

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή	1
1.1	Γενικά	1
1.2	Χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής	1
1.3	Χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα	4
1.4	Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί	4
2	Εκτίμηση βροχόπτωσης σχεδιασμού	7
2.1	Πιθανή μέγιστη κατακρήμνιση - Μέθοδος Hershfield	7
2.2	Πιθανή μέγιστη κατακρήμνιση - Υδρομετεωρολογική μεθοδολογία	10
2.2.1	Γενική περιγραφή της μεθόδου	10
2.2.2	Δεδομένα για την εφαρμογή της μεθόδου	12
2.2.3	Μέγιστα σημεία δρόσου	13
2.2.4	Εκτίμηση της ΠΜΚ	22
2.2.5	Σύγκριση με τα αποτελέσματα της στατιστικής μεθόδου – Τελική εκτίμηση της ΠΜΚ	23
2.3	Πιθανοτική ανάλυση ακραίων βροχοπτώσεων – Όμβριες καμπύλες	30
2.3.1	Δεδομένα	30
2.3.2	Γενική περιγραφή της μεθόδου	32
2.3.3	Επεξεργασία βροχογραφικών δεδομένων	36
2.3.4	Επεξεργασία βροχομετρικών δεδομένων	36
2.3.5	Εκτίμηση παραμέτρων όμβριων καμπυλών	38
2.3.6	Τελικά αποτελέσματα	42
2.3.7	Σύγκριση με όμβριες καμπύλες άλλων περιοχών	43
2.3.8	Σύγκριση με τις προγενέστερες όμβριες καμπύλες της ευρύτερης περιοχής	45
2.4	Τελικές τιμές εφαρμογής – Επιφανειακή αναγωγή	46
3	Εκτίμηση πλημμύρας σχεδιασμού	48
3.1	Μοναδιαίο υδρογράφημα	48
3.2	Καταιγίδες σχεδιασμού	51
3.3	Απώλειες - Ωφέλιμη βροχή	51
3.4	Βασική ροή - Τήξη χιονιού	52
3.5	Περίοδοι επαναφοράς	53
3.6	Υπολογισμοί και αποτελέσματα	53
3.7	Συγκρίσεις	54
4	Διόδευση πλημμύρας υπερχειλιστή	56

4.1	Γενικά	56
4.2	Μέθοδος διόδευσης	56
4.3	Δεδομένα εφαρμογής της μεθόδου	57
4.4	Αποτελέσματα διοδεύσεων	57
4.5	Συγκρίσεις και συμπεράσματα	57
5	Γενικές Παρατηρήσεις και Προτάσεις	61
5.1	Γενικές Παρατηρήσεις	61
5.2	Διερεύνηση με τη μέθοδο του Μοναδιαίου Υδρογραφήματος κατά Design of Small Dams	61
5.3	Σχόλια και απόψεις του Τεχνικού Συμβούλου	78
	Αναφορές	79
	Παράρτημα I - Υετογραφήματα και υδρογραφήματα σχεδιασμού με τη μέθοδο του Βρετανικού Ινστιτούτου και τη δυσμενέστερη διάταξη των επιμέρους υψών βροχής	I - 1
	Υετόγραμμα μελέτης T=20 έτη	I - 1
	Πλημμυρογράφημα μελέτης T=20 έτη	I - 3
	Υετόγραμμα μελέτης T=50 έτη	I - 5
	Πλημμυρογράφημα μελέτης T=50 έτη	I - 7
	Υετόγραμμα μελέτης T=100 έτη	I - 9
	Πλημμυρογράφημα μελέτης T=100 έτη	I - 11
	Υετόγραμμα μελέτης T=500 έτη	I - 13
	Πλημμυρογράφημα μελέτης T=500 έτη	I - 15
	Υετόγραμμα μελέτης T=10.000 έτη	I - 17
	Πλημμυρογράφημα μελέτης T=10.000 έτη	I - 19
	Υετόγραμμα μελέτης T=20.000 έτη	I - 21
	Πλημμυρογράφημα μελέτης T=20.000 έτη	I - 23
	Υετόγραμμα μελέτης T=60.000 (Π.Μ.Κ.) έτη	I - 25
	Πλημμυρογράφημα μελέτης T=60.000 (Π.Μ.Κ.) έτη	I - 27
	Διόδευση πλημμύρας από υπερχειλιστή - T=60.000 έτη (Π.Μ.Κ.), L = 40μ.	I - 29
	Διόδευση πλημμύρας από υπερχειλιστή - T=60.000 έτη (Π.Μ.Κ.), L = 60μ.	I - 31

Παράρτημα II - Υδρογραφήματα σχεδιασμού με τη μέθοδο του Design of Small Dams II - 1

Σενάριο 1 - Υδρογράφημα κατά Sierra Nevada για $K_n=0.10$ και $CN=55$ και διερεύνηση της επίδρασης της μεταβολής των παραμέτρων K_n , CN , κατανομή βροχής με τη δυσμενέστερη διάταξη των επιμέρους υψών βροχής

Υδρογράφημα $T = 60.000$ έτη	II - 1
Υδρογράφημα $T = 20.000$ έτη	II - 5
Υδρογράφημα $T = 10.000$ έτη	II - 9
Υδρογράφημα $T = 500$ έτη	II - 13
Υδρογράφημα $T = 100$ έτη	II - 17
Υδρογράφημα $T = 50$ έτη	II - 21
Υδρογράφημα $T = 20$ έτη	II - 25

Σενάριο 2 - Υδρογράφημα κατά Sierra Nevada για $K_n=0.10$ και $CN=55$ και διερεύνηση της επίδρασης της μεταβολής των παραμέτρων K_n , CN , κατανομή βροχής με τη μέθοδο των εναλλασσομένων υψών βροχής

Υδρογράφημα $T = 60.000$ έτη	II - 29
Υδρογράφημα $T = 20.000$ έτη	II - 33
Υδρογράφημα $T = 10.000$ έτη	II - 37
Υδρογράφημα $T = 500$ έτη	II - 41
Υδρογράφημα $T = 100$ έτη	II - 45
Υδρογράφημα $T = 50$ έτη	II - 49
Υδρογράφημα $T = 20$ έτη	II - 53

Σενάριο 3 - Υδρογράφημα κατά Sierra Nevada για $K_n=0.10$ και $CN=55$ και διερεύνηση της επίδρασης της μεταβολής των παραμέτρων K_n , CN , κατανομή βροχής υψών βροχής σύμφωνα με την καμπύλη έντασης - διάρκειας χωρίς ανακατανομή

Υδρογράφημα $T = 60.000$ έτη	II - 57
Υδρογράφημα $T = 20.000$ έτη	II - 61
Υδρογράφημα $T = 10.000$ έτη	II - 65
Υδρογράφημα $T = 500$ έτη	II - 69
Υδρογράφημα $T = 100$ έτη	II - 73
Υδρογράφημα $T = 50$ έτη	II - 77
Υδρογράφημα $T = 20$ έτη	II - 81

Παράρτημα III - Ανάσχεση Πλημμύρας με υπερχειλιστή πλάτους 40 μ. και στέψη στο +216,5 III - 1

Σενάριο 1 - Υδρογράφημα κατά Sierra Nevada για $K_n=0.10$ και $CN=55$, κατανομή βροχής με τη δυσμενέστερη διάταξη των επιμέρους υψών βροχής

Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 60.000$ έτη με υπερχειλιστή	III - 1
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 20.000$ έτη με υπερχειλιστή	III - 4
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 10.000$ έτη με υπερχειλιστή	III - 7
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 500$ έτη με υπερχειλιστή	III - 10
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 100$ έτη με υπερχειλιστή	III - 13
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 50$ έτη με υπερχειλιστή	III - 16
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 20$ έτη με υπερχειλιστή	III - 19

Σενάριο 2 - Υδρογράφημα κατά Sierra Nevada για $K_n=0.10$ και $CN=55$, κατανομή βροχής με τη μέθοδο των εναλλασσομένων υψών βροχής

Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 60.000$ έτη με υπερχειλιστή.....	III - 22
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 20.000$ έτη με υπερχειλιστή.....	III - 25
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 10.000$ έτη με υπερχειλιστή.....	III - 28
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 500$ έτη με υπερχειλιστή	III - 31
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 100$ έτη με υπερχειλιστή	III - 34
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 50$ έτη με υπερχειλιστή	III - 37
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 20$ έτη με υπερχειλιστή	III - 40

Σενάριο 3 - Υδρογράφημα κατά Sierra Nevada για $K_n=0.10$ και $CN=55$, κατανομή βροχής υψών βροχής με την καμπύλη έντασης - διάρκειας χωρίς ανακατανομή

Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 60.000$ έτη με υπερχειλιστή.....	III - 43
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 20.000$ έτη με υπερχειλιστή.....	III - 46
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 10.000$ έτη με υπερχειλιστή.....	III - 59
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 500$ έτη με υπερχειλιστή	III - 52
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 100$ έτη με υπερχειλιστή	III - 55
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 50$ έτη με υπερχειλιστή	III - 58
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 20$ έτη με υπερχειλιστή	III - 61

Παράρτημα IV - Ανάσχεση Πλημμύρας με σήραγγα εκτροπής $D=4.5$ μ.

Σενάριο 1 - Υδρογράφημα κατά Sierra Nevada για $K_n=0.10$ και $CN=55$, κατανομή βροχής με τη δυσμενέστερη διάταξη των επιμέρους υψών βροχής

Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 20$ έτη με σήραγγα εκτροπής $D=4.5$ μ.	IV - 1
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 50$ έτη με σήραγγα εκτροπής $D=4.5$ μ.	IV - 4
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 100$ έτη με σήραγγα εκτροπής $D=4.5$ μ.	IV - 7

Σενάριο 2 - Υδρογράφημα κατά Sierra Nevada για $K_n=0.10$ και $CN=55$, κατανομή βροχής με τη μέθοδο των εναλλασσομένων υψών βροχής

Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 20$ έτη με σήραγγα εκτροπής $D=4.5$ μ.	IV - 10
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 50$ έτη με σήραγγα εκτροπής $D=4.5$ μ.	IV - 13
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 100$ έτη με σήραγγα εκτροπής $D=4.5$ μ.	IV - 16

Σενάριο 3 - Υδρογράφημα κατά Sierra Nevada για $K_n=0.10$ και $CN=55$, κατανομή βροχής υψών βροχής με την καμπύλη έντασης - διάρκειας χωρίς ανακατανομή

Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 20$ έτη με σήραγγα εκτροπής $D=4.5$ μ.	IV - 19
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 50$ έτη με σήραγγα εκτροπής $D=4.5$ μ.	IV - 22
Ανάσχεση υδρογραφήματος $T = 100$ έτη με σήραγγα εκτροπής $D=4.5$ μ.	IV - 25

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Το σύνολο της παρούσας υδρολογικής μελέτης Πλημμυρών του Φράγματος Αποσελέμη συντάχθηκε από την ομάδα μελέτης του Τεχνικού Συμβούλου για το Έργο «Υδρευση Ηρακλείου-Αγίου Νικολάου από το φράγμα Αποσελέμη», ενώ στα κεφάλαια 1.2 έως 4 (και Παράρτημα 1) μετέσχε στον γενικό έλεγχο και παρακολούθηση της εκπονούμενης εργασίας ο Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ κ. Δ. Κουτσογιάννης.

Αντικείμενο της Υδρολογικής Μελέτης Πλημμυρών είναι η εκτίμηση των πλημμυρικών παροχών του υπερχειλιστή και της σήραγγας εκτροπής του υπό κατασκευή φράγματος Αποσελέμη.

Η μελέτη στηρίζεται κατά κύριο λόγο σε δεδομένα βροχοπτώσεων και μετεωρολογικών μεταβλητών της ευρύτερης περιοχής. Στο κεφάλαιο 2 γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων βροχοπτώσεων με στόχο την εκτίμηση των χαρακτηριστικών των βροχοπτώσεων σχεδιασμού. Στο κεφάλαιο 3 καταρτίζεται συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα της λεκάνης και, με βάση αυτό και τις καταιγίδες σχεδιασμού εκτιμώνται οι πλημμύρες σχεδιασμού στη θέση του φράγματος για διάφορες περιόδους επαναφοράς. Στο κεφάλαιο 4 γίνεται η διόδευση των πλημμυρών από τον υπερχειλιστή του φράγματος με στόχο την εκτίμηση της παροχής εκροής του υπερχειλιστή. Οι σχετικοί πίνακες υπολογισμών παρατίθενται στο Παράρτημα Ι της μελέτης. Στο κεφάλαιο 5 περιέχονται οι γενικές παρατηρήσεις και προτάσεις του τεχνικού συμβούλου σχετικά με τις πλημμύρες σχεδιασμού και τα συναφή τεχνικά χαρακτηριστικά του φράγματος που πρέπει να επιλεγούν.

1.2 Χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής

Στο Σχ. 1 φαίνεται η λεκάνη απορροής του Αποσελέμη, ανάντη του υδρομετρικού σταθμού στη θέση Ποταμιές και της θέσης φράγματος. Η έκταση της λεκάνης μέχρι τη θέση φράγματος, είναι 62.4 km². Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης είναι 1577 m και το ελάχιστο υψόμετρο, στη θέση του φράγματος, είναι 166 m. Η υψογραφική καμπύλη της λεκάνης δίνεται στο Σχ. 2. Το μήκος του κύριου κλάδου του χειμάρρου (με κατεύθυνση N-B) μέχρι τη θέση φράγματος είναι 8.2 km. Η υδρολογική μηκοτομή του κύριου κλάδου του χειμάρρου δίνεται στο Σχ. 3, απ' όπου φαίνεται ότι ο χειμάρρος χαρακτηρίζεται από σχετικά ήπιες κλίσεις στο μεγαλύτερο τμήμα του, εκτός από το πιο ανάντη τμήμα του, σε απόσταση μεγαλύτερη των 7 km από τη θέση του φράγματος, όπου η κλίση γίνεται απότομη.

Το έδαφος της λεκάνης απορροής παρουσιάζει σημαντικές κλίσεις στο ανατολικό και νότιο τμήμα της. Από υδρογεωλογικής πλευράς, σύμφωνα με τη μελέτη των ΑΔΚ και Watson (1998) η λεκάνη καλύπτεται από υδατοστεγανούς, ημιπερατούς και υδροπερατούς σχηματισμούς σε ποσοστά 17%, 11% και 72%, αντίστοιχα. Στην τελευταία κατηγορία που είναι η κυρίαρχη ανήκουν τα πετρώματα της αυτόχθονης ενότητας των πλακωδών ασβεστολίθων και τα ανθρακικά πετρώματα της ενότητας Τρίπολης, καθώς επίσης και κορήματα ασύνδετα ή ελαφρά συγκολλημένα. Σημαντικές περιοχές της λεκάνης απορροής καλύπτονται από ελαιώνες, γεωργικές εκτάσεις, βοσκοτόπους και θαμνώδη βλάστηση.

Η λεκάνη Αποσελέμη βρίσκεται σε επαφή (στο νότιο όριό της) με τη λεκάνη του Οροπεδίου Λασιθίου, έκτασης 130.1 km², η οποία φαίνεται επίσης στο Σχ. 1.

**ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΝΑΝΤΗ
ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΟΤΑΜΙΕΣ**

ΕΚΤΑΣΗ: 76.6 km²
 ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΛΕΚΑΝΗΣ: 547.8 m
 ΟΓΚΟΣ ΒΡΟΧΗΣ: 76.7 (hm³)
 ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: 11.5 (hm³)
 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: 0.14

**ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ
ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΑΠΟΣΕΛΕΜΗ**

ΕΚΤΑΣΗ: 62.4 km²
 ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΛΕΚΑΝΗΣ: 595.4 m

ΠΕΡΙΟΧΗ
ΚΑΡΣΤΙΚΩΝ
ΠΗΓΩΝ
ΚΑΣΤΑΜΟΝΙΤΣΑΣ

ΚΑΤΑΒΟΘΡΑ
(ΧΩΝΟΣ)

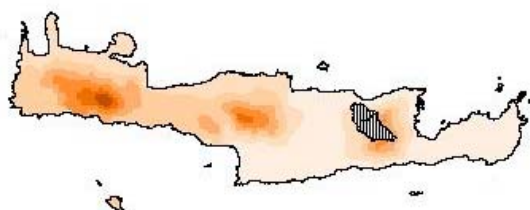
**ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΝΑΝΤΗ
ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΤΩ ΜΕΤΟΧΙ**

ΕΚΤΑΣΗ: 127.1 km²
 ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΛΕΚΑΝΗΣ: 1116.0 m
 ΟΓΚΟΣ ΒΡΟΧΗΣ: 169.2 (hm³)
 ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: 16.7 (hm³)
 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: 0.10

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ

ΕΚΤΑΣΗ: 130.1 km²
 ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΛΕΚΑΝΗΣ: 1114.6 m

ΘΕΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

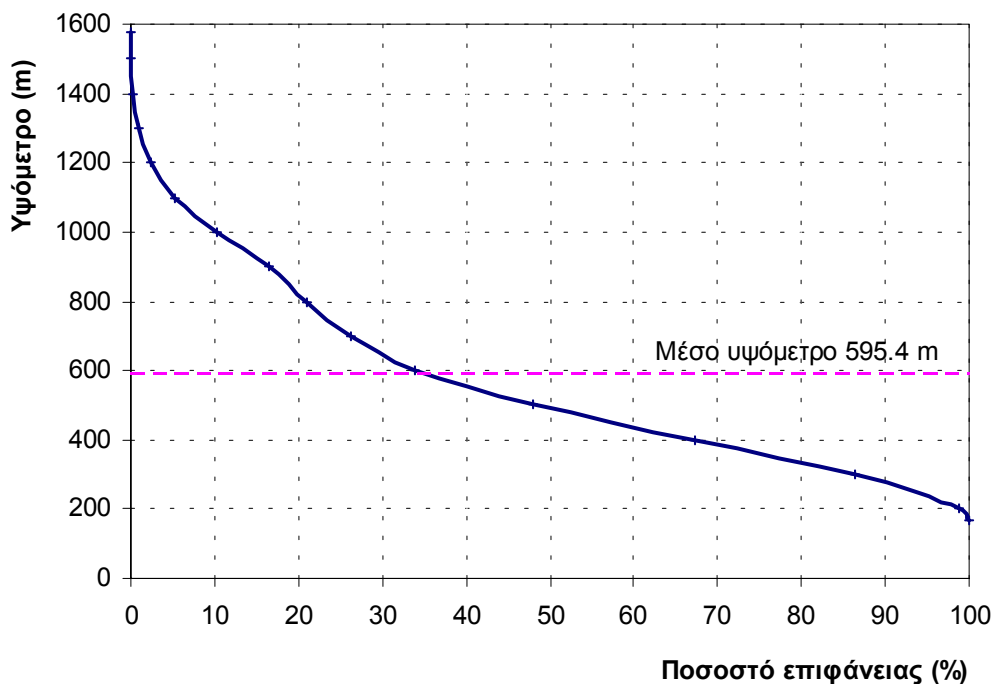
ΥΨΟΜΕΤΡΑ

200 - 400	1200 - 1400
400 - 600	1400 - 1600
600 - 800	1600 - 1800
800 - 1000	1800 - 2000
1000 - 1200	

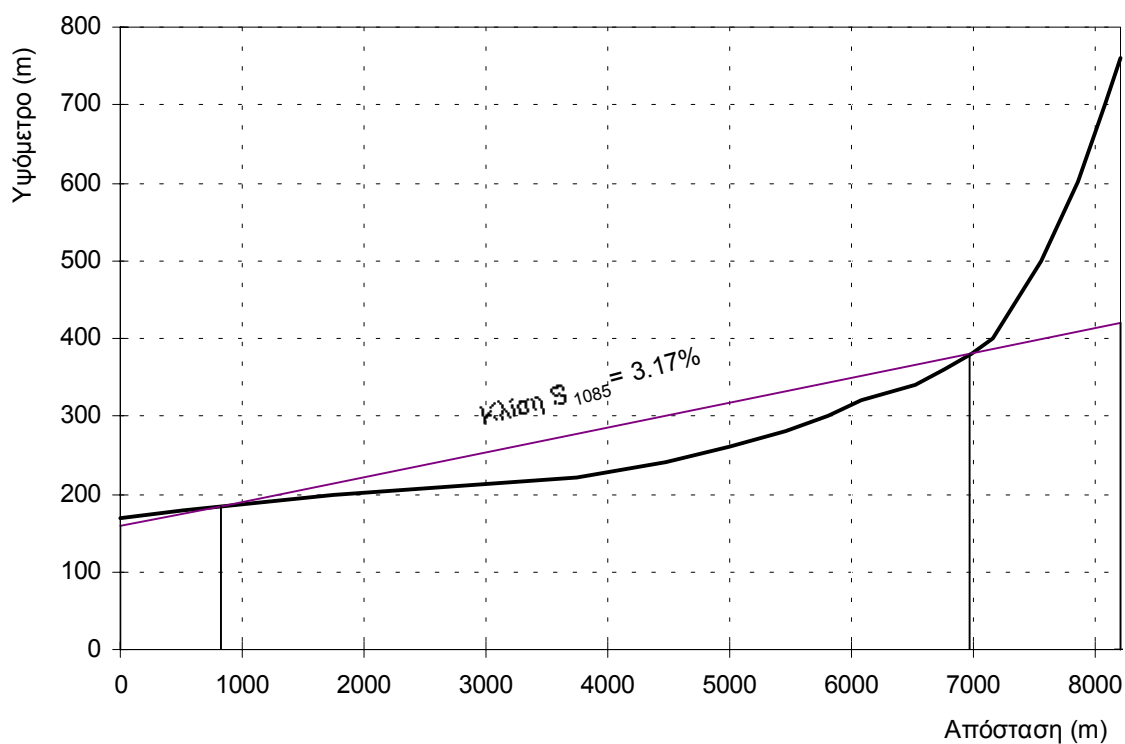
ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Σχ. 1 Συνοπτικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης.



Σχ. 2 Υψογραφική καμπύλη της λεκάνης απορροής ανάντη της θέσης φράγματος Αποσελέμη.

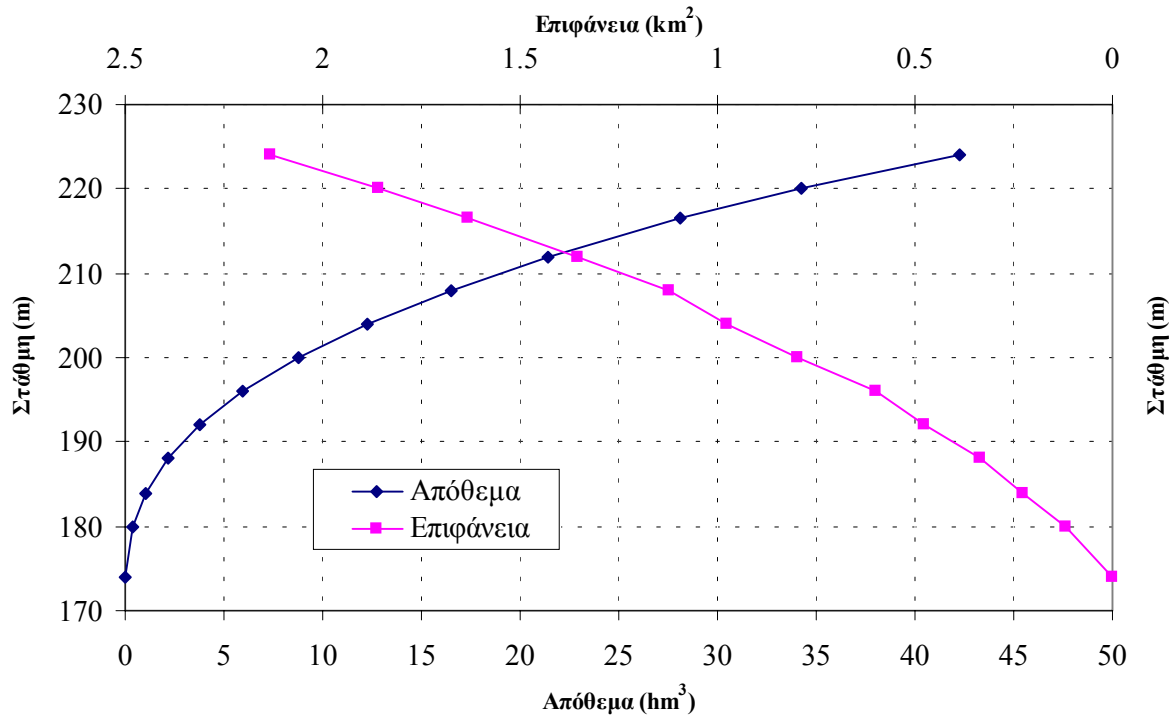


Σχ. 3 Μηκτομή του κύριου κλάδου του Αποσελέμη ανάντη της θέσης φράγματος.

Πιθανολογείται ότι η λεκάνη Αποσελέμη τροφοδοτείται εν μέρει από τις πλημμύρες του Οροπεδίου Λασιθίου, οι οποίες, αφού κατεισδύσουν στις καταβόθρες Χάνος, αναβλύζουν εν μέρει στις καρστικές πηγές Κασταμονίτσας. Με την κατασκευή της σήραγγας εκτροπής του Οροπεδίου Λασιθίου, παροχετευτικότητας $40 \text{ m}^3/\text{s}$, το σύνολο σχεδόν των πλημμυρικών απορροών του Οροπεδίου Λασιθίου θα οδηγείται στη λεκάνη Αποσελέμη.

1.3 Χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα

Στο Σχ. 4 δίνονται οι καμπύλες στάθμης-όγκου (ολικού αποθέματος) και στάθμης-επιφάνειας του ταμιευτήρα. Σύμφωνα με τη μελέτη των ΑΔΚ και Watson (1998) η κατώτατη στάθμη λειτουργίας τοποθετείται στα +184 m, όπου αντιστοιχεί νεκρός όγκος ταμιευτήρα 1.05 hm³. Η ανώτατη (κανονική) στάθμη λειτουργίας έχει οριστεί στα +216.50 m (στέψη υπερχειλιστή) και αντιστοιχεί σε συνολική χωρητικότητα 28.14 hm³ (στα οποία συμπεριλαμβάνεται και ο νεκρός όγκος) και σε επιφάνεια ταμιευτήρα 1.63 km².



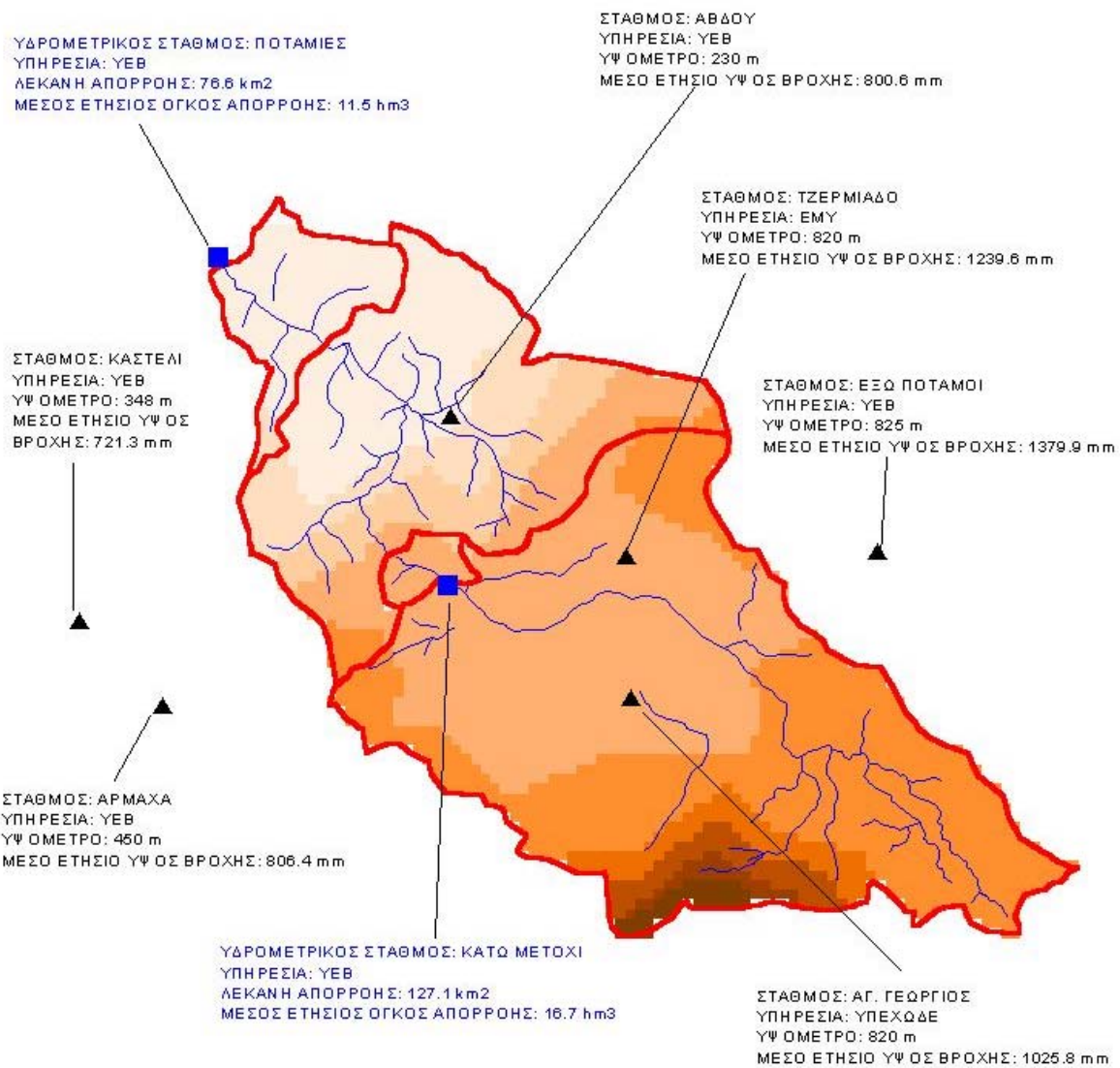
Σχ. 4 Καμπύλες στάθμης-όγκου και στάθμης-επιφάνειας του ταμιευτήρα Αποσελέμη.

1.4 Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί

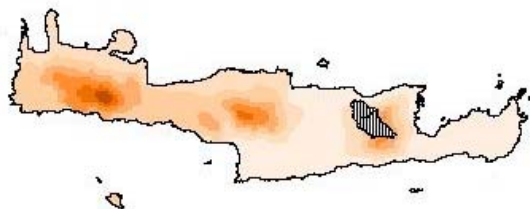
Οι βροχομετρικοί και μετεωρολογικοί σταθμοί που χρησιμοποιούνται στη μελέτη φαίνονται στον Πίν. 1 και οι θέσεις τους απεικονίζονται στο Σχ. 5. Αναλυτικότερα στοιχεία για τους σταθμούς δίνονται σε άλλο τεύχος της μελέτης (Κουτσογιάννης κ.ά., 2001). Οι περίοδοι για τις οποίες υπάρχουν δεδομένα εν γένει είναι μικρότερες από αυτές που εμφανίζονται στον Πίν. 1.

Πίν. 1 Βροχομετρικοί σταθμοί που χρησιμοποιούνται στη μελέτη.

Θέση	Γεωγρ. πλάτος	Γεωγρ. μήκος	Υψόμετρο (m)	Περίοδος λειτουργίας	Υπεύθυνος φορέας
Καστέλι	35ο 13'	25ο 20'	348	1931-σήμερα	ΥΠΓΕ(ΥΕΒ)
Έξω Ποτάμιοι	35ο 12'	25ο 32'	825	1931-σήμερα	ΥΠΓΕ(ΥΕΒ)
Αβδού	35ο 14'	25ο 26'	230	1964-σήμερα	ΥΠΓΕ(ΥΕΒ)
Αρμάχα	35ο 10'	25ο 21'	450	1963-σήμερα	ΥΠΓΕ(ΥΕΒ)
Αγ. Γεώργιος	35ο 10'	25ο 29'	820	1953-σήμερα	ΥΠΕΧΩΔΕ
Καστέλι	35ο 12'	25ο 20'	335	1977-σήμερα	ΕΜΥ
Τζερμιάδο	35ο 12'	25ο 29'	820	1936-σήμερα	ΕΜΥ



ΘΕΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ
- ~ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
- ▲ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ
- ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

ΥΨΟΜΕΤΡΑ (m)

	200 - 400
	400 - 600
	600 - 800
	800 - 1000
	1000 - 1200
	1200 - 1400
	1400 - 1600
	1600 - 1800
	1800 - 2000

Σχ. 5 Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

Τα βροχομετρικά και λοιπά μετεωρολογικά δεδομένα των σταθμών της Υπηρεσίας Εγγείων Βελτιώσεων (ΥΕΒ) του Υπουργείου Γεωργίας (ΥΠΓΕ) που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη αυτή και παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια έχουν ληφθεί από συστηματικές ετήσιες εκδόσεις της ΥΕΒ Ηρακλείου. Τα βροχομετρικά δεδομένα των σταθμών της ΕΜΥ και του ΥΠΕΧΩΔΕ έχουν χορηγηθεί απευθείας από τις υπηρεσίες αυτές.

Δύο από τους σταθμούς του Πίν. 1 και συγκεκριμένα αυτοί της Αβδού και του Αγίου Γεωργίου είναι εξοπλισμένοι με βροχογράφο. Για τον πρώτο σταθμό, ήταν διαθέσιμα από τη μελέτη των ΑΔΚ και Watson (1998) τα μηνιαία μέγιστα ύψη βροχής για διάφορες διάρκειες. Για το δεύτερο σταθμό μας δόθηκαν τα πλήρη αρχεία του σταθμού από το ΥΠΕΧΩΔΕ ψηφιοποιημένα σε ημίωρη κλίμακα. Πάντως και για τους δύο σταθμούς, η σύγκριση με τα αντίστοιχα ημερήσια ύψη των βροχομέτρων δείχνει ότι υπάρχουν σοβαρές και συχνές ασυνέπειες. Όπως συνήθως συμβαίνει, όπου υπάρχουν ασυνέπειες θεωρήσαμε ως πλέον αξιόπιστα τα δεδομένα των βροχομέτρων.

Εξάλλου, δύο από τους σταθμούς του Πίν. 1 και συγκεκριμένα αυτοί στο Καστέλι και Τζερμιάδο της ΕΜΥ είναι εξοπλισμένοι με όργανα μετεωρολογικών παρατηρήσεων. Τα μετεωρολογικά δεδομένα αυτών των σταθμών αξιοποιήθηκαν για υδρομετεωρολογικές εκτιμήσεις της πιθανής μέγιστης κατακρήμνισης, όπως αναλυτικότερα περιγράφεται στο εδάφιο 2.2.2.

2 Εκτίμηση βροχόπτωσης σχεδιασμού

Λόγω της μεγάλης κλίμακας και σημασίας των έργων που μελετώνται, οι αναλύσεις που επιχειρούνται γίνονται με δύο προσεγγίσεις: με την προσέγγιση της πιθανής μέγιστης κατακρήμνισης (ΠΜΚ) και με πιθανοτική προσέγγιση. Εξάλλου, για την εκτίμηση της ΠΜΚ ακολουθούνται δύο εναλλακτικές μεθοδολογίες: η στατιστική (ενότητα 2.1) και η υδρομετεωρολογική (ενότητα 2.2). Στην πιθανοτική προσέγγιση υιοθετείται η γενική κατανομή ακραίων τιμών (ΓΑΤ) και επιχειρείται η σύνδεση των δύο διαφορετικών προσεγγίσεων (ενότητα 2.3).

2.1 Πιθανή μέγιστη κατακρήμνιση - Μέθοδος Hershfield

Μεταξύ των διάφορων μεθόδων εκτίμησης της ΠΜΚ που περιέχονται στο σχετικό εγχειρίδιο του World Meteorological Organization (1986), η πλέον δεδομένη στην Ελλάδα είναι η μέθοδος Hershfield (1961, 1965· βλ. και World Meteorological Organization, 1986). Η μέθοδος αυτή είναι η απλούστερη στην εφαρμογή, τόσο λόγω των απλών υπολογισμών που περιλαμβάνει, όσο και λόγω των λίγων δεδομένων εισόδου που απαιτεί· συγκεκριμένα, για να εφαρμοστεί η μέθοδος χρειάζεται μόνο ένα ιστορικό δείγμα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής.

Σύμφωνα με τη μέθοδο Hershfield το ύψος βροχής της πιθανής μέγιστης κατακρήμνισης h_m προκύπτει από την εξίσωση

$$h_m = \bar{h} + k_m s_h \quad (1)$$

όπου \bar{h} και s_h είναι η δειγματική μέση τιμή και η δειγματική τυπική απόκλιση, αντίστοιχα, του ετήσιου μέγιστου ύψους βροχής για διάρκεια d , και k_m είναι ένας συντελεστής συχνότητας που δίνεται από εμπειρικό νομογράφημα του Hershfield ως συνάρτηση των d και \bar{h} . Αυτό το νομογράφημα μπορεί να προσεγγιστεί από την απλή αναλυτική σχέση (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999, σ.160)

$$k_m = 20 - 8.6 \ln \left(\frac{\bar{h}}{130} + 1 \right) \left(\frac{24}{d} \right)^{0.4} \quad (d \text{ σε h, } \bar{h} \text{ σε mm}) \quad (2)$$

Πλην του νομογραφήματος που δίνει το συντελεστή k_m , η μέθοδος περιλαμβάνει και άλλα νομογραφήματα που χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση της δειγματικής μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης, τα οποία επίσης μπορούν να προσεγγιστούν από απλές αναλυτικές σχέσεις (βλ. Κουτσογιάννης, 1998α).

Τα δεδομένα που επιτρέπουν την εφαρμογή της μεθόδου στην ευρύτερη περιοχή φαίνονται στον Πίν. 2 (δείγματα ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής). Τα μεγέθη των δειγμάτων κυμαίνονται από 17 χρόνια για το σταθμό του Τζερμιάδου μέχρι 44 χρόνια για το σταθμό του Αγίου Γεωργίου. Γενικά παρατηρούμε ότι έχουν καταγραφεί αρκετά μεγάλα ρεκόρ ημερήσιου ύψους βροχής που πλησιάζουν ή ξεπερνούν τα 200 mm στους σταθμούς Αβδού, Καστέλι (ΥΠΓΕ και ΕΜΥ) και Τζερμιάδο και τα 300 mm στον Άγιο Γεώργιο, ενώ στους Έξω Ποτάμους έχει καταγραφεί το απολύτως μέγιστο ημερήσιο ύψος (380 mm).

Πίν. 2 Δείγματα ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής (σε mm).

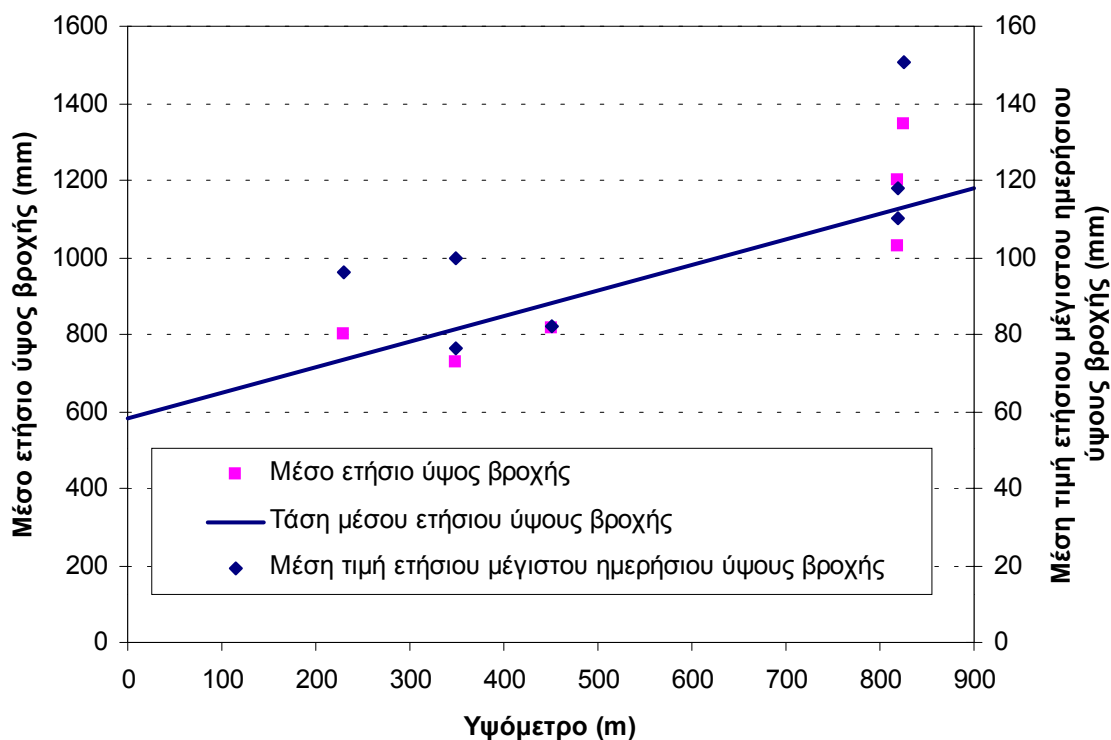
Υδρολογικό έτος	Έξω Ποτάμιοι	Αβδού	Αρμάχα	Καστέλι (ΥΠΓΕ)	Άγιος Γεώργιος	Καστέλι (ΕΜΥ)	Τζερμιάδο
1954-55					49.0		
1955-56					81.7		
1956-57					46.3		
1957-58					60.0		
1958-59					54.5		
1959-60					190.0		
1960-61					50.8		
1961-62					106.3		
1962-63					75.0		
1963-64					20.0		
1964-65					82.8		
1965-66		44.0			70.0		
1966-67		62.0			72.5		
1967-68		81.0			72.3		
1968-69		105.0			170.0		
1969-70		48.5			96.8		
1970-71		68.5			120.0		
1971-72		65.5			130.0		
1972-73		81.5			90.6		
1973-74	70.0	78.0	58.0	45.5	96.6		
1974-75	85.0	60.5	51.5	39.3	98.4		82.9
1975-76	218.0	101.0	74.5	75.0	107.8		129.0
1976-77	380.0	161.0	130.5	232.0	130.2	176.3	142.8
1977-78	180.0	98.0	110.0	113.0	156.3	88.0	134.6
1978-79	203.0	182.0	73.5	89.0	96.2	86.6	116.0
1979-80	81.0	75.5	110.0	53.5	84.3	58.0	105.0
1980-81	57.0	95.0	85.6	83.5	90.1	84.0	90.2
1981-82	73.0	48.0	55.0	49.5	63.3	56.1	50.8
1982-83	140.0	131.0	68.0	55.5	44.0	70.6	124.8
1983-84	154.0	54.0	110.0	118.0	123.0	168.2	151.2
1984-85	196.0	122.0	120.0	90.0	235.0	144.0	213.2
1985-86	115.0	191.0	78.0	85.0	86.0	122.2	94.2
1986-87	98.0	99.0	80.0	68.0	109.0	109.0	154.6
1987-88	93.0	99.5	93.0	57.0	120.0	87.8	176.6
1988-89	100.5	86.0	65.0	47.0	97.0	87.0	121.0
1989-90	66.0	63.5	48.0	57.0	85.0	92.4	63.0
1990-91	68.0	51.0	46.0	48.0	50.0	52.7	53.4
1991-92		89.0	53.0	53.0	73.1	88.5	
1992-93		54.0	53.5	46.0	68.2	47.0	
1993-94		99.8	99.0	101.0	121.0	131.0	
1994-95		141.0	146.0	97.5	310.0	43.1	
1995-96		67.0	70.0	67.0	96.0	212.0	
1996-97		99.0	114.0	91.0	89.0	112.6	
1997-98		73.0	83.0	70.4	120.0	110.5	
1998-99		86.0	53.0	51.5		71.9	
Μέγεθος δείγματος	18	34	26	26	44	23	17
Μέση τιμή	132.1	90.0	81.9	76.3	99.7	100.0	117.8
Μέγιστη τιμή	380.0	191.0	146.0	232.0	310.0	212.0	213.2
Τυπική απόκλιση	80.8	36.6	28.0	38.9	51.5	43.4	43.6

Σημειώσεις: (1) Το υδρολογικό έτος θεωρείται ότι ξεκινά την 1^η Οκτωβρίου. (2) Τα δεδομένα στους Έξω Ποτάμους από το 1991-92 και μετά θεωρήθηκαν αναξιόπιστα. (3) Τα δεδομένα στην Αβδού πριν το 1973-74 έχουν ληφθεί από τη μελέτη των ΑΔΚ και Watson (1998).

Πίν. 3 Εφαρμογή της μεθόδου του Hershfield (1961, 1965) για την εκτίμηση της ΠΜΚ στις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών. Ύψη βροχής σε mm.

Σταθμός	Έξω Ποτάμοι	Αβδού	Αρμάχα	Καστέλι (ΥΠΓΕ)	Άγ. Γεώργιος	Καστέλι (ΕΜΥ)	Τζερμιάδο
Υψόμετρο	825	230	450	348	820	348	820
Μέγεθος δείγματος, n	18	34	26	26	44	23	17
<i>Στατιστικά χαρακτηριστικά δείγματος με βάση το σύνολο των δεδομένων</i>							
Μέση τιμή, m_n	149.3	101.7	92.5	86.2	112.7	113.0	133.2
Τυπική απόκλιση, s_n	91.3	41.4	31.7	43.9	58.2	49.1	49.3
<i>Στατιστικά χαρακτηριστικά δείγματος χωρίς τη μεγαλύτερη τιμή</i>							
Μέση τιμή, m_{n-m}	132.8	98.3	89.6	79.2	107.2	107.2	126.4
Τυπική απόκλιση, s_{n-m}	60.6	36.7	28.6	25.8	45.7	41.5	42.1
<i>Λόγοι στατιστικών χαρακτηριστικών</i>							
m_{n-m} / m_n	0.890	0.966	0.969	0.918	0.951	0.949	0.949
s_{n-m} / s_n	0.663	0.887	0.903	0.588	0.786	0.846	0.853
<i>Συντελεστές αναγωγής για τη μεγαλύτερη παρατηρημένη βροχόπτωση</i>							
Για τη μέση τιμή	1.020	1.005	1.010	1.010	1.003	1.012	1.022
Για την τυπική απόκλιση	1.094	1.023	1.043	1.043	1.011	1.056	1.105
<i>Συντελεστές αναγωγής για το μέγεθος δείγματος</i>							
Για τη μέση τιμή	0.933	0.994	1.004	0.952	0.974	0.987	0.998
Για την τυπική απόκλιση	0.765	0.986	1.018	0.663	0.864	0.961	0.988
<i>Ανηγμένα στατιστικά χαρακτηριστικά</i>							
Μέση τιμή, m	142.1	101.7	93.7	82.8	110.0	112.9	135.8
Τυπική απόκλιση, s	76.5	41.7	33.6	30.4	50.9	49.8	53.9
<i>Τελική εκτίμηση της ΠΜΚ</i>							
Παράμετρος k_m	13.6	15.0	15.3	15.8	14.7	14.6	13.8
ΠΜΚ	1185.7	729.1	609.3	561.4	859.3	841.4	881.6
<i>Υψομετρική αναγωγή ΠΜΚ</i>							
Συντελεστής αναγωγής	1.16	0.75	0.90	0.83	1.15	0.83	1.15
Ανηγμένη ΠΜΚ	1026.2	967.8	675.5	673.9	745.9	1009.9	765.3

Οι υπολογισμοί της μεθόδου Hershfield δίνονται στον Πίν. 3. Οι τιμές της ΠΜΚ που προκύπτουν για τους σταθμούς κυμαίνονται σε μεγάλο εύρος, από 561 και 1186 mm. Ένα μέρος της μεγάλης διακύμανσης θα πρέπει να αποδοθεί στην επίδραση του υψομέτρου. Πράγματι, όπως έχει βρεθεί σε άλλο τεύχος της παρούσας μελέτης (Κουτσογιάννης κ.ά., 2001) το ετήσιο ύψος βροχής αυξάνεται με το υψόμετρο με ρυθμό 0.66 mm/m. Όπως φαίνεται στο Σχ. 6, παρόμοια εξάρτηση από το υψόμετρο εμφανίζεται και για τη μέση τιμή του ετήσιου μέγιστου σημειακού ύψους βροχής. Αν αδιαστατοποιηθεί η επίδραση του υψομέτρου με χρήση συντελεστών αναγωγής, οι συντελεστές αναγωγής στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης Αποσελέμη ανάντη της θέσης φράγματος (595 m) μπορούν κατά προσέγγιση να χρησιμοποιηθούν και για την αναγωγή της ΠΜΚ. Οι συντελεστές αναγωγής των διάφορων σταθμών και οι αντίστοιχες ανηγμένες τιμές της ΠΜΚ φαίνονται στις δύο τελευταίες σειρές του Πίν. 3. Με την αναγωγή αυτή, το εύρος των τιμών της ΠΜΚ έχει σμικρυνθεί και κυμαίνεται τώρα από 674 μέχρι 1026 mm. Οι τιμές αυτές κρίνονται ως πολύ υψηλές για τις ελληνικές συνθήκες. Το μεγάλο μέγεθός τους, όμως, είναι δικαιολογημένο, αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης έχουν καταγραφεί βροχοπτώσεις από τις ισχυρότερες στην Ελλάδα (Πίν. 2).



Σχ. 6 Σχέση ύψους βροχής και υψομέτρου.

Θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι οι τιμές της ΠΜΚ που υπολογίστηκαν προήλθαν από επεξεργασία ημερήσιων μετρήσεων βροχομέτρου, οι οποίες προηγουμένως είχαν αναχθεί σε μέγιστες τιμές 24ώρου από τη βιβλιογραφία (π.χ. World Meteorological Organization, 1986· Linsley et al., 1975, σ. 357) είναι γνωστό ότι ο συντελεστής αναγωγής έχει τιμή 1.13.

Εξάλλου, οι τιμές αυτές αναφέρονται σε σημειακή βροχόπτωση και θα πρέπει να αναχθούν σε επιφανειακή βροχόπτωση. Για την αναγωγή χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση που δίνεται από τους Κουτσογιάννη και Ξανθόπουλο (1999, σ. 153)

$$\varphi = 1 - \frac{0.048 A^{0.36 - 0.01 \ln A}}{d^{0.35}} \geq 0.25 \quad (3)$$

όπου φ ο συντελεστής επιφανειακής αναγωγής (αδιάστατος αριθμός), A η έκταση σε km^2 και d η διάρκεια βροχής σε h. Η σχέση αυτή βασίστηκε σε πινακοποιημένα αποτελέσματα του National Environmental Research Council (1975), και αναφέρεται σε εύρος μεταβολής της διάρκειας 1 min έως 25 ημέρες και της έκτασης από 1 έως 30 000 km^2 . Στην προκειμένη περίπτωση, για $A = 62.4 \text{ km}^2$ και $d = 24 \text{ h}$ προκύπτει $\varphi = 0.94$.

2.2 Πιθανή μέγιστη κατακρήμνιση - Υδρομετεωρολογική μεθοδολογία

2.2.1 Γενική περιγραφή της μεθόδου

Ως δεύτερη προσέγγιση στην εκτίμηση της ΠΜΚ χρησιμοποιήθηκε η υδρομετεωρολογική μεθοδολογία που βασίζεται στη αναγωγή καταγραμμένων βροχοπτώσεων με μεγιστοποίηση της διαθέσιμης ατμοσφαιρικής υγρασίας (World Meteorological Organization, 1986). Η μέθοδος χρησιμοποιεί μια σειρά ιστορικών ισχυρών βροχοπτώσεων, τις οποίες ανάγει σε συνθήκες μεγιστοποιημένης ατμοσφαιρικής υγρασίας με βάση τη σχέση

$$h_m = h \frac{W_m}{W} \quad (4)$$

όπου h το καταγραμμένο ύψος βροχής, h_m το μεγιστοποιημένο ύψος βροχής, W το ύψος κατακρημνίσιμου νερού στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της βροχόπτωσης και W_m το μεγιστοποιημένο ύψος κατακρημνίσιμου νερού στην ατμόσφαιρα. Το ύψος του κατακρημνίσιμου νερού ορίζεται ως η συνολική ποσότητα υδρατμών που περιέχεται σε μια κατακόρυφη στήλη αέρα που εκτείνεται από τη στάθμη εδάφους z_0 μέχρι το υψόμετρο της τροπόπαυσης z_1 , εκφρασμένη σε ισοδύναμο ύψος νερού, και δίνεται από την εξίσωση

$$W = \frac{1}{\rho_w} \int_{z_0}^{z_1} \rho_v dz = \frac{1}{\rho_w g} \int_{p_1}^{p_0} q dp \quad (5)$$

όπου με z και p συμβολίζονται το υψόμετρο και η ατμοσφαιρική πίεση, αντίστοιχα, p_0 και p_1 είναι η ατμοσφαιρική πίεση στις στάθμες z_0 (επιφάνεια εδάφους) και z_1 , αντίστοιχα, ρ_v και ρ_w είναι η πυκνότητα των υδρατμών και του νερού σε υγρή μορφή, αντίστοιχα, και g η επιτάχυνση βαρύτητας. Για την εκτίμησή του χρειάζονται δεδομένα θερμοκρασίας, πίεσης και σχετικής υγρασίας καθ' ύψος της ατμόσφαιρας, τα οποία αποκτώνται με ραδιοβολίσεις. Βεβαίως, το δίκτυο των θέσεων ραδιοβολίσεων είναι εξαιρετικά αραιό (π.χ. στην Ελλάδα γίνονται ραδιοβολίσεις μόνο σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη) και, έτσι, η εκτίμηση του κατακρημνίσιμου νερού βασίζεται μόνο σε μετεωρολογικές παρατηρήσεις εδάφους. Έτσι, γίνεται η παραδοχή της κορεσμένης ψευδο-αδιαβατικής ατμόσφαιρας, οπότε είναι δυνατό να εκτιμηθεί θεωρητικά το ύψος του κατακρημνίσιμου νερού συναρτήσει του υψομέτρου αναφοράς και του σημείου δρόσου στην περιοχή που ενδιαφέρει. Για τη διευκόλυνση της εκτίμησης ο World Meteorological Organization (1986) έχει συντάξει πίνακες τιμών, με βάση τις τιμές των οποίων προσαρμόστηκε η σχέση (Κουτσογιάννης, 1998α)

$$W = \exp(2.29 + 0.086 T_d - 0.0005 z_0 + 0.0000075 T_d z_0) - 1.82 \quad (6)$$

όπου T_d το σημείο δρόσου στην επιφάνεια σε °C και z_0 το υψόμετρο του εδάφους σε m (το W υπολογίζεται σε mm).

