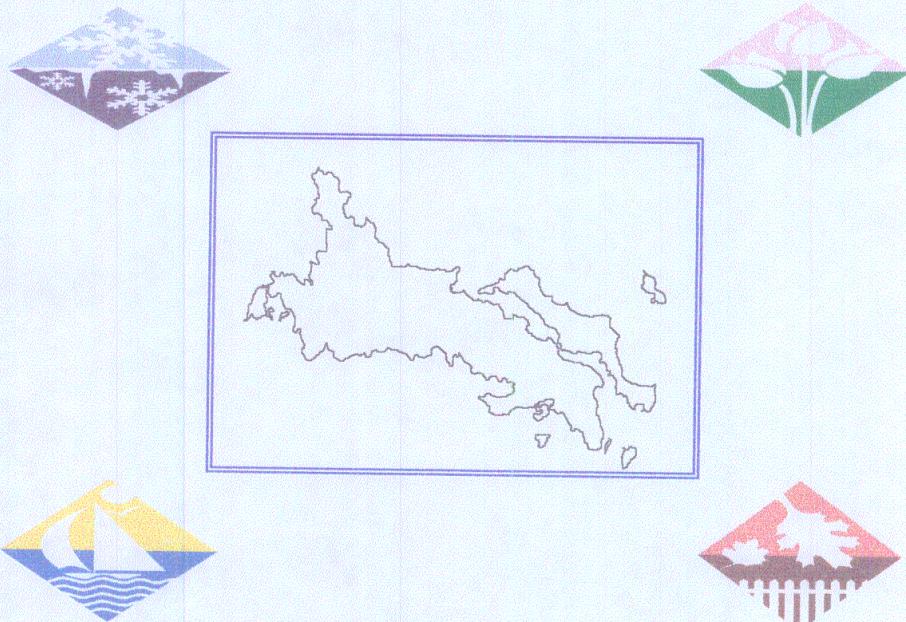


Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλασσίων Έργων
Επιβλέπων: Δημήτρης Κουτσογιάννης

Κατάρτιση ομβρίων καμπυλών με ελλιπή δεδομένα. Εφαρμογή στην περιοχή της Στερεάς Ελλάδας.

Διπλωματική Εργασία



Δημοσθένης Κοζώνης

Αθήνα, Ιούνιος 1995

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σε μια εποχή που η αξιοποίηση, διαχείριση και εκμετάλλευση των υδατικών αποθεμάτων αποκτά ζωτική σημασία και γίνεται παράγοντας συνεργασίας αλλά και σύγκρουσης παγκοσμίως, η επιστήμη της υδρολογίας αποκτά ιδιαίτερη σπουδαιότητα και προκαλεί το εύλογο ενδιαφέρον κάθε μηχανικού. Η ευρύτητα του αντικειμένου της αλλά και η προσπάθειά της στην περιγραφή και μελέτη φυσικών φαινομένων όπως είναι οι κατακρημνίσεις υποχρεώνουν σε ιδιαίτερη εστίαση της έρευνας σε συγκεκριμένους τομείς. Με βάση αυτό το σκεπτικό επιχειρήθηκε η "μετάφραση" με μαθηματικούς τύπους του φαινομένου των μεγίστων βροχοπτώσεων σε μια περιοχή όπως η Στερεά Ελλάδα που παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον αφού φιλοξενεί την πλειοψηφία του πληθυσμού της χώρας.

Σε ότι με αφορά η παρούσα εργασία κλείνει τον παραγωγικό κύκλο της πενταετούς φοίτησής μου στο Πολυτεχνείο της Αθήνας και καθορίζει την έναρξη της αξιοποίησης των γνώσεων σε κάποιο διαφορετικό αλλά εξίσου υψηλό επίπεδο ακαδημαϊκής και επαγγελματικής σταδιοδρομίας με σκοπό την διεύρυνση και ολοκλήρωση της προσωπικότητάς μου ως μηχανικού και ως ανθρώπου.

Για την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής, αποφασιστικής σημασίας ήταν η συμβολή του κ. Δημήτρη Κουτσογιάννη ο οποίος πρόθυμα και ακούραστα έδωσε απαντήσεις στις απορίες μου και τον οποίο ευχαριστώ θερμά. Επίσης ευχαριστώ το Νίκο Μαμάση που με εισήγαγε στο πεδίο εφαρμογών του GIS και τον Αλέξανδρο Μανέτα για τις οδηγίες του σχετικά με το πρόγραμμα OMBRE. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω ολόκληρη τη δραστήρια ομάδα του Τομέα καθώς και τις Υπηρεσίες ΔΕΗ και ΥΠΕΧΩΔΕ για τη βοήθεια που μου έδωσαν.

Δημοσθένης Κοζώνης
Αθήνα, Ιούνιος 1995

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
Περίληψη	ΣΕΛ. 4
Abstract	5
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	6
1.1 Αντικείμενο	
1.2 Σκοπός	
Κεφάλαιο 2 Δεδομένα	7
2.1 Εισαγωγή	
2.2 Διαδικασία συλλογής στοιχείων	
2.3 Τρόπος και όργανα μέτρησης της βροχής	
2.4 Ψηφιοποίηση ταινιών βροχογράφου	
2.5 Προβλήματα οργάνων και σφάλματα καταγραφής	
Κεφάλαιο 3 Μεθοδολογία Υπολογισμού Ομβρίων Καμπυλών	12
3.1 Εισαγωγή	
3.2 Επεξεργασία με την κατανομή Gumbel	
3.3 Τελική μορφή Ομβρίων Καμπυλών	
3.4 Μέθοδοι εκτίμησης των παραμέτρων	
3.5 Διαδικασία εκτίμησης των παραμέτρων	
3.6 Παράδειγμα	
3.7 Απλοποίηση των εξισώσεων	
Κεφάλαιο 4 Επέκταση των Ομβρίων Καμπυλών σε μεγάλες περιοχές	24
4.1 Εισαγωγή	
4.2 Διαχωρισμός σε ζώνες	
4.3 Τελικές εξισώσεις Ομβρίων Καμπυλών	
4.4 Έλεγχος Προσαρμογής των Κατανομών	
Κεφάλαιο 5 Σύγκριση Κατανομών σε Βροχόμετρα και Βροχογράφους	33
5.1 Εισαγωγή	
5.2 Επεξεργασία στοιχείων βροχομέτρου	
5.3 Σύγκριση ευθειών βροχογράφου και βροχομέτρου	
5.4 Εντάσεις από σταθμούς που διαθέτουν μόνο βροχόμετρο	
Κεφάλαιο 6 Εκφράσεις ομβρίων καμπυλών από βροχόμετρα	37
6.1 Εισαγωγή	
6.2 Κατανομή βροχομετρικών σταθμών	
6.3 Μέγιστα ύψη βροχόπτωσης	
6.4 Χάρτες Ισουετίων Καμπυλών για μέγιστα ύψη βροχής	
6.5 Γενική μέθοδος προσδιορισμού των αγνώστων παραμέτρων μέσω χαρτών	
6.6 Παράδειγμα	

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ(συνέχεια)

ΣΕΛ.

Κεφάλαιο 7	Έλεγχος συσχέτισης μέγιστου ύψους βροχόπτωσης και γεωγραφικού υψομέτρου σταθμού	48
-------------------	--	-----------

- 7.1 Εισαγωγή
- 7.2 Συντελεστής Γραμμικής Συσχέτισης
- 7.3 Έλεγχος σημαντικότητας γραμμικής συσχέτισης
- 7.4 Εφαρμογή στη Στερεά Ελλάδα
- 7.5 Συμπέρασμα

Κεφάλαιο 8	Συμπεράσματα	54
-------------------	---------------------	-----------

Αναφορές	55
-----------------	-----------

Παραρτήματα

- 1. Πίνακες δεδομένων
- 2. Διαγράμματα προσαρμογής των δειγμάτων στην κατανομή Gumbel
- 3. Διαγράμματα κατανομών από βροχογράφους και βροχόμετρα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το βασικό αντικείμενο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η κατάρτιση κατάλληλης μεθοδολογίας για τις όμβριες καμπύλες που να αξιοποιεί στον υπολογισμό και το πυκνό δίκτυο των βροχομέτρων. Παράλληλα επιδιώκεται και ο προσδιορισμός των παραμέτρων των εξισώσεων έτσι ώστε να γίνει εφικτή η ομαδοποίηση των τιμών τους σε μεγάλες περιοχές. Για το σκοπό αυτό έγινε αρχικά συλλογή και κατάλληλη επεξεργασία των στοιχείων που ανήκουν σε σταθμούς που διαθέτουν βροχογράφο. Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης έγινε διαχωρισμός της εξεταζόμενης περιοχής σε ζώνες. Σε κάθε ζώνη καθορίσθηκαν σταθερές τιμές για τις περισσότερες από τις παραμέτρους των εξισώσεων. Οι μορφές των εξισώσεων που χρησιμοποιήθηκαν, επιλέχθηκαν έτσι ώστε να συνδυάζουν την απαιτούμενη πληρότητα και τη δύνατη απλότητα συγκριτικά με τις υπάρχουσες. Από τα στοιχεία του πολύ πυκνότερου δικτύου των βροχομέτρων της περιοχής έγινε με κατάλληλη μέθοδο προσδιορισμός και των υπολοίπων παραμέτρων οπότε προέκυψαν τα μέγιστα ύψη βροχής για διαφορετικές τιμές της περιόδου επαναφοράς και της διάρκειας βροχόπτωσης. Η αποτύπωση των τιμών αυτών στο χάρτη με τη χρήση του συστήματος GIS οδηγεί στη χάραξη ισουετιών καμπυλών για τα μέγιστα ύψη βροχής σε ολόκληρη την εξεταζόμενη περιοχή. Με κατάλληλη χρήση των χαρτών που προκύπτουν είναι δυνατός ο προσδιορισμός της έκφρασης των ομβρίων καμπυλών σε οποιοδήποτε σημείο της περιοχής. Ολόκληρη η διαδικασία εφαρμόσθηκε στην ίδιαίτερα ενδιαφέρουσα περιοχή της Στερεάς Ελλάδας με τελικό αποτέλεσμα την δημιουργία χαρακτηριστικών χαρτών ισουετίων. Τέλος, με τη βοήθεια των εξισώσεων των ομβρίων καμπυλών που αντιστοιχούν σε κάθε σταθμό έγινε διερεύνηση της σημαντικότητας της συσχέτισης μεταξύ του γεωγραφικού υψημέτρου και των μεγίστων υψών βροχόπτωσης στην περιοχή της Στερεάς Ελλάδας.

ABSTRACT

The basic topic of the particular thesis is the formation of appropriate methodology for the equations of maximum rainfall intensity - duration - frequency curves (IDF formula) so as to make use also of the dense network of nonrecording raingauges during their estimation. In addition the definition of the parameters of the equations is pursued so as to be feasible the grouping of their values in large areas. For this purpose collection and appropriate elaboration of the data which belongs to recording raingauges has been done. In accordance to the results of the analysis, the investigated area was separated into zones. In each zone fixed values for the majority of the parameters were defined. The formulas of the equations which have been used, were selected so as to combine the necessary completeness and the possible simplicity in comparison with the existed. From the data of the much more dense network of nonrecording raingauges in the area, the rest parameters were defined by using an appropriate method. In this way the maximum rainfall depths for various rainfall duration and return period were resulted. The imprint of these values on the map by using the GIS system made possible the tracing of the isohyetal map for the entire examined area. By using the maps which were derived, in a suitable way it is possible to extend the IDF relationship to every single place of the area. The whole procedure was applied in the particularly interesting "Stereia Hellas" area* with final result the creation of characteristic isohyetal maps. Finally, by using the expressions of the maximum rainfall intensity - duration - frequency curves which correspond to a particular nonrecording raingauge, an examine of the importance of the relation between the geographic altitude and the maximum rainfall depth in the area, has been done.

* "Stereia Hellas" area is located in the central part of Greece and it contains the capital city, Athens. It is an area of nearly 24900 Km² and its importance is obvious since about 43% of the total Greek population lives there (Statistical Yearbook of Greece, 1990).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο

Κατά την εκπόνηση μιας υδρολογικής μελέτης, ο μηχανικός-μελετητής καλείται να αξιοποιήσει τις διαθέσιμες υδρολογικές πληροφορίες ώστε να καθορίσει στη συνέχεια τις βασικές παραμέτρους σχεδιασμού των έργων επιφανειακής ή υπόγειας υδρολογίας. Τα απαραίτητα για την σύνταξη των υδρολογικών μελετών δεδομένα είναι οι διάφορες μετρήσεις ή εκτιμήσεις των υδρολογικών μεταβλητών όπως είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, δηλαδή οι βροχοπτώσεις και οι χιονοπτώσεις.

Οι πλημμύρες των υδατορευμάτων οφείλονται σε ισχυρές βροχοπτώσεις κρίσιμης διάρκειας, ίσης με το χρόνο συρροής. Στις περιπτώσεις όμως κυρίως μικρών λεκανών απορροής, η έλλειψη υδρομετρήσεων δυσχεραίνει την αξιόπιστη εκτίμηση και πρόγνωση της πλημμύρας. Για αυτό το λόγο γίνεται μαθηματική προσομοίωση του μηχανισμού βροχόπτωση-επιφανειακή απορροή. Εφόσον λοιπόν μόνο για τις βροχοπτώσεις υπάρχουν χρονοσειρές δεδομένων (δείγματα), η επεξεργασία θα βασισθεί στις μέγιστες βροχοπτώσεις. Κατά συνέπεια είναι απαραίτητη η πιθανολογική ανάλυση των σημειακών βροχοπτώσεων διαφόρων διαρκειών από την οποία θα προκύψουν οι γραφικές ή αναλυτικές σχέσεις μεταξύ του ύψους της βροχής και της διάρκειας της βροχής για διάφορες περιόδους επαναφοράς T , του μεγίστου αυτού γεγονότος της βροχής. Οι αντίστοιχες καμπύλες $h(t)$ και $i(t)$ είναι παραμετρικές ως προς T και καλούνται όμβριες καμπύλες (Ξανθόπουλος, 1990).

1.2 Σκοπός

Ο μελετητής αφού γνωρίζει τη διάρκεια της κρίσιμης βροχής για τη λεκάνη απορροής που αποχετεύεται στη θέση του διαστασιολογούμενου έργου, και εφόσον βέβαια έχει καθορίσει την επιθυμητή ασφάλεια του έργου έναντι πλημμυρών, μπορεί να αντρέξει στις όμβριες καμπύλες για την περιοχή της υπόψην λεκάνης απορροής και από την καμπύλη που αντιστοιχεί στο T που επέλεξε προσδιορίζει το αναμενόμενο ύψος της κρίσιμης βροχής για τη συγκεκριμένη διάρκεια. Στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσει τον πληρέστερο δυνατό μετασχηματισμό του κρισίμου σημειακού ύψους της βροχής σε πλημμυρική παροχή και θα υπολογίσει το τελικό ζητούμενο, δηλαδή την παροχή σχεδιασμού του έργου που αντιστοιχεί στην επιθυμητή περίοδο επαναφοράς (Ξανθόπουλος, 1990).

Στόχος επομένως της συγκεκριμένης εργασίας είναι η κατάρτιση χαρακτηριστικών εκφράσεων ομβρίων καμπυλών για εκτεταμένες περιοχές μέσω δεδομένων από βροχογράφους καθώς και η αναλυτικότερη "χαρτογράφηση" της περιοχής μέσω δεδομένων από βροχόμετρα ώστε να απλοποιηθεί κατά το δυνατόν το στάδιο του προσδιορισμού του κρισίμου σημειακού ύψους βροχής μιας υδρολογικής μελέτης. Ως πεδίο εφαρμογής της προτεινόμενης διαδικασίας επελέγη η περιοχή της Στερεάς Ελλάδας η οποία έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφού συγκεντρώνει το 43% του πληθυσμού της χώρας.(Στατιστική Υπηρεσία, 1990)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

2.1 Εισαγωγή

Για την κατάρτιση των ομβρίων καμπυλών επιλέχθηκαν 13 σταθμοί βροχογράφων και 75 σταθμοί βροχομέτρων από όπου συλλέχθηκαν χρονοσειρές μεγίστων υψών βροχής για διάφορες διάρκειες βροχόπτωσης. Τα δεδομένα χορηγήθηκαν από τους εξής δημόσιους φορείς:

- Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρικού (ΔΕΗ)
- Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ)
- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ)

2.2 Διαδικασία συλλογής στοιχείων

Για την πραγματοποίηση της εργασίας κρίθηκε απαραίτητη η ανάγνωση* και καταγραφή των μεγίστων ετήσιων υψών βροχόπτωσης διαρκείας 1,2,6,12,24 και 48 ωρών για όλα τα έτη στα οποία υπήρχε σαφής, συνεπής και αναλυτική αναγραφή των υψών στις ταινίες του βροχογράφου. Σημειώνεται ότι μέρος των δεδομένων προέρχεται από παλαιότερη διπλωματική εργασία (Δέας, 1994).

Ως απαραίτητες προϋποθέσεις για τη χρησιμοποίηση των στοιχείων ενός σταθμού ελήφθησαν η συνεχής κατά τη διάρκεια ενός υδρολογικού έτους λειτουργία του βροχογράφου, η ευανάγνωση καταγραφή στις ταινίες, η συνέχεια στην χρονική περίοδο λειτουργίας ενός σταθμού (σειρές δεδομένων άνω των 15 ετών) ενώ σημασία δόθηκε και στα κατά καιρούς σχόλια των παρατηρητών όπως αυτά προέκυπταν από την επιτόπου εξέταση της λειτουργίας των συσκευών μέτρησης. Η επιλογή των γεωγραφικών θέσεων των σταθμών έγινε έτσι ώστε να καλύπτουν ομοιόμορφα όλα τα υδατικά διαμερίσματα της Στερεάς Ελλάδας.

Παράλληλα με την εύρεση των μεγίστων ετήσιων υψών από τις ταινίες του βροχογράφου έγινε και καταγραφή των μεγίστων ετήσιων υψών βροχόπτωσης για μία και δύο ημέρες όπως αυτά καταγράφονται από τους παρατηρητές στα αντίστοιχα βροχομετρικά δελτία για τους σταθμούς της ΔΕΗ και του ΥΠΕΧΩΔΕ όπου συνυπάρχει βροχογραφος και βροχόμετρο.

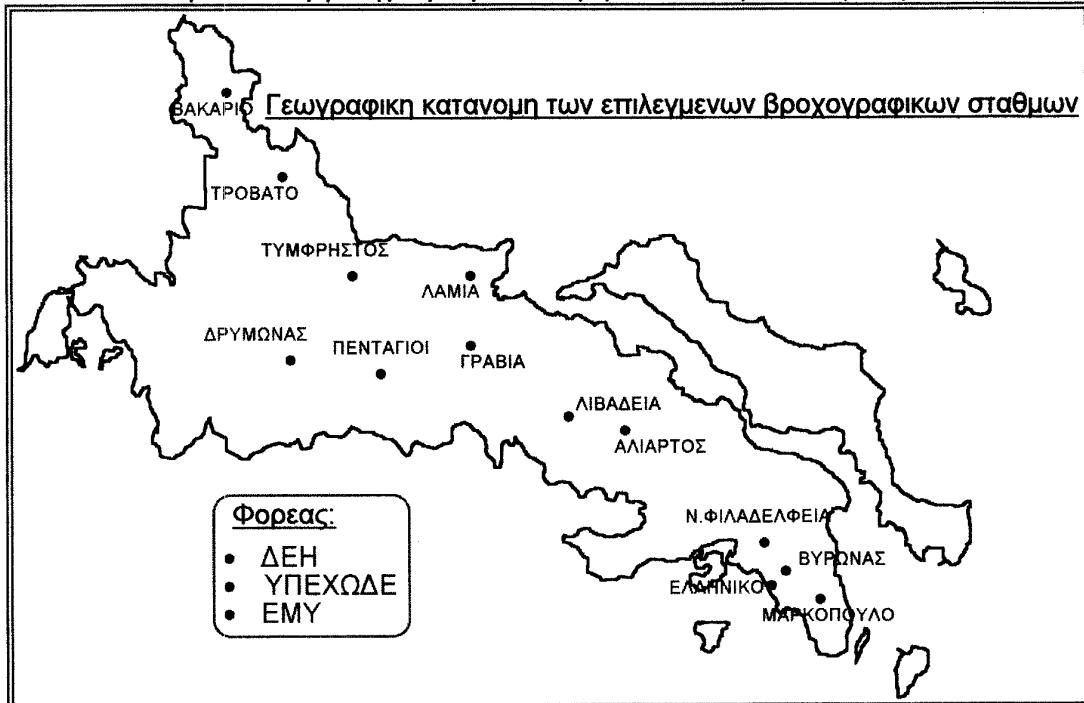
Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι σταθμοί από τους βροχογράφους των οποίων χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία καθώς και πληροφοριακά στοιχεία για αυτούς.

*Η ανάγνωση των ταινιών βροχογράφου έγινε κατόπιν γραπτής αιτήσεως στα υπεύθυνα για τη διατήρηση των σχετικών φακέλλων τμήματα, εντός των υπηρεσιών, σε χώρο που παραχωρήθηκε από τους αρμοδίους

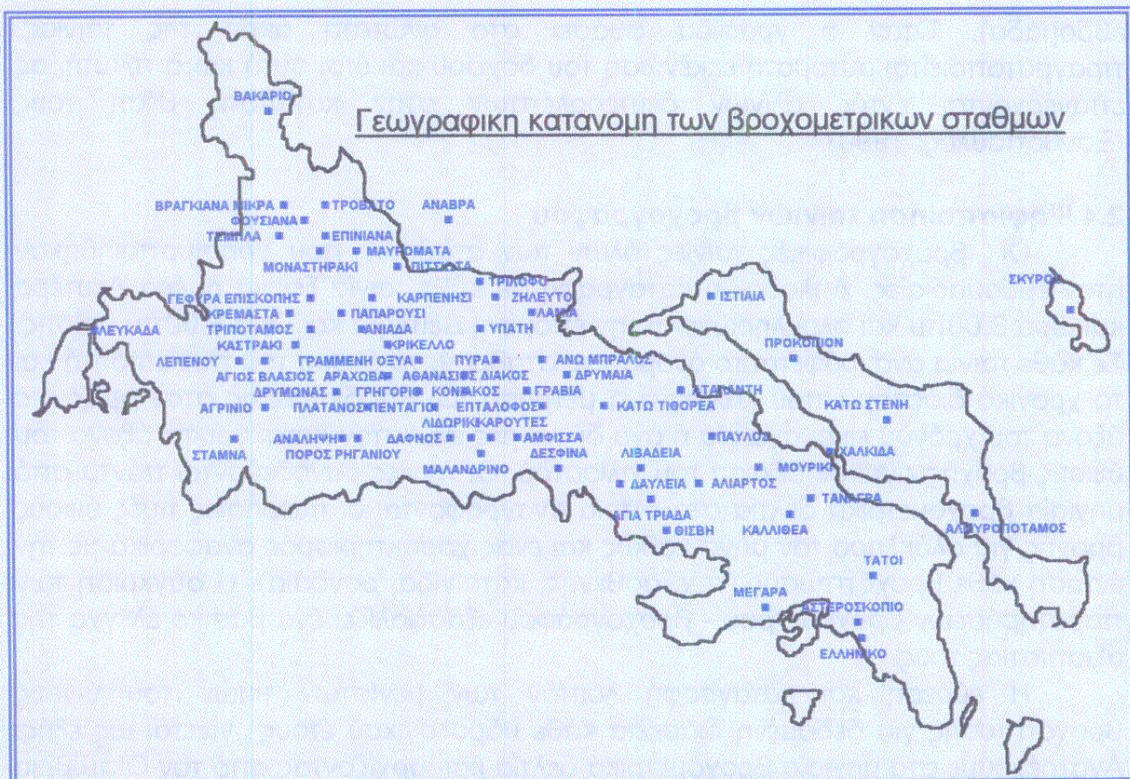
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.1 Επιλεγμένοι βροχογραφικοί σταθμοί

α/α	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΦΟΡΕΑΣ	ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΝΟΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
1	Αλιάρτος	EMY	Ανατολική Στερεά	Βοιωτία	110	18
2	Βακαρίο	ΔΕΗ	Δυτική Στερεά	Τρικαλα	1150	33
3	Βυρωνάς	ΥΠΕΧΩΔΕ	Αττική	Αττική	120	20
4	Γραβιά	ΥΠΕΧΩΔΕ	Ανατολική Στερεά	Φωκίδα	450	29
5	Δρυμωνάς	ΔΕΗ	Δυτική Στερεά	Αιτωλοακαρνανία	900	18
6	Ελληνικό	EMY	Αττική	Αττική	10	30
7	Λαμία	EMY	Ανατολική Στερεά	Φθιώτιδα	144	14
8	Λιβαδειά	ΥΠΕΧΩΔΕ	Ανατολική Στερεά	Βοιωτία	200	21
9	Μαρκοπούλο	ΥΠΕΧΩΔΕ	Αττική	Αττική	85	20
10	Ν. Φιλαδελφεια	EMY	Αττική	Αττική	136	25
11	Πενταγιοί	ΥΠΕΧΩΔΕ	Δυτική Στερεά	Φθιώτιδα	950	22
12	Τροβάτο	ΔΕΗ	Δυτική Στερεά	Ευρυτανία	1060	32
13	Τυμφρηστος	ΥΠΕΧΩΔΕ	Ανατολική Στερεά	Φθιώτιδα	850	28

Αναφορικά με τα υπόλοιπα βροχόμετρα, τα περισσότερα από τα οποία δεν διαθέτουν βροχογράφο, τα μέγιστα ετήσια ύψη βροχόπτωσης διαρκείας μίας και δύο ημερών για 75 σταθμούς της Στερεάς Ελλάδας χορηγήθηκαν έτοιμα και προέρχονται από τη βάση δεδομένων ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ. Στους χάρτες που ακολουθούν φαίνεται η γεωγραφική κατανομή των σταθμών στη Στερεά Ελλάδα.



ΧΑΡΤΗΣ 2.2.1 Γεωγραφική κατανομή των επιλεγμένων βροχογραφικών σταθμών



ΧΑΡΤΗΣ 2.2.2 Γεωγραφική κατανομή των βροχομετρικών σταθμών

2.3 Τρόπος και όργανα μέτρησης της βροχής

Τα όργανα μέτρησης της βροχόπτωσης είναι κυλινδρικά δοχεία, εγκατεστημένα σε κατάλληλες θέσεις, που συλλέγουν κυρίως τη βροχόπτωση και βοηθητικά τη χιονόπτωση, δίνοντας την αντίστοιχη σημειακή μέτρηση. Διακρίνονται σε βροχόμετρα και βροχογράφους.

Τα βροχόμετρα δίνουν την ολική σημειακή βροχόπτωση και το ισοδύναμο ύψος νερού μιας χιονόπτωσης ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα (συνήθως 12ωρο, 24ωρο), με την ανάγνωση της ένδειξης από ένα παρατηρητή. Αποτελούνται από δύο κύρια τμήματα: το μεταλλικό δοχείο υποδοχής της βροχής και το μετρητικό σύστημα, δηλαδή έναν κύλινδρο συλλογής της βροχής με χιλιοστομετρική κλίμακα και διάμετρο συνήθως υποπολλαπλάσια της διαμέτρου του δοχείου υποδοχής για να πολλαπλασιάζεται η ευαισθησία της μέτρησης.

Οι βροχογράφοι καταγράφουν με απλό ωρολογιακό μηχανισμό τη σχέση ύψους βρόχης-χρόνου αναλύοντας έτσι τη σημειακή χρονική διανομή των βροχοπτώσεων. Αποτελούνται από τη διάταξη συλλογής του νερού και από το γραφικό του σύστημα. Στους σταθμούς που μελετήσαμε η πλειονότητα των βροχογράφων ήταν σιφωνοειδούς τύπου. Σε αυτούς, από το σωλήνα του δοχείου 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. 1 στροφή ανά

εβδομάδα). Όταν η γραφίδα φθάσει στο ανώτατο άκρο της ταινίας, πραγματοποιείται αυτόματη εκκένωση του δοχείου και έτσι αυτή και ο πλωτήρας επανέρχονται εντός ολίγων δευτερολέπτων στην κατώτατη θέση τους (Ξανθόπουλος, 1990).

2.4 Ψηφιοποίηση ταινιών βροχογράφου

Οι βροχογραφικές ταινίες όλων των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν εβδομαδιαίες. Δηλαδή η καταγραφή σε κάθε ταινία ξεκινά ημέρα Δευτέρα και ώρα 8:00πμ και ολοκληρώνεται την επόμενη Δευτέρα και ώρα 8:00πμ επίσης. Σε κάθε ταινία αναγράφεται το όνομα του σταθμού, το όνομα του παρατηρητή και το χρονικό διάστημα που καλύπτει η μέτρηση. Οι υποδιαιρέσεις στον οριζόντιο άξονα του χρόνου είναι ανά μία ή ανά δύο ώρες ενώ στον κατακόρυφο άξονα του ύψους βροχής είναι σε δέκατα του χιλιοστού. Οι ταινίες συνοδεύονται πάντα από μηνιαία βροχομετρικά δελτία στα οποία αναγράφονται οι ημερήσιες τιμές ύψους βροχής για ολόκληρο τον μήνα καθώς και ένας χαρακτηρισμός αναφορικά με την ένταση κάθε βροχόπτωσης (π.χ. ασθενής, καταιγίδα, ραγδαία). Η σύγκριση των παρατηρήσεων βροχομέτρου - βροχογράφου εξασφαλίζει ένα βασικό έλεγχο της αξιοπιστίας τους.

Η εύρεση και καταγραφή λοιπόν των μεγίστων τιμών του ύψους βροχόπτωσης για δεδομένη διάρκεια κάθε υδρολογικού έτους γίνεται ως εξής: Ανατρέχουμε στα μηνιαία βροχομετρικά δελτία και αρχίζοντας από τον Οκτώβριο εντοπίζουμε τις πιο ισχυρές ημερήσιες βροχοπτώσεις. Στη συνέχεια ανατρέχουμε στις ταινίες των βροχογράφων και εντοπίζουμε τις ημερομηνίες κατά τις οποίες είχαμε μεγάλες εντάσεις βροχής για τις οποίες και μετράμε τα μέγιστα των υψών για τη δεδομένη διάρκεια αρχίζοντας και πάλι από τον Οκτώβριο και φθάνοντας μέχρι τον Σεπτέμβριο. Ιδιαίτερη σημασία δίνουμε στις ημερομηνίες που σύμφωνα με το βροχόμετρο έχουμε τις μέγιστες ημερήσιες βροχοπτώσεις χωρίς όμως να αποκλείουμε και άλλες ημερομηνίες που έχουν καταγραφεί μεγάλες εντάσεις βροχής. Το τελικό ζητούμενο προκύπτει ως μέγιστο όλων των υψών βροχής, της δεδομένης διάρκειας, που έχουν αποκαδικοποιηθεί. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα έτη στα οποία διατίθενται ταινίες και δελτία.

2.5 Προβλήματα και σφάλματα καταγραφής

Κατά τη συλλογή των στοιχείων από τους σταθμούς της ΔΕΗ δεν προέκυψαν ιδιαίτερα προβλήματα. Οι ταινίες είχαν σχετικά ευδιάκριτες καταγραφές και συμφωνούσαν γενικά με τα στοιχεία του βροχομετρικού δελτίου. Μικρές βλάβες του βροχογράφου επισκευάσθηκαν αρκετά γρήγορα ώστε να μην δημιουργήσουν προβλήματα (π.χ. Τροβατό, Βακάριο) ενώ και η αντικατάσταση προβληματικής γραφίδας ήταν σχετικά άμεση (π.χ. Δρυμώνας). Εντούτοις θα πρέπει να επισημανθεί η αδυναμία εκ μέρους της υπηρεσίας για τη χορήγηση του φακέλλου που περιέχει τα βροχομετρικά δελτία για το σταθμό του Δρυμώνα.

Περισσότερα προβλήματα εμφανίσθηκαν κατά τη συλλογή στοιχείων από τους σταθμούς του ΥΠΕΧΩΔΕ. Αναλυτικά για κάθε σταθμό τα προβλήματα αυτά είναι:

- στο σταθμό Τυμφρηστός για τα έτη 56-57, 57-58 και 58-59 δεν υπάρχει βροχόμετρο ενώ σε σχόλια του ελεγκτή εμφανίζονται αμφιβολίες για την καταληλότητα της επιλογής του παρατηρητή, για τα έτη 60-61, 66-67, 82-83, 83-84 εμφανίζονται προβληματικές καταγραφές που οφείλονται σε κακή συντήρηση ενώ για τα έτη από το 1987 μέχρι και το 1993 η καταγραφή είναι ελλιπής.
- στο σταθμό Πενταγιοί για τα έτη 63-64, 65-66, 89-90, 93-94 υπάρχει βλάβη βροχογράφου, για το έτος 87-88 υπάρχει πλήρης ασυμφωνία βροχογράφου και βροχομέτρου, για τα έτη 66-67, 67-68, 89-90 η μελάνη που έχει χυθεί καθιστά την ανάγνωση προβληματική εως αδύνατη ενώ για το έτος 83-84 λείπουν στοιχεία για ολόκληρους μήνες.
- στο σταθμό Μαρκόπουλο δεν υπάρχουν στοιχεία βροχογράφου ή δεν είναι αναγνώσιμα από το έτος 1981 και εντεύθεν.
- στο σταθμό Βύρωνας η καταγραφή των στοιχείων από το 1979 μέχρι και το 1989 είναι προβληματική.
- στο σταθμό Λιβαδειά παρατηρούνται ήσσονος σημασίας βλάβες στη λειτουργία του βροχογράφου τα έτη: 68-69, 71-72, 72-73, 73-74, 80-81, 81-82, 88-89, 92-93, 93-94.
- στο σταθμό Γραβιά παρατηρούνται αραιά προβλήματα στην ανάγνωση των ταινιών και μικρές ασυνέχειες λόγω βλάβης στη λειτουργία του βροχογράφου.

Όπως είναι αυτονόητο στις περιπτώσεις που τα κάθε είδους σφάλματα υποχρεώνουν σε εξαγωγή μεγίστου ύψους βροχής από ελλειπή ή αναξιόπιστα δεδομένα, προτιμήθηκε η ολική παραγραφή των προβληματικών ετών από τις σειρές των δεδομένων.

Τα δεδομένα της ΕΜΥ μας χορηγήθηκαν σε επεξεργασμένη μορφή και έτσι δεν μπορούμε να έχουμε άμεση εικόνα για την αξιοπιστία τους. Σε σχέση όμως με την πληρότητά τους τα μόνα προβλήματα που επισημάνθηκαν ήταν:

- στο σταθμό Ελληνικό υπάρχει ελλειπής καταγραφή των τιμών που αντιστοιχούν στη διάρκεια των 24 ωρών, κατά τα δέκα πρώτα χρόνια λειτουργίας του σταθμού.
- στο σταθμό Λαμία η χρονική περίοδος καταγραφής των δεδομένων, είναι μόλις 14 έτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

3.1 Εισαγωγή

"Η μελέτη των χρονοσειρών σημειακών βροχοπτώσεων ως προς το συνολικό ύψος βροχής μιάς ορισμένης διαρκείας, δείχνει ότι τα ύψη βροχής είναι μεταξύ τους γεγονότα στατιστικά ανεξάρτητα, αφεί η μεταξύ τους χρονική απόσταση να υπερβαίνει μια οριακή τιμή που εκτιμάται σε λίγες ώρες. Κατά συνέπεια η μεταβλητή, "σημειακό ύψος βροχής η , μιας ορισμένης διαρκείας t ", είναι τυχαία και για την ανάλυση της αναζητείται κάθε φορά η καταλληλότερη πιθανολογική κατανομή. Οι όμβριες καμπύλες υπολογίζονται μετά από πιθανολογική ανάλυση των μεγίστων σημειακών υψών βροχής για διάφορες διάρκειες. Πρόκειται επομένως για ανάλυση ακραίων γεγονότων." (Ξανθόπουλος, 1990) Η πιο κατάλληλη στατιστική κατανομή για την περιγραφή ακραίων γεγονότων όπως είναι οι σειρές μεγίστων επήσιων υψών βροχόπτωσης είναι η κατανομή Gumbel.

