

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας

ΣΤΑΔΙΟ Ι

1^η ΦΑΣΗ – ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΑΝΑΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗΣ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΡΓΟ: ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΗΠΕΙΡΟΥ, ΔΥΤΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Κ/Ε ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ, ΔΥΤΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ:

ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ Γ. ΚΑΡΑΒΟΚΥΡΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε. • ΕΝΥΕCO ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Α.Ε. • ΟΜΙΚΡΟΝ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Α.Ε. • ΞΕΝΟΦΩΝ ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Ε.Ε. • ΟΜΙΚΡΟΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ Α.Ε. • ΧΡΗΣΤΟΣ ΣΑΛΟΓΙΑΝΝΟΣ • ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ • ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΤΑΔΙΟ Ι - Α΄ ΦΑΣΗ

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2: ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

Αναθεωρήσεις:

Έκδοση	Ημερομηνία	Παρατηρήσεις
Εκδ. 1	31/07/2015	Αρχική Έκδοση
Εκδ. 2	11/09/2017	Δεύτερη Έκδοση
Εκδ. 3	30/10/2017	Τρίτη Έκδοση
Εκδ. 4	Δεκέμβριος 2018	Ως προς το εξώφυλλο

Σημείωση

Διευκρινίζεται ότι ο κωδικός της χώρας "GR" αντικαθίσταται πλέον από τον κωδικό "EL".

Τεύχη και Χάρτες που συνοδεύουν το παρόν Παραδοτέο

A/A	Τίτλος	Κλίμακα	Αριθμός Τεύχους / Χάρτη
	ΤΕΥΧΗ		
1	Τεχνική Έκθεση		
	ΧΑΡΤΕΣ		
1			
2			

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	ΓΕΝΙΚΑ	1
1.2	ΟΜΑΔΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ	1
1.3	ΟΜΑΔΑ ΕΠΙΒΛΕΨΗΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ	3
2	ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	4
2.1	ΓΕΝΙΚΑ	4
2.2	ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΥΔ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ (WD08)	4
2.3	ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	8
2.3.1	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΠΕΚΑ	8
2.3.2	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΜΥ	9
2.3.3	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΕΗ	10
2.3.4	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΠΑΑΤ	11
2.4	ΤΕΛΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ	12
3	ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΈΛΕΓΧΟΙ	14
3.1	ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	14
3.2	ΈΛΕΓΧΟΙ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	14
3.3	ΈΛΕΓΧΟΙ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΣΥΝΕΠΕΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	14
3.4	ΈΛΕΓΧΟΙ ΑΚΡΑΙΩΝ ΤΙΜΩΝ	16
3.5	ΈΛΕΓΧΟΙ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΗΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑΣ	18
3.6	ΈΛΕΓΧΟΙ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΗΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ	24
3.7	ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΣΥΝΕΠΕΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ	24
3.8	ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΕΛΙΚΟΥ ΠΛΗΘΟΥΣ ΤΙΜΩΝ	26
4	ΤΕΛΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ	29
5	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ	32
5.1	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ	32
5.2	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΩΡΙΑΙΑΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ	34
6	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ ΌΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ	36
6.1	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	36
6.2	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	37
7	ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΌΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ	40
8	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ	43

Α' ΦΑΣΗ	Όμβριες Καμπύλες
9 ΑΜΕΡΟΛΗΠΤΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ	45
10 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΖΩΝΩΝ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ Κ	48
11 ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΌΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	53
12 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	56
13 ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΧΩΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΌΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	59
14 ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΌΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ	62
14.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	62
14.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΟΡΙΩΝ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΤΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΜΕ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ MONTE CARLO	62
14.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΟΡΙΩΝ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΌΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ	63
15 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ	70
16 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	74
17 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	84
17.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	84
17.2 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	85
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	88

Σχήματα

ΕΙΚΟΝΑ 2-1: ΘΕΣΕΙΣ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΩΝ ΥΔ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	7
ΕΙΚΟΝΑ 2-2: ΘΕΣΕΙΣ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ ΥΔ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	8
ΕΙΚΟΝΑ 3-1: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΕΛΑΣΣΩΝΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΤΥΡΝΑΒΟΣ (ΔΕΞΙΑ), ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΕΜΦΑΝΙΖΕΤΑΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΥΨΗΛΗ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ($K = 0.34$ ΚΑΙ 0.44 , ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ)	25
ΕΙΚΟΝΑ 3-2: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΡΑΧΟΥΛΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΜΟΥΖΑΚΙ (ΔΕΞΙΑ), ΣΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΕΝΤΟΝΑ ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ($K = -0.45$ ΚΑΙ -0.41 , ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ).....	26
ΕΙΚΟΝΑ 5-1: ΠΛΗΘΟΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΑΝΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ.....	32
ΕΙΚΟΝΑ 5-2: ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΑΝΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ	32
ΕΙΚΟΝΑ 5-3: ΜΕΓΙΣΤΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟ ΩΡΙΑΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ	35
ΕΙΚΟΝΑ 7-1: ΘΕΣΕΙΣ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΚΑΤΑΡΤΙΣΤΗΚΑΝ ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ.	41
ΕΙΚΟΝΑ 9-1: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ ΣΤΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΤΗΣΙΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΟΥΖΑΚΙ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΤΥΡΝΑΒΟΣ (ΔΕΞΙΑ). ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΔΕΙΓΜΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΟΝΤΑΙ Η ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΙ Η ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΓΑΤ, ΜΕ ΜΕΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΜΕΡΟΛΗΠΤΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ.....	46
ΕΙΚΟΝΑ 10-1: ΧΑΡΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ K^*	50
ΕΙΚΟΝΑ 10-2: ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ K^* ΚΑΙ ΑΔΡΟΜΕΡΗΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΖΩΝΕΣ, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΙΣΟΥΨΕΙΣ ΤΩΝ 200 ΚΑΙ 600 Μ.	51
ΕΙΚΟΝΑ 10-3: ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΖΩΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ, ΜΕ $K_1 = 0.04$, $K_2 = 0.09$ ΚΑΙ $K_3 = 0.20$	52
ΕΙΚΟΝΑ 12-1: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΩΝ 24ΩΡΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ ΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΚΑΘΕ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ.....	56
ΕΙΚΟΝΑ 13-1: ΧΩΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ l'	60
ΕΙΚΟΝΑ 13-2: ΧΩΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΘΕΣΗΣ ψ'	61
ΕΙΚΟΝΑ 15-1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ ΥΠΑΝ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ $T=5$ ΕΤΗ.....	71
ΕΙΚΟΝΑ 15-2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ ΥΠΑΝ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ $T=10$ ΕΤΗ.....	71
ΕΙΚΟΝΑ 15-3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ ΥΠΑΝ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ $T=50$ ΕΤΗ.....	72
ΕΙΚΟΝΑ 15-4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΤΙΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΗΧΘΗΣΑΝ ΣΕ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ, ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ.	73
ΕΙΚΟΝΑ 16-1 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ 25-26/10/2009 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ TRMM (ΑΠΟ 25/10/2009 16:30 GMT ΕΩΣ 26/10/2009 13:30 GMT, ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΩΡΕΣ ΕΛΛΑΔΟΣ 25/10/2009 18:30 ΕΩΣ 26/10/2009 15:30).....	76
ΕΙΚΟΝΑ 16-2 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ 10/12/2009 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ TRMM (ΑΠΟ 09/12/2009 22:30 GMT ΕΩΣ 10/12/2009 19:30 GMT, ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΩΡΕΣ ΕΛΛΑΔΟΣ 10/12/2009 00:30 ΕΩΣ 10/12/2009 21:30).....	77
ΕΙΚΟΝΑ 16-3 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ 11/09/2010 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ TRMM (ΑΠΟ 10/09/2010 22:30 GMT ΕΩΣ 11/09/2010 19:30 GMT, ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΩΡΕΣ ΕΛΛΑΔΟΣ 10/09/2010 00:30 ΕΩΣ 11/09/2010 21:30).....	78
ΕΙΚΟΝΑ 16-4 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ 28/10/2012 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ TRMM (ΑΠΟ 28/10/2012 01:30 GMT ΕΩΣ 28/10/2012 22:30 GMT, ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΩΡΕΣ ΕΛΛΑΔΟΣ 28/10/2012 03:30 ΕΩΣ 29/10/2012 00:30).....	79
ΕΙΚΟΝΑ 16-5 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ 29/12/2012 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ TRMM (ΑΠΟ 29/12/2012 04:30 GMT ΕΩΣ 29/12/2012 19:30 GMT, ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΩΡΕΣ ΕΛΛΑΔΟΣ 29/12/2012 06:30 ΕΩΣ 29/12/2012 21:30).....	80
ΕΙΚΟΝΑ 16-6 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ 21/05/2016 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ TRMM (ΑΠΟ 21/05/2016 01:30 GMT ΕΩΣ 21/05/2016 16:30 GMT, ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΩΡΕΣ ΕΛΛΑΔΟΣ 21/05/2016 03:30 ΕΩΣ 21/05/2016 18:30).....	81
ΕΙΚΟΝΑ 16-7 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ 06/09/2016 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ TRMM (ΑΠΟ 05/09/2016 22:30 GMT ΕΩΣ 06/09/2016 13:30 GMT, ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΩΡΕΣ ΕΛΛΑΔΟΣ 06/09/2016 00:30 ΕΩΣ 06/09/2016 15:30).....	82
ΕΙΚΟΝΑ 16-8 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ 13/01/2018 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ TRMM (ΑΠΟ 12/01/2018 22:30 GMT ΕΩΣ 13/01/2018 07:30 GMT, ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΩΡΕΣ ΕΛΛΑΔΟΣ 13/01/2018 00:30 ΕΩΣ 13/01/2018 09:30).....	83

ΕΙΚΟΝΑ 17-1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ.....	86
--	----

Πίνακες

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΩΝ ΥΔ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	5
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ ΥΔ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	6
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-3: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΣΥΛΛΕΧΘΗΚΑΝ.....	12
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-1: ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕ ΑΣΥΝΕΠΕΙΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΚΛΙΜΑΚΩΝ. ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΣΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΔΙΝΟΥΝ ΤΟ ΠΛΗΘΟΣ ΤΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΣΤΑΘΜΟ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ Ε1Α ΚΑΙ Ε1Β.....	16
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-2: ΠΛΗΘΟΣ ΤΙΜΩΝ ΜΙΚΡΟΤΕΡΕΣ ΤΟΥ 15% ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΗΣ ΕΚΑΣΤΟΤΕ ΚΛΙΜΑΚΑΣ.....	17
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-3: ΠΛΗΘΟΣ ΤΙΜΩΝ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΤΟΥ 300% ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΗΣ ΕΚΑΣΤΟΤΕ ΚΛΙΜΑΚΑΣ.....	18
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-4: ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕ ΤΙΜΕΣ ΠΟΥ ΕΠΑΝΑΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ (ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΣΤΡΟΓΓΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟ ΠΡΩΤΟ ΔΕΚΑΔΙΚΟ ΨΗΦΙΟ) ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΑΠΟ ΔΥΟ ΦΟΡΕΣ. ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΠΟΥ ΕΠΑΝΑΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΣΕ ΠΑΡΕΝΘΕΣΗ Ο ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΘΕ ΤΙΜΗΣ.....	19
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-5: ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΙΜΩΝ ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΙ ΣΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑΣ 3-4. ΤΟΝΙΖΟΝΤΑΙ ΧΡΩΜΑΤΙΚΑ ΟΙ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΤΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΕΙΝΑΙ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ Η ΙΣΟ ΤΟΥ 6.....	20
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-6: ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕ ΔΙΑΔΟΧΙΚΕΣ ΙΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΩΝ ΤΕΤΟΙΩΝ ΤΙΜΩΝ (ΤΟΝΙΖΟΝΤΑΙ ΟΙ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΤΟ ΠΛΗΘΟΣ ΤΟΥΣ ΕΙΝΑΙ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ Η ΙΣΟ ΤΟΥ ΤΡΙΑ).....	22
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-7: ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΛΗΘΟΥΣ ΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ (ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΕΣ ΣΤΗΛΕΣ ΔΙΝΕΤΑΙ ΤΟ ΠΛΗΘΟΣ ΤΙΜΩΝ ΑΠΟ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ, ΣΤΗΝ 24ΩΡΗ ΚΑΙ 48ΩΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ).....	27
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-1: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΗΜΕΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ (ΤΕΛΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ).....	30
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-2: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ (ΤΕΛΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ).....	30
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-1: ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ.....	33
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-2: ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΩΡΙΑΙΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ.....	34
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-1: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	41
ΠΙΝΑΚΑΣ 9-1: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ L-ΡΟΠΩΝ ΚΑΙ ΑΜΕΡΟΛΗΠΤΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΩΝ ΡΑΡΑΛΕΧΙΟΥ AND ΚΟΥΤΣΟΙΑΝΝΙΣ (2013), ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ 24ΩΡΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΩΝ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ.....	46
ΠΙΝΑΚΑΣ 9-2: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΤ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ L-ΡΟΠΩΝ ΚΑΙ ΑΜΕΡΟΛΗΠΤΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΩΝ ΡΑΡΑΛΕΧΙΟΥ AND ΚΟΥΤΣΟΙΑΝΝΙΣ (2013), ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΩΝ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ.....	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-1: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ Κ.....	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-2: ΤΕΛΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ Κ ΚΑΙ ΖΩΝΗ ΣΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΑΝΗΚΕΙ ΚΑΘΕ ΣΤΑΘΜΟΣ.....	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 11-1: ΤΕΛΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ.....	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 12-1: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ 24ΩΡΟΥ ΥΨΟΥΣ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ (ΣΕ ΜΜ).....	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 14-1: ΑΔΙΑΣΤΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ 80% ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ, ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ 50, 100 ΚΑΙ 1000 ΕΤΗ.....	64
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).....	66
ΠΙΝΑΚΑΣ 15-1: ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ T=5, 10 ΚΑΙ 50 ΕΤΗ ΓΙΑ ΚΟΙΝΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΥΠΑΝ (2008) ΚΑΙ ΣΔΚΠ.....	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 15-2 Όμβριες Καμπύλες που χρησιμοποιήθηκαν σε χαρακτηριστικές μελέτες αντιπλημμυρικών έργων στη Θεσσαλία.....	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 17-1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΛΙΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΟΡΙΩΝ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ 95%, ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ, ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΑΠΟ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ.....	86

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η παρούσα έκθεση αναφέρεται στη διαδικασία ελέγχου και διόρθωσης των πρωτογενών δεδομένων ισχυρών βροχοπτώσεων του Υδατικού Διαμερίσματος (ΥΔ) Θεσσαλίας, με σκοπό την παραγωγή των τελικών δειγμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην κατάρτιση των όμβριων καμπυλών της περιοχής.

Ειδικότερα, τα πρωτογενή βροχομετρικά 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 συνέπεια και αξιοπιστία τους, μέσω εμπειρικών και στατιστικών ελέγχων. Οι σαφώς εσφαλμένες τιμές απομακρύνθηκαν, ενώ από όσες αξιολογήθηκαν ως ύποπτες άλλες απομακρύνθηκαν, ενώ άλλες διατηρήθηκαν με επιφύλαξη.

Μετά τον προσδιορισμό 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 Θεσσαλίας. Για όλες τις παραμέτρους δίνονται οι τελικές σημειακές εκτιμήσεις, στις θέσεις των σταθμών, καθώς και χάρτες χωρικής κατανομής τους.

1.2 Ομάδα Εκπόνησης της Μελέτης – Επικοινωνία

Η ομάδα εκπόνησης της μελέτης που συγκροτήθηκε από την Κοινοπραξία, έχει ως εξής:

Από το γραφείο **Γ. ΚΑΡΑΒΟΚΥΡΗΣ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε.**

- Ιωάννης Καραβοκύρης, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Υδρολόγος B.Sc. M.Sc DIC Ph.D
- Δημήτρης Καλοδούκας, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ
- Νικόλαος Μαλατέστας, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ
- Γεώργιος Καραβοκύρης, Πολιτικός Μηχανικός, MSc
- Καλλιρόη Πάσσιου, Πολιτικός Μηχανικός & Μηχανικός Περιβάλλοντος, BEng MSc
- Branislav Todorovic, Μηχανολόγος Μηχανικός, BEng MSc, GIS expert
- Μαρίνα Πάσιου Κεφαλίδου, Πολιτικός Μηχανικός ΑΠΘ, MSc Γεωτεχνικός
- Ιωάννης Μπάφας, Πολιτικός Μηχανικός, MSc

Από το γραφείο **ENVECO ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Α.Ε.**

- Γεώργιος Κοτζαγεώργης, Βιολόγος, Περιβαλλοντολόγος, PhD

Από το γραφείο **ΟΜΙΚΡΟΝ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Α.Ε.**

- Στέργιος Διαμαντόπουλος, Δασολόγος – Περιβαλλοντολόγος ΑΠΘ
- Αντώνιος Μαντζαβέλας, Δρ. Δασολόγος – Περιβαλλοντολόγος ΑΠΘ
- Αναστάσιος Μαλάμης, Δασολόγος – Περιβαλλοντολόγος ΑΠΘ

- Αποστολία Παπαδούδη, Δασολόγος – Περιβαλλοντολόγος ΑΠΘ
- Ζήσης Γκάγκας, Δρ. Δασολόγος ΑΠΘ
- Φαείνη Τζιαφτάνη, Δρ. Δασολόγος ΑΠΘ
- Στέφανος Στεφανίδης, Δασολόγος MSc

Από το γραφείο **ΞΕΝΟΦΩΝ ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Ε.Ε.**

- Ξενοφών Σταυρόπουλος, Δρ. Υδρογεωλόγος ΕΜΠ
- Θεόδωρος Πετρόπουλος, Δρ. Γεωλόγος
- Μαρία Τζίμα, Γεωλόγος, MSc
- Νικόλαος Φωτόπουλος, Μεταλλειολόγος – Γεωλόγος, MSc
- Παναγιώτα Μαϊδά, Μεταλλειολόγος – Γεωλόγος, MSc

Από το γραφείο **ΟΜΙΚΡΟΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ Α.Ε.**

- Αντώνιος Τορτοπίδης, Οικονομολόγος, M.A.
- Αγγελική Καλλιγιοσφύρη, Οικονομολόγος, MSc

Από το γραφείο **ΧΡΗΣΤΟΣ ΣΑΛΟΓΙΑΝΝΟΣ**

- Χρήστος Σαλόγιαννος, Αγρ. Τοπογράφος ΕΜΠ
- Δημήτριος Σκουλουφιάνης, Τοπογράφος Μηχανικός ΤΕ

Από το γραφείο **ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ**

- Γεώργιος Τσεκούρας, Πολεοδόμος – Χωροτάκτης, Μηχ/κος Περιφερειακής Ανάπτυξης, MSc
- Σπυρίδων Παπαγιαννάκης, Οικονομολόγος, Ειδικός σε GIS – ΜΔΕ στην Πολεοδομία και Χωροταξία
- Χριστίνα Τσούτσου, Αρχιτέκτων Μηχανικός

Από το γραφείο **ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ**

- Κωνσταντίνος Οικονόμου, Γεωπόνος MSc

Για τα Παραδοτέα 2 και 4 συνεργάστηκαν οι:

- Ανδρέας Ευστρατιάδης, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, ΜΔΕ Υδρολόγος, ΕΔΙΠ ΕΜΠ
- Νίκος Μαμάσης, Τοπογράφος Μηχανικός, Δρ. Μηχανικός, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ
- Παναγιώτης Κοσσιέρης, Πολιτικός Μηχανικός, ΜΔΕ Υδρολόγος, Υποψήφιος Δρ. ΕΜΠ
- Γιάννης Τσουκαλάς, Πολιτικός Μηχανικός, ΜΔΕ Υδρολόγος, Υποψήφιος Δρ. ΕΜΠ
- Αριστοτέλης Τέγος, Πολιτικός Μηχανικός, ΜΔΕ Υδρολόγος, Υποψήφιος Δρ. ΕΜΠ
- Σίμων-Μιχαήλ Παπαλεξίου, Περιβαλλοντολόγος, MSc, Δρ. Μηχανικός ΕΜΠ

Για το Παραδοτέο 5 συνεργάστηκαν οι ομάδες:

Ομάδα 1

- Κωνσταντίνος Μέμος, Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ
- Αναστάσιος Μεταλληνός, πολιτικός μηχανικός ΔΠΘ, διδάκτωρ ΕΜΠ
- Μαρία-Ειρήνη Εμμανουηλίδου, πολιτικός μηχανικός ΕΜΠ, ΜΔΕ ΕΜΠ
- Δήμητρα Μαλλιούρη, πολιτικός μηχανικός ΕΜΠ, ΜΔΕ ΕΜΠ, υποψήφια διδάκτωρ ΕΜΠ

- Ελπιδοφόρος-Ευγένιος Ρεπούσης, πολιτικός μηχανικός ΕΜΠ, ΜΔΕ ΕΜΠ, υποψήφιος διδάκτωρ ΕΜΠ

Ομάδα 2

- Αθανάσιος Λουκάς, Καθηγητής Υδρολογίας και Υδατικών Πόρων ΠΘ
- Λάμπρος Βασιλειάδης, Δρ. Υδρολογίας, ΕΔΙΠ ΠΘ
- Φίλιππος Γκανούλης, Πολιτικός Μηχανικός, Υποψήφιος Δρ. ΠΘ
- Γεώργιος Παπαϊωάννου, Δασολόγος, ΜΔΕ Υδρολόγος, Υποψήφιος Δρ. ΠΘ
- Παντελής Σιδηρόπουλος, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
- Ιωάννης Χρόνης, Δρ. Αγροοικολόγος-Ερευνητής
- Δημήτρης Φωτάκης, Δρ. Δασολόγος-Ερευνητής

Υποστήριξη σε θέματα Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών GIS, παρείχε το γραφείο:

ΓΕΩΘΕΣΙΑ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ Ε.Π.Ε.

- Μιχαήλ Σαλαχώρης, Αγρονόμος – Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, Msc Γεωφυσική
- Σπυρίδων Νεοκοσμίδης, Γεωλόγος – Γεωπεριβαλλοντολόγος, Msc
- Νικόλαος Μαράντος, Τοπογράφος Μηχανικός ΤΕ, MSc GIS

Επικοινωνία:

Γ. Καραβοκύρης & Συνεργάτες Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.

Αλεξανδρουπόλεως 23 & Καισαρείας, 115 27 Αθήνα

Τηλ.: 210 7756130

email: central@gk-consultants.gr

1.3 Ομάδα Επίβλεψης της Μελέτης – Επικοινωνία

Την ομάδα επίβλεψης απαρτίζουν τα ακόλουθα στελέχη της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων του ΥΠΕΝ:

- Μαρία Γκίνη, Προϊσταμένη Διεύθυνσης ΕΓΥ
- Κωνσταντίνα Νίκα, Προϊσταμένη Τμήματος ΕΓΥ (Συντονίστρια Ομάδας Επιβλεπόντων)
- Ελένη Λιάκου

Με αναπληρωματικούς τους:

- Σπυριδούλα Λιάκου
- Πηνελόπη Γκαγκάρη
- Αθανασία Παρδάλη

Επικοινωνία:

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας / Ειδική Γραμματεία Υδάτων

Αμαλιάδος 17, 115 23 Αθήνα

Τηλ.: 210 6475137

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 μεγίστων 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). Αρχικά ελήφθησαν όλα τα ηλεκτρονικά δεδομένα που υπήρχαν καταχωρημένα στην ΕΤΥΜΠ και στη συνέχεια αναζητήθηκαν επιπρόσθετα δεδομένα βροχομέτρων και βροχογράφων για ψηφιοποίηση.

Η επιλογή των βροχομετρικών και βροχογραφικών σταθμών έγινε 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 μέγιστα μήκη χρονοσειρών που ορίζονται στις προδιαγραφές (40 έτη λειτουργίας για βροχογράφο και 60 έτη για βροχόμετρο).

2.2 Βροχομετρικοί Σταθμοί ΥΔ Θεσσαλίας (WD08)

Συλλέχθηκαν δείγματα από 44 βροχόμετρα και 11 βροχογράφους του ΥΔ Θεσσαλίας, καθώς και από 12 βροχόμετρα και 4 βροχογράφους γειτονικών ΥΔ (Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, και Δυτικής Μακεδονίας), που βρίσκονται κοντά στα όρια της περιοχής μελέτης.

Τα 56 βροχόμετρα της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος ανήκουν στις εξής υπηρεσίες:

- 27 σταθμοί του ΥΠΕΚΑ (τ. ΥΠΕΧΩΔΕ)
- 15 σταθμοί της ΔΕΗ
- 3 σταθμοί της ΕΜΥ
- 11 σταθμοί του ΥΠΑΑΤ (τ. ΥΠΠΕ)

Οι 15 βροχογράφοι ανήκουν στις εξής υπηρεσίες:

- 5 σταθμοί του ΥΠΕΚΑ (τ. ΥΠΕΧΩΔΕ)
- 7 σταθμοί της ΔΕΗ
- 3 σταθμοί της ΕΜΥ

Όλοι οι σταθμοί με βροχογράφο διαθέτουν και βροχόμετρο, με εξαίρεση τον Μεταξά που ανήκει στο ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας. Τα χαρακτηριστικά των σταθμών, τα δείγματα των οποίων καλύπτουν από 12 έως 74 έτη, δίνονται στους Πίνακες Πίνακας 2-1 (βροχόμετρα) και Πίνακας 2-2 (βροχογράφοι). Στους χάρτες των Εικόνων Εικόνα 2-1 και Εικόνα 2-2 φαίνονται οι θέσεις των σταθμών. Τα βροχόμετρα παρουσιάζουν σχετικά ικανοποιητική γεωγραφική κάλυψη, όχι όμως και οι βροχογράφοι, με εξαίρεση το Δ-ΒΔ τμήμα του ΥΔ Θεσσαλίας.

Συμπερασματικά, η συλλογή βροχομετρικών δεδομένων του ΥΔ Θεσσαλίας κατέληξε σε ένα σύνολο 56 βροχομέτρων και 15 βροχογράφων, που υπερβαίνουν σε πλήθος την ελάχιστη συμβατική απαίτηση των 10 βροχογράφων και 50 βροχομέτρων ανα Υδατικό Διαμέρισμα.

Πίνακας 2-1: Χαρακτηριστικά βροχομέτρων ΥΔ Θεσσαλίας και ευρύτερης περιοχής.

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΦΟΡΕΑΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
1	Αγιόφυλλο	291 669	4 415 392	600	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2011
2	Αγρελιά	322 649	4 397 952	700	WD08	ΥΠΑΑΤ	1972-1992
3	Αγχιάλος	396 203	4 341 105	15	WD08	ΕΜΥ	1956-1993
4	Αμάραντος	315 620	4 342 587	800	WD08	ΥΠΑΑΤ	1972-2006
5	Ανάβρα	372 327	4 327 101	208	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2012
6	Αργιθέα*	288 679	4 358 079	992	WD04	ΔΕΗ	1963-1996
7	Βερδικούσα	327 102	4 405 255	863	WD08	ΥΠΕΚΑ	1949-2012
8	Βροντερό	286 305	4 375 195	853	WD08	ΔΕΗ	1990-2012
9	Γιαννωτά	333 296	4 427 329	500	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2012
10	Δρακότρυπα	293 185	4 365 363	680	WD08	ΔΕΗ	1960-2012
11	Ελασσώνα	344 494	4 417 838	314	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2011
12	Ελάτη ΔΕΗ*	313 872	4 427 213	664	WD09	ΔΕΗ	1995-2012
13	Ελάτη ΥΠΕΚΑ	287 748	4 376 618	900	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2011
14	Ζάππειο	366 461	4 369 310	170	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2012
15	Ζηλευτό*	349 557	4 310 404	120	WD07	ΥΠΕΚΑ	1954-2013
16	Καλλιπεύκη	368 844	4 424 784	1050	WD08	ΔΕΗ	1970-1992
17	Καρδίτσα	321 757	4 359 103	103	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2012
18	Καρπερό*	296 204	4 424 125	504	WD09	ΔΕΗ	1962-2012
19	Κηπουργιό*	274 279	4 425 745	828	WD09	ΔΕΗ	1962-2012
20	Κονίσκος	311 401	4 405 624	860	WD08	ΥΠΑΑΤ	1972-2009
21	Κρυόβρυση	357 491	4 426 838	1030	WD08	ΥΠΓΕ	1990-2009
22	Λάρισα	368 210	4 387 785	79	WD08	ΕΜΥ	1995-2005
23	Λιβάδι ΥΠΓΕ	342 182	4 443 797	1179	WD08	ΥΠΓΕ	1989-2009
24	Λιβάδι ΥΠΕΚΑ	342 182	4 443 797	1179	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2012
25	Λιόπρασο	314 719	4 393 282	688	WD08	ΥΠΑΑΤ	1972-2009
26	Λουτροπηγή	331 211	4 331 131	730	WD08	ΥΠΕΚΑ	1970-2012
27	Μαγούλα Ποταμιά	343 055	4 343 956	170	WD08	ΥΠΓΕ	1990-2009
28	Μακρυνίτσα	412 260	4 361 258	690	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2012
29	Μακρυνάχη	340 691	4 327 788	603	WD08	ΥΠΕΚΑ	1983-2012
30	Μαλακάσιο	267 150	4 406 840	842	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2012
31	Μεγάλη Κερασιά	285 604	4 402 599	500	WD08	ΥΠΕΚΑ	1970-2013

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΦΟΡΕΑΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
32	Μετέωρα	296 980	4 400 438	596	WD08	ΥΠΕΚΑ	1940-2013
33	Μολόχα*	315 446	4 335 188	790	WD04	ΔΕΗ	1960-1996
34	Μουζάκι	298 972	4 367 063	226	WD08	ΥΠΕΚΑ	1960-2012
35	Μύρα	375 034	4 367 317	320	WD08	ΥΠΓΕ	1990-2010
36	Νεοχώρι*	314 969	4 314 839	800	WD07	ΔΕΗ	1960-1992
37	Παλαιοχώρι	278 037	4 388 000	1050	WD08	ΔΕΗ	1959-1992
38	Πιτσιωτά*	317 985	4 320 322	800	WD07	ΔΕΗ	1960-1992
39	Πύθιο	349 135	4 436 253	750	WD08	ΥΠΓΕ	1990-2011
40	Πυλωροί*	299 746	4 439 832	715	WD09	ΔΕΗ	1963-1993
41	Πυργετός	380 116	4 417 196	31	WD08	ΥΠΕΚΑ	1958-2012
42	Ραχούλα	315 664	4 344 437	330	WD08	ΔΕΗ	1960-1992
43	Ρεντίνα	325 324	4 325 708	903	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2012
44	Σκοπιά	367 299	4 334 140	450	WD08	ΥΠΕΚΑ	1970-2012
45	Σπηλιά	384 223	4 406 031	813	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2012
46	Στουρναραϊκα	283 294	4 371 187	860	WD08	ΔΕΗ	1959-2012
47	Σωτήριο ΥΠΓΕ	389 455	4 372 649	51	WD08	ΥΠΓΕ	1990-2012
48	Σωτήριο ΥΠΕΚΑ	389 455	4 372 649	54	WD08	ΥΠΕΚΑ	1960-2012
49	Τρίκαλα	307 901	4 379 795	114	WD08	ΕΜΥ	1973-2009
50	Τρίλοφο*	345 367	4 317 887	580	WD07	ΥΠΕΚΑ	1951-2013
51	Τυμφρηστός*	319 174	4 309 189	850	WD07	ΥΠΕΚΑ	1951-2012
52	Τύρναβος	352 688	4 399 169	92	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2012
53	Φαρκαδώνα	333 800	4 384 747	87	WD08	ΥΠΕΚΑ	1950-2013
54	Φάρσαλα	359 599	4 350 003	250	WD08	ΥΠΑΑΤ	1959-2009
55	Φράγμα Πλαστήρα*	304 154	4 344 717	850	WD04	ΔΕΗ	1967-2012
56	Χρυσομηλιά	285 140	4 385 948	940	WD08	ΥΠΕΚΑ	1960-2013

*Με αστερίσκο επισημαίνονται οι σταθμοί που ανήκουν σε γειτονικά ΥΔ.