Το σημείο δρόσου T_d υπολογίζεται από τις μετρήσεις θερμοκρασίας T και σχετικής υγρασίας U με βάση τις σχέσεις

$$e^* = 6.11 \exp\left(\frac{17.27 T}{T + 237.3}\right) \quad (7)$$

όπου e^* η πίεση κορεσμού υδρατμών σε hPa και T η θερμοκρασία σε °C,

$$e = 6.11 \exp\left(\frac{17.27 T_d}{T_d + 237.3}\right) \quad (8)$$

όπου e η πραγματική πίεση υδρατμών σε hPa και T_d το σημείο δρόσου σε °C, και

$$U := 100 \times \frac{e}{e^*} \quad (9)$$

όπου U η σχετική υγρασία σε ποσοστό %. Η επίλυση ως προς T_d δίνει

$$T_d = \frac{237.3 t}{17.27 - t} \quad (10)$$

όπου

$$t := \frac{17.27 T}{T + 237.3} + \ln\left(\frac{U}{100}\right) \quad (11)$$

Το μεγιστοποιημένο ύψος κατακρημνίσμου νερού στην ατμόσφαιρα W_m εκτιμάται από την (6) (ή από πίνακες ή, ακόμη, από άλλη παρόμοια σχέση που τυχόν έχει προκύψει από τοπικά δεδομένα), με βάση το μέγιστο σημείο δρόσου που έχει παρατηρηθεί κατά τη διάρκεια πολλών ετών στην περιοχή την υπόψη περίοδο (μήνα ή δεκαπενθήμερο) του έτους (δεδομένου ότι υπάρχει έντονη εποχιακή διακύμανση του σημείου δρόσου). Σύμφωνα με τον World Meteorological Organization (1986, σ. 11) το μέγιστο σημείο δρόσου θα πρέπει να εκτιμηθεί από ιστορικό δείγμα 50 ή περισσότερων ετών· αν το διαθέσιμο δείγμα είναι μικρότερου μεγέθους, τότε συστήνεται η επέκταση με στατιστικές μεθόδους για περίοδο επαναφοράς της τάξης των 100 ετών. Εξάλλου, η τιμή που χρησιμοποιείται δεν είναι το στιγμιαίο μέγιστο αλλά η μέγιστη τιμή που το σημείο δρόσου υπερβαίνει επί ένα διάστημα 12 h.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στις ισχυρές καταιγίδες το ύψος βροχής που πραγματοποιείται είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το ύψος του κατακρημνίσμου νερού. Αυτό συμβαίνει επειδή η κύρια πηγή που συντηρεί μια ισχυρή βροχόπτωση δεν είναι η διαθέσιμη υγρασία σε μια δεδομένη κατακόρυφη στήλη της ατμόσφαιρας (η οποία ουσιαστικά ισοδυναμεί με το ύψος του κατακρημνίσμου νερού και, άλλωστε δεν είναι φυσικώς δυνατό να υγροποιηθεί εξ ολοκλήρου και να πέσει ως κατακρήμνιση) αλλά η συνεχής τροφοδοσία της περιοχής με νέους υδρατμούς που μεταφέρονται από το πεδίο των ανέμων. Έτσι, ο λόγος

$$E = \frac{h}{W} \quad (12)$$

που ονομάζεται αποτελεσματικότητα της καταιγίδας (storm efficiency), είναι κατά κανόνα μεγαλύτερος της μονάδας στις ισχυρές βροχοπτώσεις.

2.2.2 Δεδομένα για την εφαρμογή της μεθόδου

Για τις ανάγκες εκτίμησης της ΠΜΚ, λήφθηκε υδρομετεωρολογική πληροφορία από την ευρύτερη περιοχή των υπό μελέτη έργων η οποία περιλαμβάνει τη λεκάνη Αποσελέμη ανάντη του φράγματος και μια περιμετρική ζώνη καθώς και το Οροπέδιο Λασιθίου και γειτνιάζουσες προς αυτό περιοχές. Στην ευρύτερη αυτή περιοχή κρίνεται ότι οι τοπογραφικές εξάρσεις είναι τέτοιες που δεν απαγορεύουν την άμεση μεταφορά πληροφορίας σχετικά με τις Πιθανή Μέγιστη Καρακρήμνιση από μια θέση σε μια άλλη.

Στην ευρύτερη λεκάνη Αποσελέμη διατίθενται δεδομένα ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης από βροχόμετρο σε τρεις σταθμούς: Αβδού, Αρμάχα και Καστέλι (της EMY). Ένας τέταρτος σταθμός στο Καστέλι που ανήκει στο ΥΠΓΕ έδωσε, μετά από προκαταρκτική επεξεργασία των δεδομένων στην παρούσα μελέτη, συστηματικά μικρότερα μέγιστα ημερήσια ύψη βροχόπτωσης και, γι' αυτό, δε λήφθηκε υπόψη στις εκτιμήσεις της ΠΜΚ. Βροχογράφο διαθέτει μόνον ο σταθμός Αβδού. Στην ευρύτερη λεκάνη διατίθενται δεδομένα θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας αέρα σε έναν σταθμό, στο Καστέλι (της EMY) συνήθως με 5 ως 8 παρατηρήσεις την ημέρα για το διάστημα 1976-1999 (24 χρόνια).

Στην ευρύτερη λεκάνη του Οροπεδίου Λασιθίου διατίθενται δεδομένα ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης από βροχόμετρο επίσης σε τρεις σταθμούς: Έξω Ποτάμοι, Άγιος Γεώργιος και Τζερμιάδο. Βροχογράφο διαθέτει μόνον ο σταθμός Αγίου Γεωργίου. Στη λεκάνη διατίθενται δεδομένα θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας αέρα σε έναν μόνον σταθμό, στο Τζερμιάδο (της EMY) με 3 παρατηρήσεις την ημέρα για το διάστημα 1975-1990 (16 χρόνια).

Από τα παραπάνω δεδομένα γίνεται φανερό ότι, στην πρώτη φάση εφαρμογής της μεθόδου που αφορά την εκτίμηση των μέγιστων σημείων δρόσου ανά μήνα του έτους, οι σχετικοί υπολογισμοί είναι δυνατοί μόνον στο σταθμό Καστέλι για τη λεκάνη Αποσελέμη και στο σταθμό Τζερμιάδο για το Οροπέδιο Λασιθίου. Στη δεύτερη φάση της μεθόδου, γίνεται συνδυασμένη επεξεργασία δεδομένων ύψους βροχόπτωσης στον κάθENA από τους έξι βροχομετρικούς σταθμούς της περιοχής μελέτης και

δεδομένων σημείων δρόσου στον κοντινότερο μετεωρολογικό σταθμό (χρονοσειρά χαρακτηριστικών ημερήσιων τιμών και μηνιαία μέγιστα). Έτσι, προέκυψε, για τις ανάγκες της επεξεργασίας των δεδομένων και μόνον, διαχωρισμός της περιοχής μελέτης σε δύο υποπεριοχές: (α) την ευρύτερη λεκάνη Αποσελέμη (λεκάνη ανάντη του φράγματος και γειτονική περιοχή) και (β) την ευρύτερη λεκάνη του Οροπεδίου Λασιθίου (μαζί με τη γειτονική περιοχή). Για τη λεκάνη Αποσελέμη διατίθενται, πάντα για τη δεύτερη φάση εφαρμογής της μεθόδου, τα ακόλουθα τρία δείγματα (μήκους 24 ετών):

1. Δεδομένα σημείου δρόσου στο σταθμό Καστέλι και δεδομένα ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης στο σταθμό Αβδού·
2. Δεδομένα σημείου δρόσου στο σταθμό Καστέλι και δεδομένα ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης στο σταθμό Αρμάχα·
3. Δεδομένα σημείου δρόσου και ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης στο σταθμό Καστέλι.

Αντίστοιχα για το Οροπέδιο Λασιθίου προκύπτουν τα δείγματα (μήκους 16 ετών):

1. Δεδομένα σημείου δρόσου στο σταθμό Τζερμιάδο και δεδομένα ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης στο σταθμό Έξω Ποτάμοι·
2. Δεδομένα σημείου δρόσου στο σταθμό Τζερμιάδο και δεδομένα ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης στο σταθμό Άγιος Γεώργιος·
3. Δεδομένα σημείου δρόσου και ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης στο σταθμό Τζερμιάδο.

Κανονικά, θα έπρεπε να γίνει και ανάλυση των δειγμάτων βροχόπτωσης από τους βροχογράφους των σταθμών Αβδού και Αγίου Γεωργίου. Η προκαταρκτική, όμως, επεξεργασία των σχετικών δεδομένων καθώς και η επί τόπου εξέταση των σταθμών, έδειξε ότι τα δεδομένα τους είναι συχνά αναξιόπιστα και, γι' αυτό, δεν λήφθηκαν καθόλου υπόψη στις εκτιμήσεις της ΠΜΚ. Υπάρχει και ένας πρόσθετος λόγος που δεν επιχειρήθηκε η εν λόγω ανάλυση: οι εκτιμήσεις της ΠΜΚ με βάση τα δεδομένα μόνο από βροχόμετρα στους δύο σταθμούς έδωσε πολύ χαμηλές τιμές του μεγιστοποιημένου ύψους βροχόπτωσης (σε σύγκριση με τους άλλους σταθμούς), εικόνα που είναι πιθανό να επιδεινωθεί περαιτέρω με την εισαγωγή πληροφορίας από βροχογράφο (λόγω των κατά κανόνα μικρότερων ενδείξεων των βροχογράφων σε σχέση με αυτές των βροχομέτρων).

2.2.3 Μέγιστα σημεία δρόσου

Από τα δεδομένα που αναφέρονται παραπάνω για την πρώτη φάση της μεθόδου καταρτίστηκαν τα δείγματα μηνιαίου μέγιστου σημείου δρόσου από αντιπροσωπευτικά ημερήσια σημεία δρόσου. Τα τελευταία, σύμφωνα με τις συστάσεις του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (World Meteorological Organization, 1986), θα πρέπει να εκτιμώνται ως οι μέγιστες εκείνες τιμές που εμμένουν επί 12ωρο, δηλαδή οι μέγιστες τιμές των ελαχίστων όλων των χρονικών διαστημάτων διάρκειας 12 ωρών μέσα στην κάθε μέρα. Αυτό, βέβαια, προϋποθέτει την ύπαρξη συνεχών καταγραφών των σχετικών δεδομένων ή, τουλάχιστον, την ύπαρξη πολλών παρατηρήσεων μέσα στην ημέρα (π.χ. ανά τρίωρο). Στην παρούσα μελέτη, διαθέταμε δείγματα που, τουλάχιστον κατά ένα μέρος τους, διέθεταν παρατηρήσεις ανά τρίωρο (8 ανά ημέρα). Για τις συγκεκριμένες λοιπόν μέρες ήταν δυνατή η εφαρμογή της σύστασης του WMO. Για το υπόλοιπο τμήμα, όμως, του κάθε δείγματος έπρεπε να γίνει διαφορετική προσέγγιση μέσω άλλης μεθοδολογίας, καθόσον συμπλήρωση τέτοιου είδους δειγμάτων ήταν ανέφικτη. Για την κατάρτιση αυτής της μεθοδολογίας, έγινε σχετική διερεύνηση με βάση το δείγμα στο σταθμό Καστέλι και αποκλειστικά για τα δεδομένα των ημερών με πλήρεις παρατηρήσεις (ανά τρίωρο). Εξετάστηκαν τρεις μέθοδοι εξαγωγής του αντιπροσωπευτικού (ή, αλλιώς, χαρακτηριστικού) ημερήσιου σημείου δρόσου:

1. Θεώρηση της δεύτερης τιμής σε κατάταξη σε αύξουσα σειρά μεγέθους (μέθοδος I).
2. Θεώρηση της τρίτης τιμής σε κατάταξη σε αύξουσα σειρά μεγέθους (μέθοδος II).

3. Θεώρηση της ελάχιστης τιμής κατά το 12ωρο 6.00 ως 18.00 (μέθοδος III).

Οι δύο πρώτες μέθοδοι επιλέχθηκαν για την ταχύτητα των υπολογισμών ενώ η τρίτη ως η καλύτερη δυνατή για τις μέρες με πέντε παρατηρήσεις από τις 6.00 ως τις 18.00 των οποίων η συχνότητα εμφάνισης στο δείγμα στο σταθμό Καστέλι ήταν σχετικά μεγάλη. Εφαρμόστηκε και μια τέταρτη μέθοδος (IV) που συμφωνεί πλήρως με τις συστάσεις του World Meteorological Organization (1986) και, γι' αυτό, λήφθηκε ως μέθοδος αναφοράς για σύγκριση όλων των άλλων προς αυτήν. Η μέθοδος αναφοράς έλαβε ως αντιπροσωπευτική ημερήσια τιμή του σημείου δρόσου, τη μέγιστη από τις εμμένουσες επί 12ωρο τιμές. Στον Πίν. 4 παρουσιάζονται ορισμένα στατιστικά χαρακτηριστικά των σφαλμάτων που προκύπτουν από τη σύγκριση των χαρακτηριστικών ημερήσιων σημείων δρόσου των μεθόδων I, II και III με τη μέθοδο αναφοράς.

Πίν. 4 Στατιστικά χαρακτηριστικά σφάλματος (σε °C) του χαρακτηριστικού ημερήσιου σημείου δρόσου των μεθόδων I, II και III σε σχέση με την μέθοδο αναφοράς IV (το αφαιρούμενο μέγεθος αφορά τις μεθόδους I, II και III).

Μέγεθος	I	II	III
Μέση τιμή	0.55	-0.55	1.01
Τυπική απόκλιση	2.24	2.19	2.19

Για την εξαγωγή των τελικών πλήρων δειγμάτων (με βάση όλα τα διαθέσιμα δεδομένα) δεχθήκαμε τα ακόλουθα κριτήρια εγκυρότητας των εξαγόμενων χαρακτηριστικών ημερήσιων σημείων δρόσου:

1. Να υπάρχουν τουλάχιστον τέσσερις μετρήσεις ανά ημέρα
2. Η πρώτη μέτρηση να είναι το αργότερο στις 9.00 το πρωί και η τελευταία το ενωρίτερο στις 18.00.

Με βάση τα στοιχεία του Πίν. 4 θα ήταν καλύτερο να επιλέξουμε τη μέθοδο II. Επειδή όμως οι διαφορές στα στατιστικά χαρακτηριστικά από τη μέθοδο I είναι μικρές, και η μέθοδος II σε περίπτωση τεσσάρων μετρήσεων θα έδινε τιμή, ενδεχομένως, πολύ κοντά στη μέγιστη παρατηρημένη τιμή – πράγμα που μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική μεγιστοποίηση – δεχθήκαμε τελικά τη μέθοδο I για γενική εφαρμογή. Η μέθοδος εφαρμόστηκε και στα δύο δείγματα πρωτογενών δεδομένων και καταρτίστηκαν, έτσι, τα τελικά δείγματα.

Στον Πίν. 5 δίνονται τα δείγματα μέγιστων ημερήσιων σημείων δρόσου σε μηνιαία βάση στο σταθμό Καστέλι, μαζί με τα στατιστικά χαρακτηριστικά τους για τους μήνες Οκτώβριο-Μάιο· οι υπόλοιποι μήνες δεν ενδιαφέρουν γιατί στη διάρκειά τους δεν έχουν σημειωθεί αξιόλογες βροχοπτώσεις. Παρατηρούμε ότι, ενώ η μέση τιμή μεταβάλλεται σημαντικά από μήνα σε μήνα, η τυπική απόκλιση παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα. Στον ίδιο πίνακα δίνονται οι παράμετροι των κατανομών μεγίστων Gumbel που προσαρμόστηκαν στα δείγματα μέγιστων σημείων δρόσου, καθώς και οι προβλέψεις αυτής της κατανομής για περιόδους επαναφοράς 2, 50, 100 και 250 χρόνια. Η συνάρτηση κατανομής μεγίστων Gumbel περιγράφεται από την εξίσωση

$$F(x) = \exp[-e^{-\lambda(x - c)}] \quad (13)$$

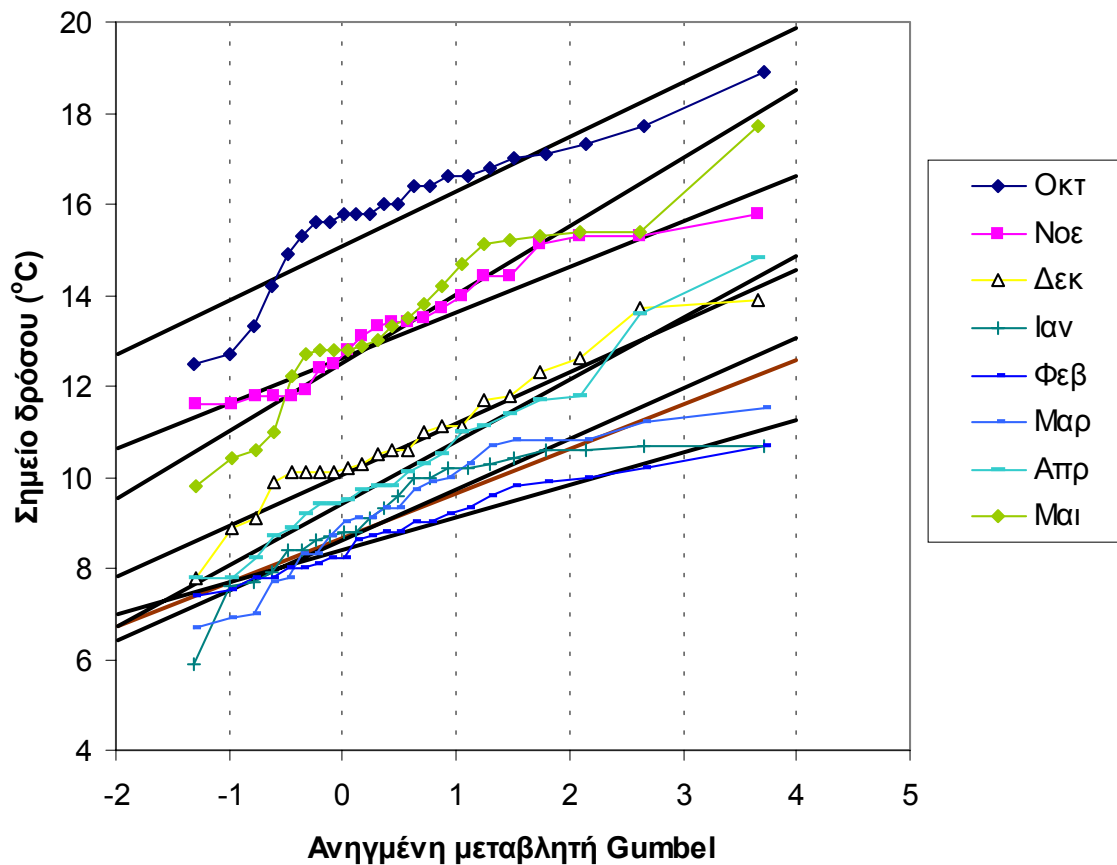
όπου x η τιμή της υπόψη τυχαίας μεταβλητής (εν προκειμένω του σημείου δρόσου), $F(x)$ η συνάρτηση κατανομής (ή πιθανότητα μη υπέρβασης), και λ και c παράμετροι κλίμακας και θέσης, αντίστοιχα, που εν προκειμένω εκτιμήθηκαν με τη μέθοδο των ροπών. Ενδεικτικό της καταλληλότητας της κατανομής Gumbel είναι το Σχ. 7, στο οποίο έχουν απεικονιστεί οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής των μεγίστων σημείων δρόσου σε σύγκριση με τις αντίστοιχες συναρτήσεις κατανομής Gumbel.

Πίν. 5 Μέγιστα ημερήσια σημεία δρόσου (°C) για κάθε μήνα στο μετεωρολογικό σταθμό Καστέλι, στατιστικά χαρακτηριστικά τους, παράμετροι κατανομής Gumbel και εκτιμήσεις για διάφορες τιμές της περιόδου επαναφοράς.

Υδρ. Έτος	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ
1975-76												18.8
1976-77	16	13.4	10.6	9.1	9.2	7.8	11.7	12.8	13.6	16.8	16.9	18
1977-78	15.6	13.5	10.6	8.6	8.7	8.3	10.1	12.9	12.6	16.1	14.2	14.7
1978-79	13.3	11.8	11.1	9.3	10.2	9.7	8.2	15.1	16.7	15.8	17.1	14.8
1979-80	16.4	11.8	11	8.4	9	9.1	11.1	13.8	14.1	15.7	17.9	16.8
1980-81	17.1	15.8	10.3	7.6	7.8	11.2	10.3	11	12.6	14.6	15.8	16.1
1981-82	15.8	11.6	13.9	8.4	8.2	7.7	10.5	14.2	13.3	16.4	15.3	16.6
1982-83	15.8	12.4	10.2	7.9	10.7	6.7	8.7	13	14.4	17.2	16.7	16.7
1983-84	12.7	13.1	9.1	10.2	9.9	8.7	9.8	9.8	15.4	15.9	15.9	15.6
1984-85	16	11.9	8.9	10	8.2	9.3	7.8	15.4	14.3	15.6	14.3	15
1985-86	12.5	11.8	10.1	8.7	7.4	10.8	9.2	10.6	13.4	14.7	17	17
1986-87	15.3	11.6	7.8	10.3	8.1	7	9.5	14.7	14.9	17.2	16.2	16.1
1987-88	15.8	14.4	11.8	10.4	9.8	8.3	11.8	12.7	15.6	14.1	16.9	16.6
1988-89	14.2	14.4	10.1	5.9	8.6	10.8	9.8	12.8	13.1	16.7	16.9	16.5
1989-90	16.6	13.4	13.7	8.8	9.6	10	11.4	15.4	14.8	16.1	17.3	21.1
1990-91	16.4	15.1	11.1	8.8	9.3	9.9	11	13.5	15	16.9	20.2	16.8
1991-92	16.8	13.3	9.9	7.7	7.5	11.5	14.8	15.2	17.4	19.4	19.9	19.3
1992-93	18.9	15.3	10.1	10.2	8.8	10.7	9.7	12.8	13.5	17.3	17.1	17.5
1993-94	16.6			10.7	8	10.3						
1994-95				10.7	8.8	9.1	7.8	12.2	14.9	18.9	16.8	17
1995-96	14.9	14	10.5	10.6	7.8	10.8	9.4	17.7	15.7	17.1	17.5	17.5
1996-97	15.6	12.8	11.7	9.6	9	9	8.9	10.4	13.7	15.8	16.1	16.8
1997-98	17	12.5	10.1	10.6	8	6.9	9.4	13.3	13.2	19	20.4	18.4
1998-99	17.7	13.7	12.3	10	10	9.3	13.6	15.3	19.9	21.7	21.5	19.9
1999-00	17.3	15.3	12.6									
Στατιστικά χαρακτηριστικά δείγματος												
Ελάχιστη τιμή	12.5	11.6	7.8	5.9	7.4	6.7	7.8	9.8	12.6	14.1	14.2	14.7
Μέγιστη τιμή	18.9	15.8	13.9	10.7	10.7	11.5	14.8	17.7	19.9	21.7	21.5	21.1
Μέση τιμή	15.8	13.2	10.7	9.2	8.8	9.3	10.2	13.4	14.6	16.8	17.2	17.1
Τυπ. Αποκ.	1.5	1.3	1.4	1.2	0.9	1.4	1.7	1.9	1.7	1.7	1.9	1.6
Ασυμ.	-0.6	0.4	0.5	-0.8	0.3	-0.3	1.0	0.0	1.5	1.1	0.8	0.8
Παράμετροι κατανομής Gumbel												
λ	0.8320	1.0025	0.8935	1.0298	1.3966	0.9037	0.7383	0.6664	0.7445	0.7354	0.6866	0.8079
c	15.08	12.64	10.06	8.68	8.40	8.62	9.42	12.53	13.87	15.99	16.34	16.40
Εκτιμήσεις από κατανομή Gumbel για $T =$												
2	15.5	13.0	10.5	9.0	8.7	9.0	9.9	13.1	14.4	16.5	16.9	16.9
50	19.8	16.5	14.4	12.5	11.2	12.9	14.7	18.4	19.1	21.3	22.0	21.2
100	20.6	17.2	15.2	13.1	11.7	13.7	15.7	19.4	20.0	22.2	23.0	22.1
250	21.7	18.1	16.2	14.0	12.3	14.7	16.9	20.8	21.3	23.5	24.4	23.2
1000	23.4	19.5	17.8	15.4	13.3	16.3	18.8	22.9	23.1	25.4	26.4	24.9

Στο Σχ. 9 έχουν απεικονιστεί χαρακτηριστικές τιμές που έχουν προκύψει από την ανάλυση των δειγμάτων του Πίνακα Πίν. 5. Συγκεκριμένα για κάθε μήνα έχει απεικονιστεί η ελάχιστη, μέση και μέγιστη τιμή του αντίστοιχου δείγματος των μέγιστων χαρακτηριστικών ημερήσιων σημείων δρόσου, σε σύγκριση και με τις αντίστοιχες επεκτάσεις για περιόδους επαναφοράς 2, 50, 100 και 250 ετών, όπως προκύπτουν από την κατανομή Gumbel. Γενικώς παρατηρούμε τα ακόλουθα: (α) η εποχιακή μεταβολή των σημείων δρόσου (ελάχιστων, μέσων, μέγιστων τιμών και επεκτάσεων) είναι εύλογη και ακολουθεί το γενικό σχήμα εποχιακής μεταβολής της θερμοκρασίας· (β) οι τιμές επέκτασης για

περίοδο επαναφοράς 250 ετών είναι κατά 1.1°C μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές επέκτασης για περίοδο επαναφοράς 100 ετών (μέση τιμή μηνών Οκτωβρίου – Μαΐου).



Σχ. 7 Εμπειρικές και θεωρητικές (Gumbel) συναρτήσεις κατανομής των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων σημείων δρόσου στο σταθμό Καστέλι.

Για τους παραπάνω λόγους, και με στόχο την ασφαλέστερη εκτίμηση της ΠΜΚ, αλλά και για αντιστάθμιση των αποκλίσεων από τις συστάσεις του World Meteorological Organization που υποχρεωτικώς έγιναν κατά το σχηματισμό των δειγμάτων μέγιστων σημείων δρόσου (βλ. εδάφιο 2.2.2), οδηγούμαστε στην αποδοχή των τιμών των επεκτάσεων 250ετίας ως μέγιστων σημείων δρόσου για τους περαιτέρω υπολογισμούς της μεθόδου (αντί της υιοθέτησης των τιμών 100ετίας που συζητήθηκε στο εδάφιο 2.2.1· σημειώνεται ότι η ίδια παραδοχή έγινε και σε άλλη ανάλογη μελέτη στον Ελλαδικό χώρο – Κουτσογιάννης, 1998β).

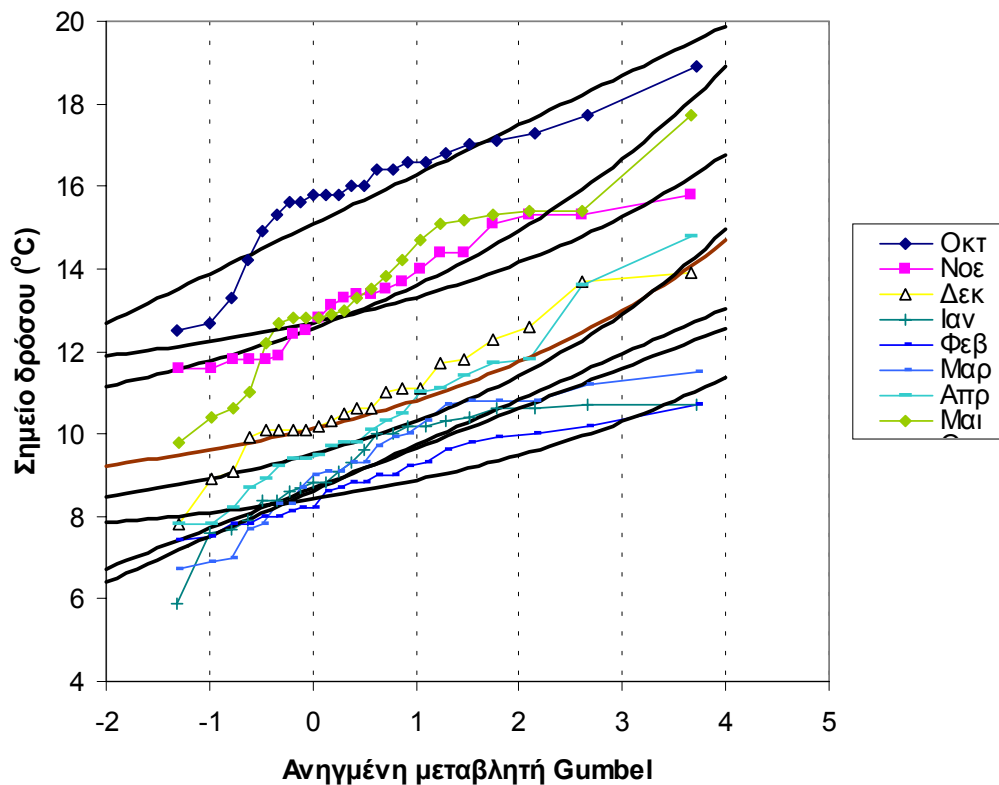
Για λόγους πληρότητας της διερεύνησης, και επειδή οι παραδοχές θεωρητικής ισχύος της κατανομής Gumbel δεν πληρούνται με αυστηρότητα, εφαρμόστηκε και η κατανομή ακραίων τιμών γνωστή ως Γενική Ακραίων Τιμών (σε συντομογραφία ΓΑΤ, αγγλιστί Generalized Extreme Value ή GEV). Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε και για την πιθανοτική ανάλυση των ακραίων βροχοπτώσεων και παρουσιάζεται αναλυτικότερα στο εδάφιο 2.3.2. Εδώ, θα αναφέρουμε απλώς ότι η κατανομή ΓΑΤ έχει τρεις παραμέτρους κ , λ , και ψ που είναι αντίστοιχα οι παράμετροι σχήματος, κλίμακας και θέσης. Στον Πίν. 6, παρουσιάζονται οι παράμετροι της κατανομής ΓΑΤ όπως αυτές εκτιμήθηκαν από το δείγμα των μέγιστων σημείων δρόσου ($^{\circ}\text{C}$) για κάθε μήνα στο μετεωρολογικό σταθμό Καστέλι, καθώς και σχετικές εκτιμήσεις για διάφορες τιμές της περιόδου επαναφοράς. Ενδεικτικό της καταλληλότητας της κατανομής ΓΑΤ είναι το Σχ. 8, στο οποίο έχουν απεικονιστεί οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής των μέγιστων σημείων δρόσου σε σύγκριση με τις αντίστοιχες συναρτήσεις κατανομής

ΓΑΤ. Στο Σχ. 9 απεικονίζονται χαρακτηριστικές τιμές του σημείου δρόσου για κάθε μήνα του έτους. Παρατηρούμε ότι οι εκτιμήσεις της κατανομής ΓΑΤ είναι συστηματικά μεγαλύτερες από εκείνες της κατανομής Gumbel για $T = 100$ και για $T = 250$. Τελικά δεχόμαστε τις εκτιμήσεις της κατανομής ΓΑΤ για $T = 250$ ως πιο ασφαλείς. Στις περιπτώσεις, όμως, που προέκυψε $\kappa < 0$, διατηρήθηκαν οι εκτιμήσεις της κατανομής Gumbel καθώς, στις περιπτώσεις αυτές η κατανομή ΓΑΤ έχει άνω όριο, πράγμα που δεν έχει, εδώ, νόημα.

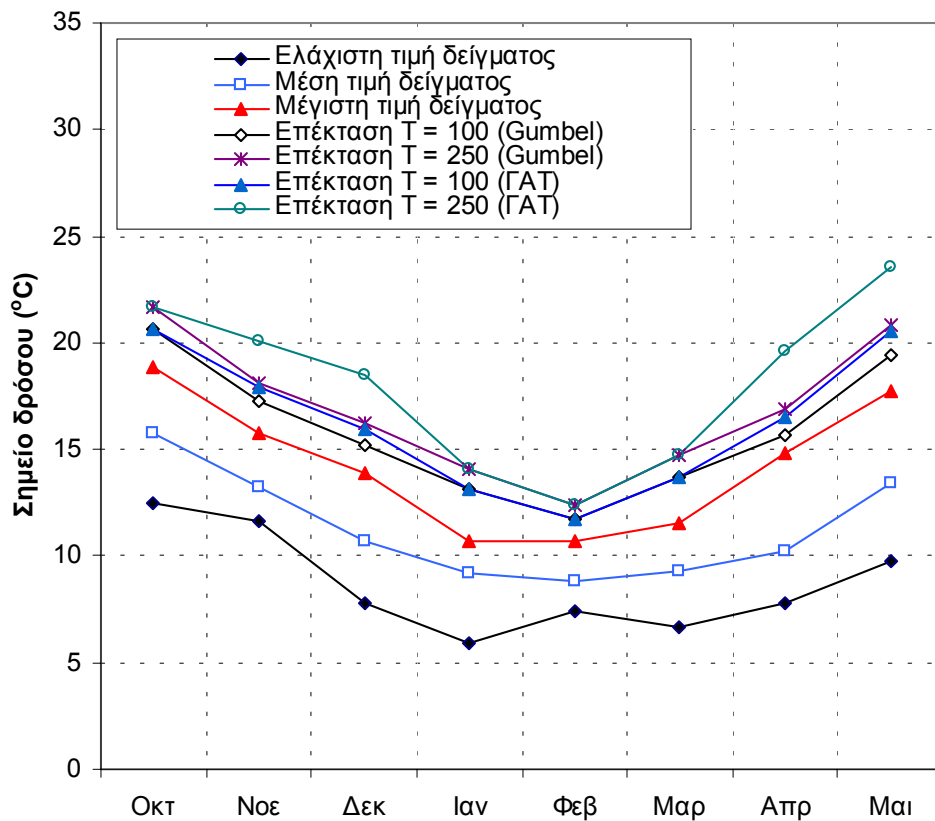
Πίν. 6 Παράμετροι κατανομής ΓΑΤ μέγιστων σημείων δρόσου ($^{\circ}\text{C}$) για κάθε μήνα στο μετεωρολογικό σταθμό Καστέλι και εκτιμήσεις για διάφορες τιμές της περιόδου επαναφοράς.

Παράμετροι κατανομής ΓΑΤ								
	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι
κ		0.295	0.3		0.29		0.311	0.257
λ		0.534	0.59		1.282		0.687	0.906
ψ		23.77	17.17		2.11		13.84	13.87
λ'		1.808	1.965		7.23		2.211	3.525
ψ'		-6.02	-4.152		2.4		-3.301	-2.564
Εκτιμήσεις από κατανομή ΓΑΤ για $T =$								
2	15.5	12.9	10.4	9.0	8.7	9.0	9.8	12.9
50	19.8	16.6	14.5	12.5	11.2	12.9	14.7	18.6
100	20.6	17.9	16.0	13.1	11.7	13.7	16.5	20.5
250	21.7	20.1	18.5	14.0	12.3	14.7	19.6	23.6
1000	23.4	24.8	23.8	15.4	13.3	16.3	26.2	29.8

Σημείωση: Με πλάγιους χαρακτήρες σημειώνονται οι εκτιμήσεις της κατανομής Gumbel.



Σχ. 8 Εμπειρικές και θεωρητικές (ΓΑΤ) συναρτήσεις κατανομής των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων σημείων δρόσου στο σταθμό Καστέλι.

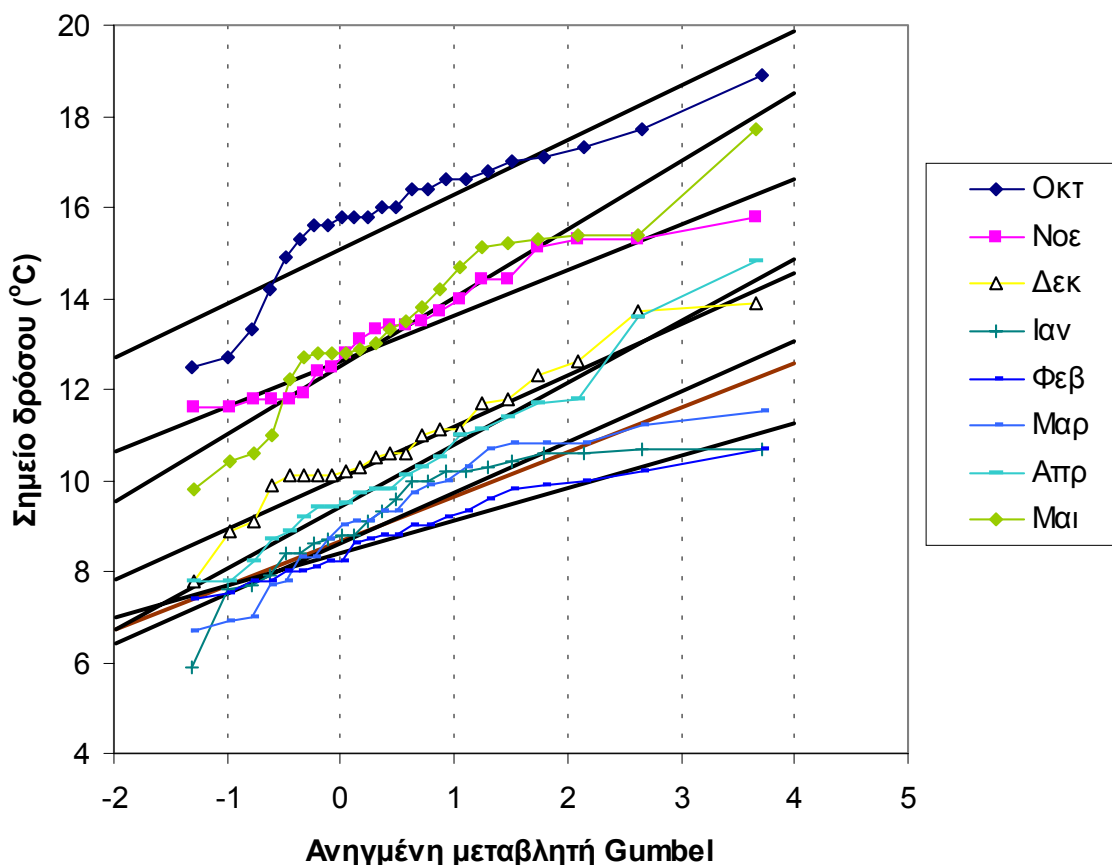


Σχ. 9 Χαρακτηριστικές τιμές του μέγιστου ημερήσιου σημείου δρόσου για κάθε μήνα για το σταθμό Καστέλι.

Το σύνολο των υπολογισμών που έγιναν για το σταθμό Καστέλι επαναλήφθηκαν για το σταθμό Τζερμιάδο, χωρίς όμως τη διερεύνηση της μεθόδου επιλογής των χαρακτηριστικών ημερήσιων σημείων δρόσου. Εφαρμόστηκε η μέθοδος που τελικά επιλέχτηκε και για το Καστέλι, με τη διαφορά ότι ο ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός παρατηρήσεων λήφθηκε ίσος με τρεις αντί τέσσερις, καθώς τον σύνολο σχεδόν του δείγματος διαθέτει τρεις παρατηρήσεις ανά ημέρα (6.00, 12.00 και 18.00). Στον Πίν. 7 παρουσιάζονται τα δείγματα μέγιστων ημερήσιων σημείων δρόσου στο σταθμό, μαζί με τα στατιστικά χαρακτηριστικά τους για τους μήνες Οκτώβριο-Μάιο. Στον ίδιο πίνακα δίνονται οι παράμετροι των κατανομών μεγίστων Gumbel που προσαρμόστηκαν στα δείγματα μέγιστων σημείων δρόσου, καθώς και οι προβλέψεις αυτής της κατανομής για περιόδους επαναφοράς 2, 50, 100 και 250 χρόνια. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα της εφαρμογής της κατανομής ΓΑΤ δίνονται στον Πίν. 8. Η γραφική σύγκριση των εμπειρικών και θεωρητικών συναρτήσεων κατανομής για τους μήνες Οκτώβριο ως Μάιο δίνονται στα Σχ. 10 και Σχ. 11 για τις συναρτήσεις κατανομής Gumbel και ΓΑΤ αντίστοιχα. Στο Σχ. 12 παρουσιάζονται, για κάθε μήνα, χαρακτηριστικές τιμές του μέγιστου ημερήσιου σημείου δρόσου. Η εξέταση των αριθμητικών αποτελεσμάτων για το σταθμό Τζερμιάδο καταλήγει ποιοτικά στα ίδια συμπεράσματα που σχολιάστηκαν πιο πάνω για το σταθμό Καστέλι. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση των προβλέψεων για τους δύο σταθμούς που δίνονται στο Σχ. 13 για τις δύο συναρτήσεις κατανομής Gumbel και ΓΑΤ και για $T = 250$. Όπως ήταν αναμενόμενο, στο σταθμό Καστέλι οι προβλέψεις είναι μεγαλύτερες λόγω του σημαντικά χαμηλότερου υψομέτρου και, μάλιστα, σε μέση μηνιαία βάση κατά 3.1 και 2.0 °C για τις κατανομές Gumbel και ΓΑΤ αντίστοιχα.

Πίν. 7 Μέγιστα ημερήσια σημεία δρόσου (°C) για κάθε μήνα στο μετεωρολογικό σταθμό Τζερμιάδο, στατιστικά χαρακτηριστικά τους, παράμετροι κατανομής Gumbel και εκτιμήσεις για διάφορες τιμές της περιόδου επαναφοράς.

Υδρ. Έτος	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ
1974-75				6.5	8.7	7	13.6	17.2	17.8	19.4	17.7	18
1975-76	14.7	11	11	7.6	5.9	7.7	9.3	12.1	15.1	17.8	15.3	17.9
1976-77	14	13.6	10.3	7.1	7.3	7.4	10.3	12.6	14.8	17.4	17.3	14.9
1977-78	13.1	11.6	9.9	7.2	8	8.7	7.9	13.8	15.3	16	14.8	14.7
1978-79	14.1	9.3	9.5	8	7.5	10.1	11.1	15.1	15.5	16.7	18.8	15
1979-80	15.8	11	8.8	6.9	6.4	8.2	10.1	11.7	14.8	18.2	18.4	17.9
1980-81	13.1	11.8	7.7	7.2	7.1	10.1	14	12.3	15.5	16.6	17.4	15.2
1981-82	14.8	11.4	10.8	5.6	6.7	6.1	12.3	15.3	14.8	15.8	15.4	17.4
1982-83	15.5	10.3	5.4	7.2	8.3	9.8	11.9	12.6	16.4	18.4	18.1	15.4
1983-84	13	11.4	7.8	7.8	7.4	8	8.4	13.1	15.6	15.4	15.6	15.6
1984-85	14	11	8.2	7.4	6.6	8.9	9.5	13.8	15.5	17.4	18	18.6
1985-86	10.8	10.7	8.8	7.7	6.7	8.4	8.4	12.2	15.8	18.3	19.5	16
1986-87	13.9	11.4	7.2	7.4	6.7	7.2	7.3	14	18	17.9	20.1	15.8
1987-88	15.9	10.8	8.5	7.7	7.6	7.8	10.7	15	15.1	19.8	18.8	15
1988-89	13.7	11.5	10	4.7	6.4	9	10.4	12.8	13.5	15.6	17.6	15.7
1989-90	13.3	11.3	10.6	6.5	8.5	7.4	11.1	14.6	15.1	18.9	18.8	18.4
1990-91	13.2	13.1	10.4									
Στατιστικά χαρακτηριστικά δείγματος												
Ελάχιστη τιμή	10.8	9.3	5.4	4.7	5.9	6.1	7.3	11.7	13.5	15.4	14.8	14.7
Μέγιστη τιμή	15.9	13.6	11	8	8.7	10.1	14	17.2	18	19.8	20.1	18.6
Μέση τιμή	13.9	11.3	9.1	7.0	7.2	8.2	10.4	13.6	15.5	17.5	17.6	16.3
Τυπ. Αποκ.	1.3	1.0	1.5	0.9	0.8	1.1	1.9	1.5	1.1	1.4	1.6	1.4
Ασυμ.	-0.5	0.6	-0.8	-1.6	0.3	0.2	0.3	0.8	1.0	0.0	-0.5	0.5
Παράμετροι κατανομής Gumbel												
λ	1.0082	1.2902	0.8303	1.4854	1.5580	1.1171	0.6629	0.8556	1.1570	0.9439	0.8126	0.9066
c	13.36	10.88	8.36	6.64	6.87	7.72	9.52	12.96	15.04	16.86	16.89	15.71
Εκτιμήσεις από κατανομή Gumbel για $T =$												
2	13.7	11.2	8.8	6.9	7.1	8.0	10.1	13.4	15.4	17.3	17.3	16.1
50	17.2	13.9	13.1	9.3	9.4	11.2	15.4	17.5	18.4	21.0	21.7	20.0
100	17.9	14.4	13.9	9.7	9.8	11.8	16.5	18.3	19.0	21.7	22.6	20.8
250	18.8	15.2	15.0	10.4	10.4	12.7	17.8	19.4	19.8	22.7	23.7	21.8
1000	20.2	16.2	16.7	11.3	11.3	13.9	19.9	21.0	21.0	24.2	25.4	23.3

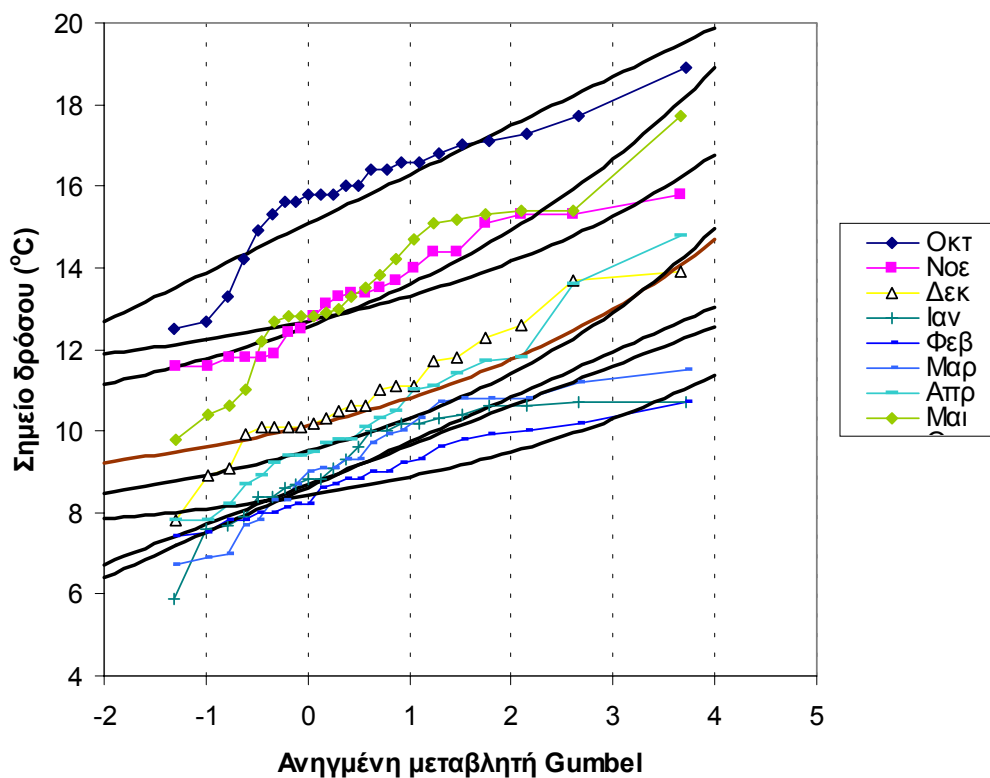


Σχ. 10 Εμπειρικές και θεωρητικές (Gumbel) συναρτήσεις κατανομής των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων σημείων δρόσου στο σταθμό Τζερμιάδο.

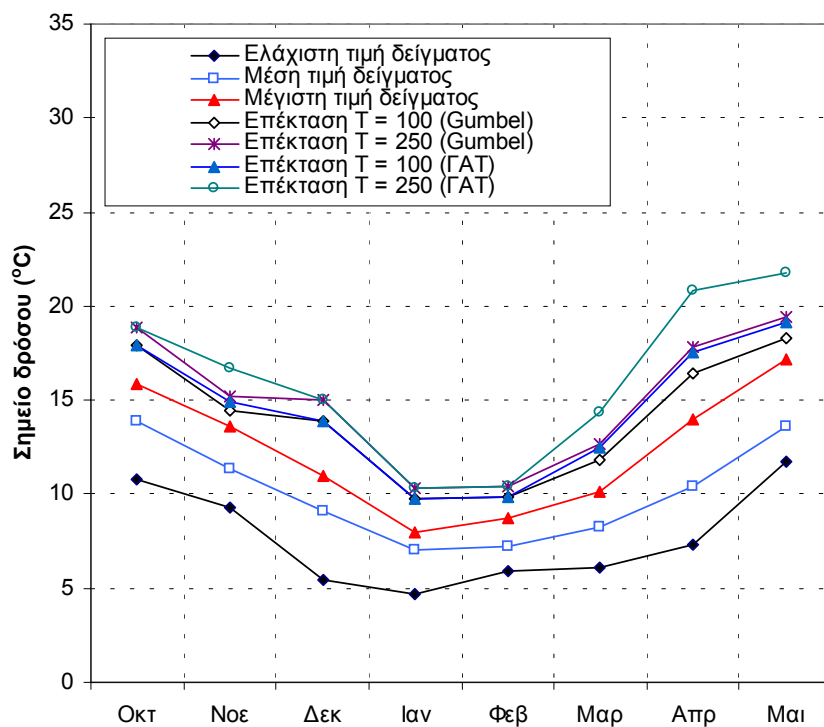
Πίν. 8 Παράμετροι κατανομής ΓΑΤ μέγιστων σημείων δρόσου (°C) για κάθε μήνα στο μετεωρολογικό σταθμό Τζερμιάδο και εκτιμήσεις για διάφορες τιμές της περιόδου επαναφοράς.

Παράμετροι κατανομής ΓΑΤ								
	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι
κ		0.302			0.292	0.278	0.288	0.308
λ		0.406			1.285	0.507	0.827	0.6
ψ		26.89			2.126	15.29	11.59	21.74
λ'		1.347			7.502	1.824	2.873	1.95
ψ'		-7.107			2.61	-3.251	-2.338	-5.685
Εκτιμήσεις από κατανομή ΓΑΤ για $T =$								
2	13.7	11.1	8.8	6.9	7.1	8.0	9.9	13.3
50	17.2	13.9	13.1	9.3	9.4	11.3	15.6	17.6
100	17.9	15.0	13.9	9.7	9.8	12.5	17.5	19.1
250	18.8	16.7	15.0	10.4	10.4	14.4	20.8	21.7
1000	20.2	20.4	16.7	11.3	11.3	18.4	27.7	27.4

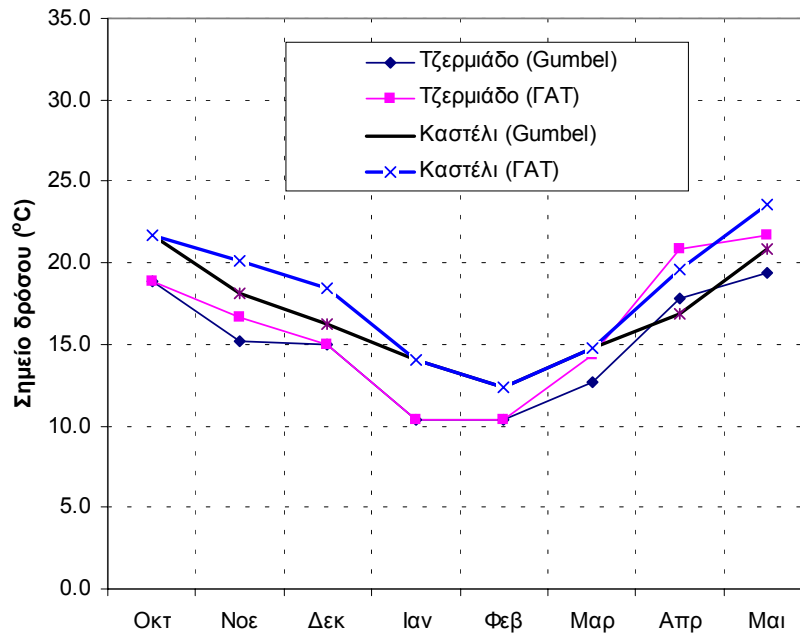
Σημείωση: Με πλάγιους χαρακτήρες σημειώνονται οι εκτιμήσεις της κατανομής Gumbel.



Σχ. 11 Εμπειρικές και θεωρητικές (ΓΑΤ) συναρτήσεις κατανομής των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων σημείων δρόσου στο σταθμό Τζερμιάδο.



Σχ. 12 Χαρακτηριστικές τιμές του μέγιστου ημερήσιου σημείου δρόσου για κάθε μήνα για το σταθμό Τζερμιάδο.



Σχ. 13 Σύγκριση προβλέψεων μέγιστου σημείου δρόσου για κάθε μήνα μεταξύ των σταθμών Καστέλι και Τζερμιάδο για $T = 250$.

2.2.4 Εκτίμηση της ΠΜΚ

Η δεύτερη φάση εφαρμογής της μεθόδου περιλαμβάνει τους υπολογισμούς που περιγράφηκαν στο εδάφιο 2.2.1 οι οποίοι εφαρμόστηκαν στα συνδυασμένα δείγματα σημείου δρόσου και ύψους βροχόπτωσης που περιγράφηκαν στο εδάφιο 1.1.2. Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στους Πίν. 11 έως Πίν. 16. Οι υπολογισμοί, σε κάθε δείγμα έγιναν για τις 60 ημέρες του δείγματος με τα μεγαλύτερα ύψη βροχόπτωσης. Η επιλογή αυτή υπαγορεύτηκε από δύο κριτήρια:

- Να ληφθούν όλες οι μέρες με ύψος βροχόπτωσης πάνω από 50 mm περίπου σε όλους τους σταθμούς.
- Να ληφθούν περισσότερες από μια μέρα ανά έτος κατά μέσο όρο (τέσσερις για τα μικρότερα δείγματα στο Οροπέδιο Λασιθίου και δύο ως τρεις για τη λεκάνη Αποσελέμη).

