



**ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ
ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ
ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΡΗΤΗΣ (GR13)**

ΣΤΑΔΙΟ 1

ΦΑΣΗ 1 – ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ – ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Απρίλιος 2015

Έκδοση 1



**ΕΙΔΙΚΗ
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΥΔΑΤΩΝ**

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΑΝΑΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΡΓΟ : ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΔΥΤΙΚΗΣ, ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΚΑΙ ΚΡΗΤΗΣ

Κ/Ε ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΔΥΤΙΚΗΣ, ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΚΑΙ ΚΡΗΤΗΣ :

ΑΔΤ-ΩΜΕΓΑ ΑΤΕ - ΘΑΛΗΣ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ ΕΕ - Α. ΠΕΡΔΙΟΥ -Π.ΤΣΙΤΟΥΡΑ - Ι. ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ -
Ε. ΣΥΜΒΟΥΛΙΔΟΥ - Κ. ΧΑΤΖΗΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΡΗΤΗΣ

ΦΑΣΗ 1 ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2: ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

Αναθεωρήσεις:

Έκδοση	Ημερομηνία	Παρατηρήσεις
Εκδ. 1	02/04/2015	Αρχική Έκδοση

Τεύχη και Χάρτες που συνοδεύουν το παρόν Παραδοτέο

A/A	Τίτλος	Κλίμακα	Αριθμός Τεύχους/ Χάρτη
	ΤΕΥΧΗ		
1	Τεχνική Έκθεση		A Π02-Τ1
	ΧΑΡΤΕΣ		
1	ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΑΝΑ ΦΟΡΕΑ ΚΑΙ ΕΤΗ	1:300.000	A Π02-Χ1
2	ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟΙ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΑΝΑ ΦΟΡΕΑ ΚΑΙ ΕΤΗ	1:300.000	A Π02-Χ1
3	ΖΩΝΕΣ ΤΙΜΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ κ	1:300.000	A Π02-Χ1
4	ΧΩΡΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ λ'	1:300.000	A Π02-Χ1
5	ΧΩΡΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ψ'	1:300.000	A Π02-Χ1

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2	ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	11
2.1	ΓΕΝΙΚΑ	11
2.2	ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	12
2.3	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ	15
2.4	ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	16
2.4.1	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΠΕΚΑ	16
2.4.2	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΜΥ	17
2.4.3	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΕΗ	18
2.4.4	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ (ΥΠΑΑΤ)	18
2.5	ΤΕΛΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ	19
3	ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ	21
3.1	ΤΥΠΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΠΕΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	21
3.2	ΓΡΑΦΙΚΟΙ ΈΛΕΓΧΟΙ	22
3.3	ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΣΥΝΕΠΕΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ	23
4	ΤΕΛΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ	25
5	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ	27
6	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ	31
6.1	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΪΣΙΟ	31
6.2	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	32
7	ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ	35
8	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ	37
9	ΑΜΕΡΟΛΗΠΤΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ	39
10	ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΖΩΝΩΝ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ K	43
11	ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	47
12	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	51

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

T1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

13 ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΧΩΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	55
14 ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ	57
14.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	57
14.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΟΡΙΩΝ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΤΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΜΕ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΟΝΤΕ CARLO	58
14.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΟΡΙΩΝ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ	58
15 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΜΕ ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΑΠΟ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ	65
16 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	69
16.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	69
16.2 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	70
17 ΑΝΑΦΟΡΕΣ	75

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π1:	ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π2:	ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΒΡΟΧΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π3:	ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ Γ.Α.Τ. ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π4:	ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π5:	ΔΟΥΦΟΡΙΚΑ ΥΨΗ ΒΡΟΧΗΣ 10 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ 24ΩΡΩΝ ΚΑΤΑΙΓΙΔΩΝ

Εικόνες

ΕΙΚΟΝΑ 2.1: ΘΕΣΕΙΣ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	14
ΕΙΚΟΝΑ 3.1: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΕΤΗΣΙΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΒΡΟΧΗΣ 24 ΚΑΙ 48 Η ΣΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΑΧΕΝΤΡΙΑΣ (ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ) ΚΑΙ ΑΡΧΑΝΕΣ (ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ).....	22
ΕΙΚΟΝΑ 3.2: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ ΣΤΟ ΔΕΙΓΜΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΤΟΥ ΚΑΛΥΒΟΥ.....	24
ΕΙΚΟΝΑ 5.1: ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΑΝΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ.....	27
ΕΙΚΟΝΑ 5.2: ΠΛΗΘΟΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΑΝΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ.....	27
ΕΙΚΟΝΑ 5.3: ΜΕΓΙΣΤΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟ ΩΡΙΑΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ.....	28
ΕΙΚΟΝΑ 7.1: ΘΕΣΕΙΣ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ ΥΔ ΚΡΗΤΗΣ, ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΚΑΤΑΡΤΙΣΤΗΚΑΝ ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΌΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ.....	35
ΕΙΚΟΝΑ 9.1: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ ΣΤΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΗΜΕΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΤΗΣΙΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΑΓ. ΓΑΛΗΝΗ ΚΑΙ ΜΕΣΚΛΑ. ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΔΕΙΓΜΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΟΝΤΑΙ Η ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΙ Η ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΓΑΤ, ΜΕ ΜΕΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΜΕΡΟΛΗΠΤΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ.....	39
ΕΙΚΟΝΑ 10.1: ΧΑΡΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ κ^* ΣΤΟ ΥΔ ΚΡΗΤΗΣ.....	44
ΕΙΚΟΝΑ 10.2: ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ κ^* ΚΑΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ, ΜΕ $\kappa_1 = 0.088$ ΚΑΙ $\kappa_2 = 0.145$	44
ΕΙΚΟΝΑ 10.3: ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΥΔ ΚΡΗΤΗΣ ΣΕ ΖΩΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ.....	45
ΕΙΚΟΝΑ 12.1: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΩΝ 24ΩΡΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ ΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΚΑΘΕ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ.....	51
ΕΙΚΟΝΑ 13.1: ΧΩΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ λ'	56
ΕΙΚΟΝΑ 13.2: ΧΩΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΘΕΣΗΣ ψ'	56
ΕΙΚΟΝΑ 15.1: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΤΙΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΗΧΘΗΣΑΝ ΣΕ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ, ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	68
ΕΙΚΟΝΑ 16.1: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ (ΠΑΝΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ: ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΕΜΥ, ΠΤΩΤΙΚΗ ΤΑΣΗ, ΠΑΝΩ ΔΕΞΙΑ: ΆΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΑΥΞΗΤΙΚΗ ΤΑΣΗ, ΚΑΤΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ: ΑΡΧΑΝΕΣ, ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΤΑΣΗ, ΚΑΤΩ ΔΕΞΙΑ: ΣΤΕΡΝΕΣ, ΕΛΑΦΡΑ ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΤΑΣΗ).....	70

Πίνακες

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΥΔ ΚΡΗΤΗΣ.	12
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 : ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΣΥΛΛΕΧΘΗΚΑΝ	19
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΗΜΕΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ (ΤΕΛΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ).	26
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ (ΤΕΛΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ).	26
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 : ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ.	28
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1: ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ ΚΡΗΤΗΣ.	36
ΠΙΝΑΚΑΣ 9.1: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ L-ΡΟΠΩΝ ΚΑΙ ΑΜΕΡΟΛΗΠΤΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΩΝ ΡΑΡΑΛΕΧΙΟΥ AND ΚΟΥΤΣΟΥΙΑΝΝΙΣ (2013), ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ 24ΩΡΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ ΚΡΗΤΗΣ.	40
ΠΙΝΑΚΑΣ 9.2: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ L-ΡΟΠΩΝ ΚΑΙ ΑΜΕΡΟΛΗΠΤΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΩΝ ΡΑΡΑΛΕΧΙΟΥ AND ΚΟΥΤΣΟΥΙΑΝΝΙΣ (2013), ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΩΝ ΚΡΗΤΗΣ.	40
ΠΙΝΑΚΑΣ 10.1: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ Κ.	43
ΠΙΝΑΚΑΣ 11.1 ΤΕΛΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 12.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ 24ΩΡΟΥ ΥΨΟΥΣ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ (ΣΕ ΜΜ).	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 14.1 ΑΔΙΑΣΤΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ 80% ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ, ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ 50, 100 ΚΑΙ 1000 ΕΤΗ.	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 14.2 ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΩΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΜΒΡΙΑ ΚΑΜΠΥΛΗ, ΚΑΙ ΟΡΙΑ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ 80% ΥΨΟΥΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ 24 Η, ΓΙΑ T = 50, 100 ΚΑΙ 1000 ΕΤΗ (ΣΕ ΜΜ).	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 15.1 ΌΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΗΘΗΚΑΝ ΣΕ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ.	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 16.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΛΙΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΟΡΙΩΝ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ 95%, ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ, ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΑΠΟ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ.	71

1 Εισαγωγή

Η παρούσα έκθεση αναφέρεται στη διαδικασία συλλογής, επεξεργασίας και στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων ισχυρών βροχοπτώσεων του Υδατικού Διαμερίσματος (ΥΔ) Κρήτης, που στη συνέχεια θα αναφέρεται, απλούστερα, και ως περιοχή μελέτης.

Τα πρωτογενή δεδομένα, που συλλέχθηκαν από βροχόμετρα (σε χρονικές κλίμακες ημέρας και δύο ημερών) και βροχογράφους (σε χρονικές κλίμακες από 5 min έως 48 h), αξιολογήθηκαν ως προς την αξιοπιστία τους, μέσω εμπειρικών και στατιστικών ελέγχων. Μετά την επιλογή του τελικού δείγματος σταθμών και των αντίστοιχων χρονοσειρών μέγιστων βροχοπτώσεων, ακολούθησαν οι επεξεργασίες, στατιστικές και χωρικές, για την εκτίμηση των πέντε παραμέτρων της γενικευμένης έκφρασης των ομβρίων καμπυλών που προτείνεται στις προδιαγραφές. Οι τελικές τιμές των τριών από τις πέντε παραμέτρους διαφοροποιούνται ανά σταθμό ή γεωγραφική ζώνη, ενώ για δύο παραμέτρους εφαρμόζονται κοινές τιμές στο σύνολο του ΥΔ Κρήτης. Για όλες τις παραμέτρους δίνονται οι τελικές σημειακές εκτιμήσεις, στις θέσεις των σταθμών, καθώς και χάρτες χωρικής κατανομής τους.

Η ομάδα εκπόνησης της μελέτης είναι:

- Νίκος Μαμάσης, Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, Δρ. Μηχανικός, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ
- Ανδρέας Ευστρατιάδης, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc, ΕΔΙΠ ΕΜΠ
- Σίμων-Μιχαήλ Παπαλεξίου, Περιβαλλοντολόγος, MSc, Δρ. Μηχανικός ΕΜΠ
- Χαράλαμπος Ανδρικόπουλος, Πολιτικός Μηχανικός MSc, ADT ΩΜΕΓΑ ΑΤΕ
- Ευάγγελος Τσιλιμαντός, Πολιτικός Μηχανικός, ADT ΩΜΕΓΑ ΑΤΕ
- Αθανάσιος Ραδαίος, Πολιτικός Μηχανικός, ADT ΩΜΕΓΑ ΑΤΕ

2 Βροχομετρικοί σταθμοί και δεδομένα

2.1 Γενικά

Για την μελέτη και περιγραφή της δίαιτας των ισχυρών βροχοπτώσεων, είναι απαραίτητη η επεξεργασία χρονοσειρών ετήσιων μεγίστων βροχοπτώσεων σε πολλαπλές χρονικές κλίμακες. Οι χρονοσειρές μεγίστων προκύπτουν από επεξεργασία των καταγραφών των βροχογράφων (σε συνεχή χρόνο) και των ημερήσιων παρατηρήσεων των βροχομέτρων.

Σύμφωνα με το τεύχος Τεχνικών Προδιαγραφών της συγγραφής υποχρεώσεων προβλέπεται ότι «...θα χρησιμοποιηθούν όσα ψηφιοποιημένα δεδομένα υπάρχουν ήδη στην Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (Υδροσκόπιο) ενώ θα ψηφιοποιηθούν και επιπρόσθετα δεδομένα, κυρίως από βροχογράφους. Η επιλογή των σταθμών αναφοράς βροχογράφων και βροχομέτρων για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη κριτήρια χωρικής πυκνότητας, υψομετρικής κάλυψης, καθώς και χρονικού μήκους και ποιότητας δεδομένων. Ο Ανάδοχος, αφού διεξάγει μια πλήρη καταγραφή και αξιολόγηση όλων των διαθέσιμων δεδομένων από πλευράς πληρότητας, διάρκειας και αξιοπιστίας οργάνων, θα προτείνει στην Υπηρεσία εκείνα που θα χρησιμοποιηθούν για την μελέτη (είδος, σταθμοί μέτρησης και περίοδοι μέτρησης). Με βάση τα παραπάνω θα επιλεγούν σε συνεργασία με την Υπηρεσία 10 περίπου βροχογράφοι και 50 βροχόμετρα ανά Υδατικό Διαμέρισμα για την συλλογή μέγιστων υψών βροχής».

Με συνδρομή της αναθέτουσας αρχής, ήρθαμε σε επαφή με όλους τους φορείς που διαθέτουν βροχομετρικά δεδομένα σε ηλεκτρονική ή άλλη μορφή (ΕΜΥ, ΔΕΗ, ΥΠΑΑΤ, ΥΠΕΚΑ, ΕΑΑ). Αρχικά ελήφθησαν όλα τα ηλεκτρονικά δεδομένα που υπήρχαν καταχωρημένα στην ΕΤΥΜΠ και στη συνέχεια αναζητήθηκαν επιπρόσθετα δεδομένα βροχομέτρων και βροχογράφων για ψηφιοποίηση.

Μετά από συζήτηση με την υπηρεσία και τον σύμβουλο αποφασίστηκε να αναζητηθούν για ψηφιοποίηση όλοι οι σταθμοί που διαθέτουν δεδομένα στην περιοχή μελέτης, με σκοπό να υπάρχει η μέγιστη δυνατή χωρική κάλυψη και η μέγιστη δυνατή αξιοπιστία των δεδομένων. Για τον λόγο αυτό, στις περιπτώσεις που υπήρχε η δυνατότητα, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ξεπερνούν σε ποσότητα αυτά που ορίζονται συμβατικά στις προδιαγραφές. Αποφασίστηκε επίσης να γίνει στη συνέχεια ποιοτική αξιολόγηση των δεδομένων που συλλέχθηκαν (Κεφάλαιο 3) ώστε να ενσωματωθούν στη μελέτη όλα τα δεδομένα που είναι αξιόπιστα, ακόμα και στην περίπτωση που δεν πληρούνται τα συμβατικά μήκη χρονοσειρών που ορίζονται στις προδιαγραφές (40 έτη λειτουργίας για βροχογράφο και 60 έτη για βροχόμετρο).

Στις επόμενες παραγράφους, μετά από συνοπτική αναφορά στο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για τις αρχικές επεξεργασίες, γίνεται συνοπτική περιγραφή των δεδομένων που λάβαμε και της επεξεργασίας που έγινε προκειμένου να σχηματιστούν οι χρονοσειρές μεγίστων υψών βροχής που θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή των ομβρίων καμπυλών.

2.2 Βροχομετρικοί σταθμοί

Συνολικά, συλλέχθηκαν δείγματα από 88 σταθμούς, που ανήκουν στις εξής υπηρεσίες:

- 52 σταθμοί του ΥΠΑΑΤ (τ. ΥΠΓΕ), τους οποίους διαχειρίζεται η Περιφέρεια Κρήτης
- 18 σταθμοί του ΥΠΕΚΑ (τ. ΥΠΕΧΩΔΕ)
- 13 σταθμοί της ΕΜΥ
- 4 σταθμοί της ΔΕΗ
- 1 σταθμός του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ)

Από τους παραπάνω, οι 75 διαθέτουν μόνο ημερήσιο βροχόμετρο, οι οκτώ διαθέτουν βροχογράφο και βροχόμετρο, ενώ σε πέντε σταθμούς (Απόστολοι, Μισελεροί, Ποταμίες, Σίτανος, Σούδα) υπάρχει μόνο βροχογράφος.

Τα χαρακτηριστικά των σταθμών, τα δείγματα των οποίων καλύπτουν από 11 έως 69 έτη, δίνονται παρακάτω (Πίνακας 2.1). Στον χάρτη του Σχήματος 2.1 φαίνονται οι θέσεις όλων των σταθμών, οι οποίοι παρουσιάζουν πολύ ικανοποιητική γεωγραφική κάλυψη της Κρήτης (στο χάρτη δεν απεικονίζεται ο σταθμός Κάλυβος, καθώς θεωρήθηκε μη αξιόπιστος και συνεπώς εξαιρέθηκε από τις αναλύσεις, όπως εξηγείται στην ενότητα 5).

Μετά την επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων (παρ. δείγματα δόθηκαν σε μορφή χρονοσειράς ετήσιων μεγίστων (μέγιστο ύψος βροχής ανά υδρολογικό έτος). Ειδικότερα, για τα βροχόμετρα δόθηκαν χρονοσειρές μεγίστων ημερήσιων τιμών και αθροιστικών τιμών δύο ημερών (συνολικά 83x2 = 166 χρονοσειρές), ενώ για τους βροχογράφους δόθηκαν χρονοσειρές ετήσιων μεγίστων για διάφορες χρονικές ανά σταθμό (5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h). Συνολικά, διαμορφώθηκαν 88 χρονοσειρές ετήσιων μεγίστων, με βάση τα πρωτογενή στοιχεία των βροχογράφων.

Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά βροχομετρικών σταθμών ΥΔ Κρήτης.

Όνομασία	Νομός	Λεκάνη απορροής	Υπηρεσία	Z (m)	X (m)	Y (m)
ΑΒΔΟΥ*	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΠΟΣΕΛΕΜΗΣ	ΥΠΑΑΤ	230	630 233	3 899 448
ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΚΟΥΡΤΑΛΙΩΤΗΣ	ΥΠΕΚΑ	299	541 178	3 899 924
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ*	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΛΕΚΑΝΗ ΤΖΕΡΜΙΑΔΩΝ	ΥΠΕΚΑ	836	634 958	3 892 346
ΑΓ. ΘΩΜΑΣ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΓΙΟΦΥΡΟΣ Π.	ΥΠΕΚΑ	564	594 040	3 889 328
ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΥΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	570	590 910	3 887 874
ΑΓ. ΓΑΛΗΝΗ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΠΛΑΤΥ	ΥΠΑΑΤ	20	562 696	3 883 780
ΑΓ. ΚΥΡΙΑΛΛΟΣ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	ΥΠΑΑΤ	450	583 036	3 870 700
ΑΚΟΥΜΙΑ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΑΚΟΥΜΙΑΝΟΣ Ρ.	ΥΠΕΚΑ	512	552 936	3 891 141
ΑΝΩ ΑΡΧΑΝΕΣ*	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΩ ΑΡΧΑΝΕΣ	ΥΠΕΚΑ	392	605 473	3 899 707
ΑΝΩΓΕΙΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ		ΕΜΥ	724	580 001	3 905 514
ΑΠΟΣΤΟΛΟΙ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ		ΔΕΗ	500	557 467	3 900 725
ΑΡΜΑΧΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ	ΥΠΑΑΤ	450	622 750	3 891 949
ΑΡΜΕΝΟΙ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΠΕΤΡΕΣ Ρ.	ΥΠΕΚΑ	373	541 645	3 906 282
ΑΣΗΜΙ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΑΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	200	600 049	3 877 943
ΑΣΚΥΦΟΥ	ΧΑΝΙΩΝ	ΑΣΚΥΦΟΥ	ΥΠΑΑΤ	740	517 156	3 906 520
ΑΣΩΜΑΤΟΣ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΠΛΑΤΥΣ Π.	ΥΠΕΚΑ	332	560 118	3 899 879
ΑΧΕΝΤΡΙΑΣ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΑΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	680	612 352	3 873 325
ΒΑΓΙΩΝΙΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΥΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	190	591 040	3 874 936
ΒΑΜΟΣ	ΧΑΝΙΩΝ		ΕΜΥ	192	517 724	3 918 053
ΒΟΛΕΩΝΕΣ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΠΡΑΣΣΑΝΟΥ	ΥΠΑΑΤ	260	552 861	3 902 359
ΒΟΝΗ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΚΑΡΤΕΡΟΥ	ΥΠΑΑΤ	330	613 595	3 895 526

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

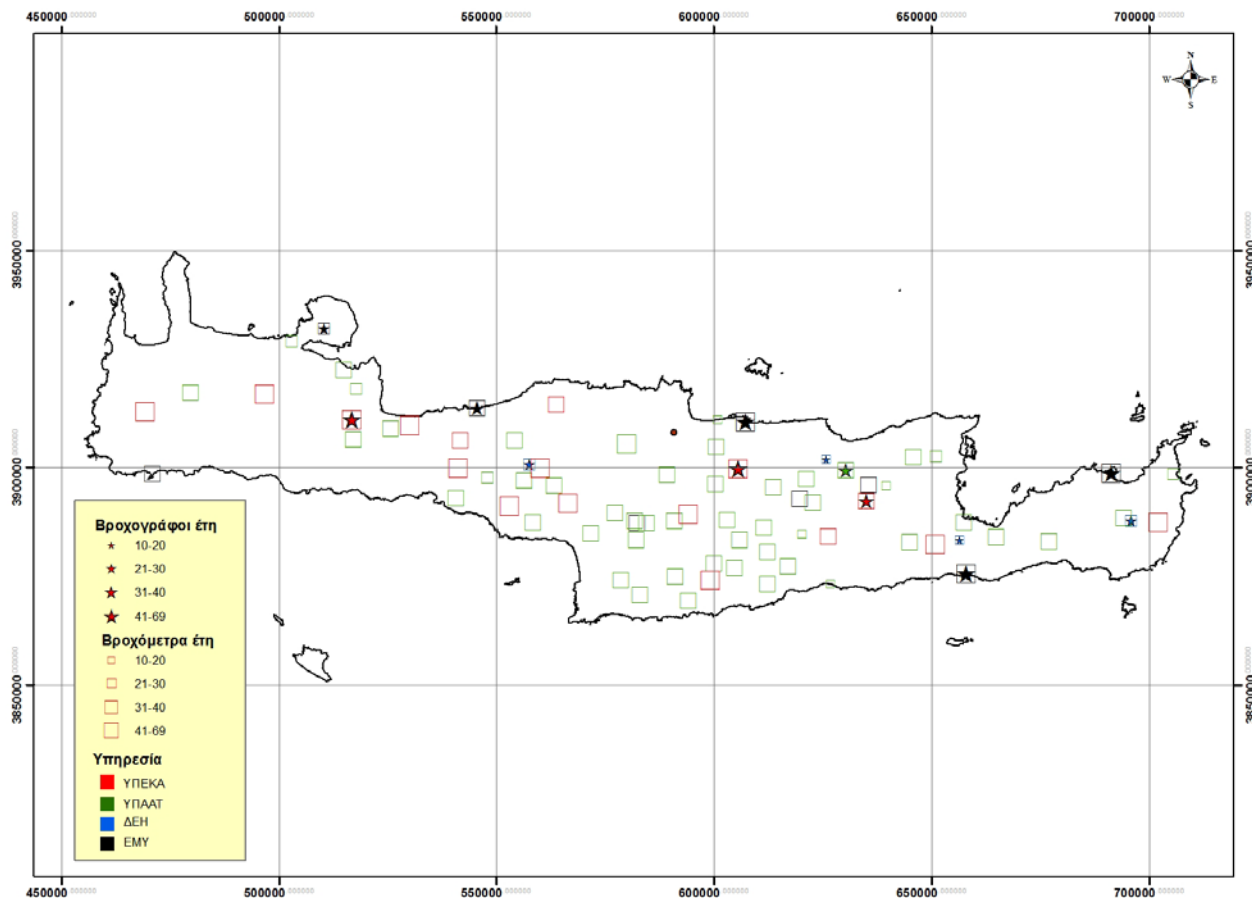
Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Όνομασία	Νομός	Λεκάνη απορροής	Υπηρεσία	Z (m)	X (m)	Y (m)
ΒΟΡΙΖΙΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΥΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	520	577 228	3 889 597
ΒΥΖΑΡΙ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΠΛΑΤΥ	ΥΠΑΑΤ	310	563 266	3 895 810
ΓΑΡΑΖΟ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΠΕΡΑΜΑΤΙΑΝΟΣ	ΥΠΑΑΤ	260	571 668	3 911 363
ΓΑΥΔΟΣ	ΧΑΝΙΩΝ	ΠΛΑΤΥ	ΥΠΑΑΤ	10	508 459	3 854 769
ΓΕΡΑΚΑΡΙ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΠΛΑΤΥ	ΥΠΑΑΤ	660	556 336	3 897 010
ΓΕΡΓΕΡΗ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΥΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	450	584 536	3 887 230
ΔΕΜΑΤΙ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΑΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	210	617 026	3 877 270
ΕΜΠΑΡΟΣ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΝΑΠΟΔΙΑΡΗΣ Π.	ΥΠΕΚΑ	439	626 193	3 884 197
ΕΜΠΡΟΣΝΕΡΟΣ*	ΧΑΝΙΩΝ	ΒΡΥΣΕΣ Ρ.	ΥΠΕΚΑ	272	516 847	3 911 023
ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΑΛΜΥΡΟΣ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	ΥΠΑΑΤ	840	639 586	3 895 960
ΕΠΙΣΚΟΠΗ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΥΠΟΛ. ΚΡΗΤΗΣ	ΥΠΕΚΑ	100	530 096	3 909 648
ΖΑΚΡΟΣ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΥΠΟΛ. ΑΝΑΤ.ΚΡΗΤΗΣ	ΥΠΕΚΑ	224	702 120	3 887 467
ΖΑΡΟΣ (ΕΜΥ)	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΥΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΕΜΥ	330	582 323	3 887 298
ΖΑΡΟΣ (ΥΠΑΑΤ)	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΥΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	500	581 799	3 887 788
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΜΥ)*	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΩ ΑΡΧΑΝΕΣ	ΕΜΥ	40	607 258	3 910 577
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΥΠΑΑΤ)	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΑΤ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΥΠΑΑΤ	15	600 886	3 910 990
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΑΑ)	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΓΑΖΑΝΟΣ Π.	ΕΑΑ	0	590 705	3 908 208
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ*	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΥΠΟΛ. ΑΝΑΤ.ΚΡΗΤΗΣ	ΕΜΥ	12	657 913	3 875 662
ΚΑΒΟΥΣΙ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	Ν. ΡΕΘΥΜΝΗΣ	ΥΠΑΑΤ	580	554 179	3 906 323
ΚΑΛΑΜΑΥΚΑ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΥΠΟΛ. ΑΝΑΤ.ΚΡΗΤΗΣ	ΥΠΕΚΑ	502	650 841	3 882 459
ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	ΥΠΑΑΤ	20	657 492	3 887 454
ΚΑΛΥΒΕΣ	ΧΑΝΙΩΝ	ΚΑΛΥΒΩΝ	ΥΠΑΑΤ	20	514 927	3 922 549
ΚΑΛΥΒΙΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΑΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	200	612 261	3 880 719
ΚΑΛΥΒΟΣ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ Ρ.	ΥΠΕΚΑ	552	572 123	3 907 709
ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΑΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	800	594 138	3 869 421
ΚΑΣΣΑΝΟΙ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΑΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	320	620 116	3 884 740
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΕΜΥ)	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ	ΕΜΥ	336	619 743	3 892 766
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΥΠΑΑΤ)	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ	ΥΠΑΑΤ	350	621 158	3 897 473
ΚΑΤΣΙΔΟΝΙ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΠΑΤΕΛΗ	ΥΠΑΑΤ	480	694 096	3 888 550
ΚΑΨΑΛΟΙ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΒΙΑΝΝΟΥ	ΥΠΑΑΤ	10	626 716	3 873 280
ΚΡΟΥΣΩΝΑΣ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΥΤ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΥΠΑΑΤ	500	589 276	3 898 390
ΛΑΓΟΛΙΟ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΥΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	140	571 666	3 884 860
ΛΕΥΚΟΓΕΙΑ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΚΟΥΡΤΑΛΙΩΤΗ	ΥΠΑΑΤ	90	540 774	3 893 055
ΜΑΛΛΕΣ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΜΥΡΤΟΥ	ΥΠΑΑΤ	590	644 896	3 882 850
ΜΑΡΩΝΕΙΑ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΠΑΤΕΛΗ	ΥΠΑΑΤ	150	689 776	3 889 690
ΜΕΛΑΜΠΕΣ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΠΛΑΤΥ	ΥΠΑΑΤ	560	558 436	3 887 380
ΜΕΣΚΛΑ	ΧΑΝΙΩΝ	ΠΛΑΤΑΝΙΑΣ	ΥΠΕΚΑ	200	496 774	3 916 992
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΑΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	430	603 058	3 888 005
ΜΙΣΕΛΕΡΟΙ		ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΔΕΗ	360	656 349	3 883 406
ΜΟΡΟΝΙ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΥΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	400	582 134	3 883 486
ΜΟΥΡΙ	ΧΑΝΙΩΝ	ΚΟΥΡΝΑ	ΥΠΑΑΤ	50	525 676	3 908 980
ΜΥΘΟΙ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΜΥΡΤΟΥ	ΥΠΑΑΤ	200	645 166	3 877 390
ΝΕΑΠΟΛΗ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΑΛΜΥΡΟΣ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	ΥΠΑΑΤ	240	645 796	3 902 380
ΝΙΘΑΥΡΗ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΠΛΑΤΥΣ Π.	ΥΠΕΚΑ	461	566 470	3 891 884
ΠΑΛΑΙΑ ΡΟΥΜΑΤΑ	ΧΑΝΙΩΝ	ΤΑΥΡΩΝΙΤΗ	ΥΠΑΑΤ	316	479 746	3 917 260
ΠΑΛΑΙΚΑΣΤΡΟ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΠΑΛΑΙΚΑΣΤΡΟΥ	ΥΠΑΑΤ	25	705 496	3 898 540
ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ	ΧΑΝΙΩΝ		ΕΜΥ	10	470 986	3 898 553
ΠΑΡΤΗΡΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΑΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	400	611 476	3 886 360
ΠΑΧΕΙΑ ΑΜΜΟΣ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ	ΥΠΑΑΤ	50	664 846	3 884 170
ΠΕΡΑΜΑ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ Ρ.	ΥΠΕΚΑ	54	563 825	3 914 489
ΠΟΜΠΙΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΥΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	150	578 536	3 874 150
ΠΟΤΑΜΙΕΣ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΠΟΣΕΛΕΜΗ	ΔΕΗ	0	625 687	3 901 981

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

T1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Όνομασία	Νομός	Λεκάνη απορροής	Υπηρεσία	Z (m)	X (m)	Y (m)
ΠΡΑΙΤΩΡΙΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΑΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	225	604 705	3 876 931
ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΓΙΟΦΥΡΟΥ	ΥΠΑΑΤ	380	600 316	3 896 140
ΡΕΘΥΜΝΟ*	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΥΠΟΛ. ΚΡΗΤΗΣ	ΕΜΥ	5	545 653	3 913 647
ΣΗΤΕΙΑ*	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΥΠΟΛ. ΑΝΑΤ.ΚΡΗΤΗΣ	ΕΜΥ	115	691 225	3 898 731
ΣΙΤΑΝΟΣ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΥΠΟΛ. ΑΝΑΤ.ΚΡΗΤΗΣ	ΔΕΗ	620	695 778	3 887 870
ΣΟΥΔΑ	ΧΑΝΙΩΝ		ΕΜΥ	150	510 428	3 931 908
ΣΠΗΛΙ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	ΣΠΗΛΙΟΥ	ΥΠΑΑΤ	390	547 996	3 897 760
ΣΤΑΥΡΟΧΩΡΙ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΣΤΑΥΡΟΧΩΡΙΟΥ	ΥΠΑΑΤ	325	676 876	3 883 150
ΣΤΕΡΝΕΣ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΣ Π.	ΥΠΕΚΑ	322	599 115	3 874 126
ΣΤΡΟΒΛΕΣ	ΧΑΝΙΩΝ	ΤΥΦΛΟΥ Ρ.	ΥΠΕΚΑ	515	469 352	3 912 967
ΤΕΦΕΛΙ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΝΑΤ. ΜΕΣΣΑΡΑΣ	ΥΠΑΑΤ	360	605 866	3 883 420
ΤΖΕΡΜΙΑΔΕΣ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΛΕΚΑΝΗ ΤΖΕΡΜΙΑΔΩΝ	ΕΜΥ	820	635 510	3 896 083
ΦΟΙΝΙΚΙΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΥΤ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΥΠΑΑΤ	40	600 526	3 904 810
ΦΟΥΡΝΗΣ	ΛΑΣΙΘΙΟΥ		ΕΜΥ	320	650 975	3 902 652
ΧΑΝΙΑ	ΧΑΝΙΩΝ		ΕΜΥ	12	503 033	3 929 043



Εικόνα 2.1: Θέσεις βροχομετρικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη.