Πίνακας 2-2: Χαρακτηριστικά βροχογράφων ΥΔ Θεσσαλίας και ευρύτερης περιοχής.

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΦΟΡΕΑΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
1	Αγχιάλος	396 203	4 341 105	42	WD08	ΕΜΥ	1988-1994, 2007-2010
2	Αργιθέα*	288 679	4 358 079	980	WD04	ΔΕΗ	1959-1995, 1999-2012
3	Βροντερό	286 305	4 375 195	853	WD08	ΔΕΗ	1990-2009
4	Δρακότρυπα	293 185	4 365 363	680	WD08	ΔΕΗ	1985-2000
5	Ελασσώνα	344 494	4 417 838	314	WD08	ΥΠΕΚΑ	1960-1998
6	Καρδίτσα	321 757	4 359 103	103	WD08	ΥΠΕΚΑ	1959-2000
7	Καρπερό*	296 204	4 424 125	504	WD09	ΔΕΗ	1962-2012
8	Λάρισα	368 210	4 387 785	73	WD08	ΕΜΥ	1972-1986, 1995-2009
9	Λουτοπηγή	331 211	4 331 131	730	WD08	ΥΠΕΚΑ	1970-1986, 1992-2002
10	Μεγάλη Κερασιά	285 604	4 402 599	500	WD08	ΥΠΕΚΑ	1970-1980, 1986-2009
11	Μεταξάς*	326 848	4 438 892	1076	WD09	ΔΕΗ	1964-1995
12	Παλαιοχώρι	278 037	4 388 000	1050	WD08	ΔΕΗ	1962-1983
13	Πυλωροί*	299 746	4 439 832	715	WD09	ΔΕΗ	1962-1994
14	Σκοπιά	367 299	4 334 140	450	WD08	ΥΠΕΚΑ	1971-1988, 1994-1996
15	Τρίκαλα	307 901	4 379 795	149	WD08	ΕΜΥ	1995-2009

*Με αστερίσκο επισημαίνονται οι σταθμοί που ανήκουν σε γειτονικά ΥΔ.



Εικόνα 2-2: Θέσεις βροχογράφων ΥΔ Θεσσαλίας και ευρύτερης περιοχής.

2.3 Αναλυτική Περιγραφή Πρωτογενών Δεδομένων

2.3.1 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 Υδρογώμων.
- Επέκταση χρονοσειρών:** Έγινε ψηφιοποίηση επιλεγμένων επεισοδίων ισχυρών καταιγίδων (ενδεικτικά 3-4 ανά υδρολογικό έτος) όπου ήταν διαθέσιμα. Αναζητήθηκαν τα πρωτογενή δεδομένα (ταινίες βροχογράφων) στο αρχείο της ΕΓΥ, έγινε επιλογή των επεισοδίων, και στη συνέχεια ψηφιοποίηση των

επεισοδίων σε λογιστικό φύλλο, 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). Τέλος έγινε δημιουργία αρχείου χρονοσειράς μεγίστων ετήσιων τιμών για διάφορες χρονικές κλίμακες (1 h, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h) στο λογισμικό Υδρογνώμων.

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.

2.3.2 Δεδομένα ΕΜΥ

Βροχογράφοι

- Δεδομένα:** Ψηφιακά δεδομένα με χρονοσειρές ύψους βροχόπτωσης, χρονικού βήματος 5 min δεν υπήρχαν διαθέσιμα στην ΕΤΥΜΠ.
- 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 1988-1998.
- Επεξεργασία:** Έγινε πληκτρολόγηση επιλεγμένων επεισοδίων καταιγίδας (3-4 ανά υδρολογικό έτος) σε λογιστικό φύλλο excel, μετατροπή της αθροιστικής βροχόπτωσης σε στιγμιαία, και εξαγωγή μεγίστων ετήσιων τιμών βροχόπτωσης για διάφορες χρονικές κλίμακες (5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h). Στη συνέχεια έγινε δημιουργία αρχείου εισόδου ascii στο λογισμικό Υδρογνώμων.
- Δεδομένα:** Από τον τμήμα Εφαρμογών Υδρομετεωρολογίας της ΕΜΥ λάβαμε λογιστικά φύλλα με επεξεργασμένα δεδομένα βροχογράφων. 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). Τα δεδομένα αυτά καλύπτουν ενδεικτικά το διάστημα 1975-1985 και 1999-2010.
- Επεξεργασία** Έγινε δημιουργία αρχείου εισόδου ascii για το λογισμικό Υδρογνώμων και εξαγωγή μεγίστων ετήσιων τιμών βροχόπτωσης για διάφορες

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

πρωτογενών δεδομένων:	χροني-κές 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, 3 h, 6 h, 12 h, 24h).
Βροχόμετρα	
Δεδομένα:	Ψηφιακά δεδομένα με χρονοσειρές ύψους βροχόπτωσης, ημερήσιου χρονικού βήματος δεν υπήρχαν διαθέσιμα στην ΕΤΥΜΠ.
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 1988-1998
Επεξεργασία:	Έγινε πληκτρολόγηση όλης της χρονοσειράς σε λογιστικό φύλλο excel, δημιουργία αρχείου εισόδου ascii για το λογισμικό Υδρογνώμων και εξαγωγή μεγίστων ετήσιων τιμών για χρονικές κλίμακες 24 h.
Δεδομένα:	Από τον Τμήμα Εφαρμογών Υδρομετεωρολογίας της ΕΜΥ λάβαμε λογιστικά φύλλα με επεξεργασμένα δεδομένα βροχομέτρων. Τα επεξεργασμένα δεδομένα περιείχαν μέγιστες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης για κλίμακα 24h.
Επεξεργασία:	Έγινε δημιουργία αρχείου μεγίστων ετήσιων τιμών για χρονική κλίμακα 24 h για το λογισμικό Υδρογνώμων..

2.3.3 Δεδομένα ΔΕΗ

Βροχογράφοι

Δεδομένα:	Από τον Τομέα Υδρολογίας της ΔΕΗ μας διατέθηκαν οι υπάρχουσες ψηφιακές χρονοσειρές από την ΕΤΥΜΠ. Το χρονικό βήμα των καταγραφών είναι 30 min. Τα δεδομένα αυτά καλύπτουν ενδεικτικά έως το υδρολογικό έτος 1996-1997. Επίσης διατέθηκαν τα πρωτογενή δεδομένα των καταγραφών των ηλεκτρονικών βροχογράφων (σε όσες θέσεις είχαν αντικαταστήσει τα συμβατικά όργανα).
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. Έγινε ψηφιοποίηση επιλεγμένων επεισοδίων ισχυρών καταιγίδων (ενδεικτικά 3-4 ανά υδρολογικό έτος) όπου ήταν διαθέσιμα. Αναζητήθηκαν τα πρωτογενή δεδομένα (ταινίες βροχογράφου) στο αρχείο της ΔΕΗ, έγινε επιλογή

των επεισοδίων, και στη συνέχεια ψηφιοποίηση των επεισοδίων σε λογιστικό φύλλο excel, 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). Τέλος έγινε δημιουργία αρχείου χρονοσειράς μεγίστων ετήσιων τιμών για διάφορες χρονικές κλίμακες (1 h, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h) στο λογισμικό Υδρογνώμων.

Βροχόμετρα

Δεδομένα:

Ψηφιακά δεδομένα με χρονοσειρές ύψους βροχόπτωσης, ημερήσιου χρονικού βήματος από την ΕΤΥΜΠ. Τα περισσότερα δεδομένα φτάνουν μέχρι το υδρολογικό 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 ΔΕΗ και όπου ήταν διαθέσιμα, έγινε επιτόπου φυλλομέτρηση και για κάθε υδρολογικό έτος καταγράφηκαν τα μέγιστα ύψη βροχόπτωσης για χρονική κλίμακα 24 h.

2.3.4 Δεδομένα ΥΠΑΑΤ

Βροχογράφοι

Δεδομένα:

Στη βάση της ΕΤΥΜΠ δεν υπήρχαν καταχωρημένα ψηφιακά δεδομένα βροχογράφων.

Δεδομένα:

Σε συνεργασία με τη Δ/νση Υδρολογίας - Γεωλογίας του ΥΠΑΑΤ αναζητήθηκαν σταθμοί με ικανοποιητικό μέγεθος χρονοσειράς (ενδεικτικά άνω των 10 ετών). Δεν βρέθηκαν σταθμοί που να ικανοποιούν το ελαχιστο συμβατικά απαιτούμενο μήκος ετών.

Δεδομένα:

Αναζητήθηκαν δεδομένα παλαιότερων μελέτων. Αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα βροχογραφικών σταθμών που συλλέχθηκαν στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου «Υδρολογική Διερεύνηση Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας», Ιούνιος 1988 (Επιστημονικός Υπεύθυνος Θ. Ξανθόπουλος & Κύριοι Ερευνητές Δ. Κουτσογιάννης, Σ. Ρώτη και Ι. Τζεράνης). Επίσης ελήφθη υπόψη ο έλεγχος αξιοπιστίας των βροχογραφικών σταθμών του ΥΠΑΑΤ που έγινε στα πλαίσια του ίδιου έργου. Οι βροχογράφοι, οι οποίοι θεωρήθηκαν αναξιόπιστοι ή/και έληγε η λειτουργία τους στα τέλη της δεκαετίας του 1980, δεν συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση.

Βροχόμετρα

Δεδομένα:

Στη βάση της ΕΤΥΜΠ δεν υπήρχαν καταχωρημένα ψηφιακά δεδομένα βροχομέτρων. Σε συνεργασία με τη Δ/νση Υδρολογίας - Γεωλογίας του ΥΠΑΑΤ αναζητήθηκαν σταθμοί με ικανοποιητικό μέγεθος χρονοσειράς (ενδεικτικά άνω των 15 ετών).

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

Δεδομένα: Σε συνεργασία με τη Δ/νση Υδρολογίας - Γεωλογίας του ΥΠΑΑΤ αναζητήθηκαν και εντοπίστηκαν σταθμοί με ικανοποιητικό μέγεθος χρονοσειράς (ενδεικτικά άνω των 15 ετών).

Επεξεργασία: Αναζητήθηκαν τα πρωτογενή δεδομένα φύλλα παρατηρήσεων βροχομέτρου στο αρχείο του ΥΠΑΑΤ και όπου ήταν διαθέσιμα, έγινε επιτόπου φυλλομέτρηση και για κάθε υδρολογικό έτος καταγράφηκαν τα μέγιστα ύψη βροχόπτωσης για χρονική κλίμακα 24 h.

2.4 Τελικά Δείγματα

Στον Πίνακα Πίνακας 2-3 συνοψίζονται τα βροχομετρικά δεδομένα που συλλέχθηκαν, με αναφορά στην πηγή, τον φορέα, το μορφότυπο, το όργανο μέτρησης και την αντίστοιχη χρονική διακριτότητα, τη χρονική περίοδο των δεδομένων, τη διαδικασία επεξεργασίας κτλ.

Πίνακας 2-3: Βροχομετρικά στοιχεία που συλλέχθηκαν.

Πηγή δεδομένων	Φορέας συλλογής	Όργανο	Format	Καταγραφή	Χρονικό βήμα	Χρονικό διάστημα	Επεξεργασία	Τελικά δείγματα
ΔΕΗ	ΔΕΗ	Β/Μ	Φύλλα καταγραφής	Μέγιστο Ύψος βροχής	Ημερήσιο	1995-2013	Φυλλομέτρηση & καταγραφή μεγίστων	Μέγιστα 24h
ΔΕΗ	ΔΕΗ	Β/Γ	ascii	Ύψος βροχής	30 min	1974-1995	Υδρογνώμων	Μέγιστα 30m-1h-2h-3h-6h-12h-24h-48h
ΔΕΗ	ΔΕΗ	Β/Γ	Πρωτογενή δεδομένα, ταινίες καταγραφής	Ύψος βροχής	1 h	1995-2012	Επιλογή επεισοδίων ψηφιοποίηση σε Excel & Υδρογνώμων	Μέγιστα 1h-2h-3h-6h-12h-24h-48h
Σύμβου-λος	ΕΜΥ	Β/Γ	Φωτογραφίες εντύπων καταγραφής	Ύψος βροχής	5 min	1987-1998	Πληκτρολόγηση δεδομένων σε Excel & Υδρογνώμων	Μέγιστα 5m-10m-15min-30m-1h-2h-3h-6h-12h-24h-48h
ΕΜΥ	ΕΜΥ	Β/Γ	Πίνακες Excel	Μέγιστα μηνιαία ύψη βροχής	5m-10m-15m-30m-1h-2h-6h-12h-24h	1972-1987	Excel	Μέγιστα 5m-10m-15m-30m-1h-2h-6h-12h-24h
ΕΤΥΜΠ	ΕΜΥ	Β/Μ	Πίνακες Excel	Ύψος βροχής	Ημερήσιο	1956-2005	Excel & Υδρογνώμων	Μέγιστα 24h
ΕΤΥΜΠ	ΥΠΕΚΑ	Β/Γ	ascii	Ύψος βροχής	30 min	1945 - 1995	Υδρογνώμων	Μέγιστα 30m-1h-2h-3h-6h-12h-24h-48h
ΕΓΥ	ΥΠΕΚΑ	Β/Γ	Πρωτογενή δεδομένα, ταινίες καταγραφής	Ύψος βροχής	1 h	1995-2012	Επιλογή επεισοδίων ψηφιοποίηση σε Excel & Υδρογνώμων	Μέγιστα 1h-2h-3h-6h-12h-24h-48h
ΕΤΥΜΠ	ΥΠΕΚΑ	Β/Μ	ascii	Ύψος βροχής	Ημερήσιο	1945 - 1995	Υδρογνώμων	Μέγιστα 24h-48h

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

Πηγή δεδομένων	Φορέας συλλογής	Όργανο	Format	Καταγραφή	Χρονικό βήμα	Χρονικό διάστημα	Επεξεργασία	Τελικά δείγματα
ΕΓΥ	ΥΠΕΚΑ	Β/Μ	Φύλλα καταγραφής	Ύψος βροχής	Ημερήσιο	1995-2013	Φυλλομέτρηση & καταγραφή μεγίστων	Μέγιστα 24h-48h
ΥΠΑΑΤ	ΥΠΑΑΤ	Β/Μ	Φύλλα καταγραφής	Ύψος βροχής	Ημερήσιο	1960-2010	Φυλλομέτρηση & καταγραφή μεγίστων	Μέγιστα 24h
Παλαιότερες μελέτες	ΥΠΑΑΤ	Β/Γ	Πίνακες	Ύψος βροχής	5m-10m-15m-30m-1h-2h-6h-12h-24h-48h	1964-1988	Καταγραφή μεγίστων	Μέγιστα 10m-30m-1h-2h-3h-6h-12h-24h-48h
Παλαιότερες μελέτες	ΥΠΑΑΤ	Β/Μ	Πίνακες	Ύψος βροχής	Ημερήσιο	1964-1988	Καταγραφή μεγίστων	Μέγιστα 24h-48h

3 Εντοπισμός Σφαλμάτων Πρωτογενών Δειγμάτων και Σχετικοί Έλεγχοι

3.1 Γενική Διαδικασία Ελέγχου Δεδομένων

Σκοπός των ελέγχων είναι ο εντοπισμός χρονοσειρών ή και μεμονωμένων τιμών τους, που είναι εμφανώς εσφαλμένες ή, έστω ύποπτες. Σε όλους τους σταθμούς και σε όλες τις χρονικές κλίμακες πραγματοποιήθηκαν πολλαπλοί έλεγχοι, τα αποτελέσματα των οποίων συνοψίζονται στη συνέχεια.

Τα δεδομένα που έχουν προφανή μαθηματικά σφάλματα (π.χ. ασυνέπειες μεταξύ χρονικών κλιμάκων) διαγράφηκαν από τα τελικά δείγματα, ενώ από τα δεδομένα που φαίνονται ύποπτα, άλλα διαγράφηκαν και άλλα όχι, μετά από τεκμηρίωση). Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται επανέλεγχος των πρωτογενών πηγών (π.χ. έντυπα βροχομέτρων), καθώς δεν αποκλείεται κάποια από τα σφάλματα να οφείλονται σε εσφαλμένη ψηφιοποίηση των μεμονωμένων τιμών και όχι σε σφάλματα μετρήσεων.

Στις αναλύσεις που ακολουθούν, οι σταθμοί με βροχόμετρο και βροχογράφο αντιμετωπίστηκαν ως ενιαίος σταθμός. Με τον τρόπο αυτό, προέκυψαν τελικά 57 σταθμοί, με δεδομένα σε διάφορες χρονικές κλίμακες (1 σταθμός μόνο με βροχογράφο, 14 σταθμοί με βροχόμετρο και βροχογράφο, και 42 σταθμοί μόνο με βροχόμετρο). Όπου υπήρχαν χρονικές επικαλύψεις μεταξύ των δεδομένων των δύο οργάνων (προφανώς αυτό ισχύει μόνο στην 24ωρη και 48ωρη κλίμακα), ελήφθη, για λόγους ασφαλείας, η υψηλότερη από τις δύο καταγραφές.

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το σφάλμα που οφείλεται στη διακριτότητα των βροχομέτρων (μία παρατήρηση ανά 24 ώρες), όλες οι ημερήσιες τιμές τους πολλαπλασιάστηκαν επί τον διορθωτικό συντελεστή 1.13, ενώ τα 48ωρα δεδομένα (τα οποία έχουν προκύψει ως άθροισμα δύο διαδοχικών ημερήσιων τιμών) πολλαπλασιάστηκαν επί τον διορθωτικό συντελεστή 1.04.

3.2 Έλεγχοι Επάρκειας Δεδομένων

Έχει τεθεί ως κριτήριο αποδοχής κάποιου δείγματος μεγίστων η ύπαρξη τουλάχιστον 15 τιμών, στην περίπτωση βροχομέτρων, και τουλάχιστον 10 τιμών, στην περίπτωση βροχογράφων. Ειδικά στους βροχογράφους παρατηρούνται αποκλίσεις στις μήκη των δειγμάτων, μεταξύ των διαφορετικών χρονικών κλιμάκων. Μετά την οριστικοποίηση των δεδομένων, θα πρέπει να γίνει επανέλεγχος του εν λόγω κριτηρίου, εφόσον κάποιες χρονοσειρές συμπληρωθούν με περισσότερες μετρήσεις, ή αντίθετα κάποιες χρονοσειρές να μειωθούν μετά την απομάκρυνση των εσφαλμένων ή ύποπτων τιμών.

3.3 Έλεγχοι Χρονικής Συνέπειας Δεδομένων

Πραγματοποιήθηκαν δύο ειδών έλεγχοι, που αφορούν στη μαθηματική συνέπεια μεταξύ των διαφορετικών χρονικών κλιμάκων.

Ο πρώτος και απλούστερος έλεγχος (E1A) εξετάζει αν οι τιμές του ύψους βροχής μεταξύ κάθε ζεύγους διαδοχικών κλιμάκων είναι σε αύξουσα σειρά (προφανώς πρέπει να ισχύει $h_j \geq h_i$, όπου h_j το ύψος βροχής στην κλίμακα j και το ύψος βροχής στην κλίμακα i , με $i < j$). Στην περίπτωση αυτή η μικρότερη τιμή εξισώνεται με την αντίστοιχη τιμή της μικρότερης κλίμακας. Στους αναλυτικούς πίνακες του Παραρτήματος, οι εν λόγω διορθώσεις επισημαίνονται με κόκκινο χρώμα.

Εκεί όπου παρουσιάζονται περισσότερες από μία μικρότερες τιμές, τότε διαγράφεται η τιμή/τιμές που βελτιώνουν τη συνέπεια της χρονοσειράς σε σχέση με τα υπόλοιπα έτη. Για παράδειγμα, έστω ότι αναφέρονται 80 mm στην 1h, 35 mm στις 2h, 45 mm στις 3h και 70 mm στις 6 h, το οποίο καθιστά την τιμή των 80 mm ύποπτη. Στην περίπτωση αυτή, ελέγχονται οι μέσες τιμές του δείγματος στις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες. Αν η ύποπτη τιμή των 80 mm είναι σημαντικά μεγαλύτερη της μέσης τιμής των άλλων ετήσιων μέγιστων της 1h, τότε διαγράφεται. Ωστόσο, αν οι υπόλοιπες τιμές είναι σημαντικά μικρότερες των αντίστοιχων μέσων τιμών, τότε διαγράφονται εκείνες. Στους αναλυτικούς πίνακες του Παραρτήματος, οι εν λόγω διορθώσεις επισημαίνονται με πορτοκαλί χρώμα.

Ο δεύτερος έλεγχος (E1B) εξετάζει αν οι εντάσεις βροχής σε όλες τις χρονικές κλίμακες είναι συνεπείς ως προς τις θεωρητικά μέγιστες και ελάχιστες τιμές τους. Για παράδειγμα, αν στην ωριαία κλίμακα έχει καταγραφεί ύψος βροχής 60 mm (που αντιστοιχεί σε ένταση 60 mm/h), τότε το μέγιστο ύψος βροχής στην εξάωρη κλίμακα θα κυμαίνεται μεταξύ 60 και $6 \times 60 = 360$ mm, που αντιστοιχεί σε ένα θεωρητικό εύρος εντάσεων μεταξύ 10 και 60 mm/h.

Για να διορθώσουμε τις ασυνέπειες αυτού του τύπου αυξάνουμε την τιμή της προηγούμενης κλίμακας έτσι ώστε

$$x^{(k-1)} = \frac{\kappa - 1}{\kappa} x^{(k)}$$

όπου x η τιμή της βροχόπτωσης και κ η χρονική κλίμακα. Αν η νέα τιμή δεν είναι συνεπής με τις υπόλοιπες τιμές της κλίμακας (διαφορετικά έτη) ή/και προκαλεί νέα σφάλματα μεταξύ των τιμών των υπόλοιπων κλιμάκων (ίδιο έτος), τότε μειώνουμε την τιμή της αμέσως μεγαλύτερης κλίμακας, έτσι ώστε

$$x^{(k)} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} x^{(k-1)}$$

Στην περίπτωση που και οι δύο παραπάνω διορθώσεις εξακολουθούν να προκαλούν σφάλματα ασυνέπειας, τότε η τιμή διαγράφεται. Στους αναλυτικούς πίνακες του Παραρτήματος, οι εν λόγω διορθώσεις επισημαίνονται με πράσινο χρώμα.

Στον Πίνακα Πίνακας 3-1 συνοψίζονται τα αποτελέσματα των δύο ελέγχων, όπου καταγράφονται οι περιπτώσεις των ασυνεπών τιμών κάθε σταθμού.

Πίνακας 3-1: Σταθμοί με ασυνεπείς τιμές μεταξύ των χρονικών κλιμάκων. Οι τιμές στον πίνακα δίνουν το πλήθος των σφαλμάτων ανά σταθμό για τους ελέγχους E1A και E1B.

α/α	ΣΤΑΘΜΟΣ	E1A	E1B	α/α	ΣΤΑΘΜΟΣ	E1A	E1B	α/α	ΣΤΑΘΜΟΣ	E1A	E1B
1	Μεταξάς			20	Χρυσομηλιά	1		39	Μολόχα	4	
2	Αγχιάλος			21	Ελάτη ΔΕΗ			40	Μουζάκι	3	
3	Αργιθέα	1	2	22	Ελάτη ΥΠΕΚΑ	4		41	Μύρα		
4	Δρακότρυπα		1	23	Φαρκαδώνα	14		42	Νεοχώρι		
5	Ελασσώνα	13	1	24	Φάρσαλα	6		43	Πιτσιωτά		
6	Καρδίτσα	12	4	25	Φρ. Πλαστήρα	3		44	Πυργετός	8	
7	Καρπερό			26	Γιαννωτά	16		45	Πύθιο		
8	Λάρισα		2	27	Καλλιπεύκη	10		46	Ραχούλα	6	
9	Λουτοπηγή	9		28	Κηπουργιό			47	Ρεντίνα	4	
10	Μ. Κερασιά	7	1	29	Κονίσκος	2		48	Σωτήριο ΥΠΕΚΑ	17	
11	Παλαιοχώρι	2	11	30	Κρυόβρυση			49	Σωτήριο ΥΠΓΕ		
12	Πυλωροί			31	Λιόπρασο	2		50	Σπηλιά	5	
13	Σκοπιά	9		32	Λιβάδι ΥΠΕΚΑ	7		51	Στουρναραίικα	2	
14	Τρίκαλα		1	33	Λιβάδι ΥΠΓΕ			52	Τρίλοφο	14	
15	Βροντερό	1	2	34	Μαγούλα			53	Τυμφρηστός	3	
16	Αγιόφυλλο	8		35	Μακρυνίτσα	11		54	Τύρναβος	19	
17	Αγρελιά	3		36	Μακρυράχη	6		55	Βερδικούσα	11	
18	Αμάραντος	5		37	Μαλακάσιο	6		56	Ζάππειο	16	
19	Ανάβρα	17		38	Μετέωρα	9		57	Ζηλευτό	10	

3.4 Έλεγχοι Ακραίων Τιμών

Ο έλεγχος ακραίων τιμών είναι εμπειρικός, και αφορά στον εντοπισμό των τιμών της βροχόπτωσης που είναι μικρότερες από το 15% της μέσης τιμής των μεγίστων του σταθμού ανά χρονική κλίμακα, όπως επίσης και τις τιμές εκείνες που είναι μεγαλύτερες από το 300% της αντίστοιχης μέσης τιμής.

Στους αναλυτικούς πίνακες του Παραρτήματος, οι εν λόγω διορθώσεις επισημαίνονται με γαλάζιο και μωβ χρώμα, για τους ελέγχους E2A και E2B, αντίστοιχα.

Τα συνοπτικά αποτελέσματα (πλήθος ύποπτα χαμηλών ή ύποτα υψηλών τιμών) φαίνονται στους Πίνακες Πίνακας 3-2 και Πίνακας 3-3, αντίστοιχα.

Οι υπόλοιπες ύποπτα χαμηλές τιμές ήταν πολύ λίγες. Συγκεκριμένα, στην ημερήσια κλίμακα βρέθηκαν τρεις μόνο αδιακιολόγητα χαμηλές καταγραφές, συγκεκριμένα 1.1 mm στον Κονίσκο (1979), 1.5 mm στο Λιόπρασο (1979) και 8.1 mm στο Μαλακάσιο (1991). Οι τιμές αυτές κρίνονται προφανώς εσφαλμένες, το οποίο ενδεχομένως να οφείλεται σε εσφαλμένη τοποθέτηση του δεκαδικού ψηφίου.

Για τις ύποπτα υψηλές τιμές, που είναι και οι πλέον σημαντικές για την εκτίμηση των όμβριων καμπυλών, πραγματοποιήθηκε ενδεδειγμένος έλεγχος στην ημερήσια κλίμακα, συγκρίνοντας με τις καταγραφές όλων των γειτονικών σταθμών εκείνου του έτους. Τα συμπεράσματα των αναλύσεων για κάθε σταθμό έχουν ως εξής:

- Στον σταθμό **Ελάτη** (ΥΠΕΚΑ, ΒΜ, λεκάνη Πορταϊκού) αναγράφεται μέγιστη ημερήσια τιμή 363.1 mm, το έτος 1979. Η τιμή αυτή είναι *ύποπτη*, καθώς η δεύτερη μεγαλύτερη τιμή εκείνου του έτους είναι μόλις 140.5 mm (Ελασσόνα). Βεβαίως, η Ελάτη βρίσκεται σε πολύ μεγάλο υψόμετρο, και το υδροκλιματικό της καθεστώς θα μπορούσε να αιτιολογήσει τέτοια ακραία ύψη βροχής.
- Στον σταθμό **Ελασσόνα** (ΥΠΕΚΑ, ΒΜ/ΒΓ, λεκάνη Πηνειού), αναφέρεται μέγιστη ημερήσια τιμή 279.1 mm, το έτος 1977. Η τιμή αυτή είναι συνεπής είναι *αποδεκτή*, δεδομένου ότι το έτος αυτό έχουν καταγραφεί εξαιρετικά υψηλές τιμές σε όλη την Θεσσαλία (Λάρισα: 159.4 mm, Λουτροπηγή: 152.6 mm, Καλλιπεύκη: 329.4 mm, Μακρυνίτσα: 196.1 mm, Σπηλιά: 300.2 mm).
- Στον σταθμό **Καλλιπεύκη** (ΔΕΗ, ΒΜ, λεκάνη Πηνειού), αναφέρεται μέγιστη ημερήσια τιμή 329.4 mm, το έτος 1977, που γίνεται *αποδεκτή* για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω.
- Στον σταθμό **Σπηλιά** (ΥΠΕΚΑ, ΒΜ, λεκάνη Ξηρορέματος), αναφέρεται μέγιστη ημερήσια τιμή 300.2 mm, το έτος 1977, που γίνεται *αποδεκτή* για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω.
- Στον σταθμό **Καρδίτσα** (ΥΠΕΚΑ, ΒΜ, λεκάνη Πηνειού) αναγράφεται μέγιστη ημερήσια τιμή 298.3 mm, το έτος 1964. Η τιμή αυτή είναι *αποδεκτή*, καθώς και άλλοι σταθμοί της ευρύτερης περιοχής έχουν καταγράψει πολύ υψηλές τιμές (Αργιθέα: 164.0 mm , Δρακότρυπα: 165.5 mm, Λουτροπηγή: 191.9 mm, Ανάβρα: 180.6 mm).
- Στον σταθμό **Στουρναραίικα** (ΔΕΗ, ΒΜ, λεκάνη Πορταϊκού) αναγράφεται μέγιστη ημερήσια τιμή 276.2 mm, το έτος 1970. Η τιμή αυτή είναι *αποδεκτή*, καθώς και άλλοι γειτονικοί σταθμοί έχουν καταγράψει υψηλές τιμές (Αργιθέα: 183.5 mm, Ελάτη: 164.4 mm, Μολόχα: 136.5 mm).