3.2 Επεξεργασία με την κατανομή Gumbel

Η συνάρτηση της κατανομής Gumbel δίνεται από τη σχέση:

$$F(x) = e^{-e^{-\lambda(x-\kappa)}} \quad = 1 - F_1(x) = 1 - \frac{1}{T} \quad (3.2.1)$$

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

$F_1(x)$: η πιθανότητα υπέρβασης

T : η περίοδος επαναφοράς

κ, λ : οι παράμετροι του νόμου Gumbel

Οι παράμετροι εκτιμώνται από τα εμπειρικά χαρακτηριστικά του δείγματος: τη μέση τιμή μ_x και την τυπική απόκλιση σ_x . Οι εκτιμήσεις των παραμέτρων της κατανομής με την μέθοδο των ροπών είναι:

$$\lambda = \frac{1}{0,7797 \sigma_x} \quad \text{και} \quad \kappa = \mu_x - \frac{0,5772}{\lambda} \quad (3.2.2)$$

Αν λογαριθμίσουμε τη σχέση (3.2.1), έχουμε:

$$x = \kappa - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{\lambda} \quad (3.2.3)$$

(Κουτσογιάννης, 1995)

Έχοντας επιλέξει μια περίοδο επαναφοράς T , η παραπάνω σχέση μας δίνει τιμές του ύψους h ή i της έντασης i της βροχής αλλά πάντα για συγκεκριμένη διάρκεια βροχόπτωσης. Οι παράμετροι k και λ μπορεί να διαφέρουν για κάθε διάρκεια αφού προκύπτουν από τα δεδομένα των αντιστοίχων σειρών.

3.3 Τελική μορφή ομβρίων καμπυλών

Οπως είδαμε η συνάρτηση της κατανομής Gumbel δίνει τιμές του ύψους h της έντασης βροχόπτωσης για συγκεκριμένη κάθε φορά διάρκεια. Σκοπός μας είναι η κατασκευή μιας ενιαίας σχέσης για κάθε σταθμό μέσα στην οποία θα περιέχεται η συνάρτηση της κατανομής αλλά και η παράμετρος της διάρκειας d . Σύμφωνα με τη Μιμίκου (1994): "Οι αναλυτικές σχέσεις μιας όμβριας καμπύλης μεταξύ ύψους h ή έντασης i και διάρκειας t για συγκεκριμένο T είναι συνήθως των εξής μορφών:

(α) Απλές εκθετικές:

$$h=kt^m \quad \text{ή} \quad i=kt^{m-1} \quad (3.3.1)$$

όπου k και m σταθερές. Οι σχέσεις της εξίσωσης (3.3.1) είναι πιο απλές γιατί γραμμικοποιούνται εύκολα με λογαρίθμηση και προσδιορίζονται εύκολα οι τιμές των k και m με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

(β) Υπερβολικές της μορφής:

$$h=\frac{kt}{t+b} \quad \text{ή} \quad i=\frac{k}{t+b} \quad (3.3.2)$$

όπου b μια επιπλέον σταθερά.

(γ) Μικτές της μορφής:

$$h=\frac{kt}{(t+b)^m} \quad \text{ή} \quad i=\frac{k}{(t+b)^m} \quad (3.3.3)$$

Οι σχέσεις (3.3.3) έχουν μεγαλύτερη ευελιξία και γενικότερα αφού περιλαμβάνουν τη διορθωτική παράμετρο b , που διορθώνει τη χρονική κλίμακα δίνοντας τη δυνατότητα βελτιστοποίησης της σκέδασης των σημείων γύρω από την όμβρια καμπύλη".

Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν εξισώσεις μικτές και πιο συγκεκριμένα της μορφής:

$$i=\frac{a}{(d+f)^n} \quad (3.3.4)$$

όπου i : η ένταση της βροχόπτωσης

d : η διάρκεια της βροχόπτωσης

a, f, n : παράμετροι

Στην παράπανω μορφή η παράμετρος a παίρνει διαφορετική τιμή για κάθε περίοδο επαναφοράς T . Αν θεωρήσουμε ότι οι σειρές των τιμών της έντασης περιγράφονται από την κατανομή Gumbel μπορούμε να αντιστοιχίσουμε στην παράμετρο a του αριθμητή τη σχέση (3.2.3) που προέκυψε με λογαρίθμηση της συνάρτησης της κατανομής. Επομένως η εξίσωση παίρνει τη μορφή:

$$i = \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{\frac{\kappa}{\lambda} - \frac{n}{(d+f)^n}} \quad (3.3.5)$$

οπου i : η ένταση της βροχόπτωσης σε χιλιοστά ανά ώρα

d : η διάρκεια της βροχόπτωσης σε ώρες

T : η περίοδος επαναφοράς σε έτη

κ, λ, f, n : παράμετροι χαρακτηριστικές για κάθε σταθμό

Η παραπάνω εξίσωση πλεονεκτεί σε σχέση με τις προηγούμενες γιατί δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της έντασης για διαφορετικές τιμές της περιόδου επαναφοράς χωρίς να απαιτείται καινούργιος υπολογισμός των παραμέτρων της εξίσωσης αφού εμπεριέχει την συνάρτηση κατανομής. Σημειώνεται ότι η σχέση (3.3.3) προτιμήθηκε στην εργασία αυτή λόγω της μαθηματικής συνέπειας της με την κατανομή Gumbel.

Η κατανομή Gumbel προτιμήθηκε έναντι της κατανομής Log-Pearson III λόγω της απλότητας της συνάρτησης κατανομής της η οποία συντελεί στην ομοιγενοποίηση των παραμέτρων της εξίσωσης των ομβρίων καμπυλών σε μεγάλη γεωγραφική περιοχή, που είναι ο αντικειμενικός στόχος της παρούσας μελέτης.

3.4 Μέθοδοι εκτίμησης των παραμέτρων

Για να κατασκευασθούν οι όμβριες καμπύλες που θεωρούνται αντιπροσωπευτικές για την περιοχή που βρίσκεται ο κάθε σταθμός απαιτείται ο προσδιορισμός των τεσσάρων παραμέτρων κ, λ, f και n . Ο υπολογισμός των παραμέτρων έγινε με χρήση του προγράμματος OMBRE που δημιουργήθηκε στον Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλασσίων Έργων. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα επεξεργασίας σειρών δεδομένων με μια σειρά βοηθητικών λειτουργιών και τον άμεσο υπολογισμό όλων των παραμέτρων μιας όμβριας εξίσωσης μέσα από τρια διαφορετικά είδη εκτιμήσεων (καθολική, κλασική, ενοποιημένη) και τρια διαφορετικά είδη κατανομών (Gumbel, Γάμα, Log-Pearson). Επιπλέον δίνει τη δυνατότητα γραφικής παράστασης του διαγράμματος πιθανοτήτων και του διαγράμματος όμβριων αλλά και αναλυτικής παρουσίασης των υψών ή εντάσεων που

αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες περιόδους επαναφοράς και διάρκειες βροχόπτωσης.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν κυρίως η καθολική και δευτερεύοντας η ενοποιημένη μέθοδος ως μέθοδοι εκτίμησης των παραμέτρων σε συνδυασμό με την κατανομή Gumbel. Οι δύο αυτές μέθοδοι εκτίμησης αναλύονται από τους Κουτσογιάννη Δ.,Α. Μανέτα & Γ. Τσακαλία, (1995), και περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

a) Καθολική Εκτίμηση

Η μέθοδος αυτή εκτιμά ταυτόχρονα το σύνολο των παραμέτρων των ομβρίων καμπυλών, ελαχιστοποιώντας το συνολικό σφάλμα των ομβρίων καμπυλών σε σχέση με τα ιστορικά δεδομένα. Προϋπόθεση για τη χρήση αυτής της μεθόδου είναι να αντιστοιχηθεί σε κάθε στοιχείο κάθε δείγματος μια συγκεκριμένη περίοδος επαναφοράς. Για το σκοπό αυτό γίνεται χρήση της εμπειρικής συνάρτησης κατανομής κατά Gringorten. Το καθολικό σφάλμα υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$E = \sum_{j=1}^k \left(w_j \sum_{l=1}^{N_j} |i_{lj} - \hat{i}_{lj}| \right) \quad (3.4.1)$$

όπου: k : Πλήθος δειγμάτων εντάσεων βροχής με διαφορετική διάρκεια

w_j : Βάρος που αποδίδεται στο δείγμα της διάρκειας d_j

N_j : Μέγεθος του δείγματος με διάρκεια d_j

i_{lj} : Ένταση βροχής του δείγματος j , διατεταγμένου σε φθίνουσα σειρά στη θέση l

\hat{i}_{lj} : Θεωρητική (μοντελοποιημένη) ένταση για δεδομένα T_{lj} και d_j

Η ελαχιστοποίηση του παραπάνω καθολικού σφάλματος αποτελεί το στόχο της διαδικασίας εκτίμησης παραμέτρων. Λόγω των πολύπλοκων εκφράσεων των ομβρίων καμπυλών, δεν μπορεί να κατασκευασθεί γενική αναλυτική λύση του προβλήματος ελαχιστοποίησης. Για το λόγο αυτό πρέπει να καταφύγουμε σε αριθμητικές λύσεις. Η μέθοδος λοιπόν στηρίζεται σε ένα γενετικό αλγόριθμο, ο οποίος γεννά με μια ορισμένη τεχνική τυχαία σύνολα παραμέτρων, μέσα σε προκαθορισμένα όρια, τα οποία και αξιολογεί με βάση το προκύπτον καθολικό σφάλμα. Για ταχύτερη σύγκλιση του αλγορίθμου, χρησιμοποιήθηκε ως κριτήριο σύγκλισης το μέγεθος:

$$H = 1 - \frac{E}{\sum_{l=1}^{N_j} i_{lj}} \quad (3.4.2)$$

Το H δίνει το βαθμό προσαρμογής των παραμέτρων στα ιστορικά δεδομένα και όταν το E τείνει στο μηδέν, αυτό τείνει στη μονάδα.

β) Ενοποιημένη Εκτίμηση

Η μέθοδος εκτίμησης με ενοποίηση διαρκειών (για συντομία στο πρόγραμμα αναφέρεται ως ενοποιημένη) υπολογίζει το σύνολο των παραμέτρων των ομβρίων καμπυλών σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο υπολογίζονται οι παράμετροι του παρονομαστή της σχέσεως (3.3.5) και στο δεύτερο υπολογίζονται οι παράμετροι του αριθμητή. Σε αντίθεση με την καθολική μέθοδο, η παρούσα μέθοδος δεν χρησιμοποιεί τις εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής των δειγμάτων. Από τη σχέση (3.3.5) προκύπτει:

$$i(d, T)(d+f)^n = \kappa - \frac{1}{\lambda} \ln(-\ln(1 - \frac{1}{T})) \quad (3.4.3)$$

Παρατηρούμε ότι το γινόμενο των εντάσεων για κάθε διάρκεια επί την παράσταση του παρονομαστή της σχέσης (3.3.5), έχει συνάρτηση κατανομής ανεξάρτητη της διάρκειας d που καθορίζεται πλήρως από τη συνάρτηση:

$$a(T) = \kappa - \frac{1}{\lambda} \ln(-\ln(1 - \frac{1}{T})) \quad (3.4.4)$$

Πρέπει λοιπόν να υπολογισθούν οι παράμετροι f και n έτσι ώστε να ικανοποιούν αυτή τη συνθήκη. Θεωρούμε τις τιμές αυτές γνωστές και υπολογίζουμε τις τιμές $y_{lj}=i_{lj}(d+f)^n$. Ενοποιώντας όλα τα δείγματα που περιέχουν τις τιμές y_{lj} αποκτούμε ένα συνολικό δείγμα μεγέθους N που περιέχει τα στοίχεια όλων των δειγμάτων. Με βάση το δείγμα αυτό, καταταγμένο σε φθίνουσα σειρά, αντιστοιχίζουμε αύξοντες αριθμούς ή βαθμούς (ranks) R_{lj} σε όλες τις N τιμές y_{lj} . Επανερχόμαστε στα αρχικά επιμέρους δείγματα των ξεχωριστών διαρκειών και υπολογίζουμε για κάθε τιμή το μέσο βαθμό \bar{R}_j .

Ο έλεγχος της καταλληλότητας των τιμών που δόθηκαν στις παραμέτρους f και n γίνεται με χρήση της στατιστικής δοκιμής Kruskal-Wallis, η οποία χρησιμοποιεί τη στατιστική συνάρτηση που συνδυάζει τους μέσους βαθμούς από όλα τα επιμέρους δείγματα:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k n_j \left(\bar{R}_j - \frac{N+1}{2} \right)^2 \quad (3.4.5)$$

όπου n_j το πλήθος των στοιχείων του διανυσματος j

Η στατιστική συνάρτηση H ακολουθεί κατανομή χ^2 με $k-1$ βαθμούς ελευθερίας. Κατά συνέπεια το πρόβλημα του προσδιορισμού των παραμέτρων f και n μπορεί να αναχθεί στην ελαχιστοποίηση της στατιστικής παραμέτρου H . Επειδή και πάλι δεν είναι δυνατή η αναλυτική ελαχιστοποίηση θα χρησιμοποιηθεί μια αριθμητική μέθοδος. Στο πρόγραμμα έχει υιοθετηθεί για τη βελτιστοποίηση η τυπική μέθοδος διχοτόμησης. Αφού προσδιορισθούν οι παράμετροι f και n , η εκτίμηση

των υπολοίπων παραμέτρων γίνεται με τις τυπικές μεθόδους της στατιστικής (π.χ. με τη μέθοδο των ροπών) στο δεύτερο στάδιο.

3.5 Διαδικασία εκτίμησης των παραμέτρων

Αναλυτικά η διαδικασία που οδήγησε στην χάραξη των ομβρίων καμπυλών μεθοδεύθηκε ως εξής: Συλλέγονται οι πίνακες με τα μέγιστα ετήσια ύψη βροχόπτωσης για διάρκειες 1, 2, 6, 12, 24 και 48 ωρών όπως προέκυψαν με επεξεργασία των αντιστοίχων βροχογραμμάτων για όλους τους σταθμούς που έχουμε επιλέξει. Οι βροχές αυτές κατατάσσονται κατά μέγεθος (φθίνουσα σειρά) διαμορφώνοντας έτσι διατεταγμένα δείγματα και εν συνεχεία μετατρέπονται σε εντάσεις. Για τον υπολογισμό των παραμέτρων είναι προτιμότερη η καθολική εκτίμηση γιατί δίνει τη δυνατότητα καθορισμού των ορίων εντός των οποίων ζητάμε να βρίσκονται οι παράμετροι σε αντίθεση με την ενοποιημένη εκτίμηση. Εντούτοις ο υπολογισμός των παραμέτρων έγινε και με τις δύο μεθόδους για σύγκριση των αποτελεσμάτων. Το μόνο μειονέκτημα της επιλογής της καθολικής εκτίμησης είναι ότι απαιτεί μεγαλύτερο αριθμό επαναλήψεων και επομένως περισσότερο υπολογιστικό χρόνο. Όλοι οι υπολογισμοί στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκαν με αριθμό επαναλήψεων 400 για την καθολική εκτίμηση και 40 για την ενοποιημένη εκτίμηση. Τέλος, σε κατάλληλο πιθανολογικό χαρτί Gumbel απεικονίζεται το σημειοσύνολο κάθε δείγματος που προκύπτει με χρήση της εμπειρικής συνάρτησης κατανομής Gringorten :

$$q_i = \frac{i-0.44}{n+0.12} \quad (3.5.1)$$

καθώς και η ευθεία i/T της κατανομής Gumbel κάθε δείγματος. Με αυτό τον τρόπο μέσω του βαθμού σύμπτωσης της καμπύλης της κατανομής με το σημειοσύνολο μπορεί να γίνει έλεγχος της ορθότητας του υπολογισμού με την πιθανολογική κατανομή που επιλέχθηκε να εφαρμοστεί στο δείγμα.

Ειδικά για την περίπτωση της ενοποιημένης εκτίμησης αποφασίσθηκε στον υπολογισμό των παραμέτρων να μην υπεισέρχονται όλες οι τιμές των εντάσεων που έχουμε στη διάθεσή μας αλλά μόνο οι πιο μεγάλες, δηλαδή εκείνες που αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες εμπειρικές περιόδους επαναφοράς. Για αυτό το λόγο σε σταθμούς που έχουμε σειρές δεδομένων πολλών ετών χρησιμοποιήθηκε μόνο το 1/3 των στοιχείων υπό την προυπόθεση το ποσοστό αυτό να αντιστοιχεί σε ελάχιστο αριθμό οκτώ ετών.

3.6 Παράδειγμα

Η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω θα εφαρμοσθεί εδώ για τις σειρές των δεδομένων που προέρχονται από τον βροχογράφο του σταθμού Τριβατό.

α/ Πίνακας μεγίστων ετησίων υψών βροχής όπως προέκυψε ύστερα από αποκωδικοποίηση των βροχογραφημάτων:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6.1 Μέγιστα ετήσια ύψη βροχής από βροχογράφο στο σταθμό Τροβατό

a/a	Έτος	1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48 hr
1	59-60	28.20	34.70	50.00	72.50	94.00	148.00
2	60-61	13.70	19.70	39.90	66.50	90.30	112.60
3	61-62	20.00	27.50	33.80	53.90	88.40	109.30
4	62-63	22.20	35.70	58.90	104.40	132.50	164.00
5	63-64	20.00	38.40	76.60	105.10	148.30	158.80
6	64-65	21.00	30.00	41.20	67.20	102.20	120.00
7	65-66	14.50	24.60	55.80	85.80	121.30	132.70
8	66-67	21.10	30.70	67.20	121.30	123.10	116.30
9	69-70	26.30	41.80	97.30	122.50	180.00	218.60
10	71-72	19.40	35.00	54.00	77.60	120.10	157.10
11	72-73	18.40	24.00	49.80	85.90	109.60	153.10
12	73-74	30.40	45.20	98.80	138.20	148.50	161.90
13	74-75	18.50	22.80	49.20	94.00	124.40	168.10
14	75-76	30.00	48.30	82.30	153.30	177.50	180.50
15	76-77	28.20	42.60	96.50	169.20	216.20	344.80
16	77-78	31.40	49.00	96.50	147.00	195.00	207.10
17	78-79	23.80	37.00	70.00	114.00	167.40	173.50
18	79-80	19.70	34.10	80.80	113.10	115.90	132.80
19	80-81	32.70	51.70	65.20	85.90	138.60	238.30
20	81-82	27.60	34.50	71.00	103.80	124.50	165.00
21	82-83	20.00	30.00	70.00	104.00	120.70	130.50
22	83-84	20.00	30.00	60.90	80.80	93.90	113.50
23	84-85	30.30	37.80	71.40	82.90	119.40	129.30
24	85-86	20.20	29.00	66.60	78.00	124.80	153.20
25	86-87	19.00	30.00	73.00	112.00	155.50	173.50
26	87-88	27.10	31.10	58.80	106.60	129.00	134.40
27	88-89	20.60	27.60	72.10	113.30	149.50	218.90
28	89-90	22.00	31.00	74.00	132.00	202.50	264.00
29	90-91	20.00	30.00	48.90	83.00	140.10	154.20
30	91-92	17.00	30.00	67.60	100.50	151.20	165.40
31	92-93	22.00	26.80	64.00	106.50	135.60	174.30
32	93-94					84.90	122.20

β/Κατάταξη των δεδομένων σε φθίνουσα σειρά και μετατροπή αυτών σε μέγιστες εντάσεις βροχόπτωσης μέσω της σχέσης $i=h/d$ όπου h το ύψος της βροχής σε χιλιοστά και d η διάρκειά της σε ώρες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6.2 Μέγιστες επήσεις εντάσεις βροχής στο σταθμό Τροβατό

a/a	1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48 hr
1	32.70	25.85	16.47	14.10	9.01	7.18
2	31.40	24.50	16.22	12.78	8.44	5.50
3	30.40	24.15	16.08	12.25	8.13	4.96
4	30.30	22.60	16.08	11.52	7.50	4.56
5	30.00	21.30	13.72	11.00	7.40	4.55
6	28.20	20.90	13.47	10.21	6.98	4.31
7	28.20	19.20	12.77	10.11	6.48	3.76
8	27.60	18.90	12.33	9.50	6.30	3.63
9	27.10	18.50	12.17	9.44	6.23	3.61
10	26.30	17.85	12.02	9.43	6.19	3.61
11	23.80	17.50	11.90	9.33	6.18	3.50
12	22.20	17.35	11.83	8.88	5.84	3.45
13	22.00	17.25	11.67	8.88	5.78	3.44
14	22.00	17.05	11.67	8.76	5.65	3.42
15	21.10	15.55	11.27	8.70	5.52	3.37
16	21.00	15.50	11.20	8.67	5.38	3.31
17	20.60	15.35	11.10	8.65	5.20	3.27
18	20.20	15.00	10.87	8.38	5.19	3.21
19	20.00	15.00	10.67	7.83	5.18	3.19
20	20.00	15.00	10.15	7.16	5.13	3.19
21	20.00	15.00	9.82	7.16	5.05	3.08
22	20.00	15.00	9.80	7.15	5.03	2.80
23	20.00	15.00	9.30	6.92	5.00	2.77
24	19.70	14.50	9.00	6.91	4.98	2.76
25	19.40	13.80	8.33	6.73	4.83	2.72
26	19.00	13.75	8.30	6.50	4.57	2.69
27	18.50	13.40	8.20	6.47	4.26	2.55
28	18.40	12.30	8.15	6.04	3.92	2.50
29	17.00	12.00	6.87	5.60	3.91	2.42
30	14.50	11.40	6.65	5.54	3.76	2.36
31	13.70	9.85	5.63	4.49	3.68	2.35

γ/ Για τον υπολογισμό επιλέγεται η καθολική εκτίμηση και η κατανομή Gumbel ενώ τα όρια των παραμέτρων καθορίζονται ως εξής:

ΤΙΠΑΚΑΣ 3.6.3 Πλαίσιο διαλόγου στο πρόγραμμα OMBRE

Παραμετροί		
Όρια	Μεγιστό	Βαρη
Ελαχιστο	Μεγιστο	
K: 0	25	1
λ: 0.001	1	1
c: 0	0	1
f: 0	1	1
n: 0.001	1	1

Επαναληψεις	Τμημα Δειγματος
400	1/1

δ/ Μετά την πάροδο σύντομου υπολογιστικού χρόνου προκύπτει βαθμός προσέγγισης $H=.9447$ και οι ακόλουθες τιμές για τις παραμέτρους:

$$k=22.7262$$

$$\lambda=.1901$$

$$c=0.0^*$$

$$f=.3425$$

$$n=.4651$$

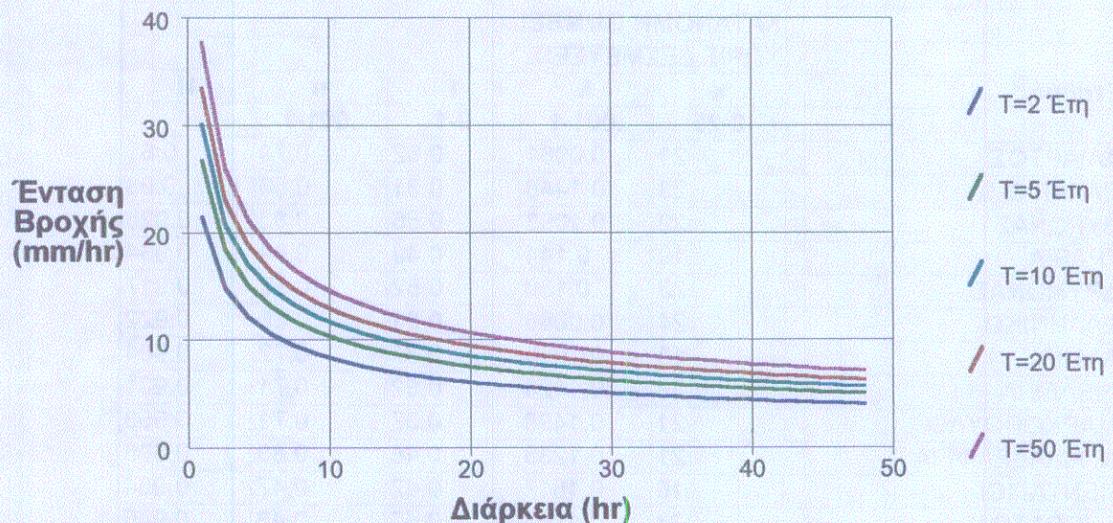
οπότε η αναλυτική έκφραση της εξίσωσης της όμβριας καμπύλης για το σταθμό Τροβατό θα έχει τη μορφή:

$$i = \frac{22.7262 - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{0.1901}}{\frac{0.4651}{(d+0.3425)}}$$

ενώ γραφικά απεικονίζεται ως εξής:

*Η παράμετρος c χρειάζεται για την περίπτωση που χρησιμοποιείται τριπαραμετρική συνάρτηση κατανομής, π.χ. Log Pearson III. Στην προκειμένη περίπτωση, που χρησιμοποιείται η παραμετρική κατανομή Gumbel, δεν έχει νόημα η τιμή αυτής της παραμέτρου.

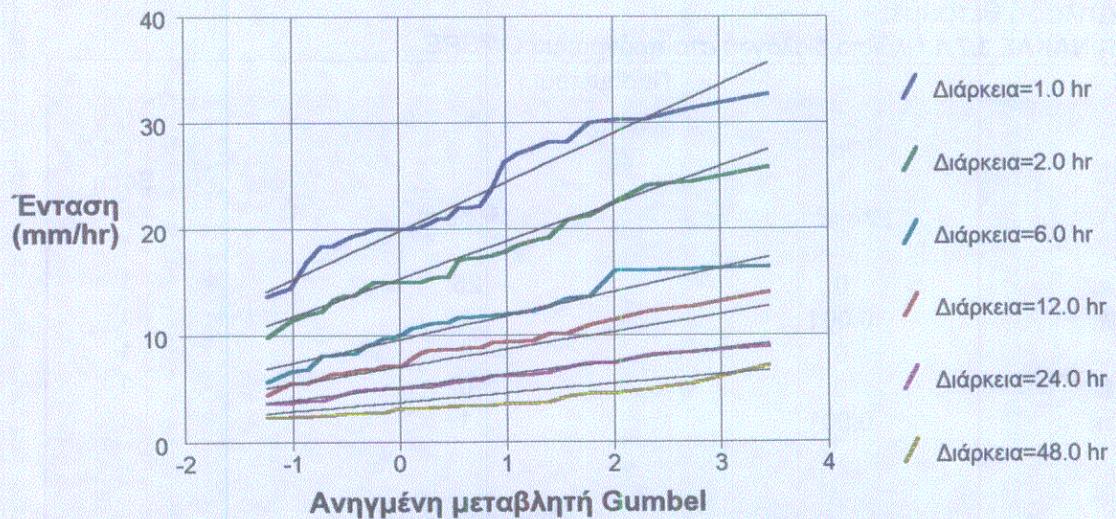
Όμβριες Καμπύλες



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.6.4 Όμβριες καμπύλες στο σταθμό Τροβατό

ε/ Το αντίστοιχο διάγραμμα πιθανότητας σε χαρτί Gumbel είναι το ακόλουθο:

Κατανομή Gumbel



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.6.5 Διάγραμμα πιθανότητας σε χαρτί Gumbel για το σταθμό Τροβατό

Διαπιστώνουμε ότι το σημειοσύνολο που προκύπτει από την εμπειρική κατανομή προσεγγίζει αρκετά καλά τις ευθείες της κατανομής Gumbel οπότε επιβεβαιώνεται η ορθότητα της επιλογής της συγκεκριμένης πιθανολογικής κατανομής.

Με τον τρόπο που περιγράφηκε προηγουμένως υπολογίζονται για κάθε σταθμό οι παράμετροι κ, λ, f και η της εξίσωσης. Οι χαρακτηριστικές τιμές των παραμέτρων φαίνονται στον πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6.6 Τιμές παραμέτρων για καθολική εκτίμηση και κατανομή Gumbel, χωρίς δεσμεύσεις

Σταθμός	ΚΑΘΟΛΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ, ΚΑΤΑΝΟΜΗ GUMBEL ΧΩΡΙΣ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ				
	κ	λ	f	n	H
	0-25	.001-1	0-1	.001-1	
ΑΛΙΑΡΤΟΣ	21	0.0961	0.82	0.74	0.89
ΒΑΚΑΡΙΟ	23	0.1448	0.31	0.56	0.93
ΒΥΡΩΝΑΣ	22	0.1063	0.56	0.83	0.928
ΓΡΑΒΙΑ	19	0.144	0.49	0.64	0.934
ΔΡΥΜΩΝΑΣ	23	0.189	0.52	0.57	0.917
ΕΛΛΗΝΙΚΟ	24	0.0866	0.61	0.86	0.922
ΛΑΜΙΑ	18	0.1056	0.37	0.72	0.904
ΛΙΒΑΔΕΙΑ	23	0.1124	0.82	0.71	0.901
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	21	0.1498	0.37	0.71	0.953
Ν.ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	21	0.1233	0.48	0.88	0.896
ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ	16	0.1617	0.42	0.47	0.934
ΤΡΟΒΑΤΟ	23	0.1866	0.47	0.48	0.945

3.7 Απλοποίηση των εξισώσεων

Για να απλοποιήσουμε την εξίσωση θα μειώσουμε τον αριθμό των παραμέτρων της από τέσσερις σε τρεις. Θέτουμε επομένως $f=0$ και υπολογίζουμε ξανά τις τιμές των υπολοίπων παραμέτρων διατηρώντας σε αυτές τα όρια "ανοιχτά".

Δηλαδή θέτουμε:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7.1 Πλαίσιο διαλόγου στο πρόγραμμα OMBRE

Παραμετροί		
Όρια		Βαρη
Ελαχιστο	Μεγιστο	
κ:	0	25
λ:	0.001	1
σ:	0	0
ρ:	0	0
η:	0.001	1

Επαναληψεις	Τμημα δειγματος
400	1/1

Οι καινούργιες χαρακτηριστικές τιμές των παραμέτρων φαίνονται στον πίνακα:
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7.2 Τιμές παραμέτρων για καθολική εκτίμηση και κατανομή Gumbel, με δεσμευμένο f

Σταθμός	ΚΑΘΟΛΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ,		f	n	H			
	ΚΑΤΑΝΟΜΗ GUMBEL							
	ΜΕ ΔΕΣΜΕΥΜΕΝΟ f							
Σταθμός	κ	λ	f	n	H			
	0-25	.001-1	0-0	.001-1				
ΑΤΤΙΚΗ								
ΕΛΛΗΝΙΚΟ	17	0.122	0	0.74	0.937			
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	17	0.1834	0	0.65	0.949			
ΒΥΡΩΝΑΣ	15	0.1594	0	0.7	0.922			
Ν.ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	15	0.1645	0	0.75	0.896			
μ.ο.			0	0.71				
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ								
ΑΛΙΑΡΤΟΣ	14	0.1433	0	0.59	0.89			
ΛΙΒΑΔΕΙΑ	16	0.1682	0	0.57	0.907			
ΛΑΜΙΑ	14	0.1306	0	0.65	0.906			
ΓΡΑΒΙΑ	15	0.181	0	0.56	0.94			
μ.ο.			0	0.59				
ΔΥΤΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ								
ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΣ	13	0.2534	0	0.5	0.954			
ΒΑΚΑΡΙΟ	21	0.1512	0	0.53	0.934			
ΔΡΥΜΩΝΑΣ	19	0.2389	0	0.49	0.909			
ΤΡΟΒΑΤΟ	19	0.2142	0	0.4	0.937			
ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ	14	0.1835	0	0.42	0.929			
μ.ο.			0	0.47				

Παρατηρούμε ότι αν και τα αποτελέσματα που προκύπτουν χαρακτηρίζονται από μικρότερη ακρίβεια για την περιοχή κάθε σταθμού, εντούτοις η ακρίβεια αυτή κρίνεται γενικά ικανοποιητική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

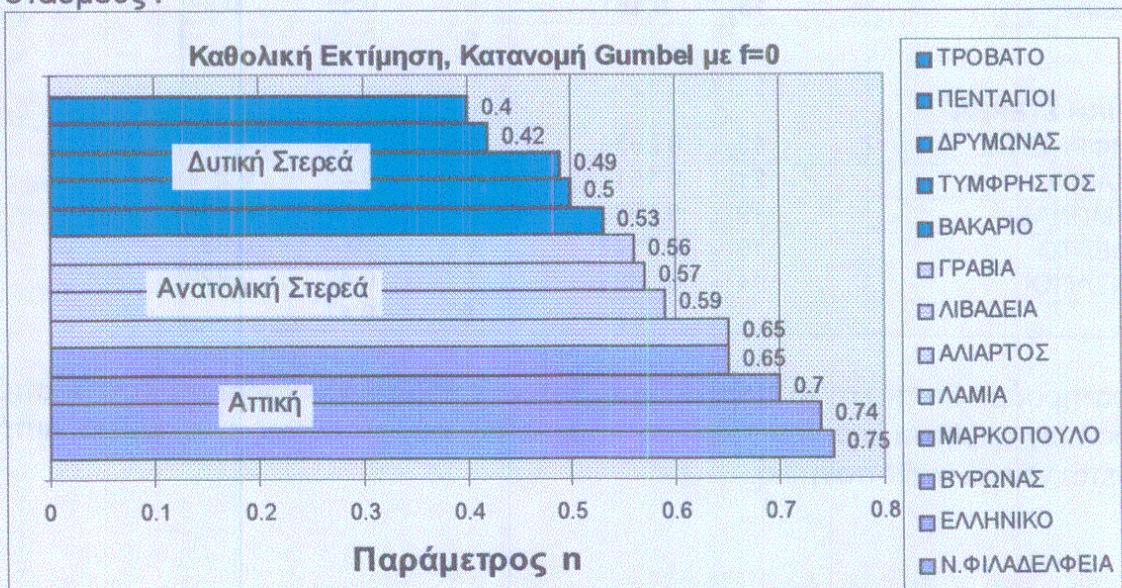
ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΕ ΜΕΓΑΛΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

4.1 Εισαγωγή

Καθώς ο αντικειμενικός μας σκοπός είναι η παραγωγή εξισώσεων που να χαρακτηρίζουν ευρύτερες περιοχές, θα πρέπει να γίνει ομαδοποίηση κάποιων από τις παραμέτρους των εξισώσεων ώστε να προκύψει μια έκφραση που να αντιπροσωπεύει, όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά, όλους τους βροχογραφικούς σταθμούς μιας εκτεταμένης περιοχής. Φυσικά απαραίτητη προϋπόθεση για την αποδοχή των εξισώσεων εξακολουθεί να είναι η ακριβής προσέγγιση της ευθείας της κατανομής στο σημειοσύνολο της εμπειρικής κατανομής.

