



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ-ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΙΣΧΥΡΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ
ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ
ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ**

Αθανάσιος Ι. Κωτσής

Αθήνα, Οκτώβριος 2005

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ
&
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»**

Επιβλέπων: Αναπληρωτής Καθηγητής Δ. Κουτσογιάννης

Η μεταπτυχιακή μου εργασία
αφιερώνεται με αγάπη στους γονείς
μου

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία αναγκαία ήταν η συμβολή του επιβλέποντος Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Δημήτρη Κουτσογιάννη ο οποίος με τις επιστημονικές του γνώσεις και το πνεύμα συνεργασίας συνεισέφερε τα μέγιστα, καθώς και του καθηγητή κ. Νίκου Μαμάση για τη βοήθεια που προσέφερε από την αρχή μέχρι και το τέλος της μεταπτυχιακής εργασίας. Σκόπιμο είναι να αναφέρουμε και τη συμβολή του κ. Στέφανου Κοζάνη, συντάκτη μεταξύ άλλων του λογισμικού «Υδρογνώμων», ο οποίος κατέθεσε τις άριστες γνώσεις του σε θεματα που αφορούσαν το λογισμικό πακέτο που χρησιμοποιήθηκε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.1 Αντικείμενο-Στόχος.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	5
ΔΕΔΟΜΕΝΑ	5
2.1 Εισαγωγή	5
2.2 Όργανα μέτρησης της βροχής	5
2.3 Διαδικασία συλλογής δεδομένων	6
2.4 Εξαγωγή μεγίστων υψών βροχής από βροχόμετρα.....	7
2.5 Εξαγωγή μεγίστων υψών βροχής από βροχογράφους.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	9
ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ	9
3.1 Εισαγωγή	9
3.2 Κατανομή Gumbel	10
3.3 Κατανομή Γενική Ακραίων Τιμών (Γ.Α.Τ)	11
3.4 Γενική έκφραση ομβρίων καμπυλών	11
3.5 Μέθοδοι εκτίμησης των παραμέτρων	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	16
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ	16
4.1 Αντικείμενο-Στόχος.....	16
4.2 Στατιστική επεξεργασία χρονοσειράς	16
4.3 Επιλογή στατιστικής κατανομής για την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών.....	17
4.4 Καταλληλότητα της κατανομής Gumbel για την κατάρτιση ομβρίων καμπυλών – Η κατανομή Γ.Α.Τ (Γενική Ακραίων Τιμών) και η χρήση της.....	19
4.5 Η εμπειρική συνάρτηση κατανομής.....	21
4.6 Μεθοδολογία εκτίμησης των παραμέτρων θεωρητικής κατανομής.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	24
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ.....	24
5.1 Γενικά	24
5.2 Επεξεργασία χρονοσειρών	25
5.2.1 Menu: Series [Χρονοσειρά].....	26
5.2.2 Menu: Tools [Εργαλεία].....	27
5.3 Ορισμός Χρονοσειρών για όμβριες.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	32
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΩΝ	32
6.1 Εφαρμογή της μεθοδολογίας στα νησιά του Αιγαίου	32
6.2 Επεξεργασία δεδομένων βροχογράφων	32
6.3 Επεξεργασία δεδομένων βροχομέτρων	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	53
ΧΑΡΤΕΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ	53
7.1 Εισαγωγή.....	53
7.2 Χάρτες ισοϋέτιων καμπυλών για μέγιστα ύψη βροχής.....	53
7.3 Σχολιασμός του συνόλου των χαρτών που προέκυψαν.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	57
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	57
ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	58
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2	

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία έχει σαν σκοπό να συμβάλει στο επιστημονικό πεδίο της κατάρτισης των ομβρίων καμυλών με επεξεργασία των διαθέσιμων μετρήσεων βροχογράφων και βροχομέτρων στα νησιά του Αιγαίου.

Πιο συγκεκριμένα, με τη βοήθεια του λογισμικού «Υδρογνώμων» εξετάστηκαν τα δεδομένα βροχογράφων σε πέντε νησιά όπου και έγινε η κατάρτιση των ομβρίων καμυλών για καθένα από τα νησιά ξεχωριστά για τα διαθέσιμα έτη. Στη συνέχεια, για τη μεγαλύτερη αξιοπιστία των αποτελεσμάτων αλλά και προκειμένου να παραχθούν όμβριες καμπύλες κατά το δυνατό ενδεικτικές για όλη την περιοχή δημιουργήθηκε ένα ενοποιημένο δείγμα από τα δεδομένα των νησιών αυτών και έγινε εκ νέου παραγωγή όμβριων καμυλών. Στα αποτελέσματα αυτά, τα οποία και θεωρούνται αντιπροσωπευτικά, προστέθηκε η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε από την επεξεργασία των δεδομένων βροχομέτρων τα οποία και ήταν διαθέσιμα για περισσότερα ακόμα νησιά. Στην παραπάνω ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν σταθεροποιημένοι παράμετροι διάρκειας (η και θ) της κατανομής που προσαρμόστηκε κατά την επεξεργασία των βροχογράφων.

ABSTRACT

The purpose of the current Thesis is to contribute on the scientific field of the construction of rainfall intensity/frequency/duration (idf) relationships utilizing the available measurements for the Aegean islands.

More specifically, with the use of the package «Hydrognomon», data by rain recorders in 5 islands were processed and idf relationships for every single island were constructed for the available years. Then, for the better reliability of the results but also in an effort to produce representative idf curves for the whole region, a unified sample of the data collected by the islands was created and improved idf curves were constructed. In these results, which are considered representative, additional analysis was performed to utilize data collected by rain gauges (which were available for even more islands). In the above analysis, some of the parameters were kept equal to those derived from the analysis of rain-recorder data.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο-Στόχος

Οι όμβριες καμπύλες, είναι ουσιαστικά η απλούστερη ονομασία με την οποία αποκαλούνται στην ελληνική τεχνική ορολογία οι καμπύλες έντασης-διάρκειας-περιόδου επαναφοράς και αποτελούν ένα από τα βασικότερα εργαλεία του υδρολόγου μηχανικού για την κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων. Πρόκειται για απλές αναλυτικές ή γραφικές εκφράσεις της μέγιστης έντασης βροχής i συναρτήσει της διάρκειας d και της περιόδου επαναφοράς T . Για την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών πρέπει να είναι διαθέσιμες ιστορικές σειρές μέγιστων εντάσεων βροχής για ένα σύνολο k διαρκειών d_j $j=1, \dots, k$ ξεκινώντας από την ελάχιστη διάρκεια που επιτρέπει η ευκρίνεια των παρατηρήσεων (π.χ 5 min-1h) και φθάνοντας μέχρι τη μέγιστη διάρκεια βροχής που ενδιαφέρει στα τυπικά προβλήματα του μηχανικού.(π.χ 24-48h).

Η χρησιμότητα των ομβρίων καμπυλών είναι άμεση σε όλα τα προβλήματα υδρολογικού σχεδιασμού που αφορούν στην αντιπλημμυρική προστασία. Ουσιαστικά η χρήση τους συνίσταται στην πρόγνωση της έντασης βροχής i για δεδομένη διάρκεια d , η οποία έχει σχέση με τα χαρακτηριστικά του υδατορεύματος που μελετάται και για δεδομένη περίοδο επαναφοράς T , που έχει σχέση με τη σημασία του έργου που μελετάται. Οι όμβριες καμπύλες αποτελούν τη βασική είσοδο σε όλα τα μοντέλα μετασχηματισμού της βροχόπτωσης σε πλημμυρική απορροή ξεκινώντας από την απλή ορθολογική μέθοδο ($Q=C*i*A$) και φθάνοντας σε πιο σύνθετες μορφές, όπως αυτές του μοναδιαίου υδρογραφήματος. (Κουτσογιάννης 1996).

Στην παρούσα εργασία θα προβούμε σε κατάρτιση ομβρίων καμπυλών για τα νησιά του Αιγαίου (για όσα τουλάχιστον υπάρχουν αρκετά δεδομένα). Είναι αλήθεια πως έτοιμες όμβριες καμπύλες θα έπρεπε να υπήρχαν στη χώρα μας για κάθε γεωγραφική περιοχή και έτσι να μην χρειάζεται να ανατρέχει κανείς σε πρωτογενή ιστορικά δεδομένα, εντούτοις ευελπιστούμε πως θα μπούμε σαν χώρα σιγά σιγά στη σωστή κατεύθυνση στο θέμα αυτό παραδειγματιζόμενοι και από πρακτικές που εφαρμόζονται σε άλλες χώρες.

Στην προσπάθεια μας για την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών για τα νησιά του Αιγαίου θα χρησιμοποιήσουμε δεδομένα τόσο από βροχογράφους όσο και από βροχόμετρα. Η επεξεργασία των δεδομένων καθώς και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων θα γίνει με χρήση του λογισμικού «Υδρογνώμων».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

2.1 Εισαγωγή

Για την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών επιλέχθηκαν σταθμοί βροχογράφων και βροχομέτρων από όπου και συλλέχθηκαν χρονοσειρές μεγίστων υψών βροχής για διάφορες διάρκειες βροχόπτωσης.

Τα δεδομένα χορηγήθηκαν από τους εξής φορείς:

- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ)
- Υπουργείο Γεωργίας

2.2 Όργανα μέτρησης της βροχής

Τα όργανα μέτρησης της βροχής είναι κυλινδρικά δοχεία που τοποθετημένα σε κατάλληλα σημεία συλλέγουν τη βροχόπτωση και δίνουν αντίστοιχες σημειακές μετρήσεις.

Τα παραπάνω όργανα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Οι βροχογράφοι: Οι βροχογράφοι καταγράφουν με απλό ωρολογιακό μηχανισμό τη σχέση ύψους βροχής-χρόνου αναλύοντας έτσι τη σημειακή χρονική διανομή των βροχοπτώσεων. Αποτελούνται από τη διάταξη συλλογής του νερού και από το γραφικό του σύστημα. Σε αυτούς, από το σωλήνα υποδοχής το νερό διαβιβάζεται σε άλλο δοχείο μικρότερης διαμέτρου το οποίο περιέχει εντός του ελαφρύ μεταλλικό πλωτήρα. Η κατακόρυφη κίνηση του πλωτήρα μεταβιβάζεται μέσω κατάλληλης διάταξης στην γραφίδα του οργάνου η οποία εφάπτεται συνεχώς της ταινίας που περιβάλλει το ωρολογιακά περιστρεφόμενο τύμπανο σταθερής γωνιακής ταχύτητας (π.χ μια στροφή ανά εβδομάδα). Όταν η γραφίδα φθάσει στο ανώτατο άκρο της ταινίας πραγματοποιείται αυτόματη εκκένωση των δοχείων και έτσι αυτή και ο πλωτήρας επανέρχονται εντός λίγων δευτερολέπτων στην κατώτατη θέση τους.
- Τα βροχόμετρα: Τα βροχόμετρα δίνουν την ολική σημειακή βροχόπτωση και το ισοδύναμο ύψος νερού μιας χιονόπτωσης ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα με την ανάγνωση της ένδειξης του παρατηρητή. Αποτελούνται από δύο κύρια τμήματα: το μεταλλικό δοχείο υποδοχής της βροχής και το μετρικό σύστημα, δηλαδή ένα κύλινδρο συλλογής της βροχής με χλιοστομετρική κλίμακα και διάμετρο συνήθως

υποπολλαπλάσια της διαμέτρου του δοχείου υποδοχής για να πολλαπλασιάζεται η ευαισθησία της μέτρησης. (Ξανθόπουλος 1990)

2.3 Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Όλα τα δεδομένα χορηγήθηκαν από τις παραπάνω υπηρεσίες κατόπιν γραπτής αιτήσεως και με κριτήριο να καλύπτουν γεωγραφικά την περιοχή του Αιγαίου ώστε να είναι όσο το δυνατόν ασφαλέστερη η κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών.

Συγκεκριμένα η κάθε υπηρεσία παρείχε τα εξής δεδομένα:

-EMY: Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία παρείχε δεδομένα από βροχογράφους όπως ακριβώς φαίνεται από τον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα :

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΜΥ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΧΙΟΣ	1972-1987	5m-10m-15m-30m-1h-2h-6h-12h-24h
ΣΑΜΟΣ	1972-1987	5m-10m-15m-30m-1h-2h-6h-12h-24h
ΜΗΛΟΣ	1972-1987	5m-10m-15m-30m-1h-2h-6h-12h-24h
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	1960-1987 (με έλλειψη των περιόδων 1968-1969 και 1969-1970)	5m-10m-15m
ΛΗΜΝΟΣ	1960-1987 (με έλλειψη των περιόδων 1968-1969 και 1969-1970)	5m-10m-15m-1h-2h-6h-12h

Επίσης συγκεντρώθηκαν δεδομένα από βροχόμετρα για τα παραπάνω νησιά:

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΜΥ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΘΗΡΑ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΛΗΜΝΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΧΙΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΣΚΥΡΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΣΑΜΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΡΟΔΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΝΑΞΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΜΗΛΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h

-Υπουργείο Γεωργίας: Το Υπουργείο Γεωργίας παρείχε δεδομένα από βροχόμετρα όπως ακριβώς φαίνεται από τον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα :

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΠ. ΓΕΩΡΓΙΑΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ
ΑΕΤΟΣ	1992-2002
ΑΦΑΝΤΟΥ	1997-2002
ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ	1997-2002
ΑΠΕΡΑΘΟΣ	1989-1993
ΑΠΟΛΛΑΚΙΑ	1977-2002
ΑΠΟΛΛΩΝΩΝ	1984-1998 2000-2002
ΑΣΦΑΝΤΙΟ	1983-2002
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑ	1987-2002
ΒΑΒΥΛΟΙ	1989-2002
ΕΜΠΙΩΝΑΣ	1984-2002
ΙΑΛΥΣΟΣ	1998-2002
ΚΑΡΔΑΜΥΛΑ	1963-1967 1983-2002
ΚΑΡΥΕΣ	1982-2002
ΚΕΦΑΛΟΣ	1983-2002
ΚΥΝΙΔΑΡΟΣ	1987-2000
ΛΑΕΡΜΑ	1985-2002
ΜΥΛΟΠΟΤΑΜΟΣ	1997-2003
ΝΕΑ ΜΟΝΗ	1989-2002
ΠΥΡΓΙ	1987-2002
ΣΤΥΠΣΗ	1989-2000
ΧΑΛΚΗ	1989-2000

2.4 Εξαγωγή μεγίστων υψών βροχής από βροχόμετρα

Η εξαγωγή των μέγιστων υψών βροχής από βροχόμετρα έγινε με χρήση του προγράμματος «Υδρογνώμων». Έγινε εισαγωγή του αρχείου δεδομένων όπου και ήταν καταγεγραμμένες οι μέγιστες μηνιαίες τιμές ύψους βροχόπτωσης διάρκειας 24h οι οποίες και συναθροίστηκαν για να μετατραπούν σε μέγιστες ετήσιες για κάθε υδρολογικό έτος. Με την έννοια υδρολογικό έτος εννοούμε εδώ έτος με έναρξη την 1^η Οκτωβρίου και πέρας την 30^η Σεπτεμβρίου.

2.5 Εξαγωγή μεγίστων υψών βροχής από βροχογράφους

Η εξαγωγή των μεγίστων υψών βροχής από βροχογράφους έγινε επίσης με χρήση του προγράμματος «Υδρογνώμων». Έγινε εισαγωγή του αρχείου δεδομένων όπου και ήταν καταγεγραμμένες οι μέγιστες μηνιαίες τιμές ύψους βροχόπτωσης διάρκειας 5m, 10m, 15m, 30m, 1h, 2h, 6h, 12h, 24h οι οποίες και συναθροίστηκαν για να μετατραπούν σε μέγιστες ετήσιες για κάθε υδρολογικό έτος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Προϋπόθεση για την εκτίμηση των μεγίστων πλημμυρικών παροχών σε περιοχές που δεν υπάρχουν υδρομετρικά δεδομένα είναι η ανάλυση των μεγίστων βροχοπτώσεων οι οποίες χαρακτηρίζονται από το ολικό ύψος βροχής h , την διάρκεια d και την περίοδο επαναφοράς T . Το μέγεθος που ενδιαφέρει είναι το ολικό ύψος βροχής για κάποια διάρκεια και για μια συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς T . Η διάρκεια των καταιγίδων κυμαίνεται από μερικά λεπτά μέχρι μερικές ώρες.

Έτσι είναι απαραίτητη η πιθανολογική ανάλυση των σημειακών βροχοπτώσεων διαφόρων διαρκειών, από την οποία θα προκύψουν οι γραφικές ή αναλυτικές σχέσεις μεταξύ του ύψους βροχής h (ή της μέσης εντάσεως της βροχής $i=h/d$) και της διάρκειας της βροχής d για διάφορες περιόδους επαναφοράς, του μεγίστου αυτού γεγονότος βροχής.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι : α) Η διάρκεια δεν είναι τυχαία μεταβλητή αλλά παράμετρος. Δεν έχει σχέση με την πραγματική διάρκεια των επεισοδίων βροχής, αλλά εκφράζει τη χρονική διάρκεια για την οποία εξάγεται η μέση ένταση βροχόπτωσης. β) Η σειρά μεγίστων εντάσεων $i(d)$ που κατασκευάζεται δεν περιλαμβάνει στιγμιαίες εντάσεις, αλλά μέσες εντάσεις για διάρκεια d . Η σειρά αυτή θεωρείται ότι αποτελεί τυχαίο δείγμα της τυχαίας μεταβλητής $i(d)$ (Κουτσογιάννης 1996).

Από τη μελέτη των χρονοσειρών σημειακών βροχοπτώσεων ως προς το συνολικό ύψος βροχόπτωσης για μια ορισμένη διάρκεια φαίνεται η στατιστική ανεξαρτησία των υψών βροχής δεδομένης μιας εύλογης μεταξύ τους χρονικής απόστασης (συνήθως λίγες ώρες). Έτσι εξηγείται η τυχειότητα της μεταβλητής του σημειακού ύψους βροχής ορισμένης διάρκειας και για αυτό το λόγο για την ανάλυσή της χρησιμοποιούνται πιθανολογικές κατανομές. (Ξανθόπουλος, 1990).

Υπάρχουν διάφορες πιθανολογικές κατανομές για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών. Μέχρι και τα τελευταία χρόνια η κατανομή Gumbel θεωρείτο η καταλληλότερη κατανομή μέχρι να αποδειχθεί η ακαταλληλότητά της γεγονός στο οποίο θα αναφερθούμε σε επόμενο κεφάλαιο όπου και θα παρουσιάσουμε την καταλληλότερη κατανομή με τις σύγχρονες επιστημονικές απόψεις την οποία και θα χρησιμοποιήσουμε για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών.

Εντούτοις, επειδή η κατανομή είχε χρησιμοποιηθεί για πολλά χρόνια και ακόμα δεν έχει εγκαταλειφθεί θα προχωρήσουμε σε μια περιγραφή της η οποία θα χρησιμεύσει στον αναγνώστη και στην καλύτερη κατανόηση της πλέον κατάλληλης κατανομής.

3.2 Κατανομή Gumbel

Η κατανομή μεγίστων τύπου I ή κατανομή Gumbel όπως είναι ευρύτερα γνωστή ήταν τα τελευταία χρόνια η πιο διαδεδομένη για τη μοντελοποίηση μεγίστων εντάσεων βροχής. Ο λόγος είναι ότι από τη φύση της είναι μια κατανομή κατάλληλη για την περιγραφή μεγίστων μεγεθών ενώ επιπρόσθετα είναι και εύκολη στη χρήση της.

Η μαθηματική της έκφραση είναι η παρακάτω:

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x}{\lambda} + \psi}} = 1 - F_1(x) = 1 - 1/T \quad (1)$$

όπου $F(x)$: η συνάρτηση κατανομής και πιθανότητα μη υπέρβασης

$F_1(x)$: η πιθανότητα υπέρβασης

T : η περίοδος επαναφοράς

c, λ : οι παράμετροι της κατανομής Gumbel

Αν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των ροπών για την εκτίμηση των παραμέτρων λ και c , πράγμα που μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε δείγμα θα έχουμε πως :

$$\lambda = 1 / (0.78 s) \quad \text{και} \quad c = \mu - 0.577 / \lambda$$

όπου μ και s είναι η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση του υπό εξέταση δείγματος αντίστοιχα. (Κουτσογιάννης 1996)

Με αντικατάσταση του $\psi = \lambda c$ η έκφραση (1) μετασχηματίζεται στην

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x}{\lambda} + \lambda c}} = 1 - 1/T \quad (1)$$

η οποία με λογαρίθμηση θα μας δώσει

$$x = 1/\lambda \{ \psi - \ln [-\ln (1 - 1/T)] \}$$

Από την παραπάνω έκφραση μπορούν να υπολογιστούν το ύψος h καθώς και η ένταση i της βροχής για μια συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς και για διάρκεια βροχής.

3.3 Κατανομή Γενική Ακραίων Τιμών (Γ.Α.Τ)

Η ΓΑΤ είναι μία γενίκευση των κατανομών ακραίων τιμών που συνδυάζει τις τρεις περιπτώσεις AT-1, AT-2 και AT-3 (Κουτσογιάννης, 1999). Οι παράμετροι της κατανομής είναι τρεις, μία παράμετρος σχήματος κ , μία παράμετρος κλίμακας λ και μία παράμετρος θέσης ψ . Όταν $\kappa \rightarrow 0$ τότε λαμβάνουμε την AT-1, ενώ για $\kappa > 0$ και $\psi = 1/\kappa$ μπορούμε να λάβουμε την AT-2. Η σχέση της ΓΑΤ μεγίστων είναι η παρακάτω:

$$F(x) = e^{-\left[1 + \kappa \left(\frac{x - \psi}{\lambda}\right)\right]^{-1/\kappa}}$$

Η παραπάνω σχέση ισχύει για τιμές του κ διάφορες του 0. Όταν το κ τείνει στο 0 και συγκεκριμένα στον «Υδρογνώμων» όταν $|\kappa| < 0.001$ χρησιμοποιούμε την έκφραση της AT-1 μεγίστων. Η αντίστροφη συνάρτηση κατανομής δίνεται από την σχέση:

$$x(u) = \lambda \psi + \frac{\lambda}{\kappa} \left[(-\ln u)^{-\kappa} - 1 \right]$$

Αντίστοιχα, όταν το κ τείνει στο 0 θα χρησιμοποιείται η $x(u)$ της AT-1 μεγίστων

3.4 Γενική έκφραση ομβρίων καμπυλών

Για μια δεδομένη περίοδο επαναφοράς T οι όμβριες καμπύλες περιγράφονται από την παρακάτω βασική εξίσωση:

$$i = a(d)/b(d) = \omega / (d + \theta)^n \quad (2)$$

Η παραπάνω βασική εξίσωση για συγκεκριμένες τιμές των παραμέτρων θ και n παίρνει και άλλες μορφές με τις οποίες εμφανίζεται στη βιβλιογραφία.

Έτσι έχουμε πως για

$$\theta = 0$$

η εξίσωση (2) παίρνει τη μορφή

$$i = \omega / d^n$$

ενώ για $n=1$ η εξίσωση (2) παίρνει τη μορφή

$$i = \omega / (d + \theta)$$

Μια άλλη έκφραση ομβρίων καμπυλών η οποία και συναντάται στη βιβλιογραφία είναι η εξίσωση

$$i = \omega / (d^n + \theta)$$

η οποία ουσιαστικά δεν προκαλεί αριθμητικές αποκλίσεις κατά την εφαρμογή της από την βασική εξίσωση των όμβριων καμπυλών.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, η επίλυση θα γίνει κανονικά με τη βασική εξίσωση (2) όπου και με τη χρήση του λογισμικού θα προκύψουν και οι ακριβείς τιμές των παραμέτρων οι οποίες και θα αποτελέσουν αντικείμενο σύγκρισης και εξαγωγής συμπερασμάτων. Όπως είναι φυσικό για τον υπολογισμό των παραμέτρων με τη χρήση του λογισμικού χρησιμοποιείται συγκεκριμένη μέθοδος εκτίμησης των παραμέτρων η οποία και θα αναλυθεί σε επόμενη παράγραφο μαζί με άλλες ευρύτερα γνωστές.

3.5 Μέθοδοι εκτίμησης των παραμέτρων

Για την εκτίμηση των παραμέτρων ομβρίων καμπυλών θα περιγραφούν τρεις διαφορετικές μέθοδοι οι οποίες και έχουν διατυπωθεί από τους Κουτσογιάννη-Μανέτα (1995) και Koutsoyiannis et al (1998). Στην παρούσα διπλωματική εργασία η κατάρτιση των όμβριων καμπυλών με τη χρήση του προγράμματος «Υδρογνώμων» έγινε με τη χρήση της πρώτης κατά σειρά αναφοράς μεθόδου.

Αναλυτικά οι τρεις μέθοδοι είναι οι παρακάτω:

α) Εκτίμηση με ενοποίηση διαρκειών:

Πρόκειται για μια μέθοδο υπολογισμού των παραμέτρων των ομβρίων καμπυλών σε δύο στάδια.

Στο πρώτο στάδιο θα γίνεται ο υπολογισμός των παραμέτρων θ και n του παρονομαστή $b(d)$ και εν συνεχεία ο υπολογισμός των παραμέτρων της κατανομής για το ενοποιημένο δείγμα.

Η μέθοδος της εκτίμησης με ενοποίηση διαρκειών απαιτεί μια μεγάλη ποσότητα υπολογισμών καθώς εμπεριέχει την ελαχιστοποίηση ενός στατιστικού δείκτη (H) και κατά συνέπεια δεν είναι δυνατή η αναλυτική ελαχιστοποίησή της αλλά θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αριθμητική μέθοδος.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία η όλη διαδικασία που περιλαμβάνει η μεθοδολογία εκτίμησης με ενοποίηση διαρκειών προγραμματίστηκε στο λογισμικό «Υδρογνώμων» όπου και είναι δυνατή η αυτόματη παραγωγή των παραμέτρων.

Ας εξετάσουμε πιο συγκεκριμένα ποια μεθοδολογία εφαρμόζεται ακριβώς προκειμένου να γίνει ο υπολογισμός των παραμέτρων της κατανομής:

Έστω οι k χρονοσειρές ετησίων μεγίστων που αντιστοιχούν σε διάρκειες $d_j, j=1..k$. Αν n_j το μέγεθος κάθε δείγματος (χρονοσειράς) τότε ενοποιώντας όλα τα δείγματα, παράγουμε ένα δείγμα μεγέθους:

$$m = \sum_{j=1}^k n_j$$

Η παραγωγή του ενοποιημένου δείγματος $y_{ji}: y_{ji}=i_{ji}b(d_j)$ γίνεται με τον πολλαπλασιασμό κάθε χρονοσειράς i_{ji} με $b(d_j)=(d_j+\theta)^n$. Εν συνεχεία το ενοποιημένο δείγμα κατατάσσεται σε φθίνουσα σειρά. Για λόγους καλύτερης προσαρμογής της συνάρτησης $b(d)$ στην περιοχή των υψηλότερων εντάσεων είναι σκόπιμο να μην χρησιμοποιείται σε αυτό το πρώτο στάδιο υπολογισμού το σύνολο των δεδομένων κάθε επιμέρους δείγματος αλλά ένα μέρος αυτών. Έτσι μετά την ταξινόμηση της ανά χρονοσειρά λαμβάνεται ένα ποσοστό (συνήθως 1/3) από τις μέγιστες τιμές των χρονοσειρών για να σχηματιστεί το ενιαίο δείγμα

Στη συνέχεια αποδίδονται βαθμοί (ranks) r_{ji} για κάθε τιμή του δείγματος οι οποίοι και αντιπροσωπεύουν την αύξουσα αριθμητική σειρά (π.χ. 1 για την μεγαλύτερη τιμή, 2 για την αμέσως επόμενη κλπ) και υπολογίζεται η μέση τιμή των βαθμών για κάθε χρονοσειρά:

$$\bar{r}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^k r_{ji}$$

όπου n_j είναι το χρησιμοποιούμενο ποσοστό (π.χ 1/3) από κάθε χρονοσειρά.

Αν όλα τα επιμέρους δείγματα έχουν την ίδια κατανομή τότε κάθε \bar{r}_j θα πρέπει να βρίσκεται πολύ κοντά στην τιμή $(m+1)/2$ διαφορετικά οι τιμές θα διαφέρουν πολύ μεταξύ τους. Αυτό μας οδηγεί στη χρήση της στατιστικής παραμέτρου ελέγχου Kruskal-Wallis (Hirsh et Al,1993, σ.17.25) η οποία και δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$H = \frac{12}{m(m+1)} \sum_{j=1}^k n_j \left(\bar{r}_j - \frac{m+1}{2} \right)^2$$

Τα θ και n που ελαχιστοποιούν την παραπάνω στατιστική παράμετρο είναι και τα ορθά που θα χρησιμοποιηθούν κατά το δεύτερο στάδιο υπολογισμού των παραμέτρων.

Ο υπολογισμός των παραμέτρων της συνάρτησης $a(T)$ η οποία γίνεται κατά το δεύτερο στάδιο υπολογισμού, θα πραγματοποιηθεί με τις γνωστές μεθόδους της στατιστικής (μέθοδος των ροπών) και με χρήση του ενοποιημένου δείγματος που περιέχει όλα τα m δεδομένα y_{ji} .

β) Εμπειρική εκτίμηση:

Η μέθοδος αυτή διαφοροποιείται από τις άλλες κυρίως στο γεγονός ότι η παράσταση του αριθμητή δεν αντιμετωπίζεται ως αντίστροφη συνάρτηση κατανομής αλλά ως καθαρά εμπειρική έκφραση. Η μέθοδος εφαρμόζεται αρχικά με την προσαρμογή μιας συνάρτησης κατανομής και εν συνεχεία με εκτίμηση των παραμέτρων της.

γ) Καθολική εκτίμηση:

Με τη μέθοδο αυτή έχουμε μια μείωση του σφάλματος κατά την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών καθώς έχουμε ταυτόχρονη εκτίμηση του συνόλου των ομβρίων καμπυλών.

Η μέθοδος χρησιμοποιείται υπό την προϋπόθεση ότι σε κάθε στοιχείο κάθε δείγματος αντιστοιχίζεται μια συγκεκριμένη περίοδος επαναφοράς. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται η εμπειρική συνάρτηση Gringorten (ή Weibul). Σε ένα δείγμα j , διατεταγμένο σε φθίνουσα σειρά, για το στοιχείο (ένταση βροχής) υπ' αριθμόν 1 (i_{ij}) η περίοδος επαναφοράς (κατά Gringorten) είναι:

$$T_{ij} = N_j + 0.12 / (1 - 0.44)$$

Κατά συνέπεια κάθε στοιχείο δείγματος περιγράφεται από μια τριάδα αριθμών (i_{ij} , T_{ij} , d_j).

Με την υπόθεση ότι είναι γνωστό το σύνολο των παραμέτρων των ομβρίων καμπυλών, από την $i = a(T)/b(d)$ για δεδομένα T_{ij} και d_j υπολογίζεται η αντίστοιχη θεωρητική ένταση

$$i = a(T_{ij})/b(d_j)$$

και το αντίστοιχο σφάλμα

$$e_{jl} = \ln i_{jl} - \ln \hat{i}_{jl} = \ln (i_{jl} / \hat{i}_{jl})$$

Ο λογαριθμικός μετασχηματισμός των εντάσεων εξυπηρετεί σε μια εξισορρόπηση των σφαλμάτων μεταξύ των εντάσεων μικρής και μεγάλης διάρκειας μιας και οι εντάσεις στις μικρές διάρκειες είναι μικρότερες.

Το καθολικό μέσο σφάλμα δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$E = 1/\kappa \sum_{j=1}^k 1/n_j \sum_{l=1}^{n_j} e_{jl}^2$$

Ο σκοπός όπως είναι φυσικό είναι η ελαχιστοποίηση του μέσου σφάλματος για την οποία και θα προσφύγουμε σε αριθμητικές μεθόδους με τη χρήση ενός αλγόριθμου αναζήτησης (μη γραμμική βελτιστοποίηση) ο οποίος με διαδοχικές προσεγγίσεις θα μας δώσει τη βέλτιστη λύση ελαχιστοποίησης του σφάλματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

4.1 Αντικείμενο-Στόχος

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τη μεθοδολογία βάσει της οποίας θα καταρτιστούν οι όμβριες καμπύλες.

Ειδικότερα, θα δοθεί έμφαση στην στατιστική κατανομή την οποία θα προσαρμόσουμε για να προχωρήσουμε στην κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών και θα γίνει αναφορά στην αιτία της επιλογής μας αυτής συνοδευόμενη από ανάλυση του θεωρητικού υπόβαθρου που τη συνοδεύει καθώς και το πως αυτό εφαρμόζεται και αξιοποιείται μέσω του λογισμικού «Υδρογνώμων». Στα παραπάνω συμπεριλαμβάνεται η εκτίμηση των παραμέτρων της κατανομής, οι διάφορες παραδοχές του λογισμικού καθώς και οι όποιες επιλογές σε αυτό έγιναν προκειμένου η κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών να είναι τεκμηριωμένη επιστημονικά και να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

4.2 Στατιστική επεξεργασία χρονοσειράς

Στην πορεία κατάρτισης όμβριων καμπυλών, το πιο βασικό στάδιο είναι ουσιαστικά ή στατιστική επεξεργασία της χρονοσειράς.

Στα πλαίσια της στατιστικής επεξεργασίας των χρονοσειρών ακολουθείται μια συγκεκριμένη διαδικασία η οποία καταρχάς απαιτεί την εύρεση των τυπικών στατιστικών χαρακτηριστικών του δείγματος. Με τον όρο τυπικά στατιστικά χαρακτηριστικά του δείγματος εννοούμε:

- το μέτρο της θέσης για το οποίο απαιτείται η εύρεση της μέσης τιμής
- το μέτρο της διακύμανσης
- το μέτρο της μορφής για το οποίο απαιτείται η ασυμμετρία και η κύρτωση.

Μετά την εύρεση των στατιστικών αυτών χαρακτηριστικών πρέπει να προσαρμοστεί ένα κατάλληλο μοντέλο θεωρητικής στατιστικής κατανομής, να υπολογιστούν οι παράμετροί της και τα παραπάνω να ελεγχθούν ως προς την προσαρμογή τους.