Πίνακας 3-2: Πλήθος τιμών μικρότερες του 15% της μέσης τιμής της εκάστοτε κλίμακας.

id	ΣΤΑΘΜΟΣ	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	24 h	48 h
6	Καρδίτσα					1								
8	Λάρισα	1	1											
18	Αμάραντος												1	
29	Κονίσκος												1	1
31	Λιόπρασο												1	1
37	Μαλακάσιο												1	
53	Τυμφρηστός													1

Πίνακας 3-3: Πλήθος τιμών μεγαλύτερες του 300% της μέσης τιμής της εκάστοτε κλίμακας.

id	ΣΤΑΘΜΟΣ	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	24 h	48 h
5	Ελασσόνα								1	1	1	1	1	1
6	Καρδίτα									1			1	1
8	Λάρισα												1	
22	Ελάτη ΥΠΕΚΑ												1	
27	Καλλιπεύκη												1	
47	Ρεντίνα												1	
48	Σωτήριο ΥΠΕΚΑ												1	1
50	Σπηλιά													1
54	Τύρναβος												2	2
57	Ζηλευτό													1

3.5 Έλεγχοι Γενικής και Συνεχόμενης Επαναληψιμότητας

Η εν λόγω δοκιμή εντοπίζει τιμές βροχόπτωσης που επαναλαμβάνονται ανά κλίμακα και σταθμό σε διαφορετικά έτη με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου, είτε στο σύνολο των τιμών είτε σε διαδοχικά έτη. Στην πρώτη περίπτωση διαγράφηκαν οι τιμές που υπερβαίνουν τις πέντε, ενώ στη δεύτερη το όριο κατεβαίνει στις τρεις, καθώς είναι εξαιρετικά σπάνιο να καταγραφεί το ίδιο μέγιστο επί τρία συναπτά έτη. Επίσης, στην περίπτωση των διαδοχικών ετών διατηρείται η πρωτοεμφανιζόμενη τιμή και διαγράφονται οι υπόλοιπες.

Στους αναλυτικούς πίνακες του Παραρτήματος, οι εν λόγω διορθώσεις επισημαίνονται με λαδί και μπλε χρώμα, για τους ελέγχους Ε3Α και Ε3Β, αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα των δύο ελέγχων συνοψίζονται στους Πίνακες Πίνακας 3-4, Πίνακας 3-5 και Πίνακας 3-6.

Από τους ελέγχους προκύπτει ότι για ορισμένους σταθμούς διατηρείται κάποια επιφυλακτικότητα ως προς την ποιότητα των δεδομένων τους, εξαιτίας του σχετικά μεγάλου αριθμού συνεχόμενων επαναλαμβανόμενων δυάδων.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι η συλλογή των πρωτογενών δεδομένων από βροχογράφους της ΔΕΗ και του ΥΠΕΚΑ (ΕΓΥ) κατ'αρχάς βασίστηκε σε εβδομαδιαίες ταινίες και επιπλέον δεν είναι προϊόν αυτόματης ψηφιοποίησης αλλά καταγραφής από πεπειραμένο μηχανικό με αποτέλεσμα την αδυναμία καταγραφής των δεδομένων με ακρίβεια πρώτου δεκαδικού ψηφίου. Επομένως, αυτή η προσέγγιση στη καταγραφή πρωτογενών δεδομένων οδήγησε σε αρκετές περιπτώσεις σε επανάληψη του καταγεγραμμένου ύψους βροχής σε διαφορετικά έτη στην ίδια χρονική κλίμακα ανά σταθμό. Η αδυναμία αυτή λήφθηκε υπόψη στην οριστικοποίηση του τελικού δείγματος των μέγιστων ετήσιων σημείων. Γενικά, αυτές οι τιμές δεν απορρίφθηκαν.

Πίνακας 3-4: Σταθμοί με τιμές που επαναλαμβάνονται (μετά από στρογγυλοποίηση στο πρώτο δεκαδικό ψηφίο) περισσότερες από δύο φορές. Παρουσιάζονται οι τιμές που επαναλαμβάνονται και σε παρένθεση ο αριθμός επαναληψιμότητας κάθε τιμής.

id	ΣΤΑΘΜΟΣ	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	24 h	48 h
1	Μεταξάς													
2	Αγχίαλος													
3	Αργιθέα				10.9 (3)	10. (3)			70. (4) 39.6 (3)					
4	Δρακότρυπα												87. (3)	
5	Ελασσώνα				19.2 (3)									
6	Καρδίτσα				9.7 (3)									
7	Καρπερό													
8	Λάρισα													
9	Λουτοπηγή													
10	Μ. Κερασιά				9.6 (3)								52.2 (3)	
11	Παλαιοχώρι													
12	Πυλωροί													
13	Σκοπιά												56.5 (3)	
14	Τρίκαλα													
15	Βροντερό					10. (7) 20. (3)	20. (5)							
16	Αγιάφυλλο												51.1 (3)	
17	Αγρελιά													
18	Αμάραντος													
19	Ανάβρα													
20	Χρυσομηλιά												108.5 (4)	
21	Ελάτη ΔΕΗ													
22	Ελάτη ΥΠΕΚΑ													
23	Φαρκαδώνα													
24	Φάρσαλα													
25	Φρ. Πλαστήρα												97.2 (3) 101.7 (4)	
26	Γιαννωτά												45.2 (3)	
27	Καλλιπεύκη													
28	Κηπουργιό													
29	Κονίσκος												48.6 (4)	
30	Κρυόβρυση													
31	Λιόπρασο													

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

id	ΣΤΑΘΜΟΣ	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	24 h	48 h
32	Λιβάδι ΥΠΕΚΑ												42.9 (3)	
33	Λιβάδι ΥΠΓΕ													
34	Μαγούλα													
35	Μακρυνίτσα													
36	Μακρυράχη													
37	Μαλακάσιο													
38	Μετέωρα												62.2 (3)	
39	Μολόχα													
40	Μουζάκι													
41	Μύρα													
42	Νεοχώρι													
43	Πιτσιωτά													
44	Πυργετός													
45	Πύθιο													
46	Ραχούλα													
47	Ρεντίνα													
48	Σωτήριο ΥΠΕΚΑ													
49	Σωτήριο ΥΠΓΕ													
50	Σπηλιά													
1	Στουρναραίικα													
52	Τρίλοφο												62.2 (3)	
53	Τυμφρηστός												56.5 (3)	
54	Τύρναβος												96.1 (3) 42.9 (3) 37.5 (3)	
55	Βερδικούσα													
56	Ζάππειο												29.4 (3)	
57	Ζηλευτό													125.8 (3)

Πίνακας 3-5: Συνολικό άθροισμα επαναληψιμότητας τιμών που παρουσιάζει στον Πίνακας 3-4. Τονίζονται χρωματικά οι περιπτώσεις που το άθροισμα είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 6.

id	ΣΤΑΘΜΟΣ	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	24 h	48 h
1	Μεταξάς													
2	Αγχιάλος													
3	Αργιθέα				3	3			7					
4	Δρακότρυπα												3	

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

id	ΣΤΑΘΜΟΣ	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	24 h	48 h
5	Ελασσώνα				3									
6	Καρδίτσα				3									
7	Καρπερό													
8	Λάρισα													
9	Λουτοπηγή													
10	Μ. Κερασιά				3								3	
11	Παλαιοχώρι													
12	Πυλωροί													
13	Σκοπιά												3	
14	Τρίκαλα													
15	Βροντερό					10	5							
16	Αγίοφυλλο												3	
17	Αγρελιά													
18	Αμάραντος													
19	Ανάβρα													
20	Χρυσομηλιά												4	
21	Ελάτη ΔΕΗ													
22	Ελάτη ΥΠΕΚΑ													
23	Φαρκαδόνα													
24	Φάρσαλα													
25	Φρ. Πλαστήρα												7	
26	Γιαννωτά												3	
27	Καλλιπεύκη													
28	Κηπουργιό													
29	Κονίσκος												4	
30	Κρυόβρυση													
31	Λιόπρασο													
32	Λιβάδι ΥΠΕΚΑ												3	
33	Λιβάδι ΥΠΓΕ													
34	Μαγούλα													
35	Μακρυνίτσα													
36	Μακρυνάχη													
37	Μαλακάσιο													
38	Μετέωρα												3	
39	Μολόχα													

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

id	ΣΤΑΘΜΟΣ	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	24 h	48 h
40	Μουζάκι													
41	Μύρα													
42	Νεοχώρι													
43	Πιτσιωτά													
44	Πυργετός													
45	Πύθιο													
46	Ραχούλα													
47	Ρεντίνα													
48	Σωτήριο ΥΠΕΚΑ													
49	Σωτήριο ΥΠΓΕ													
50	Σπηλιά													
51	Στουρναραίικα													
52	Τρίλοφο												3	
53	Τυμφρηστός												3	
54	Τύρναβος												9	
55	Βερδικούσα													
56	Ζάππειο												3	
57	Ζηλευτό													3

Πίνακας 3-6: Σταθμοί με διαδοχικές ίσες τιμές και μέγιστος αριθμός συνεχόμενων τέτοιων τιμών (τονίζονται οι περιπτώσεις που το πλήθος τους είναι μεγαλύτερο ή ίσο του τρία).

id	ΣΤΑΘΜΟΣ	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	24 h	48 h
1	Μεταξας													
2	Αγχιάλος		2	2		2								
3	Αργιθέα					2	2							
4	Δρακότρυπα					2	2						3	
5	Ελασσώνα													
6	Καρδίτσα												2	
7	Καρπερό													
8	Λάρισα	2												
9	Λουτοπηγή													
10	Μ. Κερασιά													
11	Παλαιοχώρι													
12	Πυλωροί													
13	Σκοπιά												2	
14	Τρίκαλα													

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

id	ΣΤΑΘΜΟΣ	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	24 h	48 h
15	Βροντερό					3	2							
16	Αγίοφυλλο													2
17	Αγρελιά													2
18	Αμάραντος												2	
19	Ανάβρα												2	
20	Χρυσομηλιά												2	
21	Ελάτη ΔΕΗ													
22	Ελάτη ΥΠΕΚΑ													
23	Φαρκαδώνα													2
24	Φάρσαλα													
25	Φρ. Πλαστήρα												2	
26	Γιαννωτά													
27	Καλλιπεύκη												2	
28	Κηπουργιό													
29	Κονίσκος													
30	Κρυόβρυση													
31	Λιόπρασσο												2	
32	Λιβάδι ΥΠΕΚΑ												2	
33	Λιβάδι ΥΠΓΕ													
34	Μαγούλα													
35	Μακρυνίτσα													
36	Μακρυράχη													
37	Μαλακάσιο												2	
38	Μετέωρα													
39	Μολόχα													
40	Μουζάκι													
41	Μύρα													
42	Νεοχώρι													
43	Πιτσιωτά													
44	Πυργετός													
45	Πύθιο													
46	Ραχούλα												2	
47	Ρεντίνα												2	
48	Σωτήριο ΥΠΕΚΑ													
49	Σωτήριο ΥΠΓΕ													

id	ΣΤΑΘΜΟΣ	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	24 h	48 h
50	Σπηλιά													
51	Στουρναραίικα												2	
52	Τρίλοφο													
53	Τυμφρηστός												2	
54	Τύρναβος													
55	Βερδικούσα												2	2
56	Ζάππειο													
57	Ζηλευτό												2	2

3.6 Έλεγχοι Ασυνεχειών Μέσης Τιμής και Τυπικής Απόκλισης

Πραγματοποιήθηκε εμπειρικός έλεγχος της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης σε κάθε γράφημα έτσι ώστε να διαπιστωθούν τυχών ασυνέχειες, πιθανόν λόγω αλλαγής οργάνου, βλαβών, μεταβολής της θέσης μέτρησης, κλπ. Στους αναλυτικούς πίνακες του Παραρτήματος, οι εν λόγω διορθώσεις επισημαίνονται με γκριζο χρώμα.

Στο Παράρτημα δίνονται, ακόμη, όλα τα γραφήματα, με τα αντίστοιχα σχόλια.

3.7 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:

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

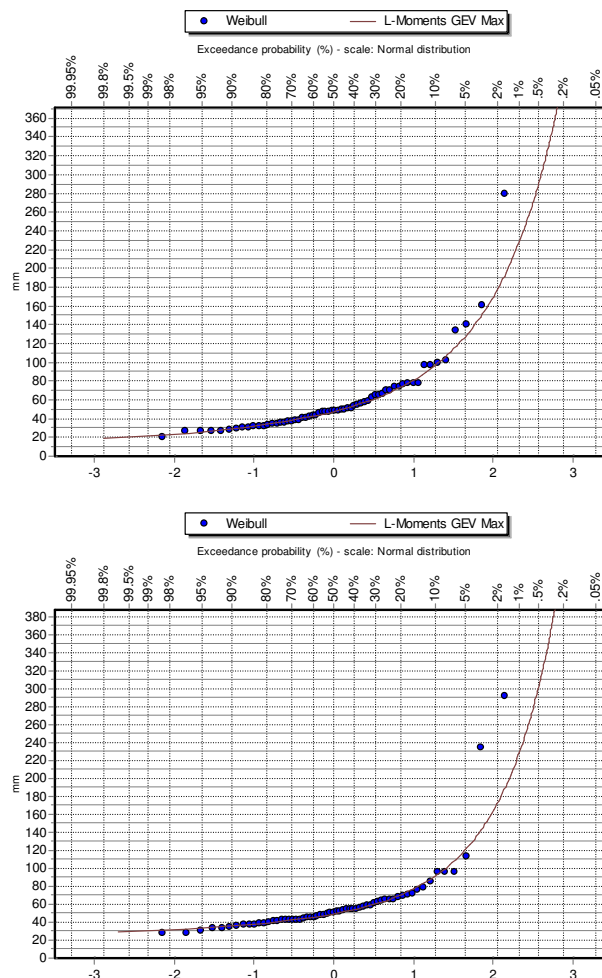
όπου $F(x)$ η συνάρτηση κατανομής της μεταβλητής x (ένταση ή ύψος βροχής), και $\kappa > 0$, $\lambda > 0$ και ψ οι παράμετροι σχήματος, κλίμακας και θέσης, αντίστοιχα. Για κάθε δείγμα μέγιστων ετήσιων υψών βροχής, οι παράμετροι κ , λ και ψ εκτιμήθηκαν με τη μέθοδο των L-ροπών.

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 διαίτα των ακραίων τιμών. Για τον σκοπό αυτό, αναζητήθηκαν δείγματα στα οποία εμφανίζεται είτε πολύ υψηλή είτε αρνητική τιμή του κ .

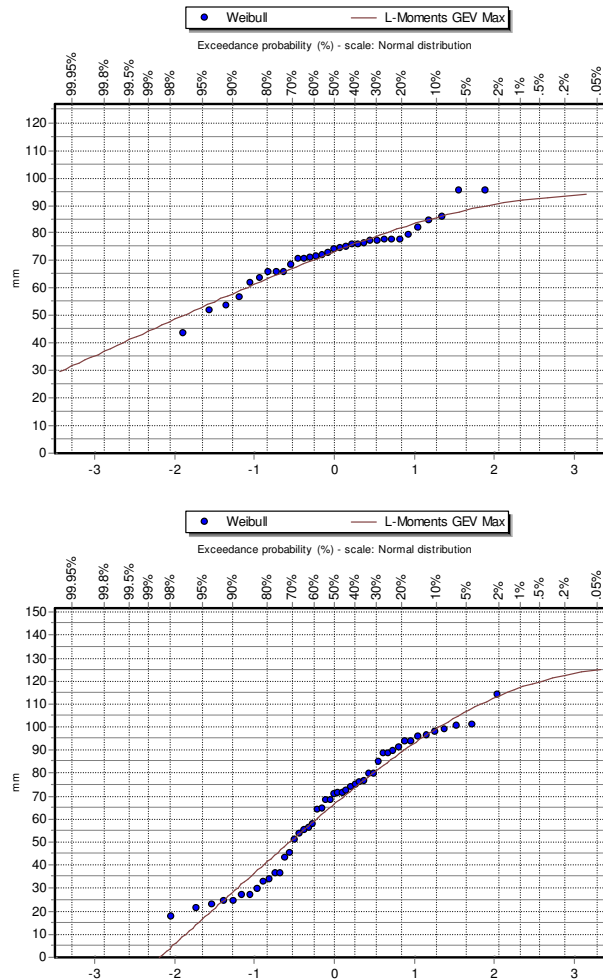
Μια υψηλή τιμή της παραμέτρου σχήματος, της τάξης του 0.25 ή παραπάνω, συνήθως οφείλεται στην ύπαρξη μίας ή δύο εξαιρετικά μεγάλων τιμών του ύψους βροχής που διαμορφώνουν μια ιδιαίτερα απότομη ουρά της κατανομής. Επειδή έχει προηγηθεί ο εμπειρικός έλεγχος των ακραία

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 σχετικά μικρό μήκος των δειγμάτων, όπως στην περίπτωση των δύο γειτονικών σταθμών του παραδείγματος (Εικόνα 3-1).

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 Papalexiou and Koutsoyiannis (2013) κατέδειξαν ότι υπάρχει σημαντική πιθανότητα αρνητικών τιμών της παραμέτρου σχήματος, για δείγματα μεγίστων της τάξης των 15-20 ετών. Ωστόσο, η πιθανότητα εμφάνισης αρνητικής τιμής οφείλεται στη μεροληψία της εκτιμήτριας στα μικρά μήκη δείγματος, ενώ η χρήση της διορθωμένης εκτιμήτριας καθίστα αυτή την πιθανότητα πρακτικά μηδενική.



Εικόνα 3-1: Προσαρμογή κατανομής ΓΑΤ στα δείγματα μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής του σταθμού Ελασσώνα (αριστερά) και Τύρναβος (δεξιά), στα οποία εμφανίζεται ιδιαίτερα υψηλή τιμή της παραμέτρου σχήματος ($\kappa = 0.34$ και 0.44 , αντίστοιχα).



Εικόνα 3-2: Προσαρμογή κατανομής ΓΑΤ στα δείγματα μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής του σταθμού Ραχούλα (αριστερά) και Μουζάκι (δεξιά), στους οποίους προκύπτει έντονα αρνητική τιμή της παραμέτρου σχήματος ($\kappa = -0.45$ και -0.41 , αντίστοιχα).

Με βάση την παραπάνω παρατήρηση εξετάστηκαν όλα τα δείγματα που εμφανίζουν αρνητικές τιμές της παραμέτρου κ , ώστε να διαπιστωθεί αν το αίτιο της μη συνεπούς αυτής συμπεριφοράς μπορεί να αποδοθεί σε σφάλματα δεδομένων. Έντονα αρνητικές τιμές του κ , της τάξης του -0.20 ή χαμηλότερες, παρατηρήθηκαν σε οκτώ σταθμούς. Οι πιο χαρακτηριστικές περιπτώσεις (Ραχούλα, Μουζάκι) απεικονίζονται στην Εικόνα 3-2. Ωστόσο, θεωρήθηκε ότι η ασυνέπεια αυτή οφείλεται στο πλήθος των δεδομένων και μόνο, οπότε δεν κρίθηκε σκόπιμη η διαγραφή των εν λόγω σταθμών.

3.8 Έλεγχος Τελικού Πλήθους Τιμών

Μετά τις ανωτέρω διορθώσεις, πραγματοποιήθηκε έλεγχος του πλήθους των τιμών ανά κλιμακα και ανά σταθμό, ώστε να εντοπιστούν χρονοσειρές με πλήθος τιμών μικρότερο του 10 για τους βροχογράφους και μικρότερο του 15 για τα βροχόμετρα (Πίνακας Πίνακας 3-7). Τα αρχεία αυτά διαγράφηκαν.

Πίνακας 3-7: Έλεγχος πλήθους τιμών μετά τις διορθώσεις (στις δύο τελευταίες στήλες δίνεται το πλήθος τιμών από βροχόμετρα, στην 24ωρη και 48ωρη κλίμακα).

id	ΣΤΑΘΜΟΣ	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	24 h	48 h
1	Μεταξάς				30	30	30	30	30	30	30	30		
2	Αγχίαλος	11	11	4	11	11	11	11	11	11	11		38	
3	Αργιθέα				30	37	37	38	38	38	39	39	17	13
4	Δρακότρυπα				10	13	12	11	11	11	11	10	49	35
5	Ελασσώνα				27	30	31	32	31	30	30	30	62	63
6	Καρδίτσα				29	29	29	27	29	29	29	26	63	63
7	Καρπερό				44	44	44	44	44	44	51	51	50	50
8	Λάρισα	27	27	17	29	15	29	15	29	29	29		50	
9	Λουτοπηγή				20	21	22	22	22	21	21	21	42	41
10	Μ. Κερασιά				17	18	20	18	17	18	18	17	43	43
11	Παλαιοχώρι					15			12	13	13		33	34
12	Πυλωροί				29	29	29	29	29	29	32	32	31	31
13	Σκοπιά				17	18	18	19	18	18	16	16	43	43
14	Τρίκαλα	11	11		11	11	11	11	11	11	11		36	
15	Βροντερό				5	17	18	18	18	17	18	16	20	4
16	Αγιόφυλλο												62	62
17	Αγρελιά												19	12
18	Αμάραντος												22	13
19	Ανάβρα												63	63
20	Χρυσομηλιά												54	54
21	Ελάτη ΔΕΗ												18	18
22	Ελάτη ΥΠΕΚΑ												62	62
23	Φαρκαδώνα												63	63
24	Φάρσαλα												42	23
25	Φρ. Πλαστήρα												42	30
26	Γιαννωτά												62	62
27	Καλλιπεύκη												23	23
28	Κηπουργιό												50	50
29	Κονίσκος												28	12
30	Κρυόβρυση												20	
31	Λιόπρασο												31	12
32	Λιβάδι ΥΠΕΚΑ												63	63
33	Λιβάδι ΥΠΓΕ												20	
34	Μαγούλα												20	

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

id	ΣΤΑΘΜΟΣ	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	24 h	48 h
35	Μακρυνίτσα												63	63
36	Μακρυράχη												26	27
37	Μαλακάσιο												59	59
38	Μετέωρα												69	69
39	Μολόχα												37	37
40	Μουζάκι												47	46
41	Μύρα												18	
42	Νεοχώρι												33	33
43	Πιτσιωτά												33	33
44	Πυργετός												50	50
45	Πύθιο												15	
46	Ραχούλα												33	33
47	Ρεντίνα												63	63
48	Σωτήριο ΥΠΕΚΑ												53	54
49	Σωτήριο ΥΠΓΕ												20	
50	Σπηλιά												63	63
51	Στουρναραίικα												44	29
52	Τρίλοφο												63	63
53	Τυμφορηστός												59	59
54	Τύρναβος												61	62
55	Βερδικούσα												63	62
56	Ζάππειο												63	63
57	Ζηλευτό												56	56

4 Τελικά Δείγματα

Το τελικό σύνολο δεδομένων περιλαμβάνει δείγματα ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων από 57 σταθμούς, σε διάφορες χρονικές κλίμακες (224 χρονοσειρές από 56 βροχόμετρα και 15 βροχογράφους). Οι Πίνακες Πίνακας 4-1 και Πίνακας 4-2 περιέχουν, 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 $2\,432 + 2\,066 = 4\,498$ τιμές βροχομέτρων και 2 778 τιμές βροχογράφων.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, για τα βροχόμετρα απαιτούνται συμβατικά 50 σταθμοί \times 60 έτη \times 2 χρονικές κλίμακες = 6 000 τιμές, και για τους βροχογράφους 10 σταθμοί \times 40 έτη \times 8 χρονικές κλίμακες = 3 200 τιμές, ανά Υδατικό Διαμέρισμα. Στην περιοχή μελέτης, μετά τους ελέγχους και την απομάκρυνση των ασυνεπών ή έντονα ύποπτων τιμών, πρέκυψε τελικό δείγμα δεδομένων από βροχογράφους ίσο με **2 778 τιμές**, που είναι κάπως μικρότερο σε σχέση το συμβατικά απαιτούμενο μέγεθος (3 200 τιμές για κάθε ΥΔ). Ωστόσο, δεδομένου ότι εξαντληθηκαν τα διαθέσιμα στοιχεία στο εν λόγω ΥΔ και επιπλέον έχουν χρησιμοποιηθεί κατά το δυνατόν και σταθμοί από τα γειτονικά ΥΔ κρίθηκε αποδεκτό από την ομάδα μελέτης να προχωρήσει στην κατάρτιση των όμβριων καμπυλών. Αντίστοιχα, στην περίπτωση των βροχομέτρων, το τελικό μέγεθος δείγματος, μετά τους ελέγχους και την αφαίρεση των εσφαλμένων ή έντονα ύποπτων τιμών, είναι ίσο με **4 998 τιμές**.

Επισημαίνεται ακόμη ότι στους 14 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 Πίνακας 4-1 και Πίνακας 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. Στους περισσότερους σταθμούς, οι χρονοσειρές του βροχομέτρου και του βροχογράφου παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση, ενώ λίγες είναι γενικά οι περιπτώσεις που τα δύο όργανα έχουν καταγράψει σημαντικά διαφορετικές τιμές.

Με βάση τα παραπάνω, η διαθέσιμη πληροφορία κατανέμεται ως εξής:

- 42 σταθμοί εξοπλισμένοι μόνο με βροχόμετρο, για τους οποίους διαμορφώθηκαν δείγματα μεγίστων για δύο χρονικές κλίμακες (24 και 48 h)
- 1 σταθμός εξοπλισμένος μόνο με βροχογράφο (Μεταξάς), για τον οποίο διαμορφώθηκαν δείγματα μεγίστων για όλες οι χρονικές κλίμακες, από 5 min έως 48 h
- 14 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 διαίτασης των ισχυρών βροχοπτώσεων στην περιοχή μελέτης.

Πίνακας 4-1: Δεδομένα βροχομέτρων σε ημερήσια και διήμερη κλίμακα (τελικά δείγματα).

Σταθμός	24h	48h	Σταθμός	24h	48h	Σταθμός	24h	48h
Αγχίαλος*	38	-	Ελάτη ΔΕΗ	18	18	Μουζάκι	47	46
Αργιθέα*	17	13	Ελάτη ΥΠΕΚΑ	62	62	Μύρα	18	-
Δρακότρυπα*	49	35	Φαρκαδώνα	63	63	Νεοχώρι	33	33
Ελασσώνα*	62	63	Φάρσαλα	42	23	Πιτσιωτά	33	33
Καρδίτσα*	63	63	Φρ. Πλαστήρα	42	30	Πυργετός	50	50
Καρπερό*	50	50	Γιαννωτά	62	62	Πύθιο	15	-
Λάρισα*	50	-	Καλλιπεύκη	23	23	Ραχούλα	33	33
Λουτοπηγή*	42	41	Κηπουργιό	50	50	Ρεντίνα	63	63
Μ. Κερασιά*	43	43	Κονίσκος	28	12	Σωτήριο ΥΠΕΚΑ	53	54
Παλαιοχώρι*	33	34	Κρυόβρυση	20	-	Σωτήριο ΥΠΓΕ	20	-
Πυλωροί*	31	31	Λιόπρασο	31	12	Σπηλιά	63	63
Σκοπιά*	43	43	Λιβάδι ΥΠΕΚΑ	63	63	Στουρναραίικα	44	29
Τρίκαλα*	36	-	Λιβάδι ΥΠΓΕ	20	-	Τρίλοφο	63	63
Βροντερό*	20	4	Μαγούλα	20	-	Τυμφρηστός	59	59
Αγιοφύλλο	62	62	Μακρυνίτσα	63	63	Τύρναβος	61	62
Αγρελιά	19	12	Μακρυνάχη	26	27	Βερδικούσα	63	62
Αμάραντος	22	13	Μαλακάσιο	59	59	Ζάππειο	63	63
Ανάβρα	63	63	Μετέωρα	69	69	Ζηλευτό	56	56
Χρυσομηλιά	54	54	Μολόχα	37	37	Σύνολο	2432	2066

Με αστερίσκο επισημαίνονται οι σταθμοί όπου λειτουργεί και βροχογράφος.

Πίνακας 4-2: Δεδομένα βροχογράφων σε διάφορες χρονικές κλίμακες (τελικά δείγματα).

Σταθμός	5 min	10 min	15 min	30 min	1h	2h	3h	6h	12h	24h	48h	Σύνολο
Μεταξάς				30	30	30	30	30	30	30	30	240
Αγχίαλος*	11	11	4	11	11	11	11	11	11	11		103
Αργιθέα*				30	37	37	38	38	38	39	39	296
Δρακότρυπα*				10	13	12	11	11	11	11	10	89
Ελασσώνα*				27	30	31	32	31	30	30	30	241
Καρδίτσα*				29	29	29	27	29	29	29	26	227
Καρπερό*				44	44	44	44	44	44	51	51	366
Λάρισα*	27	27	17	29	15	29	15	29	29	29		246
Λουτοπηγή*				20	21	22	22	22	21	21	21	170
Μ. Κερασιά*				17	18	20	18	17	18	18	17	143

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

Σταθμός	5 min	10 min	15 min	30 min	1h	2h	3h	6h	12h	24h	48h	Σύνολο
Παλαιοχώρι*					15			12	13	13		53
Πυλωροί*				29	29	29	29	29	29	32	32	238
Σκοπιά*				17	18	18	19	18	18	16	16	140
Τρίκαλα*	11	11		11	11	11	11	11	11	11		99
Βροντερό*				5	17	18	18	18	17	18	16	127
Σύνολο	49	49	21	309	338	341	325	350	349	359	288	2778

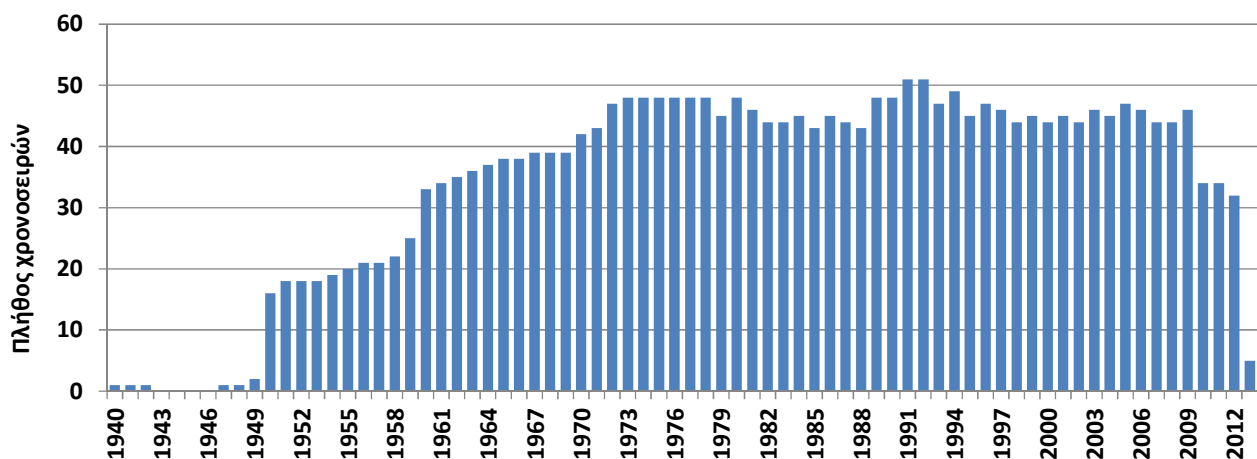
Με αστερίσκο επισημαίνονται οι σταθμοί όπου λειτουργεί και βροχόμετρο.