2.3 Λογισμικό επεξεργασίας χρονοσειρών

Για τις επεξεργασίες των πρωτογενών χρονοσειρών και την εξαγωγή των χρονοσειρών ετήσιων μεγίστων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Υδρογνώμων (<http://hydrognomon.org/>).

Ο Υδρογνώμων είναι μία αυτόνομη εφαρμογή λογισμικού που τρέχει στο περιβάλλον των Microsoft Windows. Το λογισμικό αναπτύσσεται από ερευνητική ομάδα του ΕΜΠ εδώ και μία δεκαετία, και έχει χρησιμοποιηθεί τόσο σε ερευνητικές εργασίες όσο και επιχειρησιακά. Οι σημαντικότερες λειτουργίες του λογισμικού είναι:

- Μετατροπή χρονοσειρών σε σταθερό χρονικό βήμα (ως γνωστόν, οι πρωτογενείς χρονοσειρές συχνά δίνονται με ακανόνιστο χρονικό βήμα, η μετατροπή του οποίου σε βήμα σταθερής χρονικής διακριτότητας είναι αναγκαία για τις περαιτέρω επεξεργασίες των δεδομένων).
- Εξαγωγή χρονοσειρών μεγαλύτερου χρονικού βήματος (συνάθροιση), π.χ. ωριαίων από δεκάλεπτες, ημερήσιων από ωριαίες, μηνιαίων από ημερήσιες.
- Τυπικοί έλεγχοι συνέπειας, όπως έλεγχος ακραίων τιμών και χρονικής συνέπειας.
- Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ χρονοσειρών, πολλαπλή παλινδρόμηση, οργανική συσχέτιση και αυτοσυσχέτιση.
- Εκτίμηση μηνιαίου υδατικού ισοζυγίου λεκάνης απορροής, με εφαρμογή του εννοιολογικού μοντέλου Ζυγός.
- Συμπλήρωση ελλειπουσών τιμών μέσω γραμμικής παλινδρόμησης, δυνατότητα εισαγωγή τυχαίου όρου για διατήρηση των στατιστικών χαρακτηριστικών, επέκταση χρονοσειρών.
- Γραμμικές πράξεις μεταξύ χρονοσειρών.
- Κατάρτιση καμπυλών στάθμης-παροχής με στατιστικές μεθόδους και καμπυλών επέκτασης με χρήση υδραυλικών εξισώσεων.
- Εξαγωγή χρονοσειρών παροχών από χρονοσειρές στάθμης, καθώς και χρονοσειρών όγκου και επιφανείας από χρονοσειρές στάθμης ταμιευτήρων και λιμνών.
- Εκτίμηση εξάτμισης και δυνητικής εξατμοδιαπνοής με αναλυτικές ή ημιεμπειρικές μεθόδους.
- Εκτίμηση στατιστικών χαρακτηριστικών δείγματος χρονοσειράς, προσαρμογή στατιστικών παραμέτρων, στατιστικές προγνώσεις, στατιστικοί έλεγχοι και εύρεση διαστημάτων εμπιστοσύνης (υποσύστημα Πυθία).
- Ανάλυση ακραίων βροχοπτώσεων, κατάρτιση ομβρίων καμπυλών (υποσύστημα Όμβρος).

Ο Υδρογνώμων διαχειρίζεται αρχεία ascii με την κατάληξη .hts. Στις περιπτώσεις που τα δεδομένα ανακτήθηκαν από την ΕΤΥΜΠ, οι χρονοσειρές ήταν σε αυτή την μορφή. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις συλλογής δεδομένων (από πίνακες, ψηφιοποίηση πρωτογενών δεδομένων, κλπ.) έπρεπε να παραχθεί το κατάλληλο αρχείο εισόδου ascii, ώστε στη συνέχεια να γίνει επεξεργασία. Το αρχείο εισόδου μπορεί εύκολα να παραχθεί σε λογιστικό φύλλο Excel.

2.4 Αναλυτική περιγραφή πρωτογενών δεδομένων

2.4.1 Δεδομένα ΥΠΕΚΑ

Βροχογράφοι

- Δεδομένα :** Ψηφιακά δεδομένα με χρονοσειρές ύψους βροχόπτωσης, χρονικού βήματος 30 min από την ΕΤΥΜΠ. Τα περισσότερα δεδομένα φτάνουν μέχρι το έτος 1995.
- Επεξεργασία :** Εξαγωγή χρονοσειρών μεγίστων ετήσιων τιμών βροχόπτωσης για διάφορες χρονικές κλίμακες (30 min, 1 h, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h). Η διαδικασία έγινε με το λογισμικό Υδρογνώμων.
- Επέκταση χρονοσειρών :** Έγινε ψηφιοποίηση επιλεγμένων επεισοδίων ισχυρών καταιγίδων (ενδεικτικά 2-3 ανά υδρολογικό έτος) όπου ήταν διαθέσιμα. Αναζητήθηκαν τα πρωτογενή δεδομένα (ταινίες βροχογράφων) στο αρχείο της ΕΓΥ, έγινε επιλογή των επεισοδίων, φωτογράφιση των ταινιών και στη συνέχεια ψηφιοποίηση των επεισοδίων σε λογιστικό φύλο, δημιουργία αρχείου εισόδου ascii για το λογισμικό Υδρογνώμων και εξαγωγή χρονοσειρών μεγίστων ετήσιων τιμών βροχόπτωσης για διάφορες χρονικές κλίμακες (1 h, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h).

Βροχόμετρα

- Δεδομένα :** Ψηφιακά δεδομένα με χρονοσειρές ύψους βροχόπτωσης, ημερήσιου χρονικού βήματος από την ΕΤΥΜΠ. Τα περισσότερα δεδομένα φτάνουν μέχρι το έτος 1995.
- Επεξεργασία :** Εξαγωγή χρονοσειρών μεγίστων ετήσιων τιμών βροχόπτωσης για χρονική κλίμακα 24 και 48 h. Η διαδικασία έγινε με το λογισμικό Υδρογνώμων.
- Επέκταση χρονοσειρών :** Αναζητήθηκαν τα πρωτογενή δεδομένα (φύλλα παρατηρήσεων βροχομέτρου) στο αρχείο της ΕΓΥ και όπου ήταν διαθέσιμα, έγινε επιτόπου φυλλομέτρηση και για κάθε υδρολογικό έτος καταγράφηκαν τα μέγιστα ύψη βροχόπτωσης για χρονική κλίμακα 24 και 48 h.

2.4.2 Δεδομένα ΕΜΥ

Βροχογράφοι

Δεδομένα : Ψηφιακά δεδομένα με χρονοσειρές ύψους βροχόπτωσης, χρονικού βήματος 5 min από την ΕΤΥΜΠ.

Επεξεργασία : Εξαγωγή χρονοσειρών μεγίστων ετήσιων τιμών βροχόπτωσης για διάφορες χρονικές κλίμακες (5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h). Η διαδικασία έγινε με το λογισμικό Υδρογνώμων.

Δεδομένα : Από τον σύμβουλο λάβαμε φωτογραφίες των δελτίων καταγραφής των βροχογράφων. Τα δελτία αυτά είναι προϊόν επεξεργασίας των ταινιών του βροχογράφου. Περιέχουν αθροιστικές τιμές βροχόπτωσης 24ώρου με διακριτότητα 5 λεπτών. Οι φωτογραφίες καλύπτουν ενδεικτικά το διάστημα 1987-2010.

Επεξεργασία : Έγινε πληκτρολόγηση όλης της χρονοσειράς σε λογιστικό φύλλο, μετατροπή της αθροιστικής βροχόπτωσης σε στιγμιαία, δημιουργία αρχείου εισόδου ascii για το λογισμικό Υδρογνώμων και εξαγωγή μεγίστων ετήσιων τιμών βροχόπτωσης για διάφορες χρονικές κλίμακες (5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h).

Δεδομένα : Από τον τμήμα Εφαρμογών Υδρομετεωρολογίας της ΕΜΥ λάβαμε λογιστικά φύλλα με πρωτογενή αλλά και επεξεργασμένα δεδομένα βροχογράφων. Τα πρωτογενή δεδομένα περιείχαν αθροιστικές τιμές βροχόπτωσης 24ώρου με διακριτότητα 5 min.

Τα επεξεργασμένα δεδομένα περιείχαν μέγιστες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης για διάφορες κλίμακες (5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 6 h, 12 h, 24h).

Επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων : Έγινε υπολογισμός της στιγμιαίας βροχόπτωσης από τις αθροιστικές τιμές που δόθηκαν , δημιουργία αρχείου εισόδου ascii για το λογισμικό Υδρογνώμων και εξαγωγή μεγίστων ετήσιων τιμών βροχόπτωσης για διάφορες χρονικές κλίμακες (5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h).

Επεξεργασία μέγιστων τιμών: Εξαγωγή μεγίστων ετήσιων τιμών για διάφορες χρονικές διάρκειες (5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 6 h, 12 h, 24h).

Βροχόμετρα

Δεδομένα : Ψηφιακά δεδομένα με χρονοσειρές ύψους βροχόπτωσης, ημερήσιου χρονικού βήματος από την ΕΤΥΜΠ.

Επεξεργασία : Εξαγωγή χρονοσειρών μεγίστων ετήσιων τιμών βροχόπτωσης για χρονική κλίμακα 24 και 48 h. Η διαδικασία έγινε με το λογισμικό Υδρογνώμων.

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

- Δεδομένα :** Από τον σύμβουλο λάβαμε φωτογραφίες των δελτίων καταγραφής των βροχογράφων. Τα δελτία αυτά είναι προϊόν επεξεργασίας των ταινιών του βροχογράφου και αναγράφουν την καταγραφή και του βροχομέτρου που συνήθως υπάρχει σε κάθε σταθμό. Οι τιμές είναι ημερήσιες. Οι φωτογραφίες καλύπτουν ενδεικτικά το διάστημα 1987-2010.
- Επεξεργασία :** Έγινε πληκτρολόγηση όλης της χρονοσειράς σε λογιστικό φύλλο, δημιουργία αρχείου εισόδου ascii για το λογισμικό Υδρογνώμων και εξαγωγή μεγίστων ετήσιων τιμών για χρονικές κλίμακες 24 και 48 h.
- Δεδομένα :** Από τον τμήμα Εφαρμογών Υδρομετεωρολογίας της ΕΜΥ λάβαμε λογιστικά φύλλα με ημερήσιες καταγραφές βροχομέτρων.
- Επεξεργασία :** Έγινε δημιουργία αρχείου εισόδου ascii για το λογισμικό Υδρογνώμων και εξαγωγή μεγίστων ετήσιων τιμών για χρονικές κλίμακες 24 και 48 h.

2.4.3 Δεδομένα ΔΕΗ

Βροχογράφοι

- Δεδομένα :** Από τον Τομέα Υδρολογίας της Δ.Ε.Η. μας διατέθηκαν οι υπάρχουσες ψηφιακές χρονοσειρές από την ΕΤΥΜΠ. Το χρονικό βήμα των καταγραφών είναι 30 min.
- Επεξεργασία :** Εξαγωγή χρονοσειρών μεγίστων ετήσιων τιμών βροχόπτωσης για διάφορες χρονικές κλίμακες (30 min, 1 h, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h). Η διαδικασία έγινε με το λογισμικό Υδρογνώμων.
- Επέκταση χρονοσειρών :** Προκειμένου να γίνει επέκταση των χρονοσειρών των βροχογράφων για τις περιόδους που δεν καλύπτονται από την ΕΤΥΜΠ, αποφασίστηκε να γίνει ψηφιοποίηση επιπλέον δεδομένων. Για το σκοπό αυτό, έγινε επιλογή ισχυρών καταιγίδων (ενδεικτικά 2-3 ανά υδρολογικό έτος). Η επιλογή έγινε από τον ανάδοχο και η διαδικασία της ψηφιοποίησης από το τμήμα υδρολογίας της ΔΕΗ. Τα αποτελέσματα της ψηφιοποίησης ήταν χρονοσειρές σε λογιστικά φύλλα με διακριτότητα 15 min. Στη συνέχεια έγινε δημιουργία αρχείου εισόδου ascii για το λογισμικό Υδρογνώμων και εξαγωγή μεγίστων ετήσιων τιμών βροχόπτωσης για διάφορες χρονικές κλίμακες (15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h).

2.4.4 Δεδομένα Περιφέρειας Κρήτης (ΥΠΑΑΤ)

Βροχόμετρα

- Δεδομένα :** Το τμήμα Υδροοικονομίας της Περιφέρειας Κρήτης έχει ψηφιοποιήσει και διαθέτει ελεύθερα στο διαδίκτυο βροχομετρικές παρατηρήσεις από σταθμούς του ΥΠΑΑΤ στην Κρήτη. Τα δεδομένα είναι ημερήσιες καταγραφές του ύψους βροχής.
- Επεξεργασία :** Οι επιμέρους πίνακες κάθε έτους συνδέθηκαν σε μια χρονοσειρά σε λογιστικό φύλλο. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε αρχείου εισόδου ascii για το λογισμικό Υδρογνώμων και έγινε εξαγωγή χρονοσειρών μεγίστων ετήσιων τιμών για χρονικές κλίμακες 24 και 48 h.

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

2.5 Τελικά δείγματα

Στον Πίνακα 2.2 συνοψίζονται τα βροχομετρικά δεδομένα που συλλέχθηκαν, με αναφορά στην πηγή, τον φορέα, το μορφότυπο, το όργανο μέτρησης και την αντίστοιχη χρονική διακριτικότητα, τη χρονική περίοδο των δεδομένων, τη διαδικασία επεξεργασίας κτλ.

Πίνακας 2.2 : Βροχομετρικά στοιχεία που συλλέχθηκαν

Πηγή δεδομένων	Φορέας συλλογής	Όργανο	Format	Καταγραφή	Χρονικό βήμα	Χρονικό διάστημα	Επεξεργασία	Τελικά δείγματα
Ε.Τ.Υ.Μ.Π.	Υ.Π.Α.Α.Τ.	Β/Μ	ascii	Υψος βροχής	Ημερήσιο	1973-2010	Υδρογνώμων	Μέγιστα 24h - 48h
Περιφέρεια Κρήτης	Υ.Π.Α.Α.Τ.	Β/Μ	Πίνακες Excel	Υψος βροχής	Ημερήσιο	1993-2010	Excel & Υδρογνώμων	Μέγιστα 24h - 48h
Ε.Τ.Υ.Μ.Π.	Υ.Π.Ε.Κ.Α.	Β/Γ	ascii	Υψος βροχής	30 min	1945-1995	Υδρογνώμων	Μέγιστα 30m-1h-2h-3h-6h12h-24h-48h
Ε.Γ.Υ.	Υ.Π.Ε.Κ.Α.	Β/Γ	Πρωτογενή δεδομένα - ταινίες καταγραφής	Υψος βροχής	1 h	1995-2012	Επιλογή επεισοδίων φωτογράφιση Excel & Υδρογνώμων	Μέγιστα 1h-2h-3h-6h12h-24h-48h
Ε.Τ.Υ.Μ.Π.	Υ.Π.Ε.Κ.Α.	Β/Μ	ascii	Υψος βροχής	Ημερήσιο	1945-1995	Υδρογνώμων	Μέγιστα 24h - 48h
Ε.Γ.Υ.	Υ.Π.Ε.Κ.Α.	Β/Μ	Φύλλα καταγραφής	Υψος βροχής	Ημερήσιο	1995-2013	Φυλλομέτρηση καταγραφή μεγίστων	Μέγιστα 24h - 48h
Ε.Τ.Υ.Μ.Π.	Ε.Μ.Υ.	Β/Γ	ascii	Υψος βροχής	5 min	Διάφορα	Υδρογνώμων	Μέγιστα 5m-10m - 15min-30m-1h-2h-3h-6h12h-24h-48h
Σύμβουλος	Ε.Μ.Υ.	Β/Γ	Φωτογραφίες εντύπων καταγραφής	Υψος βροχής	5 min	1987-2010	Πληκτρολόγηση δεδομένων Excel & Υδρογνώμων	Μέγιστα 5m-10m - 15min-30m-1h-2h-3h-6h12h-24h-48h
Ε.Μ.Υ.	Ε.Μ.Υ.	Β/Γ	Πίνακες Excel	Μέγιστα μηνιαία ύψη βροχής	5m-10m - 15m-30m-1h-2h-6h12h-24h	1972-1987	Excel	Μέγιστα 5m-10m - 15m-30m-1h-2h-6h12h-24h
Ε.Τ.Υ.Μ.Π.	Ε.Μ.Υ.	Β/Μ	ascii	Υψος βροχής	Ημερήσιο	Διάφορα	Υδρογνώμων	Μέγιστα 24h - 48h
Δ.Ε.Η.	Δ.Ε.Η.	Β/Γ	ascii	Υψος βροχής	30 min	1974-1995	Υδρογνώμων	Μέγιστα 30m-1h-2h-3h-6h12h-24h-48h
Δ.Ε.Η.	Δ.Ε.Η.	Β/Γ	Πίνακες Excel	Υψος βροχής	15 min	1995-2012	Excel & Υδρογνώμων	Μέγιστα 15min-30m-1h-2h-3h-6h12h-24h-48h
ΕΤΥΜΠ	Ε.Α.Α.	Β/Μ	ascii	Υψος βροχής	Ημερήσιο	1957-2011	Υδρογνώμων	Μέγιστα 24h - 48h

3 Εντοπισμός σφαλμάτων πρωτογενών δειγμάτων και σχετικοί έλεγχοι

3.1 Τυπικοί έλεγχοι επάρκειας και συνέπειας δεδομένων

Αρχικά, επιχειρήθηκε ο εντοπισμός των εσφαλμένων ή ύποπτα χαμηλών τιμών στα πρωτογενή δείγματα που προέκυψαν μετά την αποδελτίωση των πρωτογενών δεδομένων, οι οποίες απομακρύνθηκαν. Η διαδικασία εντοπισμού των σφαλμάτων βασίστηκε σε εμπειρικά κριτήρια και απλούς ελέγχους, ως εξής:

Πρώτα εξετάστηκαν τα δείγματα των ετήσιων μέγιστων υψών βροχής μίας και δύο ημερών, τα οποία ελήφθησαν από τα βροχόμετρα. Σε πρώτη φάση απομακρύνθηκαν οι προφανώς εσφαλμένες μηδενικές τιμές, καθώς και οι τιμές κάτω από τα 5 mm, που κρίνεται εξαιρετικά απίθανο να εμφανιστούν σε σειρά ημερήσιων μεγίστων. Με βάση τα επικαιροποιημένα μετά την απομάκρυνση των παραπάνω τιμών, δείγματα, ορίστηκε ένα υψηλότερο κατώφλι ελέγχου, ίσο με το 20% της μέσης τιμής κάθε χρονοσειράς μεγίστων. Για κάθε τιμή που υπολείπεται του εν λόγω κατωφλίου αναζητήθηκε (όπου ήταν εφικτό) η πλήρης χρονοσειρά ημερήσιων υψών βροχής του συγκεκριμένου σταθμού και των γειτονικών τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις, διαπιστώθηκε ότι η ύποπτα χαμηλή τιμή του ετήσιου μεγίστου οφειλόταν σε ελλείψεις στο πρωτογενές δείγμα, σε περιόδους μάλιστα που είναι συνήθης η πραγματοποίηση ισχυρών βροχοπτώσεων (π.χ. χειμερινοί μήνες). Με τη διαδικασία αυτή απομακρύνθηκαν από τα αρχικά δείγματα οι τιμές εκείνες που κατά την κρίση μας θεωρήθηκαν μη ρεαλιστικές (περίπου το 10% των τιμών), και προφανώς τα αντίστοιχα υδρολογικά έτη θεωρήθηκαν κενά. Παρόμοια διαδικασία εφαρμόστηκε στις τιμές της μέγιστης αθροιστικής βροχόπτωσης δύο ημερών.

Για τους βροχογράφους, έγινε επιπλέον έλεγχος που βασίστηκε στο προφανές κριτήριο της συνέπειας των διαδοχικών χρονικών κλιμάκων (έλεγχος φθίνουσας σειράς εντάσεων βροχής). Γενικά, δεν παρατηρήθηκαν ασυμβατότητες. Επισημαίνεται ότι τα περισσότερα από τα δεδομένα δόθηκαν απευθείας από τους σχετικούς φορείς (ΕΜΥ, ΔΕΗ), οπότε είχαν ήδη ελεγχθεί για τέτοια σφάλματα.

Αντίστοιχοι συστηματικοί έλεγχοι για τις υψηλές τιμές της βροχόπτωσης δεν ήταν δυνατό να πραγματοποιηθούν, δεδομένου ότι είναι δύσκολο να καθοριστεί κάποιο εύλογο άνω όριο για τη βροχόπτωση. Για τον λόγο αυτό, ο έλεγχος περιορίστηκε στην εμπειρική αξιολόγηση ορισμένων ιδιαίτερα υψηλών τιμών, που κρίθηκαν ύποπτοι και αφορούν στους εξής σταθμούς:

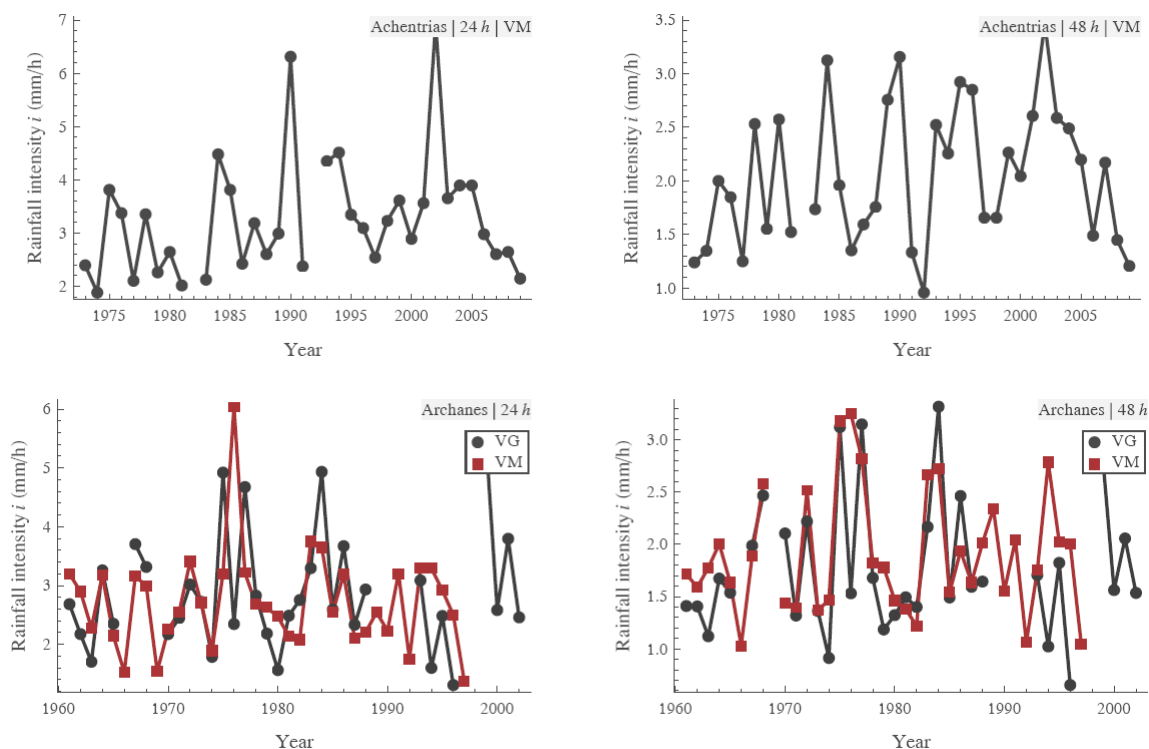
- Στο σταθμό **Ασκούφου** αναφέρονται, ημερήσιο και διήμερο ύψος βροχής 510 και 750 mm αντίστοιχα, το υδρολογικό έτος 2009-10. Σύμφωνα με έρευνα που έγινε, ενδεχομένως οι τιμές αυτές να αναφέρονται σε επεισόδιο πολύ ισχυρής καταιγίδας της 15ης και 16ης Ιανουαρίου 2010, στο οποίο μάλιστα υπήρξε και θύμα. Ωστόσο, επειδή την αντίστοιχη περίοδο υπήρξε και έντονη χιονόπτωση, εικάζεται ότι το όργανο δεν μπόρεσε να καταγράψει ορθά τη συνολική κατακρήμνιση, η οποία υπερεκτιμήθηκε λόγω εισροής λιωμένου χιονιού. Από την άλλη πλευρά, εξετάζοντας τόσο τη χρονοσειρά ημερήσιων μεγίστων όσο και την πλήρη χρονοσειρά ημερήσιων υψών βροχής δεν εντοπίστηκε κάποια ιδιαίτερη συμπεριφορά, που να δημιουργεί υποψίες σχετικά με τη λειτουργία του βροχομέτρου. Μάλιστα, στον σταθμό αυτό καταγράφονται συστηματικά τα μεγαλύτερα ύψη βροχής σε όλη της Κρήτη, με τη μέση ετήσια βροχόπτωση να ανέρχεται στα 1900 mm. Επιπλέον, καταγράφονται συστηματικά πολύ μεγάλα ύψη βροχής, τέτοια ώστε το αναφερθέν ρεκόρ των 510 mm να θεωρείται στατιστικά πιθανό. Ο σταθμός βρίσκεται σε μεγάλο υψόμετρο (740 m) και φαίνεται ότι επηρεάζεται από τα έντονα συστήματα καιρού της Δυτικής Κρήτης. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από τα πολύ μεγάλα ύψη βροχής που καταγράφουν όλοι οι ορεινοί σταθμοί της ευρύτερης περιοχής (Εμπροσνερός, Μεσκλά, κτλ.).

- Ο σταθμός **Παλαιοχώρα**, όπου έχει καταγραφεί ημερήσιο ύψος βροχής 420 mm, το υδρολογικό έτος 1954-55. Η υποψία για τον συγκεκριμένο σταθμό δημιουργήθηκε λόγω της μεγάλης απόστασης της πρώτης από τη δεύτερη μεγαλύτερη τιμή του δείγματος (159 mm). Σε έρευνα αρχείων της εποχής, μέσω του Διαδικτύου, αναφέρεται ότι τον Νοέμβριο του 1954 πραγματοποιήθηκε ένα εξαιρετικό (που χαρακτηρίζεται ως πρωτοφανές) επεισόδιο βροχής στην ευρύτερη περιοχή, το οποίο προκάλεσε πολύ μεγάλες ζημιές. Η αναφορά αυτή δικαιολογεί το παραπάνω ύψος βροχόπτωσης.

Κατά συνέπεια, από την παραπάνω διερεύνηση κρίθηκε αναγκαία η απομάκρυνση των τιμών ενός και μόνο υδρολογικού έτους από τη χρονοσειρά του βροχογράφου στις Ποταμιές.

3.2 Γραφικοί έλεγχοι

Πέραν των σφαλμάτων που μπορούν να προσδιοριστούν με βάση κάποια τυποποιημένη διαδικασία (π.χ. έλεγχος ακραίων τιμών), έγινε λεπτομερής επισκόπηση του συνόλου των δεδομένων ανά σταθμό, που βασίστηκε σε γραφικούς ελέγχους και τυπικές στατιστικές αναλύσεις. Συγκεκριμένα, για κάθε σταθμό απεικονίστηκαν οι χρονοσειρές των ετήσιων μεγίστων στην ημερήσια και διήμερη κλίμακα, όπως φαίνεται στα παραδείγματα της Εικόνας 3.1.



Εικόνα 3.1: Παραδείγματα γραφικής απεικόνισης ετήσιων μεγίστων εντάσεων βροχής 24 και 48 h στους σταθμούς Αχεντριάς (βροχόμετρο) και Αρχάνες (βροχόμετρο και βροχογράφος).

Από τις εμπειρικές αυτές αναλύσεις δεν παρατηρήθηκε κάποια ιδιάζουσα (μη ομαλή) συμπεριφορά, με εξαίρεση τον σταθμό **Έξω Ποτάμοι**, στον οποίο από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 και έκτοτε εμφανίζονται συστηματικά υψηλές τιμές μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής. Για αυτόν τον σταθμό αναζητήθηκαν περαιτέρω πληροφορίες σε παλαιότερες μελέτες. Συγκεκριμένα, στη μελέτη πλημμυρών του φράγματος Αποσελέμη (Κουτσογιάννης κ.ά., 2001) αναφέρεται ότι «μετά από επίσκεψη που πραγματοποιήθηκε από μέλη της ομάδας μελέτης διαπιστώθηκε ότι γύρω στο 1991 το βροχόμετρο μεταφέρθηκε από τους Έξω Ποτάμους σε άλλη θέση στους Μέσα Ποτάμους και άλλαξε ο παρατηρητής, ενώ από τότε το βροχόμετρο λειτουργεί πλημμελώς. Συγκεκριμένα, λαμβάνονται αθροιστικές μετρήσεις πολλών ημερών, και στις μεγάλες βροχές άνω των 200 mm το δοχείο ξεχειλίζει. Επιπλέον, δεν είναι σωστή η κλίμακα αναγωγής του ύψους βροχής, το οποίο υπεκτιμάται κατά 10% περίπου». Με βάση τα παραπάνω σχόλια, αποφασίστηκε να μην χρησιμοποιηθεί το δείγμα του σταθμού μετά το υδρολογικό έτος 1991-92, περιορίζοντας έτσι το μήκος της χρονοσειράς ημερήσιων μεγίστων από 36 έτη σε 18.

3.3 Έλεγχος στατιστικής συνέπειας με βάση την παράμετρο σχήματος της κατανομής ΓΑΤ

Η τελευταία ομάδα ελέγχων αφορά στην προσαρμογή της κατανομής Γενική Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ General Extreme Value) στα δείγματα μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής, που χρησιμοποιείται μετά για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών (Κεφάλαιο 6). Οι έλεγχοι αυτοί αποσκοπούν στην ανίχνευση στατιστικά ασυνεπών συμπεριφορών των δειγμάτων, λόγω μη ομαλής προσαρμογής των εμπειρικών δεδομένων στο αντίστοιχο θεωρητικό μοντέλο.

Η συνάρτηση κατανομής ΓΑΤ δίνεται από την σχέση:

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[1 + \kappa \left(\frac{x}{\lambda} - \psi \right) \right]^{-1/\kappa} \right\} \quad x \geq \lambda (\psi - 1/\kappa) \quad (3.1)$$

όπου $F(x)$ η συνάρτηση κατανομής της μεταβλητής x (ένταση ή ύψος βροχής), και $\kappa > 0$, $\lambda > 0$ και ψ οι παράμετροι σχήματος, κλίμακας και θέσης, αντίστοιχα. Για κάθε δείγμα μέγιστων ετήσιων υψών βροχής, οι παράμετροι κ , λ και ψ εκτιμήθηκαν με τη μέθοδο των L-ροπών.

Από τη σύγκριση της θεωρητικής κατανομής ΓΑΤ με την αντίστοιχη εμπειρική (κατά Weibull) διαπιστώθηκε ομαλή, γενικά, προσαρμογή του θεωρητικού μοντέλου, το οποίο αποτελεί ένδειξη ικανοποιητικής στατιστικής συνέπειας και, συνακόλουθα, απουσίας συστηματικών σφαλμάτων στα δεδομένα. Ακόμη, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στις τιμές της παραμέτρου σχήματος κ , η οποία καθορίζει την ουρά της κατανομής και, συνεπώς, τη στατιστική δίαιτα των ακραίων τιμών. Για τον σκοπό αυτό, αναζητήθηκαν δείγματα στα οποία εμφανίζεται είτε πολύ υψηλή είτε αρνητική τιμή του κ .

Μια υψηλή τιμή της παραμέτρου σχήματος, της τάξης του 0.25 ή παραπάνω, συνήθως οφείλεται στην ύπαρξη μίας ή δύο εξαιρετικά μεγάλων τιμών του ύψους βροχής που διαμορφώνουν μια ιδιαίτερα απότομη ουρά της κατανομής. Επειδή έχει προηγηθεί ο εμπειρικός έλεγχος των ακραία υψηλά τιμών, με απομάκρυνση των τιμών εκείνων που κρίθηκαν μη ρεαλιστικές, δεν προέκυψε ανάγκη περαιτέρω τροποποιήσεων στα δείγματα. Μεμονωμένες υψηλές τιμές του κ αποδόθηκαν όχι σε σφάλματα δεδομένων αλλά στην αβεβαιότητα που εισάγει το μικρό μήκος των δειγμάτων.