4.3 Επιλογή στατιστικής κατανομής για την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών

Υπάρχουν διάφοροι τύποι στατιστικών κατανομών για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών στα πλαίσια της στατιστικής επεξεργασίας της χρονοσειράς. Ανάλογα με το τι φυσικό μέγεθος περιγράφει η μεταβλητή θα γίνει και η επιλογή του κατάλληλου τύπου της θεωρητικής κατανομής μέσα από ένα πλήθος κατανομών οι οποίες και είναι διαθέσιμες στο χρήστη του λογισμικού «Υδρογνώμων» για να τις επιλέξει.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι διαθέσιμες από το λογισμικό «Υδρογνώμων» θεωρητικές κατανομές, και εν συνεχεία θα γίνει εκτενής αναφορά στην καταλληλότητά τους για προσαρμογή και τελική κατάρτιση ομβρίων καμπυλών:

α/ α	Όνομασία Κατανομής	Όνομασία Κατανομής (Αγγλική)	Παράμετροι	Αριθμ. Ανεξάρτητων Παραμέτρων	Μέθοδος Ροπών	Μέθοδος λ-Ροπών	Έμπειρη μέθοδος Ροπών
<i>Οικογένεια κανονικής κατανομής</i>							
1	Κανονική ή Gauss	Normal or Gauss	μ, σ	2	√	√	
2	Λογαριθμο-κανονική	Log-Normal	μ_y, σ_y	2	√		
3	Λογαριθμο-κανονική 3 παραμέτρων	Log-Normal 3p (Galton)	μ_y, σ_y, c	3	√		
<i>Οικογένεια κατανομής Γ</i>							
4	Εκθετική 2 παραμέτρων	Exponential	λ, ψ	2	√	√	
5	Γάμα 2 παραμέτρων	Gamma 2p	κ, λ	2	√		
6	Γάμα 3 παραμέτρων	Gamma 3p (Pearson III)	κ, λ, ψ	3	√		
7	Λογαριθμική Γάμμα 3 παραμέτρων	Log-Pearson III	κ, λ, ψ	3			√
<i>Ασυμπτωτικές κατανομές ακροτάτων</i>							
8	Μεγίστων, Ακραιών τιμών τύπου I (AT-1) ή Gumbel	Maximum, Extreme values type I (EV-1) or Gumbel	λ, ψ	2	√	√	
9	Μεγίστων, AT-2	Maximum, EV-2	κ, λ	2	√	√	
10	Μεγίστων, Γενική Ακραιών τιμών (ΓΑΤ)	Maximum, General Extreme values (GEV)	κ, λ, ψ	3 ή 2 (*)	√	√	
11	Ελαχίστων, AT-1 ή Gumbel	Minimum, EV-1 or Gumbel	λ, ψ	2	√	√	
12	Ελαχίστων, AT-3 ή Weibull	Minimum, EV-2 or Weibull	κ, λ	2	√	√	
13	Ελαχίστων, Γενική Ακραιών τιμών (ΓΑΤ)	Minimum, General Extreme values (GEV)	κ, λ, ψ	3 ή 2 (*)	√	√	
<i>Pareto</i>							
14	Pareto 3 παραμέτρων	Pareto 3p	κ, λ, ψ	3	√	√	

Από τις παραπάνω κατανομές η κάθε μία είναι κατάλληλη για διαφορετικά φυσικά μεγέθη και για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα στα οποία αναφέρονται τα μεγέθη αυτά. Έτσι και στην περίπτωσή μας για την κατάρτιση ομβρίων καμπυλών για ετήσιες μέγιστες βροχοπτώσεις υπάρχουν κάποιες θεωρητικές κατανομές οι οποίες και προσαρμόζονται καλύτερα.

Ας δούμε πιο συγκεκριμένα, ποιες θεωρητικές κατανομές είναι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες, ποιοι λόγοι οδήγησαν στη διάδοση της χρήσης τους καθώς και ποια είναι η σύγχρονη επιστημονική άποψη για την πιο καλά προσαρμούμενη θεωρητική κατανομή.

4.4 Καταλληλότητα της κατανομής Gumbel για την κατάρτιση ομβρίων καμπυλών – Η κατανομή Γ.Α.Τ (Γενική Ακραίων Τιμών) και η χρήση της

Η κατανομή Gumbel ήταν πρόσφατα, η πλέον χρησιμοποιούμενη κατανομή για την κατάρτιση ομβρίων καμπυλών. Η κατανομή περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο μαζί με την Γ.Α.Τ (Γενική Ακραίων Τιμών) και η μορφή της AT2 (Ακραίων Τιμών Τύπου 2) παρουσιάστηκε ως η πλέον κατάλληλη σύμφωνα με τις σύγχρονες επιστημονικές απόψεις (βλ. Koutsoyiannis 2004a, 2004b) για την κατάρτιση ομβρίων καμπυλών και είναι αυτή που εφαρμόστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Ποιοι είναι οι λόγοι όμως που η κατανομή Gumbel διαδόθηκε τόσο πολύ παρά την ανεπάρκειά της:

- 1) ο τύπος των χρησιμοποιούμενων μητρικών κατανομών στην Υδρολογία οι περισσότερες των οποίων ανήκουν στο πεδίο έλξης της κατανομής Gumbel και όχι της κατανομής AT2
- 2) η απλότητα στο χειρισμό αλλά και η ακρίβεια που παρέχει ο χειρισμός μιας διπαραμετρικής κατανομής όπως η Gumbel σε σχέση με μια τριπαραμετρική κατανομή όπως η AT2
- 3) η αδυναμία κατασκευής ενός γενικού γραμμικού πιθανοτικού διαγράμματος για την κατανομή AT2 μέσω του οποίου γίνεται η επιλογή και ο έλεγχος της καταλληλότητας της κατανομής.

Οι παραπάνω λόγοι και οι κυρίως οι θεωρητικοί έχουν έντονα αμφισβητηθεί σε σημείο που να θεωρείται ακατάλληλη η προσαρμογή της και να προκύπτει ως καταλληλότερη η Γ.Α.Τ (Γενική Ακραίων Τιμών) AT2. (Koutsoyiannis 2004a, 2004b).

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τις σύγχρονες επιστημονικές απόψεις από μελέτες σε μεγάλα δείγματα:

- 1) η βροχόπτωση φαίνεται να έχει μητρική κατανομή τύπου Pareto και όχι εκθετικού τύπου συνεπώς η μέχρι τώρα άποψη περί τύπου μητρικών κατανομών φαίνεται να απορρίπτεται καθώς η κατανομή Pareto ανήκει στο πεδίο έλξης της κατανομής AT2 και όχι της Gumbel [Chaouche, 2001 Chaouse et al., 2002 Coles et Al, 2003, Koutsoyiannis, 2004a]
- 2) η παράμετρος σχήματος κ μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά σταθερή σε μεγάλο κλιματικό εύρος σε μια ενιαία αποδεκτή τιμή $\kappa=0.15$ γεγονός που αίρει οποιεσδήποτε δυσκολίες της τριπαραμετρικής κατανομής AT2 σε σχέση με την διπαραμετρική κατανομή AT1
- 3) με τη σταθερή αυτή τιμή του συντελεστή σχήματος είναι δυνατή πια η κατασκευή ενός γραμμικού πιθανοτικού διαγράμματος Γ.Α.Τ (ή AT2) και άρα το πιθανοτικό διάγραμμα Gumbel μπορεί να υποκατασταθεί.
- 4) για μεγάλες περιόδους επαναφοράς η κατανομή Gumbel είναι ανεπαρκής καθώς *υπεκτιμά* σημαντικά τη βροχόπτωση σχεδιασμού σε σχέση με την κατανομή AT2 (στο υποδιπλάσιο ή και λιγότερο).

Τα προαναφερόμενα συντελούν στην επιλογή της Γ.Α.Τ (Γενική Ακραίων Τιμών) και ειδικότερα της AT2 ως της πλέον κατάλληλης θεωρητικής κατανομής για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών με σταθερό συντελεστή σχήματος $\kappa=0.15$. Η επίλυση θα γίνει με το λογισμικό «Υδρογνώμων» με τη μεθοδολογία της κατανομής και παραδοχές και επιλογές οι οποίες αναπτύσσονται τόσο στο παρόν κεφάλαιο όσο και πιο πρακτικά στο κεφάλαιο 5 στο οποίο και περιγράφονται οι λειτουργίες του λογισμικού οι σχετικές με την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών.

4.5 Η εμπειρική συνάρτηση κατανομής

Οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής μας δίνουν τις πιθανότητες μη-υπέρβασης για κάθε τιμή ταξινομημένου δείγματος σε αύξουσα σειρά χωρίς να γίνεται χρήση θεωρητικού μοντέλου. Το θεωρητικό μοντέλο έρχεται στη συνέχεια να συγκριθεί για την προσαρμογή του με τις εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής για έλεγχο της καταλληλότητάς του.

Οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής (πιθανότητες μη-υπέρβασης ταξινομημένου δείγματος σε αύξουσα σειρά) που χρησιμοποιούνται στο λογισμικό «Υδρογνώμων» είναι οι παρακάτω:

Όνομα κατανομής	Σχέση $q_i=$
Weibull	$\frac{i}{n+1}$
Blom	$1 - \frac{(n-i+1) - 0.375}{n+0.25}$
Cunnane	$1 - \frac{(n-i+1) - 0.4}{n+0.2}$
Gringorten	$1 - \frac{(n-i+1) - 0.44}{n+0.12}$

(Κουτσογιάννης 1997, σ. 117)

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε η κατανομή Weibull που θεωρείται και η απλούστερη καθώς και η πιο αμερόληπτη από τις εμπειρικές κατανομές.

4.6 Μεθοδολογία εκτίμησης των παραμέτρων θεωρητικής κατανομής

Οι παράμετροι της οποιασδήποτε θεωρητικής κατανομής εκτιμώνται με διάφορες μεθοδολογίες οι οποίες διακρίνονται ανάλογα με τους υπολογισμούς στις εξής:

- Μέθοδος των ροπών
- Έμμεση μέθοδος των ροπών
- Μέθοδος των L-Ροπών
- Μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των L-Ροπών εφαρμογή της όπως αναφέρθηκε ήδη στη Γενική Ακραίων τιμών (ΓΑΤ) Μεγίστων.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθοδολογίας είναι οι γνώση των στατιστικών χαρακτηριστικών του δείγματος. (θέση – μέση τιμή, μεταβλητότητα, ασυμμετρία, κύρτωση κ.λ.π.).

Οι L-Ροπές είναι μια σειρά παραμέτρων που εισήχθησαν από τον Hosking (1990) και φέρουν το όνομά από το γεγονός ότι παράγονται από τους γραμμικούς (linear) συνδυασμούς ενός ταξινομημένου δείγματος.

Η χρήση των L-Ροπών στην περίπτωσή μας έχει σχέση με την επιλογή του είδους της κατανομής για την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών η οποία και είναι μια κατανομή ακραίων τιμών. Ο λόγος είναι ότι είναι γενικά αποδεκτό ότι οι άλλες δύο μεθοδολογίες (Μέθοδος των ροπών και Έμμεση Μέθοδος των Ροπών) εφαρμοζόμενες σε τέτοιες κατανομές δίνουν μεγαλύτερα σφάλματα ενώ η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας απαιτεί προσεγγιστικές ή αριθμητικές μεθόδους.

Η υπολογιστική διαδικασία η οποία και ακολουθείται ουσιαστικά από το λογισμικό για τον υπολογισμό των στατιστικών παραμέτρων με τη μεθοδολογία των L-Ροπών είναι η παρακάτω:

Οι L-Ροπές υπολογίζονται σαν γραμμικοί συνδυασμοί των ΠΣΡ (Probability-Weighted Moment, PWM) και συγκεκριμένα από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\lambda_1 = \beta_0 \quad (1)$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0 \quad (2)$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \quad (3)$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad (4)$$

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία αλλά και γενικά στο λογισμικό «Υδρογνώμων» προβαίνουμε στον υπολογισμό των **τριών πρώτων L-Ροπών** καθώς δεν απαιτείται η κύρτωση για την εκτίμηση των παραμέτρων των κατανομών του συστήματος.

Οι αμερόληπτες εκτιμήσεις των ΠΣΡ δίνονται από τις σχέσεις:

$$\beta_0 = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

$$\beta_1 = \sum_{i=2}^n \frac{i-1}{n-1} x_{n-i+1} \quad (6)$$

$$\beta_2 = \sum_{i=3}^n \frac{(i-1)(i-2)}{(n-1)(n-2)} x_{n-i+1} \quad (7)$$

Παρατηρούμε ότι ο υπολογισμός όλων των Π.Σ.Ρ είναι γραμμικοί συνδυασμοί των τιμών του δείγματος (δεν υπεισέρχονται δυνάμεις π.χ τετράγωνα ή κύβοι όπως στις συνήθεις ροπές) πράγμα που αυξάνει την ακρίβεια των εκτιμήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

5.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στο λογισμικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών και την εξαγωγή συμπερασμάτων στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία. Η όλη αναφορά θα περιοριστεί στο αντικείμενο της μεταπτυχιακής εργασίας παρότι οι δυνατότητες του παρόντος λογισμικού επεκτείνονται σε πολλούς άλλους επιστημονικούς τομείς πέρα από την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών.

Για να γίνουμε πιο σαφείς, το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι ο «Υδρογνώμων», ένα λογισμικό με πολλές δυνατότητες οι οποίες επιγραμματικά θα μπορούσαν να συνοψιστούν στα παρακάτω:

- Τυποποίηση δεδομένων χρονοσειρών
- Έλεγχος ομογενοποίηση δεδομένων
- Χειρισμός χρονοσειρών
- Καμπύλες στάθμης-παροχής-παρεμβολές
- Μοντέλα εκτίμησης της εξατμοδιαπνοής
- Παλινδρόμηση-Συμπλήρωση-Επέκταση χρονοσειρών
- Υδατικά ισοζύγια
- Στατιστική επεξεργασία χρονοσειρών
- Κατάρτιση ομβρίων καμπυλών

Για την παρούσα μεταπτυχιακή εργασία η χρησιμοποιούμενη εφαρμογή είναι η κατάρτιση ομβρίων καμπυλών με σαφή χρησιμοποίηση δυνατοτήτων που αφορούν στο χειρισμό των χρονοσειρών καθώς ως γνωστό τα όλα δεδομένα υψών βροχόπτωσης δίνονται με τη μορφή χρονοσειρών με συγκεκριμένο βήμα από το οποίο με τις δυνατότητες του προγράμματος ακολουθείται μια διαδικασία που οδηγεί στην παραγωγή των τελικών καμπυλών.

Το λογισμικό «Υδρογνώμων» μπορεί να αναγνωριστεί από λειτουργικά συστήματα Microsoft Windows NT ή νεότερα. Η όλη του λειτουργία είναι εύχρηστη με περιβάλλον που χρησιμοποιεί παράθυρα, μενού, κουμπιά και άλλα προσιτά στο χρήστη μέσα. Δίδεται επίσης

η δυνατότητα στο χρήστη για σύνδεση με τη βάση δεδομένων με τη δήλωση στο πρόγραμμα ενός ονόματος χρήστη (username) και ενός κωδικού (password) για διευκόλυνση στη συλλογή δεδομένων και επεξεργασία. Σε κάθε περίπτωση, οι χρήστες έχουν διάφορες δυνατότητες από το να μπορούν να αναγνώσουν και μόνο τα διάφορα δεδομένα μέχρις ότου να μπορούν να τα τροποποιούν.

5.2 Επεξεργασία χρονοσειρών

Μια από τις δυνατότητες του προγράμματος η οποία αποτελεί στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία και την αφετηρία για την εξαγωγή των όμβριων καμπυλών είναι η επεξεργασία των χρονοσειρών.

Το λογισμικό «Υδρογνώμων» παρέχει ένα πλήθος από λειτουργίες στις χρονοσειρές που καταχωρούνται όπως είναι επιγραμματικά οι παρακάτω:

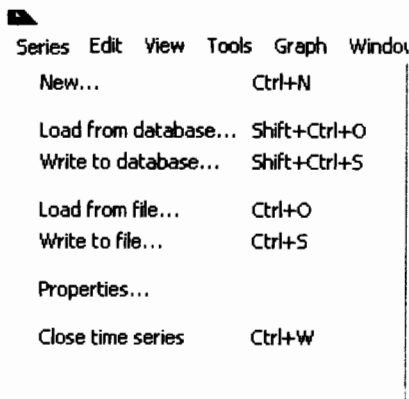
- η διαχείριση των χρονοσειρών
- η επέμβαση και επεξεργασία των δεδομένων των χρονοσειρών
- η διενέργεια υπολογισμών
- η αποθήκευση των χρονοσειρών στη βάση δεδομένων ή σε εξωτερικά αρχεία

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία θα γίνει αναφορά στις συγκεκριμένες λειτουργίες του προγράμματος «Υδρογνώμων» ως προς την επεξεργασία των χρονοσειρών οι οποίες και χρησιμοποιήθηκαν για την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί οι λειτουργίες του προγράμματος εκτείνονται σε πολλά υδρολογικά θέματα.

Οι χρονοσειρές που χρησιμοποιήθηκαν, είτε τα δεδομένα τους προέρχονταν από βροχογράφους, είτε από βροχόμετρα δίνονταν με μηνιαίο βήμα και συνεπώς ήταν απαραίτητη μετά την καταχώρησή τους στο λογισμικό μια διαδικασία τόσο για τη μετατροπή της χρονοσειράς σε χρονοσειρά με ετήσιο βήμα όσο και μετέπειτα για την τελική κατάρτιση των όμβριων καμπυλών και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Μερικές από τις λειτουργίες της επεξεργασίας των χρονοσειρών που χρησιμοποιήθηκαν, συνοδευόμενες με τα αντίστοιχα menu του λογισμικού είναι οι παρακάτω:

5.2.1 Menu: Series [Χρονοσειρά]

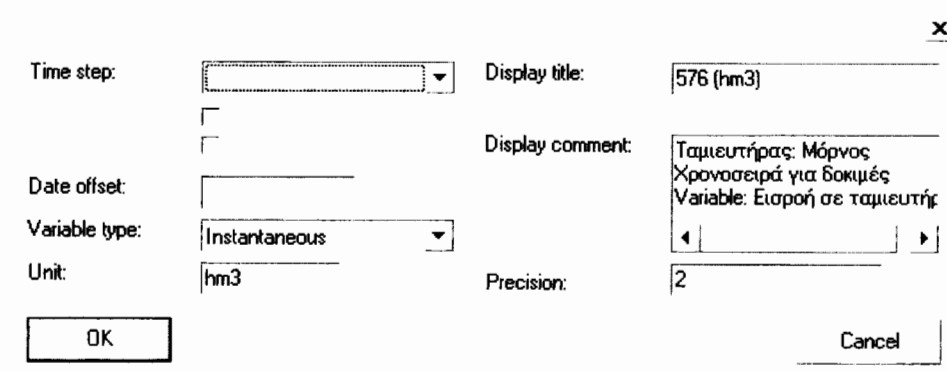


Σχήμα 5.1: Περιεχόμενα του Menu: “Series”.

Είναι το εναρκτήριο μενού που θα χρησιμοποιηθεί για την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών.

Με την επιλογή *Load from file [Άνοιγμα από αρχείο]* ανακτάται η χρησιμοποιούμενη χρονοσειρά σε μορφή κειμένου και μπορεί πια να ξεκινήσει η οποιαδήποτε επεξεργασία της.

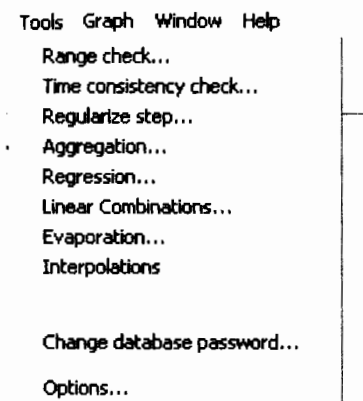
Στη συνέχεια με την επιλογή *Properties [Ιδιότητες]* από το μενού “Series” εμφανίζεται η καρτέλα με τις ιδιότητες της χρονοσειράς με την οποία και γίνονται οι οποιοσδήποτε τροποποιήσεις που αφορούν την ενεργή χρονοσειρά.



Σχήμα 5.2: Φόρμα τροποποίησης των ιδιοτήτων της χρονοσειράς.

Στη συνέχεια, επειδή οι χρησιμοποιούμενες χρονοσειρές είναι σε μηνιαίο βήμα είναι απαραίτητη η μετατροπή τους σε χρονοσειρές με ετήσιο βήμα για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών. Η παραπάνω λειτουργία γίνεται με το λογισμικό «Υδρογνώμων» από το μενού Tools.

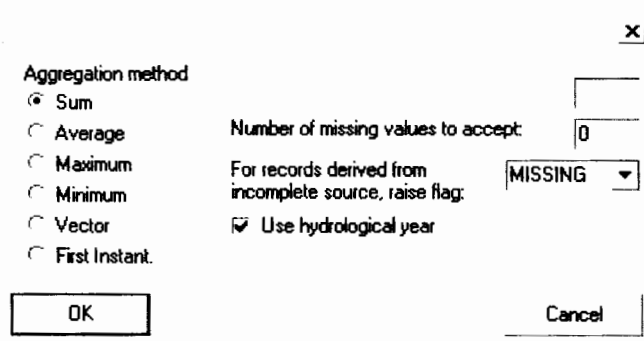
5.2.2 Menu: Tools [Εργαλεία]



Σχήμα 5.3: Περιεχόμενα του Menu: Tools

Με την επιλογή *Tools-Aggregation [Εργαλεία- Ενέργειες χρονοσειρών-Συνάθροιση]* πραγματοποιείται η λειτουργία της συνάθροισης δηλαδή της παραγωγής μιας χρονοσειράς μεγαλύτερου χρονικού βήματος π.χ συνολικά αθροίσματα, μέσες τιμές, ελάχιστα ή μέγιστα στιγμιαίων μεταβλητών κλπ.

Το νέο χρονικό βήμα μετά την συνάθροιση θα είναι μίας τάξης μεγέθους μεγαλύτερο σύμφωνα με την σειρά: δεκάλεπτο→ ωριαίο→ ημερήσιο→ μηνιαίο→ ετήσιο. Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία έχουμε τη συνάθροιση χρονοσειρών μηνιαίων σε ετήσιες.



Σχήμα 5.4: Συνάθροιση χρονοσειρών - εξαγωγή χρονοσειράς μεγαλύτερου χρονικού βήματος

Η επιλογή του μενού που χρησιμοποιήθηκε είναι η *Maximum Aggregation method* [Συνάθροιση Μέγιστη]

Προϋπόθεση για τη συνάθροιση των χρονοσειρών είναι αυτές να έχουν αυστηρό χρονικό βήμα (time step strict), ενώ πρέπει να σημειωθεί και το μέγιστο πλήθος ελλειπουσών τιμών ώστε η συναθροισμένη τιμή να είναι αποδεκτή. [*Number of missing values to accept*].

Μια άλλη λειτουργία του προγράμματος η οποία και χρησιμοποιήθηκε κατά την εξέταση των βροχογράφων προκειμένου να διαμορφωθεί ένα ενοποιημένο δείγμα κατάλληλο για επεξεργασία όπως θα αναλυθεί και περαιτέρω στο κεφάλαιο 6 είναι αυτό των γραμμικών πράξεων μεταξύ των χρονοσειρών.

Η επιλογή είναι "*Tools - Linear Combinations*" [Εργαλεία- Ενέργειες Χρονοσειρών – Γραμμικές Πράξεις].

Constant Coefficient	20
60 ()	1
61 ()	1

OK Cancel

Σχήμα 5.5: Γραμμικοί συντελεστές για τις γραμμικές πράξεις

Οι γραμμικές πράξεις συνοψίζονται στην παρακάτω σχέση:

$$v = c + a_1 * v_1 + a_2 * v_2 + \dots + a_n * v_n$$

όπου c ένας σταθερός όρος, v_1, v_2, \dots, v_n n χρονοσειρές και $a_1 \dots a_n$ οι n πολλαπλασιαστικοί συντελεστές.

Ο σταθερός όρος εισάγεται στο πεδίο "Constant Coefficient" ενώ οι πολλαπλασιαστικοί συντελεστές στα πεδία δεξιά των τίτλων των χρονοσειρών.

5.3 Ορισμός Χρονοσειρών για όμβριες

Μετά το άνοιγμα των καταχωρημένων χρονοσειρών και την όποια επεξεργασία τους, με δεδομένο ότι έχουμε στη διάθεσή μας χρονοσειρές που αντιστοιχούν σε διάφορες χρονικές διάρκειες (5m, 10m, 15m, 30m, 1h, 2h, 6h, 12h, 24h), με ετήσιο πια βήμα είμαστε σε θέση να προχωρήσουμε στην κατάρτιση ομβρίων καμπυλών.

Η επιλογή μας θα είναι *Tools-Statistics-IDF Curves* [Εργαλεία- Στατιστικά –Όμβριες καμπύλες]. Η καρτέλα που θα εμφανιστεί θα έχει μια καταγραφή των διαθέσιμων χρονοσειρών [ύψη βροχόπτωσης], της διάρκειας [λεπτά-ώρες] και κάποιων άλλων παραμέτρων όπως φαίνεται στο σχήμα και με την επιλογή *Add [Πρόσθεσε]* θα γίνει η μετατροπή στις αντίστοιχες εντάσεις και εν συνεχεία η παραγωγή των ομβρίων καμπυλών με την επιλογή *IDF Curves [Όμβριες]*.

Ας αναφερθούμε όμως πιο συγκεκριμένα στην πρακτική σημασία μερικών από τις επιλογές που εμφανίζονται σε αυτή την καρτέλα καθώς ουσιαστικά πρόκειται για τις τελικές ρυθμίσεις που θα λάβει υπ' όψιν του το λογισμικό πριν την τελική παραγωγή των ομβρίων καμπυλών.

Ευκρίνεια

Με την επιλογή αυτή ζητείται από το πρόγραμμα να λάβει υπ' όψιν του ή όχι την επίδραση της χρονικής ευκρίνειας.

Αν επιλέξουμε ευκρίνεια άγνωστη ζητείται από το πρόγραμμα να προχωρήσει χωρίς να τη λάβει υπ' όψιν του ενώ σε αντίθετη περίπτωση προχωράμε σε προσδιορισμό της σε λεπτά ή ώρες.

Είναι γνωστό πως οι χρονοσειρές μεγίστης έντασης που προκύπτουν μέσα από εξίσωση που λαμβάνει υπ' όψιν της τη χρονική ευκρίνεια (Κουτσογιάννης, 1997) είναι υποεκτιμημένες και η υποεκτίμησή τους είναι σχετική με το πόσο η διάρκεια βροχόπτωσης πλησιάζει τη χρονική ευκρίνεια. Η ποσοτική έκφραση του παραπάνω δίνεται μέσω του λόγου d/δ όπου d είναι η διάρκεια της βροχόπτωσης και δ είναι η χρονική ευκρίνεια. Τιμές αυτού του συντελεστή έχουν βρεθεί από έρευνες στην Αμερική και δίνονται στη βιβλιογραφία (Linsley et Al, 1975, σ.375) από όπου προέρχεται και ο πίνακας που δίνεται παρακάτω:

Πίνακας: Τιμές του συντελεστή άρσης του σφάλματος διακριτοποίησης

Λόγος διάρκειας προς ευκρίνεια (d/δ)	Συντελεστής άρσης του σφάλματος διακριτοποίησης
1	1.13
2	1.04
3-4	1.03
5-8	1.02
9-24	1.01

Έλεγχος συνέπειας:

Με την επιλογή αυτή ζητείται από το πρόγραμμα να εξετάσει αν οι δοσμένες χρονοσειρές είναι συνεπείς ή αν παρακάμπτεται η εξέταση της συνέπειάς τους.

Πιο συγκεκριμένα, συνεπείς είναι οι χρονοσειρές για τις οποίες ισχύουν τα παρακάτω:

- 1) $h(d_1) > h(d_2)$ για $d_1 > d_2$: Όταν αυξάνεται η διάρκεια d , οι τιμές των μέγιστων υψών βροχόπτωσης για κάθε έτος χωριστά αυξάνονται και αυτές
- 2) $i(d_1) < i(d_2)$ για $d_1 > d_2$: Οι εντάσεις βροχόπτωσης είναι φθίνουσες για αντίστοιχη αύξηση της διάρκειας

Με τον παραπάνω έλεγχο έχουμε μια πρώτη ένδειξη για την αξιοπιστία των δεδομένων που χρησιμοποιήσαμε.

Χρήση η,θ

Το πρόγραμμα μας παρέχει τη δυνατότητα να παράγουμε τα η και θ κανονικά από την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών ή να θέσουμε ρητά τα η και θ που θέλουμε να έχει η χρονοσειρά που χρησιμοποιούμε και με αυτά να γίνει και η κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών.

Στην πρώτη περίπτωση απαιτείται η παρουσία ενός ελάχιστου αριθμού χρονοσειρών ο οποίος και προσδιορίζεται σε δύο. Με τη δεύτερη περίπτωση με τη χρήση των σταθερών η και θ μπορεί να προβούμε σε κατάρτιση όμβριας καμπύλης με χρήση μιας και μόνης χρονοσειράς [παραγωγή ομβρίων καμπυλών σε βροχόμετρο].

Κατάρτιση όμβριων καμπυλών

Με μόνο την επιλογή *IDF Curves* [Όμβριες] στην καρτέλα *ΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΓΙΑ ΟΜΒΡΙΕΣ* παράγονται εάν δεν υπάρξει κάποιο λάθος ή παράλειψη στα οριζόμενα στοιχεία οι όμβριες καμπύλες με τα δεδομένα των χρονοσειρών που εισάγαμε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΩΝ

6.1 Εφαρμογή της μεθοδολογίας στα νησιά του Αιγαίου

Με εφαρμογή της θεωρητικής κατανομής της Γ.Α.Τ (Γενική Ακραίων Τιμών) της οποίας την επιλογή τεκμηριώσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο αλλά και με μεθοδολογία που περιγράφηκε τόσο στο κεφάλαιο 4 όσο και στο κεφάλαιο 5 που έγινε ειδική μνεία στο πρόγραμμα «Υδρογνώμων» και τις εφαρμογές του στην κατάρτιση ομβρίων καμπυλών, θα προχωρήσουμε σε επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων βροχογράφων και βροχομέτρων για την κατάρτιση ομβρίων καμπυλών στα νησιά του Αιγαίου.

Ο στόχος είναι με τη συλλογή όλων των διαθέσιμων δεδομένων να καταρτιστούν όμβριες καμπύλες τόσο για κάθε νησί στο οποίο διαθέτουμε δεδομένα όσο και να γίνει προσπάθεια σταθεροποίησης κάποιων από τις παραμέτρους για παραγωγή καθολικά αποδεκτών όμβριων καμπυλών που θα είναι δυνατόν να εφαρμοστούν και σε άλλα νησιά του Αιγαίου με αρκετά καλή προσέγγιση.

Σε τούτο έτσι και αλλιώς συνηγορεί το γεγονός ότι δεν είναι διαθέσιμα για όλα τα νησιά δεδομένα από αριθμό ετών που να μας εξασφαλίζει ικανοποιητική αξιοπιστία και συνεπώς η δημιουργία ενός ενοποιημένου δείγματος με τη διαδικασία που θα περιγραφεί μετέπειτα κρίνεται ως επιστημονικά αρτιότερη.

6.2 Επεξεργασία δεδομένων βροχογράφων

Σε ένα πρώτο στάδιο θα γίνει επεξεργασία των δεδομένων των βροχογράφων για τα νησιά του Αιγαίου που είναι διαθέσιμα και για τα αντίστοιχα έτη όπου και θα γίνει κατάρτιση ομβρίων καμπυλών για καθένα από αυτά ξεχωριστά.

Κατά την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών θα δοθούν για καθένα από τα διαθέσιμα νησιά τα εξής:

- η εξίσωση της προκύπτουσας όμβριας καμπύλης
- τα στατιστικά χαρακτηριστικά του δείγματος και οι παράμετροι της θεωρητικής κατανομής με χρήση των L-Ροπών

- το διάγραμμα κατανομής για διαφορετικές διάρκειες (θα παρουσιάζεται το διάγραμμα κατανομής ανά τρεις διάρκειες)
- η μορφή της όμβριας καμπύλης για διάφορες περιόδους επαναφοράς

Τα διαθέσιμα νησιά στα οποία θα γίνει η επεξεργασία των δεδομένων βροχογράφων καθώς και τα αντίστοιχα έτη στα οποία θα λάβει αυτή χώρα φαίνονται από τον παρακάτω πίνακα:

ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΔΙΑΡΚΕΙΕΣ
ΧΙΟΣ	1972-1987	5m-10m-15m-30m-1h-2h-6h-12h-24h
ΣΑΜΟΣ	1972-1987	5m-10m-15m-30m-1h-2h-6h-12h-24h
ΜΗΛΟΣ	1972-1987	5m-10m-15m-30m-1h-2h-6h-12h-24h
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	1960-1987 (με έλλειψη των περιόδων 1968-1969 και 1969-1970)	5m-10m-15m-30m-1h-2h-6h-12h-24h
ΛΗΜΝΟΣ	1960-1987 (με έλλειψη των περιόδων 1968-1969 και 1969-1970)	5m-10m-15m-1h-2h-6h-12h-24h

Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν με τη χρήση του λογισμικού κατά την επεξεργασία των δεδομένων των βροχογράφων για το κάθε νησί είναι συγκεντρωμένα στο Παράρτημα 2. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε τα αποτελέσματα της κατάρτισης ομβρίων καμπυλών για το νησί της Λήμνου και με όμοιο τρόπο θα γίνεται και η κατάρτιση και για τα επόμενα νησιά στα οποία είναι διαθέσιμα δεδομένα από βροχογράφο. Οι σχετικοί υπολογισμοί και τα αποτελέσματα παρατίθενται στο Παράρτημα 2.

ΛΗΜΝΟΣ

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος όλων των διαρκειών

Μέση τιμή:21.73

Τυπική απόκλιση:12.27

Ασυμμετρία:2.48

L-Ροπή 1: 21.73

L-Ροπή 2:5.61

L-Ροπή 3:2.2

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=6.9$

$\psi=2.4$

Παράμετροι συνάρτησης διάρκειας

$n=0.691$ και $\theta=0.061$

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης που προέκυψε με τη χρήση του ανωτέρω λογισμικού είναι η παρακάτω:

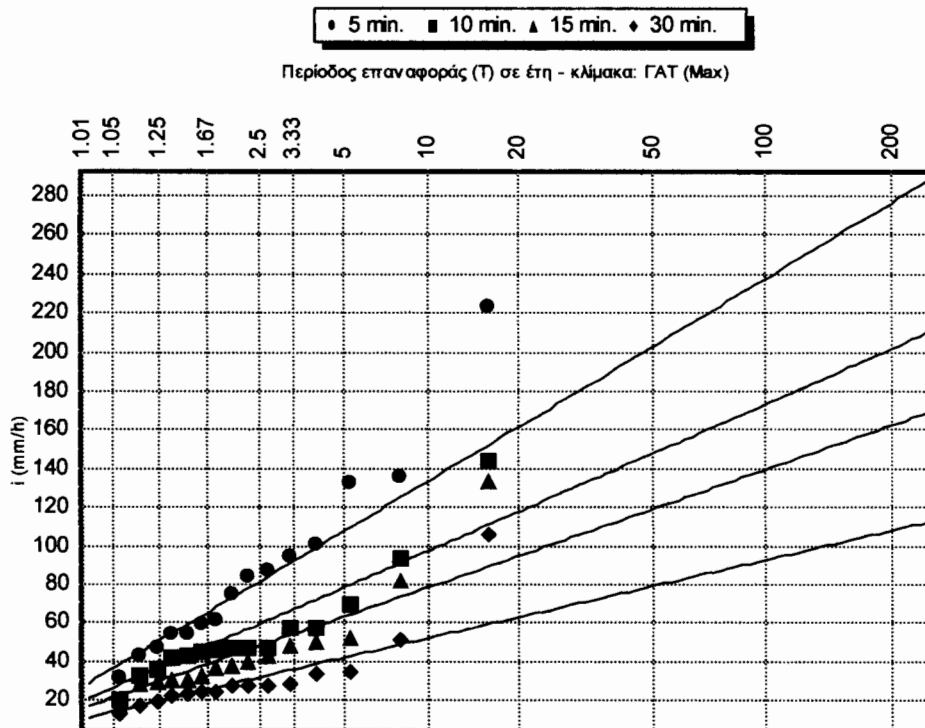
$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.061)^{0.691}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς.