5 Στατιστικά Μεγέθη Μέγιστων Βροχοπτώσεων

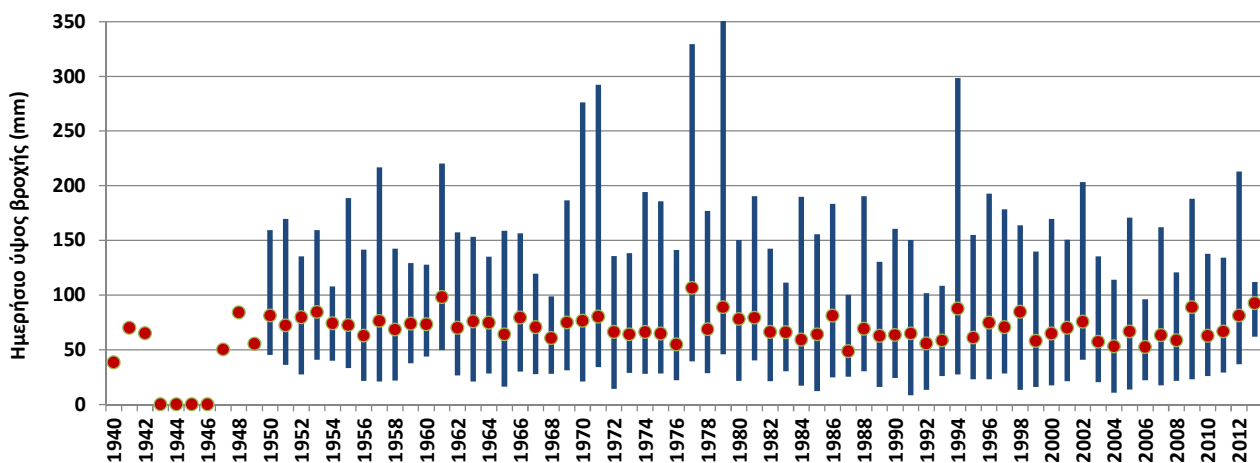
5.1 Βροχοπτώσεις Ημερήσιας Κλίμακας

Σε κάθε σταθμό/όργανο και 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 δεδομένα των 57 χρονοσειρών (από τις οποίες οι 14 προέκυψαν από την ενοποίηση βροχομέτρων και βροχογράφων).

Αν και διατίθενται κάποια μεμονωμένα δείγματα ήδη από το 1940, μόνο από το 1950 και μετά είναι δυνατή η εξαγωγή ασφαλών στατιστικών συμπερασμάτων, καθώς από τότε υπάρχουν μετρήσεις βροχής σε περίπου 20 σταθμούς (Εικόνα Εικόνα 5-1). Στην Εικόνα Εικόνα 5-2 απεικονίζεται το εύρος τιμών των ημερήσιων μεγίστων και η μέση τιμή τους, που εκτιμήθηκε με βάση τα δείγματα κάθε έτους. 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 στη διάρκεια των τελευταίων 65 περίπου ετών).



Εικόνα 5-1: Πλήθος χρονοσειρών μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής ανά υδρολογικό έτος.



Εικόνα 5-2: Εύρος τιμών και μέσος όρος ημερήσιων μεγίστων ανά υδρολογικό έτος.

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)
Μεταξάς	ΒΓ	30	50.9	24.3	26.9	144.5
Αγχιάλος	ΒΜ/ΒΓ	39	55.3	28.1	21.1	159.8
Αργιθέα	ΒΜ/ΒΓ	45	104.0	31.5	46.5	183.5
Δρακότρυπα	ΒΜ/ΒΓ	51	83.6	29.3	27.1	165.5
Ελασσώνα	ΒΜ/ΒΓ	62	60.5	39.9	23.1	279.1
Καρδίτσα	ΒΜ/ΒΓ	63	66.2	41.4	13.4	298.3
Καρπερό	ΒΜ/ΒΓ	51	50.6	21.2	20.9	117.3
Λάρισα	ΒΜ/ΒΓ	55	49.2	29.0	16.2	159.4
Λουτοπηγή	ΒΜ/ΒΓ	42	75.8	42.9	25.7	191.9
Μ. Κερασιά	ΒΜ/ΒΓ	43	69.3	23.6	31.0	113.5
Παλαιοχώρι	ΒΜ/ΒΓ	33	92.6	27.1	51.1	142.4
Πυλωροί	ΒΜ/ΒΓ	32	45.1	13.5	22.4	77.2
Σκοπιά	ΒΜ/ΒΓ	43	60.1	29.2	20.3	140.7
Τρίκαλα	ΒΜ/ΒΓ	37	54.7	22.0	13.3	129.0
Βροντερό	ΒΜ/ΒΓ	22	110.3	31.2	62.9	178.5
Αγιόφυλλο	ΒΜ	62	59.4	22.3	24.3	108.5
Αγρελιά	ΒΜ	19	48.6	25.1	15.8	92.7
Αμάραντος	ΒΜ	22	83.6	32.2	12.1	141.3
Ανάβρα	ΒΜ	63	73.8	31.9	25.6	180.8
Χρυσομηλιά	ΒΜ	54	95.4	27.2	41.1	176.8
Ελάτη ΔΕΗ	ΒΜ	18	66.0	25.2	27.7	128.1
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	ΒΜ	62	112.3	45.1	53.1	353.1
Φαρκαδώνα	ΒΜ	63	55.7	22.5	24.9	127.7
Φάρσαλα	ΒΜ	42	62.6	21.6	32.9	107.3
Φρ. Πλαστήρα	ΒΜ	46	86.3	18.2	37.3	124.3
Γιαννωτά	ΒΜ	62	57.7	17.7	22.9	102.8
Καλλιπεύκη	ΒΜ	23	97.1	60.4	36.6	329.4
Κηπουργιό	ΒΜ	50	49.5	12.0	30.0	81.5
Κονίσκος	ΒΜ	32	61.1	26.9	26.4	118.7
Κρυόβρυση	ΒΜ	20	59.8	21.0	37.5	124.3
Λιόπρασο	ΒΜ	31	60.9	21.1	14.2	116.4
Λιβάδι ΥΠΕΚΑ	ΒΜ	63	64.1	25.8	21.8	175.1
Λιβάδι ΥΠΓΕ	ΒΜ	20	62.7	20.1	40.2	102.8

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

Όνομασία	Όργανο	Μήκος (έτη)	Μέση τιμή (mm)	Τυπική απόκλιση (mm)	Ελάχιστη τιμή (mm)	Μέγιστη τιμή (mm)
Μαγούλα	BM	20	51.1	14.9	27.3	81.4
Μακρυνίτσα	BM	63	103.6	46.8	33.3	220.4
Μακρυράχη	BM	26	60.4	23.8	27.9	122.0
Μαλακάσιο	BM	60	66.4	22.4	8.1	139.8
Μετέωρα	BM	69	69.2	23.7	30.8	163.9
Μολόχα	BM	37	89.8	29.4	35.6	186.4
Μουζάκι	BM	47	64.8	26.8	17.5	114.0
Μύρα	BM	18	55.7	21.0	21.5	110.2
Νεοχώρι	BM	33	80.7	21.0	49.2	135.5
Πιτσιωτά	BM	33	61.4	16.4	42.0	124.6
Πυργετός	BM	50	81.1	32.4	20.1	156.5
Πύθιο	BM	20	57.3	29.2	29.0	155.9
Ραχούλα	BM	33	72.3	11.1	43.4	95.4
Ρεντίνα	BM	63	66.2	27.6	30.8	216.7
Σωτήριο ΥΠΕΚΑ	BM	20	49.5	22.3	18.6	107.3
Σωτήριο ΥΠΓΕ	BM	53	63.1	39.8	20.8	203.4
Σπηλιά	BM	63	103.4	45.3	36.8	300.2
Στουρναραίικα	BM	44	113.0	34.3	67.9	276.3
Τρίλοφο	BM	63	52.5	17.4	19.2	110.7
Τυμφρηστός	BM	59	67.2	22.2	13.6	133.1
Τύρναβος	BM	61	60.9	42.0	28.5	292.2
Βερδικούσα	BM	63	66.7	24.4	22.9	123.1
Ζάππειο	BM	63	57.0	26.1	23.7	169.5
Ζηλευτό	BM	56	50.3	21.4	10.6	113.0

5.2 Βροχοπτώσεις Ωριαίας Κλίμακας

Ο Πίνακας Πίνακας 5-2 περιέχει τα βασικά στατιστικά μεγέθη για την ωριαία κλίμακα, που υπολογίστηκαν από τα δεδομένα των 15 βροχογράφων της Θεσσαλίας, ενώ στην Εικόνα Εικόνα 5-3 απεικονίζονται τα μέγιστα ωριαία ύψη βροχής που καταγράφηκαν στους εν λόγω σταθμούς.

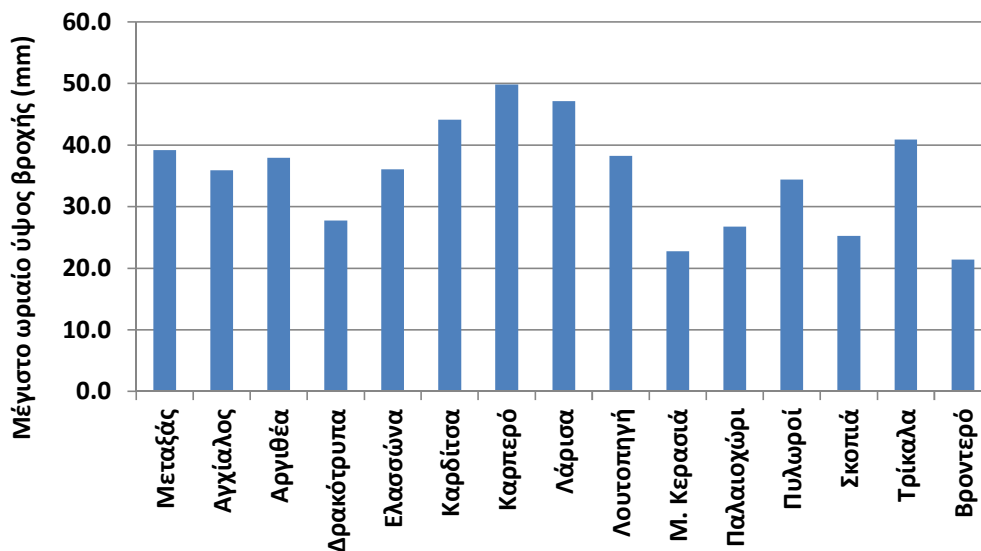
Πίνακας 5-2: Βασικά στατιστικά μεγέθη χρονοσειρών μέγιστων ωριαίων βροχοπτώσεων.

Όνομασία	Όργανο	Μήκος (έτη)	Μέση τιμή (mm)	Τυπική απόκλιση (mm)	Ελάχιστη τιμή (mm)	Μέγιστη τιμή (mm)
Μεταξάς	ΒΓ	30	16.7	7.0	4.2	39.2
Αγχιάλος	BM/ΒΓ	11	16.8	10.1	3.2	35.9

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

Όνομασία	Όργανο	Μήκος (έτη)	Μέση τιμή (mm)	Τυπική απόκλιση (mm)	Ελάχιστη τιμή (mm)	Μέγιστη τιμή (mm)
Αργιθέα	BM/ΒΓ	32	20.0	6.2	10.0	37.9
Δρακότρυπα	BM/ΒΓ	13	16.7	4.6	10.0	27.8
Ελασσώνα	BM/ΒΓ	26	18.8	7.1	4.0	36.1
Καρδίτσα	BM/ΒΓ	24	16.1	7.1	8.8	44.1
Καρπερό	BM/ΒΓ	44	15.0	8.9	3.1	49.9
Λάρισα	BM/ΒΓ	15	19.7	10.8	4.3	47.1
Λουτοπηγή	BM/ΒΓ	21	17.0	7.3	7.0	38.3
Μ. Κερασιά	BM/ΒΓ	18	14.4	3.7	8.8	22.8
Παλαιοχώρι	BM/ΒΓ	12	15.1	5.7	9.3	26.8
Πυλωροί	BM/ΒΓ	29	15.7	6.1	6.1	34.4
Σκοπιά	BM/ΒΓ	18	17.5	4.6	11.7	25.3
Τρίκαλα	BM/ΒΓ	11	19.4	11.5	3.7	40.9
Βροντερό	BM/ΒΓ	17	13.8	5.3	5.0	21.4



Εικόνα 5-3: Μέγιστο παρατηρημένο ωριαίο ύψος βροχής στις θέσεις των βροχογράφων.

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:

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

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

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 (Koutsoyiannis, 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 ομβρίων καμπυλών (στην οποία η έκφραση του αριθμητή, μετά τον παραπάνω μετασχηματισμό, ταυτίζεται με τη συνάρτηση κατανομής Pareto):

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

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_{ij} . Είναι βέβαια 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 15 βροχογράφων της περιοχής μελέτης (Εικόνα Πίνακας 7-1). Σε κάθε σταθμό, εκτιμήθηκαν οι παράμετροι της όμβριας καμπύλης, 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 (6.4) 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 του 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. Στην περίπτωση αυτή, συστήνεται η εφαρμογή των όμβριων καμπυλών που προκύπτουν από την ταυτόχρονη ανάλυση του συνόλου των δεδομένων της περιοχής μελέτης (Πίνακας Πίνακας 12-1), όπως εξηγείται στη συνέχεια.



Εικόνα 7-1: Θέσεις βροχογράφων περιοχής μελέτης, στις οποίες καταρτίστηκαν σημειακές όμβριες καμπύλες.

Πίνακας 7-1: Παράμετροι σημειακών όμβριων καμπυλών βροχογράφων περιοχής μελέτης.

Σταθμός	θ	η	ψ	λ	κ	ψ'	λ'	KW
Μεταξάς	0.081	0.702	2.749	32.293	0.147	0.596	219.816	1.576
Αγχιάλος	0.180	0.760	1.780	32.315	0.127	0.775	255.276	0.525
Αργιθέα	0.401	0.573	3.854	9.544	0.093	0.641	102.542	6.704
Δρακότρυπα	0.101	0.491	3.845	11.633	0.103	0.604	112.940	7.144
Ελασσώνα	0.205	0.742	2.589	22.103	0.206	0.466	107.088	1.757
Καρδίτσα	0.754	0.691	2.964	7.586	0.180	0.466	42.103	5.257
Καρπερό	0.623	0.767	2.539	10.057	0.139	0.647	72.328	4.367
Λάρισα	0.119	0.794	2.106	44.375	0.176	0.629	251.648	1.482
Λουτοπηγή	0.160	0.616	2.536	19.270	0.142	0.639	135.338	1.295
Μ. Κερασιά	0.647	0.684	2.865	8.737	0.034	0.902	254.931	9.310
Παλαιοχώρι	0.019	0.415	3.669	17.022	0.076	0.720	222.729	0.114
Πυλωροί	0.045	0.704	3.165	38.471	0.078	0.752	490.547	2.723
Σκοπιά	0.010	0.567	2.810	58.316	0.151	0.575	385.282	2.273

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

Σταθμός	θ	η	ψ	λ	κ	ψ'	λ'	KW
Τρίκαλα	0.270	0.858	2.047	34.392	0.016	0.966	2089.756	3.077
Βροντερό	1.900	0.648	2.998	5.701	0.080	0.760	71.307	2.345
Μέση τιμή	0.368	0.667	2.834	23.454	0.117	0.676	320.909	3.330

8 Εκτίμηση Αντιπροσωπευτικών Τιμών Παραμέτρων Συνάρτησης Διάρκειας

Εξαιτίας του σχετικά μικρού αριθμού των βροχογράφων, και ακόμη περισσότερο εξαιτίας 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 (6.4) 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), ασφαλής προσδιορισμός της θα ήταν επιθυμητό να γίνει μόνο από τους σταθμούς που διαθέτουν βροχογράφο λεπτής χρονικής διακριτότητας (ξεκινώντας από την κλίμακα των 5 min). Ωστόσο, επειδή στην περιοχή μελέτης διατίθενται ελάχιστα δεδομένα μέγιστων εντάσεων βροχής στις χρονικές κλίμακες των 5, 10 και 15 min (Πίνακας Πίνακας 4-2), στην εκτίμηση της παραμέτρου θ αναγκαστικά λαμβάνονται υπόψη δεδομένα μεγαλύτερης χρονικής κλίμακας.

Από τα παραπάνω 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 τιμών των θ και η έγινε με βελτιστοποίηση ενός σταθμισμένου δείκτη Kruskal-Wallis στους 15 βροχογράφους 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 διαδικασία βελτιστοποίησης με βάση το δείγμα των 15 βροχογράφων της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλίας προέκυψαν οι τιμές $\theta = 0.042$ και $\eta = 0.639$, οι οποίες κρίνονται εύλογες. Οι αντίστοιχες μέσες τιμές των 15 βροχογράφων είναι $\theta = 0.368$ και $\eta = 0.667$ (Πίνακας 7-1). Συνεπώς, η τιμή της παραμέτρου θ που εκτιμάται από την ενοποίηση των δειγμάτων των 15 βροχογράφων υψηλής διακριτότητας είναι σημαντικά μειωμένη σε σχέση με τη μέση σημειακή εκτιμήτριά της, ενώ αντίθετα οι δύο προσεγγίσεις που εξετάστηκαν (δηλαδή η ενοποίηση των δειγμάτων και η μέση σημειακή τιμή) δίνουν πολύ κοντινές εκτιμήσεις για τον εκθέτη η .

Τα παραπάνω είναι σε συμφωνία με τα συμπεράσματα που προέκυψαν στο ΥΔ Κρήτης και στα τρία (ενοποιημένα) ΥΔ Πελοποννήσου, όπου εφαρμόστηκε η ίδια υπολογιστική διαδικασία, δηλαδή η ενοποίηση των δειγμάτων. Συγκεκριμένα, στο ΥΔ Κρήτης προέκυψαν οι βέλτιστες τιμές $\theta = 0.093$ και $\eta = 0.691$, ενώ οι αντίστοιχες μέσες τιμές των δειγμάτων όλων των βροχογράφων ήταν $\theta = 0.309$ και $\eta = 0.657$. Κατ' αντιστοιχία, στα ΥΔ Πελοποννήσου οι εν λόγω τιμές ήταν $\theta = 0.089$ και η

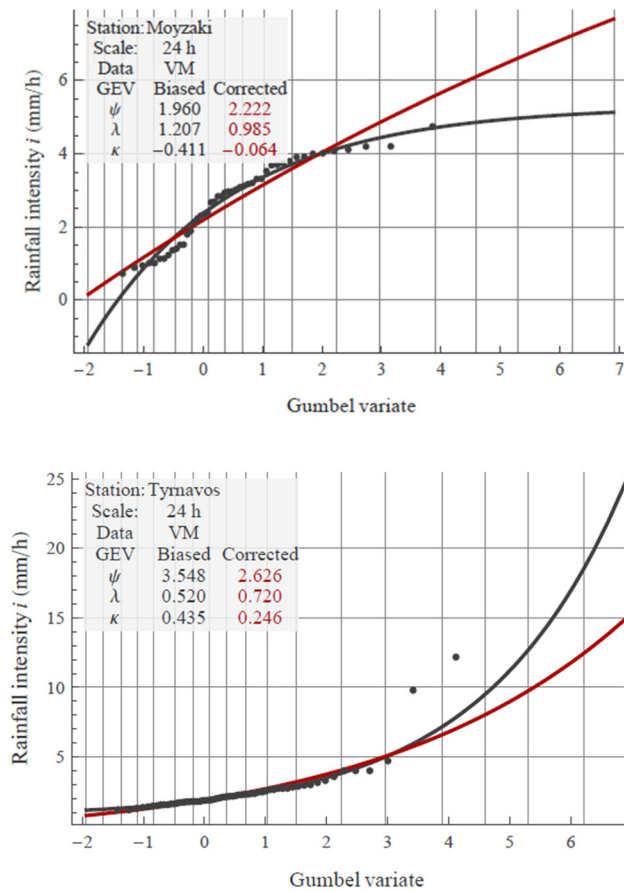
= 0.724 (με χρήση μόνο των 20 βροχογράφων υψηλής χρονικής ευκρίνειας), ενώ οι μέσες τιμές των δειγμάτων και των 52 βροχογράφων ήταν $\theta = 0.276$ και $\eta = 0.689$. Στην περιοχή της Θεσσαλίας, η παράμετρος (εκθέτης) η κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα, ενώ η παράμετρος θ είναι κάπως χαμηλότερη. Ωστόσο, δεν είναι βέβαιο αν η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται σε ανεπάρκεια δεδομένων στις πολύ χαμηλές κλίμακες ή σε κλιματικούς παράγοντες.

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).

Είναι προφανές ότι η αμερόληπτη (διορθωμένη) εκτίμηση των κ , λ και ψ οδηγεί σε συνεπή σχήματα της κατανομής ΓΑΤ, η οποία ωστόσο δεν προσαρμόζεται αντίστοιχα καλά με την περίπτωση εκτίμησης των παραμέτρων μέσω των κλασικών L -ροπών. 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, στις θέσεις των βροχομέτρων το εύρος τιμών του κ περιορίζεται από $[-0.45, 0.44]$ σε $[-0.06, 0.25]$. Κατ' αντιστοιχία, η τυπική απόκλιση του κ στο δείγμα των 56 σταθμών μειώνεται δραστικά, από 0.19 σε μόλις 0.06. Η διαδικασία αυτή γενικεύεται, χρησιμοποιώντας τα ενοποιημένα δείγματα από όλες τις διαθέσιμες χρονικές κλίμακες, οπότε προκύπτει μια ενιαία τιμή της παραμέτρου σχήματος κ^* στις θέσεις όλων των βροχομετρικών σταθμών (Πίνακας Πίνακας 10-2).



Εικόνα 9-1: Παραδείγματα προσαρμογής κατανομής ΓΑΤ στα ημερήσια δείγματα ετήσιων μεγίστων των σταθμών Μουζάκι (αριστερά) και Τύρναβος (δεξιά). Για κάθε δείγμα απεικονίζονται η εμπειρική κατανομή και η θεωρητική κατανομή ΓΑΤ, με μεροληπτική και αμερόληπτη εκτίμηση των παραμέτρων της.

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 των μεγίστων 24ωρων υψών βροχής των βροχογράφων Θεσσαλίας.

Σταθμός	Μήκος δείγματος	K (L-ροπές)	κ^* (αμερόλ.)	Σταθμός	Μήκος δείγματος	K (L-ροπές)	κ^* (αμερόλ.)
Μεταξάς	30	0.20	0.15	Λουτοπηγή	21	0.25	0.15
Αγχιάλος	11	0.51	0.19	Μ. Κερασιά	18	-0.02	0.09
Αργιθέα	39	0.04	0.10	Παλαιοχώρι	13	-0.21	0.07
Δρακότρυπα	11	0.00	0.11	Πυλωροί	32	-0.12	0.05
Ελασσώνα	30	0.41	0.21	Σκοπιά	16	0.21	0.14
Καρδίτσα	29	0.27	0.16	Τρίκαλα	11	-0.04	0.10
Καρπερό	51	0.17	0.14	Βροντερό	18	-0.08	0.08
Λάρισα	29	0.23	0.15				

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 των μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής των βροχομέτρων Θεσσαλίας.

Σταθμός	Μήκος δείγματος	κ (L-ροπές)	κ* (αμερόλ.)	Σταθμός	Μήκος δείγματος	κ (L-ροπές)	κ* (αμερόλ.)
Αγχίαλος	38	0.10	0.12	Κρυόβρυση	20	0.23	0.15
Αργιθέα	17	-0.08	0.08	Λιόπρασο	31	-0.23	0.02
Δρακότρυπα	49	0.11	0.12	Λιβάδι ΥΠΕΚΑ	63	-0.01	0.09
Ελασσώνα	62	0.34	0.21	Λιβάδι ΥΠΓΕ	20	0.18	0.14
Καρδίτσα	63	0.27	0.18	Μαγούλα	20	-0.05	0.08
Καρπερό	50	0.12	0.12	Μακρυνίτσα	63	-0.01	0.07
Λάρισα	50	0.30	0.19	Μακρυνάχη	26	0.01	0.09
Λουτοπηγή	42	0.16	0.14	Μαλακάσιο	59	-0.14	0.02
Μ. Κερασιά	43	-0.12	0.04	Μετέωρα	69	0.03	0.08
Παλαιοχώρι	33	-0.05	0.07	Μολόχα	37	-0.07	0.06
Πυλωροί	31	-0.06	0.07	Μουζάκι	47	-0.41	-0.06
Σκοπιά	43	0.16	0.13	Μύρα	18	0.02	0.10
Τρίκαλα	36	-0.22	0.02	Νεοχώρι	33	-0.06	0.07
Βροντερό	20	-0.03	0.09	Πιτσιωτά	33	0.19	0.14
Αγιοφύλλο	62	-0.04	0.06	Πυργετός	50	-0.21	0.00
Αγρελιά	19	-0.05	0.09	Πύθιο	15	0.32	0.16
Αμάραντος	21	-0.31	0.02	Ραχούλα	33	-0.45	-0.05
Ανάβρα	63	0.06	0.10	Ρεντίνα	63	0.20	0.15
Χρυσομηλιά	54	-0.25	-0.02	Σωτήριο ΥΠΕΚΑ	53	0.27	0.18
Ελάτη ΔΕΗ	18	-0.05	0.09	Σωτήριο ΥΠΓΕ	20	-0.10	0.07
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	62	0.11	0.12	Σπηλιά	63	0.05	0.09
Φαρκαδώνα	63	0.10	0.11	Στουρναραίικα	44	0.02	0.09
Φάρσαλα	42	0.03	0.09	Τρίλοφο	63	-0.14	0.02
Φρ. Πλαστήρα	42	-0.28	-0.01	Τυμφρηστός	59	-0.26	-0.02
Γιαννωτά	62	0.04	0.09	Τύρναβος	61	0.44	0.25
Καλλιπεύκη	23	0.39	0.19	Βερδικούσα	63	-0.11	0.03
Κηπουργιό	50	-0.17	0.02	Ζάππειο	63	0.22	0.16
Κονίσκος	28	0.09	0.12	Ζηλευτό	56	-0.04	0.06

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 Εικόνα 10-1 απεικονίζεται η χωρική διασπορά του κ^* , από την οποία είναι εμφανής η διαφοροποίηση των τιμών της παραμέτρου στην περιοχή μελέτης. Διακρίνεται ότι στα ορεινά τμήματα της Δυτικής Θεσσαλίας συγκεντρώνονται σταθμοί με χαμηλές τιμές της παραμέτρου κ^* , ενώ οι πολύ υψηλές τιμές συγκεντρώνονται στα πεδινά τμήματα της Θεσσαλίας, περίπου μέχρι το ύψος των Τρικάλων, καθώς και στο ΒΑ τμήμα του Υδατικού Διαμερίσματος, που βρίσκεται στην προσήνεμη πελυρά του Ολύμπου και προφανώς επηρεάζεται από την τοπική ορογραφία. Τέλος, τα ορεινά και ημιορεινά τμήματα στο νότιο τμήμα, της παραλιακή ζώνη και το ΒΔ τμήμα (Χάσια, Αντιχάσια) χαρακτηρίζονται από ενδιάμεσες τιμές του κ^* .

Τα παραπάνω οδηγούν στη διαμόρφωση τριών ζωνών (ζώνη 1: χαμηλή, ζώνη 2: ενδιάμεση, ζώνη 3: υψηλή) σε κάθε μία από τις οποίες θεωρείται μια αντιπροσωπευτική τιμή της παραμέτρου σχήματος κ^* . Προκειμένου να οριστεί κάποια συστηματική διαδικασία διαχωρισμού της ενδιάμεσης ζώνης από τις γειτονικές της εξετάστηκαν διάφορες προσεγγίσεις, που κατέληξαν στη χρήση της ισοΰψους των 200 m ως αδρομερούς ορίου διαχωρισμού της ζώνης των υψηλών από τις μεσαίες τιμές του κ^* στο νότιο, ΝΑ και ΒΔ τμήμα της περιοχής μελέτης, και της ισοΰψους των 600 m ως ορίου διαχωρισμού της ζώνης των μεσαίων από τις χαμηλές τιμές του κ^* στο δυτικό τμήμα (Εικόνα 10-2). Συνδυάζοντας τους παραπάνω χάρτες χαράχθηκαν οι τρεις ζώνες, που απεικονίζονται στον χάρτη (Εικόνα 10-3).

Για την εξαγωγή της αντιπροσωπευτικής τιμής του κ^* στις τρεις 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 Πίνακας 10-1. Τελικά, για λόγους ασφαλείας (δεδομένου ότι η παράμετρος αυτή σχετίζεται με την αναπαραγωγή των ακραίων φαινομένων), θεωρήθηκε σε κάθε ζώνη η δυσμενέστερη (υψηλότερη) των δύο τιμών. Με την υπόθεση αυτή, για τις ζώνες 1 και 2 λαμβάνονται ως πλέον αντιπροσωπευτικές οι τιμές $\kappa_1^* = 0.038$ και $\kappa_2^* = 0.092$, που εκτιμήθηκαν με την προσέγγιση του μέσου όρου, ενώ για τη ζώνη 3 λαμβάνεται η τιμή $\kappa_3^* = 0.205$, η οποία εκτιμήθηκε με τη διαδικασία της ενοποίησης. Οι τελικές τιμές της παραμέτρου κ^* , καθώς και η ζώνη στην οποία εντάσσεται κάθε σταθμός, δίνονται στον Πίνακα Πίνακας 10-2.

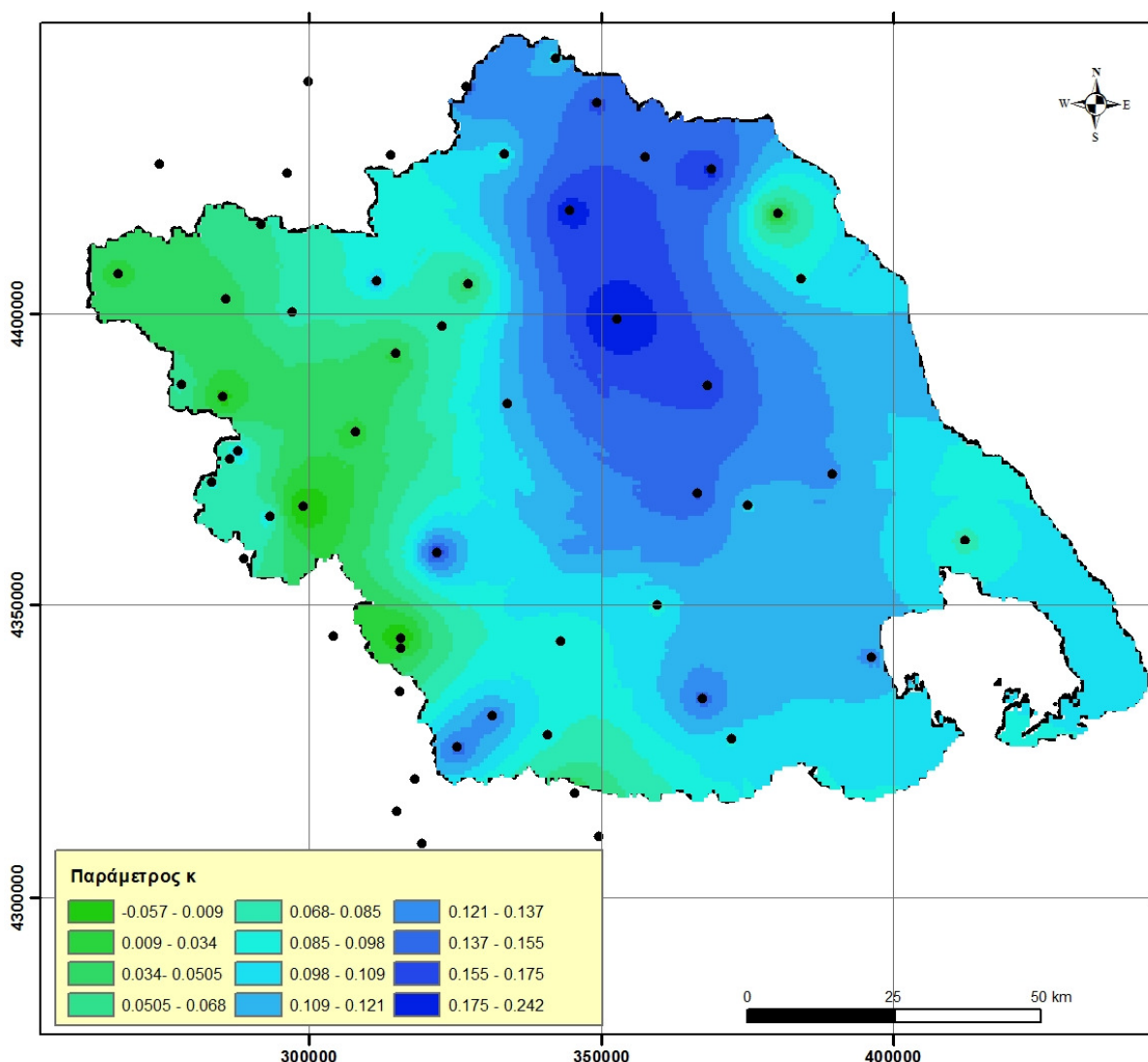
Πίνακας 10-1: Χαρακτηριστικά γεωγραφικών ζωνών και προσδιορισμός αντιπροσωπευτικών τιμών παραμέτρου κ.