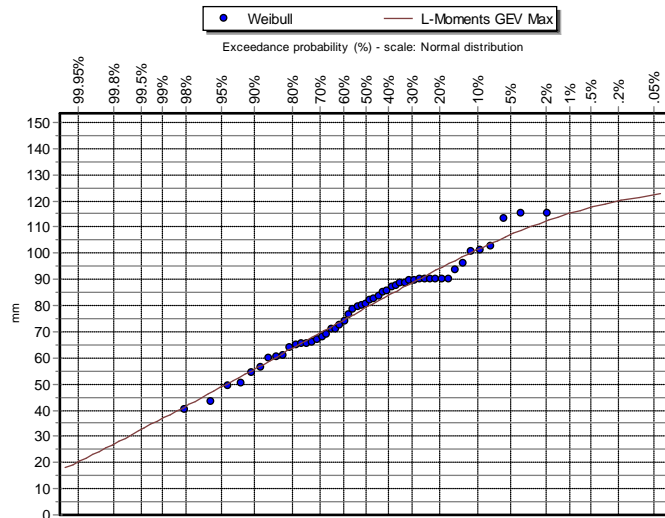
Όσον αφορά στην περίπτωση $\kappa < 0$, αν και μαθηματικά είναι δυνατή, δεν είναι κατάλληλη για την περιγραφή μέγιστων βροχοπτώσεων, καθώς υποδηλώνει άνω φραγμένη τιμή της έντασης (ή του ύψους) βροχής, το οποίο βεβαίως αντίκειται στη φυσική πραγματικότητα. Από την άλλη πλευρά, είναι γνωστό ότι η εκτίμηση της παραμέτρου κ από μικρού μήκους δείγματα, της τάξης των λίγων δεκάδων ετών, διέπεται από έντονη αβεβαιότητα. Εκτενείς αναλύσεις των Papalexou and Koutsoyiannis (2013) κατέδειξαν ότι υπάρχει σημαντική πιθανότητα αρνητικών τιμών της παραμέτρου σχήματος, για δείγματα μέγιστων της τάξης των 15-20 ετών. Ωστόσο, η πιθανότητα εμφάνισης αρνητικής τιμής

οφείλεται στη μεροληψία της εκτιμήτριας στα μικρά μήκη δείγματος, ενώ η χρήση διορθωμένης εκτιμήτριας καθίστα αυτή την πιθανότητα πρακτικά μηδενική.

Με βάση την παραπάνω παρατήρηση, η έμφαση δόθηκε στα δείγματα που εμφανίζουν έντονα αρνητικές τιμές της παραμέτρου κ , ώστε να διαπιστωθεί το αίτιο της μη συνεπούς αυτής συμπεριφοράς. Τέτοιες περιπτώσεις παρατηρήθηκαν σε ορισμένα από τα πολύ μικρά δείγματα βροχοπτώσεων, συγκεκριμένα στους σταθμούς **Βολεώνες**, **Γαράζο**, **Γαύδος** και **Μαρώνεια**. Οι σταθμοί αυτοί, με μήκος δεδομένων από 11 ως 14 έτη, δεν μπορούν να παρέχουν ασφαλείς εκτιμήσεις των παραμέτρων της κατανομής ΓΑΤ, και ειδικότερα του κ . Ωστόσο, αφού δεν διαπιστώθηκε κάποια ύποπτη συμπεριφορά των δεδομένων τους, θεωρήθηκε σκόπιμο να διατηρηθούν στις επόμενες αναλύσεις, καθώς συμβάλλουν στην καλύτερη γεωγραφική κάλυψη της περιοχής μελέτης.

Τελικά, προέκυψε μία και μόνο περίπτωση απόρριψης δείγματος λόγω εμφανώς ασυνεπούς στατιστικής συμπεριφοράς, στον σταθμό **Κάλυβος** (Εικόνα 3.2). Στον σταθμό αυτό υπάρχουν επαναλαμβανόμενες τιμές του μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής, που προφανώς οφείλονται σε πλημελή λειτουργία του βροχομέτρου. Ως αποτέλεσμα, προκύπτει έντονα αρνητική τιμή της παραμέτρου σχήματος ($\kappa = -0.34$), η οποία έχει μικρή πιθανότητα για τέτοιο μήκος δείγματος (51 έτη). Μάλιστα, ακόμα και αν εφαρμοστεί η διαδικασία αμερόληπτης εκτίμησης του κ (ενότητα 8), η παράμετρος παραμένει αρνητική ($\kappa^* = -0.05$), το οποίο είναι σχεδόν απίθανο.

Μετά τους εξειδικευμένους αυτούς ελέγχους, που οδήγησαν στην απόρριψη ενός σταθμού, προέκυψε το τελικό σύνολο δεδομένων, το οποίο περιλαμβάνει δείγματα ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων από 87 σταθμούς, σε διάφορες χρονικές κλίμακες.



Εικόνα 3.2: Προσαρμογή κατανομής ΓΑΤ στο δείγμα μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής του Κάλυβου.

4 Τελικά δείγματα

Το τελικό σύνολο δεδομένων περιλαμβάνει 96 χρονοσειρές ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων από 88 σταθμούς, σε διάφορες χρονικές κλίμακες (83 βροχόμετρα, 13 βροχογράφοι). Ο Πίνακας 4.1 και ο Πίνακας 4.2 περιέχει, για κάθε σταθμό όπου υπάρχει βροχόμετρο και βροχογράφος, αντίστοιχα, το πλήθος των δεδομένων των τελικών δειγμάτων (μετά την απομάκρυνση των εσφαλμένων ή ύποπτων τιμών) σε όλες τις διαθέσιμες χρονικές κλίμακες. Συνολικά διατίθενται $3\,240 + 3\,211 = 6\,451$ τιμές βροχομέτρων και 3 224 τιμές βροχογράφων, με απαιτούμενο τις 6 000 και 3 200 τιμές, αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, για τα βροχόμετρα απαιτούνται 50 σταθμοί \times 60 έτη \times 2 χρονικές κλίμακες = 6 000 τιμές ανά Υδατικό Διαμέρισμα, και για τους βροχογράφους 10 σταθμοί \times 40 έτη \times 8 χρονικές κλίμακες = 3 200 τιμές ανά Υδατικό Διαμέρισμα). Συνεπώς, τα διαθέσιμα βροχομετρικά δεδομένα καλύπτουν τις συμβατικές απαιτήσεις των προδιαγραφών.

Επισημαίνεται ακόμη ότι στους οκτώ σταθμούς που είναι εξοπλισμένοι και με τα δύο όργανα μέτρησης (βροχόμετρο και βροχογράφος), για τις στατιστικές επεξεργασίες των επόμενων κεφαλαίων διαμορφώθηκε το ενοποιημένο δείγμα, για τις χρονικές κλίμακες των 24 και 48 h (στους Πίνακες 4.1 και 4.2 οι σταθμοί αυτοί με επισημαίνονται με αστερίσκο). Τα υδρολογικά έτη που δεν υπήρχαν καταγραφές του βροχομέτρου ελήφθησαν οι τιμές των 24 και 48 h από τον βροχογράφο, και αντίστροφα. Τα έτη που οι δύο καταγραφές συνέπιπταν χρονικά, ελήφθη η υψηλότερη από τις δύο τιμές. Αυτό έγινε για λόγους ασφάλειας και, σε κάθε περίπτωση, αφορά σε μικρό ποσοστό του συνόλου των δεδομένων. Γενικά, οι δύο χρονοσειρές παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση, ενώ λίγες είναι γενικά οι περιπτώσεις που τα δύο όργανα έχουν καταγράψει αρκετά διαφορετικές τιμές.

Με βάση τα παραπάνω, η διαθέσιμη πληροφορία από τους 87 σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν κατανέμεται ως εξής:

- 74 σταθμοί εξοπλισμένοι μόνο με βροχόμετρο, όπου διαμορφώθηκαν δείγματα μέγιστων για δύο χρονικές κλίμακες (24 και 48 h)
- 5 σταθμοί εξοπλισμένοι μόνο με βροχογράφο, όπου διαμορφώθηκαν δείγματα μέγιστων για όλες οι χρονικές κλίμακες, από 5 min έως 48 h
- 8 σταθμοί εξοπλισμένοι με βροχόμετρο και βροχογράφο, όπου για τις χρονικές κλίμακες των 24 και 48 h διαμορφώθηκε η ενοποιημένη χρονοσειρά, ενώ για τις χαμηλότερες κλίμακες, από 5 min έως 12 h, χρησιμοποιήθηκαν τα δείγματα του βροχογράφου.

Η παραπάνω πληροφορία κρίνεται ικανοποιητική για την στατιστική διερεύνηση της χωρικής διάταξης των ισχυρών βροχοπτώσεων στην περιοχή μελέτης.

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Πίνακας 4.1: Δεδομένα βροχομέτρων σε ημερήσια και διήμερη κλίμακα (τελικά δείγματα).

Σταθμός	24h	48h	Σταθμός	24h	48h	Σταθμός	24h	48h
ΑΒΔΟΥ*	44	34	ΕΜΠΡΟΣΝΕΡΟΣ*	52	52	ΜΕΣΚΛΑ	58	58
ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	61	60	ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	18	15	ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	38	37
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ*	45	45	ΕΠΙΣΚΟΠΗ	52	52	ΜΟΡΟΝΙ	39	38
ΑΓ. ΘΩΜΑΣ	58	60	ΖΑΚΡΟΣ	60	59	ΜΟΥΡΙ	39	39
ΑΓΙΑ ΒΑΡΒΑΡΑ	36	38	ΖΑΡΟΣ (ΕΜΥ)	38	39	ΜΥΘΟΙ	15	15
ΑΓΙΑ ΓΑΛΗΝΗ	16	17	ΖΑΡΟΣ (ΥΠΓΕ)	50	50	ΝΕΑΠΟΛΗ	37	37
ΑΓΙΟΣ ΚΥΡΙΛΛΟΣ	37	38	ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΜΥ)*	54	54	ΝΙΘΑΥΡΗ	52	52
ΑΚΟΥΜΙΑ	61	61	ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΥΠΑΑΤ)	17	17	ΠΑΛ. ΡΟΥΜΑΤΑ	34	34
ΑΝΩ ΑΡΧΑΝΕΣ*	51	50	ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΑΑ)	50	48	ΠΑΛΛΙΟΚΑΣΤΡΟ	27	32
ΑΝΩΓΕΙΑ	63	61	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ*	69	68	ΠΑΛΛΙΟΧΩΡΑ	40	39
ΑΡΜΑΧΑ	38	37	ΚΑΒΟΥΣΙ	33	34	ΠΑΡΤΗΡΑ	38	38
ΑΡΜΕΝΟΙ	49	51	ΚΑΛΑΜΑΥΚΑ	59	60	ΠΑΧΕΙΑ ΑΜΜΟΣ	32	33
ΑΣΗΜΙ	35	36	ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	36	37	ΠΕΡΑΜΑ	50	50
ΑΣΚΥΦΟΥ	35	34	ΚΑΛΥΒΕΣ	34	36	ΠΟΜΠΙΑ	36	37
ΑΣΩΜΑΤΟΣ	60	60	ΚΑΛΥΒΙΑ	38	37	ΠΡΑΙΤΩΡΙΑ	37	37
ΑΧΕΝΤΡΙΑΣ	35	36	ΚΑΛΥΒΟΣ	51	52	ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	39	40
ΒΑΓΙΩΝΙΑ	35	35	ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	37	37	ΡΕΘΥΜΝΟ*	47	48
ΒΑΜΟΣ	22	21	ΚΑΣΣΑΝΟΙ	17	17	ΣΗΤΕΙΑ*	52	52
ΒΟΛΕΩΝΕΣ	14	14	ΚΑΣΤΕΛΙ (ΕΜΥ)	32	31	ΣΠΗΛΙ	30	31
ΒΟΝΗ	38	38	ΚΑΣΤΕΛΙ (ΥΠΑΑΤ)	38	38	ΣΤΑΥΡΟΧΩΡΙ	34	34
ΒΟΡΙΖΙΑ	38	38	ΚΑΤΣΙΔΟΝΙ	35	36	ΣΤΕΡΝΕΣ	59	59
ΒΥΖΑΡΙ	31	31	ΚΑΨΑΛΟΙ	18	18	ΣΤΡΟΒΛΕΣ	60	59
ΓΑΡΑΖΟ	14	14	ΚΡΟΥΣΩΝΑΣ	38	38	ΤΕΦΕΛΙ	40	37
ΓΑΥΔΟΣ	11	11	ΛΑΓΟΛΙΟ	41	39	ΤΖΕΡΜΙΑΔΕΣ	39	18
ΓΕΡΑΚΑΡΙ	36	36	ΛΕΥΚΟΓΕΙΑ	35	31	ΦΟΙΝΙΚΙΑ	38	38
ΓΕΡΓΕΡΗ	38	40	ΜΑΛΛΕΣ	35	35	ΦΟΥΡΝΗΣ	29	29
ΔΕΜΑΤΙ	36	35	ΜΑΡΩΝΕΙΑ	14	15	ΧΑΝΙΑ	27	28
ΕΜΠΑΡΟΣ	49	49	ΜΕΛΑΜΠΕΣ	37	37	Σύνολο	3240	3211

*Με αστερίσκο επισημαίνονται οι σταθμοί όπου λειτουργεί και βροχογράφος.

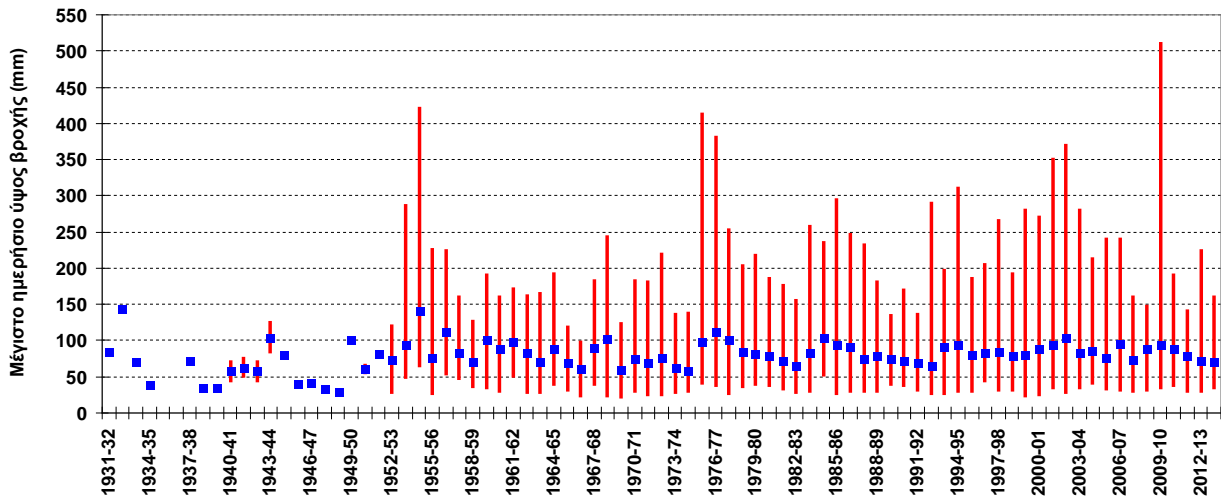
Πίνακας 4.2: Δεδομένα βροχογράφων για διάφορες χρονικές κλίμακες (τελικά δείγματα).

Σταθμός	5 min	10 min	15 min	30 min	1h	2h	3h	6h	12h	24h	48h	Σύνολο
ΑΒΔΟΥ*	30	30	30	30	30	30		30	30	30		270
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ*				34	34	34	34	34	34	33	34	271
ΑΠΟΣΤΟΛΟΙ			17	22	22	22	22	22	22	22	22	193
ΑΡΧΑΝΕΣ*				30	34	34	34	34	34	34	34	268
ΕΜΠΡΟΣΝΕΡΟΣ*				23	24	23	23	23	22	22	22	182
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΜΥ)*	36	36	36	36	36	36	23	35	35	35	22	366
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ*	29	29	29	29	29	29	22	30	29	29	21	305
ΜΙΣΣΕΛΕΡΟΙ			14	17	17	17	17	17	17	17	17	150
ΠΟΤΑΜΙΕΣ			15	21	20	21	21	20	20	20	20	178
ΡΕΘΥΜΝΟ*	15	15	15	15	15	15	8	15	15	15	8	151
ΣΗΤΕΙΑ*	38	38	38	38	38	38	24	38	38	38	24	390
ΣΙΤΑΝΟΣ			18	23	23	23	23	23	23	23	23	202
ΣΟΥΔΑ	30	30	30	30	30	30	19	30	30	30	19	308
Σύνολο	178	178	242	348	352	352	270	351	349	348	266	3 234

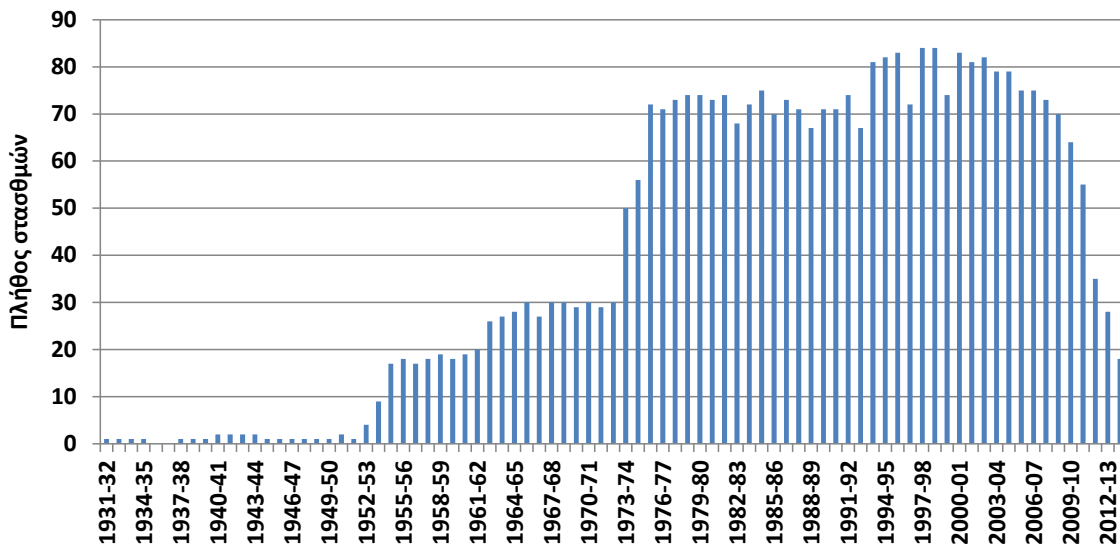
*Με αστερίσκο επισημαίνονται οι σταθμοί όπου λειτουργεί και βροχόμετρο.

5 Στατιστικά μεγέθη μεγίστων βροχοπτώσεων

Σε κάθε σταθμό/όργανο και για κάθε χρονική κλίμακα υπολογίστηκε ένα ευρύ φάσμα στατιστικών χαρακτηριστικών των αντίστοιχων χρονοσειρών. Ο Πίνακας 5.1 περιέχει τα βασικά στατιστικά μεγέθη για την ημερήσια κλίμακα, που υπολογίστηκαν από τα 87 δείγματα μεγίστων (υπενθυμίζεται ότι οκτώ προέκυψαν από ενοποίηση βροχομέτρων και βροχογράφων). Στην Εικόνα 5.1 απεικονίζεται το εύρος τιμών των ημερήσιων μεγίστων και η μέση τιμή τους, που εκτιμήθηκε με βάση τα δείγματα κάθε έτους. Στην πράξη, μόνο από τις αρχές της δεκαετίας του 1950 είναι δυνατή η εξαγωγή ασφαλών στατιστικών συμπερασμάτων, καθώς από τότε διατίθενται δείγματα μεγίστων σε τουλάχιστον 10 σταθμούς (Εικόνα 5.2). Οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται τόσο ως προς τις μέσες τιμές όσο και ως προς τις μέγιστες είναι εύλογες, και δεν προκύπτει καμία ένδειξη συστηματικής μεταβολής τους (λ.χ. αύξηση των ακραίων επεισοδίων) στη διάρκεια των τελευταίων 60 ετών. Τέλος, στην Εικόνα 5.3 δίνονται τα παρατηρημένα μέγιστα ωριαία ύψη βροχής στους 13 βροχογράφους της Κρήτης.



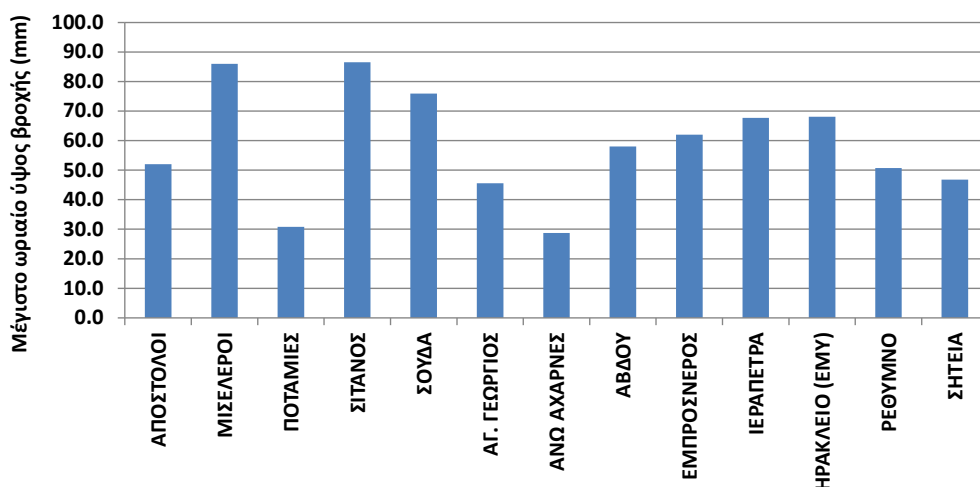
Εικόνα 5.1: Εύρος τιμών και μέσος όρος ημερήσιων μεγίστων ανά υδρολογικό έτος.



Εικόνα 5.2: Πλήθος χρονοσειρών μεγίστων ημερήσιων υψών βροχής ανά υδρολογικό έτος.

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση



Εικόνα 5.3: Μέγιστο παρατηρημένο ωριαίο ύψος βροχής στις θέσεις των βροχογράφων.

Πίνακας 5.1 : Βασικά στατιστικά μεγέθη χρονοσειρών μέγιστων ημερήσιων βροχοπτώσεων.

Όνομασία	Όργανο	Μήκος (έτη)	Μέση τιμή (mm)	Τυπική απόκλιση (mm)	Ελάχιστη τιμή (mm)	Μέγιστη τιμή (mm)
ΑΠΟΣΤΟΛΟΙ	ΒΓ	22	84.9	29.7	40.2	165.2
ΜΙΣΕΛΕΡΟΙ	ΒΓ	17	83.1	48.7	38.9	179.1
ΠΟΤΑΜΙΕΣ	ΒΓ	20	79.6	22.0	43.4	120.2
ΣΙΤΑΝΟΣ	ΒΓ	23	99.5	54.7	37.5	224.6
ΣΟΥΔΑ	ΒΓ	30	78.6	45.1	30.5	185.3
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΒΜ/ΒΓ	45	109.2	51.8	50.0	310.0
ΑΝΩ ΑΧΑΡΝΕΣ	ΒΜ/ΒΓ	51	70.4	25.3	32.3	145.0
ΑΒΔΟΥ	ΒΜ/ΒΓ	44	93.4	37.8	44.0	191.0
ΕΜΠΡΟΣΝΕΡΟΣ	ΒΜ/ΒΓ	52	130.4	61.5	58.0	412.8
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	ΒΜ/ΒΓ	69	58.3	33.5	26.5	246.6
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΜΥ)	ΒΜ/ΒΓ	54	58.1	19.2	29.5	107.5
ΡΕΘΥΜΝΟ	ΒΜ/ΒΓ	47	73.3	30.5	35.0	151.6
ΣΗΤΕΙΑ	ΒΜ/ΒΓ	52	58.2	26.7	25.7	188.3
ΑΧΕΝΤΡΙΑΣ	ΒΜ	35	80.3	29.0	45.2	166.5
ΑΓ. ΓΑΛΗΝΗ	ΒΜ	16	70.7	36.0	38.0	180.7
ΑΓ. ΚΥΡΙΑΛΟΣ	ΒΜ	37	65.7	37.2	38.0	200.5
ΑΓ. ΘΩΜΑΣ	ΒΜ	58	72.0	25.4	39.0	158.5
ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	ΒΜ	36	75.4	32.2	34.9	191.2
ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	ΒΜ	61	91.1	26.3	40.2	160.4
ΑΚΟΥΜΙΑ	ΒΜ	61	76.1	41.6	28.3	290.0
ΑΝΩΓΕΙΑ	ΒΜ	63	112.4	50.0	56.3	294.1
ΑΡΜΑΧΑ	ΒΜ	38	85.9	31.1	42.0	163.0
ΑΡΜΕΝΟΙ	ΒΜ	49	88.6	29.6	45.7	157.0
ΑΣΗΜΙ	ΒΜ	35	63.7	39.9	32.2	252.0
ΑΣΚΥΦΟΥ	ΒΜ	35	192.7	90.5	85.0	510.0
ΑΣΩΜΑΤΟΣ	ΒΜ	60	95.5	32.9	46.0	175.2
ΧΑΝΙΑ	ΒΜ	27	73.0	34.9	33.0	145.0
ΔΕΜΑΤΙ	ΒΜ	36	63.4	27.9	30.0	142.5
ΕΜΠΑΡΟΣ	ΒΜ	49	76.1	25.1	28.2	145.2
ΕΠΙΣΚΟΠΗ	ΒΜ	52	96.2	45.3	42.0	265.0
ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	ΒΜ	18	132.1	81.0	57.0	380.0
ΦΟΙΝΙΚΙΑ	ΒΜ	38	84.8	31.6	43.0	176.8
ΦΟΥΡΝΗΣ	ΒΜ	29	77.3	28.7	36.0	135.0

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Όνομασία	Όργανο	Μήκος (έτη)	Μέση τιμή (mm)	Τυπική απόκλιση (mm)	Ελάχιστη τιμή (mm)	Μέγιστη τιμή (mm)
ΓΑΡΑΖΟ	BM	14	133.0	26.4	99.3	194.0
ΓΑΥΔΟΣ	BM	11	62.1	29.7	29.0	121.5
ΓΕΡΑΚΑΡΙ	BM	36	91.0	19.8	58.0	162.0
ΓΕΡΓΕΡΗ	BM	38	81.6	22.1	52.0	130.0
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΑΑ)	BM	50	60.3	53.4	23.6	259.1
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΥΠΑΑΤ)	BM	17	67.9	29.9	38.6	137.0
ΚΑΛΑΜΑΥΚΑ	BM	59	76.2	29.3	37.6	167.6
ΚΑΛΥΒΕΣ	BM	34	82.7	35.0	51.4	220.0
ΚΑΛΥΒΙΑ	BM	38	60.6	29.7	26.5	150.1
ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	BM	36	63.8	26.0	30.0	163.3
ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	BM	37	75.6	40.4	35.3	213.8
ΚΑΨΑΛΟΙ	BM	18	73.6	29.1	40.0	125.0
ΚΑΣΣΑΝΟΙ	BM	17	62.6	16.9	37.2	104.0
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΥΠΑΑΤ)	BM	38	79.6	38.4	39.3	232.0
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΕΜΥ)	BM	32	75.3	30.8	32.9	171.0
ΚΑΤΣΙΔΟΝΙ	BM	35	107.1	43.8	52.0	202.0
ΚΑΒΟΥΣΙ	BM	33	102.5	29.4	58.0	176.4
ΚΡΟΥΣΩΝΑΣ	BM	38	89.8	27.4	47.7	192.0
ΛΑΓΟΛΙΟ	BM	41	57.9	23.0	27.2	124.0
ΛΕΥΚΟΓΕΙΑ	BM	35	88.9	38.4	47.0	176.2
ΜΑΛΛΕΣ	BM	35	87.3	33.4	45.2	164.2
ΜΑΡΩΝΕΙΑ	BM	14	84.5	35.3	55.0	161.2
ΜΕΛΑΜΠΕΣ	BM	37	73.8	23.4	42.5	124.0
ΜΕΣΚΛΑ	BM	58	134.8	38.9	67.7	225.6
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	BM	38	67.9	31.3	34.2	186.7
ΜΥΘΟΙ	BM	15	64.8	19.2	45.5	107.0
ΜΟΡΟΝΙ	BM	39	68.6	28.9	33.0	175.8
ΜΟΥΡΙ	BM	39	110.5	31.1	60.0	230.0
ΝΕΑΠΟΛΗ	BM	37	91.5	45.7	45.5	240.0
ΝΙΘΑΥΡΗ	BM	52	72.6	25.8	27.2	145.4
ΠΑΧΕΙΑ ΑΜΜΟΣ	BM	32	71.3	35.3	34.0	170.0
ΠΑΛ. ΡΟΥΜΑΤΑ	BM	34	116.8	40.9	60.0	250.9
ΠΑΛΛΙΟΧΩΡΑ	BM	40	66.3	66.0	22.8	420.0
ΠΑΛΛΙΟΚΑΣΤΡΟ	BM	27	95.5	48.0	40.0	232.0
ΠΑΡΤΗΡΑ	BM	38	72.0	36.4	33.0	240.0
ΠΕΡΑΜΑ	BM	50	81.1	33.2	38.0	185.0
ΠΟΜΠΙΑ	BM	36	60.9	24.0	34.5	126.0
ΠΡΑΙΤΩΡΙΑ	BM	37	60.4	37.0	27.2	218.0
ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	BM	39	83.7	28.7	40.0	166.0
ΣΠΗΛΙ	BM	30	109.9	28.6	64.0	180.0
ΣΤΑΥΡΟΧΩΡΙ	BM	34	100.6	50.8	50.0	212.0
ΣΤΕΡΝΕΣ	BM	59	65.5	26.9	24.5	136.7
ΣΤΡΟΒΛΕΣ	BM	60	88.4	41.4	39.8	223.5
ΤΕΦΕΛΙ	BM	40	69.5	39.5	29.5	255.0
ΤΖΕΡΜΙΑΔΕΣ	BM	39	120.3	44.2	42.7	230.0
ΒΑΓΙΩΝΙΑ	BM	35	64.7	28.8	30.3	175.0
ΒΑΜΟΣ	BM	22	100.3	26.6	59.6	154.5
ΒΥΖΑΡΙ	BM	31	80.0	29.6	38.0	166.5
ΒΟΛΕΩΝΕΣ	BM	14	144.4	32.4	91.2	191.4
ΒΟΝΗ	BM	38	76.2	46.0	38.0	305.0
ΒΟΡΙΖΙΑ	BM	38	109.7	33.1	56.5	197.2
ΖΑΚΡΟΣ	BM	60	71.9	26.6	31.0	138.0
ΖΑΡΟΣ (ΥΠΑΑΤ)	BM	50	81.2	31.9	43.0	206.0
ΖΑΡΟΣ (ΕΜΥ)	BM	38	75.8	29.3	35.8	192.0

6 Μεθοδολογία κατάρτισης όμβριων καμπυλών

6.1 Γενικό μεθοδολογικό πλαίσιο

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, εφαρμόζεται η γενική συναρτησιακή σχέση όμβριων καμπυλών:

$$i = a(T) / b(d) \quad (6.1)$$

όπου i η μέγιστη ένταση βροχής διάρκειας d για περίοδο επαναφοράς T , και $a(T)$ και $b(d)$ κατάλληλες συναρτήσεις της περιόδου επαναφοράς και της διάρκειας, αντίστοιχα.

Η συνάρτηση $b(d)$ είναι της ακόλουθης, εμπειρικά διαπιστωμένης, γενικής μορφής:

$$b(d) = (1 + d / \theta)^n \quad (6.2)$$

όπου θ και n αποτελούν παραμέτρους προς εκτίμηση, με $\theta \geq 0$ (σε μονάδες χρόνου) και $0 < n < 1$.

Η συνάρτηση $a(T)$ προκύπτει αναλυτικά από τη συνάρτηση κατανομής που ισχύει για τη μέγιστη ένταση βροχής. Στις προδιαγραφές προτείνεται η εφαρμογή της ΓΑΤ, που είναι συνεπής για όλες τις περιόδους επαναφοράς (Koutsoyiannis, 2004a, 2004b, 2007). Στην περίπτωση αυτή, η μεταβλητή x αντιπροσωπεύει είτε την ένταση βροχής i είτε, ισοδύναμα, το γινόμενο $i b(d)$, για δεδομένη έκφραση της $b(d)$. Στην τελευταία περίπτωση, η επίλυση της (6.1) ως προς x δίνει αμέσως τη συνάρτηση $a(T)$ και, στη συνέχεια, η επίλυση ως προς i δίνει αμέσως την έκφραση της όμβριας καμπύλης χωρίς να απαιτείται καμία άλλη πρόσθετη, εμπειρική ή όχι, παραδοχή (Κουτσογιάννης, 1997, Koutsoyiannis *et al.*, 1998).

Η (6.1) επιλύεται άμεσα ως προς x , οπότε με την προϋπόθεση ότι $F(x) = 1 - 1/T$ (προϋπόθεση που ισχύει για σειρές ετήσιων μέγιστων) προκύπτει:

$$x_T = \lambda \left\{ \psi + \frac{\left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{-\kappa} - 1}{\kappa} \right\} = \lambda' \left\{ \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{-\kappa} - \psi' \right\} \quad (6.3)$$

όπου $\lambda' = \lambda / \kappa$ και $\psi' = 1 - \kappa \psi$.

Συνδυάζοντας τις προηγούμενες σχέσεις, και μετά από απλοποιήσεις, προκύπτει η τελική έκφραση των όμβριων καμπυλών (στην οποία η έκφραση του αριθμητή, μετά τον παραπάνω μετασχηματισμό, ταυτίζεται με τη συνάρτηση κατανομής Pareto):

$$i(d, T) = \frac{\lambda' (T^\kappa - \psi')}{(1 + d / \theta)^n} \quad (6.4)$$

Επισημάνεται ότι για μικρές και μεσαίες περιόδους επαναφοράς π.χ. 50 έτη, οι εκτιμήσεις της παραπάνω προσέγγισης διαφέρουν ελάχιστα σε σχέση με τις συνήθεις κατανομές που εφαρμόζονται στις μελέτες πλημμυρών, π.χ. Gumbel. Ωστόσο, προκύπτουν σημαντικές διαφορές, προς την πλευρά της ασφαλείας, εφόσον εξετάζονται μεγάλες ή και ακραίες περίοδοι επαναφοράς, της τάξης των 1000 ή 10 000 ετών.

6.2 Εκτίμηση παραμέτρων

Για την εκτίμηση των παραμέτρων λ , ψ (ή ισοδύναμα λ' , ψ'), κ , θ και η των όμβριων καμπυλών εφαρμόζεται μια συνεπής στατιστική μέθοδος, που αναπτύχθηκε από τον Κουτσογιάννη (1997· βλ. και Koutsoyiannis *et al.*, 1998), αποφεύγοντας τη χρήση εμπειρικών τεχνικών που χρησιμοποιούνταν παλιότερα. Η μέθοδος εκτιμά τις παραμέτρους σε δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα γίνεται η εκτίμηση των παραμέτρων της συνάρτησης $b(d)$ (των θ και η) και στο δεύτερο αυτών της $a(T)$ (των λ , ψ και κ της κατανομής GEV).

Από την (6.1) προκύπτει άμεσα ότι η τυχαία μεταβλητή $Y = I b(d)$ έχει συνάρτηση κατανομής ανεξάρτητη της διάρκειας d , η οποία καθορίζεται πλήρως από τη συνάρτηση $a(T)$. Πρέπει λοιπόν οι παράμετροι θ και η να υπολογιστούν έτσι ώστε να ικανοποιούν τη συνθήκη ανεξαρτησίας της Y από τη διάρκεια. Αν υποθέσουμε ότι είναι γνωστές οι τιμές των παραμέτρων θ και η , τότε μπορούν να υπολογιστούν οι τιμές $y_{jl} = i_{jl} b(d_j)$, όπου $j = 1, \dots, k$ και $l = 1, \dots, n_j$. Ενοποιώντας όλα τα δείγματα που περιέχουν τις τιμές y_{jl} αποκτούμε ένα συνολικό δείγμα μεγέθους:

$$m = \sum_{j=1}^k n_j \quad (6.5)$$

Με βάση το δείγμα αυτό, καταταγμένο σε φθίνουσα σειρά, μπορούμε να αντιστοιχίσουμε αύξοντες αριθμούς ή βαθμούς (ranks) r_{jl} σε όλες τις m τιμές y_{jl} (Για την περίπτωση που έχουμε ταυτόσημες τιμές y_{jl} χρησιμοποιούμε το μέσο όρο των αντίστοιχων βαθμών). Επανερχόμενοι στα αρχικά επιμέρους δείγματα των ξεχωριστών διαρκειών υπολογίζουμε για κάθε διάρκεια d_j το μέσο βαθμό:

$$\bar{r}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{l=1}^k r_{jl} \quad (6.6)$$

Αν όλα τα επιμέρους δείγματα έχουν την ίδια κατανομή τότε κάθε \bar{r}_j θα πρέπει να βρίσκεται πολύ κοντά στην τιμή $\bar{r} = (m + 1) / 2$, διαφορετικά οι τιμές \bar{r}_j θα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Αυτό οδηγεί στη χρήση της στατιστικής παραμέτρου Kruskal-Wallis (Hirsch *et al.*, 1993, σ. 17.25), η οποία συνδυάζει τους μέσους βαθμούς από όλα τα επιμέρους δείγματα:

$$h = \frac{6}{\bar{r} (2\bar{r} - 1)} \sum_{j=1}^k n_j (\bar{r}_j - \bar{r})^2 \quad (6.7)$$

Κατά συνέπεια, το πρόβλημα του προσδιορισμού των παραμέτρων θ και η μπορεί να αναχθεί στην ελαχιστοποίηση της στατιστικής παραμέτρου h . Η βελτιστοποίηση είναι δυνατή μόνο με αριθμητικές μεθόδους. Τονίζεται ότι αν τα επιμέρους δείγματα είναι ανεξάρτητα, τότε η στατιστική συνάρτηση H , της οποίας η σημειακή εκτίμηση είναι η παραπάνω τιμή h , ακολουθεί κατανομή χ^2 με $k - 1$ βαθμούς ελευθερίας. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατός ο έλεγχος της υπόθεσης $H = 0$, που ισοδυναμεί με την υπόθεση ότι όλα τα δείγματα προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό. Ο έλεγχος αυτός είναι μη παραμετρικός με την έννοια ότι δεν κάνει καμιά υπόθεση σχετικά με την κατανομή που ακολουθεί η μεταβλητή Y . Ωστόσο, στην περίπτωση που εξετάζουμε, τα επιμέρους δείγματα που αναφέρονται σε διαφορετικές διάρκειες δεν είναι ανεξάρτητα, αλλά, αντίθετα, ισχυρώς συσχετισμένα. Έτσι δεν είναι γνωστή η κατανομή της H και δεν είναι δυνατός ο στατιστικός έλεγχος. Πάντως, ο στόχος της ελαχιστοποίησης της h εξακολουθεί να έχει νόημα και σε αυτή την περίπτωση.

Για λόγους καλύτερης προσαρμογής της συνάρτησης $b(d)$ στην περιοχή των υψηλότερων εντάσεων, είναι σκόπιμο να μη χρησιμοποιείται σε αυτό το πρώτο στάδιο υπολογισμού το σύνολο των δεδομένων κάθε επιμέρους δείγματος, αλλά ένα μέρος αυτών των δεδομένων. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο το υψηλότερο 1/2 ή 1/3 των δεδομένων από κάθε διάρκεια, αφού τα δεδομένα καταταγούν σε φθίνουσα σειρά (στη μελέτη αυτή λαμβάνεται το ήμισυ του δείγματος).

Αφού προσδιοριστούν οι παράμετροι θ και η , είναι απλή υπόθεση η εκτίμηση των παραμέτρων της συνάρτησης $a(T)$, η οποία γίνεται στο δεύτερο στάδιο υπολογισμού. Συγκεκριμένα, οι τελευταίες παράμετροι εκτιμώνται με τις τυπικές μεθόδους της στατιστικής, χρησιμοποιώντας το ενοποιημένο δείγμα που περιέχει όλα τα m δεδομένα y_{jt} . Είναι βέβαιο αυτονόητο ότι σε αυτό το δεύτερο στάδιο υπολογισμού πρέπει να χρησιμοποιείται το σύνολο των δεδομένων, και όχι ένα τμήμα τους.

Ειδικότερα, για την εκτίμηση των παραμέτρων λ , ψ και κ της κατανομής ΓΑΤ εφαρμόζεται, σύμφωνα με τις προδιαγραφές, η μέθοδος των L-ροπών (Hosking, 1990). Οι L-ροπές έχουν οριστεί ως γραμμικός συνδυασμός των αναμενόμενων τιμών των διατεταγμένων στατιστικών χαρακτηριστικών και έκτοτε έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στην υδρολογία τόσο ως μέθοδος προσαρμογής κατανομών αλλά και όσο και ως περιγραφικά στατιστικά μέτρα. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι πως οι δειγματικές εκτιμήσεις τους ως γραμμικοί συνδυασμοί του διατεταγμένου δείγματος, δεν υψώνουν τις παρατηρήσεις του δείγματος σε τετραγωνικές ή κυβικές δυνάμεις, όπως συμβαίνει με την κλασική μέθοδο των ροπών. Ως αποτέλεσμα, οι εκτιμήσεις των L-αδιάστατων συντελεστών διασποράς λ_2 / λ_1 , L-ασυμμετρίας $L-Cs = \lambda_3 / \lambda_2$, και L-κύρτωσης $L-Ck = \lambda_4 / \lambda_2$, είναι αμερόληπτες με κανονική σχεδόν κατανομή, όπου λ_i είναι η i -οστή L-ροπή (Sankarasubramanian and Srinivasan, 1999· Vogel and Fennessey, 1993). Η μέθοδος στηρίζεται στις ακόλουθες εξισώσεις:

$$\kappa = 7.8 c - 1.43 c^2 \quad (6.8)$$

$$\lambda = \frac{\kappa \lambda_2}{\Gamma(1 - \kappa) (2^\kappa - 1)} \quad (6.9)$$

$$(6.10)$$

όπου $\Gamma()$ η συνάρτηση γάμα και:

$$c := \frac{\ln 2}{\ln 3} - \frac{2 \lambda_2}{\lambda_3 + 3 \lambda_2} \quad (6.11)$$

και λ_1 , λ_2 και λ_3 οι τρεις πρώτες L-ροπές της κατανομής. Αμερόληπτες εκτιμήσεις των τριών πρώτων L-ροπών δίνονται από τις εξισώσεις (βλ. Stedinger *et al.*, 1993, σ. 18.6):

$$\hat{\lambda}_1 = b_0 \quad (6.12)$$

$$\hat{\lambda}_2 = 2 b_1 - b_0 \quad (6.13)$$

$$\hat{\lambda}_3 = 6 b_2 - 6 b_1 + b_0 \quad (6.14)$$

όπου b_0 , b_1 και b_2 οι εκτιμήσεις των πιθανοτικά σταθμισμένων ροπών, που δίνονται από τις εξισώσεις:

$$b_0 = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{(j)} \quad (6.15)$$

$$b_1 = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} (n-j) x_{(j)} \quad (6.16)$$

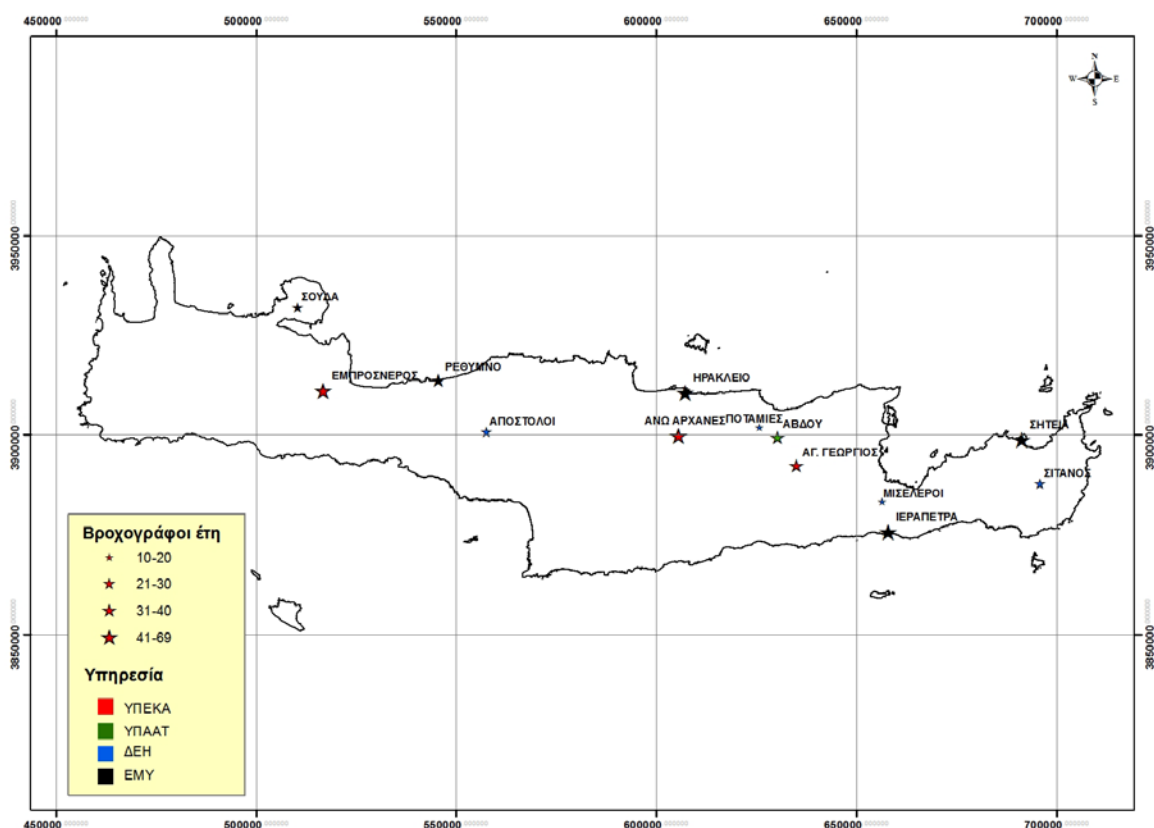
$$b_2 = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \sum_{j=1}^{n-2} (n-j)(n-j-1) x_{(j)} \quad (6.17)$$

όπου n το μέγεθος του δείγματος και $x_{(j)}$ ($j = 1, \dots, n$) η τιμή του δείγματος που έχει σειρά j στο καταταγμένο σε φθίνουσα σειρά δείγμα.

7 Κατάρτιση σημειακών όμβριων καμπυλών στις θέσεις των βροχογράφων

Η μεθοδολογία κατάρτισης των όμβριων καμπυλών είναι άμεσα εφαρμόσιμη μόνο στις περιπτώσεις όπου είναι διαθέσιμα δείγματα μέγιστων εντάσεων βροχής σε πολλαπλές χρονικές κλίμακες, δηλαδή στις θέσεις των 13 βροχογράφων (Εικόνα 7.1). Σε κάθε σταθμό, εκτιμήθηκαν οι παράμετροι της όμβριας καμπύλης (6.4), που δίνονται ακολούθως (Πίνακας 7.1). Στον πίνακα δίνονται ακόμη η βελτιστοποιημένη (ελαχιστοποιημένη) τιμή του δείκτη Kruskal-Wallis (KW), που αποτελεί μέτρο καλής προσαρμογής της όμβριας καμπύλης στα δεδομένα του βροχογράφου.

Τονίζεται ότι οι όμβριες καμπύλες που εκτιμήθηκαν κατ' αυτόν τον τρόπο είναι σημειακές, καθώς όλες οι παράμετροί τους έχουν εκτιμηθεί από τα δεδομένα κάθε μεμονωμένου σταθμού. Προφανώς, οι σημειακές όμβριες καμπύλες εγγυώνται τη βέλτιστη προσαρμογή των παραμέτρων τους σε κάθε δείγμα, όμως επειδή τα δείγματα αυτά είναι γενικά μικρά, η εκτίμησή τους διέπεται από σημαντική αβεβαιότητα. Για τον λόγο αυτό δεν συστήνεται η χρήση τους σε μελέτες πλημμυρικών μεγεθών μεγάλης περιόδου επαναφοράς, παρά μόνο σε μελέτες τοπικού χαρακτήρα, που αφορούν σε μικρά έργα που σχεδιάζονται για μικρές περιόδους επαναφοράς, της τάξης των λίγων ετών. Αντίθετα, στην περίπτωση μεσαίων ή μεγάλων περιόδων επαναφοράς, συστήνεται η εφαρμογή των όμβριων καμπυλών που εκτιμήθηκαν με ταυτόχρονη ανάλυση του συνόλου των δεδομένων της περιοχής μελέτης (Πίνακας 12.1), όπως εξηγείται στη συνέχεια.



Εικόνα 7.1: Θέσεις βροχογράφων ΥΔ Κρήτης, στις οποίες καταρτίστηκαν σημειακές όμβριες καμπύλες.

Πίνακας 7.1: Βασικά στατιστικά μεγέθη χρονοσειρών βροχογράφων Κρήτης.

Σταθμός	θ	η	κ	λ	ψ	λ'	ψ'	KW
ΑΒΔΟΥ	0.087	0.574	0.106	28.734	2.588	270.318	0.725	12.651
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	0.200	0.522	0.157	13.250	2.855	84.417	0.552	2.232
ΑΝΩ ΑΡΧΑΝΕΣ	0.286	0.580	0.076	8.840	3.624	115.927	0.724	6.132
ΑΠΟΣΤΟΛΟΙ	1.026	0.645	0.043	8.653	2.559	198.941	0.889	4.523
ΕΜΠΡΟΣΝΕΡΟΣ	0.058	0.500	0.113	30.232	3.033	266.514	0.656	7.907
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΜΥ)	0.085	0.696	0.072	32.307	3.215	450.130	0.769	4.984
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	0.169	0.768	0.156	31.782	2.722	203.329	0.575	3.728
ΜΙΣΣΕΛΕΡΟΙ	1.152	0.917	0.173	22.840	1.674	132.277	0.711	0.442
ΠΟΤΑΜΙΕΣ	0.416	0.612	0.030	11.511	2.689	378.660	0.918	4.895
ΡΕΘΥΜΝΟ	0.102	0.699	0.108	35.184	3.091	325.041	0.665	2.228
ΣΗΤΕΙΑ	0.138	0.759	0.107	30.712	3.260	286.016	0.650	9.158
ΣΙΤΑΝΟΣ	0.250	0.618	0.154	33.382	1.491	216.996	0.771	1.668
ΣΟΥΔΑ	0.050	0.655	0.149	58.080	2.401	389.220	0.642	2.098
Μέση τιμή	0.309	0.657	0.111	26.578	2.708	255.214	0.711	4.819

8 Εκτίμηση αντιπροσωπευτικών τιμών παραμέτρων συνάρτησης διάρκειας

Εξαιτίας του μικρού αριθμού των βροχογράφων, αλλά και των μικρών δειγμάτων που διατίθενται σε κάθε σταθμό, κρίνεται επισφαλής η εκτίμηση σημειακών τιμών των παραμέτρων της όμβριας καμπύλης, σε κάθε σταθμό ξεχωριστά. Αυτό κυρίως αφορά στις παραμέτρους θ και η της συνάρτησης διάρκειας $b(d)$, η εκτίμηση των οποίων γίνεται αποκλειστικά από τα δεδομένα των βροχογράφων. Αντίθετα, σύμφωνα με την προσέγγιση που προτείνεται στις προδιαγραφές, οι άλλες τρεις παράμετροι που αφορούν στον αριθμητή της εξίσωσης (7.4) μπορούν να εκτιμηθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια αξιοποιώντας και τα δεδομένα που λαμβάνονται από τα βροχόμετρα (μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση και μέγιστη αθροιστική βροχόπτωση δύο ημερών).

Επισημαίνεται ότι επειδή η παράμετρος θ είναι εξαιρετικά ευαίσθητη στην περιοχή των μικρών διαρκειών (μικρότερων της ώρας), ο ασφαλής προσδιορισμός της απαιτεί δεδομένα πολύ λεπτής χρονικής διακριτότητας (από 5 έως 30 min). Από την άλλη πλευρά, στην περιοχή μελέτης υπάρχουν μόλις έξι βροχογράφοι με δεδομένα που ξεκινούν από την κλίμακα των 5 min (Σούδα, Αβδού, Ιεράπετρα, Ηράκλειο ΕΜΥ, Ρέθυμνο, Σητεία). Αυτό σημαίνει ότι η εκτίμηση των παραμέτρων της συνάρτησης διάρκειας θα έπρεπε να βασιστεί σε έξι μόνο σταθμούς, που για μια τόσο μεγάλη περιοχή δεν αποτελούν αντιπροσωπευτικό δείγμα. Συνεπώς, προτιμήθηκε η αξιοποίηση των δεδομένων όλων των βροχογράφων, έστω και αν αυτό οδηγήσει σε λιγότερο ακριβείς εκτιμήσεις της παραμέτρου θ .

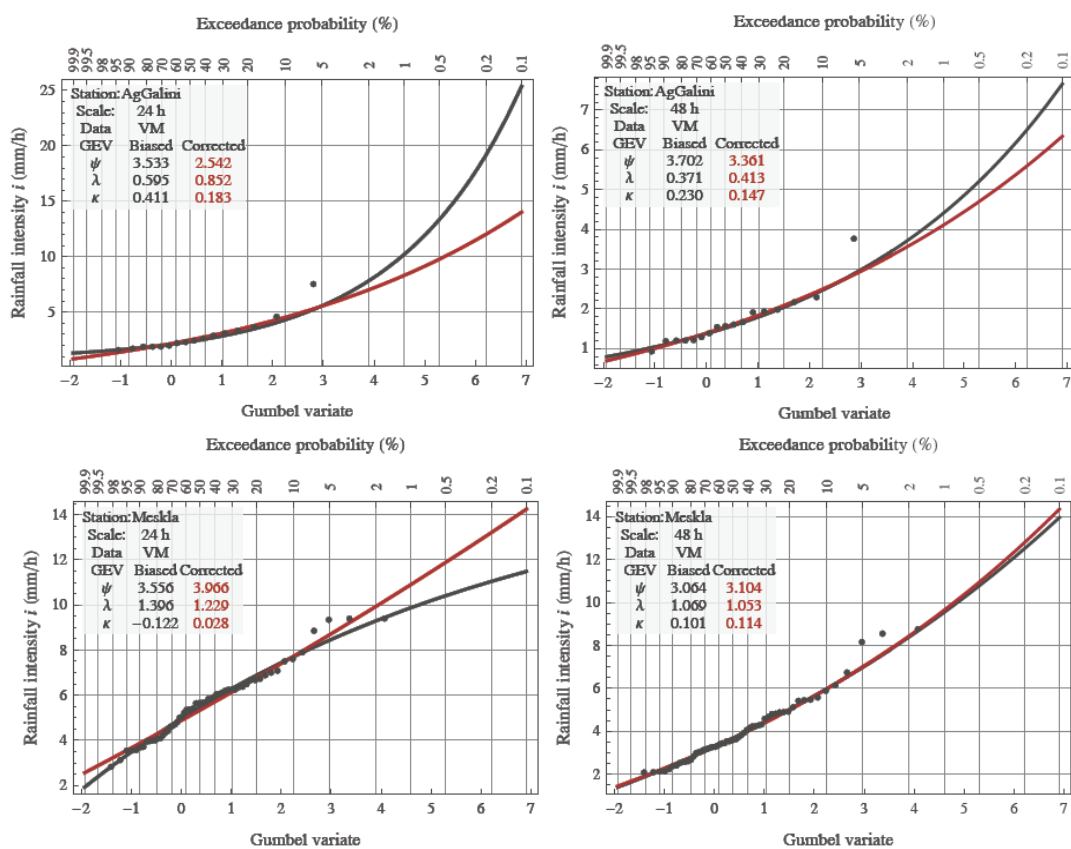
Με βάση τις παραπάνω παραδοχές, προκύπτει το ζήτημα προσδιορισμού μιας ενιαίας έκφρασης της συνάρτησης διάρκειας $b(d)$, που θα περιέχει κοινές τιμές των παραμέτρων θ και η . Η εκτίμηση των ενιαίων θ και η έγινε με βελτιστοποίηση ενός σταθμισμένου δείκτη Kruskal-Wallis στα δείγματα των 13 βροχογράφων της περιοχής μελέτης. Εξετάστηκαν διάφορες εκφράσεις του εν λόγω δείκτη, περιλαμβανομένου του αθροίσματος των επιμέρους δεικτών KW (δηλαδή των εκτιμήσεων του δείκτη ανά βροχογράφο). Προκειμένου να υπάρξει ένας κατά το δυνατόν ισομερής επιμερισμός του συνολικού σφάλματος, διατυπώθηκε και μια εναλλακτική μορφή της στοχικής συνάρτησης, που προκύπτει ως άθροισμα των λόγων του δείκτη KW κάθε σταθμού προς την αντίστοιχη βέλτιστη τιμή του (Πίνακας 7.1). Η τελευταία προκύπτει θεωρώντας διαφορετικές παραμέτρους ανά σταθμό, που εξασφαλίζει εξ ορισμού το ελάχιστο σφάλμα (δηλαδή την ελάχιστη τιμή του δείκτη KW), τοπικά.

Από τη βελτιστοποίηση στο συνολικό δείγμα των 13 βροχογράφων προέκυψαν οι τιμές $\theta = 0.093$ και $\eta = 0.691$, οι οποίες κρίνονται εύλογες. Οι αντίστοιχες μέσες τιμές (Πίνακας 7.1) είναι $\theta = 0.309$ και $\eta = 0.657$. Συνεπώς, η τιμή της παραμέτρου θ είναι σημαντικά μειωμένη σε σχέση με τη μέση σημειακή εκτιμήτριά της, ενώ αντίθετα οι δύο προσεγγίσεις (δηλαδή η ενοποίηση των δειγμάτων και η μέση σημειακή τιμή) δίνουν κοντινές εκτιμήσεις για την παράμετρο η . Επισημαίνεται ότι οι αντίστοιχες τιμές των παραμέτρων στα τρία ΥΔ της Πελοποννήσου εκτιμήθηκαν σε $\theta = 0.089$ και $\eta = 0.724$. Αυτό υποδηλώνει ότι η χρονική κατανομή των ισχυρών βροχοπτώσεων, την οποία περιγράφει μαθηματικά η έκφραση $b(d)$, δεν διαφοροποιείται στα ΥΔ Κρήτης και Πελοποννήσου, κάτι που είναι αναμενόμενο καθώς οι δύο περιοχές ανήκουν στο ίδιο κλιματικό καθεστώς.

9 Αμερόληπτη εκτίμηση παραμέτρου σχήματος κατανομής ΓΑΤ

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 6, η παράμετρος σχήματος κ είναι η πλέον κρίσιμη για την εκτίμηση των ακραίων τιμών της κατανομής ΓΑΤ, και συνακόλουθα των μεγεθών που προκύπτουν από την όμβρια καμπύλη για μεγάλες περιόδους επαναφοράς. Ωστόσο, είναι ταυτόχρονα και η πλέον αβέβαιη στην εκτίμησή της παράμετρος, με την ακρίβεια της εκτίμησης να διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με το μήκος του αντίστοιχου ιστορικού δείγματος.

Προκειμένου να εξαχθεί μια κατά το δυνατό πιο ασφαλής εκτίμηση της παραμέτρου κ , επαναλήφθηκε η διαδικασία του υποκεφαλαίου 3.4, δηλαδή η προσαρμογή της κατανομής ΓΑΤ σε όλα τα δείγματα μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής. Ωστόσο, αντί της εκτίμησης των παραμέτρων της κατανομής με τη μέθοδο των L -ροπών, εφαρμόστηκε η τεχνική που αναπτύχθηκε από τους Papalexiou and Koutsoyiannis (2013), με την οποία εξασφαλίζεται αμερόληπτη εκτίμηση της παραμέτρου κ (καθώς και των λοιπών παραμέτρων, λ και ψ της ΓΑΤ). Με τη διαδικασία αυτή, η παράμετρος κ (που στο εξής θα συμβολίζεται κ^*) «φράζεται» σε κάποια εύλογα όρια, και δεν επιτρέπεται να λάβει αρνητική τιμή (ακριβέστερα, έχει πρακτικά αμελητέα πιθανότητα να λάβει τέτοια τιμή). Αυτό δεν μπορεί να εξασφαλιστεί αν δεν πραγματοποιηθεί διόρθωση της μεροληψίας λόγω των μικρών δειγμάτων στην εκτιμήτρια των L -ροπών, με την οποία προκύπτει μεγάλο εύρος τιμών του κ , περιλαμβανομένων και πολλών αρνητικών τιμών (Πίνακας 9.1, βροχογράφοι, και Πίνακας 9.2, βροχόμετρα).



Εικόνα 9.1: Παραδείγματα προσαρμογής της κατανομής ΓΑΤ στα ημερήσια και διήμερα δείγματα ετήσιων μεγίστων των σταθμών Αγ. Γαλήνη και Μεσκλά. Για κάθε δείγμα απεικονίζονται η εμπειρική κατανομή και η θεωρητική κατανομή ΓΑΤ, με μεροληπτική και αμερόληπτη εκτίμηση των παραμέτρων της.

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Είναι προφανές ότι η αμερόληπτη (διορθωμένη) εκτίμηση των παραμέτρων κ , λ και ψ οδηγεί σε συνεπή σχήματα της κατανομής ΓΑΤ, η οποία ωστόσο δεν προσαρμόζεται αντίστοιχα καλά με την περίπτωση εκτίμησής τους μέσω των κλασσικών L -ροπών. Ωστόσο, όπως φαίνεται στα αναλυτικά αποτελέσματα των δύο πινάκων (βλ. Εικόνα 9.1), με τη διορθωτική διαδικασία εξομαλύνονται τόσο οι έντονα αρνητικές όσο και οι έντονα θετικές τιμές της παραμέτρου. Ειδικότερα, το εύρος τιμών του κ στα δείγματα ημερήσιων τιμών των βροχογράφων περιορίζεται από [-0.293, 0.483] σε [0.028, 0.240]. Κατ' αντιστοιχία, ο συντελεστής μεταβλητότητάς του κ (δηλαδή ο λόγος της τυπικής απόκλισης προς μέση τιμή) στο δείγμα των βροχογράφων μειώνεται δραστικά, από 1.45 σε μόλις 0.40.

Πίνακας 9.1: Εκτίμηση παραμέτρου σχήματος κατανομής ΓΑΤ με τη μέθοδο των L -ροπών και αμερόληπτη εκτίμηση με τη διαδικασία των Papalexiou and Koutsoyiannis (2013), στα δείγματα μέγιστων 24ωρων υψών βροχής βροχογράφων Κρήτης.

Σταθμός	Μήκος δείγματος	κ (L-ροπές)	κ^* (αμερόλ.)	Σταθμός	Μήκος δείγματος	κ (L-ροπές)	κ^* (αμερόλ.)
ΑΠΟΣΤΟΛΟΙ	22	-0.214	0.043	ΑΒΔΟΥ	30	0.097	0.116
ΜΙΣΕΛΕΡΟΙ	17	0.351	0.173	ΕΜΠΡΟΣΝΕΡΟΣ	22	0.317	0.171
ΠΟΤΑΜΙΕΣ	20	-0.290	0.030	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	29	0.292	0.171
ΣΙΤΑΝΟΣ	23	0.243	0.154	ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΜΥ)	35	-0.198	0.025
ΣΟΥΔΑ	30	0.213	0.149	ΡΕΘΥΜΝΟ	15	-0.140	0.074
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	33	0.291	0.173	ΣΗΤΕΙΑ	38	-0.069	0.062
ΑΝΩ ΑΧΑΡΝΕΣ	34	0.051	0.102				

Πίνακας 9.2: Εκτίμηση παραμέτρου σχήματος κατανομής ΓΑΤ με τη μέθοδο των L -ροπών και αμερόληπτη εκτίμηση με τη διαδικασία των Papalexiou and Koutsoyiannis (2013), στα δείγματα μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής βροχομέτρων Κρήτης.

Σταθμός	Μήκος δείγματος	κ (L-ροπές)	κ^* (αμερόλ.)	Σταθμός	Μήκος δείγματος	κ (L-ροπές)	κ^* (αμερόλ.)
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	45	0.202	0.150	ΚΑΣΤΕΛΙ (ΥΠΑΑΤ)	38	0.225	0.156
ΑΝΩ ΑΧΑΡΝΕΣ	51	-0.096	0.043	ΚΑΣΤΕΛΙ (ΕΜΥ)	32	0.033	0.097
ΑΒΔΟΥ	44	0.077	0.107	ΚΑΤΣΙΔΟΝΙ	35	0.051	0.101
ΕΜΠΡΟΣΝΕΡΟΣ	51	0.160	0.136	ΚΑΒΟΥΣΙ	33	-0.153	0.042
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	69	0.277	0.186	ΚΡΟΥΣΩΝΑΣ	38	-0.014	0.080
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΜΥ)	54	0.112	0.118	ΛΑΓΟΛΙΟ	41	0.016	0.088
ΡΕΘΥΜΝΟ	47	0.104	0.116	ΛΕΥΚΟΓΕΙΑ	35	0.081	0.111
ΣΗΤΕΙΑ	52	0.111	0.118	ΜΑΛΛΕΣ	35	0.086	0.112
ΑΧΕΝΤΡΙΑΣ	35	0.123	0.124	ΜΑΡΩΝΕΙΑ	14	0.351	0.168
ΑΓ. ΓΑΛΗΝΗ	16	0.411	0.183	ΜΕΛΑΜΠΕΣ	37	-0.014	0.080
ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ	37	0.480	0.235	ΜΕΣΚΛΑ	58	-0.122	0.028
ΑΓ. ΘΩΜΑΣ	58	0.094	0.111	ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	38	0.152	0.133
ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	36	0.166	0.137	ΜΥΘΟΙ	15	0.174	0.135
ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	61	-0.096	0.036	ΜΟΡΟΝΙ	39	0.126	0.124
ΑΚΟΥΜΙΑ	44	0.282	0.177	ΜΟΥΡΙ	39	0.077	0.109
ΑΝΩΓΕΙΑ	63	0.137	0.128	ΝΕΑΠΟΛΗ	37	0.244	0.161
ΑΡΜΑΧΑ	38	-0.031	0.074	ΝΙΘΑΥΡΗ	52	0.013	0.082
ΑΡΜΕΝΟΙ	49	-0.030	0.068	ΠΑΧΕΙΑ ΑΜΜΟΣ	32	0.249	0.161
ΑΣΗΜΙ	35	0.448	0.223	ΠΑΛ. ΡΟΥΜΑΤΑ	34	-0.074	0.064
ΑΣΚΥΦΟΥ	35	0.169	0.137	ΠΑΛΛΙΟΧΩΡΑ	40	0.483	0.240
ΑΣΩΜΑΤΟΣ	60	0.050	0.094	ΠΑΛΛΙΟΚΑΣΤΡΟ	27	0.060	0.107
ΧΑΝΙΑ	27	0.123	0.124	ΠΑΡΤΗΡΑ	38	0.224	0.155

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Σταθμός	Μήκος δείγματος	κ (L-ροπές)	κ* (αμερόλ.)	Σταθμός	Μήκος δείγματος	κ (L-ροπές)	κ* (αμερόλ.)
ΔΕΜΑΤΙ	36	0.108	0.119	ΠΕΡΑΜΑ	50	0.050	0.097
ΕΜΠΑΡΟΣ	49	0.017	0.085	ΠΟΜΠΙΑ	36	0.235	0.158
ΕΠΙΣΚΟΠΗ	52	0.187	0.146	ΠΡΑΙΤΩΡΙΑ	37	0.354	0.196
ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	18	0.306	0.164	ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	39	-0.011	0.080
ΦΟΙΝΙΚΙΑ	38	-0.011	0.081	ΣΠΗΛΙ	30	-0.129	0.053
ΦΟΥΡΝΗΣ	29	-0.098	0.062	ΣΤΑΥΡΟΧΩΡΙ	34	0.236	0.157
ΓΑΡΑΖΟ	14	-0.018	0.099	ΣΤΕΡΝΕΣ	59	0.113	0.119
ΓΑΥΔΟΣ	11	0.066	0.117	ΣΤΡΟΒΛΕΣ	60	0.131	0.126
ΓΕΡΑΚΑΡΙ	36	0.067	0.106	ΤΕΦΕΛΙ	40	0.220	0.155
ΓΕΡΓΕΡΗ	38	-0.005	0.083	ΤΖΕΡΜΙΑΔΕΣ	39	-0.110	0.048
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΑΑ)	50	0.434	0.235	ΒΑΓΙΩΝΙΑ	35	0.169	0.138
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΥΠΑΑΤ)	17	0.359	0.174	ΒΑΜΟΣ	22	-0.149	0.059
ΚΑΛΑΜΑΥΚΑ	59	0.031	0.087	ΒΥΖΑΡΙ	31	-0.095	0.061
ΚΑΛΥΒΕΣ	34	0.273	0.169	ΒΟΛΕΩΝΕΣ	14	-0.297	0.047
ΚΑΛΥΒΙΑ	38	0.123	0.123	ΒΟΝΗ	38	0.328	0.188
ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	36	0.125	0.124	ΒΟΡΙΖΙΑ	38	-0.125	0.044
ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	37	0.271	0.170	ΖΑΚΡΟΣ	60	-0.035	0.061
ΚΑΨΑΛΟΙ	18	0.113	0.123	ΖΑΡΟΣ (ΥΠΑΑΤ)	50	0.087	0.110
ΚΑΣΣΑΝΟΙ	17	0.088	0.118	ΖΑΡΟΣ (ΕΜΥ)	38	0.047	0.099

10 Διαμόρφωση ζωνών αντιπροσωπευτικών τιμών παραμέτρου κ

Με τη διαδικασία αμερόληπτης εκτίμησης της παραμέτρου σχήματος κ , υπήρξε σημαντική μείωση της διασποράς των σημειακών (δειγματικών) τιμών της, που επιτρέπει, κατ' αντιστοιχία με τις παραμέτρους θ και η (βλ. Κεφάλαιο 8), την υιοθέτηση κοινών τιμών, σε ευρύτερες ομάδες σταθμών. Για τον σκοπό αυτό, παρήχθησαν χάρτες γεωγραφικής μεταβολής του κ^* , με διαδικασίες χωρικής παρεμβολής σε περιβάλλον ΣΓΠ.