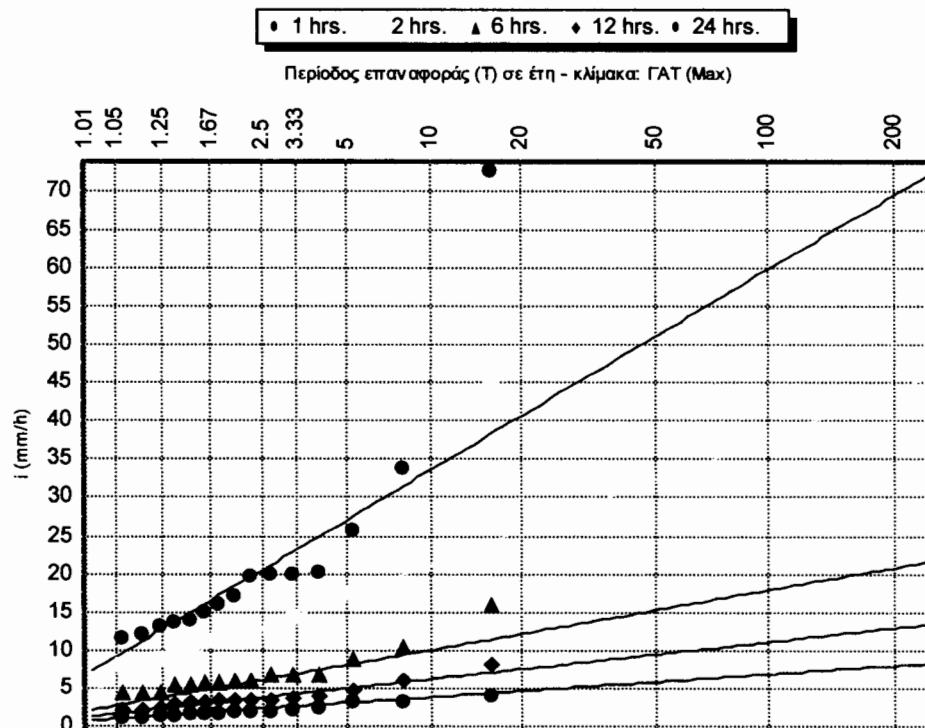
Πιο συγκεκριμένα:

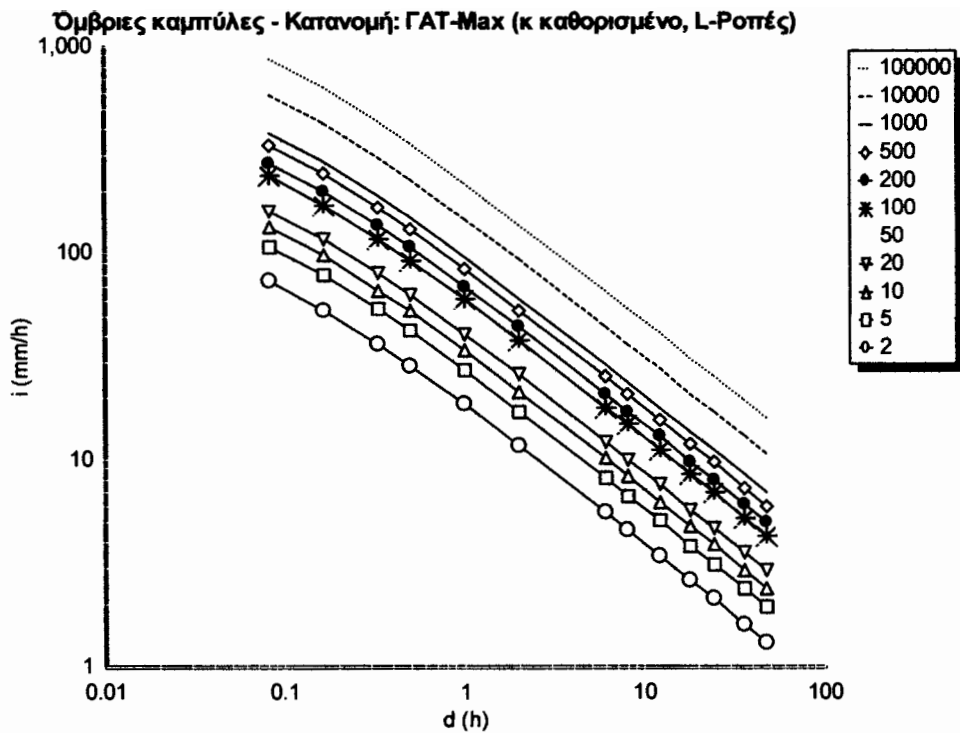
T	α
2	19.16
5	28.16
10	35.03
20	42.38
50	53.15
100	62.27
200	72.36
500	87.38
1000	100.19
10000	153.69
100000	229.24

Διάγραμμα κατανομής (για διάρκειες 5-10-15-30 min)



Διάγραμμα κατανομής (για διάρκειες 1-2-6-12-24 h)





Παρατηρούμε ότι οι παράμετροι της συνάρτησης $b(d)$ του παρονομαστή των όμβριων καμπυλών (η και θ) έχουν παρόμοιες τιμές για όλους τους σταθμούς που εξετάστηκαν όπως φαίνεται και από τον παρακάτω πίνακα στον οποίο παρατίθενται και οι άλλες παράμετροι:

Πίνακας: Συγκεντρωτικές παράμετροι όμβριων καμπυλών κατασκευασμένων από δεδομένα βροχογράφων με ανεξάρτητη επεξεργασία κάθε σταθμού

	η	θ	κ	λ	ψ
ΛΗΜΝΟΣ	0.691	0.061	0.15	6.9	2.4
ΜΗΛΟΣ	0.714	0.043	0.15	4.92	3.15
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	0.71	0.001	0.15	6.82	3.23
ΧΙΟΣ	0.749	0.099	0.15	11.62	1.91
ΣΑΜΟΣ	0.76	0.116	0.15	9.89	2.57

Οι μικροδιαφορές που εντοπίζονται μπορούν να θεωρηθούν αποτέλεσμα στατιστικού σφάλματος μόνο. Αυτό μας επιτρέπει την υπόθεση σταθεροποίησης των παραμέτρων η και θ για όλο το Αιγαίο. Με αυτή την υπόθεση μπορούμε να εκτιμήσουμε με πιο ακριβή τρόπο τις τιμές των η και θ χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα τα δείγματα όλων των σταθμών (ενοποίηση των δειγμάτων).

Από την ενοποίηση όλων των παραπάνω δειγμάτων προκύπτει μια ενιαία μαθηματική έκφραση με εφαρμογή συγκεκριμένης μεθοδολογίας η οποία και θα εξυπηρετεί πολλαπλούς σκοπούς:

- 1) θα αίρει οποιαδήποτε αμφιβολία ως προς το διαθέσιμο μέγεθος του δείγματος των βροχογράφων
- 2) θα είναι πιο γενική αφού θα αφορά ένα σύνολο νησιών

Για την ορθότητα της ενοποίησης αυτής θα υπάρχει εκ των υστέρων έλεγχος καθώς θα είναι δυνατή η οποιαδήποτε σύγκριση εμπειρικών και θεωρητικών συναρτήσεων κατανομής.

Η συνένωση των δεδομένων των νησιών θα γίνει με την παρακάτω διαδικασία:

- 1) Βρίσκουμε το μέσο όρο των μεγίστων ετήσιων υψών βροχόπτωσης για διάρκεια 24h σε κάθε νησί με βάση τα δεδομένα των βροχογράφων.
- 2) Θεωρούμε βάση ένα εξ αυτών και συγκεκριμένα τη Λήμνο και καταστρώνουμε αντίστοιχους συντελεστές με τους οποίους αν πολλαπλασιαστεί ο μέσος όρος των μεγίστων ετήσιων υψών βροχόπτωσης για διάρκεια 24h στα υπόλοιπα νησιά θα εξισωθεί με αυτόν της Λήμνου.

(ο συντελεστής της Λήμνου είναι 1)

Οι συντελεστές αυτοί για τα υπόλοιπα νησιά παίρνουν τις εξής τιμές:

ΜΗΛΟΣ	1.17
ΜΥΤΙΑΗΝΗ	0.7
ΧΙΟΣ	0.767
ΣΑΜΟΣ	0.76

Στη συνέχεια πολλαπλασιάζουμε τα δεδομένα που αναφέρονται σε κάθε διάρκεια ξεχωριστά (5m, 10m, 15m, 30m, 1h, 2h, 6h, 12h, 24h) με αυτούς τους συντελεστές (με τη χρήση των γραμμικών πράξεων) στο πρόγραμμα «Υδρογνώμων» και έτσι προκύπτει ένα ενιαίο δείγμα και για τα πέντε νησιά για κάθε μία διάρκεια ξεχωριστά. Στο ενοποιημένο αυτό

δείγμα θα γίνει κατάρτιση όμβριας καμπύλης όπου θα προκύψουν και οι ενιαίες παράμετροι η και θ .

ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΔΕΙΓΜΑ

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος όλων των διαρκειών

Μέση τιμή:21.83

Τυπική απόκλιση:10.69

Ασυμμετρία:1.96

L-Ροπή 1:21.83

L-Ροπή 2:5.41

L-Ροπή 3:1.27

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=6.65$

$\psi=2.53$

Παράμετροι συνάρτησης διάρκειας

$n=0.726$ και $\theta=0.070$

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης που προέκυψε με τη χρήση του ανωτέρω λογισμικού είναι η παρακάτω:

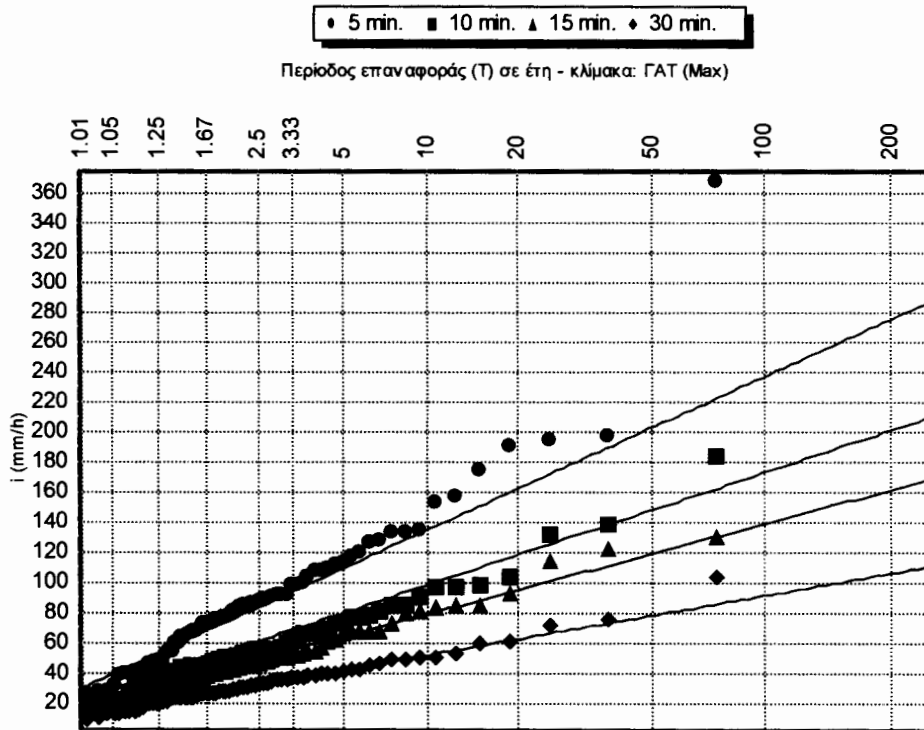
$$i(\text{mm/h})=\alpha/(d+0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

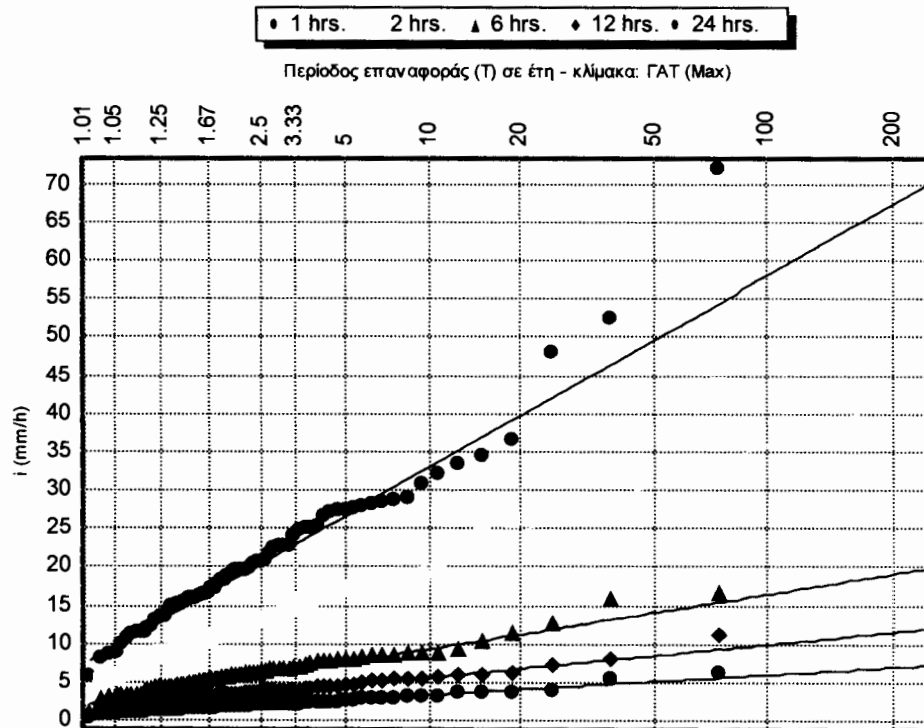
Πιο συγκεκριμένα:

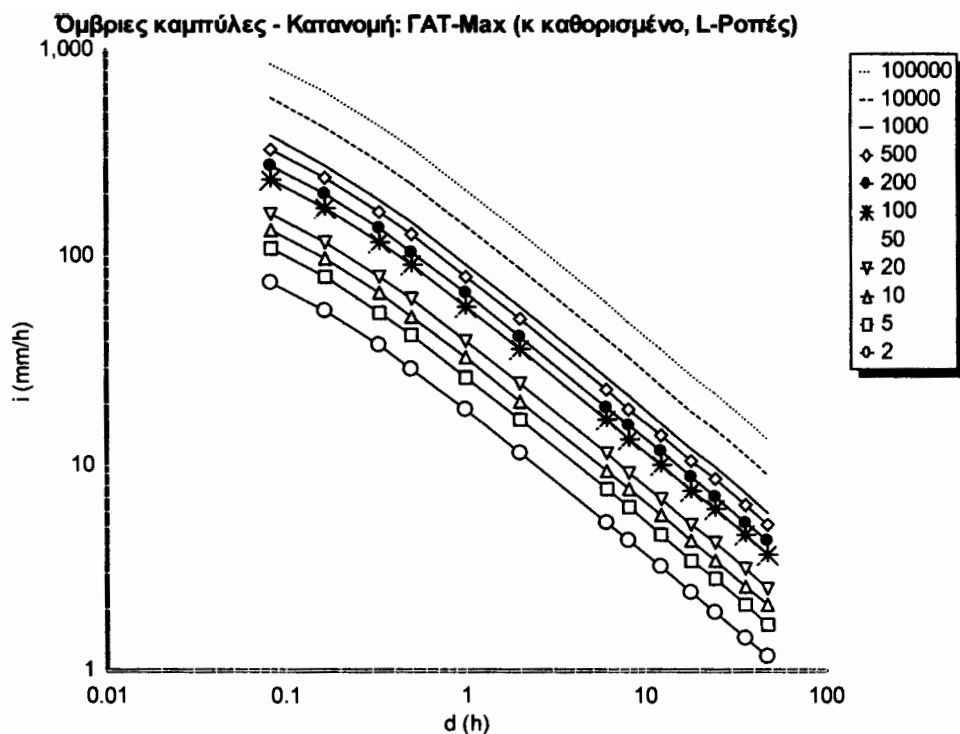
T	α
2	19.35
5	28.04
10	34.65
20	41.74
50	52.13
100	60.93
200	70.66
500	85.15
1000	97.50
10000	149.09

Διάγραμμα κατανομής (για διάρκειες 5-10-15-30 m)



Διάγραμμα κατανομής (για διάρκειες 1-2-6-12-24 h)





6.3 Επεξεργασία δεδομένων βροχομέτρων

Στη συνέχεια θα γίνει επεξεργασία των δεδομένων των βροχομέτρων για τα οποία έχουμε δεδομένα και σε άλλα νησιά και για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους.

Για την επεξεργασία των δεδομένων των βροχομέτρων θα γίνει χρήση των η και θ τα οποία και προέκυψαν από την επεξεργασία των βροχογράφων και είναι αποδεκτά προκειμένου να είναι δυνατή η ανάλυση της κάθε χρονοσειράς (24h) για το κάθε διαθέσιμο νησί, καθώς σε διαφορετική περίπτωση το λογισμικό «Υδρογνώμων» θα απαιτούσε την παρουσία δύο χρονοσειρών προκειμένου να προχωρήσει στην κατάρτιση των όμβριων καμπυλών.

Τα η και θ έχουν προκύψει από την ανάλυση των βροχογράφων με το ενοποιημένο δείγμα και μπορούν να εφαρμοστούν με αρκετά καλή προσέγγιση και για τα υπόλοιπα νησιά στα οποία διαθέτουμε δεδομένα από βροχόμετρα αλλά όχι από βροχογράφους.

Τα διαθέσιμα νησιά στα οποία θα γίνει η επεξεργασία των δεδομένων βροχομέτρων καθώς και τα αντίστοιχα έτη στα οποία θα λάβει αυτή χώρα φαίνονται από τον παρακάτω πίνακα:

ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΩΝ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΔΙΑΡΚΕΙΕΣ
ΘΗΡΑ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΛΗΜΝΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΧΙΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΣΚΥΡΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΣΑΜΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΡΟΔΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΝΑΞΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h
ΜΗΛΟΣ	1965-1990	Μηνιαία μέγιστα 24h

Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν με τη χρήση του λογισμικού κατά την επεξεργασία των δεδομένων των βροχομέτρων είναι συγκεντρωμένα στο Παράρτημα 2. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε τα αποτελέσματα της κατάρτισης ομβρίων καμπυλών για το νησί της Λήμνου και με όμοιο τρόπο θα γίνει και η κατάρτιση και για τα επόμενα νησιά στα οποία είναι διαθέσιμα δεδομένα από βροχόμετρο ενώ συγκριτικές απεικονίσεις των αποτελεσμάτων από την επεξεργασία δεδομένων βροχογράφων και βροχομέτρων παρατίθενται μετά την εξέταση του νησιού της Λήμνου.

ΛΗΜΝΟΣ

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος όλων των διαρκειών

Μέση τιμή:24.51

Τυπική απόκλιση:12.67

Ασυμμετρία:2.52

L-Ροπή 1: 24.51

L-Ροπή 2:5.75

L-Ροπή 3:2.41

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=7.08$

$\psi=2.71$

Παράμετροι συνάρτησης διάρκειας

$n=0.726$ και $\theta=0.070$

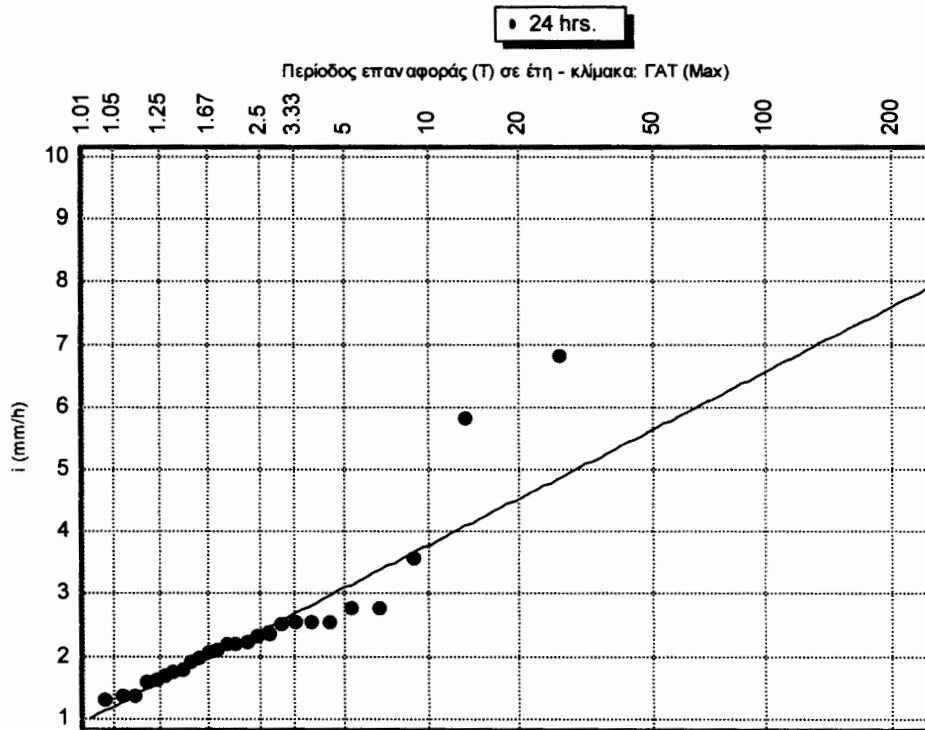
Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = a / (d + 0.070)^{0.726}$$

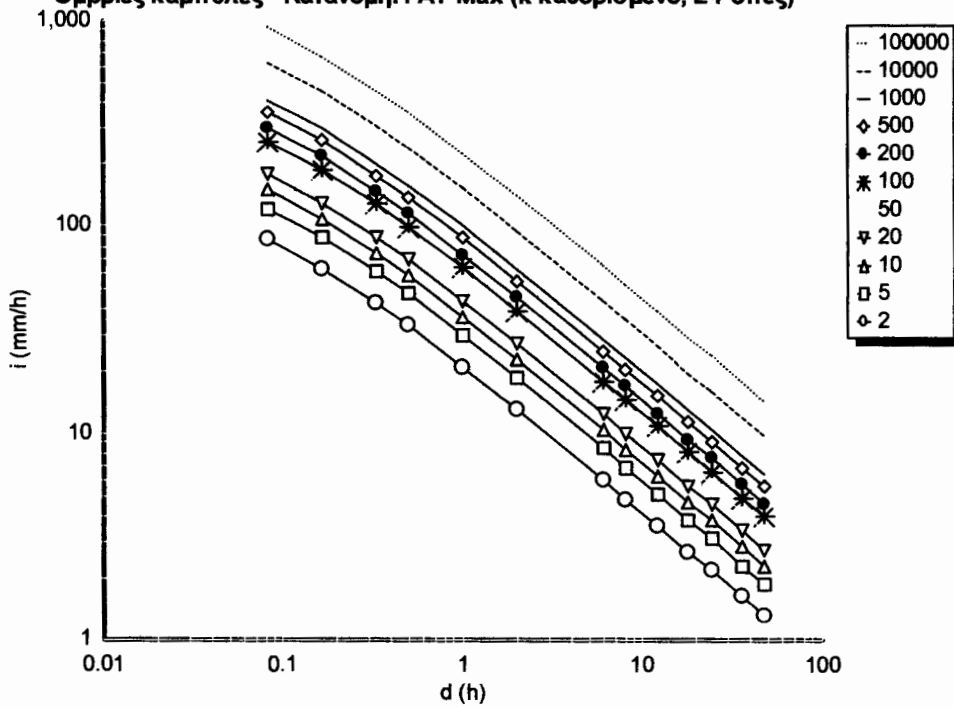
όπου το a παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	21.87
5	31.11
10	38.14
20	45.68
50	56.73
100	66.08
200	76.42
500	91.83
1000	104.97
10000	159.82
100000	237.29

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)

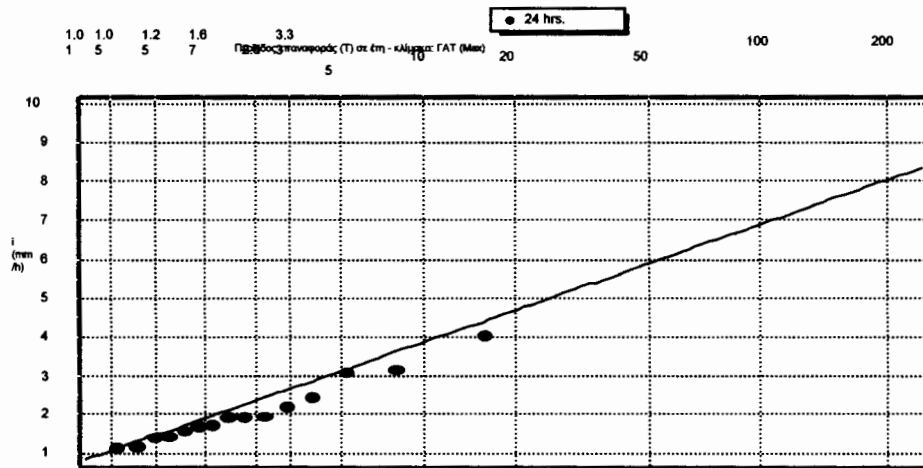


Όμβριες καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ροπέζ)

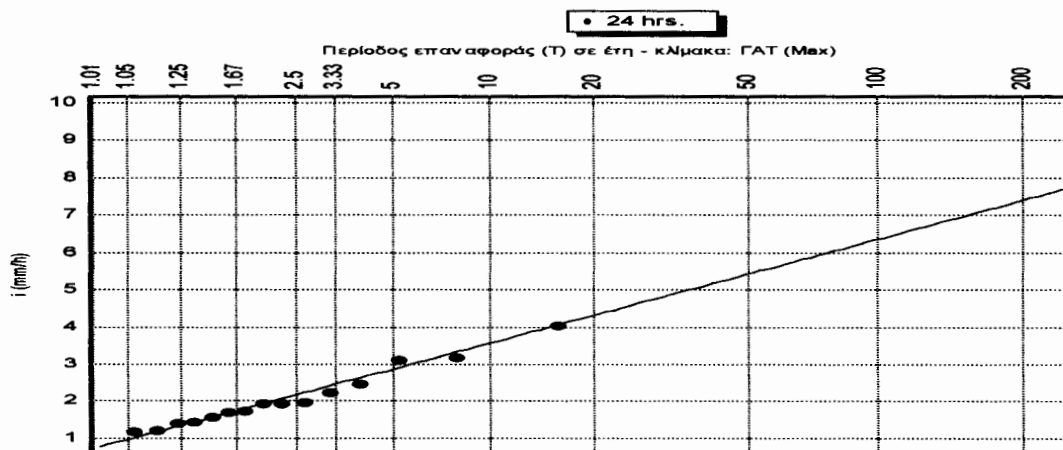


ΛΗΜΝΟΣ

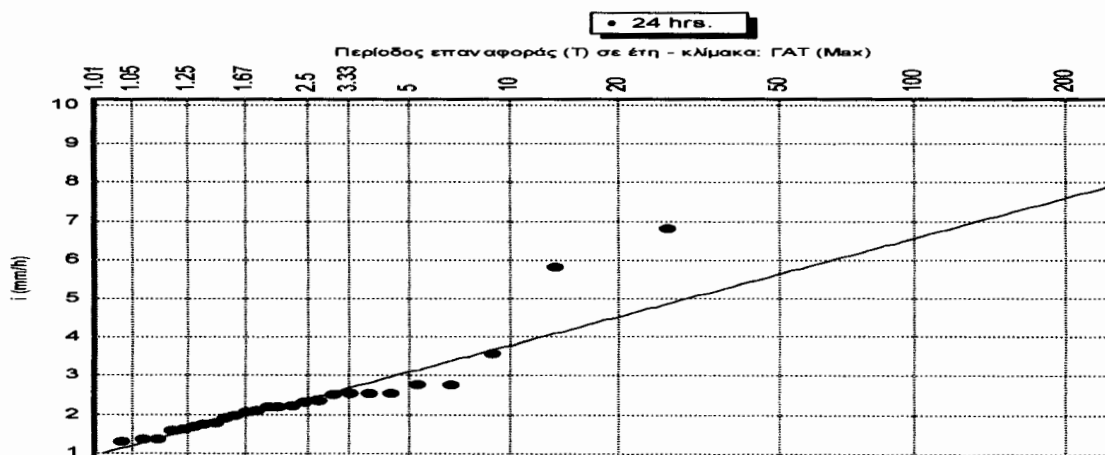
ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ (η και θ προκύπτουν)



ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ (η και θ από ενοποιημένο δείγμα)

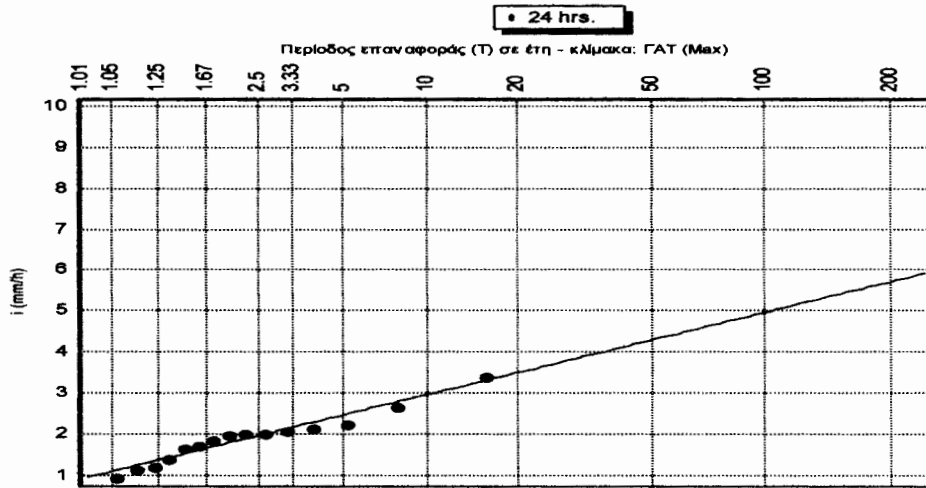


ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ (η και θ από ενοποιημένο δείγμα)

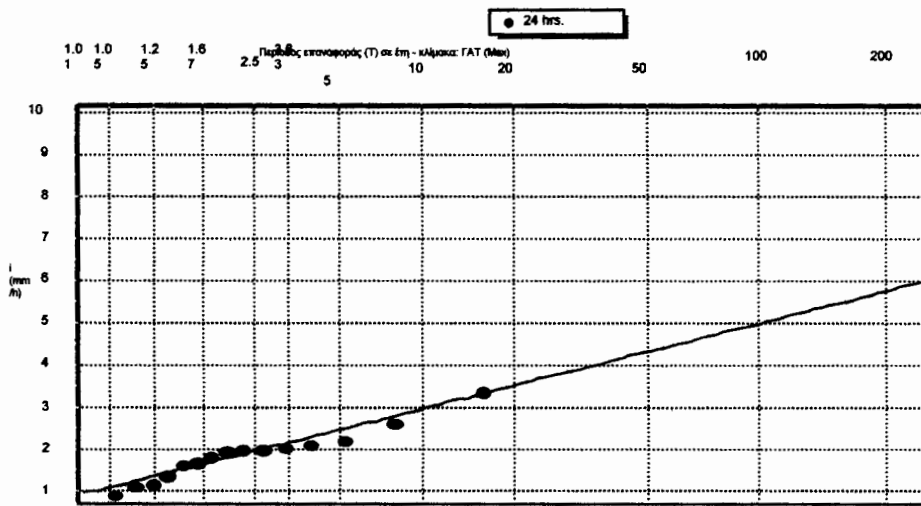


ΜΗΛΟΣ

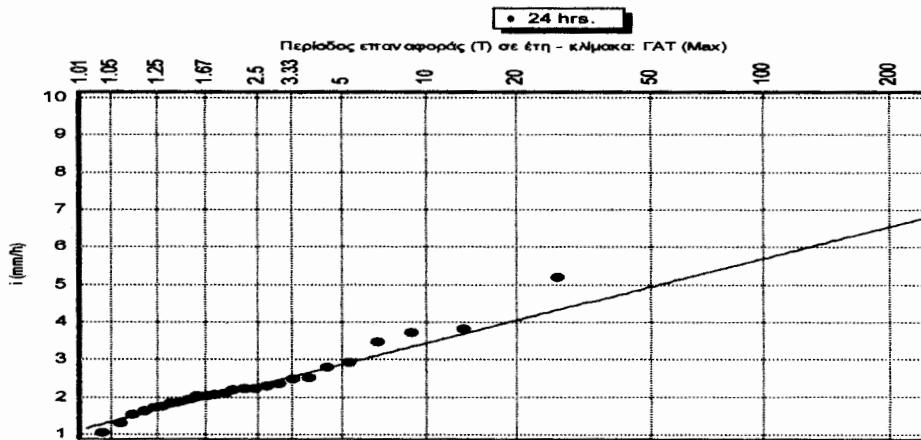
ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ (η και θ προκύπτουν)



ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ (η και θ από ενοποιημένο δείγμα)

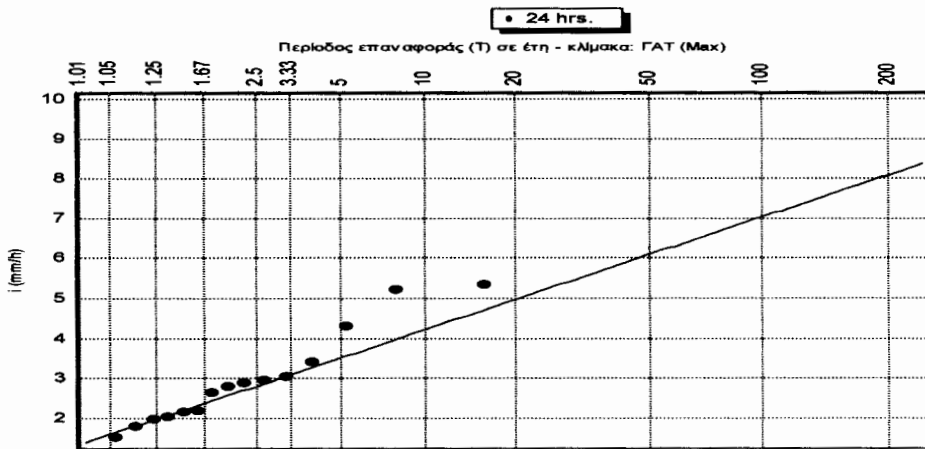


ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ (η και θ από ενοποιημένο δείγμα)

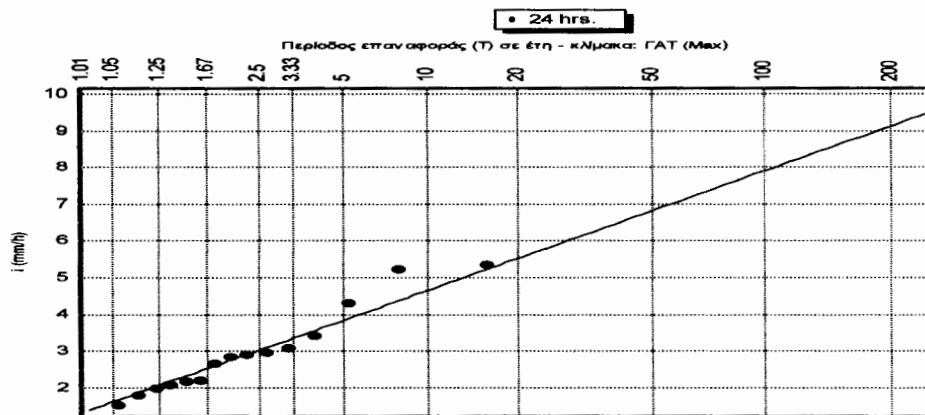


ΜΥΤΙΑΛΗΝΗ

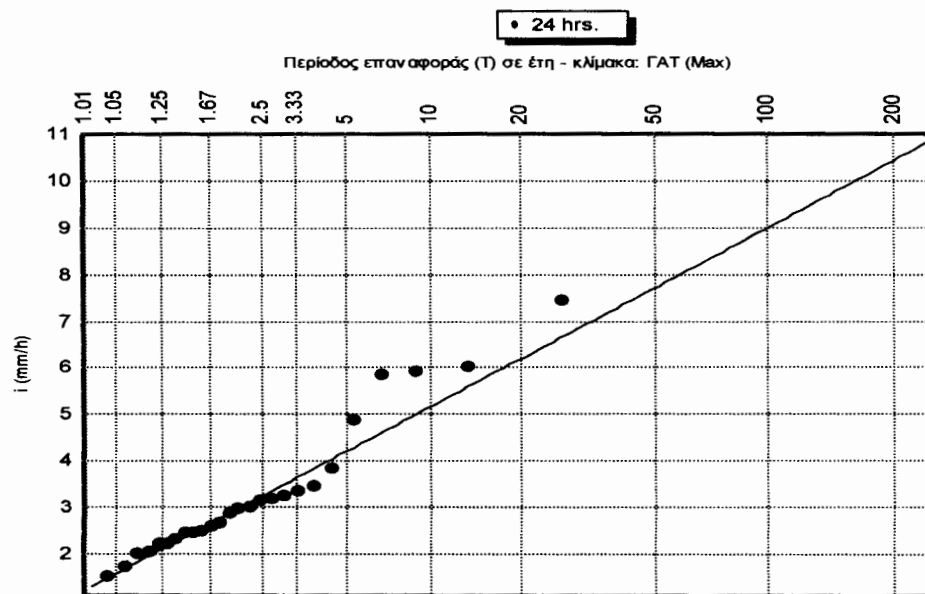
ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ (η και θ προκύπτουν)



ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ (η και θ από ενοποιημένο δείγμα)

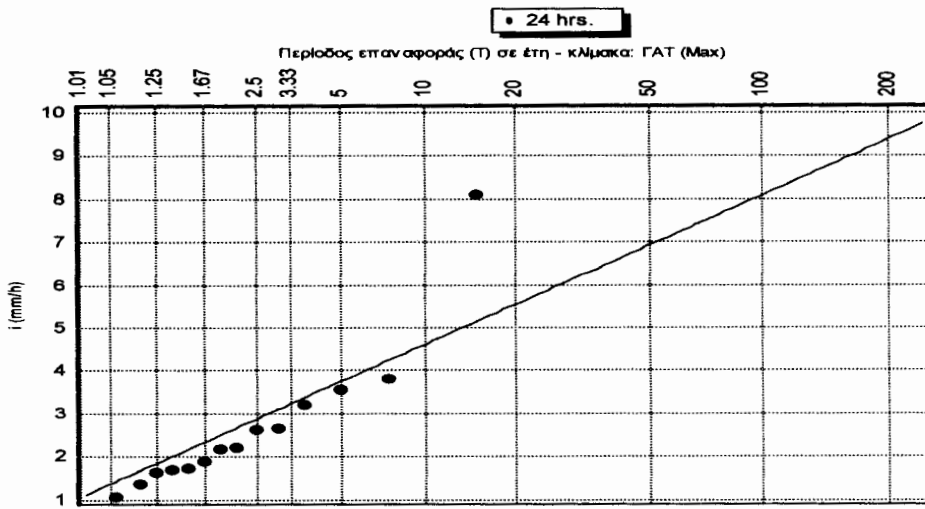


ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ (η και θ από ενοποιημένο δείγμα)

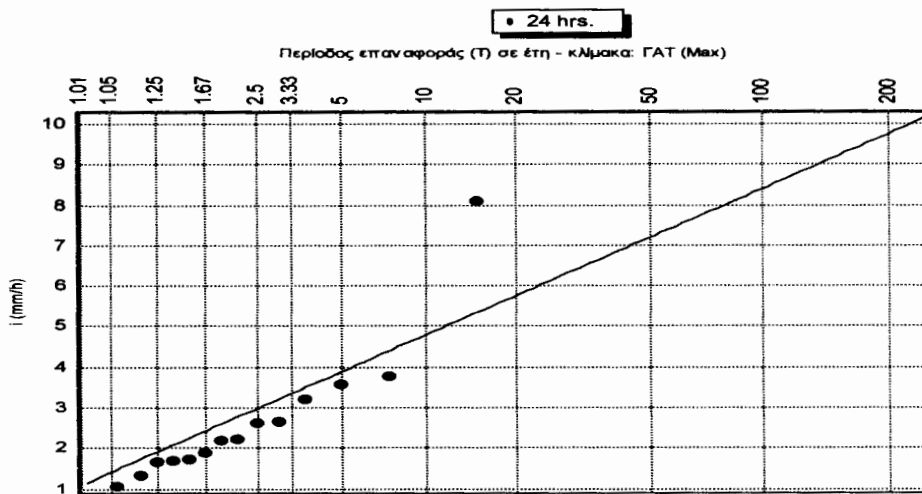


ΣΑΜΟΣ

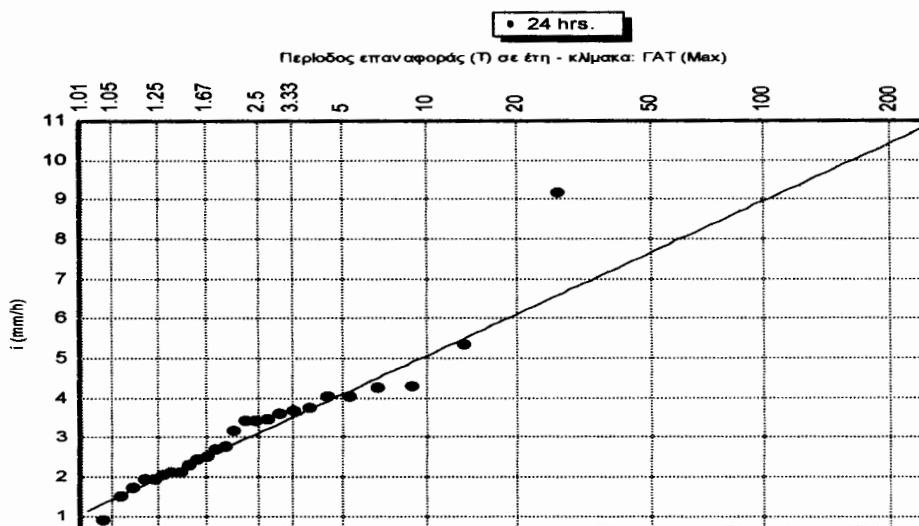
ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ (η και θ προκύπτουν)



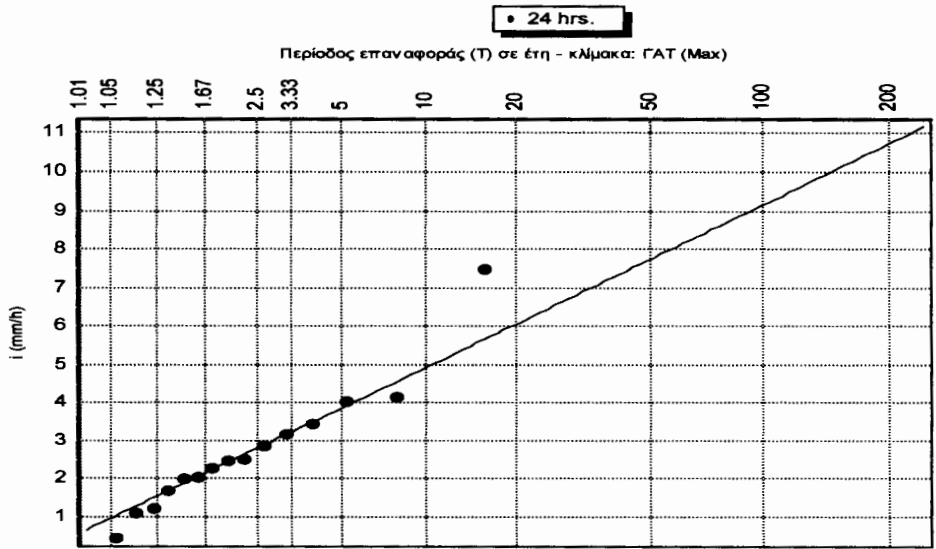
ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ (η και θ από ενοποιημένο δείγμα)



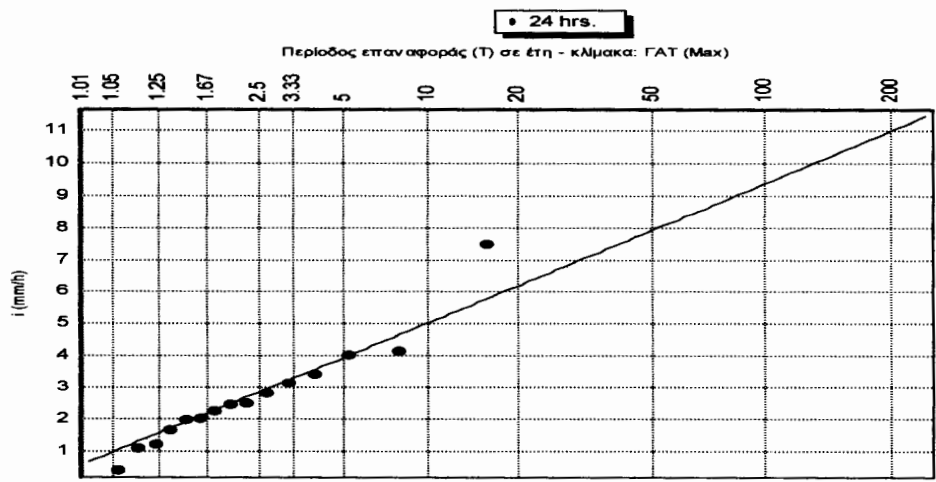
ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ (η και θ από ενοποιημένο δείγμα)



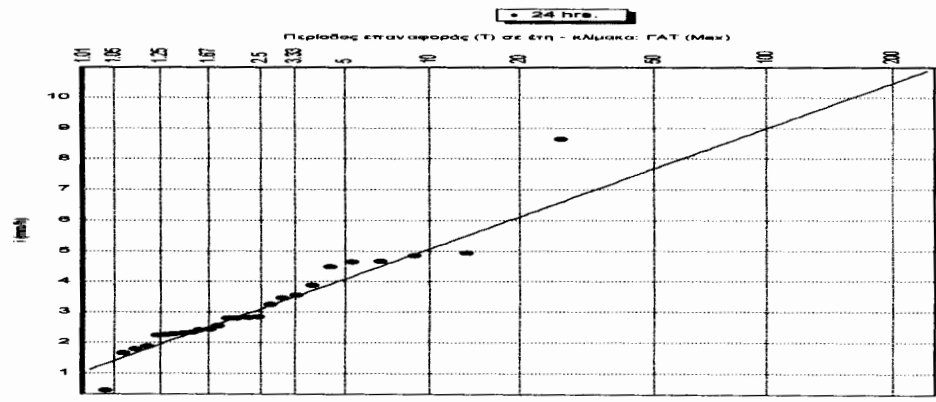
ΧΙΟΣ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ (η και θ προκύπτουν)



ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ (η και θ από ενοποιημένο δείγμα)



ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ (η και θ από ενοποιημένο δείγμα)



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΧΑΡΤΕΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

7.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα προβούμε σε μια κατασκευή χαρτών απεικόνισης των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών.

Στο χάρτη τοποθετήσαμε το σύνολο των σταθμών βροχομέτρων το οποίο είναι πολύ πυκνότερο από αυτό των βροχογράφων. Οι παράμετροι των βροχομέτρων η και θ ως γνωστό σταθεροποιήθηκαν από το ενοποιημένο δείγμα των βροχογράφων.

7.2 Χάρτες ισοϋέτιων καμπυλών για μέγιστα ύψη βροχής

Η περιοχή του Αιγαίου θεωρήθηκε ως ομογενής περιοχή ως προς τις παραμέτρους $\eta=0.726$, $\theta=0.070$ και $\kappa=0.15$ ενώ οι παράμετροι ψ και λ θεωρούμε ότι μεταβάλλονται από σημείο σε σημείο.

Στον παρακάτω πίνακα υπολογίσαμε τα ύψη βροχόπτωσης για τις παρακάτω δύο περιπτώσεις:

- $d=24h$, $T=5$ έτη $h(24h, 5$ έτη)
- $d=24h$, $T=10$ έτη $h(24h, 10$ έτη)

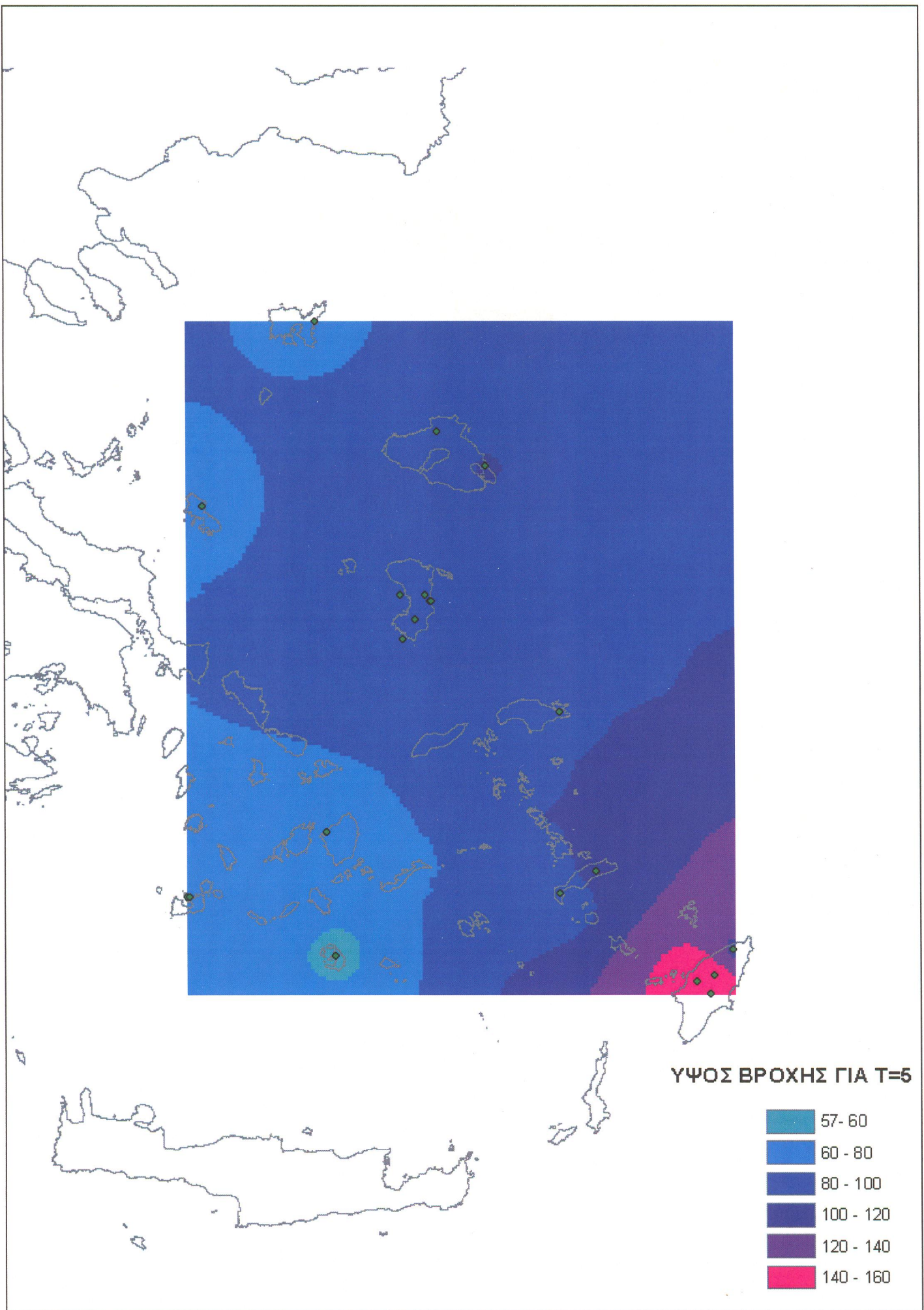
όπου: d = Διάρκεια σε ώρες

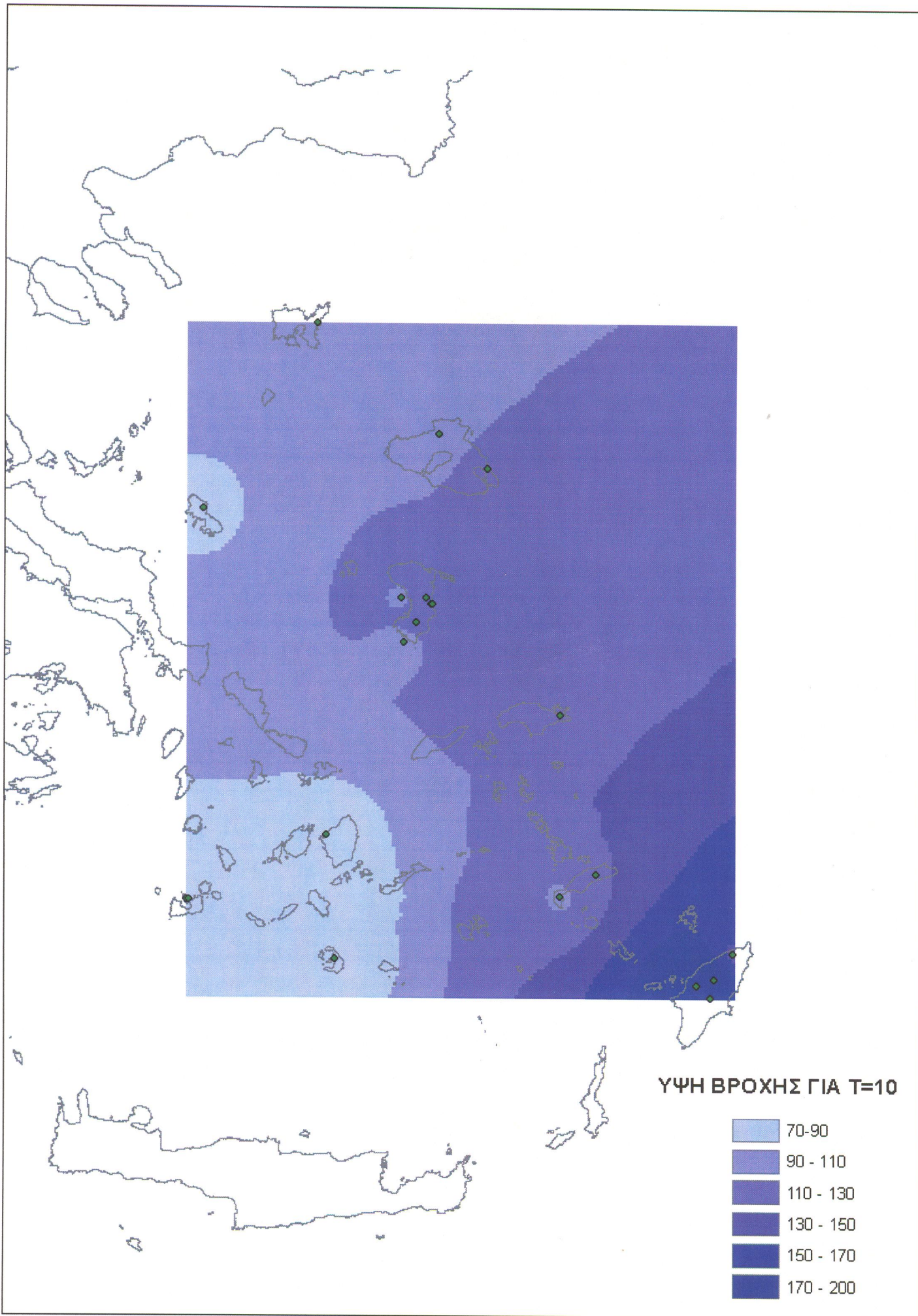
T = Περίοδος επαναφοράς σε έτη

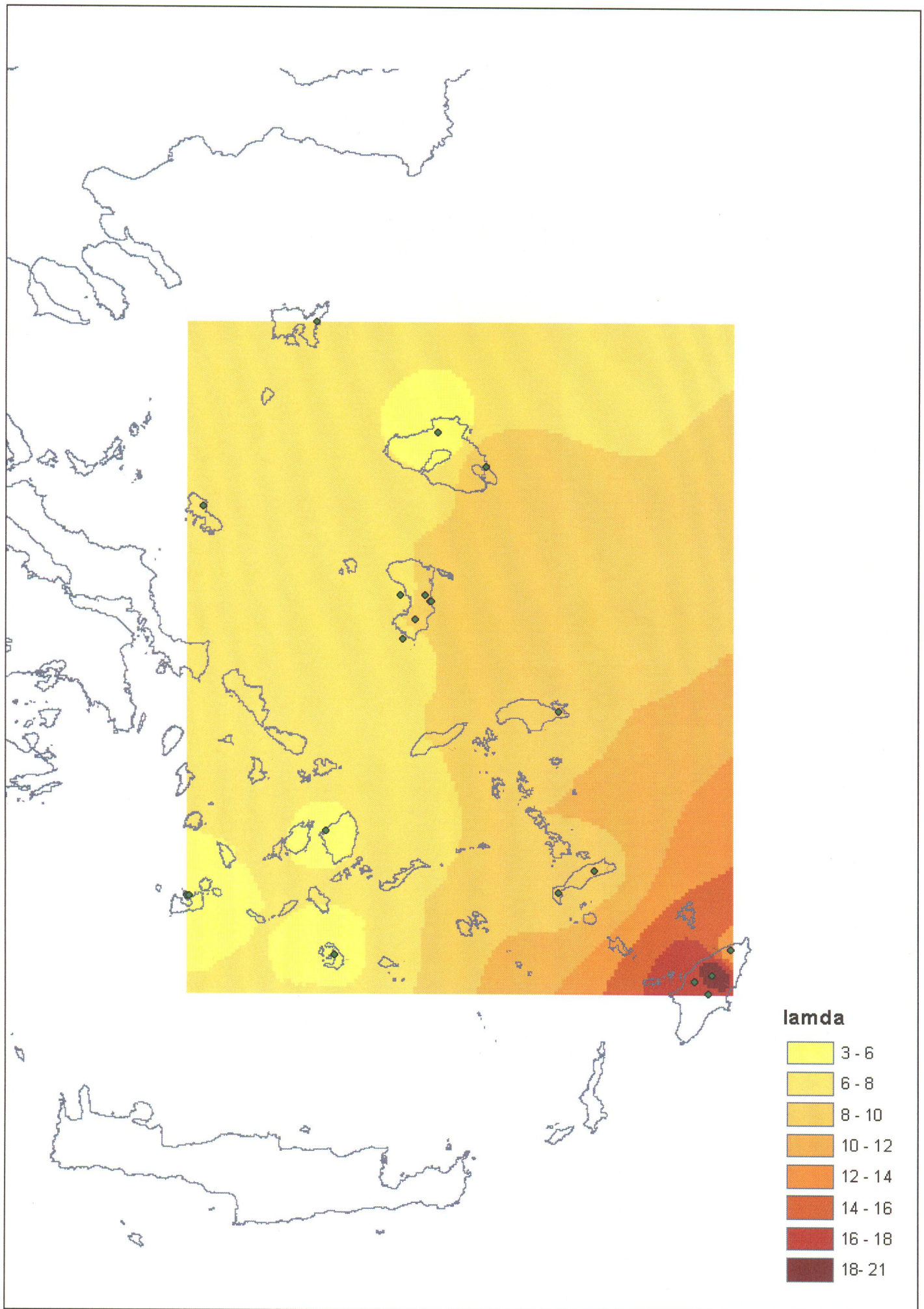
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2.1 Ύψη βροχής στους βροχομετρικούς σταθμούς

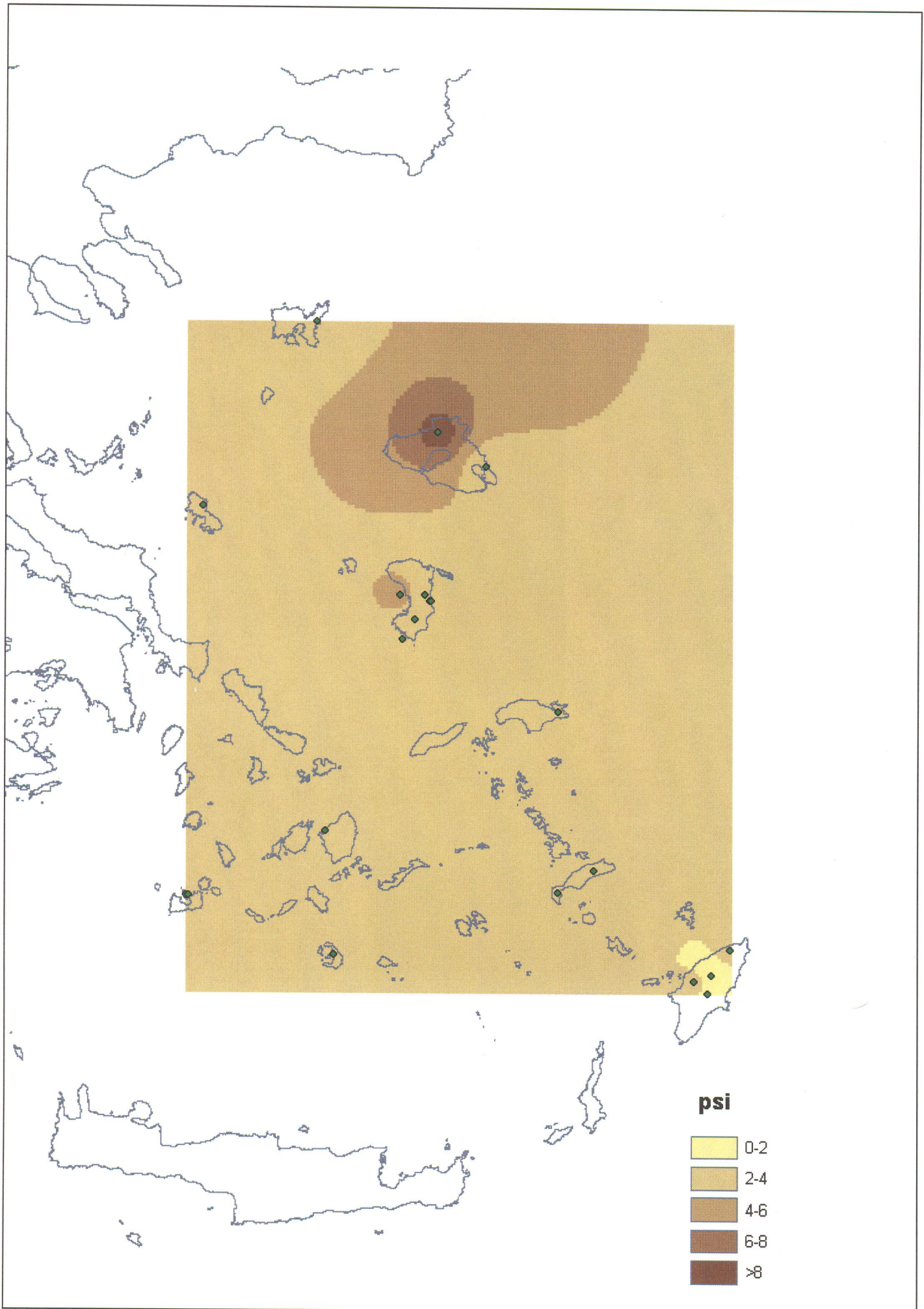
α/α	Σταθμοί	h (mm) (24h, 5 έτη)	h (mm) (24h, 10 έτη)
1	ΘΗΡΑ	57.42	70.58
2	ΛΗΜΝΟΣ	74.16	90.92
3	ΧΙΟΣ	97.81	121.55
4	ΣΚΥΡΟΣ	68.75	83.07
5	ΣΑΜΟΣ	98.09	121.64
6	ΡΟΔΟΣ	115.90	144.65
7	ΝΑΞΟΣ	63.55	77.07
8	ΜΥΤΙΛΗΝΗ	100.67	123.69
9	ΜΗΛΟΣ	68.96	82.64
10	ΑΠΟΛΛΩΝΩΝ	142.52	191.39
11	ΑΣΦΑΝΤΙΟ	108.36	129.84
12	ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑ	70.30	90.18
13	ΒΑΒΥΛΟΙ	93.25	113.42
14	ΕΜΠΩΝΑΣ	159.93	200.35
15	ΚΑΡΥΕΣ	97.45	116.14
16	ΚΕΦΑΛΟΣ	80.79	106.91
17	ΛΑΕΡΜΑ	151.68	193.15
18	ΝΕΑ ΜΟΝΗ	93.35	106.98
19	ΠΥΡΓΙ	88.60	104.07
20	ΣΤΥΠΣΗ	84.79	92.85

Στη συνέχεια με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού προγράμματος (G.I.S) τοποθετούμε τα ύψη βροχής στις αντίστοιχες θέσεις και προκύπτουν οι χάρτες που παραθέτουμε παρακάτω και οι οποίοι μας δείχνουν τα μέγιστα ύψη 24ωρης βροχόπτωσης για περιόδους επαναφοράς 5 και 10 έτη. Η όλη εργασία έγινε στις εγκαταστάσεις του τομέα υδατικών πόρων του ΕΜΠ και οι παραγόμενοι χάρτες παρατίθενται ακολούθως.









7.3 Σχολιασμός του συνόλου των χαρτών που προέκυψαν

Οι χάρτες οι οποίοι παρήχθησαν με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος (G.I.S) απεικονίζουν τα παρακάτω:

- ύψη βροχόπτωσης για $d=24h$, $T=5$ έτη
- ύψη βροχόπτωσης για $d=24h$, $T=10$ έτη
- κατανομή της παραμέτρου λ στα νησιά του Αιγαίου
- κατανομή της παραμέτρου ψ στα νησιά του Αιγαίου

Από τους παραγόμενους χάρτες που αφορούν τα ύψη βροχόπτωσης προκύπτει πως τα περισσότερα νησιά κινούνται σε ύψη βροχόπτωσης από 60-80 mm για περίοδο επαναφοράς $T=5$ ενώ από 90-110 mm για περίοδο επαναφοράς $T=10$. Μεγαλύτερη βροχόπτωση προκύπτει από τους χάρτες για το νησί της Ρόδου όπως και είναι φυσικό από τα βροχομετρικά δεδομένα καθώς οι διαθέσιμοι σταθμοί του νησιού δίνουν μεγάλη βροχόπτωση.

Η παράμετρος του λ παρατηρείται μεγαλύτερη στα σημεία που έχουμε μεγαλύτερη βροχόπτωση. Οι πιο συχνές τιμές του λ είναι μεταξύ 6 και 10, ένα εύρος που αφορά το μεγαλύτερο σχεδόν τμήμα των νησιών του Αιγαίου.

Τέλος, η παράμετρος του ψ παραμένει πρακτικά σταθερή σε όλο το Αιγαίο με συχνότερες τιμές μεταξύ 2 και 4.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία που αφορά στην κατάρτιση ομβρίων καμυλών στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου, μαζί με άλλες που έχουν διενεργηθεί για άλλες περιοχές, συνέβαλε τόσο στο σχετικό επιστημονικό υπόβαθρο όσο και στην προσπάθεια συνολικής αποτύπωσης της συμπεριφοράς των βροχοπτώσεων στην Ελλάδα, καλύπτοντας ένα μεγάλο και αδικαιολόγητο κενό που υπάρχει σε αυτό το θέμα.

Όσον αφορά στο επιστημονικό υπόβαθρο, η όλη ανάλυση πραγματοποιήθηκε με την προσαρμογή της πιο σύγχρονα αποδεκτής θεωρητικής κατανομής (Γενική Ακραιών Τιμών) και με τη χρήση ενός νέου και εύχρηστου λογισμικού που αυτοματοποίησε κατά πολύ τον όγκο των επεξεργασιών καθώς και προσέδωσε μεγαλύτερη αξιοπιστία στα αποτελέσματα.

