

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας

ΣΤΑΔΙΟ Ι 1^η ΦΑΣΗ – ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2 ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΡΓΟ : ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ :

«ΥΠΟΔΟΜΗ - ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Ε.Π.Ε. / ΓΑΜΜΑ - 4 ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΓΕΩΛΟΓΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ / Η. ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ - Ν. ΠΑΓΚΑΣ & ΣΙΑ Ε.Ε. - Δ.Τ. : "ΥΛΗ - Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος" / ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΦΡΑΤΑΙΟΣ του Τριαντάφυλλου / ΜΑΡΙΑ ΟΝΟΥΦΡΙΟΥ - ΑΛΕΞΑΚΗ του Βασιλείου / ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ ΑΝΤΖΟΥΛΑΤΟΣ του Δημητρίου / ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΟΥΚΑΛΑΣ του Κωνσταντίνου»

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

ΣΤΑΔΙΟ Ι - Α΄ ΦΑΣΗ

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2 : ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

Αναθεωρήσεις :

Έκδοση	Ημερομηνία	Παρατηρήσεις
Εκδ. 1	19/04/2015	Αρχική Έκδοση
Εκδ. 2	15/07/2015	1 ^η Αναθ. Έκδοση
Εκδ. 3	08/2015	2 ^η Αναθ. Έκδοση
Εκδ. 4	09/2015	3 ^η Αναθ. Έκδοση
Εκδ. 5	12/2015	4 ^η Αναθ. Έκδοση
Εκδ. 6	07/2017	Τελικά Παραδοτέα 1 ^{ου} Σταδίου
Εκδ. 7	12/2018	Αλλαγή εξωφύλλου

Τεύχη και Χάρτες που συνοδεύουν το παρόν Παραδοτέο

A/A	Τίτλος	Κλίμακα	Αριθμός Τεύχους / Χάρτη
	ΤΕΥΧΗ		
1	Τεχνική Έκθεση		GR10_P02
	ΧΑΡΤΕΣ		
1	Δίκτυο διαθέσιμων βροχομετρικών και βροχο-γραφικών σταθμών	1:300.000	GR10_P02_S1_Stations
2	Δίκτυο χρησιμοποιηθέντων βροχομετρικών και βροχογραφικών σταθμών	1:300.000	GR10_P02_S2_StationsIDF
3	Ζώνες τιμών παραμέτρου σχήματος κ	1:650.000	GR10_P02_S3_IDFkappa
4	Χωρική μεταβολή παραμέτρου κλίμακας λ'	1:650.000	GR10_P02_S4_IDFlamda
5	Χωρική μεταβολή παραμέτρου θέσης ψ'	1:650.000	GR10_P02_S5_IDFpsi

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	6
2	Συλλογή Στοιχείων	7
2.1	Γενικά	7
2.2	Διαθέσιμα Στοιχεία - Βροχόμετρα	7
2.3	Διαθέσιμα Στοιχεία - Βροχογράφοι	9
2.4	Μεθοδολογία Συλλογής Στοιχείων	10
2.4.1	ΔΕΗ	10
2.4.2	ΥΠΕΚΑ	10
2.4.3	ΥΠΑΑΤ	10
2.4.4	ΕΜΥ	11
2.4.5	ΙΔΕ	11
3	Αξιολόγηση Πρωτογενών Στοιχείων	12
3.1	Χρονική Πληρότητα	12
3.2	Έλεγχος Ακραίων Τιμών	12
3.2.1	Ελάχιστες Τιμές	12
3.2.2	Μέγιστες Τιμές	13
3.3	Σύγκριση Βροχογράφου και Βροχομέτρου	14
3.4	Οριστικό Μέγεθος Δείγματος	17
4	Βασικά Στατιστικά Μεγέθη Χρονοσειρών	19
4.1	Μέσες Τιμές	19
4.2	Δομή Καταιγίδων	22
5	Όμβριες Καμπύλες	24
5.1	Θεωρητικό Υπόβαθρο	24
5.2	Λογισμικό	25
5.3	Σημειακές Όμβριες Καμπύλες	26
5.4	Εκτίμηση Παραμέτρων η , θ της Συνάρτησης Διάρκειας $b(d)$	26
5.5	Αμερόληπτη Εκτίμηση της Παραμέτρου Σχήματος	27

ΣΤΑΔΙΟ Ι - 1 ^η ΦΑΣΗ	Όμβριες Καμπύλες
5.6 Κατάρτιση Ομβρίων Καμπυλών	31
5.7 Κατάρτιση Χαρτών Χωρικής Κατανομής Παραμέτρων Κλίμακας και Θέσης	32
6 Καμπύλες Εμπιστοσύνης	35
7 Σύγκριση ομβρίων και ιστορικών μεγίστων	40
8 Σύγκριση με Υφιστάμενες Όμβριες Καμπύλες	42
8.1 Γενικά	42
8.2 Άνω Θεοδωράκι	42
8.3 Σίνδος	44
8.4 Αρτζάν	45
9 Σύγκριση Επίγειων και Δορυφορικών Υδρολογικών Μετρήσεων	47
9.1 Γενικά	47
9.2 Σύγκριση Ύψους Βροχόπτωσης για το Σταθμό Τρίκαλα Ημαθίας	47
9.3 Σύγκριση Χρονικής Μεταβολής της Έντασης Βροχόπτωσης για τον Σταθμό «Τρίκαλα Ημαθίας»	50
10 Βιβλιογραφία	52

1 Εισαγωγή

Η παρούσα Τεχνική Έκθεση παρουσιάζει την διαδικασία συλλογής, αξιολόγησης, επεξεργασίας και στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων ισχυρών βροχοπτώσεων του Υδατικού διαμερίσματος GR10 – Κεντρική Μακεδονία, με τελικό στόχο την κατάρτιση σημειακών ομβρίων καμπυλών και την γενίκευσή τους με τη παραγωγή χαρτών ισοτιμικών καμπυλών. Το αντικείμενο αυτό περιλαμβάνεται στην Α' φάση της Μελέτης «Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας».

Η πορεία εργασίας περιλαμβάνει τα κατωτέρω στάδια :

1. Συλλογή πρωτογενών δεδομένων από βροχόμετρα και βροχογράφους, είτε αυτά είναι ήδη διαθέσιμα στην Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας «Υδροσκόπιο», είτε μετά την ανάκτηση και ψηφιοποίησή τους από τα πρωτογενή αρχεία των αρμόδιων φορέων (ΕΜΥ, ΔΕΗ, ΥΠΕΚΑ, ΥΠΑΑΤ).
2. Αξιολόγηση μέσω εμπειρικών και στατιστικών μεθόδων των συγκεντρωθέντων στοιχείων, διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ βροχομέτρων και βροχογράφων, απόρριψη των εσφαλμένων τιμών και επιλογή του τελικού δείγματος.
3. Παραγωγή των βασικών στατιστικών μεγεθών, διερεύνηση της μορφής των ισχυρών καταιγίδων.
4. Στατιστική επεξεργασία των χρονοσειρών μεγίστων βροχοπτώσεων για την παραγωγή των σημειακών ομβρίων καμπυλών και σύνταξη καμπυλών εμπιστοσύνης. Κατάρτιση χαρτών χωρικής μεταβολής των παραμέτρων των ομβρίων καμπυλών σε όλο το Υδατικό Διαμέρισμα.

2 Συλλογή Στοιχείων

2.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας ιστορικών δεδομένων βροχοπτώσεων για το Υδατικό Διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας. Η αναζήτηση των διαθέσιμων στοιχείων έγινε καταρχήν μέσω της Εθνικής Τράπεζας Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας “Υδροσκόπιο” και ακολούθως με επιτόπου επισκέψεις στις Υπηρεσίες που λειτουργούν καταγραφικά δίκτυα (ΥΠΕΚΑ, ΔΕΗ, ΥΠΠΑΤ και ΕΜΥ). Τα πρωτογενή στοιχεία που συλλέχθηκαν προέρχονται από βροχόμετρα με ημερήσια καταγραφή και βροχογράφους με συνεχή καταγραφή ανά τουλάχιστον 60 min ή μικρότερου βήματος, όπου αυτό ήταν διαθέσιμο. Κατόπιν στατιστικής επεξεργασίας προκύπτουν οι μέγιστες ετήσιες τιμές διάρκειας 24 hr, 48 hr για τα βροχόμετρα και 5, 10, 15, 30 min, 1 hr, 2 hr, 3 hr, 6 hr, 12 hr, 24 hr, 48 hr αντίστοιχα για τους βροχογράφους.

2.2 Διαθέσιμα Στοιχεία - Βροχόμετρα

Συνολικά, συλλέχθηκαν στοιχεία 28 βροχομέτρων, από τα οποία 15 ανήκουν στο ΥΠΕΚΑ, 8 στο ΥΠΠΑΤ, 3 στην ΕΜΥ, 1 στην ΔΕΗ και 1 στο ΙΔΕ, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Παρότι στο Υδροσκόπιο εμφανίζονται συνολικά 43 βροχομετρικοί σταθμοί ως διαθέσιμοι (σημείωση : ο σταθμός ΑΡΝΑΙΑ του ΙΔΕ δεν περιλαμβάνεται στη βάση δεδομένων), οι 16 από αυτούς κρίνονται άμεσα ακατάλληλοι για συλλογή στοιχείων για ποικίλες αιτίες :

1. Οι καταγραφές δεν έχουν εισαχθεί στην βάση του Υδροσκοπίου και τα πρωτότυπα αρχεία δεν είναι διαθέσιμα από τον αρμόδιο φορέα.
2. Το δείγμα έχει πολύ μικρή χρονική διάρκεια σύμφωνα με τις προδιαγραφές, όπου ως κάτω όριο ορίστηκε (ελαστικά) τα 15 έτη.
3. Πρόκειται για ολοκληρωτικό βροχόμετρο που παρουσιάζει το ύψος βροχής ανά 15νθημερο ή ανά μήνα και το οποίο είναι ακατάλληλο για λήψη τιμών ακροτάτων για τις επιθυμητές διάρκειες (24 hr, 48 hr).
4. Τα δεδομένα περιέχουν εμφανή σφάλματα και η ποιότητά τους είναι μη αποδεκτή (Διάγραμμα 1).

Τα αίτια απόρριψης ανά βροχομετρικό σταθμό παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 2. Παρατηρείται ότι ο μεγαλύτερος αριθμός των σταθμών αυτών ανήκε στην εποπτεία του ΥΠΠΑΤ.

Έτσι παρότι εξαντλήθηκαν όλοι οι διαθέσιμοι σταθμοί για το υδατικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας δεν είναι δυνατόν να καλυφθεί η απαίτηση των προδιαγραφών για την ύπαρξη τουλάχιστον 50 βροχομετρικών σταθμών. Συνεπακόλουθα, ο αριθμός των διαθέσιμων σημείων πριν την στατιστική αξιολόγησή τους είναι 2246 έναντι στόχου 6000.

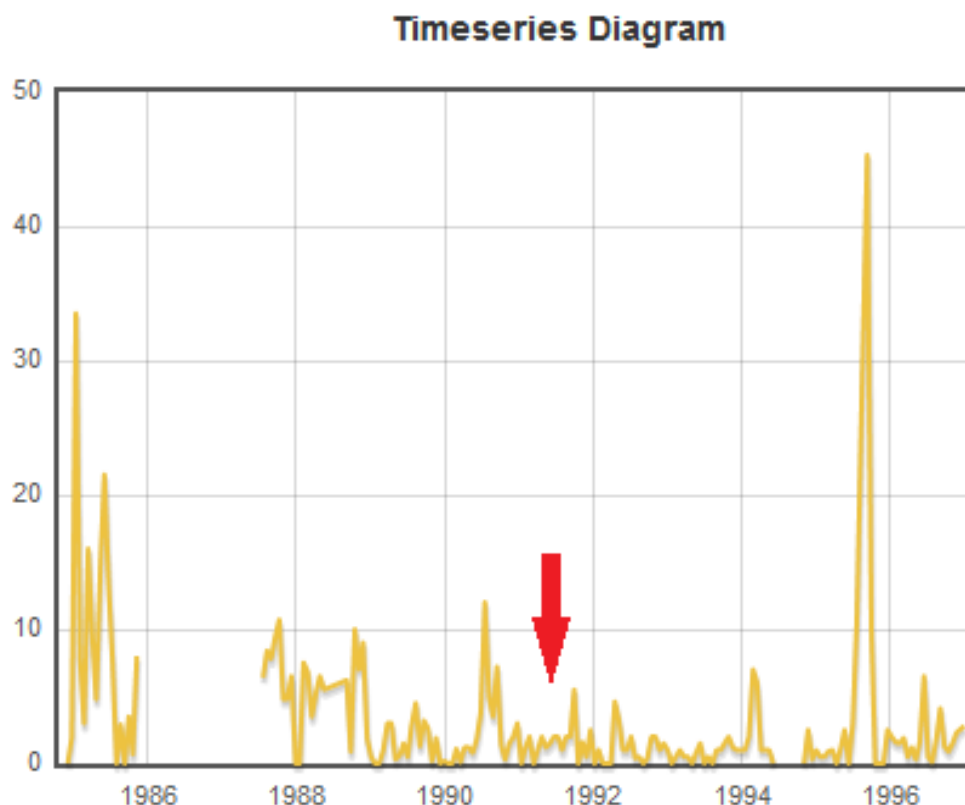
Πίνακας 1 : Κατάλληλα βροχόμετρα Κεντρικής Μακεδονίας

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	X	Y	Z	ΕΝΑΡΞΗ	ΛΗΞΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΦΟΡΕΑΣ
1	ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΕΙΑΣ	377743.8	4494540.8	0.0	1980	2004	24	ΕΜΥ
2	ΜΙΚΡΑ	412734.6	4486521.4	3.0	1959	2011	52	ΕΜΥ
3	ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	357840.6	4514592.7	9.0	1968	2007	39	ΥΠΑΑΤ
4	ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	357046.3	4504503.1	7.0	1968	2007	39	ΥΠΑΑΤ
5	ΜΕΛΑΝΘΙΟ	420479.0	4533794.9	490.0	1990	2011	21	ΥΠΑΑΤ
6	ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	412503.5	4546831.0	277.0	1981	2010	29	ΥΠΑΑΤ
7	ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	472333.9	4476745.5	440.0	1975	2010	35	ΥΠΑΑΤ
8	ΠΛΑΝΑ	471546.7	4468312.4	12.0	1975	2010	35	ΥΠΑΑΤ
9	ΧΑΛΑΣΤΡΑ	393471.7	4497728.2	5.0	1981	2010	29	ΥΠΑΑΤ
10	ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	380767.5	4509799.7	60.0	1952	2010	58	ΥΠΑΑΤ
11	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	379813.8	4539262.5	55.6	1965	2011	46	ΥΠΕΚΑ
12	ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	369487.9	4511066.5	4.1	1950	2013	62	ΥΠΕΚΑ
13	ΔΟΪΡΑΝΗ	439099.9	4572994.4	142.5	1984	2011	27	ΥΠΕΚΑ
14	ΚΙΑΚΙΣ	405994.2	4538135.5	261.5	1967	2012	45	ΥΠΕΚΑ
15	ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	410120.6	4504181.0	71.5	1975	2013	38	ΥΠΕΚΑ
16	ΑΓ. ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	447520.0	4479339.0	420.0	1966	2013	45	ΥΠΕΚΑ
17	ΜΕΓΑΛΗ ΣΤΕΡΝΑ	392745.5	4549247.5	121.3	1970	2011	36	ΥΠΕΚΑ
18	ΕΥΡΩΠΟΣ	378059.1	4527789.0	81.4	1967	2011	44	ΥΠΕΚΑ
19	ΑΡΝΑΙΑ	466034.0	4482055.5	595.0	1953	2011	58	ΥΠΕΚΑ
20	ΑΝΘΟΦΥΤΟ	391222.5	4522729.0	47.9	1965	2011	46	ΥΠΕΚΑ
21	ΕΥΖΩΝΟΙ	378766.5	4551024.5	72.9	1965	2011	44	ΥΠΕΚΑ
22	ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	370102.5	4532763.0	255.0	1954	2013	54	ΥΠΕΚΑ
23	ΣΚΡΑ	364190.4	4550153.5	523.0	1965	2002	35	ΥΠΕΚΑ
24	ΒΑΘΥΛΑΚΟΣ	390078.0	4513270.0	100.0	1965	1989	24	ΥΠΕΚΑ
25	ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΛΟΥΔΙΑ	378639.3	4502354.2	5.0	1950	1986	35	ΥΠΕΚΑ
26	ΑΡΝΑΙΑ - ΙΔΕ	466000.0	448200.0	600.0	1960	2005	45	ΙΔΕ
27	ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ	4531115.0	4470052.0	577.0	1953	2011	58	ΕΜΥ

Πίνακας 2 : Ακατάλληλα βροχόμετρα Κεντρικής Μακεδονίας

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	X	Y	Z	ΦΟΡΕΑ	ΛΙΤΙΑ ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ
1	ΜΟΥΡΙΕΣ	399256.0	4566809.0	192.0	ΥΠΑΑΤ	ΜΙΚΡΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ
2	ΟΡΜΥΛΙΑ	462390.6	4457991.2	40.0	ΥΠΑΑΤ	ΜΗΝΙΑΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
3	ΝΙΚΟΠΟΛΗ	430994.0	4525730.0	580.0	ΥΠΑΑΤ	ΜΙΚΡΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ
4	ΜΟΝΟΠΗΓΑΔΟ	426264.0	4476096.7	420.0	ΥΠΑΑΤ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
5	ΛΟΥΤΡΑ ΑΠΟΛΛΩΝΙΑΣ	449080.7	4501539.7	90.0	ΥΠΑΑΤ	ΜΙΚΡΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ
6	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	421007.0	4511027.0	93.0	ΥΠΑΑΤ	ΜΗΝΙΑΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
7	ΖΑΓΚΛΙΒΕΡΙ	439133.0	4490504.0	209.0	ΥΠΑΑΤ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
8	ΔΙΑΒΑΤΑ	403961.4	4504226.6	18.5	ΥΠΑΑΤ	ΜΗΝΙΑΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
9	ΔΑΣΙΚΟ ΦΥΤ. ΑΡΝΑΙΑΣ	466136.7	4482163.1	561.4	ΥΠΑΑΤ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
10	ΒΡΑΧΙΑ	384279.0	4502255.0	14.0	ΥΠΑΑΤ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
11	ΑΡΕΘΟΥΣΑ	464625.0	4510692.0	390.0	ΥΠΑΑΤ	ΜΙΚΡΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ
12	ΑΝΩ ΘΕΟΔΩΡΑΚΙ	416875.8	4556564.4	480.0	ΥΠΑΑΤ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
13	ΑΓΙΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	416682.0	4501822.0	130.0	ΥΠΑΑΤ	ΜΙΚΡΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ
14	ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΑ	367256.5	4498288.8	7.5	ΥΠΑΑΤ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
15	ΑΡΝΙΣΣΑ 2	317171.8	4517210.5	535.0	ΔΕΗ	ΑΝΑΞΙΟΠΙΣΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
16	ΠΟΤΙΔΑΙΑ	447391.0	4460839.0	52.0	ΕΜΥ	ΜΙΚΡΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ

Διάγραμμα 1 : Αναξιόπιστο δείγμα βροχομέτρου σταθμός Άρνισσα 2, Πηγή : Υδροσκόπιο



2.3 Διαθέσιμα Στοιχεία – Βροχογράφοι

Συνολικά συλλέχθηκαν στοιχεία από 15 βροχογράφους: 9 του ΥΠΕΚΑ, 4 του ΥΠΠΑΤ και 2 της ΕΜΥ. Παρότι στο Υδροσκόπιο εμφανίζονται συνολικά 19 βροχογραφικοί σταθμοί ως διαθέσιμοι οι 4 από αυτούς κρίνονται άμεσα ακατάλληλοι για συλλογή στοιχείων. Τα δεδομένα των σταθμών Νέα Χαλκηδόνα και Οικισμός Σ.Σ. Μουριών του ΥΠΠΑΤ δεν ήταν διαθέσιμα, ενώ ο σταθμός ΣΕΔΕΣ της ΕΜΥ έχει πολύ μικρή διάρκεια. Στα δεδομένα των βροχομέτρων που προέρχονται από ψηφιοποιημένα αρχεία του Υδροσκοπίου παρατηρείται πολύ συχνά αλλαγή στο χρονικό βήμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να είναι πολύ περιορισμένα συνεχή και αξιοποιήσιμα δεδομένα για τις μικρές διάρκειες (5,10,15 και 30 min). Παράλληλα η χρονική ευκρίνεια του παρατηρητή κατά την ψηφιοποίηση των διαθέσιμων ταινιών των βροχογράφων μετά το 1997 δεν μπορεί να θεωρηθεί καλύτερη των 30 min. Ο συνολικός αριθμός των βροχογράφων είναι μεγαλύτερος του στόχου των προδιαγραφών (10) και ο συνολικός αριθμός των σημείων, πριν την αξιολόγησή τους, ανέρχεται σε 3520.