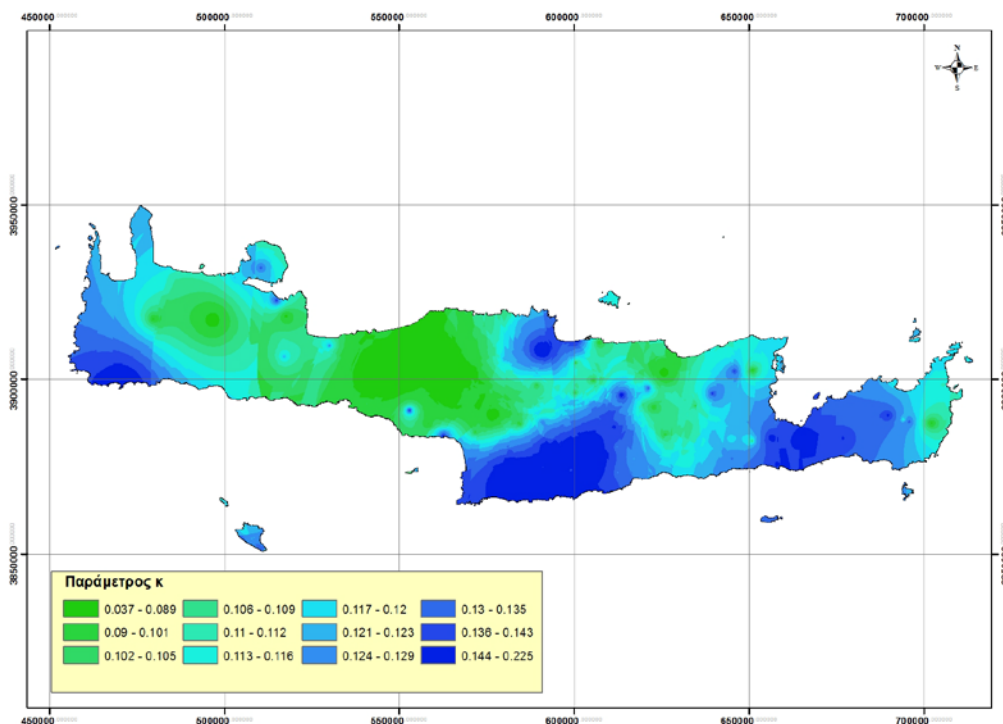
Στην Εικόνα 10.1 απεικονίζεται η χωρική διασπορά του κ^* , από την οποία είναι εμφανής η διαφοροποίηση των τιμών της παραμέτρου στην Δυτική και Ανατολική Κρήτη. Συγκεκριμένα, στη Δυτική Κρήτη, και κυρίως στο ορεινό τμήμα της, η παράμετρος λαμβάνει χαμηλές τιμές, σε αντίθεση με την Ανατολική Κρήτη και τα παράλια. Τα παραπάνω οδήγησαν στη διαμόρφωση δύο ζωνών, σε κάθε μία από τις οποίες θεωρείται μια αντιπροσωπευτική τιμή της παραμέτρου σχήματος κ^* . Προκειμένου να οριστεί μια ενιαία γεωγραφική ζώνη, εξετάστηκαν διάφορες προσεγγίσεις, που κατέληξαν στη χρήση της ισοΐψους των 300 m ως συμβατικού ορίου διαχωρισμού των δύο ζωνών (Εικόνα 10.2).

Συνδυάζοντας τους παραπάνω χάρτες χαράχθηκαν οι δύο ζώνες, που απεικονίζονται στον χάρτη (Εικόνα 10.3). Η ζώνη των χαμηλών τιμών του κ^* (στο εξής, ζώνη 1), έκτασης περίπου 3500 km², καλύπτει όλο το ημιορεινό και ορεινό (>300 m) τμήμα των Νομών Χανίων και Ρεθύμνου, τις αντίστοιχες ορεινές περιοχές δυτικά του Ηρακλείου καθώς και το βόρειο τμήμα της λεκάνης του Γεροπόταμου. Στη ζώνη αυτή περιλαμβάνονται 28 σταθμοί, ενώ οι υπόλοιποι 59 σταθμοί της μελέτης ανήκουν στη ζώνη των υψηλών κ^* (στο εξής, ζώνη 2), που εκτείνεται σε όλη την περιοχή ανατολικά του Ηρακλείου, καθώς και στις πεδινές παραθαλάσσιες περιοχές της Δυτικής Κρήτης.

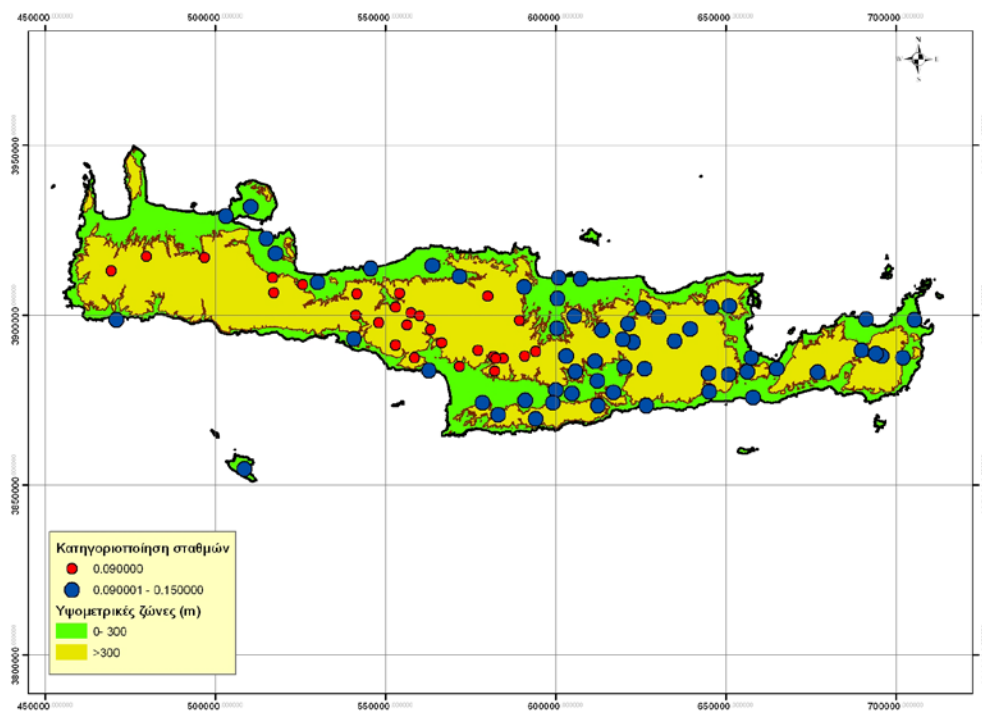
Για την εξαγωγή της αντιπροσωπευτικής τιμής της παραμέτρου κ^* στις δύο ζώνες, εφαρμόστηκαν δύο προσεγγίσεις, όπως και στην περίπτωση των παραμέτρων θ και η . Συγκεκριμένα, εκτιμήθηκαν τόσο η μέση τιμή κάθε ζώνης όσο και η βελτιστοποιημένη τιμή του ενοποιημένου δείγματος κάθε ζώνης. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δίνονται στον Πίνακα 10.1. Τελικά, για λόγους ασφαλείας (δεδομένου ότι η παράμετρος κ σχετίζεται με την αναπαραγωγή των ακραίων φαινομένων), θεωρήθηκε σε κάθε ζώνη η δυσμενέστερη (υψηλότερη) των δύο τιμών. Με την υπόθεση αυτή, για τη ζώνη 1 λαμβάνεται ως πλέον αντιπροσωπευτική η τιμή $\kappa_1 = 0.088$, η οποία προέκυψε με την προσέγγιση του μέσου όρου, ενώ για τη ζώνη 2 λαμβάνεται $\kappa_2 = 0.145$, που εκτιμήθηκε από το ενοποιημένο δείγμα.

Πίνακας 10.1: Χαρακτηριστικά γεωγραφικών ζωνών και προσδιορισμός αντιπροσωπευτικών τιμών παραμέτρου κ .

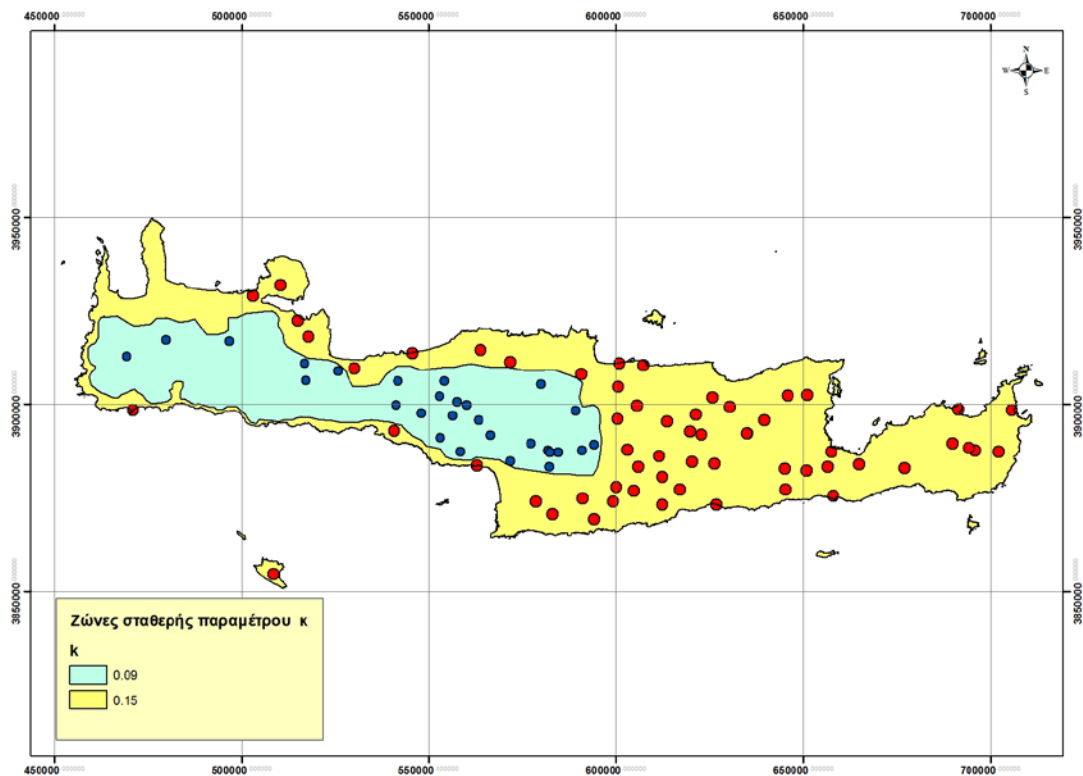
	Ζώνη 1	Ζώνη 2
Έκταση ζώνης (km ²)	3 500	4 845
Ποσοστό κάλυψης ΥΔ	42%	58%
Πλήθος σταθμών	28	59
Μέση δειγματική τιμή παραμέτρου κ	0.088	0.131
Τυπική απόκλιση	0.037	0.047
Ελάχιστη τιμή	0.028	0.030
Μέγιστη τιμή	0.177	0.240
Εκτίμηση κ ενοποιημένου δείγματος	0.039	0.145
Τελική τιμή παραμέτρου κ	0.088	0.145



Εικόνα 10.1: Χάρτης γεωγραφικής μεταβολής της διορθωμένης παραμέτρου σχήματος κ^* στο ΥΔ Κρήτης.



Εικόνα 10.2: Κατηγοριοποίηση σταθμών με βάση την τιμή της διορθωμένης παραμέτρου σχήματος κ^* και διαχωρισμός σε υψομετρικές ζώνες, με $\kappa_1 = 0.088$ και $\kappa_2 = 0.145$.



Εικόνα 10.3: Διαχωρισμός ΥΔ Κρήτης σε ζώνες σταθερής παραμέτρου σχήματος.

11 Κατάρτιση σημειακών όμβριων καμπυλών στις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών

Τελικός στόχος της μελέτης είναι η παραγωγή όμβριων καμπυλών στις θέσεις των 87 βροχομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης, οι οποίες είναι συνεπείς με τη στατιστική δίατα των ισχυρών καταιγίδων της περιοχής. Υπενθυμίζεται ότι η γενική συναρτησιακή σχέση των όμβριων καμπυλών (εξ. 6.4) περιλαμβάνει πέντε παραμέτρους, από τις οποίες:

- οι δύο παράμετροι της αριθμητικής έκφρασης του παρονομαστή, δηλαδή της συνάρτησης διάρκειας $b(d)$, οι οποίες θεωρήθηκαν κοινές σε όλη την περιοχή μελέτης, εκτιμήθηκαν από ταυτόχρονη βελτιστοποίηση των δειγμάτων των 13 βροχογράφων της Κρήτης, από το οποίο προέκυψαν οι τιμές $\theta = 0.093$ και $\eta = 0.691$.
- Η παράμετρος σχήματος κ της κατανομής ΓΑΤ, η οποία εισάγεται στον αριθμητή της σχέσης (6.4), θεωρήθηκε ότι διαφοροποιείται στις δύο γεωγραφικές ζώνες, όπου συνδυάζοντας δύο προσεγγίσεις (μέσος όρος σημειακών δειγμάτων και βελτιστοποιημένη τιμή ενοποιημένων δειγμάτων κάθε ζώνης), προέκυψαν οι τιμές $\kappa_1 = 0.088$ και $\kappa_2 = 0.145$.

Για την εκτίμηση των άλλων δυο παραμέτρων λ , ψ (ή ισοδύναμα λ' , ψ') της έκφρασης των όμβριων καμπυλών σε κάθε σταθμό, εφαρμόστηκε μια διαδικασία βέλτιστης προσαρμογής στα αντίστοιχα δείγματα. Στις θέσεις των βροχογράφων, έγινε ενοποίηση των δειγμάτων όλων των χρονικών κλιμάκων, ενώ στις θέσεις των βροχομέτρων χρησιμοποιήθηκαν τα δείγματα μέγιστων ημερήσιων και διήμερων υψών βροχής. Τα δείγματα των βροχομέτρων πολλαπλασιάστηκαν με τους τυπικούς συντελεστές αναγωγής της βιβλιογραφίας, δηλαδή 1.13 για τα ημερήσια ύψη και 1.04 για διήμερα (Linsley *et al.*, 1975, σ. 357). Οι συντελεστές αυτοί εφαρμόζονται ώστε να διορθώσουν το σφάλμα διακριτοποίησης που οφείλεται στη μέτρηση της αθροιστικής βροχής ανά 24 h, αντί για συνεχή μέτρηση και εξαγωγή του μέγιστου ύψους βροχής από τυχαίες χρονικές κλίμακες διάρκειας 24 h.

Οι τελικές τιμές των παραμέτρων στους 87 βροχομετρικούς σταθμούς της περιοχής μελέτης δίνονται στον Πίνακα 11.1. Οι τιμές αυτές μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών στη θέση κάθε σταθμού. Στη συνέχεια, από την έκφραση της όμβριας καμπύλης που προκύπτει συναρτήσει των πέντε παραμέτρων, μπορούν να εξαχθούν οι σημειακές τιμές των εντάσεων (ή, ισοδύναμα, υψών) βροχής, για συγκεκριμένη διάρκεια και περίοδο επαναφοράς.

Πίνακας 11.1 Τελικές τιμές παραμέτρων σημειακών όμβριων καμπυλών στις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών.

Σταθμός	Ζώνη	θ	η	κ	λ	ψ	λ'	ψ'
ΑΒΔΟΥ	2	0.093	0.691	0.145	48.786	2.165	336.955	0.687
ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	1	0.093	0.691	0.088	44.330	3.132	502.099	0.723
ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	1	0.093	0.691	0.088	44.248	4.050	501.176	0.642
ΑΓ. ΓΑΛΗΝΗ	2	0.093	0.691	0.145	38.647	2.897	266.929	0.581
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	2	0.093	0.691	0.145	55.569	2.069	383.803	0.700
ΑΓ. ΘΩΜΑΣ	1	0.093	0.691	0.088	35.184	3.612	398.511	0.681
ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ	2	0.093	0.691	0.145	34.819	3.000	240.488	0.566
ΑΚΟΥΜΙΑ	1	0.093	0.691	0.088	55.193	2.644	625.144	0.767
ΑΝΩ ΑΧΑΡΝΕΣ	2	0.093	0.691	0.145	30.730	3.114	212.248	0.549
ΑΝΩΓΕΙΑ	1	0.093	0.691	0.088	66.206	3.103	749.879	0.726
ΑΠΟΣΤΟΛΟΙ	1	0.093	0.691	0.088	45.591	2.055	516.384	0.819
ΑΡΜΑΧΑ	2	0.093	0.691	0.145	45.104	3.352	311.525	0.515
ΑΡΜΕΝΟΙ	1	0.093	0.691	0.088	46.754	3.480	529.559	0.693
ΑΣΗΜΙ	2	0.093	0.691	0.145	40.441	2.512	279.318	0.636

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Σταθμός	Ζώνη	θ	η	κ	λ	ψ	λ'	ψ'
ΑΣΚΥΦΟΥ	1	0.093	0.691	0.088	130.736	2.710	1480.773	0.761
ΑΣΩΜΑΤΟΣ	1	0.093	0.691	0.088	54.494	3.256	617.223	0.713
ΑΧΕΝΤΡΙΑΣ	2	0.093	0.691	0.145	36.694	3.757	253.437	0.456
ΒΑΓΙΩΝΙΑ	2	0.093	0.691	0.145	34.608	3.119	239.034	0.548
ΒΑΜΟΣ	2	0.093	0.691	0.145	38.624	5.028	266.770	0.272
ΒΟΛΕΩΝΕΣ	1	0.093	0.691	0.088	64.535	4.126	730.952	0.636
ΒΟΝΗ	2	0.093	0.691	0.145	54.291	2.389	374.979	0.654
ΒΟΡΙΖΙΑ	1	0.093	0.691	0.088	54.684	3.788	619.381	0.666
ΒΥΖΑΡΙ	1	0.093	0.691	0.088	45.581	3.198	516.269	0.718
ΓΑΡΑΖΟ	2	0.093	0.691	0.145	50.299	5.188	347.403	0.249
ΓΑΥΔΟΣ	2	0.093	0.691	0.145	42.200	2.241	291.464	0.676
ΓΕΡΑΚΑΡΙ	1	0.093	0.691	0.088	39.482	4.765	447.186	0.579
ΓΕΡΓΕΡΗ	1	0.093	0.691	0.088	37.930	3.908	429.608	0.655
ΔΕΜΑΤΙ	2	0.093	0.691	0.145	35.631	2.988	246.098	0.567
ΕΜΠΑΡΟΣ	2	0.093	0.691	0.145	40.493	3.440	279.675	0.502
ΕΜΠΡΟΣΝΕΡΟΣ	1	0.093	0.691	0.088	77.200	2.252	874.400	0.801
ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	2	0.093	0.691	0.145	108.116	2.107	746.738	0.695
ΕΠΙΣΚΟΠΗ	2	0.093	0.691	0.145	59.047	3.025	407.826	0.562
ΖΑΚΡΟΣ	2	0.093	0.691	0.145	39.987	3.130	276.182	0.547
ΖΑΡΟΣ (ΕΜΥ)	1	0.093	0.691	0.088	39.835	3.361	451.185	0.703
ΖΑΡΟΣ (ΥΠΑΑΤ)	1	0.093	0.691	0.088	43.847	3.338	496.635	0.705
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΑΑ)	2	0.093	0.691	0.145	45.377	2.051	313.411	0.703
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΜΥ)	2	0.093	0.691	0.145	27.694	3.449	191.278	0.501
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΥΠΑΑΤ)	2	0.093	0.691	0.145	37.226	3.027	257.110	0.562
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	2	0.093	0.691	0.145	35.746	2.675	246.890	0.613
ΚΑΒΟΥΣΙ	1	0.093	0.691	0.088	50.318	3.755	569.925	0.669
ΚΑΛΑΜΑΥΚΑ	2	0.093	0.691	0.145	40.003	3.289	276.294	0.524
ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	2	0.093	0.691	0.145	38.049	2.824	262.800	0.591
ΚΑΛΥΒΕΣ	2	0.093	0.691	0.145	47.842	3.033	330.438	0.561
ΚΑΛΥΒΙΑ	2	0.093	0.691	0.145	35.285	2.887	243.707	0.582
ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	2	0.093	0.691	0.145	43.588	2.818	301.056	0.592
ΚΑΣΣΑΝΟΙ	2	0.093	0.691	0.145	23.690	4.858	163.624	0.297
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΕΜΥ)	2	0.093	0.691	0.145	42.942	3.082	296.590	0.554
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΥΠΑΑΤ)	2	0.093	0.691	0.145	47.183	2.922	325.881	0.577
ΚΑΤΣΙΔΟΝΙ	2	0.093	0.691	0.145	63.551	2.813	438.935	0.593
ΚΑΨΑΛΟΙ	2	0.093	0.691	0.145	42.600	2.940	294.230	0.574
ΚΡΟΥΣΩΝΑΣ	1	0.093	0.691	0.088	44.500	3.802	504.027	0.664
ΛΑΓΟΛΙΟ	1	0.093	0.691	0.088	32.302	3.167	365.869	0.720
ΛΕΥΚΟΓΕΙΑ	2	0.093	0.691	0.145	57.811	2.732	399.292	0.604
ΜΑΛΛΕΣ	2	0.093	0.691	0.145	46.856	3.316	323.627	0.520
ΜΑΡΩΝΕΙΑ	2	0.093	0.691	0.145	41.882	3.420	289.268	0.505
ΜΕΛΑΜΠΕΣ	1	0.093	0.691	0.088	34.143	3.919	386.722	0.654
ΜΕΣΚΛΑ	1	0.093	0.691	0.088	72.643	3.514	822.793	0.690
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	2	0.093	0.691	0.145	39.361	3.121	271.860	0.548
ΜΙΣΕΛΕΡΟΙ	2	0.093	0.691	0.145	72.419	1.535	500.181	0.778
ΜΟΡΟΝΙ	1	0.093	0.691	0.088	36.119	3.434	409.100	0.697
ΜΟΥΡΙ	1	0.093	0.691	0.088	49.597	4.221	561.754	0.627
ΜΥΘΟΙ	2	0.093	0.691	0.145	25.851	4.468	178.551	0.353
ΝΕΑΠΟΛΗ	2	0.093	0.691	0.145	57.540	2.676	397.416	0.613
ΝΙΘΑΥΡΗ	1	0.093	0.691	0.088	38.659	3.411	437.870	0.699
ΠΑΛ. ΡΟΥΜΑΤΑ	1	0.093	0.691	0.088	62.309	3.459	705.735	0.695
ΠΑΛΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	2	0.093	0.691	0.145	61.026	2.199	421.497	0.682
ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ	2	0.093	0.691	0.145	57.732	1.617	398.746	0.766
ΠΑΡΤΗΡΑ	2	0.093	0.691	0.145	40.982	2.995	283.054	0.566

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

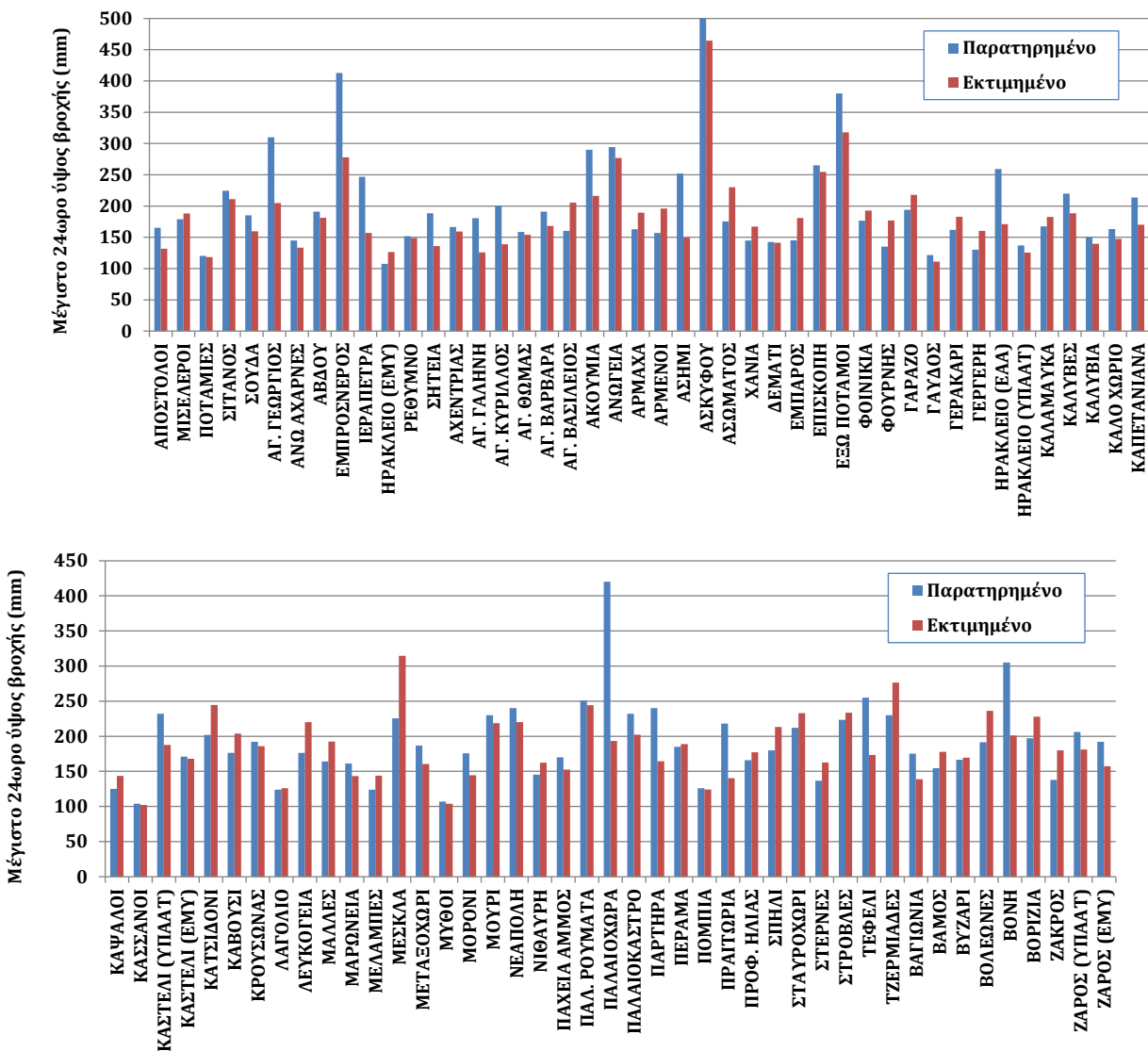
Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Σταθμός	Ζώνη	θ	η	κ	λ	ψ	λ'	ψ'
ΠΑΧΕΙΑ ΑΜΜΟΣ	2	0.093	0.691	0.145	39.371	3.002	271.925	0.565
ΠΕΡΑΜΑ	2	0.093	0.691	0.145	42.623	3.329	294.389	0.518
ΠΟΜΠΙΑ	2	0.093	0.691	0.145	29.076	3.582	200.822	0.481
ΠΟΤΑΜΙΕΣ	2	0.093	0.691	0.145	36.799	2.476	254.160	0.642
ΠΡΑΙΤΩΡΙΑ	2	0.093	0.691	0.145	36.600	2.686	252.790	0.611
ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	2	0.093	0.691	0.145	39.726	3.812	274.382	0.448
ΡΕΘΥΜΝΟ	2	0.093	0.691	0.145	34.435	3.224	237.837	0.533
ΣΗΤΕΙΑ	2	0.093	0.691	0.145	30.552	3.294	211.014	0.523
ΣΙΤΑΝΟΣ	2	0.093	0.691	0.145	74.340	1.533	513.450	0.778
ΣΟΥΔΑ	2	0.093	0.691	0.145	45.719	2.378	315.772	0.656
ΣΠΗΛΙ	1	0.093	0.691	0.088	52.009	3.977	589.074	0.649
ΣΤΑΥΡΟΧΩΡΙ	2	0.093	0.691	0.145	63.261	2.533	436.930	0.633
ΣΤΕΡΝΕΣ	2	0.093	0.691	0.145	36.348	3.114	251.050	0.549
ΣΤΡΟΒΛΕΣ	1	0.093	0.691	0.088	59.701	2.654	676.197	0.766
ΤΕΦΕΛΙ	2	0.093	0.691	0.145	44.476	2.675	307.187	0.613
ΤΖΕΡΜΙΑΔΕΣ	2	0.093	0.691	0.145	65.210	3.390	450.390	0.509
ΦΟΙΝΙΚΙΑ	2	0.093	0.691	0.145	45.730	3.379	315.847	0.511
ΦΟΥΡΝΗΣ	2	0.093	0.691	0.145	47.838	2.837	330.407	0.589
ΧΑΝΙΑ	2	0.093	0.691	0.145	49.222	2.364	339.967	0.658

12 Εκτίμηση χαρακτηριστικών μεγεθών σχεδιασμού βροχομετρικών σταθμών

Με χρήση των παραμέτρων του Πίνακα 11.1, εκτιμήθηκε για κάθε έναν από τους 87 σταθμούς της περιοχής μελέτης η τιμή της μέγιστης βροχοπτώσης διάρκειας 24 ωρών για τέσσερις χαρακτηριστικές περιόδους επαναφοράς (20, 50, 100 και 1000 έτη) που εφαρμόζονται στον σχεδιασμό (Πίνακας 12.1).

Επιπλέον, για την αξιολόγηση της προγνωστικής ικανότητας των όμβριων καμπυλών υπολογίστηκε, σε κάθε σταθμό, το μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής που προκύπτει από την εφαρμογή της όμβριας καμπύλης, θεωρώντας περίοδο επαναφοράς ίση με το μέγεθος του αντίστοιχου δείγματος, η οποία συγκρίθηκε με το ιστορικό μέγιστο κάθε σταθμού. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 12.1, οι αποκλίσεις είναι γενικά μικρές, με εξαίρεση τους σταθμούς στους οποίους το ιστορικό μέγιστο είναι ακραία υψηλό, οπότε αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς σημαντικά μεγαλύτερο του μήκους του δείγματος.



Εικόνα 12.1: Σύγκριση παρατηρημένων και εκτιμημένων 24ωρων υψών βροχής για περίοδο επαναφοράς ίση με το μήκος κάθε δείγματος.

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Πίνακας 12.1 Χαρακτηριστικές τιμές 24ωρου ύψους βροχής στις θέσεις όλων των βροχομετρικών σταθμών για διάφορες περιόδους επαναφοράς (σε mm).

Σταθμός	Μήκος δείγματος, N	Ιστορικό μέγιστο	T = N έτη	T = 20 έτη	T = 50 έτη	T = 100 έτη	T = 1000 έτη
ΑΒΔΟΥ	44	191.0	181.3	148.9	186.9	219.3	353.2
ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	36	191.2	168.0	150.1	178.5	201.6	289.3
ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	61	160.4	205.6	170.7	199.1	222.2	309.7
ΑΓ. ΓΑΛΗΝΗ	16	180.7	125.8	132.5	162.7	188.3	294.4
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	45	310.0	204.9	166.8	210.2	247.0	399.6
ΑΓ. ΘΩΜΑΣ	58	158.5	154.2	127.8	150.4	168.7	238.3
ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ	37	200.5	139.1	121.2	148.4	171.5	267.1
ΑΚΟΥΜΙΑ	61	290.0	216.4	172.9	208.3	237.1	346.3
ΑΝΩ ΑΧΑΡΝΕΣ	51	145.0	133.3	108.8	132.8	153.2	237.6
ΑΝΩΓΕΙΑ	63	294.1	276.8	223.1	265.6	300.0	431.0
ΑΠΟΣΤΟΛΟΙ	22	165.2	131.9	129.0	158.2	182.0	272.1
ΑΡΜΑΧΑ	38	163.0	189.4	165.3	200.4	230.3	354.2
ΑΡΜΕΝΟΙ	49	157.0	195.9	166.6	196.6	221.0	313.5
ΑΣΗΜΙ	35	252.0	149.4	130.6	162.2	189.0	300.0
ΑΣΚΥΦΟΥ	35	510.0	464.5	414.1	497.9	566.0	824.6
ΑΣΩΜΑΤΟΣ	60	175.2	230.2	187.9	222.9	251.3	359.1
ΑΧΕΝΤΡΙΑΣ	35	166.5	159.1	142.1	170.7	195.1	295.8
ΒΑΓΙΩΝΙΑ	35	175.0	138.7	122.6	149.6	172.6	267.6
ΒΑΜΟΣ	22	154.5	177.9	174.9	205.0	230.6	336.7
ΒΟΛΕΩΝΕΣ	14	191.4	236.3	251.5	292.9	326.5	454.2
ΒΟΝΗ	38	305.0	201.0	171.9	214.3	250.3	399.4
ΒΟΡΙΖΙΑ	38	197.2	227.9	203.6	238.7	267.2	375.3
ΒΥΖΑΡΙ	31	166.5	169.5	155.8	185.1	208.8	299.0
ΓΑΡΑΖΟ	14	194.0	218.0	231.9	271.2	304.5	442.6
ΓΑΥΔΟΣ	11	121.5	111.2	130.4	163.3	191.3	307.2
ΓΕΡΑΚΑΡΙ	36	162.0	182.9	166.9	192.2	212.8	290.9
ΓΕΡΓΕΡΗ	38	130.0	160.4	143.6	167.9	187.6	262.7
ΔΕΜΑΤΙ	36	142.5	141.3	123.9	151.7	175.3	273.1
ΕΜΠΑΡΟΣ	49	145.2	181.0	150.2	181.8	208.6	319.8
ΕΜΠΡΟΣΝΕΡΟΣ	52	412.8	278.0	226.2	275.8	316.0	468.7
ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	18	380.0	317.7	326.7	411.0	482.7	779.6
ΕΠΙΣΚΟΠΗ	52	265.0	254.6	206.4	252.4	291.6	453.7
ΖΑΚΡΟΣ	60	138.0	179.8	141.9	173.1	199.6	309.4
ΖΑΡΟΣ (ΕΜΥ)	38	192.0	157.2	139.5	165.1	185.8	264.6
ΖΑΡΟΣ (ΥΠΑΑΤ)	50	206.0	181.2	153.1	181.2	204.0	290.8
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΑΑ)	50	259.1	171.2	135.8	171.2	201.3	325.9
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΜΥ)	54	107.5	126.4	102.9	124.5	142.8	218.9
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΥΠΑΑΤ)	17	137.0	125.4	130.1	159.2	183.9	286.1
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	69	246.6	157.1	118.5	146.4	170.1	268.2
ΚΑΒΟΥΣΙ	33	176.4	203.8	186.5	218.8	245.0	344.5
ΚΑΛΑΜΑΥΚΑ	59	167.6	182.6	145.3	176.5	203.0	312.8
ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	36	163.3	147.6	129.0	158.7	183.9	288.4
ΚΑΛΥΒΕΣ	34	220.0	188.4	167.4	204.7	236.4	367.8
ΚΑΛΥΒΙΑ	38	150.1	139.7	120.8	148.3	171.7	268.6
ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	37	213.8	170.0	147.7	181.7	210.6	330.3
ΚΑΣΣΑΝΟΙ	17	104.0	102.2	105.2	123.7	139.4	204.4
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΕΜΥ)	32	171.0	168.0	151.4	184.9	213.3	331.2
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΥΠΑΑΤ)	38	232.0	187.7	162.4	199.2	230.5	360.1
ΚΑΤΣΙΔΟΝΙ	35	202.0	244.7	215.2	264.8	306.9	481.4
ΚΑΨΑΛΟΙ	18	125.0	143.5	147.0	180.3	208.5	325.5
ΚΡΟΥΣΩΝΑΣ	38	192.0	185.8	166.0	194.6	217.7	305.8

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Σταθμός	Μήκος δείγματος, <i>N</i>	Ιστορικό μέγιστο	<i>T</i> = <i>N</i> έτη	<i>T</i> = 20 έτη	<i>T</i> = 50 έτη	<i>T</i> = 100 έτη	<i>T</i> = 1000 έτη
ΛΑΓΟΛΙΟ	41	124.0	126.0	109.9	130.6	147.5	211.4
ΛΕΥΚΟΓΕΙΑ	35	176.2	220.1	193.3	238.4	276.7	435.5
ΜΑΛΛΕΣ	35	164.2	192.6	170.8	207.4	238.4	367.1
ΜΑΡΩΝΕΙΑ	14	161.2	143.3	154.9	187.6	215.4	330.4
ΜΕΛΑΜΠΕΣ	37	124.0	143.9	129.4	151.3	169.1	236.7
ΜΕΣΚΛΑ	58	225.6	314.7	260.2	306.8	344.6	488.3
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	38	186.7	160.6	139.5	170.2	196.3	304.4
ΜΙΣΕΛΕΡΟΙ	17	179.1	188.2	197.5	253.9	301.9	500.8
ΜΟΡΟΝΙ	39	175.8	144.6	127.9	151.0	169.9	241.3
ΜΟΥΡΙ	39	230.0	218.7	195.7	227.6	253.4	351.5
ΜΥΘΟΙ	15	107.0	103.8	109.6	129.8	146.9	217.9
ΝΕΑΠΟΛΗ	37	240.0	220.2	190.8	235.6	273.8	431.8
ΝΙΘΑΥΡΗ	52	145.4	162.3	136.4	161.2	181.4	257.8
ΠΑΛ. ΡΟΥΜΑΤΑ	34	250.9	244.2	221.4	261.4	293.8	417.1
ΠΑΛΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	27	232.0	202.2	187.3	234.9	275.4	442.9
ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ	40	420.0	193.4	159.9	204.9	243.2	401.7
ΠΑΡΤΗΡΑ	38	240.0	164.6	142.6	174.6	201.7	314.3
ΠΑΧΕΙΑ ΑΜΜΟΣ	32	170.0	152.4	137.1	167.8	193.9	302.1
ΠΕΡΑΜΑ	50	185.0	188.9	155.7	188.9	217.2	334.2
ΠΟΜΠΙΑ	36	126.0	124.2	110.0	132.7	151.9	231.8
ΠΟΤΑΜΙΕΣ	20	120.2	118.2	118.2	146.9	171.3	272.3
ΠΡΑΙΤΩΡΙΑ	37	218.0	140.3	121.5	150.1	174.3	274.8
ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	39	166.0	177.2	155.0	186.0	212.3	321.4
ΡΕΘΥΜΝΟ	47	151.6	148.8	123.9	150.8	173.6	268.1
ΣΗΤΕΙΑ	52	188.3	136.0	111.0	134.9	155.1	239.0
ΣΙΤΑΝΟΣ	23	224.6	211.0	202.6	260.6	309.9	514.0
ΣΟΥΔΑ	30	185.3	159.7	144.5	180.2	210.5	336.1
ΣΠΗΛΙ	30	180.0	213.1	198.7	232.1	259.2	362.0
ΣΤΑΥΡΟΧΩΡΙ	34	212.0	232.8	205.0	254.4	296.3	470.0
ΣΤΕΡΝΕΣ	59	136.7	162.6	128.7	157.1	181.2	281.0
ΣΤΡΟΒΛΕΣ	60	223.5	233.6	187.3	225.6	256.7	374.8
ΤΕΦΕΛΙ	40	255.0	173.2	147.4	182.1	211.6	333.7
ΤΖΕΡΜΙΑΔΕΣ	39	230.0	276.6	240.2	291.1	334.3	513.4
ΦΟΙΝΙΚΙΑ	38	176.8	192.7	168.2	203.9	234.2	359.8
ΦΟΥΡΝΗΣ	29	135.0	177.1	162.6	199.9	231.6	362.9
ΧΑΝΙΑ	27	145.0	167.3	155.3	193.7	226.3	361.4

13 Κατάρτιση χαρτών χωρικής κατανομής παραμέτρων για την εκτίμηση των όμβριων καμπυλών σε κλίμακα λεκάνης απορροής

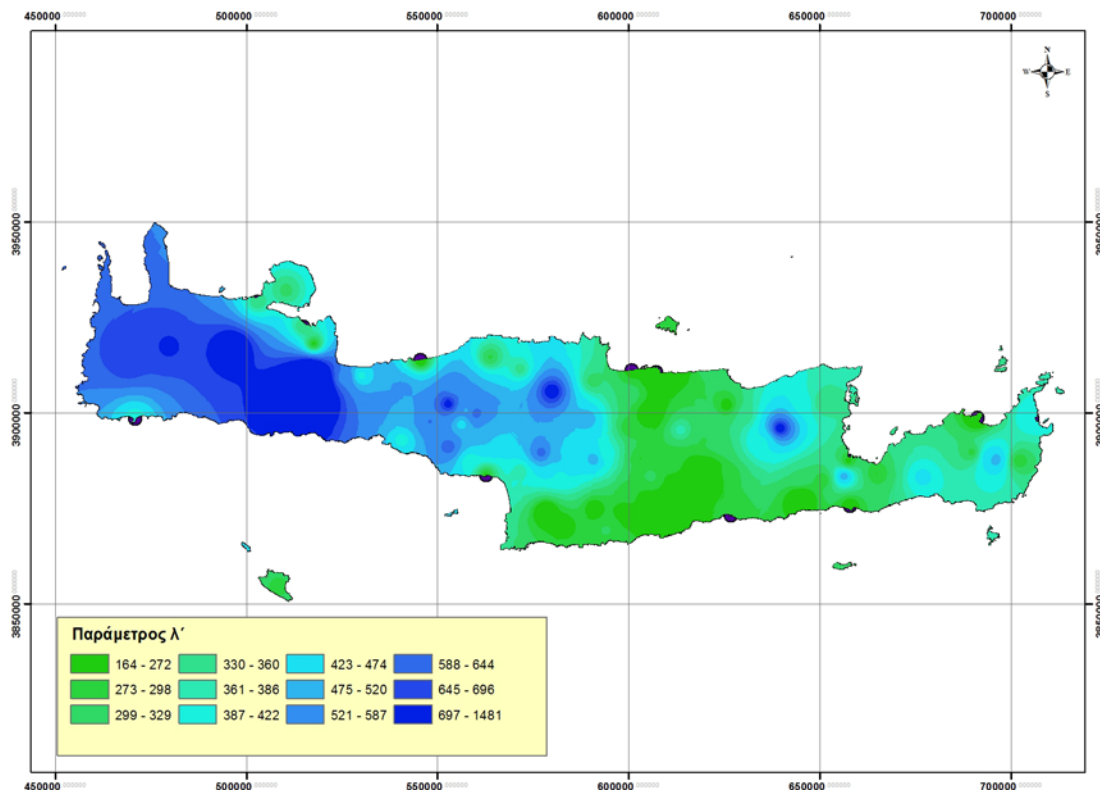
Στον Πίνακα 11.1 δίνονται οι σημειακές εκτιμήτριες των παραμέτρων των όμβριων καμπυλών στις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών. Για την εκτίμηση των παραμέτρων σε οποιαδήποτε άλλη θέση, αξιοποιούνται οι σημειακές αυτές τιμές με χρήση μεθόδων χωρικής παρεμβολής. Στην περίπτωση που απαιτείται η κατάρτιση της όμβριας καμπύλης σε κλίμακα λεκάνης απορροής, απαιτείται ο προσδιορισμός μιας «αντιπροσωπευτικής» τιμής της κάθε παραμέτρου. Αυτό προϋποθέτει την κατάρτιση χαρτών χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων, και την εφαρμογή τεχνικών επιφανειακής ολοκλήρωσης για την εκτίμηση της αντιπροσωπευτικής τιμής κάθε παραμέτρου, που αποτελεί σημειακή εκτιμήτρια για την εν λόγω λεκάνη.

Προφανώς, η παραπάνω διαδικασία έχει νόημα μόνο για τις παραμέτρους κλίμακας, λ , και θέσης, ψ (ή τις αντίστοιχες ανηγμένες τιμές, λ' και ψ'), οι οποίες εμφανίζουν σημαντική χωρική μεταβλητότητα. Ενδεικτικοί χάρτες κατανεμημένων τιμών των παραμέτρων αυτών δίνονται στη συνέχεια (Εικόνες 13.1 και 13.2, αντίστοιχα). Οι χάρτες αυτοί έχουν κατασκευαστεί με χρήση κατάλληλων μοντέλων χωρικής παρεμβολής σε περιβάλλον ΣΓΠ, και είναι μορφής κανάβου (grid). Ειδικότερα, επιλέχθηκε η μέθοδος των αντίστροφων αποστάσεων (Inverse Distance Weighting, IDW), που αναπαράγει τις σημειακές τιμές των παραμέτρων κάθε σταθμού (η επιφάνεια παρεμβολής που παράγει το μοντέλο IDW διέρχεται από τα γνωστά σημεία).

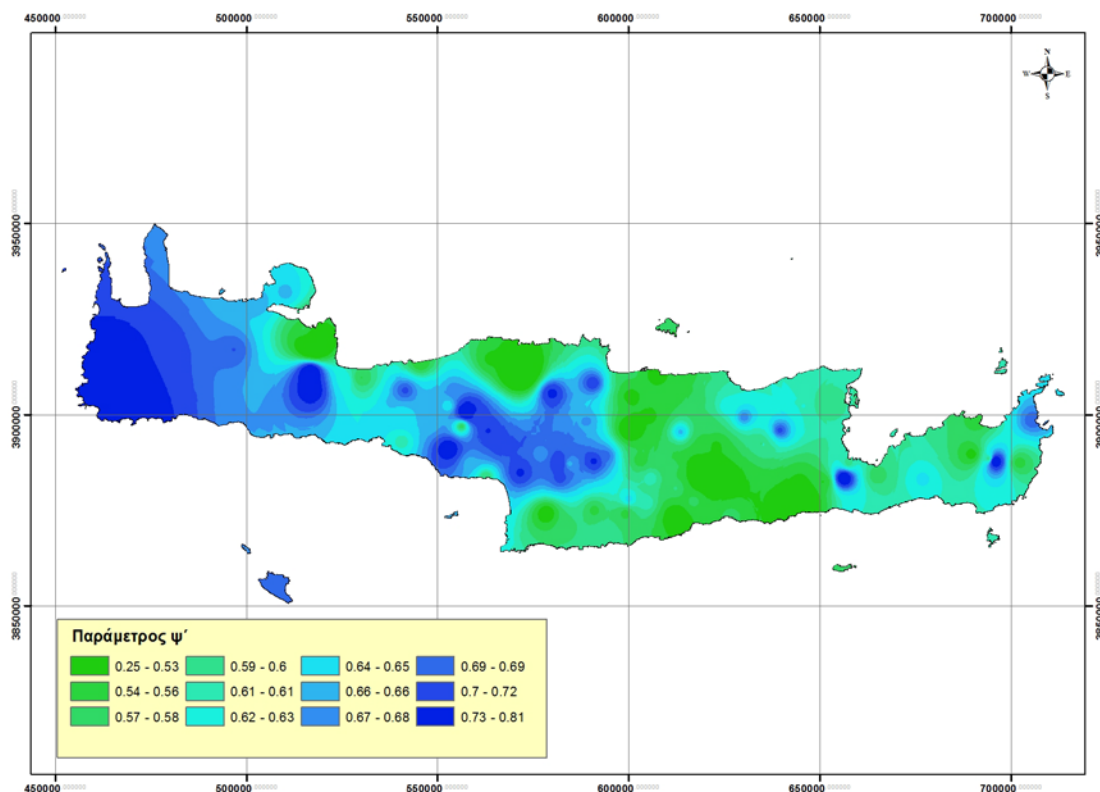
Σε κάθε στοιχείο του κανάβου (κύτταρο) δίνεται μια τιμή των παραμέτρων λ' και ψ' , ενώ η επιφανειακή τιμή μπορεί να εκτιμηθεί ως μέσος όρος των τιμών των κυττάρων που περικλείει η αντίστοιχη επιφάνεια αναφοράς (π.χ. λεκάνη απορροής). Παρατηρείται ότι οι δύο παράμετροι ακολουθούν παρεμφερές χωρικό μοτίβο με την παράμετρο κ . Ωστόσο, δεν είναι δυνατή η διαμόρφωση αντίστοιχων ζωνών, καθώς η μεταβλητότητα των δύο παραμέτρων είναι πολύ πιο μεγάλη, και επιπλέον η διατήρησή τους επιτρέπει καλύτερη αναπαραγωγή των στατιστικών χαρακτηριστικών των βροχοπτώσεων στους σταθμούς.

Όσον αφορά στην παράμετρο σχήματος της κατανομής ΓΑΤ, απαιτείται χωρική παρεμβολή μόνο εφόσον η επιφάνεια αναφοράς εκτείνεται δύο ζώνες μεταβολής της. Στην περίπτωση αυτή, μπορεί να ληφθεί μια σταθμισμένη τιμή του κ , με βάση το ποσοστό της επιφάνειας της λεκάνης που εκτείνεται σε κάθε ζώνη.

Σε κάθε περίπτωση, οι τιμές της κρίσιμης έντασης (ή ύψους) βροχόπτωσης που προκύπτουν με την παραπάνω διαδικασία θεωρείται ότι αναφέρονται σε ένα αντιπροσωπευτικό σημείο της λεκάνης. Για την εκτίμηση των επιφανειακών υψών βροχής, που εφαρμόζονται στο σχεδιασμό, απαιτείται η αναγωγή των σημειακών τιμών με χρήση κατάλληλων μειωτικών συντελεστών, όπως η μέθοδος του *συντελεστή επιφανειακής απομείωσης* (areal reduction factor), που είναι φθίνουσα συνάρτηση της έκτασης και αύξουσα συνάρτηση της διάρκειας. Η εκτίμηση του εν λόγω συντελεστή γίνεται με βάση νομογραφήματα ή αναλυτικές σχέσεις (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999).



Εικόνα 13.1: Χωρική απεικόνιση ανηγμένης παραμέτρου κλίμακας λ'.



Εικόνα 13.2: Χωρική απεικόνιση ανηγμένης παραμέτρου θέσης ψ'.

14 Διαστήματα εμπιστοσύνης σημειακών όμβριων καμπυλών

14.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές του έργου, θα πρέπει να παραχθούν «για τις όμβριες καμπύλες με περιόδους επαναφοράς 50, 100 και 1000 ετών οι μέγιστες και ελάχιστες καμπύλες εμπιστοσύνης, για βαθμό εμπιστοσύνης 80%». Τα όρια εμπιστοσύνης είναι δύο συνεχείς συναρτήσεις που μπορούν να απεικονιστούν σε χαρτί κατανομής ως δύο καμπύλες που περικλείουν την καμπύλη μιας συνάρτησης κατανομής. Οι καμπύλες αυτές εκφράζουν το εύρος αβεβαιότητας της εκτιμήτριας του πιθανοτικού μεγέθους (τυχαία μεταβλητή) που περιγράφει η κατανομή. Για δεδομένο βαθμό εμπιστοσύνης, τα αντίστοιχα όρια εξαρτώνται τόσο από το μήκος του δείγματος με βάση το οποίο έχει γίνει η εκτίμηση των παραμέτρων της κατανομής (όσο πιο μικρό είναι το πλήθος των δεδομένων τόσο μεγαλύτερη η αβεβαιότητα, και συνακόλουθα το εύρος των καμπυλών εμπιστοσύνης) όσο και από τα στατιστικά χαρακτηριστικά του δείγματος (όσο πιο μεγάλη είναι η διασπορά και ασυμμετρία του δείγματος, τόσο μεγαλύτερη η αβεβαιότητα). Ακόμη, το εύρος της αβεβαιότητας αυξάνει, όσο πιο ακραία γίνεται η πιθανότητα υπέρβασης (ή, ισοδύναμα, όσο πιο μεγάλη η περίοδος επαναφοράς) της ζητούμενης τιμής της τυχαίας μεταβλητής.

Επειδή οι παράμετροι των ομβρίων καμπυλών εκτιμώνται από δείγματα πεπερασμένου (και μάλιστα μικρού) μήκους, οι εκτιμήσεις των εντάσεων βροχής διέπονται από σημαντική αβεβαιότητα, η οποία οφείλεται στην αβεβαιότητα εκτίμησης των παραμέτρων. Υπενθυμίζεται ότι σε κάθε σταθμό, η σχέση έντασης-διάρκειας (χρονικής κλίμακας)-περιόδου επαναφοράς (όμβρια καμπύλη) περιγράφεται από ένα στατιστικό μοντέλο πέντε παραμέτρων της μορφής:

$$i(d, T) = \frac{\lambda' (T^{\kappa} - \psi')}{(1 + d / \theta)^{\eta}} \quad (14.1)$$

Από τις πέντε παραμέτρους της παραπάνω έκφρασης (λ' , ψ' , κ , η , θ), οι δύο πρώτες έχουν εκτιμηθεί «τοπικά», δηλαδή με βάση το δείγμα μέγιστων εντάσεων βροχής του ίδιου σταθμού, ενώ οι υπόλοιπες παράμετροι έχουν εκτιμηθεί με βάση δείγματα περισσότερων σταθμών.

Δεδομένου ότι οι παράμετροι η και θ έχουν εκτιμηθεί από το ενοποιημένο δείγμα των 13 βροχογράφων της περιοχής μελέτης (δηλαδή από πολλούς σταθμούς και πολλές χρονικές κλίμακες), η αβεβαιότητά του παρονομαστή, που είναι συνάρτηση της διάρκειας d , είναι σαφώς μικρότερη σε σχέση με την αβεβαιότητα του αριθμητή, που είναι συνάρτηση της περιόδου επαναφοράς, T . Εξάλλου, η έκφραση του αριθμητή αντιστοιχεί στην συνάρτηση κατανομής Pareto, που προέρχεται από την απλοποίηση της Γενικευμένης κατανομής Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ). Με τις παραπάνω παραδοχές, η εκτίμηση της αβεβαιότητας των παραμέτρων της όμβριας καμπύλης κάθε σταθμού μπορεί να διατυπωθεί ως πρόβλημα εκτίμησης των ορίων εμπιστοσύνης της συνάρτησης κατανομής Pareto, για τις δεδομένες τιμές των παραμέτρων λ' , ψ' και κ .

14.2 Εκτίμηση ορίων εμπιστοσύνης της συνάρτησης κατανομής με τεχνικές προσομοίωσης Monte Carlo

Επειδή για τη συνάρτηση κατανομής Pareto (όπως και για τις περισσότερες συναρτήσεις κατανομής) δεν υπάρχουν αναλυτικές εκφράσεις των ορίων εμπιστοσύνης, η εκτίμησή τους, για δεδομένη πιθανότητα υπέρβασης, γίνεται εμπειρικά, μέσω τεχνικών Monte Carlo (Tyralis *et al.*, 2013).

Έστω X η τυχαία μεταβλητή που ακολουθεί την κατανομή F_x , η εκτίμηση των παραμέτρων θ της οποίας έχει γίνει από ένα δείγμα n τιμών της μεταβλητής. Αν u είναι η ζητούμενη πιθανότητα υπέρβασης και γ ο ζητούμενος βαθμός εμπιστοσύνης, η εκτίμηση των ορίων εμπιστοσύνης της $x(u)$, μέσω προσομοίωσης Monte Carlo, γίνεται ως εξής (βλ. Κοζάνης κ.ά., 2010, σ. 133):

1. Από κατάλληλη γεννήτρια τυχαίων αριθμών της κατανομής F_x παράγονται m συνθετικά δείγματα τιμών $\mathbf{x}_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}$, όπου n το μήκος κάθε δείγματος i , που είναι ίσο με το αρχικό πλήθος δεδομένων της τυχαίας μεταβλητής.
2. Από κάθε συνθετικό δείγμα \mathbf{x}_i προσδιορίζονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά του και εκτιμώνται οι παράμετροι θ_i της κατανομής F_x , με την ίδια διαδικασία που εφαρμόζεται και στην περίπτωση του αρχικού δείγματος (π.χ. μέθοδος ροπών, μέγιστης πιθανοφάνειας ή L -ροπών).
3. Για τη ζητούμενη πιθανότητα u παράγονται m συνθετικές τιμές της μεταβλητής από τη σχέση:

$$x_i(u) = F^{-1}(\theta_i, u) \quad (14.2)$$

4. Τα όρια εμπιστοσύνης $x_u(u)$ και $x_l(u)$ εκτιμώνται ταξινομώντας το δείγμα των $x_i(u)$ κατά αύξουσα σειρά και λαμβάνοντας τα $m(1-\gamma)/2$ και $m(1+\gamma)/2$ στοιχεία του, ως εκτιμήτριες του άνω και κάτω ορίου, αντίστοιχα (προφανώς, χρησιμοποιείται η κοντινότερη ακέραια τιμή).

Επισημαίνεται ότι ο αριθμός των συνθετικών δειγμάτων m πρέπει να είναι επαρκώς μεγάλος, ώστε η εκτίμηση των ορίων εμπιστοσύνης να γίνεται με επαρκή ακρίβεια. Συνήθως, απαιτούνται χιλιάδες ή δεκάδες χιλιάδες συνθετικά δείγματα, προκειμένου να σταθεροποιηθούν οι εκτιμήσεις των ορίων εμπιστοσύνης. Όσο πιο μεγάλος, μάλιστα, είναι ο βαθμός εμπιστοσύνης, τόσο πιο μεγάλο πρέπει να είναι το πλήθος των δειγμάτων που παράγεται. Η διαδικασία εφαρμόζεται για οποιαδήποτε στατιστική κατανομή, εφόσον είναι διαθέσιμη μια γεννήτρια τυχαίων αριθμών της κατανομής.

14.3 Μεθοδολογία εκτίμησης ορίων εμπιστοσύνης όμβριων καμπυλών

Έστω ότι σε κάποιον σταθμό είναι γνωστές οι τιμές των παραμέτρων (λ' , ψ' , κ , η , θ). Το ενδιαφέρον εστιάζεται στις παραμέτρους του αριθμητή της συναρτησιακής σχέσης (14.1), δηλαδή τα λ' , ψ' και κ . Στις θέσεις των βροχομέτρων, οι παράμετροι λ' και ψ' έχουν εκτιμηθεί από τα ενοποιημένα δείγματα των 24ωρων και 48ωρων μέγιστων υψών βροχής του σταθμού, ενώ στις θέσεις των βροχογράφων οι εκτιμήσεις έχουν γίνει από περισσότερες χρονικές κλίμακες. Η παράμετρος κ έχει εκτιμηθεί με βάση περισσότερα δείγματα, από τα οποία προέκυψαν οι τρεις ζώνες της περιοχής μελέτης. Σε κάθε περίπτωση, για την προσομοίωση λαμβάνεται ως αντιπροσωπευτικό μέγεθος δείγματος n ο μέσος όρος των μηκών όλων των διαθέσιμων χρονοσειρών του σταθμού (Κοζάνης κ.ά., 2010, σ. 149). Για παράδειγμα, αν σε έναν σταθμό με βροχόμετρο διατίθενται n_1 τιμές μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής και n_2 τιμές μέγιστων υψών βροχής δύο ημερών, τότε λαμβάνεται ως αντιπροσωπευτικό μήκος η ποσότητα $n = (n_1 + n_2)/2$. Η παραδοχή αυτή είναι υπέρ της ασφαλείας, καθώς δίνει αυξημένο εύρος των ορίων εμπιστοσύνης.

Στις εκτιμήσεις των ορίων εμπιστοσύνης θεωρείται το ενοποιημένο δείγμα κάθε σταθμού, από όλες τις διαθέσιμες χρονικές κλίμακες (διάρκειες). Η ενοποίηση γίνεται πολλαπλασιάζοντας κάθε δείγμα μέγιστων εντάσεων διάρκειας d επί την ποσότητα $(1 + d/\theta)^n$. Σύμφωνα με την (14.1), το δείγμα που προκύπτει ακολουθεί τη κατανομή Pareto, με παραμέτρους λ' , ψ' και κ . Η συνάρτηση κατανομής της Pareto δίνεται από την σχέση:

$$F(x) = 1 - (x/\lambda' + \psi')^{-1/\kappa} \quad (14.3)$$

Η αντίστροφη συνάρτηση, που χρησιμοποιείται και ως γεννήτρια τυχαίων τιμών της Pareto, είναι:

$$x(u) = F^{-1}(u) = \lambda' \left[\frac{1}{(1-u)^\kappa} - \psi' \right] \quad (14.4)$$

Σε κάθε σταθμό εφαρμόστηκε η διαδικασία προσομοίωσης Monte Carlo που περιγράφηκε παραπάνω. Συγκεκριμένα, μέσω της (14.4), παρήχθησαν 20 000 συνθετικά δείγματα τιμών, με μήκος ίσο με το αντιπροσωπευτικό μήκος του σταθμού, και εκτιμήθηκαν οι παράμετροι λ' , ψ' και κ της κατανομής Pareto, με τη μέθοδο των L -ροπών (βλ. ενότητα 6.2). Στη συνέχεια, για κάθε μία από τις ζητούμενες περιόδους επαναφοράς, δηλαδή $T = 50, 100$ και 1000 έτη (ισοδύναμα, για $u = 0.98, 0.99$ και 0.999), υπολογίστηκαν μέσω της (14.4) οι αντίστοιχες 20 000 τιμές των $x(u)$ και εκτιμήθηκαν τα όρια εμπιστοσύνης $x_L(u)$ και $x_U(u)$ για επίπεδο εμπιστοσύνης $\gamma = 80\%$, λαμβάνοντας την 2000^η υψηλότερη και την 2000^η χαμηλότερη τιμή του ταξινομημένου δείγματος, αντίστοιχα (Πίνακας 14.1).

Επειδή η μεταβλητή X και οι εκτιμήσεις των ορίων εμπιστοσύνης αναφέρονται στο ενοποιημένο (και συνεπώς αδιαστατοποιημένο ως προς τη διάρκεια) δείγμα, για την εκτίμηση των εντάσεων βροχής δεδομένης διάρκειας d , οι τιμές που προκύπτουν πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή αναγωγής:

$$\varphi(d) = \frac{d}{(1 + d/\theta)\eta} \quad (14.5)$$

Στον Πίνακα 14.2 δίνονται, ενδεικτικά, οι κεντρικές τιμές που εκτιμώνται από την όμβρια καμπύλη κάθε σταθμού, και τα όρια εμπιστοσύνης 80% για το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης διάρκειας 24 h, σε όλους τους σταθμούς της περιοχής μελέτης, για τις υπόψη περιόδους επαναφοράς.

Πίνακας 14.1 Αδιαστατοποιημένα όρια εμπιστοσύνης 80% ενοποιημένου δείγματος, για περιόδους επαναφοράς 50, 100 και 1000 έτη.