Τα αποτελέσματα προέκυψαν από το σύνολο των δεδομένων που ήταν δυνατόν να συγκεντρωθούν και με γνώμονα πάντοτε την αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος. Κατά την πορεία κατάστρωσης των ομβρίων καμυλών, έγινε φανερή η δυνατότητα σταθεροποίησης των παραμέτρων η και θ μέσω της δημιουργίας ενός ενοποιημένου δείγματος που σαφώς ήταν πιο αντιπροσωπευτικό ενώ με τη χρήση του πυκνότερου δικτύου των βροχομέτρων (με τις σταθεροποιημένες παραμέτρους) τα αποτελέσματα απέκτησαν ακόμα μεγαλύτερη αξιοπιστία. Σε κάθε περίπτωση, όμβριες καμπύλες είναι διαθέσιμες και για κάθε νησί στο οποίο έχουμε διαθέσιμα δεδομένα αλλά και συνολικά για όλη την περιοχή του Αιγαίου, μετά από γεωγραφικές παρεμβολές που έγιναν με σύστημα γεωγραφικής πληροφoρίας, ενώ είναι διαθέσιμες και οι συγκρίσεις ανάμεσα στα αποτελέσματα που προέκυψαν τόσο με τη χρήση βροχογράφων όσο και βροχομέτρων στα νησιά στα οποία έχουμε δεδομένα και από τις δύο πηγές. Ο προσδιορισμός των παραμέτρων η και θ απαιτεί υποχρεωτικά δεδομένα από βροχογράφους ενώ οι υπόλοιπες παράμετροι μπορούν να προσδιοριστούν τόσο από βροχόμετρα όσο και από βροχογράφους. Για τις υπόλοιπες παραμέτρους, τα βροχόμετρα παρουσιάζονται ως πιο αξιόπιστα λόγω του γεγονότος ότι διαθέτουμε μετρήσεις για περισσότερα χρόνια για αυτό και η χάραξη των τελικών ισοϋέτιων καμυλών έγινε με τη χρήση των παραμέτρων των όμβριων καμυλών που προέκυψαν από τα δεδομένα των βροχομέτρων. Από την απεικόνιση των παραγόμενων χαρτών με το λογισμικό φαίνεται πως μεγαλύτερη βροχόπτωση λαμβάνει χώρα στη Ρόδο, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τα βροχομετρικά δεδομένα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Kozanis, S., A. Christofides, N.Mamassis, A.Efstratiadis and D.Koutsoyiannis, Hydrognomon-A hydrological data management and processing software tool, *2nd General Assembly of the European Geosciences Union, Geophysical Research Abstracts, Vol.7*, Vienna, 04644, European Geosciences Union, 2005

Κοζάνης Σ., Περιγραφή συστήματος διαχείρισης και επεξεργασίας δεδομένων, *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων-Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2005

Κοζώνης, Δ., Κατάρτιση ομβρίων καμπυλών με ελλiptή δεδομένα. Εφαρμογή στην περιοχή της Στερεάς Ελλάδας, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1995

Κοτσίφης, Η., Κατάρτιση ομβρίων καμπυλών στην περιοχή της Βόρειας Πελοποννήσου και μελέτη της γεωγραφικής μεταβολής τους, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999

Κουράκης, Μ., Γεωγραφική κατανομή ισχυρών βροχοπτώσεων στο χώρο της Κρήτης, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1996

Κουτσογιάννης, Δ., Στατιστική Υδρολογία, Εθνικό Πολυτεχνείο Έκδοση 3, Αθήνα, 1996

Κουτσογιάννης, Δ., Μεθοδολογική προσέγγιση για τις όμβριες καμπύλες της Αθήνας, Αντιπλημμυρική προστασία Αττικής, Αθήνα, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, 2004

Koutsogiannis, D., D.Kozonis and A.Manetas, A mathematical framework for studying intensity-frequency relationships, *Journal of Hydrology*

Μιμίκου Μ., Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Έκδοση β', Αθήνα, 1994

Ξανθόπουλος, Θ., Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 1990

Χριστοφίδης, Α., και Κοζάνης Σ., *Υδρογνώμονας (έκδοση 1.0)- Λογισμικό διαχείρισης δεδομένων, Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τεύχος 22, 90 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων-Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2004

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1
ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ

ΛΗΜΝΟΣ

Έτος	h (mm)								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1h	2h	6h	12h	24h
1972-73	4	7.5	10.5	13.8	19.9	34.7	40.9	40.9	75.6
1973-74	6.2	9.2	12.1	16.5	19.6	22.8	36.9	46.3	46.9
1974-75	10	15	20	25.2	33.5	56.7	63.2	74.2	74.2
1975-76	16.5	23	32.5	52	72	87.8	96.4	96.7	96.7
1976-77	4	7.5	9.7	16.8	25.3	32.5	41.6	41.6	41.6
1977-78	5.5	7.2	9	13.4	19.6	24.7	41	46	46
1978-79	6.4	6.9	7.3	11.5	14.9	19.1	36.1	40.3	40.3
1979-80	7	9.2	11.8	13.4	13.6	22.2	34.3	34.3	34.3
1980-81	4.5	7.5	9.3	11.9	16.8	23.7	26.7	26.7	33.2
1981-82	4.4	6.8	8	9.6	13	16.3	33.4	39.5	53.4
1982-83	9.8	11.1	12.6	13.5	13.7	16.6	33	37.4	37.6
1983-84	3.5	5.8	7	11.1	15.9	28.8	53.4	58.3	58.8
1984-85	7.4	7.4	7.4	8.2	12	17.6	27.5	28.3	28.3
1985-86	3.2	5.3	7.4	12.1	19.5	25.7	26.6	27.2	27.5
1986-87	2.3	3.3	4.1	6.4	11.5	19	34.4	40.9	46.3

ΜΗΛΟΣ

Έτος	h (mm)								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1h	2h	6h	12h	24h
1972-73	6.26	6	7.2	10.4	15.8	19	45.4	45.4	80.8
1973-74	3.91	6.5	8.9	10.3	10.3	15.9	26.2	26.2	32.5
1974-75	10.61	15.5	20.8	31.9	42.9	47	47	47	50
1975-76	8.94	11	15	20.3	23.8	26.5	43.9	45.6	48.5
1976-77	7.6	7.7	9.2	12.9	14.7	16.1	16.1	16.1	21.3
1977-78	8.27	9.5	10.1	17.8	25.5	28.2	30.8	32.1	38.7
1978-79	11.17	10	10.4	10.4	16.8	24.9	46.6	46.8	46.8
1979-80	6.81	8.5	12.3	13.6	15.4	17.2	34.4	60.1	62.2
1980-81	7.26	11	16.5	18.4	18.5	18.6	41.9	46.9	46.9
1981-82	5.03	8.1	9.5	12.6	21.6	31.2	34.6	43.4	46.1
1982-83	3.91	4.8	5	5.9	10.2	17.2	38.1	39.8	39.8
1983-84	7.48	7.6	8.1	14.2	18.7	20	26.4	41.9	43.3
1984-85	10.5	12.7	19	22.5	26	32.8	35.9	47.6	52.8
1985-86	7.6	7.2	8.1	10.7	18.4	23.7	25.9	25.9	27.2
1986-87	2.23	2.6	3.7	6	7.7	10.2	19.1	26.1	26.1

ΜΥΤΙΑΗΝΗ

Έτος	h (mm)								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1h	2h	6h	12h	24h
1972-73	11.7	11.7	12.9	18.6	22.9	24.2	40.3	61.9	81.6
1973-74	8.1	8.1	8.1	10.5	14.1	15.3	30.3	35.9	36.2
1974-75	15.9	16.3	24.4	33.3	38.7	48.1	53.8	58.8	63.2
1975-76	13.4	13.4	14.1	20.5	22.9	31.3	80.2	103.2	103.2
1976-77	9.4	9.4	10.1	16.8	24.6	28.1	37.4	38.7	125.4
1977-78	10.7	10.7	15.4	17.7	21.8	25.1	29.4	39.9	42.6
1978-79	23.2	23.2	28.8	42.2	49.2	56	69	69	69
1979-80	9	9	9.9	14.1	21.7	35.7	41.2	67.2	70.8
1980-81	10.3	10.3	12	19.1	22.5	25.2	46.3	46.6	46.8
1981-82	18.3	18.3	20.5	25.9	31.1	42	75.1	94.1	127.9
1982-83	13.3	13.3	18.4	24.3	35.5	37.6	47.4	52.2	52.3
1983-84	12.8	15	22.3	22.5	23.1	27.8	42.6	55.1	73.2
1984-85	4.9	4.9	5.7	7.2	11.8	15.9	33.5	39.9	48.9
1985-86	18.7	18.7	21.8	25.2	26	28.7	40.3	51.8	51.8
1986-87	15.9	15.9	18.5	26.4	29.2	37.6	67.3	67.3	67.3

ΣΑΜΟΣ

Έτος	h (mm)								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1h	2h	6h	12h	24h
1972-73	6.5	10.4	15.4	17.5	19.3	19.3	27.6	37.4	39.2
1973-74	5	8	9.3	13.5	20.2	31.5	70.1	76.6	76.7
1974-75	11.9	16.9	21.9	24.9	29.3	41.2	54.4	60.2	63.5
1975-76	8	12	16.2	23.3	35.8	48.5	57.3	62.3	62.3
1976-77	9.3	14.8	17.8	25.7	29.5	30.1	41.3	51.6	52.1
1977-78	19	28.6	37.3	49.3	68.3	87.7	131.7	176	194.4
1978-79									
1979-80	6.9	10	13	20	25	29.6	34	34	41.1
1980-81	7.1	8.1	9.5	13.5	17.5	18.5	25.2	25.2	25.2
1981-82	9	12	16.6	24	36.1	57.6	89.7	90.6	90.6
1982-83	9.3	18.4	27.4	34.7	35.8	41	48.8	53.1	53.1
1983-84	8.3	13.1	17.3	24.3	25.5	44.6	60	85.2	85.2
1984-85	4.3	7.4	10	13	14	19.7	34.8	38.3	40.4
1985-86	8	10.7	13.5	19.5	29.6	30.7	31	31.8	31.8
1986-87	7.3	8.8	11.1	17	29.5	34.4	41.7	41.9	44.8

ΧΙΟΣ

Έτος	h (mm)								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1h	2h	6h	12h	24h
1972-73	7.7	11.3	13.7	18.6	24.2	28.4	40.7	56.2	68
1973-74	3.1	4	4.6	5.9	7.5	8.7	9.5	9.6	9.9
1974-75	6	9.8	14.6	25.4	36.7	46.2	47.4	47.4	47.4
1975-76	4.6	5	7.5	9.7	19	25	61.3	82.1	82.1
1976-77	4.4	5.9	7.4	10.3	11.9	18.9	36.4	39.8	39.8
1977-78	20.9	21.6	22.1	32	48	65.8	100.9	116.3	178.6
1978-79	7	11.5	14.5	21.5	37.2	44.7	53.8	53.8	53.8
1979-80	8	11.1	14.7	26	37.7	47.5	63.4	93.8	98.9
1980-81	4.5	6.8	7.3	11.9	16.2	19.4	26.3	26.3	26.3
1981-82	10	17.9	22.2	27.9	33	36.2	70.8	73.7	75.2
1982-83	9.6	11.5	15.4	27.5	42.4	46.1	48.1	48.1	48.1
1983-84	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	45.2	56.9	82.1	96.2
1984-85	11.4	21.4	27.9	31.9	33.1	36.5	49.2	58.6	59.5
1985-86	3.5	5	6.1	9.4	15.2	16.2	28.2	28.9	28.9
1986-87	10.8	11	11.3	12.5	21.7	24.2	36	51	59

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΩΝ

ΘΗΡΑ		ΜΗΛΟΣ		ΜΥΤΙΛΗΝΗ	
Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)
1964-65	53	1964-65	34	1964-65	42.1
1965-66	33	1965-66	43.1	1965-66	55
1966-67	43	1966-67	22	1966-67	63.5
1967-68	32	1967-68	44	1967-68	158
1968-69	29.6	1968-69	59.5	1968-69	66.2
1969-70	48	1969-70	37	1969-70	51.6
1970-71	36.2	1970-71	40.9	1970-71	56.1
1971-72	30.2	1971-72	44.2	1971-72	123.9
1972-73	45.3	1972-73	80.8	1972-73	81.6
1973-74	22.5	1973-74	32.5	1973-74	36.2
1974-75	21.4	1974-75	50	1974-75	63.2
1975-76	31.2	1975-76	48.5	1975-76	103.2
1976-77	24.7	1976-77	78.7	1976-77	125.4
1977-78	32.1	1977-78	38.7	1977-78	42.6
1978-79	49.1	1978-79	46.8	1978-79	69
1979-80	47.6	1979-80	62.2	1979-80	70.8
1980-81	45.9	1980-81	46.9	1980-81	46.8
1981-82	114.5	1981-82	46.1	1981-82	127.9
1982-83	55.2	1982-83	39.8	1982-83	52.3
1983-84	35.6	1983-84	43.3	1983-84	73.2
1984-85	33	1984-85	52.8	1984-85	48.9
1985-86	64.4	1985-86	27.2	1985-86	51.8
1986-87	40.2	1986-87	73.8	1986-87	67.3
1987-88	31.3	1987-88	35.9	1987-88	46.7
1988-89	34	1988-89	53.3	1988-89	60.8
1989-90	4	1989-90	110	1989-90	31.6

ΝΑΞΟΣ		ΡΟΔΟΣ		ΣΑΜΟΣ	
Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)
1964-65	21	1964-65	65.4	1964-65	85.2
1965-66	28.3	1965-66	53.4	1965-66	73.2
1966-67	17.4	1966-67	67.1	1966-67	48.5
1967-68	26	1967-68	72.6	1967-68	77.6
1968-69	25	1968-69	146.4	1968-69	67.3
1969-70	46.7	1969-70	49.5	1969-70	18.8
1970-71	42.3	1970-71	59.6	1970-71	72.5
1971-72	98.8	1971-72	37.8	1971-72	36.6
1972-73	60.5	1972-73	124.4	1972-73	41
1973-74	54.5	1973-74	39.1	1973-74	76.7
1974-75	40.2	1974-75	60.4	1974-75	72.6
1975-76	37.7	1975-76	48	1975-76	89.8
1976-77	73.2	1976-77	51.7	1976-77	52.1
1977-78	42.2	1977-78	45.9	1977-78	194.6
1978-79	52.6	1978-79	117.5	1978-79	57.1
1979-80	54	1979-80	92.4	1979-80	41.1
1980-81	68	1980-81	47.3	1980-81	43
1981-82	45	1981-82	76.9	1981-82	90.6
1982-83	48.4	1982-83	54.1	1982-83	53.1
1983-84	56	1983-84	124.1	1983-84	85.2
1984-85	40.4	1984-85	65.3	1984-85	45
1985-86	25.7	1985-86	85.6	1985-86	31.8
1986-87	52.5	1986-87	50.1	1986-87	44.8
1987-88	32.7	1987-88	75	1987-88	58.6
1988-89	41.3	1988-89	178.8	1988-89	79.4
1989-90	40	1989-90	158	1989-90	113

ΣΚΥΡΟΣ		ΧΙΟΣ		ΑΠΟΛΛΑΚΙΑ	
Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)
1964-65	49.8	1964-65	50.9	1977-78	47
1965-66	61.5	1965-66	73.3	1978-79	84
1966-67	33.7	1966-67	51.2	1979-80	47
1967-68	24.3	1967-68	49.2	1980-81	34
1968-69	42.5	1968-69	37.7	1981-82	97
1969-70	61.2	1969-70	48.5	1982-83	36
1970-71	44.6	1970-71	95	1983-84	45
1971-72	53.8	1971-72	34.8	1984-85	98
1972-73	69.6	1972-73	68.6	1985-86	54
1973-74	90	1973-74	9.2	1986-87	32
1974-75	53.9	1974-75	47.7	1987-88	70
1975-76	60.9	1975-76	82.1	1988-89	111
1976-77	32.4	1976-77	59.1	1989-90	82
1977-78	59.7	1977-78	183.5	1990-91	93
1978-79	64.9	1978-79	53.8	1991-92	72
1979-80	58.6	1979-80	98.9	1992-93	29
1980-81	61	1980-81	39.7	1993-94	82
1981-82	60	1981-82	75.3	1994-95	69
1982-83	45	1982-83	48.1	1995-96	106
1983-84	37.8	1983-84	98.6	1996-97	25
1984-85	19.2	1984-85	59.5	1997-98	120
1985-86	73.2	1985-86	102.5	1998-99	96
1986-87	14	1986-87	59	1999-00	87
1987-88	25.3	1987-88	59.8	2000-01	66
1988-89	35.8	1988-89	104.5	2001-02	104
1989-90	40	1989-90	47.3		

ΑΠΟΛΛΩΝΩΝ		ΑΣΦΑΝΤΙΟ		ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑ	
Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)
1984-85	45	1983-84	90	1987-88	77
1985-86	21	1984-85	73	1988-89	22
1986-87	16	1985-86	85	1989-90	44
1987-88	39	1986-87	55	1990-91	27
1988-89	54	1987-88	72	1991-92	42.5
1989-90	255	1988-89	55	1992-93	36.1
1990-91	96	1989-90	105.3	1993-94	40.5
1991-92	48	1990-91	59	1994-95	62.5
1992-93	30	1991-92	102.5	1995-96	60
1993-94	152	1992-93	32.1	1996-97	48
1994-95	71	1993-94	98.9	1997-98	106
1995-96	144	1994-95	97	1998-99	122
1996-97	55	1995-96	147.1	1999-00	19
1997-98	163	1996-97	59.8	2000-01	27
1998-99		1997-98	71.2	2001-02	41
1999-00		1998-99	86.4		
2000-01	72	1999-00	27.6		
2001-02	109	2000-01	86.7		
		2001-02	80.2		

ΒΑΒΥΛΟΙ		ΕΜΠΩΝΑΣ		ΚΑΡΥΕΣ	
Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)
1989-90	12	1984-85	12	1982-83	50
1990-91	90	1985-86	90	1983-84	60
1991-92	90.2	1986-87	90.2	1984-85	50
1992-93	64	1987-88	64	1985-86	56
1993-94	53	1988-89	53	1986-87	71
1994-95	70.6	1989-90	70.6	1987-88	80
1995-96	80.4	1990-91	80.4	1988-89	53
1996-97	40.7	1991-92	40.7	1989-90	60
1997-98	120.7	1992-93	120.7	1990-91	67
1998-99	60.2	1993-94	60.2	1991-92	69
1999-00	50.2	1994-95	50.2	1992-93	65.7
2000-01	76.2	1995-96	76.2	1993-94	65
2001-02	57.2	1996-97	57.2	1994-95	90.5
				1995-96	125
				1996-97	54
				1997-98	155.7
				1998-99	68.2
				1999-00	29
				2000-01	70.5
				2001-02	75

ΚΕΦΑΛΟΣ		ΛΑΕΡΜΑ		Ν.ΜΟΝΗ	
Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)
1983-84	65	1985-86	33	1989-90	62
1984-85	70	1986-87	46	1990-91	85
1985-86	85	1987-88	107	1991-92	65
1986-87	95.5	1988-89	125	1992-93	75
1987-88	45.5	1989-90	232	1993-94	85
1988-89	44.5	1990-91	106	1994-95	90
1989-90	22.5	1991-92	73	1995-96	90
1990-91	36	1992-93	28	1996-97	60
1991-92	32.5	1993-94	126	1997-98	90
1992-93	33.5	1994-95	200	1998-99	50
1993-94	52	1995-96	107	1999-00	35
1994-95	94.8	1996-97	90	2000-01	75
1995-96	66.4	1997-98	68	2001-02	65
1996-97	41.8	1998-99			
1997-98	122	1999-00	60		
1998-99		2000-01	92		
1999-00	27.5	2001-02	104		
2000-01	63.5				
2001-02	45.5				

ΠΥΡΓΙ

ΣΤΥΠΣΗ

Έτος	h (mm)	Έτος	h (mm)
1987-88	57	1989-90	41.2
1988-89	63	1990-91	75
1989-90	35	1991-92	67
1990-91	126	1992-93	62.5
1991-92	60	1993-94	73.5
1992-93	73	1994-95	75
1993-94		1995-96	75
1994-95		1996-97	72.8
1995-96	62	1997-98	79.2
1996-97	62	1998-99	74.5
1997-98	75.5	1999-00	56.2
1998-99			
1999-00			
2000-01	57		
2001-02	51		

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2
ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΙ

ΜΗΛΟΣ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης που προέκυψε με τη χρήση του ανωτέρω λογισμικού είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.043)^{0.714}$$

δηλαδή $n=0.714$ και $\theta=0.043$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς.

Πιο συγκεκριμένα:

T	α
2	17.34
5	23.76
10	28.65
20	33.88
50	41.56
100	48.05
200	55.24
500	65.94
1000	75.07
10000	113.18
100000	166.99

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=4.92$

$\psi=3.15$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:19.18

Τυπική απόκλιση:7.21

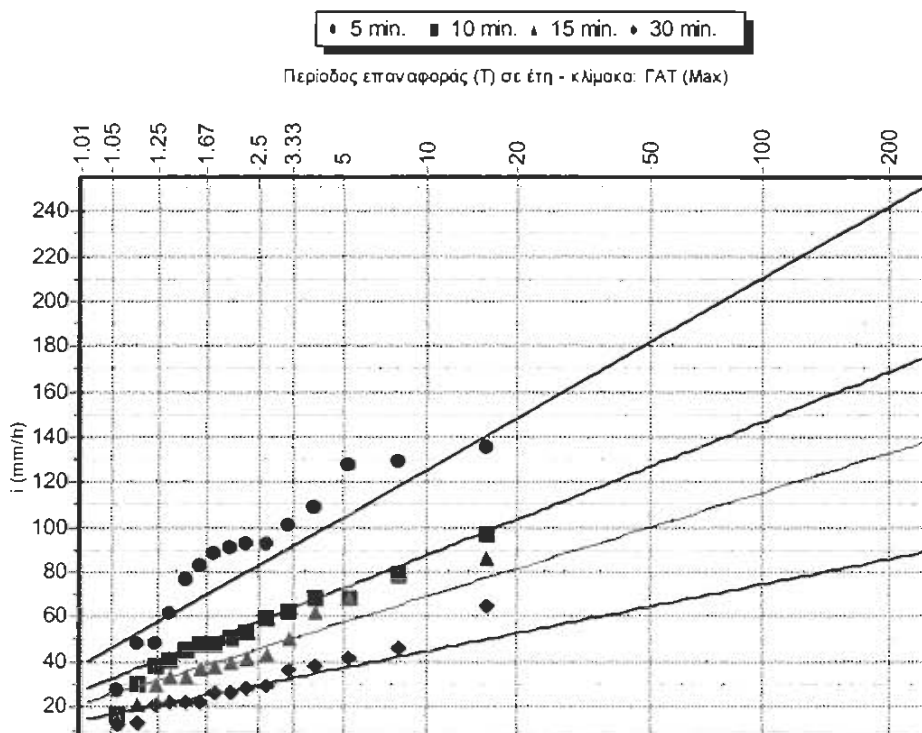
Ασυμμετρία:0.72

L-Ροπή 1:19.18

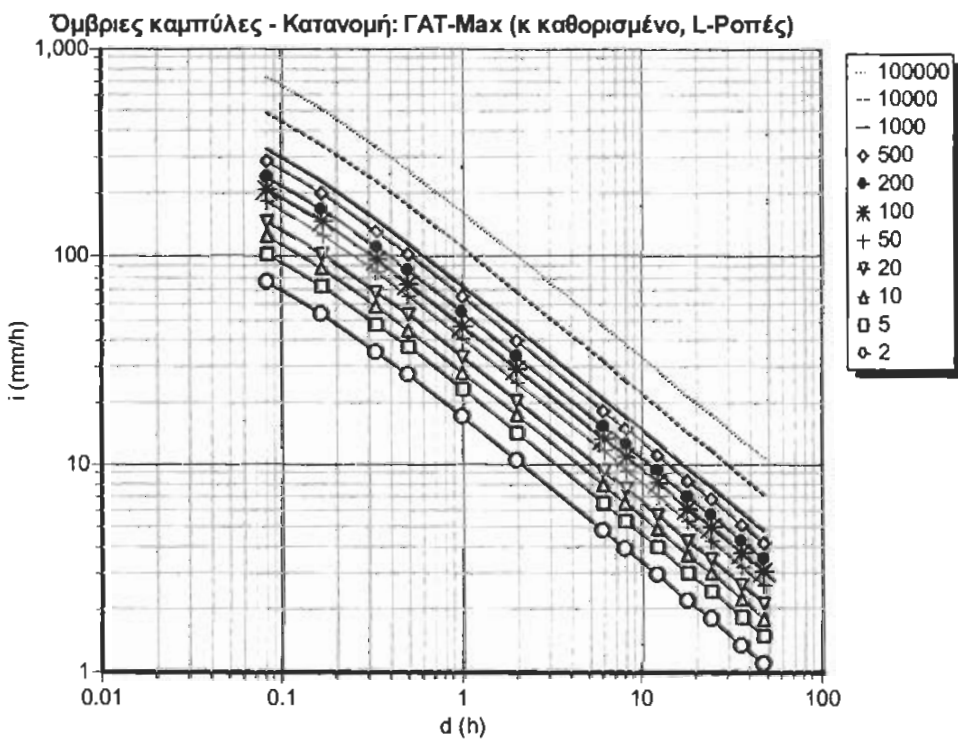
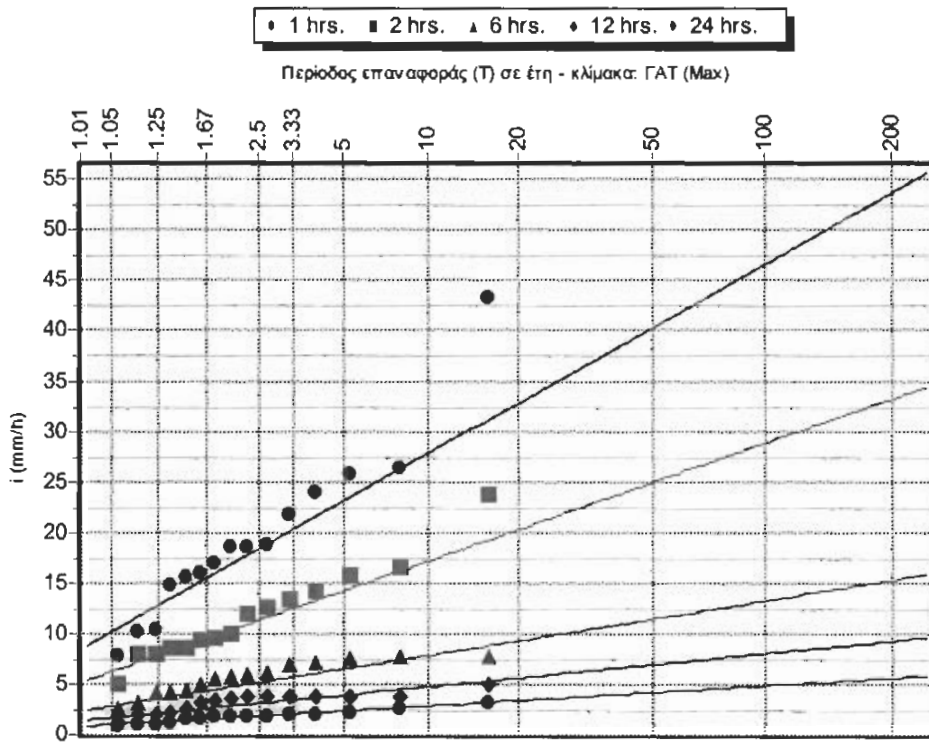
L-Ροπή 2:3.99

L-Ροπή 3:0.41

Διάγραμμα κατανομής (για διάρκειες 5-10-15-30 min)



Διάγραμμα κατανομής (για διάρκειες 1-2-6-12-24 h)



ΜΥΤΙΑΛΗΝΗ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης που προέκυψε με τη χρήση του ανωτέρω λογισμικού είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.001)^{0.71}$$

δηλαδή $n=0.71$ και $\theta=0.001$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

Πιο συγκεκριμένα:

T	α
2	24.61
5	33.51
10	40.29
20	47.55
50	58.20
100	67.21
200	77.18
500	92.02
1000	104.68
10000	157.74
100000	223.20

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=6.82$

$\psi=3.23$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:27.15

Τυπική απόκλιση:9.94

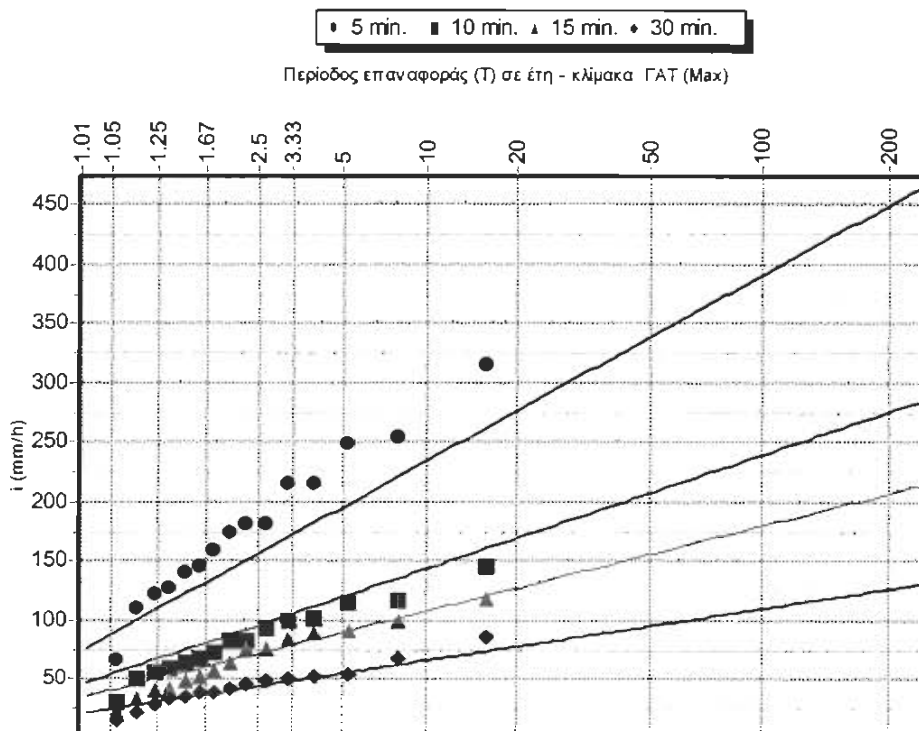
Ασυμμετρία:0.66

L-Ροπή 1: 27.15

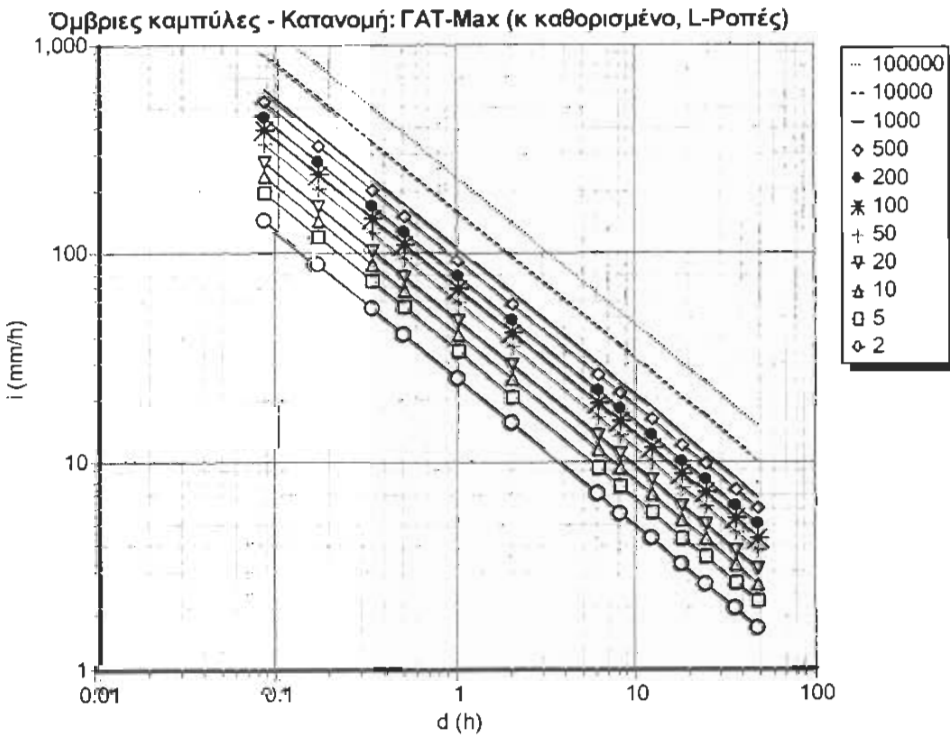
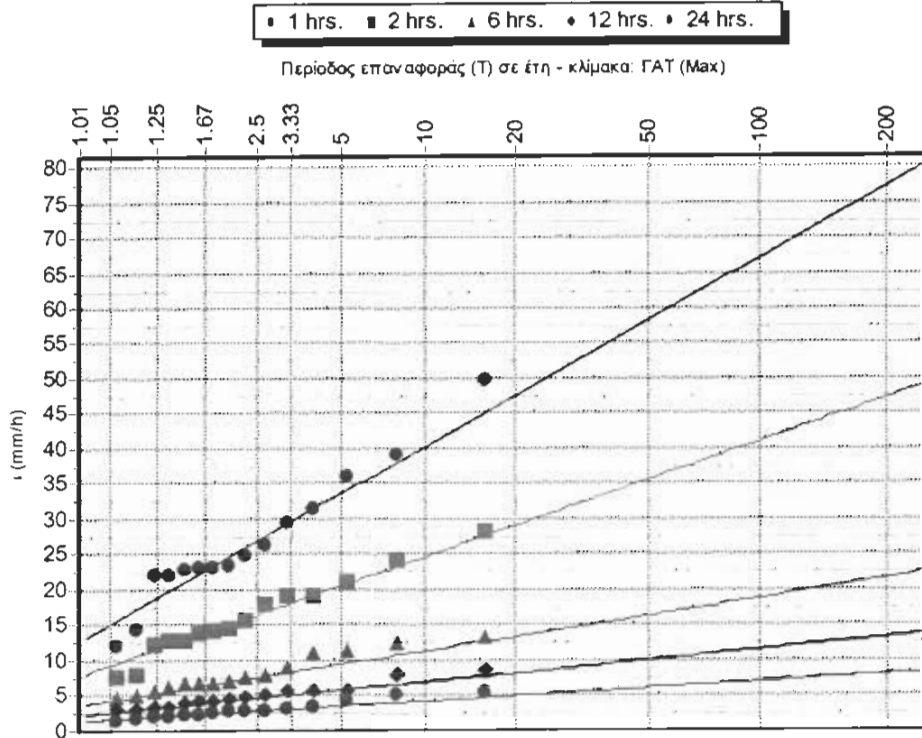
L-Ροπή 2:5.54

L-Ροπή 3:0.76

Διάγραμμα κατανομής (για διάρκειες 5-10-15-30 min)



Διάγραμμα κατανομής (για διάρκειες 1-2-6-12-24 h)



ΣΑΜΟΣ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης που προέκυψε με τη χρήση του ανωτέρω λογισμικού είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.116)^{0.76}$$

δηλαδή $n=0.76$ και $\theta=0.116$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς.

Πιο συγκεκριμένα:

T	α
2	29.16
5	42.06
10	51.90
20	62.43
50	77.87
100	90.94
200	105.39
500	126.92
1000	145.28
10000	221.93
100000	330.18

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=9.89$

$\psi=2.57$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:32.85

Τυπική απόκλιση:16.11

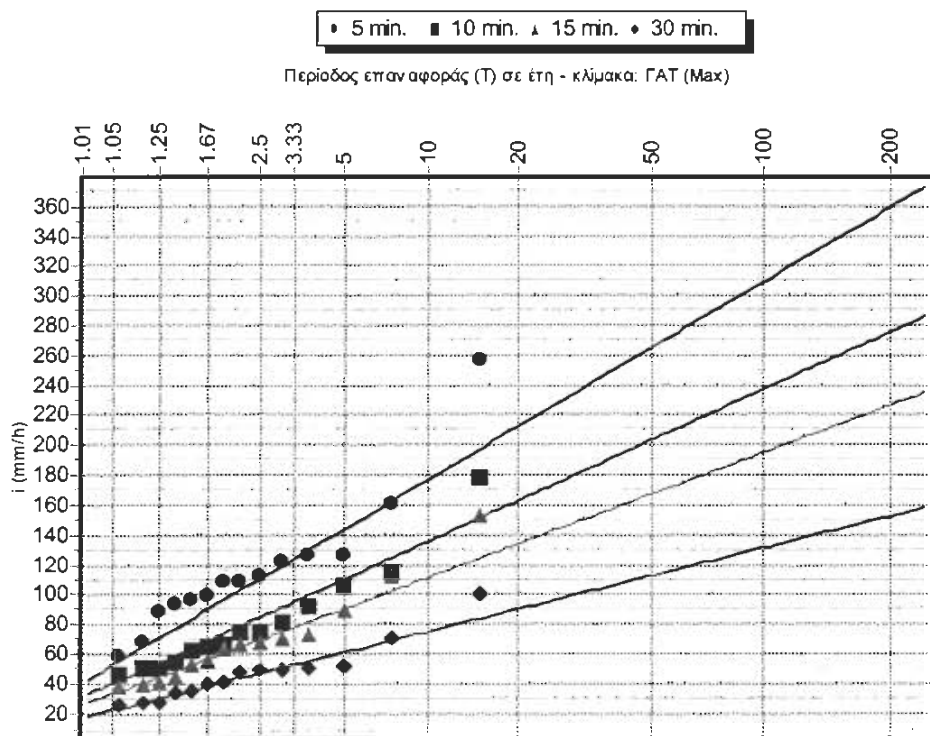
Ασυμμετρία:1.88

L-Ροπή 1: 32.85

L-Ροπή 2:8.03

L-Ροπή 3:2.48

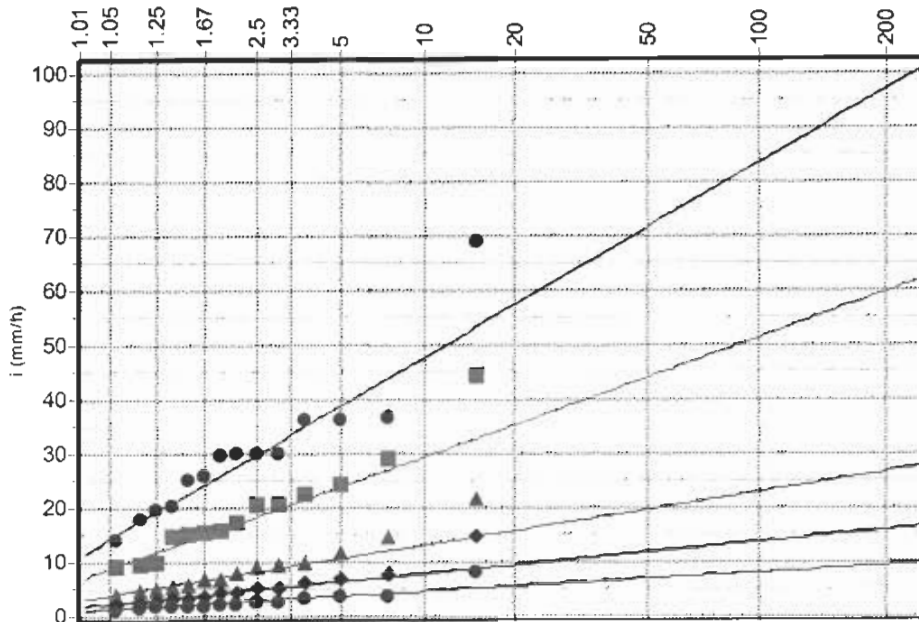
Διάγραμμα κατανομής (για διάρκειες 5-10-15-30 min)



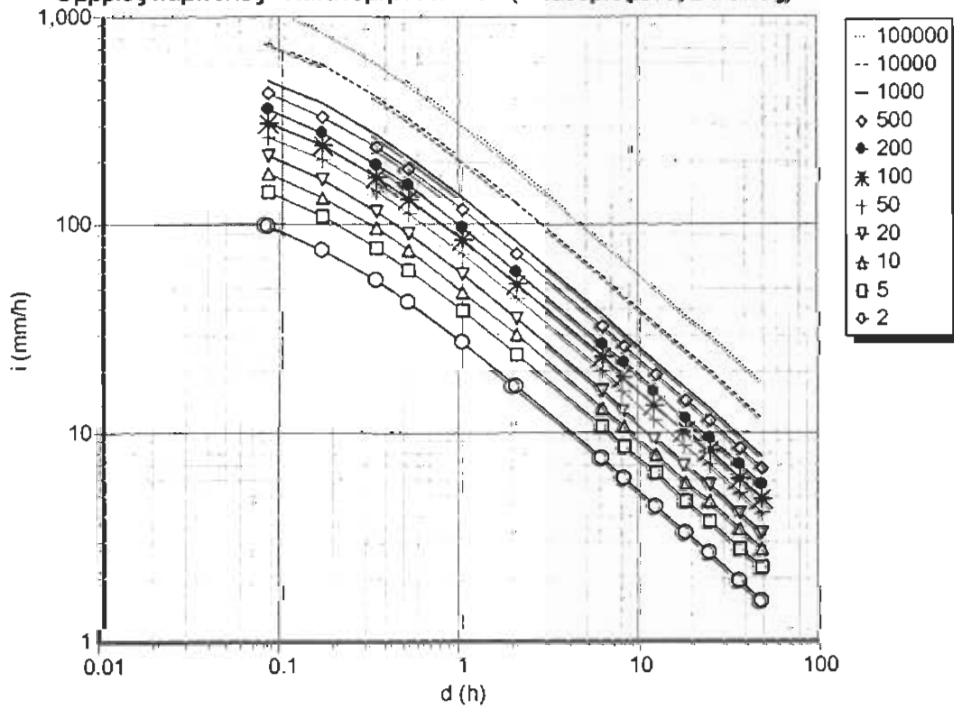
Διάγραμμα κατανομής (για διάρκειες 1-2-6-12-24 h)

■ 1 hrs. ■ 2 hrs. ▲ 6 hrs. ◆ 12 hrs. ● 24 hrs.

Περίοδος επαναφοράς (T) σε έτη - κλίμακα: ΓΑΤ (Max)



Όμβριες καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ροπές)



ΧΙΟΣ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης που προέκυψε με τη χρήση του ανωτέρω λογισμικού είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.099)^{0.749}$$

δηλαδή $n=0.749$ και $\theta=0.099$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

Πιο συγκεκριμένα:

T	α
2	26.58
5	41.75
10	53.30
20	65.68
50	83.81
100	99.16
200	116.15
500	141.44
1000	163.01
10000	253.06
100000	380.25

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=11.62$

$\psi=1.91$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:30.92

Τυπική απόκλιση:19.13

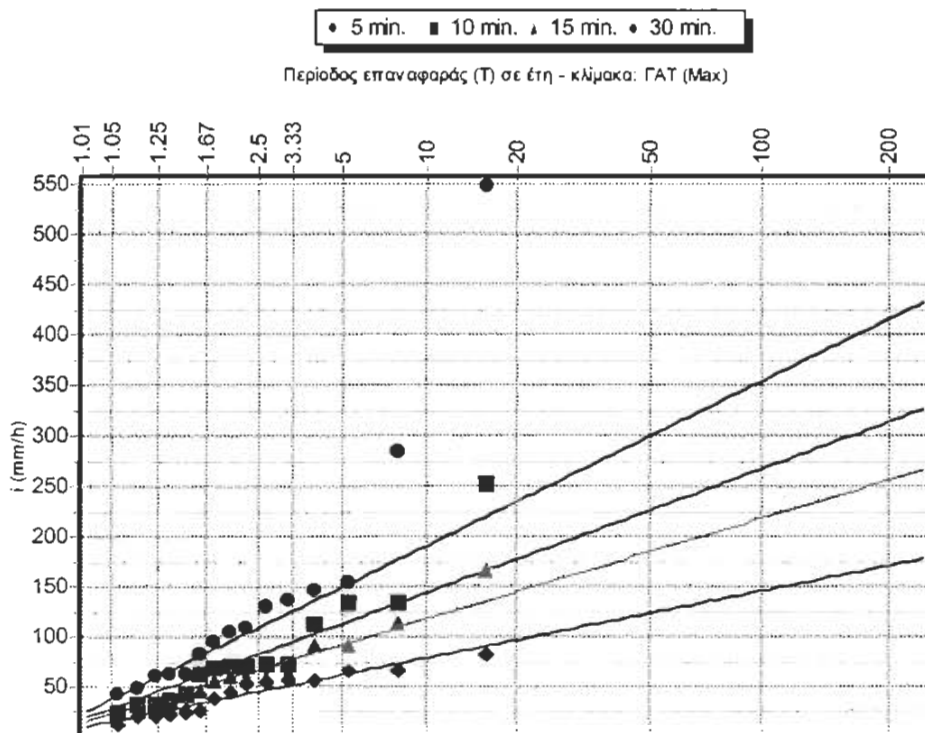
Ασυμμετρία:2.54

L-Ροπή 1: 30.92

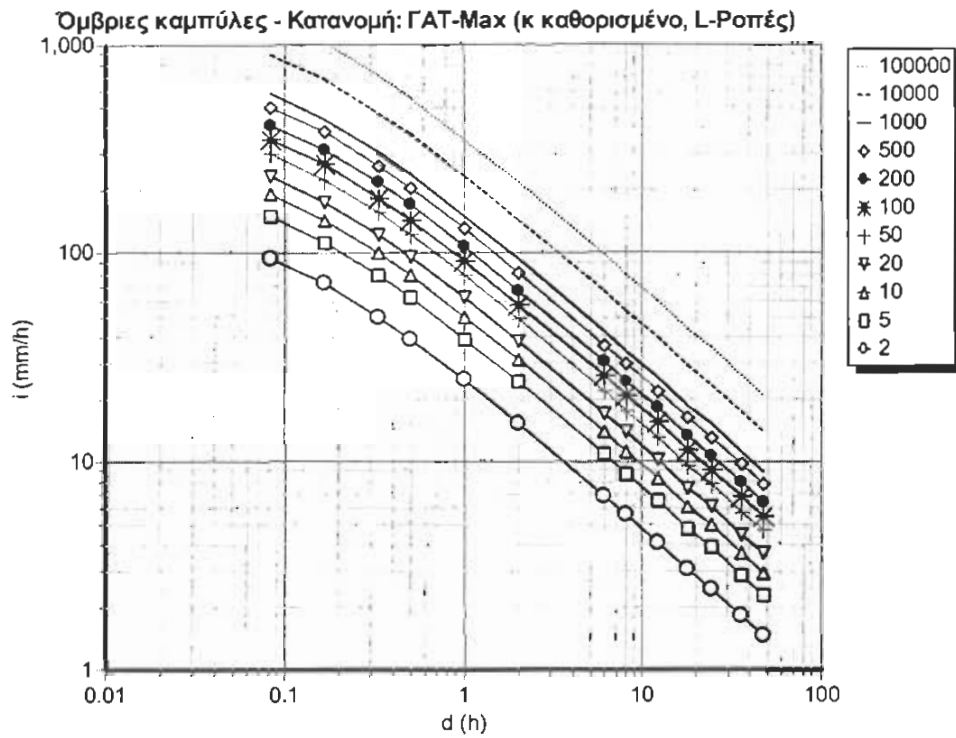
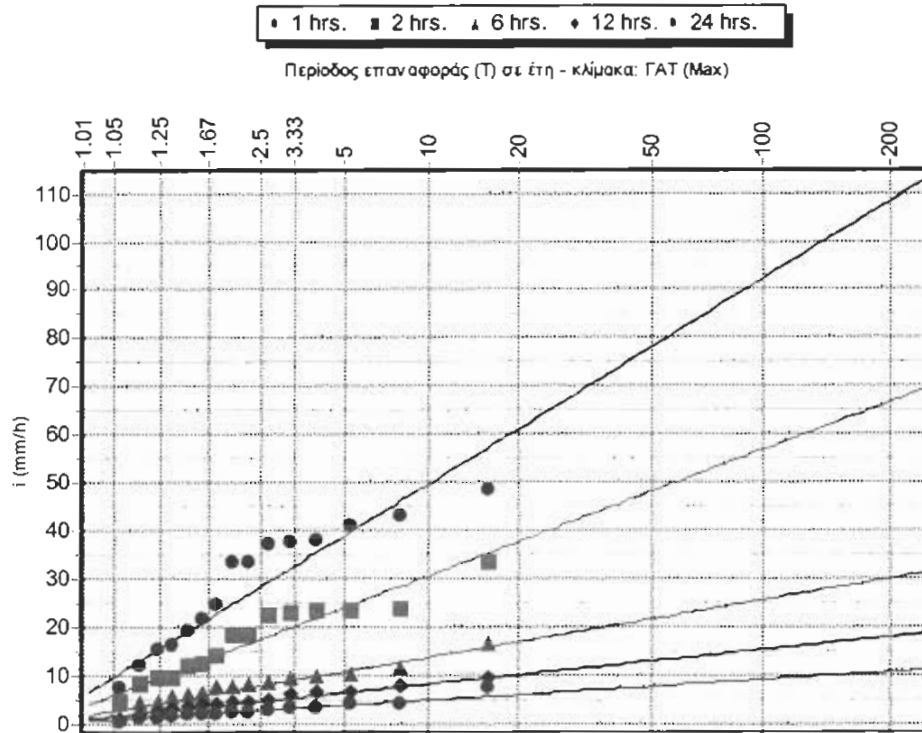
L-Ροπή 2: 9.44

L-Ροπή 3: 2.04

Διάγραμμα κατανομής (για διάρκειες 5-10-15-30 min)



Διάγραμμα κατανομής (για διάρκειες 1-2-6-12-24 h)



ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ

ΘΗΡΑ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	16.83
5	24.09
10	29.61
20	35.53
50	44.21
100	51.55
200	59.68
500	71.78
1000	82.09
10000	125.17
100000	186.01

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$$\kappa=0,15$$

$$\lambda=5.56$$

$$\psi=2.65$$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:18.91

Τυπική απόκλιση:19.32

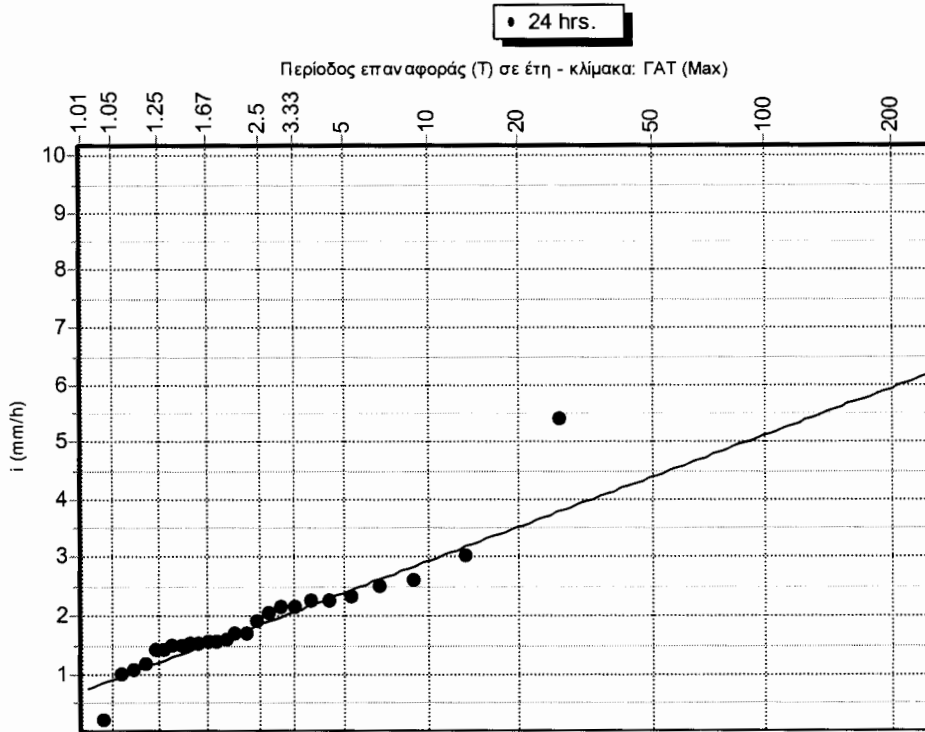
Ασυμμετρία:2.12

L-Ροπή 1: 18.91

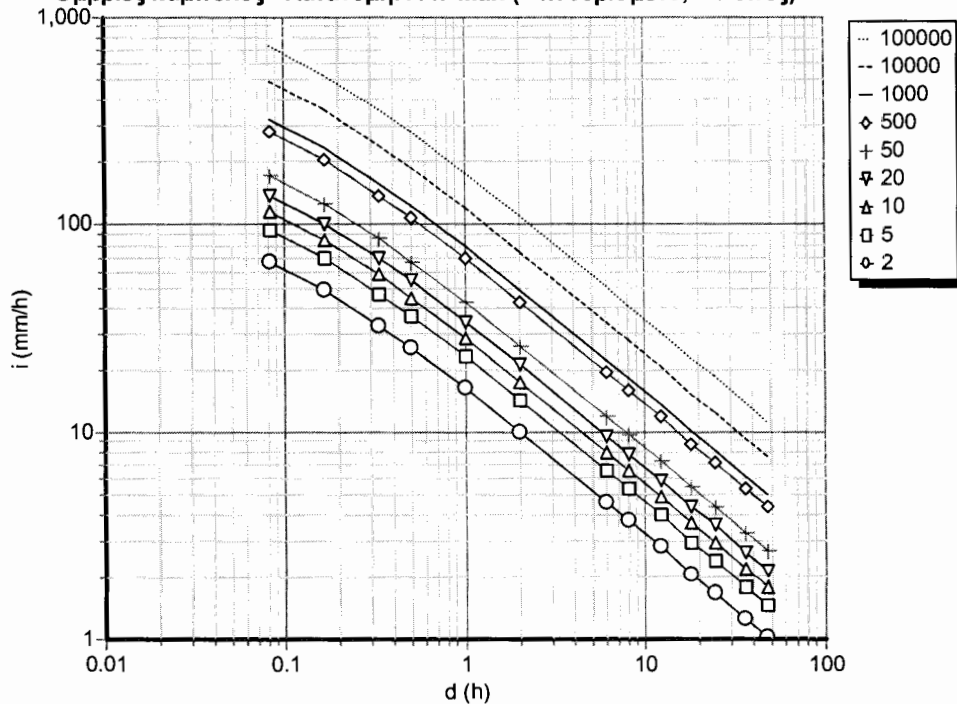
L-Ροπή 2:4.52

L-Ροπή 3:1.09

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



Όμβριες καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ροπές)



ΜΗΛΟΣ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	21.41
5	28.93
10	34.67
20	40.81
50	49.81
100	57.43
200	65.86
500	78.42
1000	89.12
10000	133.82
100000	196.95

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$$\kappa=0,15$$

$$\lambda=5.77$$

$$\psi=3.34$$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:23.56

Τυπική απόκλιση:8.97

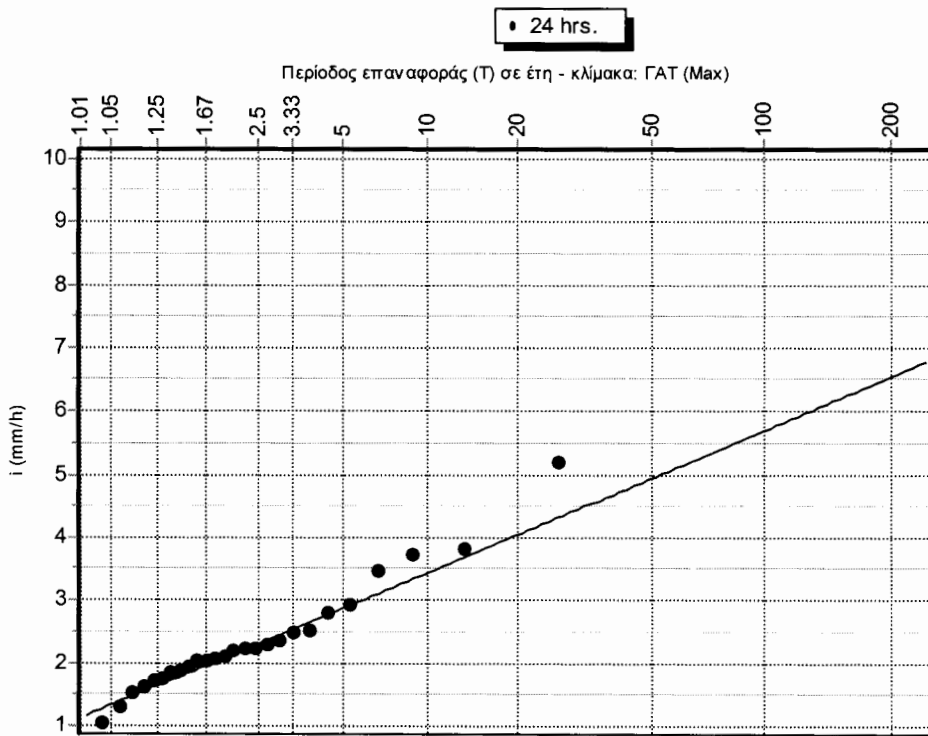
Ασυμμετρία:1.54

L-Ροπή 1: 23.56

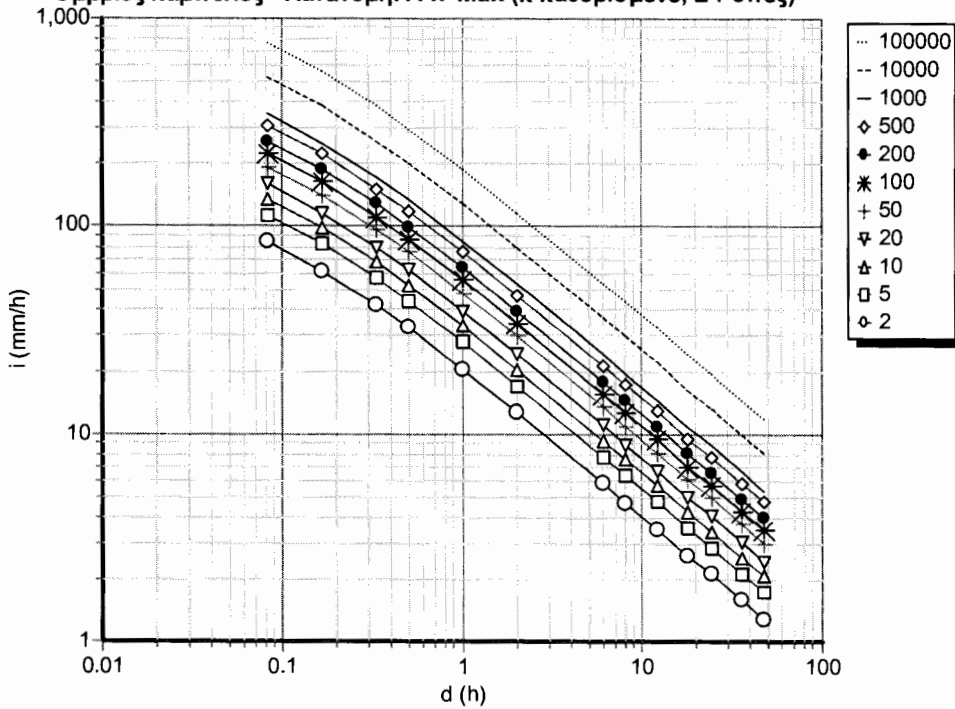
L-Ροπή 2:4.69

L-Ροπή 3:1.31

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



Όμβριες καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ροπές)



ΜΥΤΙΑΛΗΝΗ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	29.45
5	42.23
10	51.89
20	62.41
50	77.70
100	90.65
200	104.96
500	126.29
1000	144.48
10000	220.40
100000	327.64

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=9.79$

$\psi=2.63$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:33.1

Τυπική απόκλιση:15.17

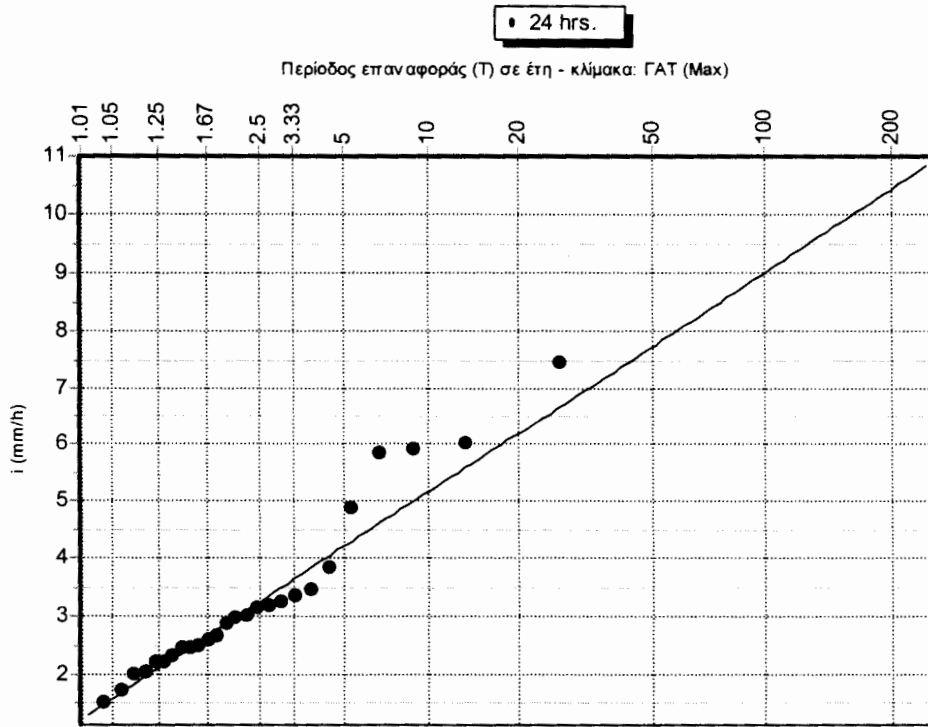
Ασυμμετρία:1.4

L-Ροπή 1: 33.1

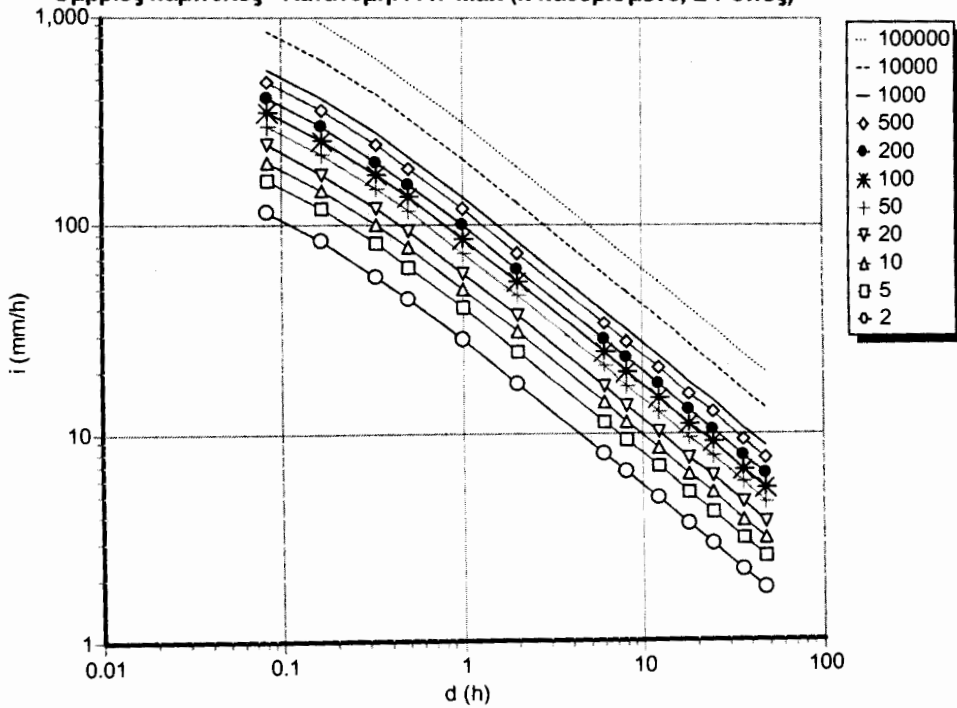
L-Ροπή 2:7.96

L-Ροπή 3:2.66

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



Όμβριες καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ροπές)



ΝΑΞΟΣ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	19.21
5	26.66
10	32.33
20	38.41
50	47.31
100	54.85
200	63.19
500	75.62
1000	86.21
10000	130.43
100000	192.89

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$$\kappa=0,15$$

$$\lambda=5.7$$

$$\psi=2.99$$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:21.34

Τυπική απόκλιση:8.44

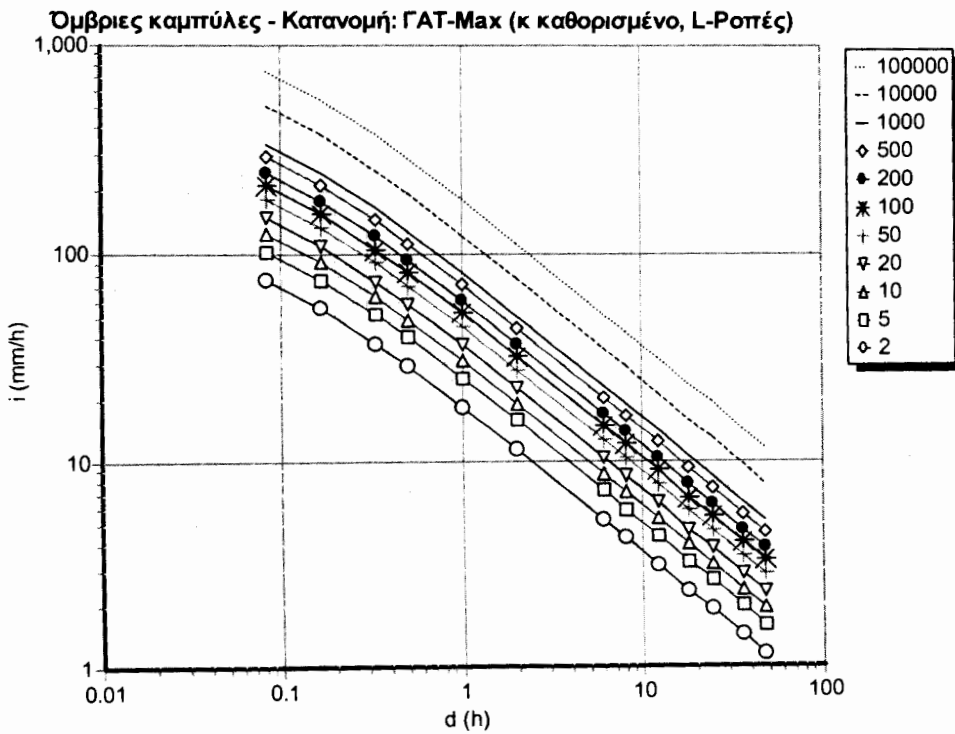
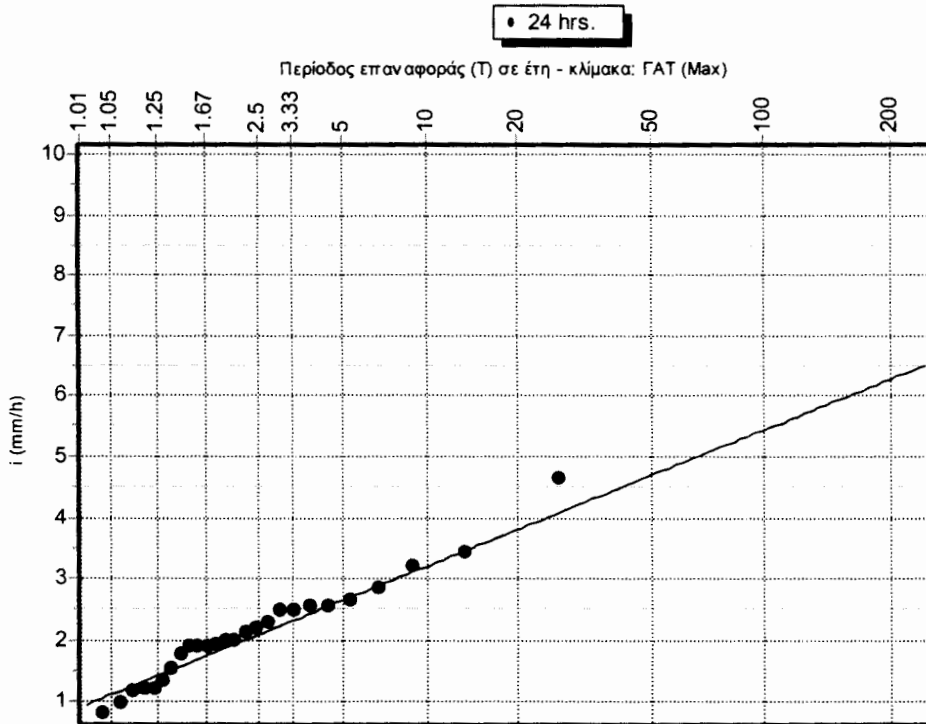
Ασυμμετρία:1.02

L-Ροπή 1: 21.34

L-Ροπή 2:4.64

L-Ροπή 3:0.64

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



ΡΟΔΟΣ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	32.79
5	48.62
10	60.68
20	73.60
50	92.54
100	108.57
200	126.30
500	152.71
1000	175.23
10000	269.26
100000	402.06

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=12.13$

$\psi=2.33$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:37.31

Τυπική απόκλιση:18.46

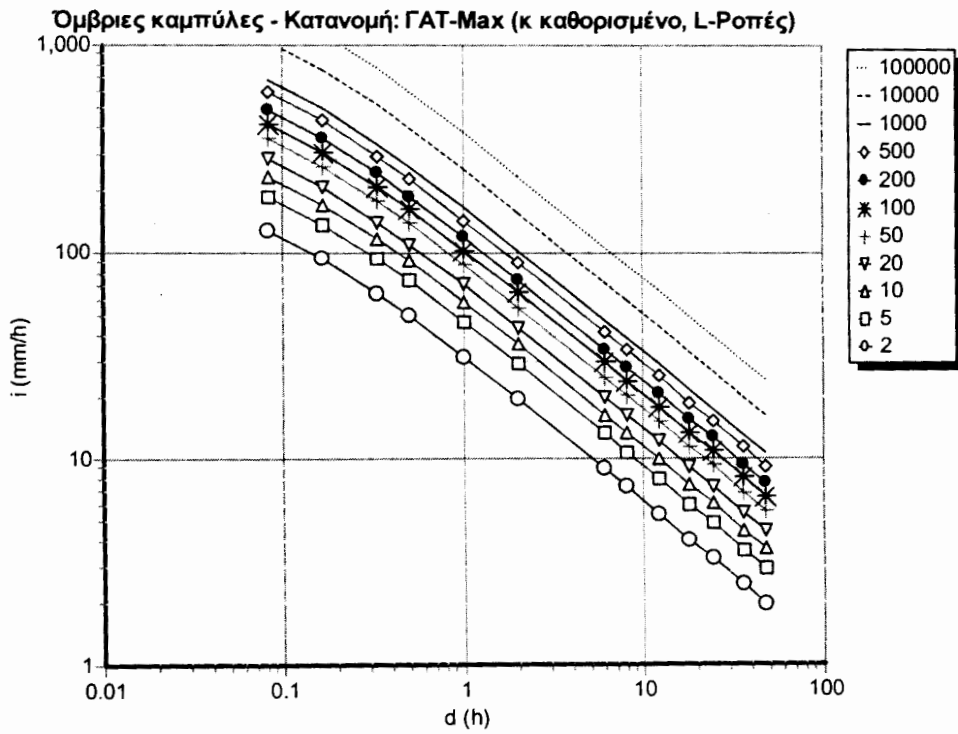
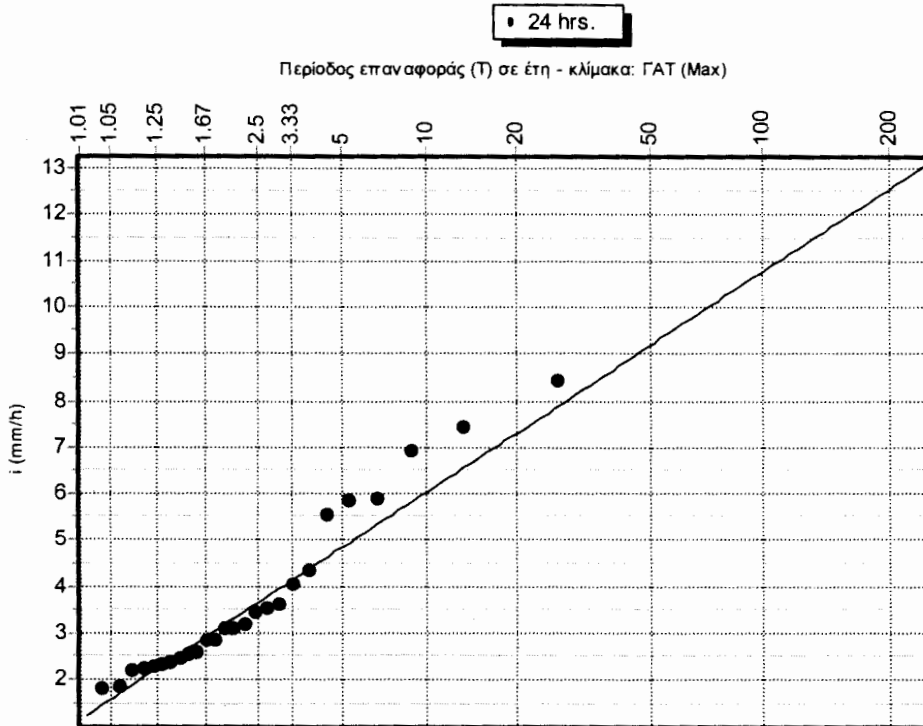
Ασυμμετρία:1.26

L-Ροπή 1: 37.31

L-Ροπή 2:9.86

L-Ροπή 3:3.44

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



ΣΑΜΟΣ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	28.19
5	41.15
10	51.03
20	61.62
50	77.13
100	90.25
200	104.78
500	126.41
1000	144.85
10000	221.86
100000	330.63

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=9.93$

$\psi=2.46$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:31.89

Τυπική απόκλιση:16.12

Ασυμμετρία:2.12

L-Ροπή 1: 31.89

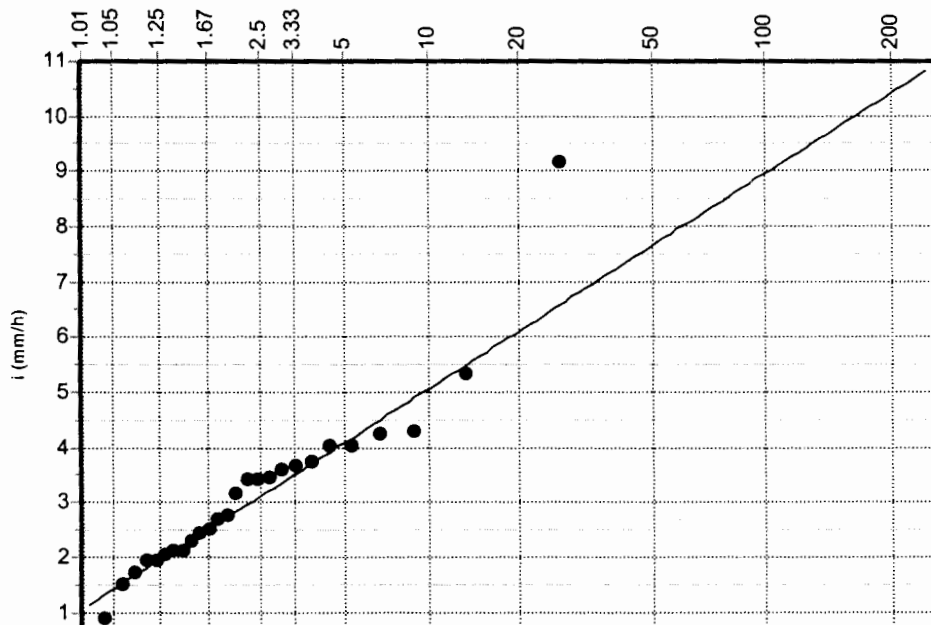
L-Ροπή 2:8.07

L-Ροπή 3:1.09

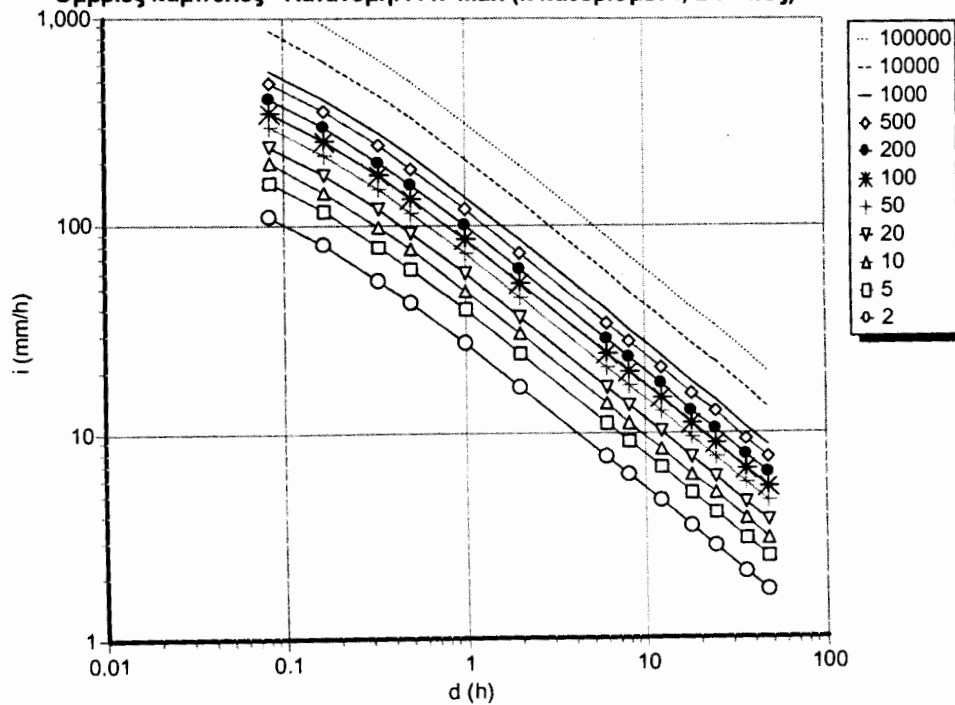
Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)

• 24 hrs.

Περίοδος επαναφοράς (T) σε έτη - κλίμακα: ΓΑΤ (Max)



Όμβριες καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ροπές)



ΣΚΥΡΟΣ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης που είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	20.95
5	28.84
10	34.85
20	41.29
50	50.73
100	58.72
200	67.56
500	80.72
1000	91.94
10000	138.81
100000	204.99

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$$\kappa=0,15$$

$$\lambda=6.04$$

$$\psi=3.09$$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:23.2

Τυπική απόκλιση:8.57

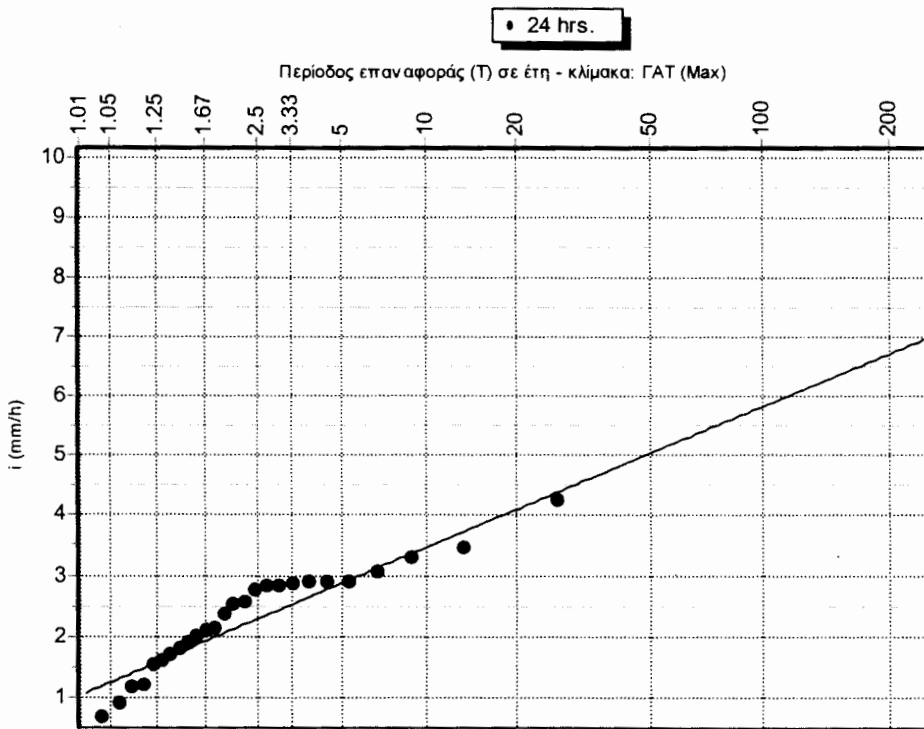
Ασυμμετρία:0.02

L-Ροπή 1: 23.2

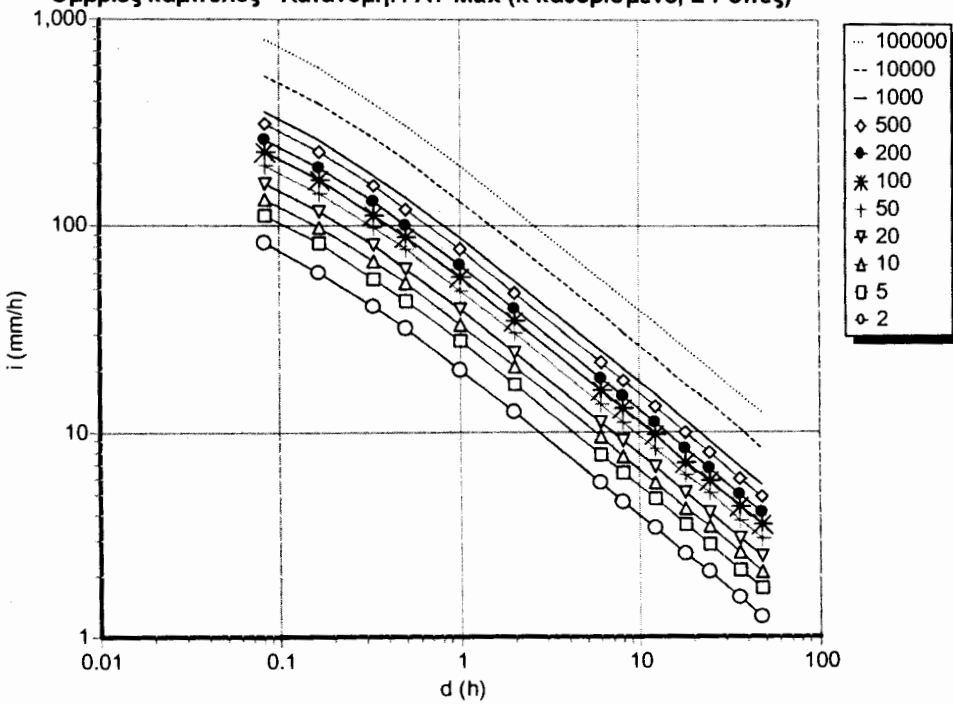
L-Ροπή 2:4.91

L-Ροπή 3:0.23

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



Όμβριες καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ροπές)



ΧΙΟΣ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	27.95
5	41.03
10	50.99
20	61.67
50	77.31
100	90.56
200	105.21
500	127.03
1000	145.63
10000	223.32
100000	333.03

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=10.02$

$\psi=2.41$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:31.68

Τυπική απόκλιση:15.88

Ασυμμετρία:1.69

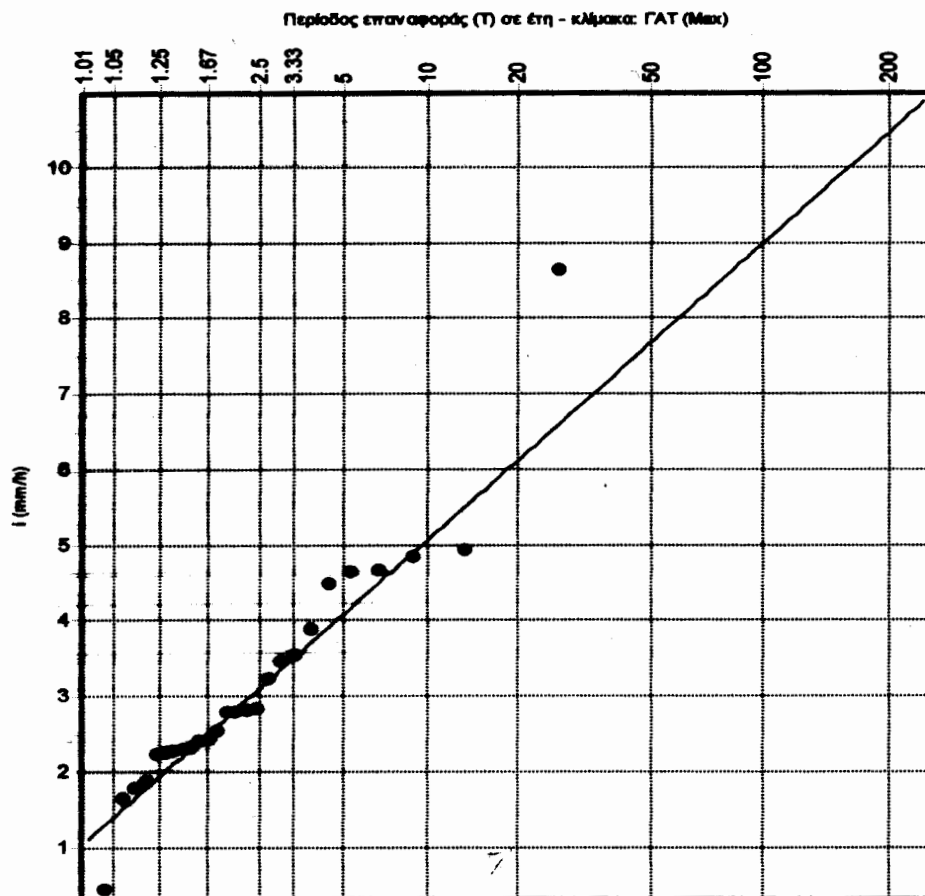
L-Ροπή 1: 31.68

L-Ροπή 2:8.14

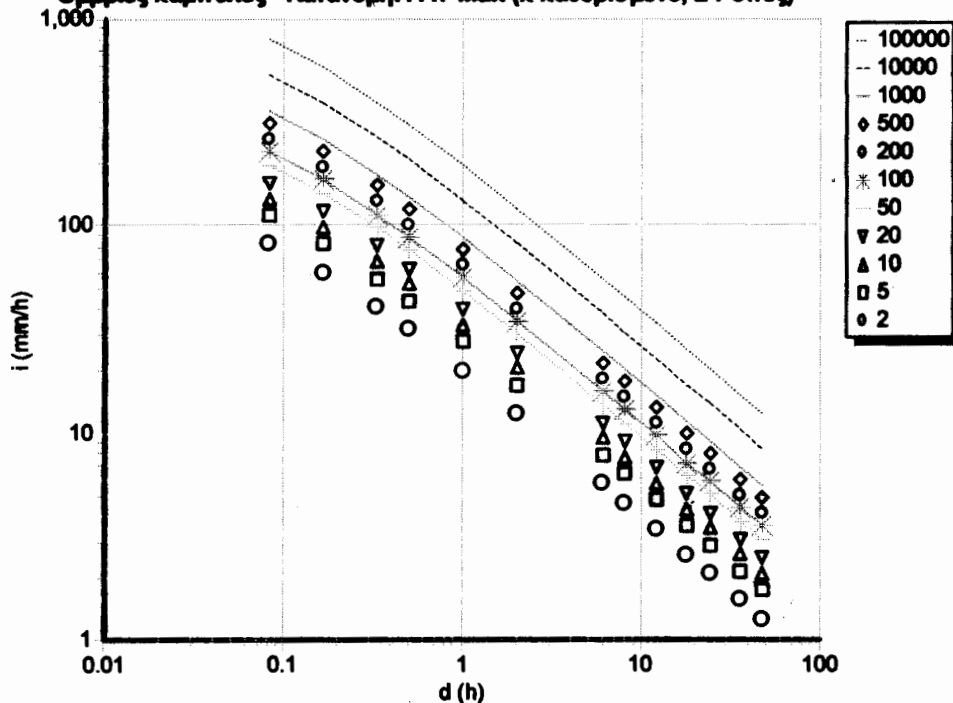
L-Ροπή 3: 2.09

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)

• 24 hrs.



Ομοιες καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ροπές)



ΑΠΟΛΛΑΚΙΑ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	30.22
5	42.97
10	52.67
20	63.07
50	78.31
100	91.22
200	105.49
500	126.74
1000	144.86
10000	220.54
100000	327.42

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=9.76$

$\psi=2.72$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:33.87

Τυπική απόκλιση:13.56

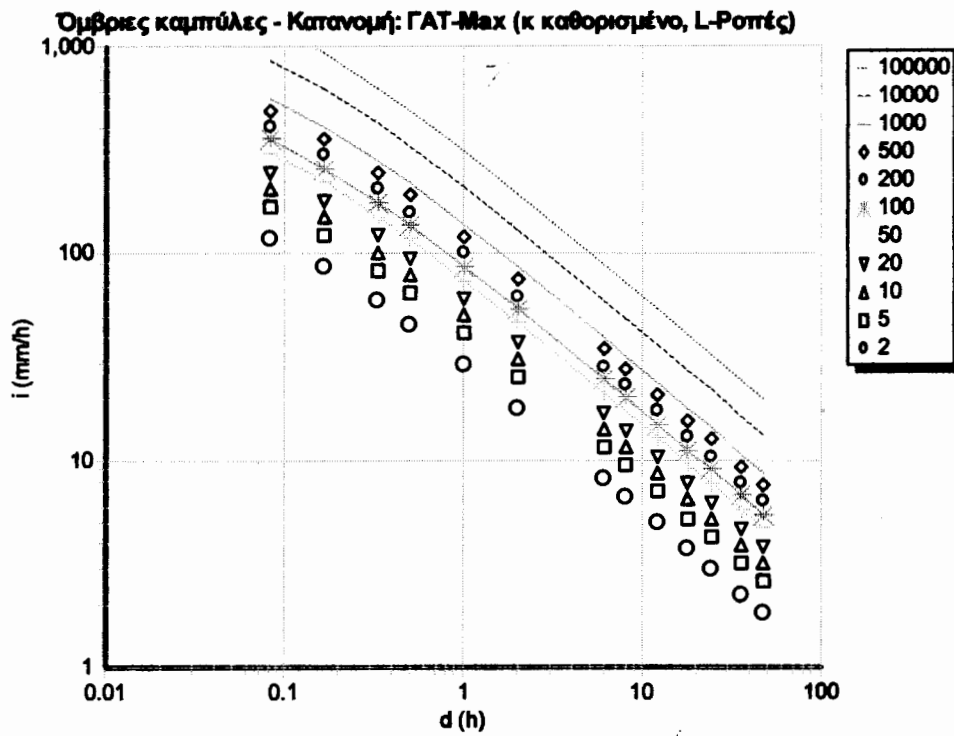
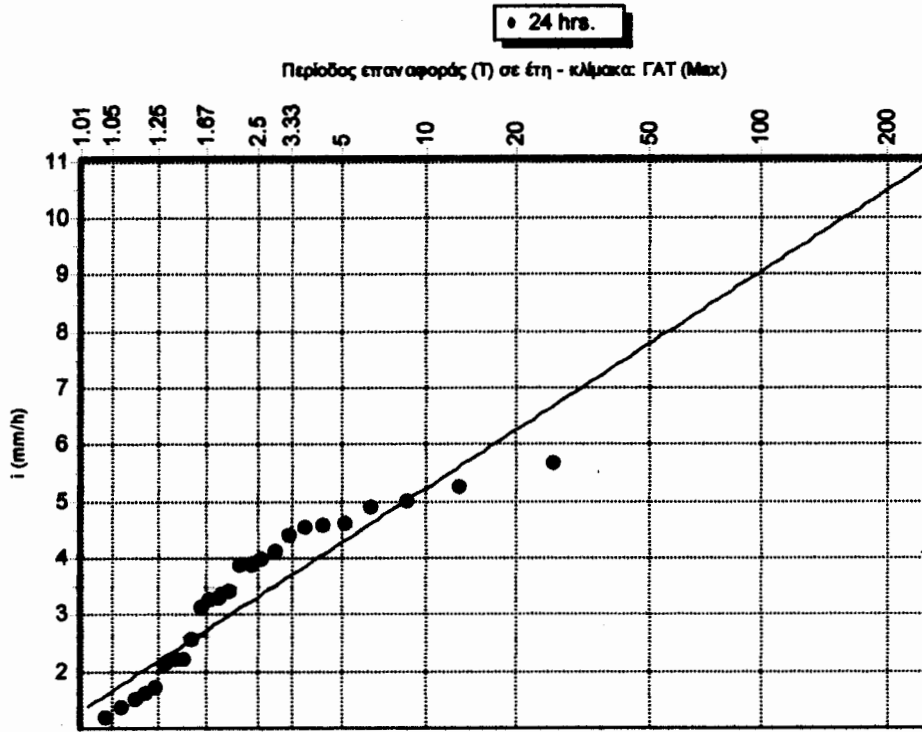
Ασυμμετρία:-0.13

L-Ροπή 1: 33.87

L-Ροπή 2:7.93

L-Ροπή 3: -0.32

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



ΑΠΟΛΛΩΝΩΝ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	32.90
5	59.79
10	80.29
20	102.24
50	134.40
100	161.63
200	191.75
500	236.61
1000	274.86
10000	434.57
100000	660.15

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=20.6$

$\psi=1.22$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:40.59

Τυπική απόκλιση:30.68

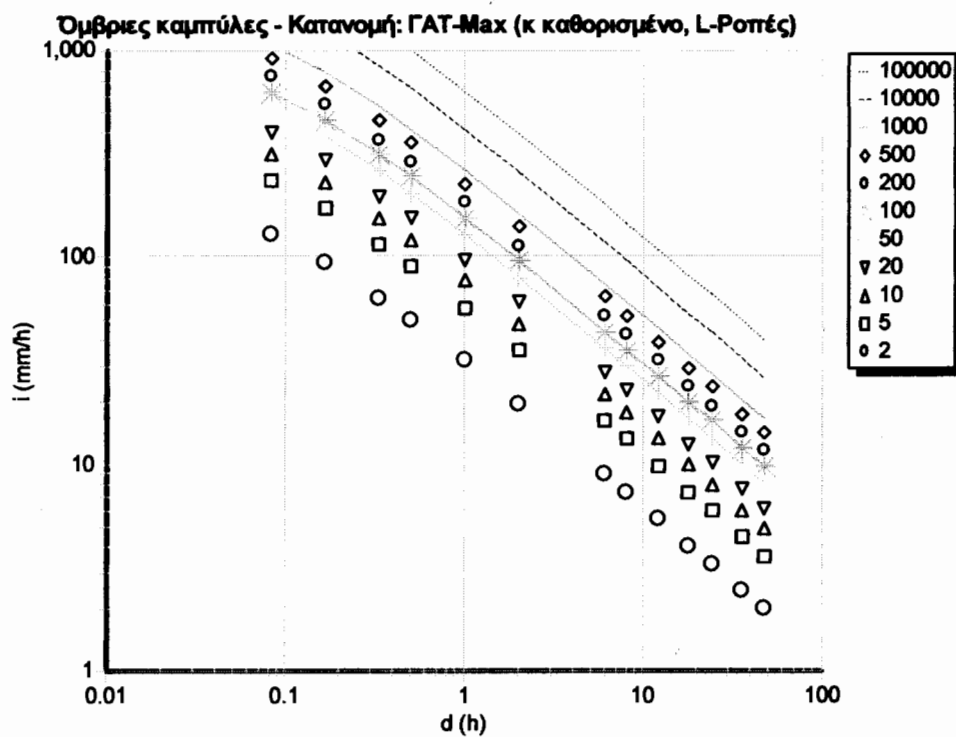
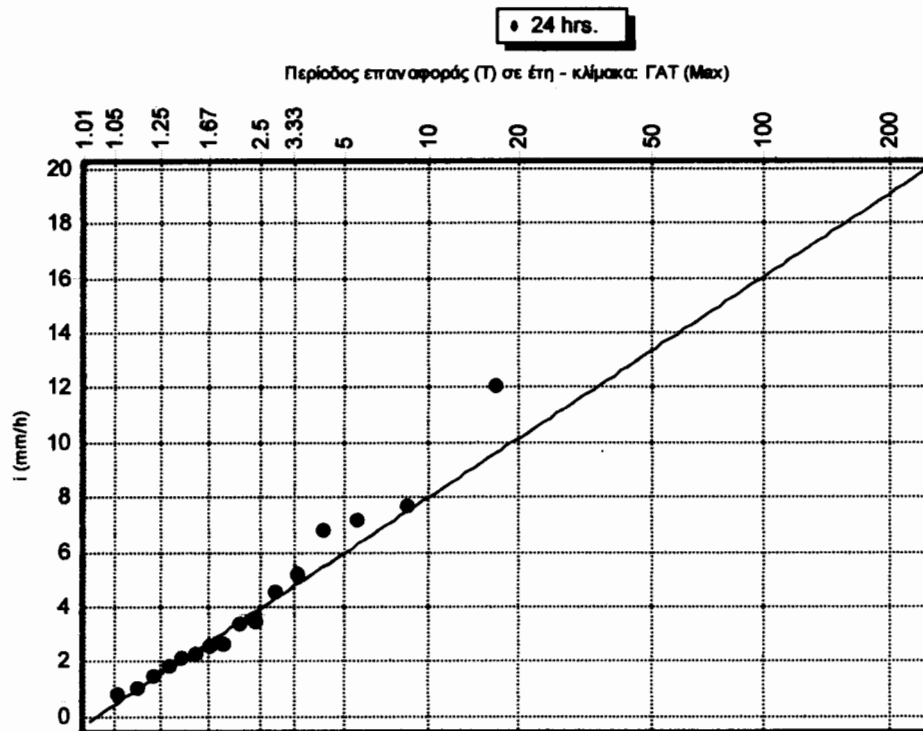
Ασυμμετρία:1.34

L-Ροπή 1: 40.59

L-Ροπή 2: 16.74

L-Ροπή 3: 5.26

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



ΑΣΦΑΝΤΙΟ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = a / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το a παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	a
2	33.64
5	45.46
10	54.47
20	64.12
50	78.26
100	90.24
200	103.48
500	123.20
1000	140.02
10000	210.23
100000	309.41

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=9.06$

$\psi=3.34$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:37.02

Τυπική απόκλιση:13.11

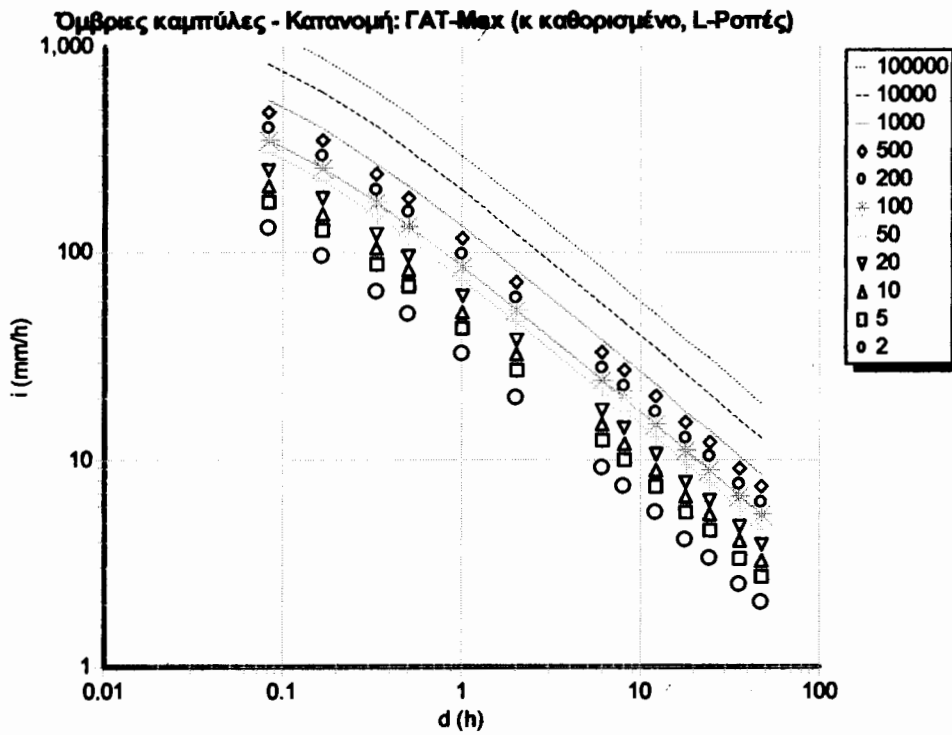
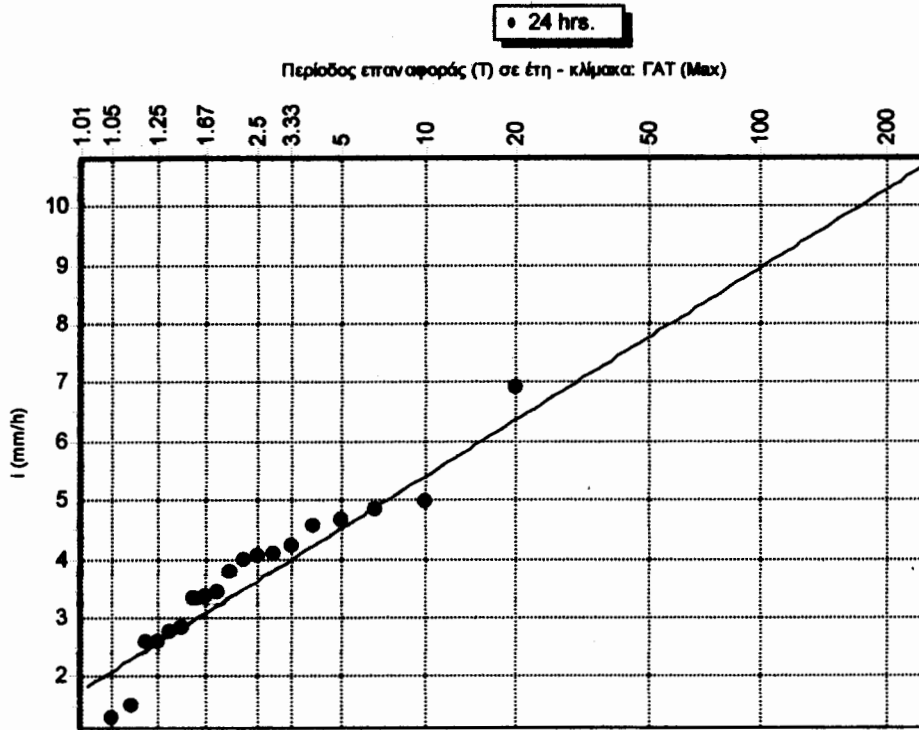
Ασυμμετρία:0.35

L-Ροπή 1: 37.02

L-Ροπή 2: 7.36

L-Ροπή 3: 0.1

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



ΑΣΤΥΠΑΛΛΑΙΑ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	18.53
5	29.49
10	37.83
20	46.77
50	59.87
100	70.96
200	83.23
500	101.50
1000	117.08
10000	182.13
100000	274.01

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=8.39$

$\psi=1.83$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:21.66

Τυπική απόκλιση:12.55

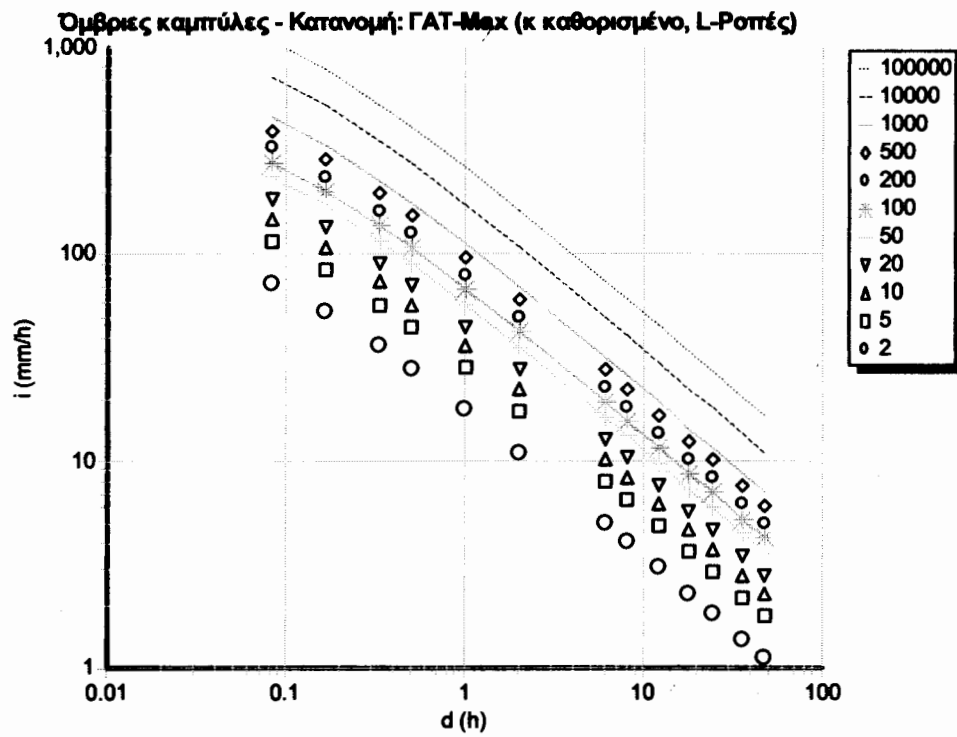
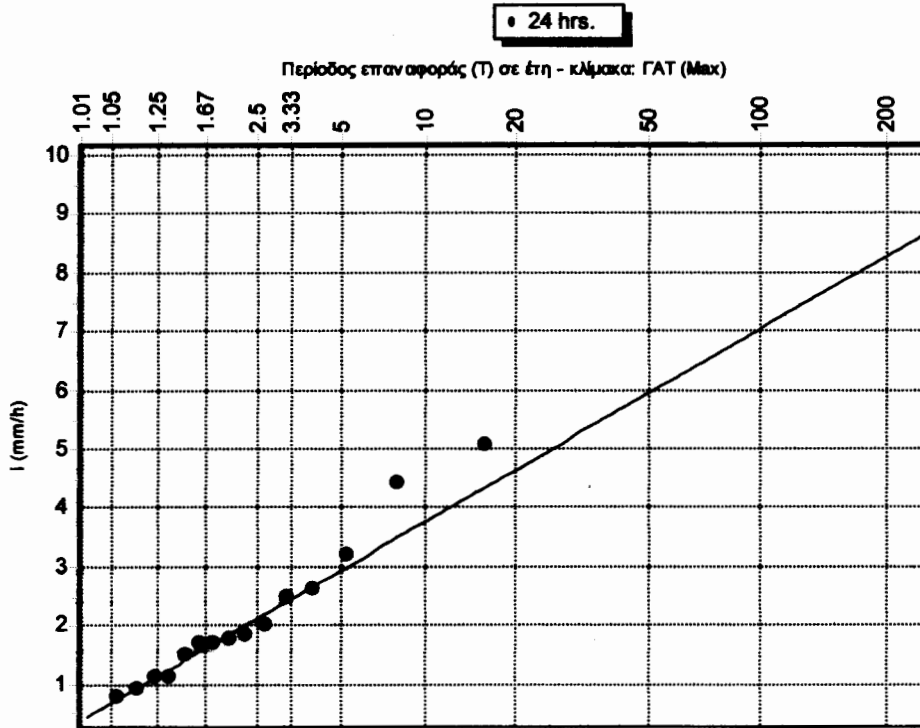
Ασυμμετρία:1.32

L-Ροπή 1: 21.66

L-Ροπή 2: 6.82

L-Ροπή 3: 2.21

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



BABYΛΟΙ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	28.03
5	39.12
10	47.58
20	56.64
50	69.91
100	81.15
200	93.58
500	112.09
1000	127.88
10000	193.79
100000	286.88

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=8.5$

$\psi=2.92$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή:31. 2

Τυπική απόκλιση:12.25

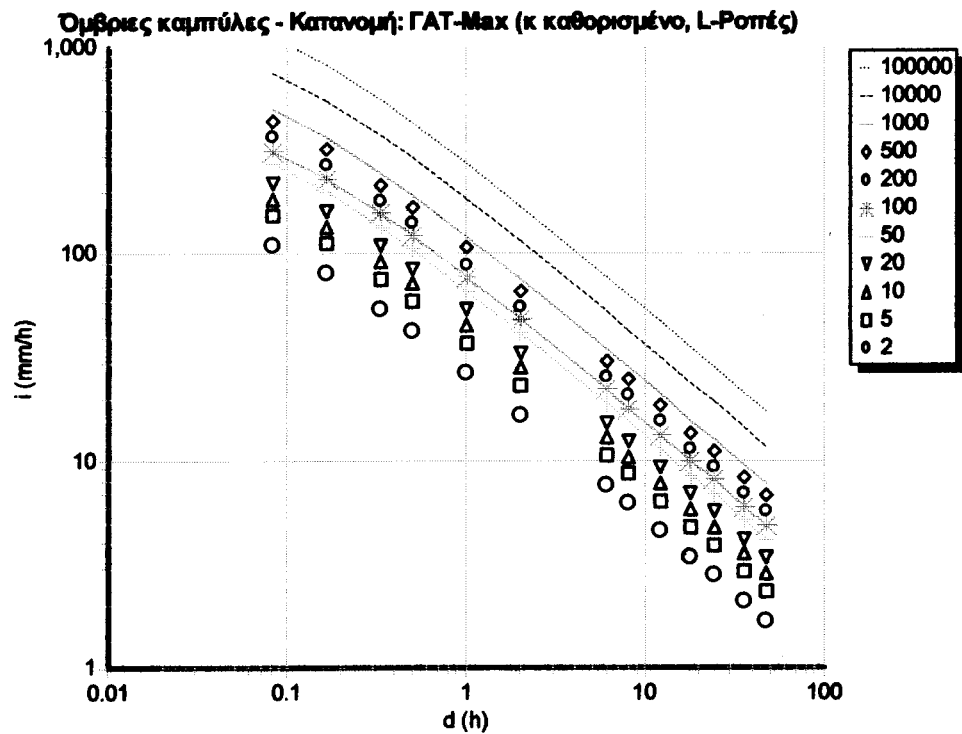
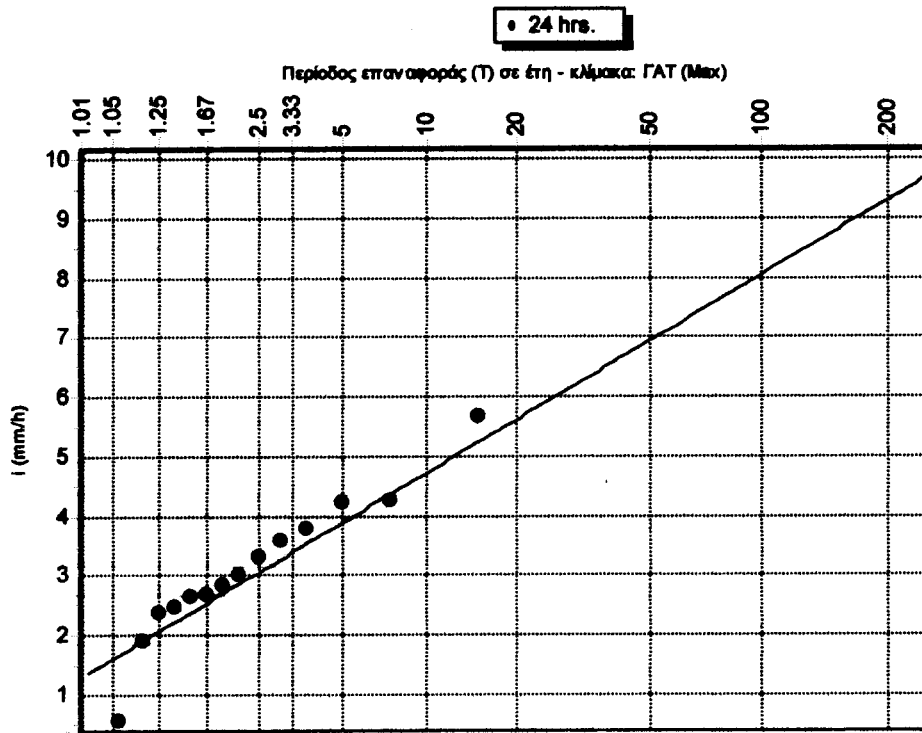
Ασυμμετρία:0.1