Πίνακας 3 : Αναλυτικών κατάλογος βροχογράφων Δυτικής Μακεδονίας

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	X	Y	Z	ΕΝΑΡΞΗ	ΛΗΞΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΦΟΡΕΑΣ
1	ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	370102.5	4532763.0	255.0	2000	2013	13	ΥΠΕΚΑ
2	ΕΥΖΩΝΟΙ	378766.5	4551024.5	72.9	1967	2013	46	ΥΠΕΚΑ
3	ΚΙΛΚΙΣ	405994.2	4538135.5	261.5	1967	2013	46	ΥΠΕΚΑ
4	ΔΟΪΡΑΝΗ	439099.9	4572994.4	142.5	1984	2011	27	ΥΠΕΚΑ
5	ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	410120.6	4504181.0	71.5	1976	2011	35	ΥΠΕΚΑ
6	ΑΓ. ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	447520.0	4479339.0	420.0	1966	2012	46	ΥΠΕΚΑ
7	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	379813.8	4539262.5	55.6	1967	1997	30	ΥΠΕΚΑ
8	ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	369487.9	4511066.5	4.1	1959	1990	31	ΥΠΕΚΑ
9	ΠΛΑΝΑ	471546.7	4468312.4	12.0	1975	2009	34	ΥΠΑΑΤ
10	ΧΑΛΑΣΤΡΑ	393471.7	4497728.2	5.0	1996	2011	15	ΥΠΑΑΤ
11	ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΕΙΑΣ	377743.8	4494540.8	0.0	1980	2009	29	ΕΜΥ
12	ΜΙΚΡΑ	412734.6	4486521.4	3.0	1963	2011	48	ΕΜΥ
13	ΦΡΑΓΜΑ ΑΞΙΟΥ	385825.7	4511493.7	30.0	1974	1987	13	ΥΠΕΚΑ
14	ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	472333.9	4476745.5	440.0	1976	1994	19	ΥΠΑΑΤ
15	ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	357046.3	4504503.1	7.0	1968	2007	39	ΥΠΑΑΤ

2.4 Μεθοδολογία Συλλογής Στοιχείων

2.4.1 ΔΕΗ

Τα δίκτυο σταθμών της ΔΕΗ στην Κεντρική Μακεδονία περιορίζεται αποκλειστικά στον βροχομετρικό σταθμό ΑΡΝΙΣΣΑ 1, τα δεδομένα του οποίου ελήφθησαν απευθείας από το ψηφιακό αρχείο του Υδροσκοπίου.

2.4.2 ΥΠΕΚΑ

Το δίκτυο σταθμών του ΥΠΕΚΑ χρησιμοποιήθηκε εκτενώς για την Κεντρική Μακεδονία. Οι περισσότεροι σταθμοί εκκινούν την λειτουργία τους την δεκαετία 60-70 και διαθέτουν στοιχεία μέχρι το 2010-11. Το ψηφιακό αρχείο του Υδροσκοπίου για τα βροχόμετρα εκτείνεται μέχρι και τα τελευταία αυτά έτη, καθώς εμπλουτίστηκε το 2013. Παρόλα αυτά ελήφθησαν και χειρόγραφα οι τιμές για το διάστημα 1997-2011 από το αρχείο του Υπουργείου. Όσον αφορά τους βροχογράφους, έγινε οπτική καταγραφή των σημαντικότερων ανά έτος καταιγίδων για το διάστημα 1997-2011 και στη συνέχεια ενοποιήθηκε το αρχείο αυτό με το ψηφιακό του Υδροσκοπίου.

2.4.3 ΥΠΑΑΤ

Το δίκτυο σταθμών του ΥΠΑΑΤ χρησιμοποιήθηκε εκτενώς για την Κεντρική Μακεδονία. Οι περισσότεροι σταθμοί εκκινούν την λειτουργία τους την δεκαετία 70-80 και διαθέτουν στοιχεία μέχρι το 2010-11, ενώ εμφανίζονται χαρακτηριστικά κενά στοιχείων μεταξύ των ετών 93-99. Πολλά βροχόμετρα όπως ήδη αναφέρθηκε λειτουργούσαν σε μηνιαία βάση ή ήταν ενεργά για μικρό χρονικό διάστημα, οπότε απερρίφθησαν εξ αρχής. Το ψηφιακό αρχείο του Υδροσκοπίου για τα βροχόμετρα του ΥΠΑΑΤ εκτείνεται μέχρι το 1997.

Για το διάστημα 1997 – 2011 ελήφθησαν χειρόγραφα οι μηνιαίες τιμές από το αρχείο του Υπουργείου. Παρομοίως για τους βροχογράφους έγινε οπτική καταγραφή των σημαντικότερων ανά έτος καταιγίδων για το διάστημα 1997-2011 και στη συνέχεια ενοποιήθηκε το αρχείο αυτό με το ψηφιακό του Υδροσκοπίου.

2.4.4 ΕΜΥ

Η ΕΜΥ διαθέτει τους σταθμούς Τρίκαλα Ημαθίας, Μίκρα, Πολύγυρος και ΣΕΔΕΣ στην Κεντρική Μακεδονία. Ο σταθμός ΣΕΔΕΣ έχει ανεπαρκή χρονική διάρκεια και δεν χρησιμοποιήθηκε. Τα στοιχεία του βροχογράφου της Μίκρας απεστάλησαν ηλεκτρονικά από την Υπηρεσία μέχρι το 1987. Το αρχείο συμπληρώθηκε έως το 2011 με ψηφιοποίηση των διαθέσιμων χειρόγραφων καταγραφών.

2.4.5 ΙΔΕ

Τα δίκτυο σταθμών του ΙΔΕ στην κεντρική Μακεδονία περιορίζεται αποκλειστικά στον βροχομετρικό σταθμό ΑΡΝΑΙΑ - ΙΔΕ, τα δεδομένα του οποίου ελήφθησαν απευθείας από το ψηφιακό αρχείο της Υπηρεσίας.

3 Αξιολόγηση Πρωτογενών Στοιχείων

3.1 Χρονική Πληρότητα

Τα στοιχεία για κάθε υδρομετεωρολογικό σταθμό διερευνήθηκαν ως προς την ετήσια πληρότητά τους, καθώς συχνά εμφανίζονται κενά. Αυτά οφείλονται κυρίως σε :

1. Σε βλάβη του οργάνου.
2. Σε απουσία ή πλημμελή καταγραφή από τον παρατηρητή.
3. Σε παύση λειτουργίας π.χ. λόγω ισχυρού παγετού κ..λπ.

Έτη όπου τα κενά ξεπερνάνε το 33% του χρόνου και οι μέγιστες τιμές ανήκουν στο κατώτερο 40% όλων των ετών, σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας επίσης δεν έγιναν αποδεκτά.

Περίπου ένα 7% των συνολικό ετών, όπως αυτά προσδιορίζονται από την ημερολογιακή διάρκεια λειτουργίας των σταθμών δεν χρησιμοποιήθηκαν. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ενδεικτικά το ποσοστό λειτουργίας του βροχογράφου για τον Σταθμό Μεγάλη Παναγιά.

Πίνακας 4 : Εντοπισμός μη αποδεκτών ετών, βροχογραφικός σταθμός Μεγάλη Παναγιά

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ 48 hr (mm)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΕΝΩΝ (%)
1989-90	33.88	81.4
1982-83	38.91	16.55
1991-92	43.27	35.25
1988-89	45.73	82.75
1993-94	51.41	24.63
1979-80	53.37	19.18
1981-82	58.96	31.48
1987-88	70.46	26.15
1992-93	71.43	67.2
1976-77	75.56	21.5
1985-86	77	34.5
1986-87	99.06	80.22
1984-85	112.11	34.37
1977-78	117.1	20.55
1978-79	144.09	28.9
1983-84	154.71	26.45
1980-81	171.9	26.4
1990-91	277.2	29.59

3.2 Έλεγχος Ακραίων Τιμών

3.2.1 Ελάχιστες Τιμές

Αναζητήθηκαν έτη στα οποία η μέγιστη βροχόπτωση 24 hr και 48 hr ήταν μικρότερη από 10 mm. Οι τιμές αυτές θεωρήθηκαν προφανώς εσφαλμένες σε χρονοσειρά ετησίων μεγίστων βροχοπτώσεων και τα αντίστοιχα δεδομένα απορρίφθηκαν.

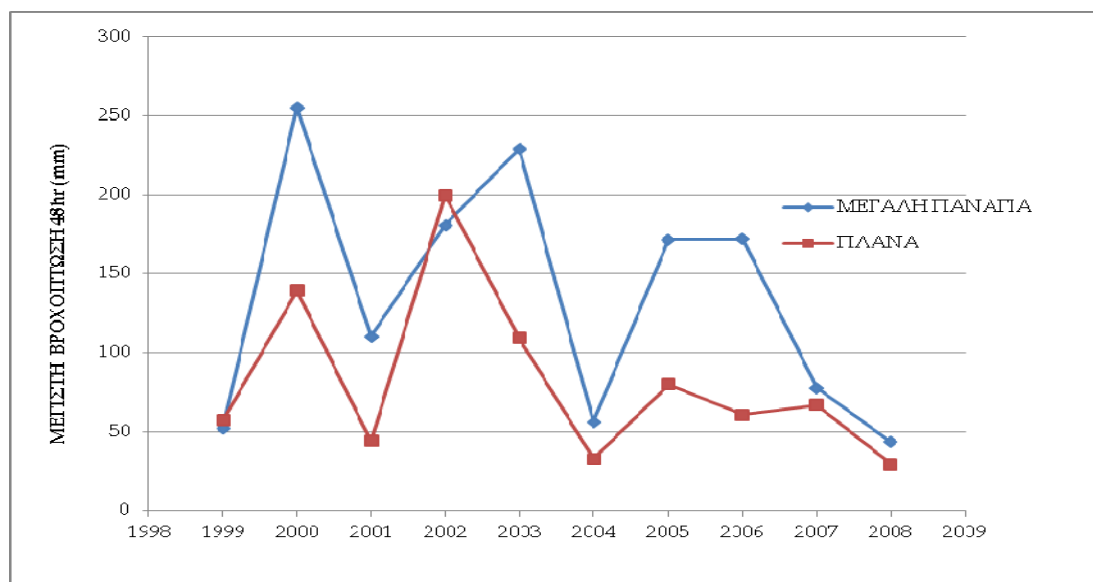
Στη συνέχεια αναζητήθηκαν έτη στα οποία η μέγιστη βροχόπτωση ήταν μικρότερη των 20 mm και μελετήθηκε η κατανομή των κενών στη καταγραφή του ετήσιου δείγματος. Εφόσον τα κενά δεν ήταν ομοιόμορφα κατανομημένα στο δείγμα, αλλά περιορίζονταν μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο π.χ. η χειμερινή περίοδος κατά την οποία ενδεχομένως λόγω παγετού να μην υπήρξε καταγραφή, αναζητήθηκαν στοιχεία από γειτονικούς σταθμούς. Εάν στους γειτονικούς σταθμούς εμφανίστηκαν ισχυρές καταιγίδες, τότε η χαμηλή ετήσια τιμή απορρίφθηκε. Επισημαίνεται ότι δείγματα με ποσοστό κενών >33% και τιμή στο κατώτερο 40% έχουν ήδη απορριφθεί σύμφωνα με τη διαδικασία της παραγράφου 3.1.

3.2.2 Μέγιστες Τιμές

Αναζητήθηκαν αρχικά έτη στα οποία η μέγιστη βροχόπτωση 24 hr και 48 hr ήταν μεγαλύτερη από 200 mm. Στην περίπτωση που εμφανίζεται μία τέτοια μεμονωμένη ακραία τιμή αναζητούνται ιστορικά στοιχεία που να επιβεβαιώνουν ή διαψεύδουν το μέγεθος της βροχόπτωσης. Για παράδειγμα, στο βροχόμετρο του σταθμού Πολύγυρος το υδρολογικό έτος 2006-2007 εμφανίζεται τιμή μεγαλύτερη των 600 mm, η οποία δεν τεκμηριώνεται ούτε από δημοσιογραφικές πηγές, ούτε όμως και από την αντίστοιχη τιμή του παρακείμενου Σταθμού Αγ. Πρόδρομος που ήταν 68 mm.

Στην περίπτωση κατά την οποία στη χρονοσειρά εμφανίζονται πολλαπλές υψηλές τιμές που ξεπερνούν το όριο τα 150 mm / 48 hr είναι απαραίτητο να διερευνηθεί κατά πόσο το γεγονός αυτό οφείλεται σε ένα συστηματικό σφάλμα (συνήθως αμέλεια του παρατηρητή ή σταθερή απόκλιση του οργάνου μέτρησης), ή πρόκειται για μία πραγματική ευρύτερη τάση των ισχυρών καταιγίδων. Στο διάγραμμα 2 παρουσιάζεται η μέγιστη βροχόπτωση 48 hr για τα βροχόμετρα των σταθμών Μεγάλη Παναγιά και Πλανά για το διάστημα 1999-2009. Ο σταθμός Μεγάλη Παναγιά εμφάνισε πολλαπλές τιμές > 150 mm μέσα στη δεκαετία 1999-2009 και ο πλησιέστερος προς σύγκριση με αυτόν σταθμός ήταν τα Πλανά. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα η τάση των μεγίστων ετήσιων βροχοπτώσεων είναι παρόμοια και στους δύο σταθμούς. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι ο μέσος όρος ολόκληρης της χρονοσειράς των μεγίστων βροχοπτώσεων για το Σταθμό Μεγάλη Παναγιά ήταν 101,00 mm και αντίστοιχα για το σταθμό Πλανά 71,20 mm μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν συντρέχουν λόγοι απόρριψης του δείγματος.

Διάγραμμα 2 : Μέγιστη ετήσια βροχόπτωση 48hr, βροχόμετρα σταθμών Μεγάλη Παναγιά, Πλάνα



3.3 Σύγκριση Βροχογράφου και Βροχομέτρου

Σε 12 από τους 30 συνολικά διαθέσιμους σταθμούς στο Υδατικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας, ποσοστό δηλαδή 40%, έχουν συλλέγει στοιχεία και από βροχογράφο και από βροχόμετρο. Είναι συνεπώς απαραίτητο να επιλεγούν ποια στοιχεία θα χρησιμοποιηθούν για τις εντάσεις των 24hr και 48 hr, κατά την παράγωγή των ομβρίων καμπυλών. Ο Πίνακας 5 δίνει συνοπτικά τον μέσο όρο των ετησίων μεγίστων βροχοπτώσεων στους σταθμούς με διπλή καταγραφή, καθώς και την μεταξύ τους απόκλιση. Επισημαίνεται ότι το βροχόμετρο καταγράφει το ύψος βροχής σε μία συγκεκριμένη ώρα σε καθημερινή βάση σε αντίθεση με το κυλιόμενο 24 hr που προκύπτει από την συνεχή μέτρηση του βροχογράφου. Έτσι λόγω του σφάλματος διακριτοποίησης είναι αναμενόμενο οι τιμές του βροχογράφου να είναι μεγαλύτερες. Οι τυπικοί συντελεστές αναγωγής της βιβλιογραφίας κυμαίνονται σε 1,13 και 1,04 για τις τιμές των 24hr και 48hr αντίστοιχα (Linsley et al., 1975).

Πίνακας 5 : Σύγκριση μέσων τιμών ετησίων μεγίστων βροχογράφου και βροχομέτρου

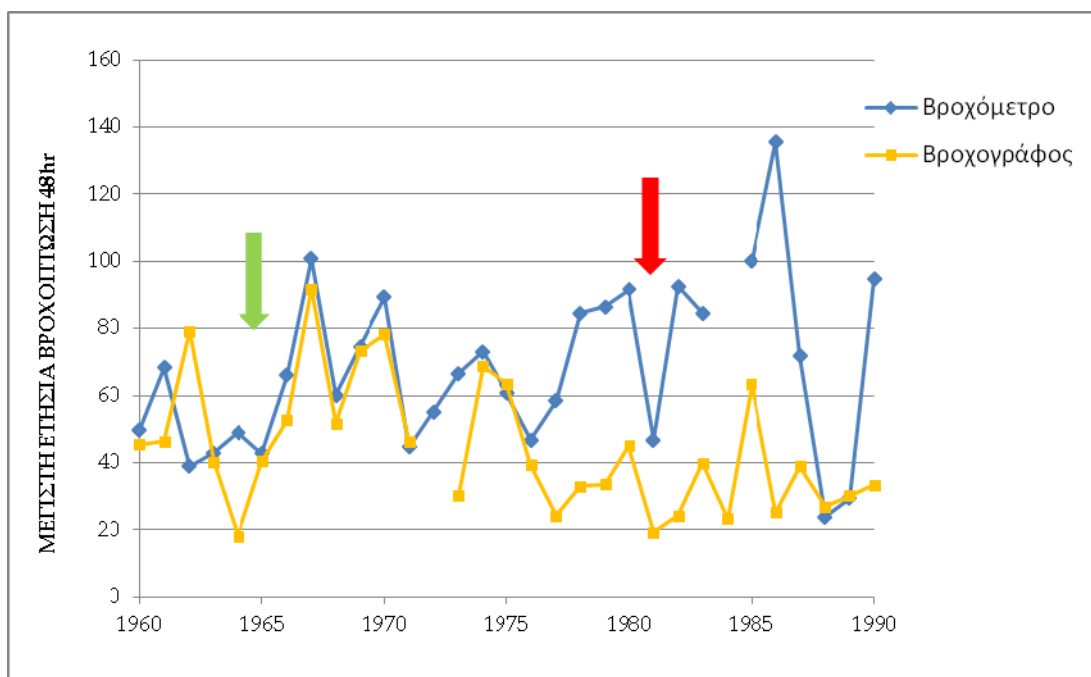
ΣΤΑΘΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ (mm)		ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ (mm)		ΔΙΑΦΟΡΑ (%)	
	24hr	48hr	24hr	48hr	24hr	48hr
ΜΙΚΡΑ	39.41	45.88	41.37	50.21	-4.97	-9.44
ΧΑΛΑΣΤΡΑ	55.25	64.83	50.16	61.39	9.21	5.31
ΔΟΪΡΑΝΗ	47.75	58.38	38.61	50	19.14	14.35
ΠΛΑΝΑ	66.46	78.63	62.01	78.16	6.70	0.60
ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	74.77	94.23	73.03	101.9	2.33	-8.14
ΑΓΙΟΣ ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	42.38	49.05	45.97	58.95	-8.47	-20.18
ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	50.06	60.26	59.2	74.3	-18.26	-23.30
ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	58.81	70.01	56.42	72.21	4.06	-3.14
ΕΥΖΩΝΟΙ	41.81	47.91	51.5	65.17	-23.18	-36.03

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ (mm)		ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ (mm)		ΔΙΑΦΟΡΑ (%)	
ΚΙΛΚΙΣ	80.37	93.67	38.57	49.66	52.01	46.98
ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	43.05	48.11	47.78	54.26	-10.99	-12.78
ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	37.12	42.81	49.82	65.35	-34.21	-47.52
ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΕΙΑΣ	51.5	68.2	46.58	61.71	9.55	9.22
ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	57	70.39	65.67	87.71	-15.21	-24.61

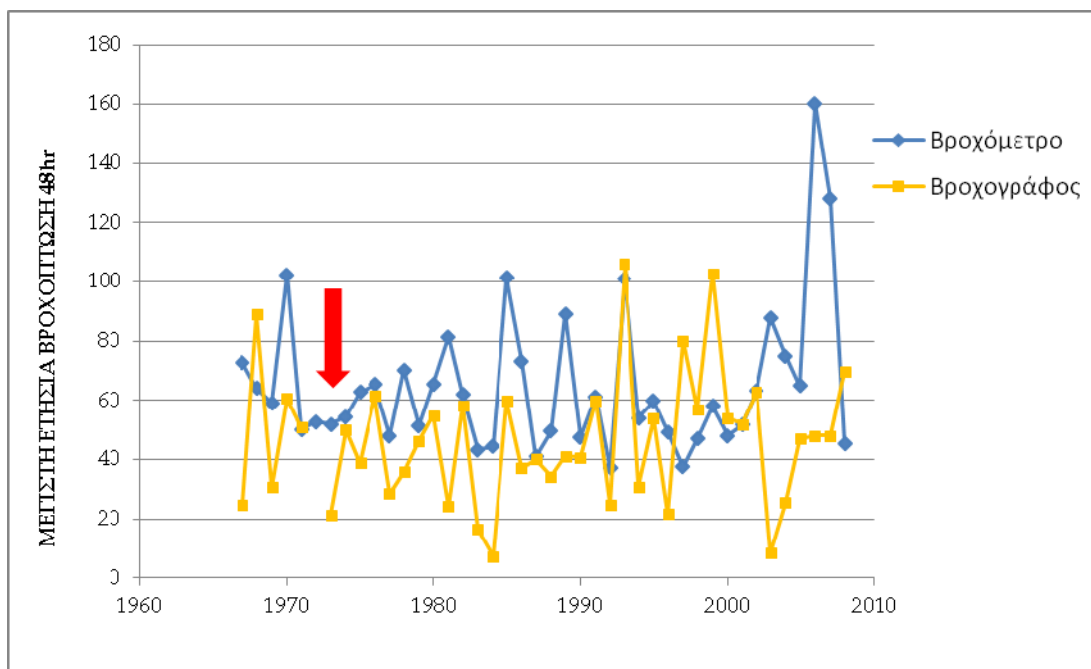
Σε αρκετούς από τους 15 σταθμούς οι τιμές μεγίστων των βροχομέτρων ήταν κατά μέσο όρο μεγαλύτερες των βροχογράφων. Το γεγονός αυτό εν μέρει μπορεί να συνδέεται με την μη αυστηρή τήρηση του 24ώρου της μέτρησης από τους παρατηρητές. Σε κάθε τέτοια περίπτωση πιο αξιόπιστη η καταγραφή του βροχογράφου. Ιδιαίτερα όμως για τους σταθμούς Παραλίμνη και Εύζωνοι η ποσοστιαία διαφορά ξεπέρασε το 30%. Για τη διερεύνηση του φαινομένου αυτού μελετήθηκαν σε αντιπαραβολή οι χρονοσειρές των δυο οργάνων μέτρησης.

Μελετώντας το Διάγραμμα 3 που αφορά στον σταθμό Παραλίμνη, είναι εμφανές ότι το διάστημα 1960-1977 η σύμπτωση βροχογράφου και βροχομέτρου είναι πολύ ικανοποιητική. Αντίθετα, το αμέσως επόμενο διάστημα 1977-1990 οι τιμές του βροχομέτρου είναι κατά πολύ μεγαλύτερες. Στο διάστημα αυτό ο βροχογράφος κινείται μεταξύ 20-40 mm, γεγονός που υποδηλώνει ότι η άνω ένταση του είναι φραγμένη πιθανώς από κάποιο συστηματικό σφάλμα. Συνεπώς στη συγκεκριμένη περίπτωση προκρίνεται η χρήση των τιμών του βροχομέτρου για τα μέγιστα 24 hr και 48 hr.

Διάγραμμα 3 : Μέγιστη ετήσια βροχόπτωση 48hr, βροχόμετρο και βροχογράφος, Παραλίμνη



Διάγραμμα 4 : Μέγιστη ετήσια βροχόπτωση 48hr, βροχόμετρο και βροχογράφος, Εύζωνοι



Αναλύοντας το Διάγραμμα 4 που αφορά το σταθμό Εύζωνοι είναι εμφανές ότι μόνο κατά το διάστημα 1990-1995 η σύμπτωση των τιμών του βροχογράφου και του βροχομέτρου είναι ικανοποιητική. Αντίθετα, κατά τα διαστήματα 1966-1990 και 2000-2009, οι τιμές του βροχομέτρου παρουσιάζονται κατά πολύ μεγαλύτερες. Οι τιμές του βροχογράφου κυμαίνονται σταθερά μεταξύ 20-60 mm, γεγονός που υποδηλώνει ότι η άνω ένταση του είναι φραγμένη πιθανώς από κάποιο συστηματικό σφάλμα. Σημειώνεται ότι για λόγους εποπτικότητας στο ανωτέρω διάγραμμα περιλαμβάνονται και υδρολογικά έτη που απορρίφθηκαν βάσει του κριτηρίου των ελαχίστων τιμών σύμφωνα με την παράγραφο 3.2. Όλα τα έτη αυτά προέρχονται από ήδη ψηφιοποιημένα αρχεία του Υδροσκοπίου. Συνεπώς στη συγκεκριμένη περίπτωση προκρίνεται η χρήση των τιμών του βροχομέτρου για τα μέγιστα 24 hr και 48 hr, με μόνη εξαίρεση το διάστημα 1990-2000, όπου θα χρησιμοποιηθούν οι τιμές του βροχογράφου.

3.4 Οριστικό Μέγεθος Δείγματος

Μετά τις διαδικασίες στατιστικού ελέγχου το τελικό μέγεθος του δείγματος για τους βροχογράφους του υδατικού διαμερίσματος της κεντρικής Μακεδονίας περιορίστηκε σε 3207 σημεία από 3520 αρχικά, ακριβώς δηλαδή όσο η απαιτούμενη τιμή των προδιαγραφών καταγράφοντας ποσοστό απωλειών 9%. Σημειώνεται ότι ο βροχογράφος του σταθμού Δοϊράνη δεν θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ομβρίων καμπυλών διότι παρουσιάζει μικρό μήκος αξιόπιστης καταγραφής.

Πίνακας 6 : Τελικό Πλήθος σημείων βροχογράφων

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΤΙΜΕΣ
1	ΜΙΚΡΑ	308
2	ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΕΙΑΣ	234
3	ΧΑΛΑΣΤΡΑ	96
4	ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	96
5	ΠΛΑΝΑ	256
6	ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	119
7	ΑΓ. ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	312
8	ΦΡΑΓΜΑ ΑΞΙΟΥ	104
9	ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	232
10	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	240
11	ΕΥΖΩΝΟΙ	368
12	ΚΙΛΚΙΣ	352
13	ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	280
14	ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	210
	ΣΥΝΟΛΟ	3207

Αντίστοιχα το τελικό μέγεθος του δείγματος για τα βροχόμετρα του υδατικού διαμερίσματος διαμορφώθηκε σε 1852 σημεία από 2246, καταγράφοντας ποσοστό απωλειών 18.5%, με αποτέλεσμα να υπολείπεται της απαιτούμενης τιμής των προδιαγραφών (6000). Υπενθυμίζεται ωστόσο, ότι έχουν εξαντληθεί όλοι οι διαθέσιμοι υδρομετεωρολογικοί σταθμοί για το υδατικό διαμέρισμα, όπως αναλυτικά παρουσιάστηκε στην παράγραφο 2.2.

Πίνακας 7 : Τελικό Πλήθος σημείων βροχογράφων

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΤΙΜΕΣ	A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΤΙΜΕΣ
1	ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΕΙΑΣ	46	16	ΑΓ. ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	86
2	ΜΙΚΡΑ	92	17	ΜΕΓΑΛΗ ΣΤΕΡΝΑ	74
3	ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	50	18	ΕΥΡΩΠΟΣ	86
4	ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	20	19	ΑΡΝΑΙΑ	108
5	ΜΕΛΑΝΘΙΟ	38	20	ΑΝΘΟΦΥΤΟ	90
6	ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	50	21	ΕΥΖΩΝΟΙ	88
7	ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	38	22	ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	108
8	ΠΛΑΝΑ	52	23	ΣΚΡΑ	70
9	ΧΑΛΑΣΤΡΑ	54	24	ΒΑΘΥΛΛΑΚΟΣ	48
10	ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	22	25	ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΛΟΥΔΙΑ	70
11	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	80	26	ΑΡΝΑΙΑ - ΙΔΕ	40
12	ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	124	27	ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ	120
13	ΔΟΪΡΑΝΗ	22	28		
14	ΚΙΑΚΙΣ	76		ΣΥΝΟΛΟ	1852
15	ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	62			

4 Βασικά Στατιστικά Μεγέθη Χρονοσειρών

4.1 Μέσες Τιμές

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η μέγιστη τιμή και η ελάχιστη τιμή των χρονοσειρών της μέγιστης ημερήσιας βροχόπτωσης όλων των σταθμών μέτρησης του υδατικού διαμερίσματος. Οι τιμές κατατάσσονται κατά φθίνουσα σειρά.

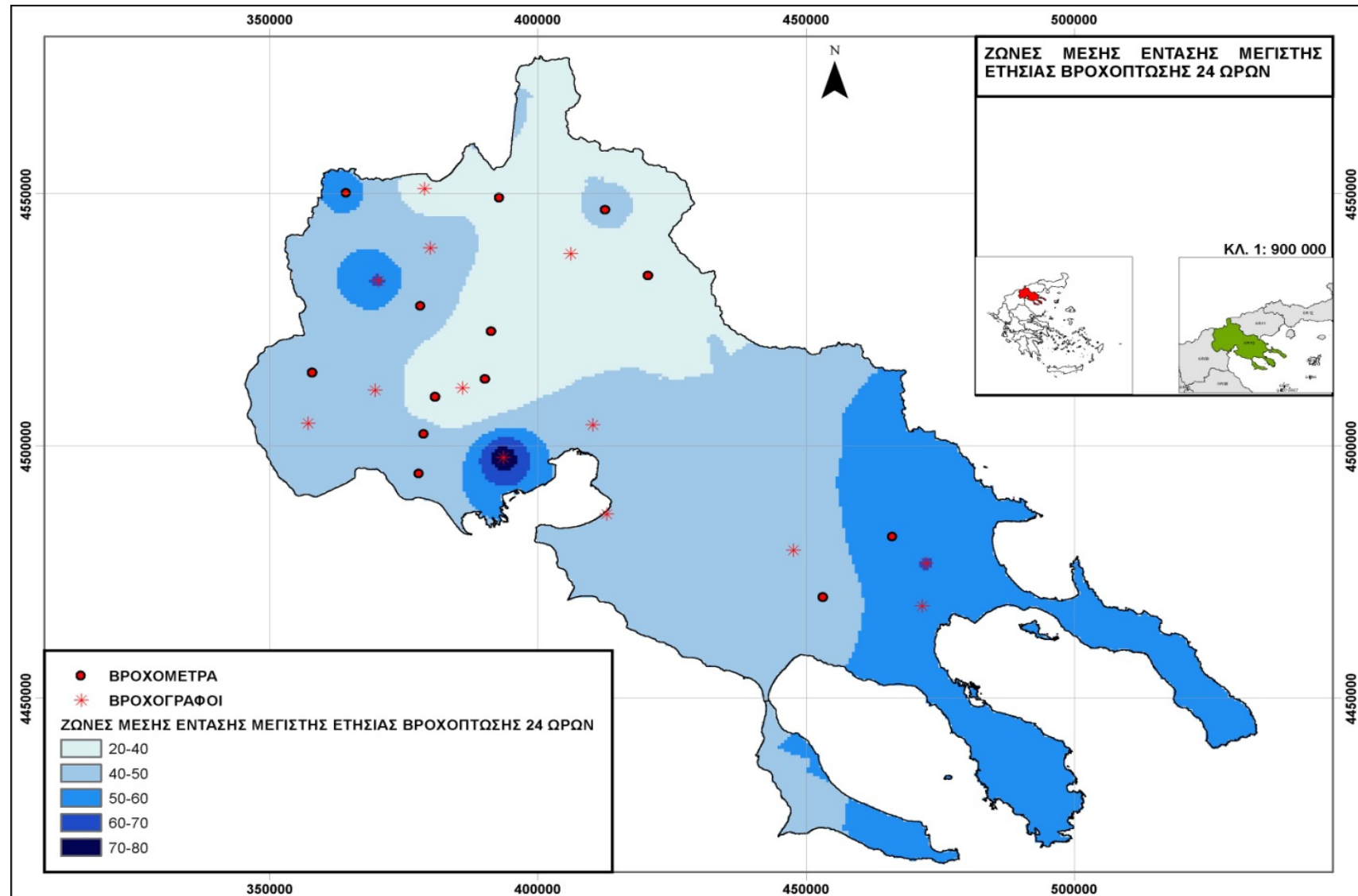
Πίνακας 8 : Βασικά στατιστικά μεγέθη χρονοσειρών ετησίων μεγίστων

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (mm)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (mm)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (mm)
ΣΚΡΑ	138.00	76.90	29.50
ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	247.70	74.77	24.40
ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	114.50	70.39	37.00
ΑΡΝΑΙΑ	302.00	69.22	13.00
ΠΛΑΝΑ-ΥΠΠΑΤ	154.60	66.45	24.70
ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ	132.00	64.42	25.00
ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΛΟΥΔΙΑ	90.80	60.29	28.00
ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	80.00	59.20	26.00
ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	92.80	58.81	25.70
ΕΥΡΩΠΟΣ	128.00	55.64	20.50
ΑΡΝΑΙΑ - ΙΔΕ	99.00	55.30	14.40
ΧΑΛΑΣΤΡΑ	186.00	55.25	15.00
ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	120.00	53.42	20.00
ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	83.00	53.18	32.00
ΕΥΖΩΝΟΙ	90.90	51.50	23.30
ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	96.40	49.82	16.80
ΒΑΘΥΛΑΚΟΣ	75.00	49.70	26.00
ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	94.80	47.79	14.20
ΜΕΓΑΛΗ ΣΤΕΡΝΑ	90.80	47.76	21.40
ΔΟΪΡΑΝΗ	60.00	47.75	12.50
ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΕΙΑΣ	85.50	46.58	24.40
ΑΓΙΟΣ ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	87.20	45.97	14.60
ΚΙΛΚΙΣ	103.50	42.42	14.40
ΜΕΛΑΝΘΙΟ	80.00	42.28	20.00
ΜΙΚΡΑ	94.40	41.37	20.00
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	109.00	40.81	16.00
ΑΝΘΟΦΥΤΟ	84.00	40.28	15.00
ΦΡΑΓΜΑ ΑΞΙΟΥ	37.93	25.65	14.35

Παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος των μεγίστων βροχοπτώσεων στο Υδατικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας είναι γενικά χαμηλός. Επιπροσθέτως μόνο σε 4 σταθμούς (Μεγάλη Παναγιά, Αρναία, Πλανά και Χαλάστρα) εμφανίζονται μέγιστες τιμές που να ξεπερνούν τα 150 mm / 24 hr.

Αντιθέτως σε 11 σταθμούς παρουσιάζονται ελάχιστες τιμές που δεν ξεπερνούν τα 20 mm / 24 hr. Μία αρχική εκτίμηση λοιπόν είναι ότι πρόκειται για γεωγραφική περιοχή με σχετικά ήπιες καταιγίδες.

Στον Χάρτη 1 παρουσιάζεται εποπτικά η χωρική κατανομή του μέσου όρου των μεγίστων βροχοπτώσεων 24 hr (χάρτης ισοτιμικών καμπυλών) για το σύνολο του υδατικού διαμερίσματος.



4.2 Δομή Καταιγίδων

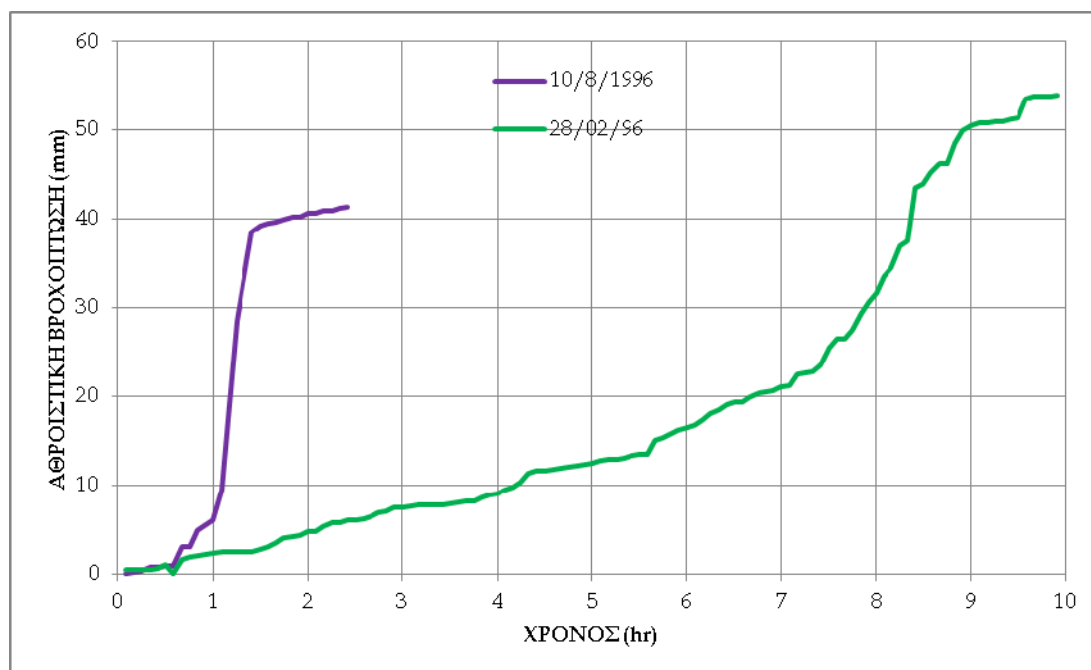
Στην παράγραφο διερευνάται η δομή των ισχυρών καταιγίδων από τις οποίες παράγονται οι μέγιστες ετήσιες τιμές για τις διάφορες χρονικές κλίμακες.

Βάσει των στοιχείων των βροχογράφων διακρίνονται δύο κύριοι τύποι καταιγίδων :

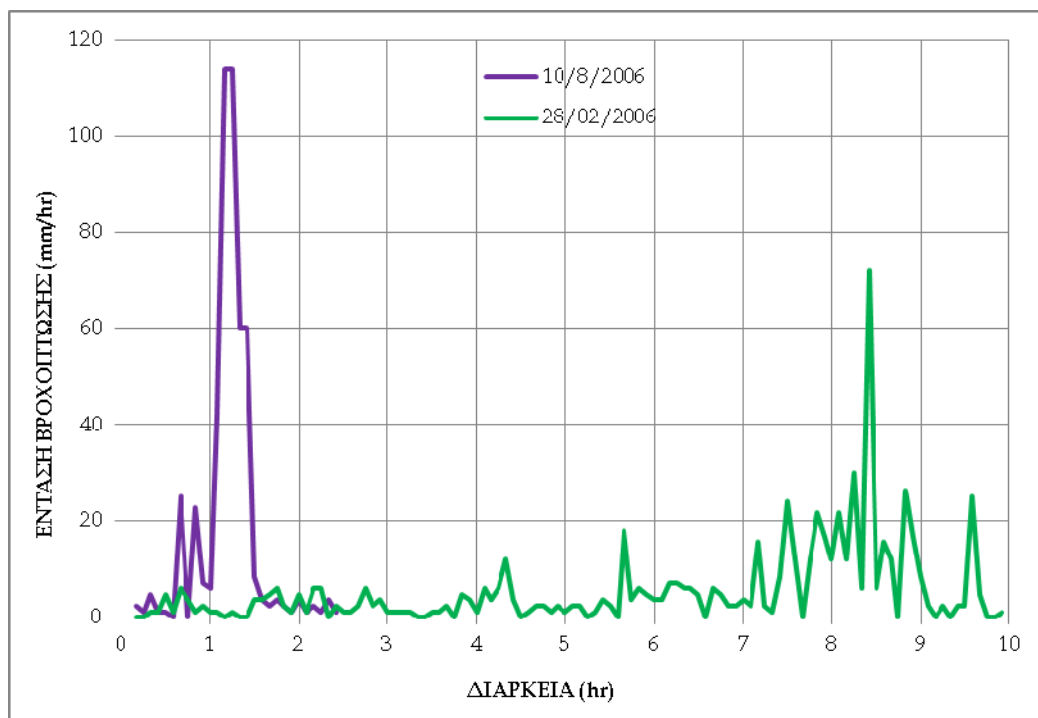
1. Καταιγίδες με μεγάλη συνολική βροχόπτωση, με σχετικά ομοιόμορφη ένταση μέσα στο χρόνο και μεγάλη διάρκεια, οι οποίες εμφανίζονται κατά τους χειμερινούς μήνες.
2. Καταιγίδες με σημαντική συνολική βροχόπτωση, αλλά μικρή διάρκεια και απότομη κορύφωση της έντασης, οι οποίες εμφανίζονται κατά τους θερινούς μήνες.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα μέγιστα ύψη βροχόπτωσης των μικρών διαρκειών (5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 1 hr, 2 hr, 3 hr) να προέρχονται κυρίως από την 2^η κατηγορία καταιγίδων ενώ τα μέγιστα των μεγαλύτερων διαρκειών από την 1^η. Στο παράδειγμα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκριτικά οι δύο ισχυρότερες καταιγίδες από τις οποίες προήρθαν τα μέγιστα του υδρολογικού έτους 2005-2006 για το σταθμό της ΕΜΥ Τρίκαλα Ημαθίας.

Διάγραμμα 5 : Καμπύλες μάζας, Σταθμός Τρίκαλα Ημαθίας 2006



Διάγραμμα 6 : Υετογράφημα Σταθμός Τρίκαλα Ημαθίας 2006



Παρατηρούμε ότι η θερινή καταιγίδα της 10/08/2006 έχει συνολικό υετό 41,4 mm, διάρκεια 1,50 hr, η δε μέγιστη έντασή της με χρονικό βήμα υπολογισμού τα 5 min, προσεγγίζει τα 120 mm/hr. Η χειμερινή καταιγίδα της 28/02/2006 από την άλλη, έχει συνολικό υετό 54,5mm, διάρκεια 10 hr και μέγιστη ένταση 72 mm/hr. Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας μέγιστων υψών ανά διάρκεια :

Πίνακας 9 : Μέγιστο ύψος βροχόπτωσης ανά χρονική κλίμακα, Τρίκαλα Ημαθίας 2006

ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ
5 min	9.50
10 min	19.00
15 min	24.00
30 min	28.50
60 min	36.70
2 hr	37.00
3 hr	41.40
6 hr	48.20
12 hr	54.60
24 hr	54.60
48 hr	54.60

5 Όμβριες Καμπύλες

5.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Οι όμβριες καμπύλες εκφράζονται μέσω της γενικής σχέσης :

$$i = \frac{a(T)}{b(d)}$$

όπου: i , η μέγιστη ένταση βροχής για διάρκεια του επεισοδίου βροχόπτωσης d ,
 T η περίοδος επαναφοράς και
 $a(T)$ συναρτήσεις της περιόδου επαναφοράς και $b(d)$ της διάρκειας αντίστοιχα.
Η συνάρτηση $b(d)$ σύμφωνα με τις προδιαγραφές έχει τη μορφή :

$$b(d) = \left(1 + \frac{d}{\theta}\right)^n$$

όπου: θ και n παράμετροι με πεδίο τιμών $\theta > 0$, $0 < n < 1$.

Η συνάρτηση $a(T)$ καθορίζεται από την συνάρτηση κατανομής μεγίστων που θα υιοθετηθεί για τη μέγιστη ετήσια ένταση βροχόπτωσης. Οι προδιαγραφές καθορίζουν ότι θα γίνει χρήση της Γενικής Συνάρτησης Κατανομής Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ), που είναι η πλέον κατάλληλη συνάρτηση για την παράσταση ακραίων φαινομένων (Κουτσογιάννης, 2007,2010). Η αναλυτική σχέση της κατανομής ΓΑΤ έχει ως εξής :

$$F(x) = \exp\{-[1 + \kappa((x/\lambda) - \psi)]^{\tau}(-1/\kappa)\}, x \geq \lambda(\psi - 1/\kappa)$$

Με την προϋπόθεση ότι $F(x) = 1 - 1/T$, η οποία ισχύει εφόσον πρόκειται για κατανομή μεγίστων και με την αντικατάσταση $\lambda' = \lambda/\kappa$ και $\psi' = 1 - \kappa\psi$ η ανωτέρω εξίσωση επιλύεται ως προς $x(T)$, όπου η μεταβλητή $x(T)$ αντιπροσωπεύει το γινόμενο $ib(d)$.

$$x(T) = \lambda' \left\{ \left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right) \right]^{-\tau} - \psi' \right\}$$

Αν συμβολίσουμε με T' τη περίοδο επαναφοράς που αντιστοιχεί στην χρονοσειρά μεγίστων υπεράνω κατωφλίου, τότε ο παρακάτω μετασχηματισμός συνδέει τα T και T' :

$$T' = \frac{1}{-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)}$$

Και προσεγγίζεται με ικανοποιητική ακρίβεια από την γραμμική σχέση $T = T' + 0.5$. Η ανωτέρω αναγωγή παράγει αντιπροσωπευτικότερα αποτελέσματα για τις μικρές περιόδους επαναφοράς $1 < T < 10$. Επιπλέον επιτρέπει την απλοποίηση της έκφρασης των ομβρίων καμπυλών συναρτήσει της περιόδου T' παρόλο που στην ανάλυση χρησιμοποιείται η σειρά των ετησίων μεγίστων.

Πρακτικά για $T > 10$ η αναγωγή δεν απαιτείται αριθμητικά (Κουτσογιάννης, 1997). Έτσι προκύπτει μία έκφραση ταυτίζεται με την κατανομή Pareto, σύμφωνα με τις προδιαγραφές :

$$x(T') = \lambda'(T'^{\kappa} - \psi')$$

Η τελική έκφραση των ομβρίων καμπυλών μετά τις αντικαταστάσεις έχει τη μορφή :

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

Για την εκτίμηση των παραμέτρων θ , η , κ , λ' , ψ' (ή ισοδύναμα λ , ψ) της γενικής σχέσης των ομβρίων καμπυλών απαιτείται η εφαρμογή στατιστικών μεθόδων. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές αυτές θα είναι η αριθμητική μέθοδος βελτιστοποίησης για τις παραμέτρους θ , η .

5.2 Λογισμικό

Για την εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων υπολογισμού χρησιμοποιήθηκαν :

- Πρωτότυπο πρόγραμμα Η/Υ για τον προσδιορισμό των παραμέτρων θ , η με δυνατότητα υπολογισμού του κριτηρίου Kruskal – Wallis.
- Το προτεινόμενο από τις προδιαγραφές λογισμικό «Υδρογνώμων», το οποίο συντάχθηκε από την ερευνητική ομάδα «ΙΤΙΑ» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για τον υπολογισμό των υπολοίπων παραμέτρων κ , λ , ψ των ομβρίων καμπυλών.

Αρχικά εφαρμόζεται η μέθοδος της ενοποίησης των διαρκειών για τον προσδιορισμό των θ , η του παρονομαστή μέσω μίας διαδικασίας εξαντλητικών δοκιμών. Γίνεται υπόθεση ελέγχου ενός ζεύγους τιμών θ , η και υπολογίζεται ένας στατιστικός δείκτης h προσαρμογής (Kruskal – Wallis) για το δείγμα. Μετά από επαναληπτικές δοκιμές επιλέγεται το ζεύγος τιμών θ , η που ελαχιστοποιεί το h .

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

Ακολουθώντας με δεδομένες τις τιμές θ , η οι οποίες εισάγονται στον «Υδρογνώμων», το λογισμικό χρησιμοποιεί το ενοποιημένο δείγμα που προκύπτει για κάθε i_{ji} πολλαπλασιάζοντάς το με $b(d_j + \theta)^{\eta}$ δηλαδή $y_{ji} = i_{ji}b(d_j)$, για τον προσδιορισμό των παραμέτρων λ , ψ και κ της συνάρτησης κατανομής ΓΑΤ. Η όλη διαδικασία περιγράφεται λεπτομερώς στο τεύχος θεωρητικής τεκμηρίωσης του προγράμματος (ΕΜΠ, 2010). Σύμφωνα με το Υπηρεσιακό σημείωμα της 29.01.15 η προκύπτουσα τιμή του λ διαιρείται με θ^{η} , προκειμένου να επιλυθεί η διαφορά που προκύπτει από τη χρήση της προκαθορισμένης σχέσης $b = (d + \theta)^{\eta}$ από το πρόγραμμα για τη συνάρτηση διάρκειας σε αντίθεση με την εξίσωση $b = (1 + d / \theta)^{\eta}$ των προδιαγραφών (παράγραφος 6.1).

5.3 Σημειακές Όμβριες Καμπύλες

Η μεθοδολογία για την κατασκευή των ομβρίων καμπυλών με τη χρήση χρονοσειρών που είναι διαθέσιμες σε πολλαπλές χρονικές κλίμακες είναι δυνατόν να εφαρμοστεί άμεσα μόνο στη θέση των βροχογράφων. Οι όμβριες καμπύλες που θα προκύψουν με τον τρόπο αυτό εγγυώνται τη βέλτιστη προσαρμογή των παραμέτρων τους σε κάθε σημειακό δείγμα. Λαμβάνοντας υπόψη όμως το μικρό μήκος των χρονοσειρών προτείνεται ειδικά για τις μεγάλες περιόδους η χρήση των καμπυλών που θα προκύψουν μετά την διαδικασία ενοποίησης του δείγματος για την εκτίμηση των παραμέτρων της συνάρτησης διάρκειας και την διαδικασία αμερόληπτης εκτίμησης της παραμέτρου σχήματος. Ο Πίνακας 10 παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά των σημειακών ομβρίων καμπυλών.

Πίνακας 10 : Χαρακτηριστικά σημειακών ομβρίων καμπυλών στις θέσεις των βροχογράφων

ΣΤΑΘΜΟΣ	θ	η	ψ	λ'	κ	KW
ΜΙΚΡΑ	0.10	0.79	2.35	43.18	-0.08	38.75
ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	0.13	0.71	2.07	25.23	0.13	0.94
ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	0.16	0.75	2.58	25.46	-0.04	1.37
ΚΙΛΚΙΣ	0.14	0.70	2.75	20.21	-0.03	3.98
ΕΥΖΩΝΟΙ	0.45	0.67	3.02	8.24	0.01	6.69
ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	0.01	0.64	2.81	103.09	-0.10	14.25
ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	0.00	0.64	2.35	424.97	0.08	7.35
ΑΓ.ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	0.52	0.74	2.45	10.75	0.08	1.42
ΦΡΑΓΜΑ ΑΞΙΟΥ	0.86	0.74	2.90	4.00	-0.06	3.49
ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΕΙΑΣ	0.04	0.68	2.01	56.93	0.10	1.25
ΧΑΛΑΣΤΡΑ	0.99	0.87	1.35	11.78	0.39	1.57
ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	0.00	0.72	2.54	776.55	-0.18	9.68
ΠΛΑΝΑ	0.00	0.66	2.81	569.23	0.11	3.41
ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	0.02	0.57	2.27	60.51	0.02	8.65

5.4 Εκτίμηση Παραμέτρων η , θ της Συνάρτησης Διάρκειας $b(d)$

Προκειμένου να αξιοποιηθούν και τα δεδομένα των βροχομέτρων είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η συνάρτηση διάρκειας στις θέσεις αυτών. Επιπλέον δεδομένου του μικρού αριθμού των βροχογράφων αλλά και του μικρού χρονικού μήκους του δείγματός τους, η χρήση των σημειακών συντελεστών που υπολογίστηκαν στην παράγραφο 6.3 με ένα μοντέλο χωρικής παρεμβολής κρίνεται ως επισφαλής. Συνεπώς, προτείνεται η εξαγωγή ενιαίων συντελεστών η , θ για όλο το υδατικό διαμέρισμα, οι οποίοι θα προκύψουν για το σύνολο των 14 βροχογράφων με ενοποίηση του δείγματός τους. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές η ενοποίηση αφορά στις διάρκειες βροχόπτωσης έως και 1 hr. Από την πρώτη εφαρμογή αυτής της διαδικασίας βελτιστοποίησης προέκυψαν οι τιμές $\eta=0.604$ και $\theta=0.011$. Σε σύγκριση με το μέσο όρο των επιμέρους συντελεστών η_i (0.70) και θ_i (0.24) παρατηρούμαι ότι η τιμή του η είναι παραπλήσια του μέσου όρου, ενώ η τιμή του θ είναι σημαντικά μειωμένη.

Οι προαναφερθείσες τιμές των παραμέτρων η , θ ακολούθως συγκρίθηκαν με αυτές που υπολογίστηκαν για τα υπόλοιπα υδατικά διαμερίσματα της Ελληνικής επικράτειας και προέκυψε ότι :

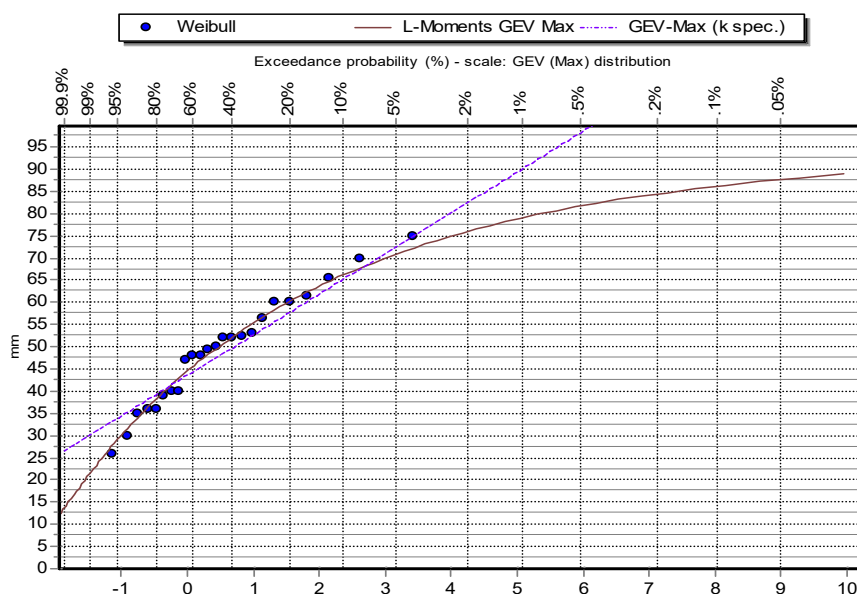
- Η τιμή του η εμπίπτει στο εύρος των υπολογισθεισών τιμών (0.6-0.7)
- Η τιμή του θ απέχει κατά πολύ του αντίστοιχου εύρους τιμών (0.08-0.12)

Η διαφορά αυτή οφείλεται κυρίως στο πολύ πτωχό δείγμα των διαθέσιμων βροχογράφων για το Υδατικό Διαμέρισμα 10 στις μικρές διάρκειες βροχόπτωσης (5min έως 30min). Προκειμένου να αρθεί αυτή η ανακολουθία και κατόπιν της σύμφωνης γνώμης της Υπηρεσίας, δημιουργήθηκε ένα κοινό δείγμα από τα δύο γειτνιάζοντα υδατικά διαμερίσματα ΥΔ9-ΥΔ10, το οποίο περιλαμβάνει μόνο τους βροχογραφικούς σταθμούς εκείνους στους οποίους είναι διαθέσιμες όλες οι χρονικές κλίμακες των μικρών διαρκειών. Το συνολικό πλήθος του δείγματος έτσι ξεπερνά τις 600 τιμές. Από την νέα διαδικασία βελτιστοποίησης που ακολούθησε προέκυψαν οι τιμές $\eta=0.686$ και $\theta=0.076$, οι οποίες είναι ικανοποιητικές.

5.5 Αμερόληπτη Εκτίμηση της Παραμέτρου Σχήματος

Η παράμετρος σχήματος κ , είναι η πλέον σημαντική, όσον αφορά τις ακραίες τιμές μεγάλων περιόδων επαναφοράς όταν εφαρμόζεται η κατανομή ΓΑΤ. Όπως παρατηρείται και στον Πίνακα 10, σε αρκετούς από τους βροχογράφους η αρχική εκτίμηση του συντελεστή σχήματος κ παρήγαγε αρνητικές τιμές γεγονός που υποδηλώνει ότι η άνω ένταση της βροχόπτωσης είναι φραγμένη, γεγονός μη ρεαλιστικό. Προκειμένου να επιλυθεί το πρόβλημα αυτό και σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ορίζουν να εφαρμοστεί εξειδικευμένη μεθοδολογία για τον υπολογισμό των εντάσεων σε μεγάλες περιόδους επαναφοράς, εφαρμόστηκε η μεθοδολογία που εισήγαγαν οι Papalexίου και Koytsoyiannis (2013). Συγκεκριμένα γίνεται μία αμερόληπτη εκτίμηση της παραμέτρου κ , έστω κ^* , η οποία δεν λαμβάνει αρνητικές τιμές και έχει αμελητέα πιθανότητα να λάβει μηδενική τιμή, δηλαδή πρακτικά είναι κάτω φραγμένη $\kappa^*>0$. Αντίστοιχα, αμερόληπτες θα είναι και οι υπόλοιπες προκύπτουσες παράμετροι της ΓΑΤ. Στο Διάγραμμα 7 ενδεικτικά παρουσιάζεται η 24ωρη μέγιστη ένταση για το σταθμό Γουμένισσα πριν και μετά την αμερόληπτη εκτίμηση της παραμέτρου σχήματος. Οι αμερόληπτες παράμετροι σχήματος σε σχέση με την εκτίμησή της τους μέσω της μεθόδου των L-ροπών για κάθε σταθμό του υδατικού διαμερίσματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.

Διάγραμμα 7 : Σταθμός Γουμένισσα, εισαγωγή αμερόληπτης παραμέτρου σχήματος



Πίνακας 11 : Αμερόληπτη Παράμετρος Σχήματος

α/α	Σταθμός	θ	η	κ	κ^*
1	ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	0.076	0.686	0.01	0.09
2	ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΕΙΑΣ	0.076	0.686	0.12	0.12
4	ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	0.076	0.686	0.08	0.12
9	ΧΑΛΑΣΤΡΑ	0.076	0.686	0.25	0.15
10	ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	0.076	0.686	-0.02	0.10
12	ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	0.076	0.686	0.14	0.13
24	ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΛΟΥΔΙΑ	0.076	0.686	-0.32	0.01
28	ΦΡΑΓΜΑ ΑΞΙΟΥ	0.076	0.686	0.02	0.11
5	ΜΕΛΑΝΘΙΟ	0.076	0.686	-0.02	0.09
6	ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	0.076	0.686	0.18	0.14
7	ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	0.076	0.686	0.16	0.13
8	ΠΛΑΝΑ	0.076	0.686	0.12	0.12
13	ΔΟΪΡΑΝΗ	0.076	0.686	-0.02	0.10
16	ΑΓ.ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	0.076	0.686	0.1	0.11
26	ΑΡΝΑΙΑ-ΙΔΕ	0.076	0.686	-0.03	0.09
3	ΜΙΚΡΑ	0.076	0.686	-0.02	0.07
11	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	0.076	0.686	-0.08	0.07
14	ΚΙΛΚΙΣ	0.076	0.686	-0.03	0.07
15	ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	0.076	0.686	-0.04	0.08
17	ΜΕΓΑΛΗ ΣΤΕΡΝΑ	0.076	0.686	0	0.08
18	ΕΥΡΩΠΟΣ	0.076	0.686	0.03	0.09
19	ΑΝΘΟΦΥΤΟ	0.076	0.686	0	0.08
20	ΕΥΖΩΝΟΙ	0.076	0.686	0.02	0.09
21	ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	0.076	0.686	-0.11	0.08
22	ΣΚΡΑ	0.076	0.686	-0.21	0.02
23	ΒΑΘΥΛΑΚΟΣ	0.076	0.686	-0.18	0.05
27	ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ	0.076	0.686	-0.01	0.07

Σύμφωνα με τις οδηγίες του υπηρεσιακού σημειώματος της 29.01.15, το Υδατικό Διαμέρισμα χωρίζεται σε ζώνες για τις οποίες θεωρείται μία ενιαία και αντιπροσωπευτική τιμή της παραμέτρου κ^* . Οι ζώνες καθορίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αντιπροσωπεύουν χωρικές περιοχές με παραπλήσια χαρακτηριστικά π.χ. υψομετρία και ο αριθμός των σταθμών που ανήκουν σε κάθε μία από αυτές να είναι περίπου ο ίδιος. Για το Υδατικό διαμέρισμα 10 καθορίστηκαν συνολικά τρεις ζώνες και οι ενιαίες τιμές του κ^* προέκυψαν ίσες με $\kappa_1^*=0.1$, $\kappa_2^*=0.12$ και $\kappa_3^*=0.07$ αντίστοιχα (Πίνακας 12). Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο αντίστοιχος χάρτης σε σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών.

Πίνακας 12 : Ζώνες τιμών κ^*

α/α	ΖΩΝΗ	ΣΤΑΘΜΟΣ	κ^*
1	1	ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	0.1
2	1	ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΕΙΑΣ	0.1
4	1	ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	0.1
9	1	ΧΑΛΑΣΤΡΑ	0.1
10	1	ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	0.1
12	1	ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	0.1
24	1	ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΛΟΥΔΙΑ	0.1
28	1	ΦΡΑΓΜΑ ΑΞΙΟΥ	0.1
5	2	ΜΕΛΑΝΘΙΟ	0.12
6	2	ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	0.12
7	2	ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	0.12
8	2	ΠΛΑΝΑ	0.12
13	2	ΔΟΪΡΑΝΗ	0.12
16	2	ΑΓ.ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	0.12
26	2	ΑΡΝΑΙΑ-ΙΔΕ	0.12
3	3	ΜΙΚΡΑ	0.07
11	3	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	0.07
14	3	ΚΙΑΚΙΣ	0.07
15	3	ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	0.07
17	3	ΜΕΓΑΛΗ ΣΤΕΡΝΑ	0.07
18	3	ΕΥΡΩΠΟΣ	0.07
19	3	ΑΝΘΟΦΥΤΟ	0.07
20	3	ΕΥΖΩΝΟΙ	0.07
21	3	ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	0.07
22	3	ΣΚΡΑ	0.07
23	3	ΒΑΘΥΛΑΚΟΣ	0.07
27	3	ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ	0.07

5.6 Κατάρτιση Ομβρίων Καμπυλών

Πλέον είναι άμεσα δυνατή η κατάρτιση των τελικών ομβρίων καμπυλών στις θέσεις τόσο των βροχομέτρων όσο και των βροχογράφων. Υπενθυμίζεται ότι η όμβρια καμπύλη με την εφαρμογή της ΓΑΤ χαρακτηρίζεται από 5 παραμέτρους. Την παράμετρο η της συνάρτησης διάρκειας $b(d)$ η οποία υιοθετήθηκε ενιαία για όλο το υδατικό διαμέρισμα και ίση με $\eta=0.686$, μετά από μία διαδικασία βελτιστοποίησης του συνολικού δείγματος των βροχογράφων των ΥΔ9-ΥΔ10. Αντίστοιχα, την παράμετρο θ της συνάρτησης διάρκειας $b(d)$ η οποία υιοθετήθηκε ενιαία για όλο το υδατικό διαμέρισμα και ίση με $\theta=0.076$. Την αμερόληπτη παράμετρο σχήματος κ^* , όπως προσδιορίστηκε σε τρεις ζώνες : $\kappa_1^*=0.1$, $\kappa_2^*=0.12$ και $\kappa_3=0,07$ αντίστοιχα. Και τέλος, τις παραμέτρους ψ , λ οι οποίες πλέον υπολογίζονται ανά σταθμό με μία διαδικασία βέλτιστης προσαρμογής της ΓΑΤ στα αντίστοιχα δείγματα των βροχογράφων ή βροχομέτρων. Ειδικά στην περίπτωση των βροχομέτρων πρέπει να εφαρμόζονται οι τυπικοί αυξητικοί συντελεστές αναγωγής, λόγω της μη κυλιόμενης καταγραφής της 24hr βροχόπτωσης στις χρονοσειρές των 24 και 48h. Οι τελικές τιμές των παραμέτρων που υπολογίστηκαν για όλους τους σταθμούς μέτρησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.