Υπενθυμίζεται ότι στην τρίτη στήλη των πινάκων φαίνεται το διορθωμένο ύψος ημερήσιας βροχόπτωσης το οποίο προκύπτει από το παρατηρημένο επί τον συντελεστή άρσης του σφάλματος διακριτοποίησης που εισάγουν οι παρατηρήσεις του βροχομέτρου (εν προκειμένω 1.13). Με αυτό το διορθωμένο ύψος γίνονται όλοι οι παραπέρα υπολογισμοί. Στην τελευταία γραμμή του κάθε πίνακα δίνονται τα μέγιστα όλων των μεγεθών που υπεισέρχονται και, κυρίως, το μέγιστο των μεγιστοποιημένων ημερήσιων υψών βροχόπτωσης που αποτελεί και την εκτίμηση της ΠΜΚ. Τα μέγιστα αυτά συνοψίζονται στον Πίν. 9. Σύμφωνα με τον πίνακα αυτόν, η μέγιστη τιμή της 24ωρης ΠΜΚ εμφανίζεται στον σταθμό Έξω Ποτάμοι και είναι 1204 mm και η δεύτερη σε μέγεθος τιμή εμφανίζεται στο σταθμό Τζερμιάδο και είναι 942.7 mm.

Πίν. 9 Συνοπτικά αποτελέσματα των υπολογισμών μεγιστοποίησης του ύψους βροχής για την εκτίμηση της ΠΜΚ.

Δείγμα	Ύψος βροχής, (mm)	Διορθ. ύψος βροχής, h (mm)	Σημείο δρόσου, T_d (°C)	Ύψος κατακρ. νερού, W (mm)	Αποτελεσματικότητα βροχής, $E = h/W$	Μέγιστο σημείο δρόσου, T_{dm} (°C)	Μεγ. ύψος κατακρημ. ν. νερού, W_{max} (mm)	Λόγος W_{max}/W	Μεγ. ύψος βροχής, $h_{m,24}$ (mm)
Αβδού	191.0	215.8	14.4	29.3	13.7	23.6	67.9	7.6	679.9
Αρμάχα	146.0	165.0	14.4	26.7	25.1	23.6	63.2	8.9	578.5
Καστέλι	212.0	239.6	16.6	34.3	20.0	23.6	65.3	7.8	775.4
Έξω Ποτάμοι	380.0	429.4	14.4	22.8	49.6	21.7	46.6	6.3	1204.2
Αγ. Γεώργιος	235.0	265.6	16.0	26.8	33.5	21.7	46.7	6.3	629.8
Τζερμιάδο	213.2	240.9	15.2	24.8	35.3	21.7	46.7	6.3	942.7

2.2.5 Σύγκριση με τα αποτελέσματα της στατιστικής μεθόδου – Τελική εκτίμηση της ΠΜΚ

Στον Πίν. 10 δίνονται τα αποτελέσματα της υδρομετεωρολογικής μεθόδου εκτίμησης της ΠΜΚ σε σύγκριση με αυτά της στατιστικής μεθόδου Hershfield (ενότητα 2.1). Γενικώς παρατηρείται ότι και οι δύο προσεγγίσεις οδηγούν σε παρόμοια αποτελέσματα, παρόλο που η λογική και η μεθοδολογία τους είναι τελείως διαφορετική. Η μέγιστη τιμή εμφανίζεται στο σταθμό Έξω Ποτάμοι με μέγεθος 1185-1205 mm. Αν εφαρμοστεί η υψομετρική αναγωγή που περιγράφηκε στην ενότητα 2.1, η εν λόγω τιμή μειώνεται στα 1025-1045 mm. Σε κάθε περίπτωση η τιμή αυτή είναι ασυνήθιστα μεγάλη για τον ελληνικό χώρο και ήταν φυσικό να τύχει περισσότερης προσοχής. Έτσι, μετά από επί τόπου εξέταση των συνθηκών μέτρησης στο σταθμό αυτό, διαπιστώθηκαν προβλήματα κατά τη λειτουργία του βροχομέτρου και τη λήψη των μετρήσεων (συγκεντρωτική λήψη μετρήσεων πολλών ημερών αντί ημερήσιων μετρήσεων με επακόλουθο και τις υπερχειλίσεις του δοχείου συγκέντρωσης της βροχής, βλ. και Κουτσογιάννης κ.ά., 2001). Τα προβλήματα αυτά εντοπίζονται συστηματικά κατά την τελευταία δεκαετία. Βέβαια, το μέγιστο που έδωσε της εκτίμησης της ΠΜΚ με την υδρομετεωρολογική μέθοδο ήταν το έτος 1975. Παρ' όλα αυτά, θεωρήσαμε πιο λογικό να μη ληφθεί, τελικά, υπόψη ο σταθμός Έξω Ποτάμοι στην εκτίμησης της ΠΜΚ. Σύμφωνα με τις συστάσεις του World Meteorological Organization (1986), για τις συνθήκες της υπό μελέτη περιοχής, είναι δυνατή, αλλά και επιβεβλημένη, η άμεση μεταφορά πληροφορίας σχετικά με την ΠΜΚ από τη μια θέση στην άλλη, ή, αλλιώς, η θεώρηση της περιβάλλουσας των μέγιστων υψών που υπολογίστηκαν, χωρίς καμία τροποποίηση. Έτσι θα πρέπει να δεχτούμε ως 24ωρη ΠΜΚ το μέγιστο ύψος από τους υπόλοιπους, πλην του σταθμού Έξω Ποτάμοι, σταθμούς, που είναι και το δεύτερο σε τάξη μεγέθους. Με αυτή τη λογική, ανάλογα με το ποια από τις δύο προσεγγίσεις θα ληφθεί τελικώς υπόψη και με το αν θα γίνει ή όχι υψομετρική αναγωγή, η τιμή της ΠΜΚ είναι στο διάστημα 930-1010 mm.

Πίν. 10 Συγκριτικά αποτελέσματα των υπολογισμών της ΠΜΚ με τη στατιστική και την υδρομετεωρολογική μέθοδο.

Μέθοδος	Τιμή χωρίς υψομετρική αναγωγή		Τιμή με υψομετρική αναγωγή	
	Στατιστική	Υδρομετεωρολογική	Στατιστική	Υδρομετεωρολογική
Έξω Ποτάμοι	1185.7	1204.2	1026.2	1042.3
Αβδού	729.1	679.9	967.8	902.4
Αρμάχα	609.3	578.5	675.5	641.3
Αγ. Γεώργιος	859.3	629.8	745.9	546.7
Καστέλι (ΕΜΥ)	841.4	775.4	1009.9	930.7
Τζερμιάδο	881.6	942.7	765.3	818.3

Πίν. 11 Δεδομένα ισχυρών βροχοπτώσεων στο σταθμό Αβδού, δεδομένα σημείων δρόσου στο σταθμό Καστέλι και υπολογισμοί μεγιστοποίησης του ύψους βροχής για την εκτίμηση της ΠΜΚ.

Ημερομηνία	Ύψος βροχής (mm)	Διορθ. ύψος βροχής, h (mm)	Σημείο δρόσου, T_d (°C)	Ύψος κατακρ. νερού, W (mm)	Αποτελεσματικότητα βροχής, $E = h/W$	Μέγιστο σημείο δρόσου, T_{dm} (°C)	Μεγ. ύψος κατακρημν. νερού, W_{max} (mm)	Λόγος W_{max}/W	Μεγ. ύψος βροχής, $h_{m,24}$ (mm)
24/10/1976	91.5	103.4	9.3	18.1	5.7	21.7	57.3	3.17	327.7
5/2/1977	57.0	64.4	1.9	8.6	7.5	12.3	24.2	2.82	181.6
12/9/1977	161.0	181.9	14.0	28.2	6.4	23.6	67.9	2.41	437.8
12/12/1977	90.6	102.4	6.7	14.0	7.3	18.5	42.6	3.04	311.0
21/12/1977	67.5	76.3	6.3	13.5	5.7	18.5	42.6	3.16	241.1
26/12/1977	98.0	110.7	8.8	17.2	6.4	18.5	42.6	2.47	273.8
7/1/1978	50.0	56.5	3.0	9.6	5.9	14.0	28.3	2.94	166.2
8/1/1978	86.0	97.2	5.0	11.8	8.2	14.0	28.3	2.40	232.8
9/1/1978	48.0	54.2	0.9	7.7	7.0	14.0	28.3	3.68	199.5
3/11/1978	51.0	57.6	10.9	21.1	2.7	20.1	49.6	2.35	135.5
20/11/1978	73.5	83.1	7.8	15.6	5.3	20.1	49.6	3.17	263.4
7/12/1978	54.5	61.6	8.2	16.3	3.8	18.5	42.6	2.62	161.4
10/12/1978	74.5	84.2	6.9	14.3	5.9	18.5	42.6	2.98	250.7
24/12/1978	63.5	71.8	6.4	13.6	5.3	18.5	42.6	3.13	224.5
5/6/1979	182.0	205.7	11.8	23.0	9.0	23.6	67.9	2.96	608.6
7/11/1979	48.0	54.2	5.3	12.2	4.4	20.1	49.6	4.07	220.5
28/11/1979	75.5	85.3	4.9	11.7	7.3	20.1	49.6	4.23	361.2
9/1/1981	72.0	81.4	2.1	8.8	9.3	14.0	28.3	3.23	263.1
31/1/1981	95.0	107.4	5.0	11.8	9.1	14.0	28.3	2.40	257.2
11/11/1982	131.0	148.0	4.1	10.8	13.7	20.1	49.6	4.59	679.9
16/12/1982	86.5	97.7	7.2	14.7	6.6	18.5	42.6	2.89	282.6
10/3/1983	58.0	65.5	2.3	9.0	7.3	14.7	30.2	3.38	221.3
9/6/1984	54.0	61.0	2.3	9.0	6.8	23.6	67.9	7.59	463.3
1/11/1984	68.0	76.8	8.9	17.4	4.4	20.1	49.6	2.85	219.0
2/11/1984	120.0	135.6	11.9	23.2	5.8	20.1	49.6	2.14	290.0
18/1/1985	122.0	137.9	7.0	14.4	9.5	14.0	28.3	1.96	270.5
21/4/1985	79.0	89.3	6.2	13.3	6.7	19.6	47.2	3.54	315.9
15/12/1985	59.5	67.2	10.1	19.5	3.4	18.5	42.6	2.18	146.6
25/9/1986	191.0	215.8	14.4	29.3	7.4	23.6	67.9	2.32	500.3
29/12/1986	54.5	61.6	-1.4	6.0	10.3	18.5	42.6	7.14	439.8
3/2/1987	76.0	85.9	6.8	14.2	6.1	12.3	24.2	1.71	146.6
16/4/1987	99.0	111.9	6.1	13.2	8.5	19.6	47.2	3.57	399.8
30/4/1987	58.0	65.5	7.3	14.9	4.4	19.6	47.2	3.17	208.0
16/2/1988	99.5	112.4	2.7	9.3	12.0	12.3	24.2	2.59	291.3
27/10/1988	86.0	97.2	8.1	16.1	6.0	21.7	57.3	3.56	346.1
29/11/1989	63.5	71.8	2.2	8.9	8.1	20.1	49.6	5.60	401.6
20/11/1990	51.0	57.6	11.7	22.7	2.5	20.1	49.6	2.18	125.6
5/10/1991	72.3	81.7	12.1	23.6	3.5	21.7	57.3	2.43	198.2
11/12/1991	89.0	100.6	3.2	9.8	10.2	18.5	42.6	4.33	435.6
27/12/1991	67.0	75.7	-1.8	5.7	13.3	18.5	42.6	7.48	566.1
1/12/1992	54.0	61.0	7.7	15.5	3.9	18.5	42.6	2.75	167.9
8/1/1993	49.0	55.4	1.9	8.6	6.5	14.0	28.3	3.30	182.9
31/10/1993	76.5	86.4	9.0	17.6	4.9	21.7	57.3	3.26	282.1
1/1/1994	67.5	76.3	9.0	17.6	4.3	14.0	28.3	1.61	123.1
14/1/1994	99.8	112.8	8.6	16.9	6.7	14.0	28.3	1.68	189.1
13/10/1994	141.0	159.3	7.1	14.6	10.9	21.7	57.3	3.93	625.9
21/11/1994	139.5	157.6	7.1	14.6	10.8	20.1	49.6	3.40	535.6
22/11/1995	49.0	55.4	0.2	7.1	7.8	20.1	49.6	6.94	384.5
1/2/1996	65.5	74.0	4.7	11.5	6.5	12.3	24.2	2.11	156.0
1/3/1996	67.0	75.7	4.3	11.0	6.9	14.7	30.2	2.74	207.7
5/12/1996	52.5	59.3	11.1	21.5	2.8	18.5	42.6	1.98	117.6
19/2/1997	72.5	81.9	6.5	13.7	6.0	12.3	24.2	1.76	144.1
2/3/1997	92.0	104.0	7.3	14.9	7.0	14.7	30.2	2.03	211.1
3/3/1997	99.0	111.9	4.9	11.7	9.6	14.7	30.2	2.58	288.7
20/10/1997	55.0	62.2	10.3	19.9	3.1	21.7	57.3	2.88	178.9
3/11/1997	56.0	63.3	8.0	15.9	4.0	20.1	49.6	3.11	196.8
30/11/1997	62.5	70.6	10.8	20.9	3.4	20.1	49.6	2.37	167.7
16/3/1998	73.0	82.5	-1.1	6.2	13.4	14.7	30.2	4.90	403.8
28/10/1998	49.5	55.9	9.1	17.7	3.2	21.7	57.3	3.23	180.7
29/12/1998	86.0	97.2	9.4	18.3	5.3	18.5	42.6	2.33	226.7
Μέγιστη τιμή	191.0	215.8	14.4	29.3	13.7	23.6	67.9	7.6	679.9

Πίν. 12 Δεδομένα ισχυρών βροχοπτώσεων στο σταθμό Αρμάχα, δεδομένα σημείων δρόσου στο σταθμό Καστέλι και υπολογισμοί μεγιστοποίησης του ύψους βροχής για την εκτίμηση της ΠΜΚ.

Ημερομηνία	Ύψος βροχής (mm)	Διορθ. ύψος βροχής, h (mm)	Σημείο δρόσου, T_d (°C)	Ύψος κατακρ. νερού, W (mm)	Αποτελεσματικότητα βροχής, $E = h/W$	Μέγιστο σημείο δρόσου, T_{dm} (°C)	Μεγ. ύψος κατακρην. νερού, W_{max} (mm)	Λόγος W_{max}/W	Μεγ. ύψος βροχής, $h_{m,24}$ (mm)	
24/10/1976	75.0	84.8	9.3	16.3		5.2	21.7	53.1	3.26	276.3
12/9/1977	130.5	147.5	14.0	25.7		5.7	23.6	63.2	2.45	361.9
3/11/1977	77.0	87.0	13.5	24.5		3.5	20.1	45.8	1.87	162.3
12/12/1977	70.0	79.1	6.7	12.5		6.3	18.5	39.2	3.13	247.4
21/12/1977	47.0	53.1	6.3	12.0		4.4	18.5	39.2	3.26	173.1
27/12/1977	92.0	104.0	1.7	7.4		14.1	18.5	39.2	5.33	553.7
8/1/1978	110.0	124.3	5.0	10.5		11.8	14.0	25.8	2.46	305.6
9/1/1978	53.0	59.9	0.9	6.7		8.9	14.0	25.8	3.84	230.0
6/2/1978	55.0	62.2	5.6	11.2		5.6	12.3	22.0	1.96	122.0
6/12/1978	55.2	62.4	11.1	19.4		3.2	18.5	39.2	2.02	125.7
7/12/1978	73.5	83.1	8.2	14.6		5.7	18.5	39.2	2.69	223.1
11/12/1978	54.0	61.0	2.8	8.3		7.3	18.5	39.2	4.72	287.9
24/12/1978	44.8	50.6	6.4	12.2		4.2	18.5	39.2	3.23	163.3
4/12/1979	110.0	124.3	11.0	19.3		6.5	18.5	39.2	2.04	253.0
14/2/1980	67.0	75.7	2.3	7.9		9.6	12.3	22.0	2.79	211.3
11/12/1980	51.5	58.2	1.8	7.4		7.8	18.5	39.2	5.27	306.5
9/1/1981	44.4	50.2	2.1	7.7		6.5	14.0	25.8	3.36	168.5
31/1/1981	85.6	96.7	5.0	10.5		9.2	14.0	25.8	2.46	237.8
4/2/1982	55.0	62.2	-6.8	2.5		25.1	12.3	22.0	8.87	551.5
23/1/1983	55.0	62.2	0.3	6.3		9.9	14.0	25.8	4.11	255.7
21/2/1983	68.0	76.8	-4.0	3.7		20.8	12.3	22.0	5.94	456.5
11/11/1983	110.0	124.3	10.4	18.2		6.8	20.1	45.8	2.52	313.4
16/12/1983	97.0	109.6	6.6	12.4		8.8	18.5	39.2	3.16	346.4
10/3/1984	47.0	53.1	6.9	12.8		4.2	14.7	27.6	2.16	114.5
30/7/1984	49.0	55.4	9.3	16.3		3.4	23.6	63.2	3.88	214.8
1/11/1984	87.0	98.3	8.9	15.6		6.3	20.1	45.8	2.92	287.5
2/11/1984	120.0	135.6	11.9	21.0		6.5	20.1	45.8	2.18	295.2
18/1/1985	90.0	101.7	7.0	12.9		7.9	14.0	25.8	2.00	203.3
25/9/1986	78.0	88.1	14.4	26.7		3.3	23.6	63.2	2.36	208.2
29/12/1986	62.0	70.1	-1.4	5.1		13.6	18.5	39.2	7.63	534.5
16/4/1987	75.6	85.4	6.1	11.8		7.3	19.6	43.6	3.70	315.8
30/4/1987	80.0	90.4	7.3	13.3		6.8	19.6	43.6	3.27	295.5
16/2/1988	93.0	105.1	2.7	8.2		12.8	12.3	22.0	2.67	280.8
18/10/1988	56.0	63.3	9.4	16.4		3.8	21.7	53.1	3.23	204.2
27/10/1988	65.0	73.5	8.1	14.4		5.1	21.7	53.1	3.68	270.0
28/11/1989	47.0	53.1	11.4	20.0		2.7	20.1	45.8	2.29	121.4
29/11/1989	48.0	54.2	2.2	7.8		7.0	20.1	45.8	5.88	319.1
20/11/1990	46.0	52.0	11.7	20.6		2.5	20.1	45.8	2.22	115.4
18/3/1992	53.0	59.9	-0.8	5.5		10.8	14.7	27.6	5.00	299.2
8/1/1993	53.5	60.5	1.9	7.5		8.0	14.0	25.8	3.43	207.5
30/11/1993	46.5	52.5	9.0	15.8		3.3	20.1	45.8	2.90	152.2
1/1/1994	47.0	53.1	9.0	15.8		3.4	14.0	25.8	1.63	86.8
14/1/1994	99.0	111.9	8.6	15.2		7.4	14.0	25.8	1.70	190.3
31/1/1994	46.0	52.0	-3.9	3.7		13.9	14.0	25.8	6.90	358.6
13/10/1994	86.0	97.2	7.1	13.1		7.4	21.7	53.1	4.07	395.2
21/11/1994	146.0	165.0	7.1	13.1		12.6	20.1	45.8	3.51	578.5
27/12/1994	52.0	58.8	7.1	13.1		4.5	18.5	39.2	3.00	176.5
18/1/1996	70.0	79.1	3.1	8.6		9.2	14.0	25.8	3.01	238.1
1/2/1996	48.0	54.2	4.7	10.2		5.3	12.3	22.0	2.16	116.9
8/2/1996	50.0	56.5	5.5	11.1		5.1	12.3	22.0	1.98	112.0
5/12/1996	61.0	68.9	11.1	19.4		3.5	18.5	39.2	2.02	139.0
2/3/1997	114.0	128.8	7.3	13.3		9.7	14.7	27.6	2.07	266.7
3/3/1997	80.0	90.4	4.9	10.4		8.7	14.7	27.6	2.65	239.8
20/10/1997	83.0	93.8	10.3	18.0		5.2	21.7	53.1	2.95	277.0
3/11/1997	52.0	58.8	8.0	14.3		4.1	20.1	45.8	3.20	188.1
30/11/1997	55.0	62.2	10.8	18.9		3.3	20.1	45.8	2.42	150.6
16/3/1998	52.0	58.8	-1.1	5.3		11.0	14.7	27.6	5.18	304.3
26/3/1998	45.0	50.9	3.6	9.1		5.6	14.7	27.6	3.05	154.8
28/3/1998	69.0	78.0	6.8	12.7		6.2	14.7	27.6	2.18	169.9
17/12/1998	53.0	59.9	7.7	13.9		4.3	18.5	39.2	2.83	169.2
Μέγιστη τιμή	146.0	165.0	14.4	26.7		25.1	23.6	63.2	8.9	578.5

Πίν. 13 Δεδομένα ισχυρών βροχοπτώσεων στο σταθμό Καστέλι, δεδομένα σημείων δρόσου στο σταθμό Καστέλι και υπολογισμοί μεγιστοποίησης του ύψους βροχής για την εκτίμηση της ΠΜΚ.

Ημερομηνία	Ύψος βροχής (mm)	Διορθ. ύψος βροχής, h (mm)	Σημείο δρόσου, T_d (°C)	Ύψος κατακρ. νερού, W (mm)	Αποτελεσματικότητα βροχής, $E = h/W$	Μέγιστο σημείο δρόσου, T_{dm} (°C)	Μεγ. ύψος κατακρηνν. νερού, W_{max} (mm)	Λόγος W_{max}/W	Μεγ. ύψος βροχής, $h_{m,24}$ (mm)
12/9/1977	176.3	199.2	14.0	26.9	7.4	23.6	65.3	2.43	484.4
12/12/1977	88.0	99.4	6.7	13.2	7.5	18.5	40.7	3.09	306.8
27/12/1977	64.9	73.3	1.7	7.8	9.4	18.5	40.7	5.21	381.7
8/1/1978	66.9	75.6	5.0	11.1	6.8	14.0	27.0	2.43	183.6
9/1/1978	77.3	87.3	0.9	7.2	12.2	14.0	27.0	3.76	328.7
6/2/1978	57.3	64.7	5.6	11.8	5.5	12.3	23.0	1.94	125.9
20/11/1978	53.7	60.7	7.8	14.7	4.1	20.1	47.5	3.22	195.5
7/12/1978	54.7	61.8	8.2	15.3	4.0	18.5	40.7	2.66	164.2
5/6/1979	86.6	97.9	11.8	21.8	4.5	23.6	65.3	3.00	293.5
5/12/1979	58.0	65.5	5.7	11.9	5.5	18.5	40.7	3.41	223.8
31/1/1981	84.0	94.9	5.0	11.1	8.5	14.0	27.0	2.43	230.5
12/2/1982	55.5	62.7	3.1	9.1	6.9	12.3	23.0	2.52	158.2
13/3/1982	56.1	63.4	4.7	10.8	5.9	14.7	28.8	2.67	169.5
22/1/1983	69.5	78.5	2.9	8.9	8.8	14.0	27.0	3.03	237.7
2/2/1983	55.5	62.7	7.1	13.7	4.6	12.3	23.0	1.67	104.8
18/2/1983	56.4	63.7	-1.6	5.4	11.8	12.3	23.0	4.27	272.0
4/3/1983	58.1	65.7	-2.5	4.8	13.6	14.7	28.8	5.96	391.2
9/6/1983	70.6	79.8	14.4	27.9	2.9	23.6	65.3	2.34	186.8
10/11/1983	70.6	79.8	10.8	19.8	4.0	20.1	47.5	2.40	191.5
11/11/1983	168.2	190.1	10.4	19.0	10.0	20.1	47.5	2.50	474.3
16/12/1983	90.3	102.0	6.6	13.1	7.8	18.5	40.7	3.12	318.0
1/11/1984	130.6	147.6	8.9	16.4	9.0	20.1	47.5	2.89	426.4
2/11/1984	131.2	148.3	11.9	22.0	6.7	20.1	47.5	2.16	320.1
16/11/1984	59.1	66.8	9.2	16.9	3.9	20.1	47.5	2.81	187.3
31/12/1984	62.9	71.1	4.3	10.3	6.9	18.5	40.7	3.95	280.4
18/1/1985	144.0	162.7	7.0	13.6	12.0	14.0	27.0	1.98	322.4
21/4/1985	64.8	73.2	6.2	12.6	5.8	19.6	45.2	3.60	263.7
23/12/1985	54.7	61.8	1.3	7.5	8.3	18.5	40.7	5.44	336.2
29/1/1986	59.7	67.5	3.8	9.8	6.9	14.0	27.0	2.75	185.6
25/9/1986	122.2	138.1	14.4	27.9	4.9	23.6	65.3	2.34	323.3
29/12/1986	81.5	92.1	-1.4	5.5	16.7	18.5	40.7	7.39	681.0
16/4/1987	64.2	72.5	6.1	12.4	5.8	19.6	45.2	3.64	264.0
30/4/1987	109.0	123.2	7.3	14.0	8.8	19.6	45.2	3.22	397.1
16/2/1988	87.8	99.2	2.7	8.7	11.4	12.3	23.0	2.63	261.2
25/10/1988	59.0	66.7	14.2	27.4	2.4	21.7	55.0	2.01	133.9
27/10/1988	87.0	98.3	8.1	15.2	6.5	21.7	55.0	3.62	356.0
28/10/1988	53.0	59.9	6.4	12.8	4.7	21.7	55.0	4.29	257.2
28/11/1989	92.4	104.4	11.4	21.0	5.0	20.1	47.5	2.27	236.5
29/11/1989	64.1	72.4	2.2	8.3	8.8	20.1	47.5	5.75	416.3
20/11/1990	52.7	59.6	11.7	21.6	2.8	20.1	47.5	2.20	131.1
9/12/1991	52.9	59.8	3.8	9.8	6.1	18.5	40.7	4.16	248.5
27/12/1991	88.5	100.0	-1.8	5.3	19.0	18.5	40.7	7.75	775.4
18/3/1992	56.0	63.3	-0.8	5.9	10.7	14.7	28.8	4.87	308.1
14/1/1994	131.0	148.0	8.6	16.0	9.3	14.0	27.0	1.69	250.1
18/1/1996	71.0	80.2	3.1	9.1	8.8	14.0	27.0	2.96	237.7
10/2/1996	55.0	62.2	2.5	8.5	7.3	12.3	23.0	2.69	167.2
1/3/1996	71.0	80.2	4.3	10.3	7.8	14.7	28.8	2.79	223.6
18/9/1996	212.0	239.6	16.6	34.3	7.0	23.6	65.3	1.90	456.3
28/9/1996	116.0	131.1	9.9	18.1	7.2	23.6	65.3	3.60	472.4
25/10/1996	60.2	68.0	6.3	12.7	5.4	21.7	55.0	4.34	295.1
2/3/1997	83.7	94.6	7.3	14.0	6.7	14.7	28.8	2.05	194.1
3/3/1997	112.6	127.2	4.9	11.0	11.6	14.7	28.8	2.62	333.2
12/3/1997	105.2	118.9	7.5	14.3	8.3	14.7	28.8	2.01	239.1
20/10/1997	110.5	124.9	10.3	18.8	6.6	21.7	55.0	2.92	364.4
30/11/1997	54.7	61.8	10.8	19.8	3.1	20.1	47.5	2.40	148.4
16/3/1998	100.8	113.9	-1.1	5.7	20.0	14.7	28.8	5.04	574.3
26/3/1998	70.1	79.2	3.6	9.6	8.3	14.7	28.8	3.00	237.5
28/3/1998	69.4	78.4	6.8	13.3	5.9	14.7	28.8	2.16	169.2
27/11/1998	66.0	74.6	9.9	18.1	4.1	20.1	47.5	2.62	195.4
29/12/1998	71.9	81.2	9.4	17.3	4.7	18.5	40.7	2.36	191.7
Μέγιστη τιμή	212.0	239.6	16.6	34.3	20.0	23.6	65.3	7.8	775.4

Πίν. 14 Δεδομένα ισχυρών βροχοπτώσεων στο σταθμό Έξω Ποτάμοι, δεδομένα σημείων δρόσου στο σταθμό Τζερμάδο και υπολογισμοί μεγιστοποίησης του ύψους βροχής για την εκτίμηση της ΠΜΚ.

Ημερομηνία	Ύψος βροχής (mm)	Διορθ. ύψος βροχής, h (mm)	Σημείο δρόσου, T_d (°C)	Ύψος κατακρ. νερού, W (mm)	Αποτελεσματικότητα βροχής, $E = h/W$	Μέγιστο σημείο δρόσου, T_{dm} (°C)	Μεγ. ύψος κατακρημν. νερού, W_{max} (mm)	Λόγος W_{max}/W	Μεγ. ύψος βροχής, $h_{m,24}$ (mm)
4/1/1975	85.0	96.1	3.9	7.5	12.7	10.4	15.2	2.01	193.1
21/12/1975	60.0	67.8	0.8	5.2	13.0	15.0	24.3	4.65	315.2
27/12/1975	218.0	246.3	0.4	5.0	49.6	15.0	24.3	4.89	1204.2
9/1/1976	61.0	68.9	4.5	8.1	8.5	10.4	15.2	1.88	129.4
19/1/1976	60.0	67.8	0.7	5.2	13.2	10.4	15.2	2.94	199.6
3/2/1976	70.0	79.1	4.5	8.1	9.8	10.4	15.2	1.89	149.3
12/3/1976	122.0	137.9	5.4	8.9	15.4	14.4	22.8	2.55	352.1
13/3/1976	62.0	70.1	0.6	5.1	13.8	14.4	22.8	4.48	314.1
16/4/1976	80.0	90.4	3.0	6.8	13.3	20.8	42.7	6.27	567.2
23/10/1976	105.0	118.7	10.6	15.5	7.6	18.8	35.3	2.27	269.2
24/10/1976	380.0	429.4	9.3	13.6	31.6	18.8	35.3	2.60	1115.1
25/10/1976	111.0	125.4	7.2	10.9	11.5	18.8	35.3	3.24	406.9
26/11/1976	63.0	71.2	1.3	5.5	12.8	16.7	28.6	5.16	367.2
5/2/1977	110.0	124.3	1.2	5.5	22.7	10.4	15.2	2.78	345.7
6/2/1977	70.0	79.1	1.5	5.7	13.9	10.4	15.2	2.68	212.1
6/10/1977	64.0	72.3	5.6	9.1	7.9	18.8	35.3	3.86	279.3
12/12/1977	91.0	102.8	1.5	5.7	18.1	15.0	24.3	4.27	438.7
21/12/1977	104.0	117.5	2.9	6.7	17.5	15.0	24.3	3.61	424.2
27/12/1977	110.0	124.3	3.0	6.8	18.3	15.0	24.3	3.57	443.4
7/1/1978	96.0	108.5	2.8	6.6	16.3	10.4	15.2	2.28	247.7
8/1/1978	130.0	146.9	1.0	5.3	27.5	10.4	15.2	2.84	416.6
9/1/1978	180.0	203.4	-0.7	4.3	47.2	10.4	15.2	3.52	716.0
8/12/1978	146.0	165.0	4.7	8.3	20.0	15.0	24.3	2.94	484.4
11/12/1978	203.0	229.4	4.0	7.6	30.1	15.0	24.3	3.18	729.1
17/1/1979	96.0	108.5	2.3	6.3	17.3	10.4	15.2	2.42	262.8
7/3/1979	110.0	124.3	2.2	6.2	20.1	14.4	22.8	3.69	458.4
6/11/1979	72.0	81.4	11.0	16.2	5.0	16.7	28.6	1.77	143.7
26/11/1979	70.0	79.1	8.1	12.0	6.6	16.7	28.6	2.39	189.1
19/12/1979	81.0	91.5	2.5	6.4	14.3	15.0	24.3	3.78	346.3
25/3/1982	73.0	82.5	0.3	4.9	16.8	14.4	22.8	4.66	384.1
4/3/1983	140.0	158.2	-1.3	4.0	39.8	14.4	22.8	5.73	907.2
19/3/1983	98.0	110.7	5.1	8.6	12.8	14.4	22.8	2.64	292.4
10/11/1983	80.0	90.4	8.5	12.5	7.2	16.7	28.6	2.29	207.1
11/11/1983	150.0	169.5	7.9	11.7	14.5	16.7	28.6	2.44	413.9
15/12/1983	154.0	174.0	5.8	9.3	18.6	15.0	24.3	2.60	452.1
21/12/1983	67.0	75.7	4.2	7.8	9.7	15.0	24.3	3.11	235.2
14/1/1984	73.0	82.5	4.5	8.1	10.2	10.4	15.2	1.88	154.9
8/4/1984	72.0	81.4	5.4	8.9	9.1	20.8	42.7	4.78	388.5
30/7/1984	69.0	78.0	9.1	13.3	5.9	21.7	46.6	3.50	273.2
1/11/1984	196.0	221.5	7.6	11.4	19.5	16.7	28.6	2.52	558.4
31/12/1984	102.0	115.3	4.9	8.4	13.6	15.0	24.3	2.87	330.9
18/1/1985	120.0	135.6	4.3	7.9	17.2	10.4	15.2	1.92	260.4
15/2/1985	80.0	90.4	-0.7	4.3	21.0	10.4	15.2	3.54	319.9
23/3/1985	88.0	99.4	6.5	10.1	9.9	14.4	22.8	2.26	225.0
21/4/1985	76.0	85.9	6.9	10.5	8.2	20.8	42.7	4.05	348.0
18/10/1985	77.0	87.0	7.4	11.1	7.8	18.8	35.3	3.18	276.3
19/10/1985	86.0	97.2	6.5	10.1	9.6	18.8	35.3	3.50	340.1
14/12/1985	115.0	130.0	6.4	10.0	13.0	15.0	24.3	2.43	316.1
26/9/1986	113.5	128.3	14.4	22.8	5.6	21.7	46.6	2.04	261.9
16/4/1987	98.0	110.7	3.9	7.5	14.7	20.8	42.7	5.65	626.1
29/4/1987	63.0	71.2	5.7	9.2	7.7	20.8	42.7	4.62	328.8
30/4/1987	95.0	107.4	4.3	7.9	13.6	20.8	42.7	5.40	579.9
21/12/1987	85.0	96.1	4.5	8.1	11.9	15.0	24.3	3.00	288.4
22/12/1987	90.5	102.3	-0.6	4.4	23.4	15.0	24.3	5.56	568.3
16/2/1988	93.0	105.1	2.4	6.3	16.6	10.4	15.2	2.41	252.9
17/2/1988	63.0	71.2	1.8	5.9	12.1	10.4	15.2	2.59	184.1
27/10/1988	100.5	113.6	5.5	9.0	12.6	18.8	35.3	3.91	443.5
28/10/1988	71.0	80.2	5.9	9.4	8.5	18.8	35.3	3.74	299.8
29/10/1988	89.5	101.1	6.7	10.3	9.8	18.8	35.3	3.42	346.3
6/10/1989	66.0	74.6	9.0	13.2	5.7	18.8	35.3	2.68	199.9
Μέγιστη τιμή	380.0	429.4	14.4	22.8	49.6	21.7	46.6	6.3	1204.2

Πίν. 15 Δεδομένα ισχυρών βροχοπτώσεων στο σταθμό Άγιος Γεώργιος, δεδομένα σημείων δρόσου στο σταθμό Τζερμιάδο και υπολογισμοί μεγιστοποίησης του ύψους βροχής για την εκτίμηση της ΠΜΚ.

Ημερομηνία	Ύψος βροχής (mm)	Διορθ. ύψος βροχής, h (mm)	Σημείο δρόσου, T_d (°C)	Ύψος κατακρ. νερού, W (mm)	Αποτελεσματικότητα βροχής, $E = h/W$	Μέγιστο σημείο δρόσου, T_{dm} (°C)	Μεγ. ύψος κατακρην. νερού, W_{max} (mm)	Λόγος W_{max}/W	Μεγ. ύψος βροχής, $h_{m,24}$ (mm)
4/1/1975	98.4	111.2	3.9	7.6	14.7	10.4	15.2	2.01	223.4
10/1/1975	63.4	71.6	0.3	4.9	14.6	10.4	15.2	3.09	221.5
26/12/1975	103.4	116.8	6.5	10.1	11.6	15.0	24.3	2.40	281.0
27/12/1975	107.8	121.8	0.4	5.0	24.5	15.0	24.3	4.88	594.7
17/1/1976	52.0	58.8	0.3	4.9	11.9	10.4	15.2	3.09	181.7
4/2/1976	56.0	63.3	5.9	9.5	6.7	10.4	15.3	1.61	102.2
5/2/1976	52.0	58.8	5.2	8.8	6.7	10.4	15.3	1.74	102.5
11/3/1976	55.0	62.2	5.4	9.0	6.9	14.4	22.9	2.55	158.6
12/3/1976	58.0	65.5	5.4	9.0	7.3	14.4	22.9	2.55	167.3
16/4/1976	54.0	61.0	3.0	6.8	8.9	20.8	42.7	6.27	382.4
23/10/1976	85.4	96.5	10.6	15.6	6.2	18.8	35.4	2.27	218.9
24/10/1976	130.2	147.1	9.3	13.6	10.8	18.8	35.4	2.60	381.8
27/11/1976	54.5	61.6	2.9	6.7	9.1	16.7	28.7	4.25	262.0
5/2/1977	87.3	98.6	1.2	5.5	17.9	10.4	15.3	2.78	274.1
12/9/1977	64.2	72.5	14.6	23.3	3.1	21.7	46.7	2.00	145.1
13/9/1977	52.3	59.1	13.8	21.6	2.7	21.7	46.7	2.17	128.1
30/9/1977	59.8	67.6	10.4	15.3	4.4	21.7	46.7	3.06	206.7
21/12/1977	72.3	81.7	2.9	6.7	12.1	15.0	24.3	3.61	294.6
27/12/1977	141.3	159.7	3.0	6.8	23.4	15.0	24.3	3.56	569.1
8/1/1978	156.3	176.6	1.0	5.4	32.9	10.4	15.2	2.83	500.4
9/1/1978	74.1	83.7	-0.7	4.3	19.4	10.4	15.2	3.52	294.4
6/2/1978	73.4	82.9	4.7	8.3	10.0	10.4	15.3	1.84	153.0
7/12/1978	96.2	108.7	5.1	8.7	12.5	15.0	24.3	2.81	305.0
11/12/1978	57.4	64.9	4.0	7.7	8.5	15.0	24.3	3.18	206.0
24/12/1978	58.6	66.2	6.5	10.1	6.6	15.0	24.3	2.40	159.2
7/3/1979	65.1	73.6	2.2	6.2	11.9	14.4	22.9	3.68	271.0
5/6/1979	62.0	70.1	6.2	9.8	7.2	21.7	46.7	4.77	334.4
6/11/1979	64.0	72.3	11.0	16.2	4.5	16.7	28.7	1.77	127.7
14/2/1980	84.3	95.3	4.1	7.7	12.3	10.4	15.3	1.97	188.0
11/12/1980	58.1	65.7	1.7	5.8	11.2	15.0	24.3	4.16	273.1
9/1/1981	90.1	101.8	1.0	5.4	19.0	10.4	15.2	2.83	288.4
20/1/1981	56.0	63.3	3.9	7.6	8.4	10.4	15.2	2.01	127.1
13/3/1982	62.0	70.1	2.5	6.4	10.9	14.4	22.9	3.56	249.1
24/3/1982	63.2	71.4	2.8	6.7	10.7	14.4	22.9	3.43	245.1
31/5/1982	62.8	71.0	13.5	20.9	3.4	21.7	46.7	2.23	158.4
3/6/1982	63.3	71.5	10.5	15.4	4.6	21.7	46.7	3.03	216.6
11/11/1983	123.0	139.0	7.9	11.8	11.8	16.7	28.7	2.44	339.2
14/12/1983	76.4	86.3	5.4	9.0	9.6	15.0	24.3	2.71	234.2
10/2/1984	55.0	62.2	5.3	8.9	7.0	10.4	15.3	1.72	107.2
10/3/1984	69.3	78.3	4.3	7.9	9.9	14.4	22.9	2.89	226.1
30/7/1984	51.0	57.6	9.1	13.3	4.3	21.7	46.7	3.50	201.8
2/11/1984	180.0	203.4	5.7	9.3	22.0	16.7	28.7	3.10	629.8
18/1/1985	235.0	265.6	4.3	7.9	33.5	10.4	15.2	1.92	509.7
21/4/1985	63.0	71.2	6.9	10.6	6.7	20.8	42.7	4.05	288.2
17/10/1985	62.0	70.1	7.9	11.8	6.0	18.8	35.4	3.01	210.7
18/10/1985	83.0	93.8	7.4	11.1	8.4	18.8	35.4	3.17	297.6
24/9/1986	86.0	97.2	16.0	26.8	3.6	21.7	46.7	1.74	169.3
3/3/1987	74.0	83.6	3.5	7.2	11.6	14.4	22.9	3.16	264.5
9/3/1987	52.0	58.8	-0.5	4.4	13.2	14.4	22.9	5.15	302.7
15/4/1987	84.5	95.5	4.5	8.1	11.8	20.8	42.7	5.28	503.8
29/4/1987	109.0	123.2	5.7	9.3	13.3	20.8	42.7	4.61	568.4
21/11/1987	60.0	67.8	6.2	9.8	6.9	16.7	28.7	2.93	198.7
24/1/1988	58.5	66.1	4.1	7.7	8.5	10.4	15.2	1.96	129.8
15/2/1988	120.0	135.6	3.7	7.4	18.3	10.4	15.3	2.07	280.2
26/2/1988	51.5	58.2	4.8	8.4	6.9	10.4	15.3	1.82	106.1
17/10/1988	97.0	109.6	10.2	15.0	7.3	18.8	35.4	2.36	259.1
26/10/1988	85.0	96.1	10.2	15.0	6.4	18.8	35.4	2.36	227.0
27/10/1988	62.5	70.6	5.5	9.1	7.8	18.8	35.4	3.90	275.6
5/10/1989	58.0	65.5	10.6	15.6	4.2	18.8	35.4	2.27	148.7
27/11/1989	85.0	96.1	11.3	16.7	5.7	16.7	28.7	1.71	164.5
Μέγιστη τιμή	235.0	265.6	16.0	26.8	33.5	21.7	46.7	6.3	629.8

Πίν. 16 Δεδομένα ισχυρών βροχοπτώσεων στο σταθμό Τζερμιάδο, δεδομένα σημείων δρόσου στο σταθμό Τζερμιάδο και υπολογισμοί μεγιστοποίησης του ύψους βροχής για την εκτίμηση της ΠΜΚ.

Ημερομηνία	Ύψος βροχής (mm)	Διορθ. ύψος βροχής, h (mm)	Σημείο δρόσου, T_d (°C)	Ύψος κατακρ. νερού, W (mm)	Αποτελεσματικότητα βροχής, $E = h/W$	Μέγιστο σημείο δρόσου, T_{dm} (°C)	Μεγ. ύψος κατακρημν. νερού, W_{max} (mm)	Λόγος W_{max}/W	Μεγ. ύψος βροχής, $h_{m,24}$ (mm)
4/1/1975	82.9	93.7	3.9	7.6	12.4	10.4	15.2	2.01	188.2
26/12/1975	75.0	84.8	6.5	10.1	8.4	15.0	24.3	2.40	203.8
27/12/1975	129.0	145.8	0.4	5.0	29.3	15.0	24.3	4.88	711.6
17/1/1976	86.5	97.7	0.3	4.9	19.9	10.4	15.2	3.09	302.2
20/1/1976	62.0	70.1	-0.7	4.3	16.2	10.4	15.2	3.52	246.3
3/2/1976	54.4	61.5	4.5	8.1	7.6	10.4	15.3	1.89	116.0
12/3/1976	68.0	76.8	5.4	9.0	8.6	14.4	22.9	2.55	196.1
13/3/1976	99.6	112.5	0.6	5.1	22.0	14.4	22.9	4.48	504.0
16/4/1976	64.8	73.2	3.0	6.8	10.7	20.8	42.7	6.27	458.9
23/10/1976	142.8	161.4	10.6	15.6	10.4	18.8	35.4	2.27	366.0
24/10/1976	126.2	142.6	9.3	13.6	10.5	18.8	35.4	2.60	370.1
5/2/1977	90.0	101.7	1.2	5.5	18.5	10.4	15.3	2.78	282.6
6/2/1977	68.5	77.4	1.5	5.7	13.6	10.4	15.3	2.68	207.4
12/9/1977	87.9	99.3	14.6	23.3	4.3	21.7	46.7	2.00	198.7
16/10/1977	62.8	71.0	9.9	14.5	4.9	18.8	35.4	2.44	173.0
12/12/1977	56.2	63.5	1.5	5.7	11.1	15.0	24.3	4.26	270.6
13/12/1977	53.9	60.9	1.8	5.9	10.3	15.0	24.3	4.11	250.3
21/12/1977	83.2	94.0	2.9	6.7	13.9	15.0	24.3	3.61	339.0
27/12/1977	108.0	122.0	3.0	6.8	17.9	15.0	24.3	3.56	435.0
8/1/1978	109.8	124.1	1.0	5.4	23.1	10.4	15.2	2.83	351.5
9/1/1978	134.6	152.1	-0.7	4.3	35.2	10.4	15.2	3.52	534.7
7/12/1978	116.0	131.1	5.1	8.7	15.1	15.0	24.3	2.81	367.7
11/12/1978	99.2	112.1	4.0	7.7	14.6	15.0	24.3	3.18	356.0
24/12/1978	75.1	84.9	6.5	10.1	8.4	15.0	24.3	2.40	204.1
7/3/1979	81.4	92.0	2.2	6.2	14.8	14.4	22.9	3.68	338.9
5/6/1979	70.8	80.0	6.2	9.8	8.2	21.7	46.7	4.77	381.9
5/12/1979	61.8	69.8	6.8	10.4	6.7	15.0	24.3	2.33	162.6
18/12/1979	57.8	65.3	6.1	9.7	6.7	15.0	24.3	2.51	164.1
14/2/1980	105.0	118.7	4.1	7.7	15.3	10.4	15.3	1.97	234.2
9/1/1981	66.4	75.0	1.0	5.4	14.0	10.4	15.2	2.83	212.6
1/2/1981	90.2	101.9	3.3	7.1	14.4	10.4	15.3	2.16	220.6
23/1/1983	64.0	72.3	1.1	5.4	13.3	10.4	15.2	2.80	202.4
4/3/1983	124.8	141.0	-1.3	4.0	35.3	14.4	22.9	5.73	807.4
20/3/1983	54.2	61.2	3.9	7.6	8.1	14.4	22.9	3.02	185.1
11/11/1983	151.2	170.9	7.9	11.8	14.5	16.7	28.7	2.44	416.9
19/11/1983	58.2	65.8	7.5	11.3	5.8	16.7	28.7	2.55	167.5
16/12/1983	141.4	159.8	4.9	8.5	18.9	15.0	24.3	2.87	458.4
14/1/1984	53.6	60.6	4.5	8.1	7.5	10.4	15.2	1.88	113.7
10/3/1984	79.4	89.7	4.3	7.9	11.3	14.4	22.9	2.89	259.0
1/11/1984	100.4	113.5	7.6	11.4	10.0	16.7	28.7	2.52	285.9
2/11/1984	202.4	228.7	5.7	9.3	24.7	16.7	28.7	3.10	708.2
18/1/1985	213.2	240.9	4.3	7.9	30.4	10.4	15.2	1.92	462.4
1/2/1985	59.8	67.6	-0.6	4.4	15.4	10.4	15.3	3.49	235.7
21/4/1985	94.0	106.2	6.9	10.6	10.1	20.8	42.7	4.05	430.0
18/10/1985	73.8	83.4	7.4	11.1	7.5	18.8	35.4	3.17	264.6
19/10/1985	94.2	106.4	6.5	10.1	10.5	18.8	35.4	3.50	372.2
25/9/1986	93.2	105.3	15.2	24.8	4.3	21.7	46.7	1.89	198.5
29/12/1986	86.2	97.4	-0.4	4.5	21.7	15.0	24.3	5.41	526.6
16/4/1987	94.2	106.4	3.9	7.6	14.1	20.8	42.7	5.65	601.2
30/4/1987	154.6	174.7	4.3	7.9	22.1	20.8	42.7	5.40	942.7
23/12/1987	57.0	64.4	4.3	7.9	8.1	15.0	24.3	3.07	197.7
16/2/1988	176.6	199.6	2.4	6.4	31.4	10.4	15.3	2.40	479.9
26/5/1988	61.4	69.4	11.8	17.6	3.9	21.7	46.7	2.65	183.9
18/10/1988	121.0	136.7	10.2	15.0	9.1	18.8	35.4	2.36	323.2
27/10/1988	93.0	105.1	5.5	9.1	11.6	18.8	35.4	3.90	410.1
28/10/1988	62.0	70.1	5.9	9.5	7.4	18.8	35.4	3.73	261.6
11/12/1988	62.6	70.7	2.1	6.1	11.5	15.0	24.3	3.96	280.4
8/3/1989	67.6	76.4	2.8	6.7	11.5	14.4	22.9	3.43	262.2
13/3/1989	78.2	88.4	4.7	8.3	10.7	14.4	22.9	2.76	243.9
12/2/1990	63.0	71.2	0.6	5.1	13.9	10.4	15.3	2.99	213.1
Μέγιστη τιμή	213.2	240.9	15.2	24.8	35.3	21.7	46.7	6.3	942.7

2.3 Πιθανοτική ανάλυση ακραίων βροχοπτώσεων – Όμβριες καμπύλες

2.3.1 Δεδομένα

Για λόγους σύγκρισης, αλλά και για λόγους συμπληρωματικών εκτιμήσεων λιγότερο ακραίων υψών βροχής, εφαρμόζεται και η καθαρώς πιθανοτική προσέγγιση, η οποία ως γνωστόν δεν δέχεται ότι υπάρχει ανώτατο φυσικό όριο στο ύψος βροχής, αλλά ότι σε κάθε τιμή του ύψους βροχής αντιστοιχεί μια μη μηδενική πιθανότητα υπέρβασης. Η μέθοδος εφαρμόζεται στα δείγματα ετήσιων μέγιστων ημερήσιων βροχοπτώσεων που φαίνονται στον Πίν. 2, βάσει του οποίου έγινε και η εκτίμηση της ΠΜΚ. Επιπλέον, στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται και δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής μικρότερων διαρκειών, τα οποία καταρτίστηκαν μετά από επεξεργασία των μετρήσεων των βροχογράφων των σταθμών Αγίου Γεωργίου και Αβδού. Το πρώτο που φαίνεται στον Πίν. 17 αφορά σε ύψη βροχής διαρκειών 0.5-48 h και έχει εξαχθεί από την ψηφιοποιημένη πλήρη χρονοσειρά του βροχογράφου του ΥΠΕΧΩΔΕ. Το δεύτερο που φαίνεται στον Πίν. 18 έχει ληφθεί από τη μελέτη των ΑΔΚ και Watson (1998).

Τα δεδομένα και των δύο δειγμάτων από βροχογράφο (Πίν. 17, Πίν. 18) συγκρίθηκαν ως προς την τιμή τους των 24 ωρών με τα δεδομένα από βροχόμετρο του ίδιου σταθμού (Πίν. 2). Γενικά αναμένεται οι τιμές 24ώρου από το βροχογράφο να είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες από βροχόμετρο, επειδή οι τελευταίες υπόκεινται στο σφάλμα χρονικής διακριτοποίησης. Ωστόσο, στη συγκεκριμένη περίπτωση, αυτό συνέβη σε λίγα μόνο υδρολογικά έτη. Το γεγονός αυτό ερμηνεύεται ως ένδειξη μειωμένης αξιοπιστίας των δεδομένων από βροχογράφο. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε, όπου είναι δυνατό ως κύρια πηγή πληροφορίας να θεωρηθούν τα δεδομένα του Πίν. 2 και δευτερευόντως να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα από βροχογράφο. Επιπλέον, αποφασίστηκε να μη παραλειφθούν τελείως στα τελευταία εκείνα τα υδρολογικά έτη στα οποία το ύψος βροχής για διάρκεια 24 ωρών ήταν μικρότερο από τα 2/3 του ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής στον ίδιο σταθμό, όπως αυτό φαίνεται στον Πίν. 2. Έτσι στον Πίν. 17 και τον Πίν. 18 δεν δίνονται καθόλου δεδομένα για τα εν λόγω υδρολογικά έτη.

Πίν. 17 Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής με βάση τα δεδομένα του βροχογράφου του Αγίου Γεωργίου (σε mm).

Υδρ. έτος	Ετήσια μέγιστα ύψη βροχής (mm) για διάρκεια (h)							
	0.5	1	2	3	6	12	24	48
1954-55	24.9	31.5	32.2	34.4	34.8	39.6	71.1	77.4
1955-56	9.9	14.6	15.9	21.8	41.9	67.5	116.9	133.3
1956-57	8.9	12.9	18.6	22.8	31.1	36.5	60.2	95.9
1957-58								
1958-59	6.3	9.1	13.7	16.7	26.1	41.2	71.5	86.6
1959-60	13.7	19.5	30.2	39.2	57.5	108.3	170.7	275.8
1960-61	12.9	16.7	25.1	38.0	43.7	63.5	66.9	97.3
1961-62	11.6	16.3	30.0	39.0	65.0	104.9	113.0	124.2
1962-63	10.3	18.7	21.1	27.6	43.7	54.7	78.8	107.0
1963-64	9.2	14.1	14.7	17.0	20.1	20.6	21.7	26.7
1964-65	8.8	10.2	12.8	14.6	25.3	44.2	84.8	157.8
1965-66	7.5	14.4	27.9	31.4	34.8	43.6	50.5	68.2
1966-67	9.9	10.0	12.8	17.3	28.1	45.6	61.2	65.2
1967-68	29.4	45.6	51.3	54.3	67.8	73.1	77.4	117.6
1968-69	9.6	16.9	24.5	34.9	63.3	104.1	173.0	195.9
1969-70								
1970-71	10.1	19.9	29.9	31.2	53.2	72.1	80.1	118.0
1971-72	15.3	18.4	25.4	32.8	52.3	73.7	115.4	139.5
1972-73	10.3	16.8	30.8	37.5	48.1	51.2	62.0	66.9
1973-74	13.4	16.4	21.7	24.1	37.0	47.2	64.3	74.1
1974-75	12.9	14.8	18.6	26.1	37.7	59.7	71.2	96.5
1975-76	13.5	19.7	27.7	37.8	47.5	57.7	112.6	130.3
1976-77	18.5	22.3	30.3	33.2	49.5	69.6	101.5	165.0
1977-78	10.1	12.7	23.8	35.1	60.0	93.4	138.9	174.8
1978-79	10.8	18.2	29.6	35.9	44.2	50.6	77.7	98.7
1979-80	10.3	17.3	20.1	25.5	38.0	57.4	69.7	70.4
1980-81	8.8	10.4	13.3	19.2	28.1	44.5	73.3	97.2
1981-82	10.5	19.6	22.9	23.9	32.9	46.4	47.0	55.0
1982-83	8.5	8.5	13.9	19.4	26.7	30.3	32.7	62.5
1983-84	11.6	16.1	20.5	27.1	45.7	75.3	105.4	107.0
1984-85								
1985-86	13.2	18.4	21.8	26.9	34.0	40.1	60.1	78.6
1986-87								
1987-88								
1988-89	8.9	14.3	22.7	27.4	41.3	58.4	68.4	98.8
1989-90								
1990-91								
1991-92								
1992-93								
1993-94								
1994-95	29.2	32.2	37.9	50.1	88.5	156.1	272.7	295.8
1995-96								
1996-97	15.5	18.3	34.0	38.1	65.5	96.0	111.4	126.5

Πίν. 18 Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής με βάση τα δεδομένα του βροχογράφου της Αβδού (σε mm).

Υδρ. έτος	Ετήσια μέγιστα ύψη βροχής (mm) για διάρκεια (h)								
	0.0833	0.1667	0.25	0.5	1	2	6	12	24
1966-67	4.0	5.5	8.0	16.0	24.0	34.5	50.9	56.1	56.1
1967-68	5.0	6.0	8.0	12.5	15.8	23.5	38.5	46.6	53.0
1968-69	12.0	13.2	14.3	15.0	26.8	36.8	78.2	101.5	101.5
1969-70	2.6	3.5	4.1	6.6	11.0	20.2	28.9	40.5	41.8
1970-71	2.5	4.0	5.0	7.0	9.5	15.0	25.1	35.5	42.2
1971-72	4.3	5.5	6.9	7.7	10.9	20.0	36.0	47.7	57.7
1972-73	2.8	4.2	4.8	7.0	14.0	21.9	49.0	59.2	59.2
1973-74									
1974-75	4.8	6.9	8.0	13.6	17.6	26.6	35.2	54.2	54.2
1975-76	4.7	6.0	9.0	12.5	18.0	30.0	58.9	75.0	83.0
1976-77									
1977-78	7.0	9.8	14.7	24.7	28.5	42.0	60.4	93.2	97.5
1978-79	13.8	19.6	25.6	41.0	58.0	71.0	158.1	180.3	180.4
1979-80	11.0	19.0	20.8	28.6	31.2	35.4	77.1	81.0	81.0
1980-81	2.5	4.1	5.3	8.1	12.9	23.6	44.1	64.2	93.4
1981-82	8.0	10.0	11.8	13.8	19.8	23.8	34.3	38.4	38.4
1982-83	6.0	9.8	13.3	19.6	29.6	39.4	78.6	96.5	118.4
1983-84									
1984-85									
1985-86									
1986-87	7.0	8.5	11.2	17.8	24.9	31.4	57.2	87.5	94.7
1987-88									
1988-89	4.0	5.9	7.4	10.7	14.2	23.7	64.5	74.6	74.6
1989-90	3.0	4.6	5.5	7.5	13.0	22.5	46.0	57.5	62.5
1990-91	5.6	8.4	12.3	18.5	22.2	27.2	39.4	45.1	45.3
1991-92	8.4	10.4	11.9	19.8	23.9	31.1	57.7	65.8	65.8
1992-93	2.6	5.2	7.2	9.9	11.7	21.5	27.5	44.3	45.1
1993-94	6.0	8.0	10.5	18.3	24.0	40.0	57.6	88.3	97.5
1994-95	5.0	6.0	7.1	12.3	17.7	27.4	65.1	72.8	131.8
1995-96	4.1	6.0	8.1	10.1	19.1	29.6	48.5	53.3	53.3
1996-97	5.2	8.2	8.8	13.2	19.0	25.0	43.5	74.0	90.0

2.3.2 Γενική περιγραφή της μεθόδου

Η γενική πιθανοτική μεθοδολογία που ακολουθείται, η οποία εν τέλει οδηγεί στην κατάρτιση σχέσεων έντασης-διάρκειας-περιόδου επαναφοράς της βροχής, ή αλλιώς των όμβριων καμπυλών, έχει αναπτυχθεί πρόσφατα και περιγράφεται λεπτομερώς αλλού (Κουτσογιάννης, 1997, Koutsoyiannis et. al., 1998, Koutsoyiannis, 1999, Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000). Τα γενικά χαρακτηριστικά της συνοψίζονται στα ακόλουθα σημεία:

1. Η γενική συναρτησιακή σχέση όμβριων καμπυλών είναι της μορφής

$$i = \frac{a(T)}{b(d)} \quad (14)$$

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 (Κουτσογιάννης, 1997).

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

$$b(d) = (d + \theta)^\eta \quad (15)$$

όπου θ και η αποτελούν παραμέτρους προς εκτίμηση ($\theta > 0, 0 < \eta < 1$) (Κουτσογιάννης, 1997).

3. Η συνάρτηση $a(T)$ προκύπτει αναλυτικά από τη συνάρτηση κατανομής που ισχύει για την μέγιστη ένταση βροχής της υπό εξέταση περιοχής, όπως αυτή προκύπτει από την επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων, ενώ αποφεύγεται η χρήση εμπειρικών συναρτήσεων (Κουτσογιάννης, 1997).
4. Μια συνάρτηση κατανομής που αποδεικνύεται κατάλληλη για τη μέγιστη ένταση βροχής σε μεγάλο εύρος περιπτώσεων είναι η κατανομή Γενική Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ· διεθνώς General Extreme Value – GEV – distribution). Αυτή η κατανομή ενσωματώνει τις κατανομές ακραίων τιμών τύπου I, II, και III και έχει την έκφραση

$$F(x) = \exp\left\{-\left[1 + \kappa \left(\frac{x}{\lambda} - \psi\right)\right]^{-1/\kappa}\right\} \quad x \geq \lambda(\psi - 1/\kappa) \quad (16)$$

όπου $F(x)$ η συνάρτηση κατανομής για τιμές της μεταβλητής x , και $\kappa > 0, \lambda > 0$ και ψ οι παράμετροι σχήματος, κλίμακας και θέσης, αντίστοιχα (Η περίπτωση $\kappa < 0$, αν και μαθηματικά είναι δυνατή, δεν είναι κατάλληλη για μέγιστες εντάσεις βροχής, γιατί συνεπάγεται άνω φραγμένη τιμή της έντασης, γεγονός που αντίκειται στη φυσική πραγματικότητα). 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 (16) 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 καμιά πρόσθετη, εμπειρική ή όχι, παραδοχή (Κουτσογιάννης, 1997, Koutsoyiannis et. al., 1998).

5. Η (16) επιλύεται άμεσα ως προς x , οπότε με την προϋπόθεση ότι $F(x) = 1 - 1/T$ (προϋπόθεση που ισχύει για σειρές ετήσιων μέγιστων) προκύπτει

$$x_T = \lambda \left\{ \psi + \frac{\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right]^{-\kappa} - 1}{\kappa} \right\} = \lambda' \left\{ \psi' + \left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right]^{-\kappa} \right\} \quad (17)$$

όπου για απλοποίηση έχει τεθεί $\lambda' = \lambda / \kappa$ and $\psi' = \kappa \psi - 1$ (Koutsoyiannis et. al., 1998).

6. Για $\kappa = 0$ η κατανομή ΓΑΤ μεταπίπτει στην κατανομή μεγίστων τύπου I (Gumbel), οπότε η (16) παίρνει τη ειδική μορφή

$$F(x) = \exp(-e^{-x/\lambda + \psi}) \quad (18)$$

όπου λ και ψ είναι οι παράμετροι κλίμακας και θέσης, αντίστοιχα, της κατανομής. Αντίστοιχα, η (17) παίρνει τη μορφή (Κουτσογιάννης, 1997, Koutsoyiannis et. al., 1998)

$$x_T = \lambda \left\{ \psi - \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\} \quad (19)$$

7. Για $\kappa = 1/\psi$ (ή ισοδύναμα $\psi' = 0$) η κατανομή ΓΑΤ μεταπίπτει στην κατανομή μεγίστων τύπου II.
8. Η κατανομή Gumbel έχει γίνει αποδεκτή ευρύτατα στην Ελλάδα και διεθνώς για την περιγραφή μεγίστων εντάσεων βροχής, χρησιμοποιώντας συνήθως δείγματα μήκους λίγων δεκάδων ετών. Ωστόσο, η μελέτη ενός δείγματος αρκετά μεγαλύτερου μήκους, του δείγματος ημερήσιων μεγίστων βροχοπτώσεων του Αστεροσκοπείου Αθηνών, μήκους 136 ετών, έδειξε ότι η κατανομή Gumbel απορρίπτεται στατιστικώς, παρόλο που δεν θα απορριπτόταν αν το μήκος του δείγματος ήταν μικρότερο. Αντίστοιχα είναι τα συμπεράσματα για την κατανομή μεγίστων τύπου II. Αντίθετα, η κατανομή ΓΑΤ με παράμετρο σχήματος $\kappa = 0.16$ έως 0.19 φάνηκε να είναι κατάλληλη για το υπόψη δείγμα (Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000).

9. Από πρόσφατη στατιστική διερεύνηση (Koutsoyiannis, 1999) των δεδομένων από 2645 σταθμούς όλου του κόσμου, με συνολικό πλήθος μετρήσεων 95 000 σταθμών-ετών, τα οποία είχαν μελετηθεί παλιότερα από τον Hershfield (1961, 1965) και αποτέλεσαν τη βάση για τη διατύπωση της φερώνυμης μεθόδου εκτίμησης της πιθανής μέγιστης κατακρήμνισης διαπιστώθηκε ότι (α) η κατανομή ΓΑΤ είναι γενικά κατάλληλη για ετήσιες σειρές μέγιστων βροχοπτώσεων, (β) η τιμή που υπολογίζεται τη μέθοδο Hershfield (1961, 1965) ως ΠΜΚ, αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς περίπου 60 000 ετών, και (γ) η τιμή της παραμέτρου σχήματος της κατανομής ΓΑΤ δίνεται ως συνάρτηση της μέσης τιμής της ετήσιας μέγιστης 24ωρης βροχόπτωσης \bar{h} , από τη σχέση

$$\kappa = 0.183 - 0.00049 \bar{h} \quad (\bar{h} \text{ σε mm}) \quad (20)$$

10. Η σύγκριση της παραπάνω εναλλακτικής διατύπωσης της μεθόδου Hershfield με την κατανομή που προκύπτει από το δείγμα 136 ετών του Αστεροσκοπείου Αθηνών έδειξε πλήρη συμφωνία (Koutsoyiannis, 1999).
11. Τα παραπάνω συνηγορούν στην αποδοχή της ΓΑΤ ως κατάλληλης κατανομής για μέγιστες βροχοπτώσεις. Αντίθετα, η χρήση της κατανομής Gumbel (μεγίστων τύπου I) θα πρέπει να αποφεύγεται, δεδομένου ότι οδηγεί σε σοβαρή υπεκτίμηση των εντάσεων βροχής για μεγάλες περιόδους επαναφοράς. Σε περίπτωση που υπάρχει μεγάλο μήκος δείγμα, η παράμετρος σχήματος της κατανομής ΓΑΤ μπορεί να εκτιμάται άμεσα από το δείγμα. Σε αντίθετη περίπτωση είναι προτιμότερο να εκτιμάται από την (20).
12. Η αποδοχή της κατανομής ΓΑΤ σε συνδυασμό με τις (14) και (15) οδηγεί στην ακόλουθη γενικευμένη έκφραση όμβριων καμπυλών

$$i(d, T) = \frac{\lambda' \left\{ \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{-\kappa} + \psi' \right\}}{(d + \theta)^\eta} \quad (\kappa \neq 0) \quad (21)$$

13. Στην εξίσωση (21) η περίοδος επαναφοράς αναφέρεται σε σειρές ετήσιων μεγίστων και κατά συνέπεια παίρνει τιμές μεγαλύτερες από 1 έτος. Αν η περίοδος επαναφοράς οριστεί με αναφορά σε σειρές υπεράνω κατωφλίου, οπότε μπορεί να πάρει και τιμές μικρότερες από 1 έτος, η αντίστοιχη εξίσωση προκύπτει θεωρητικά ότι έχει την ακόλουθη απλούστερη έκφραση (Koutsoyiannis et al., 1998)

$$i(d, T) = \frac{\lambda' (T^\kappa + \psi')}{(d + \theta)^\eta} \quad (\kappa \neq 0) \quad (22)$$

Για μικρές περιόδους επαναφοράς, η εξίσωση (22) είναι προφανώς δυσμενέστερη από την αντίστοιχη της (21), ενώ για μεγαλύτερες περιόδους επαναφοράς ($T > 10$ χρόνια) πρακτικώς η πρώτη ταυτίζεται με τη δεύτερη, δεδομένου ότι για μικρές τιμές του $1/T$ ισχύει $\ln [1 - (1/T)] = -(1/T) - (1/T)^2 - \dots \approx -1/T$.

14. Για την εκτίμηση των παραμέτρων λ , ψ (ή ισοδύναμα λ' , ψ'), κ , θ και η των παραπάνω εκφράσεων όμβριων καμπυλών έχουν διατυπωθεί από τον Κουτσογιάννη (1997· βλ. και Koutsoyiannis et al., 1998) δύο συνεπείς στατιστικές μέθοδοι, οι οποίες αποφεύγουν τη χρήση εμπειρικών τεχνικών που χρησιμοποιούνταν παλιότερα. Η πρώτη μέθοδος που χρησιμοποιείται εδώ εκτιμά τις παραμέτρους σε δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα γίνεται η εκτίμηση των θ και η και στη δεύτερη των παραμέτρων λ , ψ και κ της κατανομής ΓΑΤ
15. Ειδικότερα, η εκτίμηση των παραμέτρων λ , ψ και κ της κατανομής ΓΑΤ μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους της στατιστικής, από τις οποίες εδώ παρουσιάζονται οι δύο συνηθέστερες που χρησιμοποιούνται παρακάτω. Η πρώτη είναι η διαδομένη μέθοδος των ροπών, η οποία βασίζεται στις εξισώσεις

$$\frac{\Gamma(1-3\kappa) - 3\Gamma(1-2\kappa)\Gamma(1-\kappa) + 2\Gamma^3(1-\kappa)}{[\Gamma(1-2\kappa) - \Gamma^2(1-\kappa)]^{3/2}} = C_s \quad (23)$$

$$\lambda = \frac{\kappa\sigma}{\sqrt{\Gamma(1-2\kappa) - \Gamma^2(1-\kappa)}} \quad (24)$$

$$\psi = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\Gamma(1-\kappa) - 1}{\kappa} \quad (25)$$

όπου μ η μέση τιμή, σ η τυπική απόκλιση και C_s ο συντελεστής ασυμμετρίας της κατανομής, ενώ $\Gamma(\cdot)$ είναι η συνάρτηση γάμα. Η (23) λύνεται μόνο αριθμητικά και δίνει την παράμετρο κ . Στην περίπτωση που εξετάζουμε σχετικά μικρά δείγματα 24ωρων υψών βροχής αντί της (23) μπορούμε να χρησιμοποιούμε την (20), δεδομένου ότι η εκτίμηση του συντελεστή ασυμμετρίας της κατανομής είναι επισφαλής.

Η δεύτερη είναι η μέθοδος των L-ροπών, μια σχετικά νέα μέθοδος εκτίμησης παραμέτρων. Σε αντίθεση με την κλασική μέθοδο ροπών, η μέθοδος των L-ροπών αποφεύγει την ύψωση στο τετράγωνο ή στον κύβο των τιμών του δείγματος· για το λόγο αυτό οδηγεί σε πιο εύρωστες εκτιμήσεις, αφού δεν αποδίδει υπερβολική σημασία σε τυχόν εμφάνιση μιας ή περισσότερων εξαιρετικά ασυνήθων τιμών στο δείγμα. Η μέθοδος στηρίζεται στις ακόλουθες εξισώσεις

$$\kappa = 7.8 c - 1.43 c^2 \quad (26)^1$$

$$\lambda = \frac{\kappa \lambda_2}{\Gamma(1-\kappa)(2^\kappa - 1)} \quad (27)$$

$$\psi = \frac{\lambda_1}{\lambda} - \frac{\Gamma(1-\kappa) - 1}{\kappa} \quad (28)$$

όπου

$$c := \frac{\ln 2}{\ln 3} - \frac{2 \lambda_2}{\lambda_3 + 3 \lambda_2} \quad (29)$$

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

$$\hat{\lambda}_1 = b_0 \quad (30)$$

$$\hat{\lambda}_2 = 2 b_1 - b_0 \quad (31)$$

$$\hat{\lambda}_3 = 6 b_2 - 6 b_1 + b_0 \quad (32)$$

όπου b_0 , b_1 και b_2 οι εκτιμήσεις των πιθανοτικά σταθμισμένων ροπών (probability-weighted moments) που δίνονται από τις εξισώσεις

$$b_0 = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{(j)} \quad (33)$$

¹ Οι συντελεστές που φαίνονται στην (26) είναι ακριβέστεροι από αυτούς της βιβλιογραφίας (π.χ. Stedinger et al., 1993, σ. 18.18) για θετικές τιμές του κ που είναι και η συνηθέστερη περίπτωση. Για $\kappa < 0$ είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται οι συντελεστές της βιβλιογραφίας, δηλαδή $\kappa = 7.859 c - 2.9554 c^2$.

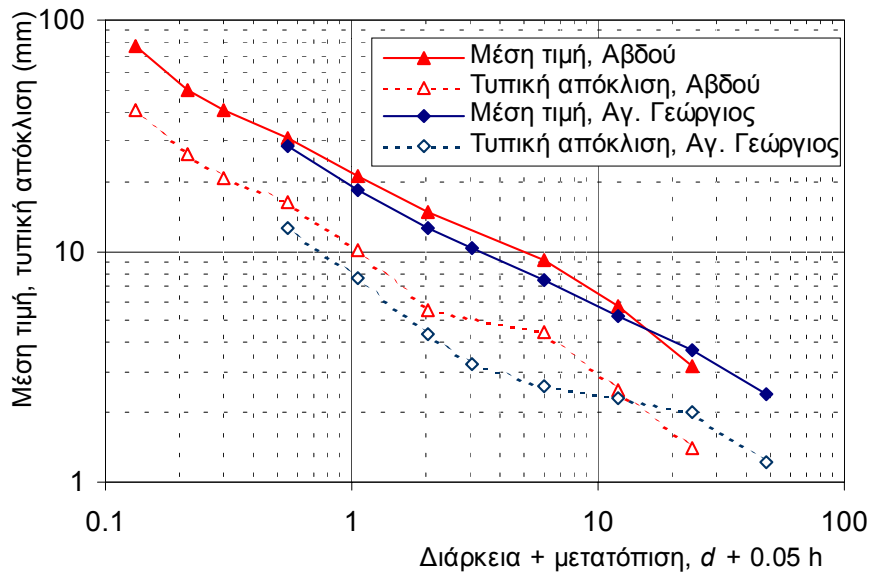
$$b_1 = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} (n-j) x_{(j)} \quad (34)$$

$$b_2 = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \sum_{j=1}^{n-2} (n-j)(n-j-1) x_{(j)} \quad (35)$$

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

2.3.3 Επεξεργασία βροχογραφικών δεδομένων

Στο Σχ. 14 έχει απεικονιστεί σε διπλό λογαριθμικό διάγραμμα η μεταβολή της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης της ετήσιας μέγιστης έντασης βροχής στους σταθμούς Αβδού και Άγιος Γεώργιος σε συνάρτηση με τη διάρκεια. Παρατηρούμε ότι σε κάθε σταθμό τα δύο μεγέθη ακολουθούν προσεγγιστικά νόμους δύναμης με τον ίδιο περίπου εκθέτη (κλίση ευθείας στο διπλό λογαριθμικό διάγραμμα) αν η διάρκεια προσανυξηθεί κατά την παράμετρο $\theta = 0.05$ h. Είναι εντυπωσιακό το γεγονός ότι τόσο οι μέσες τιμές των εντάσεων βροχής, όσο και οι τυπικές αποκλίσεις τους, πρακτικώς ταυτίζονται στους δύο σταθμούς, πράγμα που σημαίνει ότι η εξίσωση (15) για την έκφραση της συνάρτησης διάρκειας έχει πρακτικώς ενιαίες παραμέτρους στην ευρύτερη περιοχή. Συμπερασματικά, οι παρατηρήσεις αυτές υποδεικνύουν την καταλληλότητα της εξίσωσης (15) για την έκφραση της συνάρτησης διάρκειας των όμβριων καμπυλών με ενιαίο σύνολο παραμέτρων.

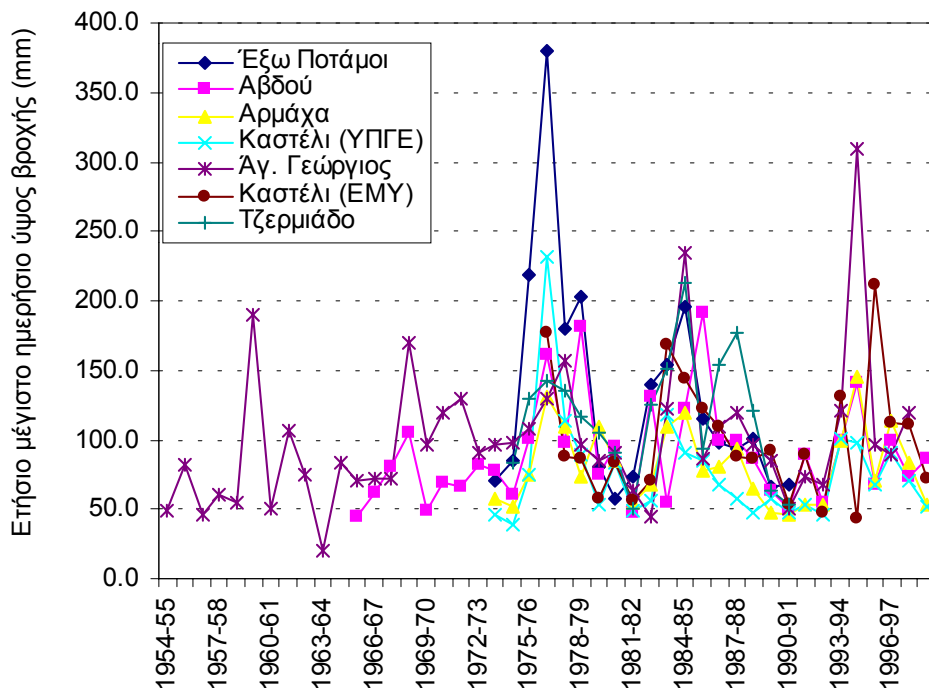


Σχ. 14 Μεταβολή των στατιστικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων ύψους βροχής των σταθμών Αβδού και Αγίου Γεωργίου συναρτήσει της διάρκειας βροχής.

2.3.4 Επεξεργασία βροχομετρικών δεδομένων

Στο Σχ. 15 έχουν απεικονιστεί οι χρονοσειρές του ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής σε όλους τους σταθμούς, ενώ στον Πίν. 19 φαίνονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά των ίδιων χρονοσειρών. Γενικώς παρατηρούμε στο Σχ. 15 ότι οι διαφορετικές χρονοσειρές είναι συσχετισμένες μεταξύ τους, πράγμα που επιβεβαιώνεται και από τους σχετικά υψηλούς συντελεστές συσχέτισης που υπολογίστηκαν (μεγαλύτεροι του 0.1 και φτάνουν μέχρι 0.86). Εξάλλου, στον Πίν. 19 παρατηρούμε ότι τα στατιστικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών χρονοσειρών εμφανίζονται διαφοροποιημένα από σταθμό σε σταθμό. Για παράδειγμα, η μέση τιμή κυμαίνεται από 76.3 mm στο Καστέλι (ΥΠΓΕ) μέχρι 132.1 mm στους Έξω Ποτάμους. Οι διαφοροποιήσεις στις στατιστικές κατανομές φαίνονται πιο

χαρακτηριστικά στο Σχ. 16, όπου έχουν απεικονιστεί σε χαρτί κατανομής Gumbel οι εμπειρικές κατανομές ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής.



Σχ. 15 Απεικόνιση των χρονοσειρών ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής.

Πίν. 19 Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγμάτων ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής.

Σταθμός	Έξω Ποτάμοι	Αβδού	Αρμάχα	Καστέλι (ΥΠΓΕ)	Αγίος Γεώργιος (ΕΜΥ)	Καστέλι	Τζερμιάδο
Μέγεθος δείγματος	18	34	26	26	44	23	17
Μέση τιμή (mm)	132.1	90.0	81.9	76.3	99.7	100.0	117.8
Μέγιστη τιμή (mm)	380.0	191.0	146.0	232.0	310.0	212.0	213.2
Τυπική απόκλιση (mm)	80.8	36.6	28.0	38.9	51.5	43.4	43.6
Συντελεστής ασυμμετρίας	1.9	1.2	0.6	2.7	2.1	1.0	0.3

Έτσι, η θεώρηση ότι και οι διαφορετικές χρονοσειρές αντιπροσωπεύουν τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό είναι δεν είναι εύλογη. Όπως όμως προαναφέρθηκε (ενότητα 2.1) ένα σημαντικό μέρος της μεταβλητότητας μπορεί να αποδοθεί στη διαφοροποίηση του υψομέτρου. Προς άρση της επίδρασης του υψομέτρου, οι τιμές των χρονοσειρών διαιρέθηκαν με τους συντελεστές υψομετρικής αναγωγής των διάφορων σταθμών που φαίνονται στην προτελευταία σειρά του Πίν. 3. Παράλληλα, έγινε και άρση του σφάλματος διακριτοποίησης πολλαπλασιάζοντας όλες τις τιμές με το συντελεστή 1.13. Στη συνέχεια επαναπροσδιορίστηκαν οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής των ανηγμένων χρονοσειρών των διάφορων σταθμών που τώρα εμφανίζονται λιγότερο αποκλίνουσες μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο Σχ. 17. Το εν λόγω σχήμα έχει σχεδιαστεί σε χαρτί κατανομής μεγίστων τύπου II^1 (Weibull). Τα

¹ Η απεικόνιση σε χαρτί κατανομής μεγίστων τύπου II είναι εύχρηστη και κατατοπιστική, λόγω της λογαριθμικής κλίμακας του άξονα τιμών της μεταβλητής, παρόλο που η συνάρτηση κατανομής ΓΑΤ δεν παριστάνεται ως ευθεία στο χαρτί αυτό. Σημειώνεται ότι δεν μπορεί να κατασκευαστεί γενικής χρήσης χαρτί κατανομής ΓΑΤ, όπου η κατανομή αυτή θα μπορούσε να παρασταθεί ως ευθεία (όπως μπορεί να κατασκευαστεί π.χ. για τις κατανομές μεγίστων τύπου II , Gumbel, Gauss), επειδή η εν λόγω κατανομή έχει μεταβλητή παράμετρο σχήματος.

αηγημένα στατιστικά δείγματα θα μπορούσαν να ενοποιηθούν σε ένα για την περαιτέρω στατιστική επεξεργασία. Το ενοποιημένο δείγμα μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό μιας μέσης συμπεριφοράς των ισχυρών καταιγίδων στη λεκάνη απορροής του Αποσελέμη. Είναι γνωστό ότι σε περίπτωση που τα στατιστικά δείγματα των επιμέρους σταθμών είναι στατιστικώς ανεξάρτητα, η ενοποίηση έχει αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση της στατιστικής αξιοπιστίας των εκτιμήσεων αφού το μήκος του ενοποιημένου δείγματος, το οποίο χαρακτηρίζει την αξιοπιστία των στατιστικών εκτιμήσεων, είναι ίσο με το άθροισμα των επιμέρους μηκών (μέθοδος σταθμών-ετών). Επισημαίνεται, ωστόσο, ότι στην προκειμένη περίπτωση δεν ισχύει η προϋπόθεση της στατιστικής ανεξαρτησίας και επομένως η ενοποίηση των επιμέρους δειγμάτων δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι αυξάνει παρά μόνο οριακά το διαθέσιμο μήκος δείγματος και τη συνεπαγόμενη αξιοπιστία των στατιστικών εκτιμήσεων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο ισοδύναμος αριθμός σταθμών k_e σε περίπτωση που δεν ισχύει η ανεξαρτησία, αλλά υπάρχει θετικός συντελεστής συσχέτισης ρ μεταξύ των διαφορετικών σταθμών, είναι περίπου

$$k_e = k / [1 + (k - 1) \rho] \quad (36)$$

όπου k ο αριθμός των σταθμών. Η σχέση που αποδίδεται στους Yule και Alexander αναφέρεται από το National Research Council (1988, σ. 25). Για παράδειγμα, για $k = 7$ και $\rho = 0.6$, η σχέση δίνει $k_e = 1.5 \ll 7$.

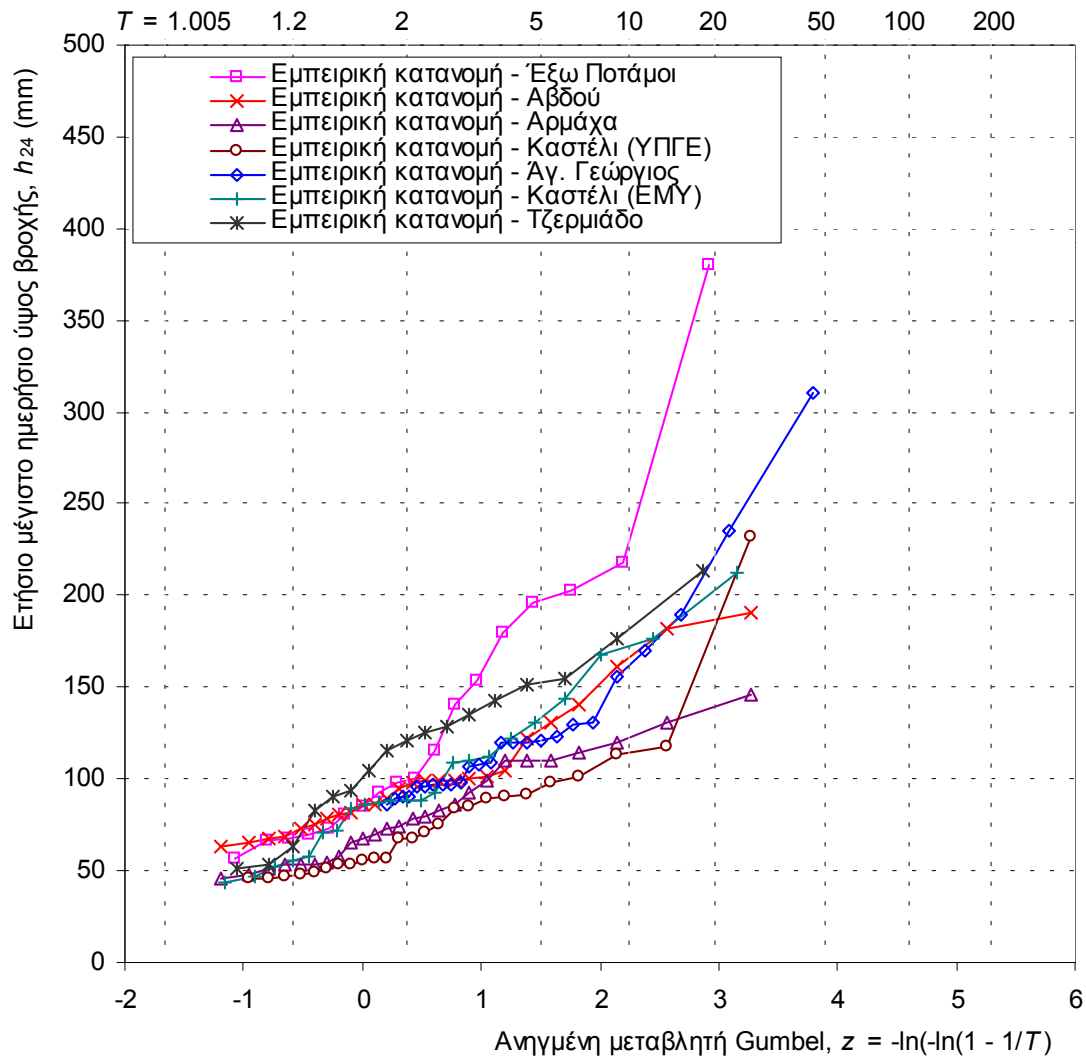
Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των L-ροπών (βλ. π.χ. Stedinger et al., 1993, σ. 18.5) προσαρμόστηκε στο ενοποιημένο δείγμα η θεωρητική συνάρτηση κατανομής ΓΑΤ που επίσης έχει απεικονιστεί στο Σχ. 17. Είναι χαρακτηριστικό ότι η τιμή της παραμέτρου σχήματος κ που εκτιμήθηκε με τη μέθοδο των L-ροπών είναι 0.125, ενώ όταν χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση (20) προέκυψε σχεδόν ταυτόσημη, ήτοι 0.127. Γενικά στο Σχ. 17 παρατηρείται εντυπωσιακά καλή συμφωνία εμπειρικής και θεωρητικής συνάρτησης κατανομής για το ενοποιημένο δείγμα.

2.3.5 Εκτίμηση παραμέτρων όμβριων καμπυλών

Οι παράμετροι των όμβριων καμπυλών (εξισώσεις (21) και (22)) εκτιμήθηκαν με την μέθοδο δύο βημάτων που περιγράφεται από τον Κουτσογιάννη (1997· βλ. και Koutsoyiannis et al., 1998). Στο πρώτο βήμα εκτιμήθηκαν οι παράμετροι της συνάρτησης $b(d)$ χρησιμοποιώντας τα δείγματα των σταθμών Αβδού και Αγίου Γεωργίου. Και στις δύο περιπτώσεις προέκυψαν σχεδόν ταυτόσημες τιμές των παραμέτρων, $\theta = 0.05$ και $\eta = 0.55$. Στο δεύτερο βήμα εκτιμήθηκαν οι παράμετροι της συνάρτησης $a(T)$ χρησιμοποιώντας το ενοποιημένο δείγμα των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής των σταθμών του Πίν. 2. Οι τελικές τιμές των παραμέτρων φαίνονται στον Πίν. 20.

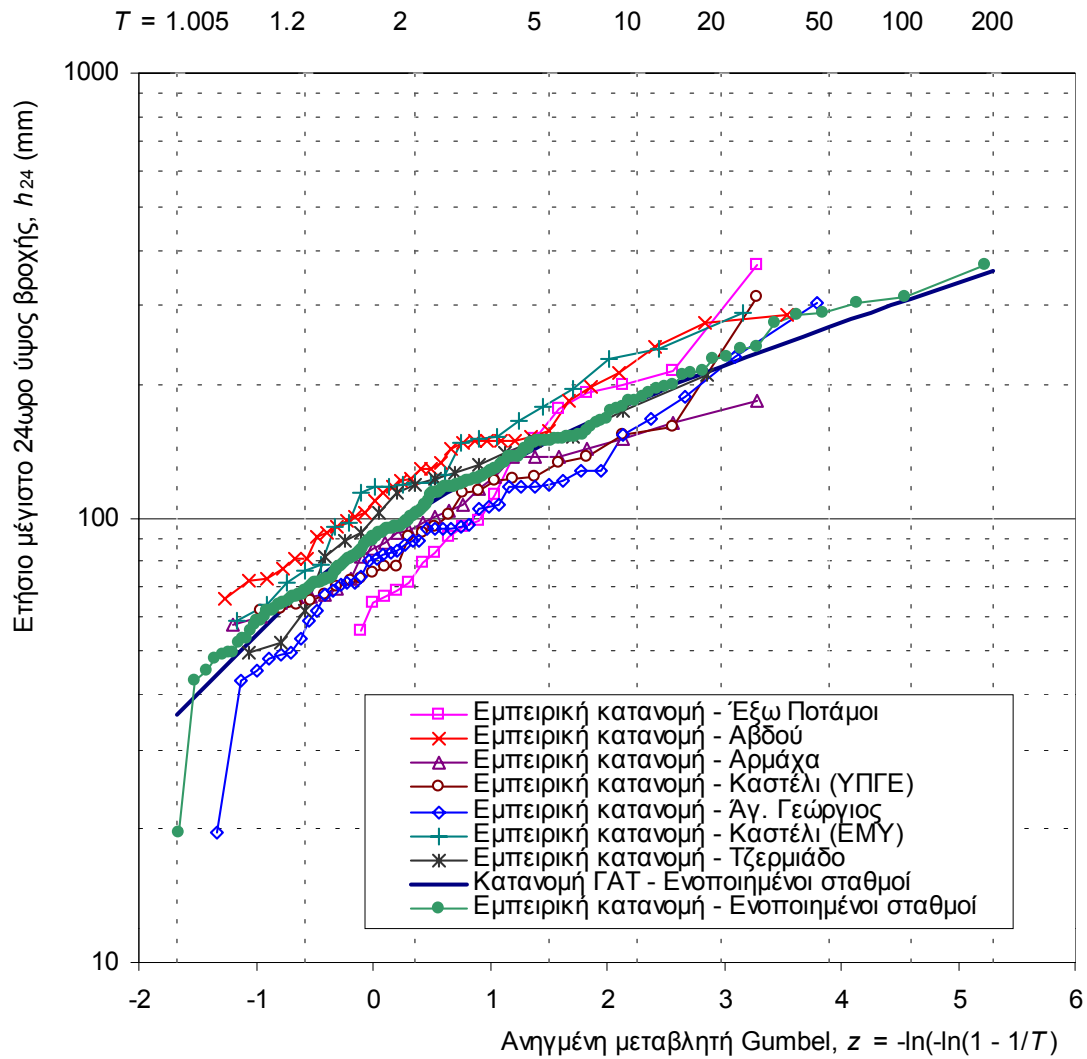
Πίν. 20 Εκτιμημένες παράμετροι όμβριων καμπυλών (εξισώσεις (21) και (22)).

Παράμετρος	Τιμή
κ	0.127
λ (mm)	8.53
ψ	2.52
λ' (mm)	67.17
ψ'	-0.68
θ (h)	0.05
η	0.55

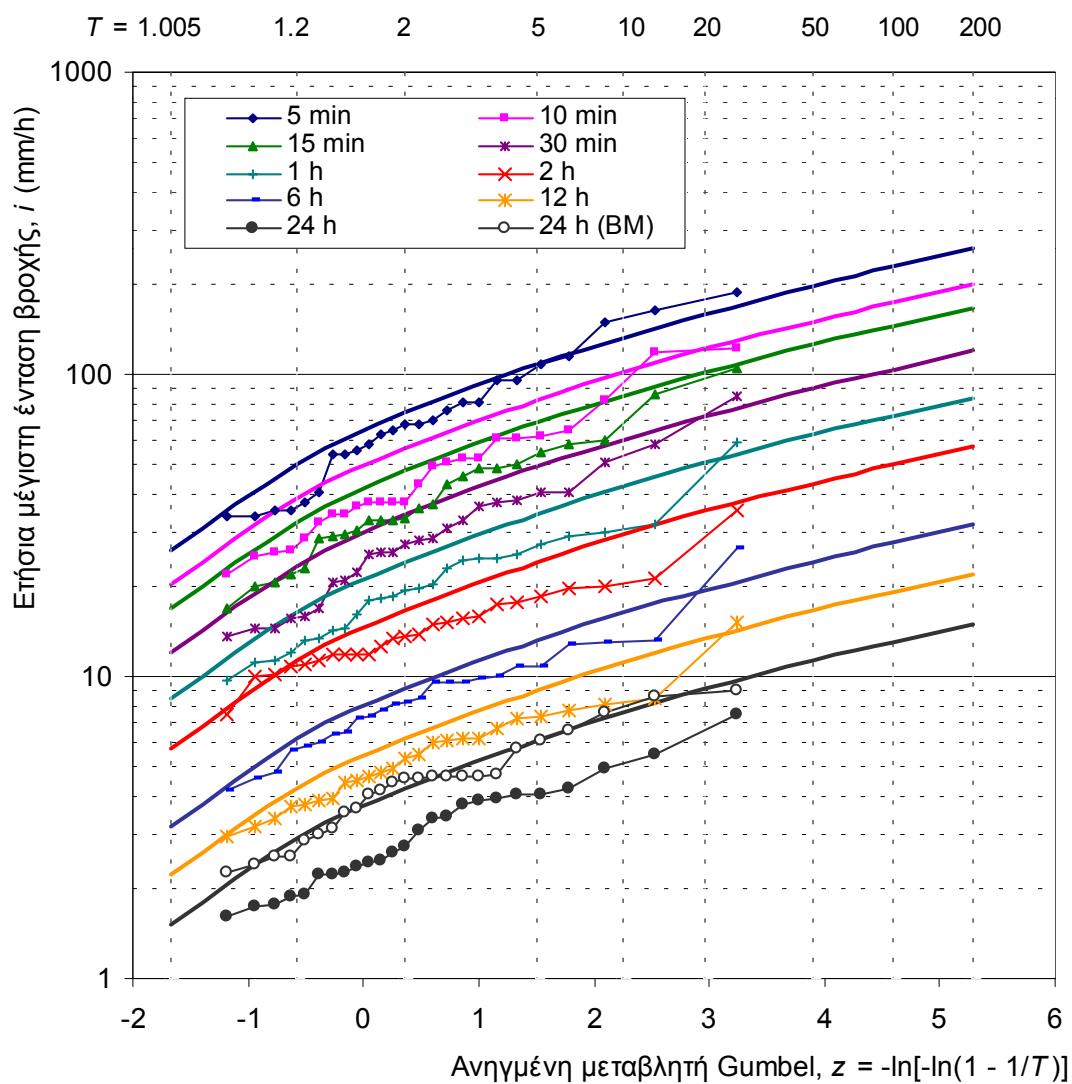


Σχ. 16 Εμπειρικές κατανομές ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής.

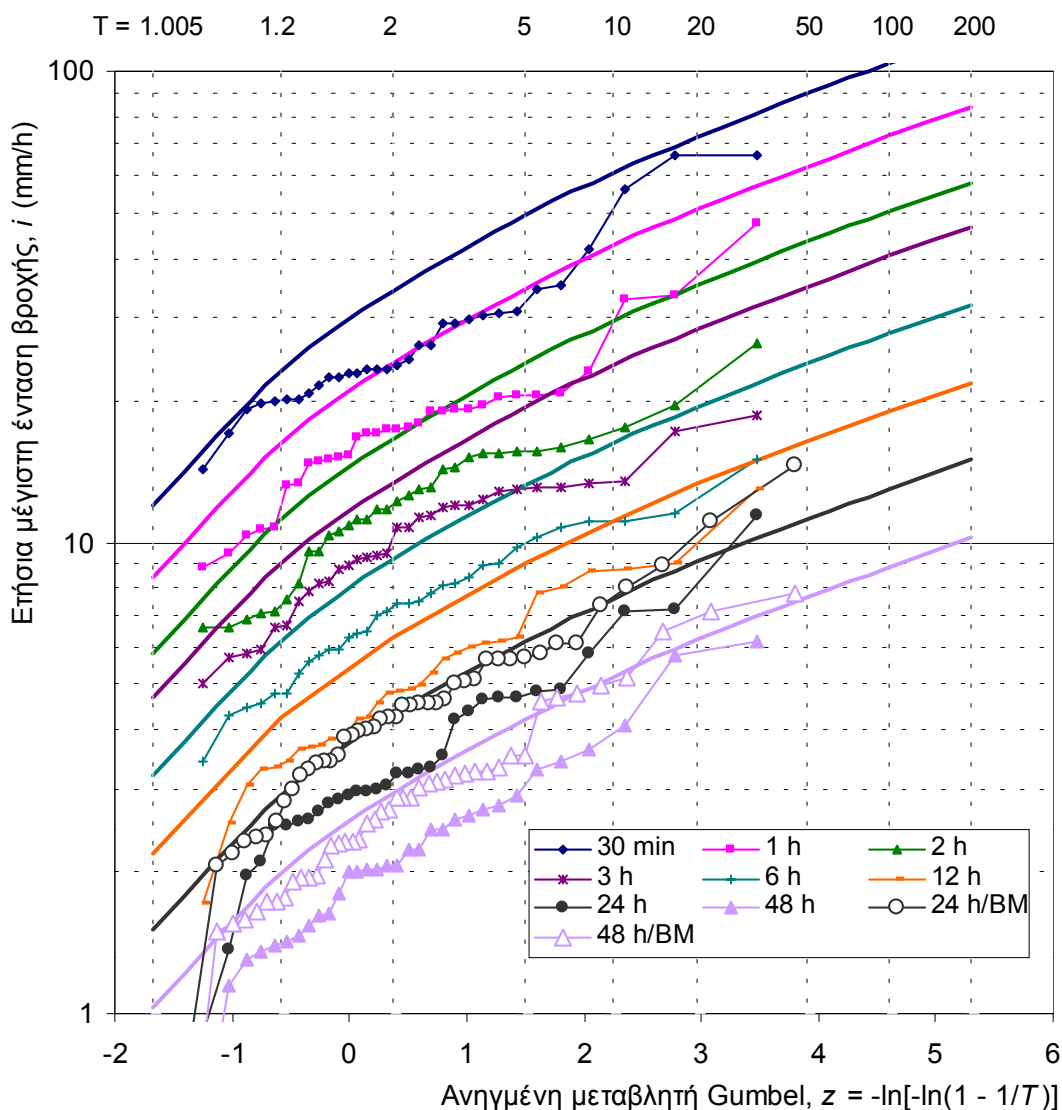
Οι συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ που ορίζονται από το ενιαίο εκτιμημένο σύνολο παραμέτρων για διάφορες χαρακτηριστικές διάρκειες βροχής φαίνονται, σε χαρτί κατανομής μεγίστων τύπου II, στο Σχ. 18 για την Αβδού και στο Σχ. 19 για τον Άγιο Γεώργιο. Στα ίδια σχήματα έχουν χαραχτεί και οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής, εκτιμημένες με τον τύπο του Weibull (Stedinger et al., 1993, p. 18.25· Κουτσογιάννης, 1997, σ. 117). Από τα δύο σχήματα προκύπτει ότι οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής είναι λίγο χαμηλότερες από τις θεωρητικές. Αυτό πρέπει να αποδοθεί στη μειωμένη αξιοπιστία των δεδομένων των βροχογράφων που εξηγήθηκε πιο πάνω. Πράγματι, αν χρησιμοποιηθούν οι μετρήσεις των βροχομέτρων για διάρκειες 24 ή και 48 h, και εκτιμηθούν απ' αυτές οι εμπειρικές συναρτήσεις, οι οποίες έχουν επίσης απεικονιστεί στα δύο σχήματα, γίνεται φανερή η πολύ καλή συμφωνία θεωρητικών και εμπειρικών συναρτήσεων κατανομής.



Σχ. 17 Εμπειρικές κατανομές ετήσιων μέγιστων 24ώρων υψών βροχής ανηγμένων ως προς το σφάλμα διακριτοποίησης και υψομετρικά, και εμπειρική και θεωρητική (ΓΑΤ) κατανομή ενοποιημένου δείγματος.



Σχ. 18 Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (τεθλασμένες) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Αβδού.



Σχ. 19 Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (τεθλασμένες) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Αγίου Γεωργίου.

2.3.6 Τελικά αποτελέσματα

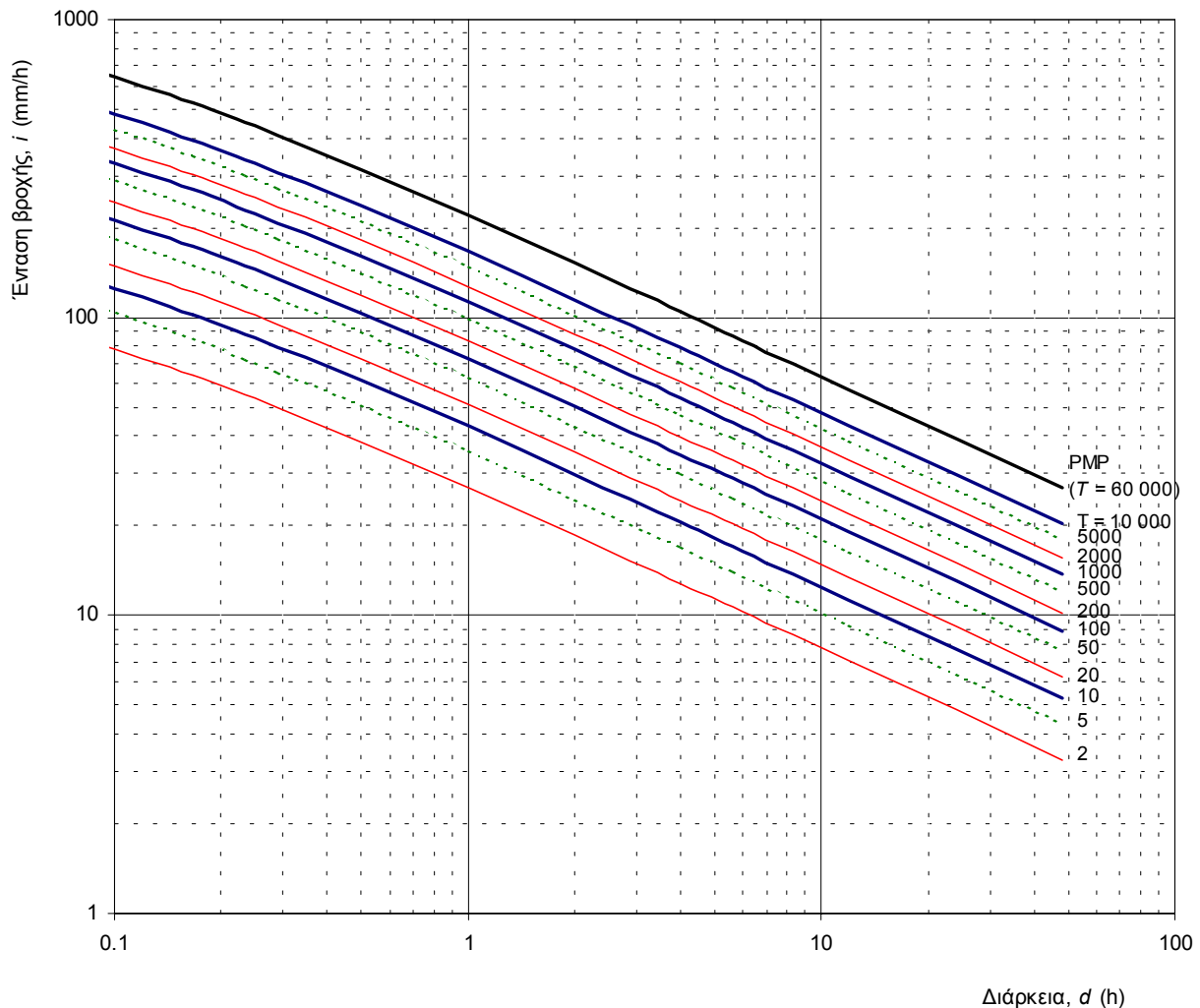
Η τελική έκφραση των όμβριων καμπυλών, όπως προκύπτει με εφαρμογή της εξίσωσης (22) για το σύνολο παραμέτρων του Πίν. 20 που αντιστοιχεί στο ενοποιημένο δείγμα, είναι

$$i(d, T) = \frac{67.17 (T^{0.127} - 0.68)}{(d + 0.05)^{0.55}}, \quad h(d, T) = i(d, T) d \quad (d \text{ σε h, } h \text{ σε mm, } i \text{ σε mm/h}) \quad (37)$$

Οι εντάσεις βροχής που προκύπτουν από την εξίσωση (37) θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν επί το συντελεστή επιφανειακής αναγωγής όπως αναλύεται περαιτέρω στην ενότητα 2.4.

Όπως προαναφέρθηκε (εδάφιο 2.3.2), στην παραπάνω έκφραση η περίοδος επαναφοράς αντιστοιχεί σε σειρά μεγίστων υπεράνω κατωφλίου (και επομένως μπορεί να πάρει και τιμές μικρότερες από 1), παρόλο που οι παράμετροι εκτιμήθηκαν με βάση σειρές ετήσιων μεγίστων. Η τελική εξίσωση όμβριων καμπυλών (37) έχει παρασταθεί γραφικά σε άξονες $i - d$ στο Σχ. 20.

Η εφαρμογή της (37) για $T = 60\ 000$ και $d = 24$ δίνει $i = 39.3$ mm/h και $h = 943.3$ mm, τιμή που βρίσκεται σε απόλυτη αντιστοιχία με την ΠΜΚ των 24 h, όπως προκύπτει από το εδάφιο 2.2.5.



Σχ. 20 Τελικές όμβριες καμπύλες της περιοχής μελέτης.

2.3.7 Σύγκριση με όμβριες καμπύλες άλλων περιοχών

Πρόσφατα (Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000) εκτιμήθηκε η ακόλουθη έκφραση όμβριων καμπυλών για την περιοχή της Αθήνας

$$i(d, T) = \frac{40.6 (T^{0.185} - 0.45)}{(d + 0.189)^{0.796}} \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h}) \quad (38)$$

Η εξαγωγή αυτής της εξίσωσης βασίστηκε αφενός στο δείγμα ετήσιων μέγιστων ημερήσιων βροχοπτώσεων του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, μεγέθους 136 ετών (το μεγαλύτερο σε μέγεθος δείγμα της Ελλάδας) και αφετέρου σε δείγματα ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων μικρότερων διαρκειών, μεγέθους 30 ετών, του σταθμού Ελληνικού.

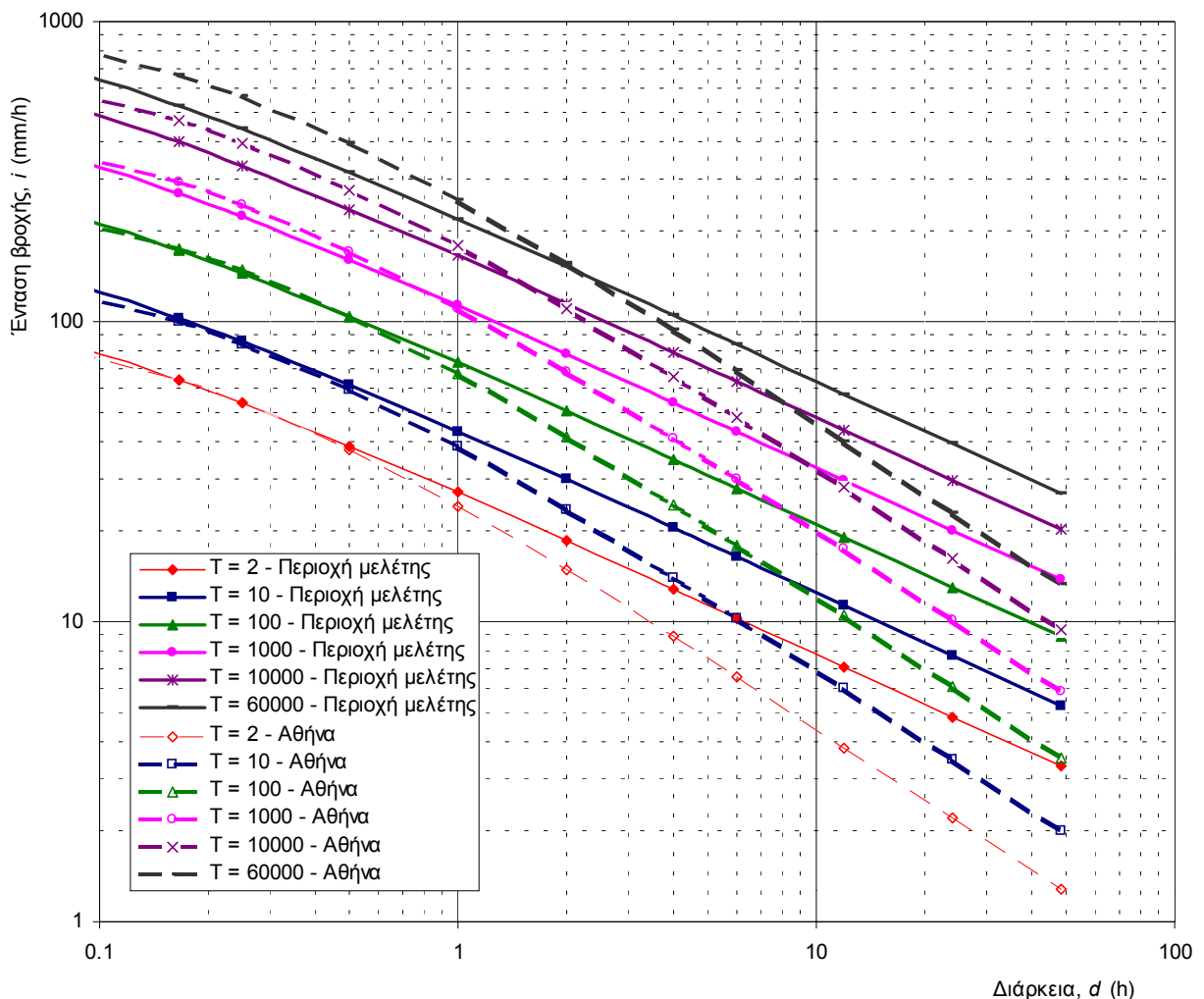
Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών της περιοχής μελέτης με αυτές της Αθήνας παρουσιάζεται γραφικά στο Σχ. 21. Παρατηρούμε ότι για μικρές διάρκειες βροχής, π.χ. 1 h ή λιγότερο, οι δύο ομάδες καμπυλών πρακτικώς ταυτίζονται με εξαίρεση αυτές που αντιστοιχούν σε πολύ μεγάλες περιόδους επαναφοράς, π.χ. 10 000 ετών ή περισσότερο, όπου οι εντάσεις βροχής στην Αθήνα εμφανίζονται δυσμενέστερες. Αντίθετα, για ενδιάμεσες και μεγάλες διάρκειες βροχής, π.χ. μερικών ωρών ή ημερών,

οι εντάσεις βροχής στον Αποσελέμη είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές της Αθήνας, και αυτό για όλες τις περιόδους επαναφοράς. Αυτό δείχνει ότι οι ισχυρές βροχοπτώσεις στην ευρύτερη περιοχή του Αποσελέμη χαρακτηρίζονται από μεγάλες διάρκειες, ενώ στην Αθήνα στις μεγάλες διάρκειες οι εντάσεις εξασθενούν σημαντικά.

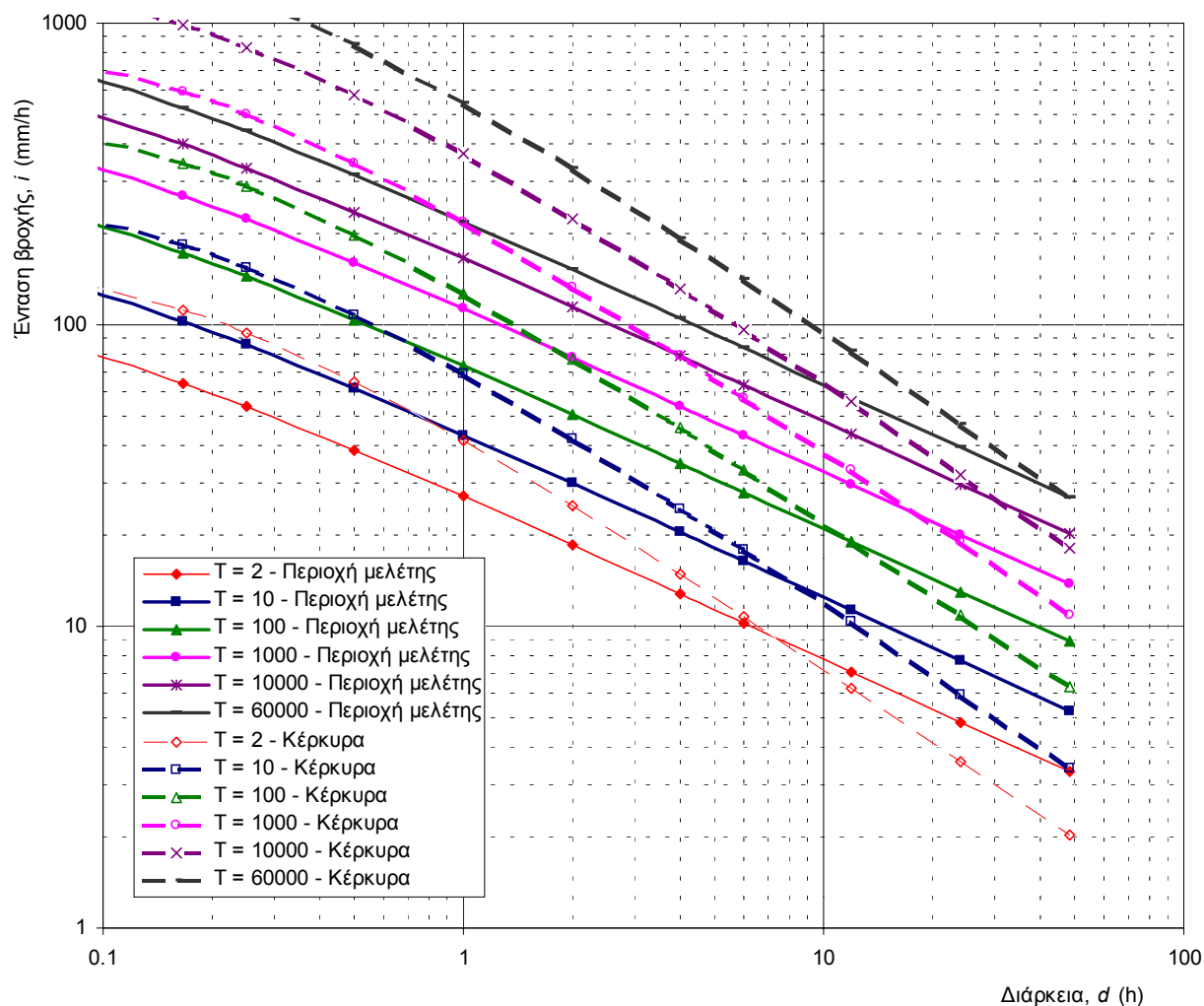
Εξάλλου, σε μια πιο πρόσφατη μελέτη (Κουτσογιάννης, 2001) έχει εξαχθεί η ακόλουθη εξίσωση όμβριων καμπυλών για την περιοχή της Κέρκυρας:

$$i(d, T) = \frac{70.51 (T^{0.202} - 0.481)}{(d + 0.18)^{0.81}} \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h}) \quad (39)$$

Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών της περιοχής μελέτης με αυτές της Κέρκυρας παρουσιάζεται γραφικά στο Σχ. 22. Παρατηρούμε ότι γενικά οι καμπύλες της Κέρκυρας εμφανίζουν γενικώς υψηλότερες εντάσεις από αυτές του Αποσελέμη, όπως πράγματι θα περίμενε κανείς για μια περιοχή της Δυτικής Ελλάδας που χαρακτηρίζεται από έντονες βροχοπτώσεις. Είναι όμως αξιοσημείωτο το γεγονός ότι για μεγάλες διάρκειες βροχής, π.χ. μεγαλύτερες των 24 ωρών, η κατάσταση αυτή αντιστρέφεται και οι εντάσεις στον Αποσελέμη γίνονται μεγαλύτερες.



Σχ. 21 Σύγκριση των τελικών όμβριων της περιοχής μελέτης (συνεχείς γραμμές) με τις όμβριες καμπύλες της Αθήνας (διακεκομμένες γραμμές: Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000).



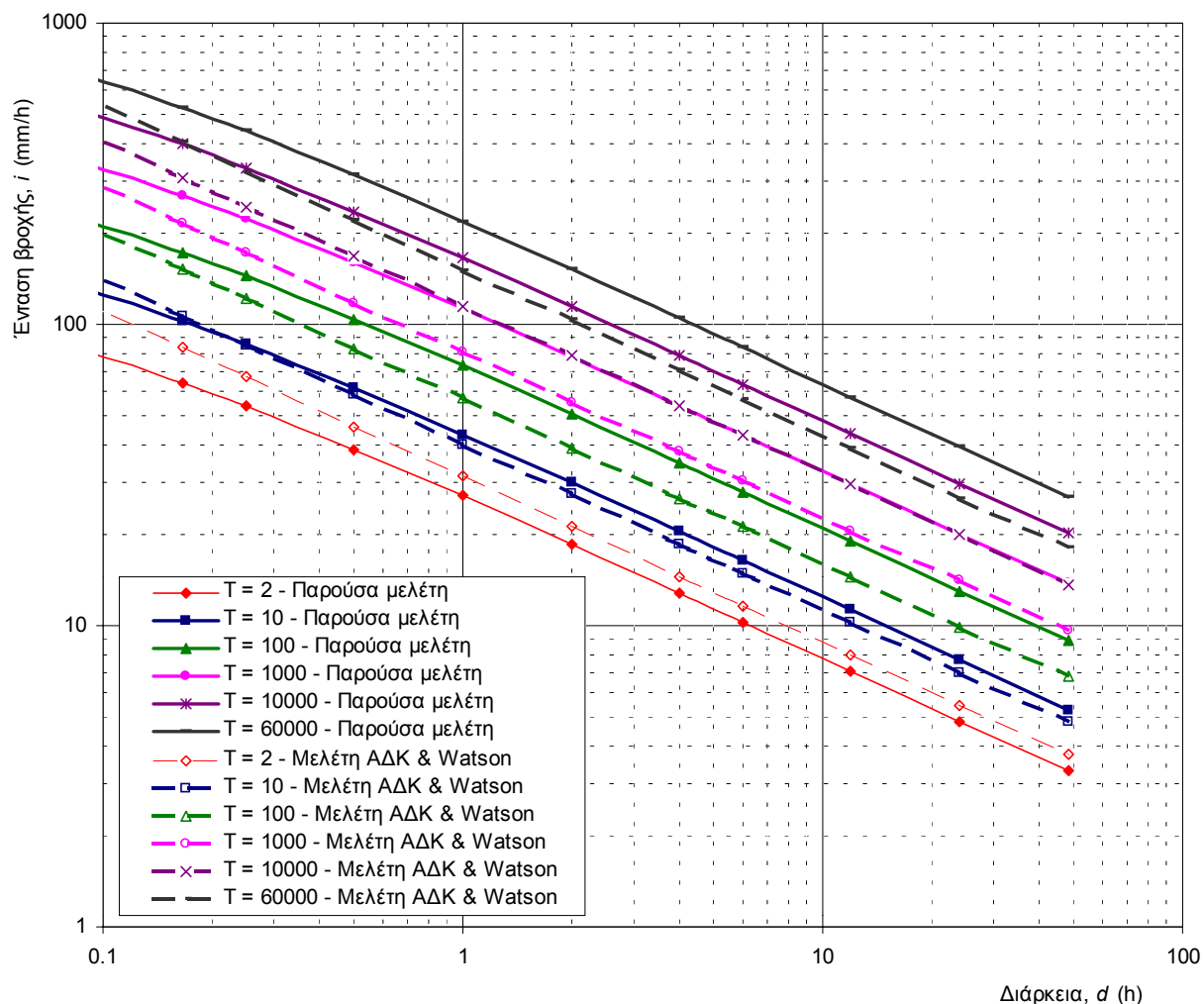
Σχ. 22 Σύγκριση των τελικών όμβριων της περιοχής μελέτης (συνεχείς γραμμές) με τις όμβριες καμπύλες της Κέρκυρας (διακεκομμένες γραμμές· Κουτσογιάννης, 2001).

2.3.8 Σύγκριση με τις προγενέστερες όμβριες καμπύλες της ευρύτερης περιοχής

Στη μελέτη των ΑΔΚ και Watson (1998) είχαν καταστρωθεί όμβριες καμπύλες για το σταθμό της Αβδού με βάση το ίδιο δείγμα υψών βροχής που χρησιμοποιήθηκε και εδώ. Χρησιμοποιήθηκε μεθοδολογία που βασίζεται στη στατιστική επεξεργασία με την κατανομή Gumbel, συνδυασμένη με ορισμένες εμπειρικές θεωρήσεις. Η εξίσωση που προέκυψε τελικώς είναι

$$i(d, T) = \frac{28.14 T^{0.153}}{d^{0.549}} \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h}) \quad (40)$$

Γραφική σύγκριση των εξισώσεων όμβριων καμπυλών (40) της μελέτης των ΑΔΚ και Watson (1998), και (37) της παρούσας μελέτης δίνεται στο Σχ. 23. Παρατηρούμε ότι οι δύο ομάδες καμπυλών σχεδόν ταυτίζονται για περίοδο επαναφοράς 10 χρόνια αλλά παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις για μεγαλύτερες περιόδους επαναφοράς, με τις καμπύλες της παρούσας μελέτης να δίνουν αρκετά μεγαλύτερες εντάσεις. Αυτό βεβαίως, όπως συζητήθηκε παραπάνω, είναι αναμενόμενο και εξηγείται τόσο από τη χρησιμοποίηση στην παρούσα μελέτη των δεδομένων από βροχόμετρο τόσο από το σταθμό Αβδού, όσο και από άλλους γειτονικούς σταθμούς.



Σχ. 23 Σύγκριση των τελικών όμβριων της παρούσας μελέτης (συνεχείς γραμμές) με τις όμβριες καμπύλες των ΑΔΚ και Watson. (1998) (διακεκομμένες γραμμές).

2.4 Τελικές τιμές εφαρμογής – Επιφανειακή αναγωγή

Η επεξεργασία των βροχομετρικών και μετεωρολογικών δεδομένων που έγινε ακολούθησε δύο εναλλακτικές προσεγγίσεις: την προσέγγιση της πιθανής μέγιστης κατακρήμνισης (ΠΜΚ) και την πιθανοτική προσέγγιση, ενώ στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν δύο εναλλακτικές μέθοδοι εκτίμησης. Οι λογικές που ακολουθούν οι δύο προσεγγίσεις είναι τελείως διαφορετικές αφού η πρώτη βασίζεται στην υπόθεση ότι υπάρχει ανώτατο φυσικό όριο στην κατακρήμνιση ενώ σύμφωνα με τη δεύτερη σε κάθε τιμή του ύψους βροχής μπορεί να αποδοθεί μια πιθανότητα υπέρβασης ή ισοδύναμα μια περίοδος επαναφοράς. Εν προκειμένω, στην ΠΜΚ μπορεί να αποδοθεί η περίοδος επαναφοράς των 60 000 ετών. Κατά τους συντάκτες αυτής της έκθεσης η πιθανοτική προσέγγιση είναι συνεπέστερη αφού αποφεύγει το παράδοξο του να θέσει ανώτατο όριο στη φύση, η εκτίμηση μάλιστα του οποίου υπόκειται δεν είναι αντικειμενική δεδομένου ότι διαφορετικές μέθοδοι ή και υποκειμενικές θεωρήσεις στα πλαίσια μιας μεθόδου οδηγούν σε διαφορετικές εκτιμήσεις. Επιπλέον, η πιθανοτική προσέγγιση είναι ευρύτερη και πληρέστερη αφού αντί να δίνει μια μοναδική τιμή του ύψους ή της έντασης βροχής, δίνει το ύψος ή την ένταση ως συνάρτηση της περιόδου επαναφοράς αλλά και της διάρκειας βροχής.

Έτσι, για τις εκτιμήσεις των πλημμυρών στα παρακάτω κεφάλαια θα χρησιμοποιηθεί η εξίσωση (37) της πιθανοτικής προσέγγισης θέτοντας ως περίοδο επαναφοράς μελέτης τα 60 000 χρόνια όπου απαιτείται ο σχεδιασμός να γίνει με την ΠΜΚ (βλ. και εδάφιο 2.3.6).

Οι τιμές που προκύπτουν από την εξίσωση (37) αφορούν στη σημειακή βροχόπτωση και πρέπει να αναχθούν στην επιφάνεια της λεκάνης. Όπως προαναφέρθηκε (ενότητα 2.1) για διάρκεια 24 ωρών ο συντελεστής αναγωγής είναι $\varphi = 0.94$. Για μικρότερες διάρκειες βροχής η εφαρμογή της σχέσης (3) δίνει τις τιμές που φαίνονται στον Πίν. 21.

Πίν. 21 Τιμές του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής για διάφορες τιμές της διάρκειας βροχής

d (h)	φ
0.5	0.772
1	0.821
2	0.859
4	0.890
6	0.904
12	0.925
24	0.941

Οι τιμές του Πίν. 21. μπορούν να προσεγγιστούν από την εξίσωση

$$\varphi(d) = 0.815 (d + 0.05)^{0.05} \quad (d \text{ σε h}) \quad (41)$$

οπότε συνδυάζοντας την (41) με την (37) προκύπτει η ακόλουθη τελική σχέση εφαρμογής

$$i(d, T) = \frac{54.77 (T^{0.127} - 0.68)}{(d + 0.05)^{0.50}}, \quad h(d, T) = i(d, T) d \quad (d \text{ σε h, } h \text{ σε mm, } i \text{ σε mm/h}) \quad (42)$$

3 Εκτίμηση πλημμύρας σχεδιασμού

3.1 Μοναδιαίο υδρογράφημα

Για την εκτίμηση των πλημμυρών σχεδιασμού υιοθετήσαμε τη μέθοδο του μοναδιαίου υδρογραφήματος. Η άμεση κατάρτιση μοναδιαίων υδρογραφημάτων στη θέση φράγματος του χειμάρρου Αποσελέμη είναι ιδιαίτερα δυσχερής επειδή, όπως προαναφέρθηκε, η λειτουργία του βροχογράφου της Αβδού που βρίσκεται στο εσωτερικό της λεκάνης έχει παρουσιάσει προβλήματα, ενώ παράλληλα ούτε τα βροχογραφήματα του σταθμού αυτού, ούτε τα σταθμηγραφήματα του υδρομετρικού σταθμού στις Ποταμιές έχουν ψηφιοποιηθεί και αναλυθεί. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη και τους χρονικούς περιορισμούς για την εκπόνηση αυτής της μελέτης, καταληξαμε στην κατάρτιση συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος για τη θέση φράγματος χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας, το οποίο επαληθεύσαμε και με άλλες συναφείς μεθόδους.

Η μέθοδος του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας χρησιμοποιεί τοπογραφικά, υδρολογικά και άλλα δεδομένα της λεκάνης, τα οποία φαίνονται μαζί με τους σχετικούς υπολογισμούς στον Πίν. 22. Τα δεδομένα κλίσεων προέκυψαν από τη μηκοτομή του ποταμού που φαίνεται στο Σχ. 3. Η μέθοδος Snyder χρησιμοποιεί δεδομένα μόνο από την οριζοντιογραφία της λεκάνης, τα οποία φαίνονται, μαζί με τους σχετικούς υπολογισμούς στον Πίν. 22.

Πιο συγκεκριμένα, το Βρετανικό Ινστιτούτο Υδρολογίας (Sutcliffe, 1978) συνιστά τη σύνθεση μοναδιαίου υδρογραφήματος (για διάρκεια βροχής $d = 1$ h) τριγωνικής μορφής, όπως φαίνεται στο Σχ. 24, με χρόνο ανόδου (σε h)

$$t_p = \frac{46.6 L^{0.14}}{S_{1085}^{0.38} (1 + \text{URBAN})^{1.99} \text{RSMD}^{0.4}} \quad (43)$$

και διάρκεια πλημμύρας (ή χρόνο βάσης)

$$t_b = 2.52 t_p \quad (44)$$

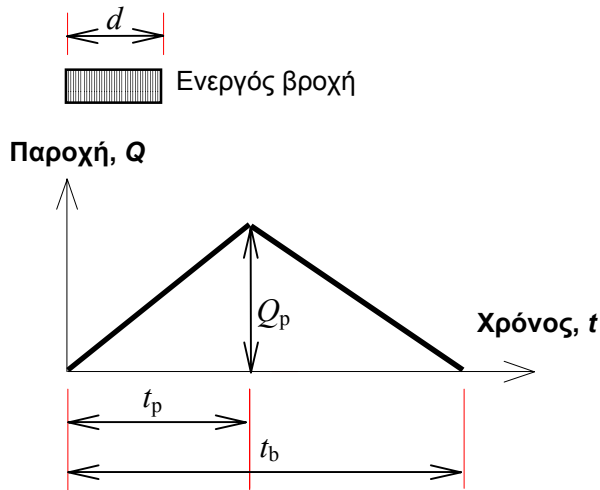
Στην (43), L είναι το μήκος της κύριας μισγάγκειας σε km και S_{1085} είναι η μέση κλίση υδατορεύματος σε m/km που υπολογίζεται μεταξύ των σημείων 10% και 85% του μήκους του. Η παράμετρος URBAN είναι η αναλογία των αστικών περιοχών μέσα στη λεκάνη απορροής και η RSMD είναι παράμετρος μεγέθους βροχοπτώσεων, που πρακτικά για ορεινές ή ημιορεινές λεκάνες απορροής είναι ίση με το ύψος της μέγιστης 24ωρης βροχής για περίοδο επαναφοράς 5 ετών (σε mm).

Η πλημμυρική παροχή αιχμής, όπως προκύπτει από την εξίσωση συνέχειας ($h_0 A = \frac{1}{2} t_b Q_p$, όπου $h_0 = 10$ mm το μοναδιαίο ύψος βροχής), είναι, σε διαστατικά ομογενή μορφή,

$$Q_p = 0.794 \frac{h_0 A}{t_p} \quad (45)$$

ή, για Q_p σε m^3/s , A σε km^2 και t_p σε h,

$$Q_p = 2.2 \frac{A}{t_p} \quad (46)$$



Σχ. 24 Τριγωνικό μοναδιαίο υδρογράφημα σύμφωνα με το Βρετανικό Ινστιτούτο Υδρολογίας.

Το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα του Snyder βασίζεται στις σχέσεις

$$t_p = C_t (L L_c)^{0.3} \quad (47)$$

$$Q_p = C_Q \frac{A}{t_p} \quad (48)$$

όπου L_c το μήκος υδατορεύματος από την έξοδο της λεκάνης μέχρι την προβολή του κέντρου βάρους της λεκάνης (km), και C_t και C_Q συντελεστές που βρέθηκε να έχουν μέσες τιμές 1.5 και 1.72 (στο μετρικό σύστημα μονάδων), αντίστοιχα, σε λεκάνες απορροής των Αππαλαχίων. Όμως ο ίδιος ο Snyder στην Ελλάδα (Αραχθος, Πουρνάρι) έχει υιοθετήσει πολύ δυσμενέστερες τιμές $C_t = 0.76$ και $C_Q = 2.0$, τιμές τις οποίες δεχτήκαμε και στην παρούσα μελέτη. Τα παραπάνω μεγέθη αναφέρονται σε μοναδιαίο υδρογράφημα με διάρκεια βροχής $t_p/5.5$ και χρειάζονται κατάλληλη αναγωγή για οποιαδήποτε άλλη διάρκεια βροχής.

Τα απαιτούμενα δεδομένα και οι σχετικοί υπολογισμοί για τη σύνθεση του μοναδιαίου υδρογραφήματος δίνονται στον Πίν. 22 (η παράμετρος URBAN θεωρήθηκε μηδενική). Το τελικό τριγωνικό μοναδιαίο υδρογράφημα που συνθέσαμε φαίνεται στο Σχ. 25.

Παρατηρούμε ότι ο χρόνος ανόδου t_p που υπολογίζεται με τη μέθοδο του Ινστιτούτου Υδρολογίας επαληθεύεται από τη μέθοδο Snyder. Ως μια περαιτέρω επαλήθευση χρησιμοποιήσαμε τον τύπο του Giandotti, ο οποίος έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα στην Ελλάδα. Ο τύπος αυτός δίνει το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης και γράφεται

$$t_\sigma = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}} \quad (49)$$

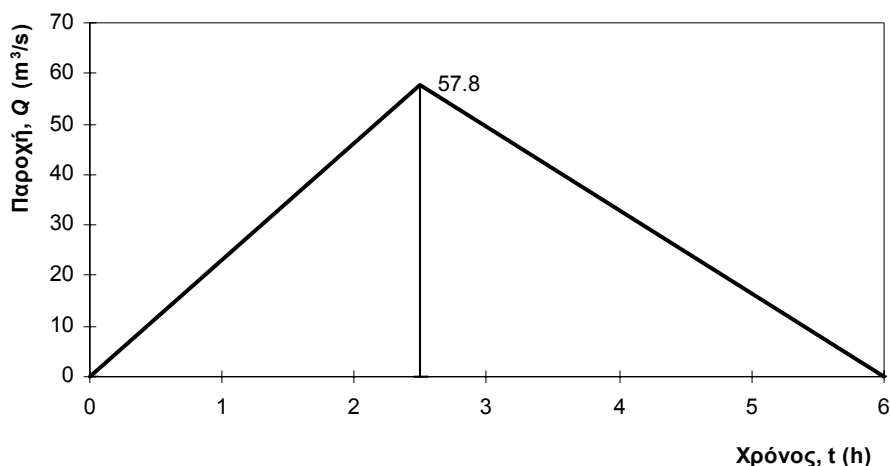
όπου t_σ ο χρόνος συγκέντρωσης σε h, A η έκταση της λεκάνης σε km^2 , L το μήκος της κύριας μισγάγκειας σε km, και ΔH η διαφορά του μέσου υψομέτρου της λεκάνης από το υψόμετρο της εξόδου της, σε m. Από το γνωστό τύπο

$$t_p \approx 0.6 t_\sigma + d/2 \quad (50)$$

προκύπτει ότι η τιμή του χρόνου ανόδου του μοναδιαίου υδρογραφήματος είναι πολύ κοντά σε αυτές που έχουν προκύψει από τις μεθόδους του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας και του Snyder (βλ. Πίν. 22).

Πίν. 22 Εκτίμηση συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος στον Αποσελέμη, ανάντη της θέσης φράγματος (Μέθοδος Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας – επαλήθευση με μεθόδους Snyder και Giandotti).

Μέγεθος	Τιμή
Έκταση, A (km^2)	62.4
Μήκος υδατορεύματος, L (km)	8.2
Μήκος υδατορεύματος από την έξοδο της λεκάνης μέχρι την προβολή του κ.β. της λεκάνης, L_c (km)	4.1
Υψόμετρο υδατορεύματος στην έξοδο της λεκάνης, z_E (m)	170
Υψόμετρο υδατορεύματος στην αρχή του, z_A (m)	760
Μέσο υψόμετρο λεκάνης, z_μ (m)	595.4
Υψόμετρο υδατορεύματος στο 10% του μήκους του, z_{10} (m)	185
Υψόμετρο υδατορεύματος στο 85% του μήκους του, z_{85} (m)	380
Κλίση υδατορεύματος μεταξύ των σημείων 10% και 85% του μήκους του, S_{1085} (m/km)	31.71
Παράμετρος μεγέθους βροχοπτώσεων, RSMD (mm)	150
Χρόνος ανόδου (για βροχή 1 h) σύμφωνα με τον τύπο του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας, t_p (h)	2.3
Επαλήθευση του χρόνου ανόδου σύμφωνα με τον τύπο του Snyder, Αρχική τιμή t_{p0} (h)	2.2
Τελική τιμή χρόνου ανόδου κατά Snyder (για βροχή 1 h), t_p (h)	2.3
Επαλήθευση σύμφωνα με τον τύπο του Giandotti, Χρόνος συγκέντρωσης t_c (h)	2.7
Χρόνος ανόδου (για βροχή 1 h) κατά Giandotti t_p (h)	2.1
Τελική τιμή για βροχή 1 h (στρογγ.), t_p (h)	2.5
Διάρκεια πλημμύρας, T_b (h)	6.3
Τελική διάρκεια πλημμύρας (στρογγ.), T_b (h)	6.0
Παροχή αιχμής, Q_p (m^3/s)	57.8



Σχ. 25 Τριγωνικό συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα Αποσελέμη στη θέση φράγματος σύμφωνα με τη μέθοδο του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας.

3.2 Καταιγίδες σχεδιασμού

Η βασικότερη παραδοχή στην κατάρτιση της καταιγίδας σχεδιασμού στις λεκάνες αφορά στη χρονική κατανομή του συνολικού ύψους βροχής. Στην πράξη χρησιμοποιούνται διάφορες απλοποιημένες μέθοδοι, μια κατάταξη των οποίων δίνεται από τον Koutsoyiannis (1994), όπου εισάγεται και μια συνθετότερη στοχαστική μέθοδος. Από τις απλοποιημένες μεθόδους της πράξης θεωρείται ως πλεονεκτικότερη αυτή της δυσμενέστερης διάταξης του υετογραφήματος σχεδιασμού (ή worst profile· US Department of the Interior, 1977, σ. 817· Koutsoyiannis, 1994) ή η παραλλαγή της, γνωστή ως μέθοδος των εναλλασσόμενων μπλοκ (alternating block method· Sutcliffe, 1978, σσ. 31-35, Chow et al., 1988, σ. 466).

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται τα τμηματικά ύψη βροχής των επιμέρους διαρκειών με βάση την καμπύλη ύψους - διάρκειας βροχής (όμβρια καμπύλη) της υπό μελέτη λεκάνης, που αντιστοιχεί στην περίοδο επαναφοράς μελέτης. Τα τμηματικά ύψη βροχής διατάσσονται στη συνέχεια σε τρόπο ώστε να προκύπτει ο δυσμενέστερος δυνατός συνδυασμός, δηλαδή αυτός που προκαλεί τη δυσμενέστερη αιχμή της παραγόμενης πλημμύρας.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει σοβαρά πλεονεκτήματα έναντι άλλων συνήθων μεθόδων της πράξης (π.χ. αδιάστατων αθροιστικών καμπυλών). Πρώτο, βασίζεται αποκλειστικά σε δεδομένα που έχουν μετρηθεί στην περιοχή μελέτης (όμβριες καμπύλες) και όχι σε διαγράμματα της βιβλιογραφίας. Δεύτερο, οδηγεί σε ένα μοναδικό υετογράφημα σχεδιασμού χωρίς να απαιτείται καμιά πρόσθετη παραδοχή. Τρίτο, έχει δείξει μέσω σύγκρισης με πληρέστερα στοχαστικά μοντέλα (Koutsoyiannis, 1994) ότι τα αποτελέσματά της είναι σαφώς πιο εύλογα και συνεπή, σε σχέση με αυτά της μεθόδου των αδιάστατων αθροιστικών καμπυλών.

Η βασική παραδοχή της μεθόδου του δυσμενέστερου συνδυασμού είναι ότι σε κάθε επιμέρους διάρκεια το προκύπτον ύψος βροχής έχει την ίδια περίοδο επαναφοράς με το τελικό (συνολικό) ύψος βροχής. (Βεβαίως, η παραδοχή αυτή δεν είναι ρεαλιστική, πράγμα που αποτελεί και το σημαντικότερο μειονέκτημα της μεθόδου). Ο δυσμενέστερος συνδυασμός των τμηματικών υψών προκύπτει με την εξής μεθοδολογία: Τα τμηματικά ύψη βροχής διατάσσονται σε χρονική αντιστοιχία με τις τεταγμένες του μοναδιαίου υδρογραφήματος σε τρόπο ώστε το μέγιστο ύψος βροχής να είναι απέναντι από τη μέγιστη τεταγμένη του μοναδιαίου υδρογραφήματος, το αμέσως μικρότερο απέναντι από την αμέσως μικρότερη τεταγμένη κ.ο.κ. Η διάταξη αυτή στη συνέχεια αντιστρέφεται και έτσι προκύπτει το τελικό υετογράφημα. Αποδεικνύεται θεωρητικά ότι η τεχνική αυτή πράγματι δίνει τη μέγιστη παροχή αιχμής όταν συνδυαστεί με το μοναδιαίο υδρογράφημα.

Όταν υιοθετείται αυτή η μέθοδος κατάρτισης της καταιγίδας σχεδιασμού, η διάρκεια βροχής θεωρείται σημαντικό πολλαπλάσιο (αρκετά μεγαλύτερο του διπλάσιου) του χρόνου υστέρησης της λεκάνης. Για την παρούσα μελέτη υιοθετήσαμε ολική διάρκεια βροχής 24 ωρών.

3.3 Απώλειες - Ωφέλιμη βροχή

Για το διαχωρισμό υδρολογικών ελλειμμάτων και καθαρού υετογραφήματος στο ολικό υετογράφημα χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη εμπειρική σχέση του Αμερικανικού Soil Conservation Service (1972· βλ. και US Department of the Interior, 1977) ή μέθοδος SCS:

$$h_e = \begin{cases} 0 & h \leq h_{a0} \\ \frac{(h - h_{a0})^2}{h - h_{a0} + S} & h > h_{a0} \end{cases} \quad (51)$$

όπου h το ολικό και h_e το αντίστοιχο ενεργό ύψος βροχής σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, h_{a0} το αρχικό έλλειμμα, δηλαδή μια αρχική ποσότητα βροχής που μετατρέπεται εξ ολοκλήρου σε έλλειμμα,

και S η δυνητικά μέγιστη κατακράτηση (potential maximum retention), δηλαδή το επιπλέον, πέραν του αρχικού h_{a0} , ελλειμματικό ύψος που μπορεί κατά μέγιστο να πραγματοποιηθεί σε μια βροχόπτωση με μεγάλο ολικό ύψος h . Για περαιτέρω απλοποίηση, υιοθετείται η επιπλέον παραδοχή ότι $h_{a0} = 0.2 S$, η οποία θεωρείται ως η βέλτιστη προσέγγιση από δεδομένα παρατηρήσεων, οπότε η μέθοδος χρησιμοποιεί τελικώς μία μόνο παράμετρο, την S . Με αυτή την επιπλέον παραδοχή, η (51) τελικώς γράφεται

$$h_e = \begin{cases} 0 & h \leq 0.2 S \\ \frac{(h - 0.2 S)^2}{h + 0.8 S} & h > 0.2 S \end{cases} \quad (52)$$

Η σχέση (52) εφαρμόζεται και για το τελικό ύψος βροχής της καταιγίδας αλλά και για ενδιάμεσες τιμές του, και έτσι προκύπτει η χρονική εξέλιξη του φαινομένου. Το τελικό ύψος ελλειμμάτων μπορεί να φτάσει ασυμπτωτικά (για βροχόπτωση μεγάλου ύψους) την τιμή $0.2 S + S = 1.2 S$.

Αν δεν υπάρχουν μετρήσεις απορροής, ακολουθείται η ακόλουθη εμπειρική μεθοδολογία εκτίμησης της S . Συγκεκριμένα, η παράμετρος S συνδέεται με μια άλλη χαρακτηριστική παράμετρο, την CN, η οποία είναι γνωστή ως αριθμός καμπύλης απορροής (runoff curve number), με τη σχέση:

$$S [\text{mm}] = 254 \left(\frac{100}{\text{CN}} - 1 \right) \quad (53)$$

Η παράμετρος CN παίρνει τιμές από 0 μέχρι 100, και επηρεάζεται από τις συνθήκες εδάφους και χρήσης γης στη λεκάνη απορροής, καθώς τις προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας· οι τελευταίες συναρτώνται με τη χρονική απόσταση της υπό μελέτη καταιγίδας από προηγούμενες. Η SCS κατατάσσει τα εδάφη σε τέσσερις ομάδες, ανάλογα με τη διαπερατότητά τους και ορίζει τρεις τύπους προηγούμενων συνθηκών υγρασίας, I, II, και III. Για τις συνθήκες υγρασίας τύπου II, η SCS δίνει αναλυτικούς πίνακες με τιμές του CN για κάθε ομάδα εδαφών και για διάφορες χρήσεις γης, ενώ για τις άλλες συνθήκες δίνει τύπους αναγωγής των συνθηκών τύπου II.

Στην παρούσα μελέτη υιοθετήθηκε η τιμή $\text{CN} = 55$ για προηγούμενες συνθήκες υγρασίας τύπου II, η οποία έχει προκύψει κατόπιν λεπτομερούς μελέτης της συγκεκριμένης λεκάνης (ΑΔΚ και Watson, 1998). Η σχετικά χαμηλή αυτή τιμή, η οποία αντιστοιχεί σε σημαντικό ποσοστό απωλειών βροχής, θεωρείται εύλογη για τη λεκάνη του Αποσελέμη λόγω της μεγάλης διάδοσης των υδατοπερατών πετρωμάτων σε αυτή.

3.4 Βασική ροή - Τήξη χιονιού

Ο Αποσελέμης δεν έχει κατά κανόνα βασική ροή. Ωστόσο, αν θεωρήσουμε ότι κατά τη διάρκεια του πλημμυρικού επεισοδίου είναι πλημμυρισμένο και το Οροπέδιο Λασιθίου, είναι εύλογο να θεωρήσουμε ότι από τις πηγές Κασταμονίτσας θα εκρέει παροχή $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Επίσης, είναι εύλογο να θεωρήσουμε ότι θα λειτουργεί και η σήραγγα εκτροπής από το Οροπέδιο με παροχή ίση με την παροχεταιυτικότητα της, ήτοι $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Έτσι καταλήγουμε σε μια τιμή παροχής, πέραν της πλημμυρικής απορροής της λεκάνης Αποσελέμη, ίση με $52 \text{ m}^3/\text{s}$. Η παροχή αυτή πρακτικώς ισοδυναμεί με βασική ροή αν και πρόκειται για πλημμυρική ροή της λεκάνης του Οροπεδίου Λασιθίου.

Είναι σκόπιμο να συμπεριλάβουμε στη βασική ροή και την απορροή από την τήξη του χιονιού, δεδομένου ότι και αυτή παρουσιάζει σχετικά ήπια μεταβολή στο χρόνο. Η λεκάνη Αποσελέμη, λόγω υψηλών θερμοκρασιών δεν αναμένεται να παρουσιάζει ιδιαίτερα αυξημένη απορροή από τήξη χιονιού. Άλλωστε, η υδρομετεωρολογική ανάλυση (ενότητα 2.2) έδειξε ότι η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι ιδιαίτερα αυξημένη την περίοδο Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου, οπότε δεν υπάρχουν χιόνια στη λεκάνη. Πάντως, για λόγους μεγαλύτερης ασφάλειας, θα δεχτούμε την πιθανότητα

απορροής τήξης χιονιού και θα εκτιμήσουμε ένα εξαιρετικά δυσμενή αλλά σχετικά εύλογο ρυθμό. Έτσι, δεχόμαστε μια ποσότητα απορροής από τήξη χιονιού 5 mm/h (αντιστοιχεί σε περίπου 5 cm φρέσκου χιονιού) για το ορεινό τμήμα της λεκάνης (αυτό που βρίσκεται σε υψόμετρο > 700 m, το οποίο αποτελεί ποσοστό 34% του συνολικού εμβαδού ή 21.2 km²). Θεωρούμε ότι η τήξη πραγματοποιείται σε όλο το διάστημα που διαρκεί η πλημμύρα (περίπου 30 h), οπότε η συνολική ποσότητα χιονιού που τήκεται είναι 150 mm (αντιστοιχεί σε περίπου 1.5 m φρέσκου χιονιού). Έτσι, η συνεισφορά της τήξης του χιονιού στην απορροή θα είναι $(0.005 \text{ m} / 3600 \text{ s}) \times 21.2 \times 10^6 \text{ m}^2 = 29 \text{ m}^3/\text{s}$. Προσθέτοντας και τη συνεισφορά του Οροπεδίου Λασιθίου φτάνουμε σε ένα μέγεθος 81 m³/s. Αυτή την τιμή τη χρησιμοποιούμε για τις υψηλές τιμές της περιόδου επαναφοράς που αντιστοιχούν στο σχεδιασμό του υπερχειλιστή, ενώ για της χαμηλότερες τιμές που αντιστοιχούν στο σχεδιασμό της σήραγγας δεχόμαστε την τιμή που αντιστοιχεί στη παροχή των πηγών Κασταμονίτσας, δηλαδή 12 m³/s.

3.5 Περίοδοι επαναφοράς

Για την μελέτη του υπερχειλιστή του φράγματος υιοθετείται περίοδος επαναφοράς 60 000 χρόνια που αντιστοιχεί στην πιθανή μέγιστη κατακρήμνιση, ενώ εξετάζονται εναλλακτικά και οι περίοδοι επαναφοράς 10 000 και 20 000 χρόνια, και ενδεικτικά η περίοδος επαναφοράς 500 χρόνια. Για τη μελέτη της σήραγγας εκτροπής του φράγματος εξετάζονται τρεις πολύ μικρότερες εναλλακτικές περίοδοι επαναφοράς, ίσες με 20, 50 και 100 χρόνια. Δεν υποθέσαμε διαφοροποίηση των περιόδων επαναφοράς βροχής και παροχής. Αν και κατά μία άποψη (π.χ. Sutcliffe, 1978) χρειάζεται να γίνεται διάκριση των περιόδων επαναφοράς σχεδιασμού βροχής και πλημμύρας, η εμπειριστατωμένη μελέτη των Larson and Reich (1973) έδειξε ότι αυτή η διαφοροποίηση δεν είναι ορθή, δεδομένου ότι *κατά μέσο όρο* οι δύο περίοδοι επαναφοράς συμπίπτουν (πράγμα που άλλωστε είναι σχεδόν αυτονόητο). Έτσι, στην παρούσα μελέτη δεν έγινε τέτοια διάκριση.

3.6 Υπολογισμοί και αποτελέσματα

Οι υπολογισμοί, έγιναν με το πρόγραμμα UHDesCon (Κουτσογιάννης, 1988). Το πρόγραμμα συνθέτει το υετογράφημα σχεδιασμού, υπολογίζει το ωφέλιμο υετογράφημα και συνδυάζοντας το τελευταίο με το μοναδιαίο υδρογράφημα εξάγει το πλημμυρογράφημα. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών για τις διάφορες περιόδους επαναφοράς παρουσιάζονται στο Παράρτημα της μελέτης. Τα συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά των πλημμυρών σχεδιασμού φαίνονται στον Πίν. 23. Η μεταβολή της παροχής πλημμύρας συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς απεικονίζεται στο Σχ. 26.

Πίν. 23 Συνοπτικά αποτελέσματα υπολογισμών πλημμυρογραφημάτων σχεδιασμού.

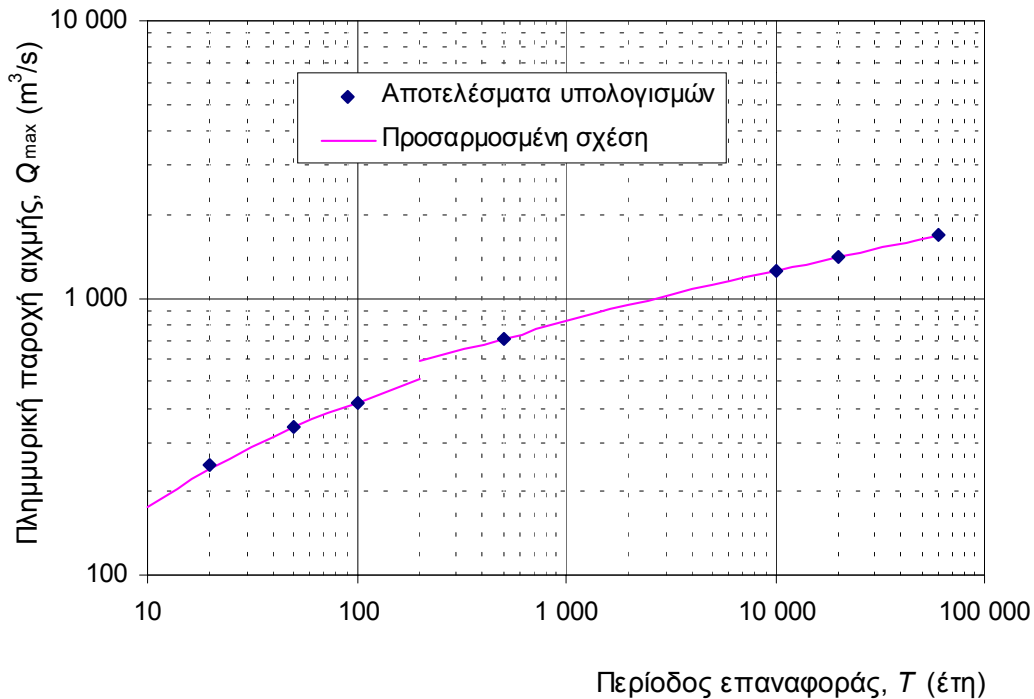
Περίοδος επαναφοράς, T (έτη)	20	50	100	500	10 000	20 000	60 000
Διάρκεια βροχής, d (h)	24	24	24	24	24	24	24
Ολικό ύψος βροχής, h (mm)	209.9	258.4	299	407.7	681.2	760.5	901.9
Ωφέλιμο ύψος βροχής, h_e (mm)	75.4	110.7	142.5	233.5	482.8	557.7	693
Απώλειες (%)	64.1	57.2	52.4	42.7	29.1	26.7	23.2
Παροχή αιχμής (m ³ /s)	248.2	340.9	420.5	706.1	1253.0	1410.2	1689.3
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής (h)	24	24	24	24	24	24	24
Καθαρός όγκος πλημμύρας (hm ³)	4.57	6.71	8.64	14.16	29.27	33.81	42.01
Συνολικός όγκος πλημμύρας (hm ³)	5.82	7.96	9.89	22.61	37.73	42.27	50.47

Με βάση τις τιμές της πλημμυρικής παροχής που υπολογίστηκαν με την παραπάνω διαδικασία και δίνονται στον Πίν. 23, προσαρμόστηκε (με τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων) η ακόλουθη απλή

εξίσωση, κατάλληλη για παρεμβολή της πλημμυρικής παροχής, Q_{\max} , για διαφορετικές τιμές της περιόδου επαναφοράς, T .

$$Q_{\max}(T) = 577 (T^{0.121} - 1.04) + Q_B \quad (Q_{\max}, Q_B \text{ σε } \text{m}^3/\text{s}) \quad (54)$$

όπου Q_B η βασική ροή που έχει ληφθεί ίση με $12 \text{ m}^3/\text{s}$ για μικρές περιόδους επαναφοράς (για το σχεδιασμό της σήραγγας εκτροπής) και ίση με $81 \text{ m}^3/\text{s}$ για μεγάλες περιόδους επαναφοράς (για το σχεδιασμό του υπερχειλιστή).



Σχ. 26 Μεταβολή της παροχής αιχμής της πλημμύρας συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς.

3.7 Συγκρίσεις

Αναμφίβολα, οι μέγιστες βροχές και συνακόλουθα οι πλημμυρικές παροχές που εκτιμήθηκαν παραπάνω είναι πολύ υψηλές αν συγκριθούν με αντίστοιχες παροχές σε άλλες περιοχές της Ελλάδας (για παρόμοιο μέγεθος λεκάνης).

Πάντως η πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 60 000 ετών που εκτιμήθηκε στην παρούσα μελέτη δεν διαφέρει πολύ ως προς την αιχμή της με την πιθανή μέγιστη πλημμύρα που εκτιμήθηκε στην οριστική μελέτη των έργων Αποσελέμη (ΑΔΚ και Watson, 1998). Συγκεκριμένα, η πλημμυρική αιχμή σύμφωνα με την παρούσα μελέτη ανέρχεται σε $1690 \text{ m}^3/\text{s}$ ενώ στην Οριστική Μελέτη είχε εκτιμηθεί με χρήση του μοντέλου HEC-1 πλημμυρική αιχμή $1557 \text{ m}^3/\text{s}$. Η διαφορά είναι μόνο 8%, παρόλο που η αντίστοιχη διαφορά στα 24ωρα ύψη βροχής που χρησιμοποιήθηκαν είναι 25% (901 mm στην παρούσα μελέτη έναντι 673 mm στην Οριστική Μελέτη). Ωστόσο, αν ληφθεί υπόψη ο πλημμυρικός όγκος, η διαφοροποίηση των εκτιμήσεων της παρούσας μελέτης από αυτές τις Οριστικής Μελέτης είναι πολύ σημαντική: 50.5 hm^3 έναντι 24.5 hm^3 . Όπως θα δούμε στο κεφάλαιο 4, αυτή η διαφοροποίηση έχει σημαντική συνέπεια ως προς την παροχή εκροής από τον υπερχειλιστή, που είναι και το τελικό μέγεθος υδρολογικού σχεδιασμού.

Για μια ακόμη σύγκριση, χρησιμοποιούνται οι γνωστές καμπύλες του Creager, οι οποίες αποτελούν περιβάλλουσες εξαιρετικά υψηλών τιμών της παροχής που έχουν καταγραφεί σε διάφορες περιοχές

της υδρογείου. Οι καμπύλες του Creager περιγράφονται από την εξίσωση (Viessman et al., 1989, σ. 395)

$$Q = 1.3 C (0.386 A)^{0.936} A^{-0.048} \quad (55)$$

όπου Q η πλημμυρική παροχή αιχμής σε m^3/s , A η έκταση της λεκάνης σε km^2 και C συντελεστής που εξαρτάται από την περιοχή με εύρος τιμών 30-200. Στην Ελλάδα οι καμπύλες αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετά συχνά για την εκτίμηση παροχών σχεδιασμού σε φράγματα, με τιμές του C στο διάστημα 50-80.

Πίν. 24 Εκτίμηση της πλημμυρικής παροχής στη θέση φράγματος Αποσελέμη με τις καμπύλες του Creager για διάφορες εναλλακτικές τιμές του συντελεστή C .

C	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Q_{max} (m^3/s)	897	1046	1196	1345	1495	1644	1794	1943	2092

Όπως προκύπτει από τον Πίν. 24, όπου έχει γίνει η εφαρμογή της εξίσωσης (55), η τιμή της παροχής σχεδιασμού του υπερχειλιστή που εκτιμήθηκε στην παρούσα μελέτη ($1690 m^3/s$) αντιστοιχεί σε τιμή του C περίπου 110, η οποία υπερβαίνει τις συνήθεις τιμές που έχουν χρησιμοποιηθεί στην Ελλάδα, αν και παρόμοια τιμή έχει υιοθετηθεί στην περίπτωση του φράγματος Γαδουρά στη Ρόδο (Κουτσογιάννης, 1998β). Ας σημειωθεί πάντως ότι η τιμή που αντιστοιχεί στην παρούσα μελέτη παραμένει πολύ χαμηλότερη από το «παγκόσμιο» μέγιστο (200).

4 Διόδευση πλημμύρας υπερχειλιστή

4.1 Γενικά

Το πρόβλημα της διόδευσης των πλημμυρών σχεδιασμού του υπερχειλιστή του φράγματος και της σήραγγας εκτροπής, προκειμένου να καθοριστούν τα μεγέθη σχεδιασμού των έργων αυτών, καθώς και τα ύψη του φράγματος και του προφράγματος, αποτελούν αντικείμενο ξεχωριστής μελέτης. Ωστόσο, για λόγους ενδεικτικούς του μεγέθους των πλημμυρογραφημάτων που εκτιμήθηκαν στην παρούσα μελέτη και διερεύνησης της επάρκειας των έργων που προτάθηκαν στην Οριστική Μελέτη των έργων Αποσελέμη εξετάζεται συμπληρωματικά σε αυτό το κεφάλαιο η διόδευση της πλημμύρας του υπερχειλιστή για περίοδο επαναφοράς 60 000 ετών, η οποία όπως προαναφέρθηκε είναι ισοδύναμη με την πιθανή μέγιστη πλημμύρα.

4.2 Μέθοδος διόδευσης

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τη διόδευση βασίζεται στην εξίσωση συνέχειας και την καμπύλη στάθμης-παροχής του υπό μελέτη έργου (εν προκειμένω του υπερχειλιστή) και είναι γνωστή ως *συντηρητική μέθοδος επαναληπτικής αριθμητικής ολοκλήρωσης* (Κουτσογιάννης, 1988, 1993). Η εξίσωση συνέχειας για τον ταμιευτήρα γράφεται:

$$\frac{dS(t)}{dt} + Q(t) = I(t) \quad (56)$$

όπου S το ολικό απόθεμα του ταμιευτήρα, Q η παροχή εκροής, I η παροχή εισροής στον ταμιευτήρα και t ο χρόνος.

Στην περίπτωση του ταμιευτήρα η αποθήκευση S εξαρτάται από τη στάθμη νερού στον ταμιευτήρα, z , η οποία συνδέεται μονοσήμαντα με την παροχή εκροής Q . Κατά συνέπεια η αποθήκευση είναι συνάρτηση μόνο της παροχής εκροής, και όχι της παροχής εισροής. Η συνάρτηση αυτή καθορίζεται έμμεσα, και συνήθως σε πινακοποιημένη και όχι αναλυτική μορφή, βάσει των καμπυλών:

1. στάθμης-όγκου ταμιευτήρα,

$$S = f(z) \quad (57)$$

2. στάθμης-παροχής υπερχειλιστή

$$Q = g(z) \quad (58)$$

Η εξίσωση συνέχειας γράφεται με τη μορφή εξίσωσης διαφορών για το χρονικό διάστημα $\Delta t = t_j - t_{j-1}$:

$$S_j + \frac{\Delta t}{2} Q_j = S_{j-1} + \frac{\Delta t}{2} (I_j + I_{j-1} - Q_{j-1}) \quad (59)$$

Για γνωστό υδρογράφημα εισροής $I(t)$, το δεύτερο μέλος της (59) είναι γνωστό σε κάθε βήμα ολοκλήρωσης. Η υπολογιστική διαδικασία στοχεύει στον προσδιορισμό των δύο όρων του πρώτου μέλους, και περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

1. Επιλέγονται ως πρώτες προσεγγίσεις οι $z_j = z_{j-1}$, $Q_j = Q_{j-1}$ και $S_j = S_{j-1}$.
2. Υπολογίζεται η νέα τιμή της S_j με επίλυση της εξίσωσης (59). Η αριθμητική μέθοδος κατά κανόνα συγκλίνει ταχύτερα αν χρησιμοποιηθεί ως νέα τιμή της S_j το ημίθροισμα της προηγούμενης τιμής και αυτής που προκύπτει από την επίλυση της (59).
3. Από την (57) υπολογίζεται η νέα τιμή της στάθμης z_j .
4. Από την (58) υπολογίζεται η νέα τιμή της παροχής Q_j .
5. Επαναλαμβάνονται τα βήματα 2 μέχρι 4, μέχρι που η νέα τιμή της S_j (ή ισοδύναμα της z_j ή της Q_j) να μη διαφέρει πολύ από την αμέσως προηγούμενη τιμή.

Σε κάθε βήμα χρειάζονται αρκετές επαναλήψεις για ικανοποιητική σύγκλιση (συνήθως 4-8). Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η ιδιότητά της να διατηρεί τη μάζα (τον όγκο) του νερού, δίνοντας ακριβή ισοζύγια εισροής-εκροής, σε κάθε βήμα υπολογισμού (και για το λόγο αυτό ονομάστηκε συντηρητική).

Η υπολογιστική εφαρμογή της μεθόδου γίνεται με το πρόγραμμα ResFldRt (Κουτσογιάννης, 1988)

4.3 Δεδομένα εφαρμογής της μεθόδου

Οι καμπύλες στάθμης-όγκου και στάθμης-επιφάνειας του ταμιευτήρα Αποσελέμη που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς διόδευσης δίνονται στο Σχ. 4.

Η καμπύλη στάθμης-παροχής του υπερχειλιστή θεωρήθηκε ότι εκφράζεται από την προσεγγιστική σχέση

$$Q = c b H^{3/2} \quad (60)$$

όπου Q η παροχή εκροής (m^3/s), H το ολικό ύψος ενέργειας (m), που είναι ίσο με τη στάθμη νερού στον ταμιευτήρα μετρούμενη από τη στέψη του υπερχειλιστή, c συντελεστής που θεωρήθηκε ίσος με 2.2 και b το πλάτος του υπερχειλιστή. Με βάση τα δεδομένα της Οριστικής Μελέτης, θεωρήθηκε στέψη του υπερχειλιστή $z_\sigma = +216.5$ m οπότε $H = z - z_\sigma$. Το πλάτος του υπερχειλιστή θεωρήθηκε κατ' αρχήν 40 m, όσο και στην Οριστική Μελέτη, ενώ εναλλακτικά εξετάστηκε και πλάτος 60 m.

4.4 Αποτελέσματα διοδεύσεων

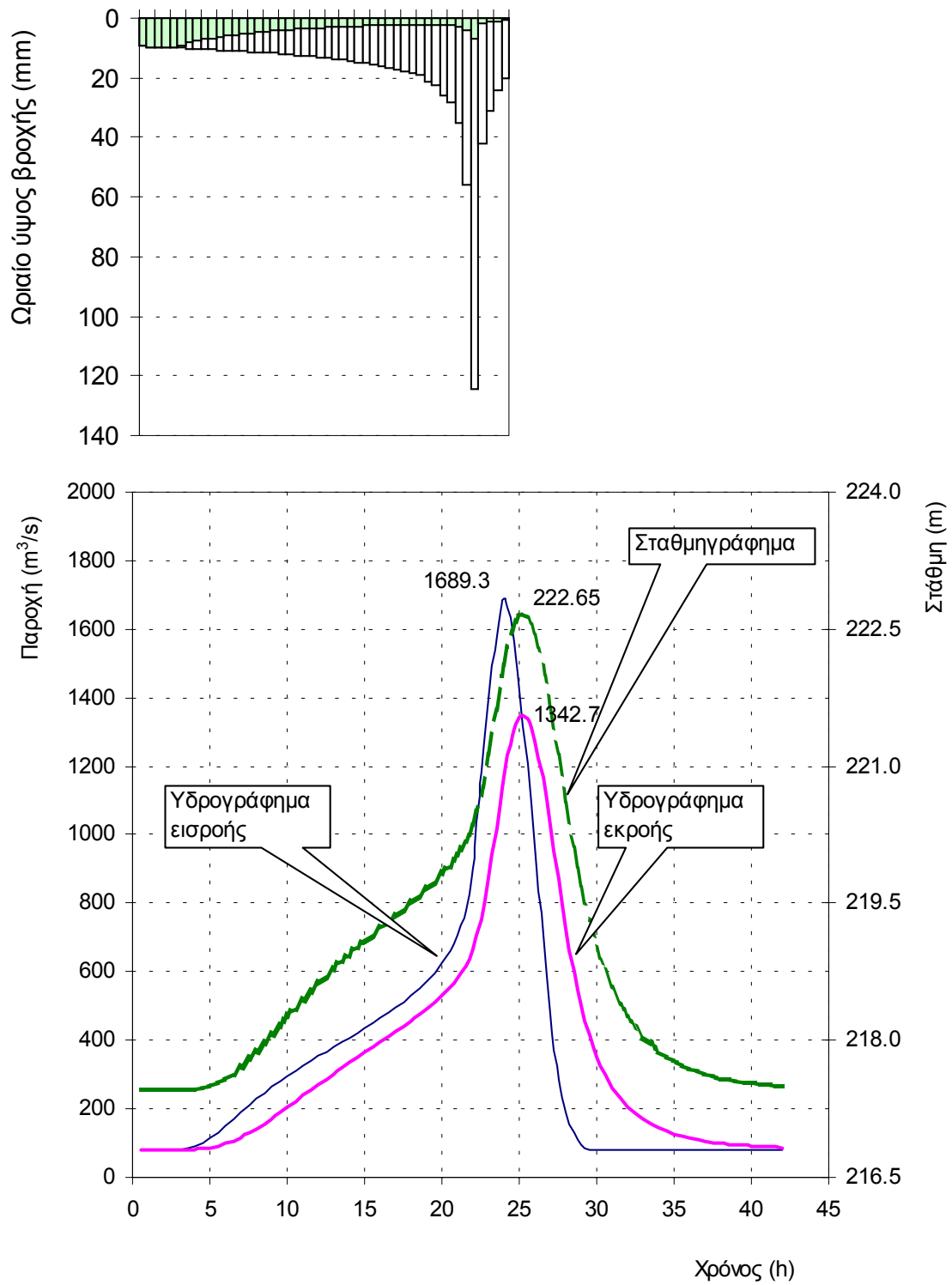
Τα συνοπτικά αποτελέσματα των διοδεύσεων φαίνονται στον Πίν. 25 ενώ τα αναλυτικά αποτελέσματα δίνονται στο Παράρτημα. Τα υδρογραφήματα μαζί με τα αντίστοιχα υετογραφήματα και σταθμηγραφήματα έχουν απεικονιστεί στο Σχ. 27 και το Σχ. 28.

4.5 Συγκρίσεις και συμπεράσματα

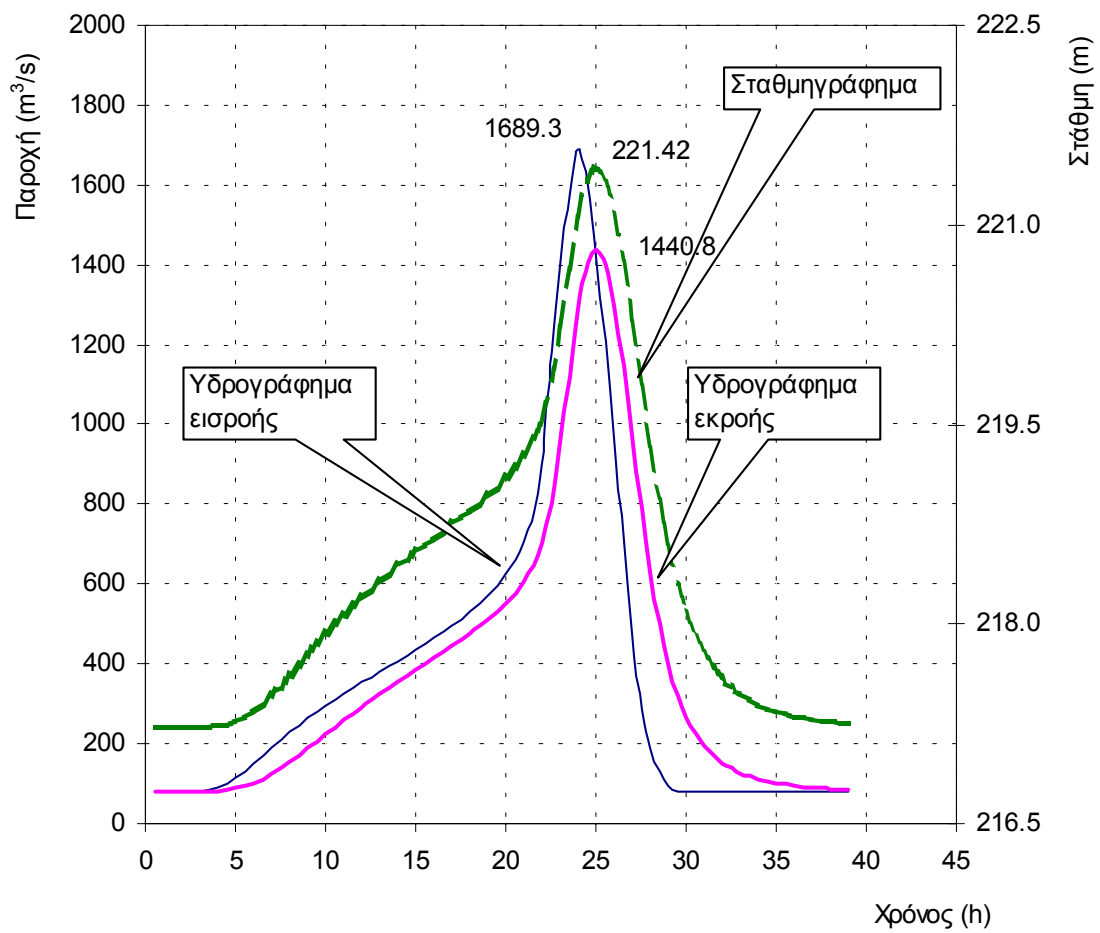
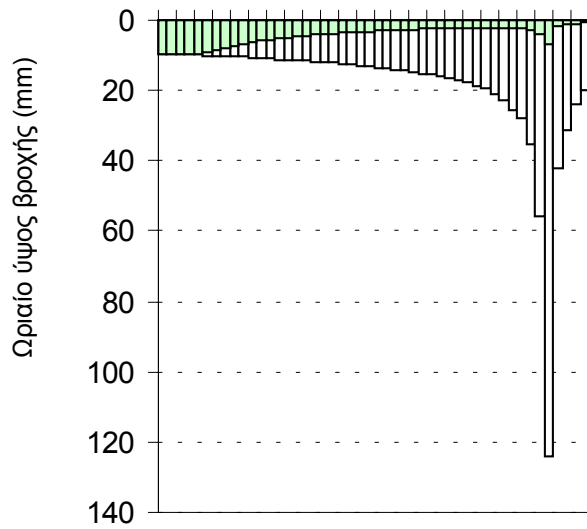
Συμπερασματικά, η παροχή εκροής σχεδιασμού του υπερχειλιστή εκτιμάται στα 1340-1440 m^3/s ανάλογα με τις τελικές διαστάσεις του υπερχειλιστή. Οι τιμές αυτές είναι 60%-70% μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες της Οριστικής Μελέτης των έργων Αποσελέμη, σύμφωνα με την οποία η αιχμή του υδρογραφήματος εκροής του υπερχειλιστή εκτιμήθηκε σε 844 m^3/s .

Πίν. 25 Συνοπτικά χαρακτηριστικά των υδρογραφημάτων εισροής και εκροής του ταμιευτήρα Αποσελέμη.

	Πλάτος υπερχειλιστή (m)	40	60
<i>Χαρακτηριστικά υδρογραφημάτων εισροής</i>			
Παροχή αιχμής I_p (m ³ /s)		1689.3	1689.3
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής t_1 (h)		24	24
Συνολικός όγκος εισροής V_i (hm ³)		50.468	50.468
<i>Χαρακτηριστικά υδρογραφημάτων εκροής</i>			
Παροχή αιχμής Q_p (m ³ /s)		1342.7	1440.8
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής t_2 (h)		25	25
Μέγιστος όγκος στον ταμιευτήρα S_{\max} (hm ³)		39.413	36.952
Μέγιστος όγκος ανάσχεσης $S_{\max} - S_0$ (hm ³)		11.273	8.812
Μέγιστη στάθμη ταμιευτήρα z_{\max} (m)		222.65	221.42
Λόγος παροχών αιχμής εκροής / εισροής		79.5%	85.3%



Σχ. 27 Υετογράφημα και υδρογραφήματα εισροής και εκροής σχεδιασμού του υπερχειλιστή και αντίστοιχο σταθμηγράφημα του ταμιευτήρα Αποσελέμη για πλάτος υπερχειλιστή 40 m.



Σχ. 28 Υετογράφημα και υδρογραφήματα εισροής και εκροής σχεδιασμού του υπερχειλιστή και αντίστοιχο σταθμηγράφημα του ταμιευτήρα Αποσελέμη για πλάτος υπερχειλιστή 60 m.

5 Γενικές Παρατηρήσεις και Προτάσεις

5.1 Γενικές Παρατηρήσεις

Από την εκτεταμένη και επιστημονικά τεκμηριωμένη έρευνα που διεξήχθη κάτω από τη στενή παρακολούθηση του καθηγητή κ. Δ. Κουτσογιάννη προέκυψαν ορισμένα συμπεράσματα, τα οποία αναφέρονται σε ένα πολύ δυσμενές σενάριο υπολογισμού της μέγιστης πιθανής πλημμύρας, που βασίζεται στη δυσμενέστερη διάταξη των επί μέρους υψών βροχής, το οποίο οδηγεί στη μεγιστοποίηση των πλημμυρικών αιχμών, και θεωρώντας επιπροσθέτως ότι η P.M.F. αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς $T=60.000$ έτη.

Στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου εξετάζονται εναλλακτικά σενάρια της διαδικασίας υπολογισμού των πλημμυρικών αιχμών και διατυπώνονται και σχετικές προτάσεις για ένα ρεαλιστικό σχεδιασμό των έργων υπερχειλίσης.

Χρησιμοποιείται η μέθοδος υπολογισμού του μοναδιαίου υδρογραφήματος η οποία προτείνεται στο Design of Small Dams και εξετάζονται σε συνδυασμό με αυτή τρία σενάρια κατανομής βροχής. Εξετάζονται επίσης τα αποτελέσματα που προκύπτουν για $T=10.000$, 20.000 , 40.000 , 50.000 και 60.000 έτη, τα οποία μπορούν να θεωρηθούν κατάλληλα για το σχεδιασμό των έργων υπερχειλίσης. Σημειώνεται π.χ. ότι πολλά έργα ασφαλείας στα φράγματα της ΔΕΗ έχουν σχεδιαστεί για $T=10.000$ έτη.

5.2 Διερεύνηση με τη μέθοδο του Μοναδιαίου Υδρογραφήματος κατά Design of Small Dams

Προκειμένου να διερευνηθεί εναλλακτικά το θέμα των μεγθών αιχμής πλημμυρογραφημάτων και της μορφής τους, εφαρμόστηκε και η μέθοδος που προτείνεται στο Design of Small Dams για περιοχές της Αμερικής.

Σαν συνολικό ύψος βροχής 24ωρης διάρκειας ελήφθη το ύψος βροχής που υπολογίστηκε στο κεφάλαιο 2 για τις διάφορες περιόδους επαναφοράς.

Εδώ εκτός από το δυσμενέστερο σενάριο (σενάριο 1) σε συνδυασμό με το μοναδιαίο υδρογράφημα σύμφωνα με τη μέθοδο του Βρετανικού Ινστιτούτου, που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 3 εξετάζεται και η μέθοδος του μοναδιαίου υδρογραφήματος κατά Design of Small Dams - Sierra Nevada σε συνδυασμό με τρία σενάρια για την κατανομή της βροχόπτωσης:

- Κατανομή βροχής σύμφωνα με το δυσμενέστερο σενάριο κατανομής των επιμέρους υψών βροχής (Worst profile distribution) - (σενάριο 1)
- Κατανομή υψών βροχής με εναλλασσόμενα ύψη (Alternating Block Method Distribution – Chow et al, p. 466)- (σενάριο 2).

Σημειώνεται ότι όπως αναφέρεται στο Chow et al, p. 466, η μέθοδος των «εναλλασσόμενων υψών βροχής» είναι ένας απλός τρόπος για την παραγωγή ενός υετογραφήματος σχεδιασμού με βάση την καμπύλη έντασης – διάρκειας. Το παραγόμενο υετογράφημα σχεδιασμού με αυτή τη μέθοδο καθορίζει το ύψος βροχής που πραγματοποιείται σε n διαδοχικά χρονικά διαστήματα διάρκειας Δt για συνολική διάρκεια βροχής $T_d = n \Delta t$.

Επιλέγεται η περίοδος επαναφοράς και καθορίζεται η ένταση με βάση την καμπύλη έντασης – διάρκειας για τις διάρκειες Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$ και το αντίστοιχο ύψος βροχής είναι το γινόμενο της έντασης επί τη διάρκεια.

Το ποσό της βροχής που προστίθεται σε κάθε χρονικό διάστημα Δt υπολογίζεται από τη διαφορά των διαδοχικών συνολικών υψών βροχής (όπως καθορίστηκαν παραπάνω). Αυτές οι διαφορές (blocks) αναδιατάσσονται χρονικά και η μέγιστη ένταση τοποθετείται στο μέσον της διάρκειας βροχής T_d , ενώ τα υπόλοιπα διατάσσονται με φθίνουσα σειρά εναλλάξ δεξιά και αριστερά του μέσου για τη δημιουργία του υετογραφήματος σχεδιασμού.

- Κατανομή υψών βροχής με τη σχέση έντασης – διάρκειας του κεφαλαίου 2, χωρίς αναδιάταξη (σενάριο 3).

Υδρογραφήματα κατά Design of Small Dams

Με βάση τα στοιχεία που δίδονται στο Design of Small Dams και τα μορφολογικά στοιχεία της λεκάνης κρίνεται ότι για το εξεταζόμενο τμήμα - κυρίως ορεινό - μπορεί να χρησιμοποιηθεί το αδιάστατο υδρογράφημα που δίδεται για τις ορεινές περιοχές της Sierra Nevada.

Η συνολική απορροή υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

όπου: S είναι το άθροισμα αρχικών απωλειών μαζί με τις απώλειες διήθησης κατά την διάρκεια της βροχής, Q είναι το μέγεθος της απορροής σε χλσ και P το μέγεθος της βροχοπτώσεως σε χλσ.

Το S υπολογίζεται σε χιλιοστά από τη σχέση

$$S = (1000/CN - 10) \times 25.4$$

Θεωρούμε ότι CN=55 είναι μία εύλογη τιμή για την εξεταζόμενη λεκάνη, όπως είχε ληφθεί και στη μελέτη του 1998, και διερευνάται η επίδραση της μεταβολής του στις υπολογιζόμενες παροχές (δίδονται συνοπτικά αποτελέσματα και για CN=50, 65).

Υπολογισμός Πλημμυρογραφημάτων κατά Design of Small Dams

Για τα πλημμυρογραφήματα χρησιμοποιήθηκαν τα αναφερόμενα στην τρίτη έκδοση του Design of Small Dams (1987) – Κεφάλαιο 3 (Μελέτες Υδρολογίας Πλημμυρών) όπου δίδονται οδηγίες για την εκτίμηση των πλημμυρογραφημάτων για σχεδιασμό φραγμάτων και των συναφών έργων.

Το **μοναδιαίο υδρογράφημα** προτάθηκε για πρώτη φορά το 1932 από τον Leroy K. Sherman και από τότε έχει υποστεί σημαντικές βελτιώσεις. Με την πρόοδο των ηλεκτρονικών υπολογιστών οι υδρολόγοι επινόησαν και χρησιμοποίησαν περίπλοκα μοντέλα για τις λεκάνες απορροής σαν εναλλακτικά του μοναδιαίου υδρογραφήματος για την μετατροπή της βροχής σε απορροή. Βέβαια στην περίπτωση αυτών των πιο πολύπλοκων μοντέλων απαιτούνται αντίστοιχα και πολύ λεπτομερέστερα δεδομένα που πρέπει να λαμβάνονται από επί τόπου μετρήσεις, παρατηρήσεις και στοιχεία.

Σε τελευταία ανάλυση η σχετική αξία κάθε μεθόδου κρίνεται από το πόσο καλά μπορεί να αναπαράγει καταγεγραμμένες πλημμύρες. Συγκριτικές μελέτες έδειξαν ότι καμμία μέθοδος δεν υπερέχει σαφώς της άλλης και κατά συνέπεια το Bureau of Reclamation συνεχίζει να συνιστά τη μέθοδο του

μοναδιαίου υδρογραφήματος λόγω της απλότητας, της αξιοπιστίας του και του χαμηλού κόστους εφαρμογής της μεθόδου.

Πρόσφατα συνέδρια δείχνουν επίσης ότι το μοναδιαίο υδρογράφημα είναι μία μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται ευρέως και συνεχίζει να ερευνάται με στόχο τη βελτίωση των παραμέτρων για την εφαρμογή της και εντοπισμό πιθανών προβλημάτων από τη χρήση της σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν μετρημένες απορροές (Engineering Hydrology, ASCE, 1993).

Μέθοδος Μοναδιαίου Υδρογραφήματος κατά Design of Small Dams

Ανάλυση παρατηρημένων πλημμυρών και αναπαραγωγή τους με τη μέθοδο του μοναδιαίου υδρογραφήματος με την πάροδο του χρόνου οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ο χρόνος υστέρησης ενός μοναδιαίου υδρογραφήματος είναι συνάρτηση ορισμένων μετρήσιμων χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής. Οι Horner and Flynt είχαν αρχικά ορίσει το χρόνο υστέρησης σαν “... τη χρονική διαφορά ανάμεσα στο κέντρο μάζας της βροχής και το κέντρο μάζας της απορροής ...”. Στο Design of Small Dams προτείνεται η ακόλουθη γενική σχέση μεταξύ του χρόνου υστέρησης, L_g , και των χαρακτηριστικών της λεκάνης:

$$L_g = C \left(\frac{L L_{ca}}{S^{0,5}} \right)^N$$

όπου	L_g	ο χρόνος υστέρησης του μοναδιαίου υδρογραφήματος σε ώρες
	C	σταθερά
	N	σταθερά
	L	το μήκος της μέγιστης μισγάγκειας από το σημείο συγκέντρωσης μέχρι το όριο της λεκάνης απορροής σε μίλια (mi)
	L_{ca}	το μήκος κατά μήκος της μέγιστης μισγάγκειας από το σημείο συγκέντρωσης μέχρι την προβολή του σημείου του κέντρου βάρους της λεκάνης απορροής σε μίλια (mi)
	S	η συνολική κλίση της μέγιστης μισγάγκειας (κατά μήκος του L), σε πόδια ανά μίλλι (ft/mi)

Ανάλυση των υδρογραφημάτων κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο εκθέτης N πρέπει να έχει την τιμή 0.33 ανεξάρτητα από τη θέση της λεκάνης απορροής. Περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι ο συντελεστής C είναι περίπου 26 φορές η τιμή του συντελεστή Manning που περιγράφει τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του δικτύου απορροής της λεκάνης. Αυτός ο συντελεστής Manning η αναφέρεται σαν K_n στο κεφάλαιο 3 του Design of Small Dams. Τονίζεται ότι ο συντελεστής αυτός K_n είναι κυρίως συνάρτηση του μεγέθους της παροχής και συνήθως μειώνεται για αυξανόμενη παροχή.

Ο ορισμός του χρόνου υστέρησης για τη μέθοδο του αδιάστατου μοναδιαίου υδρογραφήματος ο οποίος χρησιμοποιείται είναι ο ακόλουθος:

Χρόνος υστέρησης είναι ο χρόνος από το μέσον της μοναδιαίας ωφέλιμης βροχής μέχρι το χρόνο που έχει περάσει από το σημείο συγκέντρωσης το 50% του όγκου του μοναδιαίου υδρογραφήματος. (Κατά συνέπεια δεν είναι άμεσα συγκρίσιμος με το χρόνο απόδο του υδρογραφήματος από άλλες μεθόδους)

Για τον καθορισμό του κατάλληλου χρόνου υστέρησης εξετάστηκαν πολλά αναπαραχθέντα υδρογραφήματα. Τα υδρογραφήματα αυτά συμπεριλάμβαναν απορροή από φυσικές λεκάνες των ΗΠΑ, δυτικά από τον Μισσισιπιπή και από πολλές λεκάνες σε αστικές περιοχές από διάφορες περιοχές των ΗΠΑ. Τελικά χρησιμοποιήθηκαν 162 υδρογραφήματα που κρίθηκαν αντιπροσωπευτικά

της απορροής από βροχές, ενώ δεν συμπεριλήφθηκαν υδρογραφήματα στα οποία θεωρήθηκε ότι υπήρχε ροή προερχόμενη από τήξη χιονιού ή ενδιάμεση ροή. Τα 162 υδρογραφήματα κατατάχθηκαν σε 6 κατηγορίες ανάλογα με την περιοχή και τα τοπογραφικά τους χαρακτηριστικά. Έτσι διακρίνονται οι έξι κατηγορίες για τις οποίες αναφέρονται και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την κάθε μία:

1. Η περιοχή των μεγάλων πεδιάδων (Great Plains) δυτικά του Μισσισιπιπής και ανατολικά από τα βραχώδη όρη. Οι τιμές του K_n κυμαίνονται από 0,069 έως 0,030.
2. Η περιοχή των βραχωδών ορέων (Rocky Mountains) όπου τα δεδομένα κατατάσσονται σε δύο υποκατηγορίες ανάλογα με τον τύπο της βροχής: γενική βροχόπτωση σχετικά χαμηλής έντασης και καταιγίδα υψηλής έντασης. Τα δεδομένα για καταιγίδες υψηλής έντασης γενικά είναι σπάνια και δύσκολο να αποκτηθούν για να υπάρξουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Για τη γενική βροχόπτωση το K_n κυμαίνεται από 0,260 έως 0,130. Επειδή τα περισσότερα δεδομένα αντιπροσωπεύουν βροχές χαμηλής έντασης για την ανάπτυξη υδρογραφημάτων P.M.F. συνιστάται η χρήση τιμών K_n 0,160 και χαμηλότερων. Αυτές οι τιμές είναι σε συμφωνία και με τα δεδομένα από την περιοχή της Sierra Nevada που έχει παρόμοια υδρολογικά χαρακτηριστικά. Οι υψηλότερες τιμές του K_n θεωρούνται κατάλληλες για την ανάπτυξη υδρογραφημάτων περιόδου επαναφοράς μικρότερης της 100 ετίας. Τα δεδομένα για καταιγίδες υψηλής έντασης δίδουν τιμές του K_n από 0,073 έως 0,050. Η επιλογή εξαρτάται από την φυτοκάλυψη στα τμήματα όπου υπάρχει στις περιοχές που θα κινηθεί η επιφανειακή ροή, από υλικό της κοίτης και από το κατά πόσο το αποχετευτικό δίκτυο έχει διαμορφωθεί από διάβρωση.
3. Περιοχή της Νοτιοδυτικής Ερήμου (Southwest Desert) και του υψίπεδου του Κολοράντο. Οι τιμές του K_n κυμαίνονται από 0,070 έως 0,042. Η υψηλότερη τιμή είναι αντιπροσωπευτική χαμηλής υδραυλικής παροχετευτικότητας σε περιπτώσεις δασών κωνοφόρων στα μεγαλύτερα υψόμετρα ενώ η χαμηλότερη είναι αντιπροσωπευτική του τυπικού τοπίου της ερήμου. Δίδεται ακόμα και μία χαμηλότερη γραμμή (που αντιπροσωπεύει χαμηλότερο K_n) αντιπροσωπευτική μερικώς ανεπτυγμένης οικιστικής περιοχής και αντιπροσωπεύει την επιτάχυνση της ροής μέσω της αστικής περιοχής.
4. Περιοχή της οροσειράς της Σιέρρα Νεβάδα (Sierra Nevada) της Καλιφόρνια. Οι λεκάνες απορροής της περιοχής έχουν καλά αναπτυγμένο αποχετευτικό δίκτυο και σημαντική φυτοκάλυψη από κωνοφόρα στα τμήματα των λεκάνων με υψόμετρο πάνω από 2000 ft. Η κοίτη των ποταμών και ρεμάτων είναι σαφώς χαραγμένη στο βραχώδες υπόστρωμα. Γενικά τα υδρολογικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά της περιοχής είναι παρόμοια με αυτά των Rocky Mountains. Τα δεδομένα όμως της Sierra Nevada αντιπροσωπεύουν πλημμύρες που έχουν προκύψει από σημαντικές βροχές υψηλής έντασης. Οι τιμές του K_n κυμαίνονται από 0,150 έως 0,064. Προς το χαμηλό όριο υπάρχουν μόνο λίγα δεδομένα και γιαυτό συνιστάται ιδιαίτερη προσοχή όταν επιλέγεται χαμηλή τιμή του K_n και μόνο στην περίπτωση που υπάρχουν υδραυλικά, γεωλογικά κ.λ.π. χαρακτηριστικά αντίστοιχα με αυτά που έχουν μελετηθεί.
5. Περιοχές κοντά στα παράλια και στους πρόποδες της Δυτικής ακτής των ΗΠΑ (Coast and Cascade Ranges). Οι τιμές του K_n κυμαίνονται από 0,150 έως 0,080. Οι υψηλές τιμές αντιπροσωπεύουν πυκνή κωνοφόρο βλάστηση μέχρι την ευρεία κοίτη που συνεπάγεται μειωμένη

υδραυλική παροχетеυτικότητα ενώ οι μικρότερες τιμές αντιπροσωπεύουν αραιότερη βλάστηση σε χαμηλότερα υψόμετρα και αυξημένη υδραυλική παροχетеυτικότητα.

6. Αστικές περιοχές (urban areas). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αντιπροσωπεύουν πολλές περιοχές των ΗΠΑ με ποικίλη οικιστική ανάπτυξη. Οι τιμές του K_n κυμαίνονται από 0,033 έως 0,013 και ανάλογα με την πυκνότητα της δόμησης και την ανάπτυξη του δικτύου ομβρίων στην περιοχή. Συνιστάται γενικά να χρησιμοποιούνται χαμηλές τιμές του K_n δεδομένου ότι υπάρχει τάση αύξησης της οικιστικής ανάπτυξης και ανάπτυξης των δικτύων υδροσυλλογής ομβρίων με αγωγούς.

Οι τόσο μικρές τιμές του συντελεστή για τις αστικές περιοχές σαφώς αντιπροσωπεύουν μείωση του χρόνου συγκέντρωσης λόγω επιτάχυνσης της ροής και κατά συνέπεια αύξηση της πλημμυρικής αιχμής.

Χρονική Κατανομή της μοναδιαίας απορροής

Για κάθε κατηγορία αναπτύχθηκε ένα αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα με βάση καταγεγραμμένα πλημμυρογραφήματα. Με την αδιαστατοποίηση οι διαφορές μεγέθους της λεκάνης απορροής και οι διαφορές στο χρόνο υστέρησης και τη διάρκεια της μοναδιαίας βροχής λαμβάνονται αυτόματα υπόψη.

Για την ανάπτυξη των αδιάστατων μοναδιαίων υδρογραφημάτων ακολουθήθηκε η εξής μέθοδος:

- (1) Η χρονική βάση εκφράζεται στον άξονα των τετμημένων σαν ποσοστό του χρόνου υστέρησης προσαυξημένου κατά το μισό της διάρκειας της μοναδιαίας βροχόπτωσης
- (2) Η αδιάστατη παροχή εκφράζεται στον άξονα των τεταγμένων σε ποσοστά του όρου $Q*LD/Vol.$, όπου Q η παροχή του μοναδιαίου υδρογραφήματος σε ft^3/s , LD ο χρόνος υστέρησης προσαυξημένος κατά το ήμισυ της διάρκειας της μοναδιαίας βροχής, $Vol.$ ο όγκος της μοναδιαίας απορροής σε $ft^3/s\text{-days}$.

Δίδονται έξι αδιάστατα μοναδιαία υδρογραφήματα τα οποία δεν αντιστοιχούν ακριβώς στις παραπάνω κατηγορίες. Έτσι για την περιοχή των βραχωδών ορέων δίδονται δύο τύποι υδρογραφήματος, ενώ για τις περιοχές της Σιέρρα Νεβάδα της Καλιφόρνια και περιοχές κοντά στα παράλια και στους πρόποδες της Δυτικής ακτής των ΗΠΑ δίδεται ένας τύπος υδρογραφήματος. Σχετικά με τον χρόνο πραγματοποίησης και το μέγεθος της αιχμής του μοναδιαίου υδρογραφήματος παρατηρούμε:

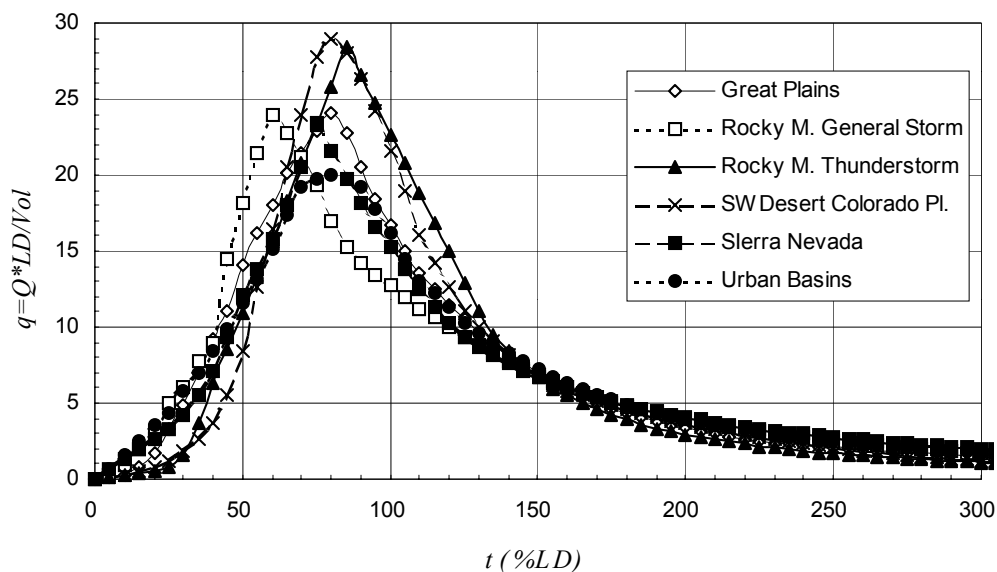
1. Για την περιοχή των μεγάλων πεδιάδων (Great Plains) δυτικά του Μισσισιπιπής και ανατολικά από τα βραχώδη όρη: $t_p = 0.80 * (L_g + 1/2 D)$, $q_p = 24,02$.
2. Για την περιοχή των βραχωδών ορέων (Rocky Mountains) για γενική βροχόπτωση σχετικά χαμηλής έντασης: $t_p = 0.60 * (L_g + 1/2 D)$, $q_p = 24,01$.
3. Για την περιοχή των βραχωδών ορέων (Rocky Mountains) για καταγίδα υψηλής έντασης $t_p = 0.85 * (L_g + 1/2 D)$, $q_p = 28,36$.
4. Για την περιοχή της Νοτιοδυτικής Ερήμου (Southwest Desert) και του υψίπεδου του Κολοράντο: $t_p = 0.80 * (L_g + 1/2 D)$, $q_p = 28,91$.
5. Για τις περιοχές της οροσειράς της Σιέρρα Νεβάδα (Sierra Nevada) της Καλιφόρνια και περιοχές κοντά στα παράλια και στους πρόποδες της Δυτικής ακτής των ΗΠΑ: $t_p = 0.75 * (L_g + 1/2 D)$, $q_p = 23,48$.
6. Αστικές περιοχές (urban areas): $t_p = 0.80 * (L_g + 1/2 D)$, $q_p = 20,00$.

όπου $q=Q*(L_g + 1/2 D)/Vol.$

Πίνακας 26. Χαρακτηριστικά αδιάστατων μοναδιαίων υδρογραφημάτων κατά *Design of Small Dams*.

Κατηγορία	Kn	$t_p / (L_g + 1/2 D)$	$q_p = \frac{Q_p}{(L_g + 1/2 D) Vol.}$	Παρατηρήσεις
περιοχή των μεγάλων πεδιάδων (Great Plains) δυτικά του Μισσισιπιπής και ανατολικά από τα βραχώδη όρη	0.069-0.030	0.80	24.02	
περιοχή των βραχωδών ορέων (Rocky Mountains) για γενική βροχόπτωση σχετικά χαμηλής έντασης	0.260-0.130	0.60	24.01	δίνει το μικρότερο χρόνο πραγματοποίησης της αιχμής
Για την περιοχή των βραχωδών ορέων (Rocky Mountains) για καταγίδα υψηλής έντασης	0.073-0.050	0.85	28.36	
περιοχή της Νοτιοδυτικής Ερήμου (Southwest Desert) και του υψίπεδου του Κολοράντο	0.070-0.042	0.80	28.91	δίνει τη μέγιστη αδιάστατη πλημμυρική αιχμή
περιοχές της οροσειράς της Σιέρρα Νεβάδα (Sierra Nevada) της Καλιφόρνια	0.150-0.064	0.75	23.48	
περιοχές κοντά στα παράλια και στους πρόποδες της Δυτικής ακτής των ΗΠΑ	0.150-0.080	0.75	23.48	ίδιο μοναδιαίο υδρογράφημα με Sierra Nevada
Αστικές περιοχές	0.033-0.013	0.80	20.00	δίνει την ελάχιστη αδιάστατη πλημμυρική αιχμή - το οποίο όμως δεν συνεπάγεται και μικρή πλημμυρική αιχμή γιατί συνδυάζεται με μικρά Kn και κατά συνέπεια και μικρούς χρόνους υστέρησης

Τα αδιάστατα μοναδιαία υδρογραφήματα δίδονται και στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 29. Σύγκριση αδιάστατων μοναδιαίων υδρογραφημάτων για διάφορες περιοχές της Αμερικής

Την υψηλότερη αδιάστατη αιχμή την εμφανίζει το υδρογράφημα της περιοχής του υψίπεδου του Κολοράντο. Το υδρογράφημα αυτό είναι παρόμοιο με αυτό των ισχυρών βροχοπτώσεων των βραχωδών ορέων.

Χαμηλότερη αδιάστατη αιχμή και παρόμοια μορφή υδρογραφήματος δίδουν οι περιοχές Sierra Nevada, Μεγάλων Πεδιάδων και βροχόπτωση χαμηλής έντασης των βραχωδών ορέων.

Τη χαμηλότερη αδιάστατη αιχμή δίνει το υδρογράφημα για αστικές περιοχές, το οποίο όμως δεν συνεπάγεται και μικρή πλημμυρική αιχμή γιατί συνδυάζεται με μικρά Κη και κατά συνέπεια και μικρούς χρόνους υστέρησης.

Τονίζεται βέβαια ότι στην περίπτωση που είναι διαθέσιμο μοναδιαίο υδρογράφημα που να έχει προκύψει από μετρημένη μεγάλη πλημμύρα στην εξεταζόμενη λεκάνη θεωρείται ασφαλώς καταλληλότερο από αυτό που προτείνεται βάσει της παραπάνω κατηγοροποίησης.

Πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού

Η μέγιστη πιθανή πλημμύρα αντιπροσωπεύει τη μέγιστη απορροή που προκύπτει από το δυσμενέστερο λογικά δυνατό συνδυασμό υδρολογικών και μετεωρολογικών συνθηκών για την εξεταζόμενη λεκάνη απορροής. Κατά συνέπεια, δεδομένου ότι χρησιμοποιείται η μέθοδος του μοναδιαίου υδρογραφήματος για την ανάπτυξη του πλημμυρογραφήματος σχεδιασμού τα ακόλουθα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό:

- (1) Η μέγιστη πιθανή πλημμύρα εξορισμού βασίζεται στη μέγιστη πιθανή βροχόπτωση. Η χρονική κατανομή της βροχόπτωσης - εκτός και αν καθορίζεται σε σχετική υδρομετεωρολογική μελέτη - θα πρέπει να διατάσσεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη πλημμυρική αιχμή καθώς και η μέγιστη συγκέντρωση παροχής γύρω από την πλημμυρική αιχμή.
- (2) Οι απώλειες λόγω διήθησης που αφαιρούνται από την βροχόπτωση για να προσδιοριστεί η ωφέλιμη βροχόπτωση πρέπει να οι ελάχιστες για το δεδομένο εδαφικό τύπο και τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Αυτές οι ελάχιστες ταχύτητες διήθησης πρέπει να θεωρηθεί ότι επικρατούν κατά τη διάρκεια της μέγιστης πιθανής βροχόπτωσης.
- (3) Το μοναδιαίο υδρογράφημα που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό ακραίων συνθηκών απορροής. Στην περίπτωση που υπάρχουν μετρήσεις θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να επιλέγονται οι παράμετροι του μοναδιαίου υδρογραφήματος έτσι ώστε να αντιστοιχούν στις πιθανότερες να εμφανισθούν συνθήκες στην περίπτωση μέγιστης πλημμύρας. Στην περίπτωση λεκανών όπου δεν υπάρχουν μετρήσεις η επιλογή του Κη θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και κρίση ώστε να ανακλά την παροχεταιυτικότητα της λεκάνης απορροής στη μέγιστη πιθανή πλημμύρα.
- (4) Η συνιστώσα του υδρογραφήματος για τη ροή βάσης θα πρέπει να έχει τις μεγαλύτερες τιμές παροχής σε συνέπεια με το μέγεθος και τη χρονική εξέλιξη προηγούμενης πλημμύρας.
- (5) Η συνιστώσα για την ενδιάμεση ροή πρέπει επίσης να αντιπροσωπεύει τις αναμενόμενες συνθήκες της μέγιστης πιθανής πλημμύρας, αν και αυτή η συνιστώσα δεν αναμένεται να είναι σημαντικά διαφορετική απότι σε μικρότερη πλημμύρα δεδομένου ότι η υδραυλική ικανότητα του υποστρώματος στο οποίο κινείται παραμένει στην ουσία αμετάβλητη.

Το πλημμυρογράφημα που αντιπροσωπεύει την επιφανειακή απορροή υπολογίζεται με εφαρμογή του μοναδιαίου υδρογραφήματος στην ωφέλιμη βροχή με τη μέθοδο της επαλληλίας.

Υπολογισμός τεταγμένων Συνθετικού Μοναδιαίου Υδρογραφήματος

Καταρχήν πρέπει να καθοριστεί η μοναδιαία διάρκεια του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος. Από πολλούς ερευνητές έχει δειχθεί ότι η μοναδιαία διάρκεια πρέπει να τίθεται ίση με το χρόνο

υστέρησης διαιρεμένο διά 5,5 ώστε το μοναδιαίο υδρογράφημα να ορίζεται με ικανοποιητική ακρίβεια κοντά στην αιχμή.

Το αποτέλεσμα της διαίρεσης πρέπει να στρογγυλοποιείται προς τα κάτω στην πιο κοντινή από τις επόμενες υποδιαίρεσεις: 5, 10, 15, 30 λεπτά ή 1, 2, 6 ώρες.

Στην περίπτωση που το αποτέλεσμα προκύπτει μεγαλύτερο των 6 ωρών, κατά πάσα πιθανότητα η λεκάνη πρέπει να υποδιαιρεθεί σε μικρότερες υπολεκάνες και να αναπτυχθούν χωριστά μοναδιαία υδρογραφήματα για κάθε υπολεκάνη.

Χρησιμοποιώντας τα μορφολογικά στοιχεία της λεκάνης ($L= 8.2$ Χλμ, $Lca= 4.1$ Χλμ, $S= 0.1721$) και τα σενάρια κατανομής βροχής που περιγράφηκαν προηγουμένως, υπολογίστηκαν πλημμυρογραφήματα για περιόδους επαναφοράς $T = 20, 50, 100, 500, 10.000, 20.000, 40.000, 50.000, 60.000$ έτη. Στον πίνακα 27 συνοψίζονται τα αποτελέσματα για την παροχή αιχμής για τις διάφορες περιόδους επαναφοράς για $Kn=0.10$ και ροή βάσης $50\mu\text{3}/\delta\lambda$. Στους πίνακες 28, 29, 30 δίδονται τα υδρογραφήματα καθώς και η γραφική τους παράσταση για τα σενάρια κατανομής βροχής 1, 2 και 3 αντίστοιχα, ενώ στο Παράρτημα II δίδεται ο αναλυτικός υπολογισμός των υδρογραφημάτων για περιόδους επαναφοράς $T = 20, 50, 100, 500, 10.000, 20.000, 60.000$ έτη, καθώς και η διερεύνηση της επίδρασης της μεταβολής των παραμέτρων Kn, CN στην υπολογιζόμενη παροχή αιχμής.

Πίνακας 27. Παροχή αιχμής ($\mu\text{3}/\delta\lambda$) πλημμυρογραφημάτων

Περίοδος επαναφοράς T (έτη)	Υψος βροχής (χλ.σ)	Kn	*Κεφ. 3 Παροχή αιχμής	Χαρακτηριστικά Υδρογραφήματος					
				Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3	
				Παροχή αιχμής	Όγκος (εκατ. κ.μ.)	Παροχή αιχμής	Όγκος (εκατ. κ.μ.)	Παροχή αιχμής	Όγκος (εκατ. κ.μ.)
20	209.86	0.10	248	298	10.40	195	10.45	111	10.45
50	258.25	0.10	341	394	12.58	272	12.64	139	12.65
100	298.79	0.10	421	476	14.54	341	14.62	165	14.62
500	407.89	0.10	706	702	20.19	539	20.31	244	20.31
10,000	681.10	0.10	1253	1268	35.60	1066	35.82	482	35.82
20,000	760.55	0.10	1410	1431	40.24	1222	40.50	559	40.50
40,000	847.31	0.10		1609	45.37	1392	45.66	647	45.66
50,000	876.90	0.10		1699	47.13	1450	47.43	678	47.43
60,000	901.72	0.10	1689	1720	48.60	1499	48.91	703	48.91

* Αποτελέσματα για τα υδρογραφήματα όπως υπολογίστηκαν στο κεφάλαιο 3 με τη δυσμενέστερη διάταξη υψών βροχής και μοναδιαίο με τη μέθοδο του Βρετανικού Ινστιτούτου

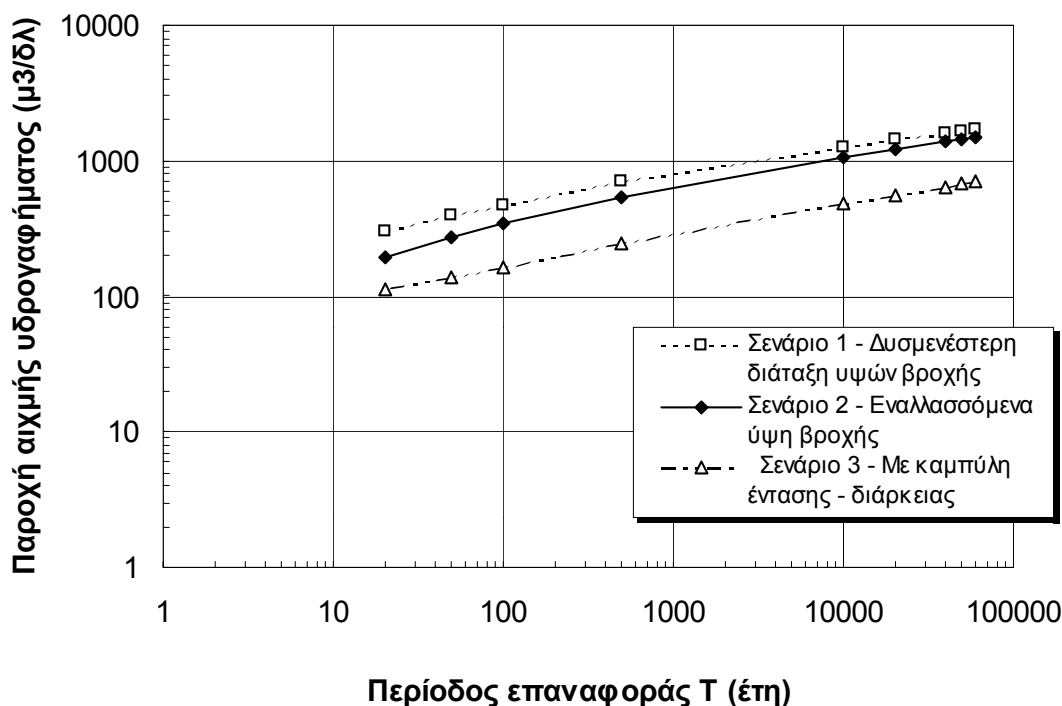
Σενάριο 1 Κατανομή βροχής με τη δυσμενέστερη διάταξη υψών βροχής (Worst profile)

Σενάριο 2 Κατανομή υψών βροχής με εναλλασσόμενα ύψη (Alternating Block Method)

Σενάριο 3 Κατανομή υψών βροχής με την εκθετική σχέση έντασης – διάρκειας χωρίς ανακατανομή

Σενάρια 1, 2&3 Εφαρμόζεται το μοναδιαίο υδρογράφημα Sierra Nevada σύμφωνα με το Design of Small Dams (1987) – όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 5

Από τα στοιχεία του Πιν.27 και όπως φαίνεται και στο σχήμα 30 προκύπτει ότι για το ίδιο συνολικό ύψος βροχής και τον ίδιο όγκο πλημμύρας η παροχή αιχμής μπορεί μέχρι και να υπερδιπλασιαστεί ανάλογα με την κατανομή της βροχής που επιλέγεται.



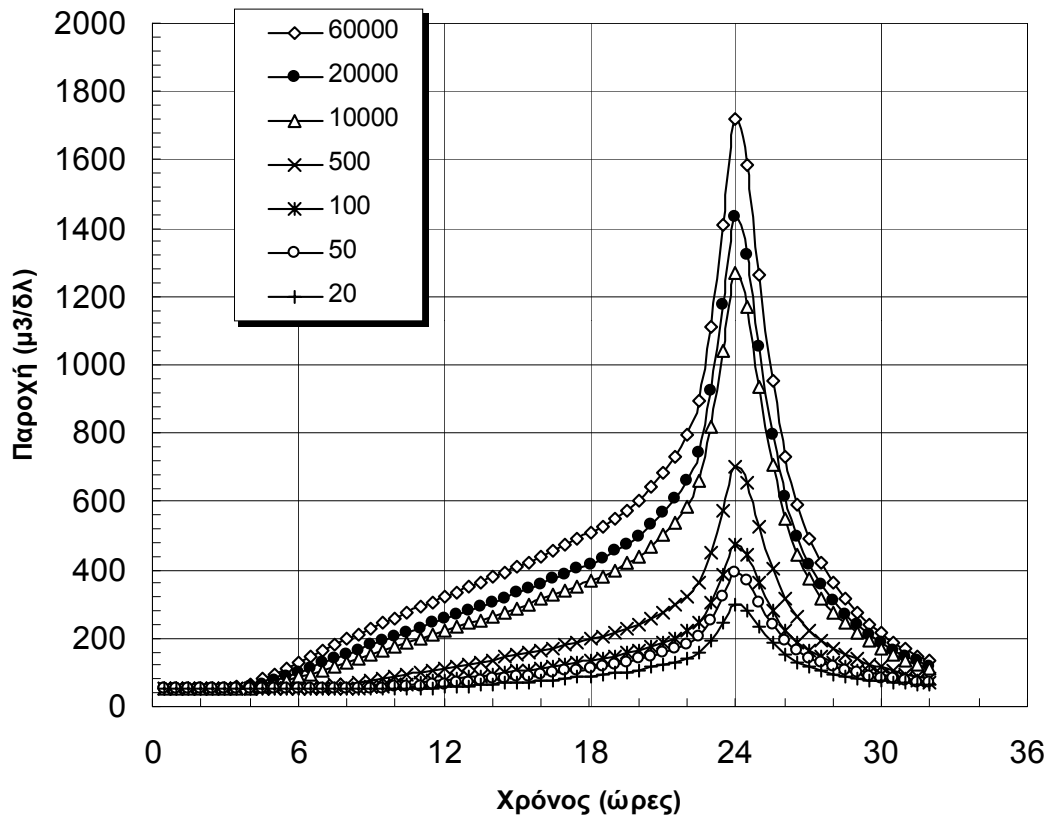
Σχήμα 30. Σύγκριση πλημμυρικών αιχμών υδρογραφημάτων για τα διάφορα σενάρια κατανομής της βροχής.