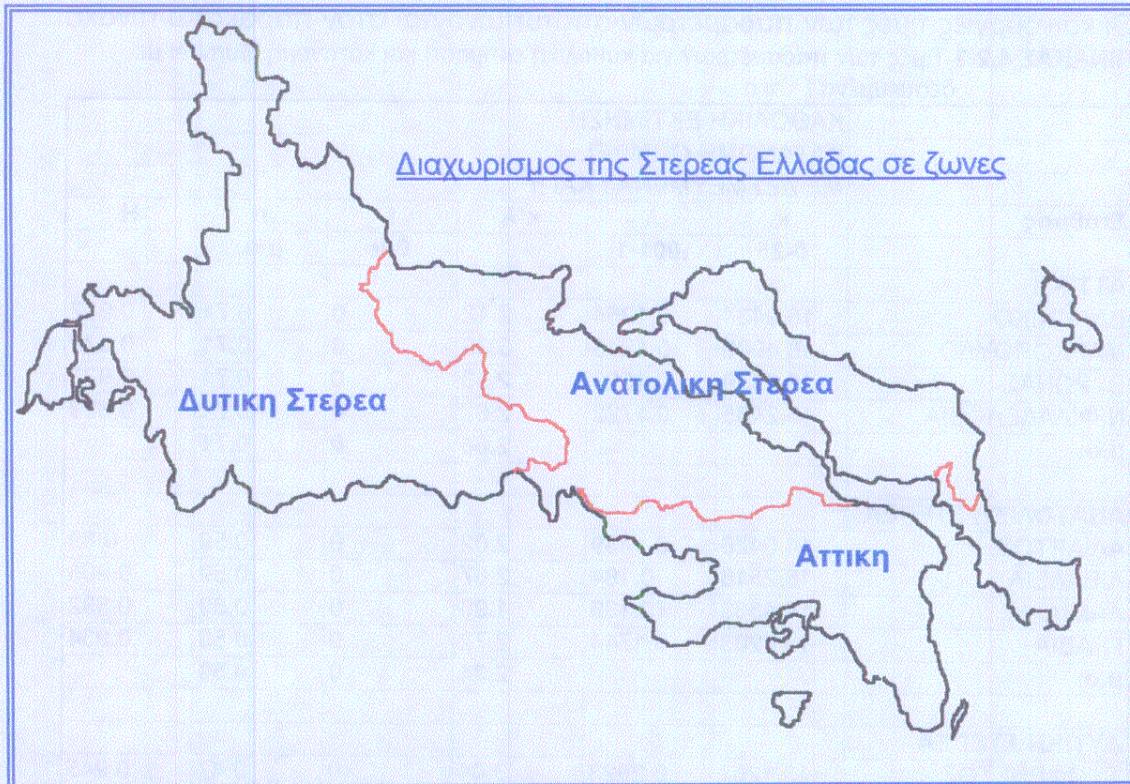
4.2 Διαχωρισμός σε ζώνες

Με βάση τον προηγούμενο πίνακα κατασκευάζουμε το ακόλουθο διάγραμμα, που δείχνει τη μεταβολή της παραμέτρου n στους διάφορους βροχογραφικούς σταθμούς :



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2.1 Τιμές της παραμέτρου n στους βροχογραφικούς σταθμούς ανά ζώνη, που προκύπτουν με καθολική εκτίμηση και κατανομή Gumbel για δεσμευμένο f

Διαπιστώνουμε ότι αναφορικά με την παράμετρο n υπάρχει διακύμανση των τιμών της στο σύνολο των βροχογραφικών σταθμών της Στερεάς Ελλάδας και εμφανίζεται ομοιότητα (μικρότερη διακύμανση) των τιμών της, ανά υδατικό διαμέρισμα. Μπορούμε επομένως, κατά προσέγγιση, να θεωρήσουμε την παράμετρο n σταθερή ανά υδατικό διαμέρισμα. Ο προσδιορισμός των τιμών των παραμέτρων θα γίνει ως εξής: Με βάση το προηγούμενο διάγραμμα κατανέμουμε τους σταθμούς σε τρεις ζώνες - υδατικά διαμερίσματα - ανάλογα με τη γεωγραφική τους θέση και την τιμή της παραμέτρου n που τους αντιστοιχεί. Οι ζώνες αυτές είναι η Δυτική Στερεά, η Ανατολική Στερεά και η Αττική.



ΧΑΡΤΗΣ 4.2.1 Διαχωρισμός της Στερεάς Ελλάδας σε ζώνες

Για κάθε μια από αυτές υπολογίζουμε το μέσο όρο της τιμής της μεταβλητής ή από τους σταθμούς που υπάγονται σε αυτή τη ζώνη. Ακολουθεί ένας νέος γύρος υπολογισμών των εξισώσεων των σταθμών με τη διαφορά ότι τώρα εκτός της μεταβλητής f και η μεταβλητή n είναι δεσμευμένη. π.χ. για ένα σταθμό της Δυτικής Στερεάς, θα θέσουμε:

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.2 Πλαίσιο διαλόγου στο πρόγραμμα OMBRE

Παραμετροί			
Οριά		Βαρη	
	Ελαχιστο	Μεγιστο	
K:	0	25	1
λ:	0.001	1	1
c:	0	0	1
f:	0	0	1
n:	0.47	0.47	1

Επαναληψεις		Τμημα δειγματος
400		1/1

Οι καινούργιες τιμές των παραμέτρων αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.3 Τιμές των παραμέτρων για καθολική εκτίμηση και κατανομή Gumbel με δεσμευμένα f και n

Σταθμός	ΚΑΘΟΛΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ, ΚΑΤΑΝΟΜΗ GUMBEL ΜΕ ΔΕΣΜΕΥΜΕΝΑ f ΚΑΙ n			f	n	H	
	κ	λ	$\kappa^*\lambda$	0-0	μ.ο.		
ΑΤΤΙΚΗ							
ΕΛΛΗΝΙΚΟ	16.9434	0.1254	2.12	0	0.71	0.932	
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	18.4989	0.1815	3.36	0	0.71	0.929	
ΒΥΡΩΝΑΣ	15.8659	0.1593	2.53	0	0.71	0.922	
Ν.ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	15.2435	0.1722	2.62	0	0.71	0.889	
μ.ο.			2.66	0	0.71		
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ							
ΑΛΙΑΡΤΟΣ	14.0426	0.1439	2.02	0	0.59	0.89	
ΛΙΒΑΔΕΙΑ	16.2518	0.164	2.67	0	0.59	0.906	
ΛΑΜΙΑ	14.4333	0.136	1.96	0	0.59	0.892	
ΓΡΑΒΙΑ	15.6203	0.1744	2.72	0	0.59	0.934	
μ.ο.			2.34	0	0.59		
ΔΥΤΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ							
ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΣ	13.1261	0.2623	3.44	0	0.47	0.945	
ΒΑΚΑΡΙΟ	19.8424	0.1788	3.55	0	0.47	0.917	
ΔΡΥΜΩΝΑΣ	18.9058	0.2512	4.75	0	0.47	0.905	
ΤΡΟΒΑΤΟ	21.2262	0.2036	4.32	0	0.47	0.93	
ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ	14.6600	0.166	2.43	0	0.47	0.917	
μ.ο.			3.70	0	0.47		

Παρατηρούμε ότι οι παράμετροι κ και λ διαφέρουν αισθητά σε κάθε σταθμό. Ωστόσο, το γινόμενο $\kappa^*\lambda$ δεν μεταβάλλεται πολύ σε κάθε υδατικό διαμέρισμα. Επομένως μπορούμε να θεωρήσουμε ότι είναι, κατά προσέγγιση, σταθερό. Για να καταλήξουμε σε μια εξίσωση που οι τρεις εκ των τεσσάρων παραμέτρων είναι σταθερές θα πρέπει να κάνουμε ένα μικρό μετασχηματισμό της σχέσης (3.3.3). Βγάζουμε κοινό παράγοντα το κ , οπότε η νέα μορφή της εξίσωσης είναι η εξής:

$$i = \kappa - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{\frac{\kappa \lambda}{(d+f)^n}} \quad (4.2.1)$$

Επομένως πρέπει να δεσμευθεί και το γινόμενο $\kappa \lambda = c$ ώστε να παραμείνει ως μοναδική ελευθέρα μεταβαλλόμενη παράμετρος το κ . Για κάθε μια από τις ζώνες υπολογίζουμε το μέσο όρο της τιμής του γινομένου $\kappa \lambda$ από τους σταθμούς που υπάγονται σε αυτή. Ακολουθεί ένας νέος, τρίτος γύρος υπολογισμών των εξισώσεων των σταθμών με δεσμευμένες τις παραμέτρους f , n και $\kappa^*\lambda$ και ελεύθερη την παράμετρο κ . Ειδικά σε αυτή τη φάση των υπολογισμών

χρησιμοποιείται μια εναλλακτική έκδοση του προγράμματος OMBRE στην οποία κατά την εισαγωγή των ορίων η παράμετρος λ εχει αντικατασταθεί από την παράμετρο $c = \kappa^* \lambda$, π.χ. για ένα σταθμό της Δυτικής Στερεάς θα θέσουμε:

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.4 Πλαίσιο διαλόγου στο πρόγραμμα OMBRE

Παραμετροί			
Όρια	Ελαχιστό	Μεγιστό	Βαρη
κ :	0	25	1
$\kappa^* \lambda$:	3.7	3.7	1
c :	0	0	1
f :	0	0	1
n :	0.47	0.47	1

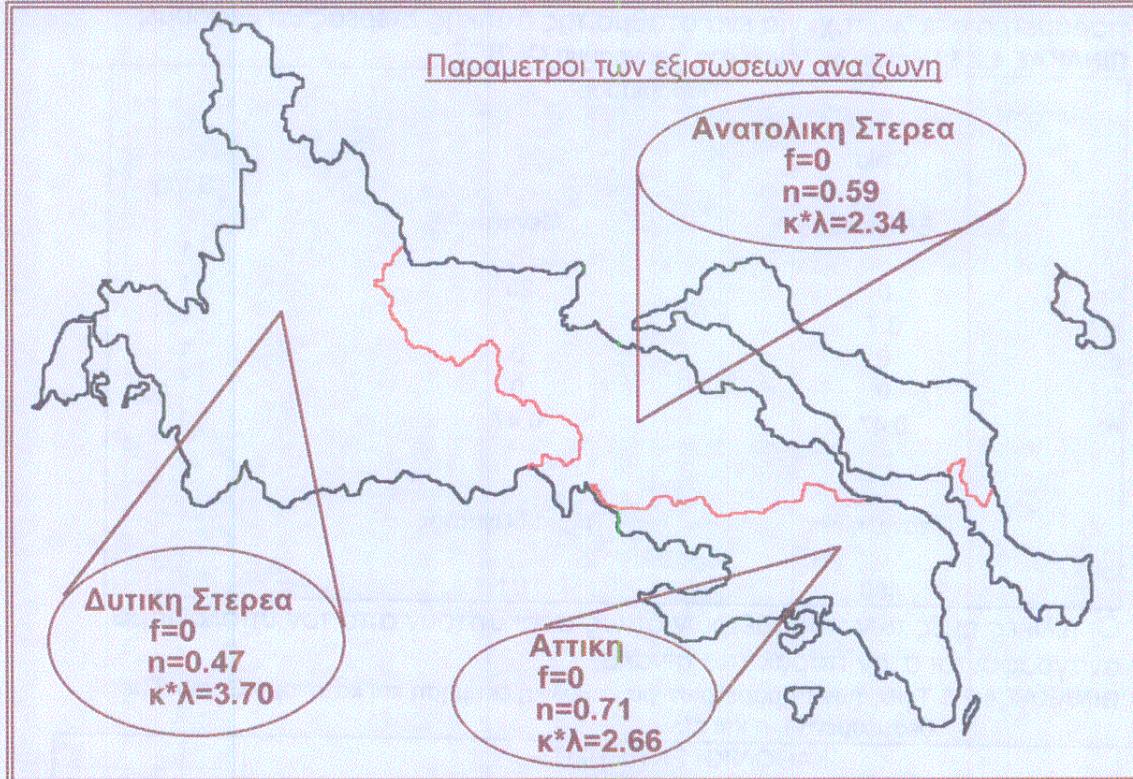
Επαναληψεις	Τμημα δειγματος
400	1/1

Οι τελικές τιμές των παραμέτρων όπως προκύπτουν από τον υπολογισμό αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.5 Τιμές των παραμέτρων για καθολική εκτίμηση και κατανομή Gumbel με δεσμευμένα f , n και $\kappa^* \lambda$

Σταθμός	ΚΑΘΟΛΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ, ΚΑΤΑΝΟΜΗ GUMBEL ΜΕ ΔΕΣΜΕΥΜΕΝΑ f , n και $\kappa^* \lambda$				$\mu.o.$	f	n	H
	κ	λ	$\kappa^* \lambda$	f				
ΑΤΤΙΚΗ								
ΕΛΛΗΝΙΚΟ	16.9434	0.1569	2.66	0	0.71	0.902		
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	18.4989	0.1437	2.66	0	0.71	0.911		
ΒΥΡΩΝΑΣ	15.8659	0.1676	2.66	0	0.71	0.92		
Ν.ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	15.2435	0.1744	2.66	0	0.71	0.889		
$\mu.o.$			2.66	0	0.71			
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ								
ΑΛΙΑΡΤΟΣ	14.0426	0.1668	2.34	0	0.59	0.885		
ΛΙΒΑΔΕΙΑ	16.2518	0.1442	2.34	0	0.59	0.9		
ΛΑΜΙΑ	15.3	0.1531	2.34	0	0.59	0.876		
ΓΡΑΒΙΑ	15.6203	0.15	2.34	0	0.59	0.925		
$\mu.o.$			2.34	0	0.59			
ΔΥΤΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ								
ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΣ	13.1261	0.281805	3.70	0	0.47	0.942		
ΒΑΚΑΡΙΟ	19.8424	0.186419	3.70	0	0.47	0.916		
ΔΡΥΜΩΝΑΣ	18.9058	0.195654	3.70	0	0.47	0.896		
ΤΡΟΒΑΤΟ	21.2262	0.174266	3.70	0	0.47	0.922		
ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ	15.7409	0.235	3.70	0	0.47	0.884		
$\mu.o.$			3.70	0	0.47			

Οι παράμετροι των εξισώσεων ανά ζώνη καταγράφονται συνοπτικά παρακάτω:



ΧΑΡΤΗΣ 4.2.2 Τιμές των σταθερών παραμέτρων ανά ζώνη

4.3 Τελικές εξισώσεις ομβρίων καμπυλών

Οι εξισώσεις των ομβρίων καμπυλών που καταρτίστηκαν όπως περιγράφηκε προηγουμένως για κάθε μια από τις τρεις ζώνες είναι της μορφής:

$$i = \kappa \frac{1 - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{2.66}}{d^{0.71}}$$

ATTIKH

$$i = \kappa \frac{1 - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{2.34}}{d^{0.59}}$$

ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ

$$i = \kappa \frac{1 - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{3.70}}{d^{0.47}}$$

ΔΥΤΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ

Επομένως σε κάθε σταθμό ανάλογα με τη ζώνη στην οποία υπάγεται αν εφαρμοσθεί η αντίστοιχη εξίσωση για κάποια συγκεκριμένη τιμή της παραμέτρου κ , προκύπτουν οι όμβριες καμπύλες της περιοχής του.

4.4 Έλεγχος προσαρμογής των κατανομών

Ο βαθμός σύμπτωσης της ευθείας της κατανομής που εφαρμόζεται σε ένα δείγμα με τη γραφική απεικόνιση του σημειοσυνόλου που προκύπτει από την ανάλυση με την εμπειρική κατανομή καθορίζει την ορθότητα της επιλογής κάποιας κατανομής. Για να ελέγξουμε επομένως την καταληλότητα της επιλογής της καθολικής εκτίμησης με δεσμευμένες παραμέτρους θα συγκρίνουμε τρεις διαφορετικούς τρόπους εκτίμησεως με την εμπειρική κατανομή. Η σύγκριση θα γίνει σε όλους τους σταθμούς βροχογράφου που χρησιμοποιήθηκαν στην κατάρτιση των όμβριων καμπυλών. Αναλυτικά ο έλεγχος προσαρμογής στην Gumbel θα γίνει με τους εξής τρεις εναλλακτικούς τρόπους εκτίμησης:

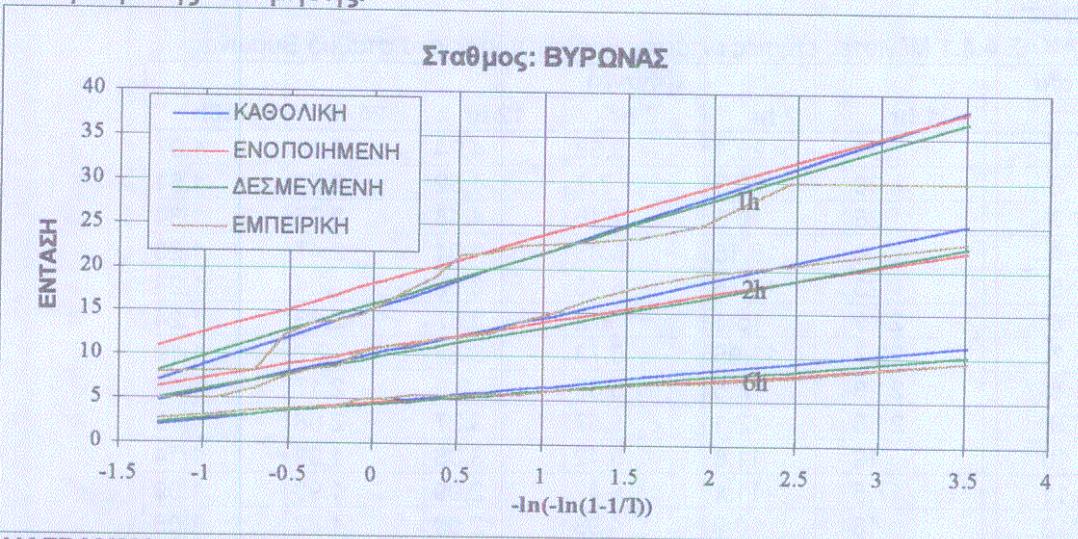
a/ Καθολική, με τις παραμέτρους να παίρνουν ελεύθερα τιμές.

b/ Ενοποιημένη, με χρήση του $1/3$ μόνο των στοιχείων για σειρές πολλών ετών.

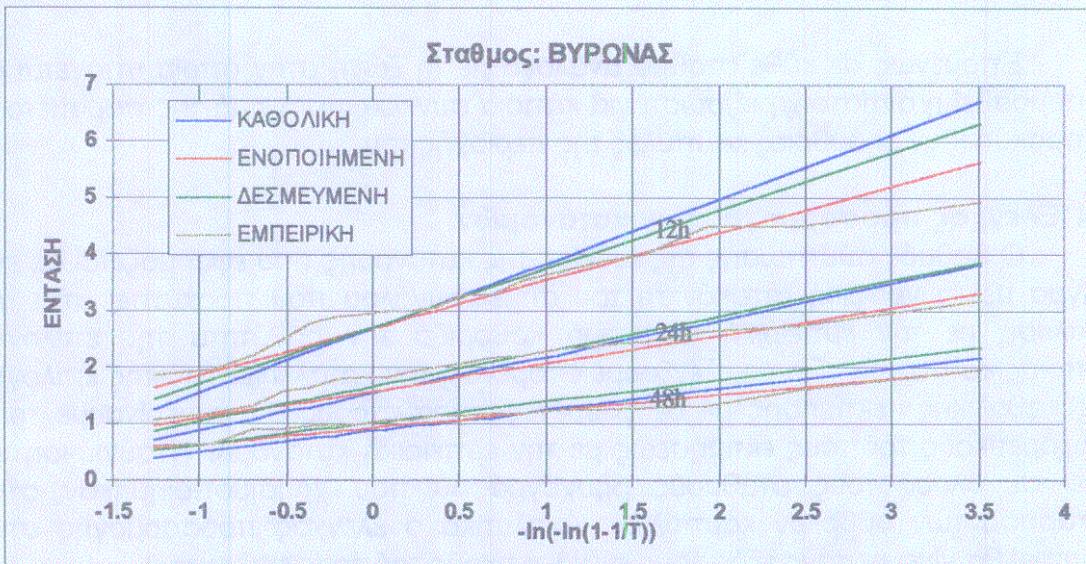
γ/ Δεσμευμένη, που χρησιμοποιήσαμε στον τελικό υπολογισμό και η οποία είναι καθολική εκτίμηση με την ιδιαιτερότητα των δεσμευμένων παραμέτρων f, n, κ^*, λ και βέβαια,

δ/ Εμπειρική, με την οποία θα συγκριθούν οι υπόλοιπες.

Στα παρακάτω διαγράμματα προσαρμογής που αντιστοιχούν στα δεδομένα του σταθμού Βύρωνα μπορεί να γίνει έλεγχος της ορθότητας της επιλογής της "Δεσμευμένης" εκτίμησης.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4.1 Διάγραμμα προσαρμογής για διάρκειες 1h ,2h, 6h



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4.2 Διάγραμμα προσαρμογής για διάρκειες 12h ,24h, 48h

Παρατηρούμε ότι σε όλες τις διάρκειες η δεσμευμένη εκτίμηση προσεγγίζει ικανοποιητικά το σημειούντο της εμπειρικής κατανομής και σε γενική θεώρηση δεν φαίνεται να υπολείπεται σε σχέση με τους άλλους τρόπους εκτιμήσεων. Η παραπάνω διαδικασία αποτελεί γραφική μέθοδο ελέγχου προσαρμογής των δειγμάτων στην κατανομή Gumbel. Για μεγαλύτερη ακρίβεια θα χρησιμοποιήσουμε και την αναλυτική μέθοδο του Test-X². Οι μέγιστες επήσιες εντάσεις βροχόπτωσης στο σταθμό του Βύρωνα καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.1 Μέγιστες επήσιες εντάσεις βροχόπτωσης στο σταθμό Βύρωνας

α/α	i(mm/h)					
	1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48h
1	30	23.1	9.58	4.94	3.18	1.97
2	30	20.5	7.7	4.52	2.74	1.61
3	25	19.5	7.13	4.48	2.65	1.34
4	23.6	18.15	6.83	4.01	2.47	1.28
5	23	16.75	6.48	3.86	2.4	1.24
6	22.9	15.1	6.2	3.67	2.33	1.24
7	22.7	13.95	5.73	3.54	2.2	1.19
8	21.8	12.5	5.67	3.3	2.17	1.16
9	21.5	12.1	5.57	3.27	2.08	1.16
10	19	11.8	5.42	3.08	1.99	1.14
11	17.5	11.1	5.42	2.99	1.93	1.09
12	16	10.9	4.98	2.99	1.82	1.08
13	14.7	10.4	4.93	2.92	1.81	1.01
14	14	8.75	4.17	2.9	1.77	0.96
15	13.8	8.45	4.1	2.79	1.64	0.95
16	12.3	7.5	3.93	2.52	1.57	0.91
17	8.3	6.1	3.67	2.23	1.3	0.89
18	8.2	5.1	3.17	1.97	1.16	0.65
19	8	5	2.67	1.85	1.08	0.6
20					1.03	0.57

Ο έλεγχος προσαρμογής των δειγμάτων των εντάσεων ι της βροχόπτωσης θα γίνει για κάθε διάρκεια ξεχωριστά και αφορά την καταλληλότητα ή μη της δεσμευμένης κατανομής. Οι υπολογισμοί κωδικοποιούνται στους παρακάτω πίνακες:

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2 Κωδικοποίηση μεθόδου Test-X² για διάρκειες 1h, 2h, 6h

Διάρκεια	a/α	ορια F1	ορια i	ni	ii	x^2	
1h	1	0.25	23.30	4	4.75	0.1184	
	2	0.5	18.05	6	4.75	0.3289	
	3	0.75	13.92	4	4.75	0.1184	
	4	1	0.00	5	4.75	0.0132	F1(x^2)
				19	19	0.5789	0.9087

Διάρκεια	a/α	ορια F1	ορια i	ni	ii	x^2	
2h	1	0.25	14.24	6	4.75	0.3289	
	2	0.5	11.04	5	4.75	0.0132	
	3	0.75	8.51	3	4.75	0.6447	
	4	1	0.00	5	4.75	0.0132	F1(x^2)
				19	19	1.0000	0.9087

Διάρκεια	a/α	ορια F1	ορια i	ni	ii	x^2	
6h	1	0.25	6.53	4	4.75	0.1184	
	2	0.5	5.06	7	4.75	1.0658	
	3	0.75	3.90	5	4.75	0.0132	
	4	1	0.00	3	4.75	0.6447	F1(x^2)
				19	19	1.8421	0.4220

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.3 Κωδικοποίηση μεθόδου Test-X² για διάρκειες 12h, 24h, 48h

Διάρκεια	a/α	ορια F1	ορια i	ni	ii	x^2	
12h	1	0.25	3.99	4	4.75	0.1184	
	2	0.5	3.09	5	4.75	0.0132	
	3	0.75	2.38	7	4.75	1.0658	
	4	1	0.00	3	4.75	0.6447	F1(x^2)
				19	19	1.8421	0.4220
Διάρκεια	a/α	ορια F1	ορια i	ni	ii	x^2	
24h	1	0.25	2.44	4	5	0.2000	
	2	0.5	1.89	7	5	0.8000	
	3	0.75	1.46	5	5	0.0000	
	4	1	0.00	4	5	0.2000	F1(x^2)
				20	20	1.2000	0.6547
Διάρκεια	a/α	ορια F1	ορια i	ni	ii	x^2	
48h	1	0.25	1.49	2	5	1.8000	
	2	0.5	1.16	7	5	0.8000	
	3	0.75	0.89	8	5	1.8000	
	4	1	0.00	3	5	0.8000	F1(x^2)
				20	20	5.2000	0.3711

Αν πάρουμε για τον έλεγχο επίπεδο σημαντικότητας ίσο με 5%, παρατηρούμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις, οι πιθανότητες υπέρβασης $F_1(X^2)$ είναι μεγαλύτερες της τιμής 0.05 και συνεπώς μπορούμε να πούμε ότι τα δείγματα ακολουθούν την κατανομή. Εξάγουμε λοιπόν το συμπέρασμα ότι ορθώς χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη μέθοδος εκτίμησης κατά τον υπολογισμό που προηγήθηκε, τουλάχιστον για το σταθμό του Βύρωνα.
Το ίδια συμπεράσματα προκύπτουν ως προς την ορθότητα της επιλογής από την παρατήρηση των διαγραμμάτων των υπολοίπων σταθμών, τα οποία για λόγους χωροταξίας παρατίθενται στο παράρτημα 2, του τεύχους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΣΕ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΥΣ

5.1 Εισαγωγή

Όπως είδαμε ο προσδιορισμός των παραμέτρων των εξισώσεων των ομβρίων καμπυλών γίνεται με χρήση δεδομένων βροχογράφου. Το δίκτυο όμως των βροχομέτρων έχει πάντα πολύ μεγαλύτερη πτυκνότητα από το δίκτυο των βροχογράφων. Για αυτό το λόγο επιχειρείται η γεωγραφική επέκταση των ομβρίων καμπυλών χρησιμοποιώντας δεδομένα από βροχόμετρα.

5.2 Επεξεργασία στοιχείων βροχογράφου

Σε κάθε σταθμό που εξετάζουμε, ανατρέχουμε στα μηνιαία βροχομετρικά δελτία από όπου εξάγουμε τα μέγιστα ύψη βροχόπτωσης με διάρκεια μιας και δύο ημερών για κάθε υδρολογικό έτος. Στη συνέχεια κατατάσσουμε τα ύψη κατά φθίνουσα σειρά σε κάθε διάρκεια και τα μετατρέπουμε σε εντάσεις αφού τα διαιρέσουμε με την αντίστοιχη διάρκεια.

Επειδή το χρονικό βήμα Δ στο συγκεκριμένο πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε είναι η μία μέρα, για να άρουμε το σφάλμα που οφείλεται στη διακριτοποίηση του χρόνου, πολλαπλασιάζουμε τα στοιχεία της χρονοσειράς διαρκείας μιας μέρας με το συντελεστή $\delta=1.13$ και τα στοιχεία της χρονοσειράς διαρκείας δύο ημερών με το συντελεστή $\delta=1.04$ (Linsley et al., 1975, p.357).

Η καταλληλότερη στατιστική κατανομή για τις χρονοσειρές των ετήσιων μέγιστων υψών βροχής που εξετάζουμε είναι η Gumbel. Με χρήση των παραμέτρων f και μ που προέκυψαν για καθε ζώνη από την ανάλυση των στοιχείων του βροχογράφου θα γίνει σε κάθε σταθμό υπολογισμός των παραμέτρων k και λ της συνάρτησης κατανομής με τη μέθοδο των ροπών. Υπολογίζονται λοιπόν οι ποσότητες $i(d+f)^n$ για όλες τις τιμές των εντάσεων και στη συνέχεια προκύπτουν τα k και λ από τις εξισώσεις:

$$\lambda = \frac{1}{0.7797 \sigma_x} \quad \text{και} \quad k = \mu - \frac{0.5772}{\lambda} \quad (5.2.1)$$

όπου μ_x : η μέση τιμή του δείγματος που περιέχει τις ποσότητες $i(d+f)^n$

σ_x : η τυπική απόκλιση του δείγματος

Εξαιτίας του ειδικού ενδιαφέροντός μας για σταθεροποίηση του γινομένου $k^* \lambda$, έγινε παράλληλα με τις προηγούμενες εξισώσεις ο υπολογισμός και με τη μορφή:

$$k = \frac{\mu_x}{1 + \frac{0.5772}{\lambda k}} \quad (5.2.2)$$

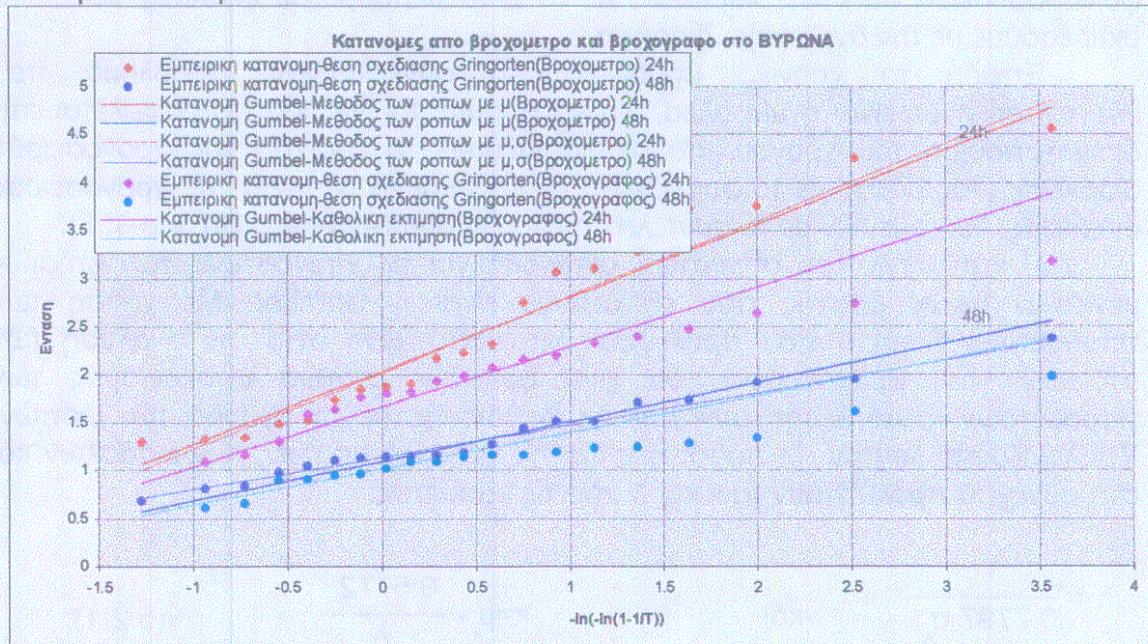
που προκύπτει με απλό μετασχηματισμό της δεύτερης των εξισώσεων ενώ το λ είναι πλέον ανεξάρτητο της τυπικής απόκλισης και υπολογίζεται ως

$$\lambda = \frac{\kappa\lambda}{\kappa} \quad (5.2.3)$$

Όπως προηγουμένως, έτσι και εδώ, χρησιμοποιείται και η εμπειρική κατανομή με τη μορφή της σχέσεως Gringorten για έλεγχο του βαθμού προσαρμογής της επιλεχθείσας κατανομής.

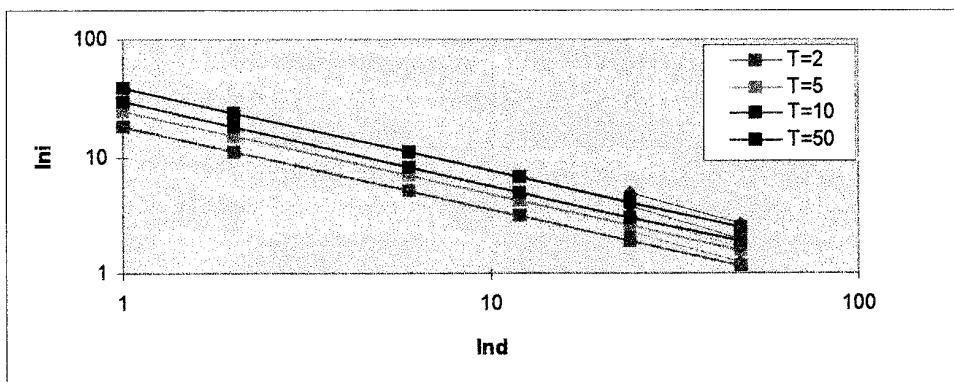
5.3 Σύγκριση ευθειών βροχογράφου και βροχομέτρου

Για να εκτιμήσουμε κατά πόσον ο υπολογισμός της έντασης της βροχόπτωσης με τα στοιχεία από το βροχόμετρο βρίσκεται σε συμφωνία με τον υπολογισμό με βάση τις σειρές δεδομένων που προκύπτουν από το βροχογράφο παραθέτουμε τα σχετικά διαγράμματα. Όπως είναι φυσικό αναφερόμαστε μόνο στους σταθμούς που διαθέτουν και βροχόμετρο και βροχογράφο. Για καλύτερη εποπτεία απεικονίζονται και τα σημειοσύνολα που αντιστοιχούν στις εμπειρικές κατανομές. Ως παράδειγμα εκτίθεται εδώ το διάγραμμα που αναφέρεται στον σταθμό του Βύρωνα:



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3.1 Κατανομές από βροχόμετρα και βροχογράφους στο σταθμό Βύρωνας

Το διάγραμμα που ακολουθεί αναφέρεται επίσης στον σταθμό του Βύρωνα. Με συνεχόμενη γραφική παράσταση παριστάνεται η γραμμή που προκύπτει από τον υπολογισμό με καθολική εκτίμηση από το βροχογράφο ενώ με διακεκομένη η γραμμή που προκύπτει με τη μέθοδο των ροπών από το βροχόμετρο.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3.2 Κατανομές από βροχογράφο και βροχόμετρο στο σταθμό Βύρωνας

Προφανώς με το βροχόμετρο δεν μπορούμε να έχουμε εκτίμηση των εντάσεων βροχής για διάρκειες μικρότερες των 24 ωρών, για αυτό και οι καμπύλες του βροχομέτρου δεν επεκτείνονται στις μικρές διάρκειες.

Διαπιστώνουμε ότι τουλάχιστον για το σταθμό του Βύρωνα οι εντάσεις που προκύπτουν κατά την ανάλυση των χρονοσειρών των δύο διαφορετικών οργάνων μέτρησης διαφέρουν αρκετά και μάλιστα το βροχόμετρο φαίνεται να δίνει υψηλότερες τιμές. Ανάλογο φαινόμενο παρατηρείται και στην πλειονότητα των υπολοίπων σταθμών. Εξαίρεση αποτελούν οι σταθμοί Βακάριο και Τροβατό, όπου ο βροχογράφος δίνει υψηλότερες τιμές από το βροχόμετρο. Τα διαγράμματα που αντιστοιχούν στους υπόλοιπους σταθμούς παρατίθενται στο παράρτημα για λόγους χωροταξίας.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι είναι δυνατό, τα δεδομένα του βροχομέτρου να είναι πιο αξιόπιστα από αυτά του βροχογράφου λόγω της απλούστερης μηχανικής κατασκευής του πρώτου και της απουσίας ευαίσθητων μηχανισμών. Αυτή η παρατήρηση σε συνδυασμό με τη διαπίστωση ότι οι τιμές που προέρχονται από το βροχόμετρο μπορεί να είναι υψηλότερες από αυτές του βροχογράφου, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν πρέπει να αγνοούνται κατά τη σύνταξη των ομβρίων καμπυλών τα δεδομένα του βροχομέτρου, ακόμη και αν στην εξεταζόμενη θέση υπάρχει βροχογράφος.

Γενικά πάντως παρατηρούμε ότι με δεσμευμένες κάποιες παραμέτρους των ομβρίων καμπυλών, η μέθοδος των ροπών για σταθερό γινόμενο K^* λ μπορεί να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν εφαρμοστεί για τον υπολογισμό της έντασης βροχόπτωσης σε δεδομένα βροχομέτρου.

5.4 Εντάσεις από σταθμούς που διαθέτουν μόνο βροχόμετρο

Λόγω της μεγάλης πυκνότητας που εμφανίζει το δίκτυο των βροχομέτρων έναντι του δικτύου των βροχογράφων στην έκταση της Στερεάς Ελλάδας κρίθηκε απαραίτητη η αξιοποίηση των διαθέσιμων στοιχείων βροχομέτρου για την πληρέστερη κατανομή υψών και εντάσεων βροχόπτωσης που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες διάρκειες και περιόδους επαναφοράς. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι οι διαθέσιμοι στην παρούσα μελέτη βροχομετρικοί σταθμοί είναι περίπου 75 ενώ οι σταθμοί βροχογράφου είναι 13. Η ανalogία αυτή αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα που εμφανίζεται συνολικά στην εξεταζόμενη περιοχή.

Για τον προσδιορισμό λοιπόν του ύψους και της έντασης βροχόπτωσης για συγκεκριμένες διάρκειες και περιόδους επαναφοράς σε κάθε βροχομετρικό σταθμό ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφηκε στο υποκεφάλαιο 5.2. Αναφορικά με τον υπολογισμό των παραμέτρων διερευνήθηκε και μια παραλλαγή της προηγούμενης μεθόδου σύμφωνα με την οποία το κ δίνεται από την εξίσωση (5.2.2) ενώ το λ είναι πλέον ανεξάρτητο της τυπικής απόκλισης και υπολογίζεται

$$\omega : \quad \lambda = \frac{\kappa \lambda}{\kappa} \quad (5.4.1)$$

Το γινόμενο $\kappa \lambda$ είναι σταθερό και καθορίζεται από τη ζώνη στην οποία κατατάσσεται ο σταθμός ενώ το μ_x είναι η μέση τιμή του δείγματος που περιέχει τις ποσότητες $i(d+f)^n$. Σε αυτή την περίπτωση οι τιμές της έντασης δίνονται από τον τύπο:

$$i = \kappa \frac{1 - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{\kappa \lambda}}{(d+f)^n} \quad (5.4.2)$$

Ομοίως για τα ύψη βροχόπτωσης με τη μέθοδο των ροπών προσδιορίζεται το κ και το λ από τις εξισώσεις:

$$\lambda = \frac{1}{0,7797 \sigma_x} \quad \text{και} \quad \kappa = \mu_x - \frac{0,5772}{\lambda} \quad (5.4.3)$$

όπου μ_x και σ_x είναι αντίστοιχα η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση του δείγματος που περιέχει τις ποσότητες h . Με αντικατάσταση των παραμέτρων κ και λ στον τύπο:

$$h = \kappa \left(1 - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{\lambda} \right) \quad (5.4.4)$$

προκύπτουν οι τιμές του ύψους βροχόπτωσης για διάφορες τιμές της περιόδου επαναφοράς. Κατ' αναλογία με την ένταση διερευνάται και η περίπτωση που το γινόμενο $\kappa \lambda$ είναι σταθερό οπότε τελικά οι ζητούμενες τιμές προκύπτουν από την εξίσωση:

$$h = \kappa \left(1 - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{\kappa \lambda} \right) \quad (5.4.5)$$

Με αυτό τον τρόπο έχουμε αναλυτική πληροφόρηση για τις διακυμάνσεις των τιμών έντασης και ύψους βροχόπτωσης συναρτήσει της γεωγραφικής θέσης, της περιόδου επαναφοράς και της διάρκειας για όλη την έκταση της Στερεάς Ελλάδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΑΠΟ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ

6.1 Εισαγωγή

Η κατασκευή των χαρακτηριστικών εκφράσεων για τις όμβριες καμπύλες γίνεται μετά από κατάλληλη επεξεργασία δεδομένων. Από τους βροχογράφους προσδιορίσθηκαν οι τιμές των σταθερών παραμέτρων και από τα βροχόμετρα προκύπτουν οι τιμές των υπολοίπων παραμέτρων. Η αντικατάσταση των τιμών αυτών στις εξισώσεις θα δώσει τις τελικές εκφράσεις των ομβρίων καμπυλών από τις οποίες μπορούν να υπολογισθούν η ένταση και το ύψος βροχόπτωσης για δεδομένη διάρκεια και περίοδο επαναφοράς.

6.2 Κατανομή βροχομετρικών σταθμών

Από τη βάση δεδομένων ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ ελήφθησαν επεξεργασμένα τα μέγιστα ετήσια ύψη βροχόπτωσης διαρκείας μιας και δύο ημερών για 75 σταθμούς που βρίσκονται σε όλες τις περιοχές της Στερεάς Ελλάδας. Ο αριθμός των σταθμών που χρησιμοποιήθηκε τελικά στην παρούσα μελέτη ανέρχεται σε 66, αφού αγνοήθηκαν 9 σταθμοί των οποίων πολλές μετρήσεις δεν ήταν αξιόπιστες. Οι 66 αυτοί σταθμοί κατανεμήθηκαν στις τρεις ζώνες στις οποίες προηγουμένως χωρίσθηκε η Στερεά Ελλάδα ως ακολούθως:

8 σταθμοί στη ζώνη της Αττικής

21 σταθμοί στη ζώνη της Ανατολικής Στερεάς

37 σταθμοί στη ζώνη της Δυτικής Στερεάς

66

Ειδικά για τους σταθμούς που βρίσκονται κοντά στα όρια των ζωνών εξετάσθηκε η ένταξή τους και στις δύο γειτονικές ζώνες δηλαδή χρησιμοποιήθηκαν οι σταθερές παράμετροι f , n που αντιστοιχούν σε κάθε περίπτωση. Για την τελική ένταξη αξιολογήθηκαν παράγοντες όπως τα ύψη βροχής για σταθερό και μεταβλητό γινόμενο k^* , η γεωγραφική θέση, η σχέση του ύψους βροχής με τα αντίστοιχα ύψη των γειτονικών σταθμών και η τοπογραφία της περιοχής. Στον χάρτη που ακολουθεί φαίνεται ο τελικός διαχωρισμός των ζωνών όπως αυτός προέκυψε μετά την αναγνώριση των βροχομετρικών σταθμών.

6.3 Μέγιστα ύψη βροχόπτωσης

Για να γίνει η χωρική κατανομή των ισχυρών βροχοπτώσεων στο χώρο της Στερεάς Ελλάδας χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές εξισώσεις των ομβρίων καμπυλών για κάθε ζώνη. Οι τιμές των παραμέτρων των εξισώσεων αυτών είναι οι εξής:

a) Αν θεωρήσουμε μεταβαλλόμενο το γινόμενο k^*

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.1 Τιμές σταθερών παραμέτρων για μεταβαλλόμενο γινόμενο k^*

ZΩΝΗ	f	n
Αττική	0	0.71
Ανατολική Στερεά	0	0.59
Δυτική Στερεά	0	0.47

β) Αν θεωρήσουμε σταθερό το γινόμενο $\kappa^*\lambda$

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.2 Τιμές σταθερών παραμέτρων για σταθερό γινόμενο $\kappa^*\lambda$

ΖΩΝΗ	f	n	$\kappa^*\lambda$
Αππικη	0	0.71	2.659
Ανατολικη Στερεα	0	0.59	2.343
Δυτικη Στερεα	0	0.47	3.699

Για κάθε σταθμό από τα βροχομετρικά στοιχεία με τη μέθοδο των ροπών προσδιορίζουμε στην πρώτη περίπτωση τον μέσο όρο μ , την τυπική απόκλιση σ και στη συνέχεια τις παραμέρους κ και λ όπως περιγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Στην δεύτερη περίπτωση ο προσδιορισμός του σ παραλείπεται αφού

το γινόμενο $\kappa^*\lambda$ λαμβάνεται σταθερό και το λ προκύπτει ως: $\lambda = \frac{\kappa\lambda}{\kappa}$.

Αν αντικαταστήσουμε τις τιμές των παραμέτρων κ και λ στον τύπο:

$$i = \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{\frac{\kappa - \lambda}{n} + (d+f)} \quad (6.3.1)$$

όπου i : η ένταση της βροχόπτωσης σε χιλιοστά ανά ώρα

d : η διάρκεια της βροχόπτωσης σε ώρες

T : η περίοδος επαναφοράς σε έτη

για χαρακτηριστικές τιμές της περιόδου επαναφοράς και της διάρκειας προκύπτει η ένταση της βροχόπτωσης στον συγκεκριμένο σταθμό ενώ μέσω της σχέσης $h=i^*d$ προκύπτει και το αντίστοιχο ύψος βροχόπτωσης.

6.4 Χάρτες Ισουετίων καμπυλών για μέγιστα ύψη βροχής

Με την παραπάνω διαδικασία υπολογίζονται τα ύψη βροχόπτωσης σε κάθε σταθμό στις εξής τρεις περιπτώσεις:

- I) $h(24h, 5\text{ετη})$ - Διάρκεια βροχόπτωσης 24h και περίοδος επαναφοράς 5 ετών, για μεταβαλλόμενο γινόμενο $\kappa^*\lambda$
- II) $h(24h, 10\text{ετη})$ - Διάρκεια βροχόπτωσης 24h και περίοδος επαναφοράς 10 ετών, για μεταβαλλόμενο γινόμενο $\kappa^*\lambda$ και
- III) $h'(24h, 5\text{ετη})$ - Διάρκεια βροχόπτωσης 24h και περίοδος επαναφοράς 5 ετών, για σταθερό γινόμενο $\kappa^*\lambda$.

Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται οι τιμές των υψών που υπολογίσθηκαν από τους τύπους για τις τρεις κατηγορίες:

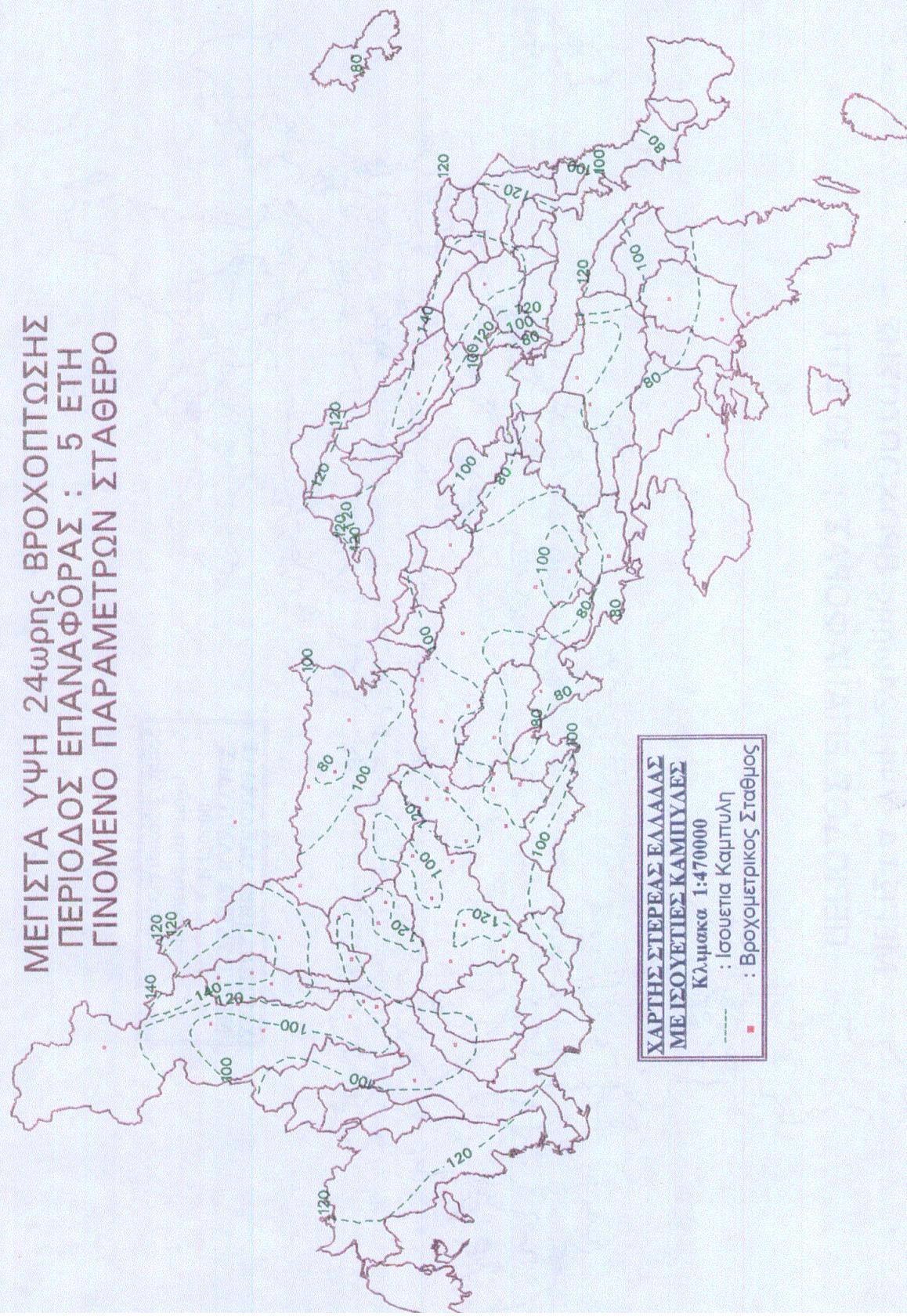
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.3 Ύψη βροχόπτωσης στους βροχομετρικούς σταθμούς

α/α	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΝΟΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΖΩΝΗ	h(24h,5ετη) Για μη σταθερο γινόμενο κ*λ	h(24h,10ετη) Για μη σταθερο γινόμενο κ*λ	h'(24h,5ετη) Για σταθερο γινόμενο κ*λ
1	ΜΕΓΑΡΑ	ΑΤΤΙΚΗ	36	ΑΤ	65.2	77.1	65.1
2	ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ	ΑΤΤΙΚΗ	107	ΑΤ	65.9	78.1	65.3
3	ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ	ΑΤΤΙΚΗ	10	ΑΤ	67.9	80.1	68.0
4	ΤΑΝΑΤΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ	139	ΑΤ	71.3	84.2	71.2
5	ΦΙΣΒΗ	ΒΟΙΩΤΙΑ	174	ΑΤ	71.6	84.4	71.7
6	ΚΑΛΛΙΘΕΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ	333	ΑΤ	76.9	87.2	82.7
7	ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ ΤΑΤΟΪΟΥ	ΑΤΤΙΚΗ	237	ΑΤ	92.1	110.2	89.8
8	ΑΛΑΜΥΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	ΕΥΒΟΙΑ	140	ΑΤ	97.4	113.2	100.1
9	ΔΕΣΦΙΝΑ	ΦΟΚΙΔΑ	590	Α	62.9	77.3	59.5
10	ΧΑΛΚΙΔΑ	ΕΥΒΟΙΑ	5	Α	63.3	76.4	62.1
11	ΖΗΛΕΥΤΟ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	120	Α	71.7	87.0	69.7
12	ΜΟΥΡΙΚΙ	ΒΟΙΩΤΙΑ	85	Α	67.9	79.4	70.7
13	ΣΚΥΡΟΣ	ΕΥΒΟΙΑ	4	Α	69.1	79.5	74.2
14	ΑΤΑΛΑΝΤΗ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	110	Α	77.3	90.2	80.8
15	ΤΡΙΔΟΦΟ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	580	Α	79.3	92.7	82.6
16	ΚΑΤΩ ΠΙΘΟΡΕΑ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	170	Α	78.3	90.1	84.0
17	ΛΑΜΙΑ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	144	Α	82.3	96.2	86.0
18	ΛΙΒΑΔΕΙΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ	200	Α	91.2	106.3	95.6
19	ΑΝΑΒΡΑ	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	208	Α	95.2	112.8	96.9
20	ΥΠΑΤΗ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	500	Α	101.3	120.8	101.7
21	ΑΝΩ ΜΠΡΑΛΟΣ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	600	Α	97.4	113.6	101.9
22	ΓΡΑΒΙΑ	ΦΟΚΙΔΑ	450	Α	102.6	121.5	104.5
23	ΔΡΥΜΑΙΑ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	580	Α	96.2	108.9	106.1
24	ΠΙΤΣΙΩΤΑ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	800	Α	108.3	129.3	108.4
25	ΕΠΤΑΛΟΦΟΣ	ΦΟΚΙΔΑ	830	Α	105.9	123.2	111.5
26	ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ	400	Α	114.9	135.1	118.5
27	ΣΤΙΑΙΑ	ΕΥΒΟΙΑ	45	Α	134.0	165.0	126.2
28	ΠΡΟΚΟΠΙΟΝ	ΕΥΒΟΙΑ	70	Α	146.1	174.6	146.0
29	ΚΑΤΩ ΣΤΕΝΗ	ΧΑΛΚΙΔΑ	290	Α	149.3	174.1	156.3
30	ΑΜΦΙΣΣΑ	ΦΟΚΙΔΑ	180	Δ	81.8	94.0	81.2
31	ΜΑΛΑΝΑΡΙΝΟ	ΦΟΚΙΔΑ	600	Δ	84.4	95.8	85.5
32	ΒΡΑΓΚΙΑΝΑ ΜΙΚΡΑ	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	680	Δ	82.0	90.0	87.8
33	ΛΙΔΩΡΙΚΙ	ΦΟΚΙΔΑ	537	Δ	90.4	103.0	91.1
34	ΠΑΠΑΡΟΥΣΙ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	660	Δ	86.8	96.1	91.6
35	ΑΓΡΙΝΙΟ	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	47	Δ	97.7	115.5	92.1
36	ΑΡΑΧΩΒΑ	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	960	Δ	87.2	96.5	92.1
37	ΚΑΡΠΕΝΗΣΙ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	960	Δ	97.7	113.0	98.0
38	ΑΓΙΟΣ ΒΛΑΣΙΟΣ	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	850	Δ	102.5	121.4	96.4
39	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΞΥΑ	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	1160	Δ	98.0	113.1	96.5
40	ΤΕΜΠΛΑ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	306	Δ	93.4	104.5	97.0
41	ΛΕΠΕΝΟΥ	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	190	Δ	94.6	106.2	97.7
42	ΚΑΣΤΡΑΚΙ (ΠΡΟΒΑΝΤΑ)	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	145	Δ	99.1	113.6	98.7
43	ΚΡΕΜΑΣΤΑ (ΥΗΣ)	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	390	Δ	105.4	120.8	105.1
44	ΑΝΑΛΗΨΗ	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	620	Δ	104.9	119.9	105.2
45	ΓΡΗΓΟΡΙΟ	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	1000	Δ	103.5	117.0	105.6
46	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	650	Δ	108.1	125.1	106.0
47	ΦΟΥΣΑΝΑ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	950	Δ	105.8	120.5	106.8
48	ΣΤΑΜΝΑ	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	142	Δ	113.1	131.3	110.2
49	ΚΑΡΟΥΤΕΣ	ΦΟΚΙΔΑ	1040	Δ	107.3	120.8	110.4
50	ΔΑΦΝΟΣ	ΦΟΚΙΔΑ	1050	Δ	115.6	132.6	115.0
51	ΣΥΚΕΑ	ΦΟΚΙΔΑ	780	Δ	116.6	133.7	116.2
52	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	900	Δ	124.8	146.9	118.5
53	ΠΟΡΟΣ ΡΗΓΑΝΙΟΥ	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	150	Δ	121.4	138.7	121.9
54	ΠΥΡΑ	ΦΟΚΙΔΑ	1140	Δ	120.2	136.4	122.1
55	ΚΟΝΙΑΚΟΣ	ΦΟΚΙΔΑ	850	Δ	127.3	148.5	123.0
56	ΑΝΙΑΔΑ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	1060	Δ	128.6	149.8	124.8
57	ΛΕΥΚΑΔΑ	ΛΕΥΚΑΔΑ	2	Δ	133.5	157.8	125.9
58	ΠΛΑΤΑΝΟΣ	ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑ	900	Δ	128.1	147.1	127.3
59	ΚΡΙΚΕΛΛΟ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	1120	Δ	135.6	160.6	127.5
60	ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ	ΦΟΚΙΔΑ	950	Δ	130.1	147.2	132.8
61	ΒΑΚΑΡΙΟ	ΤΡΙΚΑΛΑ	1150	Δ	134.2	154.2	133.1
62	ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΔΙΑΚΟΣ	ΦΟΚΙΔΑ	1050	Δ	131.1	148.7	133.1
63	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	660	Δ	137.5	156.6	138.7
64	ΜΑΥΡΟΜΑΤΑ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	900	Δ	142.4	164.3	140.4
65	ΕΠΙΝΙΑΝΑ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	1050	Δ	163.2	192.0	155.5
66	ΤΡΟΒΑΤΟ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	1060	Δ	156.0	178.3	156.3

Η τοποθέτηση των υψών στις αντίστοιχες θέσεις των σταθμών γίνεται με χρήση κατάλληλου λογισμικού (G/S) στο σύστημα *UNIX* του Τομέα Υδατικών Πόρων. Επιπλέον γίνεται επεξεργασία των αποτελεσμάτων που οδηγεί στην παραγωγή των ισουψών καμπυλών που εκτείνονται σε όλη την έκταση της Στερεάς Ελλάδας. Τελικά γίνεται η σχεδίαση και εκτύπωση μέσω *plotter* του χάρτη με τις ισουψείς για τις τρεις προαναφερθείσες περιπτώσεις.

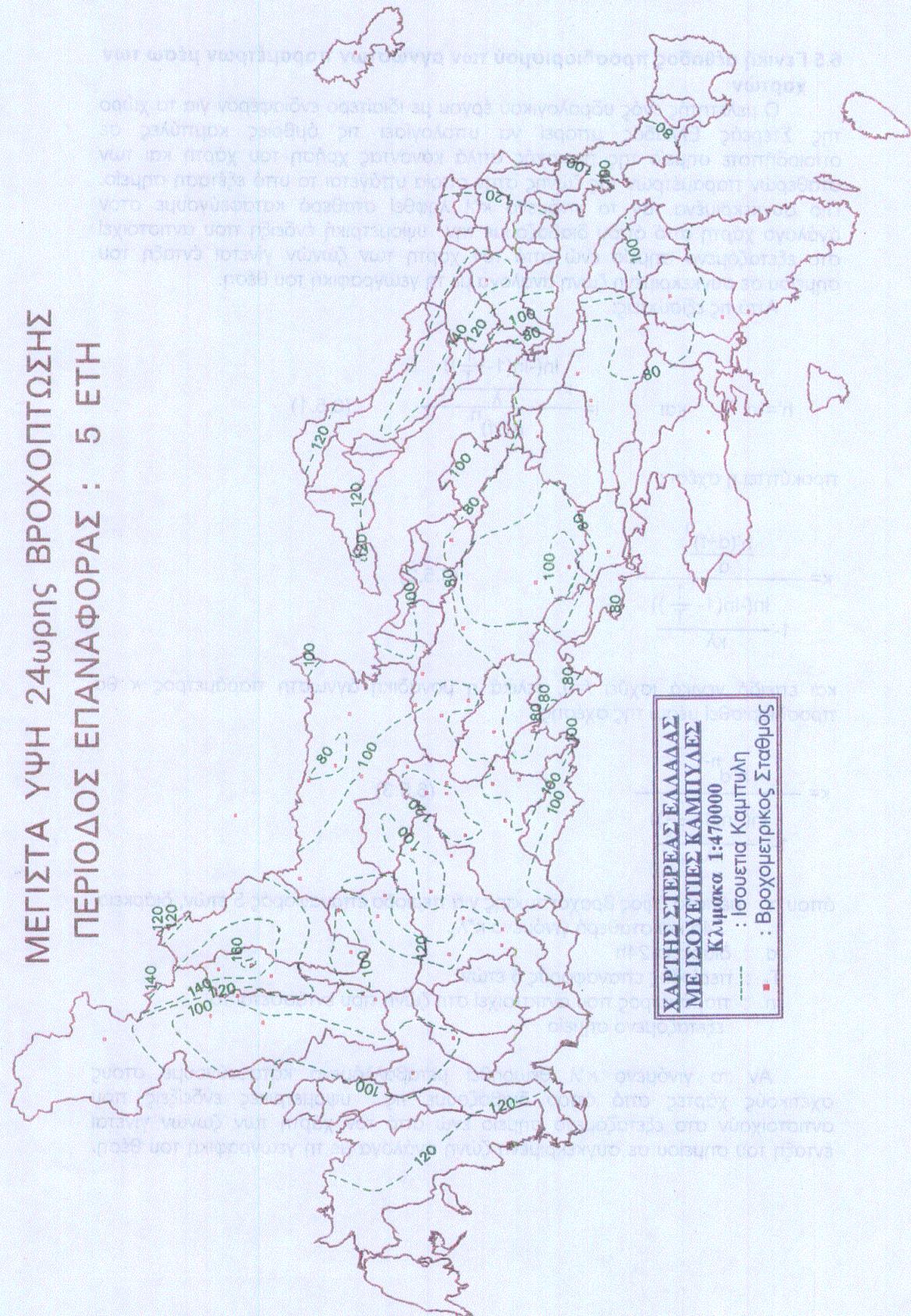
Στη συνέχεια παρατίθενται οι χάρτες που προέκυψαν με την παραπάνω διαδικασία:

**ΜΕΓΙΣΤΑ ΥΨΗ 24ωρης ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ : 5 ΕΤΗ
ΓΙΝΟΜΕΝΟ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΝ ΣΤΑΘΕΡΟ**



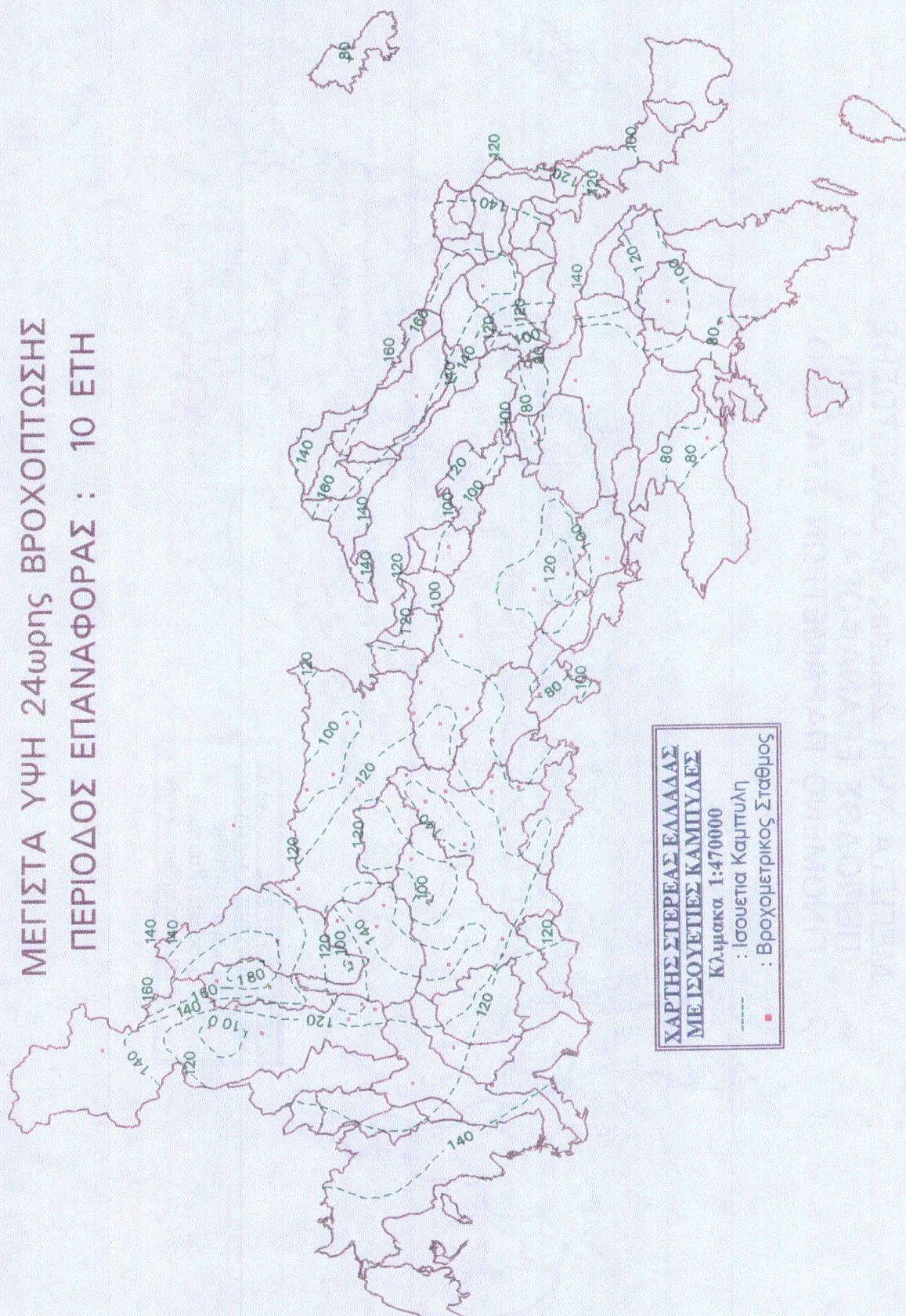
**ΧΑΡΤΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΣΑΣ
ΜΕ ΓΕΟΥΤΕΠΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ**
Κλιμακα 1:470000
— : Ισουστα Καντριλ
■ : Βροχομετρικός Σταθμός

**ΜΕΓΙΣΤΑ ΥΨΗ 24ωρης ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ : 5 ΕΤΗ**



**ΧΑΡΤΗΣ ΣΠΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΣ
ΜΕΙΟΥΕΤΙΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ**
Κλιμακα 1:470000
Ισουετια Καμπυλη
Βροχομετρικος Σταθμος

**ΜΕΓΙΣΤΑ ΥΨΗ 24ωρης ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ : 10 ΕΤΗ**



**ΧΑΡΤΗΣ ΣΠΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΣ
ΜΕ ΙΣΟΥΤΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ**
Κλιμακα 1:470000
: Ισουτεια Καρπουλη
: Βροχομετρικος Σταθμος

6.5 Γενική μέθοδος προσδιορισμού των αγνώστων παραμέτρων μέσω των χαρτών

Ο μελετητής ενός υδρολογικού έργου με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το χώρο της Στερεάς Ελλάδας μπορεί να υπολογίσει τις όμβριες καμπύλες σε οποιοδήποτε σημείο της περιοχής απλά κάνοντας χρήση του χάρτη και των σταθερών παραμέτρων της ζώνης στην οποία υπάγεται το υπό εξέταση σημείο. Πιο συγκεκριμένα, αν το γινόμενο $\kappa^* \lambda$ ληφθεί σταθερό καταφεύγουμε στον ανάλογο χάρτη από όπου διαβάζουμε την υψημετρική ένδειξη που αντιστοιχεί στο εξεταζόμενο σημείο ενώ από τον χάρτη των ζωνών γίνεται ένταξη του σημείου σε συγκεκριμένη ζώνη ανάλογα με τη γεωγραφική του θέση.

Από τις εξισώσεις:

$$h' = id \quad \text{και} \quad i = \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{\frac{\kappa \lambda}{(d+f)^n}} \quad (6.5.1)$$

προκύπτει η σχέση:

$$\kappa = \frac{\frac{h'(d+f)^n}{d}}{1 - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{\kappa \lambda}} \quad (6.5.2)$$

και επειδή γενικά ισχύει $f=0$, τελικά η μοναδική άγνωστη παράμετρος κ θα προσδιορισθεί μέσω της σχέσης:

$$\kappa = \frac{h' d^{n-1}}{1 - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T_5}))}{\kappa \lambda}} \quad (6.5.3)$$

όπου h' : μέγιστο ύψος βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 5 ετών, διάρκεια 24h και σταθερό γινόμενο $\kappa^* \lambda$.

d : διάρκεια 24h

T_5 : περίοδος επαναφοράς 5 ετών

n : παράμετρος που αντιστοιχεί στη ζώνη που εντάσσεται το εξεταζόμενο σημείο

Αν το γινόμενο $\kappa^* \lambda$ θεωρηθεί μεταβαλλόμενο καταφεύγουμε στους σχετικούς χάρτες από όπου διαβάζουμε τις υψημετρικές ενδείξεις που αντιστοιχούν στο εξεταζόμενο σημείο ενώ από τον χάρτη των ζωνών γίνεται ένταξη του σημείου σε συγκεκριμένη ζώνη ανάλογα με τη γεωγραφική του θέση.

Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται δύο χάρτες γιατί απαιτείται η επίλυση ενός συστήματος 2*2 αφού εκτός του και η τιμή του γινομένου $\kappa^*\lambda$ είναι άγνωστη, δηλαδή έχουμε τις εξισώσεις:

$$\kappa = \frac{h_{10} d^{n-1}}{1 - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T_{10}}))}{\kappa \lambda}} \quad \kappa = \frac{h_5 d^{n-1}}{1 - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T_5}))}{\kappa \lambda}} \quad (6.5.4)$$

όπου: h_{10} : μέγιστο ύψος βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 10 ετών,

διάρκεια 24h και μεταβαλλόμενο γινόμενο $\kappa^*\lambda$.

h_5 : μέγιστο ύψος βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 5 ετών,
διάρκεια 24h και μεταβαλλόμενο γινόμενο $\kappa^*\lambda$.

T_{10} : περίοδος επαναφοράς 10 ετών

T_5 : περίοδος επαναφοράς 5 ετών

d : διάρκεια 24h

n : παράμετρος που αντιστοιχεί στη ζώνη που εντάσσεται το
εξεταζόμενο σημείο

Με τη λύση του παραπάνω συστήματος προσδιορίζονται οι ζητούμενες παράμετροι κ και $\kappa^*\lambda$. Σημειώνουμε ότι η απόφαση της χάραξης των ισουψών που αναφέρονται στα μέγιστα ύψη βροχόπτωσης και όχι στην τιμή της παραμέτρου κ οφείλεται στην συνέχεια που εμφανίζουν οι επιλεχθείσες στα όρια των ζωνών έναντι της ασυνέχειας των τιμών που εμφανίζουν οι τιμές του κ στα όρια.

6.6 Παράδειγμα

Η διαδικασία για τον προσδιορισμό των αγνώστων παραμέτρων μέσω των χαρτών θα εφαρμοσθεί για το σταθμό Τροβατό ως ακολούθως:

I. Γινόμενο $\kappa^*\lambda$ σταθερό:

a/ Από τον χάρτη που παρουσιάζει τα μέγιστα ύψη 24ωρης βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 5 ετών και γινόμενο παραμέτρων $\kappa^*\lambda$ σταθερό, προσδιορίζουμε την τιμή της καμπύλης που αντιστοιχεί στη θέση του σταθμού στο χάρτη. Προκύπτει: $h_{\sigma T}(24h, 5 \text{ ετη}) = 157 \text{ mm}$

β/ Ο σταθμός Τροβατό της Ευρυτανίας υπάγεται στη Δυτική Στερεά σύμφωνα με το χάρτη:



ΧΑΡΤΗΣ 6.6.1 Γεωγραφική θέση σταθμού Τροβατό

Επομένως από τον πίνακα (6.3.2) προκύπτουν οι εξής τιμές για τις σταθερές παραμέτρους: $f=0$, $n=0.47$ και $\kappa^*\lambda=3.699$

γ/ Με αντικατάσταση των σταθερών παραμέτρων καθώς και της τιμής του ύψους βροχόπτωσης στην εξίσωση (6.5.3) έχουμε το τελικό εξαγόμενο: $\kappa=20.73$ και από την εξίσωση:

$$\lambda = \frac{\kappa\lambda}{\kappa}$$

προκύπτει: $\lambda=0.1784$

Η τελική μορφή της εξίσωσης της όμβριας καμπύλης που αντιστοιχεί στη θέση του σταθμού Τροβατό θα είναι:

$$i = \frac{20.73 - \frac{\ln(-\ln(1-\frac{1}{T}))}{0.1784}}{0.47} \quad \text{ή} \quad i = 20.73 - \frac{1 - \frac{\ln(-\ln(1-\frac{1}{T}))}{3.699}}{\frac{0.47}{d}}$$

II. Γινόμενο $\kappa^*\lambda$ μεταβαλλόμενο:

α/ Από τον χάρτη που παρουσιάζει τα μέγιστα ύψη 24ωρης βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 5 ετών, προσδιορίζουμε την τιμή της καμπύλης που αντιστοιχεί στη θέση του σταθμού στο χάρτη. Προκύπτει: $h_{μετ}(24h, 5 \text{ ετη})=156 \text{ mm}$ Ομοίως από τον χάρτη που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς 10 ετών, προκύπτει: $h_{μετ}(24h, 10 \text{ ετη})=178 \text{ mm}$

β/ Επειδή ο σταθμός υπάγεται στη Δυτική Ελλάδα και το γινόμενο $\kappa^*\lambda$ είναι μεταβαλλόμενο, ανατρέχουμε στον πίνακα (6.3.1) από όπου προκύπτουν οι εξής τιμές για τις παραμέτρους: $f=0$ και $n=0.47$

γ/ Με αντικατάσταση στις εξισώσεις του συστήματος: (6.5.4) και επίλυση αυτού προσδιορίζονται οι ζητούμενες παράμετροι: $\kappa=20.79$ και $\lambda=0.1838$

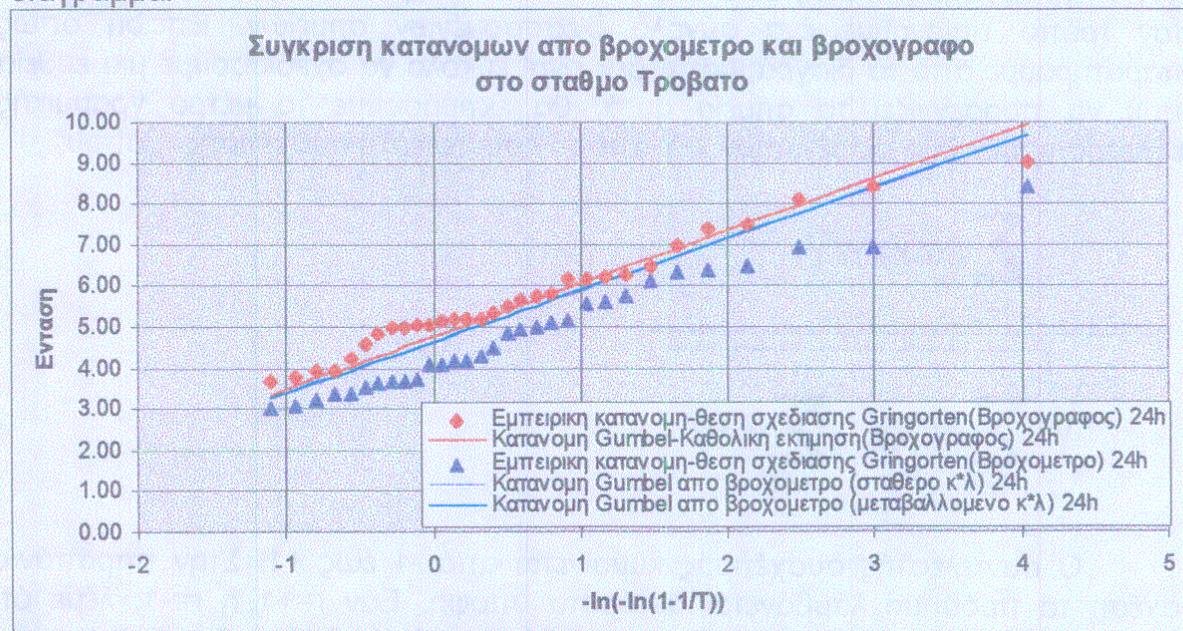
Η τελική μορφή της εξίσωσης της όμβριας καμπύλης που αντιστοιχεί στη Θέση του σταθμού Τροβατό θα είναι:

$$i = \frac{20.79 - \frac{\ln(-\ln(1-\frac{1}{T}))}{0.1838}}{d^{0.47}}$$

Επειδή ο σταθμός στο Τροβατό είναι εξοπλισμένος και με βροχογράφο θα ήταν χρήσιμο να υπενθυμίσουμε εδώ τη μορφή που είχε η εξίσωση που προέκυψε από το βροχογράφο του σταθμού σύμφωνα με τον πίνακα (4.2.5):

$$i = 21.23 - \frac{1 - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{3.699}}{0.47}$$

Η σύγκριση μεταξύ των κατανομών που προέκυψαν με τις παραπάνω διαδικασίες για το σταθμό στο Τροβατό μπορεί να γίνει εύκολα στο παρακάτω διάγραμμα:



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6.6.1 Κατανομές από βροχόμετρο και βροχογράφο στον σταθμό Τροβατό

Παρατηρούμε στο διάγραμμα ότι οι κατανομές Gumbel από βροχόμετρο, για σταθερό και μεταβλητό γινόμενο κ^* λ σχεδόν συμπίπτουν και επιπλέον προσεγγίζουν πολύ ικανοποιητικά την κατανομή που προέκυψε από το βροχογράφο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΥΨΟΥΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

7.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε κατά πόσον υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ του μεγίστου επήσιου ύψους βροχόπτωσης ενός σταθμού με το τοπογραφικό του υψόμετρο. Τα μέγιστα επήσια ύψη βροχόπτωσης προκύπτουν με τη διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως από τις όμβριες καμπύλες που αντιστοιχούν στις διάφορες ζώνες ενώ τα τοπογραφικά υψόμετρα περιλαμβάνονται στα στοιχεία που χαρακτηρίζουν κάποιο σταθμό και ως εκ τούτου λαμβάνονται από τις υπηρεσίες που κατέχουν τα βροχομετρικά δεδομένα.

7.2 Συντελεστής Γραμμικής Συσχέτισης

Το πρώτο βήμα είναι η συλλογή δεδομένων με αντίστοιχες τιμές των μεταβλητών. Έτσι αν X είναι το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης ενός σταθμού για δεδομένη περίοδο επαναφοράς και διάρκεια, και Y το τοπογραφικό υψόμετρο, τότε ένα δείγμα από η σταθμούς μιας ζώνης θα μας δώσει ύψη $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ με αντίστοιχα υψόμετρα $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$.

Το επόμενο βήμα είναι να προσδιορίσουμε τα σημεία $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ σε ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Με αυτό τον τρόπο παίρνουμε ένα σύνολο διεσπαρμένων σημείων. Επειδή όπως παρατηρούμε από τα διαγράμματα, δεν είναι εύκολο να σχεδιάσουμε μια ευθεία που να προσεγγίζει τα σημεία αυτά, θα εκτιμήσουμε το μέτρο γραμμικής εξάρτησης των δύο μεταβλητών X, Y από τον συντελεστή συσχέτισης r , όπου:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (7.2.1)$$

Ο συντελεστής συσχέτισης κυμαίνεται από -1 έως $+1$. Στην παραπάνω σχέση το πρόσημο λαμβάνεται αυτόματα υπόψη. Εάν $r=+1$ ή $r=-1$, λέμε ότι έχουμε πλήρη γραμμική συσχέτιση μεταξύ των X, Y . Εάν $r=0$, τα X, Y είναι γραμμικώς ανεξάρτητα. Ας υποθέσουμε ότι εφαρμόζουμε τη σχέση (7.2.1) για μεταβλητές που δεν συνδέονται γραμμικά και ότι βρίσκουμε μια τιμή αρκετά μικρότερη από 1 . Τότε πρέπει να συμπεράνουμε όχι ότι υπάρχει μικρή συσχέτιση, αλλά ότι υπάρχει μικρή γραμμική συσχέτιση αφού είναι πιθανό να υπάρχει μεγάλη μη γραμμική συσχέτιση (Spiegel, 1975).

7.3 Έλεγχος σημαντικότητας γραμμικής συσχέτισης

Για τιμή του επιπέδου σημαντικότητας ίση με 0.05, το κρίσιμο όριο r_c του δειγματικού συντελεστή συσχέτισης είναι:

$$r_c = \frac{e^{\frac{3.92}{\sqrt{n-3}} - 1}}{e^{\frac{3.92}{\sqrt{n-3}} + 1}} \quad (7.3.1)$$

Για να ελέγξουμε την υπόθεση της ύπαρξης σημαντικής γραμμικής συσχέτισης μεταξύ των δύο μεταβλητών αρκεί να συγκρίνουμε την απόλυτη τιμή του r με την κρίσιμη τιμή r_c . Αν $|r| > r_c$ τότε θεωρούμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις μεταβλητές (Κουτσογιαννης, 1995).

7.4 Εφαρμογή στη Στερεά Ελλάδα

Με βάση τα μέγιστα ύψη βροχόπτωσης διαρκείας 24h και περιόδου επαναφοράς 5 ετών γίνεται εφαρμογή των προηγουμένων για τις τρεις ζώνες στις οποίες χωρίσθηκε η περιοχή της Στερεάς Ελλάδας. Στη συνέχεια παρατίθενται οι πίνακες και τα σχετικά διαγράμματα.

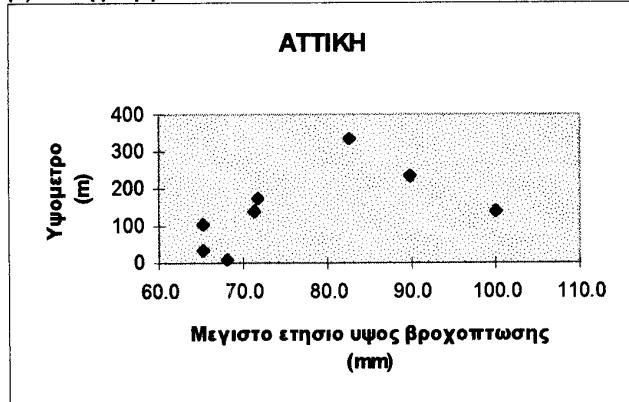
I/ ΑΤΤΙΚΗ

α) Πίνακας

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4.1 Υψόμετρα και ύψη βροχόπτωσης για βροχομετρικούς σταθμούς στη ζώνη της Αττικής

α/α	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΝΟΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΖΩΝΗ	n	h'(24h, 5ετη) Για σταθερο γινομένο κ*λ
1	ΜΕΓΑΡΑ	ΑΤΤΙΚΗ	36	ΑΤ	0.71	65.1
2	ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ	ΑΤΤΙΚΗ	107	ΑΤ	0.71	65.3
3	ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ	ΑΤΤΙΚΗ	10	ΑΤ	0.71	68.0
4	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ	139	ΑΤ	0.71	71.2
5	ΘΙΣΒΗ	ΒΟΙΩΤΙΑ	174	ΑΤ	0.71	71.7
6	ΚΑΛΛΙΘΕΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ	333	ΑΤ	0.71	82.7
7	ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ ΤΑΤΟΪΟΥ	ΑΤΤΙΚΗ	237	ΑΤ	0.71	89.8
8	ΑΛΑΜΥΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	ΕΥΒΟΙΑ	140	ΑΤ	0.71	100.1

β) Διάγραμμα



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.4.2 Συσχέτιση υψομέτρου και μεγίστου ετησίου ύψους βροχόπτωσης στη ζώνη της Αττικής

- γ) Συντελεστής συσχέτισης: $r_{x,y}=0.53$
- δ) Μέγεθος δείγματος: $n=8$
- ε) Κρίσιμο όριο δειγματικού συντελεστή συσχέτισης: $r_c=0.70$

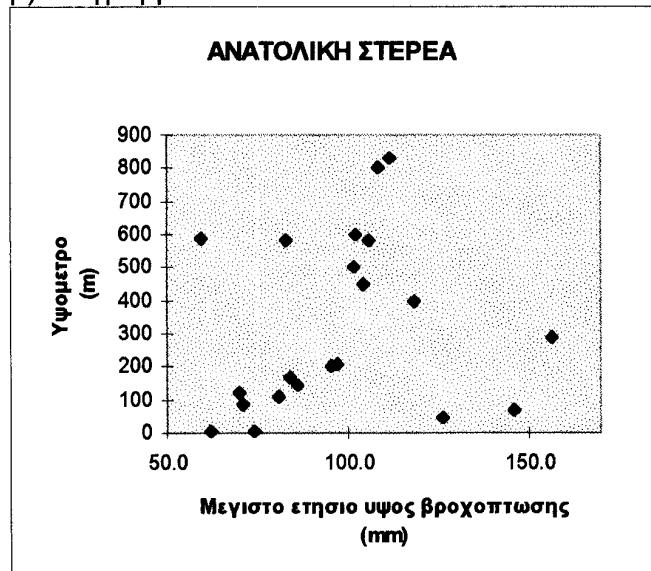
II/ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ

α) Πίνακας

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4.3 Υψόμετρα και ύψη βροχόπτωσης για βροχομετρικούς σταθμούς στη ζώνη της Ανατολικής Στερεάς

a/a	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΝΟΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΖΩΝΗ	n	h'(24h,5ετη) Για σταθερο γινομενο κ*λ
1	ΔΕΣΦΙΝΑ	ΦΩΚΙΔΑ	590	A	0.59	59.5
2	ΧΑΛΚΙΔΑ	ΕΥΒΟΙΑ	5	A	0.59	62.1
3	ΖΗΛΕΥΤΟ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	120	A	0.59	69.7
4	ΜΟΥΡΙΚΙ	ΒΟΙΩΤΙΑ	85	A	0.59	70.7
5	ΣΚΥΡΟΣ	ΕΥΒΟΙΑ	4	A	0.59	74.2
6	ΑΤΑΛΑΝΤΗ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	110	A	0.59	80.8
7	ΤΡΙΛΟΦΟ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	580	A	0.59	82.6
8	ΚΑΤΩ ΤΙΘΟΡΕΑ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	170	A	0.59	84.0
9	ΛΑΜΙΑ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	144	A	0.59	86.0
10	ΛΙΒΑΔΕΙΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ	200	A	0.59	95.6
11	ΑΝΑΒΡΑ	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	208	A	0.59	96.9
12	ΥΠΑΤΗ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	500	A	0.59	101.7
13	ΑΝΩ ΜΠΡΑΛΟΣ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	600	A	0.59	101.9
14	ΓΡΑΒΙΑ	ΦΩΚΙΔΑ	450	A	0.59	104.5
15	ΔΡΥΜΑΙΑ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	580	A	0.59	106.1
16	ΠΙΤΣΙΩΤΑ	ΦΘΙΩΤΙΔΑ	800	A	0.59	108.4
17	ΕΠΤΑΛΟΦΟΣ	ΦΩΚΙΔΑ	830	A	0.59	111.5
18	ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ	400	A	0.59	118.5
19	ΙΣΤΙΑΙΑ	ΕΥΒΟΙΑ	45	A	0.59	126.2
20	ΠΡΟΚΟΠΙΟΝ	ΕΥΒΟΙΑ	70	A	0.59	146.0
21	ΚΑΤΩ ΣΤΕΝΗ	ΧΑΛΚΙΔΑ	290	A	0.59	156.3

β) Διάγραμμα



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.4.4 Συσχέτιση υψομέτρου και μεγίστου ετησίου ύψους βροχόπτωσης στη ζώνη της Ανατολικής Στερεάς

- γ) Συντελεστής συσχέτισης: $r_{x,y}=0.16$
- δ) Μέγεθος δείγματος: $n=21$
- ε) Κρίσιμο όριο δειγματικού συντελεστή συσχέτισης: $r_c=0.43$

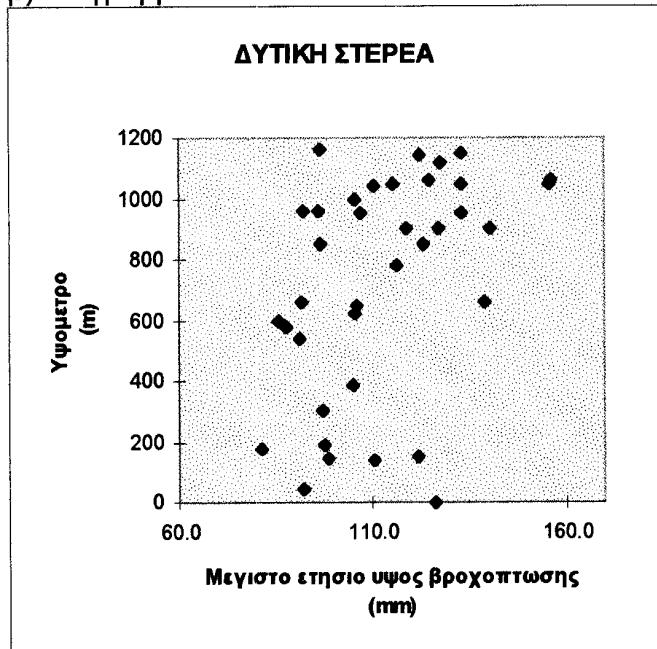
III/ ΔΥΤΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ

α) Πίνακας

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4.5 Υψόμετρα και ύψη βροχόπτωσης για βροχομετρικούς σταθμούς στη ζώνη της Δυτικής Στερεάς

a/α	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΝΟΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΖΩΝΗ	n	h'(24h,5ετη) Για σταθερο γινομένο κ*λ
1	ΑΜΦΙΣΣΑ	ΦΩΚΙΔΑ	180	Δ	0.47	81.2
2	ΜΑΛΑΝΔΡΙΝΟ	ΦΩΚΙΔΑ	600	Δ	0.47	85.5
3	ΒΡΑΓΚΙΑΝΑ ΜΙΚΡΑ	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	580	Δ	0.47	87.8
4	ΛΙΔΩΡΙΚΙ	ΦΩΚΙΔΑ	537	Δ	0.47	91.1
5	ΠΑΠΑΡΟΥΣΙ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	660	Δ	0.47	91.6
6	ΑΓΡΙΝΙΟ	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	47	Δ	0.47	92.1
7	ΑΡΑΧΩΒΑ	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	960	Δ	0.47	92.1
8	ΚΑΡΠΕΝΗΣΙ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	960	Δ	0.47	96.0
9	ΑΓΙΟΣ ΒΛΑΣΙΟΣ	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	850	Δ	0.47	96.4
10	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΞΥΑ	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	1160	Δ	0.47	96.5
11	ΤΕΜΠΛΑ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	306	Δ	0.47	97.0
12	ΛΕΠΕΝΟΥ	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	190	Δ	0.47	97.7
13	ΚΑΣΤΡΑΚΙ (ΠΡΟΒΛΗΤΑ)	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	145	Δ	0.47	98.7
14	ΚΡΕΜΑΣΤΑ (ΥΗΣ)	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	390	Δ	0.47	105.1
15	ΑΝΑΛΗΨΗ	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	620	Δ	0.47	105.2
16	ΓΡΗΓΟΡΙΟ	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	1000	Δ	0.47	105.6
17	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	650	Δ	0.47	106.0
18	ΦΟΥΣΙΑΝΑ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	950	Δ	0.47	106.8
19	ΣΤΑΜΝΑ	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	142	Δ	0.47	110.2
20	ΚΑΡΟΥΤΕΣ	ΦΩΚΙΔΑ	1040	Δ	0.47	110.4
21	ΔΑΦΝΟΣ	ΦΩΚΙΔΑ	1050	Δ	0.47	115.0
22	ΣΥΚΕΑ	ΦΩΚΙΔΑ	780	Δ	0.47	116.2
23	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	900	Δ	0.47	118.5
24	ΠΟΡΟΣ ΡΗΓΑΝΙΟΥ	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	150	Δ	0.47	121.9
25	ΠΥΡΑ	ΦΩΚΙΔΑ	1140	Δ	0.47	122.1
26	ΚΟΝΙΑΚΟΣ	ΦΩΚΙΔΑ	850	Δ	0.47	123.0
27	ΑΝΙΑΔΑ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	1060	Δ	0.47	124.8
28	ΛΕΥΚΑΔΑ	ΛΕΥΚΑΔΑ	2	Δ	0.47	125.9
29	ΠΛΑΤΑΝΟΣ	ΑΙΤΩΛΝΙΑ	900	Δ	0.47	127.3
30	ΚΡΙΚΕΛΛΟ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	1120	Δ	0.47	127.5
31	ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ	ΦΩΚΙΔΑ	950	Δ	0.47	132.8
32	ΒΑΚΑΡΙΟ	ΤΡΙΚΑΛΑ	1150	Δ	0.47	133.1
33	ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΔΙΑΚΟΣ	ΦΩΚΙΔΑ	1050	Δ	0.47	133.1
34	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	660	Δ	0.47	138.7
35	ΜΑΥΡΟΜΑΤΑ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	900	Δ	0.47	140.4
36	ΕΠΙΝΙΑΝΑ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	1050	Δ	0.47	155.5
37	ΤΡΟΒΑΤΟ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	1060	Δ	0.47	156.3

3) Διάγραμμα



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.4.6 Συσχέπση υψομέτρου και μεγίστου ετησίου ύψους βροχόπτωσης στη ζώνη της Δυτικής Στερεάς

- γ) Συντελεστής συσχέτισης: $r_{x,y}=0.42$
- δ) Μέγεθος δείγματος: $n=37$
- ε) Κρίσιμο όριο δειγματικού συντελεστή συσχέτισης: $r_c=0.32$

7.5 Συμπέρασμα

Παρατηρούμε ότι στις δύο από τις τρεις εξεταζόμενες ζώνες δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική γραμμική συσχέτιση ανάμεσα στα μέγιστα ημερήσια ύψη βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 5 ετών και στα τοπογραφικά υψόμετρα των σταθμών. Άλλα και στην τρίτη ζώνη, η συσχέτιση αν και στατιστικά σημαντική δεν είναι αξιόλογη (0.42). Επομένως η γεωγραφική θέση ενός σταθμού και κατ'επέκταση η ζώνη στην οποία ανήκει, επηρεάζει το ύψος της βροχόπτωσης περισσότερο από ότι η υψομετρική θέση του. Σημειώνεται ότι στην περίπτωση που η γραμμική συσχέτιση ήταν συνολικά αξιόλογη θα έπρεπε να γίνει αναθεώρηση των εκφράσεων των χρησιμοποιούμενων εξισώσεων με την εισαγωγή άλλης μιας παραμέτρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι όμβριες καμπύλες χρησιμοποιούνται ευρύτατα κατά την εκπόνηση των υδρολογικών μελετών. Οι εκφράσεις τους προκύπτουν μετά από επεξεργασία ετήσιων μεγίστων υψών βροχόπτωσης που καταγράφονται στους βροχογράφους.

Στην παρούσα μελέτη έγινε απλοποίηση των εξισώσεων έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται οι λιγότερες δυνατές παράμετροι με το πιο ρεαλιστικό αποτέλεσμα. Επελέγη μια έκφραση που δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της έντασης για διαφορετικές τιμές της περιόδου επαναφοράς, χωρίς να απαιτείται καινούργιος υπολογισμός των παραμέτρων της εξίσωσης αφού εμπεριέχει τη συνάρτηση κατανομής. Επιπλέον με κατάλληλη επεξεργασία των χρονοσειρών των βροχογράφων προκύπτουν εξισώσεις στις οποίες οι περισσότερες παράμετροι έχουν σταθερές τιμές. Οι υπόλοιπες παράμετροι εξάγονται με αξιοποίηση των δεδομένων που προέρχονται από το συνήθως πυκνό δίκτυο των βροχομέτρων. Κατά την εφαρμογή των παραπάνω στην έκταση της Στερεάς Ελλάδας κρίθηκε απαραίτητος ο διαχωρισμός της περιοχής σε τρεις ζώνες οπότε προέκυψαν σταθερές τιμές για τις τρεις από τις τέσσερις παραμέτρους που υπεισέρχονται στις εξισώσεις. Η μεγάλη πυκνότητα του δικτύου των βροχομέτρων έναντι του δικτύου των βροχογράφων οδήγησε στην προσπάθεια προσδιορισμού της τέταρτης καθοριστικής παραμέτρου μέσω των στοιχείων που προκύπτουν από τα βροχόμετρα ώστε να πετύχουμε περισσότερο αξιόπιστη απεικόνιση των υψών και εντάσεων στην έκταση της υπό εξέταση περιοχής. Οι χάρτες των ισουετίων καμπυλών που προέκυψαν σε συνδυασμό με τις εκφράσεις των ζωνών μπορούν να δώσουν άμεσα την όμβρια εξίσωση σε οποιοδήποτε σημείο της εξεταζόμενης περιοχής.

Τέλος, διερευνήθηκε η συσχέτιση του τοπογραφικού υψομέτρου των σταθμών με το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης στη θέση που βρίσκονται και διαπιστώθηκε ότι δεν είναι γενικά αξιόλογη η γραμμική συσχέτιση μεταξύ τους. Προκύπτει επομένως το συμπέρασμα ότι το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης που αντιστοιχεί σε ένα σταθμό της Στερεάς Ελλάδας εξαρτάται περισσότερο από τη γεωγραφική θέση του σταθμού και λιγότερο έως καθόλου από το τοπογραφικό του υψόμετρο.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ξανθόπουλος, Θ., *Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία*, Εκδόσεις Συμμετρία,
Αθήνα, 1990.

Μιμίκου, Μ., *Τεχνολογία Υδατικών Πόρων*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου,
Αθήνα, 1994.

Κουτσογιάννης, Δ., *Σημειώσεις Στατιστικής Υδρολογίας*, ΕΜΠ, Αθήνα, 1995.

Κουτσογιάννης Δ., Α. Μανέτας & Γ. Τσακαλίας, *Πρόγραμμα κατάρτισης ομβρίων καμπυλών, Οδηγίες χρήσεως*, Ερευνητικό έργο "Εκτίμηση και Διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας", ΕΜΠ, Αθήνα, 1995.

ΥΠΕΧΩΔΕ - ΕΜΠ, *Υδρολογική Διερεύνηση Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας, Τεύχος 3 - Όμβριες καμπύλες*, Αθήνα, 1988.

Δέας, Ν., *Γεωγραφική Κατανομή Ισχυρών Βροχοπτώσεων στο χώρο της Στερεάς Ελλάδας*, Αθήνα, 1994.

Στατιστική Επετηρίδα της Ελλάδος, Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος,
Αθήνα, 1990.

Linsley, R. K. Jr., M. A. Kohler & J. L. H. Paulus, *Hydrology for Engineers*, 2nd ed., McGraw-Hill, Tokyo, 1975.

Spiegel, M. R., *Schaum's Outline of Theory and Problems of Probability and Statistics*, McGraw-Hill, New York, 1975.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στοιχεία από βροχογραφους**(1) ΑΛΙΑΡΤΟΣ**

a/a	Έτος			h(mm)		
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr
1	66-67	20	35	61.2	61.2	61.2
2	67-68	16.9	27.5	41.6	48	55.1
3	68-69	8.4	13.4	30.4	39.1	50
4	69-70	16.6	17.7	37.1	37.1	37.1
5	70-71	9.8	13.7	25.5	47.2	62.3
6	71-72	19.7	24.5	29.5	29.5	36.4
7	72-73	22.5	22.6	32	32	52
8	73-74	10	15.8	54.2	54.2	59.7
9	77-78	8.3	13.6	38.1	38.1	44.3
10	78-79	27.5	31.3	76.8	76.8	77.2
11	79-80	37.9	44.4	68.1	68.1	80.3
12	80-81	19.9	22.7	52.3	52.3	57.6
13	81-82	17.4	27.2	55.9	55.9	62.4
14	82-83	37.2	51.6	73.1	73.1	73.1
15	83-84	11.9	18.6	37	37	58.1
16	84-85	9.3	11.2	42.6	42.6	54.7
17	85-86	16.8	17.9	29.7	29.7	38.8
18	86-87	14.8	19.2	39.3	39.3	42.7

ΠΗΓΗ: E.M.Y.

(2) ΒΥΡΩΝΑΣ

a/a	Έτος			h(mm)			
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48h
1	62-63	22.9	27.9	33.4	35.9	43.6	59.4
2	63-64	12.3	16.9	29.6	35.9	37.8	55.8
3	64-65	22.7	36.3	38.9	39.3	39.3	48.7
4	66-67	30	46.2	46.2	48.1	52	52
5	68-69	21.5	33.5	42.8	53.8	55.8	57
6	69-70	17.5	25	32.5	33.5	43.5	43.5
7	70-71	8.3	10	16	22.2	26	29
8	71-72	13.8	15	24.6	35	52.8	55.7
9	72-73	23	24.2	32.5	44	65.8	77.3
10	73-74	14	17.5	25	37	42.5	42.5
11	74-75	23.6	23.6	23.6	23.6	24.7	27.4
12	75-76	19	22.2	34	46.3	63.5	64.2
13	76-77	16	21.8	29.9	30.2	31.3	31.3
14	77-78	30	41	41	42.5	46.3	46.3
15	78-79	25	39	57.5	59.3	59.3	59.3
16	89-90	8	10.2	22	34.8	49.8	52.2
17	90-91	21.8	30.2	37.2	39.6	47.8	54.6
18	91-92	14.7	20.8	34.4	54.2	57.7	61.6
19	92-93	8.2	12.2	19	26.7	27.9	45.6
20	93-94					76.3	94.7

ΠΗΓΗ: Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε.

(3) ΒΑΚΑΡΙΟ

α/α	Έτος			h(mm)			
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48h
1	59-60	20.2	21.5	42.5	67.9	89.9	106.9
2	60-61	16.2	21.2	37.5	50.1	84.5	105.4
3	61-62	22.7	31.0	50.0	81.7	93.0	138.5
4	62-63	40.0	67.0	101.8	112.8	113.5	151.8
5	63-64	20.7	28.8	58.3	71.2	103.0	118.6
6	64-65	41.6	57.4	77.0	78.0	112.3	141.3
7	65-66	21.3	38.0	66.5	89.8	134.3	166.1
8	66-67	23.3	37.4	68.8	103.5	106.7	136.5
9	67-68	28.7	38.5	64.0	84.5	91.9	94.9
10	69-70	30.0	31.2	53.6	76.3	114.1	
11	70-71	25.2	36.1	77.2	122.2	197.7	265.8
12	71-72	35.5	38.0	49.5	59.2	81.5	112.0
13	72-73	48.8	60.8	74.3	85.1	113.7	132.4
14	73-74	22.1	39.0	80.8	118.5	128.5	132.7
15	74-75	17.9	26.4	48.9	63.6	106.4	144.6
16	75-76	17.8	22.5	55.5	98.9	117.5	125.3
17	76-77	20.8	33.4	49.5	83.7	133.5	184.3
18	77-78	17.4	28.2	47.0	75.5	111.6	124.9
19	78-79	18.6	25.1	60.0	67.5	96.1	144.6
20	79-80	14.5	23.5	53.5	84.7	106.0	110.6
21	80-81	35.0	39.1	62.4	66.1	74.5	87.5
22	81-82	23.5	27.5	54.6	74.6	108.2	126.3
23	82-83	21.7	25.4	51.3	96.8	135.4	202.0
24	83-84	19.5	24.5	46.5	69.0	114.8	150.5
25	84-85	33.3	61.2	100.6	116.5	159.9	171.8
26	85-86	18.5	27.7	69.5	81.1	81.2	120.6
27	86-87	31.0	42.3	53.5	74.8	86.4	102.0
28	87-88	20.5	39.0	60.3	83.7	95.8	113.4
29	88-89	17.5	27.6	57.1	74.9	95.3	155.7
30	89-90	19.3	27.2	53.6	77.6	94.4	152.8
31	90-91	14.5	19.4	46.0	47.8	79.7	111.5
32	91-92	28.5	44.0	66.3	84.4	91.5	105.4
33	92-93					75.2	112.6

ΠΗΓΗ: Δ.Ε.Η

(4) ΓΡΑΒΙΑ

a/a	Έτος			h(mm)			
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48h
1	65-66	11.2	18.8	37	42.8	60.7	64.9
2	66-67	22.9	24.5	45	65.9	84.7	88
3	67-68	10.8	14	21	31.6	44	66.9
4	68-69	11.7	17.7	24.4	41	60.8	
5	69-70	24.1	27.1	34.4	46.6	47.7	50.3
6	70-71	18.8	20.9	44.2	75.2	121.6	136.8
7	71-72	18.8	30.7	43.3	43.6	43.6	71.4
8	72-73	21.8	28.2	39.2	43.1	68.8	85.5
9	73-74	16.7	25	33.3	47.2	51.4	64.4
10	74-75	15.8	17.4	34	46.2	61.4	84.4
11	75-76	11	14	26	40	56.3	59.6
12	76-77	14.2	21.2	45.2	46.8	53	61
13	77-78	14.2	18.2	36	47.4	56.1	61.4
14	78-79	40	53	58.3	58.3	72.7	
15	79-80	17.6	22.6	36.2	46.1	47.5	69.2
16	80-81	20.4	35.8	62	90.2	120.8	181.6
17	81-82	22.7	34.8	46.9	62	97.5	113.9
18	82-83	20.8	24	43	53.4	67	67.8
19	83-84	16.3	20	38	61	111	134.6
20	84-85	17	18.6	20.5	40.3	58.4	102.6
21	85-86	32.4	37.2	58.5	80.7	94.1	96.2
22	86-87	12.2	18	39.8	74.2	92.8	163.6
23	87-88	13	17.6	40.8	64.6	80.2	81.8
24	88-89	13.4	17.2	41	68.4	90.6	112.4
25	89-90	36.6	39	80	117	132	132
26	90-91	17.6	22	53.4	70	94.6	108.8
27	91-92	14.2	14.4	26.1	36.9	45.5	58.4
28	92-93	29	34.6	43.8	56	56	59.4
29	93-94					54.8	70.8

ΠΗΓΗ: Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε.

(5) ΔΡΥΜΩΝΑΣ

a/a	Έτος			h(mm)			
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48h
1	72-73	25	30.6	51.7	70.1	108.4	146.7
2	73-74	21.5	33	50	57.2	62.6	99.8
3	74-75	15.8	30.1	67.7	102.9	106.2	130.6
4	75-76	19	28	68.4	95.9	124.6	184.3
5	76-77	20	34.5	80.3	125.3	222.1	278.2
6	77-78	10	15.2	30.1	42.6	56.9	68.1
7	78-79	30.3	33.8	42.5	69.6	91.4	158.2
8	79-80	25.9	33.1	33.2	35.5	71.2	96.4
9	80-81	19.7	30.8	38.8	50.3	73.8	119.1
10	81-82	19.2	38.1	69.8	113.3	137.6	147.4
11	82-83	22.4	33.7	55.5	64.2	97.1	119.2
12	83-84	23	41	72.8	91.3	99.9	130
13	84-85	19.6	24.8	46.9	49.5	60.2	76.5
14	85-86	20	40	94.8	132.7	132.7	146.4
15	86-87	23.7	33.9	55.2	79.1	84.1	85.3
16	87-88	21.7	28.5	50.1	70.3	125.3	128.2
17	88-89	19.8	25.6	47.1	47.3	53.7	78.7
18	89-90					62.3	72.1

ΠΗΓΗ: Δ.Ε.Η.

(6) ΕΛΛΗΝΙΚΟ

α/α	Έτος			h(mm)		
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr
1	57-58	35	53.8	53.8	75.2	
2	58-59	21.5	22.4	40.5	47.8	
3	59-60	11.6	13.7	14.4	21.8	
4	60-61	11	13.3	21.7	27.3	
5	61-62	24.8	38.6	43.9	44.8	
6	62-63	13.8	14.4	18.2	23.3	
7	63-64	14.3	17	21.1	32.6	
8	64-65	15.5	21.3	25.7	26	
9	65-66	12	13.1	14.7	20.3	
10	66-67	15.1	15.1	29.3	29.5	
11	67-68	10.2	13.3	21.9	33	38
12	68-69	26.8	30.3	35.6	35.6	35.6
13	69-70	24.5	24.9	32.7	33	42.3
14	70-71	17.7	17.9	22.2	37.1	37.1
15	71-72	35.9	39.5	60.1	60.1	70.2
16	72-73	33.5	35.5	40.7	63.2	64.3
17	73-74	15.2	19.7	25.2	41.6	48.1
18	74-75	15.9	16.6	25.6	31.2	31.2
19	75-76	40.9	43	44.3	54.5	54.5
20	76-77	23.2	29.8	36.7	39.6	39.6
21	77-78	32.7	40.3	40.4	40.4	40.4
22	78-79	30	39.1	71.6	73.4	80.9
23	79-80	13.3	17.2	25.3	33.7	38.9
24	80-81	19.4	22.2	33.5	39.2	46.8
25	81-82	24.7	26.1	26.1	27.3	27.3
26	82-83	36.2	45.8	45.8	54.2	55
27	83-84	29	35.4	42.2	43.6	43.6
28	84-85	12.9	24.3	59.2	72	81.6
29	85-86	15.6	18.8	18.8	18.8	20
30	86-87	29.1	37.1	57	86.9	92.3

ΠΗΓΗ: E.M.Y.

(7) ΛΑΜΙΑ

α/α	Έτος			h(mm)		
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr
1	73-74	23.5	30.9	60.9	67.1	67.1
2	74-75	15	17.3	26	38.1	41.3
3	75-76	11	16	29.3	38.1	51.3
4	76-77	10.1	11.2	15.6	23.8	33.2
5	77-78	22.1	22.4	22.5	22.9	27.8
6	78-79	18.4	18.4	24.6	27.5	27.5
7	79-80	22.3	24.4	37.2	45.6	48.7
8	80-81	27.8	43.3	68.7	97.9	112.1
9	81-82	11.2	15.5	27.2	41.2	52.4
10	82-83	13.9	17.7	26.9	41.2	51.8
11	83-84	12.4	14.4	31.4	37.1	60.3
12	84-85	13	14.2	28.4	37.4	52.5
13	85-86	33.9	46.7	51.9	51.9	51.9
14	86-87	34.1	37.7	49.5	49.5	49.5

ΠΗΓΗ: E.M.Y.

(8) ΛΙΒΑΔΕΙΑ

α/α	Έτος			h(mm)			
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48h
1	68-69	22.6	24.3	28.7	56.8	92.2	143.8
2	69-70	34	52.3	84	87.3	88	89.1
3	70-71	28	46.8	56	66.6	74.6	80
4	71-72	50	61.5	68.3	68.3	69	
5	72-73	19.2	32.1	38.9	38.9	46.3	
6	73-74	14.9	15.4	19.7	31.7	47.4	
7	74-75	11.8	13.7	29.1	37.1	54.9	66.3
8	75-76	12.4	21.5	48.9	74.8	89.8	91.8
9	76-77	18.4	21.6	31.7	31.7	38.3	41.1
10	77-78	19.8	25.3	39.2	60.3	73.1	84.2
11	78-79	14.3	20.4	54.8	66	69	71.6
12	79-80	16.1	24.2	51.2	59.5	70	92.9
13	80-81	14.9	15.8	32	37.6	61.8	90.5
14	81-82	16.8	19.8	31.7	39.1	68.7	
15	84-85	19.3	23.5	40.5	66.6	77.8	
16	85-86	18.1	23.5	37	58.8	72.2	76.5
17	86-87	22.5	25.6	52	84.6	134.7	243.6
18	87-88	20.7	25.2	44.4	84.5	99.1	98.5
19	88-89	12.7	19.7	40.6	57.1	75.3	
20	89-90	20.8	28	51.7	70.4	89.1	89.1
21	91-92	12.7	13	25.9	26.8	34.5	40.2

ΠΗΓΗ: Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε.

(9) ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ

α/α	Έτος			h(mm)			
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48h
1	63-64	16.8	27.6	43.9	51.4	51.5	65.1
2	64-65	19	22.4	28.6	36.9	41.1	41.7
3	65-66	21.2	30.2	30.2	30.2	34.3	41.2
4	66-67	18.5	25.1	39.1	39.2	55.9	57.7
5	67-68	25.9	26.6	36.4	39	48.6	65.7
6	68-69	19.8	29.8	50.3	50.6	53.6	
7	69-70	10.4	15.3	19.9	19.9	30.3	37.7
8	70-71	11.6	17.4	32.9	42.2	45.4	
9	71-72	30.9	38.2	57.9	82.6	114.4	120.2
10	72-73	23.3	32.6	38.7	67.3	77.7	81.5
11	73-74	18.6	20.6	43.2	70.6	94.4	95.7
12	74-75	17.7	22.5	29.2	29.2	29.2	
13	75-76	17.3	25.1	39.1	59.1	73.4	76.3
14	76-77	32.1	38.2	50.4	52.6	54.8	56.4
15	77-78	25.8	35.3	44.3	61.6	64.1	64.1
16	79-80	25.5	35.8	37	39.7	49.7	54.7
17	81-82	19.9	22.9	42.4	82.7	111.1	114.1
18	82-83	13.5	20.2	41.2	53.1	63.3	70.2
19	83-84	12.7	17.1	24.5	43	48.4	48.7
20	80-81					69.4	100.7

ΠΗΓΗ: Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε.

(10) ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ

α/α	Έτος			h(mm)		
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr
1	61-62	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4
2	62-63	10.6	13.6	16.1	25.9	27.1
3	63-64	20.7	21.6	22.2	22.2	22.2
4	64-65	15.5	18.4	32.3	51.1	56.2
5	65-66	18.4	22.6	22.9	29.2	34.5
6	66-67	30	30.6	30.6	31.4	33.6
7	67-68	29.4	29.6	33	33	33
8	68-69	10.4	13	19.5	19.5	21.8
9	69-70	16.7	22	32.4	41.9	41.9
10	70-71	14	15.7	29.7	47.7	49.6
11	71-72	22.7	34.4	65.3	87.9	108.1
12	72-73	15.6	25.5	30	36	36.2
13	73-74	17.9	19.8	29.5	32	32.2
14	74-75	15.3	19.7	31.3	31.3	31.7
15	75-76	19	19.3	23.9	23.9	23.9
16	76-77	18.5	20.8	29.8	30.8	33
17	77-78	32.3	42.9	50.1	61	62
18	78-79	19	24.4	24.4	24.4	24.4
19	79-80	8.3	15.1	15.1	25.1	32
20	80-81	20.1	23.8	24.8	24.8	25
21	81-82	13.9	17.2	28.1	34.4	35.8
22	82-83	9.9	14.1	26.6	34.7	34.9
23	83-84	18.5	22.5	26.5	27	29.6
24	84-85	11.6	14.2	15.4	24	29.8
25	85-86	17.5	22.3	25.6	25.6	25.6

ΠΗΓΗ: Ε.Μ.Υ.

(11) ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ

α/α	Έτος			h(mm)			
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48h
1	63-64	15.2	19.9	32.5	41.7	64.5	
2	64-65	17	27	56	94.5	145.8	165.6
3	65-66	14.5	22.9	58.1	94.8	100.5	
4	66-67	12.4	19.4	34.3	65.2	100.1	
5	67-68	16.8	23.1	52.3	75.2	91.2	
6	68-69	10.8	16.8	37.1	56.3	73.3	146.7
7	69-70	25	41.6	65.3	96.2	111.7	127.4
8	71-72	10.5	18.5	39.7	65	97.5	114.6
9	73-74	17	25	54	88	131	178
10	74-75	18.2	26.7	49.1	66.2	108	150.7
11	75-76	15.2	28.2	70.4	117.5	147.7	177.4
12	76-77	26	45	76	123.8	175.8	247.6
13	77-78	15.5	22	57.7	72.6	86.2	104.1
14	78-79	16	31	79.2	79.2	120	130.8
15	79-80	18	31	60.3	79.5	96.4	120.5
16	83-84	8.3	13.9	21.7	22.7	23.8	
17	85-86	41.3	41.3	49	68	76.7	125.1
18	86-87	23.9	43.4	43.6	69.5	118.1	168.9
19	87-88	5.5	9.3	19.2	27.9	32.8	
20	88-89	17	26	41	71	115.2	158.2
21	89-90	12.2	17	31.8	38.4	38.4	
22	90-91					65.2	108.9

ΠΗΓΗ: Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε.

(12) ΤΡΟΒΑΤΟ

α/α	Έτος			h(mm)			
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48h
1	59-60	28.2	34.7	50	72.5	94	148
2	60-61	13.7	19.7	39.9	66.5	90.3	112.6
3	61-62	20	27.5	33.8	53.9	88.4	109.3
4	62-63	22.2	35.7	58.9	104.4	132.5	164
5	63-64	20	38.4	76.6	105.1	148.3	158.8
6	64-65	21	30	41.2	67.2	102.2	120
7	65-66	14.5	24.6	55.8	85.8	121.3	132.7
8	66-67	21.1	30.7	67.2	121.3	123.1	116.3
9	69-70	26.3	41.8	97.3	122.5	180	218.6
10	71-72	19.4	35	54	77.6	120.1	157.1
11	72-73	18.4	24	49.8	85.9	109.6	153.1
12	73-74	30.4	45.2	98.8	138.2	148.5	161.9
13	74-75	18.5	22.8	49.2	94	124.4	168.1
14	75-76	30	48.3	82.3	153.3	177.5	180.5
15	76-77	28.2	42.6	96.5	169.2	216.2	344.8
16	77-78	31.4	49	96.5	147	195	207.1
17	78-79	23.8	37	70	114	167.4	173.5
18	79-80	19.7	34.1	80.8	113.1	115.9	132.8
19	80-81	32.7	51.7	65.2	85.9	138.6	238.3
20	81-82	27.6	34.5	71	103.8	124.5	165
21	82-83	20	30	70	104	120.7	130.5
22	83-84	20	30	60.9	80.8	93.9	113.5
23	84-85	30.3	37.8	71.4	82.9	119.4	129.3
24	85-86	20.2	29	66.6	78	124.8	153.2
25	86-87	19	30	73	112	155.5	173.5
26	87-88	27.1	31.1	58.8	106.6	129	134.4
27	88-89	20.6	27.6	72.1	113.3	149.5	218.9
28	89-90	22	31	74	132	202.5	264
29	90-91	20	30	48.9	83	140.1	154.2
30	91-92	17	30	67.6	100.5	151.2	165.4
31	92-93	22	26.8	64	106.5	135.6	174.3
32	93-94					84.9	122.2

ΠΗΓΗ: Δ.Ε.Η.

(13) ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΣ

α/α	Έτος			h(mm)			
		1 hr	2 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48h
1	56-57	22.5	26	27	34.2	53.4	71.9
2	57-58	9.6	17.7	42.4	71	102.5	130
3	58-59	15.5	16.4	22.3	35.1	57.5	60.9
4	59-60	23.9	29.4	35.4	53.6	71.8	71.8
5	60-61	13.8	17.8	30.4	54.5	77.1	
6	61-62	10	17.2	35.6	54.2	88.3	114.2
7	62-63	18.9	35.8	46.1	58.8	79.7	99.6
8	63-64	14	17.7	38.7	70.4	110.2	129.1
9	64-65	18.5	21.7	36.5	62.4	66.2	82.8
10	65-66	20	27	40.5	69.9	94.8	105.2
11	66-67	19.8	21.8	41.7	55.7	70	114.9
12	67-68	15	18.4	31	45	54	72.6
13	68-69	14	16	28.5	38.6	42.5	70
14	69-70	17	26	50	90	123.6	146.4
15	70-71	16.5	25	43	76	99.6	146.9
16	71-72	15.6	15.6	35.1	40	58.6	63.2
17	72-73	10.5	18	36.2	55.3	83.4	85.3
18	73-74	13	17.4	37.5	49.4	69.2	71.2
19	74-75	12.1	17	38.4	49.9	59.7	72.6
20	75-76	10	14	33.4	41.5	56.5	97.8
21	77-78	13	25	34	42.4	61.2	68.1
22	78-79	12	18	29	39.8	62	75.3
23	79-80	13.7	14.9	34.4	48.4	49.7	64.1
24	80-81	19.8	27	49.3	68.9	80.1	98.2
25	81-82	8	12	32.8	47.5	69.8	72.9
26	84-85	19	36	72.6	84.6	95.8	116.8
27	85-86	28.6	34.6	39.6	71.6	76.4	117.8
28	86-87	13	23.6	54	90	119.1	175.8

ΠΗΓΗ: Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε.

Στοιχεία από βροχόμετρα

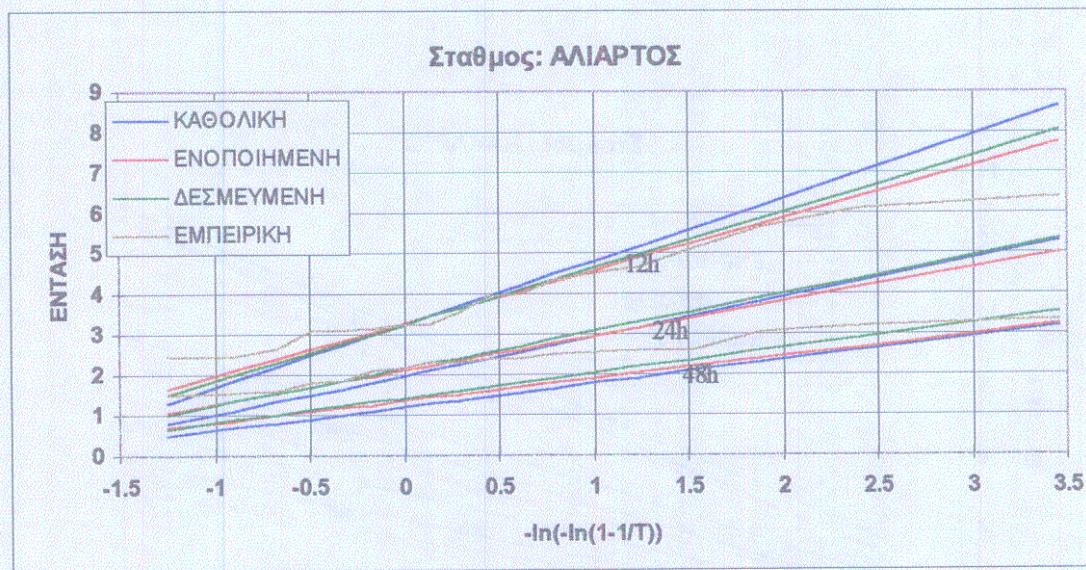
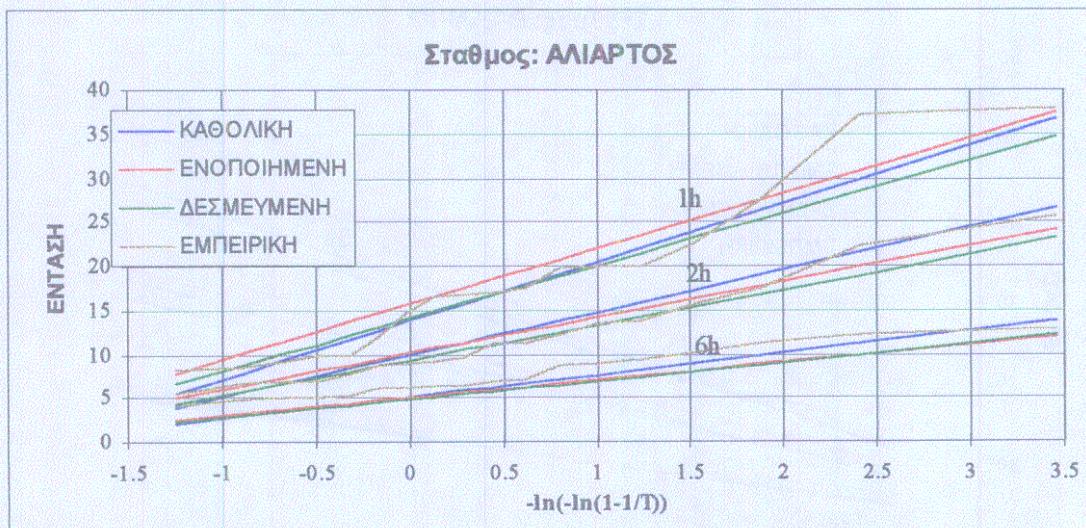
ΒΑΚΑΡΙΟ			ΒΥΡΩΝΑΣ			ΓΡΑΒΙΑ			ΛΙΒΑΔΕΙΑ		
Έτος	h(mm)	h(mm)	Έτος	h(mm)	h(mm)	Έτος	h(mm)	h(mm)	Έτος	h(mm)	h(mm)
	24h	48h		24h	48h		24h	48h		24h	48h
70-71	194.6	207.9	62-63	40.6	66.2	65-66	44.5	63	68-69	82.3	107.7
71-72	79.8	104.5	63-64	31.6	44.8	66-67	99	99.2	69-70	89.8	90.9
72-73	113.4	131.6	64-65	39.8	48.5	67-68	45.5	63.5	70-71	69.6	78
73-74	134.4	135.9	66-67	46.2	52.3	68-69	59	86.1	71-72	69.6	87
74-75	98.7	139.8	68-69	58.5	58.9	69-70	46.6	49.7	72-73	38.6	67.9
75-76	79	125.5	69-70	39.2	50.7	70-71	91.2	142.3	73-74	41.6	79
76-77	119	177.8	70-71	28.6	37	71-72	45.5	66	74-75	57.4	73
77-78	76.7	116.1	71-72	65.2	80.4	72-73	56.6	81.6	75-76	54.3	102.5
78-79	94.2	137	72-73	79.8	88.6	73-74	52.8	64.4	76-77	32.5	45
79-80	85.8	106.4	73-74	49.2	53.6	74-75	60.6	81	77-78	65.4	90.8
80-81	63.3	103.9	74-75	27.5	31.6	75-76	41.9	60.5	78-79	50.5	80.1
81-82	108.4	116.5	75-76	79.2	79.2	76-77	38.5	57.3	79-80	48.3	90.7
82-83	119.7	185.3	76-77	36.8	38.2	77-78	54	57.8	80-81	42.2	70
83-84	100.2	125.3	77-78	90.2	90.2	78-79	72.7	96.5	81-82	76.5	78.8
84-85	134.1	167.8	78-79	69.5	69.5	79-80	46.7	67.7	84-85	80.6	153
85-86	81.3	95.8	89-90	28.3	54.8	80-81	101	173.5	85-86	75.4	78.6
86-87	85.2	95.9	90-91	47.5	52.7	81-82	88.3	112.3	86-87	130.5	210.9
87-88	54.8	107.4	91-92	66	69.8	82-83	37.8	66.6	87-88	67.2	105.6
88-89	89.2	147.7	92-93	32.4	52.9	83-84	81.5	134.8	88-89	74.5	108.1
89-90	93.9	144.8	93-94	96.8	109.3	84-85	55.3	77.5	89-90	88.9	88.9
90-91	69.5	106.2				85-86	71.7	94.1	91-92	30.2	42.5
91-92	91.2	101.9				86-87	84.3	144.7	92-93	45.5	51.9
92-93	61.5	96.4				87-88	74.3	80.7	93-94	66.6	81.1
						88-89	71.3	111.8			
						89-90	130.7	130.7			
						90-91	84.1	106.5			
						91-92	33.1	52.9			
						92-93	55.6	58.9			
						93-94	54.5	68.9			

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ (συνεχεία)

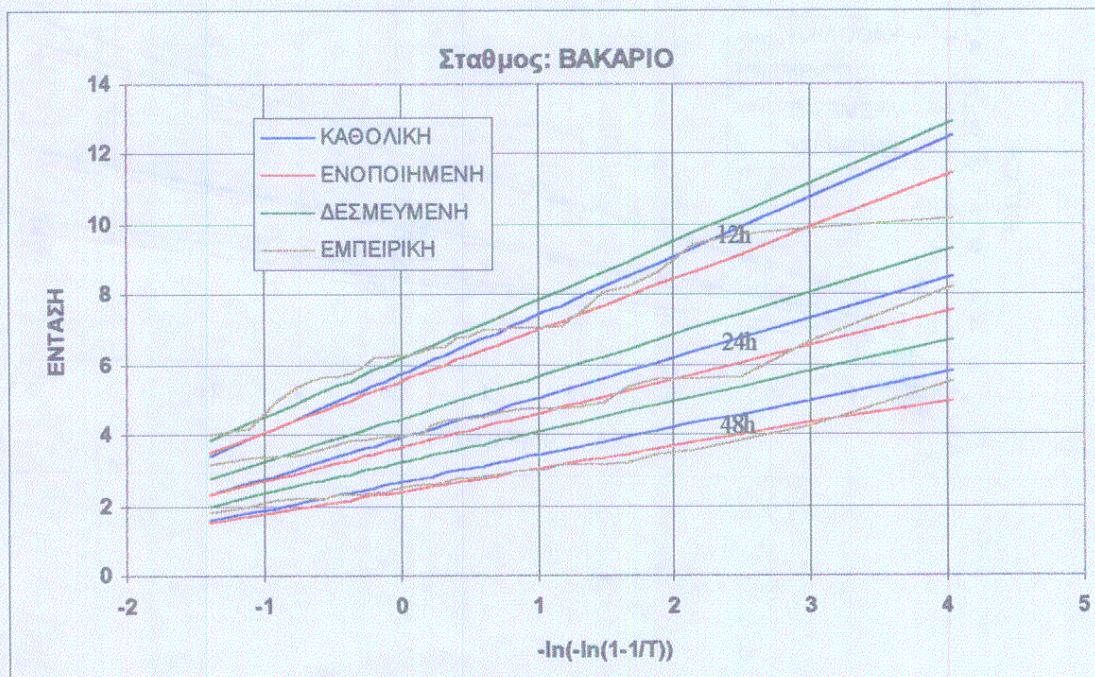
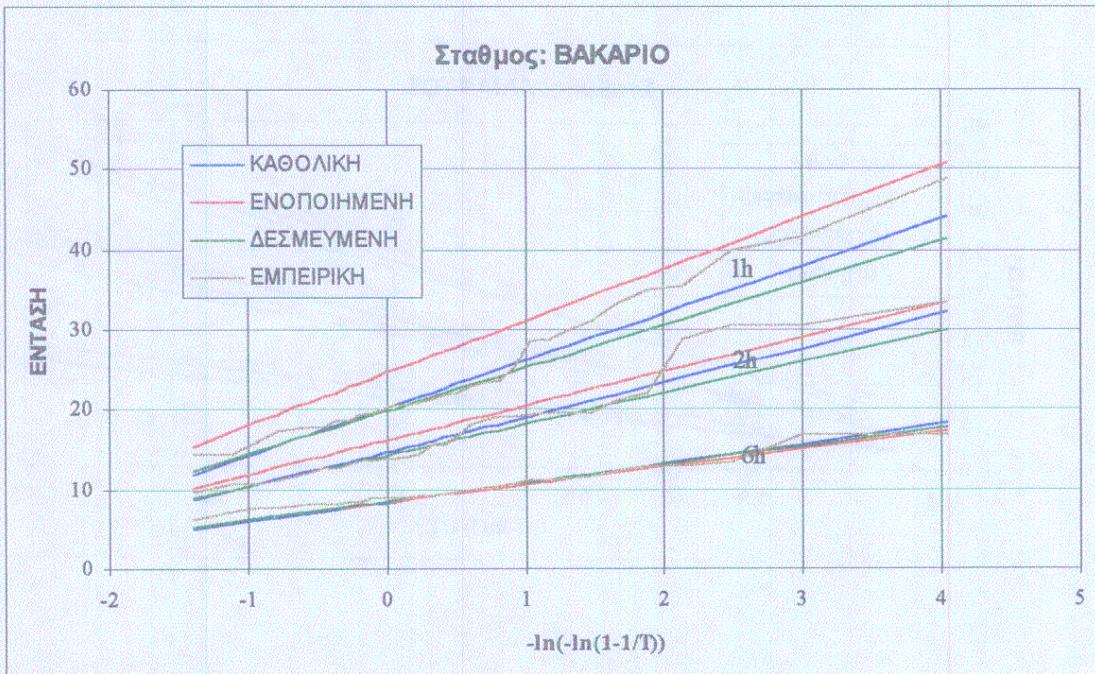
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ			ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ			ΤΡΟΒΑΤΟ		
Έτος	h(mm)		Έτος	h(mm)		Έτος	h(mm)	
	24h	48h		24h	48h		24h	48h
63-64	59.1	76.1	63-64	80	100.2	59-60	86.5	135.9
64-65	40.1	40.5	64-65	146.5	157.5	60-61	81.3	95.6
65-66	35.2	41.8	65-66	103.6	145	61-62	59.4	71.3
66-67	54.8	57.3	66-67	90	136	62-63	97.9	143
67-68	49.3	72.3	67-68	90.1	133.1	63-64	152	155.5
68-69	53.8	55.9	68-69	64.4	97.4	64-65	97.8	120.7
69-70	27.1	38	69-70	106	126.3	65-66	73.6	134.2
70-71	43.7	60.2	71-72	73	106	66-67	87.7	90.1
71-72	128.8	142.4	73-74	109.6	176.1	69-70	100	198.5
72-73	83.2	90.8	74-75	110	145.8	71-72	100.6	151.3
73-74	92.1	94.3	75-76	143	163.5	72-73	72.8	143.9
74-75	29.8	33.3	76-77	157.5	235.5	73-74	138.2	158.7
75-76	79.3	81.9	77-78	75.5	96.5	74-75	124.1	149.9
76-77	73.8	76.2	78-79	80	125.5	75-76	122.1	177.8
77-78	75.5	85	79-80	94	114.5	76-77	167.1	297.7
78-79	130.4	133.9	85-86	80.3	137.3	77-78	166.7	200
79-80	59.6	70.8	86-87	95.1	158	78-79	147.3	166.4
80-81	65	100.1	88-89	102.3	151.9	79-80	116.4	138.4
81-82	85.2	85.7	90-91	65	100.1	80-81	134.3	222.8
82-83	57.2	66.1	91-92	78.4	90.4	81-82	107.5	120.8
83-84	55.4	55.8	93-94	85	120	82-83	120.3	130.8
						83-84	84.6	104.4
						84-85	102.5	150.4
						85-86	89.4	151.8
						86-87	153.5	172.1
						87-88	80.9	133.3
						88-89	155.7	251.3
						89-90	202.5	260
						90-91	133	144.7

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ
ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ GUMBEL

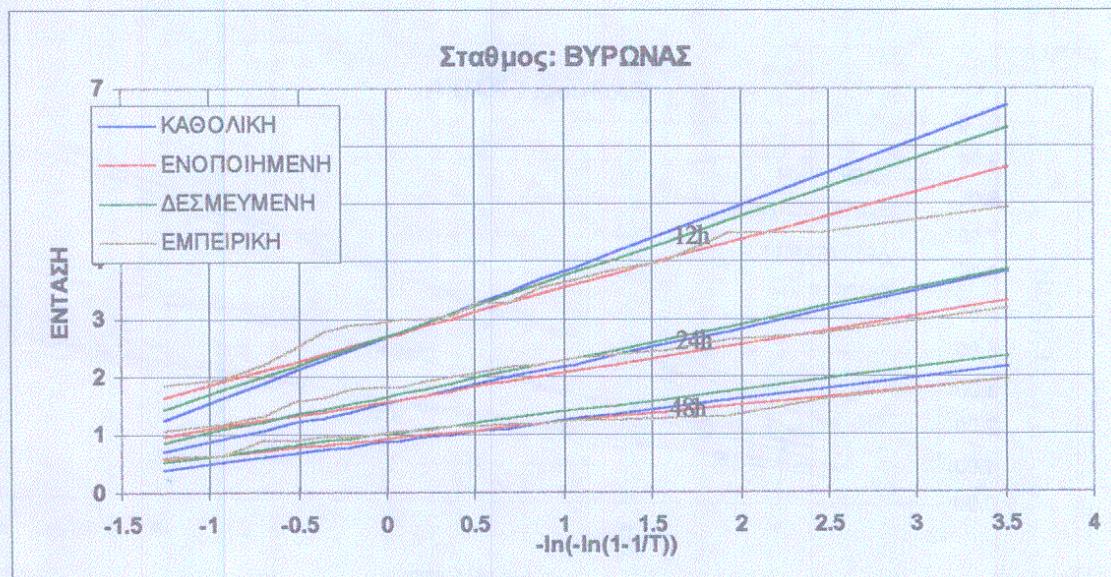
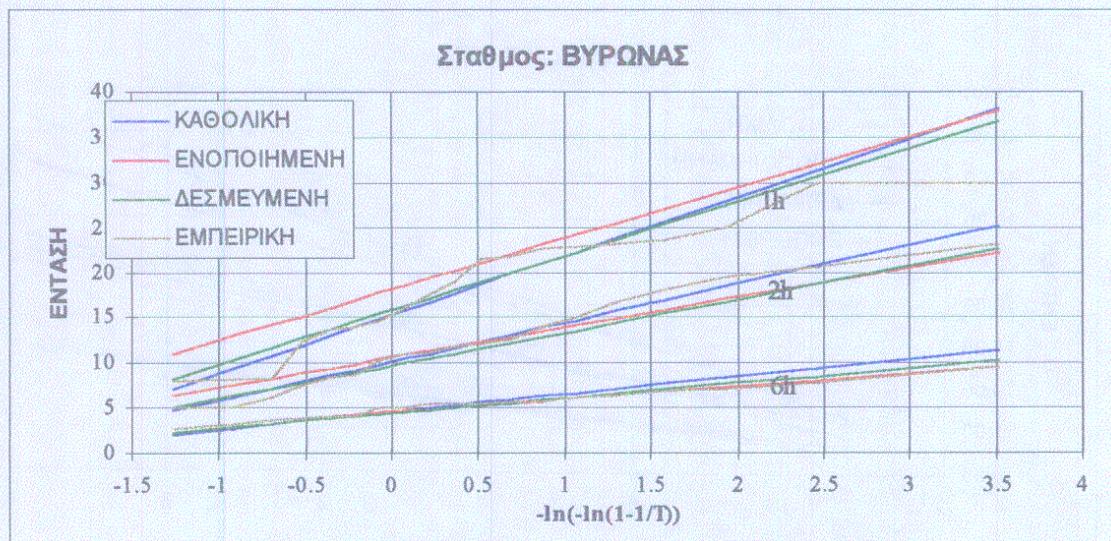
(1) ΑΛΙΑΡΤΟΣ



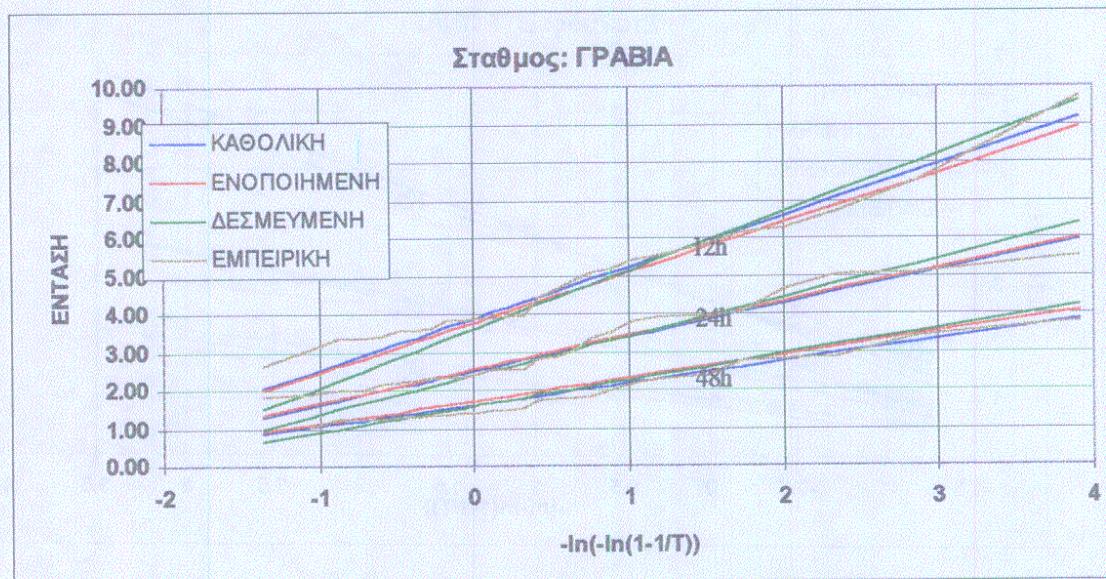
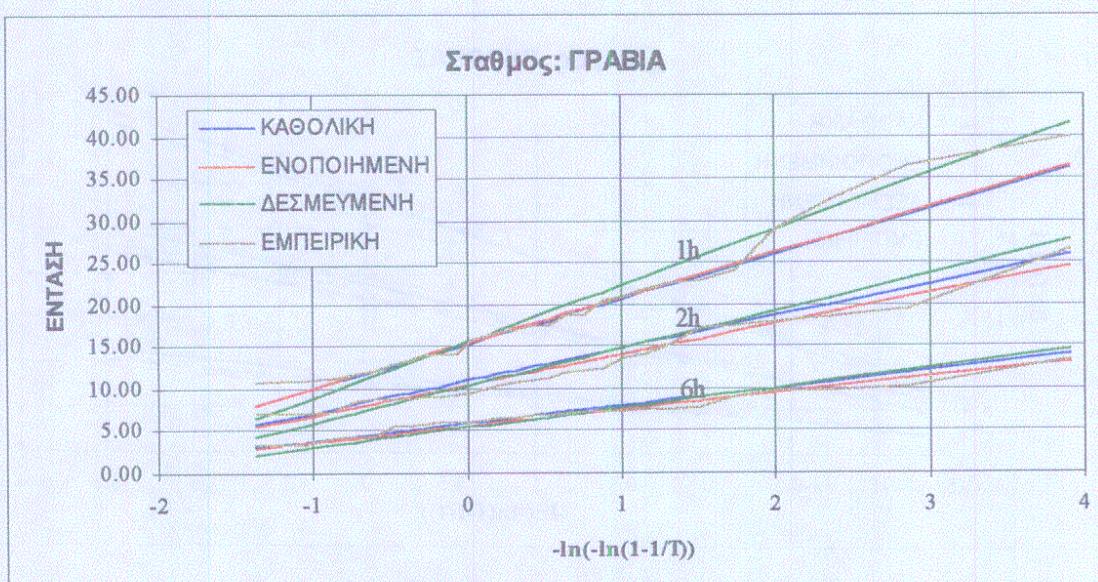
(2) ΒΑΚΑΡΙΟ



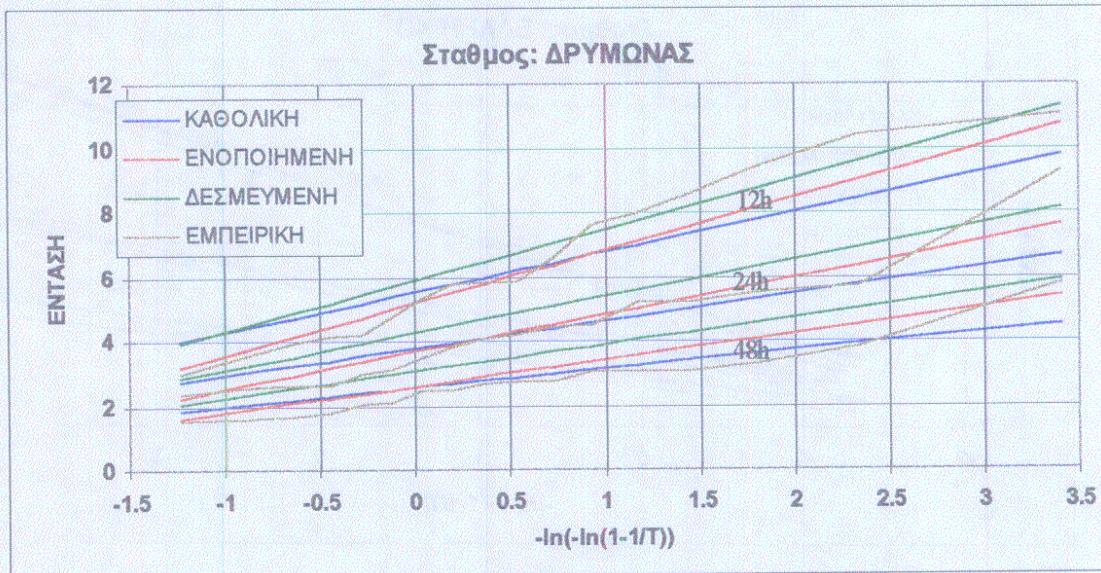
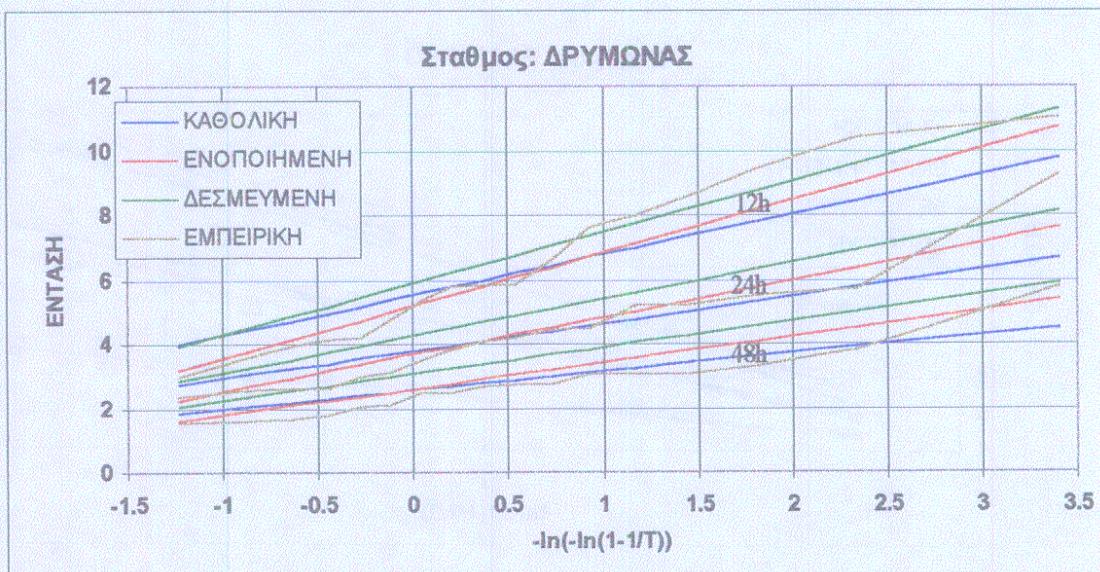
(3) ΒΥΡΩΝΑΣ



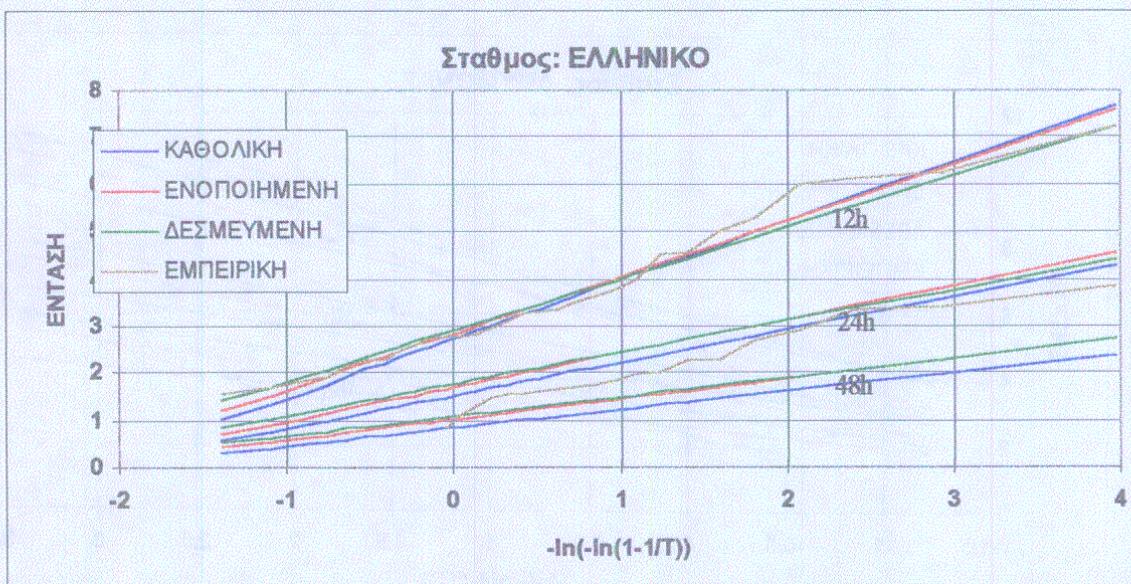
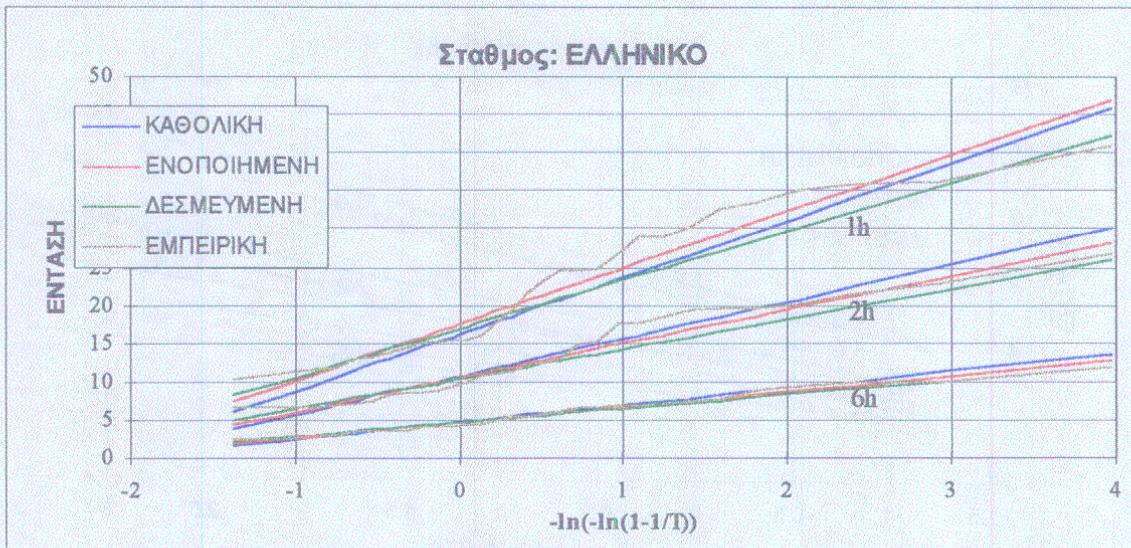
(4) ΓΡΑΒΙΑ



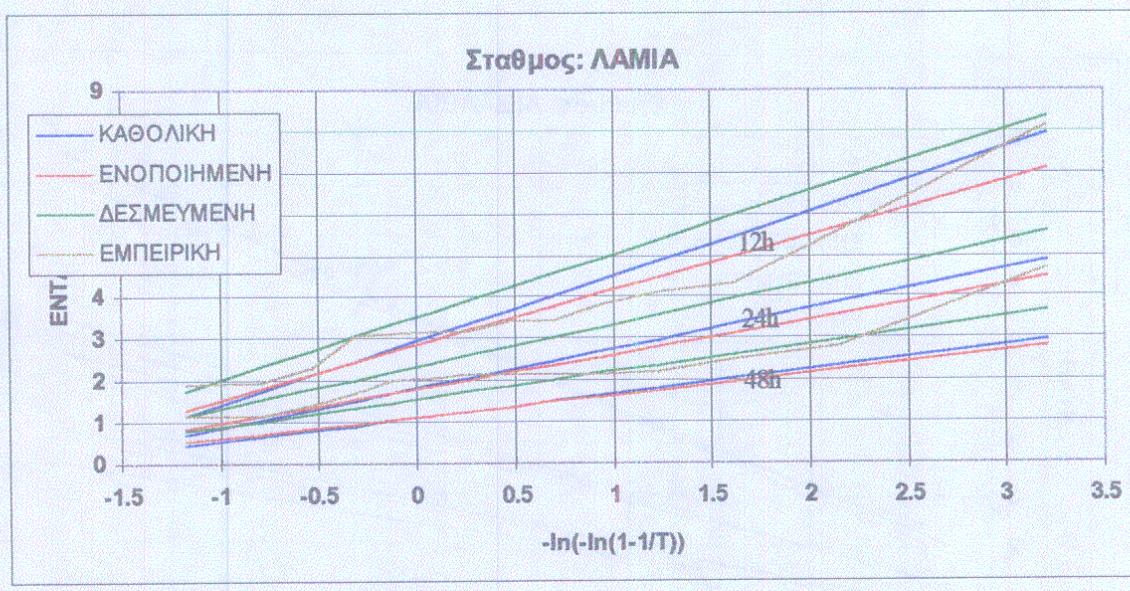
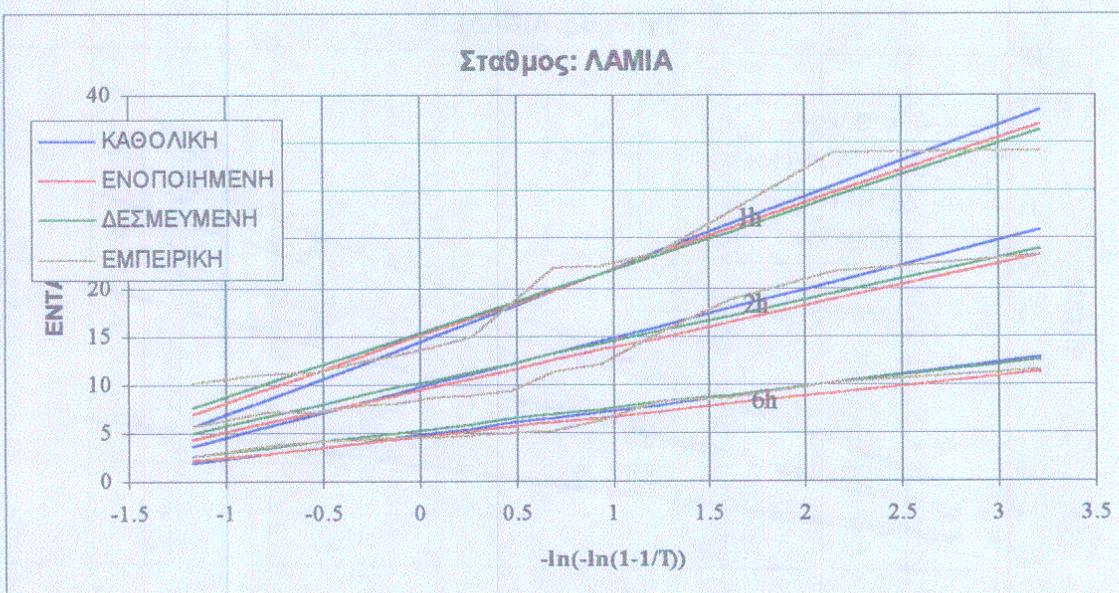
(5) ΔΡΥΜΩΝΑΣ



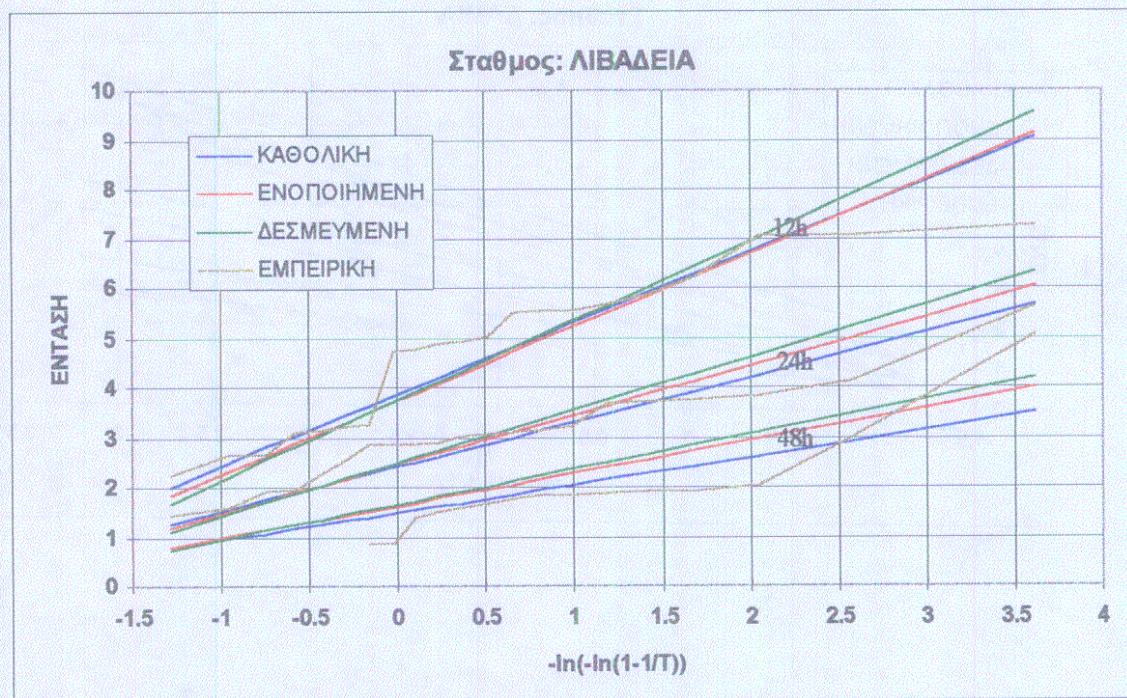
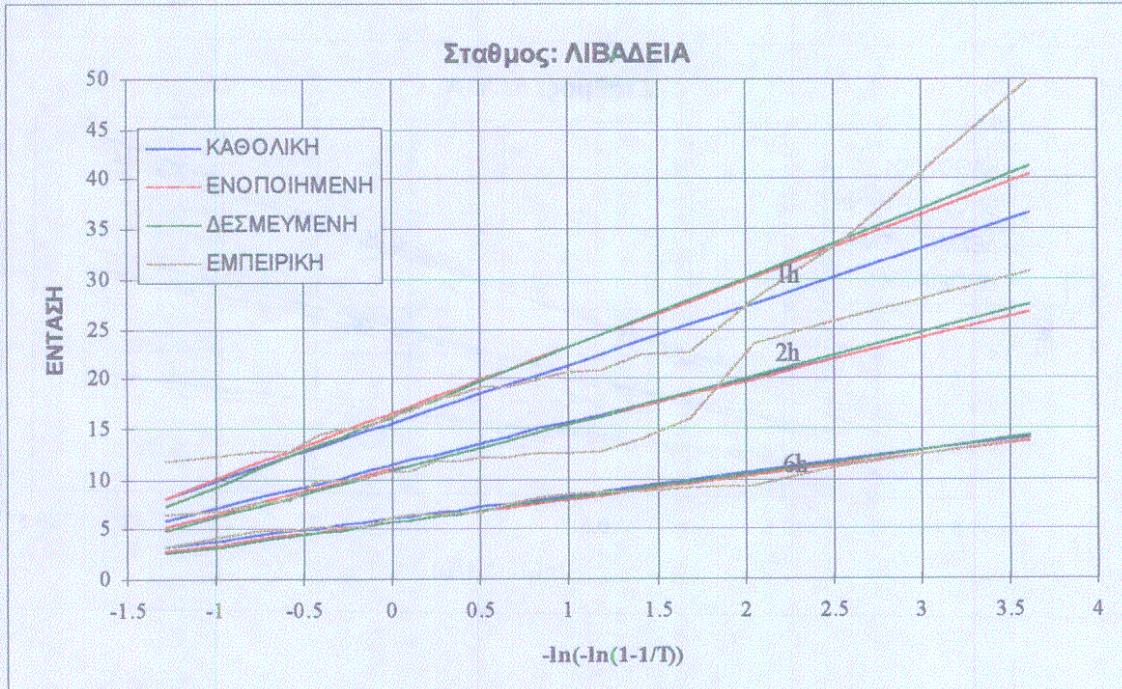
(6) ΕΛΛΗΝΙΚΟ



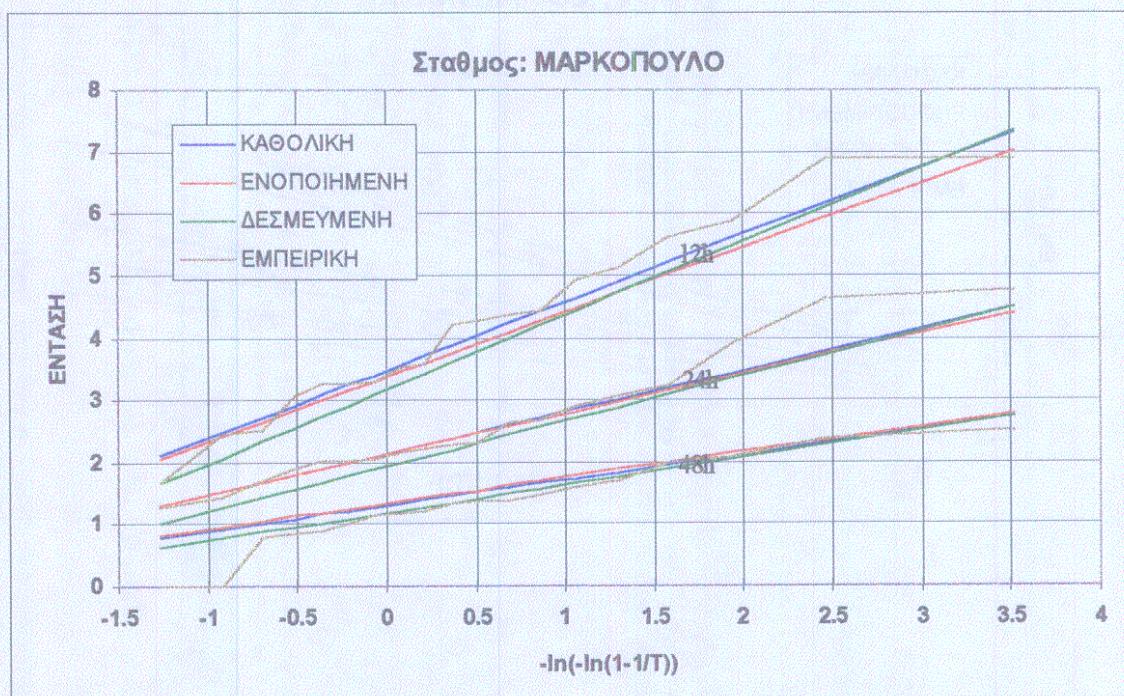
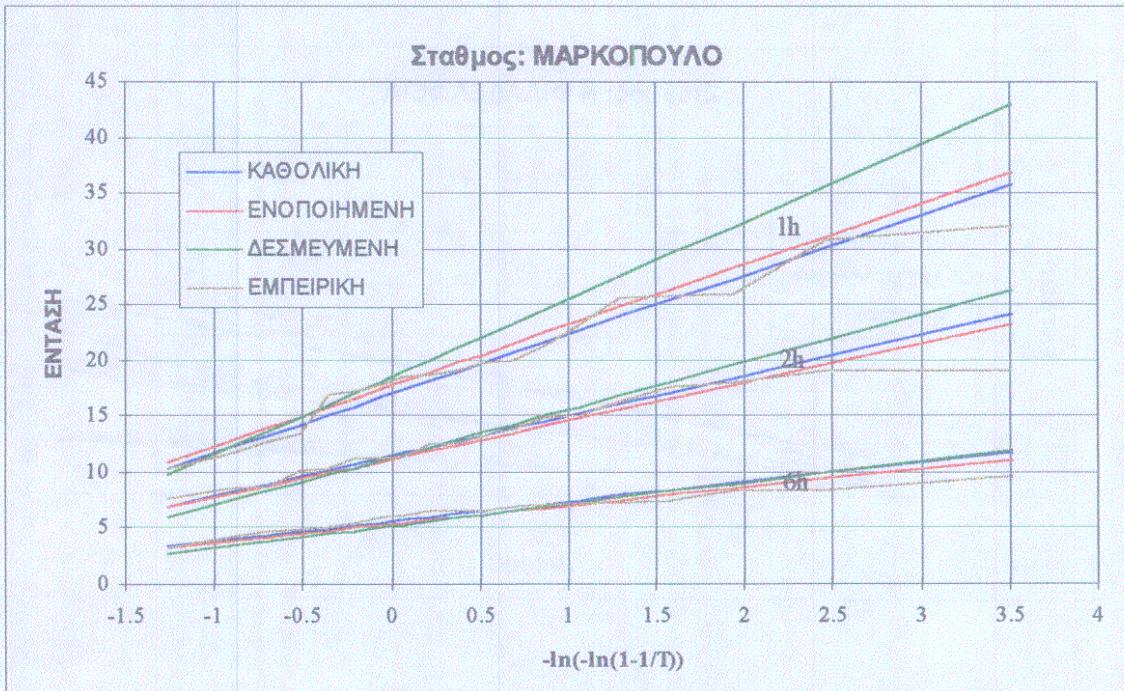
(7) ΛΑΜΙΑ



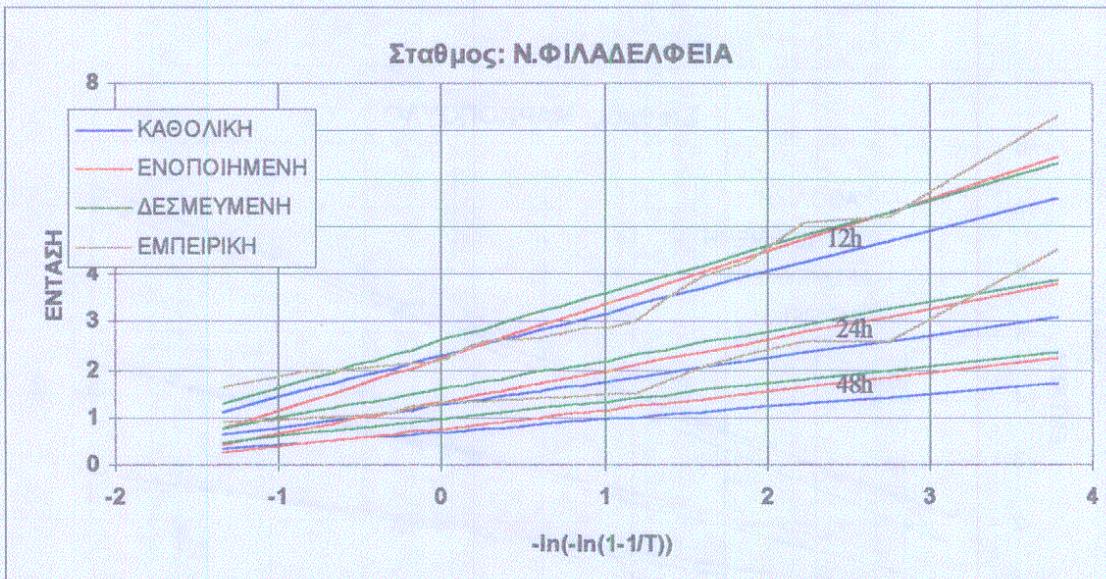
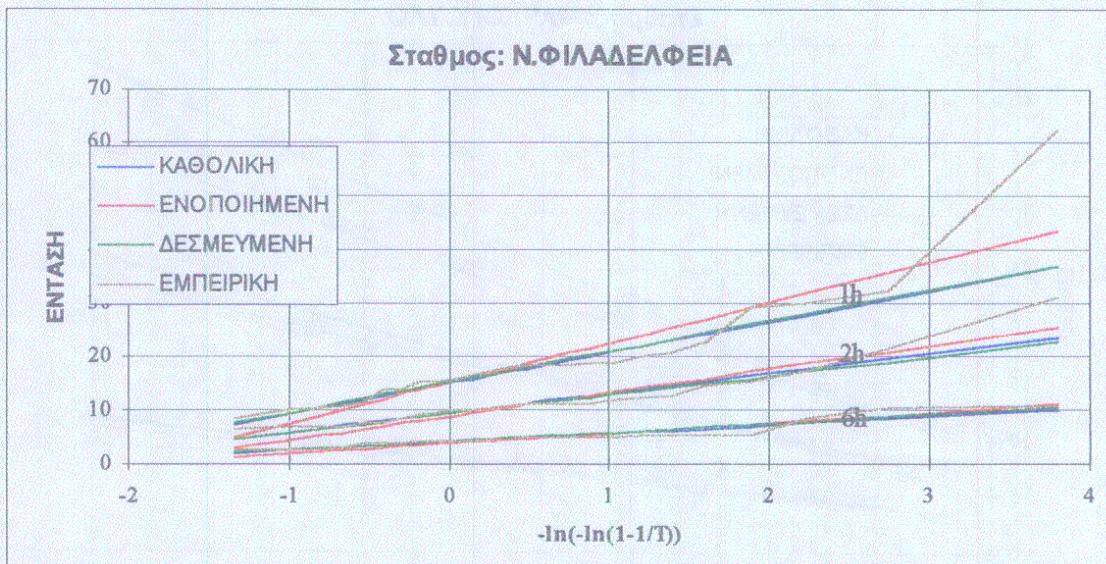
(8) ΛΙΒΑΔΕΙΑ



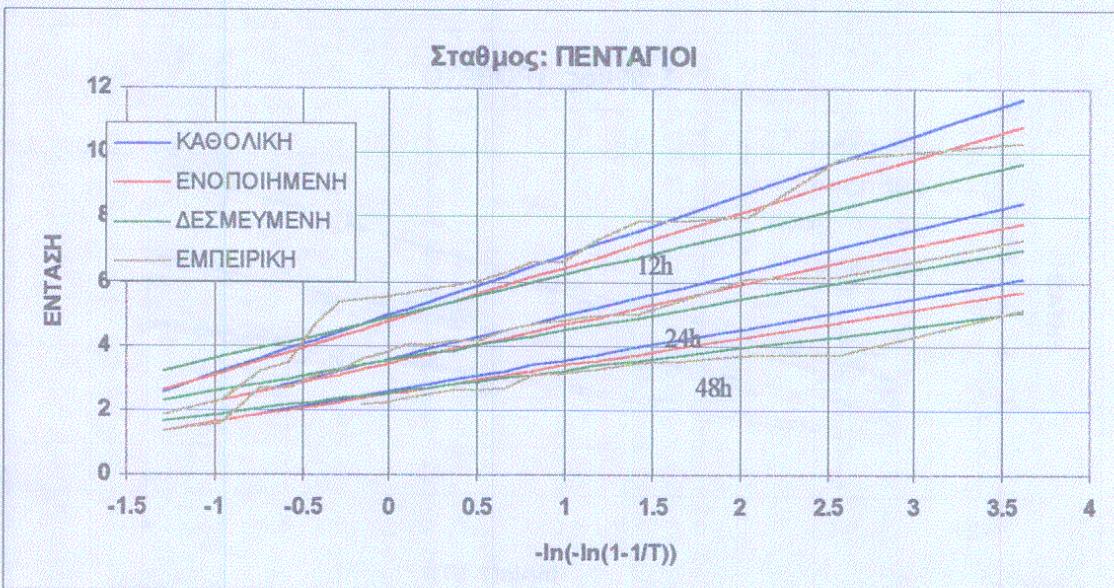
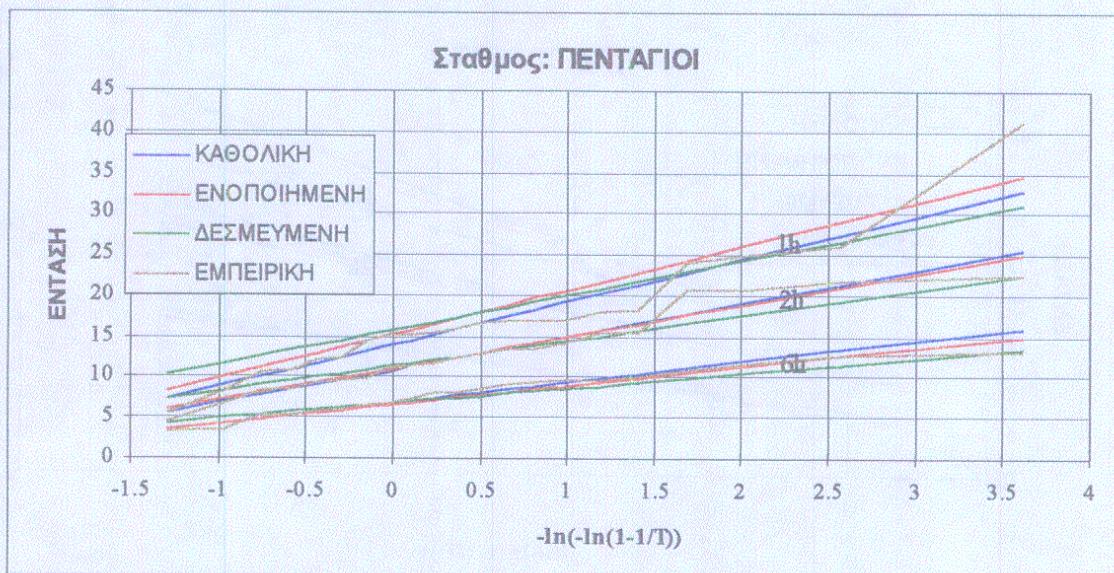
(9) ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ



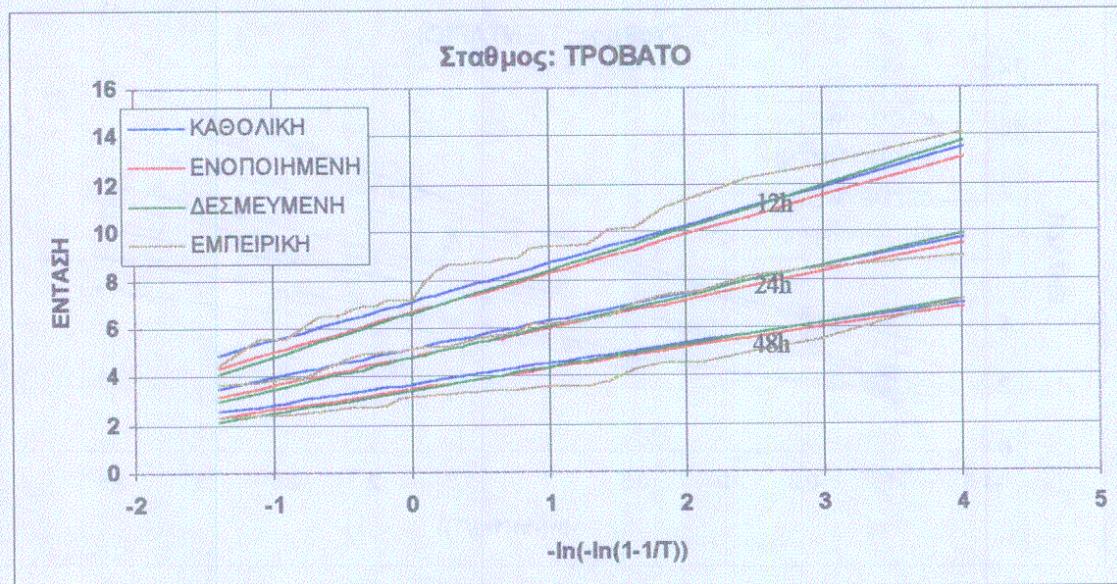
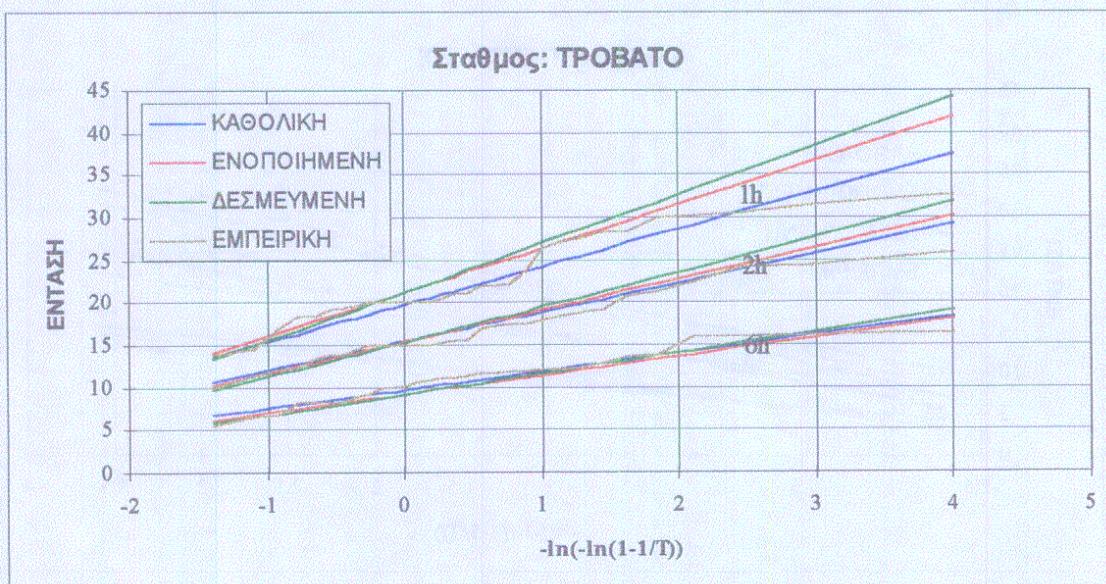
(10) ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ



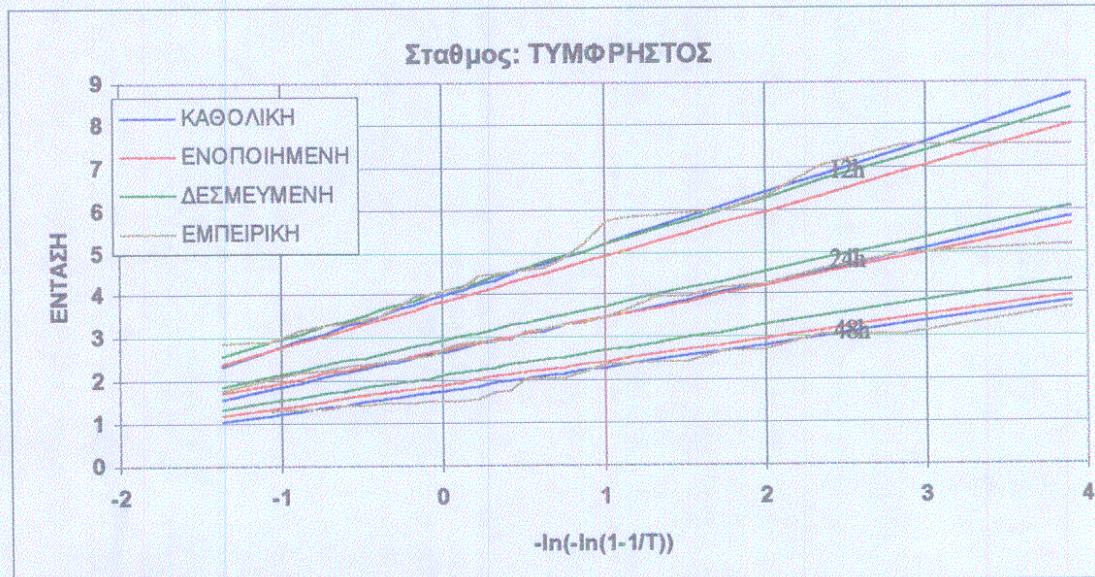
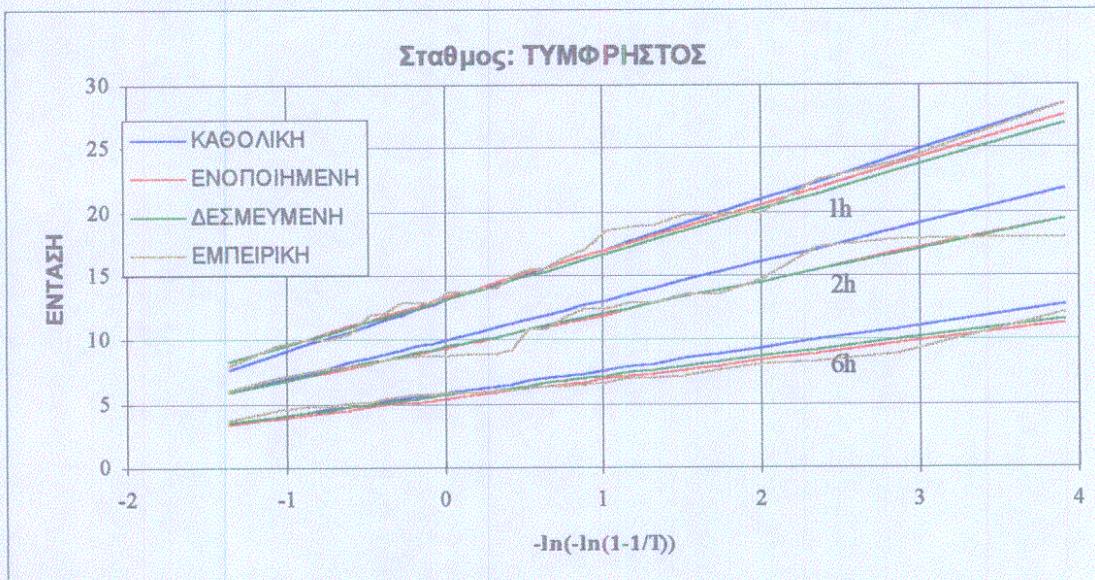
(11) ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ



(12) ΤΡΟΒΑΤΟ

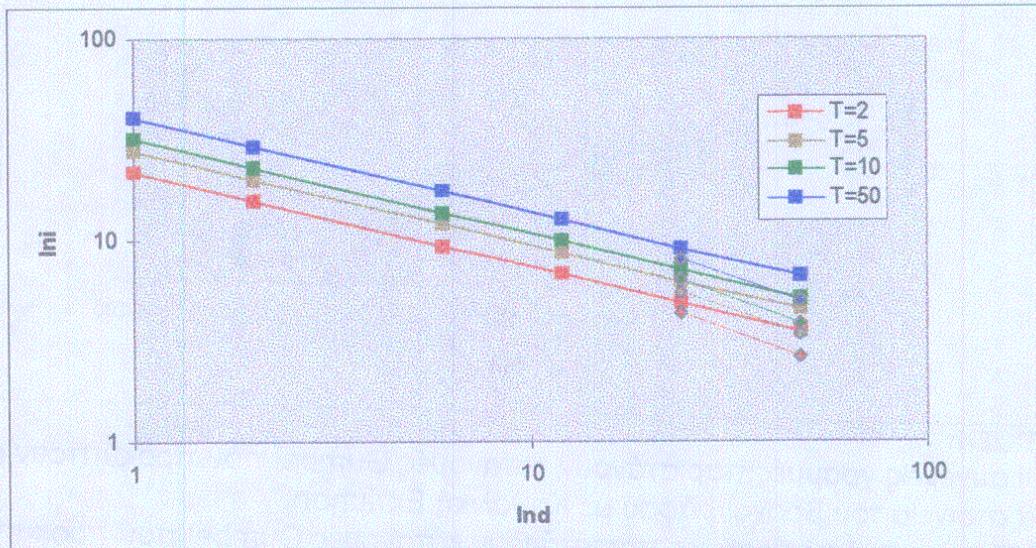
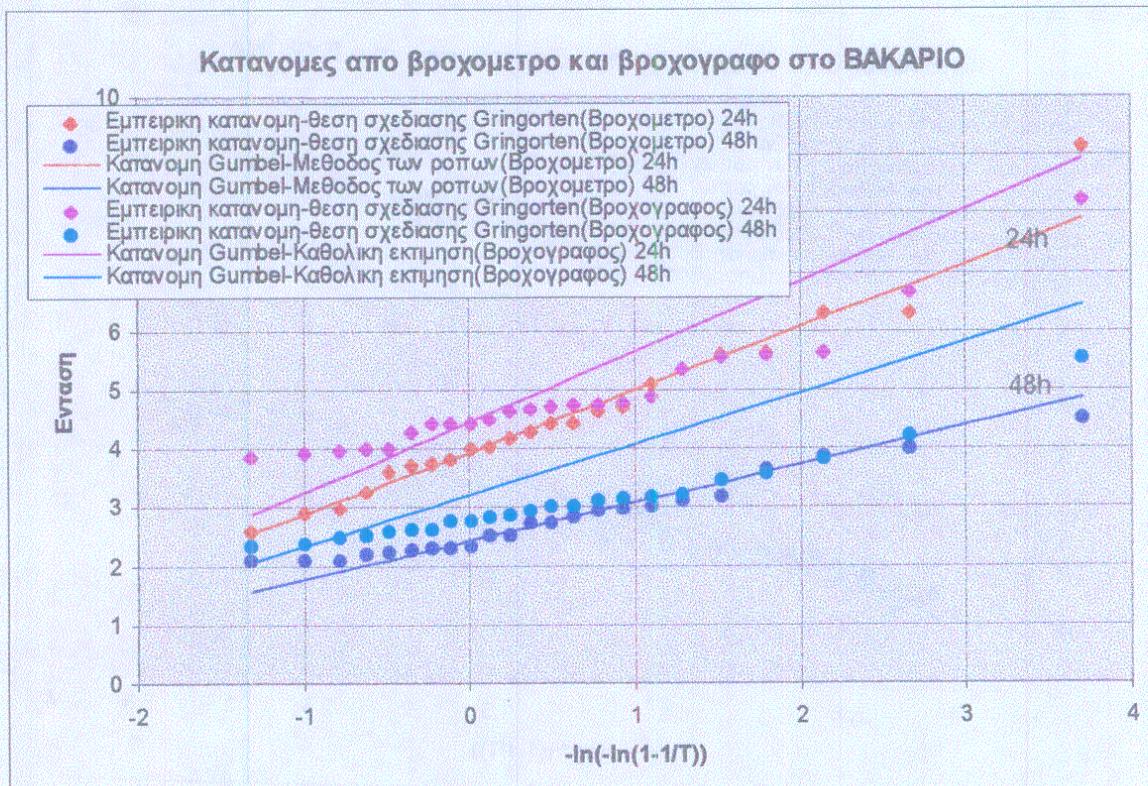


(13) ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΣ



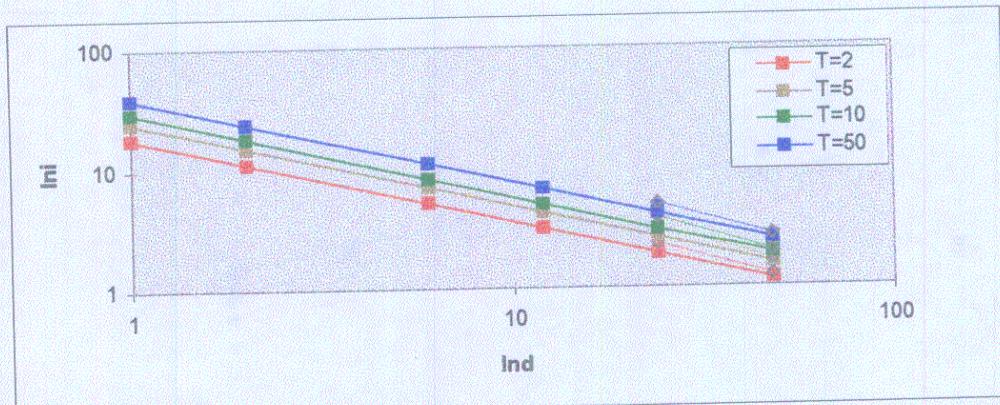
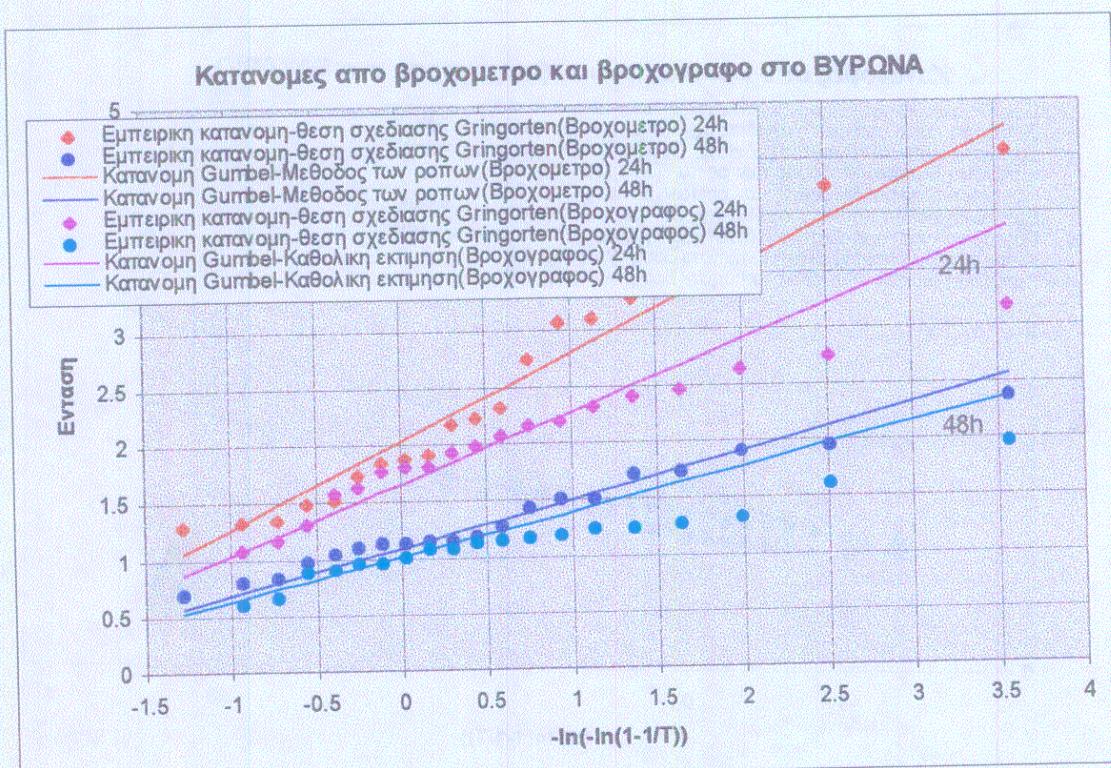
**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ
ΑΠΟ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ**

(1) ΒΑΚΑΡΙΟ

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:**

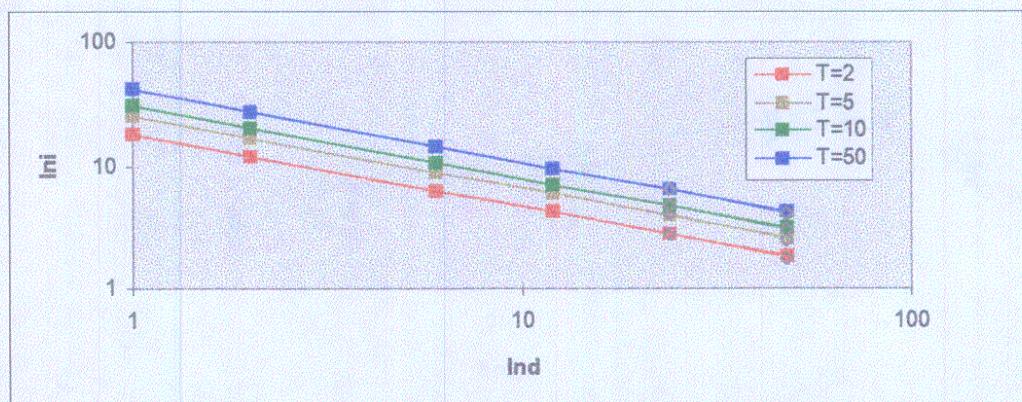
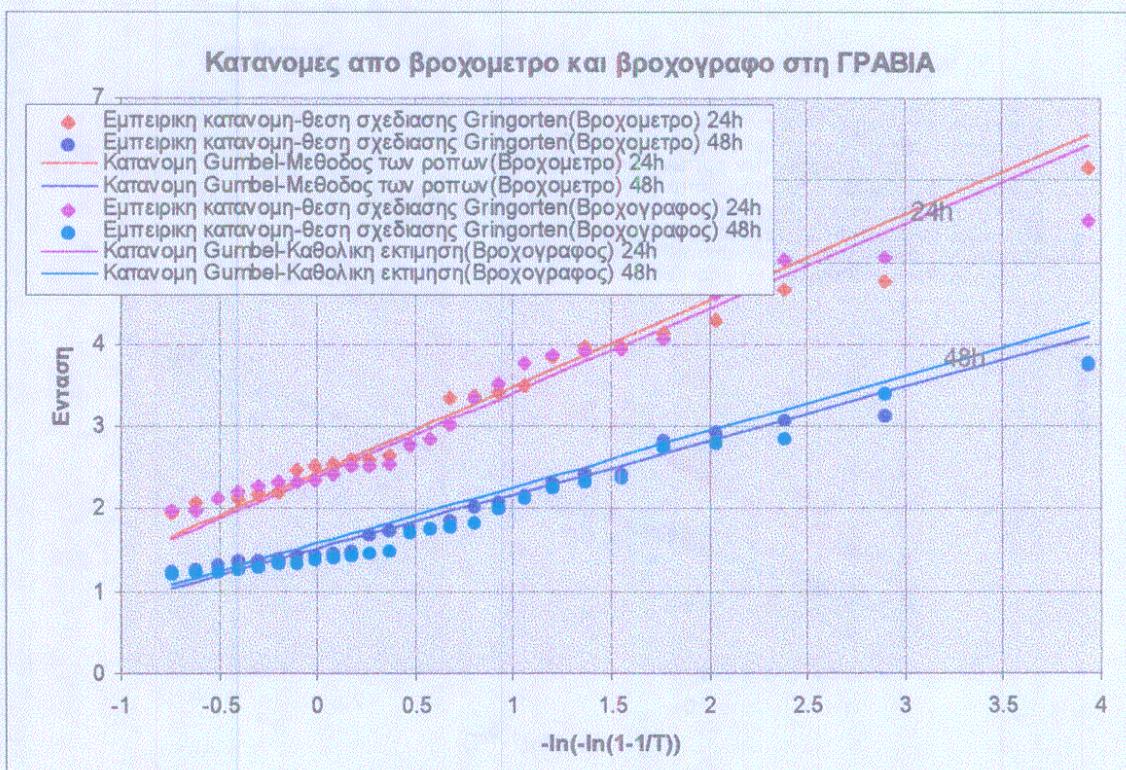
- Οι συνεχείς γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από τα στοιχεία του βροχογράφου με Καθολική Εκπίμηση.
- Οι διακεκομένες γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από το βροχόμετρο με τη Μέθοδο των Ροπών.

(2) ΒΥΡΩΝΑΣ

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:**

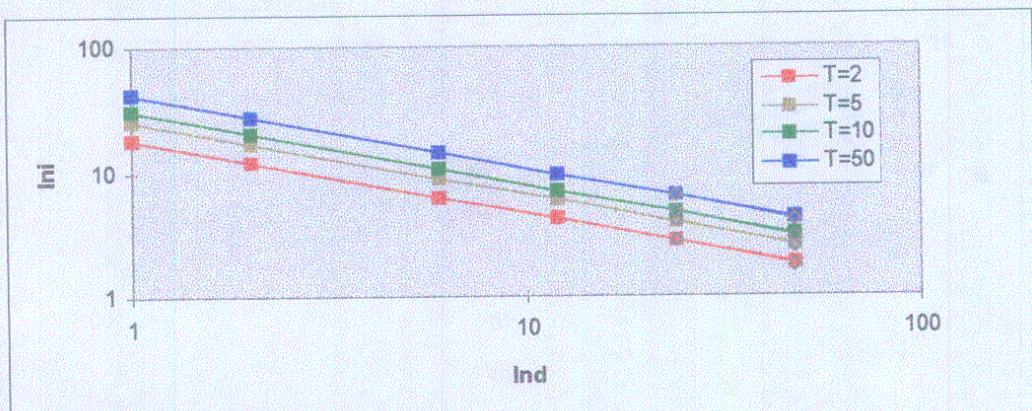
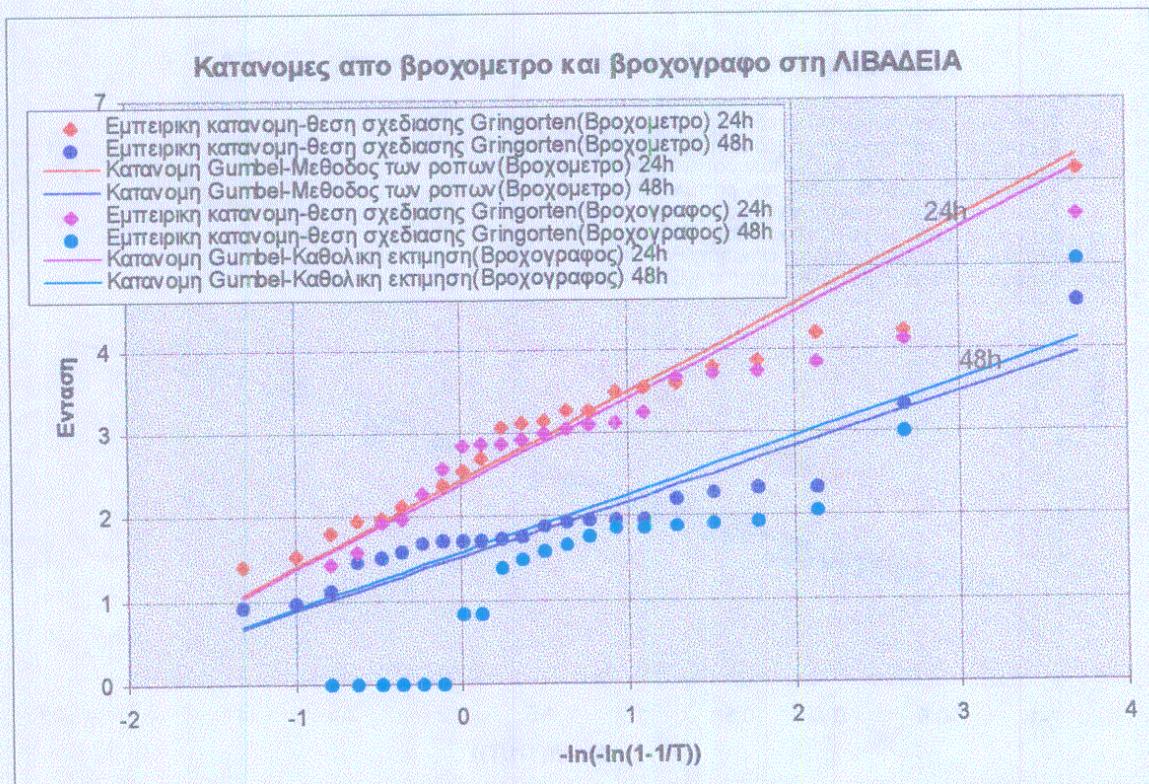
- Οι συνεχείς γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από τα στοιχεία του βροχογράφου με Καθολική Εκτίμηση.
- Οι διακεκομένες γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από το βροχόμετρο με τη Μέθοδο των Ροπών.

(3) ΓΡΑΒΙΑ

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:**

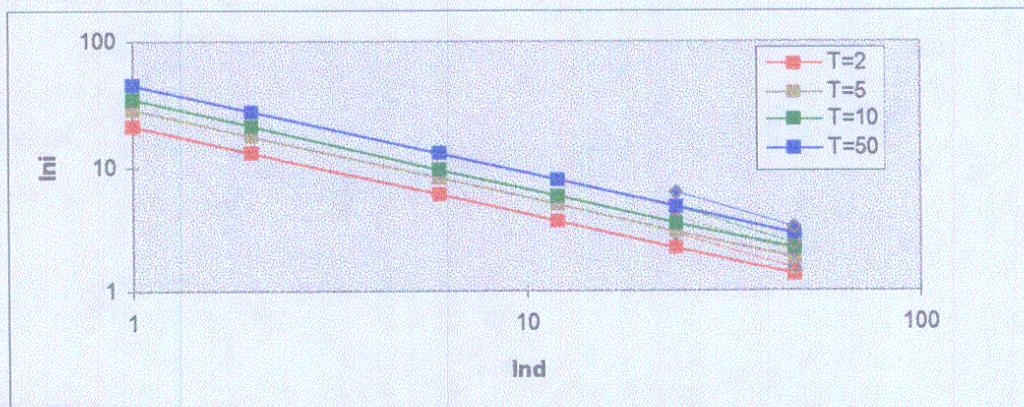
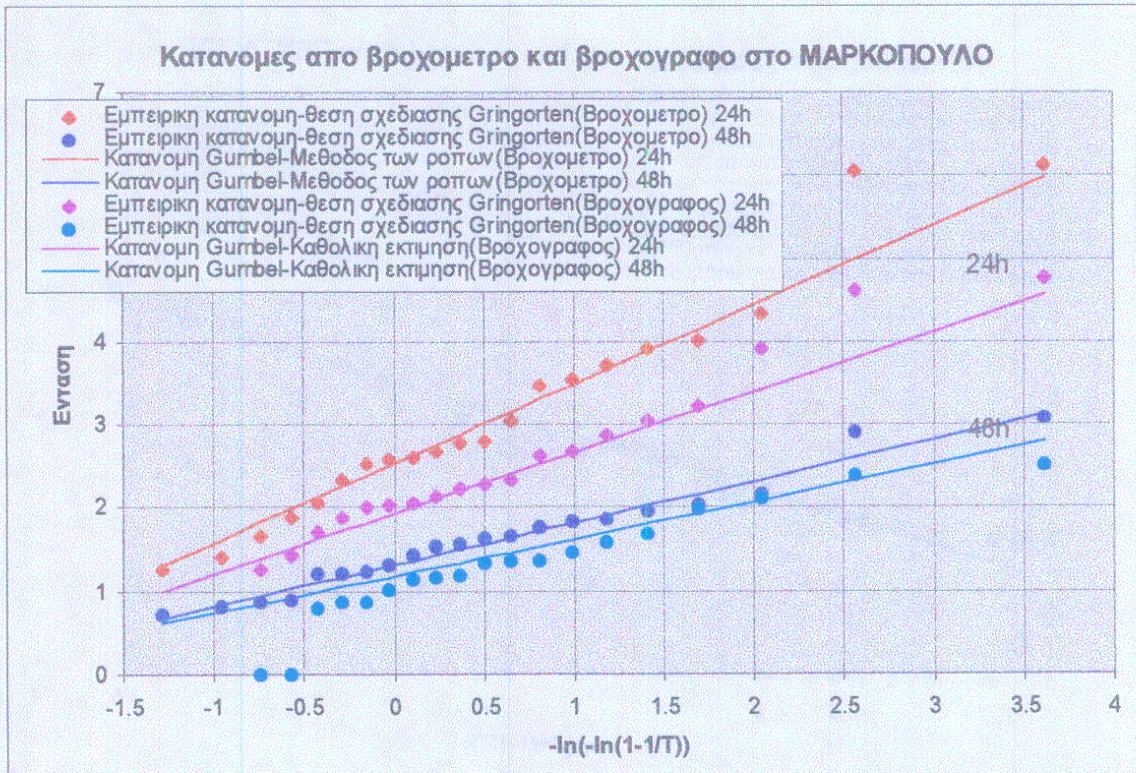
- Οι συνεχείς γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από τα στοιχεία του βροχογράφου με Καθολική Εκτίμηση.
- Οι διακεκομένες γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από το βροχόμετρο με τη Μέθοδο των Ροπών.

(4) ΛΙΒΑΔΕΙΑ

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:**

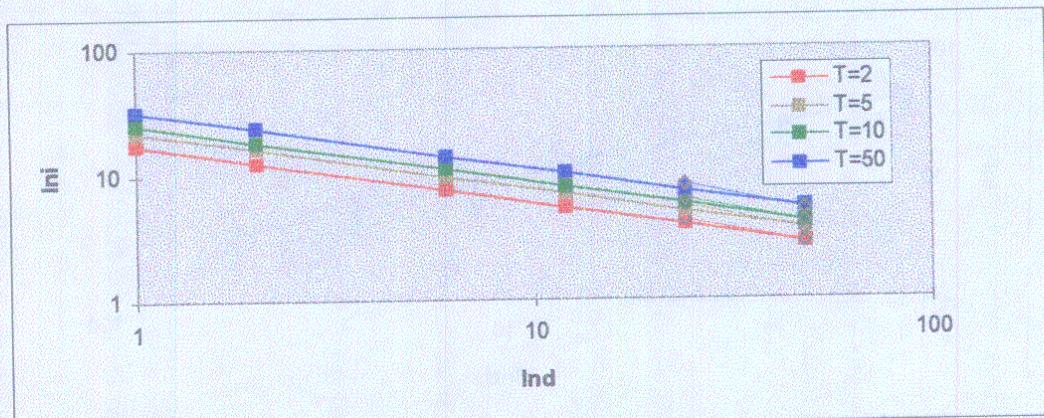
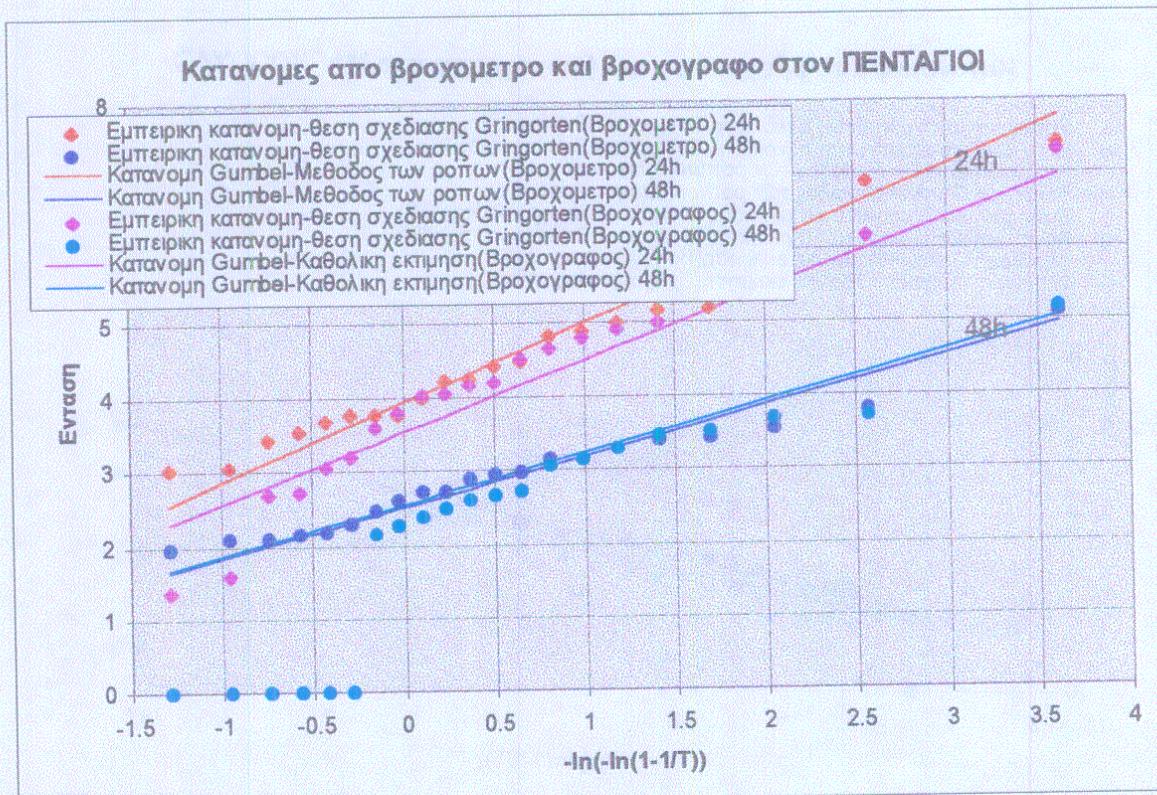
- Οι συνεχείς γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από τα στοιχεία του βροχογράφου με Καθολική Εκτίμηση.
- Οι διακεκομένες γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από το βροχόμετρο με τη Μέθοδο των Ροπών.

(5) ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:**

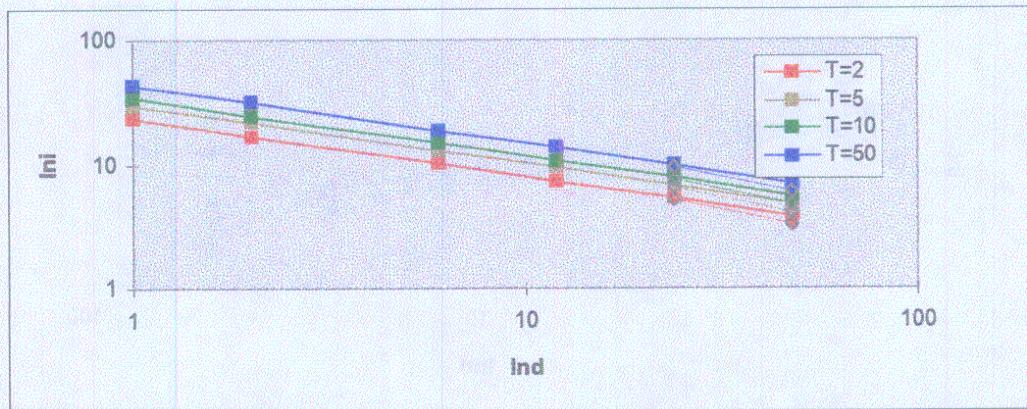
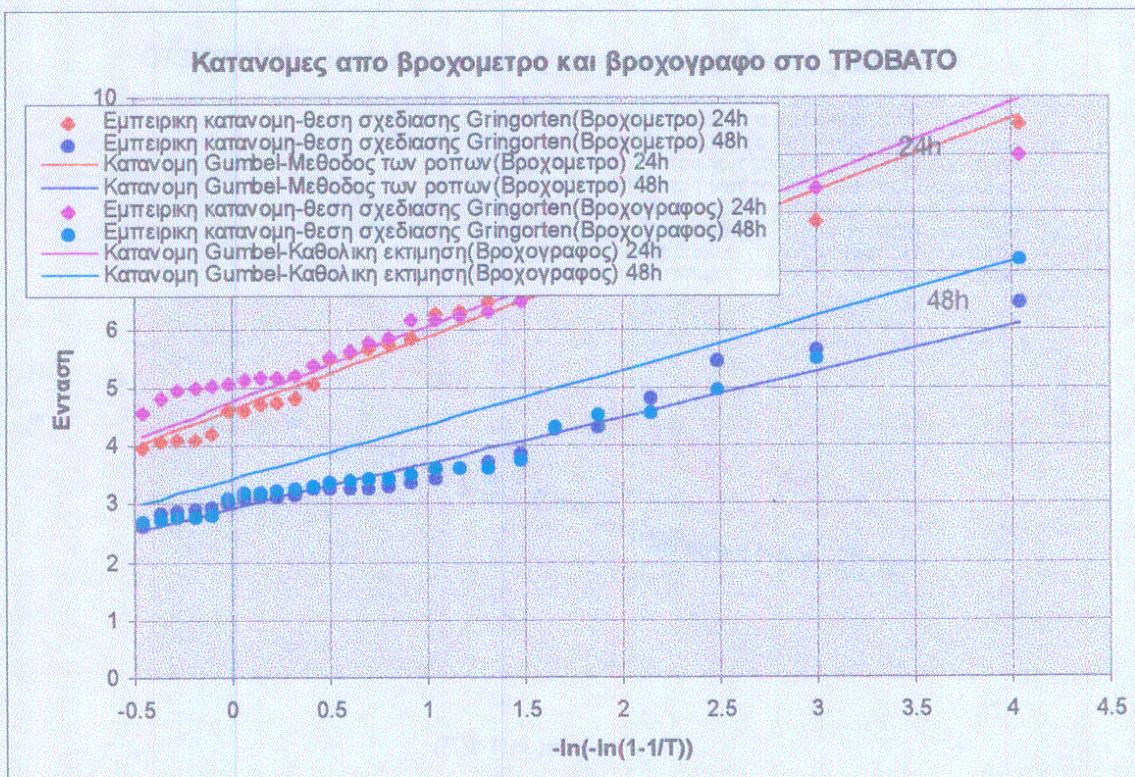
- Οι συνεχείς γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από τα στοιχεία του βροχογράφου με Καθολική Εκτίμηση.
- Οι διακεκομένες γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από το βροχόμετρο με τη Μέθοδο των Ροπών.

(6) ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:**

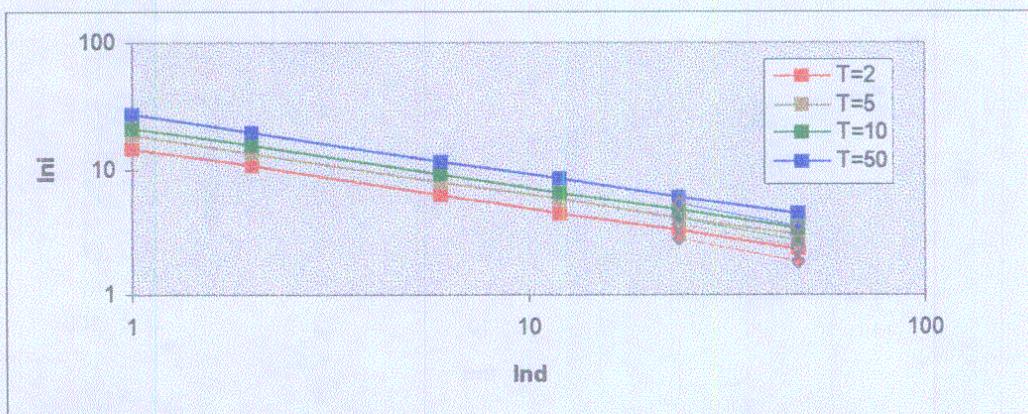
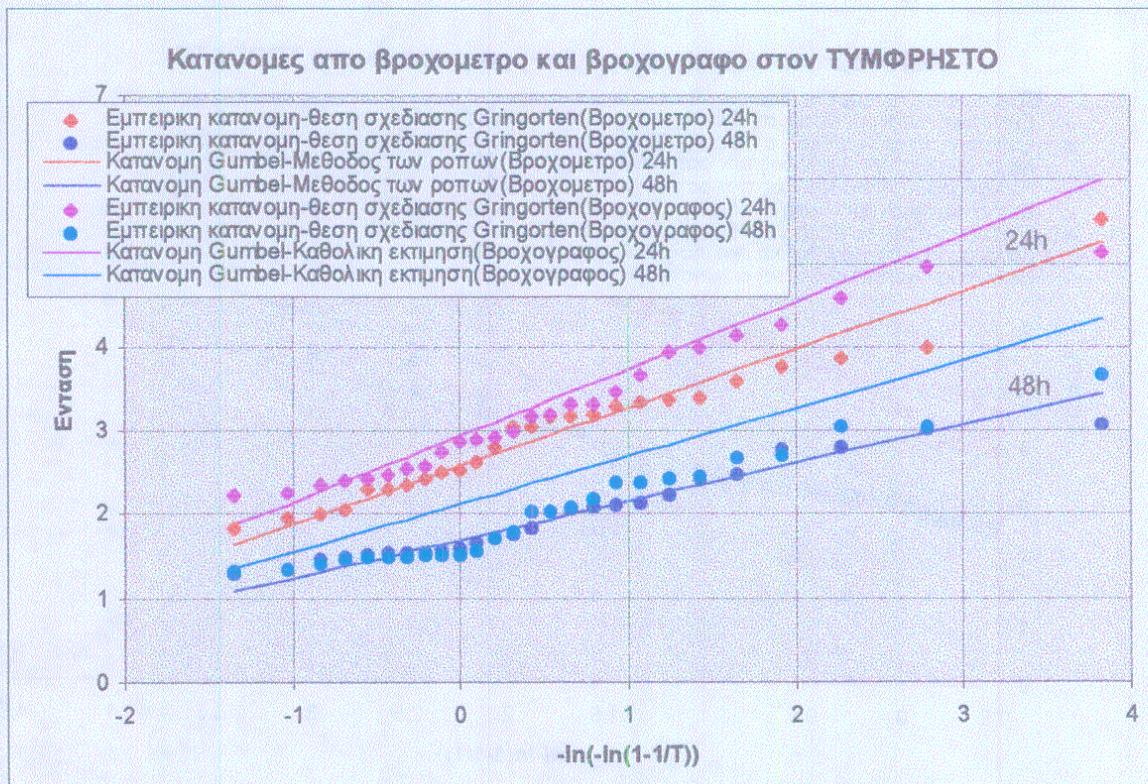
- Οι συνεχείς γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από τα στοιχεία του βροχογράφου με Καθολική Εκτίμηση.
- Οι διακεκομμένες γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από το βροχόμετρο με τη Μέθοδο των Ροπών.

(7) ΤΡΟΒΑΤΟ

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:**

- Οι συνεχείς γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από τα στοιχεία του βροχογράφου με Καθολική Εκτίμηση.
- Οι διακεκομένες γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από το βροχόμετρο με τη Μέθοδο των Ροπών.

(8) ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΣ

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:**

- Οι συνεχείς γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από τα στοιχεία του βροχογράφου με Καθολική Εκτίμηση.
- Οι διακεκομμένες γραμμές παριστάνουν κατανομές Gumbel που προκύπτουν από το βροχόμετρο με τη Μέθοδο των Ροπών.