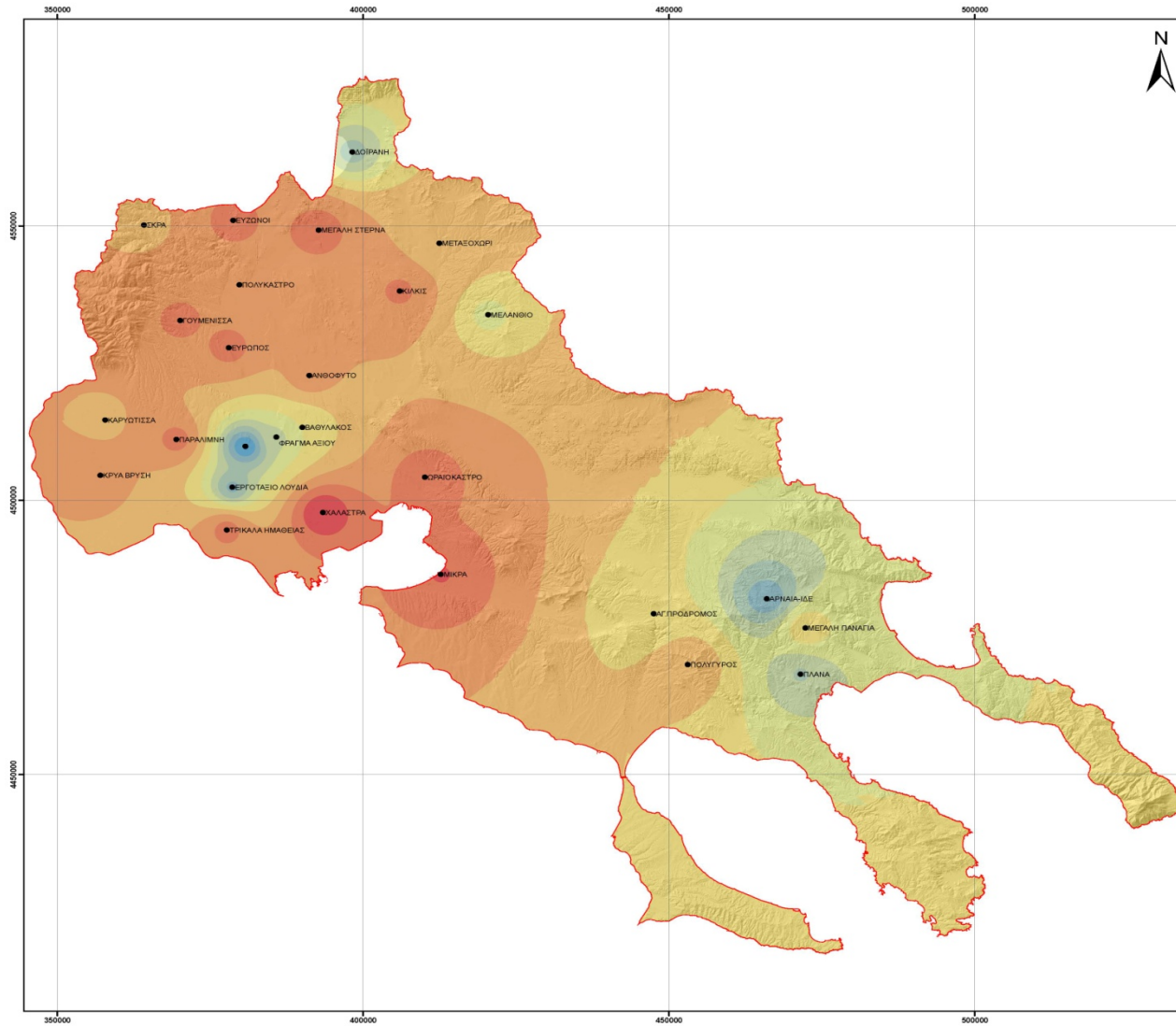
Πίνακας 13 : Τελικές παράμετροι ομβρίων καμπυλών

α/α	ΖΩΝΗ	ΣΤΑΘΜΟΣ	θ	η	κ^*	ψ'	λ'
1	1	ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	0.076	0.686	0.1	0.75	412.42
2	1	ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΕΙΑΣ	0.076	0.686	0.1	0.80	377.85
4	1	ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	0.076	0.686	0.1	0.76	314.58
9	1	ΧΑΛΑΣΤΡΑ	0.076	0.686	0.1	0.87	588.16
10	1	ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	0.076	0.686	0.1	0.59	265.38
12	1	ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	0.076	0.686	0.1	0.80	331.57
24	1	ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΛΟΥΔΙΑ	0.076	0.686	0.1	0.63	323.37
28	1	ΦΡΑΓΜΑ ΑΞΙΟΥ	0.076	0.686	0.1	0.67	143.53
5	2	ΜΕΛΑΝΘΙΟ	0.076	0.686	0.12	0.69	261.18
6	2	ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	0.076	0.686	0.12	0.73	286.07
7	2	ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	0.076	0.686	0.12	0.71	370.53
8	2	ΠΛΑΝΑ	0.076	0.686	0.12	0.66	321.22
13	2	ΔΟΪΡΑΝΗ	0.076	0.686	0.12	0.65	247.02
16	2	ΑΓ.ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	0.076	0.686	0.12	0.70	258.25
26	2	ΑΡΝΑΙΑ-ΙΔΕ	0.076	0.686	0.12	0.62	301.70
3	3	ΜΙΚΡΑ	0.076	0.686	0.07	0.82	460.28
11	3	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	0.076	0.686	0.07	0.78	427.65
14	3	ΚΙΛΚΙΣ	0.076	0.686	0.07	0.79	380.78
15	3	ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	0.076	0.686	0.07	0.81	431.83
17	3	ΜΕΓΑΛΗ ΣΤΕΡΝΑ	0.076	0.686	0.07	0.80	480.37

α/α	ΖΩΝΗ	ΣΤΑΘΜΟΣ	θ	η	K*	ψ'	λ'
18	3	ΕΥΡΩΠΟΣ	0.076	0.686	0.07	0.80	542.30
19	3	ΑΝΘΟΦΥΤΟ	0.076	0.686	0.07	0.77	369.90
20	3	ΕΥΖΩΝΟΙ	0.076	0.686	0.07	0.80	387.48
21	3	ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	0.076	0.686	0.07	0.79	601.72
22	3	ΣΚΡΑ	0.076	0.686	0.07	0.74	622.64
23	3	ΒΑΘΥΛΑΚΟΣ	0.076	0.686	0.07	0.70	342.28
27	3	ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ	0.076	0.686	0.07	0.75	502.97

5.7 Κατάρτιση Χαρτών Χωρικής Κατανομής Παραμέτρων Κλίμακας και Θέσης

Για την εκτίμηση των παραμέτρων k^* , ψ' , λ' των ομβρίων καμπυλών, σε οποιαδήποτε άλλη θέση πλην των σταθμών μέτρησης, εφαρμόζονται κατάλληλοι μέθοδοι χωρικής μεταβολής. Συγκεκριμένα συντάσσονται χάρτες ισοτιμικών καμπυλών σε περιβάλλον γεωγραφικής πληροφορίας με χρήση του προγράμματος ArcGis. Η επιφάνεια του υδατικού διαμερίσματος χωρίζεται σε κάρναβο και σε κάθε κελί του καννάβου αντιστοιχίζεται μία τιμή της κάθε παραμέτρου, μέσω κατάλληλων ενσωματωμένων συναρτήσεων χωρικής μεταβολής, με δεδομένο εισόδο τις σημειακές τιμές του Πίνακα 13. Προκειμένου να υπολογιστεί σε ένα συγκεκριμένο σημείο μία παράμετρος μπορούν να ληφθούν συγκεκριμένες τιμές από τον κάρναβο. Προκειμένου να υπολογιστεί σε μία επιφάνεια π.χ. λεκάνη απορροής, μπορεί να εξαχθεί ως ο μέσος όρος όλων των κελιών που την απαρτίζουν. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι χάρτες που αφορούν στις παραμέτρους λ , ψ των ομβρίων καμπυλών.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ
ΧΩΡΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ψ'

- <all other values>
- 0.587002516 - 0.615075781
- 0.615075781 - 0.639483603
- 0.639483603 - 0.660704569
- 0.660704569 - 0.679154776
- 0.679154776 - 0.700375742
- 0.700375742 - 0.724783565
- 0.724783565 - 0.752856829
- 0.752856829 - 0.785145994
- 0.785145994 - 0.822284181
- 0.822284181 - 0.864999592

Υδατικό Διαμέρισμα GR10/
River Basin District GR10

ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟΣ ΕΓΧΑ
87 ΑΝΑ 56.000 Μ.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ
ΑΝΑΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗΣ

ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ
ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ
ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Υδατικό Διαμέρισμα ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
(GR10)

ΧΑΡΤΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ψ'

ΑΡΙΘΜΟΣ ΧΑΡΤΗ	GR10_P02_S5_IDfpsi	ΚΛΙΜΑΚΑ	1:450 000
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	31/08/2015	ΕΚΔΟΣΗ	2.0

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
Κ/Σ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ
ΥΠΟΔΟΜΗ-ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Ε.Π.Ε., ΓΑΜΜΑ-4 ΕΤΑΙΡΕΙΑ
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΓΕΩΛΟΓΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ,
Η. ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ - Ν. ΠΑΓΚΑΣ & ΣΙΑ Ε.Ε. - Δ.Τ.: "ΥΔΗ -
Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος", ΚΩΔΙΝΟΣ
ΑΦΡΑΤΑΙΟΣ, ΜΑΡΙΑ ΟΝΟΦΟΡΙΟΥ-ΑΛΕΞΑΚΗ, ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ
ΑΝΤΖΟΥΛΑΤΟΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΟΥΚΑΛΑΣ

6 Καμπύλες Εμπιστοσύνης

Με δεδομένες τις παραμέτρους η , θ , ψ , λ , κ^* είναι δυνατόν να εκφράσουμε τις όμβριες καμπύλες για συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς και μεταβλητή διάρκεια. Στην περίπτωση αυτή η όμβρια καμπύλη θα έχει την απλοποιημένη μορφή :

$$i(d) = \frac{a(T)}{(d + 0.011)^{0.604}}$$

Έτσι, εφόσον επιλέξουμε την επιθυμητή διάρκεια τότε μπορούμε να υπολογίσουμε απευθείας τη τιμή της έντασης σε mm (Πίνακας 14).

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, για τις όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς $T=50$, 100 και 1000 θα υπολογιστούν τα όρια εμπιστοσύνης για βαθμό εμπιστοσύνης 80% (ώστε να εξαιρείται το ανώτερο και το κατώτερο 10% των τιμών).

Η διαδικασία εκτίμησης των ορίων εμπιστοσύνης των ομβρίων καμπυλών πραγματοποιείται με χρήση του λογισμικού «Υδρογνώμων» και με την διαδικασία που περιγράφεται στο τεύχος θεωρητικής τεκμηρίωσης (Ιούνιος 2010).

Δεδομένου ότι έχουν προσαρμοστεί οι παράμετροι της κατανομής ($\kappa, \lambda, \psi, \theta$ και η), είναι εύκολο να εκτιμηθούν τα όρια εμπιστοσύνης μιας όμβριας καμπύλης που αντιστοιχεί σε κάποια περίοδο επαναφοράς T (ή πιθανότητα μη υπέρβασης $u=1-1/T$).

Εφαρμόζοντας τη μεθοδολογία Monte-Carlo εκτιμώνται τα όρια εμπιστοσύνης στην συγκεκριμένη θέση $u=1-1/T$ τόσο για το δείγμα όσο και για τον πληθυσμό. Η μεθοδολογία Monte-Carlo αποτελεί στατιστική προσομοίωση που βασίζεται στην πραγματοποίηση κάποιων «πειραμάτων» ώστε να προσπαθήσουμε να αναπαραστήσουμε το φυσικό πρόβλημα. Τα πειράματα είναι τεχνητά δείγματα που παράγονται από γεννήτριες τυχαίων αριθμών.

Αφού βρεθούν τα όρια εμπιστοσύνης της $x(T)$ σε συγκεκριμένη θέση x_L και x_U , τα τελικά όρια εμπιστοσύνης για την όμβρια καμπύλη $i = x(T)/b(d)$ θα είναι :

$$i_L = \frac{x_L}{(d + \theta)^n}, i_U = \frac{x_U}{(d + \theta)^n}$$

Ουσιαστικά προκύπτουν δυο όμβριες καμπύλες εμπιστοσύνης που δίνουν τα όρια εμπιστοσύνης της καμπύλης i για συγκεκριμένο T . Ωστόσο η δυσκολία του προβλήματος έγκειται στις παραδοχές ως προς το μέγεθος του δείγματος. Αν ληφθεί ως μέγεθος δείγματος αυτό του ενοποιημένου δείγματος m , θα ήταν μια παραδοχή που θα έδινε πολύ μικρό διάστημα εμπιστοσύνης. Επιπλέον αυτή η παραδοχή δεν είναι μαθηματικά ορθή καθώς το δείγμα προκύπτει από επιμέρους δείγματα με ισχυρή στατιστική εξάρτηση.

Στον Υδρογνώμωνα ως μέγεθος του δείγματος n_m για την προσομοίωση λαμβάνεται η μέση τιμή από τα πλήρη δείγματα των χρονοσειρών, παραδοχή που δίνει σχετικά μεγάλα όρια εμπιστοσύνης :

$$n_m = \frac{\sum_{j=1}^k n_j}{k}$$

Οι πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν αναλυτικά τα όρια εμπιστοσύνης, η ακριβέστερα την άνω κι κάτω ένταση $i(\text{mm})$ για περιόδους επαναφοράς $T=10, 100, 1000$ έτη και διάφορες διάρκειες.

T=50

	1h						6h						12h						24h						48h					
	0,95		0,90		0,80		0,95		0,90		0,80		0,95		0,90		0,80		0,95		0,90		0,80		0,95		0,90		0,80	
	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο
ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	65,41	36,27	63,36	37,87	61,52	39,31	19,95	11,06	19,32	11,55	18,75	11,99	12,45	6,91	12,06	7,21	11,71	7,48	12,45	6,91	7,51	4,49	3,06	2,31	4,83	2,68	4,68	2,79	4,55	2,89
ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΙΑΣ	61,72	29,08	56,67	30,61	52,13	31,99	18,82	8,87	17,28	9,34	15,89	9,76	11,75	5,54	10,79	5,83	9,93	6,09	7,32	3,45	6,72	3,63	6,18	3,79	4,55	2,15	4,18	2,26	3,85	2,36
ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	49,25	27,68	46,33	28,72	43,70	29,66	15,02	8,44	14,13	8,76	13,33	9,05	9,38	5,27	8,82	5,47	8,32	5,65	5,84	3,28	5,49	3,41	5,18	3,53	3,63	2,04	3,42	2,12	3,23	2,19
ΧΑΛΑΣΤΡΑ	104,84	36,92	93,98	39,53	84,21	41,88	31,97	11,26	28,66	12,06	25,68	12,78	19,96	7,03	17,89	7,53	16,03	7,98	12,43	4,38	11,14	4,69	9,98	4,97	7,74	2,72	6,93	2,92	6,20	3,10
ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	59,96	27,21	55,06	28,71	50,65	30,06	18,29	8,30	16,79	8,75	15,44	9,16	11,42	5,18	10,48	5,47	9,63	5,73	7,11	3,23	6,53	3,40	6,01	3,55	4,42	2,01	4,06	2,12	3,74	2,22
ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	50,59	26,80	47,27	28,14	44,28	29,35	15,43	8,17	14,42	8,58	13,51	8,95	9,63	5,10	9,00	5,36	8,43	5,59	6,00	3,18	5,61	3,34	5,26	3,48	3,73	1,98	3,49	2,08	3,27	2,17
ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΛΟΥΔΙΑ	56,05	35,66	53,65	36,78	51,49	37,79	17,09	10,87	16,36	11,22	15,70	11,54	10,67	6,79	10,21	7,00	9,80	7,19	6,65	4,23	6,36	4,36	6,10	4,48	4,14	2,63	3,96	2,71	3,80	2,78
ΦΡΑΓΜΑ ΑΞΙΟΥ	29,20	13,39	26,60	14,15	24,26	14,83	8,91	4,08	8,11	4,31	7,39	4,52	5,56	2,55	5,06	2,69	4,61	2,82	3,46	1,59	3,15	1,68	2,87	1,76	2,16	0,99	1,96	1,04	1,78	1,09
ΜΕΛΑΝΘΙΟ	56,08	27,06	51,59	28,49	47,55	29,78	17,10	8,25	15,73	8,69	14,50	9,09	10,68	5,15	9,82	5,42	9,05	5,66	6,65	3,21	6,12	3,38	5,64	3,53	4,14	2,00	3,81	2,10	3,51	2,19
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	56,71	29,08	53,38	30,56	50,38	31,89	17,29	8,87	16,28	9,32	15,37	9,73	10,80	5,54	10,16	5,82	9,58	6,07	6,73	3,45	6,33	3,62	5,97	3,77	4,18	2,15	3,94	2,25	3,72	2,34
ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	81,14	36,49	73,92	38,81	67,42	40,90	24,75	11,13	22,54	11,84	20,55	12,48	15,45	6,95	14,07	7,39	12,83	7,79	9,62	4,33	8,77	4,60	8,01	4,84	5,99	2,69	5,45	2,86	4,96	3,01
ΠΛΑΝΑ	66,43	37,08	62,44	38,21	58,85	39,23	20,26	11,31	19,04	11,65	17,94	11,96	12,65	7,06	11,89	7,27	11,21	7,46	7,88	4,40	7,40	4,53	6,97	4,65	4,90	2,74	4,61	2,82	4,35	2,89
ΔΟΪΡΑΝΗ	42,16	20,12	38,85	20,94	35,87	21,68	12,86	6,14	11,85	6,39	10,94	6,62	8,03	3,83	7,40	3,99	6,83	4,13	5,00	2,39	4,61	2,48	4,26	2,56	3,11	1,48	2,87	1,55	2,65	1,61
ΑΓ.ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	50,09	28,99	47,52	29,71	45,21	30,36	15,28	8,84	14,49	9,06	13,78	9,26	9,54	5,52	9,05	5,66	8,61	5,79	5,94	3,44	5,64	3,52	5,37	3,59	3,70	2,14	3,51	2,19	3,34	2,24
ΑΡΝΑΙΑ-ΙΔΕ	69,87	33,82	64,28	35,64	59,25	37,28	21,31	10,31	19,60	10,87	18,06	11,37	13,30	6,44	12,24	6,79	11,29	7,11	8,29	4,01	7,62	4,23	7,02	4,43	5,16	2,50	4,74	2,63	4,36	2,75
ΜΙΚΡΑ	47,37	29,47	44,83	30,20	42,54	30,86	14,45	8,99	13,67	9,21	12,97	9,41	9,02	5,61	8,53	5,75	8,09	5,88	5,62	3,50	5,32	3,58	5,05	3,65	3,50	2,18	3,31	2,23	3,14	2,28
ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	49,53	30,06	47,03	30,95	44,78	31,75	15,11	9,17	14,34	9,44	13,65	9,68	9,43	5,72	8,95	5,89	8,52	6,04	5,87	3,57	5,58	3,67	5,32	3,76	3,66	2,22	3,47	2,28	3,30	2,33
ΚΙΑΚΙΣ	40,38	26,48	38,77	27,06	37,32	27,58	12,31	8,08	11,82	8,25	11,38	8,40	7,69	5,04	7,38	5,15	7,10	5,25	4,79	3,14	4,60	3,21	4,43	3,27	2,98	1,95	2,86	2,00	2,75	2,05
ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	46,31	28,19	43,98	29,12	41,88	29,96	14,12	8,60	13,41	8,88	12,77	9,13	8,82	5,37	8,37	5,54	7,97	5,69	5,49	3,34	5,22	3,45	4,98	3,55	3,42	2,08	3,25	2,15	3,10	2,21
ΜΕΓΑΛΗ ΣΤΕΡΝΑ	50,84	31,64	48,61	32,97	46,60	34,17	15,50	9,65	14,82	10,05	14,21	10,41	9,68	6,02	9,25	6,28	8,86	6,51	6,03	3,75	5,76	3,91	5,52	4,05	3,75	2,33	3,59	2,43	3,45	2,52
ΕΥΡΩΠΟΣ	56,31	37,40	54,20	38,44	52,30	39,38	17,17	11,41	16,53	11,72	15,95	12,00	10,72	7,12	10,32	7,32	9,96	7,50	6,68	4,44	6,43	4,56	6,21	4,67	4,16	2,76	4,00	2,84	3,86	2,91
ΑΝΘΟΦΥΤΟ	40,31	27,16	38,57	27,66	37,00	28,11	12,29	8,28	11,76	8,43	11,28	8,57	7,67	5,17	7,34	5,27	7,04	5,36	4,78	3,22	4,57	3,28	4,38	3,33	2,97	2,00	2,85	2,04	2,74	2,08
ΕΥΖΩΝΟΙ	40,54	26,86	38,87	27,43	37,37	27,94	12,36	8,19	11,85	8,36	11,39	8,51	7,72	5,11	7,40	5,22	7,11	5,32	4,81	3,19	4,61	3,25	4,43	3,30	2,99	1,98	2,87	2,02	2,76	2,06
ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	78,69	36,58	71,82	38,49	65,64	40,21	24,00	11,16	21,90	11,74	20,01	12,26	14,98	6,96	13,67	7,33	12,49	7,66	9,33	4,34	8,52	4,56	7,79	4,76	5,81	2,70	5,30	2,84	4,84	2,97
ΣΚΡΑ	71,99	47,43	69,07	48,80	66,44	50,03	21,95	14,46	21,07	14,88	20,28	15,26	13,71	9,03	13,15	9,29	12,65	9,52	8,54	5,62	8,19	5,79	7,88	5,94	5,31	3,50	5,10	3,60	4,91	3,69
ΒΑΘΥΛΑΚΟΣ	44,78	27,36	41,99	28,19	39,48	28,94	13,66	8,34	12,80	8,60	12,03	8,83	8,53	5,21	7,99	5,37	7,50	5,51	5,31	3,24	4,98	3,34	4,68	3,43	3,30	2,02	3,10	2,08	2,92	2,13
ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ	60,17	41,46	58,00	42,56	56,05	43,55	18,35	12,64	17,69	12,98	17,10	13,29	11,45	7,89	11,04	8,10	10,67	8,29	7,14	4,92	6,88	5,05	6,65	5,17	4,44	3,06	4,28	3,14	4,14	3,21

T=100

	1h						6h						12h						24h						48h					
	0,95		0,90		0,80		0,95		0,90		0,80		0,95		0,90		0,80		0,95		0,90		0,80		0,95		0,90		0,80	
	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο
ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	77,59	40,88	73,30	42,74	69,44	44,41	23,66	12,47	22,35	13,03	21,17	13,53	14,77	7,78	13,95	8,14	13,21	8,46	9,20	4,85	8,69	5,07	8,23	5,27	5,73	3,02	5,41	3,15	5,12	3,27
ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΙΑΣ	71,54	33,10	66,06	34,93	61,13	36,58	21,82	10,10	20,15	10,65	18,65	11,15	13,62	6,30	12,58	6,65	11,64	6,97	8,48	3,93	7,83	4,14	7,25	4,33	5,28	2,44	4,87	2,58	4,50	2,71
ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	56,91	31,17	53,57	32,50	50,56	33,70	17,36	9,51	16,34	9,91	15,42	10,27	10,83	5,93	10,20	6,19	9,63	6,42	6,75	3,70	6,35	3,85	5,99	3,99	4,20	2,30	3,95	2,40	3,73	2,49
ΧΑΛΑΣΤΡΑ	122,95	42,63	110,29	45,91	98,90	48,86	37,50	13,00	33,64	14,00	30,17	14,90	23,41	8,12	21,00	8,74	18,83	9,30	14,58	5,06	13,08	5,45	11,73	5,80	9,07	3,15	8,14	3,39	7,30	3,61
ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	67,91	29,61	62,38	31,32	57,40	32,86	20,71	9,03	19,02	9,55	17,50	10,02	12,93	5,64	11,88	5,96	10,94	6,25	8,05	3,51	7,40	3,71	6,82	3,89	5,01	2,19	4,60	2,31	4,23	2,42
ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	58,97	30,52	55,11	32,17	51,64	33,66	17,98	9,31	16,81	9,81	15,76	10,26	11,23	5,81	10,49	6,12	9,82	6,40	6,99	3,62	6,54	3,82	6,14	4,00	4,35	2,25	4,07	2,37	3,82	2,48
ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΛΟΥΔΙΑ	63,79	39,53	61,01	40,92	58,51	42,17	19,45	12,05	18,61	12,48	17,85	12,87	12,14	7,53	11,62	7,79	11,15	8,02	7,57	4,69	7,24	4,85	6,94	4,99	4,71	2,92	4,50	3,02	4,31	3,11
ΦΡΑΓΜΑ ΑΞΙΟΥ	33,48	14,74	30,32	15,64	27,48	16,45	10,21	4,49	9,25	4,77	8,39	5,02	6,37	2,81	5,77	2,98	5,23	3,13	3,97	1,75	3,60	1,85	3,27	1,94	2,47	1,09	2,24	1,15	2,03	1,20
ΜΕΛΑΝΘΙΟ	64,95	30,56	60,09	32,36	55,72	33,98	19,81	9,32	18,33	9,87	17,00	10,37	12,37	5,82	11,44	6,16	10,60	6,47	7,70	3,62	7,13	3,84	6,62	4,04	4,79	2,26	4,43	2,39	4,11	2,51
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	66,26	33,14	62,42	34,95	58,96	36,58	20,21	10,11	19,04	10,66	17,99	11,16	12,61	6,31	11,88	6,65	11,22	6,96	7,86	3,93	7,40	4,14	6,99	4,33	4,89	2,45	4,61	2,58	4,36	2,70
ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	95,18	41,24	86,53	43,93	78,75	46,35	29,03	12,58	26,39	13,40	24,01	14,14	18,12	7,85	16,47	8,36	14,99	8,82	11,29	4,89	10,26	5,21	9,33	5,50	7,02	3,04	6,39	3,24	5,82	3,42
ΠΛΑΝΑ	76,90	41,79	72,40	43,27	68,35	44,60	23,45	12,75	22,08	13,20	20,85	13,61	9,12	4,96	13,78	8,24	17,97	11,19	5,67	3,08	8,59	5,13	11,22	6,98	5,67	3,08	5,34	3,19	5,04	3,29
ΔΟΪΡΑΝΗ	47,72	21,66	43,89	22,78	40,44	23,79	14,55	6,61	13,38	6,95	12,33	7,26	9,08	4,12	8,36	4,34	7,71	4,54	5,66	2,57	5,20	2,70	4,79	2,82	3,52	1,60	3,24	1,68	2,99	1,75
ΑΓ.ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	58,30	32,96	55,37	33,84	52,73	34,63	17,78	10,05	16,88	10,32	16,07	10,56	11,10	6,27	10,54	6,44	10,04	6,59	6,91	3,91	6,57	4,01	6,26	4,10	4,30	2,43	4,09	2,50	3,90	2,56
ΑΡΝΑΙΑ-ΙΔΕ	80,87	37,28	74,04	40,04	67,89	42,52	24,66	11,37	22,58	12,21	20,71	12,97	15,40	7,10	14,10	7,62	12,93	8,09	9,59	4,42	8,78	4,75	8,05	5,05	5,97	2,75	5,42	2,95	4,93	3,13
ΜΙΚΡΑ	54,14	33,08	51,20	33,95	48,55	34,73	16,51	10,09	15,62	10,35	14,82	10,58	10,31	6,30	9,75	6,46	9,25	6,60	6,42	3,92	6,07	4,03	5,76	4,13	4,00	2,44	3,78	2,51	3,58	2,57
ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	56,20	33,33	53,39	34,30	50,86	35,17	17,14	10,16	16,28	10,46	15,51	10,73	10,70	6,34	10,16	6,53	9,67	6,70	6,66	3,95	6,33	4,07	6,03	4,18	4,15	2,46	3,94	2,53	3,75	2,59
ΚΙΑΚΙΣ	45,99	29,41	44,04	30,12	42,29	30,76	14,02	8,97	13,43	9,18	12,90	9,37	8,75	5,60	8,38	5,73	8,05	5,85	5,45	3,49	5,22	3,57	5,01	3,64	3,39	2,17	3,25	2,22	3,12	2,27
ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	52,92	31,48	50,11	32,58	47,58	33,57	16,14	9,60	15,28	9,94	14,51	10,25	10,07	5,99	9,54	6,20	9,06	6,39	6,28	3,73	5,94	3,86	5,63	3,98	3,91	2,32	3,70	2,40	3,51	2,47
ΜΕΓΑΛΗ ΣΤΕΡΝΑ	57,82	35,32	55,34	36,77	53,11	38,08	17,63	10,77	16,88	11,22	16,21	11,63	11,01	6,72	10,54	7,00	10,12	7,25	6,86	4,19	6,56	4,36	6,29	4,51	4,27	2,61	4,08	2,71	3,91	2,80
ΕΥΡΩΠΟΣ	64,06	41,72	61,54	42,92	59,27	44,00	19,54	12,72	18,77	13,09	18,08	13,42	12,20	7,94	11,72	8,17	11,29	8,38	7,60	4,95	7,30	5,09	7,03	5,22	4,73	3,08	4,54	3,17	4,37	3,25
ΑΝΘΟΦΥΤΟ	45,67	30,15	43,56	30,73	41,66	31,25	13,93	9,19	13,28	9,37	12,70	9,53	8,69	5,74	8,29	5,85	7,93	5,95	5,42	3,58	5,17	3,64	4,95	3,69	3,37	2,22	3,21	2,27	3,07	2,32
ΕΥΖΩΝΟΙ	46,07	29,94	44,13	30,64	42,38	31,27	14,05	9,13	13,46	9,34	12,93	9,53	8,77	5,70	8,40	5,83	8,07	5,95	5,46	3,55	5,23	3,63	5,02	3,70	3,40	2,21	3,26	2,26	3,13	2,31
ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	89,34	40,36	81,46	42,59	74,37	44,60	27,25	12,31	24,84	12,99	22,67	13,60	17,01	7,68	15,51	8,11	14,16	8,50	10,59	4,79	9,66	5,05	8,82	5,28	6,59	2,98	6,01	3,14	5,49	3,28
ΣΚΡΑ	81,08	52,16	77,77	53,75	74,79	55,18	24,73	15,91	23,72	16,39	22,81	16,82	15,44	9,93	14,81	10,23	14,24	10,50	9,62	6,19	9,22	6,37	8,86	6,53	5,98	3,85	5,74	3,97	5,52	4,08
ΒΑΘΥΛΑΚΟΣ	50,45	29,75	47,03	30,60	43,95	31,37	15,38	9,07	14,34	9,33	13,40	9,56	9,60	5,66	8,95	5,83	8,37	5,98	5,98	3,53	5,58	3,63	5,22	3,72	3,72	2,20	3,47	2,26	3,25	2,31
ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ	68,74	46,60	66,17	47,88	63,86	49,03	20,96	14,21	20,18	14,60	19,48	14,95	13,09	8,87	12,60	9,12	12,16	9,35	8,15	5,53	7,85	5,68	7,58	5,82	5,07	3,44	4,88	3,53	4,71	3,61

T=1.000

	1h						6h						12h						24h						48h					
	0,95		0,90		0,80		0,95		0,90		0,80		0,95		0,90		0,80		0,95		0,90		0,80		0,95		0,90		0,80	
	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο	Ανω Όριο	Κάτω Όριο
ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	117,82	58,30	111,16	61,34	105,17	64,08	35,93	17,78	33,90	18,71	32,07	19,55	22,43	11,10	21,16	11,68	20,02	12,20	13,97	6,91	13,18	7,27	12,47	7,59	8,69	3,43	8,20	4,53	7,76	5,52
ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΙΑΣ	111,09	47,97	102,15	51,49	94,10	54,66	33,88	14,63	31,15	15,70	28,69	16,66	21,15	9,13	19,45	9,80	17,92	10,40	13,17	5,69	12,11	6,11	11,16	6,49	8,20	3,54	7,54	3,80	6,95	4,03
ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	86,76	45,07	81,60	47,34	76,96	49,38	26,46	13,75	24,89	14,44	23,48	15,06	16,52	8,58	15,53	9,01	14,64	9,40	10,29	5,35	9,68	5,61	9,13	5,84	6,40	3,33	6,02	3,49	5,68	3,63
ΧΑΛΑΣΤΡΑ	193,87	62,97	173,16	68,63	154,52	73,72	59,12	19,20	52,81	20,93	47,13	22,49	36,91	11,99	32,97	13,07	29,42	14,04	22,99	7,47	20,54	8,14	18,34	8,74	14,31	4,65	12,78	5,06	11,40	5,43
ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	99,38	38,55	91,12	41,37	83,69	43,91	30,31	11,76	27,79	12,62	25,52	13,39	18,92	7,34	17,35	7,88	15,94	8,37	11,79	4,57	10,81	4,91	9,93	5,22	7,33	2,85	6,72	3,05	6,17	3,23
ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	91,13	44,86	84,95	47,49	79,39	49,86	27,79	13,68	25,91	14,48	24,22	15,20	17,35	8,54	16,17	9,04	15,11	9,49	10,81	5,32	10,07	5,63	9,40	5,91	6,72	3,31	6,27	3,50	5,87	3,67
ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΛΟΥΔΙΑ	94,09	54,10	89,53	56,54	85,43	58,74	28,70	16,50	27,31	17,24	26,06	17,91	17,91	10,30	17,05	10,76	16,28	11,17	11,16	6,42	10,62	6,70	10,13	6,95	6,94	3,99	6,61	4,17	6,31	4,33
ΦΡΑΓΜΑ ΑΞΙΟΥ	49,58	19,78	44,81	21,34	40,52	22,74	15,12	6,03	13,67	6,51	12,37	6,94	9,44	3,77	8,53	4,06	7,71	4,32	5,88	2,35	5,31	2,53	4,80	2,69	3,66	1,46	3,31	1,57	2,90	1,69
ΜΕΛΑΝΘΙΟ	102,09	44,06	93,85	47,46	86,43	50,52	31,13	13,44	28,62	14,47	26,36	15,40	19,44	8,39	17,87	9,04	16,46	9,63	12,11	5,23	11,13	5,63	10,25	5,99	7,53	3,25	6,93	3,50	6,39	3,74
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	104,25	49,08	98,09	51,82	92,55	54,29	31,79	14,97	29,91	15,80	28,22	16,55	19,85	9,34	18,67	9,87	17,61	10,35	12,36	5,82	11,63	6,15	10,97	6,45	7,69	3,62	7,24	3,82	6,97	3,87
ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	149,01	60,17	135,62	64,62	123,57	68,63	45,44	18,35	41,36	19,71	37,69	20,93	28,37	11,46	25,82	12,30	23,53	13,06	17,67	7,14	16,08	7,66	14,65	8,13	11,00	4,44	10,01	4,77	9,12	5,07
ΠΛΑΝΑ	118,39	60,63	111,80	62,91	105,87	64,96	36,11	18,49	34,09	19,18	32,27	19,80	22,54	11,54	21,28	11,98	20,15	12,38	14,04	7,19	13,26	7,46	12,56	7,70	8,74	4,47	8,25	4,64	7,81	4,79
ΔΟΪΡΑΝΗ	70,42	27,75	64,49	29,89	59,15	31,82	21,48	8,46	19,67	9,11	18,04	9,70	13,41	5,28	12,28	5,69	11,26	6,06	8,35	3,29	7,65	3,54	7,02	3,77	5,20	2,05	4,76	2,21	4,36	2,35
ΑΓ.ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	91,15	48,60	86,40	50,27	82,13	51,77	27,80	14,82	26,35	15,33	25,05	15,79	17,35	9,25	16,45	9,57	15,64	9,86	10,81	5,76	10,25	5,96	9,75	6,14	6,73	3,59	6,38	3,71	6,07	3,82
ΑΡΝΑΙΑ-ΙΔΕ	123,81	52,14	113,26	56,63	103,77	60,67	37,76	15,90	34,54	17,27	31,64	18,50	23,57	9,93	21,56	10,78	19,75	11,55	14,68	6,18	13,43	6,72	12,31	7,21	9,14	3,85	8,36	4,18	7,66	4,48
ΜΙΚΡΑ	78,85	46,09	74,67	47,51	70,91	48,79	24,05	14,06	22,77	14,49	21,62	14,88	15,01	8,77	14,22	9,04	13,51	9,28	9,35	5,47	8,86	5,63	8,42	5,77	5,82	3,40	5,51	3,51	5,23	3,61
ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	80,64	45,22	76,48	46,73	72,74	48,09	24,59	13,79	23,33	14,25	22,20	14,66	15,35	8,61	14,56	8,90	13,85	9,16	9,56	5,36	9,07	5,54	8,63	5,70	5,95	3,34	5,64	3,45	5,36	3,55
ΚΙΛΚΙΣ	66,46	40,27	63,41	41,36	60,67	42,34	20,27	12,28	19,34	12,61	18,50	12,91	12,65	7,67	12,07	7,87	11,55	8,05	7,88	4,78	7,52	4,90	7,20	5,01	4,90	2,97	4,68	3,05	4,48	3,12
ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	76,96	43,12	72,47	44,93	68,43	46,56	23,47	13,15	22,10	13,70	20,87	14,20	14,65	8,21	13,80	8,55	13,04	8,86	9,13	5,11	8,59	5,33	8,10	5,53	5,68	3,18	5,35	3,32	5,05	3,45
ΜΕΓΑΛΗ ΣΤΕΡΝΑ	83,87	48,47	79,96	50,86	76,44	53,01	25,58	14,78	24,39	15,51	23,32	16,17	15,97	9,23	15,22	9,68	14,55	10,09	9,95	5,75	9,48	6,03	9,06	6,28	6,19	3,58	5,90	3,75	5,64	3,90
ΕΥΡΩΠΟΣ	92,52	57,30	88,55	59,28	84,98	61,06	28,22	17,47	27,00	18,08	25,90	18,63	17,61	10,91	16,86	11,29	16,19	11,63	10,97	6,79	10,50	7,03	10,08	7,25	6,83	4,23	6,53	4,37	6,26	4,50
ΑΝΘΟΦΥΤΟ	65,11	40,92	62,03	41,85	59,26	42,69	19,86	12,48	18,92	12,76	18,07	13,01	12,40	7,79	11,81	7,97	11,28	8,13	7,72	4,85	7,36	4,96	7,04	5,06	4,80	3,02	4,58	3,09	4,38	3,15
ΕΥΖΩΝΟΙ	66,48	40,97	63,55	42,29	60,91	43,48	20,27	12,50	19,38	12,90	18,58	13,26	12,66	7,80	12,10	8,05	11,60	8,28	7,88	4,86	7,54	5,01	7,23	5,15	4,91	3,02	4,69	3,12	4,49	3,21
ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	128,91	53,81	116,73	57,31	105,77	60,46	39,31	16,41	35,60	17,48	32,26	18,44	24,54	10,25	22,22	10,91	20,13	11,50	15,29	6,38	13,84	6,80	12,54	7,18	9,51	3,97	8,61	4,23	7,80	4,46
ΣΚΡΑ	114,98	69,23	109,77	71,87	105,08	74,25	35,07	21,11	33,48	21,92	32,05	22,65	21,89	13,18	20,90	13,68	20,01	14,13	13,64	8,21	13,02	8,52	12,46	8,80	8,48	5,11	8,10	5,30	7,76	5,47
ΒΑΘΥΛΑΚΟΣ	70,51	38,52	65,52	39,75	61,03	40,86	21,50	11,75	19,98	12,12	18,61	12,45	13,42	7,33	12,47	7,57	11,62	7,79	8,36	4,57	7,77	4,71	7,24	4,84	5,20	2,84	4,48	2,93	3,83	3,01
ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ	100,10	65,36	96,21	67,36	92,71	69,16	30,53	19,93	29,34	20,54	28,27	21,09	19,06	12,44	18,32	12,82	17,65	13,16	11,87	7,75	11,41	7,99	11,00	8,21	7,39	4,82	7,10	4,97	6,84	5,11

7 Σύγκριση ομβρίων και ιστορικών μεγίστων

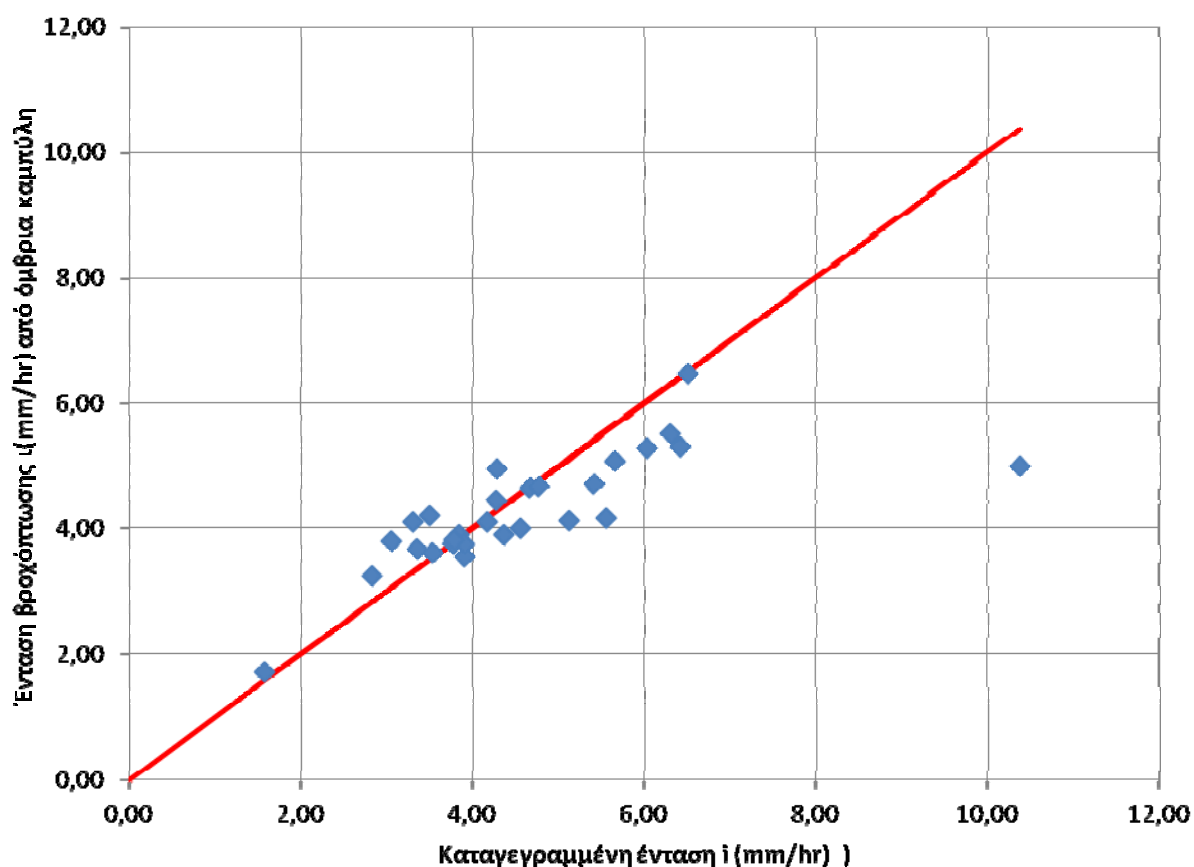
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η σύγκριση ανάμεσα στις παραχθείσες όμβριες καμπύλες και τα ιστορικά μέγιστα για βροχόπτωση 24hr, για κάθε σταθμό του υδατικού διαμερίσματος. Προκειμένου να γίνει η σύγκριση αρχικά προσδιορίζεται το μήκος η σε έτη της χρονοσειράς μεγίστων και ακολούθως εξισώνεται με την περίοδο επαναφοράς T των ομβρίων καμπυλών. Ο πίνακας 14 που ακολουθεί παρουσιάζει αναλυτικά τους απαιτούμενους υπολογισμούς, καθώς και την ποσοστιαία διαφορά των δύο τιμών της έντασης βροχόπτωσης (ιστορικό μέγιστο - πρόβλεψη όμβριας καμπύλης).

Πίνακας 14 : Σύγκριση ιστορικών καταγεγραμμένων μεγίστων και όμβριων καμπυλών.

α/α	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΖΩΝΗ	Μήκος (έτη)	i όμβρια (mm/hr)	h(mm)/ 24 hr	i record (mm/hr)	Δi (%)
1	ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	1	27	5.08	135.6	5.65	-11.12
2	ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΕΙΑΣ	1	22	4.10	79.2	3.30	19.59
4	ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	1	30	3.89	104.78	4.37	-12.27
9	ΧΑΛΑΣΤΡΑ	1	12	4.72	130	5.42	-14.69
10	ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	1	12	3.55	93.79	3.91	-10.05
12	ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	1	28	3.80	73.35	3.06	19.59
24	ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΛΟΥΔΙΑ	1	36	4.96	102.6	4.28	13.84
28	ΦΡΑΓΜΑ ΑΞΙΟΥ	1	13	1.71	37.93	1.58	7.81
5	ΜΕΛΑΝΘΙΟ	2	21	3.76	90.4	3.77	-0.12
6	ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	2	26	4.13	123.17	5.13	-24.31
7	ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	2	18	4.99	248.85	10.37	-107.59
8	ΠΛΑΝΑ	2	32	5.30	154	6.42	-21.14
13	ΔΟΪΡΑΝΗ	2	11	3.23	67.8	2.83	12.67
16	ΑΓ.ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	2	34	4.10	99.98	4.17	-1.49
25	ΑΡΝΙΣΣΑ 1	2	20	4.15	133.34	5.56	-33.80
26	ΑΡΝΑΙΑ-ΙΔΕ	2	19	4.65	111.87	4.66	-0.24
3	ΜΙΚΡΑ	3	42	4.21	84	3.50	16.80
11	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	3	29	4.00	109.53	4.56	-14.15
14	ΚΙΛΚΙΣ	3	39	3.67	80.37	3.35	8.68
15	ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	3	32	3.89	92.08	3.84	1.34
17	ΜΕΓΑΛΗ ΣΤΕΡΝΑ	3	36	4.45	102.6	4.28	3.92
18	ΕΥΡΩΠΟΣ	3	45	5.29	144.64	6.03	-13.87
19	ΑΝΘΟΦΥΤΟ	3	43	3.76	93.79	3.91	-4.07
20	ΕΥΖΩΝΟΙ	3	46	3.81	90.9	3.79	0.51

α/α	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΖΩΝΗ	Μήκος (έτη)	i όμβρια (mm/hr)	h(mm)/ 24 hr	i record (mm/hr)	Δi (%)
21	ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	3	13	4.66	114.5	4.77	-2.33
22	ΣΚΡΑ	3	35	6.48	155.94	6.50	-0.35
23	ΒΑΘΥΛΑΚΟΣ	3	24	3.62	84.75	3.53	2.34
27	ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ	3	53	5.50	151.42	6.31	-14.68

Στη συνέχεια τα στοιχεία παρουσιάζονται σε διάγραμμα όπου ο οριζόντιος άξονας αντιστοιχεί στη τιμή της όμβριας καμπύλης και ο κατακόρυφος στο ιστορικό μέγιστο. Για καλύτερη εποπτεία παρουσιάζεται και η εξίσωση $\psi = \chi$, η οποία αναπαριστά την ιδανική περίπτωση κατά την οποία οι δύο τιμές ταυτίζονται.



Παρατηρούμε ότι :

1. Οι όμβριες καμπύλες εμφανίζουν γενικά μικρή απόκλιση (<15%) από τα ιστορικά δεδομένα, συνεπώς θεωρούνται ικανοποιητικές.
2. Η μέση παρατηρούμενη τάση είναι τα ιστορικά δεδομένα να δίδουν ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές από την όμβρια καμπύλη, γεγονός που εξηγείται εύκολα καθώς το μήκος των χρονοσειρών είναι πολύ περιορισμένο (μέση τιμή n=29έτη) σε σχέση με ακραία γεγονότα που αντιστοιχούν σε μεγάλες περιόδους επαναφοράς π.χ. 50 ή 100 χρόνια.

8 Σύγκριση με Υφιστάμενες Όμβριες Καμπύλες

8.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται σύγκριση ανάμεσα στις όμβριες καμπύλες που παράχθηκαν για το Υδατικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας στα πλαίσια της παρούσας μελέτης και σε όμβριες καμπύλες που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά το παρελθόν σε μελέτες ή προδιαγραφές υδραυλικών έργων στο εν λόγω υδατικό διαμέρισμα. Η σύγκριση γίνεται για ένα συγκεκριμένο χωρικό σημείο (ανά σταθμό ή πόλη) και για όλο το διαθέσιμο εύρος τιμών των περιόδων επαναφοράς. Το στατιστικό δείγμα μεγίστων βροχοπτώσεων που χρησιμοποιήθηκε από την παρούσα μελέτη εκτείνεται μέχρι και το 2014 και είναι κατά κανόνα πολύ μεγαλύτερο ως προς το μήκος των χρονοσειρών μεγίστων.

8.2 Άνω Θεοδωράκι

Η υφιστάμενη όμβρια καμπύλη αφορά τον οικισμό άνω Θεοδωράκι στο Κιλκίς και δίδεται από τη σχέση :

$$\bar{i} = \frac{c}{(t + 0.4)^{0.4}}$$

όπου ο συντελεστής c μεταβάλλεται ανάλογα με την επιθυμητή περίοδο επαναφοράς T και t η διάρκεια βροχόπτωσης σε hr.

T έτη	c
2	46.86
5	56.79
10	65.68
20	75.96
50	92.06
100	106.48

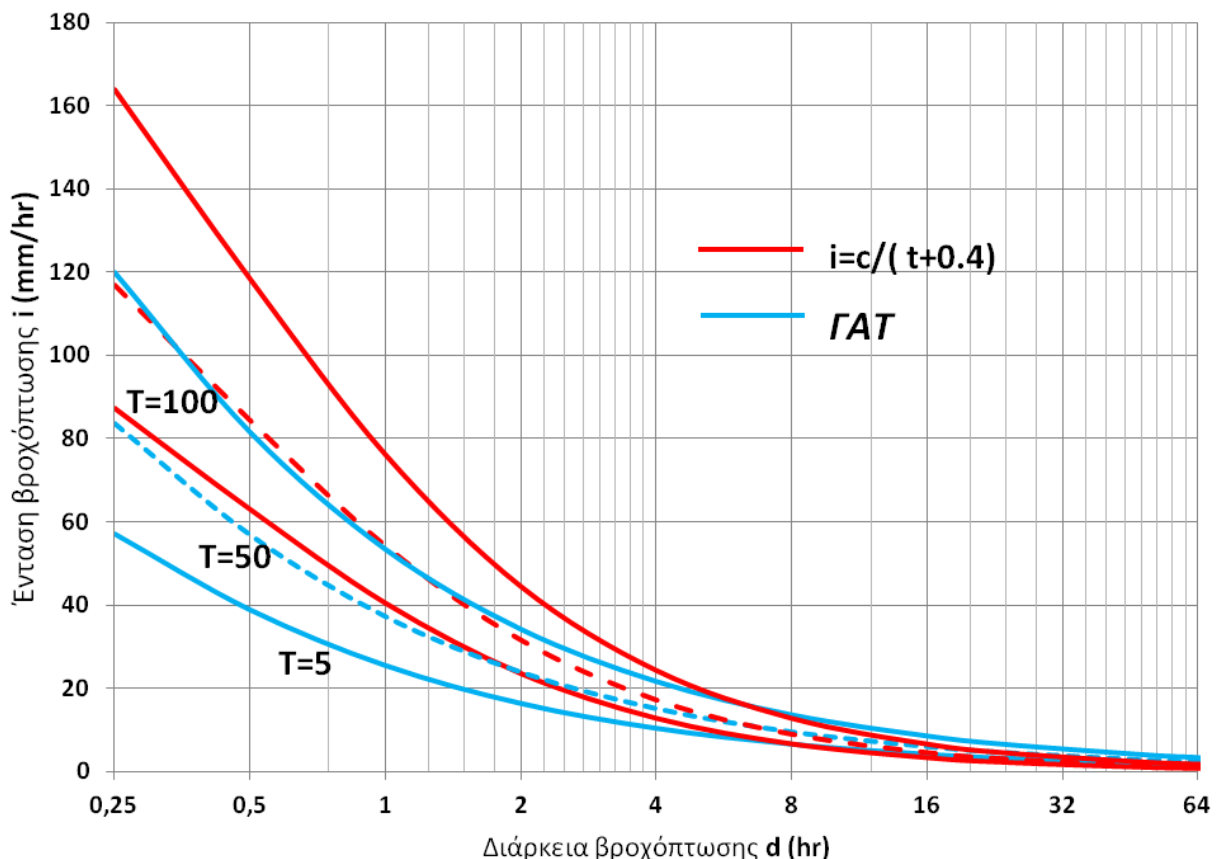
Η γενική έκφραση των ομβρίων καμπυλών με χρήση της Γενικής Συνάρτησης Κατανομής Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ), έχει τη μορφή :

$$i(d, T) = \frac{\lambda'(T^{\kappa} - \psi')}{\left(1 + \frac{d}{\theta}\right)^{\kappa}}$$

Σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια οι τιμές των παραμέτρων η , θ είναι σταθερές σε όλο το υδατικό διαμέρισμα ΥΔ10, ενώ οι τιμές των παραμέτρων κ, λ, ψ λαμβάνονται από τους αντίστοιχους ισοτιμικούς χάρτες. Για το Άνω Θεοδωράκι, προκύπτουν οι τιμές : $\eta = 0.686$, $\theta = 0.076$, $\kappa = 0.12$, $\lambda' = 321.29$ και $\psi' = 0.735$.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται σε αντιπαραβολή οι δύο όμβριες καμπύλες για περιόδους επαναφοράς $T = 5$ έως 100 έτη.

Διάγραμμα 8 : Σύγκριση ομβρίων καμπυλών σταθμός Άνω Θεοδωράκι



Παρατηρούμε ότι :

- Οι δύο όμβριες καμπύλες παρουσιάζουν μικρές αποκλίσεις ως προς την τελική ένταση βροχόπτωσης για διάρκειες βροχόπτωσης 4 hr-16 hr.
- Η ΓΑΤ αποδίδει μεγαλύτερες εντάσεις σε μεγαλύτερες διάρκειες βροχόπτωσης, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην πληρέστερη στατιστική επεξεργασία των χρονοσειρών μεγάλης διάρκειας (24 hr- 48 hr).
- Η υφιστάμενη όμβρια καμπύλη αποδίδει σημαντικά μεγαλύτερες εντάσεις για διάρκειες βροχόπτωσης μικρότερες από 2 hr.

8.3 Σίνδος

Η υφιστάμενη όμβρια καμπύλη αφορά τη περιοχή της Σίνδου στη Θεσσαλονίκη και προέρχεται από επεξεργασία του χρονοσειρών μεγίστων του μετεωρολογικού σταθμού του Πανεπιστημίου. Η προτεινόμενη σχέση των ομβρίων καμπυλών είναι της μορφής :

$$i = \frac{c}{T^{0.64}}$$

όπου ο συντελεστής c μεταβάλλεται ανάλογα με την επιθυμητή περίοδο επαναφοράς T και t η διάρκεια βροχόπτωσης σε hr.

T έτη	c
2	13.83
5	16.88
10	19.63
20	22.83
50	27.87
100	32.41

Η γενική έκφραση των ομβρίων καμπυλών με χρήση της Γενικής Συνάρτησης Κατανομής Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ), που υιοθετήθηκε από τη παρούσα μελέτη έχει τη μορφή :

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

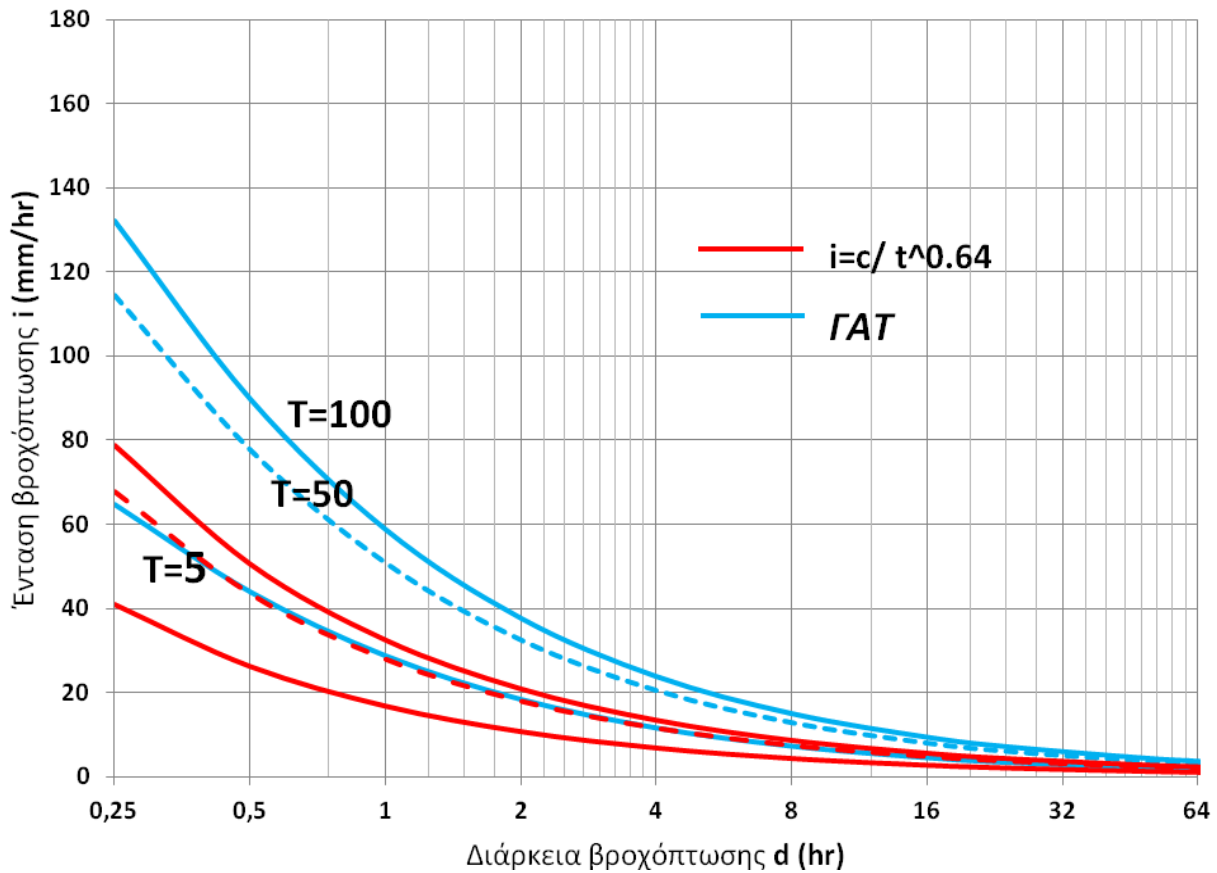
Σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια οι τιμές των παραμέτρων η, θ είναι σταθερές σε όλο το υδατικό διαμέρισμα ΥΔ10, ενώ οι τιμές των παραμέτρων κ, λ, ψ λαμβάνονται από τους αντίστοιχους ισοτιμικούς χάρτες. Για την περιοχή της Αλμωπίας προκύπτουν οι τιμές : **η = 0.686, θ = 0.076, κ = 0.10, λ' = 440.74 και ψ' = 0.781.**

Στο διάγραμμα 9 που ακολουθεί παρουσιάζονται σε αντιπαραβολή οι δύο όμβριες καμπύλες για περιόδους επαναφοράς T = 5 έως 100 έτη.

Παρατηρούμε ότι :

- Οι όμβριες καμπύλες που παρήχθησαν με εφαρμογή της ΓΑΤ υπολογίζουν μεγαλύτερες εντάσεις βροχόπτωσης σε όλο το εύρος τιμών των περιόδων επαναφοράς και των διαρκειών βροχόπτωσης.

Διάγραμμα 9 : Σύγκριση ομβρίων καμπυλών - Σταθμός Σίνδος



8.4 Αρτζάν

Η υφιστάμενη όμβρια καμπύλη συντάχθηκε το 1982 από τους ΟΤΜΕ, Κωνσταντινίδης, ΜΕΤΕΡ για λογαριασμό του τότε ΥΠΕΧΩΔΕ. Η αναλυτική τριπαραμετρική έκφρασή της όμβριας καμπύλης έχει ως εξής :

$$i = \frac{40.5T^{0.21}}{t + 0.4}$$

όπου $c=40.5$, T η περίοδος επαναφοράς σε έτη και t η διάρκεια βροχόπτωσης σε hr.

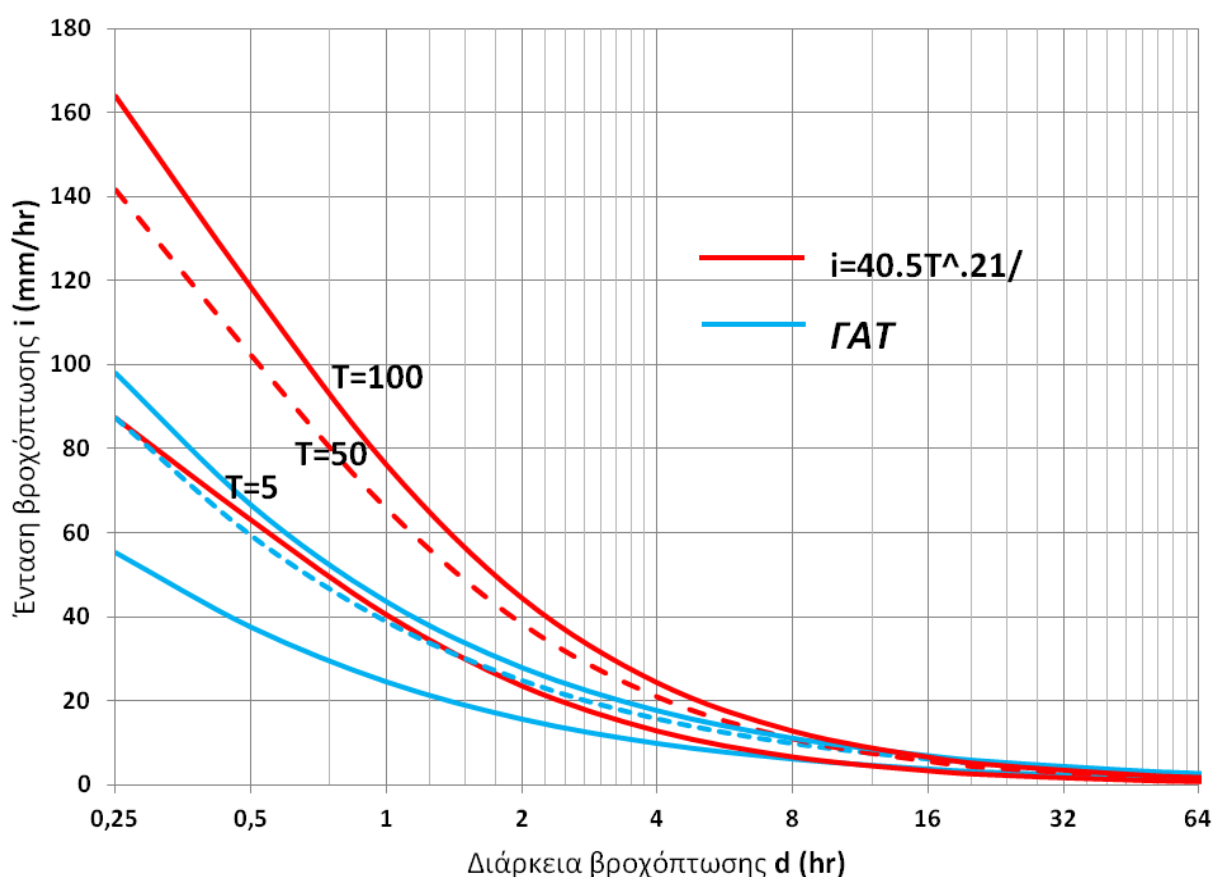
Η γενική έκφραση των ομβρίων καμπυλών με χρήση της Γενικής Συνάρτησης Κατανομής Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ), που υιοθετήθηκε από τη παρούσα μελέτη έχει τη μορφή :

$$i(d, T) = \frac{\lambda'(T^k - \psi')}{\left(1 + \frac{d}{\theta}\right)^n}$$

Σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια οι τιμές των παραμέτρων η , θ είναι σταθερές σε όλο το υδατικό διαμέρισμα ΥΔ9, ενώ οι τιμές των παραμέτρων κ , λ , ψ λαμβάνονται από τους αντίστοιχους ισοτιμικούς χάρτες. Για την περιοχή της Αλμωπίας προκύπτουν οι τιμές : $\eta = 0.686$, $\theta = 0.076$, $\kappa = 0.07$, $\lambda' = 437.88$ και $\psi' = 0.780$.

Στο διάγραμμα 10 που ακολουθεί παρουσιάζονται σε αντιπαραβολή οι δύο όμβριες καμπύλες για περιόδους επαναφοράς $T = 5$ έως $T = 100$ έτη.

Διάγραμμα 10 : Σύγκριση ομβρίων καμπυλών - Σταθμός Αρτζάν



Παρατηρούμε ότι :

- Η εφαρμογή της ΓΑΤ παράγει μικρότερες εντάσεις για διάρκειες βροχόπτωσης έως 8 hr.
- Από την άλλη, για διάρκειες βροχόπτωσης μεγαλύτερες των 8 hr η ΓΑΤ παράγει μεγαλύτερες εντάσεις, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην πληρέστερη στατιστική επεξεργασία των χρονοσειρών μεγάλης διάρκειας (24 hr - 48 hr).

9 Σύγκριση Επίγειων και Δορυφορικών Υδρολογικών Μετρήσεων

9.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η σύγκριση μεταξύ δορυφορικών καταιγίδων και επίγειων υδρολογικών μετρήσεων βροχογραφικών σταθμών. Για την ανάκτηση των δορυφορικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή - βάση δεδομένων GIOVANNI της NASA στην πλέον πρόσφατη έκδοσή της v4.17.1, η οποία διατίθεται προς χρήση ελεύθερα στο διαδίκτυο. (<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/precipitation/tonas/>).