Κατά την άποψη του Τεχνικού Συμβούλου το σενάριο 2 με τα εναλλασσόμενα ύψη βροχής είναι πιο ρεαλιστικό, το σενάριο 1 είναι πάρα πολύ δυσμενές, ενώ το σενάριο 1 πολύ ευμενές. Στην διερεύνηση που ακολουθεί που αναφέρεται στις ανασχέσεις πλημμύρας με υπερχειλιστή και τη σήραγγα εκτροπής εξετάζονται και τα τρία σενάρια ώστε να δοθεί μία πλήρης εικόνα της επίδρασης της κατανομής της βροχής στα αποτελέσματα, παρόλο που κρίνεται ότι για τη λήψη αποφάσεων όσον αφορά τα τελικά μεγέθη σχεδιασμού θα πρέπει να υιοθετηθούν τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το σενάριο 2 ως πιο ρεαλιστικά.

Στη συνέχεια έγινε ανάλυση πλημμύρας με τον υπερχειλιστή όπως περιγράφεται και στο κεφάλαιο 4 για τα διάφορα πλημμυρογραφήματα και για διάφορες τιμές του υψομέτρου και του πλάτους στέψης του υπερχειλιστή για τιμές που δίδουν Α.Σ.Υ στον ταμιευτήρα κοντά στο +220,98 που ήταν η Α.Σ.Υ. που προβλεπόταν στη μελέτη του 1998 με στέψη υπερχειλιστή στο +216,50. Για την εκτίμηση των παροχών εκροής του υπερχειλιστή το Co ελήφθη ίσο με 2,2. Γίνεται διερεύνηση της δυνατότητας υποβιβασμού της στάθμης στέψης στο +216,0 καθώς και αύξησης του πλάτους σε 50μ. Συνοπτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 31 και αναλυτικά στο Παράρτημα III.

Πίνακας 28. Πλημμυρογραφήματα - Σενάριο 1

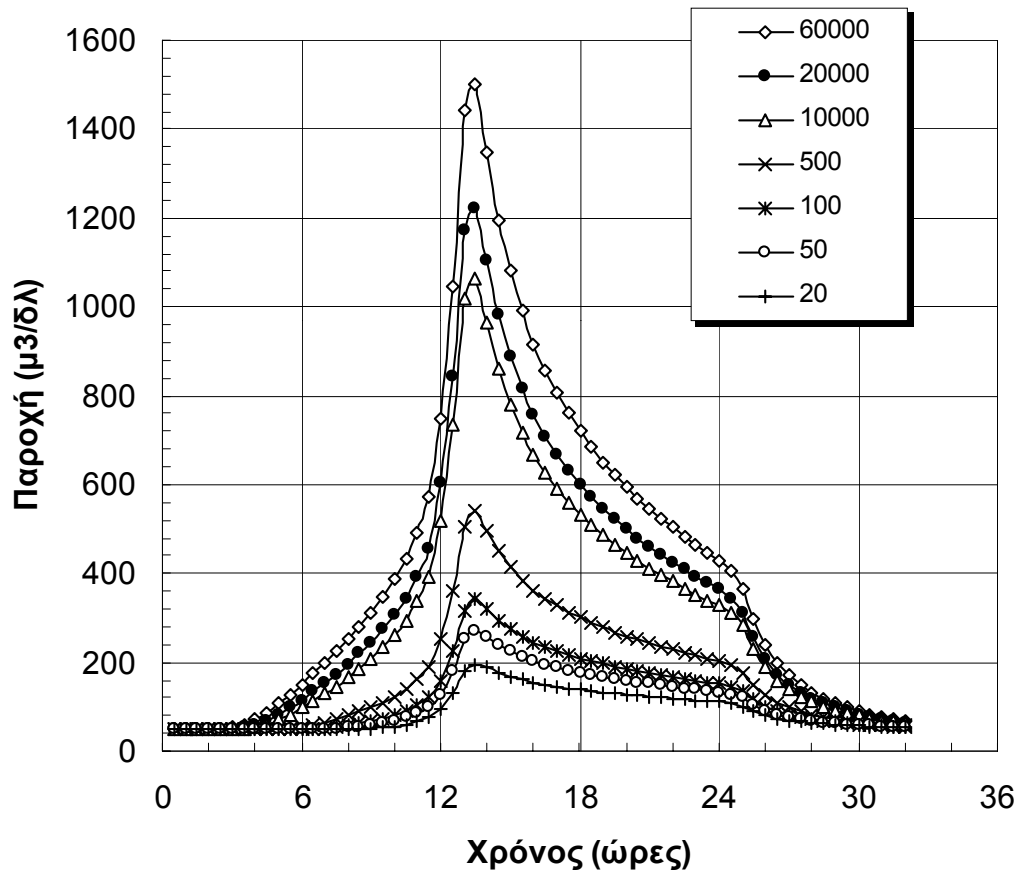
Κατανομή βροχής: Δυσμενέστερη διάταξη υψών βροχής για μοναδιαίο κατά Design of Small Dams									
Qmax	1719.9	1669.3	1608.8	1431.1	1267.7	701.6	476.1	393.7	297.5
Χρόνος	Περίοδος επαναφοράς								
	60000	50000	40000	20000	10000	500	100	50	20
0.5	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
1	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
1.5	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
2	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
2.5	50.20	50.13	50.07	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
3	51.64	51.28	50.91	50.26	50.03	50.00	50.00	50.00	50.00
3.5	56.34	55.23	54.06	51.68	50.51	50.00	50.00	50.00	50.00
4	66.17	64.04	61.68	55.95	52.45	50.00	50.00	50.00	50.00
4.5	79.94	76.82	73.27	64.00	57.35	50.00	50.00	50.00	50.00
5	95.74	91.75	87.14	74.74	65.09	50.06	50.00	50.00	50.00
5.5	112.47	107.68	102.12	86.91	74.61	50.43	50.00	50.00	50.00
6	129.55	124.02	117.59	99.80	85.09	51.63	50.00	50.00	50.00
6.5	146.67	140.47	133.23	113.04	96.09	54.14	50.02	50.00	50.00
7	163.65	156.83	148.84	126.41	107.38	57.74	50.20	50.00	50.00
7.5	180.41	173.01	164.32	139.79	118.80	62.02	50.82	50.03	50.00
8	196.90	188.95	179.60	153.11	130.26	66.75	52.22	50.23	50.00
8.5	213.08	204.63	194.67	166.33	141.72	71.79	54.31	50.84	50.00
9	228.97	220.04	209.50	179.41	153.14	77.05	56.87	52.08	50.03
9.5	244.57	235.18	224.10	192.36	164.51	82.50	59.75	53.85	50.19
10	259.90	250.08	238.48	205.17	175.81	88.10	62.87	55.96	50.67
10.5	274.99	264.77	252.67	217.86	187.04	93.82	66.18	58.33	51.62
11	289.88	279.27	266.69	230.44	198.23	99.66	69.66	60.90	52.94
11.5	304.61	293.62	280.59	242.94	209.38	105.60	73.29	63.63	54.53
12	319.22	307.86	294.38	255.38	220.52	111.65	77.05	66.52	56.32
12.5	333.77	322.05	308.14	267.81	231.67	117.80	80.95	69.54	58.27
13	348.30	336.23	321.89	280.26	242.86	124.06	84.97	72.70	60.37
13.5	362.86	350.44	335.68	292.77	254.13	130.44	89.12	75.98	62.60
14	377.50	364.73	349.55	305.38	265.50	136.96	93.40	79.40	64.96
14.5	392.27	379.17	363.57	318.13	277.03	143.64	97.82	82.95	67.44
15	407.25	393.80	377.79	331.08	288.75	150.48	102.40	86.65	70.06
15.5	422.52	408.72	392.28	344.28	300.71	157.53	107.15	90.50	72.82
16	438.21	424.04	407.16	357.83	312.98	164.82	112.09	94.52	75.72
16.5	454.44	439.89	422.55	371.83	325.66	172.37	117.25	98.73	78.78
17	471.38	456.42	438.58	386.40	338.84	180.24	122.65	103.15	82.02
17.5	489.17	473.78	455.43	401.69	352.65	188.48	128.33	107.82	85.45
18	508.03	492.18	473.26	417.86	367.25	197.16	134.34	112.78	89.11
18.5	528.20	511.84	492.32	435.10	382.80	206.39	140.73	118.06	93.03
19	549.97	533.05	512.86	453.67	399.52	216.27	147.59	123.74	97.25
19.5	574.77	557.20	536.24	474.75	418.44	227.35	155.24	130.07	101.97
20	604.58	586.21	564.29	499.95	441.01	240.38	164.18	137.44	107.44
20.5	642.31	622.89	599.72	531.69	469.32	256.46	175.10	146.41	114.08
21	685.16	664.55	639.94	567.69	501.42	274.68	187.50	156.60	121.64
21.5	733.69	711.72	685.49	608.45	537.75	295.32	201.58	168.20	130.26
22	797.76	773.97	745.57	662.13	585.52	322.25	219.86	183.24	141.43
22.5	896.99	870.33	838.50	744.98	659.09	363.24	247.52	205.91	158.19
23	1111.99	1079.03	1039.67	924.02	817.75	450.83	306.27	253.96	193.58
23.5	1411.03	1369.33	1319.53	1173.19	1038.68	573.32	388.83	321.68	243.72
24	1719.94	1669.30	1608.83	1431.09	1267.71	701.63	476.14	393.68	297.53
24.5	1584.74	1538.39	1483.04	1320.37	1170.83	652.48	445.65	369.88	281.36
25	1262.98	1226.39	1182.69	1054.27	936.22	526.99	363.65	303.78	233.81
25.5	951.13	923.91	891.40	795.87	708.05	403.69	282.29	237.83	185.89
26	731.53	710.90	686.27	613.88	547.34	316.77	224.88	191.25	152.01
26.5	588.94	572.61	553.11	495.80	443.12	260.60	187.89	161.29	130.27
27	491.52	478.14	462.15	415.18	372.00	222.41	162.82	141.03	115.62
27.5	418.13	406.97	393.64	354.48	318.47	193.73	144.04	125.87	104.68
28	361.86	352.41	341.13	307.96	277.47	171.82	129.73	114.33	96.37
28.5	314.71	306.70	297.12	268.98	243.12	153.47	117.75	104.68	89.43
29	275.85	269.01	260.85	236.86	214.81	138.37	107.90	96.74	83.73
29.5	242.17	236.36	229.42	209.02	190.27	125.28	99.35	89.86	78.78
30	213.85	208.90	202.99	185.62	169.65	114.28	92.18	84.08	74.63
30.5	189.24	185.04	180.02	165.28	151.72	104.71	85.93	79.05	71.01
31	167.73	164.19	159.95	147.50	136.05	96.34	80.48	74.66	67.85
31.5	148.73	145.76	142.21	131.78	122.20	88.94	75.64	70.76	65.05
32	131.85	129.39	126.45	117.83	109.89	82.36	71.34	67.29	62.55
	Όγκος 48.60 *10 ⁶ M3	Όγκος 47.13 *10 ⁶ M3	Όγκος 45.37 *10 ⁶ M3	Όγκος 40.24 *10 ⁶ M3	Όγκος 35.60 *10 ⁶ M3	Όγκος 20.19 *10 ⁶ M3	Όγκος 14.54 *10 ⁶ M3	Όγκος 12.58 *10 ⁶ M3	Όγκος 10.40 *10 ⁶ M3



Σχήμα 31. Υδρογραφήματα για διάφορες περιόδους επαναφοράς - Σενάριο 1.

Πίνακας 29. Πλημμυρογράφηματα - Σενάριο 2

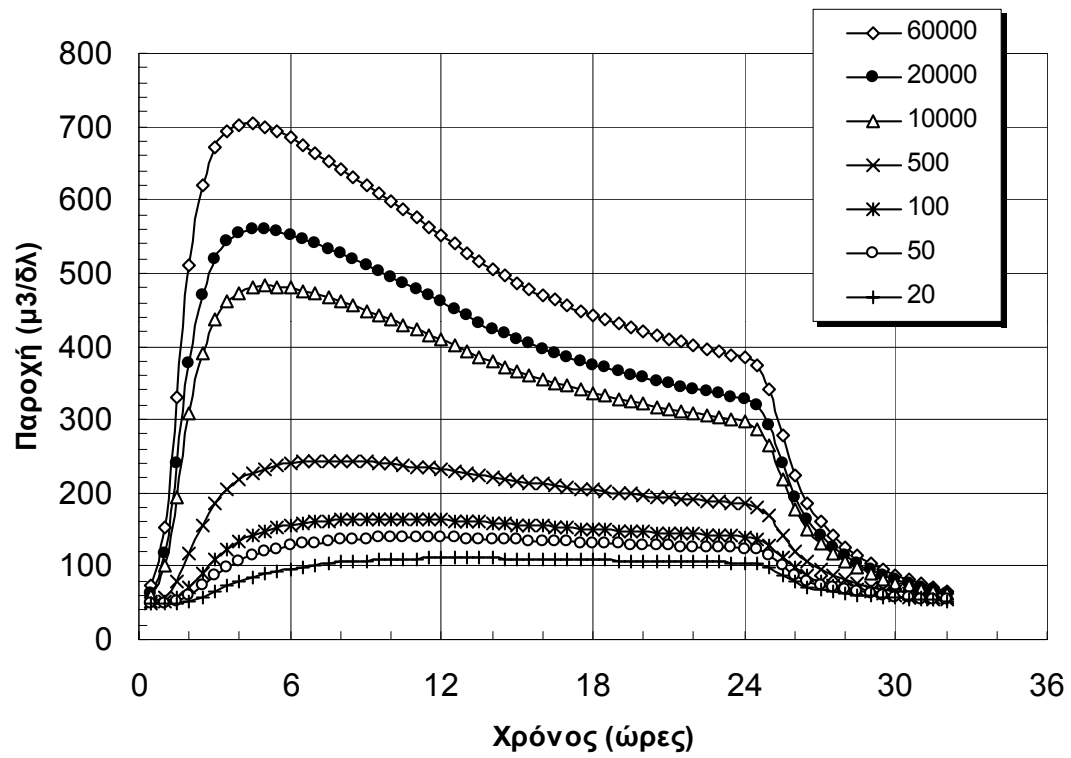
Κατανομή: Εναλλασσόμενη ύψη βροχής									
Qmax	1498.8	1450.1	1391.9	1221.5	1065.7	538.6	340.7	271.8	195.0
Χρόνος	Περίοδος επαναφοράς								
	60000	50000	40000	20000	10000	500	100	50	20
0.5	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
1	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
1.5	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
2	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
2.5	50.32	50.23	50.14	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
3	52.27	51.81	51.34	50.43	50.09	50.00	50.00	50.00	50.00
3.5	58.35	57.01	55.58	52.47	50.90	50.00	50.00	50.00	50.00
4	70.48	67.99	65.21	58.31	53.80	50.00	50.00	50.00	50.00
4.5	87.26	83.64	79.52	68.63	60.50	50.01	50.00	50.00	50.00
5	106.79	102.14	96.77	82.20	70.63	50.24	50.00	50.00	50.00
5.5	128.04	122.41	115.86	97.83	83.05	51.23	50.00	50.00	50.00
6	150.57	143.99	136.30	114.93	97.06	53.85	50.03	50.00	50.00
6.5	174.17	166.67	157.88	133.23	112.34	58.27	50.30	50.00	50.00
7	198.85	190.43	180.55	152.65	128.75	64.10	51.24	50.10	50.00
7.5	224.73	215.40	204.41	173.26	146.34	71.06	53.42	50.58	50.00
8	252.07	241.81	229.71	195.23	165.21	79.05	56.84	51.96	50.05
8.5	281.25	270.03	256.78	218.86	185.62	88.11	61.30	54.49	50.34
9	312.88	300.64	286.16	244.61	207.96	98.37	66.74	58.06	51.29
9.5	347.84	334.49	318.69	273.18	232.84	110.11	73.25	62.63	53.27
10	387.52	372.93	355.63	305.70	261.21	123.77	81.05	68.31	56.33
10.5	434.24	418.20	399.16	344.04	294.73	140.15	90.62	75.42	60.55
11	492.40	474.55	453.34	391.78	336.48	160.76	102.84	84.64	66.30
11.5	572.38	552.02	527.80	457.37	393.83	189.24	119.94	97.66	74.66
12	749.66	723.65	692.69	602.38	520.52	252.43	158.34	127.23	94.20
12.5	1045.72	1010.35	968.20	844.94	732.74	359.60	224.40	178.59	128.80
13	1442.80	1395.04	1338.08	1171.27	1018.94	506.58	316.46	250.87	178.40
13.5	1498.85	1450.10	1391.95	1221.50	1065.65	538.64	340.72	271.79	194.97
14	1349.71	1306.51	1254.97	1103.87	965.62	496.67	319.28	257.11	187.44
14.5	1196.54	1158.79	1113.75	981.67	860.76	449.73	293.40	238.36	176.41
15	1080.22	1046.58	1006.45	888.70	780.87	413.56	273.20	223.59	167.55
15.5	989.34	958.90	922.58	816.00	718.36	385.13	257.22	211.87	160.45
16	916.77	888.88	855.60	757.92	668.39	362.35	244.39	202.42	154.71
16.5	855.92	830.16	799.41	709.18	626.44	343.17	233.55	194.42	149.81
17	805.15	781.17	752.54	668.50	591.41	327.12	224.47	187.71	145.70
17.5	759.85	737.44	710.69	632.16	560.10	312.70	216.28	181.64	141.95
18	719.91	698.89	673.79	600.08	532.44	299.90	208.98	176.23	138.59
18.5	683.61	663.83	640.23	570.89	507.24	288.17	202.25	171.23	135.47
19	651.14	632.48	610.20	544.76	484.67	277.60	196.17	166.69	132.63
19.5	621.57	603.92	582.84	520.93	464.07	267.90	190.56	162.49	129.99
20	594.39	577.66	557.68	498.99	445.08	258.92	185.33	158.57	127.52
20.5	569.24	553.35	534.39	478.67	427.48	250.54	180.42	154.87	125.18
21	545.84	530.74	512.72	459.74	411.07	242.68	175.79	151.38	122.94
21.5	524.50	510.12	492.94	442.47	396.07	235.46	171.52	148.14	120.86
22	503.68	489.99	473.63	425.58	381.40	228.35	167.30	144.92	118.78
22.5	483.50	470.47	454.91	409.19	367.15	221.39	163.13	141.74	116.70
23	464.04	451.64	436.84	393.35	353.36	214.61	159.04	138.60	114.63
23.5	445.16	433.38	419.31	377.96	339.94	207.96	154.99	135.48	112.56
24	426.92	415.72	402.35	363.06	326.94	201.45	151.00	132.39	110.49
24.5	403.89	393.40	380.88	344.09	310.25	192.69	145.38	127.91	107.33
25	365.64	356.30	345.15	312.37	282.23	177.49	135.33	119.75	101.38
25.5	297.36	290.04	281.30	255.62	232.00	149.92	116.88	104.67	90.28
26	237.89	232.33	225.69	206.18	188.23	125.87	100.77	91.49	80.56
26.5	198.05	193.66	188.43	173.06	158.92	109.78	90.00	82.69	74.07
27	170.28	166.72	162.47	149.98	138.50	98.58	82.51	76.57	69.57
27.5	149.16	146.23	142.73	132.43	122.97	90.07	76.82	71.92	66.15
28	132.46	130.02	127.11	118.55	110.68	83.34	72.32	68.25	63.45
28.5	118.79	116.75	114.33	107.19	100.63	77.82	68.64	65.24	61.24
29	107.46	105.76	103.74	97.78	92.30	73.26	65.59	62.75	59.40
29.5	97.80	96.39	94.70	89.75	85.19	69.36	62.98	60.62	57.84
30	89.64	88.47	87.07	82.97	79.19	66.07	60.78	58.82	56.51
30.5	82.66	81.69	80.54	77.16	74.05	63.24	58.89	57.28	55.37
31	76.73	75.94	75.00	72.23	69.69	60.85	57.28	55.96	54.41
31.5	71.63	70.99	70.23	67.99	65.94	58.78	55.90	54.83	53.57
32	67.26	66.75	66.14	64.36	62.72	57.01	54.71	53.86	52.86
	Όγκος	Όγκος	Όγκος	Όγκος	Όγκος	Όγκος	Όγκος	Όγκος	Όγκος
	48.91	47.43	45.66	40.50	35.82	20.31	14.62	12.64	10.45
	*10 ⁶ M3	*10 ⁶ M3	*10 ⁶ M3	*10 ⁶ M3	*10 ⁶ M3	*10 ⁶ M3	*10 ⁶ M3	*10 ⁶ M3	*10 ⁶ M3



Σχήμα 32. Υδρογραφήματα για διάφορες περιόδους επαναφοράς - Σενάριο 2.

Πίνακας 30. Πλημμυρογραφήματα - Σενάριο 3

Κατανομή βροχής: Με καρπύλη έντασης - διάρκειας									
Qmax	703.3	677.8	647.4	559.4	482.2	243.5	164.7	138.9	111.0
Χρόνος	Περίοδος επαναφοράς								
	60000	50000	40000	20000	10000	500	100	50	20
0.5	72.37	70.80	68.99	64.02	59.99	50.91	50.00	50.00	50.00
1	151.65	145.23	137.74	117.05	99.91	58.09	51.37	50.43	50.00
1.5	329.74	313.14	293.76	239.79	194.53	79.16	57.06	52.95	50.45
2	510.79	486.61	458.20	377.97	309.04	118.26	71.32	60.13	52.39
2.5	620.15	593.12	561.22	470.16	390.48	156.76	90.75	72.69	57.45
3	671.82	644.37	611.89	518.54	435.94	184.96	108.59	86.07	64.93
3.5	694.55	667.50	635.44	542.90	460.43	204.14	122.50	97.40	72.61
4	702.82	676.46	645.19	554.63	473.53	217.31	133.01	106.39	79.33
4.5	703.33	677.75	647.37	559.20	479.94	226.46	140.99	113.48	84.95
5	699.23	674.46	645.01	559.39	482.18	232.84	147.10	119.09	89.62
5.5	692.66	668.65	640.09	556.95	481.82	237.24	151.82	123.57	93.50
6	684.33	661.07	633.39	552.72	479.67	240.25	155.47	127.15	96.73
6.5	674.84	652.30	625.47	547.20	476.19	242.14	158.29	130.04	99.44
7	664.49	642.65	616.64	540.72	471.74	243.18	160.44	132.35	101.71
7.5	653.65	632.48	607.27	533.60	466.59	243.53	162.05	134.18	103.61
8	642.56	622.04	597.59	526.08	460.97	243.35	163.20	135.63	105.20
8.5	631.35	611.44	587.71	518.29	455.01	242.75	163.99	136.74	106.52
9	620.06	600.74	577.71	510.30	448.80	241.80	164.47	137.57	107.62
9.5	608.75	590.00	567.64	502.18	442.39	240.57	164.69	138.17	108.52
10	597.64	579.42	557.71	494.08	435.93	239.11	164.69	138.57	109.25
10.5	586.55	568.86	547.77	485.94	429.39	237.47	164.50	138.80	109.83
11	575.29	558.13	537.65	477.62	422.67	235.66	164.16	138.88	110.28
11.5	563.80	547.17	527.31	469.07	415.72	233.65	163.67	138.81	110.61
12	551.97	535.86	516.64	460.21	408.49	231.46	163.02	138.62	110.84
12.5	539.56	524.01	505.44	450.91	400.86	229.05	162.22	138.30	110.97
13	527.30	512.26	494.30	441.56	393.13	226.42	161.26	137.85	110.99
13.5	515.89	501.31	483.90	432.74	385.75	223.74	160.18	137.27	110.92
14	505.41	491.23	474.31	424.57	378.87	221.12	159.05	136.62	110.76
14.5	495.71	481.90	465.42	416.97	372.44	218.60	157.91	135.93	110.54
15	486.68	473.21	457.13	409.86	366.41	216.19	156.79	135.23	110.28
15.5	478.23	465.08	449.36	403.19	360.74	213.87	155.68	134.52	110.00
16	470.30	457.44	442.07	396.91	355.39	211.64	154.59	133.82	109.70
16.5	462.84	450.24	435.20	390.98	350.33	209.51	153.53	133.12	109.38
17	455.78	443.44	428.70	385.37	345.53	207.46	152.50	132.43	109.06
17.5	449.10	437.00	422.54	380.04	340.96	205.49	151.49	131.75	108.73
18	442.76	430.88	416.69	374.97	336.62	203.60	150.51	131.08	108.40
18.5	436.73	425.06	411.12	370.15	332.47	201.77	149.56	130.42	108.07
19	430.98	419.51	405.81	365.54	328.51	200.02	148.63	129.78	107.73
19.5	425.50	414.21	400.74	361.14	324.72	198.32	147.73	129.15	107.40
20	420.25	409.15	395.89	356.92	321.08	196.68	146.85	128.53	107.07
20.5	415.22	404.29	391.24	352.88	317.60	195.10	145.99	127.92	106.74
21	410.41	399.64	386.78	349.00	314.25	193.57	145.15	127.33	106.41
21.5	405.78	395.17	382.50	345.27	311.02	192.09	144.34	126.75	106.09
22	401.33	390.88	378.39	341.68	307.92	190.66	143.55	126.18	105.76
22.5	397.06	386.74	374.42	338.22	304.93	189.27	142.78	125.62	105.45
23	392.94	382.76	370.61	334.89	302.04	187.92	142.02	125.08	105.13
23.5	388.96	378.92	366.92	331.67	299.26	186.62	141.29	124.54	104.82
24	385.13	375.21	363.37	328.56	296.56	185.35	140.57	124.02	104.52
24.5	372.85	363.31	351.91	318.42	287.63	180.61	137.50	121.56	102.77
25	341.96	333.34	323.04	292.78	264.95	168.24	129.28	114.86	97.87
25.5	279.01	272.24	264.16	240.42	218.59	142.73	112.17	100.86	87.53
26	223.49	218.36	212.24	194.25	177.70	120.21	97.05	88.48	78.38
26.5	186.66	182.63	177.80	163.63	150.59	105.29	87.05	80.30	72.34
27	161.28	157.99	154.06	142.52	131.91	95.02	80.17	74.67	68.19
27.5	142.05	139.33	136.08	126.53	117.75	87.25	74.96	70.42	65.06
28	126.86	124.59	121.88	113.91	106.58	81.11	70.85	67.06	62.58
28.5	114.40	112.50	110.23	103.55	97.41	76.08	67.48	64.30	60.55
29	104.05	102.46	100.55	94.95	89.80	71.90	64.69	62.02	58.87
29.5	95.18	93.85	92.25	87.57	83.27	68.31	62.28	60.05	57.42
30	87.65	86.54	85.21	81.31	77.73	65.27	60.25	58.39	56.19
30.5	81.16	80.25	79.15	75.92	72.96	62.64	58.49	56.95	55.14
31	75.63	74.87	73.97	71.32	68.88	60.40	56.99	55.72	54.23
31.5	70.84	70.23	69.50	67.34	65.36	58.47	55.69	54.66	53.45
32	66.71	66.22	65.63	63.90	62.31	56.79	54.56	53.74	52.77
	Όγκος 48.91 *10 ⁶ M3	Όγκος 47.43 *10 ⁶ M3	Όγκος 45.66 *10 ⁶ M3	Όγκος 40.50 *10 ⁶ M3	Όγκος 35.82 *10 ⁶ M3	Όγκος 20.31 *10 ⁶ M3	Όγκος 14.62 *10 ⁶ M3	Όγκος 12.65 *10 ⁶ M3	Όγκος 10.45 *10 ⁶ M3



Σχήμα 33. Υδρογραφήματα για διάφορες περιόδους επαναφοράς - Σενάριο 3.

Πίνακας 31. Συνοπτικά αποτελέσματα ανάσχεσης μέγιστης πιθανής πλημμύρας με υπερχειλιστή

Ανάσχεση Πλημμύρας με υπερχειλιστή									
Περίοδος επαν. Τ(έτη)	Υψος Βροχής	Κατανομή	Συντελ. Κη	Παροχή Qin, max εισροής	Υψομ. στέψης Υπερχ.	Μήκος υπερχ. L (μ)	Παροχή Qout ,max εκροής	Μέγιστη στάθμη Hmax	Φορτίο υπερχ.
10,000	681.10	1	0.10	1267.7	216.5	40	888.9	221.17	4.67
20,000	760.55	1	0.10	1431.1	216.5	40	1011.6	221.59	5.09
60,000	901.72	1	0.10	1719.9	216.5	40	1235.8	222.32	5.82
10,000	681.10	2	0.10	1065.7	216.5	40	738.5	220.63	4.13
20,000	760.55	2	0.10	221.5	216.5	40	851.9	221.04	4.54
50,000	876.90	2	0.10	1450.1	216.5	40	1026.6	221.64	5.14
60,000	901.72	2	0.10	1498.8	216.5	40	1064.5	221.77	5.27
10,000	681.10	2	0.10	1065.7	216	40	747.7	220.16	4.16
20,000	760.55	2	0.10	1221.5	216	40	860.6	220.57	4.57
50,000	876.90	2	0.10	1450.1	216	40	1033.5	221.17	5.17
60,000	901.72	2	0.10	1498.8	216	40	1070.9	221.29	5.29
10,000	681.10	2	0.10	1065.7	216.5	50	786.9	220.21	3.71
20,000	760.55	2	0.10	221.5	216.5	50	904.1	220.57	4.07
50,000	876.90	2	0.10	1450.1	216.5	50	1081.4	221.09	4.59
60,000	901.72	2	0.10	1498.8	216.5	50	1119.8	221.20	4.70
10,000	681.10	2	0.10	1065.7	216	50	793.1	219.73	3.73
20,000	760.55	2	0.10	221.5	216	50	916.7	220.11	4.11
50,000	876.90	2	0.10	1450.1	216	50	1090.1	220.61	4.61
60,000	901.72	2	0.10	1498.8	216	50	1128.2	220.72	4.72
10,000	681.10	3	0.10	482.2	216.5	40	438.7	219.42	2.92
20,000	760.55	3	0.10	559.4	216.5	40	506.6	219.71	3.21
60,000	901.72	3	0.10	703.3	216.5	40	627.7	220.21	3.71

Σενάριο 1

Κατανομή βροχής με τη δυσμενέστερη διάταξη (Worst profile)

Σενάριο 2

Κατανομή Υψών βροχής με εναλλασσόμενα ύψη (Alternating Block Method)

Σενάριο 3

Κατανομή Υψών βροχής με τη σχέση έντασης – διάρκειας χωρίς ανακατανομή

Επίσης έγινε ανάλυση των πλημμυρογραφημάτων που προσδιορίστηκαν για περιόδους επαναφοράς $T = 20, 50, 100$ έτη για τα διάφορα σενάρια κατανομής της βροχής (βλ. Παράρτημα IV) σε συνδυασμό με τον έλεγχο της διαστασιολόγησης των έργων εκτροπής. Στους υπολογισμούς εξετάζεται η περίπτωση κυκλικής σήραγγας εκτροπής, αλλά αντίστοιχα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και άλλη ισοδύναμη διατομή. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον επόμενο πίνακα 32.

Πίνακας 32. Συνοπτικά αποτελέσματα ανάλυσης πλημμύρας με σήραγγα εκτροπής.

Ανάλυση Πλημμύρας με σήραγγα εκτροπής							
Περίοδος επαν. T(έτη)	Υψος Βροχής	Κατανομή	Συντελ. K_n	Διάμ. σήραγ. D(μ)	Παροχή $Q_{in, max}$ εισροής	Παροχή $Q_{out, max}$ εκροής	Μέγιστη στάθμη H_{max}
20	209.86	1	0.10	4.5	297.5	153.8	185.79
50	258.25	1	0.10	4.5	393.7	172.6	188.98
100	298.79	1	0.10	4.5	476.1	186.1	191.49
20	209.86	2	0.10	4.5	195.0	136.1	183.44
20	209.86	2	0.14	4.5	173.5	131.7	182.81
50	258.25	2	0.10	4.5	271.8	158.2	186.93
50	258.25	2	0.13	4.5	246.5	155.3	186.44
50	258.25	2	0.13	4.25	246.5	145.3	187.87
50	258.25	2	0.13	4.0	246.5	133.6	189.18
100	298.79	2	0.10	4.5	340.7	173.8	189.71
100	298.79	2	0.12	4.5	315.0	172.2	189.41
20	209.86	3	0.10	4.5	111.0	110.1	179.80
50	258.25	3	0.10	4.5	138.9	131.7	182.51
100	298.79	3	0.10	4.5	164.7	149.1	185.04

Σενάριο 1 Κατανομή βροχής με τη δυσμενέστερη διάταξη (Worst profile)

Σενάριο 2 Κατανομή Υψών βροχής με εναλλασσόμενα ύψη (Alternating Block Method)

Σενάριο 3 Κατανομή Υψών βροχής με την εκθετική σχέση έντασης – διάρκειας χωρίς ανακατανομή

Στο Παράρτημα δίδονται τα αναλυτικά αποτελέσματα για τις περιπτώσεις $K_n=0.10$, το οποίο δίνει δυσμενέστερα αποτελέσματα, αν και μία κάπως πιο αυξημένη τιμή θα ήταν πιο αντιπροσωπευτική για τις εξεταζόμενες εδώ περιόδους επαναφοράς, γιατί και στον παραπάνω πίνακα δίδονται και κάποια συνοπτικά αποτελέσματα για μεγαλύτερες τιμές του K_n .

Για $T=50$ έτη, $K_n=0.13$, δίδονται αποτελέσματα και για διαμέτρους $D=4.25, 4.00$ μ.

5.3 Σχόλια και απόψεις του Τεχνικού Συμβούλου

Η έρευνα που προηγήθηκε και οι προκύπτουσες τιμές των μεγεθών δείχνουν ότι:

- ◆ Η αύξηση των πλημμυρικών παροχών σε σχέση με τα μεγέθη της μελέτης 1998 είναι αναπόφευκτη.
- ◆ Λόγω της έλλειψης μετρήσεων πλημμυρικών παροχών στο χειμάρρο Αποσελέμη που θα κατέγραφαν και χρονικά τη διόδευση των πλημμυρών διαφόρων περιόδων, καθίσταται πρακτικά αδύνατος ο καθορισμός μίας τιμής μέγιστης πιθανής πλημμύρας με βεβαιότητα.
- ◆ Τα υφιστάμενα στοιχεία υπέστησαν εξαντλητική επεξεργασία και για τις πλέον δυσμενείς αναζητήσεις χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές και μεθοδολογίες για τον περιορισμό του ρίσκου – αύξηση του βαθμού ασφαλείας - στα έργα υπερχειλίσης.

Οι τελικές απόψεις του Τεχνικού Συμβούλου τόσο για τα έργα υπερχειλίσης όσο και για τα έργα εκτροπής είναι οι εξής:

- ◆ Τα έργα εκτροπής (βλ. Πίνακα 32) είναι επαρκή και δεν πρέπει εν γένει να μεταβληθούν. Η στάθμη +188,0 του προφράγματος θα πρέπει να διατηρηθεί, αλλά η σήραγγα εκτροπής θα πρέπει να είναι ισοδύναμη με κυκλική διατομή διαμέτρου $D=4,5$ μ. για να διοχετεύει με ασφάλεια πλημμύρα $T=50$ έτη (Με το δυσμενές σενάριο εξασφαλίζεται η διοχέτευση πλημμύρας $T=20$, ενώ με το ευμενές εξασφαλίζεται η διοχέτευση πλημμύρας $T>100$ έτη).
- ◆ Ο υποβιβασμός της στάθμης της στέψης του υπερχειλιστή από +216,5 στη μελέτη του 1998 στο +216,0 συνεπάγεται την αντίστοιχη μείωση του ωφέλιμου όγκου του ταμιευτήρα κατά 0,8 εκατ κ.μ., το οποίο όμως είναι μικρό ποσοστό του ωφέλιμου όγκου του ταμιευτήρα και δεν επηρεάζει τη λειτουργία του ταμιευτήρα.
- ◆ Η τελική διαμόρφωση του υπερχειλιστή (στάθμη, πλάτος στέψης) θα αποφασιστεί κατά τον οριστικό σχεδιασμό του έργου.
- ◆ Σημειώνεται ότι ο υπερχειλιστής όπως έχει σχεδιαστεί στην εγκεκριμένη οριστική μελέτη - στέψη +216,5, πλάτος 40 μ. - εξασφαλίζει το έργο σε πλημμύρες $T=20.000$ έτη και παροχή σχεδιασμού ~850 μ³/δλ με την παραδοχή των εναλλασσόμενων υψών βροχής. Αντίστοιχα με την παραδοχή της δυσμενούς διάταξης των επιμέρους υψών βροχής ο υπερχειλιστής διοχετεύει με ασφάλεια πλημμύρα περιόδου επαναφοράς $T=10.000$ ετών, ενώ με το ευμενές σενάριο διοχετεύει με ασφάλεια πλημμύρα περιόδου επαναφοράς $T>60.000$ ετών. Σημειώνεται ότι αυτή η περίοδος επαναφοράς έχει χρησιμοποιηθεί πρόσφατα για το σχεδιασμό πολλών έργων ασφαλείας σε φράγματα της ΔΕΗ.
- ◆ Η τελική άποψη του Τεχνικού Συμβούλου της παρούσας είναι ότι ο υπερχειλιστής θα πρέπει να σχεδιαστεί με παροχή εκροής τάξης μεγέθους περίπου 900 - 1050 μ³/δλ και κατά μέσο όρο 1000 μ³/δλ (βλ. Πίνακα 31), χωρίς μεταβολή του πλάτους των 40 μ, δεδομένου ότι είναι αμφίβολο εάν αυτό είναι εφικτό λόγω των μορφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής. Εάν όμως τελικά διαπιστωθεί ότι υπάρχει δυνατότητα αύξησης του πλάτους του υπερχειλιστή σε $L\sim 50$ μ., αυτό είναι επιθυμητό.
- ◆ Όπως προκύπτει από την παρούσα μελέτη πλημμυρών και την υδρολογία υδατικού ισοζυγίου η στάθμη στέψης του φράγματος (+222,0) και του τοίχου κυματισμών (+223,2) δεν θα μεταβληθεί σε σχέση με την οριστική μελέτη του 1998. Η Α.Σ.Π. πρέπει να διατηρηθεί στο ~+221,0 ώστε να μην προκύψει πρόβλημα κατάκλυσης μεγαλύτερων εκτάσεων και προφανώς ούτε και στον οικισμό Αβδού.

Αναφορές

- ΑΔΚ και Watson, Υδρολογία – Έκθεση, *Φράγμα Αποσελέμη – Οριστική μελέτη*, Διεύθυνση Έργων Ύδρευσης - Αποχέτευσης, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Αθήνα, 1998.
- Κουτσογιάννης, Δ., *Υδρολογικές μέθοδοι διόδευσης πλημμυρών*, 16 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1988.
- Κουτσογιάννης, Δ., *Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης*, Έκδοση 3, 202 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1993.
- Κουτσογιάννης, Δ., *Στατιστική Υδρολογία*, Έκδοση 4, 312 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997.
- Κουτσογιάννης, Δ., *Σημειώσεις Υδρομετεωρολογίας*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1998α.
- Κουτσογιάννης, Δ., *Υδρολογική μελέτη πλημμυρών (Κεφ. 1-4 και Παράρτ. 1), Μελέτη ύδρευσης ευρύτερης περιοχής Ρόδου - υδραγωγείου και εγκαταστάσεων καθαρισμού νερού από το φράγμα Γαδουρά*, Εργοδότης: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Μελετητές: Γραφείο Μαχαίρα, Γ. Καφετζόπουλος - Δ. Μπενάκης - Ι. Πριντάτκο, Υδροεξυγιαντική, και Π. Κέρκουλας, 62 σελίδες, Αθήνα, 1998β.
- Κουτσογιάννης, Δ. *Υδρολογική Μελέτη Πλημμυρών, Μελέτη Δίαιτας π. Ποταμού Κέρκυρας*, Αναπτυξιακή Επιχείρηση Δήμου Κερκυραίων & Γραφείο Μελετών Μ. Παπακώστα και Συνεργάτες, Κέρκυρα, 2001.
- Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.
- Τεχνικός Σύμβουλος - Κ/Ξ Αποσελέμη - Ειδικός Σύμβουλος Δ. Κουτσογιάννης, *Υδρολογική μελέτη λειτουργίας του ταμιευτήρα, Παροχή Υπηρεσιών Συμβούλου για τα Έργα Αποσελέμη*, Εργοδότης: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Αθήνα, Οκτώβριος 2001.
- Chow, V. T., D. R. Maidment, and L. W. Mays, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, 1988.
- Hershfield, D. M., Estimating the probable maximum precipitation, *Proc. ASCE, J. Hydraul. Div.*, 87(HY5), 99-106, 1961
- Hershfield, D. M., Method for estimating probable maximum precipitation, *J. American Waterworks Association*, 57, 965-972, 1965.
- Koutsoyiannis, D., A stochastic disaggregation method for design storm and flood synthesis, *Journal of Hydrology*, 156, 193-225, 1994.
- Koutsoyiannis, D., A probabilistic view of Hershfield's method for estimating probable maximum precipitation, *Water Resources Research*, 35(4), 1313-1322, 1999.
- Koutsoyiannis, D., and G. Baloutsos, Analysis of a long record of annual maximum rainfall in Athens, Greece, and design rainfall inferences, *Natural Hazards*, 22(1), 31-51, 2000.

- 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.
- Larson, C. L., and B. M. Reich, Relationship of observed rainfall and runoff recurrence intervals, in *Floods and Droughts*, Proc. 2nd Intern. Symp. in Hydrology, Water Resources Publications, Fort Collins, CO, 1973.
- Linsley, R. K., M. A. Kohler, and J. L. H. Paulhus, *Hydrology for Engineers*, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 1975.
- National Environmental Research Council (NERC), *Flood Studies Report*, Institute of Hydrology, Wallingford, 1975.
- National Research Council, *Estimating Probabilities of Extreme Floods: Methods and Recommended Research*, National Academy Press, Washington, D.C., 1988.
- Soil Conservation Service, *National Engineering Handbook*, section 4, Hydrology, U.S. Dept. of Agriculture, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1972.
- 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.
- Sutcliffe J.V., *Methods of Flood Estimation, A Guide to Flood Studies Report*, Report No 49, Institute of Hydrology, UK, 1978.
- US Department of the Interior, Bureau of Reclamation, *Design of Arch Dams*, US Government Printing Office, Denver, CO, 1977.
- US Department of the Interior, Bureau of Reclamation, *Design of Small Dams*, 3rd edition, Chapter 3, Flood Studies, US Government Printing Office, Denver, CO, 1987.
- Viessman, W. Jr., G. L. Lewis and J. W. Knapp, *Introduction to Hydrology*, 3rd edition, Happer & Row, New York, 1989.
- World Meteorological Organization (WMO), Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation, Operational Hydrology Report 1, 2nd edition, Publication 332, World Meteorological Organization, Geneva, 1986.
- Engineering Hydrology*, Chin. Y. Kuo (ed), ASCE (1993).

Session S-10: Design Storm Hydrographs

Back to the Unit Hydrograph Method

T.V. Hromadka II and J.J. DeVries.....	p. 240
A Potential Problem with Mean Dimensionless Hydrographs at Ungaged Sites	
K.L. Wahl and J.G. Rankl	p. 246
Robust Method to Generate Multiple Unit Hydrographs	
M.C. Boudafel and S.G. Buchberger	p. 252
Estimation and Regionalization Procedures of Nash's Instantaneous Unit Hydrograph	
R.A. Smith, O.J. Mesa and S. Ramirez	p. 258

Παράρτημα Ι - Υετογραφήματα και υδρογραφήματα σχεδιασμού με τη μέθοδο του Βρετανικού Ινστιτούτου

ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΑΠΟΣΕΛΕΜΗ - ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ: 20

ΥΕΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Μέθοδος κατάρτισης υετογράμματος:

Με τη δυσμενέστερη διάταξη των επιμέρους υψών βροχής
 Διάρκεια βροχής, D (h) : 24.00
 Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN : 55.0
 Παράμετρος $S = 25.4 * (1000/CN - 10)$ (mm) : 207.8
 Ολικό ύψος βροχής, H (mm) : 209.9
 Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) : 75.4
 Απώλειες (%) : 64.1

Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής		Ολικό υετόγραμμα		Ωφέλιμο υετόγραμμα	
	Αθροιστ. h(t) [mm]	Μερικό Δh(t) [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
0.50	28.9	28.9	2.2	2.2	0.0	0.0
1.00	41.9	12.9	2.2	4.4	0.0	0.0
1.50	51.7	9.8	2.3	6.7	0.0	0.0
2.00	59.9	8.2	2.3	9.0	0.0	0.0
2.50	67.2	7.2	2.3	11.3	0.0	0.0
3.00	73.7	6.5	2.3	13.6	0.0	0.0
3.50	79.7	6.0	2.4	15.9	0.0	0.0
4.00	85.3	5.6	2.4	18.3	0.0	0.0
4.50	90.5	5.2	2.4	20.7	0.0	0.0
5.00	95.5	4.9	2.4	23.2	0.0	0.0
5.50	100.2	4.7	2.5	25.7	0.0	0.0
6.00	104.6	4.5	2.5	28.2	0.0	0.0
6.50	109.0	4.3	2.5	30.7	0.0	0.0
7.00	113.1	4.1	2.6	33.3	0.0	0.0
7.50	117.1	4.0	2.6	36.0	0.0	0.0
8.00	121.0	3.9	2.7	38.6	0.0	0.0
8.50	124.7	3.7	2.7	41.3	0.0	0.0
9.00	128.3	3.6	2.8	44.1	0.0	0.0
9.50	131.9	3.5	2.8	46.9	0.1	0.1
10.00	135.3	3.4	2.8	49.7	0.3	0.2
10.50	138.7	3.4	2.9	52.6	0.6	0.3
11.00	142.0	3.3	3.0	55.6	0.9	0.3
11.50	145.2	3.2	3.0	58.6	1.3	0.4
12.00	148.3	3.1	3.1	61.6	1.8	0.5
12.50	151.4	3.1	3.1	64.8	2.3	0.6
13.00	154.4	3.0	3.2	68.0	3.0	0.6
13.50	157.3	3.0	3.3	71.3	3.7	0.7
14.00	160.2	2.9	3.4	74.6	4.5	0.8
14.50	163.1	2.8	3.4	78.1	5.5	0.9
15.00	165.9	2.8	3.5	81.6	6.5	1.0

15.50	168.6	2.8	3.6	85.2	7.6	1.1
16.00	171.3	2.7	3.7	89.0	8.8	1.2
16.50	174.0	2.7	3.9	92.9	10.2	1.3
17.00	176.6	2.6	4.0	96.8	11.6	1.5
17.50	179.2	2.6	4.1	101.0	13.2	1.6
18.00	181.8	2.5	4.3	105.3	15.0	1.7
18.50	184.3	2.5	4.5	109.8	16.9	1.9
19.00	186.8	2.5	4.9	114.7	19.1	2.2
19.50	189.2	2.4	5.2	120.0	21.5	2.4
20.00	191.6	2.4	6.0	126.0	24.4	2.9
20.50	194.0	2.4	6.5	132.5	27.7	3.3
21.00	196.4	2.4	8.2	140.7	32.0	4.4
21.50	198.7	2.3	12.9	153.7	39.3	7.3
22.00	201.0	2.3	28.9	182.6	57.0	17.7
22.50	203.3	2.3	9.8	192.4	63.5	6.4
23.00	205.5	2.3	7.2	199.7	68.3	4.9
23.50	207.7	2.2	5.6	205.2	72.1	3.8
24.00	209.9	2.2	4.7	209.9	75.4	3.3

ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετό- γράμμα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U[m3/sec]	Υδρογρά- φημα επιφ. απορροής E[m3/sec]	Βασική ροή B[m3/sec]	Συνολικό υδρογρά- φημα I[m3/sec]
0.50	0.0	1.6	0.0	12.0	12.0
1.00	0.0	23.1	0.0	12.0	12.0
1.50	0.0	34.7	0.0	12.0	12.0
2.00	0.0	46.2	0.0	12.0	12.0
2.50	0.0	57.8	0.0	12.0	12.0
3.00	0.0	49.5	0.0	12.0	12.0
3.50	0.0	41.3	0.0	12.0	12.0
4.00	0.0	33.0	0.0	12.0	12.0
4.50	0.0	24.8	0.0	12.0	12.0
5.00	0.0	16.5	0.0	12.0	12.0
5.50	0.0	8.3	0.0	12.0	12.0
6.00	0.0		0.0	12.0	12.0
6.50	0.0		0.0	12.0	12.0
7.00	0.0		0.0	12.0	12.0
7.50	0.0		0.0	12.0	12.0
8.00	0.0		0.0	12.0	12.0
8.50	0.0		0.0	12.0	12.0
9.00	0.0		0.0	12.0	12.0
9.50	0.1		0.1	12.0	12.1
10.00	0.2		0.4	12.0	12.4
10.50	0.3		0.9	12.0	12.9
11.00	0.3		1.9	12.0	13.9
11.50	0.4		3.2	12.0	15.2
12.00	0.5		4.9	12.0	16.9
12.50	0.6		6.9	12.0	18.9
13.00	0.6		9.2	12.0	21.2
13.50	0.7		11.7	12.0	23.7
14.00	0.8		14.3	12.0	26.3
14.50	0.9		17.0	12.0	29.0
15.00	1.0		19.7	12.0	31.7
15.50	1.1		22.6	12.0	34.6
16.00	1.2		25.6	12.0	37.6
16.50	1.3		28.7	12.0	40.7
17.00	1.5		31.9	12.0	43.9
17.50	1.6		35.3	12.0	47.3
18.00	1.7		38.9	12.0	50.9
18.50	1.9		42.7	12.0	54.7
19.00	2.2		46.8	12.0	58.8
19.50	2.4		51.4	12.0	63.4
20.00	2.9		56.7	12.0	68.7
20.50	3.3		63.1	12.0	75.1
21.00	4.4		71.0	12.0	83.0
21.50	7.3		82.1	12.0	94.1
22.00	17.7		102.2	12.0	114.2
22.50	6.4		146.9	12.0	158.9
23.00	4.9		182.2	12.0	194.2
23.50	3.8		214.0	12.0	226.0
24.00	3.3		236.2	12.0	248.2
24.50			227.4	12.0	239.4

25.00	204.6	12.0	216.6
25.50	174.0	12.0	186.0
26.00	138.5	12.0	150.5
26.50	99.1	12.0	111.1
27.00	63.4	12.0	75.4
27.50	33.5	12.0	45.5
28.00	18.4	12.0	30.4
28.50	8.5	12.0	20.5
29.00	2.7	12.0	14.7
29.50	0.0	12.0	12.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	209.9
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	75.4
Απώλειες (%) :	64.1
Παροχή αιχμής (m ³ /sec) :	248.2
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής (h) :	24.00
Καθαρός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	4.57
Συνολικός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	5.82

ΥΕΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Μέθοδος κατάρτισης υετογράμματος:

Με τη δυσμενέστερη διάταξη των επιμέρους υψών βροχής

Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN :	55.0
Παράμετρος S = 25.4 * (1000/CN - 10) (mm) :	207.8
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	258.4
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	110.7
Απώλειες (%) :	57.2

Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής		Ολικό υετόγραμμα		Ωφέλιμο υετόγραμμα	
	Αθροιστ. h(t) [mm]	Μερικό Δh(t) [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
0.50	35.6	35.6	2.7	2.7	0.0	0.0
1.00	51.5	15.9	2.7	5.5	0.0	0.0
1.50	63.6	12.1	2.8	8.2	0.0	0.0
2.00	73.8	10.1	2.8	11.0	0.0	0.0
2.50	82.7	8.9	2.8	13.9	0.0	0.0
3.00	90.7	8.0	2.9	16.7	0.0	0.0
3.50	98.1	7.4	2.9	19.6	0.0	0.0
4.00	104.9	6.9	2.9	22.6	0.0	0.0
4.50	111.4	6.4	3.0	25.5	0.0	0.0
5.00	117.5	6.1	3.0	28.5	0.0	0.0
5.50	123.3	5.8	3.1	31.6	0.0	0.0
6.00	128.8	5.5	3.1	34.7	0.0	0.0
6.50	134.1	5.3	3.1	37.8	0.0	0.0
7.00	139.2	5.1	3.2	41.0	0.0	0.0
7.50	144.1	4.9	3.2	44.2	0.0	0.0
8.00	148.9	4.8	3.3	47.5	0.2	0.1
8.50	153.5	4.6	3.3	50.9	0.4	0.2
9.00	158.0	4.5	3.4	54.2	0.7	0.3
9.50	162.3	4.4	3.4	57.7	1.2	0.4
10.00	166.6	4.2	3.5	61.2	1.7	0.5
10.50	170.7	4.1	3.6	64.8	2.3	0.6
11.00	174.7	4.0	3.6	68.4	3.1	0.7
11.50	178.7	3.9	3.7	72.1	3.9	0.8
12.00	182.5	3.9	3.8	75.9	4.9	1.0
12.50	186.3	3.8	3.9	79.7	5.9	1.1
13.00	190.0	3.7	3.9	83.7	7.1	1.2
13.50	193.6	3.6	4.0	87.7	8.4	1.3
14.00	197.2	3.6	4.1	91.8	9.8	1.4
14.50	200.7	3.5	4.2	96.1	11.3	1.5
15.00	204.2	3.4	4.4	100.4	13.0	1.7
15.50	207.5	3.4	4.5	104.9	14.8	1.8
16.00	210.9	3.3	4.6	109.5	16.7	1.9
16.50	214.2	3.3	4.8	114.3	18.8	2.1
17.00	217.4	3.2	4.9	119.2	21.1	2.3
17.50	220.6	3.2	5.1	124.3	23.6	2.4
18.00	223.7	3.1	5.3	129.6	26.2	2.6
18.50	226.8	3.1	5.5	135.1	29.0	2.9
19.00	229.8	3.1	6.1	141.2	32.3	3.3
19.50	232.9	3.0	6.4	147.7	35.9	3.6

20.00	235.8	3.0	7.4	155.0	40.1	4.2
20.50	238.8	2.9	8.0	163.1	44.8	4.8
21.00	241.7	2.9	10.1	173.2	51.1	6.2
21.50	244.5	2.9	15.9	189.2	61.3	10.2
22.00	247.4	2.8	35.6	224.7	85.8	24.5
22.50	250.2	2.8	12.1	236.8	94.6	8.8
23.00	252.9	2.8	8.9	245.7	101.2	6.6
23.50	255.7	2.7	6.9	252.6	106.3	5.1
24.00	258.4	2.7	5.8	258.4	110.7	4.4

ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετό- γράμμα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U[m3/sec]	Υδρογρά- φημα επιφ. απορροής E[m3/sec]	Βασική ροή B[m3/sec]	Συνολικό υδρογρά- φημα I[m3/sec]
0.50	0.0	1.6	0.0	12.0	12.0
1.00	0.0	23.1	0.0	12.0	12.0
1.50	0.0	34.7	0.0	12.0	12.0
2.00	0.0	46.2	0.0	12.0	12.0
2.50	0.0	57.8	0.0	12.0	12.0
3.00	0.0	49.5	0.0	12.0	12.0
3.50	0.0	41.3	0.0	12.0	12.0
4.00	0.0	33.0	0.0	12.0	12.0
4.50	0.0	24.8	0.0	12.0	12.0
5.00	0.0	16.5	0.0	12.0	12.0
5.50	0.0	8.3	0.0	12.0	12.0
6.00	0.0		0.0	12.0	12.0
6.50	0.0		0.0	12.0	12.0
7.00	0.0		0.0	12.0	12.0
7.50	0.0		0.0	12.0	12.0
8.00	0.1		0.1	12.0	12.1
8.50	0.2		0.5	12.0	12.5
9.00	0.3		1.2	12.0	13.2
9.50	0.4		2.4	12.0	14.4
10.00	0.5		4.2	12.0	16.2
10.50	0.6		6.5	12.0	18.5
11.00	0.7		9.1	12.0	21.1
11.50	0.8		12.1	12.0	24.1
12.00	1.0		15.3	12.0	27.3
12.50	1.1		18.7	12.0	30.7
13.00	1.2		22.2	12.0	34.2
13.50	1.3		25.7	12.0	37.7
14.00	1.4		29.3	12.0	41.3
14.50	1.5		33.0	12.0	45.0
15.00	1.7		36.7	12.0	48.7
15.50	1.8		40.6	12.0	52.6
16.00	1.9		44.6	12.0	56.6
16.50	2.1		48.7	12.0	60.7
17.00	2.3		53.1	12.0	65.1
17.50	2.4		57.6	12.0	69.6
18.00	2.6		62.4	12.0	74.4
18.50	2.9		67.4	12.0	79.4
19.00	3.3		72.9	12.0	84.9
19.50	3.6		79.1	12.0	91.1
20.00	4.2		86.2	12.0	98.2
20.50	4.8		94.9	12.0	106.9
21.00	6.2		105.7	12.0	117.7
21.50	10.2		120.7	12.0	132.7
22.00	24.5		148.4	12.0	160.4
22.50	8.8		209.6	12.0	221.6
23.00	6.6		257.4	12.0	269.4
23.50	5.1		299.9	12.0	311.9
24.00	4.4		328.9	12.0	340.9
24.50			315.1	12.0	327.1

25.00	282.4	12.0	294.4
25.50	239.4	12.0	251.4
26.00	189.9	12.0	201.9
26.50	135.4	12.0	147.4
27.00	86.3	12.0	98.3
27.50	45.4	12.0	57.4
28.00	24.8	12.0	36.8
28.50	11.5	12.0	23.5
29.00	3.6	12.0	15.6
29.50	0.0	12.0	12.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	258.4
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	110.7
Απώλειες (%) :	57.2
Παροχή αιχμής (m ³ /sec) :	340.9
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής (h) :	24.00
Καθαρός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	6.71
Συνολικός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	7.96

ΥΕΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Μέθοδος κατάρτισης υετογράμματος:

Με τη δυσμενέστερη διάταξη των επιμέρους υψών βροχής

Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN :	55.0
Παράμετρος S = 25.4 * (1000/CN - 10) (mm) :	207.8
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	299.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	142.5
Απώλειες (%) :	52.4

Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής		Ολικό υετόγραμμα		Ωφέλιμο υετόγραμμα	
	Αθροιστ. h(t) [mm]	Μερικό Δh(t) [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
0.50	41.2	41.2	3.1	3.1	0.0	0.0
1.00	59.6	18.4	3.2	6.3	0.0	0.0
1.50	73.6	14.0	3.2	9.5	0.0	0.0
2.00	85.3	11.7	3.2	12.8	0.0	0.0
2.50	95.7	10.3	3.3	16.0	0.0	0.0
3.00	105.0	9.3	3.3	19.4	0.0	0.0
3.50	113.5	8.5	3.4	22.7	0.0	0.0
4.00	121.4	7.9	3.4	26.1	0.0	0.0
4.50	128.9	7.5	3.4	29.6	0.0	0.0
5.00	135.9	7.0	3.5	33.0	0.0	0.0
5.50	142.6	6.7	3.5	36.6	0.0	0.0
6.00	149.0	6.4	3.6	40.2	0.0	0.0
6.50	155.2	6.1	3.6	43.8	0.0	0.0
7.00	161.1	5.9	3.7	47.5	0.2	0.1
7.50	166.8	5.7	3.7	51.2	0.4	0.3
8.00	172.3	5.5	3.8	55.0	0.8	0.4
8.50	177.6	5.3	3.9	58.9	1.3	0.5
9.00	182.8	5.2	3.9	62.8	2.0	0.6
9.50	187.8	5.0	4.0	66.8	2.7	0.8
10.00	192.7	4.9	4.1	70.8	3.6	0.9
10.50	197.5	4.8	4.1	74.9	4.6	1.0
11.00	202.2	4.7	4.2	79.1	5.8	1.1
11.50	206.8	4.6	4.3	83.4	7.0	1.3
12.00	211.2	4.5	4.4	87.8	8.4	1.4
12.50	215.6	4.4	4.5	92.3	9.9	1.5
13.00	219.9	4.3	4.6	96.8	11.6	1.7
13.50	224.1	4.2	4.7	101.5	13.4	1.8
14.00	228.2	4.1	4.8	106.3	15.4	2.0
14.50	232.3	4.1	4.9	111.2	17.5	2.1
15.00	236.2	4.0	5.0	116.2	19.7	2.3
15.50	240.2	3.9	5.2	121.4	22.2	2.4
16.00	244.0	3.9	5.3	126.7	24.8	2.6
16.50	247.8	3.8	5.5	132.2	27.5	2.8
17.00	251.6	3.7	5.7	137.9	30.5	3.0
17.50	255.2	3.7	5.9	143.8	33.7	3.2
18.00	258.9	3.6	6.1	150.0	37.2	3.4
18.50	262.4	3.6	6.4	156.4	40.9	3.7
19.00	266.0	3.5	7.0	163.4	45.0	4.2
19.50	269.5	3.5	7.5	170.9	49.6	4.6

20.00	272.9	3.4	8.5	179.4	55.0	5.4
20.50	276.3	3.4	9.3	188.7	61.0	6.0
21.00	279.7	3.4	11.7	200.5	68.8	7.8
21.50	283.0	3.3	18.4	218.9	81.6	12.8
22.00	286.3	3.3	41.2	260.1	112.0	30.4
22.50	289.5	3.2	14.0	274.1	122.8	10.8
23.00	292.7	3.2	10.3	284.4	130.8	8.1
23.50	295.9	3.2	7.9	292.3	137.1	6.3
24.00	299.0	3.1	6.7	299.0	142.5	5.3

ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετό- γράμμα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U[m3/sec]	Υδρογρά- φημα επιφ. απορροής E[m3/sec]	Βασική ροή B[m3/sec]	Συνολικό υδρογρά- φημα I[m3/sec]
0.50	0.0	1.6	0.0	12.0	12.0
1.00	0.0	23.1	0.0	12.0	12.0
1.50	0.0	34.7	0.0	12.0	12.0
2.00	0.0	46.2	0.0	12.0	12.0
2.50	0.0	57.8	0.0	12.0	12.0
3.00	0.0	49.5	0.0	12.0	12.0
3.50	0.0	41.3	0.0	12.0	12.0
4.00	0.0	33.0	0.0	12.0	12.0
4.50	0.0	24.8	0.0	12.0	12.0
5.00	0.0	16.5	0.0	12.0	12.0
5.50	0.0	8.3	0.0	12.0	12.0
6.00	0.0		0.0	12.0	12.0
6.50	0.0		0.0	12.0	12.0
7.00	0.1		0.1	12.0	12.1
7.50	0.3		0.4	12.0	12.4
8.00	0.4		1.3	12.0	13.3
8.50	0.5		2.7	12.0	14.7
9.00	0.6		4.8	12.0	16.8
9.50	0.8		7.5	12.0	19.5
10.00	0.9		10.7	12.0	22.7
10.50	1.0		14.3	12.0	26.3
11.00	1.1		18.2	12.0	30.2
11.50	1.3		22.3	12.0	34.3
12.00	1.4		26.5	12.0	38.5
12.50	1.5		30.7	12.0	42.7
13.00	1.7		35.0	12.0	47.0
13.50	1.8		39.3	12.0	51.3
14.00	2.0		43.7	12.0	55.7
14.50	2.1		48.1	12.0	60.1
15.00	2.3		52.7	12.0	64.7
15.50	2.4		57.4	12.0	69.4
16.00	2.6		62.2	12.0	74.2
16.50	2.8		67.2	12.0	79.2
17.00	3.0		72.5	12.0	84.5
17.50	3.2		77.9	12.0	89.9
18.00	3.4		83.7	12.0	95.7
18.50	3.7		89.8	12.0	101.8
19.00	4.2		96.4	12.0	108.4
19.50	4.6		103.9	12.0	115.9
20.00	5.4		112.5	12.0	124.5
20.50	6.0		123.1	12.0	135.1
21.00	7.8		136.3	12.0	148.3
21.50	12.8		154.7	12.0	166.7
22.00	30.4		188.8	12.0	200.8
22.50	10.8		264.0	12.0	276.0
23.00	8.1		322.4	12.0	334.4
23.50	6.3		373.9	12.0	385.9
24.00	5.3		408.5	12.0	420.5
24.50			390.3	12.0	402.3

25.00	349.0	12.0	361.0
25.50	295.3	12.0	307.3
26.00	233.7	12.0	245.7
26.50	166.4	12.0	178.4
27.00	105.8	12.0	117.8
27.50	55.5	12.0	67.5
28.00	30.3	12.0	42.3
28.50	14.0	12.0	26.0
29.00	4.4	12.0	16.4
29.50	0.0	12.0	12.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	299.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	142.5
Απώλειες (%) :	52.4
Παροχή αιχμής (m ³ /sec) :	420.5
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής (h) :	24.00
Καθαρός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	8.64
Συνολικός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	9.89

ΥΕΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Μέθοδος κατάρτισης υετογράμματος:

Με τη δυσμενέστερη διάταξη των επιμέρους υψών βροχής	
Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN :	55.0
Παράμετρος S = 25.4 * (1000/CN - 10) (mm) :	207.8
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	407.7
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	233.5
Απώλειες (%) :	42.7

Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής		Ολικό υετόγραμμα		Ωφέλιμο υετόγραμμα	
	Αθροιστ. h(t) [mm]	Μερικό Δh(t) [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
0.50	56.2	56.2	4.3	4.3	0.0	0.0
1.00	81.3	25.1	4.3	8.6	0.0	0.0
1.50	100.4	19.1	4.4	13.0	0.0	0.0
2.00	116.4	16.0	4.4	17.4	0.0	0.0
2.50	130.4	14.1	4.5	21.9	0.0	0.0
3.00	143.1	12.7	4.5	26.4	0.0	0.0
3.50	154.7	11.6	4.6	31.0	0.0	0.0
4.00	165.6	10.8	4.6	35.6	0.0	0.0
4.50	175.7	10.2	4.7	40.3	0.0	0.0
5.00	185.3	9.6	4.8	45.0	0.1	0.1
5.50	194.5	9.1	4.8	49.9	0.3	0.3
6.00	203.2	8.7	4.9	54.7	0.8	0.5
6.50	211.6	8.4	4.9	59.7	1.5	0.7
7.00	219.6	8.0	5.0	64.7	2.3	0.9
7.50	227.4	7.8	5.1	69.8	3.4	1.1
8.00	234.9	7.5	5.2	75.0	4.6	1.3
8.50	242.1	7.3	5.3	80.2	6.1	1.4
9.00	249.2	7.1	5.3	85.6	7.7	1.6
9.50	256.1	6.9	5.4	91.0	9.5	1.8
10.00	262.8	6.7	5.5	96.5	11.5	2.0
10.50	269.3	6.5	5.6	102.2	13.7	2.2
11.00	275.6	6.4	5.7	107.9	16.0	2.4
11.50	281.9	6.2	5.8	113.7	18.6	2.6
12.00	288.0	6.1	6.0	119.7	21.4	2.7
12.50	293.9	6.0	6.1	125.8	24.3	2.9
13.00	299.8	5.8	6.2	132.0	27.4	3.1
13.50	305.5	5.7	6.4	138.4	30.8	3.3
14.00	311.1	5.6	6.5	144.9	34.3	3.5
14.50	316.7	5.5	6.7	151.6	38.1	3.8
15.00	322.1	5.4	6.9	158.5	42.1	4.0
15.50	327.4	5.3	7.1	165.5	46.3	4.2
16.00	332.7	5.3	7.3	172.8	50.8	4.5
16.50	337.9	5.2	7.5	180.3	55.5	4.7
17.00	343.0	5.1	7.8	188.1	60.6	5.0
17.50	348.0	5.0	8.0	196.1	65.9	5.3
18.00	352.9	4.9	8.4	204.5	71.6	5.7
18.50	357.8	4.9	8.7	213.2	77.6	6.0
19.00	362.6	4.8	9.6	222.8	84.4	6.8
19.50	367.4	4.8	10.2	233.0	91.8	7.3

20.00	372.1	4.7	11.6	244.6	100.3	8.6
20.50	376.7	4.6	12.7	257.3	109.9	9.5
21.00	381.3	4.6	16.0	273.3	122.2	12.3
21.50	385.8	4.5	25.1	298.4	142.0	19.8
22.00	390.3	4.5	56.2	354.6	188.1	46.1
22.50	394.7	4.4	19.1	373.6	204.3	16.1
23.00	399.1	4.4	14.1	387.7	216.3	12.0
23.50	403.4	4.3	10.8	398.5	225.6	9.3
24.00	407.7	4.3	9.1	407.7	233.5	7.9

ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετό- γράμμα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U[m3/sec]	Υδρογρά- φημα επιφ. απορροής E[m3/sec]	Βασική ροή B[m3/sec]	Συνολικό υδρογρά- φημα I[m3/sec]
0.50	0.0	1.6	0.0	81.0	81.0
1.00	0.0	23.1	0.0	81.0	81.0
1.50	0.0	34.7	0.0	81.0	81.0
2.00	0.0	46.2	0.0	81.0	81.0
2.50	0.0	57.8	0.0	81.0	81.0
3.00	0.0	49.5	0.0	81.0	81.0
3.50	0.0	41.3	0.0	81.0	81.0
4.00	0.0	33.0	0.0	81.0	81.0
4.50	0.0	24.8	0.0	81.0	81.0
5.00	0.1	16.5	0.0	81.0	81.0
5.50	0.3	8.3	0.2	81.0	81.2
6.00	0.5		0.9	81.0	81.9
6.50	0.7		2.4	81.0	83.4
7.00	0.9		4.8	81.0	85.8
7.50	1.1		8.4	81.0	89.4
8.00	1.3		13.0	81.0	94.0
8.50	1.4		18.2	81.0	99.2
9.00	1.6		24.1	81.0	105.1
9.50	1.8		30.3	81.0	111.3
10.00	2.0		36.7	81.0	117.7
10.50	2.2		43.1	81.0	124.1
11.00	2.4		49.5	81.0	130.5
11.50	2.6		55.9	81.0	136.9
12.00	2.7		62.2	81.0	143.2
12.50	2.9		68.5	81.0	149.5
13.00	3.1		74.8	81.0	155.8
13.50	3.3		81.1	81.0	162.1
14.00	3.5		87.5	81.0	168.5
14.50	3.8		94.1	81.0	175.1
15.00	4.0		100.7	81.0	181.7
15.50	4.2		107.5	81.0	188.5
16.00	4.5		114.4	81.0	195.4
16.50	4.7		121.7	81.0	202.7
17.00	5.0		129.2	81.0	210.2
17.50	5.3		137.0	81.0	218.0
18.00	5.7		145.3	81.0	226.3
18.50	6.0		154.1	81.0	235.1
19.00	6.8		163.5	81.0	244.5
19.50	7.3		174.4	81.0	255.4
20.00	8.6		186.9	81.0	267.9
20.50	9.5		202.6	81.0	283.6
21.00	12.3		222.0	81.0	303.0
21.50	19.8		249.5	81.0	330.5
22.00	46.1		300.8	81.0	381.8
22.50	16.1		413.8	81.0	494.8
23.00	12.0		500.3	81.0	581.3
23.50	9.3		575.9	81.0	656.9
24.00	7.9		625.1	81.0	706.1
24.50			594.2	81.0	675.2

25.00	529.3	81.0	610.3
25.50	446.3	81.0	527.3
26.00	352.2	81.0	433.2
26.50	250.0	81.0	331.0
27.00	158.2	81.0	239.2
27.50	82.5	81.0	163.5
28.00	45.0	81.0	126.0
28.50	20.8	81.0	101.8
29.00	6.6	81.0	87.6
29.50	0.0	81.0	81.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	407.7
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	233.5
Απώλειες (%) :	42.7
Παροχή αιχμής (m ³ /sec) :	706.1
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής (h) :	24.00
Καθαρός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	14.16
Συνολικός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	22.61

ΥΕΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Μέθοδος κατάρτισης υετογράμματος:

Με τη δυσμενέστερη διάταξη των επιμέρους υψών βροχής

Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN :	55.0
Παράμετρος S = 25.4 * (1000/CN - 10) (mm) :	207.8
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	681.2
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	482.8
Απώλειες (%) :	29.1

Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής		Ολικό υετόγραμμα		Ωφέλιμο υετόγραμμα	
	Αθροιστ. h(t) [mm]	Μερικό Δh(t) [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
0.50	93.8	93.8	7.1	7.1	0.0	0.0
1.00	135.8	42.0	7.2	14.4	0.0	0.0
1.50	167.7	31.9	7.3	21.7	0.0	0.0
2.00	194.4	26.7	7.4	29.1	0.0	0.0
2.50	217.9	23.5	7.5	36.5	0.0	0.0
3.00	239.1	21.2	7.6	44.1	0.0	0.0
3.50	258.6	19.5	7.6	51.7	0.5	0.4
4.00	276.7	18.1	7.7	59.5	1.4	0.9
4.50	293.7	17.0	7.8	67.3	2.8	1.4
5.00	309.7	16.1	7.9	75.3	4.7	1.9
5.50	325.0	15.3	8.0	83.3	7.0	2.3
6.00	339.6	14.6	8.2	91.5	9.7	2.7
6.50	353.5	14.0	8.3	99.7	12.7	3.1
7.00	367.0	13.4	8.4	108.1	16.2	3.4
7.50	380.0	13.0	8.5	116.7	19.9	3.8
8.00	392.5	12.5	8.6	125.3	24.0	4.1
8.50	404.6	12.2	8.8	134.1	28.5	4.5
9.00	416.4	11.8	8.9	143.0	33.3	4.8
9.50	427.9	11.5	9.1	152.1	38.4	5.1
10.00	439.1	11.2	9.2	161.3	43.8	5.4
10.50	450.0	10.9	9.4	170.7	49.5	5.7
11.00	460.6	10.6	9.6	180.3	55.5	6.0
11.50	471.0	10.4	9.8	190.1	61.9	6.3
12.00	481.2	10.2	10.0	200.0	68.6	6.7
12.50	491.2	10.0	10.2	210.2	75.5	7.0
13.00	500.9	9.8	10.4	220.6	82.9	7.3
13.50	510.5	9.6	10.6	231.2	90.5	7.7
14.00	519.9	9.4	10.9	242.1	98.5	8.0
14.50	529.1	9.2	11.2	253.3	106.9	8.4
15.00	538.2	9.1	11.5	264.8	115.6	8.7
15.50	547.1	8.9	11.8	276.6	124.7	9.1
16.00	555.9	8.8	12.2	288.7	134.3	9.5
16.50	564.6	8.6	12.5	301.3	144.3	10.0
17.00	573.1	8.5	13.0	314.2	154.7	10.5
17.50	581.5	8.4	13.4	327.7	165.7	11.0
18.00	589.8	8.3	14.0	341.7	177.3	11.6
18.50	597.9	8.2	14.6	356.2	189.5	12.2
19.00	606.0	8.0	16.1	372.3	203.1	13.6
19.50	613.9	7.9	17.0	389.3	217.6	14.5

20.00	621.7	7.8	19.5	408.8	234.5	16.8
20.50	629.5	7.7	21.2	429.9	253.0	18.5
21.00	637.1	7.6	26.7	456.7	276.6	23.6
21.50	644.7	7.6	42.0	498.7	314.2	37.6
22.00	652.2	7.5	93.8	592.5	400.1	85.8
22.50	659.6	7.4	31.9	624.4	429.6	29.6
23.00	666.9	7.3	23.5	647.9	451.5	21.9
23.50	674.1	7.2	18.1	666.0	468.5	16.9
24.00	681.2	7.1	15.3	681.2	482.8	14.3

ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετό- γράμμα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U[m3/sec]	Υδρογρά- φημα επιφ. απορροής E[m3/sec]	Βασική ροή B[m3/sec]	Συνολικό υδρογρά- φημα I[m3/sec]
0.50	0.0	1.6	0.0	81.0	81.0
1.00	0.0	23.1	0.0	81.0	81.0
1.50	0.0	34.7	0.0	81.0	81.0
2.00	0.0	46.2	0.0	81.0	81.0
2.50	0.0	57.8	0.0	81.0	81.0
3.00	0.0	49.5	0.0	81.0	81.0
3.50	0.4	41.3	0.1	81.0	81.1
4.00	0.9	33.0	1.3	81.0	82.3
4.50	1.4	24.8	4.1	81.0	85.1
5.00	1.9	16.5	9.1	81.0	90.1
5.50	2.3	8.3	16.7	81.0	97.7
6.00	2.7		26.5	81.0	107.5
6.50	3.1		38.0	81.0	119.0
7.00	3.4		50.7	81.0	131.7
7.50	3.8		64.1	81.0	145.1
8.00	4.1		77.7	81.0	158.7
8.50	4.5		91.1	81.0	172.1
9.00	4.8		104.1	81.0	185.1
9.50	5.1		116.5	81.0	197.5
10.00	5.4		128.5	81.0	209.5
10.50	5.7		140.1	81.0	221.1
11.00	6.0		151.4	81.0	232.4
11.50	6.3		162.4	81.0	243.4
12.00	6.7		173.3	81.0	254.3
12.50	7.0		184.1	81.0	265.1
13.00	7.3		194.8	81.0	275.8
13.50	7.7		205.5	81.0	286.5
14.00	8.0		216.2	81.0	297.2
14.50	8.4		227.0	81.0	308.0
15.00	8.7		238.1	81.0	319.1
15.50	9.1		249.3	81.0	330.3
16.00	9.5		260.9	81.0	341.9
16.50	10.0		272.9	81.0	353.9
17.00	10.5		285.4	81.0	366.4
17.50	11.0		298.5	81.0	379.5
18.00	11.6		312.4	81.0	393.4
18.50	12.2		327.1	81.0	408.1
19.00	13.6		343.0	81.0	424.0
19.50	14.5		361.7	81.0	442.7
20.00	16.8		383.4	81.0	464.4
20.50	18.5		411.0	81.0	492.0
21.00	23.6		445.6	81.0	526.6
21.50	37.6		495.3	81.0	576.3
22.00	85.8		589.3	81.0	670.3
22.50	29.6		796.4	81.0	877.4
23.00	21.9		952.5	81.0	1033.5
23.50	16.9		1087.4	81.0	1168.4
24.00	14.3		1172.0	81.0	1253.0
24.50			1107.9	81.0	1188.9

25.00	982.7	81.0	1063.7
25.50	825.5	81.0	906.5
26.00	649.3	81.0	730.3
26.50	459.4	81.0	540.4
27.00	289.4	81.0	370.4
27.50	150.0	81.0	231.0
28.00	81.7	81.0	162.7
28.50	37.7	81.0	118.7
29.00	11.9	81.0	92.9
29.50	0.0	81.0	81.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	681.2
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	482.8
Απώλειες (%) :	29.1
Παροχή αιχμής (m ³ /sec) :	1253.0
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής (h) :	24.00
Καθαρός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	29.27
Συνολικός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	37.73

ΥΕΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Μέθοδος κατάρτισης υετογράμματος:

Με τη δυσμενέστερη διάταξη των επιμέρους υψών βροχής

Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN :	55.0
Παράμετρος S = 25.4 * (1000/CN - 10) (mm) :	207.8
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	760.5
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	557.7
Απώλειες (%) :	26.7

Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής		Ολικό υετόγραμμα		Ωφέλιμο υετόγραμμα	
	Αθροιστ. h(t) [mm]	Μερικό Δh(t) [mm]	Μερικό Δh[mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
0.50	104.8	104.8	8.0	8.0	0.0	0.0
1.00	151.7	46.9	8.1	16.0	0.0	0.0
1.50	187.2	35.6	8.2	24.2	0.0	0.0
2.00	217.1	29.8	8.2	32.4	0.0	0.0
2.50	243.3	26.2	8.3	40.8	0.0	0.0
3.00	266.9	23.7	8.4	49.2	0.3	0.3
3.50	288.7	21.7	8.5	57.8	1.2	0.9
4.00	308.9	20.2	8.6	66.4	2.7	1.5
4.50	327.8	19.0	8.8	75.2	4.7	2.0
5.00	345.8	17.9	8.9	84.0	7.2	2.5
5.50	362.8	17.0	9.0	93.0	10.2	3.0
6.00	379.1	16.3	9.1	102.1	13.7	3.5
6.50	394.7	15.6	9.2	111.4	17.5	3.9
7.00	409.7	15.0	9.4	120.7	21.8	4.3
7.50	424.2	14.5	9.5	130.2	26.5	4.7
8.00	438.2	14.0	9.7	139.9	31.6	5.1
8.50	451.7	13.6	9.8	149.7	37.0	5.4
9.00	464.9	13.2	10.0	159.6	42.8	5.8
9.50	477.7	12.8	10.1	169.8	48.9	6.1
10.00	490.2	12.5	10.3	180.1	55.4	6.5
10.50	502.4	12.2	10.5	190.6	62.2	6.8
11.00	514.2	11.9	10.7	201.3	69.4	7.2
11.50	525.8	11.6	10.9	212.2	76.9	7.5
12.00	537.2	11.4	11.1	223.3	84.8	7.9
12.50	548.3	11.1	11.4	234.7	93.0	8.2
13.00	559.2	10.9	11.6	246.3	101.6	8.6
13.50	569.9	10.7	11.9	258.2	110.5	8.9
14.00	580.4	10.5	12.2	270.3	119.9	9.3
14.50	590.7	10.3	12.5	282.8	129.6	9.7
15.00	600.9	10.1	12.8	295.6	139.7	10.1
15.50	610.8	10.0	13.2	308.8	150.3	10.6
16.00	620.6	9.8	13.6	322.3	161.4	11.0
16.50	630.3	9.7	14.0	336.3	172.9	11.5
17.00	639.8	9.5	14.5	350.8	185.0	12.1
17.50	649.2	9.4	15.0	365.8	197.6	12.7
18.00	658.4	9.2	15.6	381.4	210.9	13.3
18.50	667.5	9.1	16.3	397.7	224.9	14.0
19.00	676.5	9.0	17.9	415.6	240.5	15.6
19.50	685.3	8.9	19.0	434.6	257.1	16.6

20.00	694.1	8.8	21.7	456.3	276.3	19.2
20.50	702.7	8.6	23.7	480.0	297.4	21.1
21.00	711.3	8.5	29.8	509.8	324.3	26.9
21.50	719.7	8.4	46.9	556.7	367.1	42.7
22.00	728.1	8.3	104.8	661.5	464.3	97.2
22.50	736.3	8.2	35.6	697.1	497.7	33.4
23.00	744.5	8.2	26.2	723.3	522.4	24.7
23.50	752.5	8.1	20.2	743.5	541.6	19.1
24.00	760.5	8.0	17.0	760.5	557.7	16.2

ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετό- γράμμα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U[m3/sec]	Υδρογρά- φημα επιφ. απορροής E[m3/sec]	Βασική ροή B[m3/sec]	Συνολικό υδρογρά- φημα I[m3/sec]
0.50	0.0	1.6	0.0	81.0	81.0
1.00	0.0	23.1	0.0	81.0	81.0
1.50	0.0	34.7	0.0	81.0	81.0
2.00	0.0	46.2	0.0	81.0	81.0
2.50	0.0	57.8	0.0	81.0	81.0
3.00	0.3	49.5	0.0	81.0	81.0
3.50	0.9	41.3	0.8	81.0	81.8
4.00	1.5	33.0	3.3	81.0	84.3
4.50	2.0	24.8	8.1	81.0	89.1
5.00	2.5	16.5	15.9	81.0	96.9
5.50	3.0	8.3	26.7	81.0	107.7
6.00	3.5		39.8	81.0	120.8
6.50	3.9		54.3	81.0	135.3
7.00	4.3		69.9	81.0	150.9
7.50	4.7		85.9	81.0	166.9
8.00	5.1		101.8	81.0	182.8
8.50	5.4		117.1	81.0	198.1
9.00	5.8		131.7	81.0	212.7
9.50	6.1		145.6	81.0	226.6
10.00	6.5		158.9	81.0	239.9
10.50	6.8		171.8	81.0	252.8
11.00	7.2		184.3	81.0	265.3
11.50	7.5		196.5	81.0	277.5
12.00	7.9		208.5	81.0	289.5
12.50	8.2		220.4	81.0	301.4
13.00	8.6		232.2	81.0	313.2
13.50	8.9		243.9	81.0	324.9
14.00	9.3		255.7	81.0	336.7
14.50	9.7		267.6	81.0	348.6
15.00	10.1		279.8	81.0	360.8
15.50	10.6		292.2	81.0	373.2
16.00	11.0		304.9	81.0	385.9
16.50	11.5		318.2	81.0	399.2
17.00	12.1		332.0	81.0	413.0
17.50	12.7		346.4	81.0	427.4
18.00	13.3		361.8	81.0	442.8
18.50	14.0		378.1	81.0	459.1
19.00	15.6		395.8	81.0	476.8
19.50	16.6		416.6	81.0	497.6
20.00	19.2		440.8	81.0	521.8
20.50	21.1		471.8	81.0	552.8
21.00	26.9		510.6	81.0	591.6
21.50	42.7		566.7	81.0	647.7
22.00	97.2		672.9	81.0	753.9
22.50	33.4		906.8	81.0	987.8
23.00	24.7		1082.9	81.0	1163.9
23.50	19.1		1234.6	81.0	1315.6
24.00	16.2		1329.2	81.0	1410.2
24.50			1255.5	81.0	1336.5

25.00	1112.9	81.0	1193.9
25.50	934.4	81.0	1015.4
26.00	734.5	81.0	815.5
26.50	519.4	81.0	600.4
27.00	327.1	81.0	408.1
27.50	169.3	81.0	250.3
28.00	92.2	81.0	173.2
28.50	42.5	81.0	123.5
29.00	13.4	81.0	94.4
29.50	0.0	81.0	81.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	760.5
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	557.7
Απώλειες (%) :	26.7
Παροχή αιχμής (m ³ /sec) :	1410.2
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής (h) :	24.00
Καθαρός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	33.81
Συνολικός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	42.27

ΥΕΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Μέθοδος κατάρτισης υετογράμματος:

Με τη δυσμενέστερη διάταξη των επιμέρους υψών βροχής

Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN :	55.0
Παράμετρος S = 25.4 * (1000/CN - 10) (mm) :	207.8
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	901.9
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	693.0
Απώλειες (%) :	23.2

Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής		Ολικό υετόγραμμα		Ωφέλιμο υετόγραμμα	
	Αθροιστ. h(t) [mm]	Μερικό Δh(t) [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
0.50	124.3	124.3	9.5	9.5	0.0	0.0
1.00	179.9	55.6	9.6	19.0	0.0	0.0
1.50	222.0	42.2	9.7	28.7	0.0	0.0
2.00	257.4	35.4	9.8	38.5	0.0	0.0
2.50	288.5	31.1	9.9	48.4	0.2	0.2
3.00	316.6	28.1	10.0	58.4	1.3	1.0
3.50	342.4	25.8	10.1	68.5	3.1	1.8
4.00	366.3	24.0	10.3	78.8	5.6	2.6
4.50	388.8	22.5	10.4	89.1	8.9	3.2
5.00	410.1	21.3	10.5	99.7	12.7	3.8
5.50	430.3	20.2	10.7	110.3	17.1	4.4
6.00	449.6	19.3	10.8	121.1	22.0	4.9
6.50	468.1	18.5	11.0	132.1	27.5	5.4
7.00	485.9	17.8	11.1	143.2	33.4	5.9
7.50	503.1	17.2	11.3	154.4	39.7	6.4
8.00	519.7	16.6	11.4	165.9	46.5	6.8
8.50	535.7	16.1	11.6	177.5	53.8	7.2
9.00	551.4	15.6	11.8	189.3	61.4	7.6
9.50	566.6	15.2	12.0	201.4	69.5	8.0
10.00	581.4	14.8	12.2	213.6	77.9	8.4
10.50	595.8	14.4	12.4	226.0	86.7	8.8
11.00	609.9	14.1	12.7	238.7	96.0	9.2
11.50	623.6	13.8	12.9	251.6	105.6	9.6
12.00	637.1	13.5	13.2	264.8	115.6	10.0
12.50	650.3	13.2	13.5	278.3	126.1	10.4
13.00	663.2	12.9	13.8	292.1	136.9	10.8
13.50	675.9	12.7	14.1	306.2	148.2	11.3
14.00	688.4	12.4	14.4	320.6	159.9	11.7
14.50	700.6	12.2	14.8	335.4	172.1	12.2
15.00	712.6	12.0	15.2	350.6	184.8	12.7
15.50	724.4	11.8	15.6	366.2	197.9	13.2
16.00	736.1	11.6	16.1	382.3	211.6	13.7
16.50	747.5	11.4	16.6	398.9	225.9	14.3
17.00	758.8	11.3	17.2	416.1	240.8	14.9
17.50	769.9	11.1	17.8	433.9	256.4	15.6
18.00	780.8	11.0	18.5	452.4	272.8	16.4
18.50	791.6	10.8	19.3	471.7	290.0	17.2
19.00	802.3	10.7	21.3	492.9	309.1	19.1
19.50	812.8	10.5	22.5	515.4	329.4	20.3

20.00	823.2	10.4	25.8	541.2	352.9	23.5
20.50	833.4	10.3	28.1	569.2	378.6	25.7
21.00	843.6	10.1	35.4	604.6	411.3	32.7
21.50	853.6	10.0	55.6	660.2	463.1	51.8
22.00	863.5	9.9	124.3	784.5	580.5	117.4
22.50	873.2	9.8	42.2	826.7	620.8	40.3
23.00	882.9	9.7	31.1	857.8	650.6	29.8
23.50	892.5	9.6	24.0	881.7	673.6	23.0
24.00	901.9	9.5	20.2	901.9	693.0	19.4

ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετό- γράμμα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U[m3/sec]	Υδρογρά- φημα επιφ. απορροής E[m3/sec]	Βασική ροή B[m3/sec]	Συνολικό υδρογρά- φημα I[m3/sec]
0.50	0.0	1.6	0.0	81.0	81.0
1.00	0.0	23.1	0.0	81.0	81.0
1.50	0.0	34.7	0.0	81.0	81.0
2.00	0.0	46.2	0.0	81.0	81.0
2.50	0.2	57.8	0.0	81.0	81.0
3.00	1.0	49.5	0.7	81.0	81.7
3.50	1.8	41.3	3.5	81.0	84.5
4.00	2.6	33.0	9.3	81.0	90.3
4.50	3.2	24.8	18.8	81.0	99.8
5.00	3.8	16.5	32.5	81.0	113.5
5.50	4.4	8.3	49.2	81.0	130.2
6.00	4.9		67.9	81.0	148.9
6.50	5.4		88.0	81.0	169.0
7.00	5.9		108.5	81.0	189.5
7.50	6.4		128.8	81.0	209.8
8.00	6.8		148.3	81.0	229.3
8.50	7.2		166.6	81.0	247.6
9.00	7.6		183.8	81.0	264.8
9.50	8.0		200.2	81.0	281.2
10.00	8.4		215.7	81.0	296.7
10.50	8.8		230.7	81.0	311.7
11.00	9.2		245.2	81.0	326.2
11.50	9.6		259.3	81.0	340.3
12.00	10.0		273.1	81.0	354.1
12.50	10.4		286.7	81.0	367.7
13.00	10.8		300.2	81.0	381.2
13.50	11.3		313.7	81.0	394.7
14.00	11.7		327.3	81.0	408.3
14.50	12.2		341.0	81.0	422.0
15.00	12.7		355.0	81.0	436.0
15.50	13.2		369.3	81.0	450.3
16.00	13.7		384.0	81.0	465.0
16.50	14.3		399.3	81.0	480.3
17.00	14.9		415.3	81.0	496.3
17.50	15.6		432.2	81.0	513.2
18.00	16.4		450.0	81.0	531.0
18.50	17.2		469.1	81.0	550.1
19.00	19.1		489.9	81.0	570.9
19.50	20.3		514.5	81.0	595.5
20.00	23.5		543.1	81.0	624.1
20.50	25.7		579.9	81.0	660.9
21.00	32.7		626.3	81.0	707.3
21.50	51.8		693.5	81.0	774.5
22.00	117.4		821.2	81.0	902.2
22.50	40.3		1102.9	81.0	1183.9
23.00	29.8		1314.2	81.0	1395.2
23.50	23.0		1495.9	81.0	1576.9
24.00	19.4		1608.3	81.0	1689.3
24.50			1517.5	81.0	1598.5

25.00	1344.1	81.0	1425.1
25.50	1127.7	81.0	1208.7
26.00	885.8	81.0	966.8
26.50	626.0	81.0	707.0
27.00	393.9	81.0	474.9
27.50	203.7	81.0	284.7
28.00	110.8	81.0	191.8
28.50	51.1	81.0	132.1
29.00	16.1	81.0	97.1
29.50	0.0	81.0	81.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής, D (h) :	24.00
Ολικό ύψος βροχής, H (mm) :	901.9
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* (mm) :	693.0
Απώλειες (%) :	23.2
Παροχή αιχμής (m ³ /sec) :	1689.3
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής (h) :	24.00
Καθαρός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	42.01
Συνολικός όγκος πλημμύρας (εκατομ. m ³) :	50.47

ΔΙΟΔΕΥΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΑΠΟ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗ ΑΠΟΣΕΛΕΜΗ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ 60 000 (ΠΜΚ)

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΑΠΟ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ
Επίλυση με επαναληπτική μέθοδο αριθμητικής ολοκλήρωσης
Σύνταξη προγράμματος : Δημήτρης Κουτσογιάννης
Αθήνα 1985, 1987, 1988, 1991

Χρόνος	Υδρογράφ. Εισροής	Υδρογράφ. Εκροής	Στάθμη Ταμιευτήρα	Επιφάνεια Ταμιευτήρα	Όγκος Ταμιευτήρα
(h)	(m3/sec)	(m3/sec)	(m)	(km2)	(m3X10 ⁶)
0.5	81.0	81.0	217.45	1.691	29.712
1.0	81.0	81.0	217.45	1.691	29.712
1.5	81.0	81.0	217.45	1.691	29.712
2.0	81.0	81.0	217.45	1.691	29.712
2.5	81.0	81.0	217.45	1.691	29.712
3.0	81.7	81.0	217.45	1.691	29.713
3.5	84.5	81.3	217.45	1.691	29.716
4.0	90.3	82.1	217.45	1.691	29.726
4.5	99.8	83.8	217.47	1.692	29.748
5.0	113.5	86.7	217.49	1.694	29.787
5.5	130.2	91.3	217.53	1.696	29.846
6.0	148.9	97.8	217.57	1.699	29.927
6.5	169.0	106.2	217.63	1.703	30.029
7.0	189.5	116.4	217.70	1.707	30.152
7.5	209.8	128.4	217.79	1.713	30.291
8.0	229.3	141.9	217.87	1.719	30.443
8.5	247.6	156.6	217.97	1.725	30.603
9.0	264.8	172.1	218.06	1.731	30.769
9.5	281.2	188.3	218.16	1.737	30.936
10.0	296.7	204.8	218.26	1.744	31.102
10.5	311.7	221.4	218.35	1.750	31.266
11.0	326.2	238.1	218.44	1.756	31.427
11.5	340.3	254.6	218.53	1.762	31.583
12.0	354.1	271.0	218.62	1.767	31.735
12.5	367.7	287.2	218.70	1.773	31.882
13.0	381.2	303.1	218.78	1.778	32.025
13.5	394.7	318.7	218.86	1.783	32.164
14.0	408.3	334.2	218.93	1.788	32.299
14.5	422.0	349.5	219.01	1.793	32.431
15.0	436.0	364.7	219.08	1.798	32.560
15.5	450.3	379.8	219.15	1.803	32.688
16.0	465.0	395.0	219.22	1.808	32.814
16.5	480.3	410.3	219.29	1.812	32.940
17.0	496.3	425.8	219.36	1.817	33.067
17.5	513.2	441.6	219.43	1.822	33.195
18.0	531.0	457.9	219.50	1.826	33.325
18.5	550.1	474.7	219.58	1.831	33.458
19.0	570.9	492.3	219.65	1.836	33.597
19.5	595.5	511.2	219.73	1.842	33.744
20.0	624.1	531.8	219.82	1.848	33.903
20.5	660.9	555.1	219.91	1.854	34.081
21.0	707.3	582.6	220.03	1.862	34.288
21.5	774.5	616.7	220.16	1.871	34.543
22.0	902.2	665.1	220.35	1.883	34.898
22.5	1183.9	749.4	220.67	1.904	35.502
23.0	1395.2	873.4	221.12	1.934	36.363
23.5	1576.9	1018.3	221.62	1.967	37.335

24.0	1689.3	1167.8	222.11	2.000	38.308
24.5	1598.5	1286.0	222.48	2.025	39.058
25.0	1425.1	1342.7	222.65	2.037	39.413
25.5	1208.7	1336.2	222.63	2.036	39.373
26.0	966.8	1273.9	222.44	2.023	38.982
26.5	707.0	1165.5	222.10	1.999	38.293
27.0	474.9	1025.7	221.64	1.969	37.384
27.5	284.7	872.8	221.12	1.934	36.359
28.0	191.8	727.6	220.59	1.899	35.348
28.5	132.1	603.1	220.11	1.867	34.442
29.0	97.1	499.8	219.68	1.839	33.655
29.5	81.0	416.5	219.32	1.814	32.991
30.0	81.0	351.3	219.02	1.794	32.446
30.5	81.0	300.8	218.77	1.777	32.005
31.0	81.0	261.2	218.57	1.764	31.645
31.5	81.0	229.9	218.40	1.753	31.348
32.0	81.0	204.9	218.26	1.744	31.103
32.5	81.0	184.6	218.14	1.736	30.898
33.0	81.0	168.1	218.04	1.729	30.727
33.5	81.0	154.6	217.96	1.724	30.582
34.0	81.0	143.4	217.88	1.719	30.460
34.5	81.0	134.1	217.82	1.715	30.356
35.0	81.0	126.3	217.77	1.712	30.267
35.5	81.0	119.8	217.73	1.709	30.191
36.0	81.0	114.3	217.69	1.707	30.126
36.5	81.0	109.6	217.66	1.704	30.071
37.0	81.0	105.6	217.63	1.703	30.023
37.5	81.0	102.2	217.61	1.701	29.982
38.0	81.0	99.4	217.58	1.700	29.946
38.5	81.0	96.9	217.57	1.698	29.915
39.0	81.0	94.7	217.55	1.697	29.888
39.5	81.0	92.9	217.54	1.697	29.865
40.0	81.0	91.3	217.53	1.696	29.845
40.5	81.0	90.0	217.51	1.695	29.828
41.0	81.0	88.8	217.51	1.695	29.813
41.5	81.0	87.8	217.50	1.694	29.800
42.0	81.0	86.9	217.49	1.694	29.789
42.5	81.0	86.1	217.49	1.693	29.779

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ

ΕΙΣΡΟΗ

Παροχή αιχμής I (m ³ /sec) :	1689.3
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής t ₁ (h) :	24.0
Συνολικός όγκος εισροής V _i (m ³ *10 ⁶) :	50.468
Σημείωση : Ο όγκος V _i αναφέρεται στο διάστημα μεταξύ των ωρών 0.5 και 29.5.	

ΕΚΡΟΗ

Παροχή αιχμής Q (m ³ /sec) :	1342.7
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής t ₂ (h) :	25.0
Μέγιστος όγκος στον ταμιευτήρα V _{max} (m ³ *10 ⁶) :	39.413
Μέγιστος όγκος ανάσχεσης V = V _{max} - V ₀ (m ³ *10 ⁶) :	11.273
Μέγιστη στάθμη ταμιευτήρα z _{max} (m) :	222.65

ΔΙΟΔΕΥΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΑΠΟ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗ ΑΠΟΣΕΛΕΜΗ
 ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ 60 000 (ΠΜΚ)

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΑΠΟ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ
 Επίλυση με επαναληπτική μέθοδο αριθμητικής ολοκλήρωσης
 Σύνταξη προγράμματος : Δημήτρης Κουτσογιάννης
 Αθήνα 1985, 1987, 1988, 1991

Χρόνος	Υδρογράφ. Εισροής	Υδρογράφ. Εκροής	Στάθμη Ταμιευτήρα	Επιφάνεια Ταμιευτήρα	Όγκος Ταμιευτήρα
(h)	(m3/sec)	(m3/sec)	(m)	(km2)	(m3X10 ⁶)
0.5	81.0	81.0	217.22	1.676	29.335
1.0	81.0	81.0	217.22	1.676	29.335
1.5	81.0	81.0	217.22	1.676	29.335
2.0	81.0	81.0	217.22	1.676	29.335
2.5	81.0	81.0	217.22	1.676	29.335
3.0	81.7	81.1	217.22	1.676	29.335
3.5	84.5	81.4	217.22	1.676	29.338
4.0	90.3	82.4	217.23	1.677	29.348
4.5	99.8	84.5	217.24	1.678	29.369
5.0	113.5	88.2	217.26	1.679	29.406
5.5	130.2	94.0	217.30	1.681	29.461
6.0	148.9	102.0	217.34	1.684	29.536
6.5	169.0	112.2	217.40	1.688	29.629
7.0	189.5	124.6	217.46	1.692	29.739
7.5	209.8	138.8	217.53	1.696	29.861
8.0	229.3	154.7	217.61	1.701	29.992
8.5	247.6	171.6	217.69	1.707	30.128
9.0	264.8	189.1	217.77	1.712	30.264
9.5	281.2	207.0	217.85	1.717	30.399
10.0	296.7	224.8	217.93	1.722	30.531
10.5	311.7	242.5	218.00	1.727	30.658
11.0	326.2	259.8	218.07	1.731	30.780
11.5	340.3	276.7	218.14	1.736	30.897
12.0	354.1	293.2	218.20	1.740	31.009
12.5	367.7	309.3	218.26	1.744	31.116
13.0	381.2	325.0	218.32	1.748	31.219
13.5	394.7	340.3	218.38	1.752	31.319
14.0	408.3	355.4	218.44	1.755	31.416
14.5	422.0	370.3	218.49	1.759	31.510
15.0	436.0	385.0	218.54	1.762	31.602
15.5	450.3	399.8	218.59	1.766	31.694
16.0	465.0	414.6	218.64	1.769	31.784
16.5	480.3	429.6	218.70	1.773	31.875
17.0	496.3	444.9	218.75	1.776	31.967
17.5	513.2	460.6	218.80	1.780	32.061
18.0	531.0	476.9	218.85	1.783	32.157
18.5	550.1	493.9	218.91	1.787	32.256
19.0	570.9	511.9	218.97	1.791	32.360
19.5	595.5	531.3	219.03	1.795	32.471
20.0	624.1	552.8	219.10	1.799	32.593
20.5	660.9	577.7	219.18	1.804	32.732
21.0	707.3	607.5	219.27	1.811	32.896
21.5	774.5	645.3	219.38	1.818	33.103
22.0	902.2	701.0	219.54	1.829	33.400
22.5	1183.9	802.0	219.83	1.848	33.925
23.0	1395.2	950.6	220.23	1.875	34.669
23.5	1576.9	1119.4	220.66	1.903	35.480

24.0	1689.3	1286.3	221.06	1.930	36.255
24.5	1598.5	1405.0	221.34	1.948	36.792
25.0	1425.1	1440.8	221.42	1.954	36.952
25.5	1208.7	1399.3	221.33	1.948	36.766
26.0	966.8	1295.9	221.08	1.932	36.298
26.5	707.0	1146.3	220.72	1.908	35.607
27.0	474.9	970.5	220.28	1.878	34.766
27.5	284.7	790.2	219.80	1.846	33.865
28.0	191.8	629.3	219.33	1.815	33.016
28.5	132.1	500.0	218.93	1.788	32.291
29.0	97.1	398.9	218.59	1.766	31.688
29.5	81.0	322.0	218.31	1.747	31.200
30.0	81.0	265.1	218.09	1.733	30.817
30.5	81.0	223.7	217.92	1.722	30.523
31.0	81.0	193.0	217.79	1.713	30.294
31.5	81.0	169.7	217.68	1.706	30.113
32.0	81.0	151.9	217.60	1.701	29.969
32.5	81.0	138.0	217.53	1.696	29.854
33.0	81.0	127.2	217.48	1.693	29.761
33.5	81.0	118.6	217.43	1.690	29.686
34.0	81.0	111.7	217.39	1.687	29.625
34.5	81.0	106.2	217.36	1.685	29.574
35.0	81.0	101.7	217.34	1.684	29.533
35.5	81.0	98.0	217.32	1.683	29.499
36.0	81.0	95.1	217.30	1.681	29.471
36.5	81.0	92.6	217.29	1.681	29.448
37.0	81.0	90.6	217.28	1.680	29.429
37.5	81.0	89.0	217.27	1.679	29.413
38.0	81.0	87.6	217.26	1.679	29.400
38.5	81.0	86.5	217.25	1.678	29.389
39.0	81.0	85.6	217.25	1.678	29.380

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ

ΕΙΣΡΟΗ

Παροχή αιχμής I (m3/sec) :	1689.3
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής t1 (h) :	24.0
Συνολικός όγκος εισροής Vi (m3*10^6) :	50.468
Σημείωση : Ο όγκος Vi αναφέρεται στο διάστημα μεταξύ των ωρών 0.5 και 29.5.	

ΕΚΡΟΗ

Παροχή αιχμής Q (m3/sec) :	1440.8
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής t2 (h) :	25.0
Μέγιστος όγκος στον ταμιευτήρα Vmax (m3*10^6) :	36.952
Μέγιστος όγκος ανάσχεσης V = Vmax - V0 (m3*10^6) :	8.812
Μέγιστη στάθμη ταμιευτήρα zmax (m) :	221.42

Παράρτημα Ι - Υετογροφήματα και υδρογροφήματα
σχεδιασμού με τη μέθοδο του Βρετανικού Ινστιτούτου

Παράρτημα II - Υδρογραφήματα σχεδιασμού με τη
μέθοδο του Design of Small Dams

Παράρτημα ΙΙΙ - Ανάσχεση Πλημμύρας με
υπερχειλιστή

Παράρτημα IV - Ανάσχεση Πλημμύρας με σήραγγα εκτροπής

Ευχαριστίες

Εκφράζονται ευχαριστίες προς την ΕΜΥ και το ΥΠΕΧΩΔΕ για τη χορήγηση των υδρομετεωρολογικών δεδομένων, καθώς και την Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων Ηρακλείου τόσο για τη χορήγηση των υδρομετεωρολογικών δεδομένων όσο και για την ευρύτερη συνεργασία και τις επισκέψεις επί τόπου των έργων.

Ομάδα μελέτης - Ειδικός Σύμβουλος

Η ομάδα μελέτης ήταν πολυάριθμη και συμμετείχαν σαυτή επιστήμονες από τα γραφεία της Κοινοπραξίας του Τεχνικού Συμβούλου.

Αναφέρονται εδώ οι επιστήμονες που είχαν τον μεγαλύτερο χρόνο απασχόλησης και σε ορισμένα θέματα και την κύρια ευθύνη.

Κεφάλαια 1-4, Παράρτημα I

N. Μαμάσης, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

I. Ναλμπάντης, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

A. Ευστρατιάδης, Πολιτικός Μηχανικός

Ειδικός Σύμβουλος: Δ. Κουτσογιάννης, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Επ. Καθηγητής ΕΜΠ, είχε την ευθύνη παρακολούθησης και παροχής οδηγιών ολόκληρου του ανωτέρω μέρους (Κεφ. 1-4, Παράρτημα I) της μελέτης.

Κεφάλαια 5, Παράρτημα II, III, IV

Λ. Λαζαρίδης, Πολιτικός Μηχανικός

Αικ. Δανιήλ, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Αθήνα, Οκτώβριος 2001

Για τον Τεχνικό Σύμβουλο

Λ. Λαζαρίδης