	Ζώνη 1	Ζώνη 2	Ζώνη 3
Έκταση ζώνης (km ²)	1 437	7 231	4 471
Ποσοστό κάλυψης ΥΔ	0.11	0.55	0.34
Πλήθος σταθμών	20	24	13
Μέση δειγματική τιμή παραμέτρου κ	0.038	0.092	0.160
Τυπική απόκλιση	0.051	0.042	0.048
Ελάχιστη τιμή	-0.064	0.003	0.070
Μέγιστη τιμή	0.117	0.153	0.246
Εκτίμηση κ από το ενοποιημένο δείγμα	-0.071	0.040	0.204
Τελική τιμή παραμέτρου κ	0.038	0.092	0.204

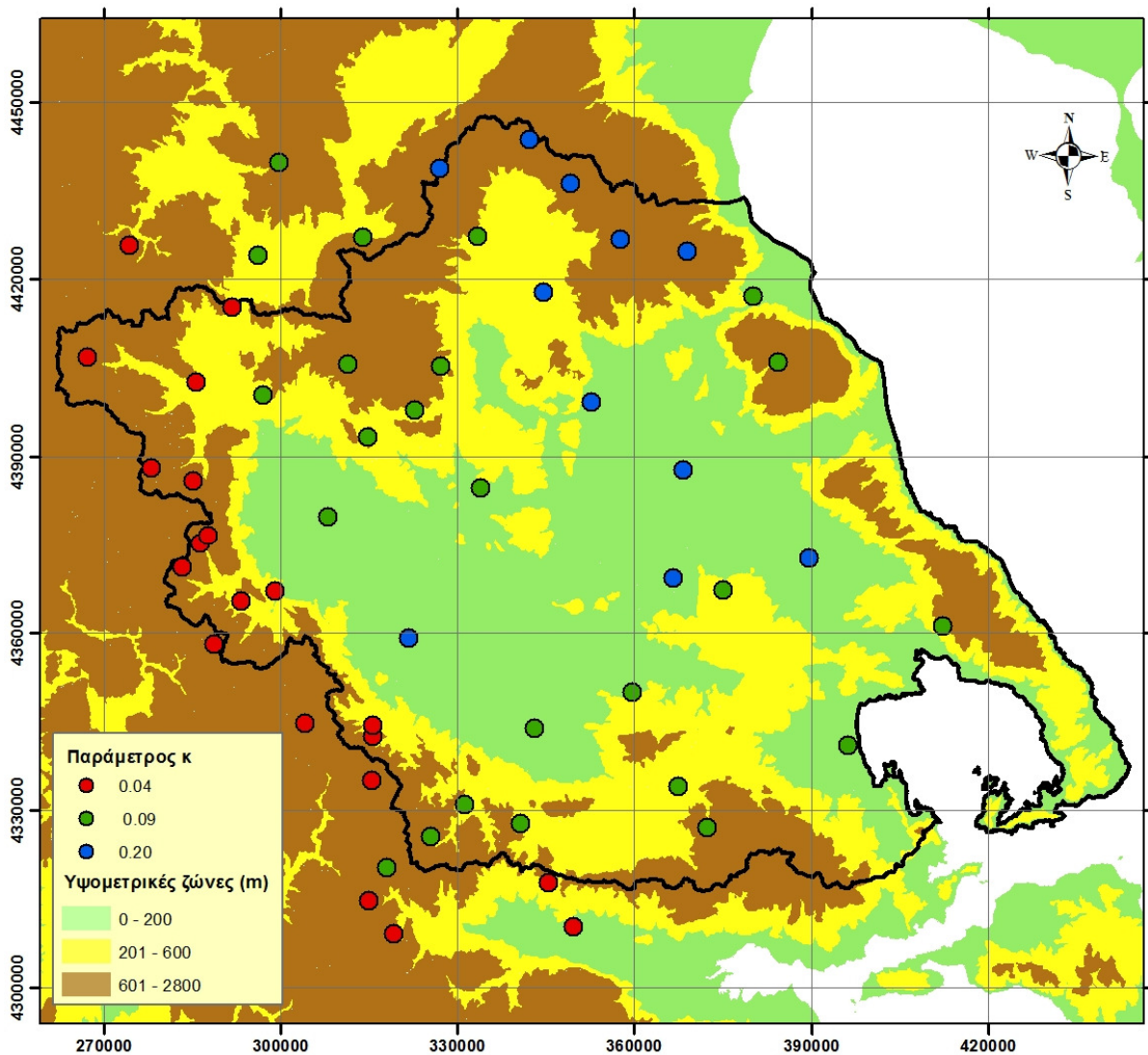
Πίνακας 10-2: Τελικές τιμές παραμέτρου κ και ζώνη στην οποία ανήκει κάθε σταθμός.

Σταθμός	Παράμετρος κ*	Ζώνη	Σταθμός	Παράμετρος κ*	Ζώνη
Μεταξάς	0.147	3	Κρυόβρυση	0.150	3
Αγχιάλος	0.127	2	Λιόπρασο	0.021	2
Αργιθέα	0.093	1	Λιβάδι ΥΠΕΚΑ	0.070	3
Δρακότρυπα	0.103	1	Λιβάδι ΥΠΓΕ	0.137	3
Ελασσώνα	0.206	3	Μαγούλα	0.084	2
Καρδίτσα	0.180	3	Μακρυνίτσα	0.070	2
Καρπερό	0.139	2	Μακρुरάχη	0.094	2
Λάρισα	0.176	3	Μαλακάσιο	0.022	1
Λουτοπηγή	0.142	2	Μετέωρα	0.082	2
Μ. Κερασιά	0.034	1	Μολόχα	0.063	1
Παλαιοχώρι	0.076	1	Μουζάκι	-0.064	1
Πυλωροί	0.078	2	Μύρα	0.104	2
Σκοπιά	0.151	2	Νεοχώρι	0.070	1
Τρίκαλα	0.016	2	Πιτσιωτά	0.144	2
Βροντερό	0.080	1	Πυργετός	0.003	2
Αγιόφυλλο	0.060	1	Πύθιο	0.164	3
Αγρελιά	0.085	2	Ραχούλα	-0.047	1
Αμάραντος	0.022	1	Ρεντίνα	0.153	2
Ανάβρα	0.097	2	Σωτήριο ΥΠΕΚΑ	0.178	3
Χρυσομηλιά	-0.015	1	Σωτήριο ΥΠΓΕ	0.074	3
Ελάτη ΔΕΗ	0.087	2	Σπηλιά	0.095	2
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	0.117	1	Στουρναραίικα	0.089	1
Φαρκαδώνα	0.114	2	Τρίλοφο	0.016	1

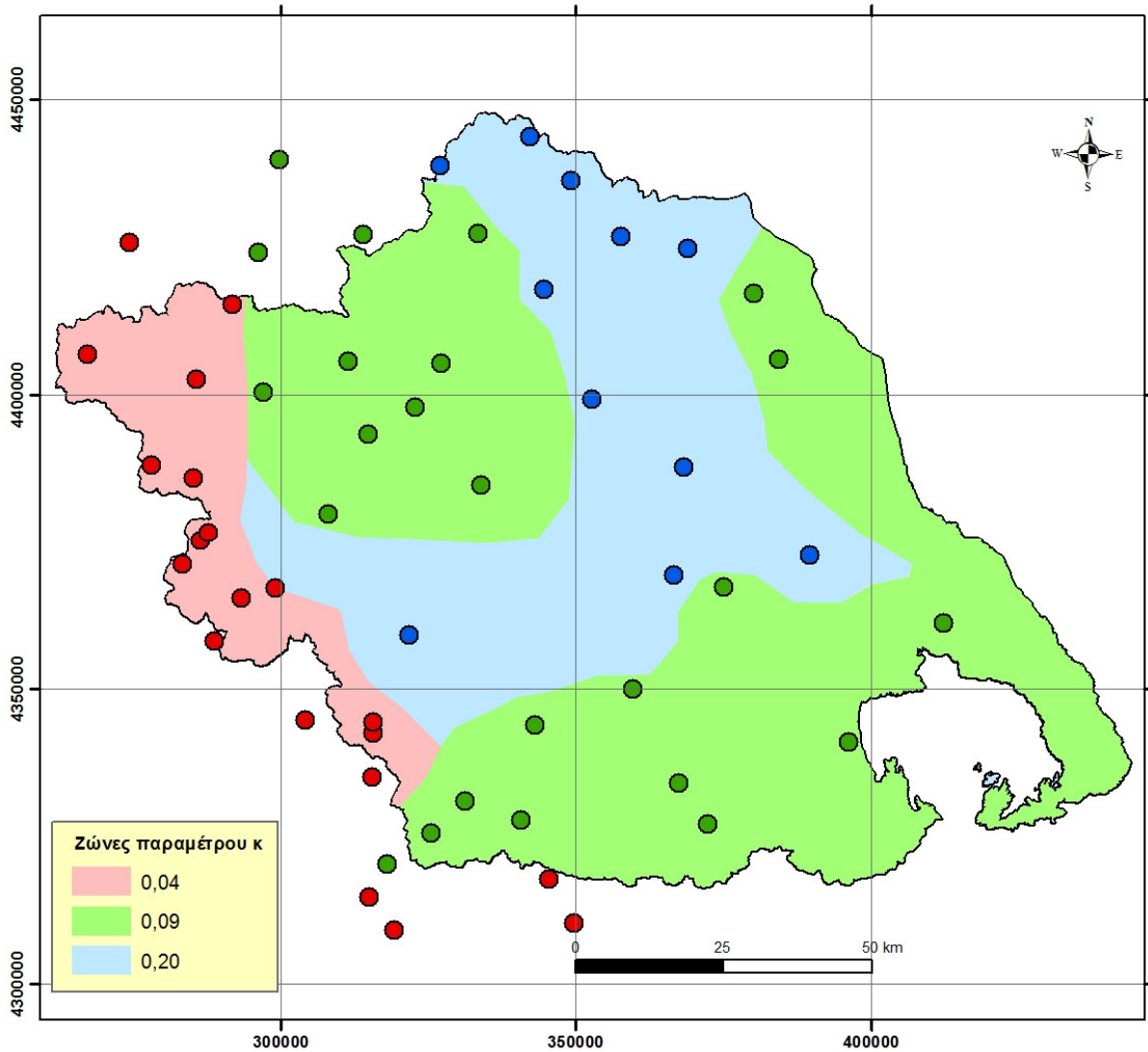
Σταθμός	Παράμετρος κ*	Ζώνη	Σταθμός	Παράμετρος κ*	Ζώνη
Φάρσαλα	0.091	2	Τυμφρηστός	-0.024	1
Φρ. Πλαστήρα	-0.011	1	Τύρναβος	0.246	3
Γιαννωτά	0.091	2	Βερδικούσα	0.029	2
Καλλιπεύκη	0.190	3	Ζάππειο	0.160	3
Κηπουργιό	0.018	1	Ζηλευτό	0.060	1
Κονίσκος	0.115	2			



Εικόνα 10-1: Χάρτης γεωγραφικής μεταβολής διορθωμένης παραμέτρου σχήματος κ*.



Εικόνα 10-2: Κατηγοριοποίηση σταθμών με βάση την τιμή της διορθωμένης παραμέτρου σχήματος κ^* και αδρομερής διαχωρισμός σε ζώνες, με βάση τις ισοϋψείς των 200 και 600 m.



Εικόνα 10-3: Διαχωρισμός περιοχής μελέτης στις τρεις ζώνες σταθερής παραμέτρου σχήματος, με $\kappa_1 = 0.04$, $\kappa_2 = 0.09$ και $\kappa_3 = 0.20$.

11 Κατάρτιση Σημειακών Όμβριων Καμπυλών στις θέσεις των Βροχομετρικών Σταθμών

Τελικός στόχος της μελέτης είναι η παραγωγή όμβριων καμπυλών στις θέσεις των 57 βροχομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης, οι οποίες είναι συνεπείς με τη στατιστική δίαιτα 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 15 βροχογράφων, απ' όπου προέκυψαν οι τιμές $\theta = 0.04$ και $\eta = 0.64$.
- Η παράμετρος σχήματος κ της κατανομής ΓΑΤ, η οποία εισάγεται στον αριθμητή της σχέσης (6.4), θεωρήθηκε ότι διαφοροποιείται στις τρεις γεωγραφικές ζώνες, όπου συνδυάζοντας δύο προσεγγίσεις (μέσος όρος σημειακών δειγμάτων και βελτιστοποιημένη τιμή ενοποιημένων δειγμάτων κάθε ζώνης), προέκυψαν οι τιμές $\kappa_1 = 0.04$, $\kappa_2 = 0.09$ και $\kappa_3 = 0.20$.

Για την εκτίμηση των άλλων δυο παραμέτρων λ , ψ (ή ισοδύναμα λ' , ψ') της έκφρασης των ομβρίων καμπυλών σε κάθε σταθμό, εφαρμόστηκε μια διαδικασία βέλτιστης προσαρμογής στα αντίστοιχα δείγματα. Στις θέσεις των βροχογράφων έγινε ενοποίηση των δειγμάτων όλων των διαθέσιμων χρονικών κλιμάκων, ενώ στις θέσεις των βροχομέτρων χρησιμοποιήθηκαν τα δείγματα μέγιστων ημερήσιων και διήμερων υψών βροχής. Υπενθυμίζεται ότι τα δείγματα των βροχομέτρων έχουν πολλαπλασιαστεί 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 57 σταθμούς της περιοχής μελέτης δίνονται στον Πίνακα 11.1. Οι τιμές αυτές μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών στη θέση του αντίστοιχου βροχομετρικού σταθμού. Στη συνέχεια, από την όμβρια καμπύλη που προκύπτει συναρτήσει των πέντε παραμέτρων, μπορούν να παραχθούν σημειακές τιμές υψών βροχής, για συγκεκριμένη διάρκεια και περίοδο επαναφοράς.

Πίνακας 11-1: Τελικές τιμές παραμέτρων σημειακών όμβριων καμπυλών στις θέσεις όλων των βροχομετρικών σταθμών της Θεσσαλίας.

Σταθμός	Ζώνη	θ	η	κ	λ	ψ	λ'	ψ'
Μεταξάς	3	0.042	0.639	0.205	35.027	2.889	171.2	0.409
Αγχιάλος	2	0.042	0.639	0.092	52.144	1.738	565.2	0.840
Αργιθέα	1	0.042	0.639	0.038	55.127	3.083	1448.3	0.883
Δρακότρυπα	1	0.042	0.639	0.038	50.566	3.091	1328.5	0.882
Ελασσώνα	3	0.042	0.639	0.205	39.553	2.570	193.4	0.474

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

Σταθμός	Ζώνη	θ	η	κ	λ	ψ	λ'	ψ'
Καρδίτσα	3	0.042	0.639	0.205	36.776	2.963	179.8	0.394
Καρπερό	2	0.042	0.639	0.092	38.060	2.390	412.5	0.779
Λάρισα	3	0.042	0.639	0.205	50.171	2.026	245.3	0.586
Λουτοπηγή	2	0.042	0.639	0.092	52.246	2.353	566.3	0.783
Μ. Κερασιά	1	0.042	0.639	0.038	41.256	2.750	1083.9	0.895
Παλαιοχώρι	1	0.042	0.639	0.038	53.299	3.169	1400.3	0.879
Πυλωροί	2	0.042	0.639	0.092	29.875	3.022	323.8	0.721
Σκοπιά	2	0.042	0.639	0.092	41.664	2.683	451.6	0.752
Τρίκαλα	2	0.042	0.639	0.092	51.792	2.032	561.3	0.812
Βροντερό	1	0.042	0.639	0.038	64.561	2.383	1696.2	0.909
Αγιόφυλλο	1	0.042	0.639	0.038	41.356	2.831	1086.5	0.892
Αγρελιά	2	0.042	0.639	0.092	45.619	1.873	494.4	0.827
Αμάραντος	1	0.042	0.639	0.038	54.873	3.177	1441.7	0.879
Ανάβρα	2	0.042	0.639	0.092	54.651	2.512	592.3	0.768
Χρυσομηλιά	1	0.042	0.639	0.038	58.268	3.461	1530.9	0.868
Ελάτη ΔΕΗ	2	0.042	0.639	0.092	45.196	2.796	489.8	0.742
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	1	0.042	0.639	0.038	74.089	2.808	1946.5	0.893
Φαρκαδώνα	2	0.042	0.639	0.092	35.512	2.917	384.9	0.731
Φάρσαλα	2	0.042	0.639	0.092	37.172	3.161	402.9	0.708
Φρ. Πλαστήρα	1	0.042	0.639	0.038	37.836	4.857	994.1	0.815
Γιαννωτά	2	0.042	0.639	0.092	28.224	3.940	305.9	0.636
Καλλιπεύκη	3	0.042	0.639	0.205	64.117	2.523	313.4	0.484
Κηπουργιό	1	0.042	0.639	0.038	24.989	4.364	656.5	0.834
Κονίσκος	2	0.042	0.639	0.092	50.206	2.319	544.2	0.786
Κρυόβρυση	3	0.042	0.639	0.205	30.132	3.919	147.3	0.198
Λιόπρασο	2	0.042	0.639	0.092	37.198	3.240	403.2	0.701
Λιβάδι ΥΠΕΚΑ	3	0.042	0.639	0.205	37.338	3.235	182.5	0.338
Λιβάδι ΥΠΓΕ	3	0.042	0.639	0.205	30.570	4.082	149.4	0.165
Μαγούλα	2	0.042	0.639	0.092	27.049	3.845	293.2	0.645
Μακρυνίτσα	2	0.042	0.639	0.092	81.281	2.298	881.0	0.788
Μακρυνάχη	2	0.042	0.639	0.092	40.088	2.793	434.5	0.742
Μαλακάσιο	1	0.042	0.639	0.038	39.495	3.486	1037.7	0.867
Μετέωρα	2	0.042	0.639	0.092	39.835	3.419	431.8	0.685
Μολόχα	1	0.042	0.639	0.038	53.837	3.387	1414.5	0.871
Μουζάκι	1	0.042	0.639	0.038	53.676	2.362	1410.2	0.910

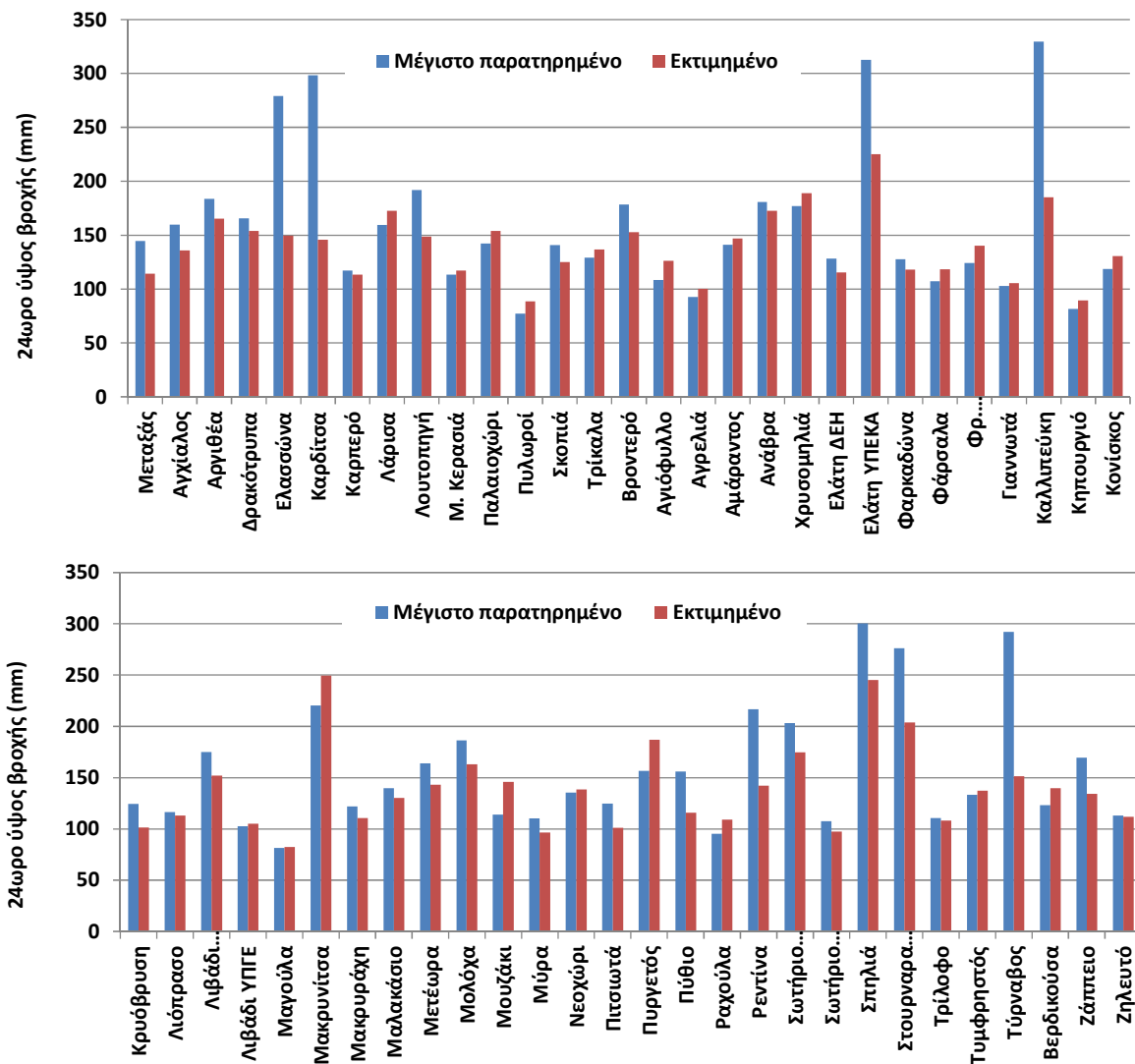
Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

Σταθμός	Ζώνη	θ	η	κ	λ	ψ	λ'	ψ'
Μύρα	2	0.042	0.639	0.092	36.989	2.924	400.9	0.730
Νεοχώρι	1	0.042	0.639	0.038	41.156	4.309	1081.3	0.836
Πιτσιωτά	2	0.042	0.639	0.092	26.697	4.929	289.4	0.545
Πυργετός	2	0.042	0.639	0.092	62.379	2.466	676.1	0.772
Πύθιο	3	0.042	0.639	0.205	47.449	2.220	231.9	0.546
Ραχούλα	1	0.042	0.639	0.038	27.586	5.733	724.8	0.782
Ρεντίνα	2	0.042	0.639	0.092	40.668	3.327	440.8	0.693
Σωτήριο ΥΠΕΚΑ	3	0.042	0.639	0.205	51.930	1.929	253.9	0.605
Σωτήριο ΥΠΓΕ	3	0.042	0.639	0.205	34.682	2.590	169.5	0.470
Σπηλιά	2	0.042	0.639	0.092	77.524	2.522	840.2	0.767
Στουρναραίικα	1	0.042	0.639	0.038	62.538	3.738	1643.1	0.858
Τρίλοφο	1	0.042	0.639	0.038	34.237	3.086	899.5	0.883
Τυμφρηστός	1	0.042	0.639	0.038	42.544	3.307	1117.7	0.874
Τύρναβος	3	0.042	0.639	0.205	40.069	2.593	195.9	0.470
Βερδικούσα	2	0.042	0.639	0.092	40.598	3.192	440.0	0.705
Ζάππειο	3	0.042	0.639	0.205	33.156	3.154	162.1	0.355
Ζηλευτό	1	0.042	0.639	0.038	39.888	2.360	1048.0	0.910

12 Εκτίμηση Χαρακτηριστικών Μεγεθών Σχεδιασμού Βροχομετρικών Σταθμών

Με χρήση των παραμέτρων του Πίνακα 12-1, εκτιμήθηκε για κάθε έναν από τους 57 σταθμούς της περιοχής μελέτης η τιμή της μέγιστης βροχόπτωσης 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 μεγαλύτερη του μήκους του δείγματος.



Εικόνα 12-1: Σύγκριση μέγιστων παρατηρημένων και εκτιμημένων 24ωρων υψών βροχής για περίοδο επαναφοράς ίση με το μήκος κάθε δείγματος.

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
Μεταξάς	30	144.5	114.2	102.8	130.0	154.2	264.6
Αγχιάλος	43	159.8	135.8	113.0	140.5	162.9	248.3
Αργιθέα	45	183.5	165.4	144.1	168.2	186.9	253.0
Δρακότρυπα	49	165.5	153.9	132.3	154.4	171.6	232.2
Ελασσώνα	62	279.1	149.6	110.8	141.5	168.9	293.6
Καρδίτσα	63	298.3	145.7	109.0	137.6	163.1	279.0
Καρπερό	51	117.3	113.4	92.9	112.9	129.3	191.6
Λάρισα	55	159.4	172.6	129.1	168.1	202.9	361.0
Λουτοπηγή	42	191.9	148.8	126.7	154.2	176.6	262.3
Μ. Κερασιά	43	113.5	117.1	102.1	120.1	134.2	183.6
Παλαιοχώρι	33	142.4	153.8	141.2	164.5	182.7	246.5
Πυλωροί	32	77.2	88.7	80.8	96.5	109.3	158.3
Σκοπιά	43	140.7	125.0	106.8	128.7	146.6	214.9
Τρίκαλα	37	129.0	136.7	118.6	145.9	168.1	253.0
Βροντερό	22	178.5	152.7	149.9	178.0	200.0	277.4
Αγιόφυλλο	62	108.5	126.1	103.7	121.8	135.9	185.4
Αγρελιά	19	92.7	100.2	101.5	125.5	145.1	219.8
Αμάραντος	21	141.3	146.8	145.6	169.5	188.2	254.0
Ανάβρα	63	180.8	172.6	136.1	164.9	188.4	278.0
Χρυσομηλιά	54	176.8	189.1	161.5	186.9	206.8	276.6
Ελάτη ΔΕΗ	18	128.1	115.3	118.0	141.8	161.2	235.2
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	62	312.5	225.2	185.1	217.5	242.7	331.5
Φαρκαδώνα	63	127.7	118.2	94.5	113.2	128.4	186.6
Φάρσαλα	42	107.3	118.4	102.7	122.2	138.2	199.1
Φρ. Πλαστήρα	42	124.3	140.3	126.9	143.4	156.3	201.7
Γιαννωτά	62	102.8	105.7	87.1	102.0	114.1	160.4
Καλλιπεύκη	23	329.4	185.3	178.3	228.1	272.6	474.7
Κηπουργιό	50	81.5	89.6	78.7	89.6	98.1	128.0
Κονίσκος	28	118.7	130.5	121.0	147.5	169.0	251.3
Κρυόβρυση	20	124.3	101.4	101.4	124.8	145.7	240.6
Λιόπρασσο	31	116.4	113.1	104.0	123.6	139.5	200.5
Λιβάδι ΥΠΕΚΑ	63	175.1	152.2	115.0	144.0	169.8	287.5

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

Σταθμός	Μήκος δείγματος, N	Ιστορικό μέγιστο	$T = N$ έτη	$T = 20$ έτη	$T = 50$ έτη	$T = 100$ έτη	$T = 1000$ έτη
Λιβιάδι ΥΠΓΕ	20	102.8	104.9	104.9	128.7	149.9	246.2
Μαγούλα	20	81.4	82.4	82.4	96.7	108.3	152.6
Μακρυνίτσα	63	220.4	249.4	195.2	238.0	272.9	406.1
Μακρυνάχη	26	122.0	110.4	104.6	125.7	142.9	208.6
Μαλακάσιο	59	139.8	130.3	109.9	127.1	140.6	187.9
Μετέωρα	69	163.9	143.1	114.3	135.3	152.4	217.7
Μολόχα	37	186.4	163.2	147.6	171.1	189.4	253.9
Μουζάκι	47	114.0	145.9	124.1	147.6	165.8	230.1
Μύρα	18	110.2	96.4	98.5	118.0	133.9	194.5
Νεοχώρι	33	135.5	138.4	128.7	146.6	160.6	209.9
Πιτσιωτά	33	124.6	101.0	93.5	107.5	119.0	162.7
Πυργετός	50	156.5	187.0	154.2	187.0	213.8	316.1
Πύθιο	15	155.9	115.7	126.0	162.8	195.7	345.3
Ραχούλα	33	95.4	109.2	102.6	114.7	124.1	157.1
Ρεντίνα	63	216.7	142.3	115.2	136.6	154.0	220.7
Σωτήριο ΥΠΕΚΑ	53	203.4	174.7	131.5	171.9	207.9	371.5
Σωτήριο ΥΠΓΕ	20	107.3	97.4	97.4	124.4	148.4	257.7
Σπηλιά	63	300.2	245.1	193.5	234.3	267.5	394.6
Στουρναραίικα	44	276.3	204.0	180.6	207.9	229.2	304.1
Τρίλοφο	63	110.7	108.3	89.5	104.5	116.1	157.2
Τυμφορηστός	59	133.1	137.2	115.2	133.8	148.2	199.2
Τύρναβος	61	292.2	151.3	112.6	143.7	171.5	297.8
Βερδικούσα	63	123.1	139.7	112.7	134.1	151.5	218.0
Ζάππειο	63	169.5	134.0	101.0	126.7	149.7	254.2
Ζηλευτό	56	113.0	111.8	92.2	109.6	123.2	171.0

13 Κατάρτιση Χαρτών Χωρικής Κατανομής Παραμέτρων για την Εκτίμηση των Όμβριων Καμπυλών σε Κλίμακα Λεκάνης Απορροής

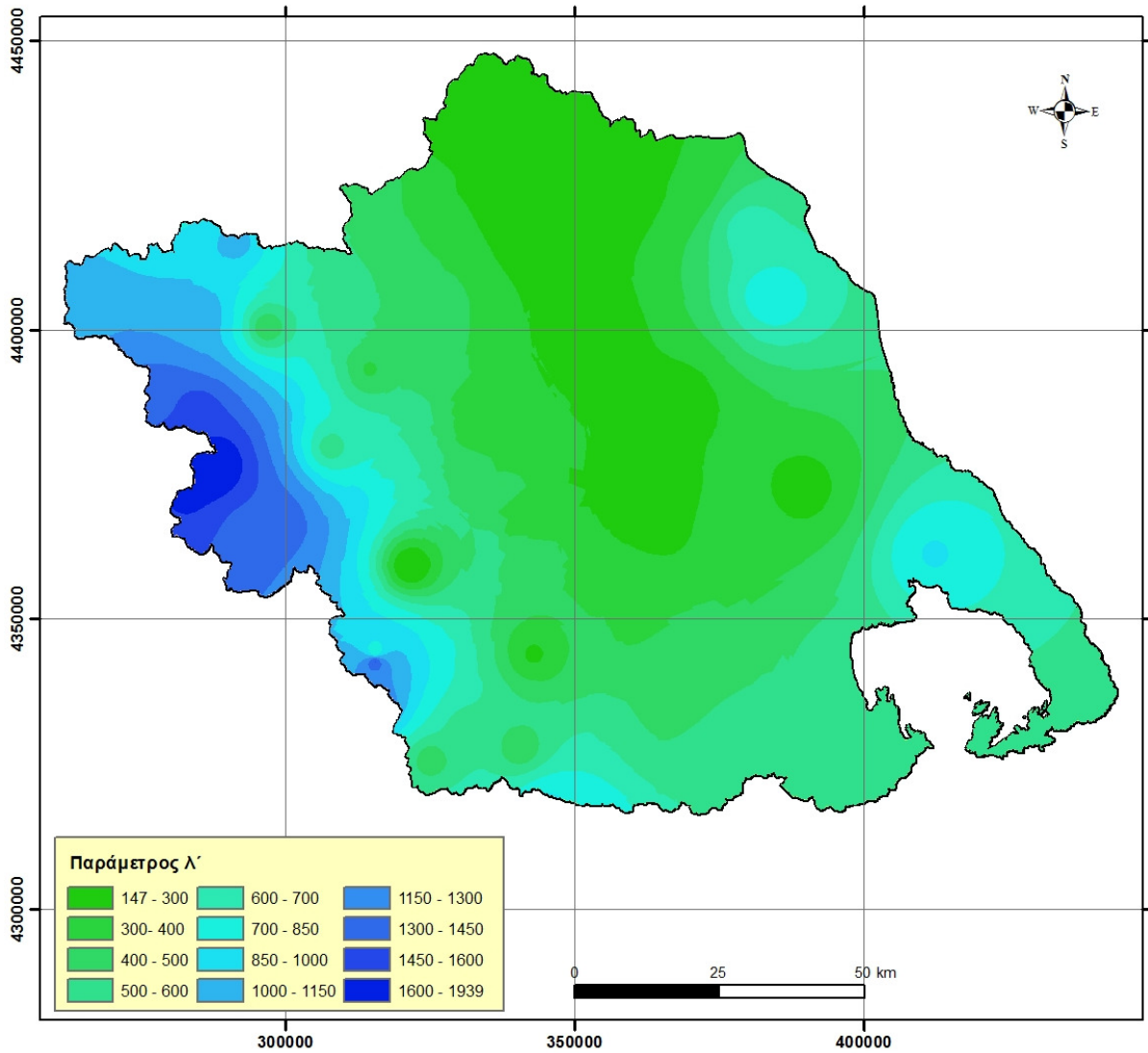
Στον Πίνακα 11.1 δίνονται οι σημειακές εκτιμήτριες των παραμέτρων των όμβριων καμπυλών στις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών. Για την εκτίμηση των παραμέτρων σε οποιαδήποτε άλλη θέση, αξιοποιούνται οι σημειακές αυτές τιμές με χρήση μεθόδων χωρικής παρεμβολής. Στην περίπτωση που απαιτείται η κατάρτιση 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 Εικόνα 13-1 και Εικόνα 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).

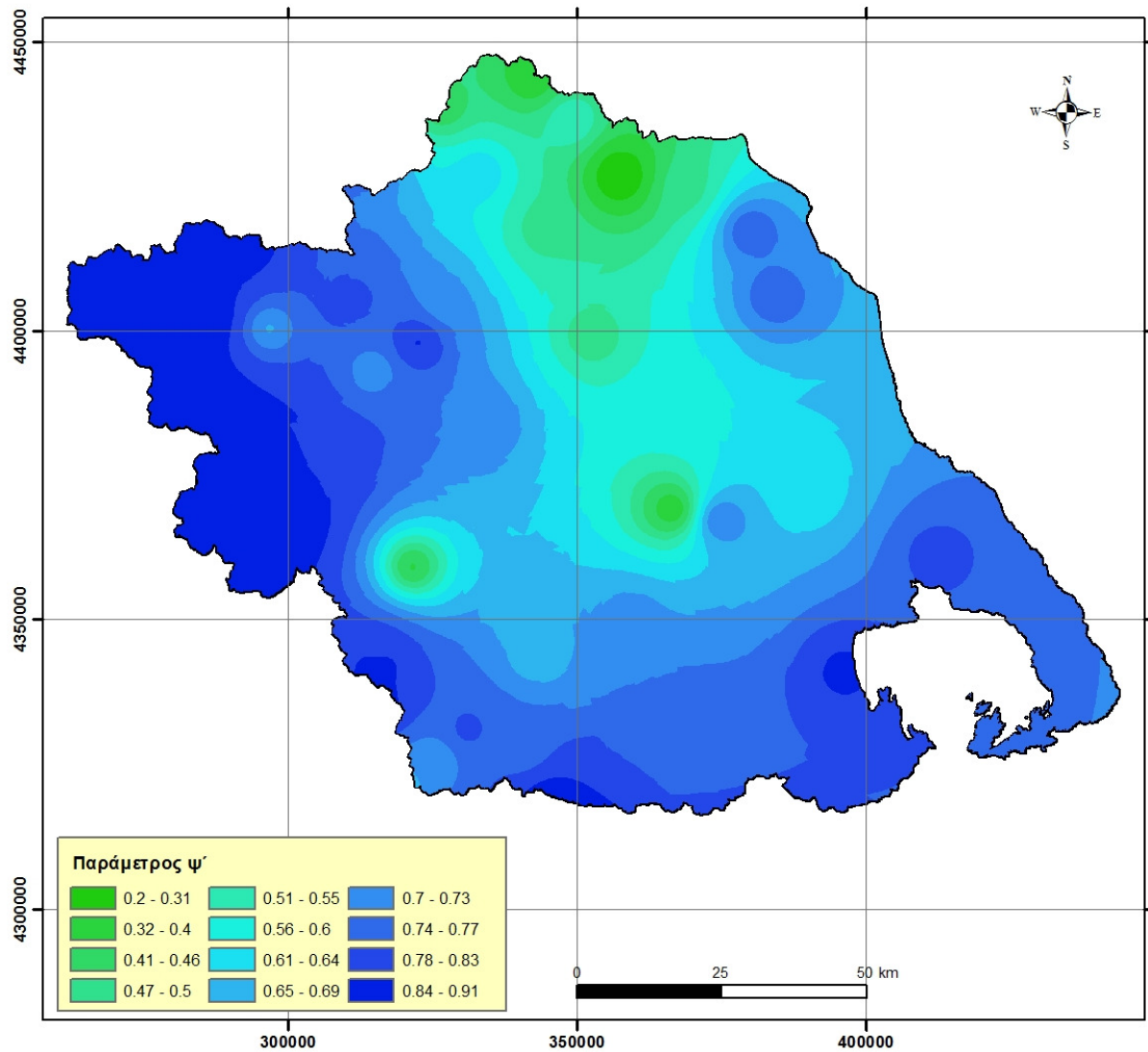
Σε κάθε στοιχείο του κανάβου (κύτταρο) δίνεται μια τιμή των παραμέτρων λ' και ψ' , ενώ η επιφανειακή τιμή μπορεί να εκτιμηθεί ως μέσος όρος των τιμών των κυττάρων που περικλείει η αντίστοιχη επιφάνεια αναφοράς (π.χ. λεκάνη απορροής). Παρατηρείται ότι οι δύο παράμετροι ακολουθούν αρκετά παρόμοιο χωρικό μοτίβο με την παράμετρο κ . Ωστόσο, δεν είναι δυνατή η διαμόρφωση αντίστοιχων ζωνών, καθώς η μεταβλητότητα των δύο παραμέτρων είναι πολύ μεγάλη, και 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 σε περισσότερες από μία ζώνες μεταβολής του κ . 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 20 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 (Tyrallis *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 $x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}$, όπου n το μήκος κάθε δείγματος i , που είναι ίσο με το αρχικό πλήθος δεδομένων της τυχαίας μεταβλητής.
2. Από κάθε συνθετικό δείγμα 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 ικανοποιητική ακρίβεια. Κατά κανόνα, 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 συνθετικών δειγμάτων που παράγεται.

Η παραπάνω 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 $(\lambda', \psi', \kappa, \eta, \theta)$. 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 $(1 + d/\theta)^\eta$. 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 (4.14), 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 (4.14) 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 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 Πίνακας 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. Τα δύο όρια εμπιστοσύνης προκύπτουν από τις αδιαστατοποιημένες τιμές του Πίνακα Πίνακας 14-1, πολλαπλασιασμένες επί τον συντελεστή $\varphi = 0.418$, που υπολογίζεται από την (14.5) για $d = 24$ h, $\theta = 0.042$ και $\eta = 0.639$.

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
Μεταξάς	245.6	360.0	271.7	448.3	354.0	948.8
Αγκίαλος	251.6	404.0	272.4	497.1	322.7	974.9
Αργιθέα	353.1	447.1	378.9	514.1	447.1	806.4
Δρακότρυπα	307.1	424.4	325.3	494.3	368.6	825.5
Ελασσώνα	273.8	391.6	307.1	489.0	417.4	1030.9
Καρδίτσα	266.9	377.5	296.8	468.4	394.7	967.5

Σταθμός	T = 50 έτη		T = 100 έτη		T = 1000 έτη	
	χι	χυ	χι	χυ	χι	χυ
Καρπερό	231.2	303.3	253.5	360.0	319.8	620.9
Λάρισα	308.1	470.8	345.6	595.5	461.2	1311.7
Λουτοπηγή	299.2	424.6	324.1	509.1	390.4	919.6
Μ. Κερασιά	240.8	327.9	256.8	382.3	296.6	632.9
Παλαιοχώρι	328.4	449.3	348.5	521.3	394.9	858.1
Πυλωροί	193.4	262.8	209.0	310.2	250.1	539.5
Σκοπιά	250.6	355.2	270.0	424.4	320.5	763.8
Τρίκαλα	262.1	414.8	281.5	505.0	327.9	979.9
Βροντερό	339.4	496.2	361.2	587.1	410.5	1018.0
Αγίοφυλλο	262.3	318.1	284.6	364.8	347.5	560.6
Αγρελιά	230.0	356.2	249.9	433.7	296.8	832.0
Αμάραντος	339.6	463.9	360.5	539.3	409.3	891.4
Ανάβρα	348.3	436.8	384.2	515.1	494.5	866.0
Χρυσομηλιά	403.8	487.3	434.2	555.3	518.4	840.1
Ελάτη ΔΕΗ	267.6	396.4	285.8	475.8	329.6	881.1
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	468.2	568.5	508.2	652.0	622.8	1002.7
Φαρκαδώνα	240.6	297.0	263.8	347.3	334.9	574.0
Φάρσαλα	254.0	325.8	276.2	381.8	339.2	643.9
Φρ. Πλαστήρα	310.7	372.4	329.4	418.2	378.4	613.5
Γιαννωτά	219.7	265.4	238.2	306.1	295.6	490.2
Καλλιπεύκη	411.7	640.5	454.3	803.0	577.1	1737.7
Κηπουργιό	194.6	231.9	207.0	260.7	242.0	383.9
Κονίσκος	288.2	405.2	314.0	485.7	380.8	874.6
Κρυόβρυση	230.5	343.5	248.9	422.7	301.1	881.8
Λιόπρασο	250.1	333.9	270.0	392.5	324.1	675.2
Λιβάδι ΥΠΕΚΑ	295.1	385.1	332.0	470.3	462.9	927.7
Λιβάδι ΥΠΓΕ	239.1	355.2	258.3	435.6	310.9	902.6
Μαγούλα	191.2	264.5	203.2	311.2	232.7	546.0
Μακρυνίτσα	499.3	630.9	552.7	746.6	719.3	1268.6
Μακρυνάχη	248.0	344.4	267.4	409.5	319.1	727.4
Μαλακάσιο	275.7	330.3	296.8	375.3	356.2	563.0
Μετέωρα	290.3	353.1	317.1	408.3	399.0	658.2
Μολόχα	359.5	453.1	384.4	518.0	449.8	805.9
Μουζάκι	309.0	392.5	336.1	455.5	409.8	723.3

Σταθμός	T = 50 έτη		T = 100 έτη		T = 1000 έτη	
	χ _λ	χ _υ	χ _λ	χ _υ	χ _λ	χ _υ
Μύρα	224.3	328.9	239.6	393.5	275.5	728.8
Νεοχώρι	311.4	386.1	330.1	437.3	378.9	665.9
Πιτσιωτά	226.0	283.4	240.1	325.5	279.8	524.7
Πυργετός	387.0	500.0	425.3	591.7	539.0	1013.9
Πύθιο	268.6	467.7	293.2	599.6	354.2	1387.6
Ραχούλα	247.3	298.2	259.5	332.7	291.3	484.2
Ρεντίνα	292.3	357.8	319.1	416.5	401.2	680.5
Σωτήριο ΥΠΕΚΑ	338.7	469.4	387.5	590.7	554.1	1258.3
Σωτήριο ΥΠΓΕ	220.2	350.7	241.5	441.6	301.8	972.3
Σπηλιά	494.8	619.5	545.7	728.8	703.0	1222.9
Στουρναραίικα	445.7	545.5	476.6	620.2	561.5	944.0
Τρίλοφο	226.0	271.9	244.1	310.2	296.1	469.6
Τυμφορηστός	289.4	348.0	311.9	396.1	375.3	596.7
Τύρναβος	290.6	387.8	329.1	480.4	468.2	979.5
Βερδικούσα	286.5	351.6	313.1	408.6	394.7	667.1
Ζάππειο	259.9	339.4	292.5	415.5	409.3	823.9
Ζηλευτό	232.4	289.6	253.0	335.6	311.6	527.3

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 _λ	h(d, T)	h _υ	h _λ	h(d, T)	h _υ	h _λ	h(d, T)	h _υ
Μεταξάς	102.6	130.0	150.4	113.5	154.2	187.3	147.9	264.6	396.4
Αγχιάλος	105.1	140.5	168.8	113.8	162.9	207.7	134.8	248.3	407.3
Αργιθέα	147.5	168.2	186.8	158.3	186.9	214.8	186.8	253.0	336.9
Δρακότρυπα	128.3	154.4	177.3	135.9	171.6	206.5	154.0	232.2	344.9
Ελασσώνα	114.4	141.5	163.6	128.3	168.9	204.3	174.4	293.6	430.7
Καρδίτσα	111.5	137.6	157.7	124.0	163.1	195.7	164.9	279.0	404.2
Καρπερό	96.6	112.9	126.7	105.9	129.3	150.4	133.6	191.6	259.4
Λάρισα	128.7	168.1	196.7	144.4	202.9	248.8	192.7	361.0	548.0
Λουτοπηγή	125.0	154.2	177.4	135.4	176.6	212.7	163.1	262.3	384.2
Μ. Κερασιά	100.6	120.1	137.0	107.3	134.2	159.7	123.9	183.6	264.4
Παλαιοχώρι	137.2	164.5	187.7	145.6	182.7	217.8	165.0	246.5	358.5
Πυλωροί	80.8	96.5	109.8	87.3	109.3	129.6	104.5	158.3	225.4
Σκοπιά	104.7	128.7	148.4	112.8	146.6	177.3	133.9	214.9	319.1

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
Τρίκαλα	109.5	145.9	173.3	117.6	168.1	211.0	137.0	253.0	409.4
Βροντερό	141.8	178.0	207.3	150.9	200.0	245.3	171.5	277.4	425.3
Αγίοφυλλο	109.6	121.8	132.9	118.9	135.9	152.4	145.2	185.4	234.2
Αγρελιά	96.1	125.5	148.8	104.4	145.1	181.2	124.0	219.8	347.6
Αμάραντος	141.9	169.5	193.8	150.6	188.2	225.3	171.0	254.0	372.4
Ανάβρα	145.5	164.9	182.5	160.5	188.4	215.2	206.6	278.0	361.8
Χρυσομηλιά	168.7	186.9	203.6	181.4	206.8	232.0	216.6	276.6	351.0
Ελάτη ΔΕΗ	111.8	141.8	165.6	119.4	161.2	198.8	137.7	235.2	368.1
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	195.6	217.5	237.5	212.3	242.7	272.4	260.2	331.5	418.9
Φαρκαδώνα	100.5	113.2	124.1	110.2	128.4	145.1	139.9	186.6	239.8
Φάρσαλα	106.1	122.2	136.1	115.4	138.2	159.5	141.7	199.1	269.0
Φρ. Πλαστήρα	129.8	143.4	155.6	137.6	156.3	174.7	158.1	201.7	256.3
Γιαννωτά	91.8	102.0	110.9	99.5	114.1	127.9	123.5	160.4	204.8
Καλλιπεύκη	172.0	228.1	267.6	189.8	272.6	335.5	241.1	474.7	726.0
Κηπουργιό	81.3	89.6	96.9	86.5	98.1	108.9	101.1	128.0	160.4
Κονίσκος	120.4	147.5	169.3	131.2	169.0	202.9	159.1	251.3	365.4
Κρούβρυση	96.3	124.8	143.5	104.0	145.7	176.6	125.8	240.6	368.4
Λιόπρασο	104.5	123.6	139.5	112.8	139.5	164.0	135.4	200.5	282.1
Λιβάδι ΥΠΕΚΑ	123.3	144.0	160.9	138.7	169.8	196.5	193.4	287.5	387.6
Λιβάδι ΥΠΓΕ	99.9	128.7	148.4	107.9	149.9	182.0	129.9	246.2	377.1
Μαγούλα	79.9	96.7	110.5	84.9	108.3	130.0	97.2	152.6	228.1
Μακρυνίτσα	208.6	238.0	263.6	230.9	272.9	311.9	300.5	406.1	530.0
Μακρυράχη	103.6	125.7	143.9	111.7	142.9	171.1	133.3	208.6	303.9
Μαλακάσιο	115.2	127.1	138.0	124.0	140.6	156.8	148.8	187.9	235.2
Μετέωρα	121.3	135.3	147.5	132.5	152.4	170.6	166.7	217.7	275.0
Μολόχα	150.2	171.1	189.3	160.6	189.4	216.4	187.9	253.9	336.7
Μουζάκι	129.1	147.6	164.0	140.4	165.8	190.3	171.2	230.1	302.2
Μύρα	93.7	118.0	137.4	100.1	133.9	164.4	115.1	194.5	304.5
Νεοχώρι	130.1	146.6	161.3	137.9	160.6	182.7	158.3	209.9	278.2
Πιτσιωτά	94.4	107.5	118.4	100.3	119.0	136.0	116.9	162.7	219.2
Πυργετός	161.7	187.0	208.9	177.7	213.8	247.2	225.2	316.1	423.6
Πύθιο	112.2	162.8	195.4	122.5	195.7	250.5	148.0	345.3	579.7
Ραχούλα	103.3	114.7	124.6	108.4	124.1	139.0	121.7	157.1	202.3
Ρεντίνα	122.1	136.6	149.5	133.3	154.0	174.0	167.6	220.7	284.3

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
Σωτήριο ΥΠΕΚΑ	141.5	171.9	196.1	161.9	207.9	246.8	231.5	371.5	525.7
Σωτήριο ΥΠΓΕ	92.0	124.4	146.5	100.9	148.4	184.5	126.1	257.7	406.2
Σπηλιά	206.7	234.3	258.8	228.0	267.5	304.5	293.7	394.6	510.9
Στουρναραίικα	186.2	207.9	227.9	199.1	229.2	259.1	234.6	304.1	394.4
Τρίλοφο	94.4	104.5	113.6	102.0	116.1	129.6	123.7	157.2	196.2
Τυμφρηστός	120.9	133.8	145.4	130.3	148.2	165.5	156.8	199.2	249.3
Τύρναβος	121.4	143.7	162.0	137.5	171.5	200.7	195.6	297.8	409.2
Βερδικούσα	119.7	134.1	146.9	130.8	151.5	170.7	164.9	218.0	278.7
Ζάππειο	108.6	126.7	141.8	122.2	149.7	173.6	171.0	254.2	344.2
Ζηλευτό	97.1	109.6	121.0	105.7	123.2	140.2	130.2	171.0	220.3

15 Σύγκριση με υφιστάμενες όμβριες καμπύλες

Στον παρόν κεφάλαιο, για λόγους πληρότητας, οι παραγόμενες όμβριες καμπύλες θα συγκριθούν με διαθέσιμες όμβριες καμπύλες της περιοχής του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας από άλλες μελέτες.

Αρχικά, γίνεται σύγκριση των όμβριων με εκείνες που παράχθηκαν για ίδιους σταθμούς στη διαχειριστική μελέτη του Υπουργείου Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ, 2005).

Συγκεκριμένα, στο διαχειριστικό σχέδιο του ΥΠΑΝ, εντοπίστηκαν όμβριες καμπύλες για είκοσι τρεις (23) βροχομετρικούς σταθμούς της παρούσας μελέτης. Οι καμπύλες αυτές, έχουν κατασκευαστεί με προσαρμογή της κατανομής Gumbel στις μέγιστες ημερήσιες βροχοπτώσεις κάθε έτους και είναι γενικώς της μορφής:

$$x_u = c - \frac{\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{\lambda} \quad (15.1)$$

όπου,

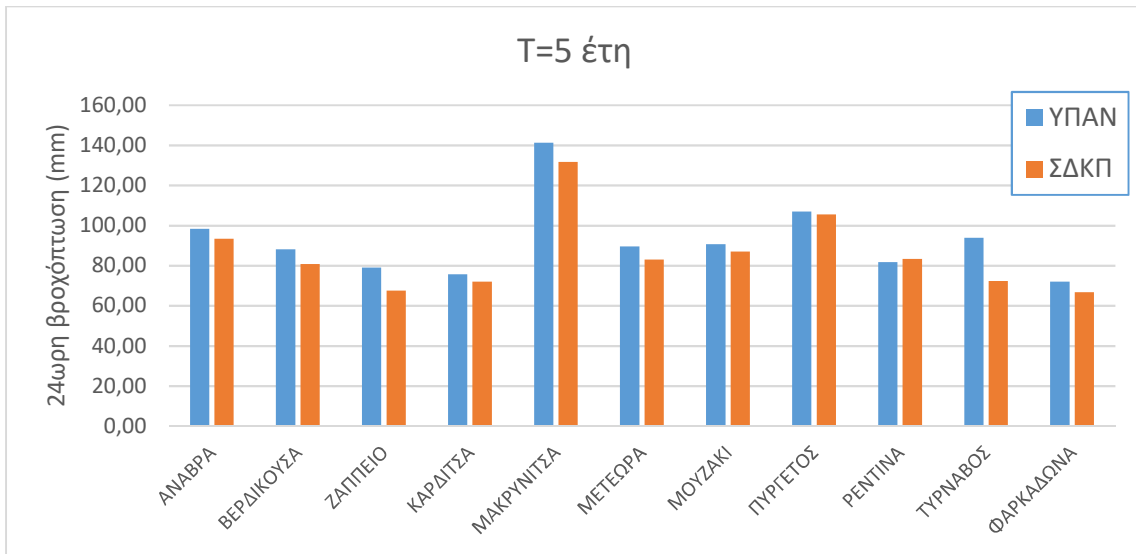
c , λ , οι παράμετροι κλίμακας και θέσης της κατανομής Gumbel και

T η περίοδος επαναφοράς της μέγιστης ημερήσιας βροχόπτωσης.

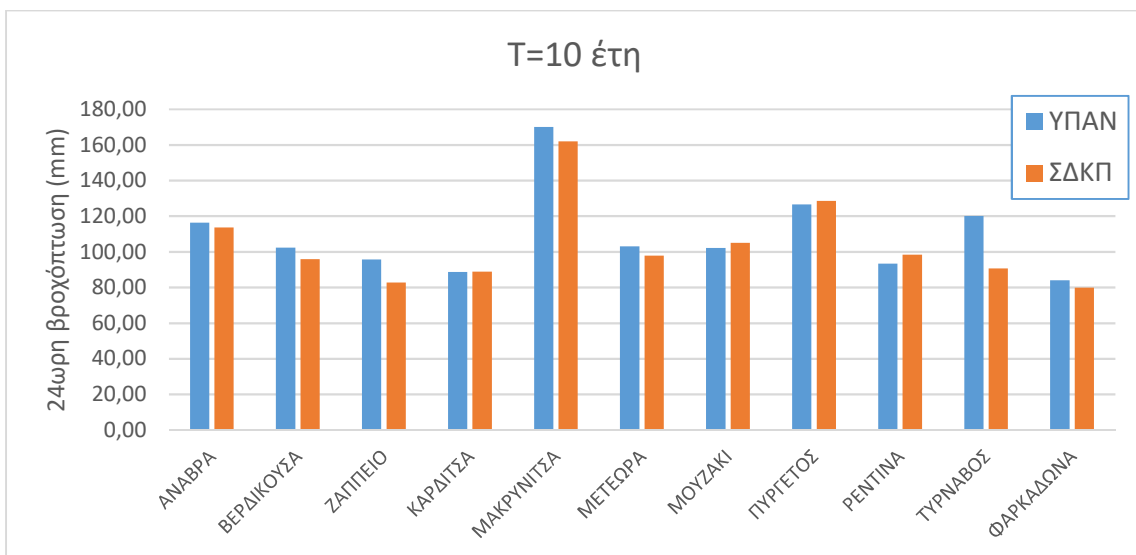
Έτσι, επιλέγοντας έντεκα (11) χαρακτηριστικούς κοινούς σταθμούς των δύο μελετών υπολογίστηκαν οι εντάσεις βροχόπτωσης για συγκεκριμένες περιόδους επαναφοράς ($T=5$, 10 και 50 έτη) και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις όμβριες καμπύλες της παρούσας μελέτης στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 15-1) και Σχήματα (Εικόνα 15-1, Εικόνα 15-2, Εικόνα 15-3).

Πίνακας 15-1: Μέγιστες ημερήσιες βροχοπτώσεις για περίοδο επαναφοράς $T=5$, 10 και 50 έτη για κοινούς σταθμούς μελέτης ΥΠΑΝ (2008) και ΣΔΚΠ.

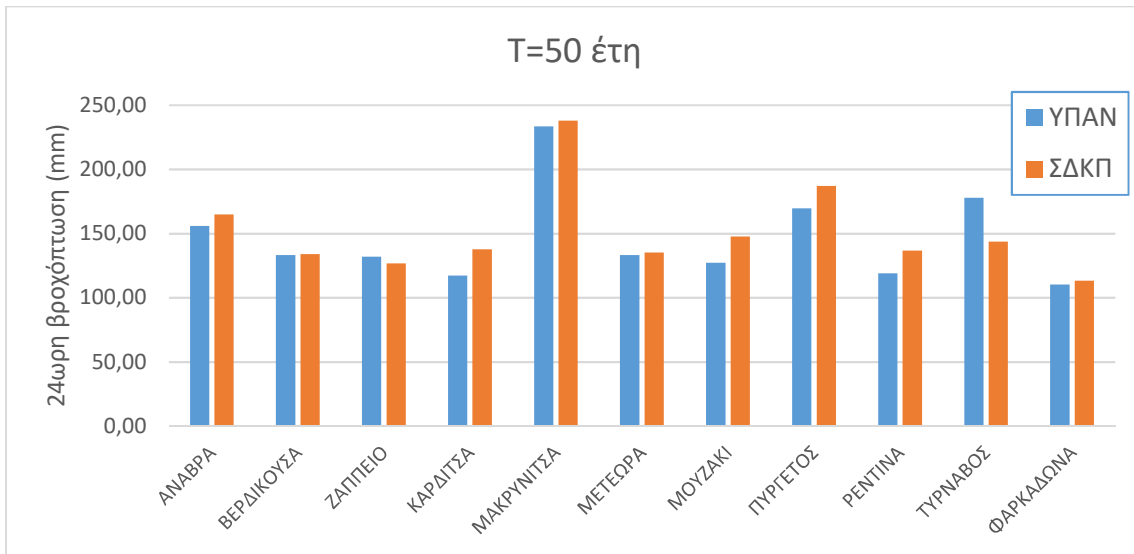
Σταθμός	T=5 έτη (mm)		T=10 έτη (mm)		T=50 έτη (mm)	
	ΥΠΑΝ	ΣΔΚΠ	ΥΠΑΝ	ΣΔΚΠ	ΥΠΑΝ	ΣΔΚΠ
ΑΝΑΒΡΑ	98,30	93,45	116,30	113,67	155,80	164,90
ΒΕΡΔΙΚΟΥΣΑ	88,20	80,87	102,30	95,90	133,20	134,10
ΖΑΠΠΕΙΟ	79,00	67,56	95,60	82,74	132,10	126,70
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	75,70	72,02	88,70	88,86	117,30	137,60
ΜΑΚΡΥΝΙΤΣΑ	141,30	131,76	170,00	161,85	233,40	238,00
ΜΕΤΕΩΡΑ	89,50	83,11	103,10	97,85	133,20	135,30
ΜΟΥΖΑΚΙ	90,70	86,99	102,10	104,94	127,20	147,60
ΠΥΡΓΕΤΟΣ	107,00	105,47	126,50	128,56	169,60	187,00
ΡΕΝΤΙΝΑ	81,70	83,29	93,30	98,34	118,90	136,60
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	93,90	72,32	120,10	90,66	177,90	143,70
ΦΑΡΚΑΔΩΝΑ	72,00	66,69	84,00	79,83	110,30	113,20



Εικόνα 15-1 Σύγκριση ομβρίων καμπυλών μελέτης ΥΠΑΝ και παρούσας μελέτης για T=5 έτη



Εικόνα 15-2 Σύγκριση ομβρίων καμπυλών μελέτης ΥΠΑΝ και παρούσας μελέτης για T=10 έτη



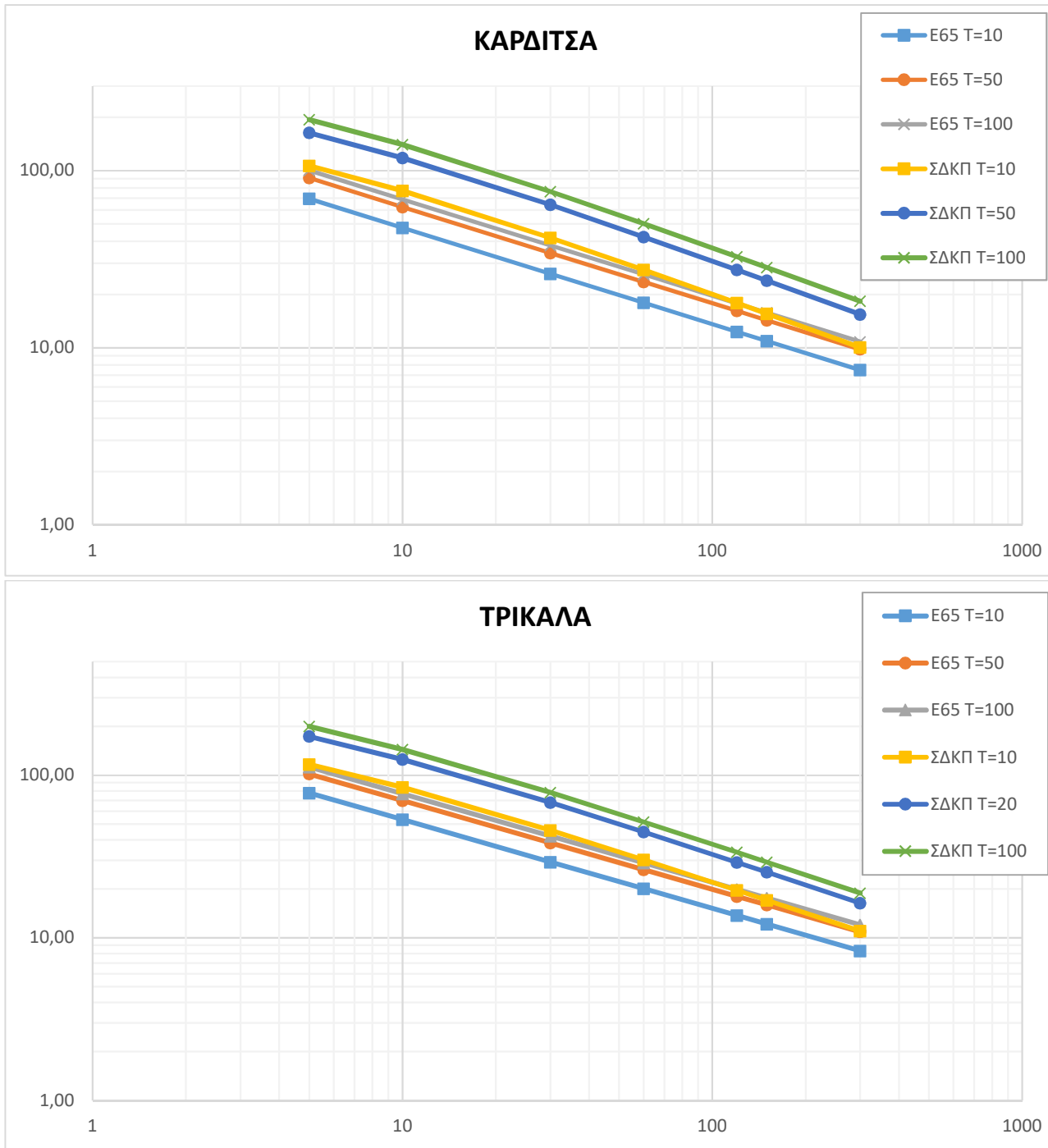
Εικόνα 15-3 Σύγκριση ομβρίων καμπυλών μελέτης ΥΠΑΝ και παρούσας μελέτης για T=50 έτη

Από τα παραπάνω Σχήματα προκύπτει μία σύγκλιση των αποτελεσμάτων μεταξύ των δύο μελετών με την εμφάνιση μια τάσης πολύ μικρής υπερεκτίμησης των τιμών της παρούσας μελέτης στη μελέτη του ΥΠΑΝ, γεγονός που καθιστά τις τιμές των ομβρίων του ΥΠΑΝ κάπως συντηρητικότερες. Εξάιρεση αποτελεί ο σταθμός Πυργετός, όπου παρατηρείται μια υποεκτίμηση της τιμής της παρούσας μελέτης στη μελέτη του ΥΠΑΝ και ο σταθμός Τύρναβος, όπου η υπερεκτίμηση της τιμής της παρούσας μελέτης στη μελέτη του ΥΠΑΝ είναι σημαντική.

Επιπλέον, πραγματοποιείται σύγκριση με όμβριες καμπύλες που χρησιμοποιήθηκαν σε μελέτες σημαντικών αντιπλημμυρικών τεχνικών έργων στο Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας. Οι εκφράσεις αυτές συγκρίνονται γραφικά με τις καμπύλες που εξήχθησαν στην παρούσα μελέτη, για διάφορες περιόδους επαναφοράς (Εικόνα 15-4). Μεταξύ των καμπυλών παρατηρούνται αποκλίσεις, που σε αρκετές περιπτώσεις είναι πολύ μεγάλες. Αυτό οφείλεται 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 περιοχής) όσο και στη διαφορετική μεθοδολογία και παραδοχές της κάθε μελέτης. Γενικά, οι όμβριες καμπύλες της παρούσας μελέτης δίνουν αρκετά πιο συντηρητικές εκτιμήσεις.

Πίνακας 15-2 Όμβριες καμπύλες που χρησιμοποιήθηκαν σε χαρακτηριστικές μελέτες αντιπλημμυρικών έργων στη Θεσσαλία

Τίτλος Μελέτης	Περιοχή	Όμβρια Καμπύλη
Αυτοκινητόδρομος Ε65	Καρδίτσα	$i=17,96/t^{0,544}$ για T=10 έτη $i=23,5276/t^{0,544}$ για T=50 έτη $i=25,94322/t^{0,544}$ για T=100 έτη
Αυτοκινητόδρομος Ε65	Τρίκαλα	$i=20,03/t^{0,546}$ για T=10 έτη $i=26,2393/t^{0,546}$ για T=50 έτη $i=28,94335/t^{0,546}$ για T=100 έτη



Εικόνα 15-4 Παραδείγματα σύγκρισης όμβριων καμπυλών παρούσας μελέτης με τις καμπύλες που παρήχθησαν σε παλαιότερες μελέτες, για διάφορες περιόδους επαναφοράς.

16 Συγκέντρωση δορυφορικών δεδομένων βροχόπτωσης

Προκειμένου να ενισχυθεί η αξιοπιστία της μελέτης των ισχυρών καταιγίδων ως προς τη χωροχρονική τους κατανομή, αναζητήθηκαν δορυφορικά δεδομένα βροχόπτωσης, και συγκρίθηκαν με τις διαθέσιμες μετρήσεις των βροχογράφων της περιοχής μελέτης. Επιλέχθηκαν μετρήσεις επεισοδίων βροχόπτωσης από βροχογράφους οι οποίοι βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από τις περιοχές με τις μεγαλύτερες εντάσεις και συγχρόνως περιλαμβάνουν το επεισόδιο στο σύνολό του. Τα δορυφορικά δεδομένα συλλέχθηκαν από το πρόγραμμα TRMM (Tropical Rainfall Measuring) της NASA. Το δίκτυο δορυφορικών παρατηρήσεων TRMM είναι παγκόσμιας κλίμακας, με ευκρίνεια 0,25ο, χρονική διακριτικότητα 3 hr, και καλύπτει την περίοδο 1998-σήμερα αντλώντας δεδομένα από διαφορετικές πηγές (με δορυφορικές και επίγειες μετρήσεις):

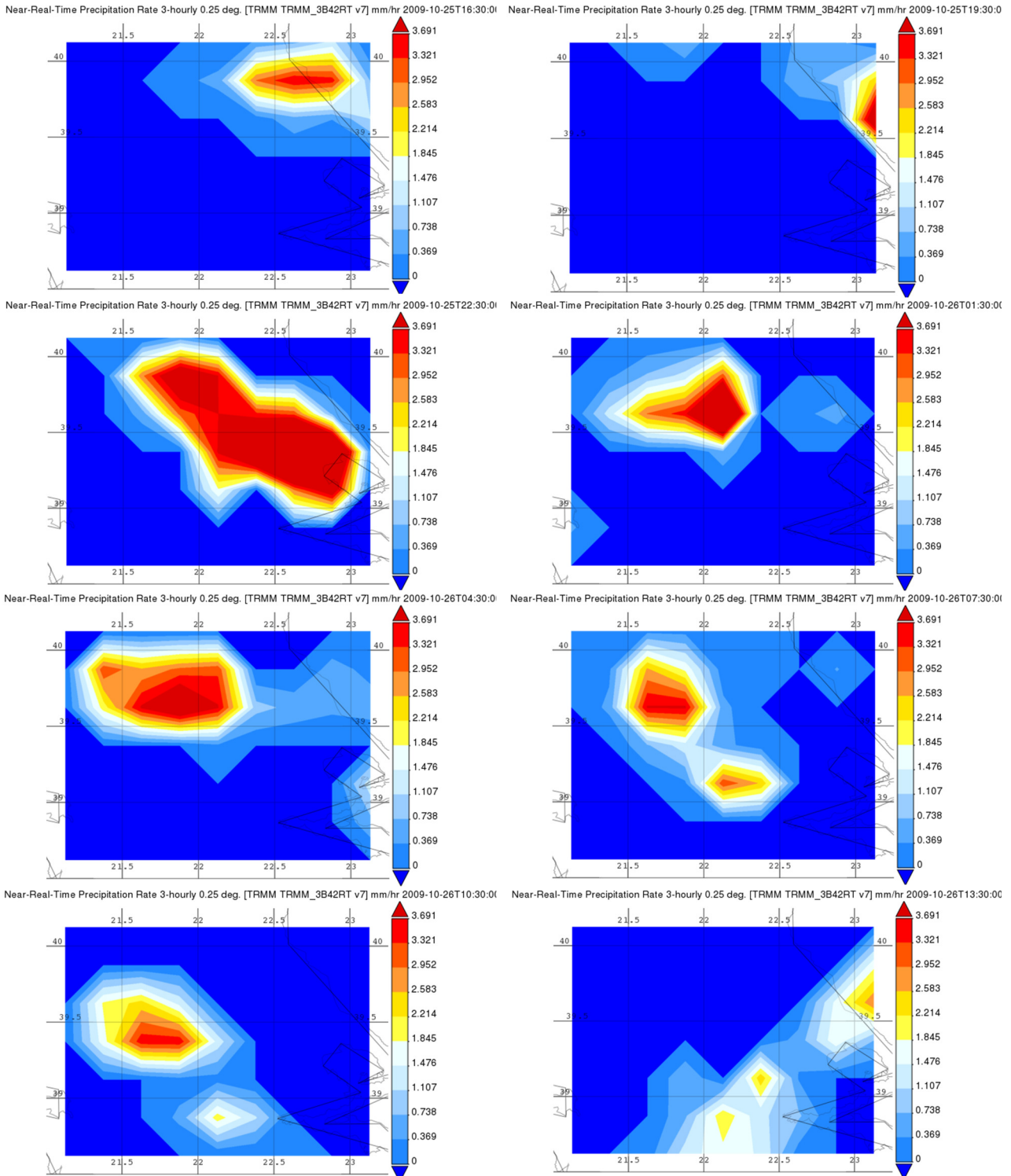
1. NASA/GSFC Ανακλαστικότητα PR επιπέδου 1
2. NASA/GSFC TMI Tb επιπέδου 1
3. NASA/GSFC PR-TMI Εκτιμήσεις Βροχόπτωσης επιπέδου 2
4. NASA/GSFC AMSR-E Tb επιπέδου 1b
5. RSS SSM/I Tb
6. NESDIS AMSU-B Εκτιμήσεις Βροχόπτωσης, λειτουργικού επιπέδου 2
7. NOAA/NWS/CPC Δεδομένα Ιστογραμμάτων IR Tb
8. NOAA/NWS/CPC Συγχωνευμένα Δεδομένα IR Γεωστατικών Δορυφόρων, φωτεινότητας-θερμοκρασίας, ευκρίνειας 4 km,
9. GPCC Ανάλυση Ελέγχου Βροχομετρικών Σταθμών
10. NOAA/NWS/CPC CAMS Ανάλυση Βροχομετρικών Σταθμών

Οι διαφορετικές μετρήσεις ομογενοποιούνται με βάση τον αλγόριθμο TMPA (TRMM Multi-Satellite Precipitation (Huffman et al.,1999) του Εργαστηρίου Μελέτης της Ατμόσφαιρας, στο NASA Goddard Space. Τα δορυφορικά δεδομένα TRMM ανακτήθηκαν μέσω της ηλεκτρονικής πλατφόρμας TOVAS (TRMM Online Visualization and Analysis System) του Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC) που παρέχει ύψη βροχής σε 3hr, ημερήσια και μηνιαία κλίμακα.

Ακολούθως παρουσιάζονται μέσω των δορυφορικών δεδομένων ενδεικτικά τα σημαντικότερα από πλευράς έντασης και επιπτώσεων επεισόδια βροχοπτώσεων στο Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας μετά το 2003. Όπου είναι εφικτό, λόγω έλλειψης δεδομένων αντίστοιχης χρονικής κλίμακας σε αρκετούς βροχομετρικούς σταθμούς, πραγματοποιείται σύγκριση με τις μετρημένες τιμές βροχόπτωσης. Από τη σύγκριση, όπου είναι εφικτή, προκύπτει ότι τα δορυφορικά δεδομένα υποεκτιμούν τις περισσότερες φορές σε μεγάλο βαθμό τις μετρημένες τιμές βροχόπτωσης και σίγουρα αδυνατούν να αναπαράγουν την έναρξη και τη χρονική διάρκεια των επεισοδίων.

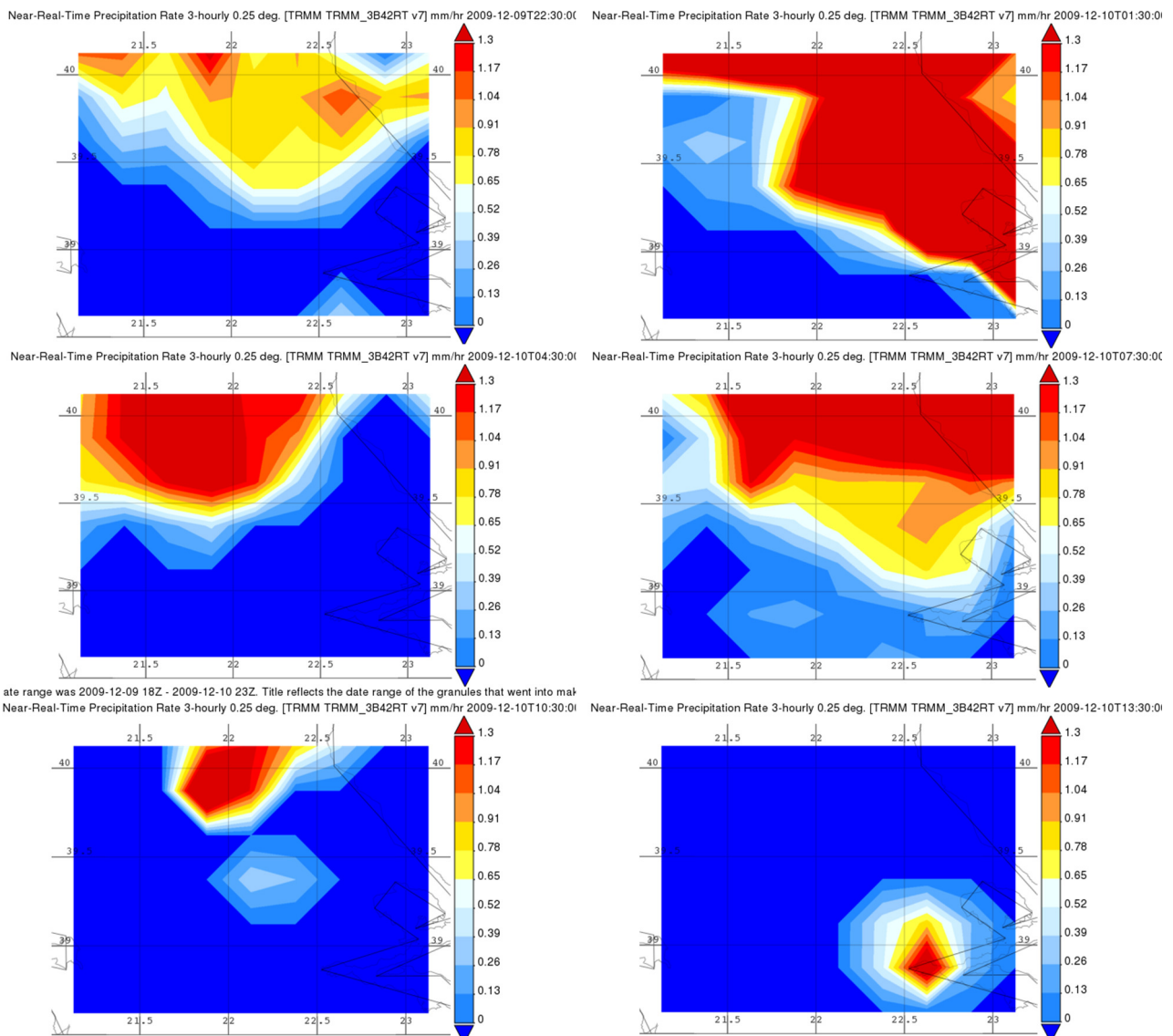
Αρχικά παρουσιάζεται το επεισόδιο στις 25-26/10/2009, με επιπτώσεις στο ανατολικό τμήμα του ΥΔ κυρίως στην πόλη του Βόλου και τα χωριά του Πηλίου. Η χωροχρονική εξέλιξη του επεισοδίου με βάση τα δεδομένα TRMM απεικονίζεται στην επόμενη Εικόνα. Από τις εικόνες που παρουσιάζονται η μέγιστη 24ωρη βροχόπτωση εμφανίζεται να είναι περίπου 20 mm στο

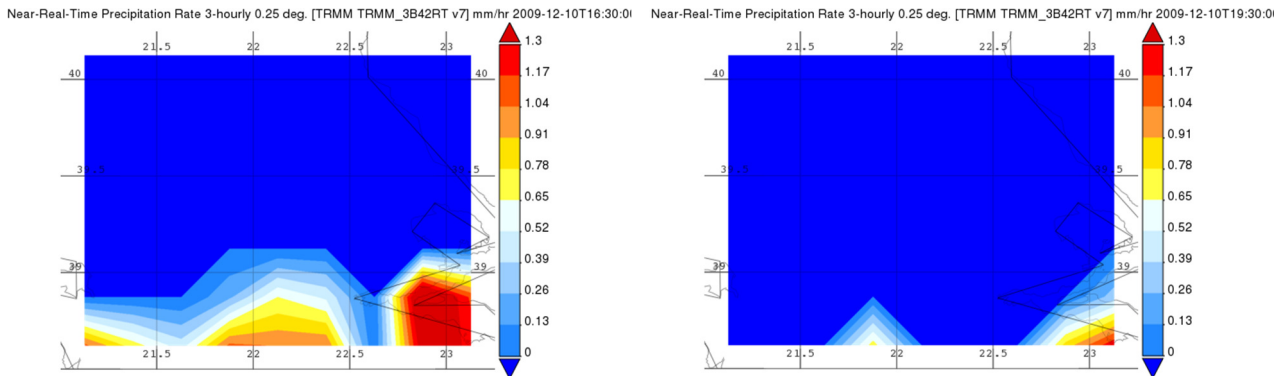
ανατολικό τμήμα του ΥΔ. Στους βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΔ φαίνεται να έχουν καταγραφεί κατά το ίδιο χρονικό διάστημα σημαντικά μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης. Χαρακτηριστικά στο σταθμό του Βόλου καταγράφηκαν ημερήσιες βροχοπτώσεις 8,6 στις 25/10 mm και 41,6 mm στις 26/10 και στο σταθμό Μακρινίτσα 24,2 mm στις 25/10 και 132,2 mm στις 26/10.



Εικόνα 16-1 Χωροχρονική εξέλιξη επεισοδίου βροχόπτωσης 25-26/10/2009 με βάση τα δορυφορικά δεδομένα TRMM (από 25/10/2009 16:30 GMT έως 26/10/2009 13:30 GMT, αντίστοιχες ώρες Ελλάδος 25/10/2009 18:30 έως 26/10/2009 15:30)

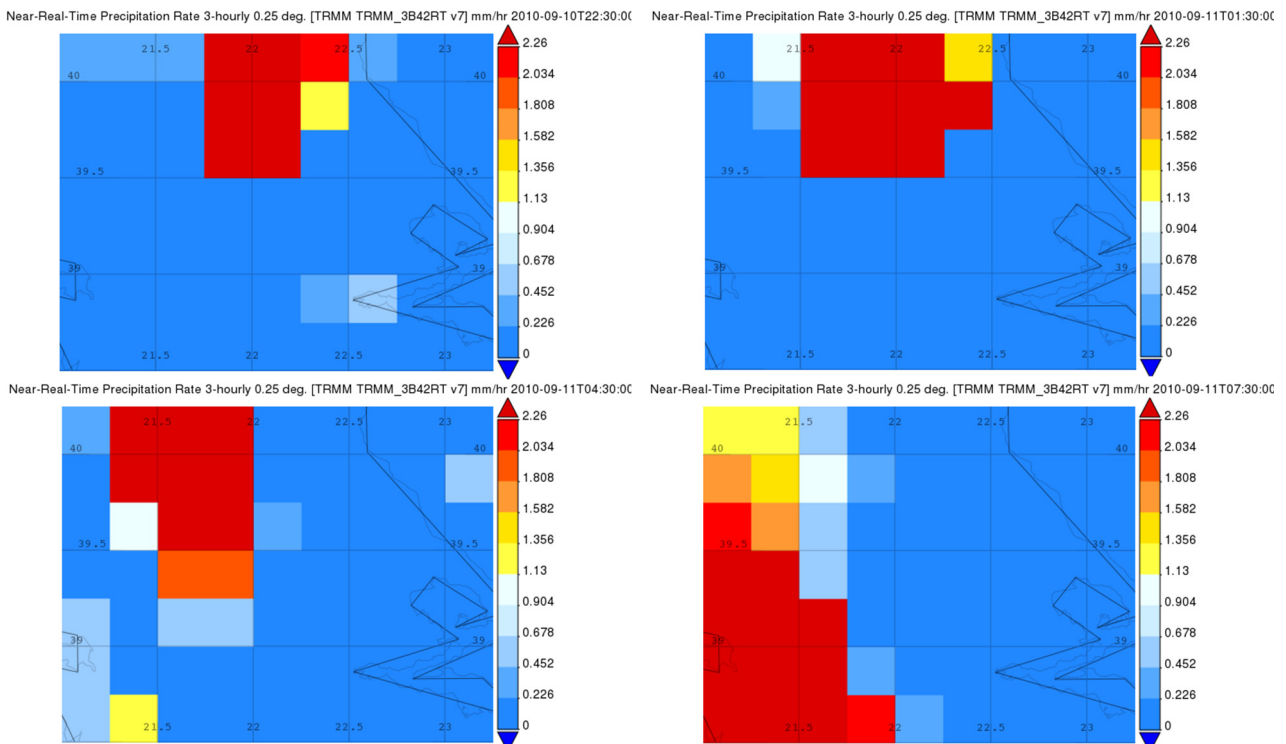
Ακολουθεί το επεισόδιο στις 10/12/2009, με επιπτώσεις επίσης στο ανατολικό τμήμα του ΥΔ κυρίως στην πόλη του Βόλου και τα χωριά του Πηλίου. Η χωροχρονική εξέλιξη του επεισοδίου με βάση τα δεδομένα TRMM απεικονίζεται στην επόμενη Εικόνα. Από τις εικόνες που παρουσιάζονται η μέγιστη 24ωρη βροχόπτωση εμφανίζεται να είναι περίπου 8,5 mm στο ανατολικό τμήμα του ΥΔ. Στους βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΔ φαίνεται να έχουν καταγραφεί κατά το ίδιο χρονικό διάστημα σημαντικά μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης. Χαρακτηριστικά στο σταθμό του Βόλου καταγράφηκε ημερήσια βροχοπτώση 126,4 mm και στο σταθμό Μακρινίτσα 417,2 mm.

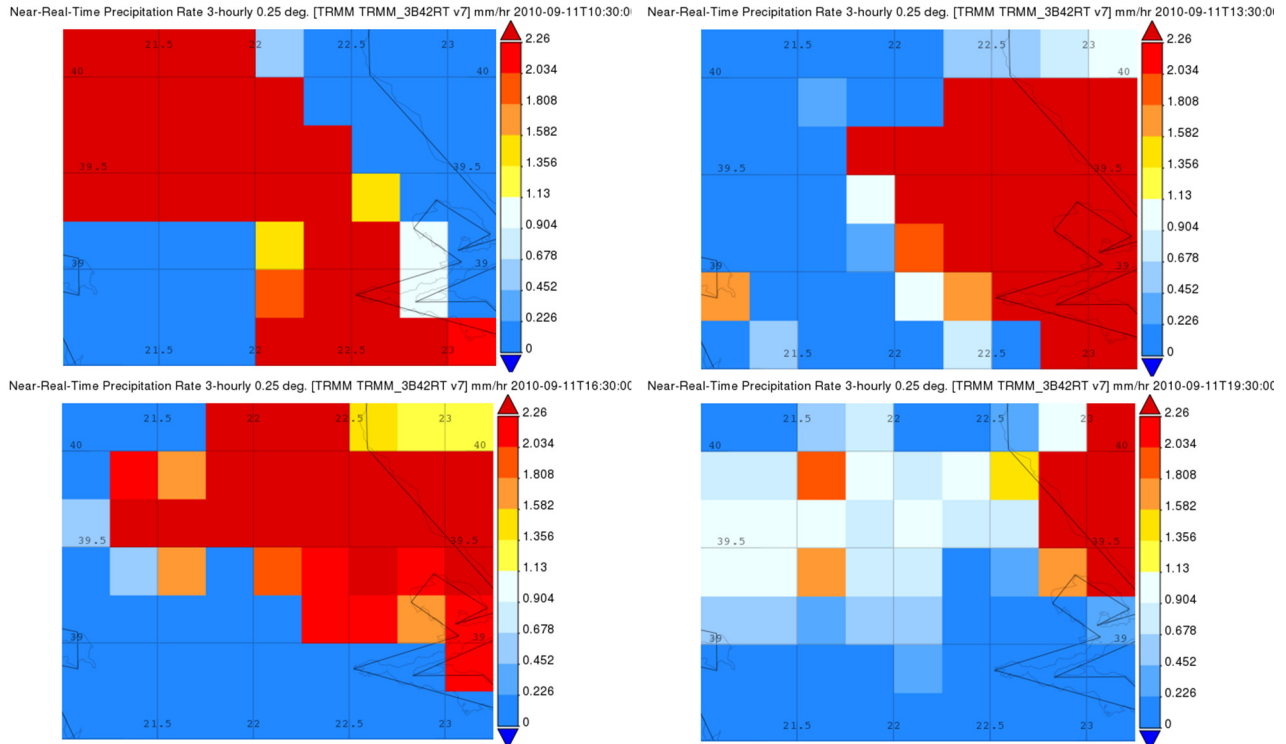




Εικόνα 16-2 Χωροχρονική εξέλιξη επεισοδίου βροχόπτωσης 10/12/2009 με βάση τα δορυφορικά δεδομένα TRMM (από 09/12/2009 22:30 GMT έως 10/12/2009 19:30 GMT, αντίστοιχες ώρες Ελλάδος 10/12/2009 00:30 έως 10/12/2009 21:30)

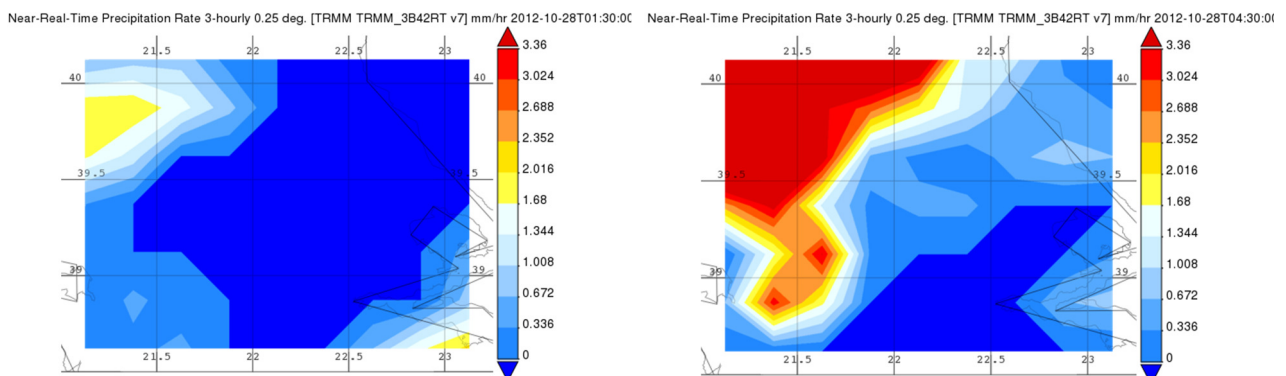
Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το επεισόδιο στις 11/09/2010, με επιπτώσεις στο δυτικό τμήμα του ΥΔ κυρίως στην περιοχή των Τρικάλων. Η χωροχρονική εξέλιξη του επεισοδίου με βάση τα δεδομένα TRMM απεικονίζεται στην επόμενη Εικόνα. Από τις εικόνες που παρουσιάζονται η μέγιστη 24ωρη βροχόπτωση εμφανίζεται να είναι περίπου 28 mm στο δυτικό τμήμα του ΥΔ. Στους βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΔ φαίνεται να έχουν καταγραφεί κατά το ίδιο χρονικό διάστημα σημαντικά μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης. Χαρακτηριστικά στο σταθμό των Τρικάλων καταγράφηκε ημερήσια βροχοπτώση 95,0 mm.

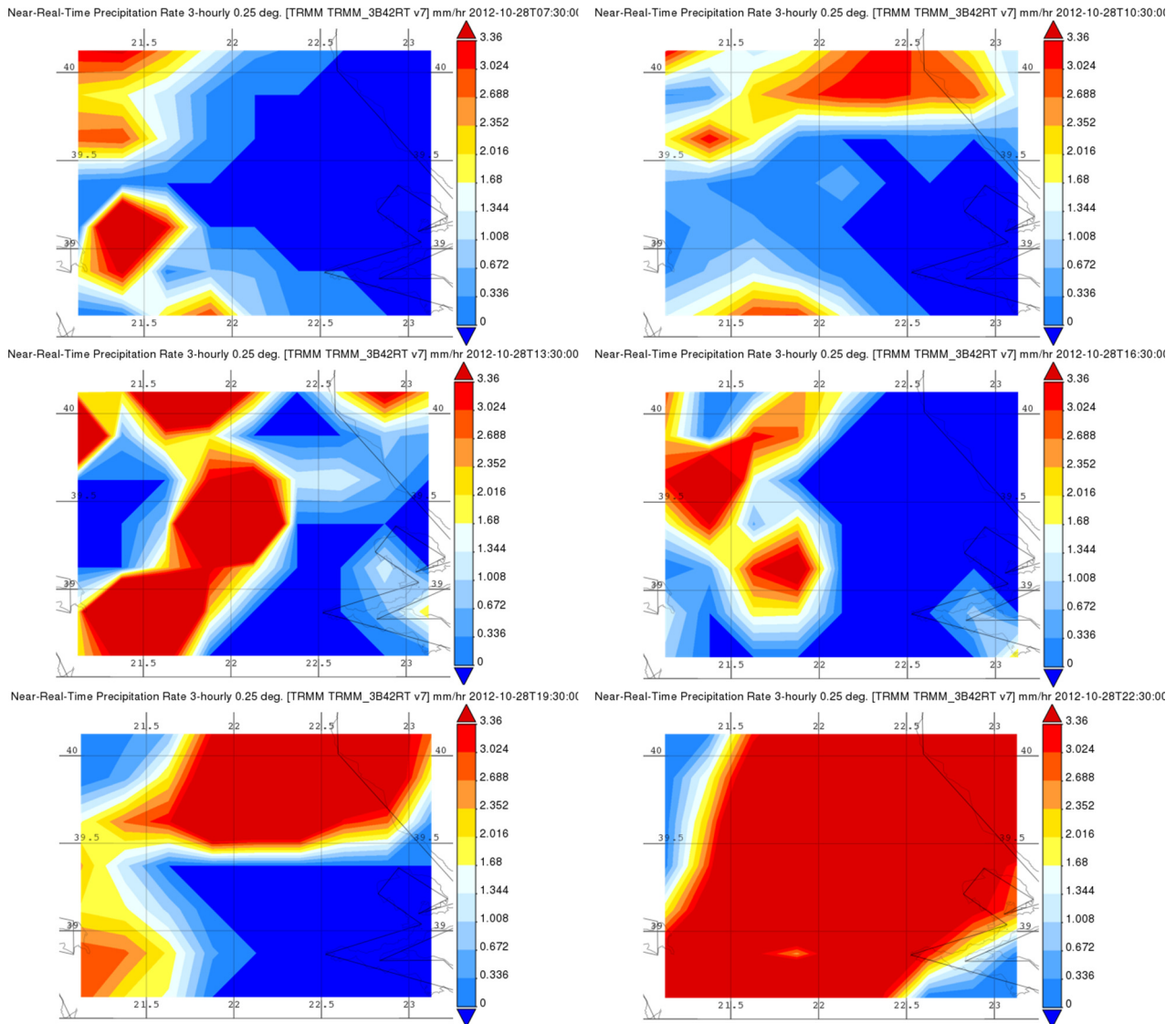




Εικόνα 16-3 Χωροχρονική εξέλιξη επεισοδίου βροχόπτωσης 11/09/2010 με βάση τα δορυφορικά δεδομένα TRMM (από 10/09/2010 22:30 GMT έως 11/09/2010 19:30 GMT, αντίστοιχες ώρες Ελλάδος 10/09/2010 00:30 έως 11/09/2010 21:30)

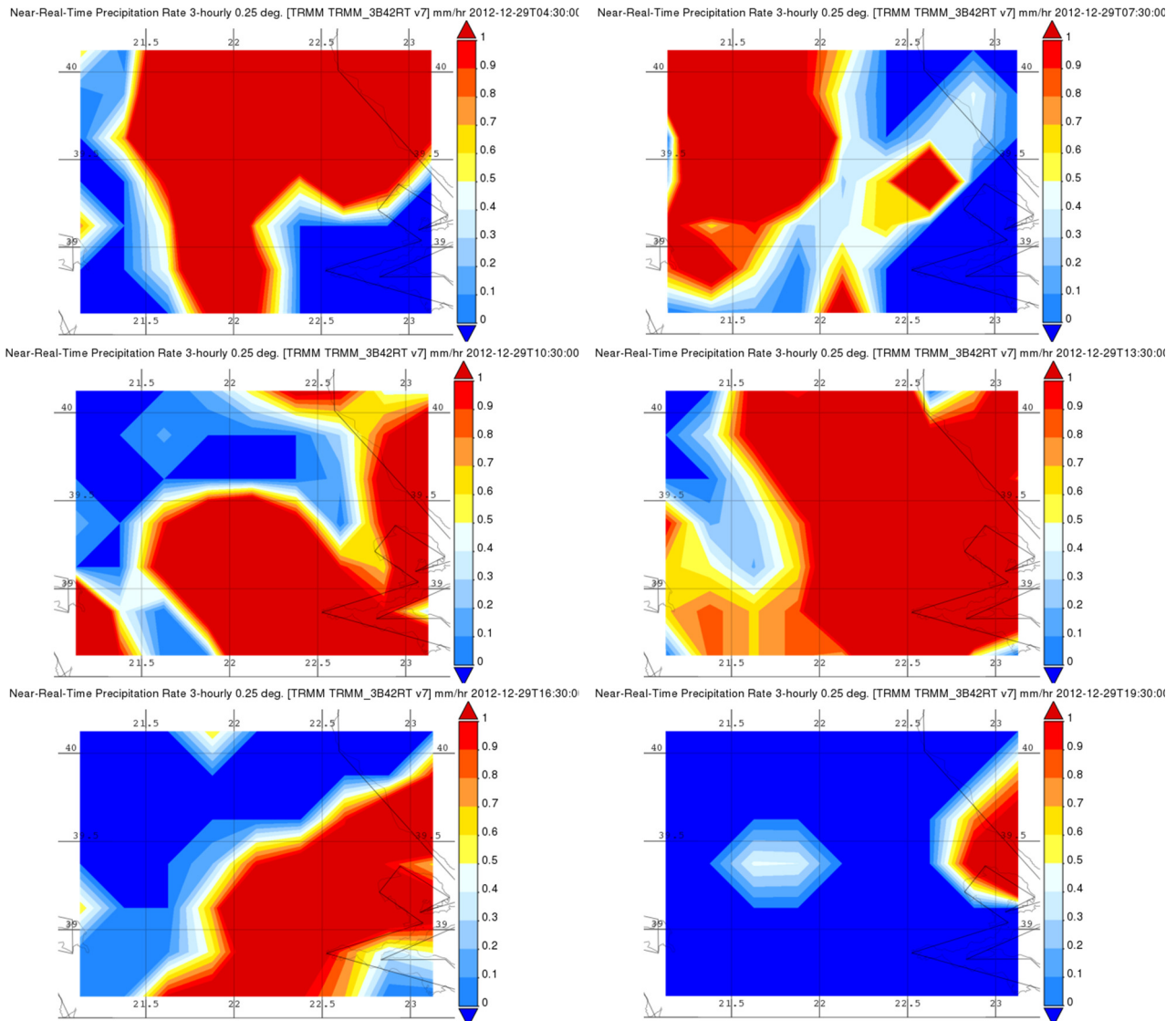
Ακολουθεί το επεισόδιο στις 28/10/2012, με επιπτώσεις επίσης στο δυτικό και στο βορειοδυτικό τμήμα του ΥΔ. Η χωροχρονική εξέλιξη του επεισοδίου με βάση τα δεδομένα TRMM απεικονίζεται στην επόμενη Εικόνα. Από τις εικόνες που παρουσιάζονται η μέγιστη 24ωρη βροχόπτωσης εμφανίζεται να είναι περίπου 88 mm στο δυτικό τμήμα του ΥΔ. Στους βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΔ φαίνεται να έχουν καταγραφεί κατά το ίδιο χρονικό διάστημα σημαντικά μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης. Χαρακτηριστικά στο σταθμό Γαρδίκι Τρικάλων καταγράφηκε ημερήσια βροχοπτώση 392,8 mm.





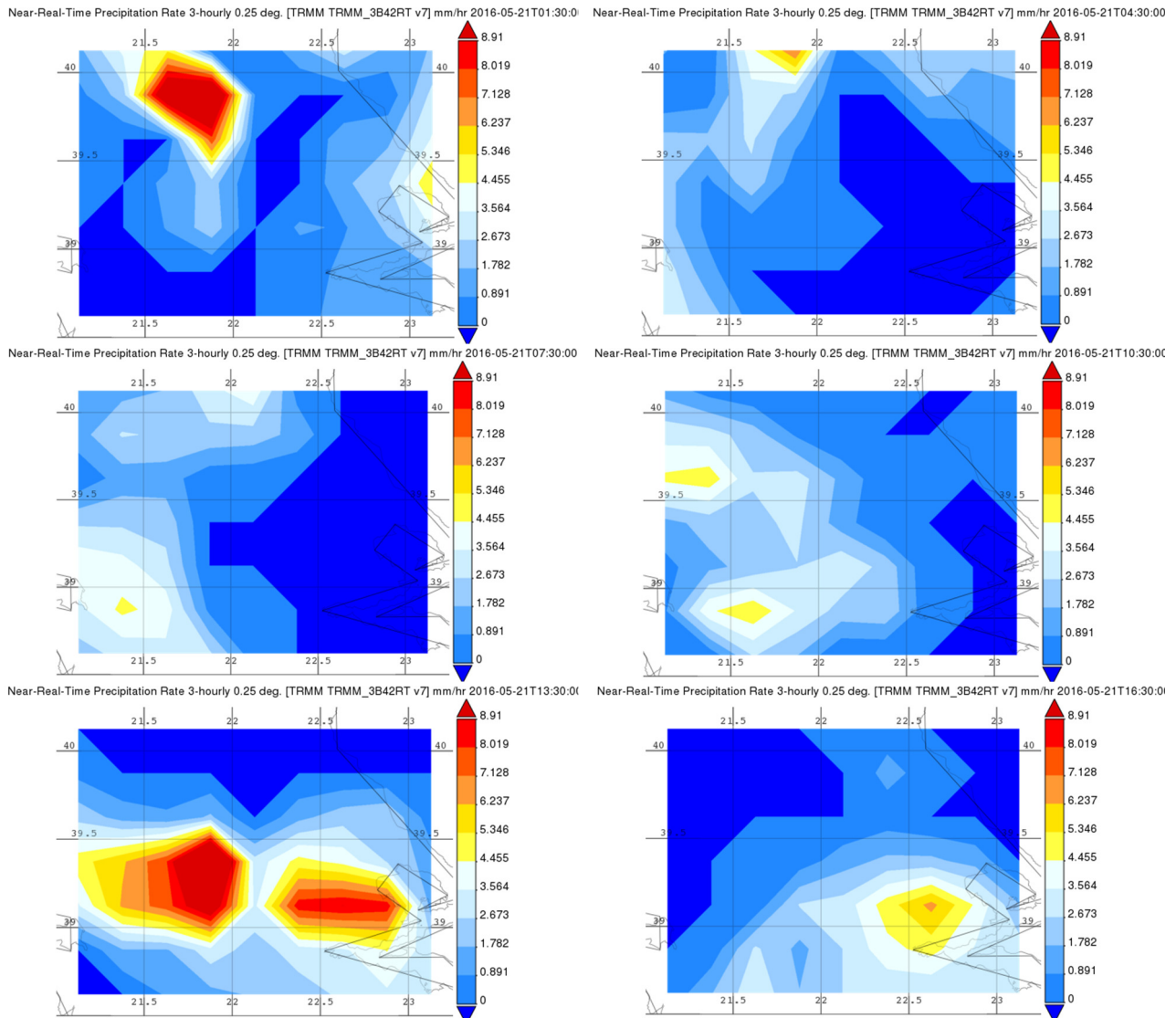
Εικόνα 16-4 Χωροχρονική εξέλιξη επεισοδίου βροχόπτωσης 28/10/2012 με βάση τα δορυφορικά δεδομένα TRMM (από 28/10/2012 01:30 GMT έως 28/10/2012 22:30 GMT, αντίστοιχες ώρες Ελλάδος 28/10/2012 03:30 έως 29/10/2012 00:30)

Ακολουθεί το επεισόδιο στις 29/12/2012, με επιπτώσεις σε όλο το ΥΔ και κυρίως στο νοτιοδυτικό και ανατολικό τμήμα του και μία ανθρώπινη απώλεια στην περιοχή της Καρδίτσας. Η χωροχρονική εξέλιξη του επεισοδίου με βάση τα δεδομένα TRMM απεικονίζεται στην επόμενη Εικόνα. Από τις εικόνες που παρουσιάζονται η μέγιστη 24ωρη βροχόπτωσης εμφανίζεται να είναι περίπου 15 mm στο ανατολικό και 13, 5 mm στο κεντρικό τμήμα του ΥΔ. Στους βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΔ φαίνεται να έχουν καταγραφεί κατά το ίδιο χρονικό διάστημα σημαντικά μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης. Χαρακτηριστικά στο σταθμό Μακρινίτσα καταγράφηκε ημερήσια βροχόπτωση 193,2 mm και στο σταθμό Αγιά 99,2 mm, τιμές αρκετά μεγαλύτερες από τις εκτιμήσεις από τα δορυφορικά δεδομένα.



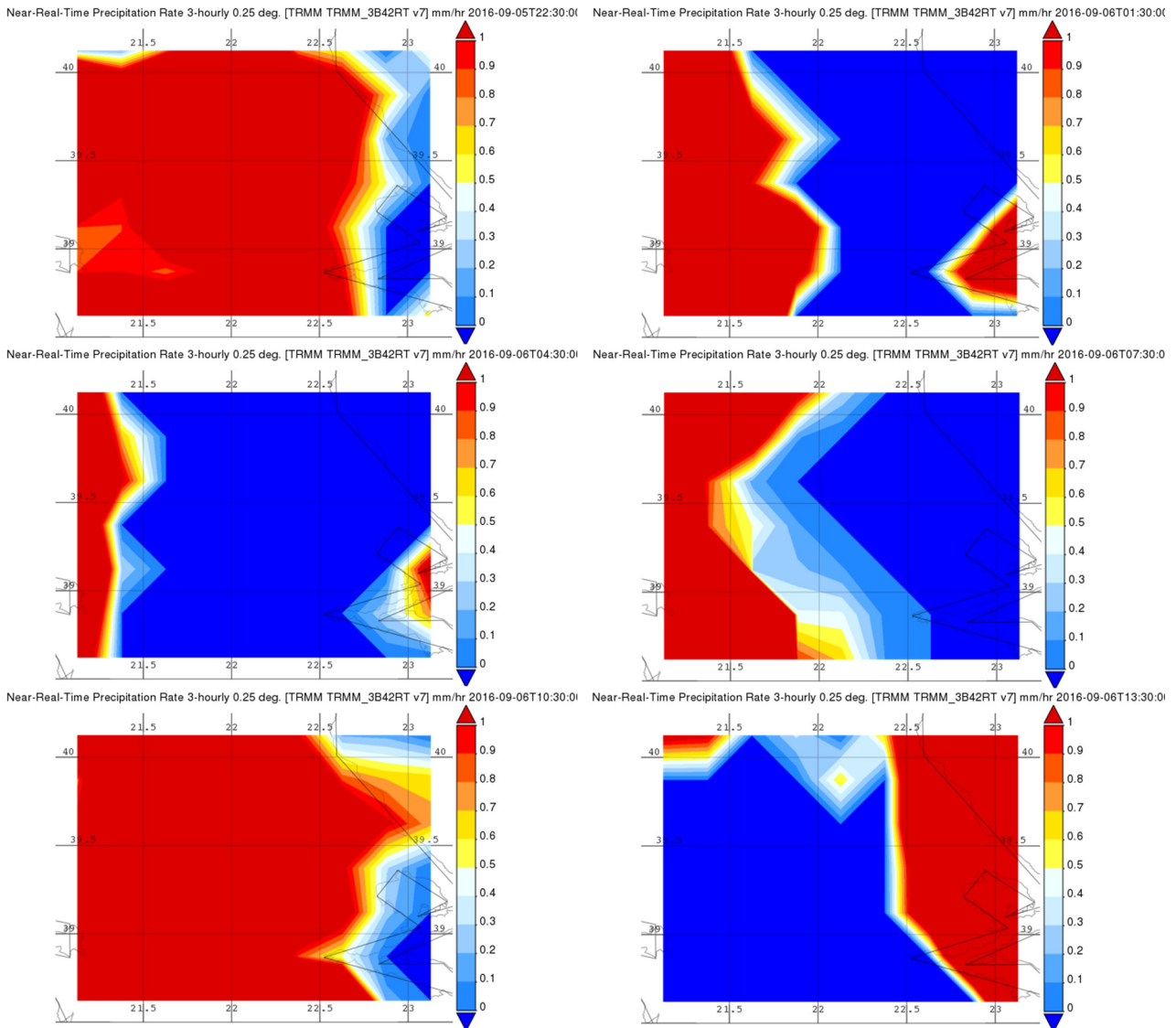
Εικόνα 16-5 Χωροχρονική εξέλιξη επεισοδίου βροχόπτωσης 29/12/2012 με βάση τα δορυφορικά δεδομένα TRMM (από 29/12/2012 04:30 GMT έως 29/12/2012 19:30 GMT, αντίστοιχες ώρες Ελλάδος 29/12/2012 06:30 έως 29/12/2012 21:30)

Ακολουθεί το επεισόδιο στις 21/05/2016, με επιπτώσεις σε όλο το ΥΔ και κυρίως στο ανατολικό τμήμα του και μία ανθρώπινη απώλεια στην περιοχή του Αλμυρού. Η χωροχρονική εξέλιξη του επεισοδίου με βάση τα δεδομένα TRMM απεικονίζεται στην επόμενη Εικόνα. Από τις εικόνες που παρουσιάζονται η μέγιστη 24ωρη βροχόπτωσης εμφανίζεται να είναι περίπου 15 mm στο ανατολικό τμήμα του ΥΔ. Στους βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΔ φαίνεται να έχουν καταγραφεί κατά το ίδιο χρονικό διάστημα σημαντικά μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης. Χαρακτηριστικά στο σταθμό Μακρυνίτσα καταγράφηκε ημερήσια βροχόπτωση 109,6 mm.



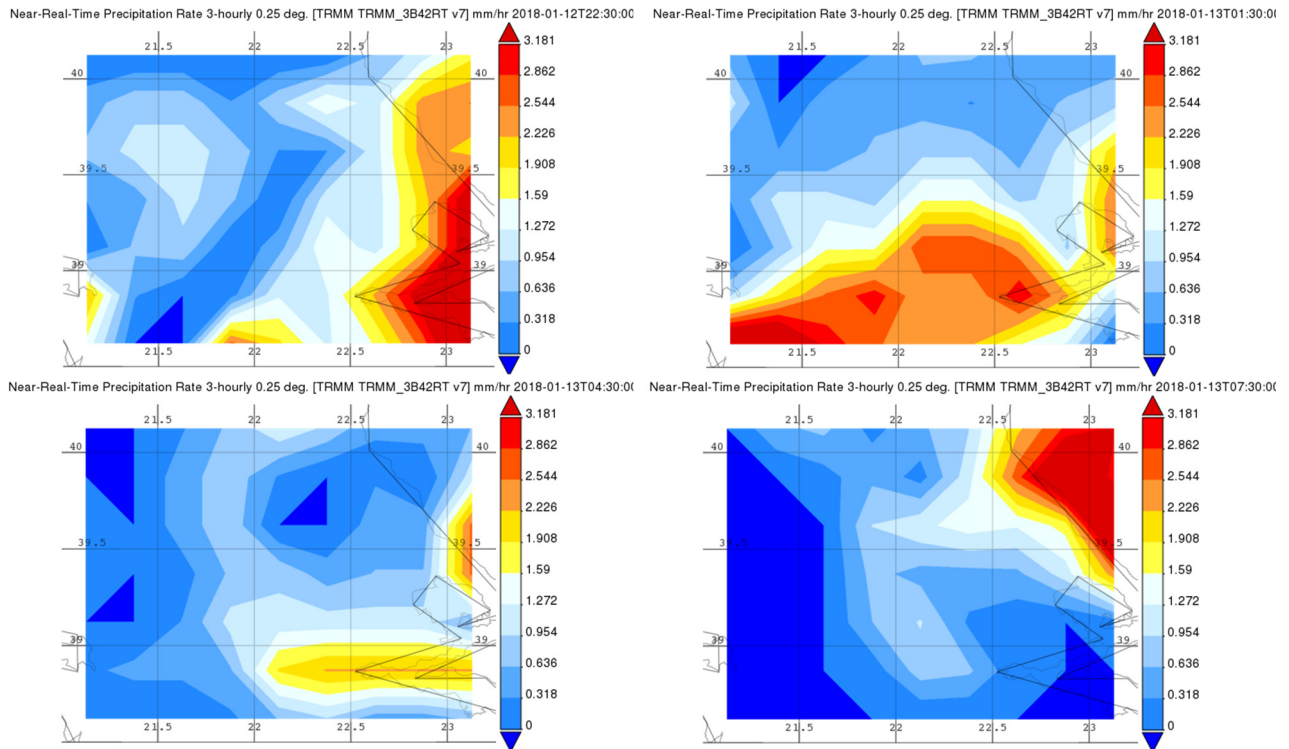
Εικόνα 16-6 Χωροχρονική εξέλιξη επεισοδίου βροχόπτωσης 21/05/2016 με βάση τα δορυφορικά δεδομένα TRMM (από 21/05/2016 01:30 GMT έως 21/05/2016 16:30 GMT, αντίστοιχες ώρες Ελλάδος 21/05/2016 03:30 έως 21/05/2016 18:30)

Ακολουθεί το επεισόδιο στις 06/09/2016, με επιπτώσεις κυρίως στο δυτικό τμήμα του ΥΔ. Η χωροχρονική εξέλιξη του επεισοδίου με βάση τα δεδομένα TRMM απεικονίζεται στην επόμενη Εικόνα. Από τις εικόνες που παρουσιάζονται η μέγιστη 24ωρη βροχόπτωσης εμφανίζεται να είναι περίπου mm στο δυτικό τμήμα του ΥΔ. Στους βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΔ φαίνεται να έχουν καταγραφεί κατά το ίδιο χρονικό διάστημα σημαντικά μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης. Χαρακτηριστικά στο σταθμό Καλαμπάκα καταγράφηκε ημερήσια βροχόπτωση 81,4 mm.



Εικόνα 16-7 Χωροχρονική εξέλιξη επεισοδίου βροχόπτωσης 06/09/2016 με βάση τα δορυφορικά δεδομένα TRMM (από 05/09/2016 22:30 GMT έως 06/09/2016 13:30 GMT, αντίστοιχες ώρες Ελλάδος 06/09/2016 00:30 έως 06/09/2016 15:30)

Τέλος, παρουσιάζεται το επεισόδιο στις 13/01/2018, με επιπτώσεις σε όλο το ΥΔ και κυρίως στο ανατολικό τμήμα του και μία ανθρώπινη απώλεια στην περιοχή του Αλυρού. Η χωροχρονική εξέλιξη του επεισοδίου με βάση τα δεδομένα TRMM απεικονίζεται στην επόμενη Εικόνα. Από τις εικόνες που παρουσιάζονται η μέγιστη 24ωρη βροχόπτωσης εμφανίζεται να είναι περίπου 28 mm στο ανατολικό τμήμα του ΥΔ. Στους βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΔ φαίνεται να έχουν καταγραφεί κατά το ίδιο χρονικό διάστημα σημαντικά μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης. Χαρακτηριστικά στο σταθμό Μακρυνίτσα καταγράφηκε ημερήσια βροχοπτώση 293,4 mm.



Εικόνα 16-8 Χωροχρονική εξέλιξη επεισοδίου βροχόπτωσης 13/01/2018 με βάση τα δορυφορικά δεδομένα TRMM (από 12/01/2018 22:30 GMT έως 13/01/2018 07:30 GMT, αντίστοιχες ώρες Ελλάδος 13/01/2018 00:30 έως 13/01/2018 09:30)

17 Επίδραση κλιματικής αλλαγής

17.1 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 20ου 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).

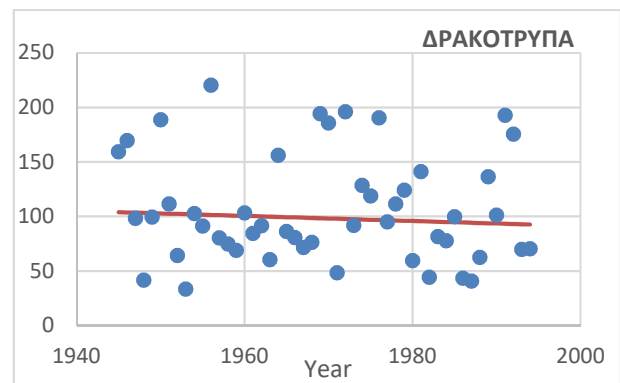
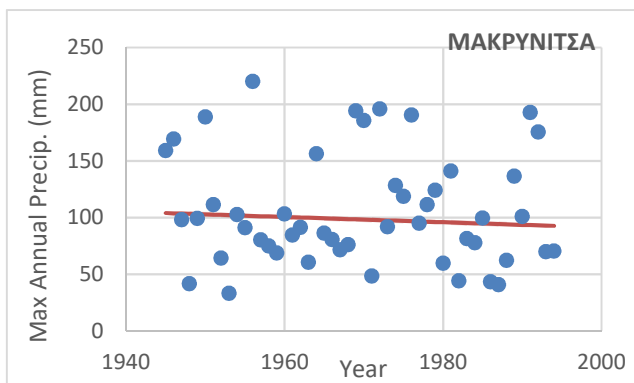
Επιπλέον, η υπόθεση ότι η κλιματική αλλαγή έχει οδηγήσει σε ένταση των πλημμυρικών φαινομένων, δέχεται επίσης έντονη επιστημονική αμφισβήτηση. Για παράδειγμα, οι Di Baldassarre et al. (2010) απέδειξαν ότι η αύξηση των θυμάτων των πλημμυρών στην Αφρικανική ήπειρο τις τελευταίες δεκαετίες οφείλεται σε 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

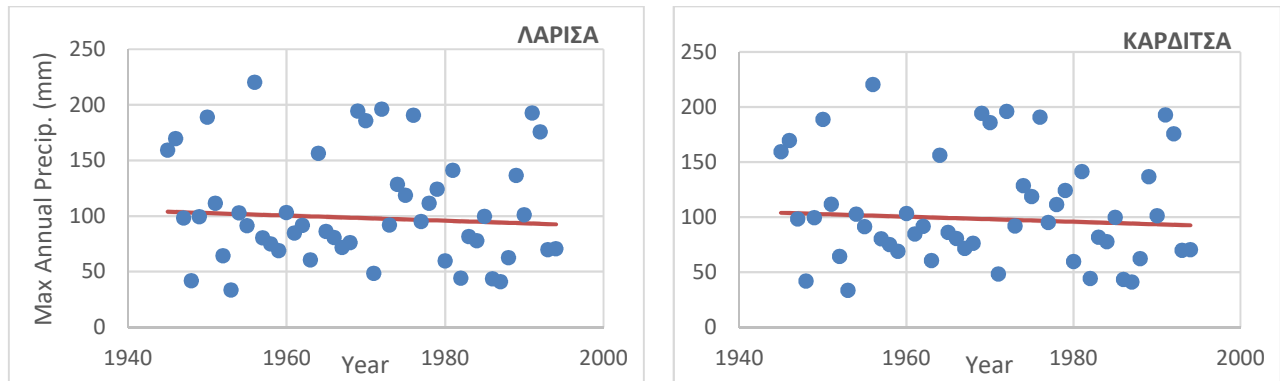
χαμηλή εμπιστοσύνη στις αριθμητικές προγνώσεις των αλλαγών στο μέγεθος ή τη συχνότητα των πλημμυρών που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή» (Kundzewicz et al., 2014).

17.2 Διερεύνηση στο Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας

Μια απλή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος ανίχνευσης των συστηματικών μεταβολών μιας υδροκλιματικής μεταβλητής είναι ο έλεγχος τάσεων. Στην προσέγγιση αυτή αρχικά προσαρμόζεται μια γραμμική τάση 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 ημερησιακά 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 17-1 Παραδείγματα προσαρμογής γραμμής τάσης σε μεγάλου μήκους δείγματα μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής

Έτσι, προκειμένου να εντοπιστούν τάσεις στις χρονοσειρές, που πιθανό να συνδέονται με την κλιματική αλλαγή, αναλύθηκαν οι χρονοσειρές 24 βροχομετρικών σταθμών που διαθέτουν δεδομένα πάνω από 50 έτη, στα Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας. Σε κάθε δείγμα προσαρμόστηκε η γραμμή τάσης και υπολογίστηκε η κλίση της κατά Thein Sen, όπως φαίνεται στο παράδειγμα της παραπάνω Εικόνας (Εικόνα 17-1). Στη συνέχεια, ελέγχθηκε αν η κλίση αυτή είναι στατιστικά σημαντική, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, με βάση τον έλεγχο Mann-Kendall, θεωρώντας απλοποιητικά κανονική κατανομή.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δίνονται στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 17-1) Συγκεκριμένα, δίνονται η εκτίμηση της κλίσης της γραμμής τάσης, το άνω και κάτω όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο 95% και ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας (Αληθής (+) για θετική τάσης, Αληθής (-) για αρνητική τάση ή Ψευδής). Όπως αναμένεται, εξαιτίας των μικρών σχετικά δειγμάτων, ο έλεγχος σημαντικότητας είναι αληθής σε 8 από τους 24 σταθμούς, όπου μάλιστα στους επτά παρατηρείται αρνητική τάση και μόλις σε έναν θετική. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, είναι σαφές ότι στην περιοχή μελέτης δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι προκύπτει κάποια 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 17-1 Εκτίμηση κλίσης γραμμής τάσης και ορίων εμπιστοσύνης 95%, και έλεγχος σημαντικότητας, στα δείγματα μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής από βροχομετρικούς σταθμούς

Όνομασία	Μήκος (έτη)	Κλίση (mm/y)	Κάτω όριο 95% (mm/y)	Άνω όριο 95% (mm/y)	Z κανονικής κατανομής	Έλεγχος σημαντικότητας
Αγιόφυλλο	62	-0.319	-0.643	0.000	-1.97	ΑΛΗΘΗΣ (-)
Ανάβρα	63	-0.239	-0.622	0.170	-1.12	ΨΕΥΔΗΣ
Βερδικούσα	63	-0.841	-1.132	-0.579	-5.33	ΑΛΗΘΗΣ (-)
Γιαννωτά	62	-0.117	-0.270	0.119	-1.06	ΨΕΥΔΗΣ
Δρακότρυπα	51	0.513	0.067	0.937	2.39	ΑΛΗΘΗΣ (+)
Ελασσώνα	62	0.049	-0.255	0.382	0.25	ΨΕΥΔΗΣ

Α' ΦΑΣΗ

Όμβριες Καμπύλες

Όνομασία	Μήκος (έτη)	Κλίση (mm/y)	Κάτω όριο 95% (mm/y)	Άνω όριο 95% (mm/y)	Z κανονικής κατανομής	Έλεγχος σημαντικότητας
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	62	-0.211	-0.640	0.208	-0.97	ΨΕΥΔΗΣ
Ζάππειο	63	-0.064	-0.338	0.161	-0.52	ΨΕΥΔΗΣ
Ζηλευτό	56	-0.275	-0.568	0.012	-1.85	ΨΕΥΔΗΣ
Καρδίτσα	63	-0.397	-0.686	-0.086	-2.68	ΑΛΗΘΗΣ (-)
Καρπερό	51	0.269	-0.015	0.600	1.83	ΨΕΥΔΗΣ
Λάρισα	55	0.259	-0.078	0.623	1.56	ΨΕΥΔΗΣ
Λιβάδι ΥΠΕΚΑ	63	-0.200	-0.561	0.153	-1.03	ΨΕΥΔΗΣ
Μακρυνίτσα	63	-0.231	-0.893	0.424	-0.60	ΨΕΥΔΗΣ
Μαλακάσιο	60	-0.421	-0.709	-0.140	-2.81	ΑΛΗΘΗΣ (-)
Μετέωρα	69	-0.266	-0.502	-0.037	-2.36	ΑΛΗΘΗΣ (-)
Ρεντίνα	63	-0.290	-0.519	-0.057	-2.29	ΑΛΗΘΗΣ (-)
Σπηλιά	63	-0.066	-0.570	0.480	-0.34	ΨΕΥΔΗΣ
Σωτήριο ΥΠΓΕ	53	0.221	-0.263	0.742	0.99	ΨΕΥΔΗΣ
Τρίλοφο	63	-0.119	-0.353	0.163	-0.80	ΨΕΥΔΗΣ
Τυμφορηστός	59	-0.312	-0.654	0.011	-1.87	ΨΕΥΔΗΣ
Τύρναβος	61	-0.245	-0.470	0.000	-1.90	ΨΕΥΔΗΣ
Φαρκαδώνα	63	-0.295	-0.543	-0.050	-2.25	ΑΛΗΘΗΣ (-)
Χρυσομηλιά	54	-0.069	-0.568	0.200	-0.61	ΨΕΥΔΗΣ

Βιβλιογραφία

- 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., *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., 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.
- 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.
- Linsley, R.K., M.A. Kohler, and J.L.H. Paulhus, *Hydrology for Engineers*, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 1975.
- 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.