Τα δορυφορικά δεδομένα της συγκεκριμένης βάσης παρουσιάζουν σημαντικούς χωρικούς και χρονικούς περιορισμούς. Η ελάχιστη διάρκεια για την οποία είναι διαθέσιμες διακριτές τιμές έντασης βροχόπτωσης είναι 3 hr, συνεπώς δεν είναι δυνατή οποιαδήποτε σύγκριση σε μικρότερες διάρκειες (5 min - 2 hr). Η ελάχιστη χωρική διαμέριση σε ψευδοορθωγωνικό κάναβο, για την οποία η εφαρμογή παράγει ενιαία τιμή είναι 0.250. Το γεγονός αυτό εκ προοιμίου δημιουργεί αποκλίσεις δεδομένου ότι τα επίγεια δεδομένα προέρχονται από σημειακή καταγραφή. Τέλος, τα διαθέσιμα στοιχεία περιορίζονται στα έτη 1998-2015, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η σύγκριση σε πολλούς σταθμούς των οποίων η περίοδος λειτουργίας είναι παλαιότερη.

9.2 Σύγκριση Ύψους Βροχόπτωσης για το Σταθμό Τρίκαλα Ημαθίας

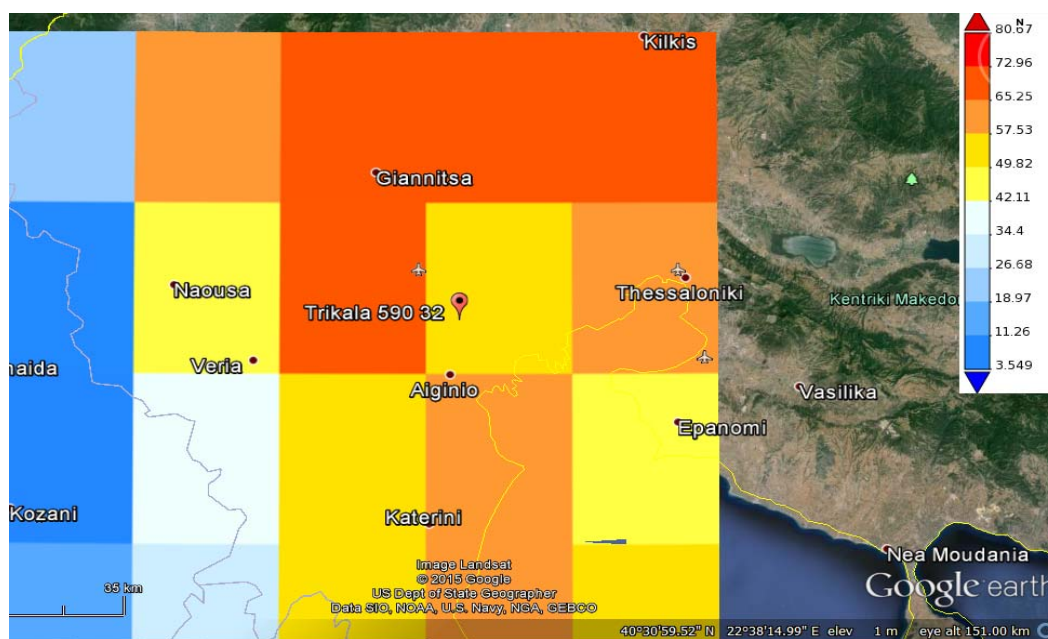
Για τη σύγκριση με τα δορυφορικά δεδομένα επιλέχθηκε ο σταθμός «Τρίκαλα Ημαθίας» της ΕΜΥ, για τον οποίο ήταν διαθέσιμα σε χειρόγραφο τα στοιχεία των καταιγίδων της περιόδου 1998-2010 με χρονικό βήμα 5'. Στον πίνακα 15 που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά οι επιλεγείσες προς σύγκριση καταιγίδες.

Πίνακας 15 : Ψηφιοποιημένες καταιγίδες σταθμού Τρίκαλα Ημαθίας

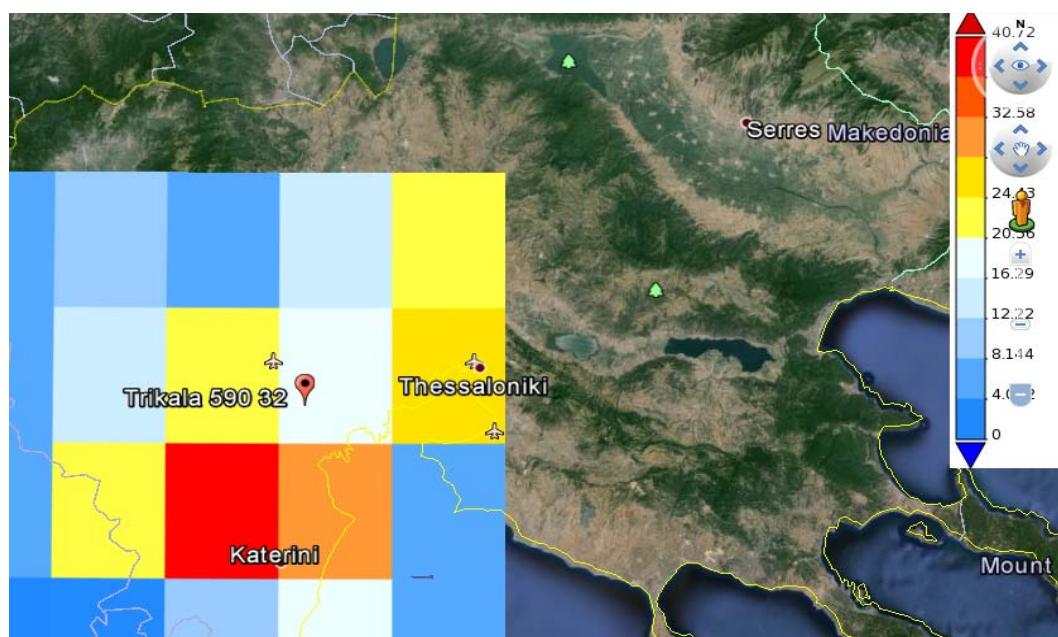
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΑΡΧΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ
	<i>UTC</i>		<i>(mm)</i>
12/10/2002	2:00	24hr	57.50
20/05/2007	0:00	24hr	43.30
15/09/2008	8:00	24hr	77.00
23/01/2009	0:00	24hr	40.60

Αφού καθορίστηκε η γεωγραφική θέση του σταθμού σε σύστημα συντεταγμένων WGS 84 (40.36 N, 22.33 E), εισήχθησαν οι προκαθορισμένες χρονολογίες στην πλατφόρμα GIOVANNI και παράχθηκαν οι χάρτες συνολικής βροχόπτωσης 24 hr (accumulated) στην ευρύτερη περιοχή. Στη συνέχεια, οι χάρτες τοποθετήθηκαν ως υπερκείμενο layer στη ελεύθερη εφαρμογή δορυφορικής θέασης Google Earth όπως παρουσιάζεται στις εικόνες 1 έως 4 και προσδιορίστηκε η τιμή του κελιού που αντιστοιχεί στον σταθμό «Τρίκαλα Ημαθίας».

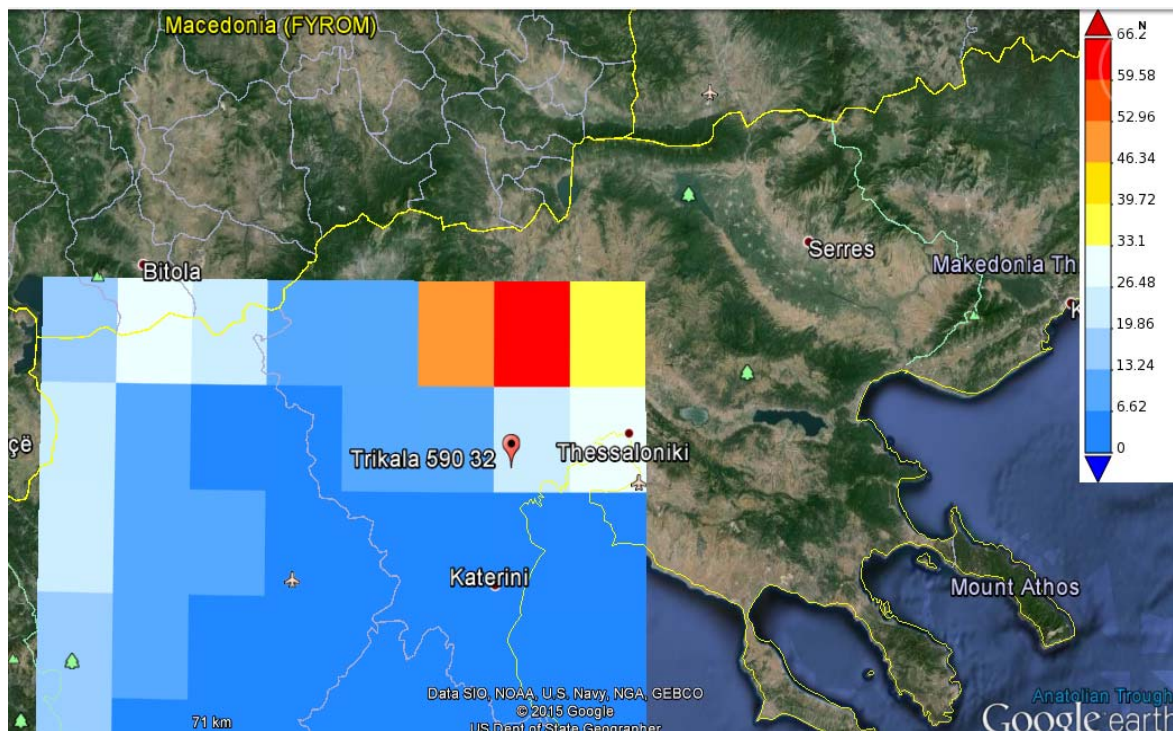
Εικόνα 1 : Δορυφορική εκτίμηση της συνολικής βροχόπτωσης 24hr στο GR10, 12.10.2002



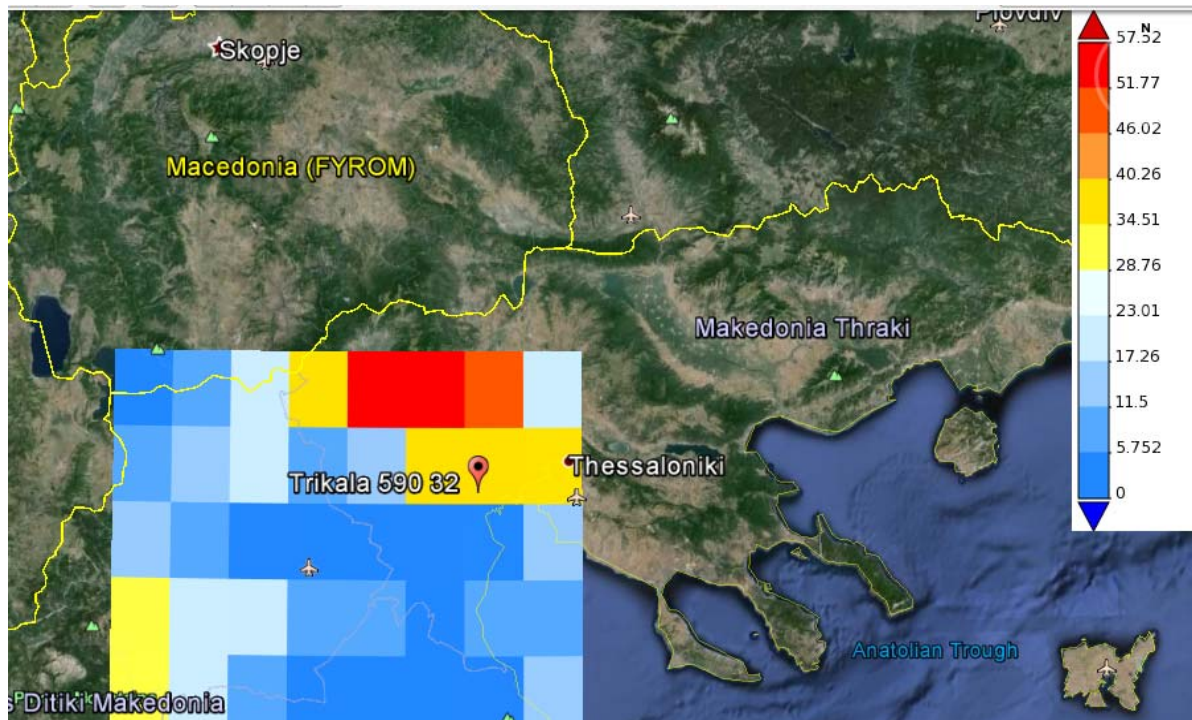
Εικόνα 2 : Δορυφορική εκτίμηση της συνολικής βροχόπτωσης 24hr στο GR10, 20.05.2007



Εικόνα 3 : Δορυφορική εκτίμηση της συνολικής βροχόπτωσης 24hr στο GR10, 15.09.2008



Εικόνα 4 : Δορυφορική εκτίμηση της συνολικής βροχόπτωσης 24hr στο GR10, 23.01.2009



Πίνακας 16 : Σύγκριση βροχόπτωσης 24hr μεταξύ δεδομένων βροχογράφου και δορυφορικής εκτίμησης

Ημερομηνία	Βροχογράφος (mm)	Δορυφόρος (mm)	Διαφορά %
12/10/2002	57.50	53.00	-0.08
20/05/2007	43.30	18.00	-0.58
15/09/2008	77.00	26.00	-0.66
23/01/2009	40.60	35.00	-0.12

Παρατηρούμε ότι :

- Σε όλες τις περιπτώσεις το ύψος βροχόπτωσης και η αντίστοιχα η προκύπτουσα ένταση βροχόπτωσης προκύπτει μικρότερη με τη χρήση των δορυφορικών δεδομένων.
- Ενώ για τις καταιγίδες της 12/10/2002 και 23/01/2009 υπάρχει ικανοποιητική προσέγγιση της τιμής του βροχογράφου με απόκλιση μικρότερη του 15% για τις άλλες δύο καταιγίδες η διαφορά ξεπερνά το 50%. Πιθανώς το γεγονός αυτό να οφείλεται στους περιορισμούς που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 1.

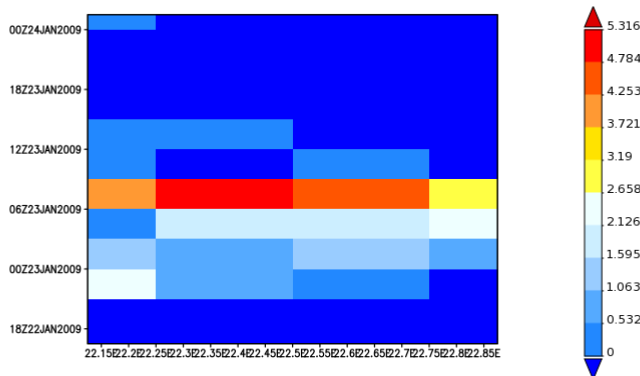
Συνεπώς, τα παραγόμενα αποτελέσματα δεν μπορεί να θεωρούνται αξιόπιστα ώστε να χρησιμοποιηθούν για τη σύνταξη ομβρίων καμπυλών ή για την υποστήριξη αντιπλημμυρικών μελετών.

9.3 Σύγκριση Χρονικής Μεταβολής της Έντασης Βροχόπτωσης για τον Σταθμό «Τρίκαλα Ημαθίας»

Η εφαρμογή GIOVANNI μπορεί επιπλέον παράγει συνεχείς χρονοσειρές με βήμα 3 hr για την ένταση βροχόπτωσης μέσω της λειτουργίας εξαγωγής χρονοσειρών (time series). Ενδεικτικά για τον σταθμό Τρίκαλα Ημαθίας μελετάται η καταιγίδα της 23/01/2009.

Διάγραμμα 11 : Χωροχρονική μεταβολή της έντασης βροχόπτωσης εφαρμογή GIOVANNI

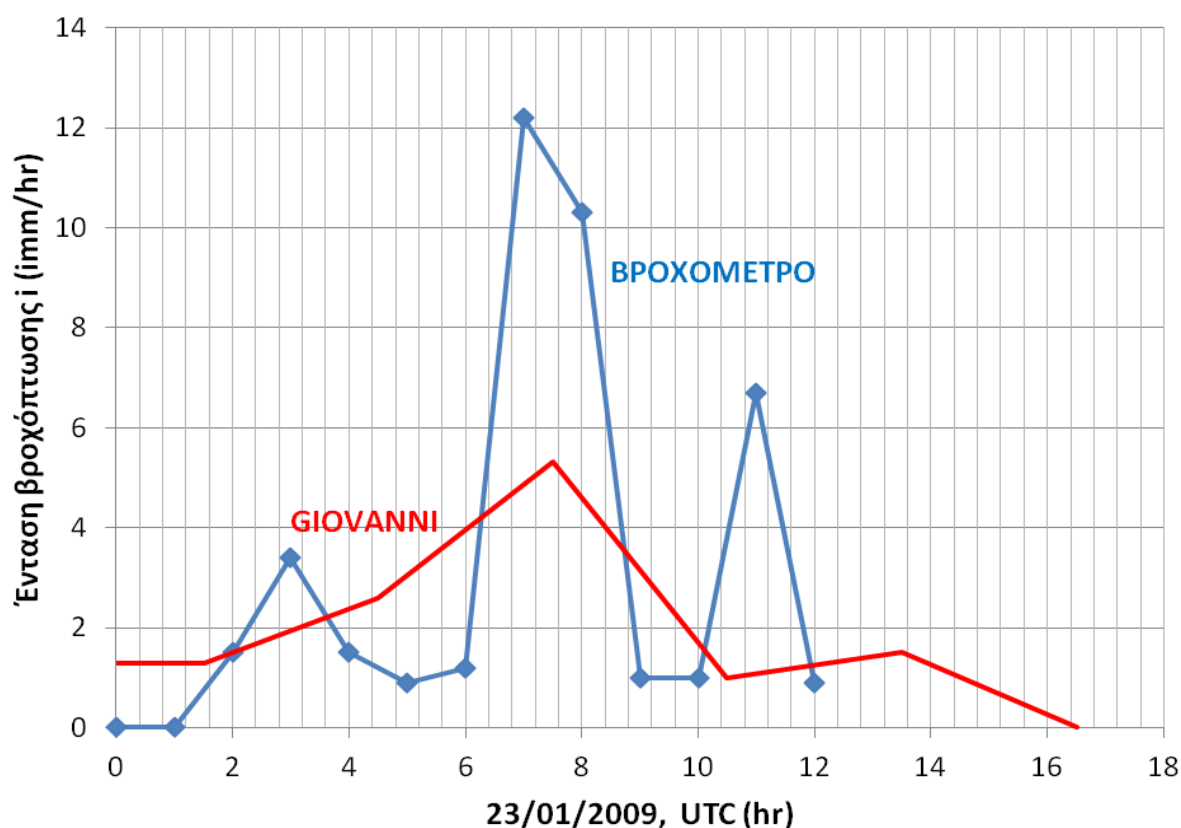
Hovmoller, Latitude-Averaged of Precipitation 3-hourly 0.25 deg. [TRMM TRMM_3B42 v7] mm/hr over 2009-01-22 16:30Z - 2009-01-24 04:29Z, Region 22E, 40N, 23E, 41N



- Selected date range was 2009-01-22 18Z - 2009-01-24 03Z. Title reflects the date range of the granules that went into making this result.

Τα ανωτέρω δεδομένα παρουσιάζονται σε αντιπαραβολή με την καταγραφή του βροχογράφου στο συγκριτικό διάγραμμα που ακολουθεί.

Διάγραμμα 12 : Συγκριτικό διάγραμμα μεταβολής της έντασης βροχόπτωσης σταθμός «Τρίκαλα Ημαθίας»



Παρατηρούμε ότι :

- Η συνολική βροχόπτωση (εμβαδόν διαγράμματος) που προκύπτει από τα δορυφορικά δεδομένα είναι ελαφρώς χαμηλότερη από αυτή που καταγράφηκε από το βροχογράφο.
- Η τάση μεταβολής και η αιχμή της έντασης ταυτίζονται χρονικά για τους δύο τρόπους υπολογισμού.
- Η τιμή της έντασης που υπολογίζεται από την εφαρμογή GIOVANNI παρουσιάζεται εξομαλυμένη λόγω του χρονικού βήματος υπολογισμού και δεν μπορεί να αναπαράγει τις αιχμές του βροχογράφου.

Συνεπώς, οι παραγόμενες χρονοσειρές για την ένταση βροχόπτωσης από τα δορυφορικά δεδομένα είναι ενδεικτικές και μόνο και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της συνολικής βροχόπτωσης, τη σύνταξη ομβρίων καμπυλών και γενικά την υποστήριξη στο αντικείμενο των αντιπλημμυρικών μελετών.

10 Βιβλιογραφία

1. Linsley R.K., Hydrology for Engineers, McGraw-Hill, 1975.
2. Κουτσογιάννης Δ., Στατιστική Υδρολογία Ε.Μ.Π., 1997.
3. «Υδρογνώμων», Εγχειρίδιο Χρήσης, Ερευνητική ομάδα ΙΤΙΑ, Ε.Μ.Π., 2009.
4. «Υδρογνώμων», Τεύχος Θεωρητικής Τεκμηρίωσης, Ερευνητική ομάδα ΙΤΙΑ, Ε.Μ.Π., 2010.
5. Papalexiou & Koutsoyiannis, Battle of extreme distributions, A global survey on extreme daily rainfall, WRR 49(1), 2013.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Ο κωδικός της χώρας "GR" αντικαθίσταται πλέον με τον κωδικό "EL".



Ειδική Γραμματεία Υδάτων,
Αμαλιάδος 17, 4ος όροφος
115 23 Αθήνα
Τηλ: 210 6475101
Φαξ: 210 699 4357
Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο: info.egy@prv.ypeka.gr



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης