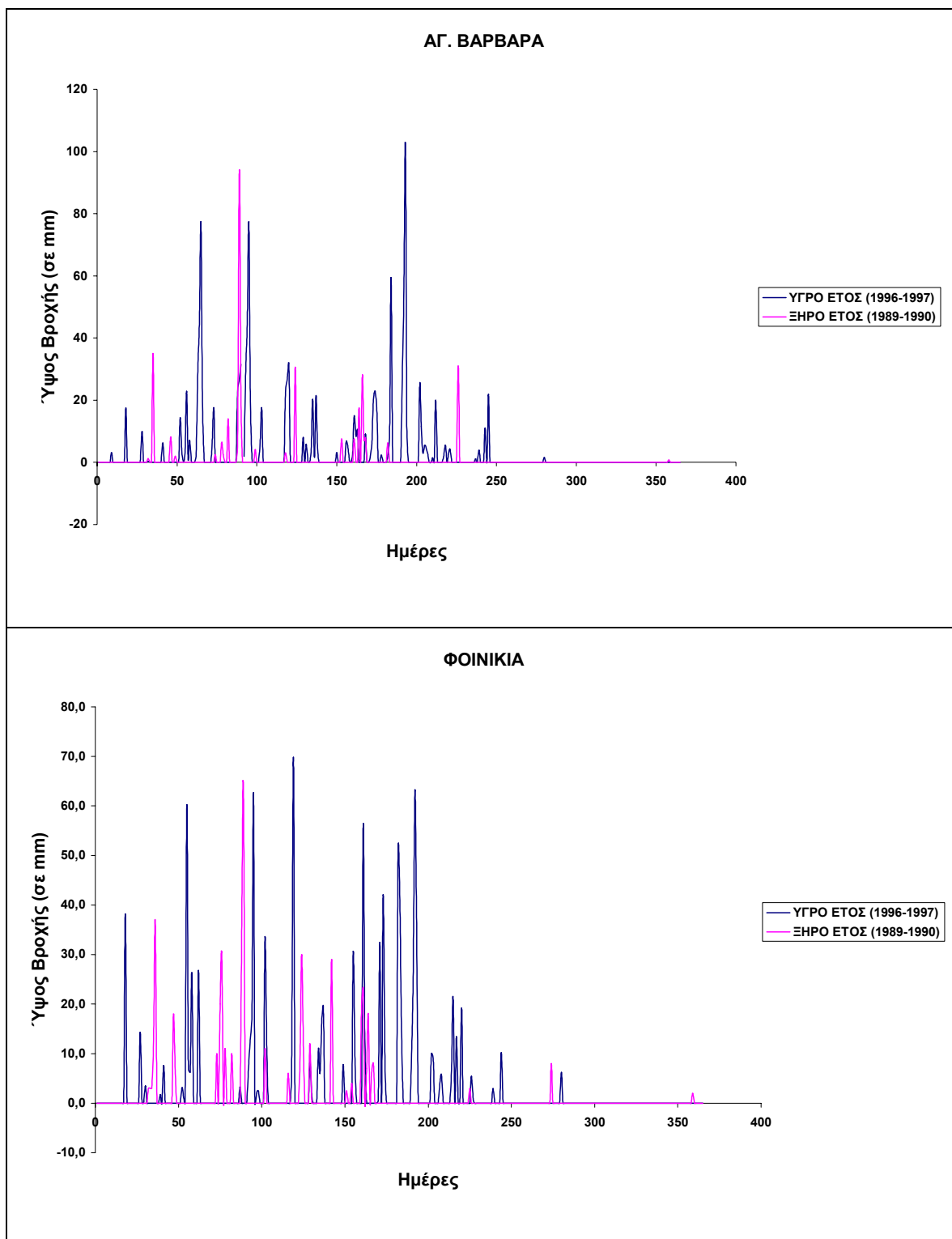


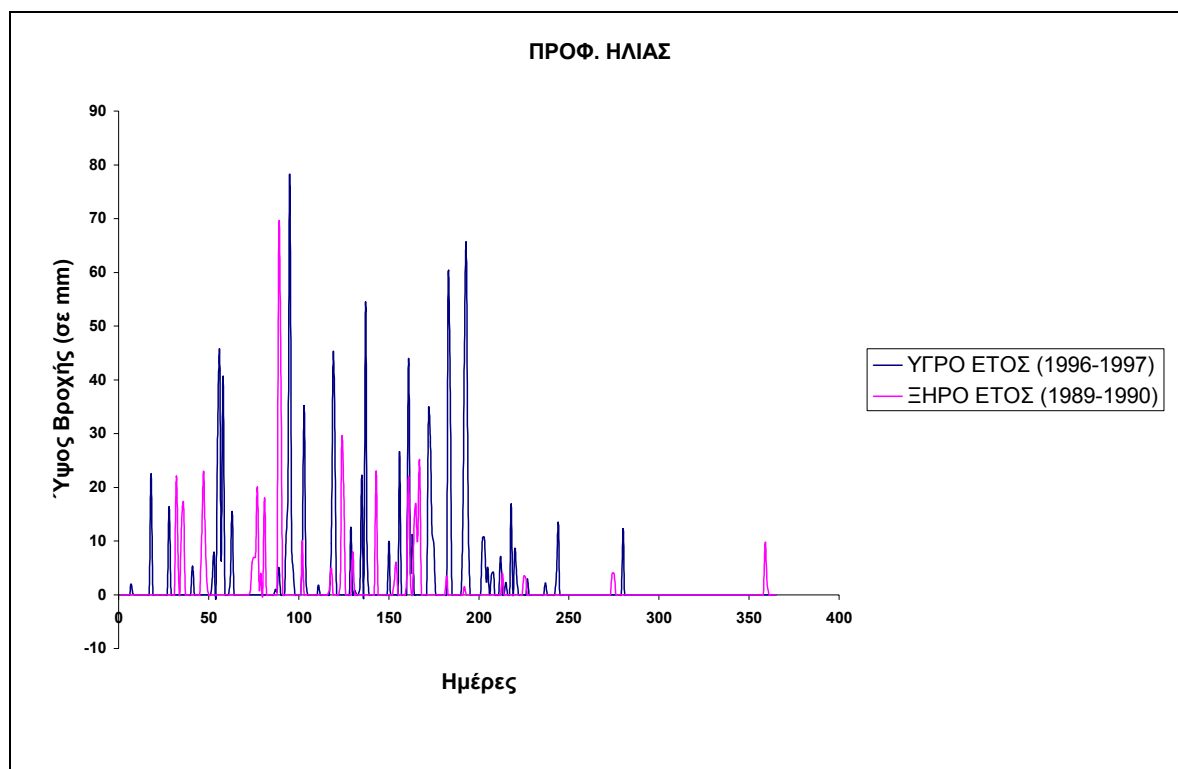






3.7.1.2 Διαγράμματα ημερήσιας διακύμανσης βροχόπτωσης υδρολογικής λεκάνης Γιόφυρου.





3.7.2 Απορροή Χειμάρρων

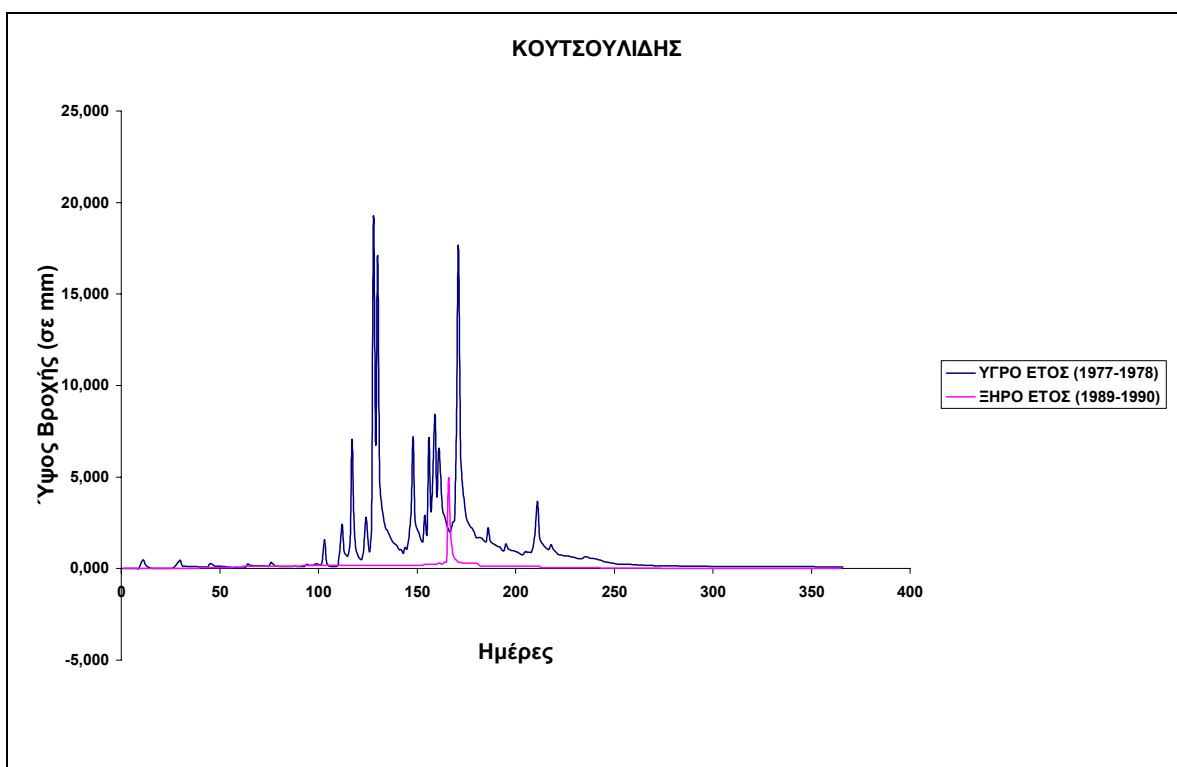
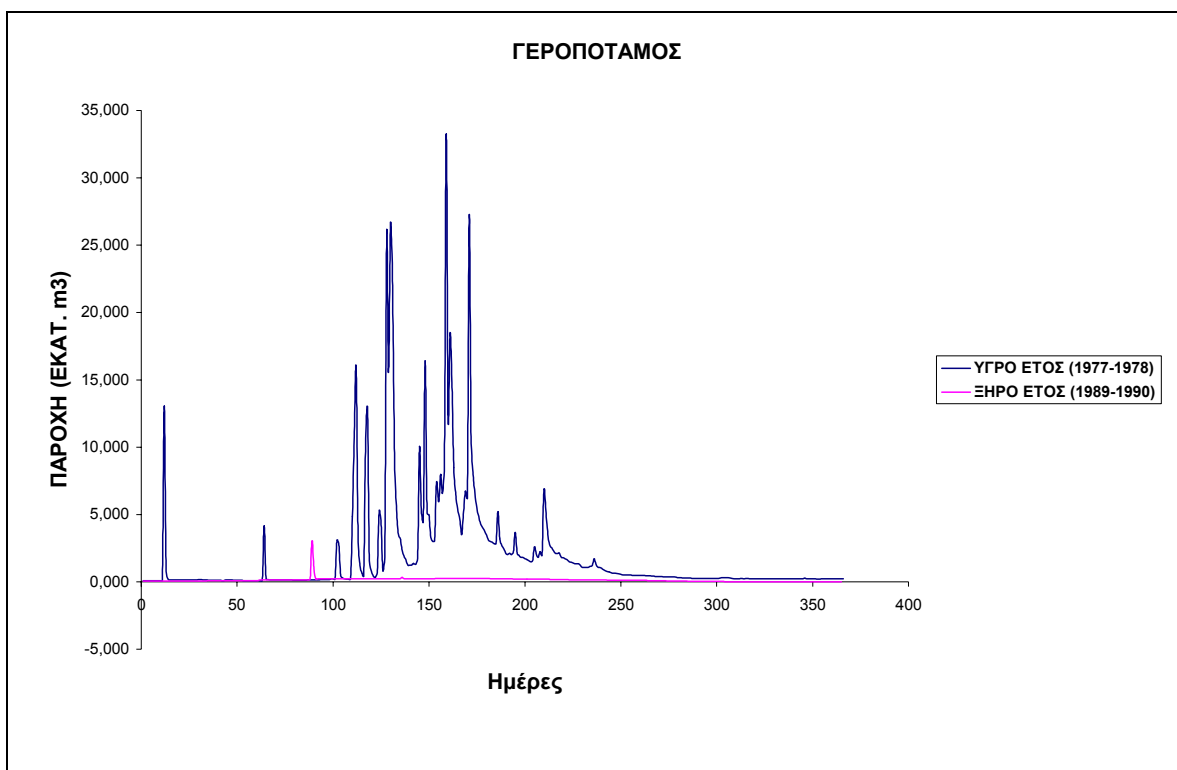
Στη παρούσα ενότητα πραγματοποιήθηκε η ημερήσια ανάλυση της παροχής των χειμάρρων για τα ακραία έτη της περιόδου που έχει επιλεγεί για κάθε υδρολογική λεκάνη.

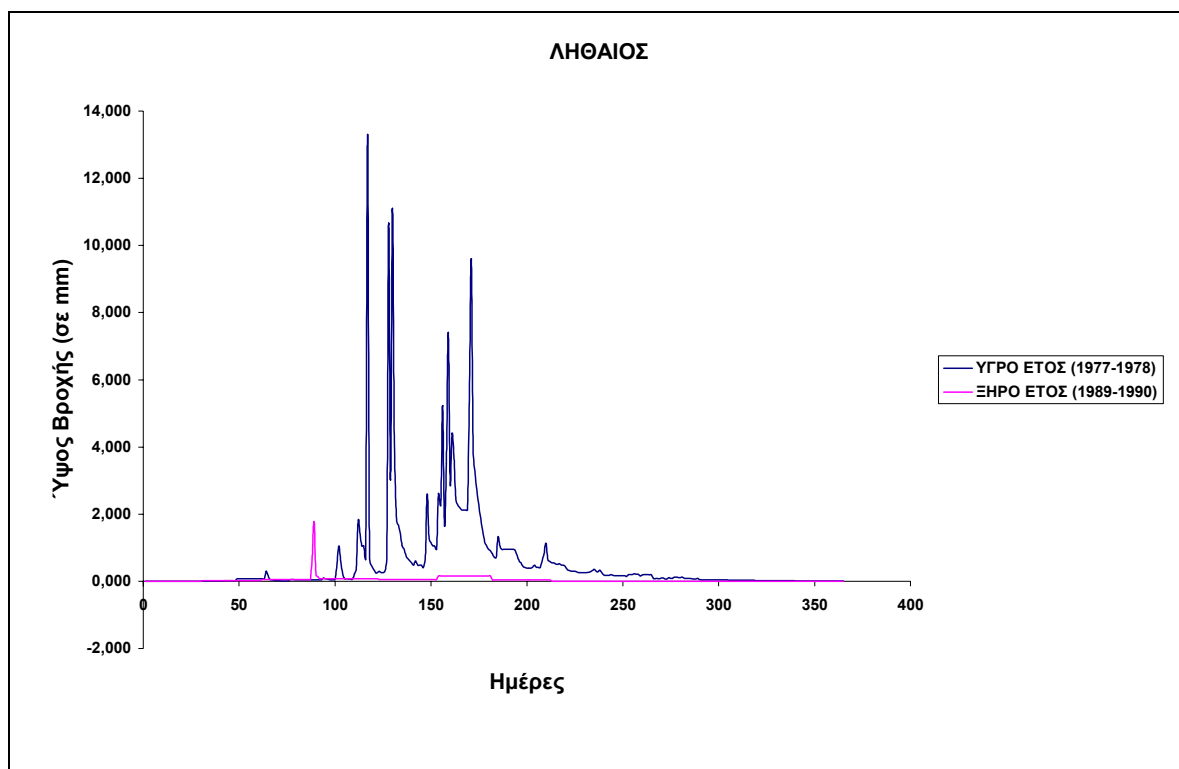
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα των ημερήσιων παροχών των χειμάρρων συναρτήσει του χρόνου (για το υγρό έτος 1996-1997 του Γιόφυρου δεν υπήρχαν ημερήσια δεδομένα παροχής παρά μόνο ετήσια).

Η μεγάλη διαφορά της παροχής των χειμάρρων μεταξύ του υγρού και ξηρού έτους είναι εμφανής στα διαγράμματα.

3.7.2.1 Διαγράμματα ημερήσιας διακύμανσης απορροής υδρολογικής λεκάνης

Γιόφυρου.





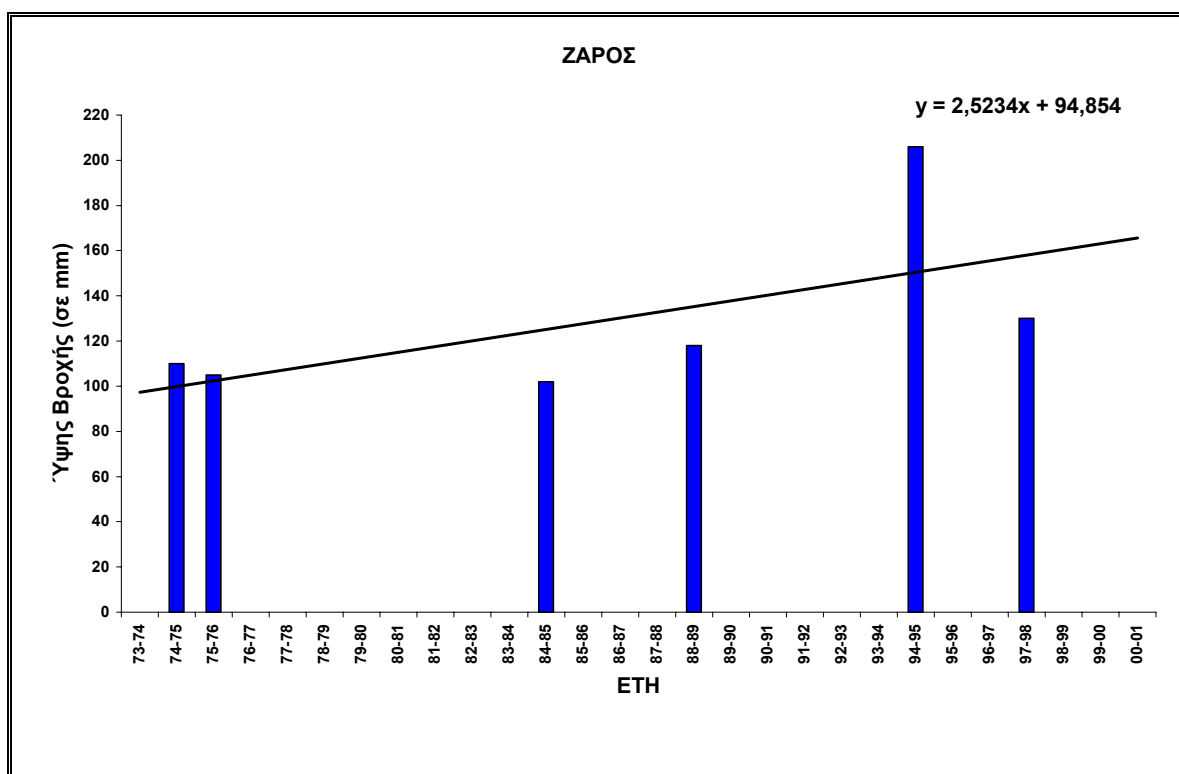
3.8 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΚΡΑΙΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Στην ενότητα που ακολουθεί πραγματοποιήθηκε ανάλυση γεγονότων βροχής μεγαλύτερων των εκατόν χιλιοστών σε ένα αντιπροσωπευτικό σταθμό για κάθε υδρολογική λεκάνη και για την περίοδο 1973-2001. Η επιλογή των σταθμών έγινε με βροχομετρικά κριτήρια, δηλαδή επιλέξαμε σταθμούς με υψηλές ετήσιες βροχοπτώσεις. Η ανάλυση αυτή πραγματοποιήθηκε με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την συχνότητα εμφάνισης ακραίων γεγονότων.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης απεικονίζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν όπου φαίνεται η συχνότητα εμφάνισης γεγονότων βροχόπτωσης άνω των εκατό χιλιοστών καθώς και το ύψος της βροχόπτωσης σε mm, κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου.

Για την υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου επιλέχθηκε ο βροχομετρικός σταθμός του Ζαρού.

Το διάγραμμα έχει ως εξής:

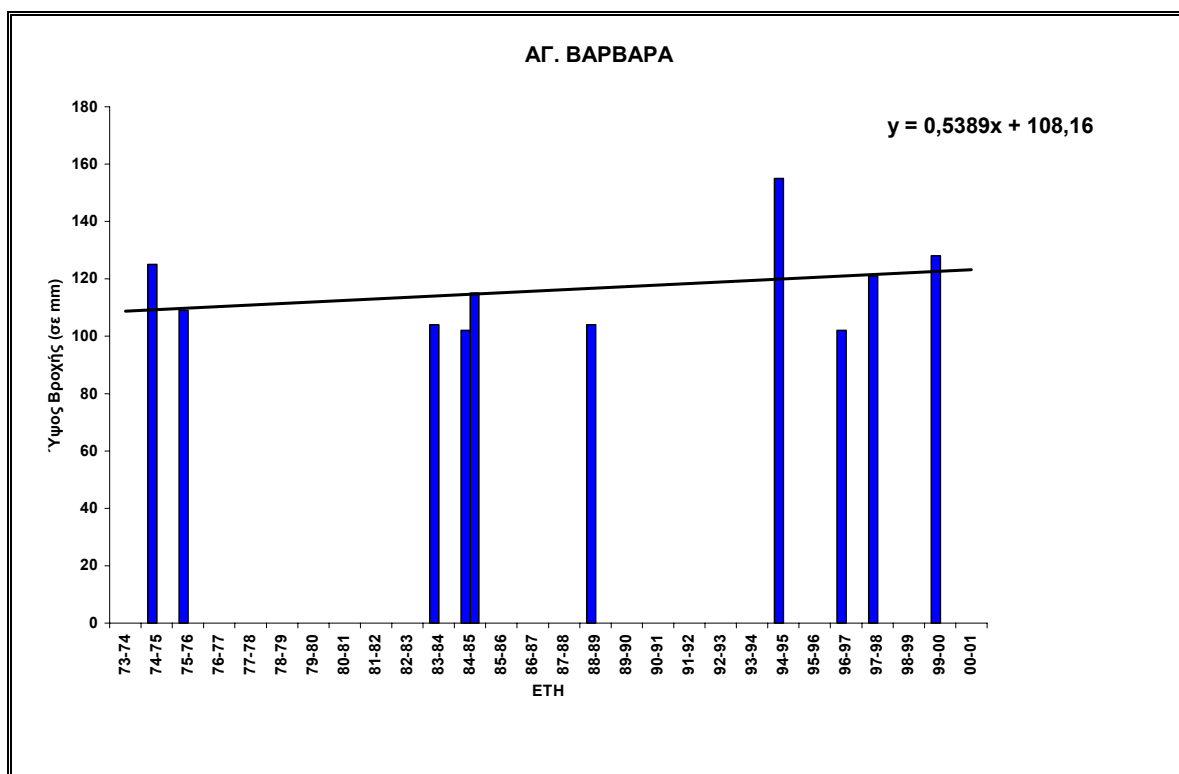


Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το παραπάνω διάγραμμα είναι ότι στην περιοχή του Γεροπόταμου ανά δεκαετία παρουσιάζονται 2 γεγονότα βροχόπτωσης μεγαλύτερα των 100mm, δηλαδή παρουσιάζουν μια περιοδικότητα και δεν έχουμε αυξητική τάση των γεγονότων. Αντίθετα όμως από το ίδιο διάγραμμα προκύπτει ότι τα γεγονότα βροχής

μεγαλύτερα των 100mm παρουσιάζουν μια αυξητική τάση 25,23mm ανά δεκαετία, δηλαδή γίνονται οξύτερα με την πάροδο του χρόνου.

Για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου επιλέχθηκε ο βροχομετρικός σταθμός της Αγ. Βαρβάρας .

Το διάγραμμα έχει ως εξής:



Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το παραπάνω διάγραμμα είναι ότι στην περιοχή του Γιόφυρου παρουσιάζονται 2 γεγονότα βροχόπτωσης μεγαλύτερα των 100mm τη δεκαετία του 70 και στη συνέχεια 4 γεγονότα ανά δεκαετία. Μπορούμε λοιπόν να υποστηρίξουμε ότι και για την λεκάνη του Γιόφυρου παρουσιάζεται μια περιοδικότητα των γεγονότων βροχής μεγαλύτερων των 100mm, ιδιαίτερα την τελευταία εικοσαετία και φυσικά μια αυξητική τάση των ακραίων γεγονότων στη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. Επίσης από το ίδιο διάγραμμα προκύπτει ότι τα γεγονότα βροχής μεγαλύτερα των 100mm παρουσιάζουν μια αυξητική τάση 53,89mm ανά δεκαετία, δηλαδή γίνονται οξύτερα με την πάροδο του χρόνου.

3.9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΤΩΝ ΑΚΡΑΙΩΝ ΕΤΩΝ

Στους πίνακες, που ακολουθούν παρουσιάζονται τα επεισόδια βροχής, που έλαβαν χώρα σε κάθε ένα από τα δύο αντιπροσωπευτικά έτη για τη λεκάνη του Γεροπόταμου και Γιόφυρου αντίστοιχα.

Για την υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου σε όλους τους σταθμούς είναι εμφανής η υπεροχή του υγρού έτους 1977-1978, όσον αφορά το πλήθος των επεισοδίων βροχής, τον αριθμό των βροχερών ημερών και φυσικά την συνολική βροχόπτωση. Εξαίρεση αποτελεί ο σταθμός Βορίζια, όπου παρατηρούνται αυξημένα τα επεισόδια βροχής στο ξηρό έτος 1989-1990 (34 επεισόδια) έναντι των επεισοδίων βροχής το υγρό έτος 1989-1990 (32 επεισόδια). Παρόλα αυτά, οι συνολικές ημέρες βροχής είναι περισσότερες στο υγρό έτος, παρά το μικρότερο αριθμό επεισοδίων καθώς και η συνολική βροχόπτωση του σταθμού.

Για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου και στους τρεις σταθμούς που εξετάσαμε καθίσταται εμφανής η υπεροχή του υγρού έτους έναντι του ξηρού.

Επίσης από τη μελέτη των παρακάτω πινάκων καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα επεισόδια βροχής, και στις δύο λεκάνες, στο ξηρό έτος 1989-1990 έχουν μικρότερη διάρκεια από ότι τα επεισόδια βροχής στα υγρά έτη 1977-1978 και 1996-1997, με μέσο αριθμό βροχερών ημερών 2 ημέρες και μέγιστο αριθμό ημερών τις 5 ημέρες, σε αντίθεση με τα υγρά έτη, όπου τα επεισόδια βροχής είναι σαφώς μεγαλύτερα σε διάρκεια, με μέσο αριθμό βροχερών ημερών τις 4 ημέρες και μέγιστο αριθμό ημερών τις 9 ημέρες.

Αγία Βαρβάρα					
1977-1978 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	1	5,5	1	1	1,2
2	1	56,5	2	1	35
3	4	69,5	3	1	8,2
4	4	30	4	1	2
5	2	33,5	5	1	2,5
6	3	32	6	2	9
7	1	4	7	1	14
8	3	34	8	3	121,5
9	3	20	9	1	4,2
10	4	86,5	10	1	3,1
11	6	135,5	11	1	30,6
12	2	70	12	1	7,5
13	1	1,5	13	1	7,5
14	1	34	14	1	17,5

15	7	191	15	3	43
16	1	6	16	1	6,2
17	1	3	17	1	31
18	1	6,5	18	1	0,8
19	5	73			
20	1	5			
21	5	121,7			
22	1	58			
23	2	25			
24	2	24			
25	1	68,5			
26	2	3			
27	2	22			
28	4	43			
29	3	25			
30	1	8,5			
31	3	47,5			
32	1	11,5			
33	4	21			
Σύνολο	83	1375,7	Σύνολο	23	344,8
Άγιος Κύριλλος					
1977-1978 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	1	43,5	1	2	23,4
2	3	65	2	1	6,0
3	1	6	3	1	6,5
4	1	22	4	1	2,2
5	1	25	5	2	25,0
6	1	8	6	2	79,0
7	2	33,4	7	1	1,9
8	1	13	8	2	9,9
9	1	37	9	2	19,5
10	3	84,6	10	1	6,5
11	2	52	11	1	1,0
12	2	25,8	12	1	19,3
13	1	13,5	13	3	25,2
14	3	62	14	1	1,3
15	1	3,6	15	2	15,0
16	1	5,4	16	2	5,9
17	4	47,5	17	1	1,5
18	1	7			
19	4	34			
20	4	71			
21	2	29			
22	1	50			
23	1	16			
24	2	9,9			

25	1	10			
26	1	12			
27	2	30			
28	1	2,5			
29	2	19			
Σύνολο	51	837,7	Σύνολο	26	249,1
Ασήμι					
1977-1978 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	1	252	1	2	29,2
2	3	76	2	1	6,1
3	1	2	3	2	5,2
4	2	5	4	1	6,5
5	1	52	5	1	58,1
6	1	25	6	2	112,3
7	1	7	7	2	12,7
8	1	13	8	2	23,7
9	1	15	9	1	4,7
10	1	12	10	1	2,5
11	1	26	11	1	21
12	4	90	12	1	40
13	1	32	13	1	2,5
14	1	43	14	2	25,8
15	5	132	15	2	4,2
16	1	8	16	1	3,2
17	2	27			
18	1	23			
19	1	4			
20	1	20			
21	1	6			
22	1	49			
23	1	22			
24	2	17			
25	1	24			
26	1	1			
27	2	21			
28	3	21,5			
29	1	22,5			
30	1	8			
31	2	24			
32	1	3,5			
33	1	12			
Σύνολο	49	1095,5	Σύνολο	23	357,7
Βαγιωνιά					
1977-1978 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση

1	1	107,3	1	1	23,5
2	3	66	2	1	4,3
3	1	4,2	3	2	1,1
4	1	42,5	4	1	5,7
5	2	28,3	5	1	2,7
6	2	7,7	6	2	58,4
7	3	27,5	7	2	92,3
8	2	11,9	8	1	2,8
9	2	43	9	2	11,2
10	3	85,7	10	2	17,3
11	1	14,5	11	1	4,5
12	1	24,2	12	3	55,5
13	3	67,6	13	1	2,6
14	5	94,8	14	2	18,9
15	1	9,8	15	2	4,8
16	5	36,3	16	1	5,2
17	1	9,5			
18	9	122,9			
19	3	44,3			
20	1	7,4			
21	2	15,8			
22	2	11,5			
23	2	23,8			
24	2	20,1			
Σύνολο	58	926,6	Σύνολο	25	310,8
Βορίζια					
1977-1978 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	2	97,3	1	1	37
2	4	63,4	2	2	9
3	3	21,3	3	4	31,5
4	2	46,9	4	2	22,1
5	3	37,5	5	1	57,5
6	2	7,2	6	4	76,1
7	3	48,2	7	1	8,2
8	3	29,9	8	5	62,5
9	2	56,4	9	1	65,1
10	1	11,5	10	1	19
11	4	103,1	11	3	26,8
12	2	115,8	12	1	11,2
13	1	20	13	1	1,8
14	1	61,2	14	2	21,2
15	6	315,1	15	5	40,4
16	1	5	16	2	51,7
17	1	11	17	2	22,7
18	5	88,3	18	1	9,8
19	1	5,5	19	1	2,1

20	5	80	20	1	2,7
21	4	100,5	21	1	105,4
22	2	46,2	22	1	16,4
23	1	139	23	1	1,5
24	1	29,5	24	2	8,4
25	1	6,6	25	2	5,5
26	2	39,2	26	3	15
27	1	19,8	27	1	11
28	1	10,5	28	2	13,5
29	3	86,6	29	1	13,5
30	1	26,4	30	1	5,5
31	1	6,9	31	1	1
32	1	15,2	32	1	0,8
			33	2	25,3
			34	1	2,3
Σύνολο	71	1751	Σύνολο	61	803,5
Γέργερη					
1977-1978 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	1	51	1	4	40
2	3	65	2	4	45
3	2	27	3	1	3
4	1	35	4	1	3,5
5	2	27,5	5	3	34
6	1	4	6	1	6
7	2	31	7	2	104
8	2	17	8	1	7
9	2	75,5	9	2	13
10	1	4	10	2	20
11	4	83	11	2	4
12	2	66	12	2	24
13	1	15	13	6	89
14	1	41,5	14	1	16
15	6	176,5	15	3	48
16	1	5,5	16	2	8,5
17	1	2,5	17		
18	1	6,5	18		
19	5	74	19		
20	1	9	20		
21	4	63,5	21		
22	4	88,5	22		
23	2	27	23		
24	1	82	24		
25	2	24	25		
26	2	20,5	26		
27	1	17,5	27		
28	1	7	28		

29	2	50,5	29		
30	1	12,5	30		
31	4	20,5			
Σύνολο	64	1230	Σύνολο	37	465
Ζαρός					
1977-1978 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	1	70	1	1	7
2	4	72	2	1	33
3	2	30	3	2	29
4	1	37	4	1	27,5
5	2	30	5	1	32
6	2	27	6	2	88,5
7	2	18	7	1	16
8	2	51	8	1	14
9	3	84	9	1	12
10	1	72	10	2	4
11	3	75	11	2	3
12	4	187	12	6	86
13	1	7	13	1	18
14	1	3	14	1	40
15	1	8	15	1	1
16	1	19	16	1	2,5
17	4	69			
18	9	147			
19	4	124			
20	1	23			
21	1	33			
22	1	11			
23	1	7			
24	3	63			
25	1	10			
26	4	21			
Σύνολο	60	1305	Σύνολο	25	413,5
Καπετανιανά					
1977-1978 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	1	213,8	1	2	39,9
2	4	136,9	2	1	2,3
3	1	11,7	3	1	1,5
4	2	42,9	4	1	3,5
5	2	29,1	5	1	0,7
6	2	33,2	6	1	33,2
7	3	64,4	7	2	104
8	2	42,9	8	1	3,2
9	3	93,4	9	1	16,7

10	2	60,3	10	1	22,7
11	2	54,9	11	1	4,3
12	1	32,3	12	1	25,3
13	4	100,7	13	3	54,3
14	1	5,6	14	2	19,1
15	4	109,5	15	1	7,3
16	1	17,9	16	1	3,7
17	2	34,9	17	1	10,3
18	6	79,5			
19	2	30,1			
20	1	112,3			
21	1	9,5			
22	1	16,7			
23	1	15,3			
24	1	16,9			
25	1	26,4			
26	1	11,3			
27	1	9,5			
28	2	29,1			
Σύνολο	55	1441	Σύνολο	22	352
Λαγολιό					
1977-1978 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	2	29,3	1	1	1,2
2	3	63,9	2	1	35,0
3	1	16,6	3	1	8,2
4	1	64,3	4	1	2,0
5	3	27,7	5	1	2,5
6	2	3,6	6	2	9
7	2	33,1	7	1	14,0
8	3	22,2	8	3	121,5
9	1	31,1	9	1	4,2
10	3	46,5	10	1	3,1
11	2	59,6	11	1	30,6
12	2	34,7	12	1	7,5
13	5	92,5	13	1	7,5
14	1	9,2	14	1	17,5
15	1	2,8	15	3	43,0
16	1	2,3	16	1	6,2
17	1	5,2	17	1	31,0
18	4	62,2	18	1	0,8
19	8	126,2			
20	3	73,4			
21	2	25,2			
22	2	11,9			
23	1	5,5			
24	1	6,4			

25	2	43,1			
26	1	0,7			
27	1	0,9			
28	3	16,3			
Σύνολο	62	916,4	Σύνολο	23	344,8
Μορόνι					
1977-1978 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	1	55	1	2	4
2	4	65	2	2	38
3	1	25	3	1	11
4	3	49	4	2	3
5	1	5	5	1	5
6	2	24	6	1	1
7	3	27	7	2	16
8	1	49	8	1	10
9	2	47	9	2	101
10	2	63	10	1	9
11	3	45	11	2	14
12	5	106	12	1	17
13	1	5	13	2	9
14	1	6	14	2	8
15	1	7	15	1	20
16	7	99	16	4	52
17	5	59	17	1	9
18	4	75	18	3	30
19	3	24	19	1	5
20	1	45	20	1	1
21	1	15			
22	1	3			
23	2	16			
24	1	13			
25	1	11			
26	2	37			
27	1	8			
28	3	31			
Σύνολο	63	1014	Σύνολο	33	363
Πόμπια					
1977-1978 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	1	43,3	1	1	1,2
2	3	65,3	2	1	23,5
3	1	45,2	3	1	1,5
4	1	20,5	4	1	20
5	1	3	5	1	22
6	2	15	6	1	64

7	1	18	7	1	4
8	1	55	8	1	1,2
9	3	69	9	1	2
10	2	47,5	10	1	21,6
11	1	23,3	11	1	1,5
12	4	63,7	12	2	13,5
13	1	3	13	2	11
14	1	15	14	1	2
15	1	26,2	15	1	17,5
16	3	50,5	16	2	29
17	1	43	17	1	15
18	2	31	18	1	4,5
19	2	15			
20	1	18			
21	1	21,5			
22	1	3			
23	1	5			
24	1	12,5			
25	1	8			
26	2	38			
27	1	2,5			
28	1	16			
Σύνολο	42	777	Σύνολο	21	255
Φοινικιά					
1996-1997 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	1	38,2	1	5	59
2	1	14,3	2	2	24
3	1	3,5	3	1	10
4	1	1,8	4	2	50
5	1	7,6	5	1	11
6	2	4,5	6	1	10
7	4	99,5	7	2	102
8	1	26,8	8	1	11
9	1	3,3	9	1	6
10	4	100,7	10	3	50
11	2	4,7	11	1	12
12	2	43,4	12	1	29
13	2	75,2	13	1	2,5
14	2	9,9	14	1	4
15	4	53,1	15	2	42
16	1	7,8	16	2	25
17	2	38,4	17	2	14
18	2	69,5	18	1	3
19	2	33	19	1	2
20	2	50	20	1	8
21	3	106			

22	4	136,2			
23	2	19			
24	2	10			
25	2	28,3			
26	1	13,4			
27	1	19,2			
28	2	6,2			
29	1	3			
30	1	10,2			
31	1	6,2			
Σύνολο	58	1042,9	Σύνολο	32	474,5
Προφήτης Ηλίας					
1996-1997 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	2	2,2	1	2	28,5
2	1	22,5	2	2	30,5
3	1	16,4	3	4	48,5
4	1	5,3	4	7	45,5
5	2	10,6	5	1	18
6	4	124,2	6	2	113
7	2	18	7	1	10
8	3	6,6	8	2	6
9	5	120,9	9	3	50,5
10	3	45,1	10	1	8
11	1	1,8	11	1	23
12	3	87,7	12	2	8,5
13	1	12,5	13	3	27
14	1	0,8	14	4	66
15	2	23,6	15	1	3,5
16	2	62,6	16	1	1,5
17	1	9,9	17	1	4
18	1	26,6	18	2	6,5
19	3	59,7	19	2	8
20	4	83,9	20	2	11,8
21	2	101			
22	4	140,8			
23	4	28,9			
24	2	8			
25	1	7,1			
26	1	2,3			
27	1	16,9			
28	2	11,7			
29	1	3			
30	1	2,2			
31	2	17			
32	1	12,3			
Σύνολο	65	1092,1	Σύνολο	44	518,3

Αγ. Βαρβάρα					
1996-1997 (υγρό έτος)			1989-1990 (ξηρό έτος)		
Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση	Επεισόδια Βροχής	Ημέρες Βροχής	Συνολική Βροχόπτωση
1	1	3,2	1	5	44,4
2	1	17,5	2	4	40,3
3	1	10	3	1	3,5
4	1	0,3	4	2	12,3
5	1	6,2	5	2	78,1
6	2	18,4	6	2	95
7	4	34,2	7	2	14,6
8	5	175	8	3	24,1
9	2	24	9	1	2,8
10	3	81	10	2	8,6
11	5	175	11	3	14,2
12	2	24	12	4	72,3
13	3	81	13	1	4,5
14	1	8	14	1	7
15	1	5,8	15	1	2,3
16	5	51,6	16	2	21,5
17	1	3,2	17	1	3,5
18	3	11,6	18	1	38,3
19	4	36,6			
20	1	9,1			
21	5	68,6			
22	1	2,4			
23	3	70,6			
24	4	191,9			
25	6	53			
26	1	1,5			
27	1	20			
28	2	7,3			
29	2	6,9			
30	1	1,1			
31	1	4			
32	1	11			
33	1	22			
34	1	1,6			
Σύνολο	77	1237,6	Σύνολο	38	487,3

Πίνακας 3.3: Επεισόδια βροχής των βροχομετρικών σταθμών των λεκανών του Γεροπόταμου και Γιόφυρου για τα ακραία έτη.

4. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

«Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και απεικόνισης πληροφοριών σχετικών με ζητήματα γεωγραφικής φύσης» [4]

(Goodchild, 1985)

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι εργαλεία, τα οποία βασίζονται στη χρήση υπολογιστή για χαρτογράφηση και ανάλυση πραγμάτων και καταστάσεων που συμβαίνουν στη γη. Η τεχνολογία τους ενώνει κοινά δεδομένα, όπως η ανάλυση πληροφοριών και η στατιστική ανάλυση, με γεωγραφικών οφελών αναλύσεις, που προσφέρονται από χάρτες ως αποτέλεσμα. Παρά το γεγονός ότι, τόσο η χρήση χαρτών όσο και η ανάλυση γεωγραφικών στοιχείων δεν είναι κάτι καινούριο, ωστόσο τα Γ.Σ.Π. παρουσιάζουν αυτές τις πληροφορίες πολύ καλύτερα και βεβαίως πολύ πιο γρήγορα από ότι οι παλαιότερες μέθοδοι υπολογισμών.[11]

Είναι σαφές, ότι πρόκειται για πληροφοριακά συστήματα με βασικό χαρακτηριστικό την αναφορά σε συγκεκριμένο φυσικό / γεωγραφικό χώρο. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα αρχείο με διάφορες πληροφορίες για τα οικοπέδα μιας πόλης, όπως το όνομα του ιδιοκτήτη, την έκτασή τους, την αξία γης στη συγκεκριμένη περιοχή κ.ά. Το αρχείο αυτό αποτελεί μια βάση δεδομένων (database). Αν στο αρχείο αυτό προστεθεί παράλληλα και η κατάλληλη πληροφορία, ώστε να φαίνεται η θέση του οικοπέδου σε ένα χάρτη της πόλης, τότε πλέον μιλάμε για ένα Γ.Σ.Π., μια και έχουμε ένα συνδυασμό ανάμεσα σε θεματική (ποιοτική) πληροφορία οποιουδήποτε είδους – η οποία μπορεί να εκφραστεί με διάφορους τρόπους (με εικόνα, με στατιστικά δεδομένα, με κείμενο κ.λ.π.) - και γεωγραφική πληροφορία. Εξαιρετικά σημαντικό είναι το γεγονός, ότι μόνο με συνδυασμό των δύο πληροφοριών, της θεματικής και της γεωγραφικής, έχουμε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.[11]

4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Δεκαετία '60

Στη δεκαετία του 60 έχουμε την πρώτη εμφάνιση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών ως απλά προγράμματα ηλεκτρονικής χαρτογραφίας.

Δεκαετία '70

Στη δεκαετία του 70 έχουμε την δημιουργία νέων προγραμμάτων (ODYSSEY) με ανάλυση που ξεφεύγει από τα όρια της χαρτογραφίας. Επίσης δημιουργούνται τα πρώτα εμπορικά πακέτα, μόνο όμως για μεγάλες εταιρείες και υπηρεσίες χαρτογραφίας και κτηματολογίου.

Δεκαετία '80

Στη δεκαετία του 80 έχουμε την καθιέρωση του όρου G.I.S. Εκείνη την περίοδο πραγματοποιείται μια αλματώδης ανάπτυξη ολοκληρωμένων εφαρμογών, ιδιαίτερα σε θέματα χαρτογραφίας και ανάπτυξης. Επίσης αυξάνεται ο αριθμός των εταιριών που δημιουργούν λογισμικά πακέτα G.I.S ευέλικτα και με πλούσιες δυνατότητες σε πολλά είδη εφαρμογών. Ανάμεσα σε αυτές τις εταιρείες είναι και η Environmental Systems Research Institute ESRI με το πρόγραμμα ARC/INFO. Αυτός ο ρυθμός εξέλιξης επιταχύνθηκε με την εισαγωγή στην αγορά του PC (Personal computer). Η εισαγωγή αυτή είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργήσουν οι εταιρείες το αντίστοιχο λογισμικό, το οποίο ήταν μεν αρκετά απλοϊκό και περιορισμένων δυνατοτήτων, αλλά ταυτόχρονα ήταν πολύ φθηνό και με χειροπιαστά πολύχρωμα αποτελέσματα, ιδιαίτερα σε θεματικούς χάρτες.

4.1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ Γ.Σ.Π.

Μπορούν να υπάρξουν πολλοί τρόποι ταξινόμησης των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, ανάλογα με τα κριτήρια που θα χρησιμοποιήσουμε. Για παράδειγμα, τρία κριτήρια ταξινόμησης που μπορούν να αναφερθούν είναι:[11]

- Το περιεχόμενο της πληροφορίας (information content)

Μία κατηγορία με βάση το περιεχόμενο της πληροφορίας αποτελούν τα «Θεματικά-χαρτογραφικά συστήματα», τα οποία δίνουν έμφαση στην ηλεκτρονική χαρτογραφία.

- Το είδος της εφαρμογής (application)

Μια κατηγορία με βάση το είδος της εφαρμογής αποτελούν τα «Συστήματα Διαχείρισης Φυσικών Πόρων (Natural Resource Management)», τα οποία οργανώνουν και επεξεργάζονται πληροφορίες για τους φυσικούς πόρους μιας περιοχής.

➤ Ο τρόπος οργάνωσης της πληροφορίας στο Γ.Σ.Π. (data model).

Τέλος με βάση το κριτήριο οργάνωσης της πληροφορίας διακρίνουμε την κατηγορία «Συστήματα Διανυσματικά (vector)» και την κατηγορία «Συστήματα Ψηφιδωτά (raster/grid)».

4.1.2 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΩΝ Γ.Σ.Π.

Τα πέντε συστατικά-κλειδιά από τα οποία αποτελείται το G.I.S. είναι τα εξής:[11]

- Ο εξοπλισμός (hardware)
- Το λογισμικό (software), η καρδιά του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.
- Τα δεδομένα, όλη δηλαδή η γεωγραφική και στατιστική πληροφορία.
- Το ανθρώπινο δυναμικό
- Οι μέθοδοι

4.1.3 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ Γ.Σ.Π.

Τα τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά ενός ολοκληρωμένου Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών είναι:[11]

- Η δυνατότητα συλλογής της πληροφορίας (collection):

Αναφέρεται στην αρχική φόρτωση του πληροφοριακού συστήματος με στοιχεία, είτε υπό τη μορφή συντεταγμένων (x, y) των σημείων, γραμμών και πολύγωνων, που θα αποτελέσουν τη γεωγραφική – χαρτογραφική πληροφορία, είτε υπό τη μορφή στατιστικών ή ποιοτικών πληροφοριών για μέρη του χώρου.

- Η δυνατότητα επεξεργασίας της πληροφορίας (processing):

Τέτοια παραδείγματα είναι ο αυτόματος υπολογισμός νέων συντεταγμένων, ώστε να σχεδιαστεί ο χάρτης σε νέα κλίμακα, ο υπολογισμός της πυκνότητας για ένα στατιστικό μέγεθος στο χώρο κ.ά.

- Η δυνατότητα παρουσίασης της πληροφορίας (presentation):

Μέσω του Γ.Σ.Π. μπορούμε να παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της επεξεργασίας με ακριβή και παραστατικά χαρτογραφικά διαγράμματα, τα οποία βελτιώνονται όσο πιο καλό είναι το σύστημα που χρησιμοποιεί ο χρήστης.

➤ Δυνατότητα αναμόρφωσης/ εκσυγχρονισμού της πληροφορίας (updating):

Είναι η δυνατότητα ευέλικτης και ταχείας αναθεώρησης/ εμπλουτισμού/ αναδόμησης των αρχικών γεωγραφικών και στατιστικών στοιχείων. Το Γ.Σ.Π. είναι ένα «ζωντανό» σύστημα, το οποίο πρέπει συνεχώς να ανανεώνεται και να εκσυγχρονίζεται πληροφοριακά.

4.1.4 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Οι δυνατότητες επεξεργασίας και ανάλυσης της γεωγραφικής πληροφορίας, που προσφέρονται στο χρήστη μέσω του Γ.Σ.Π. είναι πάρα πολλές, γεγονός το οποίο εξηγεί και το μεγάλο αριθμό των εφαρμογών των Γ.Σ.Π. σε διάφορες επιστημονικές περιοχές. Οι βασικότερες από αυτές τις δυνατότητες είναι:[11]

- Όλες οι δυνατότητες επεξεργασίας και ανάλυσης των σχεσιακών τραπεζών δεδομένων (relational data bases), δηλαδή επεξεργασία των στοιχείων, επιλεκτική αναζήτηση στοιχείων κ.λ.π.
- Όλες οι διαδικασίες αυτοματοποιημένης χαρτογράφησης.
- Συνδυασμοί των δύο παραπάνω περιπτώσεων. Για παράδειγμα, σε ένα Γ.Σ.Π. ενός πολεοδομικού συγκροτήματος μπορούμε να αναζητήσουμε και να παρουσιάσουμε σε χάρτη μια συγκεκριμένη χρήση γης ή μια ομάδα χρήσεων. Μπορούμε να ζητήσουμε την εύρεση εμβαδόν, αποστάσεων, υψομέτρων, χώρων με ομαδοποιημένα χαρακτηριστικά κ.λ.π.
- Αναλυτικές διαδικασίες, όπως υπολογισμού και δημιουργίας ζωνών επιρροής. Έτσι, μπορούμε να ορίσουμε μια περιοχή καθορίζοντας συγκεκριμένη ακτίνα γύρω από ένα χαρακτηριστικό (πολύγωνο, τόξο, σημείο) και να της δώσουμε νέες ιδιότητες. Με αυτή τη διαδικασία δημιουργείται ένας νέος ψηφιακός χάρτης που έχει δώσει αυτόματα στους χώρους που βρίσκονται μέσα στη ζώνη όλες τις νέες ιδιότητες.

Διαδικασία επίθεσης (overlay) δύο ψηφιακών χαρτών με διαφορετικά χωρικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά. Στους δύο χάρτες που επιθέτουμε έχουμε τη δυνατότητα να κάνουμε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των πράξεων των συνόλων. Δηλαδή, μπορούμε να ζητήσουμε την «τομή» των ψηφιακών χαρτών, την ένωσή τους, το συμπληρωματικό, την ενημέρωση

των κοινών περιοχών στον ένα χάρτη με τις νέες ιδιότητες και χαρακτηριστικά, που έχει ο άλλος.

4.1.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ Γ.Σ.Π.

Λόγω των πολλών δυνατοτήτων των συστημάτων, οι εφαρμογές στην ανάλυση του χώρου και στην επεξεργασία πληροφορίας γεωγραφικά προσδιορισμένης, είναι πολλές και ενδιαφέρουσες. Συνοπτικά, κάποιες εφαρμογές των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών σε διάφορες επιστημονικές περιοχές είναι:[11]

➤ Αυτοματοποιημένη χαρτογραφία:

Η εξέλιξη της τεχνολογίας επιτρέπει νέες εφαρμογές στη χαρτογραφία, που μέχρι σήμερα ήταν αδύνατο να γίνουν. Παράλληλα, διευκολύνθηκαν και βελτιώθηκαν ουσιαστικά με την τεχνολογία των Γ.Σ.Π. οι παραδοσιακές διαδικασίες. Διακρίνουμε δύο βασικές κατηγορίες εφαρμογών των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στη χαρτογραφία:

- Χαρτογραφία βάσης
- Θεματική χαρτογραφία

1.Κτηματολόγιο: Πρώτη ιστορικά εφαρμογή των Γ.Σ.Π., μετά την αυτοματοποιημένη χαρτογραφία υπήρξε το Κτηματολόγιο. Στην αρχική του φάση είχε ιδιαίτερο όνομα, γνωστό ως Land Information System (L.I.S. – Σύστημα Πληροφοριών Γης). Το Κτηματολόγιο υπήρχε πολύ πριν την εμφάνιση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Επειδή όμως είναι μια χαρτογραφική εφαρμογή μέγιστης χρηματοοικονομικής σημασίας και υπάρχει ταυτόχρονα η ανάγκη συνεχούς ενημέρωσης, αλλαγών, προσθηκών κ.λ.π., ήταν απόλυτα φυσικό, πολύ νωρίς να αποτελέσει αντικείμενο εφαρμογής της τεχνολογίας των Γ.Σ.Π. Είναι προφανές, ότι αν υπάρχει ο βασικός ηλεκτρονικός χάρτης βάσης (που είναι ο κύριος στόχος του κτηματολογίου, αλλά και η μεγαλύτερη δυσκολία του), είναι σχετικά εύκολο και απλό από εκεί και έπειτα να συμπεριληφθεί στο κτηματολογικό πληροφοριακό σύστημα μια σειρά από επιπλέον πληροφορίες (χρήσεις γης, αξία γης κ.λ.π.)

2.Σχεδιασμός του χώρου : Πολεοδομικό Γ.Σ.Π.

Από την πρώτη περίοδο εξέλιξης των Γ.Σ.Π. ξεκίνησαν οι εφαρμογές πολεοδομικού σχεδιασμού, λόγω του ότι α) η πόλη αποτελεί πολύπλοκο κοινωνικοοικονομικό σύστημα με χιλιάδες παράγοντες και παραμέτρους να αλληλοεπηρεάζονται καθημερινά και β) οι αρχές κάθε πόλης είναι υποχρεωμένες να παρακολουθούν τις πολεοδομικές εξελίξεις έτσι, ώστε να επεμβαίνουν όταν χρειάζεται. Ορισμένες πιο σύνθετες εφαρμογές των Γ.Σ.Π., πέραν από την απλή χαρτογράφηση χρήσεων γης του πολεοδομικού χώρου είναι επιγραμματικά οι εξής:

- Περιγραφική Χωροθέτηση
- Αναλυτική Χωροθέτηση
- Οριοθέτηση
- Βελτιστοποίηση
- Ανάλυση ‘γειτνίασης’ (nearest neighbor analysis)
- Υπολογισμός ελάχιστης διαδρομής
- Τοπογραφική ανάλυση

3.Σχεδιασμός του χώρου: Χωροταξικό G.I.S.

Το Χωροταξικό Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών επιτρέπει τη συστηματική παρακολούθηση δεδομένων και καταστάσεων στο χώρο μιας ευρείας περιοχής (νομός, περιφέρεια ή και ολόκληρη χώρα) και δίνει τη δυνατότητα χωροταξικής ανάλυσης με ταυτόχρονη αξιοποίηση όλων των μέχρι τώρα μελετών και προτάσεων. Ένα Χωροταξικό Γ.Σ.Π. έχει τρεις διαστάσεις: α) συλλογή και οργάνωση στατιστικών και ποιοτικών στοιχείων μιας περιοχής, β) αντίστοιχη συλλογή θεματικών χαρτών (π.χ. χρήσεις γης, δίκτυα κ.λ.π.) και γ) δυνατότητα ανάλυσης των στοιχείων για το χώρο. Ο συνδυασμός των τριών παραπάνω δραστηριοτήτων (περιγραφικής, χαρτογραφικής, αναλυτικής) δημιουργεί ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα χώρου. Το Χωροταξικό Γ.Σ.Π. προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα για τις σχετικές Υπηρεσίες της Νομαρχίας ή της Περιφέρειας και ειδικότερα για το Επιτελικό Γραφείο Σχεδιασμού και Προγραμματισμού. Για παράδειγμα, διευκολύνει δραστηριότητες, που απαιτούν γρήγορη απάντηση έπειτα από μελέτη ενός συγκεκριμένου θέματος και περιέχει ένα τεράστιο αριθμό πληροφοριών, οι οποίες βρίσκονται στη διάθεση του χρήστη σε ελάχιστο χρόνο.

4.Παρακολούθηση, Έλεγχος, Διαχείριση Περιβαλλοντικών προβλημάτων

Σε προβλήματα όπως είναι το νέφος, η όξινη βροχή, η ρύπανση των ακτών από πετρέλαια, ή ακόμη οι δασικές πυρκαγιές και η εξαφάνιση των σπάνιων ειδών της πανίδας, έχουν

χρησιμοποιηθεί τα τελευταία χρόνια με επιτυχία τα G.I.S. Ιδιαίτερα, έχει αξιοποιηθεί η δυνατότητα των συστημάτων στην οργάνωση μεγάλων ποσοτήτων πληροφορίας οι οποίες προέρχονται από συσκευές παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων (environmental monitoring).

Τα G.I.S. βρήκαν επίσης εφαρμογή και σε εξειδικευμένα περιβαλλοντικά ζητήματα όπως ήταν η έρευνα της εξέλιξης της πετρελαιοκηλίδας και των επιπτώσεων της στην χλωρίδα και πανίδα της περιοχής, που προκλήθηκε από τη βύθιση του σουπερτανκερ Exxon Valdez το 1989.

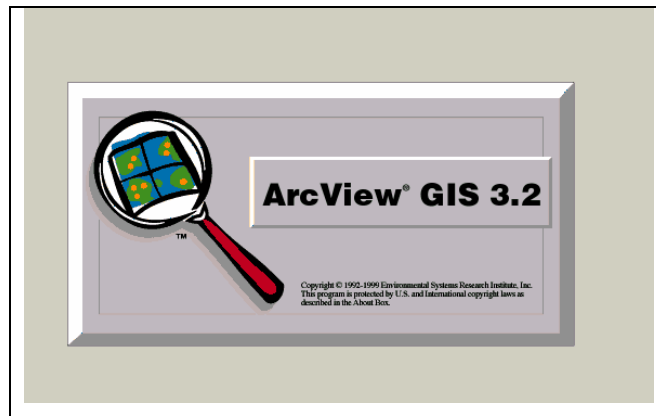
5.Δίκτυα μεταφορών και κυκλοφορίας

6.Εφαρμογή από Οργανισμούς Κοινής Ωφελείας (δίκτυα τηλεπικοινωνιών)

7.Επιχειρηματικές-εμπορικές εφαρμογές

4.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ARC VIEW GIS

Το ArcView G.I.S. είναι σύστημα software και desktop mapping το οποίο παρέχει απεριόριστες δυνατότητες χωρικής ανάλυσης και χαρτογράφησης στο χρήστη του. Είναι ένα πολύ ισχυρό και εύκολο στη χρήση, εργαλείο διαχείρισης και ανάλυσης της γεωγραφικής πληροφορίας.[8]



- Παρέχει δυνατότητες GIS σε περιβάλλον PC σε συνδυασμό με μία χωρική βάση δεδομένων
- Παρέχει εύκολο γραφικό περιβάλλον εργασίας (GUI)
- Έχει πρόσβαση σε διάφορα δεδομένα μέσα από το ίδιο περιβάλλον
- Μπορεί να προγραμματιστεί μέσω της γλώσσας AVENUE
- Είναι συμβατό με όλα τα προϊόντα της ESRI
- Επικοινωνεί με άλλες εφαρμογές

Το ArcView επιτρέπει να οργανώνουμε, να συντηρούμε, να εμφανίζουμε και να επεξεργαζόμαστε χάρτες και χωρική πληροφορία. Είναι δηλαδή ένα εργαλείο για λήψη αποφάσεων σε χωρικά δεδομένα.

GIS σε περιβάλλον PC

Το ArcView δίνει τη δυνατότητα να αλλάζουμε πολύ γρήγορα σύμβολα στον χάρτη μας, να προσθέτουμε σύμβολα του Βορρά, κλίμακες, τίτλους, εικόνες και γραφήματα. Σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα μπορούμε να εκτυπώσουμε ένα χάρτη, υψηλών προδιαγραφών.

Ενσωματώνει γεωγραφικά και περιγραφικά δεδομένα.

Ενημερώνει δυναμικά τους χάρτες καθώς αλλάζουν τα δεδομένα.

Παρέχει εργαλεία για δημιουργία και ενημέρωση δεδομένων.

Παρέχει εργαλεία δημιουργίας ερωτημάτων για την παραγωγική εξερεύνηση των δεδομένων μας.

Εμφανίζει αποτελέσματα της ανάλυσης των χωρικών δεδομένων μας γραφικά.

Χωρική βάση δεδομένων

Το ArcView ενσωματώνει πληροφορία από διάφορες πηγές και περιβάλλοντα. Δουλεύει με πίνακες, εικόνες, αρχεία κειμένου, λογιστικά φύλλα εργασίας και γραφικά. Η σχεσιακή βάση δεδομένων που διαθέτει αποθηκεύει περιγραφικά δεδομένα και σχέσεις μεταξύ των δεδομένων.

Γλώσσα AVENUE

Είναι γλώσσα αντικειμενοστραφούς κώδικα (object oriented) με την οποία μπορούμε να αλλάξουμε το περιβάλλον του ArcView όπως ακριβώς το απαιτεί η εφαρμογή μας. Επίσης μπορούμε να αλλάξουμε εικονίδια, να αυτοματοποιήσουμε ορισμένες διαδικασίες, ή να δημιουργήσουμε ένα δικό μας γραφικό περιβάλλον (interface) για να συνδεθείτε μια συγκεκριμένη βάση δεδομένων.

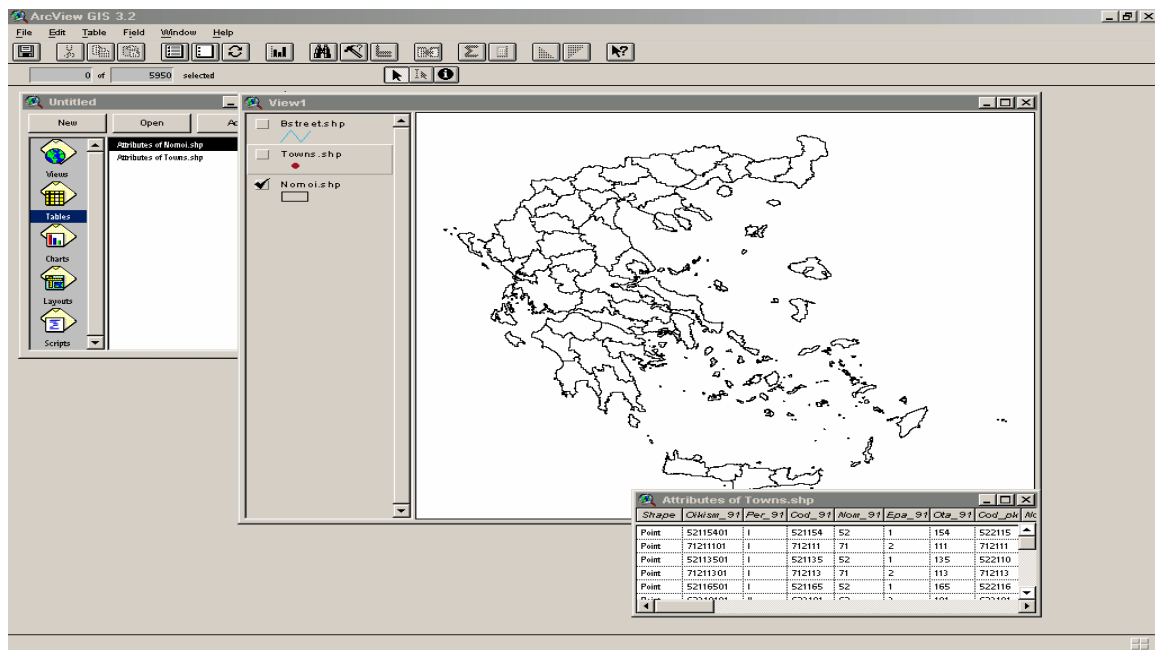
Συμβατό με όλα τα προϊόντα της ESRI

Επικοινωνεί με όλα τα προϊόντα της ESRI. Τα δεδομένα μας μπορεί να είναι αποθηκευμένα στο ARC/INFO, ή στο ArcStorm και να εμφανίζετε στο περιβάλλον του ArcView

Επικοινωνεί με άλλες εφαρμογές

Μπορεί και επικοινωνεί με μια πληθώρα άλλων εφαρμογών. Έτσι μπορούμε να ανταλλάξουμε δεδομένα χωρίς ενδιάμεση μετατροπή και χωρίς να εγκαταλείψουμε το περιβάλλον του ArcView.

Το περιβάλλον του ArcView



Μενού επιλογών (Menu Bar)

Παρέχει πρόσβαση στις λειτουργίες του ArcView μέσα από μία σειρά πτυσσόμενων μενού.

Ράβδος πλήκτρων (Button Bar)

Παρέχει γρήγορη πρόσβαση στις πιο κοινά χρησιμοποιούμενες λειτουργίες του ArcView από τη ράβδο των μενού.

Ράβδος εργαλείων (Tool Bar)

Παρέχει λειτουργίες που γίνονται με την χρησιμοποίηση του δρομέα (Screen Cursor). Κάθε εργαλείο ορίζει μία μοναδική πράξη που θα εκτελέσει το ποντίκι.

- **Τα παράθυρα των εγγράφων (Document Windows)**

Είναι το μέρος της οθόνης που εμφανίζονται οι χάρτες ή τα δεδομένα μας.

- **Τη ράβδο Μηνυμάτων (Status Bar)**

Σε αυτή εμφανίζονται όλα τα μηνύματα από τις διάφορες ενέργειες που γίνονται όταν πατηθεί ένα πλήκτρο, ένα εργαλείο ή μια επιλογή ενός μενού.

γεωτρήσεις κλπ. Ένα view περιέχει ένα αριθμό από θέματα (themes) που βρίσκονται στον πίνακα των περιεχομένων (Table of Contents)

TABLES

Εμφανίζει τα περιγραφικά δεδομένα σε μορφή πινάκων. Τα δεδομένα αυτά αποτελούν τη περιγραφή των ιδιοτήτων ορισμένων σημείων, γραμμών ή πολυγώνων που είναι σε μία VIEW. Για παράδειγμα το πλάτος ενός δρόμου, ο κωδικός ενός οικοπέδου, το όνομα ενός ιδιοκτήτη του οικοπέδου, το όνομα ενός ποταμού, ο κωδικός και το βάθος μιας γεώτρησης.

CHARTS

Στο έγγραφο αναπαριστώνται τα περιγραφικά δεδομένα υπό τη μορφή γραφημάτων. Το ArcView παρέχει τη δυνατότητα για 6-είδη γραφημάτων.

LAYOUTS

Με το έγγραφο αυτό γίνεται και η τελική εκτύπωση ενός χάρτη. Στο έγγραφο αποτυπώνονται τα περιεχόμενα ενός VIEW, ενός Πίνακα και άλλες βοηθητικές πληροφορίες χρήσιμες για την τελική παραγωγή ενός χάρτη, όπως κλίμακες, φωτογραφίες, λεζάντες, κλπ.

SCRIPTS

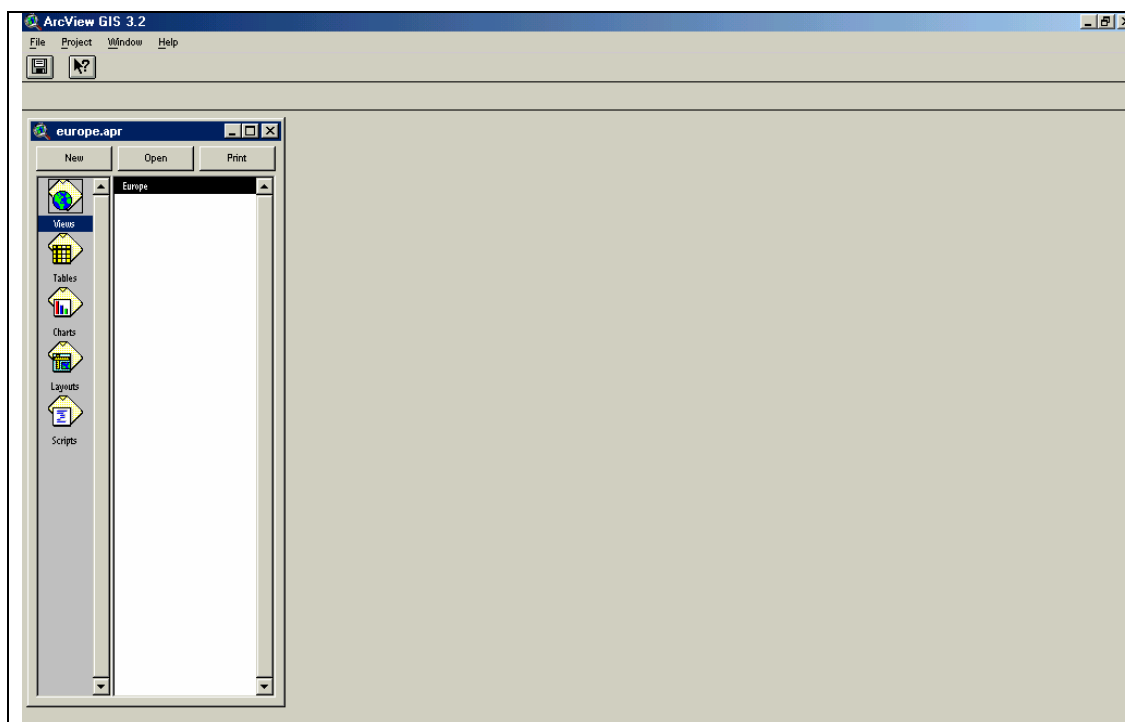
Στο παράθυρο αυτό γράφονται τα προγράμματα σε γλώσσα AVENUE. Έτσι μας δίνεται η δυνατότητα να αλλάξουμε όλο το περιβάλλον του ArcView, ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής μας.

3DSCENE

Εφόσον διαθέτουμε την επέκταση του ArcView με το όνομα 3D Analyst μπορούμε να εμφανίσουμε τρισδιάστατες απεικονίσεις των χαρτών μας.

ArcView PROJECT

Οργανώνει τα έγγραφα και κανονίζει πώς και που θα εμφανισθούν. Σώζεται σε ένα αρχείο με κατάληξη ονόματος **.apr**



4.3 ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Οι υδρολογικές λεκάνες του Γεροπόταμου και του Γιόφυρου δεν καλύπτονται επαρκώς από δίκτυα βροχομετρικών σταθμών.

Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι το γεγονός ότι στις υπό εξέταση υδρολογικές λεκάνες, η εκτίμηση της υδρολογικής μεταβλητής του υδατικού ισοζυγίου (βροχόπτωση) είναι δυσχερής και πρέπει να βασισθεί σε λιγοστά δεδομένα τα οποία προέρχονται από απομακρυσμένους σταθμούς. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, επιχειρήθηκε η εκτίμηση των ακραίων και μέσων υπερετήσιων τιμών των βασικών υδρολογικών μεταβλητών της βροχόπτωσης σε όλη την έκταση των υδρολογικών λεκανών μέσω της εφαρμογής του αλγορίθμου χωρικής παρεμβολής (spatial interpolation). Πρέπει να καταστεί σαφές ότι μια τέτοια εκτίμηση δεν υποκαθιστά με κανένα τρόπο τις άμεσες μετρήσεις και είναι περισσότερο χρήσιμη όταν υπάρχει ήδη ένα πυκνό και ομοιογενές χωρικά δίκτυο σταθμών, καθώς επιτρέπει τον προσδιορισμό ισοπληθών καμπύλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση επιφανειακών μεγεθών από τις σημειακές μετρήσεις, δίνοντας μεγαλύτερη ακρίβεια από άλλες μεθόδους χωρικής ολοκλήρωσης. Στην περίπτωση μας, η χωρική παρεμβολή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τον βέλτιστο τρόπο, αλλά πραγματοποιείται έτσι ώστε να αποκτηθεί μια καταρχήν εύλογη και κατά το δυνατόν κοντά

στην πραγματικότητα εκτίμηση της τάξης μεγέθους των βασικών υδρολογικών μεγεθών σε περιοχές που δεν καλύπτονται επαρκώς από σταθμούς. Η εκτίμηση φέρει ακέραιο το βάρος της ποιότητας και της αξιοπιστίας των διαθέσιμων δεδομένων καθώς και της χωρικής πυκνότητας της διαθέσιμης πληροφορίας. Η δε αξιοποίηση της προκύπτουσας εκτίμησης πρέπει να γίνεται με άσκηση της κρίσης του μελετητή και με συνυπολογισμό και συναξιολόγηση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών που υπάρχουν σχετικά με την συγκεκριμένη περιοχή για τη οποία διενεργείται μια εκτίμηση με αυτόν τον τρόπο.

Οι αλγόριθμοι χωρικής παρεμβολής στηρίζονται στη διαπίστωση ότι η συσχέτιση ανάμεσα σε μετρούμενα μεγέθη πρέπει να είναι μεγαλύτερη όσο η απόσταση μεταξύ των σημείων μέτρησης μικραίνει. Η διαπίστωση αυτή έχει διατυπωθεί ως ο «πρώτος νόμος της Γεωγραφίας» από τον Tobler: «όλα τα πράγματα σχετίζονται μεταξύ τους αλλά τα πλησιέστερα σχετίζονται περισσότερο μεταξύ τους από τα πιο απομακρυσμένα». Η χωρική παρεμβολή βασίζεται εν πολλοίς σε αυτή την διαπίστωση και μπορεί να οριστεί ως η διαδικασία δια της οποίας διενεργείται μια εκτίμηση της τιμής ή των ιδιοτήτων μιας μεταβλητής σε σημεία άνευ μετρήσεων μέσα σε μια περιοχή, βάσει των υπάρχοντων παρατηρήσεων σε άλλα σημεία της αυτής περιοχής. Με άλλα λόγια η χωρική παρεμβολή αποτελεί μια διαδικασία «πληρώσεως των κενών» υπό την βασική παραδοχή ότι η πληροφορία που διατίθεται σε ένα σημείο μια περιοχής μπορεί να μας δώσει εκτιμήσεις για κοντινά σημεία της ίδιας περιοχής όπου δεν υπάρχει διαθέσιμη η αντίστοιχη πληροφορία.[12]

Οι αλγόριθμοι χωρικής παρεμβολής διακρίνονται σε σημειακούς και επιφανειακούς, ανάλογα με τις «διαστάσεις» των πληροφοριών εισόδου και εξόδου, που μπορεί να είναι σημεία, γραμμές ή επιφάνειες. Οι σημειακοί αλγόριθμοι διακρίνονται περαιτέρω σε ακριβείς και προσεγγιστικούς, ανάλογα με το αν διατηρούν τις τιμές του δείγματος εισόδου ή όχι. Οι επιφανειακοί αλγόριθμοι προϋποθέτουν ότι υπάρχει μια καθολική τάση μικρής μεταβλητότητας στην διακύμανση της παραμέτρου υπό εξέταση, στην οποία υπερτίθενται τοπικές ανομοιομορφίες μεγάλης μεταβλητότητας. Οι ανομοιομορφίες αυτές προκαλούν σφάλματα δειγματοληψίας και αβεβαιότητες στις σημειακές μετρήσεις και έτσι οι αλγόριθμοι αυτοί χρησιμεύουν για την αναγνώριση τάσεων και την αφαίρεση των σφαλμάτων μέσω εξομάλυνσης της παραμετρικής επιφάνειας. Στην περίπτωση των βασικών υδρολογικών μεταβλητών οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι είναι οι σημειακοί αλγόριθμοι.[12]

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι, για την δημιουργία επιφανειών σε κάνναβο από σημειακά δεδομένα, με τρισδιάστατη ανάλυση. Οι βασικότερες από αυτές τις μεθόδους είναι οι εξής:

- Η μέθοδος χωρικής παρεμβολής Inverse Distance weighted (IDW)
- Η μέθοδος χωρικής παρεμβολής Natural Neighbors
- Η μέθοδος χωρικής παρεμβολής Spline
- Η μέθοδος χωρικής παρεμβολής Kriging.[16]

Κάθε μέθοδος χωρικής παρεμβολής κάνει υποθέσεις σχετικά με τον προσδιορισμό των εκτιμώμενων τιμών. Ανάλογα με το φαινόμενο που μοντελοποιούμε κάθε φορά, αλλά και την κατανομή των δειγμάτων και των μετρήσεων, διαφορετικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής παρέχουν αποτελέσματα με μεγαλύτερη και καλύτερη ακρίβεια της πραγματικής επιφάνειας. Παρόλα αυτά και ανεξάρτητα από την μέθοδο χωρικής παρεμβολής που χρησιμοποιείται κάθε φορά, τα αποτελέσματα είναι τόσο περισσότερο ακριβή και αξιόπιστα, όσο περισσότερα είναι τα στοιχεία που εισάγονται και όσο καλύτερη και ομαλότερη είναι η κατανομή τους στην εκάστοτε περιοχή μελέτης.[16]

Οι μέθοδοι Inverse Distance weighted (IDW) και Spline θεωρούνται ντετερμινιστικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής, καθώς βασίζονται άμεσα στις περιβάλλουσες μετρήσεις ή σε συγκεκριμένα μαθηματικά μοντέλα, τα οποία καθορίζουν την εξομάλυνση της παραγόμενης επιφάνειας. Μια δεύτερη ομάδα μεθόδων χωρικής παρεμβολής (όπως η μέθοδος Kriging) περιλαμβάνουν γεωστατιστικές μεθόδους, οι οποίες βασίζονται σε στατιστικά μοντέλα που περιέχουν αυτοσυσχέτιση (στατιστική σχέση μεταξύ των μετρούμενων σημείων). Ως εκ τούτου, οι μέθοδοι αυτές έχουν όχι μόνο την ικανότητα πρόβλεψης επιφανειών, αλλά μπορούν επίσης να παρέχουν το ποσοστό ακρίβειας και βεβαιότητας των προβλέψεων αυτών.[16]

Παρακάτω αναπτύσσονται αναλυτικά κάθε μια από τις παραπάνω μεθόδους

Inverse Distance Weighted (IDW): Η μέθοδος χωρικής παρεμβολής Inverse Distance Weighted (IDW) προϋποθέτει ότι κάθε εισαγόμενο σημείο έχει μια τοπική επιρροή που μειώνεται με την απόσταση, και δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στα σημεία που βρίσκονται πιο κοντά στο κελί διαδικασίας παρά σε αυτά που βρίσκονται μακρύτερα. Ένας καθορισμένος

αριθμός από σημεία ή όλα τα σημεία εντός μιας καθορισμένης ακτίνας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της τιμής σε κάθε άγνωστη θέση.

Αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη όταν η μεταβλητή που χαρτογραφείται, η επίδρασή της μειώνεται με την απόσταση από την θέση του δείγματος.

Η μέθοδος IDW υπολογίζει τις τιμές σε κάθε grid cell από τον μέσο όρο των τιμών των δεδομένων σημείων δείγματος τα οποία βρίσκονται στη γειτονιά του κάθε κελιού με την άγνωστη τιμή.

The Natural Neighbors method: Όπως η IDW μέθοδος, έτσι και η αυτή η μέθοδος παρεμβολής είναι μια μέση σταθμική μέθοδος παρεμβολής.

Spline: Η μέθοδος Spline είναι μια μέθοδος παρεμβολής η οποία εφαρμόζει μια ελάχιστη καμπυλωμένη επιφάνεια δια μέσου των εισαγομένων σημείων. Η μέθοδος αυτή ταιριάζει μια μαθηματική συνάρτηση σε ένα καθορισμένο αριθμό από τα πιο κοντινά σημεία δεδομένων, ενώ περνάει δια μέσου των δειγματοληπτικών σημείων. Η Spline μέθοδος είναι κατάλληλη για βαθμιαία αλλαγή επιφανειών όπως υψόμετρα ή συγκεντρώσεις μόλυνσης. Δεν είναι κατάλληλη όταν υπάρχουν μεγάλες αλλαγές σε μια μικρή οριζόντια απόσταση επειδή μπορεί να κάνει υπερεκτίμηση τιμών.

Η μέθοδος αυτή υπολογίζει τιμές χρησιμοποιώντας μαθηματικές συναρτήσεις που ελαχιστοποιούν την καμπυλότητα της επιφάνειας συνολικά, καταλήγοντας σε μια επίπεδη επιφάνεια που περνά από τα σημεία δεδομένων ακριβώς.

Kriging: Ο αλγόριθμος Kriging είναι ακριβής σημειακός αλγόριθμος, που βασίζεται στην θεωρία των περιοχοποιημένων μεταβλητών του Matheron. Η θεωρία προσαρμόστηκε αρχικά από τον D.Krige (από όπου και η ονομασία της μεθόδου) για την διερεύνηση περιοχών μεταλλευτικού ενδιαφέροντος. Ο αλγόριθμος Kriging βασίζεται στην μεταβολή της διασποράς της παραμέτρου υπό εξέταση με την απόσταση από τα σημεία μέτρησης. Από την μεταβολή αυτή εξάγονται βάρη με τα οποία ζυγίζονται οι παρατηρημένες τιμές και το άθροισμα αυτών σε κάθε παρεμβαλλόμενο σημείο αποτελεί την εκτίμηση της τιμής της υπό εξέταση παραμέτρου. Η μεταβολή αυτή περιγράφεται με το διασπορόγραμμα (variogram) το οποίο πρέπει να προσδιορισθεί πριν την εφαρμογή της μεθόδου από τα υφιστάμενα δεδομένα. Ο αλγόριθμος διακρίνεται σε απλό (ordinary) Kriging και σε καθολικό (universal) Kriging, ανάλογα με το εάν η παραμετρική επιφάνεια θεωρείται ότι χαρακτηρίζεται από μονιμότητα (stationarity) ή όχι. Στην περίπτωση φυσικών μεγεθών σπανίως υπάρχει

μονιμότητα στην παραμετρική επιφάνεια, αλλά οι διαφορές μεταξύ των δύο εκδοχών μειώνονται όσο αυξάνει ο αριθμός των σημείων παρατήρησης. Ακόμα, εάν είναι γνωστό το σφάλμα δειγματοληψίας σε κάθε σημειακή μέτρηση, η διασπορά των σφαλμάτων μπορεί να εισαχθεί στον αλγόριθμο ώστε τα βάρη που αντιστοιχούν σε κάθε σημειακή μέτρηση να εξάγονται με πιθανοτικό τρόπο, δίνοντας έτσι ένα μέτρο της αβεβαιότητας και του σφάλματος σε κάθε παρεμβαλλόμενο σημείο.[12]

Ανάμεσα στα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγεται το γεγονός ότι ο αλγόριθμος Kriging δίνει ένα μέτρο του σφάλματος πρόβλεψης σε κάθε σημείο της παραμετρικής επιφάνειας. Το σφάλμα αυτό αντανακλά την πυκνότητα και την κατανομή στο χώρο των σημείων μέτρησης και το βαθμό χωρικής αυτοσυσχέτισης εντός της επιφάνειας. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να διαπιστώσουμε εύκολα τις περιοχές της επιφάνειας όπου η πυκνότητα της πληροφορίας είναι μικρή και επομένως απαιτείται η διενέργεια μετρήσεων ή η ίδρυση νέων σημείων μέτρησης. Γι' αυτό το λόγο, ο αλγόριθμος Kriging χρησιμοποιείται ευρύτατα στην αξιολόγηση, τον σχεδιασμό και την βελτιστοποίηση δικτύων σταθμών μέτρησης χωρικών μεταβλητών.[12]

4.4 Εφαρμογή του αλγορίθμου Kriging

Στην παρούσα διπλωματική ο αλγόριθμος Kriging χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της βροχόπτωσης σε όλη την έκταση των εξεταζόμενων υδρολογικών λεκανών, έτσι ώστε να προκύψει μια κατ' αρχήν εκτίμηση των τιμών της βροχόπτωσης για όλη την επιφάνεια των υδρολογικών λεκανών, συμπεριλαμβανομένων αυτών που δεν καλύπτονται επαρκώς από σταθμούς μέτρησης.

Για την εκτίμηση της βροχόπτωσης στην υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου αξιοποιήθηκαν και οι 11 σταθμοί που εξετάζονται στην παρούσα εργασία, και για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου επίσης οι τέσσερις σταθμοί. Για την εφαρμογή του αλγορίθμου στην λεκάνη Γεροπόταμου χρησιμοποιήθηκαν τα μέσα υπερετήσια ύψη βροχής της περιόδου 1970-1997, τα ετήσια ύψη βροχής για τα ακραία έτη 1977-1978 (υγρό έτος) και 1989-1990 (ξηρό έτος), καθώς και οι μέγιστες ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης για τα ακραία έτη. Παρόμοια για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου χρησιμοποιήθηκαν μέσα υπερετήσια ύψη βροχής της περιόδου 1975-2001, τα ετήσια ύψη βροχής για τα ακραία έτη 1996-1997 (υγρό έτος) και 1989-1990 (ξηρό έτος), καθώς και οι μέγιστες ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης για τα ακραία έτη.

Για την εκτίμηση της βροχόπτωσης σε κάθε σημείο της λεκάνης αρχικά πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί με όλες τις μεθόδους χωρικής παρεμβολής (IDW, Spline, Kriging,) Από τις παραπάνω μεθόδους μόνο οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής Kriging (Universal 1) και IDW έδιναν αποτελέσματα τα οποία ανταποκρίνονταν στην πραγματικότητα.

Για την επιλογή της βέλτιστης μεθόδου εκτίμησης της βροχόπτωσης στην κάθε υπό εξέταση λεκάνη προχωρήσαμε στην εξής στατιστική ανάλυση.

Για κάθε σταθμό χωριστά προχωρούσαμε σε εκτίμηση της βροχόπτωσης σε κάθε σημείο της λεκάνης αφού πρώτα αφαιρούσαμε τον βροχομετρικό σταθμό γνωστού ύψους βροχόπτωσης. Στη συνέχεια υπολογίζαμε το % σχετικό σφάλμα, δηλαδή την διαφορά της πραγματικής τιμής, από την εκτιμώμενη στο συγκεκριμένο σημείο.

Η ανάλυση αυτή πραγματοποιήθηκε για όλους τους σταθμούς κάθε λεκάνης και για τις δύο μεθόδους (Kriging (Universal 1), IDW).

Από την παραπάνω ανάλυση προέκυψε ότι ο αλγόριθμος Kriging (Universal 1) εκτιμά με μικρότερο σχετικό σφάλμα την βροχόπτωση σε κάθε σημείο της υπό εξέτασης λεκάνης.

4.4.1 Υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου

Για την εκτίμηση της βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκαν και οι έντεκα βροχομετρικοί σταθμοί που εξετάζονται στην παρούσα διπλωματική.

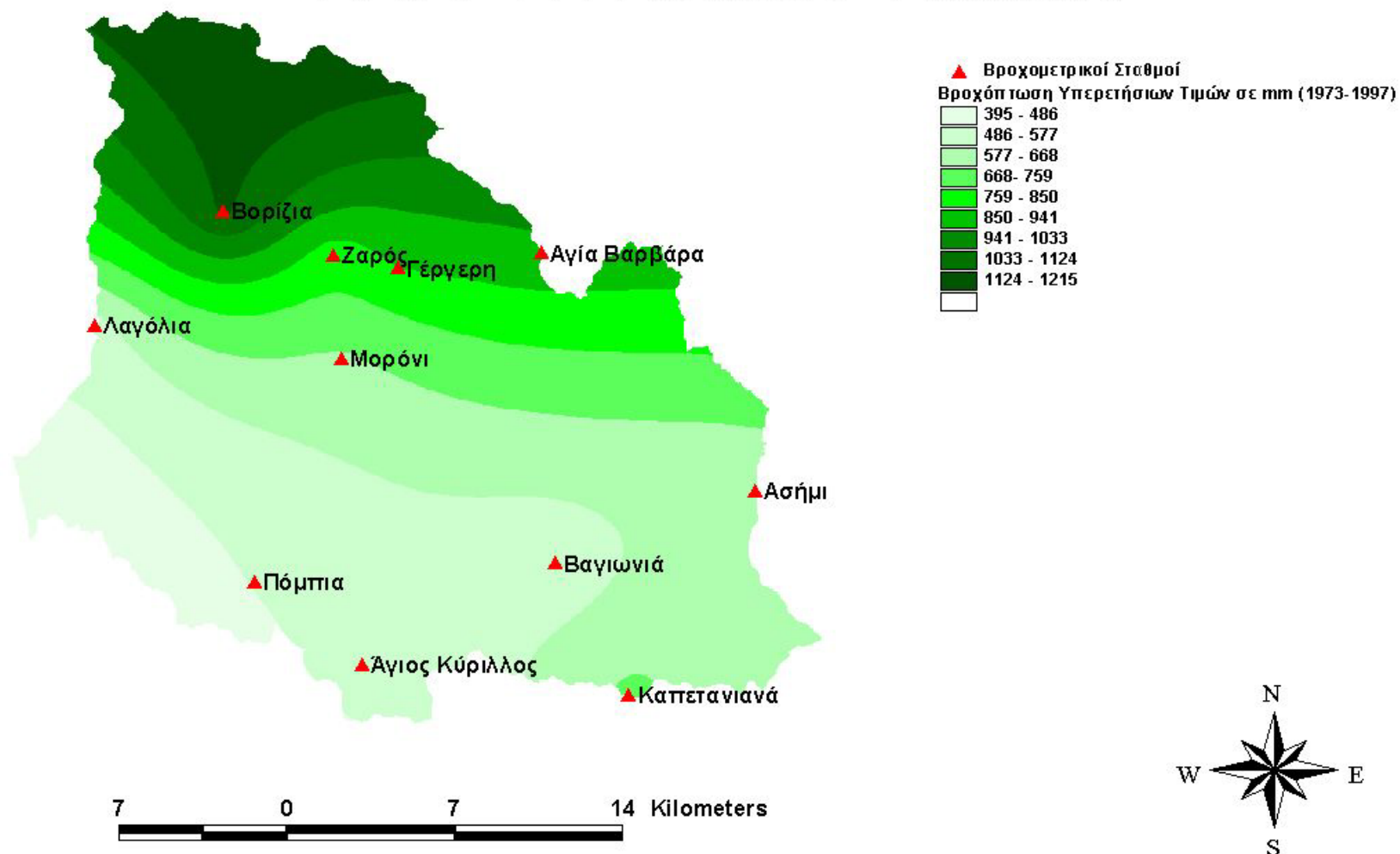
Για την εφαρμογή του αλγορίθμου χρησιμοποιήθηκαν τα μέσα υπερετήσια ύψη βροχόπτωσης της περιόδου 1970-1997, τα ετήσια ύψη βροχής του υγρού έτους 1977-1978 και τα ετήσια ύψη βροχής του ξηρού έτους 1989-1990.

Βροχομετρικοί Σταθμοί	Υγρό Έτος (1977-78)	Ξηρό Έτος (1989-1990)	Περίοδος 1970-1997
Ζαρός	1301	416,5	799,5
Βορίζα	1751	588,1	1137,0
Γέργερη	1230	465	851,1
Ασήμι	837,7	251,1	588,7
Άγιος Κύριλλος	777	255	527,6
Πόμπια	926,6	310,7	489,1
Αγία Βαρβάρα	1014	363	883,4
Καπετανιανά	1105,5	349,5	673,6
Βαγιωνιά	1301	551,8	563,6
Λαγόλιο	1441,2	352	554,7
Μορόνι	916,4	344,8	654,4

Πίνακας : Ύψη Βροχής σε mm των εξεταζόμενων περιόδων υδρολογικής λεκάνης Γεροπόταμου.

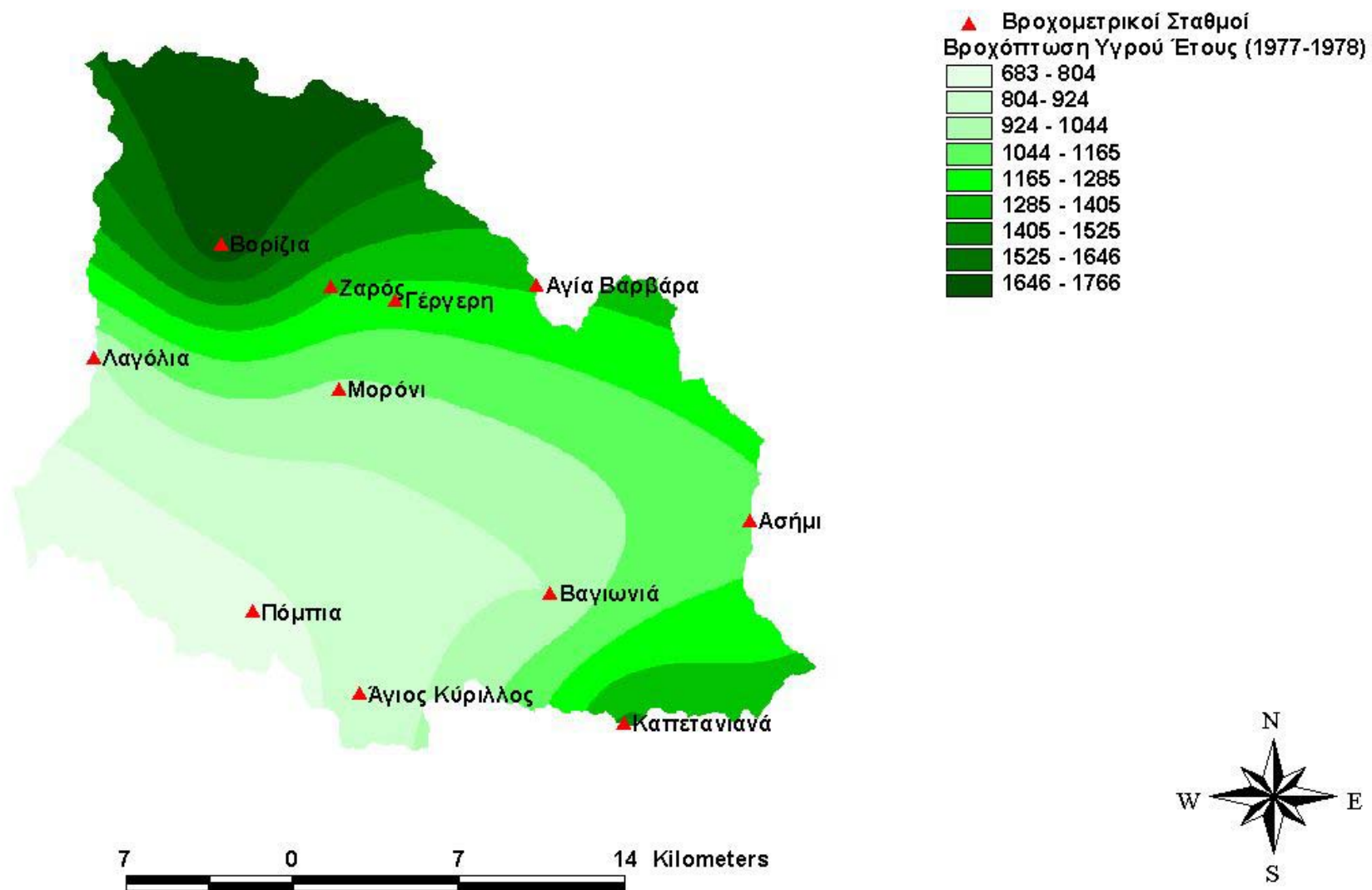
Τα αποτελέσματα της παρεμβολής παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα:

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ

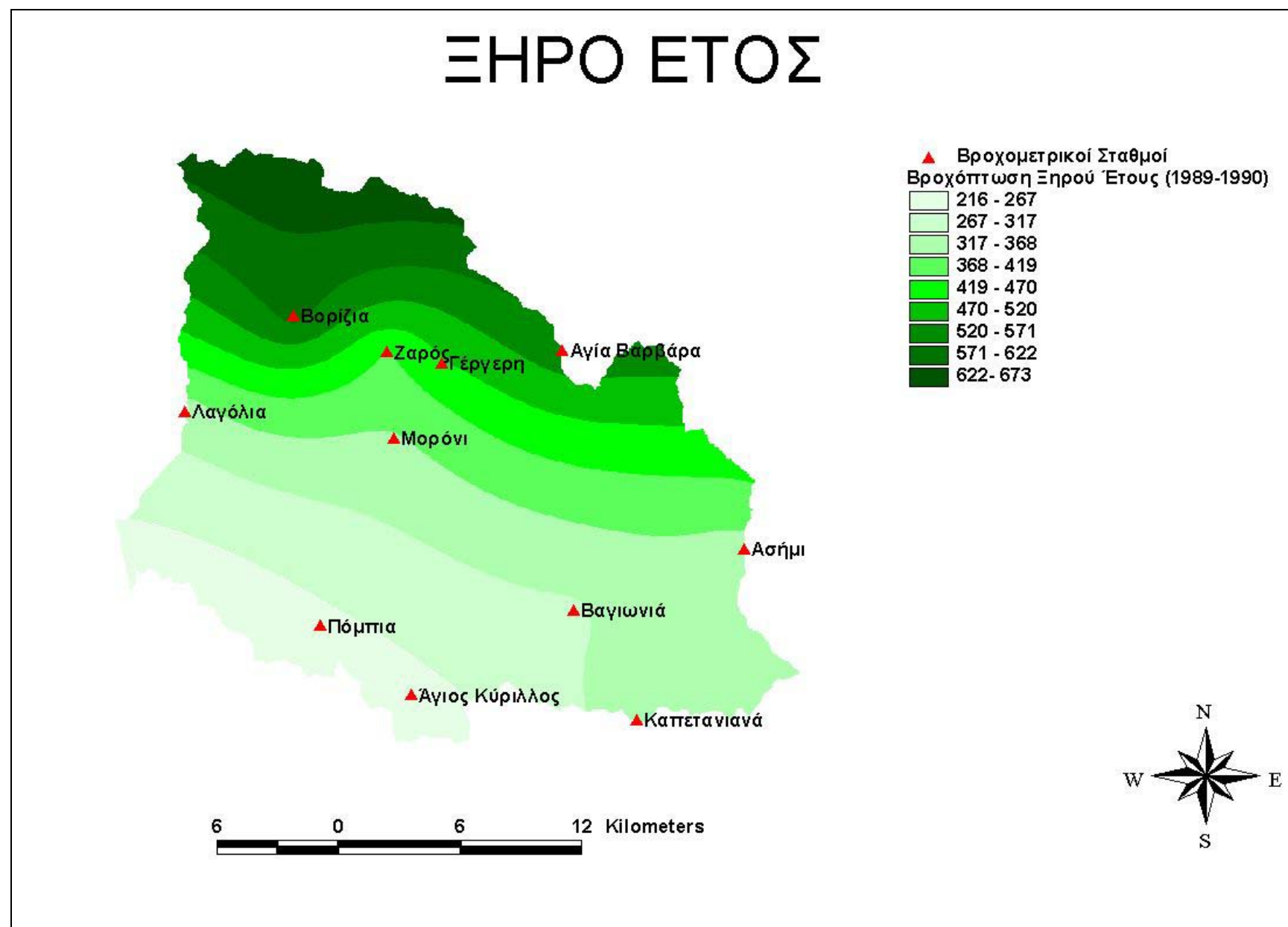


ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΥΓΡΟΥ ΕΤΟΥΣ (1977-1978)

ΥΓΡΟ ΕΤΟΣ



ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΞΗΡΟΥ ΕΤΟΥΣ (1989-1990)



4.4.2 Υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου

Για την εκτίμηση της βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκαν και οι τέσσερις βροχομετρικοί σταθμοί που εξετάζονται στην παρούσα διπλωματική.

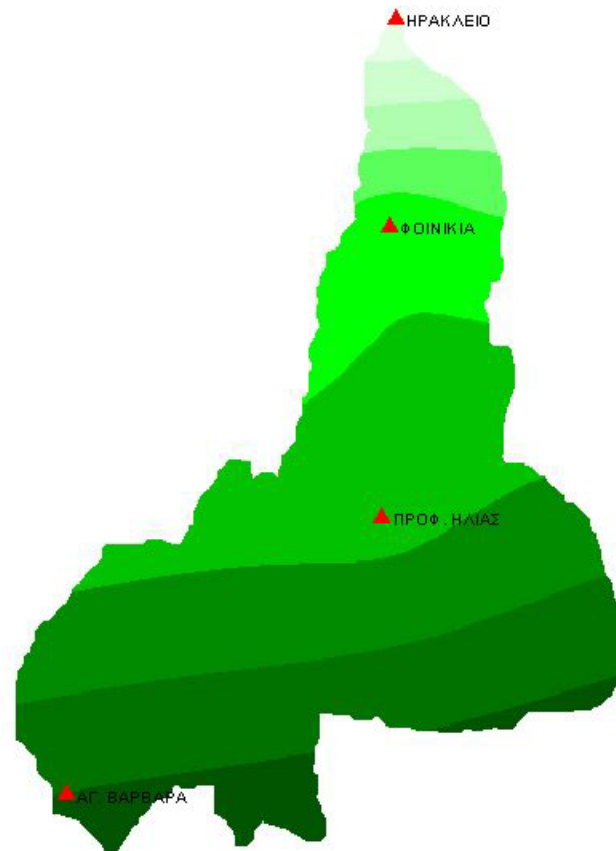
Για την εφαρμογή του αλγορίθμου χρησιμοποιήθηκαν τα μέσα υπερετήσια ύψη βροχόπτωσης της περιόδου 1975-2001, τα ετήσια ύψη βροχής του υγρού έτους 1996-1997 και τα ετήσια ύψη βροχής του ξηρού έτους 1989-1990.

Βροχομετρικοί Σταθμοί	Υγρό Έτος (1996-1997)	Ξηρό Έτος (1989-1990)	Περίοδος 1975-2001
Ηρακλείου	599,3	316,4	483,3
Προφ. Ηλίας	1092,1	518,3	789,9
Φοινικιά	1042,1	474,5	744,2
Αγία Βαρβάρα	1237,8	551,8	927,8

Τα αποτελέσματα της παρεμβολής παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα:

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ (1975-2001)

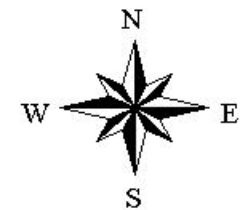
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ



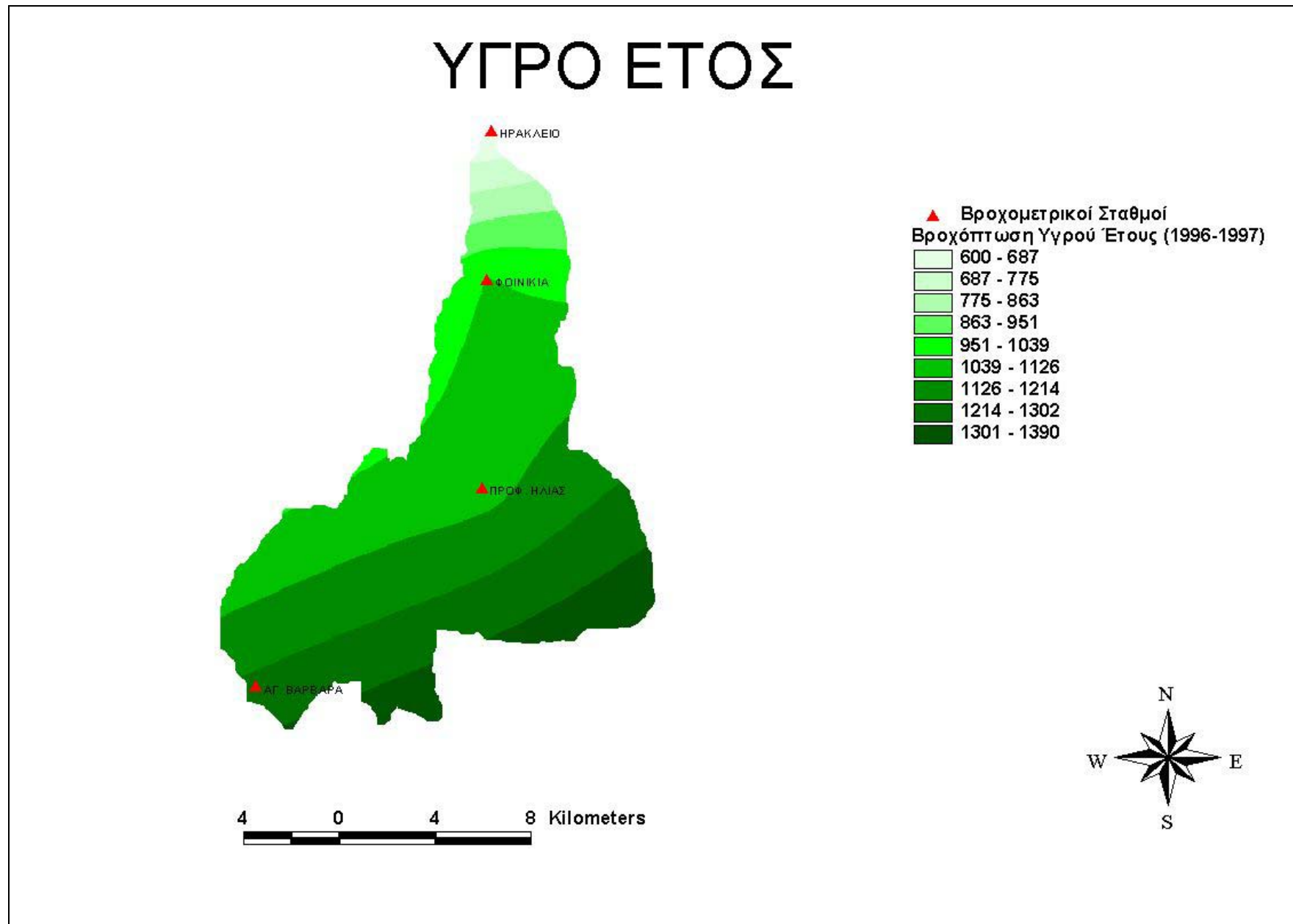
▲ Βροχομετρικοί Σταθμοί
Βροχόπτωση Υπερετήσιων Τιμών (1975-2000)

483 - 538
538 - 593
593- 649
649- 704
704- 759
759- 815
815- 870
870- 926
926- 981

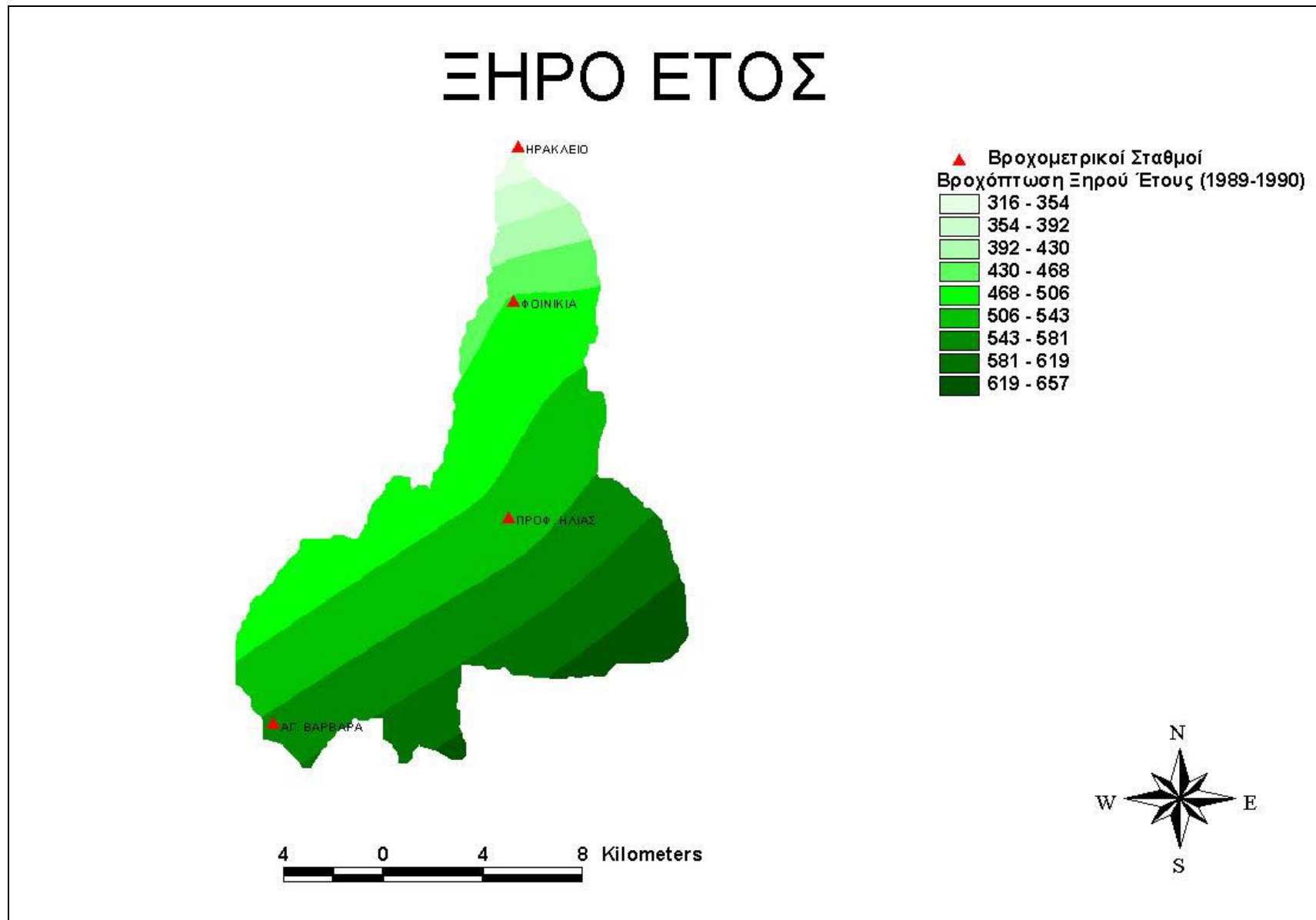
6 0 6 Kilometers



ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΥΓΡΟΥ ΕΤΟΥΣ (1996-1997)



ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΞΗΡΟΥ ΕΤΟΥΣ (1989-1990)



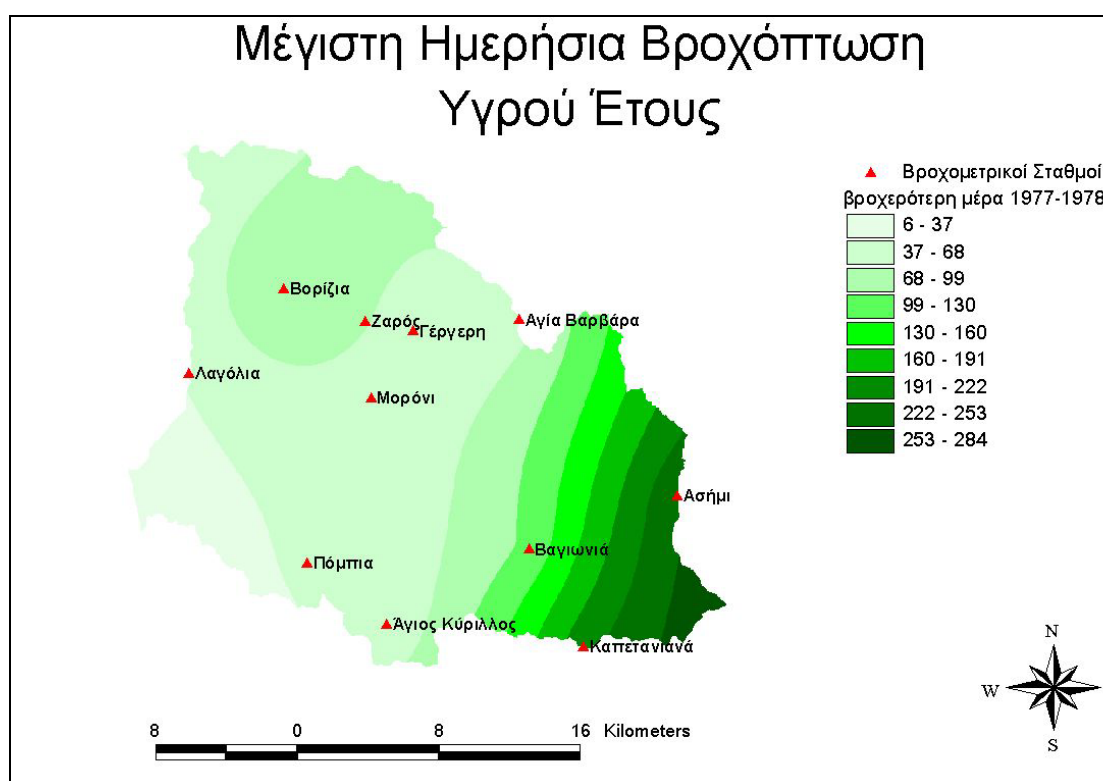
4.5 Ημερήσια Χωρική Ανάλυση

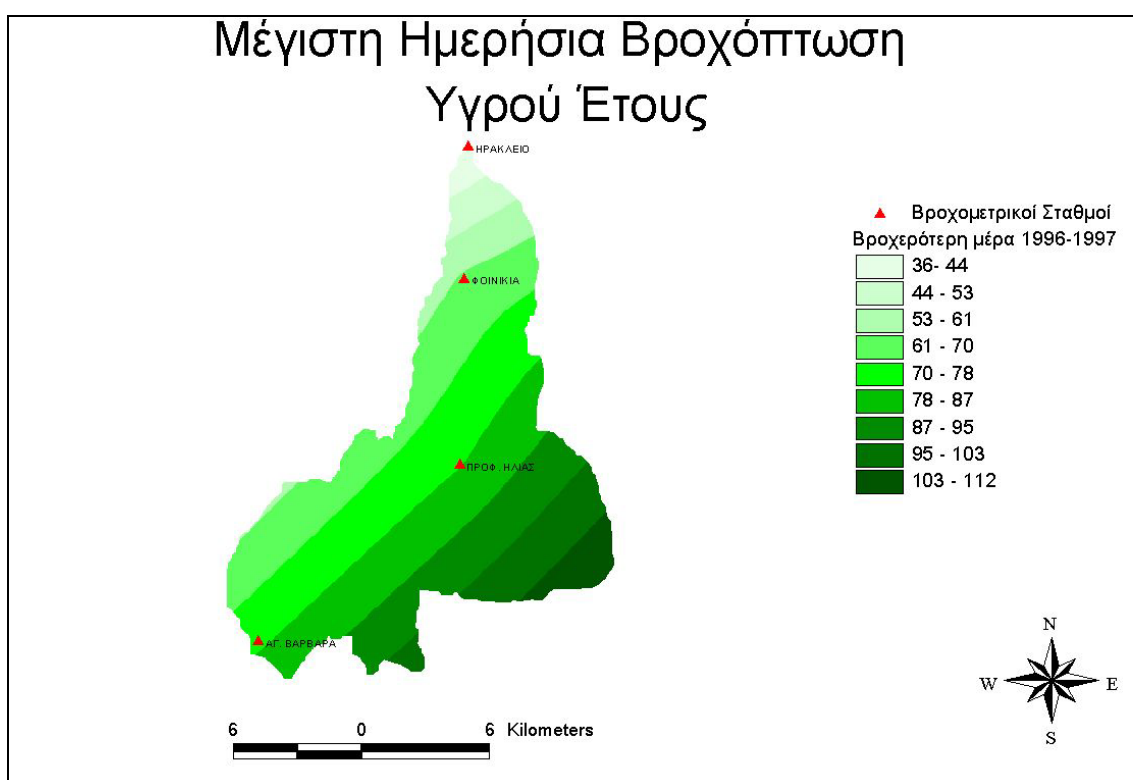
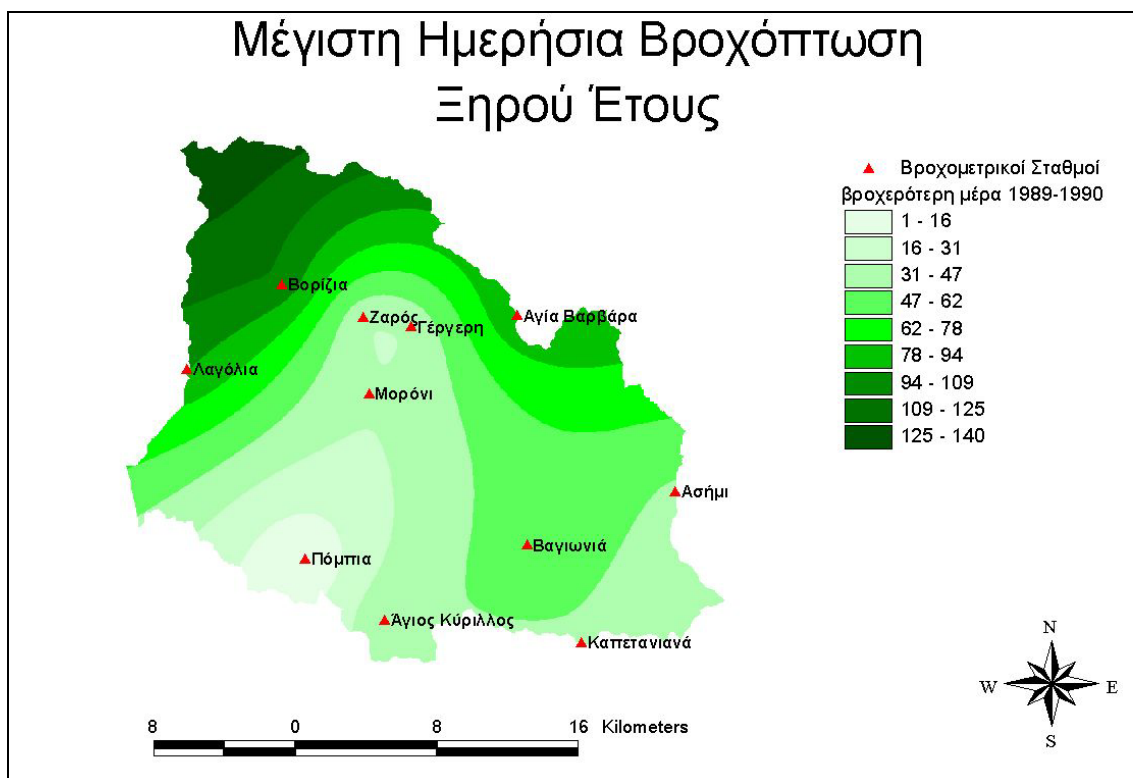
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε απεικόνιση της βροχόπτωσης για την πιο βροχερή μέρα του υγρού και του ξηρού έτους αντίστοιχα. Έτσι για την υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου ως πιο βροχερή μέρα βρέθηκε η 12^η Σεπτεμβρίου του έτους 1977-1978, ενώ για το ξηρό έτος 1989-1990 πιο υγρή μέρα βρέθηκε η 29^η Νοεμβρίου.

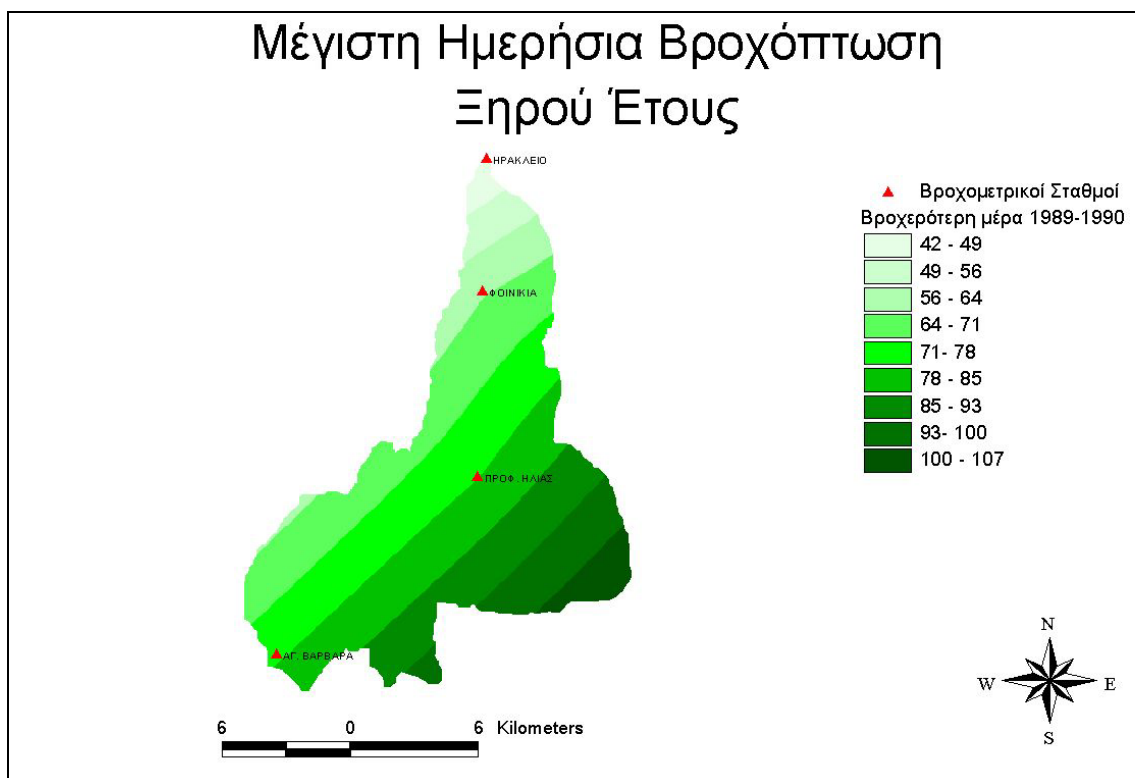
Χαρακτηριστική είναι η διαφορά χωρικής κατανομής της βροχόπτωσης μεταξύ των ημερήσιων τιμών της πιο βροχερής ημέρας του υγρού έτους και των ετήσιων τιμών του υγρού έτους, όπου παρατηρούνται μεγαλύτερα ύψη βροχής στους δυτικούς και σχετικά πεδινούς σταθμούς σε αντίθεση με το ετήσιο υγρό έτος όπου παρατηρούνται μεγαλύτερα ύψη βροχής στους ορεινούς σταθμούς της λεκάνης κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο.

Αντίστοιχα για την λεκάνη του Γιόφυρου ως πιο βροχερή μέρα του ξηρού έτους 1989-1990 βρέθηκε η 29^η Νοεμβρίου ενώ ως πιο υγρή μέρα του υγρού έτους 1996-1997 βρέθηκε η 4^η Δεκεμβρίου.

Τα αποτελέσματα της παρεμβολής παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα:







5.ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

5.1 Ο ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Ο μέσος καταμερισμός του συνόλου του νερού που υπάρχει στον πλανήτη μας (και στις τρεις καταστάσεις υγρά, στερεά, και αέρια), έχει ως εξής:

Το αλμυρό νερό των ωκεανών και θαλασσών αποτελεί το 97,2% του συνόλου. Το αντίστοιχο ποσοστό για τα νερά των ηπειρωτικών περιοχών είναι 2,8%. Από αυτό, το 2,14% αποτελεί τους παγετώνες και τα καλύμματα χιονιού. Έτσι, ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνόλου του νερού του πλανήτη είναι διαθέσιμο στους ανθρώπους. Περισσότερο από το 98% του νερού αυτού λαμβάνεται μέσω των υδροφόρων οριζόντων και το υπόλοιπο από τα επιφανειακά νερά (λίμνες, υδατορεύματα κ.λ.π.). η ατμοσφαιρική υγρασία αποτελεί ένα πολύ μικρό ποσοστό (0,001%).

Το νερό ανακυκλώνεται συνεχώς και περνά από τη μια φάση στην άλλη έτσι ώστε τα παραπάνω ποσοστά να παραμένουν περίπου σταθερά με την πάροδο του χρόνου. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται υδρολογικός κύκλος:

Το νερό εξατμίζεται από την επιφάνεια των ωκεανών. Οι υδρατμοί κινούνται εντός της ατμόσφαιρας αποτελώντας αναπόσπαστο μέρος των φαινομένων που συνολικά αποτελούνται «ο καιρός». Όταν οι συνθήκες είναι κατάλληλες οι υδρατμοί συμπυκνώνονται και σχηματίζονται τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.[6]

Το νερό που πέφτει στις ηπειρωτικές περιοχές δύναται να ακολουθήσει διαφορετικούς (τρεις) δρόμους.

Να διαπεράσει την επιφάνεια του εδάφους και να κατέλθει στο υπέδαφος, στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, προστιθέμενο στο υπόγειο νερό. Η ποσότητα αυτή συνιστά την *κατείσδυση I*. Μπορεί, αφού κάνει ένα υπόγειο δρομολόγιο, να επανέλθει στο φως ύστερα από κάποιο χρόνο παραμονής στο υπέδαφος, και, με το υδρογραφικό σύστημα να οδηγηθεί στη θάλασσα από όπου επαναεξατμίζεται για να επαναλάβει τον κύκλο.

Να ρεύσει επιφανειακά και παραλαμβανόμενο από το υδρογραφικό δίκτυο να εκχυθεί στη θάλασσα. Η ποσότητα αυτή συνιστά την *επιφανειακή απορροή R*, όπου και αυτή επαναεξατμίζεται και επαναλαμβάνει τον κύκλο.

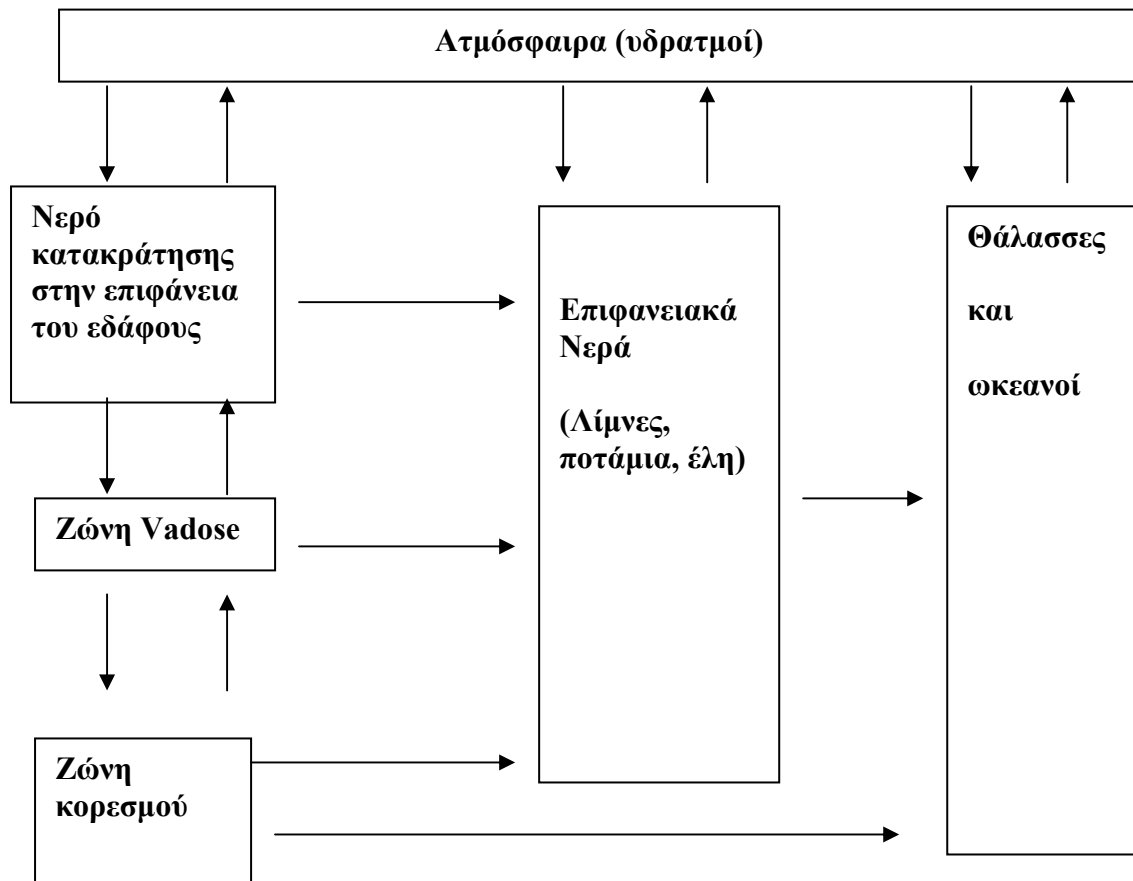
Να επαναεξατμισθεί από την επιφάνεια του εδάφους, από την ελεύθερη επιφάνεια του υδρογραφικού συστήματος, από το υπέδαφος ή ακόμα να διαπνεύσει από τα φυτά που το αντλούν από το υπέδαφος. Η ποσότητα αυτή συνιστά την *εξατμισοδιαπνοή E* που επανέρχεται στην ατμόσφαιρα για να συνεχιστεί ο κύκλος.[3]

Με βάση τα παραπάνω η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου έχει ως εξής:

$$P = I + R + E$$

Οι φάσεις του υδρολογικού ισοζυγίου μπορούν να εκφραστούν σε ποσοστό ως προς τα κατακρημνίσματα που δέχεται η περιοχή, σε όγκο (m^3) και σε ύψος νερού – βροχής (mm). Το ύψος βροχής (νερού) προκύπτει από τον όγκο όταν αυτός διαιρεθεί με το εμβαδόν της περιοχής στην οποία αναφέρεται.

Μια συνολική άποψη για τον υδρολογικό κύκλο δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Παρακάτω γίνεται μια αναλυτικότερη παρουσίαση των τριών βασικών διεργασιών του υδρολογικού κύκλου δηλαδή της εξατμισοδιαπνοής, της απορροής και της κατείσδυσης.

5.2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΑ

Με τον όρο αυτό εννοείται η κάθε είδους μεταφορά νερού από την ατμόσφαιρα προς την επιφάνεια της Γης με τη μορφή βροχής, χαλαζιού, χιονιού, πάχνης κ.τ.λ.

Όταν ο αέρας δεν μπορεί να κρατήσει όλη την υγρασία, τότε παρατηρείται **συμπύκνωση**. Αυτό συμβαίνει όταν μια μάζα αέρα ψύχεται και η τιμή της υγρασίας κορεσμού μειώνεται. Αν η απόλυτη υγρασία παραμένει σταθερή, η σχετική υγρασία αυξάνεται. Όταν αυτή φτάσει την τιμή 100% οποιαδήποτε περαιτέρω ψύξη οδηγεί σε συμπύκνωση. Το **σημείο δρόσου** για μια μάζα αέρα είναι η θερμοκρασία εκείνη όπου αρχίζει η συμπύκνωση.

Ο σχηματισμός των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων προϋποθέτει τα εξής:

- Ψύξη μιας υγρής αέριας μάζας κάτω από το σημείο δρόσου.
- Ύπαρξη πυρήνων συμπυκνώσεως. Τους πυρήνες αυτούς αποτελούν κατά κανόνα αργιλικά σωματίδια, άλατα και προϊόντα ατμοσφαιρικής ρύπανσης με μέγεθος που κυμαίνεται από 0,1-10μm.
- Σχηματισμός σταλίδων νερού με μέγεθος τέτοιο που να τους επιτρέπει να φτάσουν στην επιφάνεια της Γης χωρίς να υποστούν ολική εξάτμιση.[6]

ι) Μέτρηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων

Από όλες τις μετεωρολογικές παρατηρήσεις τη σημαντικότερη θέση για την ανάλυση του υδατικού ισοζυγίου μιας υδρολογικής λεκάνης κατέχουν οι μετρήσεις των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.[2]

Για τη μέτρηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα με διαφορετικούς στόχους:

1. Απλή παρατήρηση (π.χ. βροχόμετρο).
2. Μηχανική αυτόματη καταγραφή (π.χ. βροχογράφος).
3. Ηλεκτρονική καταχώρηση (αισθητές- data loggers και λήψη στοιχείων σε μεγάλα χρονικά διαστήματα).
4. Σύγχρονη καταχώρηση και τηλεμετάδοση (αισθητές και τηλεμετάδοση σε κεντρικούς Η/Υ)[2]

Τα κυριότερα όργανα μέτρησης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι:

- τα βροχόμετρα

- οι βροχογράφοι
- τα ραντάρ και
- οι δορυφόροι[2]

Στην παρούσα διπλωματική οι βροχομετρικές παρατηρήσεις προέρχονται από τα βροχομετρικά στοιχεία 11 βροχομετρικών σταθμών εγκαταστημένων στην υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου και 4 βροχομετρικών σταθμών εγκατεστημένων στην υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου. Κάθε σταθμός παρακολουθείται από έμμισθο, εκπαιδευμένο παρατηρητή. Η επεξεργασία των βροχομετρικών παρατηρήσεων κάθε σταθμού περιλαμβάνεται σε πίνακες (Πίνακας 1). Οι πίνακες αυτοί περιλαμβάνουν:

1. Τη θέση του σταθμού (νομό, πόλη, χωριό)
2. Την υπηρεσία στην οποία ανήκει, και η οποία δίδεται με συντμήσεις ως εξής:
E.M.Y. = Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.
Υ.Δ.Ε. = Υπουργείο Δημόσιων Έργων.
Υ.Ε.Β./Α.Μ. = Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων και αριθμός μητρώου του σταθμού.
3. Τις συντεταγμένες και το υψόμετρο του σταθμού.
4. Την ονομασία της μελετημένης υδρολογικής λεκάνης
5. Το έτος ιδρύσεως του σταθμού
6. Το ημερήσιο, μηνιαίο και ετήσιο ύψος βροχής των υδρολογικών ετών (π.χ. 71-72).

Κάθε υδρολογικό έτος αρχίζει την 1-9 και τελειώνει την 31-8 του επόμενου έτους.

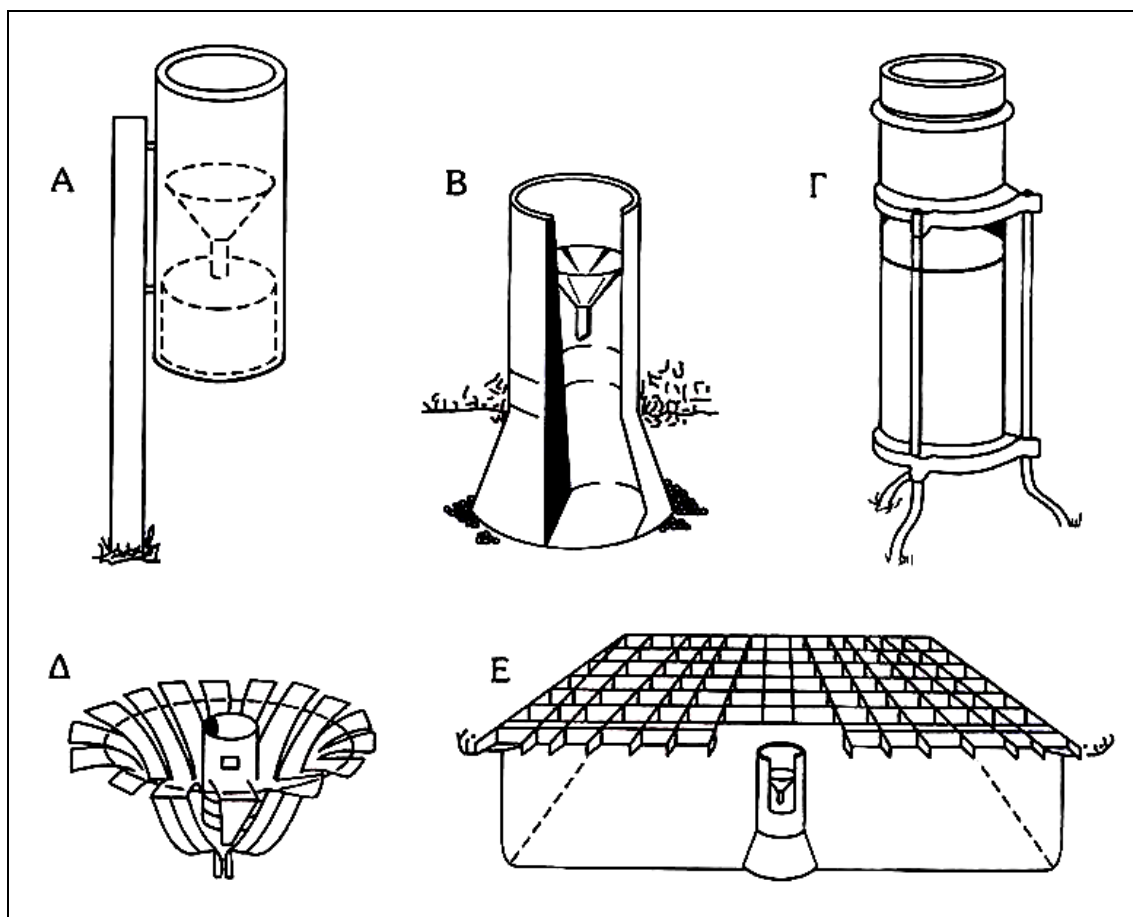
Το όργανο μέτρησης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που χρησιμοποιείται από τις παραπάνω υπηρεσίες είναι το βροχόμετρο.

Το βροχόμετρο είναι μεταλλικό κυλινδρικό δοχείο με στόμιο στο επάνω μέρος για την εισδοχή των κατακρημνισμάτων. Η επιφάνεια του στομίου κυμαίνεται από 200-500 cm². Μέσα στο βροχόμετρο υπάρχει ειδικά κατασκευασμένο μικρότερο δοχείο συλλογής, όπου τα κατακρημνίσματα οδηγούνται δια μέσου της χοάνης. Το όργανο τοποθετείται κατακόρυφα στην επιφάνεια του εδάφους και οι αναγνώσεις γίνονται σε ημερήσια βάση. Το ύψος των κατακρημνισμάτων μεταξύ δυο διαδοχικών αναγνώσεων είναι θεωρητικά ίσο με το λόγο του όγκου του νερού στο δοχείο συλλογής δια της επιφάνειας του στομίου. Στην πράξη όμως χρησιμοποιούνται ειδικοί υάλινοι ογκομετρικοί σωλήνες, προσαρμοσμένοι συνήθως μέσα στο βροχόμετρο που δίνουν το ύψος με απλή ανάγνωση της κλίμακας τους. Σε πολλές

περιπτώσεις για κάθε mm βροχής αντιστοιχεί 1 cm στην κλίμακα του σωλήνα ώστε να εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ακρίβεια.

Τα βροχόμετρα που χρησιμοποιούνται στις διάφορες χώρες έχουν συνήθως διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά (Σχήμα. 5.1). Όλα όμως τα όργανα, ανεξαρτήτως χαρακτηριστικών, μετρούν το ύψος των κατακρημνισμάτων με ορισμένο σφάλμα το οποίο σε ετήσια βάση κυμαίνεται από 2-20% για τη βροχή και μέχρι 50% για το χιόνι (Sevruk,1986). Για τη μείωση του σφάλματος που αναφέρθηκε λαμβάνονται διάφορα μέτρα και μεταξύ αυτών η χρήση βροχόμετρων εδάφους, καθώς και η χρήση αλεξηνέμου γύρω από το όργανο, είναι από τα πιο σημαντικά. Πάντως παρά τα μέτρα που λαμβάνονται, το ύψος των κατακρημνισμάτων που συλλέγει το βροχόμετρο είναι διαφορετικό από εκείνο που θα έφθανε στην συγκεκριμένη θέση της επιφάνειας του εδάφους αν το όργανο δεν ήταν τοποθετημένο εκεί.[2]

Το βροχόμετρο δεν παρέχει πληροφορίες για την κατανομή των κατακρημνισμάτων με τον χρόνο (έναρξη και λήξη επεισοδίων βροχής ή χιονιού, μεταβολές εντάσεως κλπ).[2]



Σχήμα 5.1: Α, Β, Γ, Δ: Συστατικά βροχόμετρα που χρησιμοποιούνται στη Γερμανία, Βρετανία, Ηνωμένες Πολιτείες και Ρωσία αντίστοιχα.

Ε: Βροχόμετρο επιφανείας εδάφους. (Γ. Τσακίρης,1995)

ii) Υπολογισμός μέσης βροχόπτωσης

Σε μια μελέτη υδρολογικού ισοζυγίου, πρέπει να είναι γνωστό το μέσο ύψος βροχής για μια λεκάνη απορροής. Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό αυτής της παραμέτρου είναι οι καταγραφές βροχόπτωσης και -όπου είναι εφικτό- χιονόπτωσης όπως αυτές δίνονται από τους αντίστοιχους σταθμούς στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι υπολογισμού του μέσου ύψους βροχής οι οποίοι παρουσιάζουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανάλογα με την περιοχή όπου εφαρμόζονται. Παρακάτω γίνεται αναφορά σε τρεις από αυτές, την μέθοδο του αριθμητικού μέσου όρου, την μέθοδο των πολυγώνων του Thiessen και αυτή των ισοϋετων:

Μέθοδος του αριθμητικού μέσου όρου. Αν το δίκτυο των βροχομετρικών σταθμών έχει ομοιόμορφη κατανομή στο χώρο και η περιοχή είναι επίπεδη και ομαλή τότε το μέσο ύψος δίνεται απλά από τον αριθμητικό μέσο όρο των καταγραφών τους. Η συνηθέστερη όμως περίπτωση αφορά σταθμούς με ανομοιογενή χωρική κατανομή και περιοχές με ανώμαλη μορφολογία για τις οποίες η παραπάνω μέθοδος είναι ανακριβής.[6]

Μέθοδος των πολυγώνων του Thiessen. Η μέθοδος χρησιμοποιεί τον παράγοντα βάρους που αντιστοιχεί στα εμβαδά των πολυγώνων (περιοχών) επηρεασμού κάθε σταθμού όπως προκύπτει με τη χάραξη των μεσοκαθέτων επί των αποστάσεων των σταθμών μεταξύ τους. Το μέσο βροχομετρικό ύψος της λεκάνης P_o προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους παρατηρήσεων P_i των σταθμών πολλαπλασιασμένες επί τις αντίστοιχες εκτάσεις επηρεασμού δια της συνολικής έκτασης της λεκάνης. [2]

Μέθοδος ισοϋετων καμπυλών. Ισοϋετη καμπύλη είναι η νοητή εκείνη γραμμή της επιφάνειας του εδάφους κατά μήκος της οποίας το έδαφος δέχεται το ίδιο ύψος βροχόπτωσης.

5.3 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

α)Εξάτμιση

Τα μόρια του αέρα βρίσκονται σε συνεχή εναλλαγή μεταξύ της υγρής και της αέριας φάσης. Αν ο αριθμός των μορίων που περνά από την υγρή φάση στην αέρια υπερτερεί του αριθμού των μορίων που υγροποιούνται τότε παρατηρείται το φαινόμενο της εξάτμισης. Η εξάτμιση λαμβάνει χώρα σε κάθε ελεύθερη επιφάνεια νερού (δροσοσταλίδες, λακκούβες, δεξαμενές,

λίμνες κ.λ.π.). Ο ρυθμός εξάτμισης εξαρτάται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία του νερού καθώς και η θερμοκρασία και απόλυτη υγρασία του στρώματος αέρα πάνω από την εξατμιζόμενη επιφάνεια. Εξαρτάται επίσης και από την επίδραση του ανέμου ο οποίος μεταφέρει τους υδρατμούς μακριά από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού και κρατά την απόλυτη υγρασία σε χαμηλά επίπεδα.

Η εξάτμιση είναι μια σημαντική παράμετρος κατά τον υπολογισμό του υδρολογικού ισοζυγίου. Η μέτρηση της γίνεται είτε έμμεσα είτε άμεσα. Η έμμεση μέτρηση, για μια λίμνη για παράδειγμα, γίνεται υπολογίζοντας όλους τους άλλους παράγοντες (βροχοπτώσεις, υπόγειες εισροές / τροφοδοσίες, μεταβολή της στάθμης της λίμνης) οπότε από την εφαρμογή του υδρολογικού ισοζυγίου προκύπτει το ποσοστό της εξάτμισης. Η άμεση μέτρηση γίνεται με ειδικές συσκευές τα εξατμισίμετρα.[6]

β) Διαπνοή

Η εξάτμιση από ελεύθερες επιφάνειες νερού αποτελεί ένα μόνο μέρος του μηχανισμού μαζικής απόδοσης νερού στην ατμόσφαιρα. Η κάθε είδους βλάστηση καθώς αναπτύσσεται, συνεχώς «αντλεί» νερό από το υπέδαφος προς την ατμόσφαιρα μέσω μιας διαδικασίας που καλείται διαπνοή. Το νερό της εδαφικής υγρασίας, λόγω της οσμωτικής πίεσης, εισέρχεται στο ριζικό σύστημα των φυτών από όπου κινείται προς τα φύλλα τους. Το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού αυτού αποδίδεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή υδρατμών μέσω ανοιγμάτων που καλούνται στόματα ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό χρησιμοποιείται για τις δομικές λειτουργίες των φυτών. Η διαδικασία της διαπνοής ευθύνεται για το μεγαλύτερο μέρος απώλειας υδρατμών προς την ατμόσφαιρα σε λεκάνες που καλύπτονται από προσχώσεις.

Το ποσοστό της διαπνοής είναι συνάρτηση της πυκνότητας και του μεγέθους της βλάστησης. Για παράδειγμα, η διαπνοή μιας φυτείας από καλαμπόκι είναι πολύ μικρότερη το Μάιο όπου τα φυτά έχουν ύψος λίγων εκατοστών από ότι τον Αύγουστο που το ύψος τους ξεπερνά τα 2 μέτρα. Προφανώς, η διαπνοή είναι σημαντική μόνο κατά την περίοδο ανάπτυξης των φυτών. Το 95% της διεργασίας αυτής λαμβάνει χώρα κατά τις ώρες ηλιοφάνειας όπου έχουμε το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης.

Η διαπνοή περιορίζεται άμεσα από τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία. Όταν γίνεται τόσο μικρή ώστε η επιφανειακή τάση της διεπιφάνειας εδάφους-νερού να υπερβαίνει την οσμωτική πίεση των ριζών, το νερό παύει πια να εισέρχεται σε αυτές. Αυτή η τιμή εδαφικής υγρασίας ονομάζεται «σημείο μααρασμού», (wilting point) του εδάφους.

Η μέτρηση της διαπνοής γίνεται κάτω από υψηλά ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες με ειδικές συσκευές τα φυτόμετρα. Πρόκειται για απομονωμένους χώρους, μερικώς πληρωμένους με έδαφος. Η διαπνοή από τη βλάστηση που φυτεύεται, προκαλεί μια αύξηση της υγρασίας του αέρα στο χώρο του φυτομέτρου η οποία μετράται. Πάντως τέτοιες διατάξεις λίγα πράγματα έχουν να αποκαλύψουν για τις πραγματικές συνθήκες διαπνοής στην ύπαιθρο.[6]

γ) Εξατμισοδιαπνοή

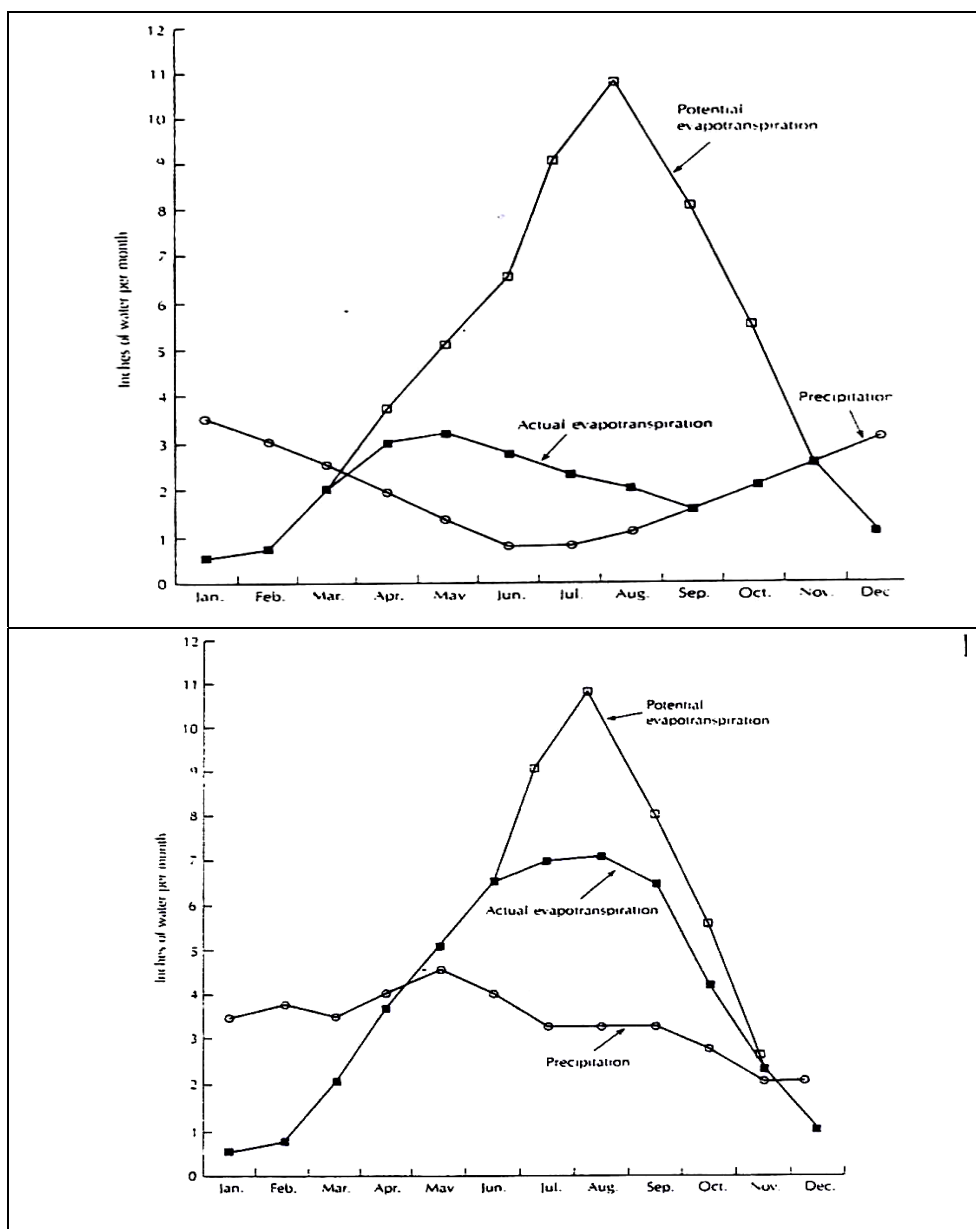
Σε πραγματικές συνθήκες, ο διαχωρισμός της εξάτμισης από τη διαπνοή είναι αδύνατος. Έτσι, εκείνο που εξετάζεται είναι η ολική απώλεια νερού που οφείλεται και στους δύο αυτούς παράγοντες και αποκαλείται εξατμισοδιαπνοή. Η εξατμισοδιαπνοή χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, την πραγματική και την δυνητική.

Ο όρος **δυνητική εξατμισοδιαπνοή** εισηγήθηκε από τον Thornthwaite_(1944) σαν την απώλεια νερού του εδάφους που θα συμβεί αν δεν υπάρξει ποτέ ανεπάρκεια προσφερόμενου νερού στη βλάστηση. Ο ίδιος αναγνώρισε ότι υπάρχει ένα ανώτερο όριο στο ποσό του νερού που μπορεί να χάσει ένα οικοσύστημα μέσω του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής, ενώ το μεγαλύτερο μέρος των απωλειών λαμβάνει χώρα κατά τους θερινούς μήνες με ελάχιστες έως καθόλου απώλειες το χειμώνα.

Επειδή δεν υπάρχει πάντα επάρκεια νερού από το έδαφος, ορίστηκε ο όρος **πραγματική εξατμισοδιαπνοή** που χρησιμοποιείται για να εκφράσει το ποσό της εξατμισοδιαπνοής κάτω από πραγματικές συνθήκες (συνθήκες υπαίθρου).

Στο σχήμα 5.2^α, παριστάνονται η πραγματική και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή για μια περιοχή με ξηρό, θερμό καλοκαίρι και ψυχρό, υγρό χειμώνα. Κάτω από τέτοιες συνθήκες, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι πολύ μικρότερη της δυνητικής. Τους μήνες που η δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι μικρότερη των βροχοπτώσεων, το έδαφος παρουσιάζει πλεόνασμα υγρασίας και έτσι η πραγματική εξατμισοδιαπνοή παρουσιάζεται για κάποιο διάστημα να είναι μεγαλύτερη από τις βροχοπτώσεις. Όταν η εδαφική υγρασία εξαντληθεί, οι τιμές των δύο παραπάνω παραμέτρων συμπίπτουν.

Το σχήμα 5,2β, παριστάνει τη δυνητική και πραγματική εξατμισοδιαπνοή για μια περιοχή με ομοιόμορφα κατανεμημένες βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια του έτους. Σε αυτή τη περίπτωση η πραγματική εξατμισοδιαπνοή βρίσκεται πιο κοντά στη δυνητική.



Σχήμα 5.2^a 5.2^b: Χρονική κατανομή της δυνητικής και πραγματικής εξατμισοδιαπνοής για περιοχές με α) ξηρό, θερμό καλοκαίρι και ψυχρό, υγρό χειμώνα και β) ομοιόμορφα κατανεμημένες βροχοπτώσεις.

Η μέθοδος του Thornthwaite βασίζεται στην παραδοχή ότι η δυνητική εξατμισοδιαπνοή επηρεάζεται μόνο από τις μετεωρολογικές συνθήκες, αγνοώντας την επίδραση της βλάστησης. Αν και απλοϊκή, η μέθοδος αυτή παραμένει χρήσιμη και αρκετά αξιόπιστη παρότι λαμβάνονται υπόψη μόνο η μέση θερμοκρασία του αέρα και η μέση ημερήσια ηλιοφάνεια. Οι τιμές που υπολογίζονται για την άνοιξη και την αρχή του καλοκαιριού θα είναι υπερεκτιμημένες ενώ οι αντίστοιχες για τα μέσα του καλοκαιριού υποεκτιμούνται.

Νεώτερες μέθοδοι υπολογισμού της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής εισάγουν και συντελεστή βλάστησης (Blaney, 1959 /Criddle, 1958) καθώς και άλλους παράγοντες όπως πίεση υδρατμών, ταχύτητα ανέμου κ.τ.λ. (Penman, Blaney, 1956).

Η άμεση μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής επιτυγχάνεται με τα λυσίμετρα.. Μια ευρύτατα χρησιμοποιούμενη και δυνητικά ίσως η πιο ακριβή μέθοδος μέτρησης της εξατμισοδιαπνοής είναι η μέτρηση με τα ζυγιζόμενα λυσίμετρα, όπου η κάθε συνιστώσα του υδατικού ισοζυγίου μετριέται ακριβώς, και η εξατμισοδιαπνοή αντιπροσωπεύεται άμεσα σαν απώλεια βάρους.

Το λυσίμετρο είναι ένα κυλινδρικό δοχείο (βάθους 1-2 m και διαμέτρου 1-6 m) στο οποίο ένα τμήμα χώματος και βλάστησης απομονώνονται και το υδατικό τους ισοζύγιο απομονώνεται και ελέγχεται. Η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος εδάφους- βλάστησης και ο εγκλεισμός του με την ελάχιστη ενόχληση και την μη τροποποίηση του μικροκλίματος της περιβάλλουσας επιφάνειας, είναι οι ουσιαστικοί παράγοντες που πρέπει να εξετάζονται σοβαρά στη χρήση των λυσιμέτρων. Τα λυσίμετρα μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες τα ζυγιζόμενα και τα μη ζυγιζόμενα.

Η εξατμισοδιαπνοή είναι ο κύριος παράγοντας διακίνησης του νερού σε όλους σχεδόν τους τύπους κλιμάτων εκτός από τα υγρά-ψυχρά. Αν αυτή μειώνονταν, τότε θα αυξανόταν η απορροή ή η κατείσδυση ή και τα δύο μαζί. Αυτό θα οδηγούσε σε αύξηση των διαθέσιμων αποθεμάτων νερού. [6]

5.4 ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ

Νερό κατείσδυσης, ονομάζεται εκείνο το μέρος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους, φθάνει στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες και προστίθεται στο υπόγειο νερό μετέχοντας έτσι στις κινήσεις του τελευταίου.[6]

Λεπτομερέστερα, τα βασικά φαινόμενα που παρατηρούνται κατά την κατείσδυση έχουν ως εξής:

Ένα μέρος του νερού αυτού κατακρατείται από τα εδαφικά στρώματα ,αναπληρώνοντας τη χαμένη τους εδαφική υγρασία (νερό κατακράτησης).

Το υπόλοιπο κινείται προς τα κάτω, λόγω βαρύτητας και ή θα εμπλουτίσει το υπόγειο νερό των υδροφόρων στρωμάτων ή θα κινηθεί στα επιπόλαια τμήματα του εδάφους και θα επανέλθει στο φως χωρίς να φθάσει στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες (νερό βαρύτητας).

Έτσι ουσιαστικά δεν φθάνει ή αν φθάνει δεν παραμένει τελικά στο υπόγειο νερό (μετέχουσα στις κινήσεις του και προστιθέμενη στα αποθέματα του) όλη η ποσότητα του μετεωρικού νερού που διαπέρασε την επιφάνεια της υδρολογικής λεκάνης και αποτελεί την ολική κατείσδυση $I_{ολ}$, αλλά ένα μέρος αυτού που συνιστά την ενεργή κατείσδυση I .

Το πόσο του νερού που κατεισδύει, εξαρτάται άμεσα από τις ιδιότητες του εδάφους. Ο βαθμός με τον οποίο ένα έδαφος επιδέχεται την κατείσδυση ονομάζεται δυναμικό κατείσδυσης, F . Πρακτικά, η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί στη μέγιστη ένταση βροχής που μπορεί να απορροφήσει ένα έδαφος χωρίς να εμφανιστεί επιφανειακή απορροή.

Το δυναμικό κατείσδυσης εκφράζεται σε mm/h ή mm/sec. Αν η ένταση μιας βροχόπτωσης, P , είναι μεγαλύτερη του F και αγνοηθεί η εξατμισοδιαπνοή, τότε η διαφορά $P-F$ είναι η ποσότητα του νερού που απορρέει επιφανειακά.[3]

Το δυναμικό κατείσδυσης δεν είναι μια σταθερή ποσότητα. Στην αρχή μιας βροχόπτωσης έχει μια μέγιστη τιμή η οποία στη συνέχεια μειώνεται εκθετικά τείνοντας να προσεγγίσει ασυμπτωτικά μια ελάχιστη τιμή. Αυτό ισχύει όταν αναφερόμαστε στην ολική κατείσδυση, δηλαδή στη συνολική ποσότητα του νερού που διαπέρασε την επιφάνεια του εδάφους συμπεριλαμβανομένου του ποσού που χρησιμοποιήθηκε για την αναπλήρωση της εδαφικής υγρασίας και αυτού που χάθηκε μέσω της εξατμισοδιαπνοής.

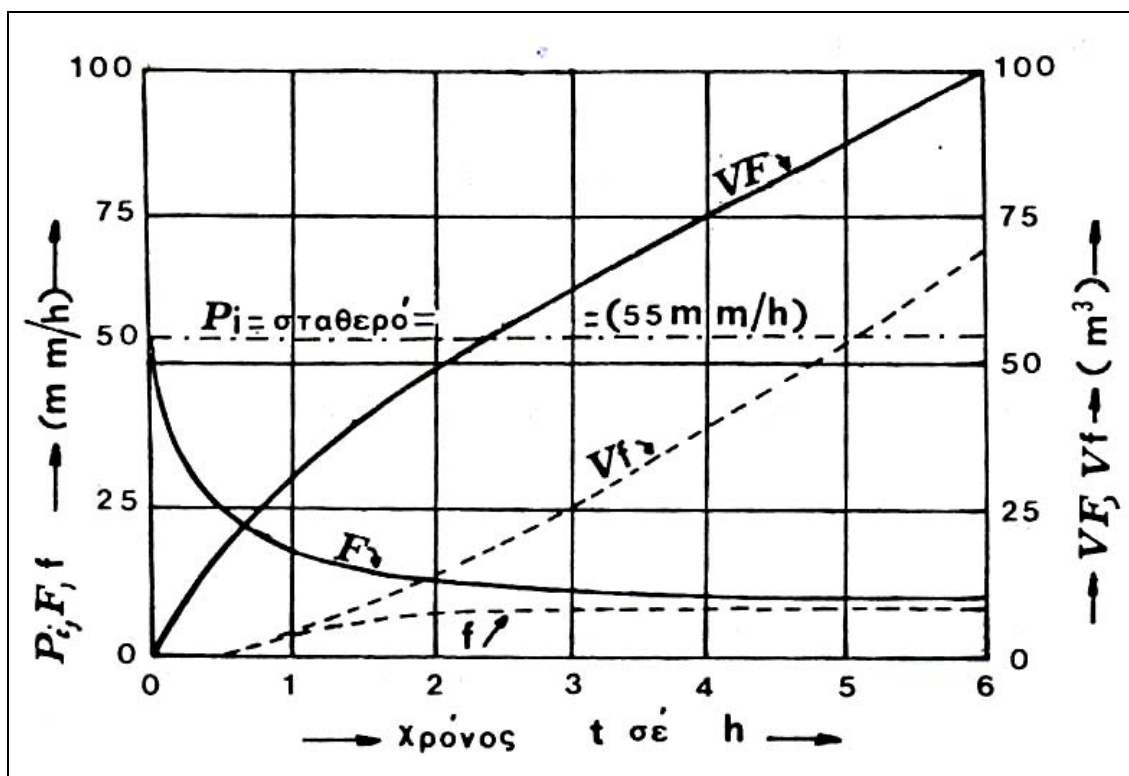
Η ενεργή κατείσδυση αποτελεί μέρος της ολικής και αναφέρεται στο ποσοστό εκείνο του νερού που τελικά καταφέρνει να φτάσει στους υδροφόρους ορίζοντες και να προστεθεί στο υπόγειο νερό. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.3, το δυναμικό της ενεργής κατείσδυσης f , σε αντίθεση με το δυναμικό της ολικής F , εμφανίζει στην αρχή μιας βροχόπτωσης μια χαμηλή τιμή, η οποία αυξάνεται βαθμιαία προς μια οριακή τιμή. Το ίδιο συμβαίνει και με την επιφανειακή απορροή. Προφανώς όλα αυτά παρατηρούνται όταν η ένταση της βροχής είναι μεγαλύτερη από F .

Το ποσοστό επί του συνόλου των βροχοπτώσεων (P) που αντιστοιχεί στην ενεργή κατείσδυση, ονομάζεται συντελεστής κατείσδυσης, (I). Για μια περιοχή, ο συντελεστής κατείσδυσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι οι εξής:

a) **Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.** Αυτά επηρεάζουν το συντελεστή κατείσδυσης με δύο κυρίως τρόπους: α) Με την κατανομή τους μέσα στο υδρολογικό έτος. Πιο συγκεκριμένα, οι βροχοπτώσεις που λαμβάνουν χώρα κατά το καλοκαίρι αναπληρώνουν την υγρασία του ξηρού εδάφους, συμβάλλοντας ελάχιστα ή καθόλου στην τροφοδοσία των υδροφόρων οριζόντων.

β) Με την ένταση τους. Βροχοπτώσεις με ένταση μικρότερη του δυναμικού κατείσδυσης, κρίνονται ανεπαρκείς για μεγάλα ποσοστά κατείσδυσης. Από την άλλη πλευρά, οι βροχοπτώσεις με μεγάλη ένταση δεν ευνοούν την κατείσδυση γιατί προκαλούν συμπύκνωση των επιφανειακών πόρων και μειώνουν τη διαπερατότητα των επιφανειακών στρωμάτων.

Ο συντελεστής κατείσδυσης λοιπόν μεγιστοποιείται για μέτριες εντάσεις βροχοπτώσεων.



Σχήμα 5.3: Χρονική μεταβολή του δυναμικού ολικής και ενεργής κατείσδυσης (F & f) και των αντίστοιχων συνολικών όγκων κατείσδυσης (VF & Vf) για βροχόπτωση σταθερής έντασης (Σούλιος, 1986)

- Οι ιδιότητες των εδαφικών και υπεδαφικών στρωμάτων. Το δυναμικό κατείσδυσης των διαφόρων στρωμάτων εξαρτάται κατά βάση από τη λιθολογία τους (ορυκτολογική σύσταση, ιστός, κοκκομετρική διαβάθμιση κ.τ.λ.). στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι συνήθεις διακυμάνσεις συντελεστών κατείσδυσης για τις περισσότερο διαδεδομένες λιθολογίες [3].

- Καρστικές περιοχές.....25-60%
- Φλύσχης, σχιστόλιθοι, φυλλίτες.....3-7%
- Προσχώσεις.....10-20%
- Γρανίτες.....5-12%

- Ψαμμίτες.....15-25%
- Ηφαιστειακά.....3-8%
- Πρασινοσχιστόλιθοι, γνεύσιοι.....3-7%

Η κατείδυση εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως:

- Η κλίση του εδάφους.
- Η βλάστηση.
- Κλιματικοί παράγοντες.
- Η γενική κατάσταση του εδάφους.

Η μέτρηση της κατείδυσης γίνεται με διάφορους τρόπους, είτε άμεσα είτε έμμεσα. Οι άμεσοι τρόποι μέτρησης αφορούν τις εξής μεθόδους:

□ Μέτρηση της κατείδυσης με λυσίμετρα. Τα λυσίμετρα είναι ειδικές κατασκευές οι οποίες έχουν σαν σκοπό να απομονώνουν ένα τμήμα του εδάφους χωρίς να μεταβάλλουν τις υδρογεωλογικές του συνθήκες και να συλλέγουν το νερό που κατεισδύει σε αυτό. Ο υπολογισμός του νερού που δέχεται η κοντινή προς το λυσίμετρο περιοχή γίνεται με βροχόμετρα που πάντα συνοδεύουν ένα τέτοιο πείραμα.[6]

□ Μέτρηση με πειραματική μέθοδο. Με τη μέθοδο αυτή, δημιουργούνται ειδικοί χώροι στους οποίους τοποθετείται εδαφικό δείγμα και δημιουργείται τεχνητή βροχή. Έπειτα, με ειδικές διατάξεις, μετράται το ποσό του νερού που έχει κατεισδύσει.

Η μέτρηση του συντελεστή κατείδυσης γίνεται και έμμεσα, από τον γενικό τύπο του υδρολογικού ισοζυγίου εάν είναι γνωστοί όλοι οι υπόλοιποι παράγοντες και μπορεί να εκφραστεί με:

Όγκο I_v (σε m^3) δηλαδή με το συνολικό όγκο νερού που κατεισδύσε σε μια περιοχή (για ορισμένο χρόνο, όπως το έτος).

Συντελεστή I_σ (συντελεστή κατείδυσης), δηλαδή με το ποσοστό του μετεωρικού νερού (κατακρημνισμάτων P) που κατεισδύει (για ορισμένο χρόνο) και δίνεται από τον τύπο $I_\sigma = I/P \cdot 100$

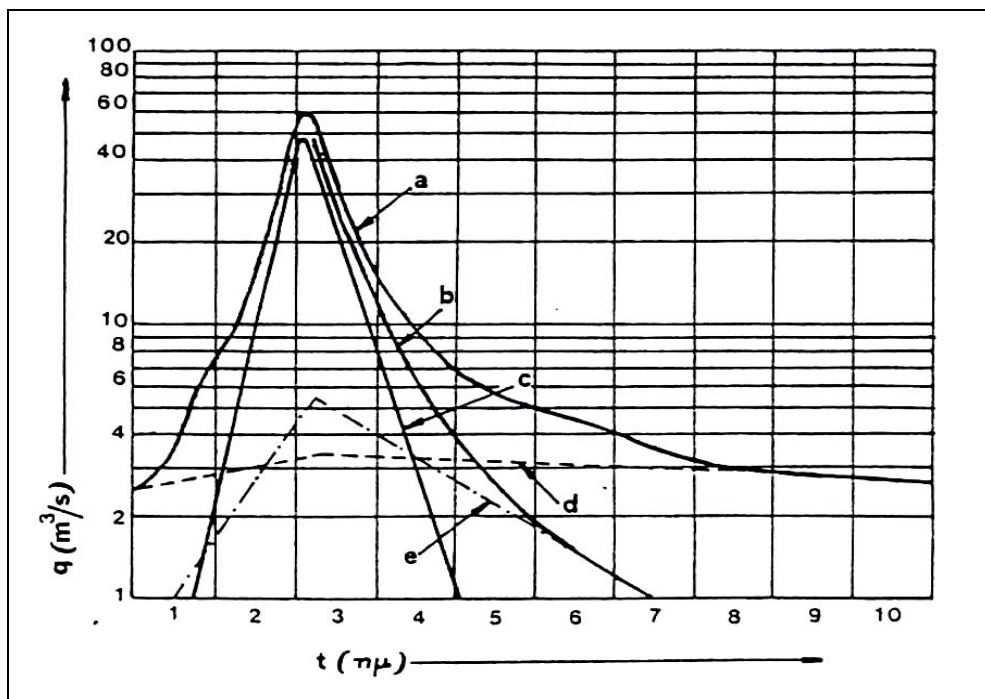
Ύψος νερού κατείδυσης (σε mm) που αντιστοιχεί στο πάχος του νερού που κατεισδύει (για ορισμένο χρόνο, συνήθως για ένα έτος).

5.5 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

Με τον όρο «επιφανειακή απορροή» αναφερόμαστε στο τμήμα εκείνο του νερού των κατακρημνισμάτων που μόλις πέσει στην επιφάνεια της Γης ρέει επιφανειακά εισέρχεται στο υδρογραφικό σύστημα από το οποίο απάγεται οδηγούμενο τελικά στη θάλασσα (ή σε λίμνη) όπου και εκχύνεται.

Η εκδήλωση της επιφανειακής απορροής αρχίζει λίγο μετά την έναρξη της βροχόπτωσης, στην αρχή με χαμηλούς ρυθμούς, αυξανόμενους βαθμιαία προς μια τελική τιμή που εξαρτάται από την ένταση της ίδιας της βροχόπτωσης και τη φύση του εδάφους.

Η απεικόνιση της ολικής απορροής μιας λεκάνης συναρτήσει του χρόνου ονομάζεται υδρογράφημα (Σχ. 4.4). Σε ένα τέτοιο υδρογράφημα, η ολική απορροή μπορεί να αναλυθεί σε επιφανειακή, υποδερμική, και υπόγεια. Από μια τέτοια ανάλυση, εξάγονται πολύτιμα συμπεράσματα για την υδρολογική και υδρογεωολογική συμπεριφορά μιας λεκάνης. Επίσης, από την ανάλυση του τμήματος της καμπύλης για τους θερινούς μήνες (καμπύλη στείρευσης), εξάγονται συμπεράσματα για τον τύπο και τη συμπεριφορά του υπόγειου υδροφορέα της λεκάνης.



Σχήμα 5.4: Τυπικό υδρογράφημα όπου διακρίνονται οι διάφορες συνιστώσες του: Η καθαρά επιφανειακή απορροή (c), η υπόγεια (d) και η υποδερμική (e). Η (b) είναι το άθροισμα των c και e. (Σούλιος, 1986).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή είναι ανάλογοι με αυτούς που επηρεάζουν την κατείσδυση:

□ **Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.** Βροχοπτώσεις μεγάλης έντασης ευνοούν την επιφανειακή απορροή, το αντίθετο δε συμβαίνει με βροχοπτώσεις μικρής έντασης όπου

ευνοείται η κατείσδυση. Επίσης, ομοιόμορφα κατανεμημένες βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια του έτους ευνοούν την κατείσδυση και την απορροή σε βάρος της εξατμισοδιαπνοής.

- **Κλιματικοί παράγοντες.** Όπως θερμοκρασία, άνεμος και υγρασία.
- **Η κλίση του εδάφους.** Η επιφανειακή απορροή ευνοείται από μεγάλες κλίσεις.
- **Η βλάστηση.** Η ύπαρξη έντονης βλάστησης παρεμποδίζει την απορροή.
- **Η φύση των εδαφικών και υπεδαφικών σχηματισμών.** Είναι ίσως ο

σημαντικότερος παράγοντας. Πολλοί περατοί σχηματισμοί ελαχιστοποιούν ή και εξαλείφουν την επιφανειακή απορροή. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα πολύ σύνηθες για τον Ελληνικό χώρο, αποτελούν οι καρστικές περιοχές.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι πιθανότερες τιμές επιφανειακής απορροής για τις διάφορες λιθολογίες:

- Καρστικές περιοχές.....0-10%
- Φλύσχης,φυλλίτες,αργ. Σχιστόλιθοι.....15-40
- Ψαμμίτες.....10-30%
- Γρανιτικές περιοχές.....15-35%
- Γνεύσιοι, πρασινοσχιστόλιθοι.....15-45%
- Ηφαιστειακά πετρώματα.....20-40%

5.5.1 ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΧΕΙΜΑΡΡΩΝ

Οι απορροές αποτελούν το τμήμα εκείνο του υδρολογικού κύκλου που έχει μεγαλύτερη σχέση με τις δραστηριότητες και τα έργα των ανθρώπων. Επίσης οι απορροές αποτελούν τη βασική υδρολογική παράμετρο σε μια σειρά από έργα που γίνονται για τον έλεγχο, την αξιοποίηση ή την προστασία των υδατικών πόρων.

Για τη μελέτη της συμπεριφοράς και της συνεχώς μεταβαλλόμενης, λόγω διαβρώσεων και αποθέσεων, μορφολογίας της κοίτης φυσικών υδατορευμάτων είναι, (natural alluvial watercourses), είναι αναγκαία η μακρόχρονη καταγραφή της διερχόμενης υδατοπαροχής από διαφορετικές διατομές του υδατορεύματος.

Η ακριβή μέτρηση της παροχής σε φυσικούς αποδεκτές (υδατορεύματα), αποτελεί το κύριο αντικείμενο μιας εφαρμοσμένης επιστημονικής περιοχής, γνωστής με το όνομα υδρομετρία.

Η προκύπτουσα εκτίμηση της παροχής υδατορεύματος σε συνεχή χρόνο, είναι αναγκαία τόσο από πρακτικής όσο και από οικονομικής αλλά και οικολογικής πλευράς, για τον προσδιορισμό των ποιοτικών παραμέτρων του νερού, για τη μελέτη του υδατικού ισοζυγίου μιας υδρολογικής λεκάνης, για την ακριβή διαστασιολόγηση τεχνικών έργων, όπως φραγμάτων, λιμνοδεξαμενών, δικτύων ανοικτών ή κλειστών αγωγών, κλπ.

Συνήθως, το μέγεθος της παροχής προκύπτει έμμεσα αφού μετρηθούν προηγούμενα απλούστερα υδραυλικά μεγέθη, όπως η στάθμη του νερού και η ταχύτητα ροής σε συγκεκριμένη διατομή της κοίτης υδατορεύματος, όπου έχει εγκατασταθεί κατάλληλα εξοπλισμένος υδρομετρικός σταθμός.

Οι κυριότερες μέθοδοι μέτρησης που χρησιμοποιούνται στην υδρομετρία, είναι:

- Η μέτρηση της στάθμης σε διακριτό ή συνεχή χρόνο με σταθμημετρικές κλίμακες και όργανα αυτόματης καταγραφής στάθμης, (σταθμηγράφοι), αντίστοιχα.
- Η μέτρηση της ταχύτητας ροής σε διάφορες θέσεις της διατομής με τη βοήθεια ειδικών συσκευών, (πλωτήρων, μυλίσκων κλπ) ή απευθείας μέτρηση της παροχής με τη χρήση χημικών ουσιών, (ανιχνεύσιμων διαλυμάτων ή δεικτών), φυσαλίδων συμπιεσμένου αέρα κλπ.

5.6 Λεκάνη απορροής

Ονομάζουμε λεκάνη απορροής (ή υδρολογική λεκάνη) ενός ποταμού το τμήμα εκείνο της επιφάνειας του εδάφους πάνω στο οποίο τα νερά που προέρχονται από τις βροχοπτώσεις και ρέουν επιφανειακά φέρονται με το υδρογραφικό σύστημα στην κοίτη του υπ' όψη ποταμού ο οποίος τα οδηγεί στη θάλασσα κατ' ευθείαν ή δια μέσου άλλου μεγαλύτερου ποταμού, του οποίου είναι παραπόταμος.

Αν ένας ποταμός είναι παραπόταμος κάποιου άλλου μεγαλύτερου, τότε και η λεκάνη απορροής του είναι υπολεκάνη κάποιας ευρύτερης που αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ποταμό.

Η οριακή – περιφερειακή – γραμμή μιας λεκάνης απορροής λέγεται υδροκριτική γραμμή της λεκάνης και αντιστοιχεί στην κορυφογραμμή εκείνη εκατέρωθεν της οποίας τα επιφανειακά νερά κατευθύνονται προς διαφορετικές λεκάνες απορροής. Ο υπολογισμός του υδροκρίτη είναι καθοριστικός για τον υπολογισμό του μεγέθους της λεκάνης με τη βοήθεια τοπογραφικών χαρτών, με προσεχτική παρατήρηση της μορφολογίας και του υδρογραφικού δικτύου καθώς και παρατηρήσεων στην ύπαιθρο.

Πολύ συχνά όμως ο καθορισμός της υδροκριτικής γραμμής δεν είναι αρκετός για τον υπολογισμό του μεγέθους της λεκάνης και αυτό διότι η απορροή του υδατορεύματος δεν

δημιουργείται μόνο από την επιφανειακή αλλά και από την υπεδάφια / υπόγεια απορροή. Έτσι είναι δυνατόν (α) το ψηλότερο σημείο του υπόγειου ορίζοντα να μην συμπίπτει με τον τοπογραφικό / επιφανειακό υδροκρίτη ή (β) λόγω της διάταξης των γεωλογικών σχηματισμών να υπάρχει απόκλιση του υπόγειου υδροκρίτη από τη θέση του τοπογραφικού υδροκρίτη.

Η σημασία της λεκάνη απορροής έγκειται στο ότι αυτή συνιστά ένα τμήμα εδάφους με αυτόνομη υδροοικονομία, έχει δηλαδή η λεκάνη απορροής ίδιο ανεξάρτητο υδρολογικό ισοζύγιο. Αυτό βέβαια δεν μπορεί να συμβαίνει για οποιοδήποτε τμήμα εδάφους το οποίο μπορεί να δέχεται νερό από – ή και να δίνει νερό σε – παρακείμενη περιοχή. Είναι δηλαδή η λεκάνη απορροής τμήμα εδάφους με αυτονομία στο υδρολογικό ισοζύγιο.

Συνήθως συμβαίνει αυτές οι λεκάνες να έχουν και ίδια ανεξάρτητη οικονομία υπόγειου νερού. Τότε για την περίπτωση αυτή που υπάρχει σε μια περιοχή σύμπτωση για ανεξάρτητο επιφανειακό και υπόγειο ισοζύγιο θα μπορούσαμε να προτείνουμε τον όρο Υδρογεωλογική Λεκάνη που δεν έχει επικρατήσει προς το παρόν.

Οι περιπτώσεις όπου η επιφανειακή και η υπόγεια λεκάνη δεν συμπίπτουν συναντάται σχεδόν αποκλειστικά σε καρστικές περιοχές ή γενικά σε περιοχές με διαπερατούς σχηματισμούς σε επιφανειακή εμφάνιση και με μεγάλο πάχος.

6. ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

6.1 Υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου

Περιγραφή της λεκάνης απορροής

Ο χείμαρρος Γεροπόταμος, αποστραγγίζει μια περιοχή συνολικής έκτασης 596 Km² και εκβάλλει στον όρο Μεσαράς, στο Λυβικό πέλαγος. Η υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου έχει μεγάλη διακύμανση τοπογραφικών υψομέτρων, που εκτείνονται από μερικά μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας στον κάμπο της Μεσαράς και ξεπερνούν τα 2000 m στον Βόρειο, Βορειοδυτικό υδροκρίτη όπου και το Νότιο τμήμα του ορεινού όγκου της Ίδης. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης αυτής, εκτιμήθηκε ίσο με 435 m.

Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι η λεκάνη αυτή έχει μεγάλη γεωλογική πολυμορφία, (διαπερατοί ασβεστολιθικοί σχηματισμοί στο Βόρειο τμήμα της εναλλάσσονται με κροκαλοπαγή, άμμους, αργίλους και αλλουβιακές αποθέσεις στο κεντρικό, όπου η κύρια μισγάγγεια, και με μάργες ως μαργαϊκούς ασβεστόλιθους στο Νότιο, μέχρι τις παρυφές των Αστερούσιων ορέων), καθώς και πυκνό, δενδριδικού τύπου, υδρογραφικό δίκτυο.

Χαρακτηριστική είναι επίσης η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδατικών διαθεσίμων της λεκάνης αυτής από γεωτρήσεις, από τις οποίες, κατά μια πρόσφατη εκτίμηση, ο μέσος ετήσιος αντλούμενος όγκος νερού, από το σύνολο της επιφάνειας της λεκάνης, ανέρχεται σε 45 εκατ. κυβικά περίπου.[9]

6.1.1 Υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου

Περιγραφή της λεκάνης απορροής

Ο χείμαρρος Γιόφυρος αποστραγγίζει μια περιοχή συνολικής έκτασης 183 Km² και εκβάλλει στο Κρητικό πέλαγος. Η αντίστοιχη υδρολογική λεκάνη καταλαμβάνει το Βόρειο-κεντρικό τμήμα του Νομού Ηρακλείου και το υδρογραφικό της δίκτυο, αρκετά ομοιόμορφο και με περιορισμένο αριθμό κλάδων πρώτης τάξης, γεγονός που φανερώνει από γεωμορφολογική άποψη, την προχωρημένη ενότητα του ποτάμιου συστήματος. Η υδρολογική αυτή λεκάνη έχει μέσο υψόμετρο ίσο με 365 m. Η λεκάνη είναι προσχωσιγενής και ο ποταμός έχει δημιουργήσει μια ευρεία ζώνη αλλουβιακών αποθέσεων, κυρίως από χαλαρά κροκαλοπαγή. Η υπόλοιπη έκταση της λεκάνης καλύπτεται από λευκές και ανοικτόφαιες μάργες, που

περικλείουν εκτεταμένα στρώματα γύψων, καθώς και από τοπικές, περιορισμένης έκτασης, εμφανίσεις μαργαϊκών ασβεστολίθων Νεογενούς ηλικίας. Ακόμη υπάρχουν μικρές εμφανίσεις φλύσχη και ασβεστολίθων, στο Νότιο τμήμα της λεκάνης.

Χαρακτηριστική είναι επίσης η εκμετάλλευση των υπόγειων υδατικών διαθεσίμων της υδρολογικής λεκάνης από γεωτρήσεις. Κατά μια πρόσφατη εκτίμηση, ο μέσος ετήσιος αντλούμενος όγκος νερού από το σύνολο της επιφάνειας της λεκάνης ανέρχεται σε 6 εκατ. κυβικά μέτρα.[9]

6.1.2 Ατμοσφαιρικά Κατακρημνίσματα

6.1.2.1 Βροχομετρικά Δεδομένα

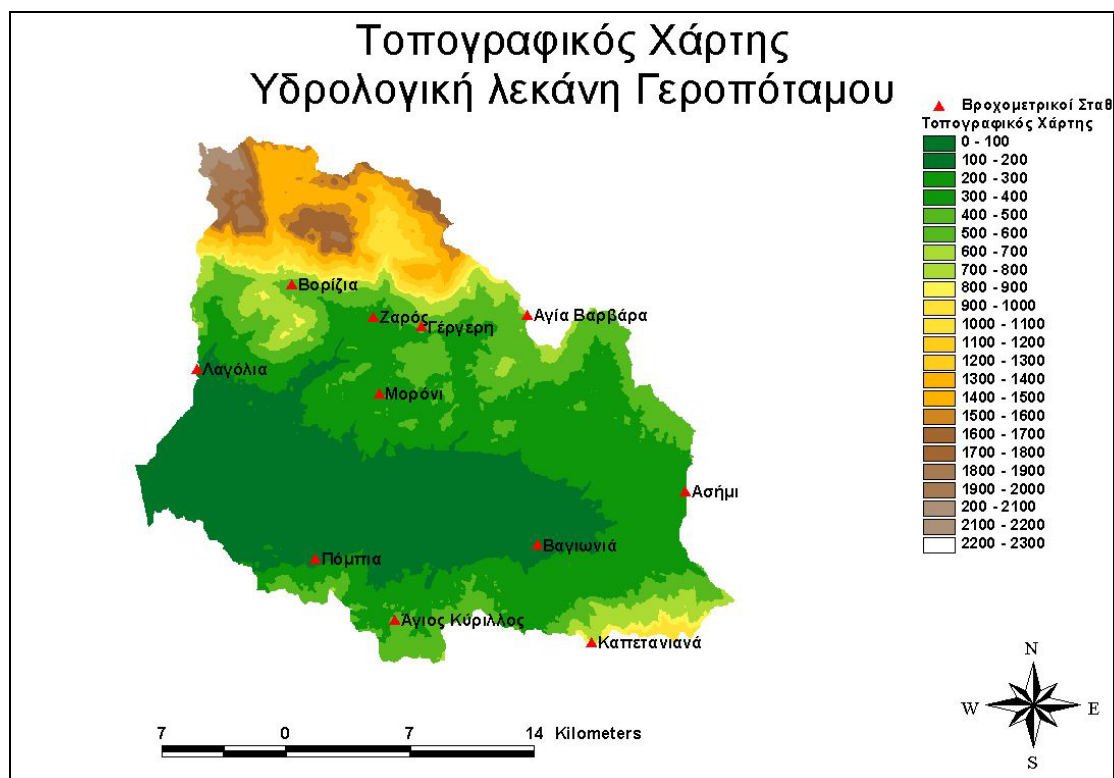
Τα βροχομετρικά δεδομένα ελήφθησαν από τους αντίστοιχους σταθμούς που βρίσκονται στις υδρολογικές λεκάνες Γεροπόταμου και Γιόφυρου αντίστοιχα.

Για την υδρολογική του Γεροπόταμου οι βροχομετρικοί σταθμοί που επιλέχθηκαν είναι οι εξής έντεκα:

Α/Α	ΣΤΑΘΜΟΙ	ΥΨΟΜΕΤΡΑ ΣΤΑΘΜΩΝ
1	ΖΑΡΟΣ	500
2	ΒΟΡΙΖΙΑ	520
3	ΓΕΡΓΕΡΗ	450
4	ΜΟΡΩΝΙ	400
5	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	570
6	ΠΟΜΠΙΑ	150
7	ΒΑΓΙΩΝΙΑ	190
8	ΛΑΓΟΛΙΟ	140
9	ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ	450
10	ΑΣΗΜΙ	200
11	ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	800

Πίνακας 6.1

Η κατανομή των σταθμών φαίνεται στον Χάρτη 6.1



Χάρτης 6.1: Τοπογραφικός Χάρτης Γεροπόταμου

Η επιλογή αυτών των σταθμών έγινε με βάση το σκεπτικό να καλύπτεται επαρκώς τόσο η βόρεια όσο και η νότια ζώνη της υδρολογικής λεκάνης.

Η κατανομή των σταθμών κρίνεται απόλυτα ικανοποιητική, 1 σταθμός /54,5 τ.χλμ., με βάση το κριτήριο του Langbein (1960), που θεωρεί ως ελάχιστη ικανοποιητική πυκνότητα αυτή των 2 σταθμών/1000τ.χλμ.[6]

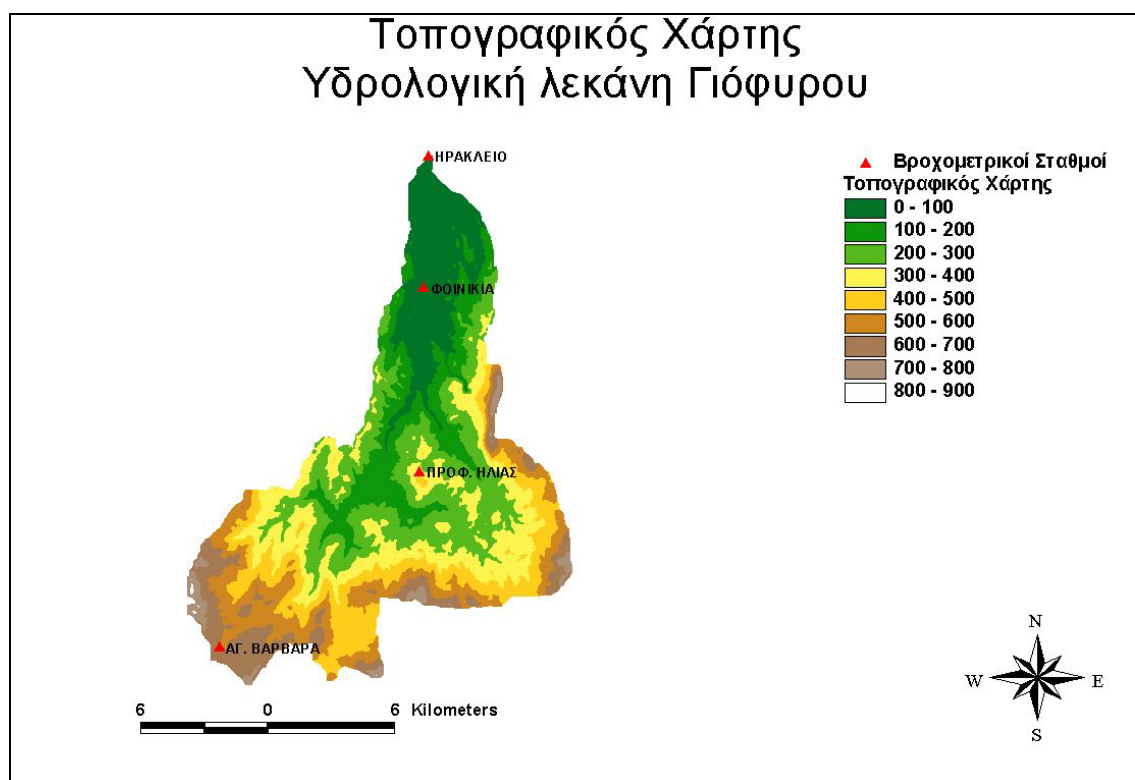
Φυσικά η εκτίμηση αυτή δεν αποτελεί και τον κανόνα, καθώς δεν λαμβάνει υπόψη τη φύση και την τοπογραφία της περιοχής. Γενικότερα ισχύει η πυκνότητα του δικτύου να είναι μεγαλύτερη στο ορεινό τμήμα της λεκάνης γιατί εκεί υπάρχει μεγαλύτερη ανομοιογένεια της βροχής και περισσότερες βροχοπτώσεις.

Για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου οι βροχομετρικοί σταθμοί που επιλέχθηκαν είναι οι εξής τέσσερις:

Α/Α	ΣΤΑΘΜΟΙ	ΥΨΟΜΕΤΡΑ ΣΤΑΘΜΩΝ
1	ΦΟΙΝΙΚΙΑ	40
2	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	15
3	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	570
4	ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	380

Πίνακας 6.2

Η κατανομή των σταθμών φαίνεται στο Χάρτη 6.2



Χάρτης 6.2: Τοπογραφικός Χάρτης Γιόφυρου

Και σε αυτή την ανάλυση η επιλογή των σταθμών έγινε με βάση το σκεπτικό να καλύπτεται επαρκώς τόσο το βόρειο πεδινό όσο και το νότιο ορεινό τμήμα της λεκάνης του Γιόφυρου.

Η κατανομή των σταθμών κρίνεται απόλυτα ικανοποιητική, **1 σταθμό /45,8 τ.χλμ.**, με βάση το κριτήριο του Langbein (1960), που θεωρεί ως ελάχιστη ικανοποιητική πυκνότητα αυτή των **2 σταθμών/1000τ.χλμ.**[6]

Στον πίνακα 5.1 δίνεται η κανονική και η ελάχιστη ανεκτή πυκνότητα ενός βροχομετρικού δικτύου σε σχέση με την μορφολογία της περιοχής.

Με βάση τον πίνακα αυτό η πυκνότητα του βροχομετρικού δικτύου για την υδρολογική λεκάνη του Γεροποτάμου κρίνεται κανονική όπως επίσης κρίνεται κανονική και η κατανομή του δικτύου για την υδρολογική λεκάνη του Γιοφύρου.

ΤΥΠΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ 1 Βροχόμετρο ανά...	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ 1 Βροχόμετρο ανά...
Επίπεδες περιοχές εύκρατων μεσογειακών και τροπικών ζωνών	600-900 τ.χλμ	900-3000 τ.χλμ.
Ορεινές περιοχές των παραπάνω ζωνών	100-250 τ. χλμ.	250-2000 τ. χλμ.
Μικρά ορεινά νησιά με ανώμαλη κατανομή της βροχής	25 τ. χλμ.	
Ξηρές και πολικές περιοχές	1500-10000 τ. χλμ.	

Πίνακας 6.3: Κανονική και ελάχιστη πυκνότητα βροχομετρικού δικτύου ανάλογα με τον τύπο της περιοχής, κατά W.M.O. (Τσελεπιδάκη, 1982)

6.1.3 Καθορισμός της Περιόδου Επεξεργασίας

Από το ξεκίνημα της παρούσας εργασίας σκοπός ήταν να πραγματοποιηθεί μια ανάλυση των δεδομένων μέγιστης χρονικής περιόδου, όσο το δυνατόν. Με βάση αυτό το σκεπτικό η μέγιστη χρονική περίοδος επεξεργασίας των δεδομένων καθορίστηκε για κάθε λεκάνη ως εξής:

Για την λεκάνη Γεροπόταμου υπήρχαν ετήσια βροχομετρικά δεδομένα από το υδρολογικό έτος 1970 έως το έτος 2001. Για τις παροχές των χειμάρρων Γεροπόταμου Ληθαίου υπήρχαν ετήσια δεδομένα από το έτος 1970 έως το έτος 2001 ενώ για τον χείμαρρο Κουτσουλίδη από το έτος 1970 έως το έτος 1997 (από το έτος 1997 οι μετρήσεις σταμάτησαν λόγω κατασκευής του φράγματος της Φανερωμένης).

Με βάση τα παραπάνω η μέγιστη δυνατή περίοδο κοινής λειτουργίας για την λεκάνη Γεροπόταμου καθορίστηκε η υδρολογική περίοδος 1970-1997.

Για την λεκάνη του Γιόφυρου υπήρχαν ετήσια βροχομετρικά δεδομένα από το υδρολογικό έτος 1975 έως το έτος 2001. Για την παροχή του χειμάρρου Γιόφυρου υπήρχαν ετήσια δεδομένα από το έτος 1970 έως το έτος 2001.

Με βάση τα παραπάνω η μέγιστη δυνατή περίοδο κοινής λειτουργίας για την λεκάνη Γιόφυρου καθορίστηκε η υδρολογική περίοδος 1975-2001.

Υδρολογική λεκάνη	Περίοδος Επεξεργασίας
Γεροπόταμος	1970-1997
Γιόφυρος	1975-2001

Συγκεντρωτικός Πίνακας των περιόδων επεξεργασίας

6.1.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΩΝ

Ο απόλυτα ακριβής υπολογισμός του μέσου ετήσιου όγκου νερού που δέχεται μια λεκάνη από τις βροχοπτώσεις θα απαιτούσε μέτρηση του ετήσιου ύψους βροχής σε κάθε σημείο της υπό εξέταση λεκάνης, κάτι που είναι πρακτικά αδύνατο.

Στην παρούσα διπλωματική ο υπολογισμός του μέσου ετήσιου ύψους βροχής που δέχεται η υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου και του Γιόφυρου έγινε με την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί ένα συντελεστή βαρύτητας για κάθε βροχόμετρο έτσι ώστε να ρυθμίζεται η μη ομοιόμορφος κατανομή των βροχόμετρων. Ο συντελεστής αυτός βασίζεται στο εμβαδόν της περιοχής εντός της λεκάνης απορροής η οποία αντιστοιχεί σε κάποιο συγκεκριμένο βροχόμετρο. Οι περιοχές αυτές συνήθως είναι μη κανονικά πολύγωνα και ορίζονται ως εξής: Οι θέσεις όλων των βροχόμετρων σχεδιάζονται πάνω στο χάρτη της λεκάνης απορροής και κάθε σταθμός συνδέεται με όλους τους πλησιέστερους με ευθείες γραμμές. Το πολύγωνο που αντιστοιχεί σε κάθε βροχόμετρο ορίζεται από τις τομές των μεσοκαθέτων των γραμμών που συνδέουν τους σταθμούς. Ο σχεδιασμός του δικτύου σύνδεσης των σταθμών υποδεικνύεται να αρχίζει από το κέντρο της λεκάνης απορροής. Το ύψος της βροχόπτωσης που αναλογεί σε κάθε πολύγωνο υπολογίζεται ως το γινόμενο της τιμής του βροχομέτρου που ανήκει το πολύγωνο επί το ποσοστό του εμβαδού του πολυγώνου σε σχέση με το ολικό εμβαδόν της λεκάνης απορροής. Το καθαρό πραγματικό ύψος βροχής της λεκάνης απορροής υπολογίζεται ως το άθροισμα όλων των επιμέρους υψών βροχής. (Καρατζάς, 1999)

Η εφαρμογή της μεθόδου έγινε με τη βοήθεια του ArcView GIS 3.2.

Πολύγωνα Thiessen Υδρολογικής λεκάνης Γεροπόταμου



Πολύγωνα Thiessen Υδρολογικής λεκάνης Γιόφυρου



Ο υπολογισμός του μέσου βροχομετρικού ύψους που προκύπτει με τη μέθοδο Thiessen αναφέρεται στο μέσο υψόμετρο των σταθμών της λεκάνης. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνει αναγωγή από το μέσο υψόμετρο των σταθμών στο υψομετρικό κέντρο βάρους της λεκάνης. Η αναγωγή γίνεται πολλαπλασιάζοντας με τον συντελεστή λ ο οποίος δίνεται από την εξίσωση:

$$\lambda = \frac{P_t + \mu \Delta h}{P_t}$$

Όπου

P_t : μέσο βροχομετρικό ύψος που προκύπτει από τη μέθοδο Thiessen

μ : η βροχομετρική βαθμίδα

Δh : η διαφορά μεταξύ του ζυγισμένου μέσου υψομέτρου των σταθμών (μέσο υψόμετρο καταγραφής) και του πραγματικού μέσου υψομέτρου της λεκάνης.

Για την αναγωγή της επιφανειακής βροχόπτωσης που υπολογίστηκε για τα ακραία έτη χρησιμοποιήθηκε η αντίστοιχη βροχοβαθμίδα, ενώ για την αναγωγή της υπερετήσιας βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκε η υπερετήσια βροχοβαθμίδα.[12]

6.1.5 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

Η επιφανειακή απορροή ρυθμίζεται από παράγοντες κλιματικούς όπως είναι η ένταση της βροχόπτωσης, το ύψος βροχής, η διάρκειά της και η κατανομή της κατά τη διάρκεια του υδρολογικού έτους. Μεγάλης έντασης βροχόπτωση ευνοεί την επιφανειακή απορροή.

Επίσης καθορίζεται και από φυσικούς παράγοντες όπως είναι η κλίση και η γεωλογική δομή του επιφανειακού εδάφους, η βλάστηση και το υδρογραφικό δίκτυο. Μεγάλη κλίση, πλούσιο υδρογραφικό δίκτυο ευνοούν την επιφανειακή απορροή.[7]

Για την υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου υπολογίσαμε την ολική απορροή Q δηλαδή το άθροισμα της επιφανειακής απορροής R , και της υπόγειας I_R , δηλαδή το νερό της κατείσδυσης που, αφού έχει κάνει μία περισσότερο ή λιγότερο μακροχρόνια υπόγεια διαδρομή, επανέρχεται στο φως από μία πηγή ή οποιαδήποτε φυσική ανάβλυση και προστίθεται στα επιφανειακά ρέοντα νερά.

Στην υπό εξέταση λεκάνη για τον υπολογισμό της ολικής απορροής χρησιμοποιήθηκαν οι πηγές Ζαρού και Γέργερης, και οι χείμαρροι Γεροπόταμος, Κουτσουλίδης, Ληθαίος.

Για τον υπολογισμό της συνολικής απορροής προερχόμενη από τους χείμαρρους χρησιμοποιήθηκε το άθροισμα των τριών χειμάρρων και όχι η παροχή μόνο του Γεροπόταμου (σημείο μέτρησης Φαιστός) καθώς θεωρήθηκε ως έντονα αλλοιωμένη πληροφορία λόγω των ποικίλων και συστηματικών απολήψεων ανάντη της διατομής μετρήσεων (π.χ. γεωτρήσεις).[10]

Στην περίπτωση υδατορεύματος που η επιφανειακή του απορροή διαρκεί πολύ χρόνο μετά την πτώση της βροχής, στον υπολογισμό της επιφανειακής απορροής συμπεριλαμβάνεται και η υπόγεια απορροή (πηγές).[Γ.Α.Καλλέργη]

Για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου δεν υπήρχαν δεδομένα παροχής πηγών.

Στην υπό εξέταση λεκάνη για τον υπολογισμό της ολικής απορροής χρησιμοποιήθηκαν τα υπάρχοντα στοιχεία σε υδρομετρικό σταθμό που βρίσκεται στον κύριο κλάδο του Γιόφυρου, σε υπάρχον μικρό φράγμα εκτροπής(Φοινικιά)

6.1.6 ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ

Δύο είναι οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος της κατείσδυσης είναι:

- i) Ο ετήσιος όγκος νερού από τις βροχοπτώσεις
- ii) Η περατότητα των πετρωμάτων

6.1.6.1 Υπολογισμός Κατείσδυσης Υδρολογικής λεκάνης Γεροποτάμου

Ο υπολογισμός της κατείσδυσης για την υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ψηφιακού υδρογεωλογικού χάρτη της λεκάνης (Χάρτης 16,17,18) που περιλαμβάνεται στο Arc View GIS 3.2. Ο ψηφιακός αυτός χάρτης περιέχει πληροφορίες σχετικά με την έκταση (m^2) του κάθε σχηματισμού που συναντάται στην υδρολογική λεκάνη, καθώς και της αντίστοιχης διαπερατότητας του σε ποσοστό επί της συνολικής βροχόπτωσης (σε m) που δέχεται η λεκάνη.

6.1.6.2 Υπολογισμός Κατείσδυσης Υδρολογικής λεκάνης Γιοφύρου

Για την υδρολογική λεκάνη του Γιοφύρου στάθηκε αδύνατον να βρούμε λεπτομερή υδρογεωλογικά δεδομένα της περιοχής. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήσαμε την κατείσδυση που έχει υπολογιστεί με βάση το μοντέλο Sacramento (Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Ηράκλειο 2000) και η οποία είναι ίση με το 13,6 του όγκου των κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη.

6.1.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής υπολογίστηκε έμμεσα από την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου. Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής η εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου γράφεται:

$$E = P - I - R$$

Όπου

P: ο όγκος της συνολικής βροχόπτωσης που δέχεται η λεκάνη

I: η συνολική κατείσδυση

R: η επιφανειακή απορροή

Δεν χρησιμοποιήσαμε την εξατμισοδιαπνοή η οποία προέρχεται από εμπειρικούς τύπους, όπως είναι ο τύπος του L. Turc (1951) και ο τύπος του C. Thornthwaite (1948), για τον λόγο ότι διαθέτουμε ελάχιστα δεδομένα σχετικά με θερμομετρικούς σταθμούς της περιοχής και επομένως θεωρήσαμε ότι δεν ανταποκρίνεται με ακρίβεια στην πραγματικότητα. Παρόλο αυτά

πραγματοποιήθηκε υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής με βάση τον εμπειρικό τύπο του L. Turc (1951).

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Όπου **P**: η μέση ετήσια βροχόπτωση

$$L = 300 + 25T + 0,05 * T^3$$

$$T_A = (P_1 T_1 + P_2 T_2 + \dots + P_{12} T_{12}) / (P_1 + P_2 + \dots + P_{12})$$

Όπως και σε όλες τις παραμέτρους του υδατικού ισοζυγίου έτσι και η εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε για κάθε υδρολογική λεκάνη χωριστά καθώς και για κάθε εξεταζόμενη περίοδο (υγρή, ξηρή, υπερετήσια).

6.2 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1970-1997

6.2.1 ΥΓΡΟ ΕΤΟΣ 1977-1978

Για το υγρό έτος 1977-78 της περιόδου 1970-1997 οι υπολογισμοί έχουν ως εξής:

Υπολογισμός μέσου ετήσιου ατμοσφαιρικού όγκου κατακρημνισμάτων

ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ	ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΥΓΡΟΥ ΕΤΟΥΣ(1977-78)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ (%)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ
ΖΑΡΟΣ	1301	5,85	76,1
ΒΟΡΙΖΑ	1751	14,55	254,8
ΓΕΡΓΕΡΗ	1230	6,05	74,4
ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ	837,7	6,18	51,8
ΠΟΜΠΙΑ	777	11,06	85,9

ΒΑΓΙΩΝΙΑ	926,6	13,63	126,3
ΜΟΡΟΝΙ	1014	11,26	114,2
ΑΣΗΜΙ	1015,5	8,55	94,5
ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	1301	8,85	115,1
ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	1441,2	4,69	67,6
ΛΑΓΟΛΙΟ	916,4	9,33	85,5
ΣΥΝΟΛΟ		100	1146,2

Πίνακας 6.10: Υπολογισμός της μέσης ετήσιας επιφανειακή βροχόπτωσης με βάση την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen για την υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου το υγρό έτος 1977-1978.

Η τιμή του μέσου ετήσιου ύψους βροχής όπως αναφέραμε παραπάνω αναφέρεται στο μέσο υψόμετρο των σταθμών και θα πρέπει να αναχθεί στο υψομετρικό κέντρο βάρους της λεκάνης πολλαπλασιάζοντας με τον συντελεστή λ της παραπάνω σχέσης.

Το μέσο υψόμετρο των σταθμών της λεκάνης Γεροπόταμου είναι 397,2m ενώ το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι 435m. Η βροχομετρική βαθμίδα για το υγρό έτος είναι 0,99mm/m, οπότε με αντικατάσταση προκύπτει συντελεστής $\lambda = 0,96$. Η τελική ανηγμένη ετήσια κατακρήμνιση για την υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου για το υγρό έτος 1977-78 είναι:

Υδρολογική λεκάνη	Μέσο Υψόμετρο σταθμών	Μέσο υψόμετρο Λεκάνης	Συντελεστής λ	Μέση Ετήσια Επιφανειακή Βροχόπτωση (mm)	Ανηγμένη Κατακρήμνιση (mm)
Γεροπόταμος	397,2	435	0,96	1146,2	1100

Πίνακας 6.11: Υπολογισμός του πραγματικού ύψους βροχόπτωσης για την λεκάνη Γεροπόταμου για το υγρό έτος 1977-78.

Ο μέσος ετήσιος όγκος βροχής που δέχεται η υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου για το έτος 1977-78 υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P = E \times H$$

Όπου:

$$E = \text{η συνολική επιφάνεια της λεκάνης} = 596.500.553 \text{m}^2$$

$$H = \text{η ανοιγμένη κατακρήμνιση} = 1100(\text{mm}) \times 0,001 = 1,1 \text{m}$$

Επομένως για τον συνολικό όγκο βροχής που δέχεται η λεκάνη το υγρό έτος της περιόδου 1973-1997 προκύπτει:

$$P = 656.373856 \text{m}^3 = 656,373 \times 10^6 \text{m}^3$$

Επιφανειακή απορροή

Χείμαρροι	Απορροή (10^6 m^3)
Γεροπόταμος	60,622
Κουτσουλίδης	29,52
Ληθαίος	17,56
Σύνολο	107,702

Πηγές	Παροχή (10^6 m^3)
Ζαρός	3,623
Γέργερη	2,5
Σύνολο	6,09

Επομένως η ολική παροχή για το υγρό έτος 1977-1978 της περιόδου 1970-1997 για την εξεταζόμενη λεκάνη ανέρχεται σε:

$$R = 107,702 \times 10^6 \text{ m}^3 + 6,09 \times 10^6 \text{ m}^3 = 113,8 \times 10^6 \text{ m}^3.$$

Κατείσδυση

Ο υπολογισμός της κατείσδυσης για το υγρό έτος παρατίθεται αναλυτικά στον Πίνακα 16

Με βάση τον παραπάνω πίνακα η συνολική κατείσδυση της υδρολογικής λεκάνης του Γεροπόταμου για το υδρολογικό έτος 1977-1978 είναι ίση με $I = 124,134 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Εξατμισοδιαπνοή

Με βάση την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου για την υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου υπολογίζουμε την εξατμισοδιαπνοή για το υγρό έτος 1977-1978.

$$E = P - I - R$$

$$E = 656,374 \times 10^6 \text{ m}^3 - 124,134 \times 10^6 \text{ m}^3 - 113,8 \times 10^6 \text{ m}^3 = 418,3 \times 10^6 \text{ m}^3$$

το οποίο αντιστοιχεί στο 64% του όγκου των κατακρημνισμάτων που δέχεται η υδρολογική λεκάνη το συγκεκριμένο έτος.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	656,3 x 10 ⁶ m ³	100%	1100
Επιφανειακή απορροή (R)	113,8 x 10 ⁶ m ³	17,3%	190,3
Κατείδυση (I)	124,1 x 10 ⁶ m ³	18,9%	207,9
Εξατμισοδιαπνοή (E)	418,4 x 10 ⁶ m ³	63,8%	701,8

Πίνακας 6.12: Υδατικό Ισοζύγιο Υγρού Έτους

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής πραγματοποιήθηκε επίσης με τον εμπειρικό τύπο του L. Turc, χρησιμοποιώντας μηνιαία δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, του σταθμού Πόμπιας (150m).

Θερμοκρασία

ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΙΑ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.
23,5	17,7	16,6	10,3	7,9	11,2	11,7	13,5	18,4	22,3	25,6	25,2

Βροχόπτωση

ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΙΑ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.
108,6	0	68,7	504,5	131,2	157,5	88	18,5	0	0	0	0

Με αντικατάσταση των δεδομένων στην σχέση του L. Turc προκύπτει η μέση τιμή της εξατμισοδιαπνοής για την περιοχή η οποία είναι: $E = 55\%P$

6.2.2 ΞΗΡΟ ΕΤΟΣ 1989-1990

Για το ξηρό έτος 1989-1990 οι υπολογισμοί έχουν ως εξής:

Υπολογισμός μέσου ετήσιου ατμοσφαιρικού όγκου κατακρημνισμάτων

ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ	ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΞΗΡΟΥ ΕΤΟΥΣ- 1989-90 (mm)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ (%)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ(mm)
ΖΑΡΟΣ	416,5	5,85	24,4
ΒΟΡΙΖΑ	588,1	14,55	85,6
ΓΕΡΓΕΡΗ	465	6,05	28,1
ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ	251,1	6,18	15,5
ΠΟΜΠΙΑ	255	11,06	28,2
ΒΑΓΙΩΝΙΑ	310,7	13,63	42,3
ΜΟΡΟΝΙ	363	11,26	40,9

ΑΣΗΜΙ	349,5	8,55	29,9
ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	551,8	8,85	48,8
ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	352	4,69	16,5
ΛΑΓΟΛΙΟ	344,8	9,33	32,2
ΣΥΝΟΛΟ		100	392,4

Πίνακας 6.13: Υπολογισμός της μέσης ετήσιας επιφανειακή βροχόπτωσης με βάση την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen για την υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου το ξηρό έτος 1989-90.

Το μέσο υψόμετρο των σταθμών της λεκάνης Γεροπόταμου είναι 397,2m ενώ το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι 435m. Η βροχομετρική βαθμίδα για το ξηρό έτος είναι 0,24mm/m, οπότε με αντικατάσταση προκύπτει συντελεστής $\lambda = 0,99$. Η τελική ανοιγμένη ετήσια κατακρήμνιση για την υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου για το ξηρό έτος 1989-90 είναι:

Υδρολογική λεκάνη	Μέσο Υψόμετρο σταθμών	Μέσο υψόμετρο Λεκάνης	Συντελεστής λ	Μέση Ετήσια Επιφανειακή Βροχόπτωση (mm)	Ανηγμένη Κατακρήμνιση (mm)
Γεροπόταμος	397,2	435	0,99	392,4	388,4

Πίνακας 6.14: Υπολογισμός του πραγματικού ύψους βροχόπτωσης για την λεκάνη Γεροπόταμου για το ξηρό έτος 1989-90.

Ο μέσος ετήσιος όγκος βροχής που δέχεται η υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου για το έτος 1989-90 υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P = E \times H$$

Όπου:

$$E = \text{η συνολική επιφάνεια της λεκάνης} = 596.500.553 \text{m}^2$$

$$H = \text{η ανηγμένη κατακρήμνιση} = 388(\text{mm}) \times 0,001 = 0,388 \text{m}$$

Επομένως για τον συνολικό όγκο βροχής που δέχεται η λεκάνη το ξηρό έτος 1989-90 της περιόδου 1970-1997 προκύπτει:

$$P = 231.728.913 \text{m}^3 = 231,729 \times 10^6 \text{m}^3$$

Επιφανειακή απορροή

Χείμαρροι	Απορροή (10^6 m^3)
Γεροπόταμος	4,511
Κουτσουλίδης	3,280
Ληθαίος	1,389
Σύνολο	9,18

Οι μετρήσεις των πηγών μετά το έτος 1985 σταμάτησαν λόγω κατασκευής αρδευτικού έργου. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η μέση ετήσια παροχή που υπολογίστηκε από τη μεταπτυχιακή διατριβή (Υδρογεωλογική Μελέτη της Δυτικής Μεσαρράς, Χανιά 2000).

Πηγές	Παροχή (10^6 m^3)
Σύνολο	0,52

Επομένως η ολική παροχή για το ξηρό έτος 1989-1990 της περιόδου 1970-1997 για την εξεταζόμενη λεκάνη ανέρχεται σε:

$$R = 9,18 \times 10^6 \text{ m}^3 + 0,52 \times 10^6 \text{ m}^3 = 9,7 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Κατείσδυση

Ο υπολογισμός της κατείσδυσης για το υγρό έτος παρατίθεται αναλυτικά στον Πίνακα 17

Με βάση τον παραπάνω πίνακα η συνολική κατείσδυση της υδρολογικής λεκάνης του Γεροπόταμου για το υδρολογικό έτος 1989-1990 είναι ίση με $I = 43,785 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Εξατμισοδιαπνοή

Με βάση την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου για την υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου υπολογίζουμε την εξατμισοδιαπνοή για το ξηρό έτος 1989-1990.

$$E = P - I - R$$

$$E = 231,729 \times 10^6 \text{ m}^3 - 43,785 \times 10^6 \text{ m}^3 - 9,7 \times 10^6 \text{ m}^3 = 178,244 \times 10^6 \text{ m}^3$$

το οποίο αντιστοιχεί στο 77% του όγκου των κατακρημνισμάτων που δέχεται η υδρολογική λεκάνη το συγκεκριμένο έτος.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	231,7 x 10 ⁶ m ³	100%	338
Επιφανειακή απορροή (R)	9,7 x 10 ⁶ m ³	4,2%	14,2
Κατείσδυση (I)	43,8 x 10 ⁶ m ³	18,9%	63,9
Εξατμισοδιαπνοή (E)	178,2 x 10 ⁶ m ³	76,9%	259,9

Πίνακας 6.15: Υδατικό Ισοζύγιο Ξηρού Έτους

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής πραγματοποιήθηκε επίσης με τον εμπειρικό τύπο του L. Turc, χρησιμοποιώντας μηνιαία δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, του σταθμού Πόμπιας (150m).

Θερμοκρασία

ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΙΑ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.
23,4	19	15,6	12,1	9,3	10,6	15,8	16,9	19,5	23,8	29,2	26,9

Βροχόπτωση

ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΙΑ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.
0	24,7	107,5	28,8	21,5	53	0	19,5	0	0	0	0

Με αντικατάσταση των δεδομένων στην σχέση του L. Turc προκύπτει η μέση τιμή της εξατμισοδιαπνοής για την περιοχή η οποία είναι: $E = 87\%P$

6.2.3 ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1970-1997

Για τον υπολογισμό της μέσης υπερετήσιας βροχόπτωσης της περιόδου 1970-1997 οι υπολογισμοί έχουν ως εξής:

Υπολογισμός μέσου υπερετήσιου ατμοσφαιρικού όγκου κατακρημνισμάτων:

ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ	ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΜΕΣΗΣ ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1970- 1997	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ (%)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ
ΖΑΡΟΣ	799,5	5,85	46,8
ΒΟΡΙΖΑ	1137	14,55	165,4
ΓΕΡΓΕΡΗ	851,1	6,05	51,5
ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ	528,1	6,18	32,6
ΠΟΜΠΙΑ	490,9	11,06	54,3
ΒΑΓΙΩΝΙΑ	524,5	13,63	71,5
ΜΟΡΟΝΙ	656,1	11,26	73,9
ΑΣΗΜΙ	588,1	8,55	50,3
ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	914	8,85	80,9
ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	691,6	4,69	32,4
ΛΑΓΟΛΙΟ	541,8	9,33	50,6
ΣΥΝΟΛΟ		100	710,2

Πίνακας 6.16: Υπολογισμός της μέσης υπερετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen για την υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου της περιόδου 1970-1997.

Το μέσο υψόμετρο των σταθμών της λεκάνης Γεροπόταμου είναι 397,2m ενώ το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι 435m. Η βροχομετρική βαθμίδα της χρονικής περιόδου 1970-1997 είναι 0,57mm/m, οπότε με αντικατάσταση προκύπτει συντελεστής $\lambda = 0,97$. Η τελική ανηγμένη ετήσια κατακρήμνιση για την υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου για τη χρονική περίοδο 1970-1997 είναι:

Υδρολογική λεκάνη	Μέσο Υψόμετρο σταθμών	Μέσο υψόμετρο Λεκάνης	Συντελεστής λ	Μέση Ετήσια Επιφανειακή Βροχόπτωση (mm)	Ανηγμένη Κατακρήμνιση (mm)
Γεροπόταμος	397,2	435	0,97	710,2	688,9

Πίνακας 6.17: Υπολογισμός του πραγματικού ύψους βροχόπτωσης για την λεκάνη Γεροπόταμου για τη χρονική περίοδο 1970-1997.

Ο μέσος υπερετήσιος όγκος βροχής που δέχεται η υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου για τη χρονική περίοδο 1970-1997 υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P = E \times H$$

Όπου:

$E = \eta$ συνολική επιφάνεια της λεκάνης = $596.500.553\text{m}^2$

$H = \eta$ ανοιγμένη κατακρήμνιση = $688,9(\text{mm}) \times 0,001 = 0,688\text{m}$

Επομένως για τον μέσο υπερετήσιο όγκο βροχής που δέχεται η λεκάνη τη περίοδο 1970-1997 προκύπτει:

$$P = 410.897.867\text{m}^3 = 410,898 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Μέση υπερετήσια ολικής απορροή

Χείμαρροι	Απορροή (10^6 m^3)
Γεροπόταμος	17,816
Κουτσουλίδης	11,103
Ληθαίος	6,389
Σύνολο	35,308

Πηγές	Παροχή (10^6 m^3)
Σύνολο	4,836

Επομένως η υπερετήσια ολική παροχή της περιόδου 1970-1997 για την εξεταζόμενη λεκάνη ανέρχεται σε:

$$R = 35,308 \times 10^6 \text{ m}^3 + 4,836 \times 10^6 \text{ m}^3 = 40,144 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Υπερετήσια Κατείσδυση

Ο υπολογισμός της υπερετήσιας κατείσδυσης για τη περίοδο 1970-1997 παρατίθεται αναλυτικά στον Πίνακα 18.

Με βάση τον παραπάνω πίνακα η συνολική κατείσδυση της υδρολογικής λεκάνης του Γεροπόταμου για την υδρολογική περίοδο 1970-1997 είναι ίση με $I = 77,753 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Υπερετήσια Εξατμισοδιαπνοή

Με βάση την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου για την υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου υπολογίζουμε την υπερετήσια εξατμισοδιαπνοή για τη περίοδο 1970-1997.

$$E = P - I - R$$

$$E = 410,898 \times 10^6 \text{ m}^3 - 77,753 \times 10^6 \text{ m}^3 - 40,144 \times 10^6 \text{ m}^3 = 293,001 \times 10^6 \text{ m}^3$$

το οποίο αντιστοιχεί στο 72% του όγκου των κατακρημνισμάτων που δέχεται η υδρολογική λεκάνη το συγκεκριμένο έτος.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	410,9 x 10 ⁶ m ³	100%	689
Επιφανειακή απορροή (R)	40,1 x 10 ⁶ m ³	9,8%	67,5
Κατείσδυση (I)	77,8 x 10 ⁶ m ³	18,9%	130,2
Εξατμισοδιαπνοή (E)	293,0 x 10 ⁶ m ³	71,3%	491,3

Πίνακας 6.18: Υδατικό Ισοζύγιο Περιόδου 1970-1997

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής πραγματοποιήθηκε επίσης με τον εμπειρικό τύπο του L. Turc, χρησιμοποιώντας μηνιαία δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, του σταθμού Πόμπιας (150m).

Θερμοκρασία

ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΙΑ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.
23,5	19,4	15,6	11,6	10,0	10,2	12,2	14,9	19,3	23,4	26,4	26,8

Βροχόπτωση

ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΙΑ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.
12,8	31,1	77,3	100,9	107,3	80,3	49,8	23,3	7,7	0,4	0,0	0,0

Με αντικατάσταση των δεδομένων στην σχέση του L. Turc προκύπτει η μέση τιμή της εξατμισοδιαπνοής για την περιοχή η οποία είναι: **E = 75%P**

6.3 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΓΙΟΦΥΡΟΥ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1975-2001

6.3.1 ΥΓΡΟ ΕΤΟΣ 1996-1997

Για το υγρό έτος 1996-1997 της περιόδου 1975-2001 οι υπολογισμοί έχουν ως εξής:

Υπολογισμός μέσου ετήσιου ατμοσφαιρικού όγκου κατακρημνισμάτων

ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ	ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΥΓΡΟΥ ΕΤΟΥΣ (mm)(1996-1997)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ (%)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ(mm)
Ηρακλείου	599,3	2,57	15,4
Προφήτης Ηλίας	1092,1	55,40	605,0
Φοινικιά	1042,1	17,65	183,9
Αγ. Βαρβάρα	1237,8	24,38	301,8
ΣΥΝΟΛΟ		100	1106,1

Πίνακας 6.19: Υπολογισμός της μέσης ετήσιας επιφανειακή βροχόπτωσης με βάση την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen για την υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου του υγρού έτους 1996-1997.

Η τιμή του μέσου ετήσιου ύψους βροχής όπως αναφέραμε παραπάνω αναφέρεται στο μέσο υψόμετρο των σταθμών και θα πρέπει να αναχθεί στο υψομετρικό κέντρο βάρους της λεκάνης πολλαπλασιάζοντας με τον συντελεστή λ.

Το μέσο υψόμετρο των σταθμών της λεκάνης Γιόφυρου είναι 251,3m ενώ το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι 365,3m. Η βροχομετρική βαθμίδα για το υγρό έτος είναι 0,79mm/m, οπότε με αντικατάσταση προκύπτει συντελεστής $\lambda = 0,92$. Η τελική ανηγμένη ετήσια κατακρήμνιση για την υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου για το υγρό έτος 1996-97 είναι:

Υδρολογική λεκάνη	Μέσο Υψόμετρο σταθμών	Μέσο υψόμετρο Λεκάνης	Συντελεστής λ	Μέση Ετήσια Επιφανειακή Βροχόπτωση (mm)	Ανηγμένη Κατακρήμνιση (mm)
Γιόφυρος	251,3	365,3	0,92	1106,1	1017,6

Πίνακας 6.20: Υπολογισμός του πραγματικού ύψους βροχόπτωσης για την λεκάνη Γιόφυρου για το υγρό έτος 1996-1997.

Ο μέσος ετήσιος όγκος βροχής που δέχεται η υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου το υδρολογικό έτος 1996-1997 υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P = E \times H$$

Όπου:

$$E = \text{η συνολική επιφάνεια της λεκάνης} = 183.662.499,9 \text{ m}^2$$

$$H = \text{η ανηγμένη κατακρήμνιση} = 1017,6(\text{mm}) \times 0,001 = 1,018 \text{ m}$$

Επομένως για τον μέσο υπερετήσιο όγκο βροχής που δέχεται η λεκάνη το υδρολογικό έτος 1996-1997 προκύπτει:

$$P = 186.902.520 \text{ m}^3 = 186,903 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Επιφανειακή απορροή

Χείμαρροι	Απορροή (10^6 m^3)
Γιόφυρος	27,916

Επομένως η ολική παροχή για το υγρό έτος 1996-1997 της περιόδου 1975-2001 για την εξεταζόμενη λεκάνη ανέρχεται σε:

$$R = 27,916 \times 10^6 \text{ m}^3.$$

Κατείσδυση

$$I = 13,6\% \times P_{1996-1997} = 25,4 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Εξατμισοδιαπνοή

Με βάση την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου για την υδρολογική λεκάνη του Γιοφύρου υπολογίζουμε την εξατμισοδιαπνοή για το υγρό έτος 1996-1997.

$$E = P - I - R$$

$$E = 186,9 \times 10^6 \text{ m}^3 - 25,4 \times 10^6 \text{ m}^3 - 27,916 \times 10^6 \text{ m}^3 = 133,584 \times 10^6 \text{ m}^3$$

το οποίο αντιστοιχεί στο 71% της βροχόπτωσης που δέχεται η υδρολογική λεκάνη το συγκεκριμένο έτος.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	186,9 x 10 ⁶ m ³	100%	1018
Επιφανειακή απορροή (R)	27,9 x 10 ⁶ m ³	14,9%	152
Κατείδυση (I)	25,4 x 10 ⁶ m ³	13,6%	138
Εξατμισοδιαπνοή (E)	133,6 x 10 ⁶ m ³	71,5%	728

Πίνακας 6.21: Υδατικό Ισοζύγιο Υγρού Έτους

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής πραγματοποιήθηκε επίσης με τον εμπειρικό τύπο του L. Turc, χρησιμοποιώντας μηνιαία δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, του σταθμού Φοινικιάς (40m).

Θερμοκρασία

ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΙΑ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.
24,1	17,9	16	14,8	12,7	10,9	11,7	13,8	19,7	24	26,1	24,2

Βροχόπτωση

ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΙΑ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.
56,0	113,4	30,1	223,4	70,8	190,9	271,0	70,1	10,2	6,2	0,0	0,0

Με αντικατάσταση των δεδομένων στην σχέση του L. Turc προκύπτει η μέση τιμή της εξατμισοδιαπνοής για την περιοχή η οποία είναι: $E = 63\%P$

6.3.2 ΞΗΡΟ ΕΤΟΣ 1989-1990

Για το ξηρό έτος 1989-1990 της περιόδου 1975-2001 οι υπολογισμοί έχουν ως εξής:

Υπολογισμός μέσου ετήσιου ατμοσφαιρικού όγκου κατακρημνισμάτων

ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ	ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΞΗΡΟΥ ΕΤΟΥΣ(1989-1990)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ (%)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ
Ηρακλείου	316,4	2,57	8,1
Προφήτης Ηλίας	518,3	55,40	287,1
Φοινικιά	474,5	17,65	83,7
Αγ. Βαρβάρα	551,8	24,38	134,5
ΣΥΝΟΛΟ		100	513,4

Πίνακας 6.21: Υπολογισμός της μέσης ετήσιας επιφανειακή βροχόπτωσης με βάση την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen για την υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου του ξηρού έτους 1989-1990.

Το μέσο υψόμετρο των σταθμών της λεκάνης Γιόφυρου είναι 251,3m ενώ το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι 365,3m. Η βροχομετρική βαθμίδα για το ξηρό έτος είναι 0,31mm/m, οπότε με αντικατάσταση προκύπτει συντελεστής $\lambda = 0,93$. Η τελική ανηγμένη ετήσια κατακρήμνιση για την υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου για το ξηρό έτος 1989-1990 είναι:

Υδρολογική λεκάνη	Μέσο Υψόμετρο σταθμών	Μέσο υψόμετρο Λεκάνης	Συντελεστής λ	Μέση Ετήσια Επιφανειακή Βροχόπτωση (mm)	Ανηγμένη Κατακρήμνιση (mm)
Γιόφυρος	251,3	365,3	0,93	513,4	477,4

Πίνακας 6.22: Υπολογισμός του πραγματικού ύψους βροχόπτωσης για την λεκάνη Γιοφύρου για το ξηρό έτος 1989-1990.

Ο μέσος ετήσιος όγκος βροχής που δέχεται η υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου το ξηρό έτος 1989-1990 της περιόδου 1975-2001 υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P = E \times H$$

Όπου:

$$E = \text{η συνολική επιφάνεια της λεκάνης} = 183.662.499,9 \text{ m}^2$$

$$H = \text{η ανηγμένη κατακρήμνιση} = 474,4(\text{mm}) \times 0,001 = 0,474 \text{ m}$$

Επομένως για τον μέσο υπερετήσιο όγκο βροχής που δέχεται η λεκάνη τη περίοδο 1975-2001 προκύπτει:

$$P = 87.717.104 = 87,717 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Επιφανειακή απορροή

Χείμαρροι	Απορροή (10^6 m^3)
Γιόφυρος	2,738

Επομένως η ολική παροχή για το ξηρό έτος 1989-1990 της περιόδου 1975-2001 για την εξεταζόμενη λεκάνη ανέρχεται σε:

$$R = 2,738 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Κατείσδυση

$$I = 13,6\% \times P_{1989-1990} = 11,9 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Εξατμισοδιαπνοή

Με βάση την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου υπολογίζουμε την εξατμισοδιαπνοή για το ξηρό έτος 1989-1990.

$$E = P - I - R$$

$$E = 87,7 \times 10^6 \text{ m}^3 - 11,9 \times 10^6 \text{ m}^3 - 2,738 \times 10^6 \text{ m}^3 = 73,06 \times 10^6 \text{ m}^3$$

το οποίο αντιστοιχεί στο 83% της βροχόπτωσης που δέχεται η υδρολογική λεκάνη το συγκεκριμένο έτος.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	$87,714 \times 10^6 \text{ m}^3$	100%	477
Επιφανειακή απορροή (R)	$2,738 \times 10^6 \text{ m}^3$	3%	14
Κατείσδυση (I)	$11,9 \times 10^6 \text{ m}^3$	13,7%	65
Εξατμισοδιαπνοή (E)	$73,06 \times 10^6 \text{ m}^3$	83,3%	398

Πίνακας 6.23: Υδατικό Ισοζύγιο Ξηρού Έτους

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής πραγματοποιήθηκε επίσης με τον εμπειρικό τύπο του L. Turc, χρησιμοποιώντας μηνιαία δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, του σταθμού Φοινικιάς (40m).

Θερμοκρασία

ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΙΑ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.
23,3	17,9	15,9	13,2	10,4	12,8	13,6	17,3	18,9	23,4	25,7	24

Βροχόπτωση

ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΙΑ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.
0,0	83,0	183,0	17,0	93,5	85,0	0,0	3,0	0,0	8,0	0,0	2,0

Με αντικατάσταση των δεδομένων στην σχέση του L. Turc προκύπτει η μέση τιμή της εξατμισοδιαπνοής για την περιοχή η οποία είναι: **$E = 84\%P$**

6.3.3 ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1975-2001

Για τον υπολογισμό της μέσης υπερετήσιας βροχόπτωσης της περιόδου 1975-2001 οι υπολογισμοί έχουν ως εξής:

Υπολογισμός μέσου υπερετήσιου ατμοσφαιρικού όγκου κατακρημνισμάτων:

ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ	ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΜΕΣΗΣ ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1975-2001	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ (%)	ΜΕΣΗ ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ
Ηρακλείου	483,3	2,57	12,4
Προφήτης Ηλίας	789,9	55,40	437,6
Φοινικιά	744,2	17,65	131,3
Αγ. Βαρβάρα	927,8	24,38	226,2
ΣΥΝΟΛΟ		100	807,5

Πίνακας 6.24: Υπολογισμός της μέσης υπερετήσιας επιφανειακή βροχόπτωσης με βάση την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen για την υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου της περιόδου 1975-2001.

Το μέσο υψόμετρο των σταθμών της λεκάνης Γιόφυρου είναι 251,3m ενώ το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι 365,3m. Η υπερετήσια βροχομετρική βαθμίδα της περιόδου 1975-2001 είναι 0,58mm/m, οπότε με αντικατάσταση προκύπτει συντελεστής $\lambda = 0,92$. Η τελική ανοιγμένη υπερετήσια κατακρήμνιση για την υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου για το περίοδο 1975-2001 είναι:

Υδρολογική Λεκάνη	Μέσο Υψόμετρο σταθμών	Μέσο υψόμετρο Λεκάνης	Συντελεστής λ	Μέση Ετήσια Επιφανειακή Βροχόπτωση (mm)	Ανηγμένη Κατακρήμνιση (mm)
Γιόφυρος	251,3	365,3	0,92	807,5	742,9

Πίνακας 6.25: Υπολογισμός του πραγματικού υπερετήσιου ύψους βροχόπτωσης για την λεκάνη Γιόφυρου για τη χρονική περίοδο 1975-2001.

Ο μέσος υπερετήσιος όγκος βροχής που δέχεται η υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου τη περίοδο 1975-2001 υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P = E \times H$$

Όπου:

$$E = \text{η συνολική επιφάνεια της λεκάνης} = 183.662.499,9 \text{m}^2$$

$$H = \text{η ανοιγμένη κατακρήμνιση} = 742,9(\text{mm}) \times 0,001 = 0,743 \text{m}$$

Επομένως για τον μέσο υπερετήσιο όγκο βροχής που δέχεται η λεκάνη τη περίοδο 1975-2001 προκύπτει:

$$P = 136.457.674 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Επιφανειακή απορροή

Χείμαρροι	Απορροή (10^6 m^3)
Γιόφυρος	21,194

Επομένως η μέση ολική παροχή της περιόδου 1975-2001 για την εξεταζόμενη λεκάνη ανέρχεται σε:

$$R = 21,194 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Κατείσδυση

$$I = 13,6\% \times P_{1975-2001} = 18,6 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Υπερετήσια Εξατμισοδιαπνοή

Με βάση την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου υπολογίζουμε την υπερετήσια εξατμισοδιαπνοή για τη περίοδο 1975-2001.

$$E = P - I - R$$

$$E = 136,5 \times 10^6 \text{ m}^3 - 18,6 \times 10^6 \text{ m}^3 - 21,194 \times 10^6 \text{ m}^3 = 96,70 \times 10^6 \text{ m}^3$$

το οποίο αντιστοιχεί στο 70% της βροχόπτωσης που δέχεται η υδρολογική λεκάνη το συγκεκριμένο έτος.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	$136,5 \times 10^6 \text{ m}^3$	100%	743
Επιφανειακή απορροή (R)	$21,2 \times 10^6 \text{ m}^3$	15,6%	116
Κατείσδυση (I)	$18,6 \times 10^6 \text{ m}^3$	13,6%	101
Εξατμισοδιαπνοή (E)	$96,7 \times 10^6 \text{ m}^3$	70,8%	526

Πίνακας 6.26: Υδατικό Ισοζύγιο Περιόδου 1975-2001

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής πραγματοποιήθηκε επίσης με τον εμπειρικό τύπο του L. Turc, χρησιμοποιώντας μηνιαία δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, του σταθμού Φοινικιάς (40m).

Θερμοκρασία

ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΙΑ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.
21,9	19,0	15,9	12,9	11,3	11,4	12,9	16,0	19,4	22,5	24,6	24,5

Βροχόπτωση

ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΙΑ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.
18,4	58,7	102,2	149,3	135,9	122,4	97,2	35,8	14,4	6,4	2,4	1,0

Με αντικατάσταση των δεδομένων στην σχέση του L. Turc προκύπτει η μέση τιμή της εξατμισοδιαπνοής για την περιοχή η οποία είναι: $E = 55\%P$

6.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ**6.4.1 Γενικά**

Σε αυτή την ενότητα πραγματοποιήθηκε ανάλυση του υπόγειου υδατικού δυναμικού στα πλαίσια των απαιτήσεων μιας διπλωματικής εργασίας.

Για μια έγκυρη και ακριβή ανάλυση του υπόγειου υδατικού δυναμικού μιας υδρογεωλογικής λεκάνης είναι απαραίτητη η εφαρμογή μοντέλου υπόγειων νερών (π.χ. παραμετρικό μοντέλο, το οποίο βασίζεται αποκλειστικά στην αρχή διατήρησης της μάζας) και η χρησιμοποίηση αξιόπιστων στοιχείων αντλήσεων, στοιχεία δοκιμαστικών αντλήσεων για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών του υδροφορέα (πάχος υδροφόρου στρώματος, μεταβιβαστικότητα, συντελεστή αποθηκευτικότητας). Ακόμη είναι απαραίτητη η παρακολούθηση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα σε χρονικό βήμα ίσο με το χρονικό βήμα του μοντέλου για τη χρονική περίοδο της προσομοίωσης. Τέλος, είναι απαραίτητα να υπάρχουν στοιχεία όπως π.χ. στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα στα όρια της υδρογεωλογικής λεκάνης έτσι ώστε να μπορούν να εκτιμηθούν οι πλευρικές εισοδοι και έξοδοι στην υδρογεωλογική λεκάνη.[11]

Η υδρογεωλογική λεκάνη που μελετήθηκε κάθε φορά, θεωρείται ότι καλύπτει την υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου και του Γιόφυρου αντίστοιχα..

6.4.2 Υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου

Η υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου έχει έκταση 596 Km² και βρίσκεται στο νότιο-δυτικό τμήμα του νομού Ηρακλείου. Η υδρογεωλογική λεκάνη που μελετήθηκε, θεωρείται ότι καλύπτει την υδρολογική λεκάνη.

Με βάση την ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών πόρων που πραγματοποιήθηκε το έτος 2000 [12] υπολογίστηκε η μέση υπερετήσια αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα, δηλαδή ο όγκος του νερού που φτάνει στην κορεσμένη ζώνη της υδρολογικής λεκάνης Γεροπόταμου,

και βρέθηκε ίσος με $41,27 \times 10^6 \text{ m}^3$. Η μέση υπερετήσια κατείδυση για τη περίοδο 1970-1997 υπολογίστηκε στην παρούσα διπλωματική ίση με $77,753 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Με βάση τα παραπάνω η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα αντιστοιχεί στο 54% του όγκου της κατείδυσης που δέχεται η λεκάνη του Γεροπόταμου. Αυτό το ποσοστό θα χρησιμοποιηθεί και για τον υπολογισμό της αναπλήρωσης του υδροφορέα του υγρού έτους 1977-1978 και του ξηρού έτους 1989-1990.

6.4.2.1 Υπερετήσια ανάλυση

Για την χρονική περίοδο 1970-1997 ο συνολικός όγκος νερού που κατεισδύει στην λεκάνη υπολογίζεται ίσος με $77,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ (R_n+Q_{ss}). Με βάση την μελέτη «Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Ανατολικής Κρήτης (Ο.ΑΝ.Α.Κ-Ε.Μ.Π.)» η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα υπολογίζεται ίση $41,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ (R_n). Άρα $36,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Q_{ss}) χάνονται από τη λεκάνη είτε προς τη θάλασσα, είτε σε γειτονικές λεκάνες. Φυσικά ένα μέρος του παραπάνω όγκου χρησιμοποιείται για την αναπλήρωση της εδαφικής υγρασίας των στρωμάτων από τα οποία θα περάσει.

Συγκεντρωτικός Πίνακας

R_n+Q_{ss}	$77,8 \times 10^6 \text{ m}^3$	135 mm
R_n	$41,3 \times 10^6 \text{ m}^3$	72 mm
Q_{ss}	$36,5 \times 10^6 \text{ m}^3 (Q_{ss})$	63 mm

Στη συνέχεια εξετάστηκε για την υδρογεωλογική λεκάνη του Γεροπόταμου και για την χρονική περίοδο 1970-1997 αν παρατηρείται πλεόνασμα υδατικού δυναμικού ή παρατηρείται έλλειμμα εξαιτίας των αντλήσεων που πραγματοποιούνται στην λεκάνη.

Για το λόγο αυτό δημιουργήσαμε ένα ενδεικτικό ισοζύγιο του υπόγειου υδροφορέα, για την χρονική περίοδο 1970-1997, το οποίο υπολογίζεται ως εξής:

Είσοδοι

Ως είσοδος στην λεκάνη λαμβάνεται η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα **$41,3 \times 10^6 \text{ m}^3$**

Έξοδοι

Ως έξοδοι λαμβάνονται οι αντλήσεις στην περιοχή.

Με βάση στοιχεία αντλήσεων που διαθέτει η ΥΕΒ Ηρακλείου υπολογίστηκε ο μέσος υπερετήσιος όγκος των αντλήσεων, ο οποίος είναι ίσος με **$45 \times 10^6 \text{ m}^3$** .

Από τα παραπάνω ενδεικτικό ισοζύγιο εύκολα διαπιστώνεται ότι η λεκάνη παρουσιάζει ένα μέσο υπερετήσιο έλλειμμα της τάξης των **$3,7 \times 10^6 \text{ m}^3$** , δηλαδή έχουμε πτώση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Αυτό το μέσο ετήσιο έλλειμμα του υπόγειου υδροφορέα είναι υπεύθυνο για την πτώση του υδροφόρου ορίζοντα κατά 20m τα τελευταία είκοσι χρόνια [13]

6.4.2.2 Υγρό έτος 1977-1978

Για το υγρό έτος ο συνολικός όγκος νερού που κατεισδύει στην λεκάνη υπολογίζεται ίσος με $124,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ (R_n+Q_{ss}) Όπως αναφέραμε παραπάνω η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα (R_n), δηλαδή ο όγκος νερού που φτάνει στην κορεσμένη ζώνη της λεκάνης ισούται με το 54% του όγκου της κατείσδυσης που δέχεται η λεκάνη. Έτσι αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα για το υγρό έτος είναι ίση με $67,0 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Αρα $57,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Q_{ss}) χάνονται από τη λεκάνη είτε προς τη θάλασσα, είτε σε γειτονικές λεκάνες. Φυσικά ένα μέρος του παραπάνω όγκου χρησιμοποιείται για την αναπλήρωση της εδαφικής υγρασίας των στρωμάτων από τα οποία θα περάσει.

Συγκεντρωτικός Πίνακας

R_n+Q_{ss}	$124,1 \times 10^6 \text{ m}^3$	208 mm
R_n	$67,0 \times 10^6 \text{ m}^3$	112 mm
Q_{ss}	$57,1 \times 10^6 \text{ m}^3$	96 mm

Στη συνέχεια εξετάστηκε για την υδρογεωλογική λεκάνη του Γιόφυρου και για το υγρό έτος 1977-1978 αν παρατηρείται πλεόνασμα υδατικού δυναμικού ή παρατηρείται έλλειμμα εξαιτίας των αντλήσεων που πραγματοποιούνται στην λεκάνη.

Για το λόγο αυτό δημιουργήσαμε ένα ενδεικτικό ισοζύγιο του υπόγειου υδροφορέα, για το έτος 1977-1978, το οποίο υπολογίζεται ως εξής:

Είσοδοι

Ως είσοδος στην λεκάνη λαμβάνεται η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα **$67,0 \times 10^6 \text{ m}^3$**

Έξοδοι

Ως έξοδοι λαμβάνονται οι αντλήσεις στην περιοχή.

Με βάση στοιχεία αντλήσεων που διαθέτει η ΥΕΒ Ηρακλείου υπολογίστηκε ο μέσος υπερετήσιος όγκος των αντλήσεων, ο οποίος είναι ίσος με **$45 \times 10^6 \text{ m}^3$** . [13]

Από τα παραπάνω ενδεικτικό ισοζύγιο εύκολα διαπιστώνεται ότι η λεκάνη το υδρολογικό έτος 1977-1978 παρουσιάζει πλεόνασμα κατά **$22,0 \times 10^6 \text{ m}^3$** δηλαδή έχουμε αύξηση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

6.4.2.3 Ξηρό έτος 1989-1990

Για το ξηρό έτος ο συνολικός όγκος νερού που κατεισδύει στην λεκάνη υπολογίζεται ίσος με $43,8 \times 10^6 \text{ m}^3 (\text{Rn} + \text{Qss})$. Όπως αναφέραμε παραπάνω η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα (Rn), δηλαδή ο όγκος νερού που φτάνει στην κορεσμένη ζώνη της λεκάνης ισούται με το 54% του όγκου της κατείσδυσης που δέχεται η λεκάνη. Έτσι η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα για το ξηρό έτος είναι ίση με $23,7 \times 10^6 \text{ m}^3 ((\text{Rn}))$.

Αρα $20,1 \times 10^6 \text{ m}^3 (\text{Qss})$ χάνονται από τη λεκάνη είτε προς τη θάλασσα, είτε σε γειτονικές λεκάνες. Φυσικά ένα μέρος του παραπάνω όγκου χρησιμοποιείται για την αναπλήρωση της εδαφικής υγρασίας των στρωμάτων από τα οποία θα περάσει.

Συγκεντρωτικός Πίνακας

Rn+Qss	$43,8 \times 10^6 \text{ m}^3$	64 mm
Rn	$23,7 \times 10^6 \text{ m}^3$	35 mm
Qss	$20,1 \times 10^6 \text{ m}^3$	29 mm

Στη συνέχεια εξετάστηκε για την υδρογεωλογική λεκάνη του Γιόφυρου και για το ξηρό έτος 1989-1990 αν παρατηρείται πλεόνασμα υδατικού δυναμικού ή παρατηρείται έλλειμμα εξαιτίας των αντλήσεων που πραγματοποιούνται στην λεκάνη.

Για το λόγο αυτό δημιουργήσαμε ένα ενδεικτικό ισοζύγιο του υπόγειου υδροφορέα, για το έτος 1989-1990, το οποίο υπολογίζεται ως εξής:

Είσοδοι

Ως είσοδος στον υπόγειο υδροφορέα λαμβάνεται η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα $23,7 \times 10^6 \text{ m}^3$

Έξοδοι

Ως έξοδοι λαμβάνονται οι αντλήσεις στην περιοχή.

Με βάση στοιχεία αντλήσεων που διαθέτει η ΥΕΒ Ηρακλείου υπολογίστηκε ο μέσος υπερετήσιος όγκος των αντλήσεων, ο οποίος είναι ίσος με $45 \times 10^6 \text{ m}^3$. [

Από τα παραπάνω ενδεικτικό ισοζύγιο εύκολα διαπιστώνεται ότι η λεκάνη το υδρολογικό έτος 1989-1990 παρουσιάζει έλλειμμα κατά $21,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ με μεγάλη πτώση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

6.4.3 Υδρολογική Λεκάνη Γιόφυρου

Η υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου έχει έκταση 183 Km^2 και βρίσκεται στο βόρειο-κεντρικό τμήμα του νομού Ηρακλείου. Η υδρογεωλογική λεκάνη που μελετήθηκε, θεωρείται ότι καλύπτει την υδρολογική λεκάνη.

Με βάση την μελέτη Ο.ΑΝ.Α.Κ.-ΕΜΠ, «Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Ανατολικής Κρήτης (Ο.ΑΝ.Α.Κ- Ε.Μ.Π.)», υπολογίστηκε η υπερετήσια αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα (R_n), δηλαδή ο όγκος του νερού που φτάνει στην κορεσμένη ζώνη της υδρολογικής λεκάνης του Γιόφυρου και βρέθηκε ίσος με $5 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Στην παρούσα διπλωματική η κατείσδυση I ($R_n + Q_{ss}$) υπολογίζεται ίση με $18,6 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Με βάση τα παραπάνω η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα αντιστοιχεί στο 26% του όγκου της κατείσδυσης που δέχεται η λεκάνη του Γιόφυρου. Το ποσοστό αυτό θα χρησιμοποιηθεί παρακάτω για τον υπολογισμό της βαθιάς διήθησης των ακραίων ετών (υγρό έτος-ξηρό έτος).

6.4.3.1 Υπερετήσια ανάλυση

Για την χρονική περίοδο 1975-2001 ο συνολικός όγκος νερού που κατεισδύει στην λεκάνη υπολογίζεται ίσος με $18,6 \times 10^6 \text{ m}^3 (R_n + Q_{ss})$. Με βάση την μελέτη «Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Ανατολικής Κρήτης (Ο.ΑΝ.Α.Κ- Ε.Μ.Π.)» η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα υπολογίζεται ίση με $5 \times 10^6 \text{ m}^3 (R_n)$. Άρα $13,6 \times 10^6 \text{ m}^3 (Q_{ss})$ χάνονται από τη λεκάνη είτε προς τη θάλασσα, είτε σε γειτονικές λεκάνες. Φυσικά ένα μέρος του παραπάνω όγκου χρησιμοποιείται για την αναπλήρωση της εδαφικής υγρασίας των στρωμάτων από τα οποία θα περάσει.

Συγκεντρωτικός Πίνακας

$R_n + Q_{ss}$	$18,6 \times 10^6 \text{ m}^3$	101mm
R_n	$5 \times 10^6 \text{ m}^3$	27 mm
Q_{ss}	$13,6 \times 10^6 \text{ m}^3$	74 mm

Στη συνέχεια εξετάστηκε για την υδρογεωλογική λεκάνη του Γιόφυρου και για την χρονική περίοδο 1975-2001 αν παρατηρείται πλεόνασμα υδατικού δυναμικού ή παρατηρείται έλλειμμα εξαιτίας των αντλήσεων που πραγματοποιούνται στην λεκάνη.

Για το λόγο αυτό δημιουργήσαμε ένα ενδεικτικό ισοζύγιο του υπόγειου υδροφορέα, για την χρονική περίοδο 1975-2001, το οποίο υπολογίζεται ως εξής:

Είσοδοι

Ως είσοδος στην λεκάνη λαμβάνεται η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα $5 \times 10^6 \text{ m}^3$

Έξοδοι

Ως έξοδοι λαμβάνονται οι αντλήσεις στην περιοχή.

Με βάση στοιχεία αντλήσεων που διαθέτει η ΥΕΒ Ηρακλείου υπολογίστηκε ο μέσος υπερετήσιος όγκος των αντλήσεων, ο οποίος είναι ίσος με $6 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Από τα παραπάνω ενδεικτικό ισοζύγιο εύκολα διαπιστώνεται ότι η λεκάνη είναι ελλειμματική κατά $1 \times 10^6 \text{ m}^3$ δηλαδή έχουμε πτώση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Η πτώση αυτή παρατηρείται στο βορειότερο τμήμα της λεκάνης της λεκάνης όπου ο υπερβολικά μεγάλος αριθμός των υφιστάμενων γεωτρήσεων, έχει δημιουργήσει προβλήματα υφαλμύρισης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

6.4.3.2 Υγρό έτος 1996-1997

Για το υγρό έτος ο συνολικός όγκος νερού που κατεισδύει στην λεκάνη υπολογίζεται ίσος με $25,4 \times 10^6 \text{ m}^3 (\text{Rn} + \text{Qss})$ Όπως αναφέραμε παραπάνω η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα (Rn), δηλαδή ο όγκος νερού που φτάνει στην κορεσμένη ζώνη της λεκάνης ισούται με το 26% του όγκου της κατείσδυσης που δέχεται η λεκάνη. Έτσι η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα για το υγρό έτος είναι ίση με $6,6 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Αρα $18,8 \times 10^6 \text{ m}^3 (\text{Qss})$ χάνονται από τη λεκάνη είτε προς τη θάλασσα, είτε σε γειτονικές λεκάνες. Φυσικά ένα μέρος του παραπάνω όγκου χρησιμοποιείται για την αναπλήρωση της εδαφικής υγρασίας των στρωμάτων από τα οποία θα περάσει.

Συγκεντρωτικός Πίνακας

Rn+Qss	$25,4 \times 10^6 \text{ m}^3$	138,4 mm
--------	--------------------------------	----------

Rn	$6,6 \times 10^6 \text{ m}^3$	35,6 mm
Qss	$18,8 \times 10^6 \text{ m}^3$	102,8 mm

Στη συνέχεια εξετάστηκε για την υδρογεωλογική λεκάνη του Γιόφυρου και για το υγρό έτος 1996-1997 αν παρατηρείται πλεόνασμα υδατικού δυναμικού ή παρατηρείται έλλειμμα εξαιτίας των αντλήσεων που πραγματοποιούνται στην λεκάνη.

Για το λόγο αυτό δημιουργήσαμε ένα ενδεικτικό ισοζύγιο του υπόγειου υδροφορέα, για την χρονική περίοδο 1975-2001, το οποίο υπολογίζεται ως εξής:

Είσοδοι

Ως είσοδος στην λεκάνη λαμβάνεται η βαθιά διήθηση **$6,6 \times 10^6 \text{ m}^3$**

Έξοδοι

Ως έξοδοι λαμβάνονται οι αντλήσεις στην περιοχή.

Με βάση στοιχεία αντλήσεων που διαθέτει η ΥΕΒ Ηρακλείου υπολογίστηκε ο μέσος υπερετήσιος όγκος των αντλήσεων, ο οποίος είναι ίσος με **$6 \times 10^6 \text{ m}^3$** .

Από τα παραπάνω ενδεικτικό ισοζύγιο εύκολα διαπιστώνεται ότι η λεκάνη το υδρολογικό έτος 1996-1997 παρουσιάζει πλεόνασμα κατά **$0,6 \times 10^6 \text{ m}^3$** δηλαδή έχουμε αύξηση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Την χρονιά αυτή προφανώς δεν παρατηρείται υφαλμύριση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

6.4.3.3 Ξηρό έτος 1989-1990

Για το ξηρό έτος ο συνολικός όγκος νερού που κατεισδύει στην λεκάνη υπολογίζεται ίσος με $11,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Rn+Qss) Όπως αναφέραμε παραπάνω η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα (Rn), δηλαδή ο όγκος νερού που φτάνει στην κορεσμένη ζώνη της λεκάνης ισούται με το 26% του όγκου της κατείσδυσης που δέχεται η λεκάνη. Έτσι η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα για το υγρό έτος είναι ίση με $3,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ ((Rn).

Αρα $8,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Qss) χάνονται από τη λεκάνη είτε προς τη θάλασσα, είτε σε γειτονικές λεκάνες. Φυσικά ένα μέρος του παραπάνω όγκου χρησιμοποιείται για την αναπλήρωση της εδαφικής υγρασίας των στρωμάτων από τα οποία θα περάσει.

Συγκεντρωτικός Πίνακας

Rn+Qss	$11,9 \times 10^6 \text{ m}^3$	64,5 mm
Rn	$3,1 \times 10^6 \text{ m}^3$	16,7 mm
Qss	$8,8 \times 10^6 \text{ m}^3$	47,8 mm

Στη συνέχεια εξετάστηκε για την υδρογεωλογική λεκάνη του Γιόφυρου και για το υγρό έτος 1989-1990 αν παρατηρείται πλεόνασμα υδατικού δυναμικού ή παρατηρείται έλλειμμα εξαιτίας των αντλήσεων που πραγματοποιούνται στην λεκάνη.

Για το λόγο αυτό δημιουργήσαμε ένα ενδεικτικό ισοζύγιο του υπόγειου υδροφορέα, για το έτος 1989-1990, το οποίο υπολογίζεται ως εξής:

Είσοδοι

Ως είσοδος στον υπόγειο υδροφορέα λαμβάνεται η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα **$3,1 \times 10^6 \text{ m}^3$**

Έξοδοι

Ως έξοδοι λαμβάνονται οι αντλήσεις στην περιοχή.

Με βάση στοιχεία αντλήσεων που διαθέτει η YEB Ηρακλείου υπολογίστηκε ο μέσος υπερετήσιος όγκος των αντλήσεων, ο οποίος είναι ίσος με **$6 \times 10^6 \text{ m}^3$** .

Από τα παραπάνω ενδεικτικό ισοζύγιο εύκολα διαπιστώνεται ότι η λεκάνη το υδρολογικό έτος 1989-1990 παρουσιάζει έλλειμμα κατά **$2,9 \times 10^6 \text{ m}^3$** δηλαδή έχουμε πτώση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Η πτώση αυτή παρατηρείται στο βορειότερο τμήμα της λεκάνης της λεκάνης όπου ο υπερβολικά μεγάλος αριθμός των υφιστάμενων γεωτρήσεων, έχει δημιουργήσει προβλήματα υφαλμύρινσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

6.5 ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται το υδατικό ισοζύγιο κάθε υδρολογικής λεκάνης, όπου η συνολική κατείδυση **I** αντικαθίσταται από το άθροισμα του όγκου του νερού που καταλήγει στην κορεσμένη ζώνη (αναπλήρωση των υπόγειων νερών) **R_n** και του όγκου νερού που διαφεύγει υπόγεια προς άλλες γειτονικές λεκάνες ή την θάλασσα **Q_{ss}**.

Αναλυτικά το υδατικό ισοζύγιο παίρνει την παρακάτω μορφή:

$$P = E + R + R_n + Q_{ss}$$

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται τα υδατικά ισοζύγια για κάθε λεκάνη και εξεταζόμενη περίοδο.

6.5.1 Υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου

Υγρό Έτος 1977-1978

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	656,3 x 10 ⁶ m ³	100%	1100
Επιφανειακή απορροή (R)	113,8 x 10 ⁶ m ³	17,3%	190,3
Εξατμισοδιαπνοή (E)	418,4 x 10 ⁶ m ³	63,8%	701,8
Βαθιά διήθηση (R _n)	67,0 x 10 ⁶ m ³	10,2%	112,2
Υπόγειες διαφυγές	57,1 x 10 ⁶ m ³	8,7 %	95,7

Πίνακας 6.27: Αναλυτικό Υδατικό Ισοζύγιο Υγρού Έτους

Ξηρό Έτος 1989-1990

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	231,7 x 10 ⁶ m ³	100%	338
Επιφανειακή απορροή (R)	9,7 x 10 ⁶ m ³	4,2%	14,2
Εξατμισοδιαπνοή (E)	178,2 x 10 ⁶ m ³	76,9%	259,9
Βαθιά διήθηση (Rn)	23,7 x 10 ⁶ m ³	10,2%	34,5
Υπόγειες διαφυγές	20,1 x 10 ⁶ m ³	8,7%	29,4

Πίνακας 6.28: Αναλυτικό Υδατικό Ισοζύγιο Ξηρού Έτους**Περίοδος 1970-1997**

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	410,9 x 10 ⁶ m ³	100%	689
Επιφανειακή απορροή (R)	40,1 x 10 ⁶ m ³	9,8%	67,5
Εξατμισοδιαπνοή (E)	293,0 x 10 ⁶ m ³	71,3%	491,3
Βαθιά διήθηση (Rn)	41,3 x 10 ⁶ m ³	10%	68,9
Υπόγειες διαφυγές	36,5 x 10 ⁶ m ³	8,9%	61,3

Πίνακας 6.29: Αναλυτικό Υδατικό Ισοζύγιο Περιόδου 1973-1997**6.5.2 Υδρολογική λεκάνη Γιόφουρου****Υγρό Έτος 1996-1997**

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	186,9 x 10 ⁶ m ³	100%	1018
Επιφανειακή απορροή (R)	27,9 x 10 ⁶ m ³	14,9%	151,7
Εξατμισοδιαπνοή (E)	133,6 x 10 ⁶ m ³	71,5%	727,9
Βαθιά διήθηση (Rn)	6,6 x 10 ⁶ m ³	3,5%	35,6
Υπόγειες διαφυγές	18,8 x 10 ⁶ m ³	10,1%	102,8

Πίνακας 6.30: Αναλυτικό Υδατικό Ισοζύγιο Υγρού Έτους

Ξηρό Έτος 1989-1990

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	$87,7 \times 10^6 \text{ m}^3$	100%	477,6
Επιφανειακή απορροή (R)	$2,7 \times 10^6 \text{ m}^3$	3,1%	14,8
Εξατμισοδιαπνοή (E)	$73,1 \times 10^6 \text{ m}^3$	83,4%	398,3
Βαθιά διήθηση (Rn)	$3,1 \times 10^6 \text{ m}^3$	3,5%	16,7
Υπόγειες διαφυγές	$8,8 \times 10^6 \text{ m}^3$	10%	47,8

Πίνακας 6.31: Αναλυτικό Υδατικό Ισοζύγιο Ξηρού Έτους**Περίοδος 1975-2001**

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	$136,5 \times 10^6 \text{ m}^3$	100%	743
Επιφανειακή απορροή (R)	$21,2 \times 10^6 \text{ m}^3$	15,6%	116
Εξατμισοδιαπνοή (E)	$96,7 \times 10^6 \text{ m}^3$	70,7%	526
Βαθιά διήθηση (Rn)	$5 \times 10^6 \text{ m}^3$	3,7%	27
Υπόγειες διαφυγές	$13,6 \times 10^6 \text{ m}^3$	10%	74

Πίνακας 6.32: Αναλυτικό Υδατικό Ισοζύγιο Περιόδου 1975-2001**6.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ**

Ως ανάλυση ευαισθησίας ορίζεται η επίδραση που επιφέρει η αλλαγή μιας ή περισσότερων εσωτερικών μεταβλητών στην τιμή μιας μεταβλητής.

Η ανάλυση ευαισθησίας πραγματοποιήθηκε για την μεταβλητή Q_{ss} μεταβάλλοντας την μεταβλητή της εξατμισοδιαπνοής από το 55% του όγκου βροχόπτωσης που δέχεται η λεκάνη στο 80% ανά 5% σε κάθε περίπτωση, και υπολογίζοντας την νέα τιμή της μεταβλητής Q_{ss} .

Σκοπός της ανάλυσης ευαισθησίας είναι να διερευνήσουμε αν η μεταβολή της εξατμισοδιαπνοής επιδρά σημαντικά στην μεταβλητή Q_{ss} και κατά πόσο.

Η ανάλυση ευαισθησίας πραγματοποιήθηκε για την περίοδο 1970-1997, για την υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου και για την περίοδο 1975-2001 για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου.

6.6.1 Υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου

Για την περίοδο 1970-1997 το υπερετήσιο υδατικό ισοζύγιο είναι:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	$410,9 \times 10^6 \text{ m}^3$	100%	689
Επιφανειακή απορροή (R)	$40,1 \times 10^6 \text{ m}^3$	9,8%	67,5
Εξατμισοδιαπνοή (E)	$293,0 \times 10^6 \text{ m}^3$	71,3%	491,3
Βαθιά διήθηση (Rn)	$41,3 \times 10^6 \text{ m}^3$	10%	68,9
Υπόγειες διαφυγές	$36,5 \times 10^6 \text{ m}^3$	8,9%	61,3

Με βάση τα παραπάνω ισχύει:

Για $E = 0,713 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 293 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $I = Rn + Q_{ss} = 41,3 \times 10^6 \text{ m}^3 + 36,5 \times 10^6 \text{ m}^3 \Rightarrow Q_{ss} = 0,47 \times I$.

Οπότε για την περίοδο 1973-1997 η μεταβλητή Q_{ss} είναι ίση με 47% του όγκου της κατεϊσδυσης που δέχεται η λεκάνη.

Στην συνέχεια μεταβάλλουμε την εξατμισοδιαπνοή κατά 5% και υπολογίζουμε την νέα τιμή της μεταβλητής Q_{ss} .

Για $E = 0,55 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 226 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $I = 145 \times 10^6 \text{ m}^3$. Άρα $Q_{ss} = I - Rn = 145 - 41 = 104 \times 10^6 \text{ m}^3$

$Q_{ss} = 0,71 \times I$

Για $E = 0,6 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 247 \times 10^6 \text{ m}^3$ οπότε $I = 124 \times 10^6 \text{ m}^3$. Άρα $Q_{ss} = I - Rn = 124 - 41 = 83 \times 10^6 \text{ m}^3$

$Q_{ss} = 0,67 \times I$

Για $E = 0,65 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 267 \times 10^6 \text{ m}^3$ οπότε $I = 104 \times 10^6 \text{ m}^3$. Άρα $Q_{ss} = I - Rn = 104 - 41 = 63 \times 10^6 \text{ m}^3$

$Q_{ss} = 0,6 \times I$

Για $E = 0,7 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 288 \times 10^6 \text{ m}^3$ οπότε $I = 83 \times 10^6 \text{ m}^3$. Άρα $Q_{ss} = I - R_n$
 $= 83 - 41 = 42 \times 10^6 \text{ m}^3$

$$Q_{ss} = 0,5 \times I$$

Για $E = 0,75 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 308 \times 10^6 \text{ m}^3$ οπότε $I = 63 \times 10^6 \text{ m}^3$. Άρα $Q_{ss} = I - R_n$
 $= 63 - 41 = 22 \times 10^6 \text{ m}^3$

$$Q_{ss} = 0,35 \times I$$

Για $E = 0,8 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 329 \times 10^6 \text{ m}^3$ οπότε $I = 42 \times 10^6 \text{ m}^3$. Άρα $Q_{ss} = I - R_n$
 $= 42 - 41 = 1 \times 10^6 \text{ m}^3$

$$Q_{ss} = 0,02 \times I$$

Το συμπέρασμα που προκύπτει από τα παραπάνω είναι ότι όσο αυξάνεται ανά 5% το ποσοστό της εξατμισοδιαπνοής (με αφετηρία το 55%) επί της συνολικής βροχόπτωσης που δέχεται η λεκάνη, η μεταβλητή Q_{ss} μειώνεται κατά $20 \times 10^6 \text{ m}^3$ η οποία αντιστοιχεί σε 41% μείωση. Μάλιστα παρατηρείται για τιμή της εξατμισοδιαπνοής $E = 0,8P$ μείωση του Q_{ss} στο $1 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Συμπεραίνουμε λοιπόν με βάση τα παραπάνω ότι η μεταβλητή Q_{ss} είναι ευαίσθητη στην μεταβλητή E και επομένως απαιτείται ακριβής υπολογισμός της παραμέτρου της εξατμισοδιαπνοής.

6.6.2 Υδρολογική λεκάνη Γιοφύρου

Για την περίοδο 1975-2001 το υπερετήσιο υδατικό ισοζύγιο υπολογίστηκε:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΟΓΚΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ	Ύψος νερού σε mm
Όγκος βροχόπτωσης (P)	$136,5 \times 10^6 \text{ m}^3$	100%	743
Επιφανειακή απορροή (R)	$21,2 \times 10^6 \text{ m}^3$	15,6%	116
Εξατμισοδιαπνοή (E)	$96,7 \times 10^6 \text{ m}^3$	70,7%	526
Βαθιά διήθηση (R_n)	$5 \times 10^6 \text{ m}^3$	3,7%	27
Υπόγειες διαφυγές	$13,6 \times 10^6 \text{ m}^3$	10%	74

Με βάση τα παραπάνω ισχύει:

Για $E = 0,707 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 96,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $I = R_n + Q_{ss} = 5 \times 10^6 \text{ m}^3 + 13,6 \times 10^6 \text{ m}^3 \Rightarrow Q_{ss} = 0,73 \times I$.

Οπότε για την περίοδο 1975-2001 η μεταβλητή Q_{ss} είναι ίση με 73% του όγκου της κατεΐσδυσης που δέχεται η λεκάνη.

Στην συνέχεια μεταβάλλουμε την εξατμισοδιαπνοή κατά 5% και υπολογίζουμε την νέα τιμή της μεταβλητής Q_{ss} .

Για $E = 0,55 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 75,05 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $I = 39,47 \times 10^6 \text{ m}^3$. Άρα $Q_{ss} = I - R_n = 39,47 - 5 = 34,46 \times 10^6 \text{ m}^3$
 $Q_{ss} = 0,87 \times I$

Για $E = 0,6 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 81,87 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $I = 32,65 \times 10^6 \text{ m}^3$. Άρα $Q_{ss} = I - R_n = 32,65 - 5 = 27,65 \times 10^6 \text{ m}^3$
 $Q_{ss} = 0,85 \times I$

Για $E = 0,65 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 88,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $I = 25,82 \times 10^6 \text{ m}^3$. Άρα $Q_{ss} = I - R_n = 25,82 - 5 = 20,82 \times 10^6 \text{ m}^3$
 $Q_{ss} = 0,8 \times I$

Για $E = 0,7 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 95,52 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $I = 19 \times 10^6 \text{ m}^3$. Άρα $Q_{ss} = I - R_n = 19 - 5 = 14 \times 10^6 \text{ m}^3$
 $Q_{ss} = 0,74 \times I$

Για $E = 0,75 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 102,34 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $I = 12,18 \times 10^6 \text{ m}^3$. Άρα $Q_{ss} = I - R_n = 12,18 - 5 = 7,18 \times 10^6 \text{ m}^3$
 $Q_{ss} = 0,59 \times I$

Για $E = 0,8 \times P$ η εξατμισοδιαπνοή $E = 109,17 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $I = 5,35 \times 10^6 \text{ m}^3$. Άρα $Q_{ss} = I - R_n = 5,35 - 5 = 0,35 \times 10^6 \text{ m}^3$
 $Q_{ss} = 0,07 \times I$

Το συμπέρασμα που προκύπτει από τα παραπάνω για την υδρολογική λεκάνη του Γιοφύρου είναι ότι όσο αυξάνεται ανά 5% το ποσοστό της εξατμισοδιαπνοής (με αφετηρία το 55%) επί της συνολικής βροχόπτωσης που δέχεται η λεκάνη, η μεταβλητή Q_{ss} μειώνεται κατά $7 \times 10^6 \text{ m}^3$ η οποία αντιστοιχεί σε 33% μείωση. Μάλιστα παρατηρείται για τιμή της εξατμισοδιαπνοής $E = 0,8P$ μείωση του Q_{ss} στο $0,35 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Συμπεραίνουμε λοιπόν με βάση τα παραπάνω ότι η μεταβλητή Q_{ss} είναι ευαίσθητη στην μεταβλητή E και επομένως απαιτείται ακριβής υπολογισμός της παραμέτρου της εξατμισοδιαπνοής.

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βάση όλων όσων αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια συμπεραίνουμε τα παρακάτω:

Υδρολογική Λεκάνη Γεροπόταμου

1. Ο χείμαρρος Γεροπόταμος (υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου), αποστραγγίζει μια περιοχή συνολικής έκτασης 596 Km^2 και εκβάλει στον όρμο Μεσσαράς, στο Λυβικό πέλαγος. Η υδρολογική λεκάνη του Γεροπόταμου παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση τοπογραφικών υψομέτρων, που εκτείνονται από μερικά μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας στον κάμπο της Μεσσαράς και ξεπερνούν τα 2000 m στο Νότιο τμήμα του ορεινού όγκου της Ίδης. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης αυτής, εκτιμήθηκε ίσο με 435 m.

Η λεκάνη αυτή παρουσιάζει μεγάλη γεωλογική πολυμορφία, (διαπερατοί ασβεστολιθικοί σχηματισμοί στο Βόρειο τμήμα της, εναλλάσσονται με κροκαλοπαγή, άμμους, αργίλους και αλλουβιακές αποθέσεις στο κεντρικό, όπου η κύρια μισγάγγεια, και με μάργες ως μαργαϊκούς ασβεστόλιθους στο Νότιο, μέχρι τις παρυφές των Αστερούσιων ορέων), καθώς και πυκνό, δενδριδικού τύπου, υδρογραφικό δίκτυο.

Χαρακτηριστική επίσης είναι και η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδατικών διαθέσιμων της λεκάνης αυτής από γεωτρήσεις, από τις οποίες ο μέσος αντλούμενος όγκος νερού κυμαίνεται στα 45 εκατ. κυβικά περίπου.

Από τη στατιστική ανάλυση και μελέτη των δύο βασικών μεταβλητών του υδατικού ισοζυγίου (Βροχόπτωση και Απορροή) για τις οποίες διαθέτουμε δεδομένα υπερδεκαετούς διάρκειας προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα για την χρονική και χωρική τους κατανομή.

2. Ο μέσος όρος ετήσιου ύψους βροχής ανέρχεται για το ορεινό τμήμα της λεκάνης στα 668.2 mm ενώ για το πεδινό τμήμα στα 535 mm.

3. Η μέση μηνιαία βροχόπτωση παρουσιάζεται μέγιστη τους μήνες Δεκέμβριο ή Ιανουάριο και ελάχιστη τον Ιούλιο και Αύγουστο. Το 85-90% των βροχοπτώσεων σημειώνεται από τον μήνα Οκτώβριο έως Μάρτιο.

4. Παρουσιάζουν πτωτική τάση βροχόπτωσης οι σταθμοί, Αγ. Κύριλλος, Ασήμι, Βαγιωνιά, Καπετανιανά, Λαγόλιο και Πόμπια παρουσιάζουν πτωτική τάση η οποία κυμαίνεται από 18,76mm ανά δεκαετία στον βροχομετρικό σταθμό της Πόμπιας έως και 66mm ανά δεκαετία στο βροχομετρικό σταθμό των Καπετανιανών.

ενώ αυξητική τάση βροχόπτωσης παρουσιάζουν οι σταθμοί Βορίζα (64,4mm ανά δεκαετία), Γέργερη (59,07mm ανά δεκαετία) και Μορόνι (27,13mm ανά δεκαετία), Ζαρός (15,62mm ανά δεκαετία), Αγ. Βαρβάρα (9,46mm ανά δεκαετία).

5. Ο όγκος βροχής που δέχεται η υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου έχει πτωτική τάση της τάξης των 3,08 εκατ. m³ ανά δεκαετία.

6. Ο χείμαρρος Γεροπόταμος παρουσιάζει σημαντική πτωτική τάση της τάξης των 5,6 εκατ. m³ ανά δεκαετία.

7. Ο χείμαρρος Κουτσουλίδης παρουσιάζει πτωτική τάση της τάξης των 1 εκατ. m³ ανά δεκαετία.

8. Ο χείμαρρος Ληθαίος παρουσιάζει πτωτική τάση της τάξης των 0,4 εκατ. m³ ανά δεκαετία.

9. Για τη χρονική περίοδο 1970-1997 η υπερετήσια βροχοβαθμίδα που προέκυψε είναι ίση με 57,14mm/100m

10. Για το υγρό έτος 1977-1978 της περιόδου 1970-1997 η βροχοβαθμίδα είναι ίση με 98,84mm/100m

11. Για το ξηρό έτος 1989-1990 της περιόδου 1970-1997 η βροχοβαθμίδα προέκυψε ίση με 24,44mm/100m

12. Από την ανάλυση ακραίων γεγονότων βροχόπτωσης (μεγαλύτερα των 100 mm) για τον βροχομετρικό σταθμό Ζαρός προέκυψε ότι στην περιοχή του Γεροπόταμου ανά δεκαετία

παρουσιάζονται 2 γεγονότα βροχόπτωσης μεγαλύτερα των 100mm, δηλαδή παρουσιάζουν μια περιοδικότητα, και δεν έχουμε αυξητική τάση των γεγονότων. Τα ίδια γεγονότα όμως παρουσιάζουν μια αυξητική τάση 25,23mm ανά δεκαετία, δηλαδή γίνονται οξύτερα με την πάροδο του χρόνου.

13. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση των επεισοδίων βροχής για τα ακραία έτη. Σε όλους τους σταθμούς είναι εμφανής η υπεροχή του υγρού έτους 1977-1978, όσον αφορά το πλήθος των επεισοδίων βροχής, τον αριθμό των βροχερών ημερών και φυσικά την συνολική βροχόπτωση. Εξάιρεση αποτελεί ο σταθμός Βορίζια, όπου παρατηρούνται αυξημένα τα επεισόδια βροχής στο ξηρό έτος 1989-1990 (34 επεισόδια) έναντι των επεισοδίων βροχής το υγρό έτος 1989-1990 (32 επεισόδια). Παρόλα αυτά, οι συνολικές ημέρες βροχής είναι περισσότερες στο υγρό έτος, παρά το μικρότερο αριθμό επεισοδίων καθώς και η συνολική βροχόπτωση του σταθμού. Επίσης η διάρκεια των επεισοδίων βροχής για το ξηρό έτος βρέθηκε ίση με 2 έως 5 ημέρες σε αντίθεση με τα υγρά έτη όπου ο μέσος αριθμός βροχερών ημερών των επεισοδίων είναι 4 ημέρες, με μέγιστη τιμή τις 9 ημέρες.

Υδρολογική Λεκάνη Γιόφυρου

14.Ο χείμαρρος Γιόφυρος αποστραγγίζει μια περιοχή συνολικής έκτασης 183 Km² και εκβάλλει στο Κρητικό πέλαγος. Η αντίστοιχη υδρολογική λεκάνη καταλαμβάνει το Βόρειο – κεντρικό τμήμα του Νομού Ηρακλείου και το υδρογραφικό δίκτυο είναι δενδριδικού τύπου αρκετά ομοιόμορφο. Η υδρολογική αυτή λεκάνη έχει μέσο υψόμετρο ίσο με 365,3 m. Η λεκάνη είναι προσχωσιγενής και ο ποταμός έχει δημιουργήσει μια ευρεία ζώνη αλλουβιακών αποθέσεων, κυρίως από χαλαρά κροκαλοπαγή. Η υπόλοιπη έκταση της λεκάνης καλύπτεται από λευκές και ανοικτόφαιες μάργες, που περικλείουν εκτεταμένα στρώματα γύψων, καθώς και από τοπικές, περιορισμένης έκτασης εμφανίσεις μαργαϊκών ασβεστόλιθων Νεογενούς ηλικίας. Ακόμη υπάρχουν μικρές εμφανίσεις φλύσχη και ασβεστολίθων, στο Νότιο τμήμα της λεκάνης.

Χαρακτηριστική επίσης είναι η εκμετάλλευση των υπόγειων υδατικών διαθεσίμων της υδρολογικής λεκάνης από γεωτρήσεις. Κατά μια πρόσφατη εκτίμηση, ο μέσος αντλούμενος

όγκος νερού από το σύνολο της επιφάνειας της λεκάνης, ανέρχεται σε 6 εκατ. κυβικά περίπου.

Από τη στατιστική ανάλυση και μελέτη των δύο βασικών μεταβλητών του υδατικού ισοζυγίου (Βροχόπτωση και Απορροή) για τις οποίες διαθέτουμε δεδομένα υπερδεκαετούς διάρκειας προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα για την χρονική και χωρική τους κατανομή.

15.Οι σταθμοί του Ηρακλείου και της Αγ. Βαρβάρας παρουσιάζουν πτωτική τάση της τάξης των 45mm ανά δεκαετία και 55mm ανά δεκαετία αντίστοιχα. Αντίθετα οι σταθμοί του Προφήτη Ηλία και της Φοινικιάς παρουσιάζουν αυξητική τάση της τάξης των 28.9mm ανά δεκαετία και 67.7mm ανά δεκαετία.

16.Ο όγκος βροχής που δέχεται η υδρολογική λεκάνη Γιόφυρου έχει αυξητική τάση της τάξης των 5.96 εκατ. m³ ανά δεκαετία.

17.Ο χείμαρρος Γιόφυρος παρουσιάζει πτωτική τάση της τάξης των 7,9 εκατ. m³ ανά δεκαετία.

18.Για τη χρονική περίοδο 1975-2001 η υπερετήσια βροχοβαθμίδα που προέκυψε είναι ίση με 57,67mm/100m

19.Για το υγρό έτος 1996-1997 της περιόδου 1975-2001 η βροχοβαθμίδα είναι ίση με 79,33mm/100m

20.Για το ξηρό έτος 1989-1990 της περιόδου 1975-2001 η βροχοβαθμίδα προέκυψε ίση με 30,94mm/100m

21.Η ανάλυση ακραίων γεγονότων βροχόπτωσης (μεγαλύτερα των 100 mm) για τον βροχομετρικό σταθμό Αγ. Βαρβάρα κατέδειξε ότι στην περιοχή της λεκάνης του Γιόφυρου παρουσιάζεται μια περιοδικότητα των γεγονότων βροχής μεγαλύτερων των 100mm, ιδιαίτερα την τελευταία εικοσαετία, με 4 γεγονότα βροχόπτωσης ανά δεκαετία. Επίσης από το ίδιο διάγραμμα προκύπτει ότι τα γεγονότα βροχής μεγαλύτερα των 100mm παρουσιάζουν μια αυξητική τάση 53,89mm ανά δεκαετία, δηλαδή γίνονται οξύτερα.

22.Πραγματοποιήθηκε ανάλυση των επεισοδίων βροχής για τα ακραία έτη. Και στους τρεις σταθμούς που εξετάσαμε καθίσταται εμφανής η υπεροχή του υγρού έτους έναντι του ξηρού όσον αφορά το πλήθος των επεισοδίων βροχής τον αριθμό των βροχερών ημερών και φυσικά την συνολική βροχόπτωση.

Τέλος σχετικά με την στατιστική ανάλυση της βροχόπτωσης θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης που δέχεται η λεκάνη του Γιόφυρου είναι μεγαλύτερο από το ύψος βροχής που δέχεται η λεκάνη του Γεροπόταμου.

Υδατικό Ισοζύγιο

Ο ετήσιο όγκος νερού που πέφτει στην λεκάνη υπολογίστηκε με βάση την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen. Ο σχεδιασμός των πολυγώνων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του ArcView GIS.

Ο υπολογισμός της κατείσδυσης για την υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ψηφιακού υδρογεωλογικού χάρτη της λεκάνης που περιλαμβάνεται στο Arc View GIS 3.2. Ο ψηφιακός αυτός χάρτης περιέχει πληροφορίες σχετικά με την έκταση (m^2) του κάθε σχηματισμού που συναντάται στην υδρολογική λεκάνη, καθώς και της αντίστοιχης διαπερατότητας του σε ποσοστό επί της συνολικής βροχόπτωσης (σε m) που δέχεται η λεκάνη.

Για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου, λόγω έλλειψης υδρογεωλογικού χάρτη, χρησιμοποιήσαμε την κατείσδυση που έχει υπολογιστεί με βάση το μοντέλο Sacramento (Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Ηράκλειο 2000) και η οποία είναι ίση με το 13,6 του όγκου των κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη.

Η επιφανειακή απορροή για την περιοχή της λεκάνης του Γεροπόταμου υπολογίζεται λαμβάνοντας υπ' όψιν τις δύο πηγές της λεκάνης αυτές του Ζαρού και της Γέργερης και τους τρεις χειμάρρους, αυτούς του Γεροπόταμου, του Κουτσουλίδη και του Ληθαίου.

Για την λεκάνη του Γιόφυρου για τον υπολογισμό της επιφανειακής απορροής χρησιμοποιήθηκαν τα υπάρχοντα στοιχεία σε υδρομετρικό σταθμό που βρίσκεται στον κύριο κλάδο του Γιόφυρου, σε υπάρχον μικρό φράγμα εκτροπής(Φοινικιά).

Δεν υπήρχαν δεδομένα παροχής πηγών.

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής για κάθε εξεταζόμενη λεκάνη και περίοδο υπολογίστηκε έμμεσα από το υδατικό ισοζύγιο. Υπολογισμός επίσης πραγματοποιήθηκε με την βάση τον εμπειρικό τύπο του L. Turc.

Αναλυτικά τα αποτελέσματα για κάθε υδρολογική λεκάνη και για κάθε εξεταζόμενη περίοδο φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	Υγρό Έτος	Ξηρό Έτος	Υπερετήσια Περίοδος
Βροχόπτωση (P)	1100mm (100%)	338mm (100%)	689mm (100%)
Επιφανειακή απορροή (R)	187mm (17,33%)	14mm (4,2%)	65mm (9,77%)
Κατείσδυση (I)	208mm (18,91%)	64mm (18,9%)	135mm (18,9%)
Εξατμισοδιαπνοή (E)	711,5mm (64,68%)	260mm (77%)	499mm (72,5%)

Πίνακας 7.1: Υδατικό Ισοζύγιο Γεροπόταμου

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	Υγρό Έτος	Ξηρό Έτος	Υπερετήσια Περίοδος
Βροχόπτωση (P)	1018mm (100%)	477mm (100%)	743mm (100%)
Επιφανειακή απορροή (R)	152mm (14,9%)	14mm (3%)	119mm (16%)
Κατείσδυση (I)	138mm (13,6%)	65mm (13,7%)	101mm (13,6%)
Εξατμισοδιαπνοή (E)	728mm (71,5%)	397mm (83,3%)	523mm(70,4%)

Πίνακας 7.2: Υδατικό Ισοζύγιο Γιόφυρου

Η συνολική κατείσδυση **I** του υδατικού ισοζυγίου αναλύθηκε σε δύο επιμέρους παραμέτρους για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον όγκο των υδάτων που καταλήγουν στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα (**Rn**), και τον όγκο των υδάτων που είτε διαφεύγουν υπόγεια σε άλλες γειτονικές λεκάνες, είτε προς τη θάλασσα (**Qss**).

$$I = Rn + Qss$$

Τα αναλυτικά υδατικά ισοζύγια για κάθε εξεταζόμενη λεκάνη και περίοδο έχουν ως εξής:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	Υγρό Έτος	Ξηρό Έτος	Υπερετήσια Περίοδος
Βροχόπτωση (P)	1100mm (100%)	338mm (100%)	689mm (100%)
Επιφανειακή απορροή (R)	190,3mm (17,3%)	14,2mm (4,2%)	67,5mm (9,8%)
Εξατμισοδιαπνοή (E)	701,8mm (63,8%)	259,9mm (76,9%)	491,3mm (71,3%)
Αναπλ. Υπ. Υδρ. (Rn)	112,2mm (10,2%)	34,5mm (10,2%)	68,9mm (10%)
Υπόγειες διαφυγές (Qss)	95,7mm (8,7 %)	29,4mm (8,7%)	61,3mm (8,9%)

Πίνακας 7.3: Αναλυτικό Υδατικό Ισοζύγιο Γεροπόταμου

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	Υγρό Έτος	Ξηρό Έτος	Υπερετήσια Περίοδος
Βροχόπτωση (P)	1018mm (100%)	477,6mm (100%)	743mm (100%)
Επιφανειακή απορροή (R)	151,7mm (14,9%)	14,8mm (3,1%)	116mm (15,6%)
Εξατμισοδιαπνοή (E)	727,9mm (71,5%)	398,3mm (83,4%)	526mm (70,7%)
Αναπλ. Υπ. Υδρ. (Rn)	35,6mm (3,5%)	16,7mm (3,5%)	27mm (3,7%)
Υπόγειες διαφυγές (Qss)	102,8mm (10,1%)	47,8mm (10%)	74mm (10%)

Πίνακας 7.4: Αναλυτικό Υδατικό Ισοζύγιο Γιόφυρου

Για την υδρολογική λεκάνη Γεροπόταμου ο μέσος ετήσιος όγκος αντλήσεων είναι 45 εκατ. κυβικά. Κάνοντας σύγκριση του όγκου των αντλήσεων και του όγκου του υπόγειου υδροφορέα (Rn) καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

Το υγρό έτος 1977-1978 παρουσιάζεται πλεόνασμα της τάξης των 22,03 εκατ. κυβικών με ανύψωση του υδροφόρου ορίζοντα.

Το ξηρό έτος παρουσιάζεται έλλειμμα της τάξης των 21,36 εκατ. κυβικών

Για την υπερετήσια περίοδο 1973-1997 παρουσιάζεται έλλειμμα της τάξης των 3,7 εκατ. κυβικών, πράγμα που δικαιολογεί και την συνεχή πτώση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα που έχει διαπιστωθεί στην περιοχή (20m την τελευταία 25ετία).

Για την υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου ο μέσος όγκος αντλήσεων είναι 6 εκατ. κυβικά. Κάνοντας σύγκριση του όγκου των αντλήσεων και του όγκου του υπόγειου υδροφορέα καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

Για το υγρό έτος παρατηρείται ετήσιο πλεόνασμα της τάξης 0,6 εκατ. κυβικών.

Για το ξηρό έτος παρουσιάζεται ετήσιο έλλειμμα της τάξης των 2,9 εκατ. κυβικών.

Για την υπερετήσια περίοδο παρουσιάζεται μέσο υπερετήσιο έλλειμμα της τάξης των 1 εκατ. κυβικών γεγονός που δικαιολογεί και τα προβλήματα υφαλμύρισης του υπόγειου υδροφορέα στο βόρειο τμήμα της λεκάνης.

Τέλος πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας για κάθε εξεταζόμενη λεκάνη και για την υπερετήσια περίοδο αντίστοιχα, μεταβάλλοντας την εξατμισοδιαπνοή από το 55% του όγκου βροχόπτωσης που δέχεται η κάθε λεκάνη έως το 80% ανά 5% και μελετήσαμε την επίδραση στην παράμετρο των υπόγειων διαφυγών – αναπλήρωση εδαφικής υγρασίας (**Qss**).

Το συμπέρασμα που προκύπτει και για τις δύο λεκάνες είναι ότι η παράμετρος **Qss** είναι πολύ ευαίσθητη στην μεταβολή της παραμέτρου της εξατμισοδιαπνοής **E** με αποτέλεσμα να απαιτείται ακριβής υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον όγκο των υδάτων που διαφεύγουν υπόγεια.

Προτάσεις

Ολοκληρώνοντας, οφείλουμε να σημειώσουμε ορισμένες παρατηρήσεις, οι οποίες σε μελλοντική έρευνα θα οδηγήσουν σε συμπεράσματα με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Συγκεκριμένα για την στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, παρατηρήθηκε σε ορισμένες περιπτώσεις μικρός συντελεστής συσχέτισης (μικρότερο του 0,5), τόσο στον υπολογισμό της γραμμής τάσης των βροχομετρικών σταθμών όσο και στον υπολογισμό των βροχοβαθμίδων.

Για την βελτίωση των παραπάνω προτείνουμε τα εξής:

- Παράλειψη εκείνων των σταθμών, οι οποίοι παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση από τους υπόλοιπους και συγκεκριμένα σε σχέση με τη γραμμή τάσης, που προκύπτει από την εξομάλυνση των δεδομένων.
- Εγκατάσταση βροχομετρικών και μετεωρολογικών σταθμών, και στις δύο υδρολογικές λεκάνες (ιδιαίτερα στην υδρολογική λεκάνη του Γιόφυρου), καλύτερα χωροθετημένοι καθώς και τον εκσυγχρονισμό τους.

Ακόμα στον υπολογισμό της απορροής του Γεροπόταμου, καθώς και από τη βιβλιογραφία σχετικά με την περιοχή, διαπιστώθηκε ότι τα δεδομένα καταγραφής της απορροής αποτελούν έντονα αλλοιωμένη πληροφορία λόγω αρδεύσεων που πραγματοποιούνται κατά μήκος της κοίτης του ποταμού.

Για το λόγο αυτό προτείνεται η παρακολούθηση του όγκου των αντλήσεων έτσι ώστε η παροχή που καταγράφεται στην έξοδο της λεκάνης να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

Επίσης προτείνουμε την εκπόνηση υδρογεωλογικής μελέτης και για τις δύο λεκάνες που εξετάζονται, με σκοπό την οριοθέτηση των υδρογεωλογικών λεκανών, έτσι ώστε να μπορούμε να καταλήξουμε σε πιο ακριβή συμπεράσματα σχετικά με την πτώση του υδροφόρου ορίζοντα που παρατηρείται στην κάθε λεκάνη λόγω υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδάτων.

Επίσης προτείνουμε την κατασκευή πιεζομετρικού χάρτη που θα καλύπτει όλη την περιοχή ενδιαφέροντος. Η καταγραφή των υδραυλικών και των ετήσιων διακυμάνσεων στάθμης θα συμβάλλει:

- ο Στην πληρέστερη κατανόηση της διακίνησης των υδάτων κυρίως εντός των υδροφορέων
- ο Στον υπολογισμό των ρυθμιστικών αποθεμάτων (δυναμικό) των παραπάνω υδροφορέων
- ο Στην ακριβή αποτύπωση των υδραυλικών ορίων μεταξύ των διάφορων υδρολογικών ενοτήτων.

Τέλος, η ανεπάρκεια νερού που έχει προκύψει δημιουργώντας προβλήματα μόλυνσης του υδροφορέων μπορεί να αντιμετωπισθεί με έργα τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφορέων.

Η εφαρμογή των παραπάνω υποδείξεων πιστεύουμε ότι θα οδηγήσει σε ορθότερα και ακριβέστερα συμπεράσματα.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Αφροδίτη Κοτσιφάκη, Βιργινία Μανασάκη, Γεώργιος Ταβερναράκης, «**Υδρογεωλογική Μελέτη Λεκάνης Δυτικής Μεσσαράς**», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: 'Έλεγχος Ποιότητας και Διαχείριση Περιβάλλοντος', Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών
- [2] Γ. Τσακίρης, «**ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ: Ι. Τεχνική Υδρολογία**», Αθήνα 1995, Εκδόσεις Συμμετρία.
- [3] Γεώργιος Χ. Σούλιος, «**Γενική Υδρογεωλογία, Πρώτος Τόμος**», Θεσσαλονίκη 1986, Εκδόσεις UNIVERSITY STUDIO PRESS.
- [4] Γιάννης Μανιάτης, «**Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών**», Θεσσαλονίκη 1996, Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
- [5] Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις:
- ο <http://www.in.gr/agro/Iraklio/nom35.htm>
- [6] Ιωάννης Γ. Λιαλιάρης, «**Υδρολογικό και Υδρογεωλογικό Ισοζύγιο του ποταμού Κερίτη (Δυτ. Κρήτη)**» Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά, Οκτώβριος 1996.
- [7] Κυλίλη – Πολυχρονάκη Ανδριάνη, Ι.Γ.Μ.Ε. Παράρτημα Κρήτης, «**Υδρογεωλογική Μελέτη Περιοχής Δήμου Μοιρών του Νομού Ηρακλείου**», Ρέθυμνο, 2000.
- [8] Ν. Ανδρουλάκης, (2000) «**Εισαγωγή στο ArcView**», Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- [9] Ο.ΑΝ.Α.Κ.-ΕΜΠ, «**Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων ανατολικής Κρήτης, Α΄ ΜΕΡΟΣ**», 1994.
- [10] Ο.ΑΝ.Α.Κ.-ΕΜΠ, «**Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων ανατολικής Κρήτης, Β΄ ΜΕΡΟΣ**», 1994.
- [11] Πενθερουδάκης Εμμανουήλ, «**Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – Παρουσίαση ψηφιακών δεδομένων Κρήτης**», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: 'Έλεγχος Ποιότητας και Διαχείριση Περιβάλλοντος', Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά, Σεπτέμβριος 2002.

- [12] Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, «**Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων της Κρήτης, Φάση Α – Συλλογή, Αξιολόγηση, Αρχαιοθέτηση Πρωτογενών Δεδομένων Φυσικού Συστήματος**», Τεύχος 2/2, Αθήνα, Δεκέμβριος 2000
- [13] Τμήμα Εγγείων Βελτιώσεων, «**Υδρολογικά στοιχεία Νήσου Κρήτης-Βροχομετρικά –Εξατμισμετρικά–Θερμομετρικά–Ηλιοφάνειας & Υδρομετρικά των υδρολογικών ετών 1970-2001**», Ηράκλειο 2003
- [14] ESRI Environmental Systems Research Institute, «**ArcView GIS / The Geographic Information System for Everyone**», Εγχειρίδιο χρήσης, 1996.
- [15] ESRI Environmental Systems Research Institute, «**ArcView Spatial Analyst / Advanced Spatial Analysis Using Raster and Vector Data**», Εγχειρίδιο χρήσης, 1996.
- [16] C:\ArcGIS\Arcexe81\Help\ SpatialAnalyst.chm
- [17] I. M. Vardavas, J. Papamastorakis, A. Fountoulakis, M. Manousakis, «**Water resources in the dasertification-threatened Messara Valley of Crete: estimation nof potential lake evaporation**», Ecological Modelling 102 (1997) 363-374, March 1997.
- [18] Κυλίλη – Πολυχρονάκη Ανδριάνη, Ι.Γ.Μ.Ε. Παράρτημα Κρήτης, «**Υδρογεωλογική Μελέτη Περιοχής Δήμου Ζαρου του Νομού Ηρακλείου**», Ρέθυμνο, 1999.
- [19] Πέτρος Ι. Πέννας, «**Το Κλίμα της Κρήτης**», Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη 1977