L-Ροπή 1: 31. 2

L-Ροπή 2: 6.91

L-Ροπή 3: 0.28

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



ΕΜΠΙΩΝΑΣ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	44.83
5	67.09
10	84.05
20	102.22
50	128.84
100	151.37
200	176.30
500	213.43
1000	245.08
10000	377.27
100000	563.95

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=17.05$

$\psi=2.25$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή: 51.2

Τυπική απόκλιση: 25.51

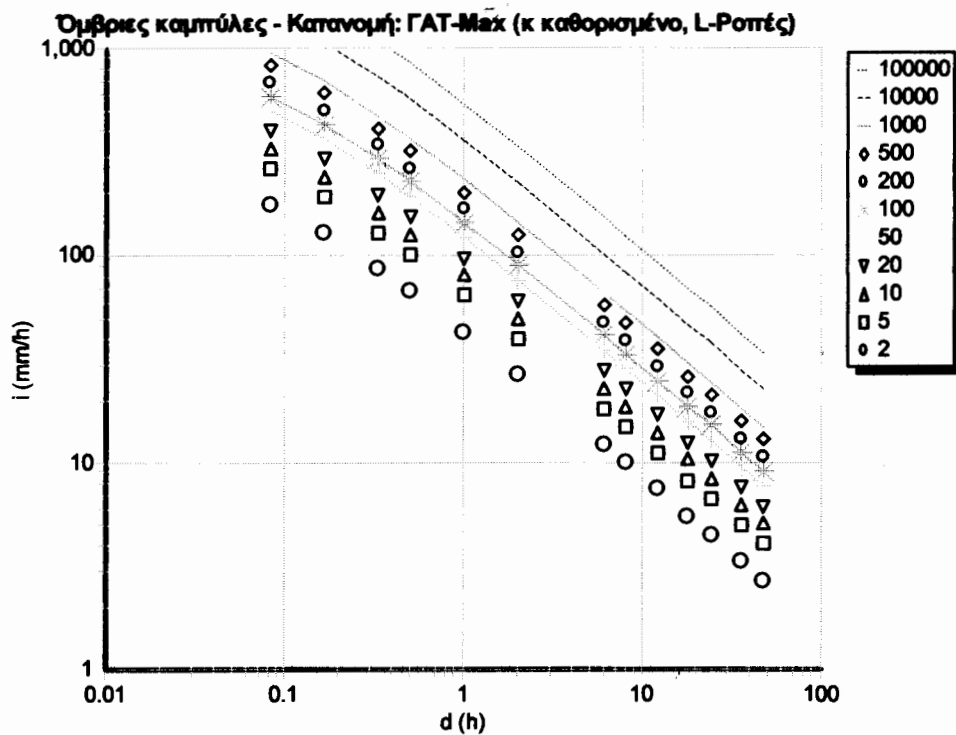
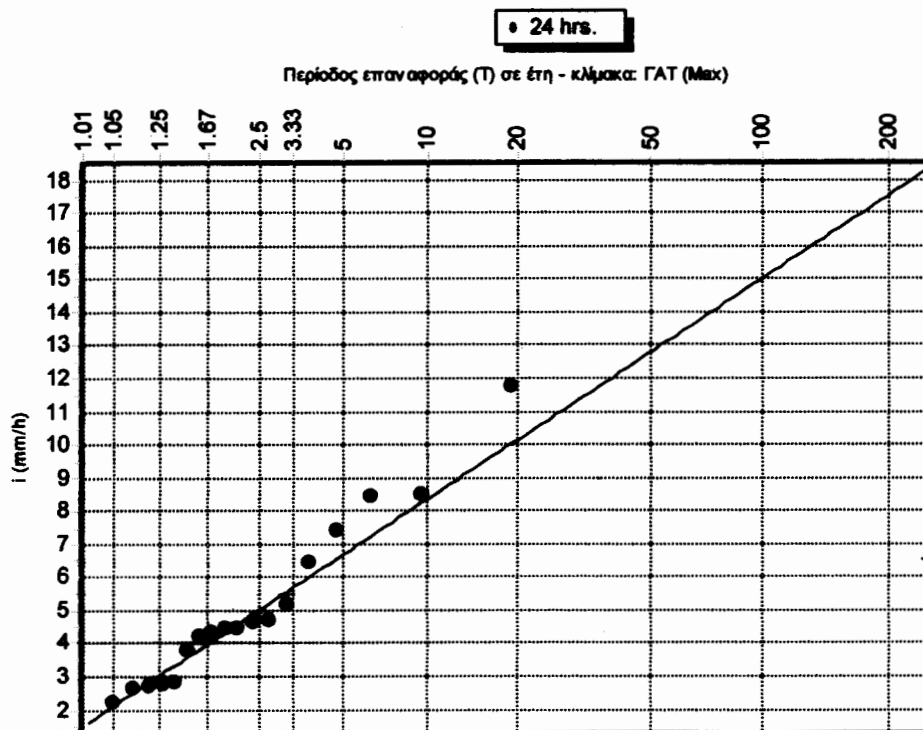
Ασυμμετρία: 1.27

L-Ροπή 1: 51.2

L-Ροπή 2: 13.86

L-Ροπή 3: 4.05

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



ΚΑΡΥΕΣ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	30.59
5	40.88
10	48.72
20	57.12
50	69.43
100	79.85
200	91.38
500	108.55
1000	123.19
10000	184.13
100000	270.64

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=7.88$

$\psi=3.5$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή: 33.53

Τυπική απόκλιση: 13.04

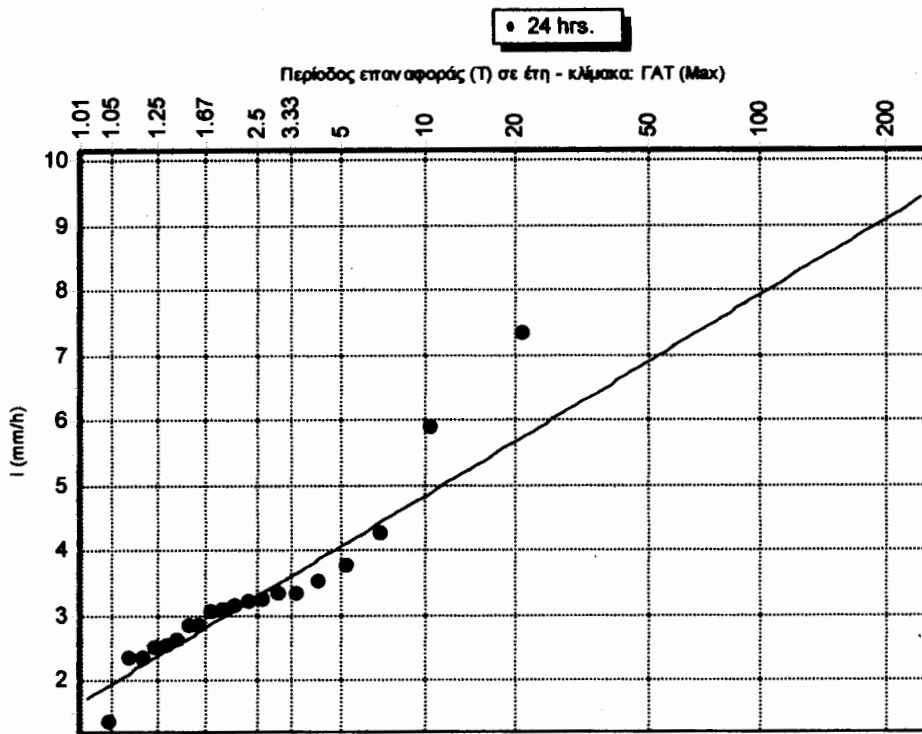
Ασυμμετρία: 1.9

L-Ροπή 1: 33.53

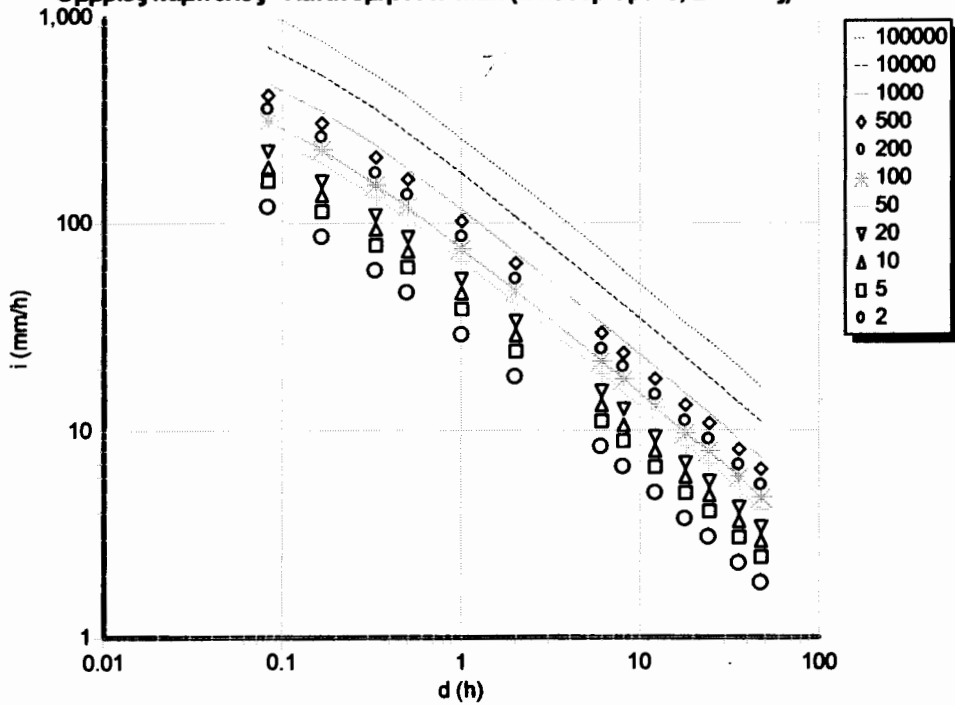
L-Ροπή 2: 6.41

L-Ροπή 3: 2.08

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



Ομβρικές καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ροπές)



ΚΕΦΑΛΟΣ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	24.12
5	35.89
10	44.85
20	54.46
50	68.53
100	80.45
200	93.63
500	113.26
1000	130.00
10000	199.89
100000	298.60

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=9.02$

$\psi=2.3$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή: 27.48

Τυπική απόκλιση: 12.9

Ασυμμετρία: 0.86

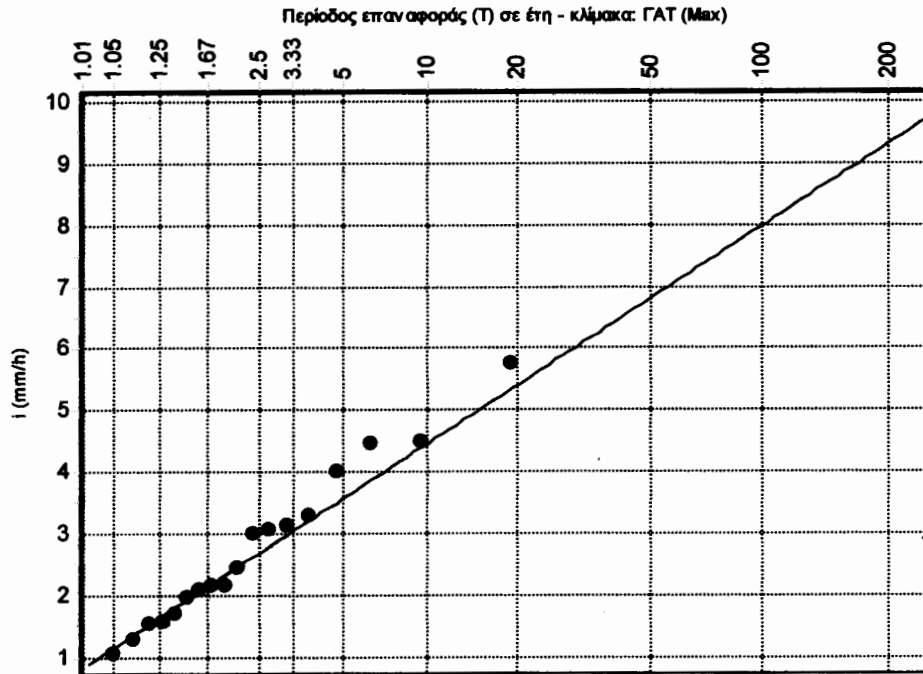
L-Ροπή 1: 27.48

L-Ροπή 2: 7.33

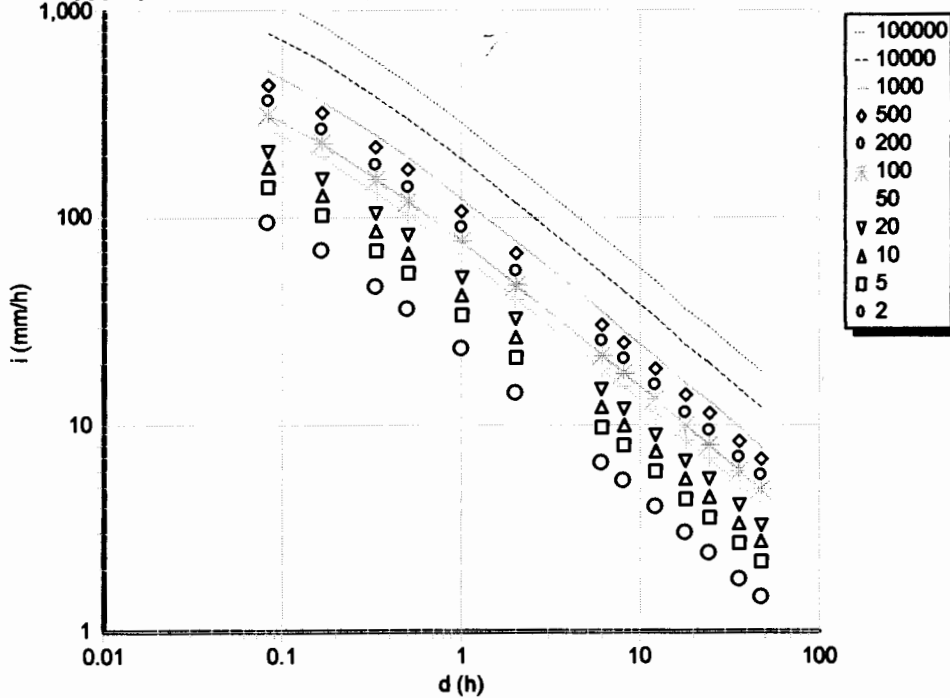
L-Ροπή 3: 1.55

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)

• 24 hrs.



Ομβρικές καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ροπές)



ΛΑΕΡΜΑ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	40.79
5	63.63
10	81.03
20	99.67
50	126.99
100	150.12
200	175.70
500	213.80
1000	246.29
10000	381.94
100000	573.53

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=17.5$

$\psi=1.95$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή: 47.32

Τυπική απόκλιση: 25.96

Ασυμμετρία: 1.12

L-Ροπή 1: 47.32

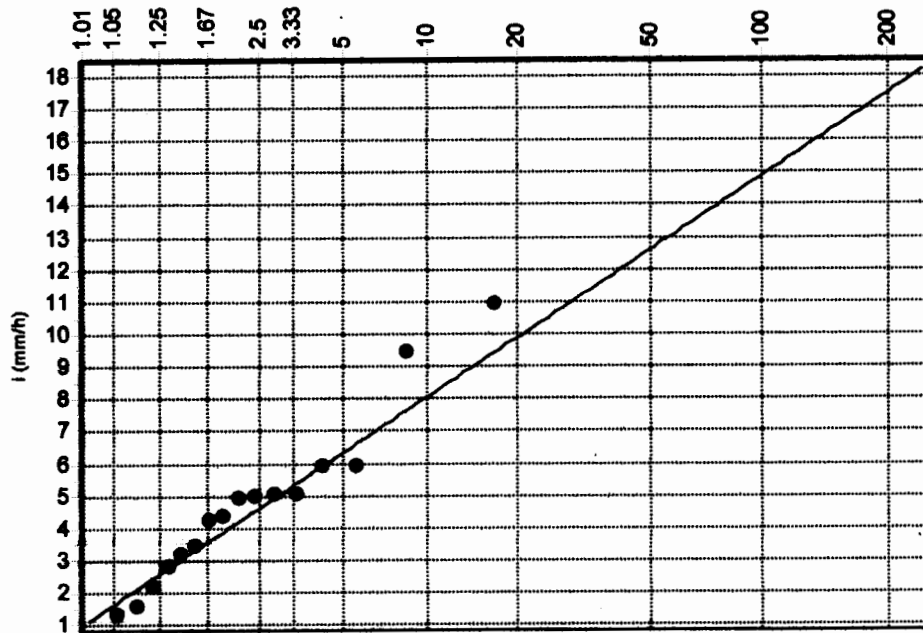
L-Ροπή 2: 14.22

L-Ροπή 3: 2.74

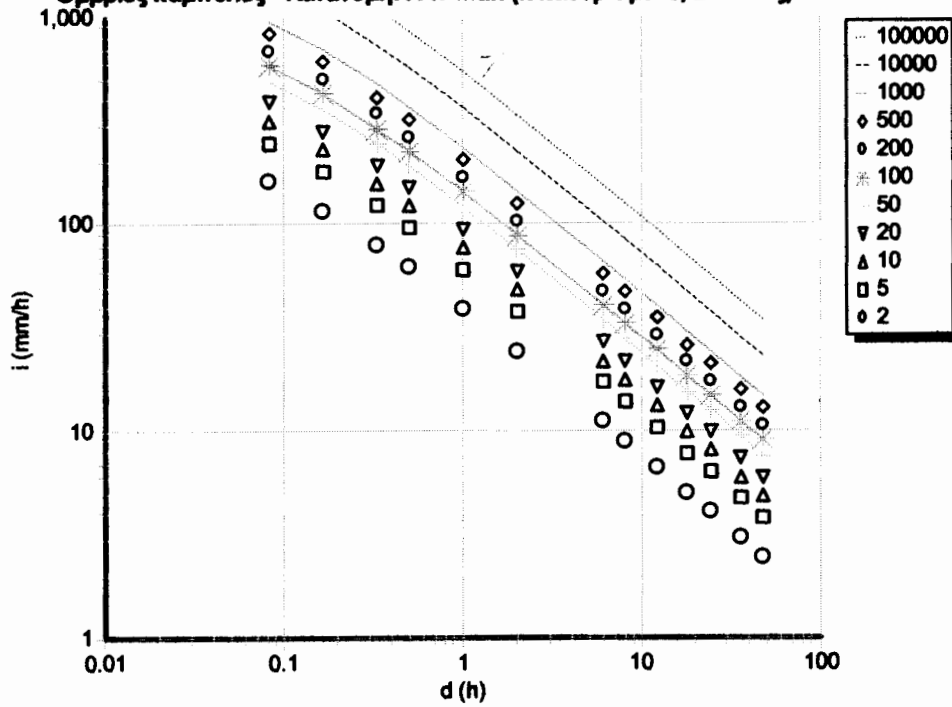
Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)

• 24 hrs.

Περίοδος επαναφοράς (T) σε έτη - κλίμακα: ΓΑΤ (Max)



Ομβρικές καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ρομπές)



NEA MONH

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	31.66
5	39.16
10	44.88
20	51.01
50	59.99
100	67.59
200	76.00
500	88.52
1000	99.20
10000	143.79
100000	206.76

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=5.75$

$\psi=5.13$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή: 33.8

Τυπική απόκλιση: 8.12

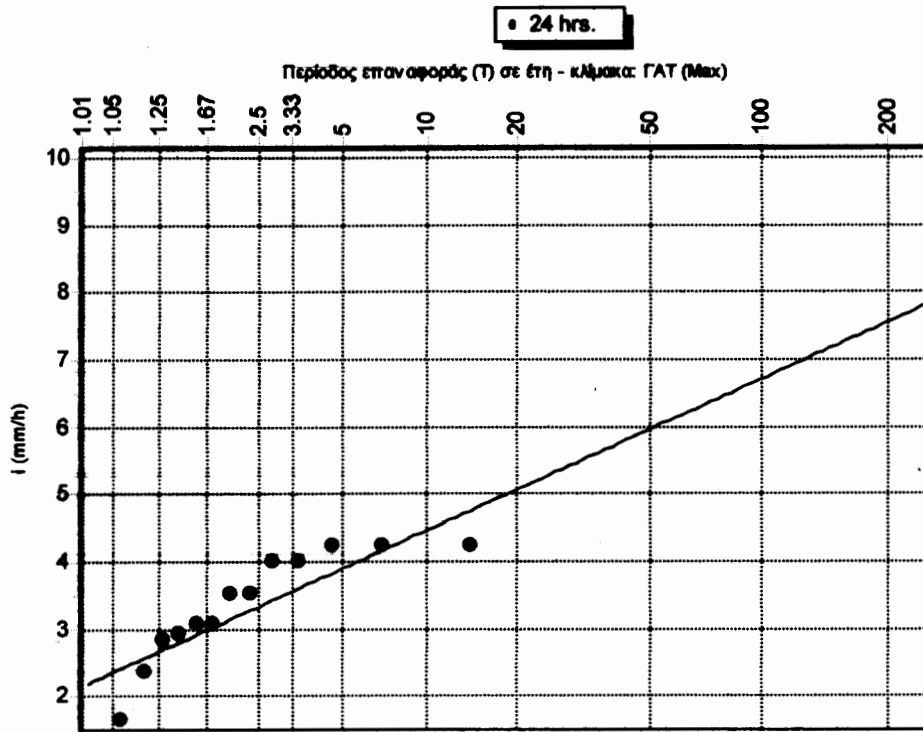
Ασυμμετρία: -0.7

L-Ροπή 1: 33.8

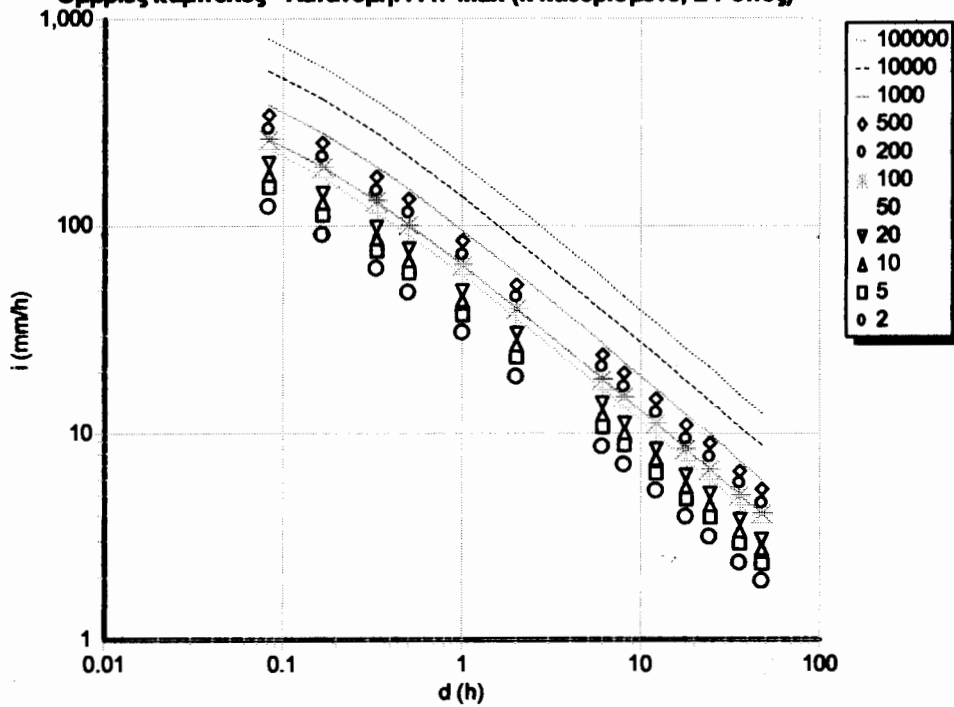
L-Ροπή 2: 4.67

L-Ροπή 3: -0.85

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



Ομβρικές καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ροπές)



ΠΥΡΓΙ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	28.66
5	37.17
10	43.66
20	50.61
50	60.80
100	69.42
200	78.95
500	93.16
1000	105.27
10000	155.83
100000	227,25

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$$\kappa=0,15$$

$$\lambda=6.52$$

$$\psi=4.02$$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή: 31.09

Τυπική απόκλιση: 10.77

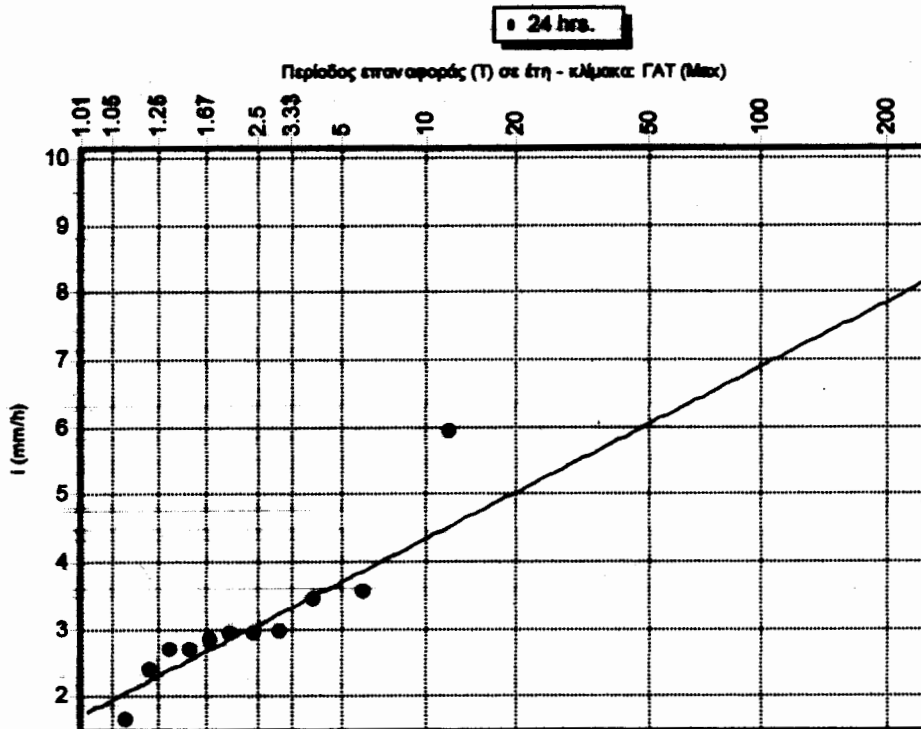
Ασυμμετρία: 1.96

L-Ροπή 1: 31.09

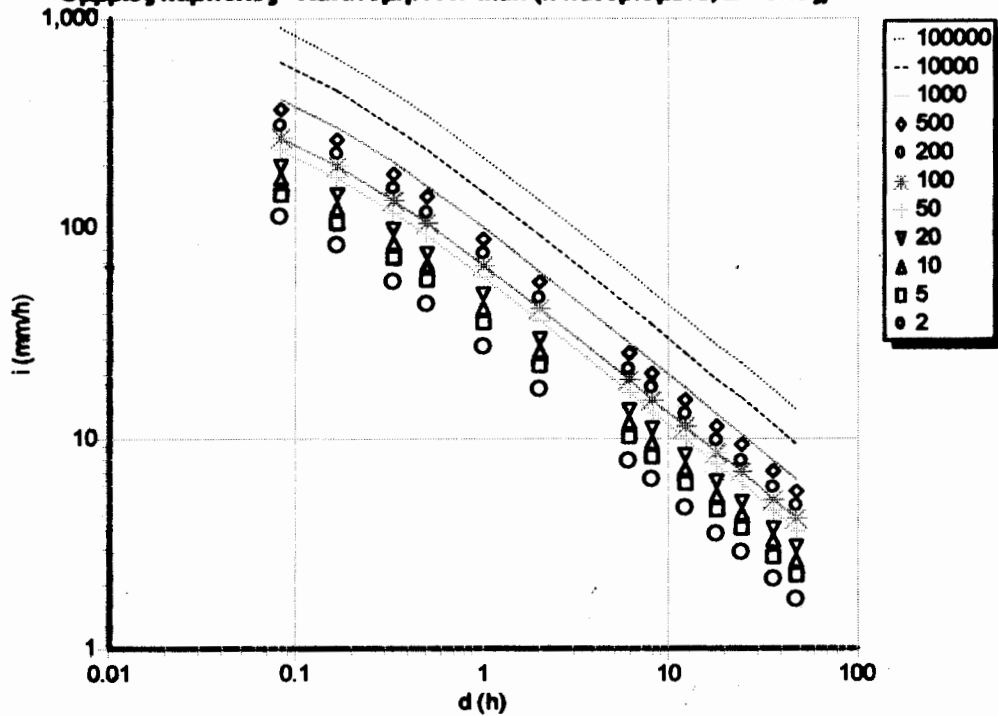
L-Ροπή 2: 5.3

L-Ροπή 3: 1.74

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



Ομόβριες καμπύλες - Κατανομή: ΓΑΤ-Max (κ καθορισμένο, L-Ροπέζ)



ΣΤΥΠΣΗ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	31.14
5	35.57
10	38.95
20	42.57
50	47.88
100	52.37
200	57.34
500	64.74
1000	71.05
10000	97.39
100000	134.60

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$$\kappa=0,15$$

$$\lambda=3.4$$

$$\psi=8.79$$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή: 32.4

Τυπική απόκλιση: 5.31

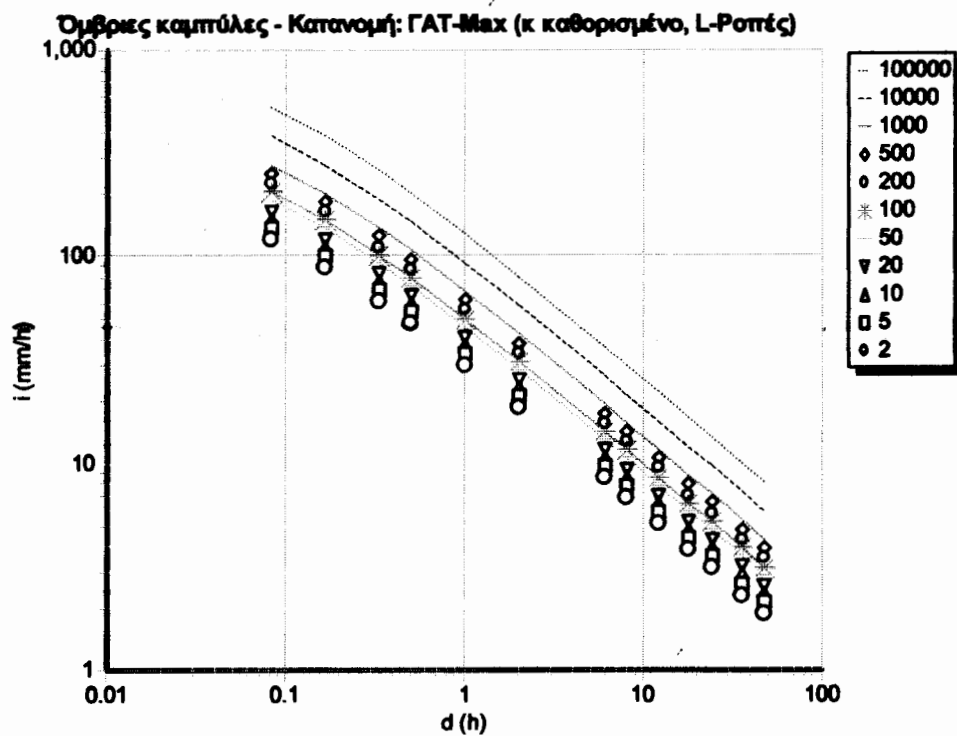
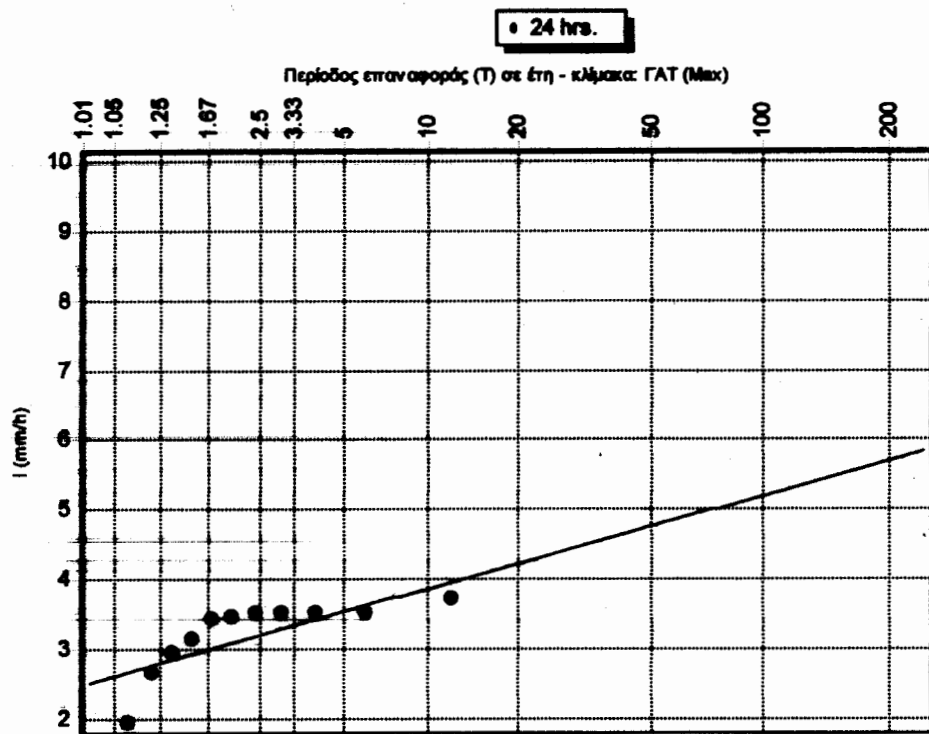
Ασυμμετρία: -1.69

L-Ροπή 1: 32.4

L-Ροπή 2: 2.76

L-Ροπή 3: -1.31

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)



ΧΑΛΚΗ

Η εξίσωση της όμβριας καμπύλης είναι η παρακάτω:

$$i \text{ (mm/h)} = \alpha / (d + 0.070)^{0.726}$$

όπου το α παίρνει τιμές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς

T	α
2	37.03
5	53.69
10	66.39
20	79.99
50	99.92
100	116.79
200	135.45
500	163.25
1000	186.94
10000	285.90
100000	425.66

Επίσης από την ανάλυση έχουμε τα εξής:

Παράμετροι συνάρτησης κατανομής

$\kappa=0,15$

$\lambda=12.76$

$\psi=2.52$

Στατιστικά χαρακτηριστικά ενοποιημένου δείγματος

Μέση τιμή: 41.79

Τυπική απόκλιση: 19.19

Ασυμμετρία: 0.89

L-Ροπή 1: 41.79

L-Ροπή 2: 10.37

L-Ροπή 3: 1.41

Διάγραμμα κατανομής (για 24 h)