Σταθμός	$T = 50$ έτη		$T = 100$ έτη		$T = 1000$ έτη	
	x_L	x_U	x_L	x_U	x_L	x_U
ΑΒΔΟΥ	292.1	420.6	323.6	517.0	416.0	1013.8
ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	296.7	388.0	320.6	454.6	388.8	768.3
ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	348.6	420.5	377.6	482.6	465.3	765.6
ΑΓ. ΓΑΛΗΝΗ	237.9	371.1	255.4	455.0	298.4	919.1
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	330.2	468.0	367.3	574.0	479.7	1118.3
ΑΓ. ΘΩΜΑΣ	260.5	318.6	282.5	368.6	350.3	595.0
ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ	240.4	325.1	264.3	391.2	335.8	727.3
ΑΚΟΥΜΙΑ	348.3	451.5	380.9	531.7	475.2	904.5
ΑΝΩ ΑΧΑΡΝΕΣ	215.8	291.4	236.8	349.4	301.4	645.0
ΑΝΩΓΕΙΑ	458.9	564.4	501.9	656.3	632.3	1066.6
ΑΠΟΣΤΟΛΟΙ	240.7	361.4	260.6	436.8	309.6	809.8
ΑΡΜΑΧΑ	329.0	437.1	359.9	523.3	454.6	967.0
ΑΡΜΕΝΟΙ	335.5	421.2	364.0	489.6	447.2	797.6
ΑΣΗΜΙ	257.5	360.0	284.1	438.6	363.6	838.0
ΑΣΚΥΦΟΥ	818.8	1092.5	889.4	1292.1	1091.5	2237.7
ΑΣΩΜΑΤΟΣ	385.3	473.7	420.5	550.2	529.0	896.2
ΑΧΕΝΤΡΙΑΣ	280.0	372.1	304.4	443.2	378.4	808.7
ΒΑΓΙΩΝΙΑ	241.5	329.0	264.5	396.2	333.1	741.6
ΒΑΜΟΣ	330.2	448.5	350.5	528.4	407.4	958.6

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Σταθμός	T = 50 έτη		T = 100 έτη		T = 1000 έτη	
	Χ _Λ	Χ _Υ	Χ _Λ	Χ _Υ	Χ _Λ	Χ _Υ
ΒΟΛΕΩΝΕΣ	455.9	653.0	478.2	770.8	529.2	1382.2
ΒΟΝΗ	343.1	473.3	379.8	576.3	492.6	1099.3
ΒΟΡΙΖΙΑ	404.2	514.0	435.3	595.9	523.4	983.0
ΒΥΖΑΡΙ	304.2	405.0	328.3	475.8	394.3	817.4
ΓΑΡΑΖΟ	418.0	601.9	438.3	712.9	486.1	1348.7
ΓΑΥΔΟΣ	216.8	382.9	231.6	479.6	262.0	1050.2
ΓΕΡΑΚΑΡΙ	329.2	411.0	350.8	471.6	411.9	761.3
ΓΕΡΓΕΡΗ	285.0	362.6	306.3	420.8	367.3	691.1
ΔΕΜΑΤΙ	245.0	333.8	268.8	402.8	340.3	750.2
ΕΜΠΑΡΟΣ	303.2	391.7	333.0	466.1	426.6	833.8
ΕΜΠΡΟΣΝΕΡΟΣ	440.5	614.9	480.3	735.4	591.8	1309.2
ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	592.0	951.1	644.7	1180.5	779.1	2453.5
ΕΠΙΣΚΟΠΗ	420.9	545.7	465.1	653.6	606.0	1190.9
ΖΑΚΡΟΣ	292.8	371.6	324.1	442.7	427.2	792.0
ΖΑΡΟΣ (ΕΜΥ)	276.8	356.8	298.9	416.6	361.0	695.3
ΖΑΡΟΣ (ΥΠΑΑΤ)	309.5	386.6	336.3	449.2	415.8	737.1
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΑΑ)	278.7	377.2	312.6	460.1	419.9	875.8
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΜΥ)	203.7	271.8	222.6	324.9	279.0	593.2
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΥΠΑΑΤ)	236.3	362.9	254.6	443.0	299.2	888.5
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	234.6	324.9	258.2	394.4	329.7	754.0
ΚΑΒΟΥΣΙ	365.7	473.7	393.0	551.8	468.2	925.4
ΚΑΛΑΜΑΥΚΑ	299.2	379.4	330.6	451.9	431.6	807.7
ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	255.1	348.8	280.2	420.8	355.3	787.3
ΚΑΛΥΒΕΣ	329.2	452.8	360.5	545.4	454.1	1023.9
ΚΑΛΥΒΙΑ	240.6	325.9	264.6	392.3	337.7	729.1
ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	292.9	398.9	322.7	481.4	412.0	904.1
ΚΑΣΣΑΝΟΙ	193.8	272.7	205.0	323.0	233.4	605.7
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΕΜΥ)	296.2	407.6	323.7	489.9	403.8	918.8
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΥΠΑΑΤ)	322.4	438.9	354.1	528.1	451.6	987.8
ΚΑΤΣΙΔΟΝΙ	424.6	582.6	466.2	704.2	592.1	1328.2
ΚΑΨΑΛΟΙ	268.7	407.0	288.9	496.4	341.5	992.5
ΚΡΟΥΣΩΝΑΣ	329.0	418.3	353.6	484.8	423.4	797.0
ΛΑΓΟΛΙΟ	219.5	282.7	238.4	330.8	291.9	555.8
ΛΕΥΚΟΓΕΙΑ	381.6	527.0	420.5	639.2	534.4	1206.0
ΜΑΛΛΕΣ	336.9	454.4	367.5	544.2	458.8	1004.0
ΜΑΡΩΝΕΙΑ	274.3	425.9	292.4	516.6	334.3	1040.0
ΜΕΛΑΜΠΕΣ	255.9	325.5	275.2	377.3	329.0	621.5
ΜΕΣΚΛΑ	530.5	650.9	576.1	754.0	715.7	1218.0
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	277.4	373.0	304.5	447.5	385.9	825.5
ΜΙΣΕΛΕΡΟΙ	346.4	593.6	378.9	750.4	459.7	1615.1
ΜΟΡΟΝΙ	254.0	326.5	274.6	380.8	333.1	633.5
ΜΟΥΡΙ	388.0	486.6	416.1	560.8	495.6	907.4
ΜΥΘΟΙ	199.0	289.6	210.5	346.6	237.9	668.2
ΝΕΑΠΟΛΗ	379.7	521.2	418.1	631.3	536.7	1192.5
ΝΙΘΑΥΡΗ	277.2	344.6	301.2	401.0	373.2	659.7
ΠΑΛ. ΡΟΥΜΑΤΑ	435.0	565.8	468.1	660.6	560.3	1110.7
ΠΑΛΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	360.7	530.2	397.3	651.6	502.2	1290.2
ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ	321.4	457.2	361.4	566.5	483.9	1118.3
ΠΑΡΤΗΡΑ	282.8	384.5	310.4	463.5	394.0	865.1
ΠΑΧΕΙΑ ΑΜΜΟΣ	268.4	371.5	293.1	448.5	367.3	845.9
ΠΕΡΑΜΑ	316.0	407.7	347.6	485.3	449.0	873.0
ΠΟΜΠΙΑ	217.4	289.5	236.8	345.2	295.2	625.6
ΠΟΤΑΜΙΕΣ	216.6	335.2	234.8	412.7	282.5	841.7

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Σταθμός	T = 50 έτη		T = 100 έτη		T = 1000 έτη	
	X _L	X _U	X _L	X _U	X _L	X _U
ΠΡΑΙΤΩΡΙΑ	241.2	330.7	265.9	400.1	341.3	755.1
ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	308.6	403.4	336.1	478.2	419.9	860.0
ΡΕΘΥΜΝΟ	231.2	338.8	248.9	410.7	295.5	799.6
ΣΗΤΕΙΑ	220.7	294.3	241.6	352.7	305.9	647.6
ΣΙΤΑΝΟΣ	377.4	602.4	416.8	756.1	522.9	1569.5
ΣΟΥΔΑ	279.6	404.2	307.3	494.4	386.6	963.1
ΣΠΗΛΙ	386.0	501.8	412.5	582.5	485.3	964.6
ΣΤΑΥΡΟΧΩΡΙ	402.5	564.2	443.8	687.2	565.2	1300.3
ΣΤΕΡΝΕΣ	265.3	337.5	293.8	402.9	385.1	725.2
ΣΤΡΟΒΛΕΣ	385.8	483.0	424.0	566.7	538.2	945.4
ΤΕΦΕΛΙ	294.6	400.4	326.0	484.7	420.3	906.3
ΤΖΕΡΜΙΑΔΕΣ	478.1	633.6	523.1	756.4	660.4	1377.1
ΦΟΙΝΙΚΙΑ	334.4	445.4	364.9	532.8	458.8	979.7
ΦΟΥΡΝΗΣ	314.9	443.9	344.2	536.7	428.2	1023.0
ΧΑΝΙΑ	299.3	436.8	329.5	535.6	414.3	1047.6

Πίνακας 14.2 Κεντρικές τιμές που εκτιμώνται από την όμβρια καμπύλη, και όρια εμπιστοσύνης 80% ύψους βροχόπτωσης 24 h, για T = 50, 100 και 1000 έτη (σε mm).

Σταθμός	T = 50 έτη			T = 100 έτη			T = 1000 έτη		
	h _L	h(d, T)	h _U	h _L	h(d, T)	h _U	h _L	h(d, T)	h _U
ΑΒΔΟΥ	150.7	186.9	217.0	166.9	219.3	266.7	214.6	353.2	523.0
ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	153.1	178.5	200.2	165.4	201.6	234.5	200.6	289.3	396.3
ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	179.8	199.1	216.9	194.8	222.2	249.0	240.0	309.7	395.0
ΑΓ. ΓΑΛΗΝΗ	122.7	162.7	191.4	131.8	188.3	234.7	153.9	294.4	474.1
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	170.3	210.2	241.4	189.5	247.0	296.1	247.5	399.6	576.9
ΑΓ. ΘΩΜΑΣ	134.4	150.4	164.4	145.7	168.7	190.2	180.7	238.3	306.9
ΑΓ. ΚΥΡΙΛΛΟΣ	124.0	148.4	167.7	136.3	171.5	201.8	173.2	267.1	375.2
ΑΚΟΥΜΙΑ	179.7	208.3	232.9	196.5	237.1	274.3	245.1	346.3	466.6
ΑΝΩ ΑΧΑΡΝΕΣ	111.3	132.8	150.3	122.2	153.2	180.2	155.5	237.6	332.7
ΑΝΩΓΕΙΑ	236.7	265.6	291.2	258.9	300.0	338.6	326.2	431.0	550.2
ΑΠΟΣΤΟΛΟΙ	124.2	158.2	186.4	134.4	182.0	225.3	159.7	272.1	417.8
ΑΡΜΑΧΑ	169.7	200.4	225.5	185.7	230.3	270.0	234.5	354.2	498.9
ΑΡΜΕΝΟΙ	173.1	196.6	217.3	187.8	221.0	252.6	230.7	313.5	411.5
ΑΣΗΜΙ	132.8	162.2	185.7	146.6	189.0	226.3	187.6	300.0	432.3
ΑΣΚΥΦΟΥ	422.4	497.9	563.6	458.8	566.0	666.6	563.1	824.6	1154.4
ΑΣΩΜΑΤΟΣ	198.8	222.9	244.4	216.9	251.3	283.8	272.9	359.1	462.3
ΑΧΕΝΤΡΙΑΣ	144.4	170.7	192.0	157.0	195.1	228.6	195.2	295.8	417.2
ΒΑΓΙΩΝΙΑ	124.6	149.6	169.7	136.4	172.6	204.4	171.8	267.6	382.6
ΒΑΜΟΣ	170.3	205.0	231.4	180.8	230.6	272.6	210.2	336.7	494.5
ΒΟΛΕΩΝΕΣ	235.2	292.9	336.9	246.7	326.5	397.6	273.0	454.2	713.0
ΒΟΝΗ	177.0	214.3	244.2	195.9	250.3	297.3	254.1	399.4	567.1
ΒΟΡΙΖΙΑ	208.5	238.7	265.2	224.6	267.2	307.4	270.0	375.3	507.1
ΒΥΖΑΡΙ	156.9	185.1	208.9	169.4	208.8	245.5	203.4	299.0	421.7
ΓΑΡΑΖΟ	215.6	271.2	310.5	226.1	304.5	367.8	250.8	442.6	695.8
ΓΑΥΔΟΣ	111.8	163.3	197.5	119.5	191.3	247.4	135.2	307.2	541.8
ΓΕΡΑΚΑΡΙ	169.8	192.2	212.0	181.0	212.8	243.3	212.5	290.9	392.7
ΓΕΡΓΕΡΗ	147.0	167.9	187.1	158.0	187.6	217.1	189.5	262.7	356.5
ΔΕΜΑΤΙ	126.4	151.7	172.2	138.7	175.3	207.8	175.6	273.1	387.0
ΕΜΠΑΡΟΣ	156.4	181.8	202.1	171.8	208.6	240.5	220.1	319.8	430.1
ΕΜΠΡΟΣΝΕΡΟΣ	227.2	275.8	317.2	247.8	316.0	379.4	305.3	468.7	675.4
ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	305.4	411.0	490.7	332.6	482.7	609.0	401.9	779.6	1265.7

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Σταθμός	T = 50 έτη			T = 100 έτη			T = 1000 έτη		
	h_L	$h(d, T)$	h_U	h_L	$h(d, T)$	h_U	h_L	$h(d, T)$	h_U
ΕΠΙΣΚΟΠΗ	217.1	252.4	281.5	239.9	291.6	337.2	312.6	453.7	614.4
ΖΑΚΡΟΣ	151.0	173.1	191.7	167.2	199.6	228.4	220.4	309.4	408.6
ΖΑΡΟΣ (ΕΜΥ)	142.8	165.1	184.1	154.2	185.8	214.9	186.2	264.6	358.7
ΖΑΡΟΣ (ΥΠΑΑΤ)	159.7	181.2	199.4	173.5	204.0	231.7	214.5	290.8	380.3
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΑΑ)	143.8	171.2	194.6	161.3	201.3	237.4	216.6	325.9	451.8
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΜΥ)	105.1	124.5	140.2	114.8	142.8	167.6	143.9	218.9	306.0
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΥΠΑΑΤ)	121.9	159.2	187.2	131.3	183.9	228.5	154.4	286.1	458.4
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	121.0	146.4	167.6	133.2	170.1	203.5	170.1	268.2	389.0
ΚΑΒΟΥΣΙ	188.7	218.8	244.4	202.7	245.0	284.7	241.5	344.5	477.4
ΚΑΛΑΜΑΥΚΑ	154.4	176.5	195.7	170.5	203.0	233.1	222.7	312.8	416.7
ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	131.6	158.7	179.9	144.5	183.9	217.1	183.3	288.4	406.2
ΚΑΛΥΒΕΣ	169.8	204.7	233.6	186.0	236.4	281.4	234.3	367.8	528.2
ΚΑΛΥΒΙΑ	124.1	148.3	168.1	136.5	171.7	202.4	174.2	268.6	376.1
ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	151.1	181.7	205.8	166.5	210.6	248.3	212.5	330.3	466.4
ΚΑΣΣΑΝΟΙ	100.0	123.7	140.7	105.8	139.4	166.6	120.4	204.4	312.5
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΕΜΥ)	152.8	184.9	210.3	167.0	213.3	252.7	208.3	331.2	474.0
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΥΠΑΑΤ)	166.3	199.2	226.4	182.7	230.5	272.4	233.0	360.1	509.6
ΚΑΤΣΙΔΟΝΙ	219.0	264.8	300.6	240.5	306.9	363.3	305.5	481.4	685.2
ΚΑΨΑΛΟΙ	138.6	180.3	210.0	149.0	208.5	256.1	176.2	325.5	512.0
ΚΡΟΥΣΩΝΑΣ	169.7	194.6	215.8	182.4	217.7	250.1	218.4	305.8	411.2
ΛΑΓΟΛΙΟ	113.2	130.6	145.8	123.0	147.5	170.7	150.6	211.4	286.7
ΛΕΥΚΟΓΕΙΑ	196.9	238.4	271.9	216.9	276.7	329.7	275.7	435.5	622.1
ΜΑΛΛΕΣ	173.8	207.4	234.4	189.6	238.4	280.7	236.7	367.1	517.9
ΜΑΡΩΝΕΙΑ	141.5	187.6	219.7	150.8	215.4	266.5	172.5	330.4	536.5
ΜΕΛΑΜΠΕΣ	132.0	151.3	167.9	142.0	169.1	194.6	169.7	236.7	320.6
ΜΕΣΚΛΑ	273.7	306.8	335.8	297.2	344.6	389.0	369.2	488.3	628.3
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	143.1	170.2	192.4	157.1	196.3	230.9	199.1	304.4	425.9
ΜΙΣΕΛΕΡΟΙ	178.7	253.9	306.2	195.5	301.9	387.1	237.1	500.8	833.2
ΜΟΡΟΝΙ	131.0	151.0	168.4	141.7	169.9	196.4	171.8	241.3	326.8
ΜΟΥΡΙ	200.2	227.6	251.0	214.7	253.4	289.3	255.7	351.5	468.1
ΜΥΘΟΙ	102.7	129.8	149.4	108.6	146.9	178.8	122.7	217.9	344.7
ΝΕΑΠΟΛΗ	195.9	235.6	268.9	215.7	273.8	325.7	276.9	431.8	615.2
ΝΙΘΑΥΡΗ	143.0	161.2	177.8	155.4	181.4	206.9	192.5	257.8	340.3
ΠΑΛ. ΡΟΥΜΑΤΑ	224.4	261.4	291.9	241.5	293.8	340.8	289.0	417.1	573.0
ΠΑΛΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	186.1	234.9	273.5	205.0	275.4	336.1	259.1	442.9	665.6
ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ	165.8	204.9	235.9	186.4	243.2	292.2	249.6	401.7	576.9
ΠΑΡΤΗΡΑ	145.9	174.6	198.4	160.1	201.7	239.1	203.3	314.3	446.3
ΠΑΧΕΙΑ ΑΜΜΟΣ	138.5	167.8	191.6	151.2	193.9	231.4	189.5	302.1	436.4
ΠΕΡΑΜΑ	163.0	188.9	210.3	179.3	217.2	250.4	231.6	334.2	450.4
ΠΟΜΠΙΑ	112.2	132.7	149.3	122.2	151.9	178.1	152.3	231.8	322.7
ΠΟΤΑΜΙΕΣ	111.7	146.9	172.9	121.1	171.3	212.9	145.7	272.3	434.2
ΠΡΑΙΤΩΡΙΑ	124.4	150.1	170.6	137.2	174.3	206.4	176.1	274.8	389.5
ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	159.2	186.0	208.1	173.4	212.3	246.7	216.6	321.4	443.7
ΡΕΘΥΜΝΟ	119.3	150.8	174.8	128.4	173.6	211.9	152.4	268.1	412.5
ΣΗΤΕΙΑ	113.9	134.9	151.8	124.6	155.1	181.9	157.8	239.0	334.1
ΣΙΤΑΝΟΣ	194.7	260.6	310.8	215.0	309.9	390.1	269.8	514.0	809.7
ΣΟΥΔΑ	144.2	180.2	208.5	158.5	210.5	255.0	199.4	336.1	496.8
ΣΠΗΛΙ	199.1	232.1	258.9	212.8	259.2	300.5	250.4	362.0	497.6
ΣΤΑΥΡΟΧΩΡΙ	207.6	254.4	291.1	228.9	296.3	354.5	291.6	470.0	670.8
ΣΤΕΡΝΕΣ	136.9	157.1	174.1	151.6	181.2	207.8	198.7	281.0	374.1
ΣΤΡΟΒΛΕΣ	199.0	225.6	249.2	218.7	256.7	292.3	277.6	374.8	487.7
ΤΕΦΕΛΙ	152.0	182.1	206.6	168.2	211.6	250.0	216.8	333.7	467.5
ΤΖΕΡΜΙΑΔΕΣ	246.6	291.1	326.9	269.9	334.3	390.2	340.7	513.4	710.4

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

T1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Σταθμός	T = 50 έτη			T = 100 έτη			T = 1000 έτη		
	h_L	$h(d, T)$	h_U	h_L	$h(d, T)$	h_U	h_L	$h(d, T)$	h_U
ΦΟΙΝΙΚΙΑ	172.5	203.9	229.8	188.2	234.2	274.9	236.7	359.8	505.4
ΦΟΥΡΝΗΣ	162.4	199.9	229.0	177.6	231.6	276.9	220.9	362.9	527.7
ΧΑΝΙΑ	154.4	193.7	225.3	170.0	226.3	276.3	213.7	361.4	540.4

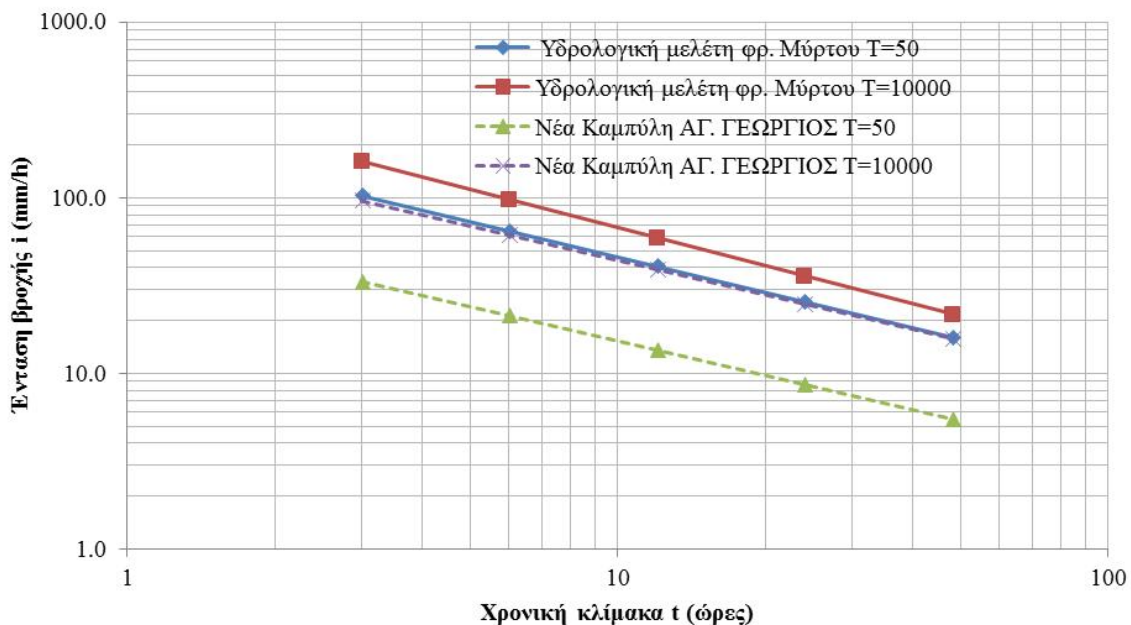
15 Σύγκριση αποτελεσμάτων σημειακών όμβριων καμπυλών με όμβριες καμπύλες από υφιστάμενες μελέτες

Στον Πίνακα 15.1 δίνονται οι μαθηματικές εκφράσεις των όμβριων καμπυλών που εκτιμήθηκαν σε μελέτες σημαντικών αντιπλημμυρικών έργων στην Κρήτη, όπως οι μελέτες των υπερχειλιστών των φραγμάτων Μύρτου, Φανερωμένης και Αποσελέμη. Οι εκφράσεις αυτές συγκρίνονται γραφικά με τις καμπύλες που εξήχθησαν στην παρούσα μελέτη, για διάφορες περιόδους επαναφοράς (Εικόνα 15.1).

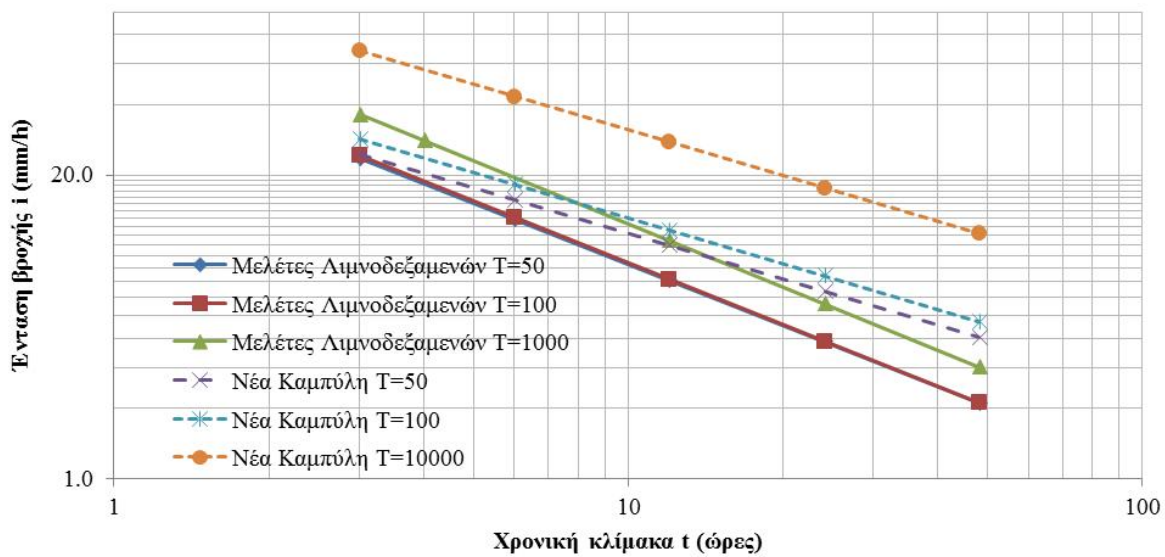
Όπως είναι εύλογο, στις περισσότερες περιπτώσεις παρατηρούνται αποκλίσεις, που οφείλονται τόσο στα διαφορετικά δεδομένα που έχει χρησιμοποιήσει κάθε μελέτη (με την παρούσα να είναι εμφανώς η πιο πλήρης, αφού βασίζεται στο σύνολο της διαθέσιμης βροχομετρικής πληροφορίας της Κρήτης) όσο και στη διαφορετική μεθοδολογία και παραδοχές της κάθε μελέτης.

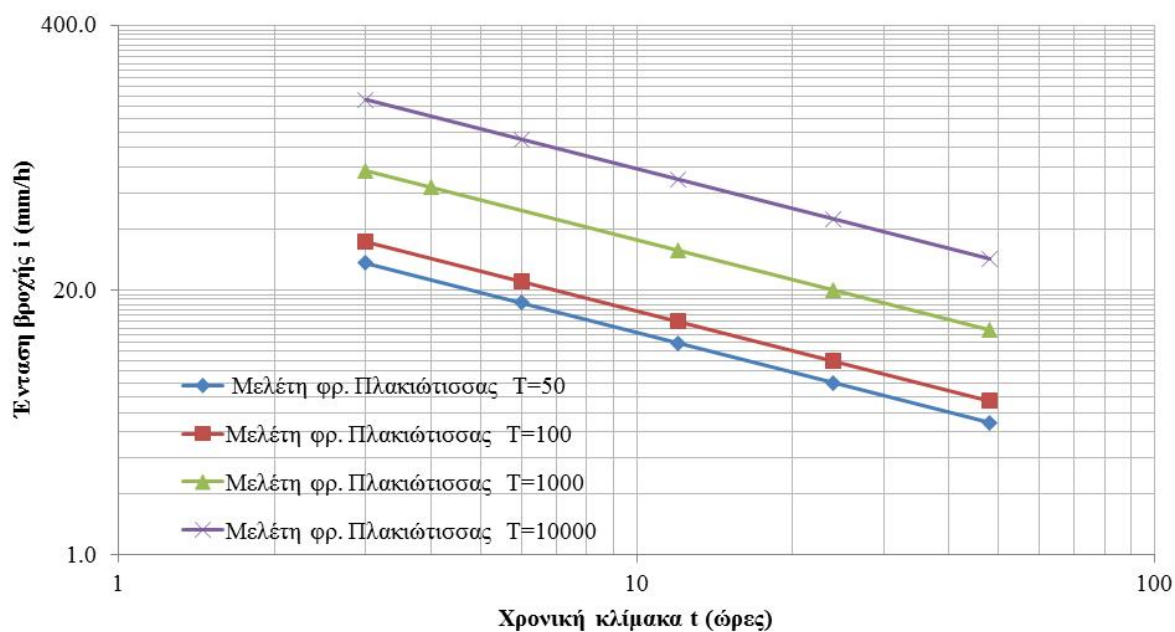
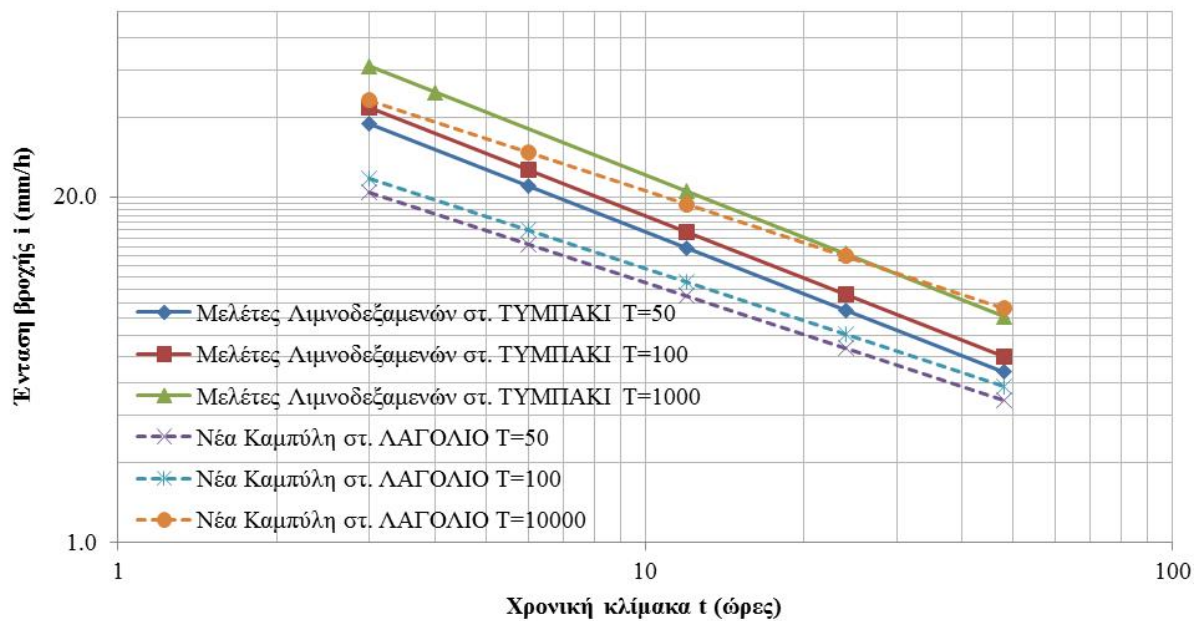
Πίνακας 15.1 Όμβριες καμπύλες που εκτιμήθηκαν σε χαρακτηριστικές μελέτες αντιπλημμυρικών έργων στην Κρήτη.

Τίτλος μελέτης	Θέση/σταθμός	Όμβρια καμπύλη
Προμελέτη Φράγματος Μύρτου - Εγκεκριμένη υδρολογική μελέτη	Μάλλες Μύθοι Αγ. Γεώργιος Εμπαρος	$i = 214.45 d^{-0.6688} T = 50$ $i = 357.24 d^{-0.721} T = 10000$
Υδρολογική μελέτη λιμνοδεξαμενών στο Νομό Ηρακλείου	Ιεράπετρα (ΕΜΥ)	$i = 61.36 d^{-0.87} T = 50$ $i = 63.89 d^{-0.88} T = 100$ $i = 98.02 d^{0.90} T = 1000$
Υδρολογική μελέτη λιμνοδεξαμενών στο Νομό Ηρακλείου	Τυμπάκι (ΕΜΥ)	$i = 88.61 d^{-0.777} T = 50$ $i = 102.23 d^{-0.779} T = 100$ $i = 147.22 d^{-0.783}$
Μελέτη Φράγματος Φανερωμένης	Λεκάνη Πλακιώτισσας	$i = 14.06 T^{0.35} d^{-0.65}$
Μελέτη Φράγματος Φανερωμένης	Ζαρος	$i = 22.61 T^{0.173} d^{-0.65}$
Μελέτη Φράγματος Φανερωμένης	Βοριζιά	$i = 14.06 T^{0.230} d^{-0.052}$
Υδρολογική μελέτη πλημμυρών φράγματος Αποσελέμη	Αγ. Γεώργιος (ΥΠΕΧΩΔΕ) Αβδού	$i = 67.17(T^{0.127} - 0.68)/(d + 0.55)^{0.55}$
Μελέτη αναβάθμισης Β.Ο.Α.Κ. σε αυτοκινητόδρομο Τμήματα: Πάνορμος - Λινοπεράσματα & όριο Ν. Ηρακλείου & Λασιθίου - Αγίος Νικόλαος	Ηράκλειο Ρέθυμνο	$i = 51.64 T^{0.1316}/(d + 0.4)^{0.949}$

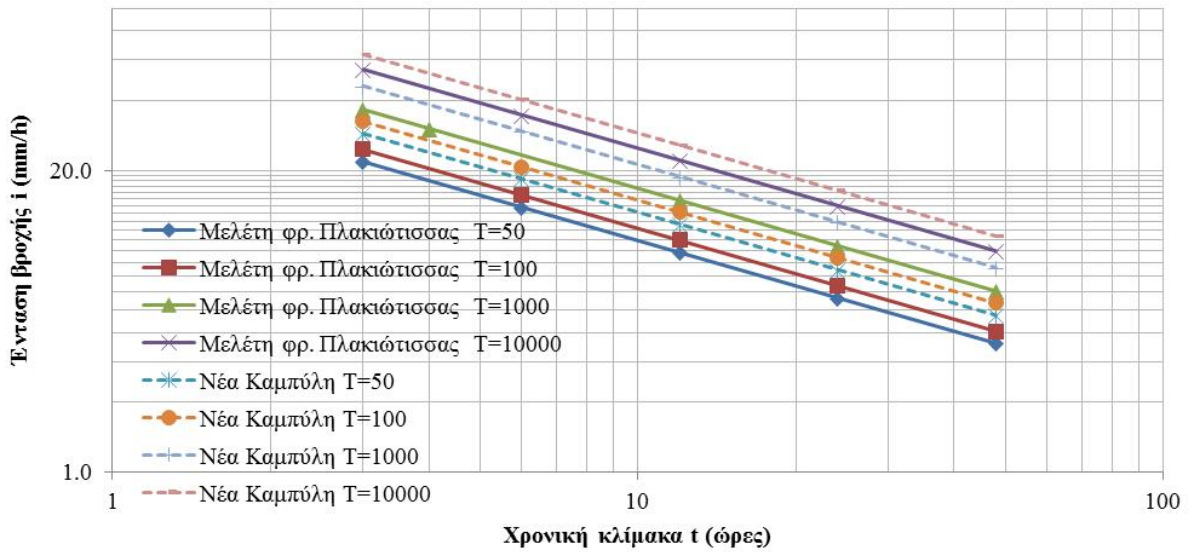


ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΟΥ "ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ"

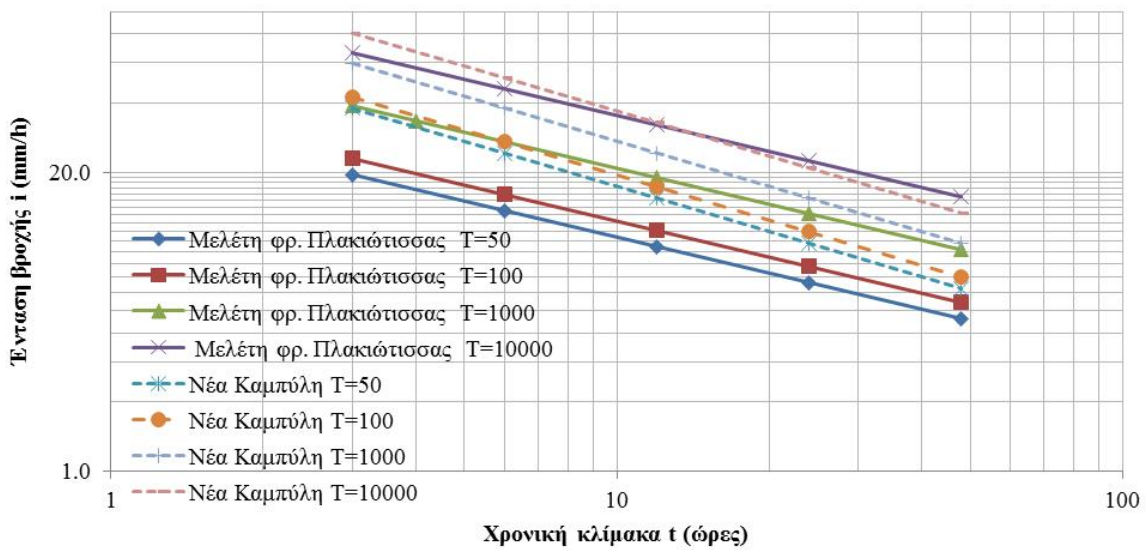




ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΟΥ "ΖΑΡΟΣ"



ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΟΥ "ΒΟΡΙΖΙΑ"



Εικόνα 15.1: Παραδείγματα σύγκρισης όμβριων καμπυλών παρούσας μελέτης με τις καμπύλες που παρήχθησαν σε παλαιότερες μελέτες, για διάφορες περιόδους επαναφοράς.

16 Επίδραση κλιματικής αλλαγής

16.1 Βιβλιογραφική επισκόπηση

Είναι κοινά αποδεκτό ότι το κλίμα άλλαζε ακανόνιστα σε όλη την ιστορία του πλανήτη και σε όλες τις χρονικές κλίμακες (Markonis and Koutsoyiannis, 2013). Ωστόσο, τις τελευταίες δεκαετίες, κυριαρχεί η άποψη ότι η αλλαγή αυτή τροφοδοτείται όχι μόνο από φυσικά αίτια αλλά και από ανθρωπογενή (με κυρίαρχο την αύξηση των εκπεμπόμενων αερίων θερμοκηπίου, και ειδικότερα του CO₂), με συνέπεια ο όρος να χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον για να υποδηλώσει την ανθρωπογενή συνιστώσα της κλιματικής αλλαγής, που θεωρείται ελεγχόμενη και συνεπώς προβλέψιμη, παρά την εγγενή μεταβλητότητα του κλίματος, που προφανώς δεν είναι προβλέψιμη.

Για την εκτίμηση των επιπτώσεων της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής, χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα κλιματικά μοντέλα ή, ορθότερα, μοντέλα παγκόσμιας κυκλοφορίας (Global Circulation Models, GCMs), τα οποία μοντελοποιούν τους εξαιρετικά πολύπλοκους μηχανισμούς της δυναμικής της ατμόσφαιρας, για διάφορα σενάρια εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, παρέχοντας μακροπρόθεσμες προγνώσεις της εξέλιξης των μετεωρολογικών διεργασιών (θερμοκρασία, βροχόπτωση, κτλ.). Οι υδρολογικές επιστήμες αξιοποιούν τα αποτελέσματα των κλιματικών μοντέλων, για την εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στους υδατικούς πόρους. Στο πλαίσιο αυτό, έντονο ενδιαφέρον δίνεται στην εκτίμηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στη δίαιτα των ακραίων καιρικών φαινομένων και ιδιαίτερα των πλημμυρών και στους τρόπους ενσωμάτωσης αυτής της γνώσης στον υδρολογικό σχεδιασμό και τα συναφή μέτρα πρόληψης (Kundzewicz *et al.*, 2014).

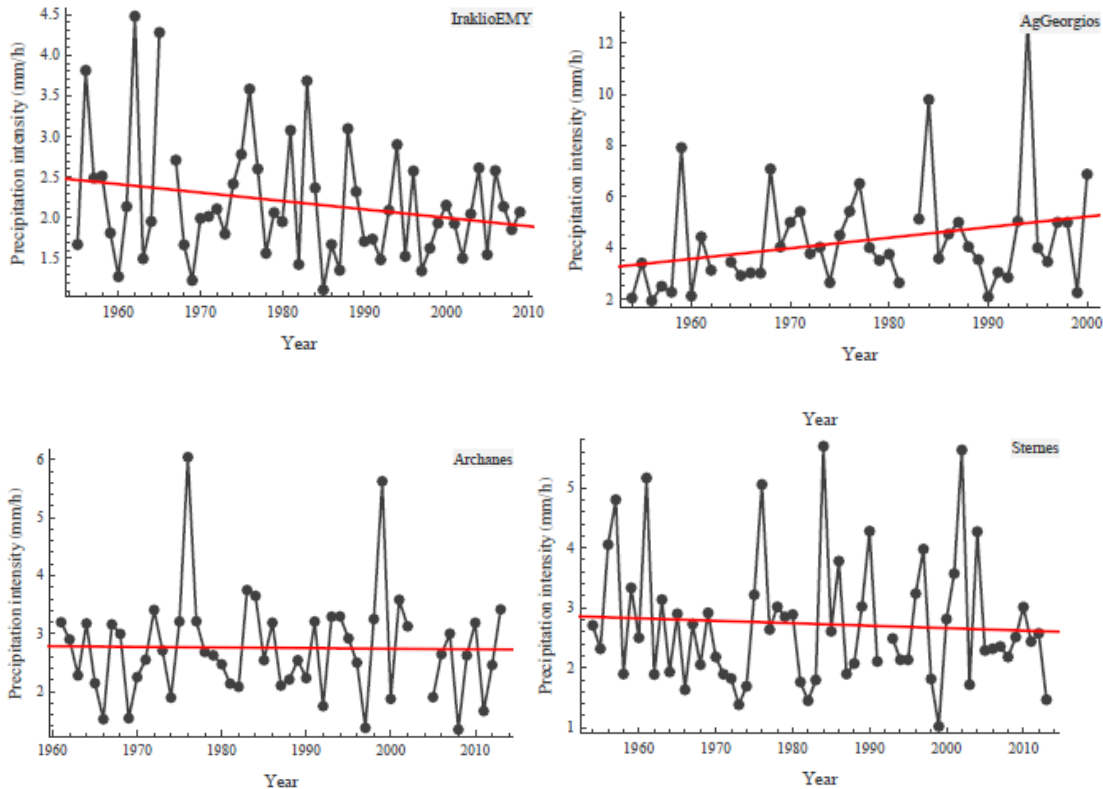
Δεδομένου ότι η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή δεν αποτελεί παρά μια επιστημονική υπόθεση (έστω και κυρίαρχη), ενώ όλες οι προβλέψεις αφορούν στο μέλλον, η επαλήθευσή της μπορεί να γίνει μόνο με βάση ιστορικά δεδομένα. Ωστόσο, πολλοί ερευνητές αποδεικνύουν ότι η προγνωστική ικανότητα των κλιματικών μοντέλων, όσον αφορά στην αναπαραγωγή των παρατηρημένων θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων στη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα, καταδεικνύεται ότι τα αποτελέσματά των μοντέλων, ακόμα και σε μεγάλες χωρικές και χρονικές κλίμακες, έχουν ελάχιστη σχέση με την πραγματικότητα (Koutsoyiannis *et al.*, 2008· Stephens *et al.*, 2010· Anagnostopoulos *et al.*, 2010· Fildes and Kourentzes, 2011· Koutsoyiannis *et al.*, 2011· van Haren *et al.*, 2012· Jiang *et al.*, 2013· Hughes *et al.*, 2014).

Επιπλέον, η υπόθεση ότι η κλιματική αλλαγή έχει οδηγήσει σε ένταση των πλημμυρικών φαινομένων, δέχεται επίσης έντονη επιστημονική αμφισβήτηση. Για παράδειγμα, οι Di Baldassarre *et al.* (2010) απέδειξαν ότι η αύξηση των θυμάτων των πλημμυρών στην Αφρικανική ήπειρο τις τελευταίες δεκαετίες οφείλεται σε αλλαγές των χρήσεων γης (π.χ. λόγω αστικοποίησης) και όχι σε κάποια αυξητική τάση των καταστροφικών πλημμυρικών γεγονότων. Σε πρόσφατη εργασία τους, οι Hirsch and Ryberg (2012) μελέτησαν εκτενή δείγματα μέγιστων ετήσιων παροχών αιχμής από εκατοντάδες ποταμούς των ΗΠΑ, καταλήγοντας ότι δεν υπάρχει καμία στατιστική απόδειξη ότι οι πλημμυρικές αιχμές αυξάνουν, ακολουθώντας την αύξηση του CO₂. Ερευνητές από το ίδιο το IPCC παραμένουν εξαιρετικά επιφυλακτικοί ως προς την επιχειρησιακή χρήση των αποτελεσμάτων των κλιματικών μοντέλων στον υδρολογικό σχεδιασμό, δηλώνοντας ότι «στην παρούσα φάση έχουμε χαμηλή εμπιστοσύνη στις αριθμητικές προγνώσεις των αλλαγών στο μέγεθος ή τη συχνότητα των πλημμυρών που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή» (Kundzewicz *et al.*, 2014).

16.2 Διερεύνηση στην περιοχή μελέτης

Μια απλή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος ανίχνευσης των συστηματικών μεταβολών μιας υδροκλιματικής μεταβλητής είναι ο έλεγχος τάσεων. Στην προσέγγιση αυτή αρχικά προσαρμόζεται μια γραμμή τάσης στις ετήσιες τιμές της μεταβλητής, και στη συνέχεια εξετάζεται αν η κλίση της είναι στατιστικά σημαντική. Αν ναι, τότε υπάρχει ισχυρή ένδειξη ότι η τιμή της υπόψη μεταβλητής αυξάνει διαχρονικά, εφόσον η κλίση είναι θετική, ή αντίθετα μειώνεται διαχρονικά, εφόσον η κλίση προκύψει αρνητική. Βεβαίως, η εγκυρότητα των συμπερασμάτων εξαρτάται έντονα από το μήκος του δείγματος που εξετάζεται. Σε μικρού μήκους χρονοσειρές, π.χ. λίγων δεκάδων ετών, είναι ιδιαίτερα επισφαλής η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, καθώς τόσο το πρόσημο όσο και η τιμή της τάσης είναι πολύ ευαίσθητα έναντι μεμονωμένων ακραίων τιμών του δείγματος.

Η αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων αυξάνει περαιτέρω όταν η ανάλυση τάσεων αφορά σε σημερινά δείγματα. Στην περίπτωση αυτή ο έλεγχος πρέπει να γίνει είτε στην επιφανειακά ανηγμένη τιμή της μεταβλητής (που στην περίπτωση των ακραίων βροχοπτώσεων δεν είναι δυνατή η εκτίμησή της) είτε σε πολλά σημειακά δείγματα ταυτόχρονα, από την ίδια περιοχή ενδιαφέροντος. Εφόσον υπάρχει σαφής υπεροχή του ενός από τα δύο πρόσημα της γραμμής τάσης, τότε αυτό μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό της μακροχρόνιας δίαιτας της μεταβλητής στην ευρύτερη περιοχή, δηλαδή αν η τιμή της μεταβλητής αυξάνει ή μειώνεται σε βάθος χρόνου. Με τον τρόπο αυτό, τεκμηριώνεται στην πράξη αν υπάρχει κλιματική αλλαγή και προς ποια κατεύθυνση. Αντίθετα, αν οι θετικές και αρνητικές τιμές τάσεων στα σημειακά δείγματα είναι περίπου ισομοιρασμένες, δεν προκύπτει συμπέρασμα συστηματικής διαφοροποίησης της εξεταζόμενης διεργασίας στην περιοχή, και συνεπώς η υπόθεση της κλιματικής αλλαγής δεν μπορεί να τεκμηριωθεί.



Εικόνα 16.1: Παραδείγματα προσαρμογής γραμμής τάσης σε μεγάλο μήκος δείγματα μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής (πάνω αριστερά: Ηράκλειο ΕΜΥ, πτωτική τάση, πάνω δεξιά: Αγ. Γεώργιος, αυξητική τάση, κάτω αριστερά: Αρχάνες, μηδενική τάση, κάτω δεξιά: Στέρνες, ελαφρά αρνητική τάση).

Η παραπάνω μεθοδολογία εφαρμόστηκε στις χρονοσειρές των μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής των 82 βροχομέτρων του Υδατικού Διαμερίσματος της Κρήτης. Σε κάθε δείγμα προσαρμόστηκε η γραμμή τάσης και υπολογίστηκε η κλίση της, όπως φαίνεται στο παράδειγμα της Εικόνας 16.1. Στη συνέχεια, ελέγχθηκε αν η κλίση αυτή είναι στατιστικά σημαντική, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Για την εκτίμηση των ορίων εμπιστοσύνης εφαρμόστηκε μια τεχνική προσομοίωσης Monte Carlo, παρόμοια με την περίπτωση των όμβριων καμπυλών (Κεφάλαιο 14). Ειδικότερα, με την υπόθεση ότι κάθε δείγμα ακολουθεί κατανομή ΓΑΤ, παρήχθησαν 1000 συνθετικές χρονοσειρές ίσου μήκους με τις αρχικές, για τις οποίες υπολογίστηκαν 1000 τιμές κλίσης της γραμμής τάσης. Από το συνθετικό δείγμα κλίσεων ελήφθησαν η 25^η και 975^η υψηλότερη τιμή, ως εκτιμήτρια του άνω και κάτω ορίου της κλίσης, αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δίνονται στον Πίνακα 16.1. Συγκεκριμένα, δίνονται η εκτίμηση της κλίσης της γραμμής τάσης, το άνω και κάτω όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο 95% και ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας (αληθής ή ψευδής). Όπως αναμένεται, εξαιτίας των μικρών δειγμάτων, ο έλεγχος σημαντικότητας είναι αληθής σε μόλις 10 από τους 82 σταθμούς, όπου σε οκτώ παρατηρείται αρνητική τάση και σε δύο θετική. Είναι σαφές ότι στην περιοχή μελέτης δεν προκύπτει καμία απολύτως ένδειξη κλιματικής αλλαγής, πόσο δε μάλλον αύξησης των ακραίων βροχοπτώσεων.

Σε κάθε περίπτωση, θεωρούμε ότι η αβεβαιότητα στον υδρολογικό σχεδιασμό αντιμετωπίζεται με ικανοποιητική ασφάλεια με τη θεώρηση των ορίων εμπιστοσύνης των όμβριων καμπυλών, που βασίζονται σε στατιστικά συνεπείς μαθηματικές υποθέσεις, και όχι με αυθαίρετα «σενάρια», που παράγονται από αμφίβολης εγκυρότητας μοντέλα και τα αποτελέσματά τους δεν επιβεβαιώνονται από τη γενική στατιστική εικόνα των ισχυρών βροχοπτώσεων στην περιοχή μελέτης.

Πίνακας 16.1 Εκτίμηση κλίσης γραμμής τάσης και ορίων εμπιστοσύνης 95%, και έλεγχος σημαντικότητας, στα δείγματα μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής από βροχόμετρα.

Σταθμός	Ισοδύναμο μήκος (έτη)	Κλίση (mm/y)	Κάτω όριο 95% (mm/y)	Άνω όριο 95% (mm/y)	Έλεγχος σημαντικότητας
ΑΒΔΟΥ	45	0.024	-0.036	0.035	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	37	0.047	-0.042	0.040	ΑΛΗΘΗΣ
ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	61	-0.001	-0.016	0.016	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΓ. ΓΑΛΗΝΗ	17	0.055	-0.148	0.150	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	47	0.041	-0.045	0.046	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΓ. ΘΩΜΑΣ	60	0.001	-0.015	0.014	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΓ. ΚΥΡΙΑΛΛΟΣ	38	0.014	-0.039	0.039	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΚΟΥΜΙΑ	44	0.004	-0.041	0.040	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΝΩ ΑΧΑΡΝΕΣ	53	-0.001	-0.016	0.015	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΝΩΓΕΙΑ	74	0.006	-0.020	0.020	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΡΜΑΧΑ	38	0.019	-0.038	0.040	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΡΜΕΝΟΙ	52	0.023	-0.023	0.024	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΣΗΜΙ	37	-0.031	-0.043	0.044	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΣΚΥΦΟΥ	38	0.156	-0.105	0.106	ΑΛΗΘΗΣ
ΑΣΩΜΑΤΟΣ	60	-0.019	-0.021	0.021	ΨΕΥΔΗΣ
ΑΧΕΝΤΡΙΑΣ	37	0.023	-0.034	0.035	ΨΕΥΔΗΣ
ΒΑΓΙΩΝΙΑ	37	-0.009	-0.037	0.036	ΨΕΥΔΗΣ
ΒΑΜΟΣ	22	-0.061	-0.078	0.079	ΨΕΥΔΗΣ
ΒΟΛΕΩΝΕΣ	16	-0.100	-0.161	0.159	ΨΕΥΔΗΣ
ΒΟΝΗ	38	-0.022	-0.051	0.050	ΨΕΥΔΗΣ
ΒΟΡΙΖΙΑ	39	-0.014	-0.040	0.040	ΨΕΥΔΗΣ
ΒΥΖΑΡΙ	34	0.007	-0.043	0.042	ΨΕΥΔΗΣ
ΓΑΡΑΖΟ	15	0.024	-0.131	0.135	ΨΕΥΔΗΣ
ΓΑΥΔΟΣ	14	0.015	-0.180	0.185	ΨΕΥΔΗΣ
ΓΕΡΑΚΑΡΙ	37	-0.007	-0.023	0.023	ΨΕΥΔΗΣ

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Σταθμός	Ισοδύναμο μήκος (έτη)	Κλίση (mm/y)	Κάτω όριο 95% (mm/y)	Άνω όριο 95% (mm/y)	Έλεγχος σημαντικότητας
ΓΕΡΓΕΡΗ	39	0.011	-0.027	0.027	ΨΕΥΔΗΣ
ΔΕΜΑΤΙ	39	0.013	-0.034	0.033	ΨΕΥΔΗΣ
ΕΜΠΑΡΟΣ	60	0.005	-0.015	0.015	ΨΕΥΔΗΣ
ΕΜΠΡΟΣΝΕΡΟΣ	52	-0.033	-0.046	0.045	ΨΕΥΔΗΣ
ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	18	-0.233	-0.326	0.321	ΨΕΥΔΗΣ
ΕΠΙΣΚΟΠΗ	52	0.013	-0.033	0.033	ΨΕΥΔΗΣ
ΖΑΚΡΟΣ	60	0.007	-0.017	0.017	ΨΕΥΔΗΣ
ΖΑΡΟΣ (ΕΜΥ)	39	-0.012	-0.033	0.034	ΨΕΥΔΗΣ
ΖΑΡΟΣ (ΥΠΑΑΤ)	51	0.023	-0.025	0.024	ΨΕΥΔΗΣ
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΑΑ)	55	-0.012	-0.030	0.030	ΨΕΥΔΗΣ
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΕΜΥ)	55	-0.010	-0.013	0.013	ΨΕΥΔΗΣ
ΗΡΑΚΛΕΙΟ (ΥΠΑΑΤ)	20	-0.048	-0.094	0.090	ΨΕΥΔΗΣ
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	76	0.007	-0.013	0.013	ΨΕΥΔΗΣ
ΚΑΒΟΥΣΙ	36	0.053	-0.042	0.041	ΑΛΗΘΗΣ
ΚΑΛΑΜΑΥΚΑ	61	0.004	-0.018	0.018	ΨΕΥΔΗΣ
ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	38	-0.016	-0.033	0.032	ΨΕΥΔΗΣ
ΚΑΛΥΒΕΣ	36	0.055	-0.044	0.044	ΑΛΗΘΗΣ
ΚΑΛΥΒΙΑ	38	-0.003	-0.035	0.035	ΨΕΥΔΗΣ
ΚΑΠΕΤΑΝΙΑΝΑ	37	-0.011	-0.048	0.047	ΨΕΥΔΗΣ
ΚΑΣΣΑΝΟΙ	18	0.016	-0.068	0.069	ΨΕΥΔΗΣ
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΕΜΥ)	35	-0.045	-0.044	0.044	ΑΛΗΘΗΣ
ΚΑΣΤΕΛΙ (ΥΠΑΑΤ)	38	0.003	-0.045	0.045	ΨΕΥΔΗΣ
ΚΑΤΣΙΔΟΝΙ	36	-0.008	-0.059	0.062	ΨΕΥΔΗΣ
ΚΑΨΑΔΟΙ	19	0.091	-0.104	0.105	ΨΕΥΔΗΣ
ΚΡΟΥΣΩΝΑΣ	38	-0.039	-0.033	0.033	ΑΛΗΘΗΣ
ΛΑΓΟΛΙΟ	41	0.000	-0.026	0.026	ΨΕΥΔΗΣ
ΛΕΥΚΟΓΕΙΑ	36	0.023	-0.053	0.055	ΨΕΥΔΗΣ
ΜΑΛΛΕΣ	36	0.037	-0.044	0.046	ΨΕΥΔΗΣ
ΜΑΡΩΝΕΙΑ	15	0.022	-0.165	0.158	ΨΕΥΔΗΣ
ΜΕΛΑΜΠΕΣ	46	0.000	-0.022	0.023	ΨΕΥΔΗΣ
ΜΕΣΚΛΑ	60	-0.013	-0.025	0.024	ΨΕΥΔΗΣ
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	38	-0.007	-0.036	0.037	ΨΕΥΔΗΣ
ΜΟΡΟΝΙ	40	0.006	-0.032	0.031	ΨΕΥΔΗΣ
ΜΟΥΡΙ	40	0.029	-0.034	0.033	ΨΕΥΔΗΣ
ΜΥΘΟΙ	15	-0.062	-0.096	0.098	ΨΕΥΔΗΣ
ΝΕΑΠΟΛΗ	37	-0.040	-0.059	0.060	ΨΕΥΔΗΣ
ΝΙΘΑΥΡΗ	52	0.008	-0.020	0.019	ΨΕΥΔΗΣ
ΠΑΛ. ΡΟΥΜΑΤΑ	36	-0.013	-0.056	0.055	ΨΕΥΔΗΣ
ΠΑΛΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	34	-0.024	-0.069	0.070	ΨΕΥΔΗΣ
ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ	51	-0.047	-0.043	0.043	ΑΛΗΘΗΣ
ΠΑΡΤΗΡΑ	38	0.007	-0.042	0.041	ΨΕΥΔΗΣ
ΠΑΧΕΙΑ ΑΜΜΟΣ	34	0.021	-0.050	0.050	ΨΕΥΔΗΣ
ΠΕΡΑΜΑ	52	0.003	-0.025	0.024	ΨΕΥΔΗΣ
ΠΟΜΠΙΑ	37	-0.002	-0.030	0.029	ΨΕΥΔΗΣ
ΠΡΑΙΤΩΡΙΑ	38	-0.009	-0.038	0.038	ΨΕΥΔΗΣ
ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	40	0.016	-0.033	0.032	ΨΕΥΔΗΣ
ΡΕΘΥΜΝΟ	48	-0.010	-0.027	0.027	ΨΕΥΔΗΣ
ΣΗΤΕΙΑ	52	0.022	-0.018	0.019	ΑΛΗΘΗΣ
ΣΠΗΛΙ	35	0.005	-0.042	0.042	ΨΕΥΔΗΣ
ΣΤΑΥΡΟΧΩΡΙ	34	0.058	-0.077	0.076	ΨΕΥΔΗΣ
ΣΤΕΡΝΕΣ	60	-0.004	-0.017	0.017	ΨΕΥΔΗΣ
ΣΤΡΟΒΛΕΣ	60	0.001	-0.025	0.025	ΨΕΥΔΗΣ
ΤΕΦΕΛΙ	40	-0.002	-0.042	0.043	ΨΕΥΔΗΣ

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Τ1: Όμβριες καμπύλες - τεχνική έκθεση

Σταθμός	Ισοδύναμο μήκος (έτη)	Κλίση (mm/y)	Κάτω όριο 95% (mm/y)	Άνω όριο 95% (mm/y)	Έλεγχος σημαντικότητας
ΤΖΕΡΜΙΑΔΕΣ	40	-0.039	-0.052	0.051	ΨΕΥΔΗΣ
ΦΟΙΝΙΚΙΑ	39	0.049	-0.037	0.037	ΑΛΗΘΗΣ
ΦΟΥΡΝΗΣ	40	0.031	-0.034	0.034	ΨΕΥΔΗΣ
ΧΑΝΙΑ	30	0.065	-0.062	0.064	ΑΛΗΘΗΣ

17 Αναφορές

- Κοζάνης, Σ., Α. Χριστοφίδης, και Α. Ευστρατιάδης, Θεωρητική τεκμηρίωση για το λογισμικό Υδρογνώμων (έκδοση 4), *Ανάπτυξη βάσης δεδομένων και εφαρμογών λογισμικού σε διαδικτυακό περιβάλλον για την «Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας»*, Ανάδοχος: Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 173 σελίδες, Αθήνα, Ιούνιος 2010.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ι. Ναλμπάντης, Ν. Μαμάσης, Α. Ευστρατιάδης, Λ. Λαζαρίδης, και Α. Δανιήλ, Υδρολογική μελέτη πλημμυρών, *Τεχνικός Σύμβουλος για το έργο «Υδρευση Ηρακλείου και Αγίου Νικολάου από το φράγμα Αποσελέμη»*, Εργοδότης: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Ανάδοχος: Κοινοπραξία Αποσελέμη, Αθήνα, Οκτώβριος 2001.
- Κουτσογιάννης, Δ., *Στατιστική Υδρολογία*, Έκδοση 4, 312 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997.
- Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.
- Anagnostopoulos, G. G., D. Koutsoyiannis, A. Christofides, A. Efstratiadis, and N. Mamassis, A comparison of local and aggregated climate model outputs with observed data, *Hydrological Sciences Journal*, 55(7), 1094–1110, 2010.
- Di Baldassarre, G., A. Montanari, H. F. Lins, D. Koutsoyiannis, L. Brandimarte, and G. Blöschl, Flood fatalities in Africa: from diagnosis to mitigation, *Geophysical Research Letters*, 37, L22402, doi:10.1029/2010GL045467, 2010.
- Fildes, R., and N. Kourentzes, Validation and forecasting accuracy in models of climate change, *International Journal of Forecasting*, 27(4), 968-995, 2011.
- Hirsch, R.M. and K.R. Ryberg, Has the magnitude of floods across the USA changed with global CO2 levels?, *Hydrological Sciences Journal*, 57(1), 1–9, 2012.
- Hirsch, R.M., D.R. Helsel, T.A. Cohn, and E.J. Gilroy, Statistical analysis of hydrological data, *Handbook of Hydrology*, D. R. Maidment (ed.), McGraw-Hill, 1993.
- Hosking, J.R.M., L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics, *Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological)*, 105–124, 1990.
- Hughes, D. A., S. Mantel and T. Mohobane, An assessment of the skill of downscaled GCM outputs in simulating historical patterns of rainfall variability in South Africa, *Hydrology Research*, 45(1), 134-147, 2014.
- Jiang, P., M. R. Gautam, J. Zhu, and Z. Yu, How well do the GCMs/RCMs capture the multi-scale temporal variability of precipitation in the Southwestern United States? *Journal of Hydrology*, 479, 13-23, 2013.
- Koutsoyiannis, D., A critical review of probability of extreme rainfall: principles and models, *Advances in Urban Flood Management*, edited by R. Ashley, S. Garvin, E. Pasche, A. Vassilopoulos, and C. Zevenbergen, 139–166, Taylor and Francis, London, 2007.
- Koutsoyiannis, D., A. Christofides, A. Efstratiadis, G. G. Anagnostopoulos, and N. Mamassis, Scientific dialogue on climate: is it giving black eyes or opening closed eyes? Reply to “A black eye for the Hydrological Sciences Journal” by D. Huard, *Hydrological Sciences Journal*, 56(7), 1334–1339, 2011.

- Koutsoyiannis, D., A. Efstratiadis, N. Mamassis, and A. Christofides, On the credibility of climate predictions, *Hydrological Sciences Journal*, 53(4), 671–684, 2008.
- Koutsoyiannis, D., D. Kozonis, and A. Manetas, A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships, *Journal of Hydrology*, 206(1-2), 118–135, 1998.
- Koutsoyiannis, D., Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall, 1, Theoretical investigation, *Hydrological Sciences Journal*, 49(4), 575–590, 2004a.
- Koutsoyiannis, D., Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall, 2, Empirical investigation of long rainfall records, *Hydrological Sciences Journal*, 49(4), 591–610, 2004b.
- Kundzewicz, Z. W., S. Kanae, S. I. Seneviratne, J. Handmer, N. Nicholls, P. Peduzzi, R. Mechler, L. M. Bouweri, N. Arnell, K. Mach, R. Muir-Wood, G. R. Brakenridge, W. Kron, G. Benito, Y. Honda, K. Takahashi, and B. Sherstyukov, Flood risk and climate change: global and regional perspectives, *Hydrological Sciences Journal*, 59(1), 1–28, 2014.
- Linsley, R.K., M.A. Kohler, and J.L.H. Paulhus, *Hydrology for Engineers*, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 1975.
- Markonis, Y., and D. Koutsoyiannis, Climatic variability over time scales spanning nine orders of magnitude: Connecting Milankovitch cycles with Hurst–Kolmogorov dynamics, *Surveys in Geophysics*, 34(2), 181–207, 2013.
- Papalexiou, S.M., and D. Koutsoyiannis, Battle of extreme value distributions: A global survey on extreme daily rainfall, *Water Resources Research*, 49(1), 187–201, doi:10.1029/2012WR012557, 2013.
- Sankarasubramanian, A., and K. Srinivasan, Investigation and comparison of sampling properties of L-moments and conventional moments, *Journal of Hydrology*, 218(1-2), 13–34, 1999.
- Stedinger, J.R., R.M. Vogel, and E. Foufoula-Georgiou, Frequency analysis of extreme events, Chapter 18 in *Handbook of Hydrology*, edited by D. R. Maidment, McGraw-Hill, 1993.
- Stephens, G.L., T. L’Ecuyer, R. Forbes, A. Gettleman, J.-C. Golaz, A. Bodas-Salcedo, K. Suzuki, P. Gabriel, and J. Haynes, Dreary state of precipitation in global models, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115, D24211, 2010.
- Tyralis, H., D. Koutsoyiannis, and S. Kozanis, An algorithm to construct Monte Carlo confidence intervals for an arbitrary function of probability distribution parameters, *Computational Statistics*, 28(4), 1501–1527, 2013.
- van Haren, R., G.J. van Oldenborgh, G. Lenderink, M. Collins, W. Hazeleger, SST and circulation trend biases cause an underestimation of European precipitation trends, *Climate Dynamics*, 40(1-2), 1-20, 2012.
- Vogel, R.M., and N.M. Fennessey, L-moment diagrams should replace product moment diagrams, *Water Resources Research*, 29(6), 1745–1752, 1993.



ΕΙΔΙΚΗ
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΥΔΑΤΩΝ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ &
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ
ΑΛΛΑΓΗΣ

www.ypeka.gr

Ειδική Γραμματεία Υδάτων,
Μ. Ιατρίδου 2 & Λεωφ. Κηφισίας 115 26 Αθήνα
Τηλ: 210 693 1265, 210 693 1253,
Φαξ: 210 699 4355, 210 699 4357
E-mail: info.egy@prv.ypeka.gr



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



www.epperaa.gr



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης