

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΞΗΡΙΑ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή	1
1.1	Αντικείμενο και διάρθρωση της μελέτης	1
1.2	Περιοχή μελέτης	1
1.2.1	Φυσιογραφικά χαρακτηριστικά	1
1.2.2	Γεωλογικά χαρακτηριστικά	1
2	Υδρομετεωρολογικά δεδομένα	5
3	Εκτίμηση βροχοπτώσεων σχεδιασμού	7
3.1	Μεθοδολογία	7
3.1.1	Δεδομένα που χρησιμοποιούνται	7
3.1.2	Μαθηματική έκφραση σχέσης όμβριων καμπυλών	8
3.1.3	Συνάρτηση κατανομής	9
3.1.4	Τελική εξίσωση όμβριων καμπυλών	11
3.1.5	Εκτίμηση παραμέτρων	11
3.2	Δεδομένα	13
3.3	Επεξεργασία βροχογραφικών δεδομένων	18
3.4	Επεξεργασία βροχομετρικών δεδομένων	19
3.5	Εκτίμηση παραμέτρων όμβριων καμπυλών	25
3.6	Συγκρίσεις όμβριων καμπυλών για τους διαφορετικούς σταθμούς	29
3.7	Επιφανειακή αναγωγή – Τελικές τιμές εφαρμογής	29
3.8	Μέση αντιπροσωπευτική σημειακή όμβρια καμπύλη της λεκάνης	30
3.9	Σύγκριση με όμβριες καμπύλες άλλων περιοχών	30
3.10	Σύγκριση με προγενέστερες όμβριες καμπύλες της λεκάνης και με πρόσφατο ισχυρό επεισόδιο βροχής	32
4	Εκτίμηση πλημμυρών σχεδιασμού	36
4.1	Λεκάνες ενδιαφέροντος	36
4.2	Μοναδιαία υδρογραφήματα	36
4.2.1	Θεωρητικό υπόβαθρο	36
4.2.2	Υπολογισμός συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων στην έξοδο των λεκανών ενδιαφέροντος	38
4.3	Καταγίδες σχεδιασμού	40
4.4	Απώλειες - Ωφέλιμη βροχή	41
4.4.1	Η μέθοδος του Soil Conservation Service	41

4.4.2	Υπολογισμός αριθμού καμπύλης απορροής στις λεκάνες ενδιαφέροντος.....	43
4.5	Βασική ροή.....	44
4.6	Υπολογισμοί και αποτελέσματα.....	45
Αναφορές		52
Παράρτημα: Υετογραφήματα και υδρογραφήματα σχεδιασμού με τη μέθοδο των εναλλασσόμενων μπλοκ		54

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΞΗΡΙΑ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

1 Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο και διάρθρωση της μελέτης

Η παρούσα υδρολογική μελέτη έχει συνταχθεί κατόπιν εντολής του Γραφείου Μαχαίρα στα πλαίσια της μελέτης με τίτλο «Μελέτη επειγόντων αντιπλημμυρικών έργων χειμάρρων Ξηριά, Σεσκουλιώτη και Κακαβιώτη», η οποία ανατέθηκε από τη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Μαγνησίας στο Γραφείο Μελετών Μαχαίρα Α.Ε. Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι ο καθορισμός αντιπροσωπευτικών όμβριων καμπυλών και η εκτίμηση των πλημμυρικών παροχών του χειμάρρου Ξηριά (σε δύο χαρακτηριστικές θέσεις) και του βασικού παραποτάμου του, Σεσκουλιώτη.

Η μελέτη στηρίζεται κατά κύριο λόγο σε δεδομένα βροχοπτώσεων. Οι γενικές συνθήκες της περιοχής μελέτης και σύνολα δεδομένων παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 2. Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται η παρουσίαση των δεδομένων ισχυρών βροχοπτώσεων και η επεξεργασία τους με στόχο την εκτίμηση των χαρακτηριστικών των βροχοπτώσεων σχεδιασμού. Στο Κεφάλαιο 4 καταρτίζονται συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα σε διάφορες θέσεις και, με βάση αυτά και τις καταιγίδες σχεδιασμού εκτιμάται η πλημμύρα σχεδιασμού σε ενδιαφέρουσες θέσεις της λεκάνης για διάφορες περιόδους επαναφοράς. Τέλος, ορισμένοι πίνακες υπολογισμών παρατίθενται στο Παράρτημα της μελέτης.

1.2 Περιοχή μελέτης

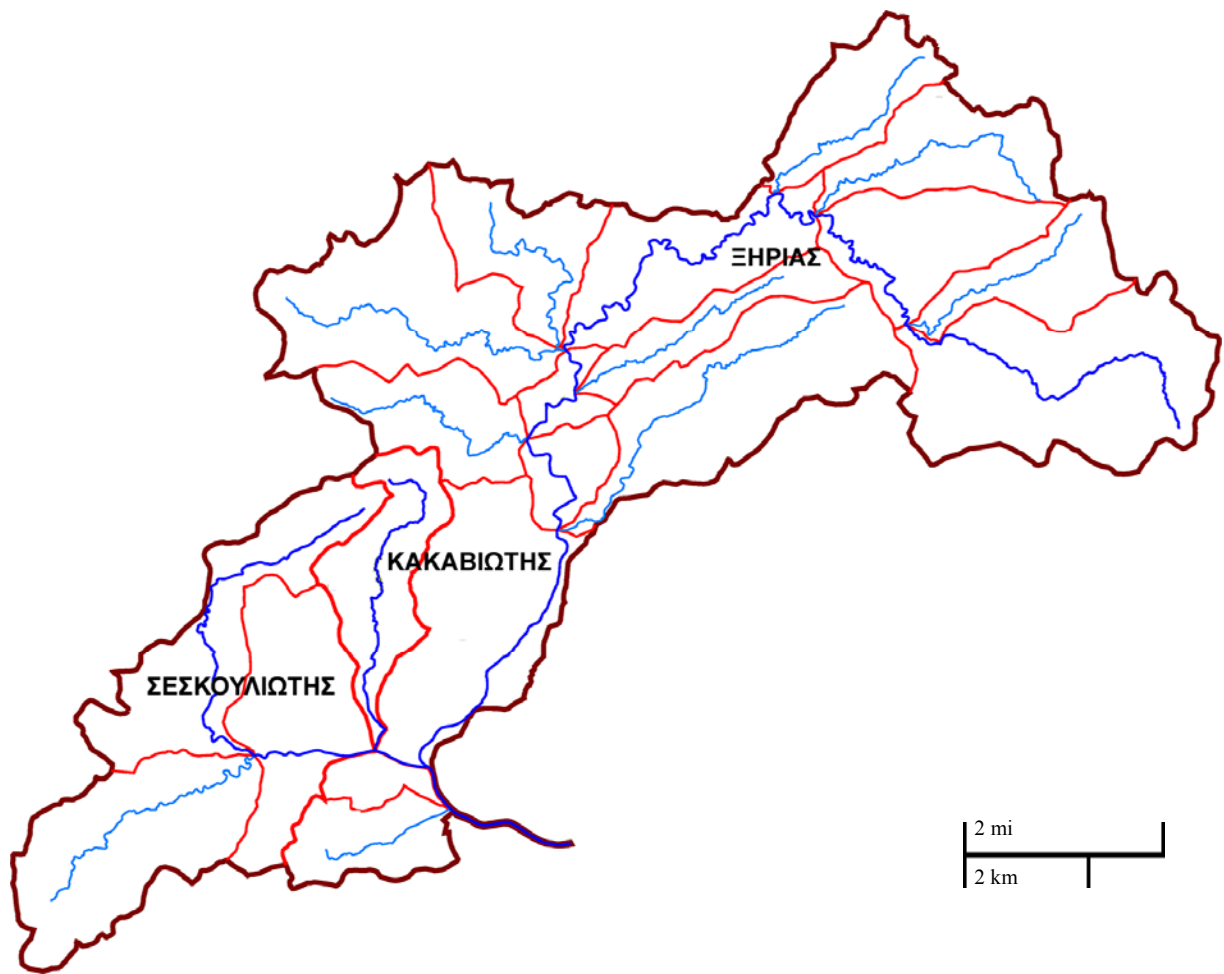
1.2.1 Φυσιογραφικά χαρακτηριστικά

Η συνολική λεκάνη απορροής του χειμάρρου Ξηριά έχει έκταση 113 km² με σημαντικότερο συμβάλλοντα χείμαρρο τον Σεσκουλιώτη (Σχήμα 1.1). Η υψογραφική καμπύλη της λεκάνης δίνεται στο Σχήμα 1.2. Ανάντη της συμβολής με τον Ξηριά, συμβάλλει στον Σεσκουλιώτη και ο χείμαρρος Κακαβιώτης (λεκάνη απορροής 5 km²) ενώ στον Σεσκουλιώτη εκβάλλει και η σήραγγα εκτροπής της Κάρλας (Σχήμα 1.3).

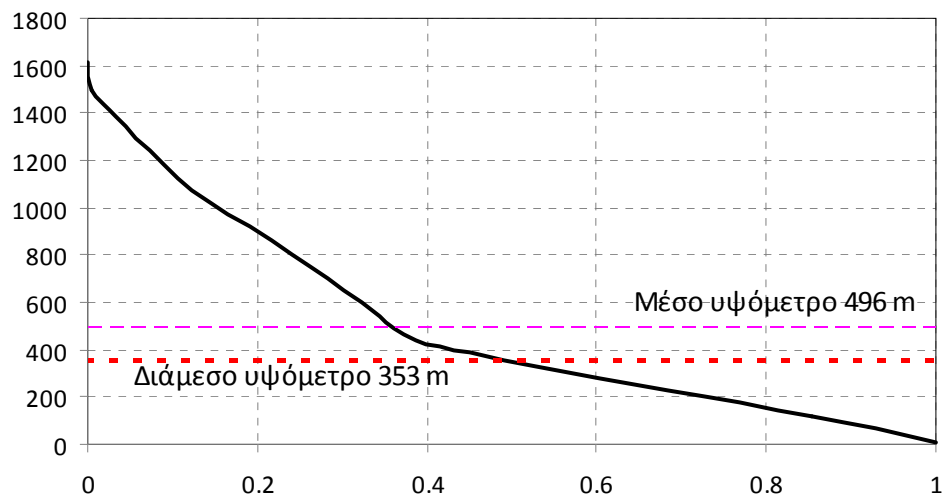
Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής είναι περίπου 500 m (Σχήμα 1.2) και το διάμεσο υψόμετρο περίπου 350 m. Η λεκάνη εμφανίζει σημαντική δασοκάλυψη (~55% της όλης λεκάνης) και η κύρια χρήση γης είναι η γεωργία (~40% της όλης λεκάνης). Το αστικοποιημένο ποσοστό της λεκάνης είναι περίπου 5% (Σχήμα 1.4).

1.2.2 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

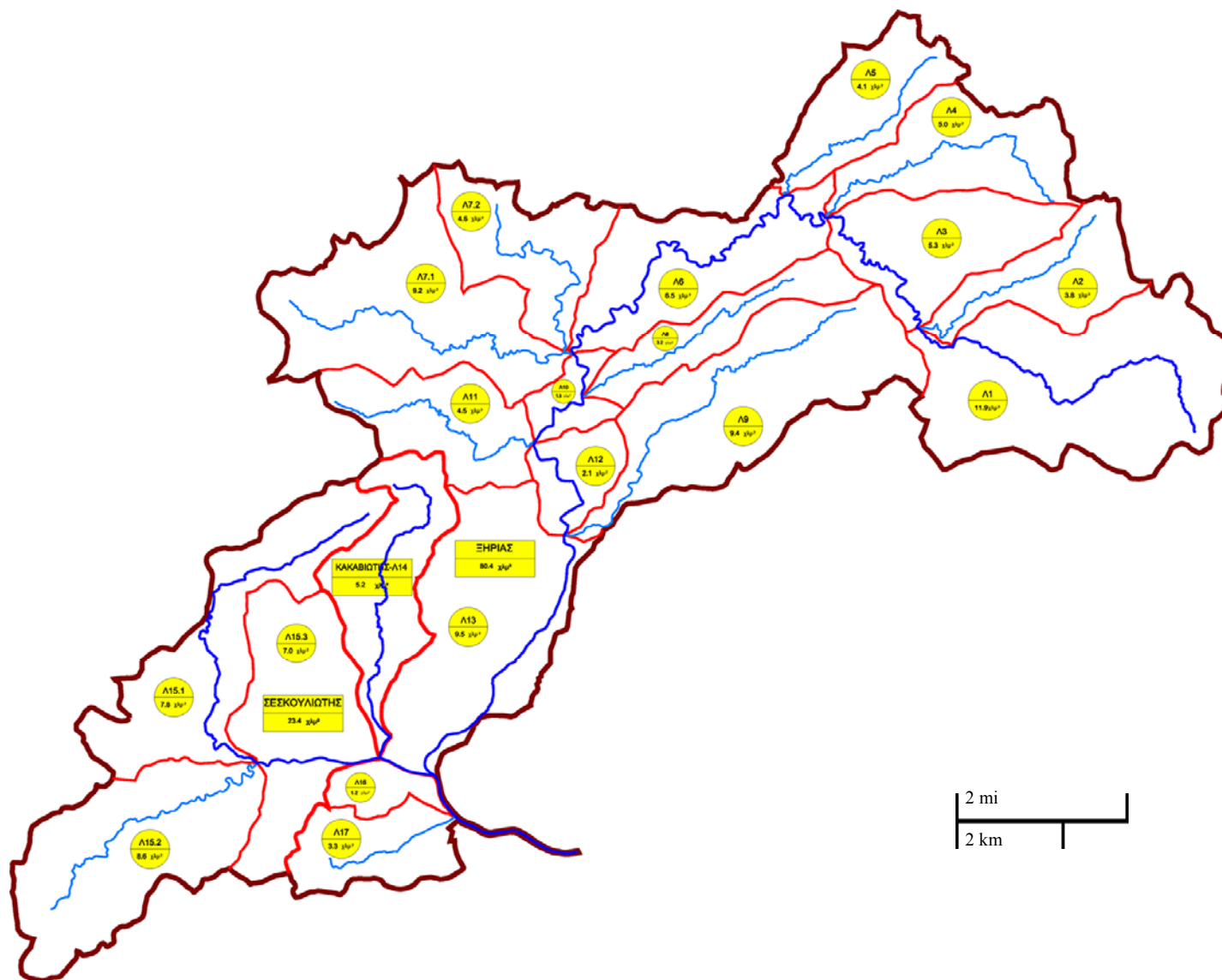
Στην λεκάνη απορροής του Ξηριά απαντούν τέσσερις διαφορετικού τύπου γεωλογικοί σχηματισμοί: μάρμαρα σε ποσοστό ~ 60% της λεκάνης, αλλουβιακές προσχώσεις σε ποσοστό ~ 6% της λεκάνης, νεογενή – μειοκαινικές Άργιλοι σε ποσοστό ~ 6% της λεκάνης, και γνεύσιοι – σχιστόλιθοι – αμφιβολίτες σε ποσοστό ~ 28% της λεκάνης.



Σχήμα 1.1: Η λεκάνη απορροής των χειμάρρων Ξηριά, Κακαβιώτη και Σεσκουλιώτη.



Σχήμα 1.2: Υψογραφική καμπύλη λεκάνης απορροής του Ξηριά.



Σχήμα 1.3: Η λεκάνη απορροής των χειμάρρων Ξηριά, Κακαβιώτη και Σεσκουλιώτη και οι αντίστοιχες υπολεκάνες με τα εμβαδά τους.

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα γεωλογικά στοιχεία (χάρτες ΙΓΜΕ κλπ) τα μάρμαρα εμφανίζουν έντονη καρστικοποίηση και οι γνεύσιοι – σχιστόλιθοι – αμφιβολίτες είναι έντονα αποσαθρωμένοι. Συνεπώς οι παραπάνω δύο κατηγορίες σχηματισμών είναι υδρολογικά, ως προς την πλημμυρογένεση, σχετικά ευμενέστερες των υπολοίπων.

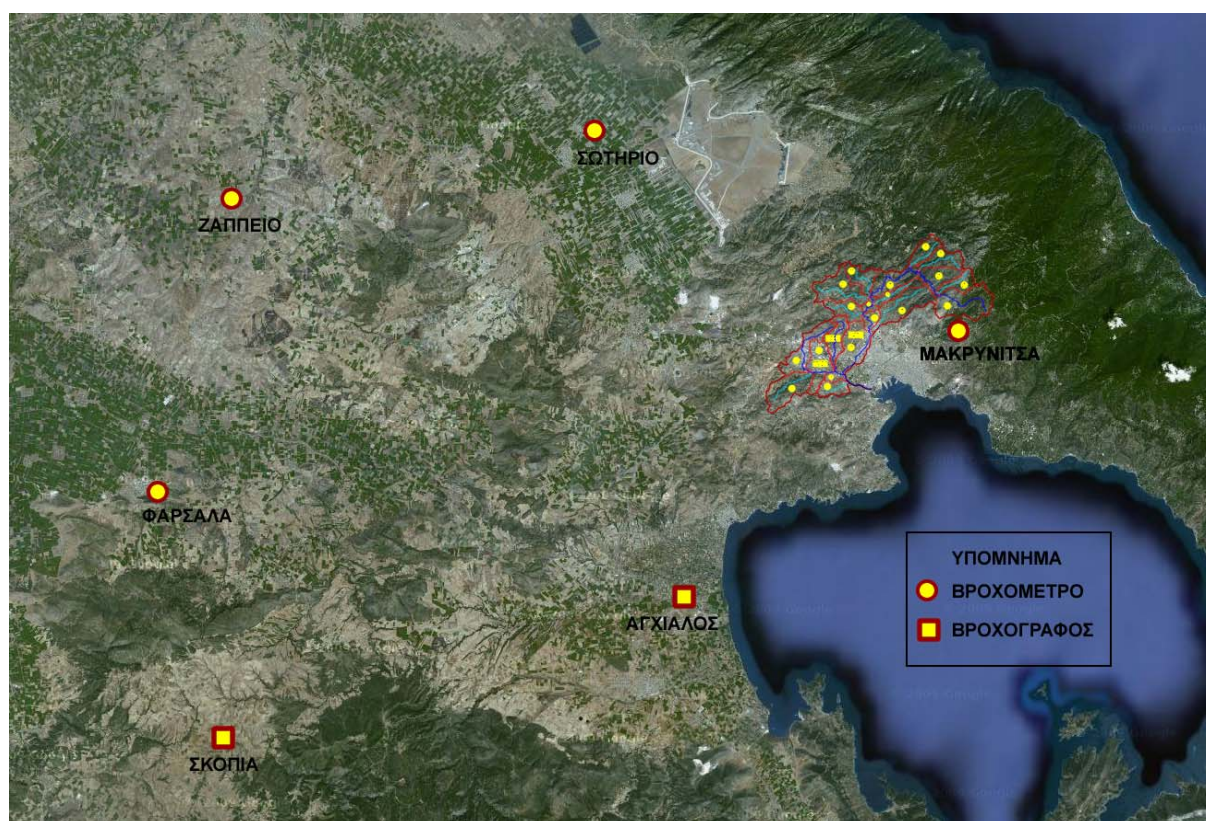


Σχήμα 1.4: Η λεκάνη απορροής των χειμάρρων Ξηριά, Κακαβιώτη και Σεσκούλιώτη και οι αντίστοιχες υπολεκάνες σε σχέση με το γεωγραφικό ανάγλυφο και τις χρήσεις γης.

2 Υδρομετεωρολογικά δεδομένα

Για τους σκοπούς της μελέτης, πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία του συνόλου των μετεωρολογικών μετρήσεων της ευρύτερης περιοχής κοντά στη λεκάνη απορροής, καθώς δεν υπήρχαν μετρήσεις εντός της λεκάνης.

Στον χάρτη του Σχήματος 2.1 απεικονίζονται οι θέσεις όλων των βροχομετρικών σταθμών της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης απορροής του Ξηριά.



Σχήμα 2.1: Γεωγραφική απεικόνιση των μετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή μελέτης.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη σύνθεση της παρούσας μελέτης προήλθαν από τους εν λειτουργία μετεωρολογικούς σταθμούς της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας και του π. Υπουργείου ΠΕΧΩΔΕ. Από τους έξι (6) σταθμούς που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή, μόνο ένας (Μακρινίτσα) βρίσκεται σε επαφή με τη λεκάνη απορροής, χωρίς όμως να διαθέτει βροχογράφο. Βροχογράφοι υπάρχουν στους σταθμούς Ν. Αγχιάλου και Σκοπιάς και μόνο ο βροχογράφος της Ν. Αγχιάλου είχε 5λεπτο χρονικό βήμα μέτρησης, απαραίτητο για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών.

Τα χαρακτηριστικά των εν λόγω σταθμών δίνονται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Βροχομετρικοί σταθμοί ευρύτερης περιοχής μελέτης.

Σταθμός	Φορέας	Υψόμετρο (m)	Χρονικό Βήμα	Έναρξη	Λήξη
Μακρινίτσα	ΥΠΕΧΩΔΕ	650	Ημερήσιο	1951	2008
Ν. Αγκιάλος	ΕΜΥ	12	5λεπτο	1977	2009
Ν. Αγκιάλος	Ε.Μ.Υ.	12	Ημερήσιο	1956	2005
Σκοπιά	ΥΠΕΧΩΔΕ	444	30λεπτο	1970	1997
Σκοπιά	ΥΠΕΧΩΔΕ	444	Ημερήσιο	1971	1997
Φάρσαλα	ΥΠΕΧΩΔΕ	137	Ημερήσιο	1959	1995
Ζάππειο	ΥΠΕΧΩΔΕ	172	Ημερήσιο	1950	1997
Σωτήριο	ΥΠΕΧΩΔΕ	52	Ημερήσιο	1960	1997

3 Εκτίμηση βροχοπτώσεων σχεδιασμού

3.1 Μεθοδολογία

Η εκτίμηση της βροχοπτώσης σχεδιασμού βασίζεται στην πιθανοτική ανάλυση παρατηρημένων ακραίων υψών (h) ή εντάσεων (i) βροχής, η οποία εν τέλει οδηγεί στην κατάρτιση σχέσεων έντασης – χρονικής κλίμακας αναφοράς (d)* – περιόδου επαναφοράς (T) της βροχής, ή αλλιώς των όμβριων καμπυλών. Η συμβατική στατιστική μέθοδος εξαγωγής όμβριων καμπυλών περιλαμβάνει τα εξής τρία κύρια βήματα: (α) την προσαρμογή πιθανοτικών συναρτήσεων κατανομής της έντασης βροχής ξεχωριστά για κάθε χρονική κλίμακα d , (β) την εκτίμηση, με βάση τις προσαρμοσμένες συναρτήσεις κατανομής για όλες τις διαθέσιμες κλίμακες, των εντάσεων βροχής για μια σειρά περιόδων επαναφοράς T , και (γ) την εξαγωγή, για κάθε περίοδο επαναφοράς T , μιας κατάλληλης έκφρασης ανάμεσα στην ένταση βροχής και τη χρονική κλίμακα. Συχνά τα βήματα αυτά ακολουθούνται και από ένα τέταρτο, στο οποίο γενικεύονται οι σχέσεις του βήματος (γ), προσδιορίζοντας έτσι μια εμπειρική σχέση που ισχύει για τυχούσα περίοδο επαναφοράς.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται εδώ είναι πιο πρόσφατη και διαφέρει από τη συμβατική μεθοδολογία τόσο ως προς τα βήματα που ακολουθεί, όσο και στην μαθηματική αντιμετώπιση των επιμέρους θεμάτων. Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα μεθοδολογία: (α) χρησιμοποιεί δεδομένα όχι μόνο από βροχογράφους αλλά και από βροχόμετρα, (β) αντί της σταδιακής κατάρτισης μιας έκφρασης ή ενός συνόλου εκφράσεων όμβριων καμπυλών, χρησιμοποιεί εξ αρχής μία παραμετρική έκφραση, η οποία, αντί να είναι εμπειρική, απορρέει άμεσα από την συναρτησιακή έκφραση της πιθανοτικής κατανομής που υιοθετείται για την ένταση βροχής, (γ) βασίζεται στις νεότερες θεωρήσεις και διαπιστώσεις τόσο ως προς τη συνάρτηση κατανομής που ακολουθούν τα ακραία ύψη ή οι εντάσεις βροχής, όσο και ως προς τον τρόπο εκτίμησης των παραμέτρων της κατανομής, και (δ) αντιμετωπίζει συνολικά τα δεδομένα μιας ομάδας σταθμών της περιοχής μελέτης. Η γενική μεθοδολογία και οι επιμέρους πτυχές της περιγράφονται λεπτομερώς αλλού (Κουτσογιάννης, 1997· Koutsoyiannis et. al., 1998· Koutsoyiannis, 1999· Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000· Koutsoyiannis, 2004a,b, 2006), ενώ σε συνοπτική μορφή δίνονται στα εδάφια που ακολουθούν.

3.1.1 Δεδομένα που χρησιμοποιούνται

Η κατασκευή των όμβριων καμπυλών στηρίζεται σε δεδομένα εντάσεων βροχής για χρονικές κλίμακες που κυμαίνονται από 5-30 λεπτά (ανάλογα με την ευκρίνεια των διαθέσιμων παρατηρήσεων) μέχρι 24-48 ώρες. Για τη χρονική κλίμακα d βρίσκεται το ετήσιο μέγιστο ύψος βροχής $h(d)$, δηλαδή το μέγιστο ύψος βροχής που συνέβη μέσα στη δεδομένη χρονική κλίμακα για ένα υδρολογικό (ή ημερολογιακό) έτος, και υπολογίζεται η αντίστοιχη ετήσια μέγιστη μέση ένταση (ή απλούστερα ετήσια μέγιστη ένταση) $i(d) = h(d) / d$. Αν η διαδικασία αυτή επαναληφθεί για όλα τα έτη που υπάρχουν δεδομένα, προκύπτει το στατιστικό δείγμα (ή σειρά) ετήσιων μέγιστων υψών ή εντάσεων βροχής.

* Η χρονική κλίμακα αναφοράς αναφέρεται συνήθως ως διάρκεια, αλλά ο συγκεκριμένος όρος είναι εσφαλμένος. Η χρονική κλίμακα d , στην οποία λαμβάνεται η μέση ένταση βροχής, δεν έχει σχέση με τη διάρκεια βροχής.

Στην πραγματικότητα, οι παραπάνω εργασίες γίνονται ταυτόχρονα για ένα σύνολο k χρονικών κλιμάκων $d_j, j = 1, \dots, k$, ξεκινώντας από ελάχιστη κλίμακα ίση με την ευκρίνεια (ή διακριτότητα, δ) των παρατηρήσεων και φθάνοντας μέχρι τη μέγιστη χρονική κλίμακα βροχής που ενδιαφέρει στα τυπικά προβλήματα του μηχανικού. Κανονικά όλες οι k σειρές θα πρέπει να έχουν τον ίδιο αριθμό δεδομένων n , αλλά, λόγω των ελλείψεων που συχνά υπάρχουν στα πρωτογενή δεδομένα, είναι δυνατό ο αριθμός αυτός (n_j) να διαφέρει για διαφορετικές χρονικές κλίμακες.

Η χρονική ευκρίνεια δ των πρωτογενών δεδομένων (βροχογραφημάτων ή ψηφιακών μετρήσεων) είναι προφανές ότι επηρεάζει τις τιμές των μέγιστων εντάσεων βροχής και συγκεκριμένα, μεγάλη διακριτότητα έχει συνέπεια την υπεκτίμηση των μέγιστων εντάσεων. Είναι προφανές ότι το μέγεθος του σφάλματος εξαρτάται από το λόγο της χρονικής κλίμακας αναφοράς προς ευκρίνεια (d/δ), και αν ο λόγος αυτός είναι αρκετά μεγάλος τότε το σφάλμα γίνεται αμελητέο. Για την άρση του σφάλματος για μικρές τιμές του λόγου d/δ , συνήθως γίνεται αναγωγή των τιμών $i(d)$, με πολλαπλασιασμό επί ένα συντελεστή που εξαρτάται από το λόγο d/δ . Τιμές αυτού του συντελεστή έχουν βρεθεί από έρευνες στην Αμερική και δίνονται στη βιβλιογραφία, π.χ. *Linsley et al.* (1975, σ. 357), απ' όπου προέρχεται και ο Πίνακας 3.1 που δίνεται παρακάτω.

Πίνακας 3.1: Τυπικές τιμές του συντελεστή άρσης του σφάλματος διακριτοποίησης (Πηγή: *Linsley et al.*, 1975, σ. 357).

Λόγος χρονικής κλίμακας αναφοράς προς ευκρίνεια (d/δ)	Συντελεστής άρσης του σφάλματος διακριτοποίησης
1	1.13
2	1.04
3-4	1.03
5-8	1.02
9-24	1.01

Παραδοσιακά, τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την κατάρτιση όμβριων καμπυλών προέρχονται από ταινίες βροχογράφων, στις οποίες η διακριτότητα είναι αρκετά μικρή (5 έως 30 min). Για μεγάλες χρονικές κλίμακες, 24 ή 48 ωρών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και δεδομένα από συνήθη βροχόμετρα ημερήσιων παρατηρήσεων. Αν συγκριθούν τα ετήσια μέγιστα ύψη βροχής, τα οποία έχουν προκύψει από βροχογράφο για χρονικές κλίμακες 24 ή 48 ωρών, με τα δεδομένα από βροχόμετρο του ίδιου σταθμού, 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, είναι πολύ συχνό το φαινόμενο οι τιμές από το βροχογράφο να είναι μικρότερες από αυτές του βροχομέτρου. Αυτό οφείλεται συνήθως στην κακή συντήρηση των ευαίσθητων μηχανισμών του βροχογράφου, η οποία έχει αποτέλεσμα την εσφαλμένη καταγραφή των υψών βροχής από το βροχογράφο. Για το λόγο αυτό, στη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται εδώ λαμβάνονται υπόψη όχι μόνο τα δεδομένα από βροχογράφους αλλά και αυτά από βροχόμετρα. Επιπρόσθετοι λόγοι που επίσης συνηγορούν στο να λαμβάνονται υπόψη τα δεδομένα των βροχομέτρων είναι: (α) η μεγαλύτερη πυκνότητα του δικτύου των βροχομέτρων σε σχέση με αυτό των βροχογράφων και (β) η μεγαλύτερη χρονική έκταση των παρατηρήσεων των βροχομέτρων από αυτές των βροχογράφων.

3.1.2 Μαθηματική έκφραση σχέσης όμβριων καμπυλών

Η γενική συναρτησιακή σχέση όμβριων καμπυλών είναι της μορφής:

$$i = \frac{a(T)}{b(d)} \quad (3.1)$$

όπου i η μέγιστη ένταση βροχής χρονικής κλίμακας d για περίοδο επαναφοράς T , και $a(T)$ και $b(d)$ κατάλληλες συναρτήσεις της περιόδου επαναφοράς και της χρονικής κλίμακας, αντίστοιχα (Κουτσογιάννης, 1997).

Η συνάρτηση $b(d)$ είναι της ακόλουθης, εμπειρικά διαπιστωμένης αλλά και θεωρητικά τεκμηριωμένης (Κουτσογιάννης, 2006), γενικής μορφής:

$$b(d) = (1 + d / \theta)^\eta \quad (3.2)$$

όπου θ και η αποτελούν παραμέτρους προς εκτίμηση, όπου $\theta \geq 0$ (μονάδες: χρόνος, h) και $0 < \eta < 1$ (αδιάστατη) (Κουτσογιάννης, 1997).

Η συνάρτηση $a(T)$ προκύπτει αναλυτικά από τη συνάρτηση κατανομής που ισχύει για τη μέγιστη ένταση βροχής της υπό εξέταση περιοχής, όπως αυτή προκύπτει από την επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων, ενώ αποφεύγεται η χρήση εμπειρικών συναρτήσεων (Κουτσογιάννης, 1997). Η συγκεκριμένη έκφραση της $a(T)$ αναλύεται πιο κάτω.

3.1.3 Συνάρτηση κατανομής

Μια συνάρτηση κατανομής που αποδεικνύεται κατάλληλη για τη μέγιστη ένταση βροχής σε μεγάλο εύρος περιπτώσεων (Κουτσογιάννης, 2004a,b, 2007) 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:

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[1 + \kappa \left(\frac{x}{\lambda} - \psi \right) \right]^{-1/\kappa} \right\} \quad x \geq \lambda (\psi - 1/\kappa) \quad (3.3)$$

όπου $F(x)$ η συνάρτηση κατανομής της μεταβλητής x , και $\kappa > 0$ (αδιάστατη), $\lambda > 0$ (μονάδες ίδιες με αυτές του x) και ψ (αδιάστατη) είναι 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 (3.3) 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· Κουτσογιάννης et. al., 1998).

Η (3.3) επιλύεται άμεσα ως προς x , οπότε με την προϋπόθεση ότι αναλύονται σειρές ετήσιων μέγιστων, οπότε $F(x) = 1 - \Delta / T$, όπου $\Delta = 1$ έτος, προκύπτει:

$$x_T = \lambda \left\{ \psi + \frac{\left[-\ln \left(1 - \frac{\Delta}{T} \right) \right]^{-\kappa} - 1}{\kappa} \right\} = \lambda' \left\{ \left[-\ln \left(1 - \frac{\Delta}{T} \right) \right]^{-\kappa} - \psi' \right\} \quad (3.4)$$

Στη δεύτερη εξίσωση για απλοποίηση έχει τεθεί $\lambda' = \lambda / \kappa$ and $\psi' = 1 - \kappa \psi$ (Κουτσογιάννης et. al., 1998).

Για $\kappa = 0$, η κατανομή ΓΑΤ μεταπίπτει στην κατανομή μεγίστων τύπου I (Gumbel), οπότε η (3.3) παίρνει τη ειδική μορφή:

$$F(x) = \exp(-e^{-x/\lambda + \psi}) \quad (3.5)$$

όπου λ και ψ είναι οι παράμετροι κλίμακας και θέσης, αντίστοιχα, της κατανομής. Αντίστοιχα, η (3.4) παίρνει τη μορφή (Κουτσογιάννης, 1997· Koutsoyiannis et. al., 1998):

$$x_T = \lambda \left\{ \psi - \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{\Delta}{T} \right) \right] \right\} \quad (3.6)$$

Η κατανομή Gumbel είχε γίνει αποδεκτή ευρύτατα στην Ελλάδα και διεθνώς για την περιγραφή μέγιστων εντάσεων βροχής, χρησιμοποιώντας συνήθως δείγματα μήκους λίγων δεκάδων ετών. Ωστόσο, η μελέτη ενός δείγματος αρκετά μεγαλύτερου μήκους, ήτοι του δείγματος ημερήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων του Αστεροσκοπείου Αθηνών (Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000), μήκους 136 ετών, έδειξε ότι η κατανομή Gumbel απορρίπτεται στατιστικώς, παρόλο που δεν θα απορριπτόταν αν το μήκος του δείγματος ήταν μικρότερο. Αντίθετα, η κατανομή ΓΑΤ με παράμετρο σχήματος $\kappa = 0.16$ έως 0.19 φάνηκε να είναι κατάλληλη για το υπόψη δείγμα.

Εξ άλλου, από 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:

$$\kappa = 0.183 - 0.00049 \bar{h} \quad (\bar{h} \text{ σε mm}) \quad (3.7)$$

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).

Τέλος, σε πρόσφατη μελέτη (Koutsoyiannis, 2004b) εξετάστηκε μια σειρά μεγάλου μήκους δειγμάτων ημερήσιας βροχής από 169 σταθμούς από όλο τον κόσμο. Καθένα από τα δείγματα είχε τουλάχιστον 100 χρόνια μετρήσεων. Η στατιστική ανάλυση των 169 δειγμάτων, όπως αναμενόταν, έδειξε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις μέσες τιμές των επιμέρους σταθμών, τόσο μεταξύ διάφορων κλιματικών ζωνών, όσο και μέσα στην κάθε ζώνη. Η προσαρμογή της κατανομής ΓΑΤ στους επιμέρους σταθμούς έδειξε να είναι εν γένει ικανοποιητική. Ειδικότερα στο 92% των δειγμάτων προέκυψε θετικός συντελεστής σχήματος, πράγμα που αποτελεί σοβαρή ένδειξη για γενικευμένη εφαρμογή της κατανομής ΓΑΤ με θετική παράμετρο κ . Κατ' αρχάς φάνηκε να υπάρχει αξιοσημείωτη διασπορά στις 169 επιμέρους τιμές των συντελεστών σχήματος, η οποία όμως δεν φάνηκε να σχετίζεται με τις κλιματικές διαφοροποιήσεις. Ίδια συμπεριφορά έδειξαν και μια σειρά άλλων αδιάστατων στατιστικών χαρακτηριστικών. Λεπτομερέστερη διερεύνηση κατέδειξε ότι οι διασπορές που εμφανίζονται οφείλονται πρωτίστως σε στατιστικούς λόγους παρά σε φυσικά (κλιματικά) αίτια. Συγκεκριμένα, με προσομοιώσεις Monte Carlo δείχτηκε ότι η διασπορά όλων των αδιαστατοποιημένων στατιστικών παραμέτρων εξηγείται, πρακτικώς στο σύνολό της, από στατιστικούς (δειγματοληπτικούς) λόγους, ενώ για τις διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται στις μέσες τιμές δεν αρκούν οι στατιστικοί λόγοι, αλλά χρειάζεται να υποτεθούν επιπρόσθετα φυσικά αίτια. Με βάση τις αναλύσεις αυτές προέκυψε το εντυπωσιακό συμπέρασμα ότι αν οι τιμές κάθε σταθμού αναχθούν με διαίρεση με τη μέση τιμή του δείγματος του υπόψη σταθμού, τότε όλα τα ανηγμένα δείγματα έχουν πρακτικώς την ίδια κατανομή, ανεξάρτητα από την κλιματική ζώνη ή τη γεωγραφική και υψομετρική θέση. Ως αποτέλεσμα, μπορούν να ενοποιηθούν όλα τα ανηγμένα δείγματα, οπότε μπορεί να αποκτηθεί ευκρινέστερη εικόνα για την ενιαία αυτή κατανομή. Τα τελικά συμπεράσματα αυτής της μελέτης είναι τα ακόλουθα: (α) η κατανομή Gumbel είναι ακατάλληλη, (β)

η κατανομή ΓΑΤ προσαρμόζεται πολύ καλύτερα στις εμπειρικές πιθανότητες, και (γ) η τελική εκτίμηση του συντελεστή σχήματος κ της κατανομής ΓΑΤ για το σύνολο των δεδομένων είναι $\kappa = 0.15$.

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 μεγάλου μήκους δείγμα, η παράμετρος σχήματος της κατανομής ΓΑΤ μπορεί να εκτιμάται άμεσα από το δείγμα. Σε αντίθετη περίπτωση είναι προτιμότερο να υιοθετείται η «παγκόσμια» τιμή $\kappa = 0.15$.

3.1.4 Τελική εξίσωση όμβριων καμπυλών

Η αποδοχή της κατανομής ΓΑΤ σε συνδυασμό με τις (3.1) και (3.2) οδηγεί στην ακόλουθη γενικευμένη έκφραση όμβριων καμπυλών:

$$i(d, T) = \frac{\lambda' \left\{ \left[-\ln \left(1 - \frac{d}{T} \right) \right]^{-\kappa} - \psi' \right\}}{(1 + d/\theta)^\eta} \quad (\kappa \neq 0) \quad (3.8)$$

Στην εξίσωση (3.8) η περίοδος επαναφοράς αναφέρεται σε σειρές ετήσιων μεγίστων και κατά συνέπεια παίρνει τιμές μεγαλύτερες από $d = 1$ έτος. Εφόσον η περίοδος επαναφοράς οριστεί με αναφορά σε σειρές υπεράνω κατωφλίου, και συνεπώς μπορεί να πάρει και τιμές μικρότερες από ένα έτος, η αντίστοιχη εξίσωση προκύπτει θεωρητικά ότι έχει την ακόλουθη απλούστερη έκφραση (Koutsoyiannis *et al.*, 1998):

$$i(d, T) = \frac{\lambda' (T^\kappa - \psi')}{(1 + d/\theta)^\eta} \quad (\kappa \neq 0) \quad (3.9)$$

όπου το T εκφράζεται σε έτη. Για μικρές περιόδους επαναφοράς, η (3.9) είναι προφανώς δυσμενέστερη από την αντίστοιχή της (3.8), ενώ για μεγαλύτερες περιόδους επαναφοράς ($T > 10$ χρόνια) πρακτικώς η πρώτη ταυτίζεται με τη δεύτερη, δεδομένου ότι για μικρές τιμές του d/T ισχύει $\ln [1 - (d/T)] = -(d/T) - (d/T)^2 - \dots \approx -d/T$.

3.1.5 Εκτίμηση παραμέτρων

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 παραμέτρων της συνάρτησης $b(d)$ (των θ και η) και στο δεύτερο αυτών της $a(T)$ (των λ , ψ και κ της κατανομής ΓΑΤ).

Από την (3.1) προκύπτει άμεσα ότι η τυχαία μεταβλητή $y := \underline{i} b(d)$ έχει συνάρτηση κατανομής ανεξάρτητη της χρονικής κλίμακας αναφοράς d , η οποία καθορίζεται πλήρως από τη συνάρτηση $a(T)$. Πρέπει λοιπόν οι παράμετροι θ και η να υπολογιστούν έτσι ώστε να ικανοποιούν τη συνθήκη ανεξαρτησίας της y από τη χρονική κλίμακα d .

Αν υποθέσουμε ότι είναι γνωστές οι τιμές των παραμέτρων θ και η , τότε μπορούν να υπολογιστούν οι τιμές $y_{jl} = i_{jl} b(d_j)$, όπου $j = 1, \dots, k$ και $l = 1, \dots, n_j$. Ενοποιώντας όλα τα δείγματα που περιέχουν τις τιμές y_{jl} αποκτούμε ένα συνολικό δείγμα μεγέθους:

$$m = \sum_{j=1}^k n_j \quad (3.10)$$

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

$$\bar{r}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{l=1}^k r_{jl} \quad (3.11)$$

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

$$H = \frac{6}{\bar{r} (2 \bar{r} - 1)} \sum_{j=1}^k n_j (\bar{r}_j - \bar{r})^2 \quad (3.12)$$

Κατά συνέπεια, το πρόβλημα του προσδιορισμού των παραμέτρων θ και η μπορεί να αναχθεί στην ελαχιστοποίηση της στατιστικής παραμέτρου H .^{*} Η αναλυτική ελαχιστοποίηση δεν είναι δυνατή και γι' αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αριθμητική μέθοδος βελτιστοποίησης.

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

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

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. Η πρώτη είναι η διαδοδομένη μέθοδος των ροπών, η οποία βασίζεται στις εξισώσεις:

$$C_s = \frac{\Gamma(1 - 3\kappa) - 3\Gamma(1 - 2\kappa)\Gamma(1 - \kappa) + 2\Gamma^3(1 - \kappa)}{[\Gamma(1 - 2\kappa) - \Gamma^2(1 - \kappa)]^{3/2}} \quad (3.13)$$

$$\lambda = \frac{\kappa \sigma}{\sqrt{\Gamma(1 - 2\kappa) - \Gamma^2(1 - \kappa)}} \quad (3.14)$$

$$\psi = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\Gamma(1 - \kappa) - 1}{\kappa} \quad (3.15)$$

^{*} Αν τα επιμέρους δείγματα είναι ανεξάρτητα, τότε η στατιστική συνάρτηση H , της οποίας η σημειακή εκτίμηση είναι η παραπάνω τιμή H , ακολουθεί κατανομή χ^2 με $k - 1$ βαθμούς ελευθερίας. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατός ο έλεγχος της υπόθεσης $H = 0$, που ισοδυναμεί με την υπόθεση ότι όλα τα δείγματα προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό. Ο έλεγχος αυτός είναι μη παραμετρικός με την έννοια ότι δεν κάνει καμιά υπόθεση σχετικά με την κατανομή που ακολουθεί η μεταβλητή y . Ωστόσο, στην περίπτωση που εξετάζουμε, τα επιμέρους δείγματα που αναφέρονται σε διαφορετικές διάρκειες δεν είναι ανεξάρτητα, αλλά, αντίθετα, ισχυρώς συσχετισμένα. Έτσι δεν είναι γνωστή η κατανομή της H και δεν είναι δυνατός ο στατιστικός έλεγχος. Πάντως, ο στόχος της ελαχιστοποίησης της τιμής H εξακολουθεί να έχει νόημα και σε αυτή την περίπτωση.

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 (3.13) λύνεται μόνο αριθμητικά και δίνει την παράμετρο κ . Στην περίπτωση που εξετάζουμε σχετικά μικρά δείγματα υψών βροχής, αντί να χρησιμοποιούμε την (3.13) μπορούμε να θεωρούμε $\kappa = 0.15$, δεδομένου ότι η εκτίμηση του συντελεστή ασυμμετρίας της κατανομής είναι επισφαλής.

Η δεύτερη είναι η μέθοδος των L-ροπών, μια σχετικά νεότερη 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 μίας ή περισσότερων εξαιρετικά ασυνήθων τιμών στο δείγμα. Η μέθοδος στηρίζεται στις ακόλουθες εξισώσεις (Koutsoyiannis, 2004a,b):

$$\kappa = 7.8 c - 1.43 c^2 \quad (3.16)$$

$$\lambda = \frac{\kappa \lambda_2}{\Gamma(1 - \kappa) (2^\kappa - 1)} \quad (3.17)$$

$$\psi = \frac{\lambda_1}{\lambda} - \frac{\Gamma(1 - \kappa) - 1}{\kappa} \quad (3.18)$$

όπου:

$$c := \frac{\ln 2}{\ln 3} - \frac{2 \lambda_2}{\lambda_3 + 3 \lambda_2} \quad (3.19)$$

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

$$\hat{\lambda}_1 = b_0 \quad (3.20)$$

$$\hat{\lambda}_2 = 2 b_1 - b_0 \quad (3.21)$$

$$\hat{\lambda}_3 = 6 b_2 - 6 b_1 + b_0 \quad (3.22)$$

όπου b_0 , b_1 και b_2 οι εκτιμήσεις των *πιθανοτικά σταθμισμένων ροπών* (probability-weighted moments). Οι τελευταίες δίνονται από τις εξισώσεις:

$$b_0 = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{(j)} \quad (3.23)$$

$$b_1 = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} (n-j) x_{(j)} \quad (3.24)$$

$$b_2 = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \sum_{j=1}^{n-2} (n-j)(n-j-1) x_{(j)} \quad (3.25)$$

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

3.2 Δεδομένα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών προέρχονται τόσο από βροχογράφοι όσο και από βροχόμετρα. Τα πρώτα προέρχονται από τους ακόλουθους σταθμούς:

- *Αγχιάλος (ΕΜΥ) για χρονικές κλίμακες από 5 min μέχρι 24 h:* Τα δεδομένα από το 1977-78 μέχρι και το 1986-87 έχουν δοθεί επεξεργασμένα από την ΕΜΥ με τη μορφή μέγιστων υψών βροχής για διάφορες χρονικές κλίμακες και για κάθε μήνα του έτους. Τα υπόλοιπα προήλθαν από ψηφιοποίηση βροχογραφήμάτων που έγινε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης (Πίνακας 3.2).
- *Σκοπιά (ΥΠΕΧΩΔΕ) για χρονικές κλίμακες από 1 έως 24 h:* Τα ετήσια μέγιστα ύψη βροχής έχουν εξαχθεί από την ψηφιοποιημένη πλήρη χρονοσειρά του βροχογράφου του ΥΠΕΧΩΔΕ (Πίνακας 3.3).

Τα δεύτερα δείγματα προέρχονται από τους σταθμούς:

- Φάρσαλα (ΥΠΕΧΩΔΕ)
- Ζάππειο (ΥΠΕΧΩΔΕ)
- Σωτήριο (ΥΠΕΧΩΔΕ)
- Μακρινίτσα (ΥΠΕΧΩΔΕ)
- Σκοπιά (ΥΠΕΧΩΔΕ)

Η διαχείριση των δεδομένων έγινε με το λογισμικό Υδρογώμων (<http://www.itia.ntua.gr/en/softinfo/28/>), ενώ η κατάρτιση των όμβριων καμπυλών υποστηρίχθηκε από το μοντέλο Ombros που είναι ενσωματωμένο σε αυτό το λογισμικό.

Από τις πλήρεις ημερήσιες χρονοσειρές των παραπάνω δειγμάτων, έχουν εξαχθεί τα ετήσια μέγιστα ύψη για χρονική κλίμακα μίας ημέρας (Πίνακας 3.4).

Τα δεδομένα και των δειγμάτων από βροχογράφο της Σκοπιάς συγκρίθηκαν ως προς την τιμή τους των 24 ωρών με τα δεδομένα από βροχόμετρο του ίδιου σταθμού. Γενικά, αν και όπως προαναφέρθηκε, αναμένεται οι τιμές 24ώρου από το βροχογράφο να είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες από βροχόμετρο, στη συγκεκριμένη περίπτωση, αυτό δεν συνέβη σε όλα τα υδρολογικά έτη (Σχήμα 3.1). 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 βροχομέτρου και δευτερευόντως να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα βροχογράφου.

Ο σταθμός της Μακρινίτσας βρίσκεται σε υψόμετρο 650 m και είναι ο πιο χαρακτηριστικός για το κλίμα της περιοχής, καθώς βρίσκεται στα όρια της λεκάνης απορροής. Παρουσιάζει μεγαλύτερα ετήσια ημερήσια μέγιστα ύψη βροχής σε σχέση με τους άλλους σταθμούς (Σχήμα 3.3), και για το λόγο αυτό δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στη χρήση των δεδομένων από τον εν λόγω σταθμό. Ωστόσο, τα δεδομένα του σταθμού εμπεριέχουν ανακρίβειες και σε μερικές περιπτώσεις είναι αινιγματικά, όπως περιγράφεται πιο κάτω.

Σύμφωνα με το πρωτογενές αρχείο της Διεύθυνσης Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Δ7) του π. ΥΠΕΧΩΔΕ, ο έλεγχος που έγινε το 1952, αναφέρει πως το όργανο βρίσκεται σε καλή κατάσταση και ο παρατηρητής είναι πλήρως καταρτισμένος. Παρόλα αυτά κατά το υδρολογικό έτος 1951-52, ο παρατηρητής φαίνεται να διενεργεί σφάλματα κατά τη διενέργεια της μέτρησης (δεν αδειάζει τον κάδο), για αυτό και δεν λαμβάνουμε υπόψη τις μετρήσεις του έτους αυτού.

Κατά το υδρολογικό έτος 1956-57, παρατηρείται ύψος βροχής 580.5 mm, το οποίο ξεπερνάει κατά πολύ κάθε άλλη καταγεγραμμένη τιμή τα επόμενα χρόνια (είναι 6 φορές υψηλότερη από το μέσο όρο των υπόλοιπων ετήσιων μέγιστων). Για τη συγκεκριμένη βροχόπτωση δίνει δύο διαδοχικές καταγραφές, με ύψη βροχής 288.5 mm και 291 mm αντίστοιχα. Εικάζουμε πως ο παρατηρητής δεν άδειασε το βροχόμετρο στην πρώτη καταγραφή και για αυτό η δεύτερη καταγραφή των 291.0 mm αποτελεί το συνολικό ημερήσιο ύψος βροχής. Το ύψος 291.0 mm είναι πλησιέστερο στην αμέσως επόμενη μέγιστη τιμή των 240.5 mm, που παρατηρήθηκε κατά το υδρολογικό έτος 2006-07.

Με το παραπάνω σκεπτικό για την λανθασμένη άθροιση των τιμών στο επεισόδιο των 580.5 mm, χρησιμοποιήθηκαν τα ύψη βροχόπτωσης των επιμέρους επεισοδίων για τα υδρολογικά έτη 1961-62 και 1969-70 (επισημαίνονται με έντονα στοιχεία στον Πίνακα 3.4), αντί για τις τιμές 195 mm και 138.3 mm, αντίστοιχα. Επειδή η τιμή του δεύτερου επεισοδίου είναι μεγαλύτερη της τιμής του πρώτου και το ύψος ιδιαίτερα μεγάλο, εικάζουμε πως ο παρατηρητής δεν άδειασε τον κάδο του βροχομέτρου και για το λόγο αυτό, οι αθροίσεις είναι λανθασμένες.

Πίνακας 3.2: Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής με βάση τα δεδομένα του βροχογράφου της Αγκιάλου (σε mm).

Υδρ. έτος	Ετήσια μέγιστα ύψη βροχής (mm) για χρονική κλίμακα αναφοράς (h)								
	5/60	10/60	15/60	30/60	1	2	6	12	24
1977-78		7	10.5	15.4	21.1	37.7	70	117.7	141
1978-79	9	13	13.3	16.3	16.8	24.5	25.3	34.4	49.1
1979-80	4	5.2	7.7	12.1	18	19.1	31.9	40.3	46.6
1980-81	6	9	13.5	22	27.9	29.3	38.4	64.8	68.8
1981-82	5	9	4	21	30.6	45.3	54.8	60.2	62.8
1982-83	4	8	11.1	17.3	23.2	35.4	57.2	70.9	70.9
1983-84	7	12	14.3	19.9	20	20	36.7	52.5	83.6
1984-85	3	5	5.7	6.8	8.7	10.9	18.2	19.6	19.6
1985-86*	4	6	6.6	8.7	12	18.2	31.9	55.2	63.5
1986-87*	3	5	6.2	6.7	8.5	11.4	19.2	24.3	24.4
1987-88									
1988-89	6	9	12	18	22	22	26	26	38
1989-90	5	10	14	17	22	26	26	31	31
1990-91	2	4	6	10	11	11	20	34	43
1991-92	4	6	6	9	12	15	19	23	23
1992-93	3	5	6	6	8	9	19	22	31
1993-94	8	8	8	8	8	11	12	18	30
1994-95	6	11.4	17	27	40	58	71	72	72
1995-96									
1996-97									
1997-98									
1998-99									
1999-00*	3	4	5	7	11	17	27	38	38
2000-01	10	12	14	18	20	22	27	29	31
2001-02	7	10	14	25	33	38	38	56	59
2002-03	13	13.4	20	26	32	32	32	37	58
2003-04	6	10	13	24	33	39	39	39	47
2004-05	6	10	12	19	22	24	24	24	24
2005-06	6	10	12	21	24	29	32	38	65
2006-07	4	7	10	14	14	18	30	34	39
2007-08	4.5	6	7.6	11.1	17.4	18.5	23.7	38.2	38.2
2008-09	4.3	6.2	8.4	9.7	17	28.3	50.9	61.7	63.5

Τα δεδομένα μέχρι και το 1986-87 έχουν δοθεί επεξεργασμένα από την ΕΜΥ. Τα υπόλοιπα προήλθαν από ψηφιοποίηση βροχογραφημάτων που έγινε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης.

Στα υδρολογικά έτη που σημειώνονται με * υπάρχουν ελλείψεις δεδομένων.

Πίνακας 3.3: Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής με βάση τα δεδομένα του βροχογράφου της Σκοπιάς (σε mm).

Υδρ. έτος	Ετήσια μέγιστα ύψη βροχής (mm) για χρονικής κλίμακα (h)				
	1	2	6	12	24
1970-71	8.0	14.1	21.4	25.3	26.4
1971-72	12.5	13.2	20.2	23.2	35.9
1972-73	15.0	17.0	41.8	73.0	97.7
1973-74	6.9	9.5	16.1	23.4	29.2
1974-75	14.7	15.5	21.6	34.6	38.8
1975-76	17.3	28.9	65.9	101.6	140.7
1976-77	18.3	32.3	49.6	52.0	52.4
1977-78	7.6	13.0	21.8	29.6	31.5
1978-79	11.7	16.9	23.8	23.8	24.1
1979-80	16.2	16.8	22.7	35.0	46.9
1980-81	17.2	30.1	71.2	113.5	133.3
1981-82	25.2	26.0	43.8	54.4	69.6
1982-83	15.4	15.8	31.0	41.4	41.6
1983-84	9.0	12.6	18.1	23.0	40.8
1984-85	22.4	23.7	24.1	42.6	61.7
1985-86	11.8	17.8	32.0	50.0	63.5
1986-87	11.2	20.2	20.3	20.3	20.3
1987-88	6.5	9.6	13.9	14.9	15.6
1988-89	12.3	16.2	26.5	45.4	54.2
1989-90	8.6	9.1	16.6	18.9	26.4
1990-91	6.5	8.4	13.7	19.8	25.5
1991-92	13.0	13.1	13.1	17.9	17.9
1992-93	5.3	8.5	11.2	13.8	15.0
1993-94	10.3	11.1	11.5	11.5	12.0
1994-95	17.6	27.7	45.9	55.3	106.4
1995-96	23.5	34.9	37.9	37.9	37.9
1996-97	9.5	16.8	34.9	61.3	94.4

Πίνακας 3.4: Δείγματα ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής (σε mm) από βροχόμετρα.

Υδρ. έτος	Φάρσαλα	Ζάππειο	Σωτήριο	Μακρινίτσα	Σκοπιά
1949-50		16.5			
1950-51		45.5		141	
1951-52		33.2			
1952-53		46.8		87	
1953-54		65.5		37	
1954-55		35.5		65.3	
1955-56		50.5		167.1	
1956-57		54.6		292	
1957-58		41.2		56.9	
1958-59		39.9		29.5	
1959-60	41.1	42.4	26.9	90.9	
1960-61	47	60	60.9	80.7	
1961-62	52.4	99.6	76.6	119	
1962-63	57.5	38.5	23.5	71.1	
1963-64	68.1	29.8	46.9	66.3	
1964-65	39.3	72.4	104.6	61	
1965-66	29.1	45.1	29.6	91.3	
1966-67	74.4	74.3	64.6	74.9	
1967-68	83.2	67.2	56.4	81	
1968-69	51	38.2	38.2	53.6	
1969-70	51.4	38.3	27.6	83.6	
1970-71	38.2	26	18.4	76.3	34.5
1971-72	30.4	105	77.6	71.3	35
1972-73	31.6	46.5	43.6	63.4	50
1973-74	30.1	30.2	25.6	67.4	50
1974-75	45.3	39	28.4	172	37.8
1975-76	36.2	47	36.2	164.4	99.2
1976-77	40.4	26	37	42.8	52
1977-78	93.4	128.3	125	173.5	70.1
1978-79	41.4	41.2	82.6	81.3	29
1979-80	44.3	77.2	44	113.7	39.5
1980-81	94.2	73.3	48.6	105.1	90.5
1981-82	39.3	65.2	72	168.7	78
1982-83		25.3	52.4	84.2	30
1983-84		54	58.4	98.6	48.5
1984-85		40.3	43.6	109.9	50.6
1985-86		56	35	52.8	50.8
1986-87	75	62.1	22	125	32
1987-88	45	55.1	30	39.1	38
1988-89	41	36	28	72.2	50
1989-90	63	46	32	68.8	36
1990-91	76	31.5	68	88.2	41
1991-92	95	21	61	38.4	40
1992-93	68	41	23.5	36.2	44
1993-94	26	29.4	23.4	55.2	40
1994-95	129	45.2	44.5	120.9	95
1995-96		52.4	26	89.5	45.4
1996-97		49	40	170.6	110
1997-98				155.4	
1998-99				61.8	
1999-00				62.4	
2000-01				96.4	

Υδρ. έτος	Φάρσαλα	Ζάππειο	Σωτήριο	Μακρινίτσα	Σκοπιά
2001-02				133.4	
2002-03				67.4	
2003-04				92.8	
2004-05				28.4	
2005-06				60.4	
2006-07				240.5	
2007-08				129.3	

3.3 Επεξεργασία βροχογραφικών δεδομένων

Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων έντασης βροχής, όπως προκύπτουν από τα δεδομένα του Πίνακα 3.2 για την Αγχιάλο και του Πίνακα 3.3 για τη Σκοπιά, φαίνονται στους Πίνακες 3.5 και 3.6, αντιστοίχως. Στο Σχήμα 3.2 έχει απεικονιστεί σε διπλό λογαριθμικό διάγραμμα η μεταβολή της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης της ετήσιας μέγιστης έντασης βροχής στους δύο σταθμούς σε συνάρτηση με τη χρονική κλίμακα. Παρατηρούμε ότι σε κάθε σταθμό τα δύο μεγέθη ακολουθούν προσεγγιστικά (αλλά όχι απόλυτα) νόμους δύναμης. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των δύο σταθμών παρουσιάζουν γενικά παρόμοια εικόνα, με τον εκθέτη του νόμου δύναμης (κλίση ευθείας στο διπλό λογαριθμικό διάγραμμα) να είναι ελαφρώς μεγαλύτερος στην Αγχιάλο σε σχέση με τη Σκοπιά. Η παρόμοια αυτή εικόνα επιτρέπει να θεωρήσουμε τις ίδιες τιμές παραμέτρων η και θ στους δύο σταθμούς και να επεκτείνουμε τις τιμές αυτές στο σύνολο της περιοχής μελέτης, η οποία καλύπτεται μόνο από βροχόμετρα που δεν επιτρέπουν την απευθείας εξαγωγή των τιμών αυτών των παραμέτρων. Προκειμένου να είμαστε στην πλευρά της ασφάλειας, και με δεδομένο ότι Σχήμα 3.2 δείχνει δυσμενέστερες τιμές εντάσεων για την Αγχιάλο, προτιμούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτόν το σταθμό για την εκτίμηση των τελικών παραμέτρων η και θ . Σε αυτή την επιλογή συνηγορεί και το γεγονός ότι η χρονική διακριτότητα των δεδομένων της Αγχιάλου είναι 5 min, σε σύγκριση με τη 1 h της Σκοπιάς.

Πίνακας 3.5: Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγμάτων έντασης βροχής του σταθμού Αγχιάλου.

Χρονική κλίμακα (h)	5/60	10/60	15/60	30/60	1	2	6	12	24
Πλήθος δεδομένων	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Μέση τιμή (mm/h)	65.24	49.16	42.43	30.81	19.75	12.40	5.56	3.58	2.10
Τυπική απόκλιση (mm/h)	29.26	16.80	15.54	13.10	8.77	5.92	2.56	1.82	1.05
Συντελεστής μεταβλητότητας C_v	0.45	0.34	0.37	0.43	0.44	0.48	0.46	0.51	0.50
Συντελεστής ασυμμετρίας C_s	1.37	0.21	0.36	0.14	0.51	0.94	1.20	1.66	1.77
Ροπή λ_2 (mm/h)	15.62	9.77	8.88	7.65	5.03	3.31	1.38	0.96	0.55
Ροπή λ_3 (mm/h)	3.97	0.56	0.50	0.33	0.59	0.62	0.38	0.27	0.12
Συντελεστής μεταβλητότητας τ_2	0.24	0.20	0.21	0.25	0.25	0.27	0.25	0.27	0.26
Συντελεστής ασυμμετρίας τ_3	0.25	0.06	0.06	0.04	0.12	0.19	0.28	0.28	0.22

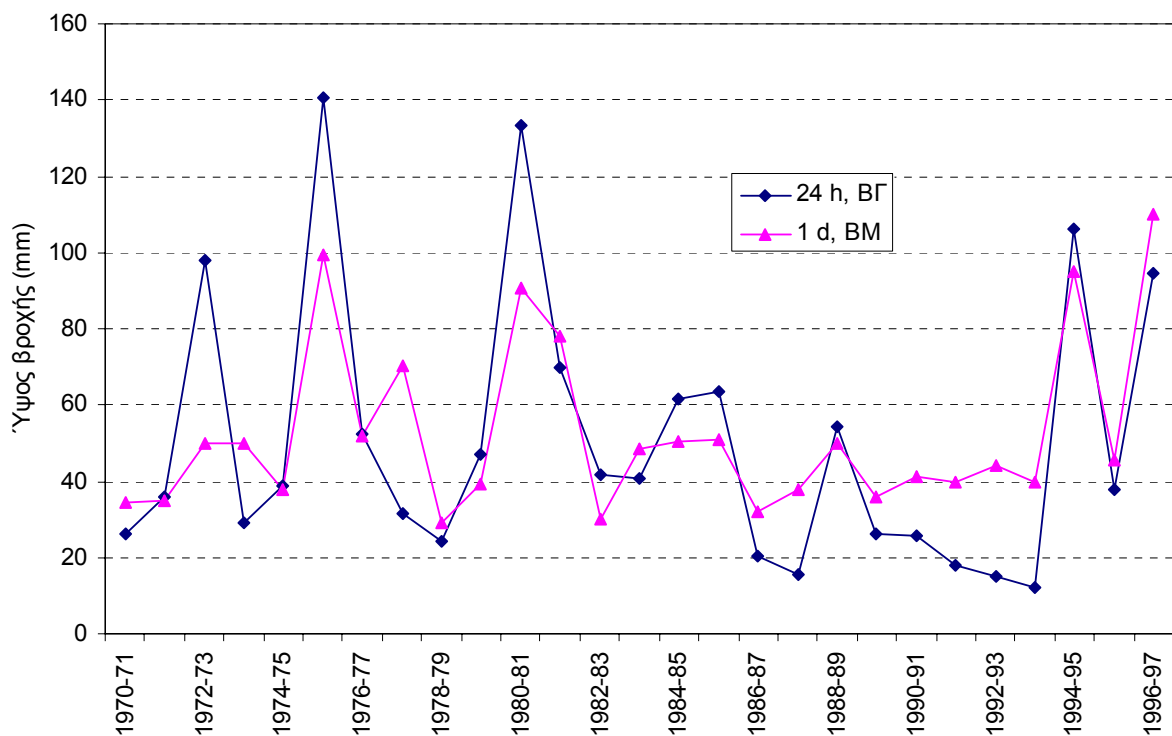
Πίνακας 3.6: Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγμάτων έντασης βροχής του σταθμού Σκοπιάς.

Χρονική κλίμακα (h)	1	2	6	12	24
Πλήθος δεδομένων	27	27	27	27	27
Μέση τιμή (mm/h)	14.79	9.22	4.85	3.32	2.10
Τυπική απόκλιση (mm/h)	6.08	4.00	2.70	2.14	1.48
Συντελεστής μεταβλητότητας C_v	0.41	0.43	0.56	0.65	0.71
Συντελεστής ασυμμετρίας C_s	0.62	0.83	1.29	1.52	1.29
Ροπή λ_2 (mm/h)	3.48	2.23	1.45	1.13	0.79
Ροπή λ_3 (mm/h)	0.49	0.50	0.44	0.36	0.26
Συντελεστής μεταβλητότητας τ_2	0.24	0.24	0.30	0.34	0.38
Συντελεστής ασυμμετρίας τ_3	0.14	0.22	0.30	0.32	0.33

Σημείωση: Τα στατιστικά χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν αφού προηγουμένως έγινε άρση του σφάλματος διακριτοποίησης στα στατιστικά δείγματα.

Η εφαρμογή του αλγορίθμου ελαχιστοποίησης της στατιστικής παραμέτρου H , όπως περιγράφεται στο εδάφιο 3.1.5 και χρησιμοποιώντας το μεγαλύτερο $1/3$ του δείγματος, έδωσε τιμές παραμέτρων $\theta = 0.22$ h και $\eta = 0.76$.

Λόγω των προβλημάτων που υπάρχουν στα δεδομένα των βροχογράφων, η εκτίμηση των υπόλοιπων παραμέτρων έγινε με βάση δεδομένα βροχομέτρων, όπως αναλύεται στη συνέχεια.



Σχήμα 3.1: Σύγκριση ετήσιων μέγιστων υψών βροχής 24ώρου από βροχογράφο (BG) και μιας ημέρας από βροχόμετρο (BM) για το σταθμό της Σκοπιάς.

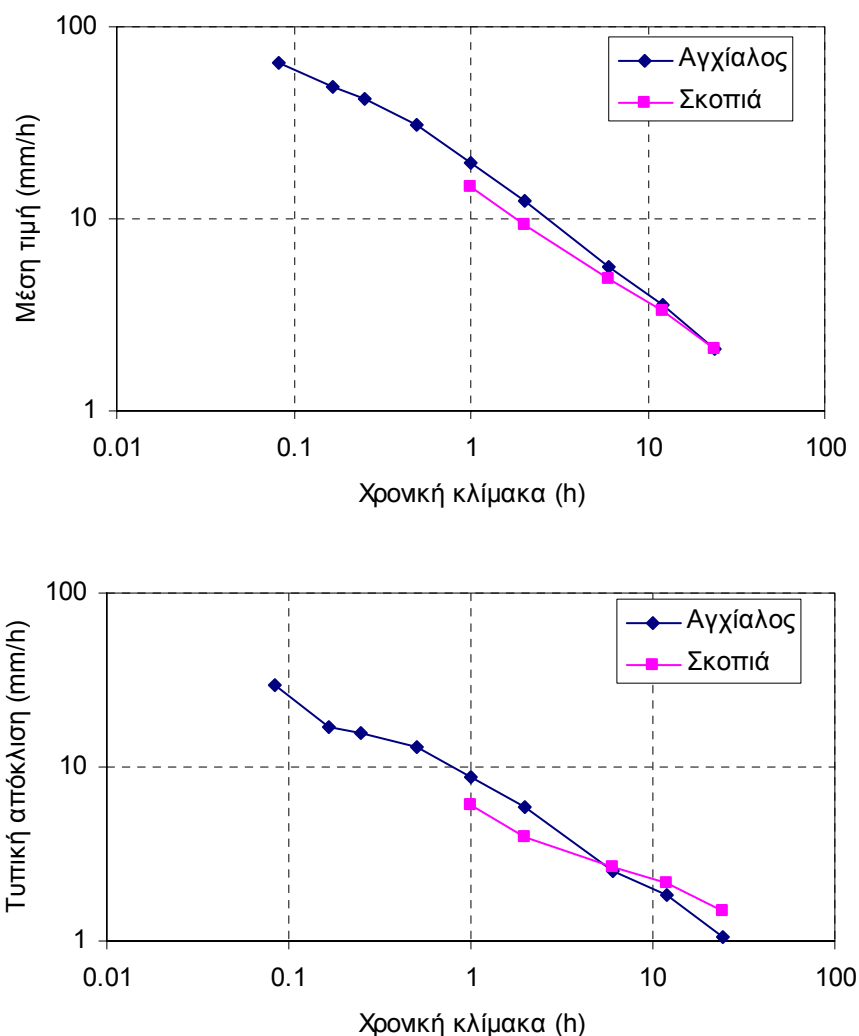
3.4 Επεξεργασία βροχομετρικών δεδομένων

Στον Πίνακα 3.7 φαίνονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά για καθένα από τα δείγματα ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής στους πέντε τους σταθμούς της περιοχής μελέτης, ενώ στον

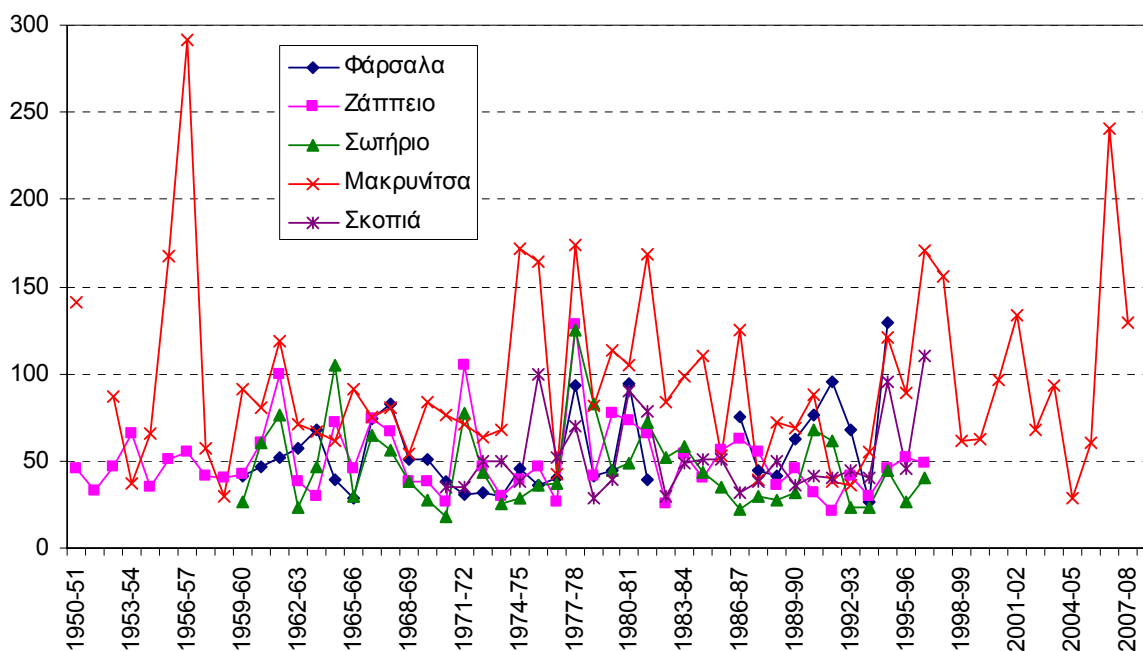
Πίνακα 3.8 φαίνονται οι συντελεστές ετεροσυσχέτισης για κάθε ζεύγος σταθμών (για μηδενική υστέρηση). Στο Σχήμα 3.3 έχουν απεικονιστεί οι χρονοσειρές του ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής σε όλους τους σταθμούς.

Γενικά, παρατηρείται ότι οι διαφορετικές χρονοσειρές είναι θετικά συσχετισμένες μεταξύ τους, αν και οι συντελεστές ετεροσυσχέτισης είναι κατά κανόνα χαμηλοί (σε δύο μόνο ζεύγη ο συντελεστής ετεροσυσχέτισης ξεπερνά το 0.50). Εξάλλου, στον Πίνακα 3.7 παρατηρούμε ότι τα στατιστικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών χρονοσειρών είναι παρόμοια σε όλους τους σταθμούς, εκτός από τη Μακρινίτσα που παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερα ύψη βροχής, όπως άλλωστε φαίνεται και στο Σχήμα 3.3.

Οι ομοιότητες και διαφοροποιήσεις στις στατιστικές κατανομές φαίνονται πιο χαρακτηριστικά στο Σχήμα 3.4, όπου έχουν απεικονιστεί σε λογαριθμικούς άξονες οι εμπειρικές κατανομές (υπολογισμένες από τον τύπο του Weibull) των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής.



Σχήμα 3.2: Μεταβολή των στατιστικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων ετήσιας μέγιστης έντασης βροχής των σταθμών Αγχιάλου και Σκοπιάς συναρτήσει της χρονικής κλίμακας αναφοράς.



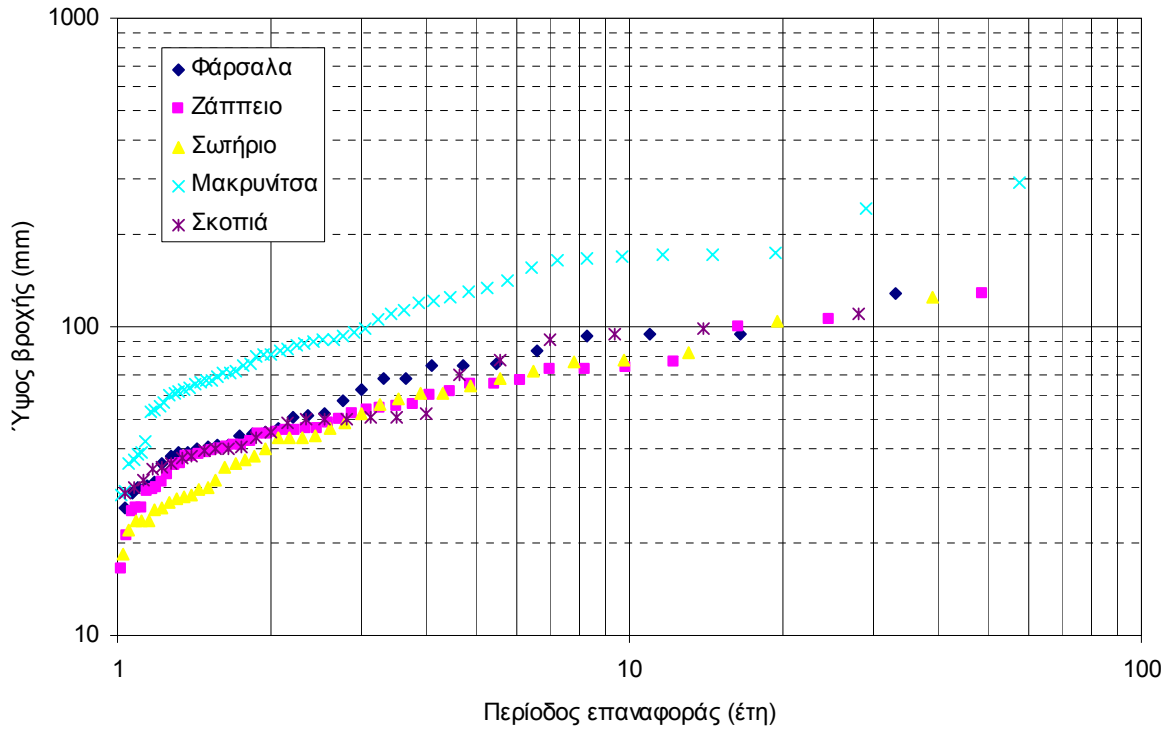
Σχήμα 3.3: Απεικόνιση των χρονοσειρών ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής.

Πίνακας 3.7: Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγμάτων ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής.

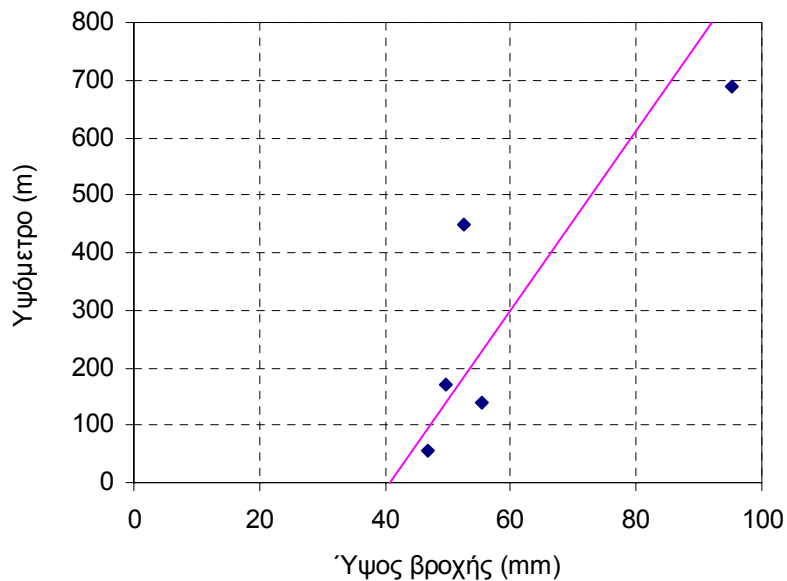
Σταθμός	Φάρσαλα	Ζάππειο	Σωτήριο	Μακρινίτσα	Σκοπιά
Πλήθος δεδομένων	32	48	38	57	27
Μέση τιμή (mm)	55.54	49.67	46.91	95.21	52.48
Τυπική απόκλιση (mm)	24.17	21.74	24.01	51.49	22.60
Συντελεστής μεταβλητότητας C_v	0.44	0.44	0.51	0.54	0.43
Συντελεστής ασυμμετρίας C_s	1.19	1.53	1.37	1.56	1.38
Ροπή λ_2 (mm)	13.15	11.39	12.88	26.94	11.74
Ροπή λ_3 (mm)	3.54	2.80	3.61	7.29	4.27
Συντελεστής μεταβλητότητας τ_2	0.24	0.23	0.27	0.28	0.22
Συντελεστής ασυμμετρίας τ_3	0.27	0.25	0.28	0.27	0.36

Πίνακας 3.8: Συντελεστές ετεροσυσχέτισης μεταξύ των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής

	Φάρσαλα	Ζάππειο	Σωτήριο	Μακρινίτσα	Σκοπιά
Φάρσαλα	1.000	0.159	0.227	0.147	0.387
Ζάππειο	0.159	1.000	0.649	0.286	0.212
Σωτήριο	0.227	0.649	1.000	0.233	0.123
Μακρινίτσα	0.147	0.286	0.233	1.000	0.579
Σκοπιά	0.387	0.212	0.123	0.579	1.000



Σχήμα 3.4: Εμπειρικές κατανομές ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής.



Σχήμα 3.5: Σχέση μέσης τιμής ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής και υψομέτρου.

Συνεπώς, η θεώρηση ότι όλες οι διαφορετικές χρονοσειρές αντιπροσωπεύουν τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό δεν είναι εύλογη. Αν και αναμένεται ένα μέρος της διαφοροποίησης να οφείλεται σε δειγματοληπτικούς στατιστικούς λόγους, ένα σημαντικό μέρος της μεταβλητότητας μπορεί να αποδοθεί στη γεωγραφική μεταβλητότητα και τη διαφοροποίηση του υψομέτρου. Ειδικότερα, η σχέση υψομέτρου και μέσης τιμής του ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής απεικονίζεται στο Σχήμα 3.5. Η σχετική βροχοβαθμίδα είναι 6.4 mm/100 m και ο συντελεστής προσδιορισμού 0.72. Αν και η

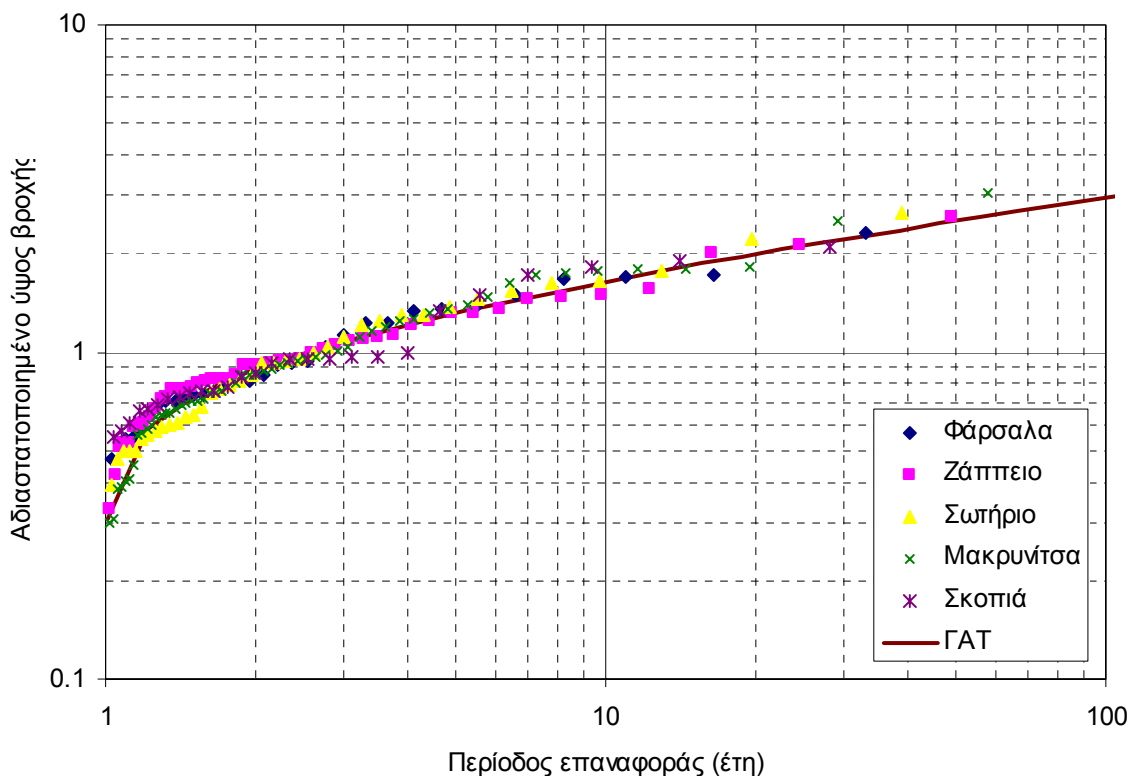
τιμή του συντελεστή είναι αρκετά μεγάλη, πρέπει να σημειωθεί ότι κατά βάση οφείλεται σε ένα σημείο, τη Μακρινίτσα, που τοποθετείται σε πολύ διαφορετική θέση από τα υπόλοιπα.

Για την περαιτέρω επεξεργασία, διαιρέθηκαν όλες οι τιμές κάθε δείγματος ετήσιου μέγιστου ύψους βροχής με την αντίστοιχη μέση τιμή. Στη συνέχεια, επαναπροσδιορίστηκαν οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής των αδιαστατοποιημένων χρονοσειρών των διάφορων σταθμών που τώρα εμφανίζονται λιγότερο αποκλίνουσες μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.6. Τα αδιαστατοποιημένα 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 Ξηριά. 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:

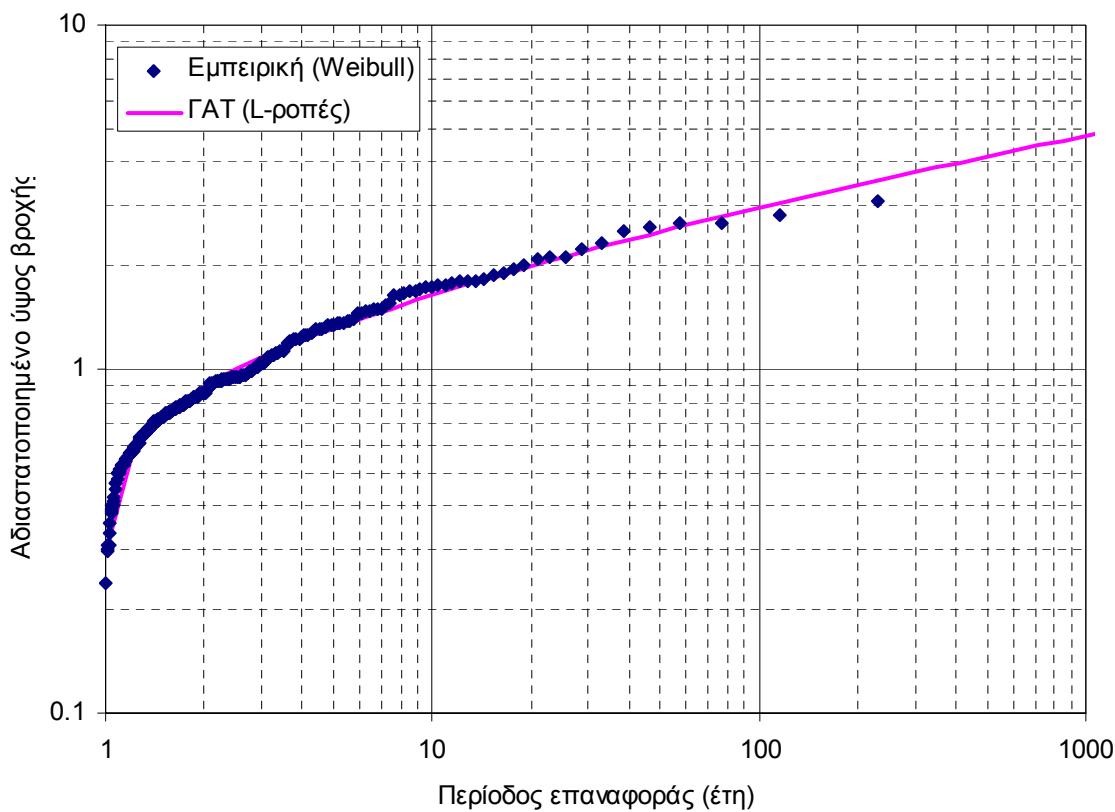
$$k_e = k / [1 + (k - 1) \rho] \quad (3.26)$$

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 $\rho = 0.3$, η σχέση δίνει $k_e = 2.5 \ll 7$.

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των L-ροπών που περιγράφηκε στο εδάφιο 3.1.5 (βλ. και *Stedinger et al.*, 1993, σ. 18.5) προσαρμόστηκε στο ενοποιημένο δείγμα η θεωρητική συνάρτηση κατανομής ΓΑΤ που επίσης έχει απεικονιστεί στο Σχήμα 3.6. Η τιμή της παραμέτρου σχήματος κ , η οποία εκτιμήθηκε με τη μέθοδο των L-ροπών, είναι 0.15, ίση ακριβώς με την «παγκόσμια» τιμή που προαναφέρθηκε. Οι τιμές των άλλων παραμέτρων είναι $\lambda = 0.33$ και $\psi = 2.28$. Η εμπειρική συνάρτηση κατανομής του ενοποιημένου δείγματος σε σύγκριση και με την ενιαία θεωρητική κατανομή έχει απεικονιστεί στο Σχήμα 3.7, στο οποίο παρατηρείται εντυπωσιακά καλή συμφωνία μεταξύ εμπειρικής και θεωρητικής συνάρτησης κατανομής. Η θεωρητική συνάρτηση κατανομής ΓΑΤ έχει επίσης απεικονιστεί στο Σχήμα 3.6, μαζί με τις εμπειρικές των διάφορων σταθμών, όπου επίσης παρατηρείται ικανοποιητική συμφωνία. Το γεγονός αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως επαρκής τεκμηρίωση της ενοποίησης των αδιαστατοποιημένων δειγμάτων.



Σχήμα 3.6: Εμπειρικές κατανομές ετήσιων μέγιστων 24ώρων υψών βροχής, αδιαστατοποιημένων με τη μέση τιμή τους, καθώς και θεωρητική (ΓΑΤ) κατανομή ενοποιημένου δείγματος.



Σχήμα 3.7: Εμπειρική και θεωρητική (ΓΑΤ) κατανομή ενοποιημένου δείγματος ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής αδιαστατοποιημένων με τη μέση τιμή τους.

3.5 Εκτίμηση παραμέτρων όμβριων καμπυλών

Αν συμβολίσουμε με z_T το αδιαστατοποιημένο με τη μέση τιμή ετήσιο μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής για περίοδο επαναφοράς T , τότε η ένταση βροχής για τον τυχόντα σταθμό και για χρονική κλίμακα 24 h είναι $i(24 \text{ h}, T) = \alpha \mu z_T / 24$, όπου μ η μέση τιμή που έχει χρησιμοποιηθεί στην αδιαστατοποίηση και α ο συντελεστής άρσης του σφάλματος διακριτοποίησης (= 1.13). Αντίστοιχα, το μέγεθος $y_T = i(24 \text{ h}, T) (1 + 24/\theta)^{\eta}$, η κατανομή του οποίου, όπως αναφέρθηκε στο εδάφιο 3.1.5, ορίζει τη συνάρτηση $a(T)$ της σχέσης όμβριων καμπυλών, θα είναι $y_T = \alpha \mu z_T (1 + 24/\theta)^{\eta} / 24$. Κατά συνέπεια, το μέγεθος y έχει την ίδια συνάρτηση κατανομής με το z με ίδιες παραμέτρους σχήματος και θέσης, και παράμετρο κλίμακας ανάλογη αυτής του z με συντελεστή αναλογίας $\alpha \mu (1 + 24/\theta)^{\eta} / 24$.

Κατά συνέπεια οι παράμετροι θ και η που εκτιμήθηκαν στην ενότητα 3.3 σε συνδυασμό με τις παραμέτρους της κατανομής του αδιαστατοποιημένου μέγιστου ημερήσιου ύψους που εκτιμήθηκαν στην ενότητα 3.4, καθορίζουν πλήρως τις εκφράσεις των ομβρίων καμπυλών (εξισώσεις (3.8) και (3.9)· βλ. και Κουτσογιάννης, 1997, καθώς και Κουτσογιάννης *et al.*, 1998). Υπενθυμίζεται ότι τιμές των παραμέτρων θ και η εκτιμήθηκαν από το σταθμό Αγχιάλου και θεωρήθηκαν ενιαίες για όλους τους σταθμούς. Οι τελικές τιμές των παραμέτρων για τους διάφορους σταθμούς φαίνονται στον Πίνακα 3.9.

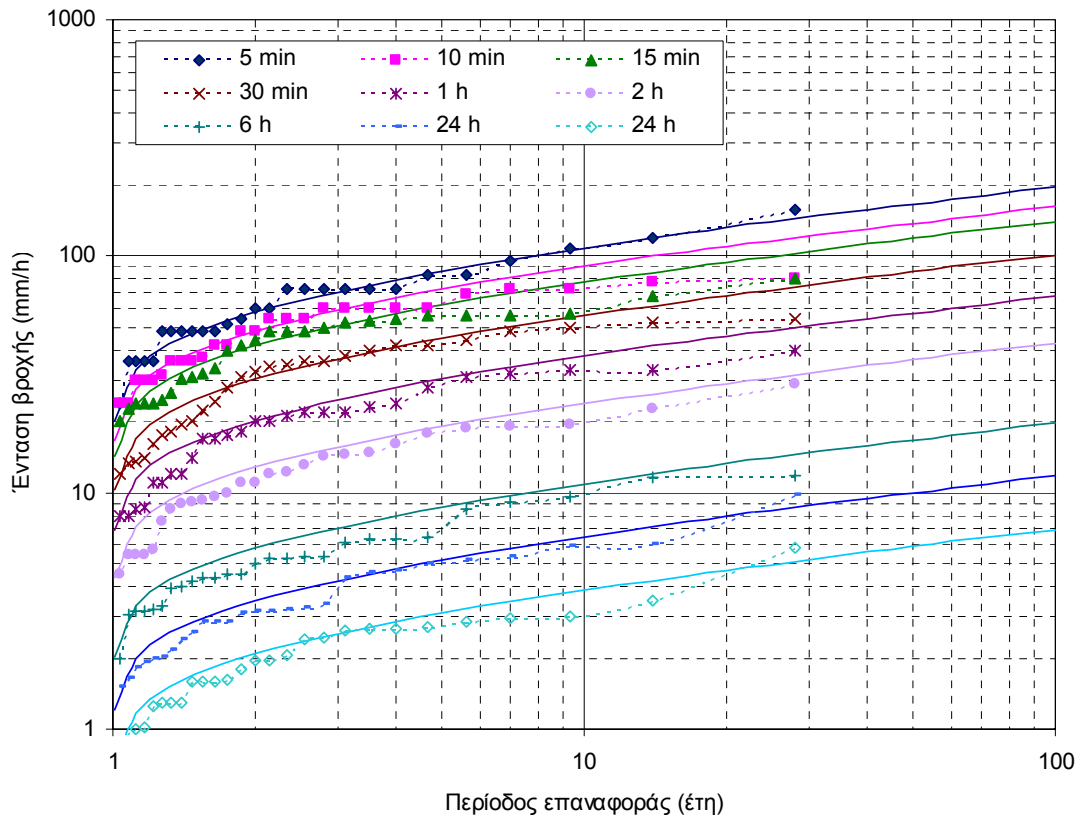
Πίνακας 3.9: Εκτιμημένες παράμετροι όμβριων καμπυλών (εξισώσεις (3.8) και (3.9)).

Σταθμός \ παράμετρος	Φάρσαλα	Ζάππειο	Σωτήριο	Μακρινίτσα	Σκοπιά	Αγχιάλος	Μέση λεκάνης
θ (h)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
η	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
κ	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
λ (mm/h)	30.74	27.49	25.96	52.70	29.05	27.90	40.30
ψ	2.28	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22
λ' (mm)	204.9	183.3	173.1	351.3	193.6	186.0	268.7
ψ'	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66

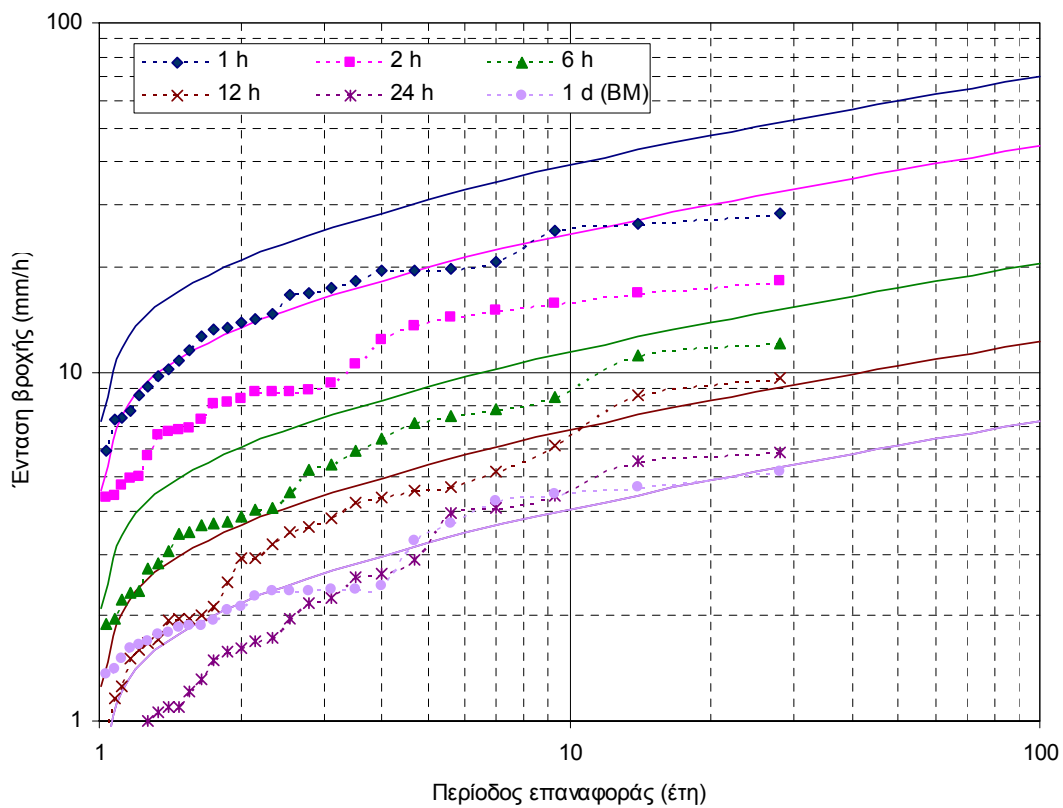
Σημείωση: Οι μέσες τιμές των παραμέτρων, οι οποίες απεικονίζονται στην τελευταία στήλη, προκύπτουν με βάση με βάση τους σταθμούς Αγχιάλου και Μακρινίτσας. Η εξίσωση όμβριων καμπυλών (3.9), παίρνοντας υπόψη τις κοινές για όλους τους σταθμούς παραμέτρους, γράφεται $i(d, T) = \lambda' (T^{0.15} - 0.66) / (1 + d/0.22)^{0.76}$ (T σε έτη, d σε h, i σε mm/h).

Οι συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ που ορίζονται από το εκτιμημένο σύνολο παραμέτρων για διάφορες χαρακτηριστικές χρονικές κλίμακες φαίνονται στο Σχήμα 3.8 για την Αγχιάλο και το Σχήμα 3.9 για τη Σκοπιά. 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 στην Αγχιάλο βρίσκονται σε καλή συμφωνία με τις θεωρητικές, αλλά στη Σκοπιά οι εμπειρικές είναι 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 τη χρονική κλίμακα των 24 h και εκτιμηθεί απ' αυτές η εμπειρική συνάρτηση κατανομής, η οποία έχει επίσης απεικονιστεί στο Σχήμα 3.9, γίνεται φανερή η πολύ καλή συμφωνία μεταξύ θεωρητικής και εμπειρικής συνάρτησης κατανομής.

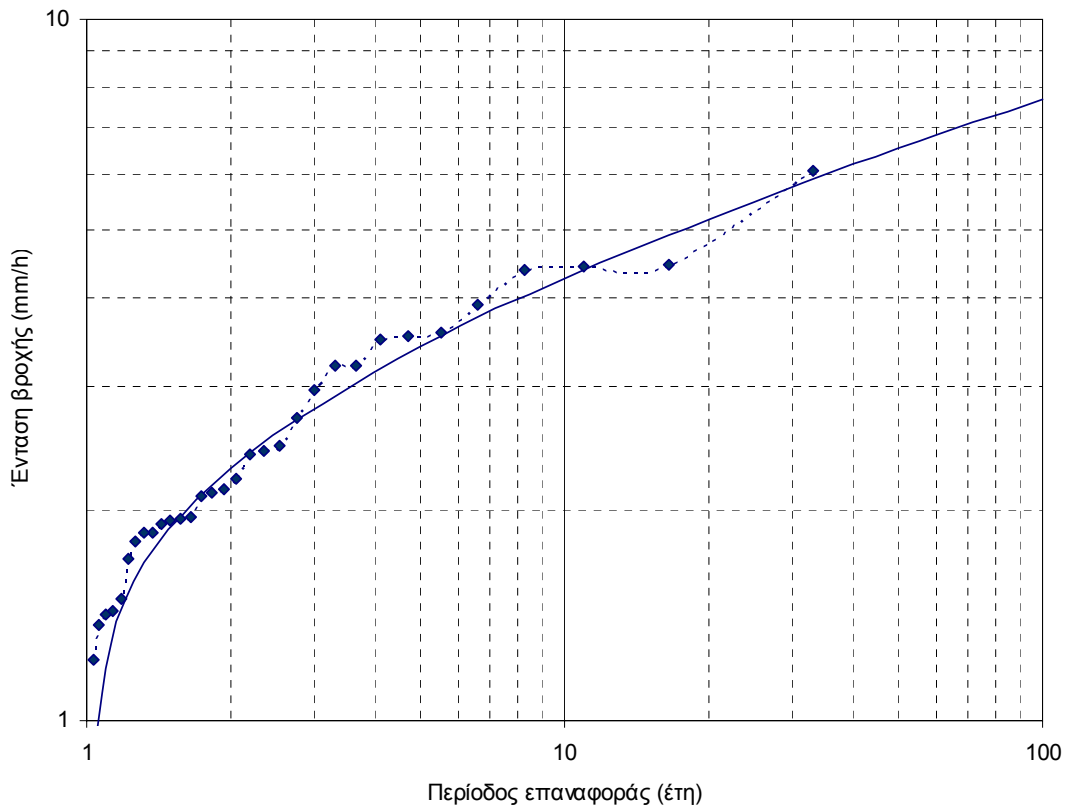
Αντίστοιχες απεικονίσεις εμπειρικών συναρτήσεων κατανομής για τη χρονική κλίμακα των 24 h, σε σύγκριση και με τις θεωρητικές, έχουν γίνει και για τους σταθμούς που δεν διαθέτουν βροχογράφο και έχουν απεικονιστεί στο Σχήμα 3.10 για τα Φάρσαλα, το Σχήμα 3.11 για το Ζάππειο, το Σχήμα 3.12 για το Σωτήριο και το Σχήμα 3.13 για τη Μακρινίτσα. Γενικά παρατηρείται καλή συμφωνία θεωρητικών και εμπειρικών συναρτήσεων κατανομής.



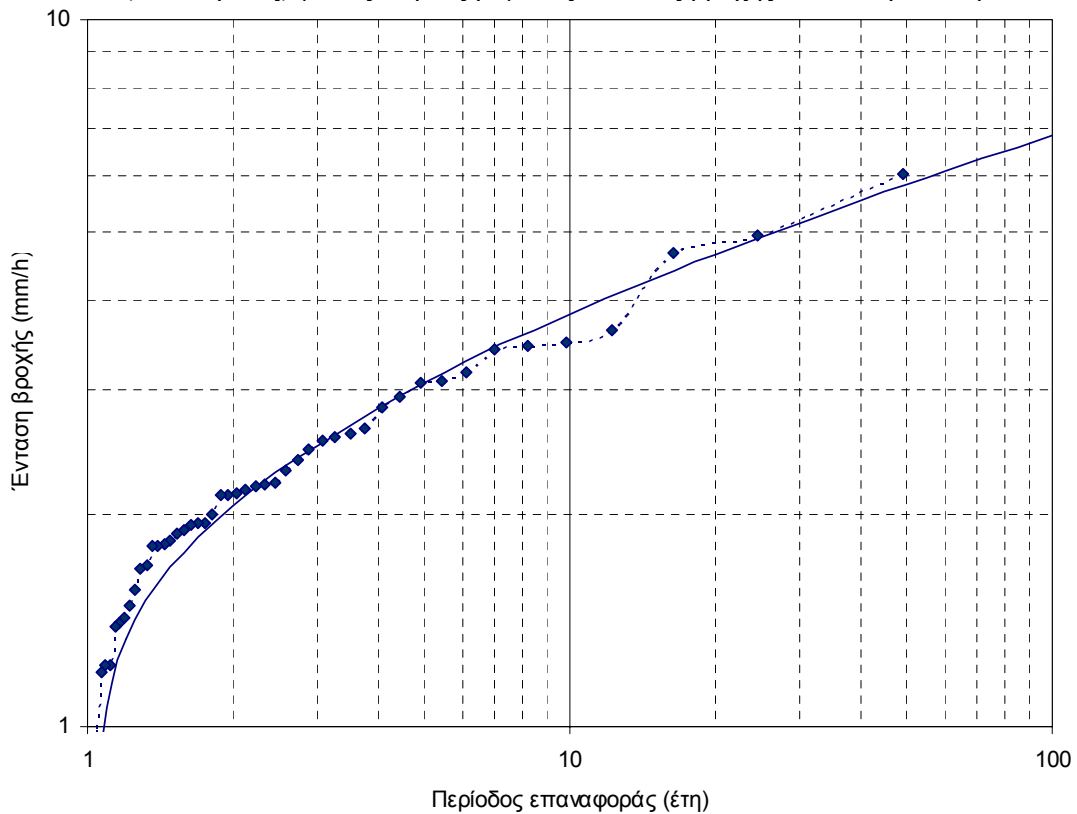
Σχήμα 3.8: Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (τεθλασμένες) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Αγκιάλου.



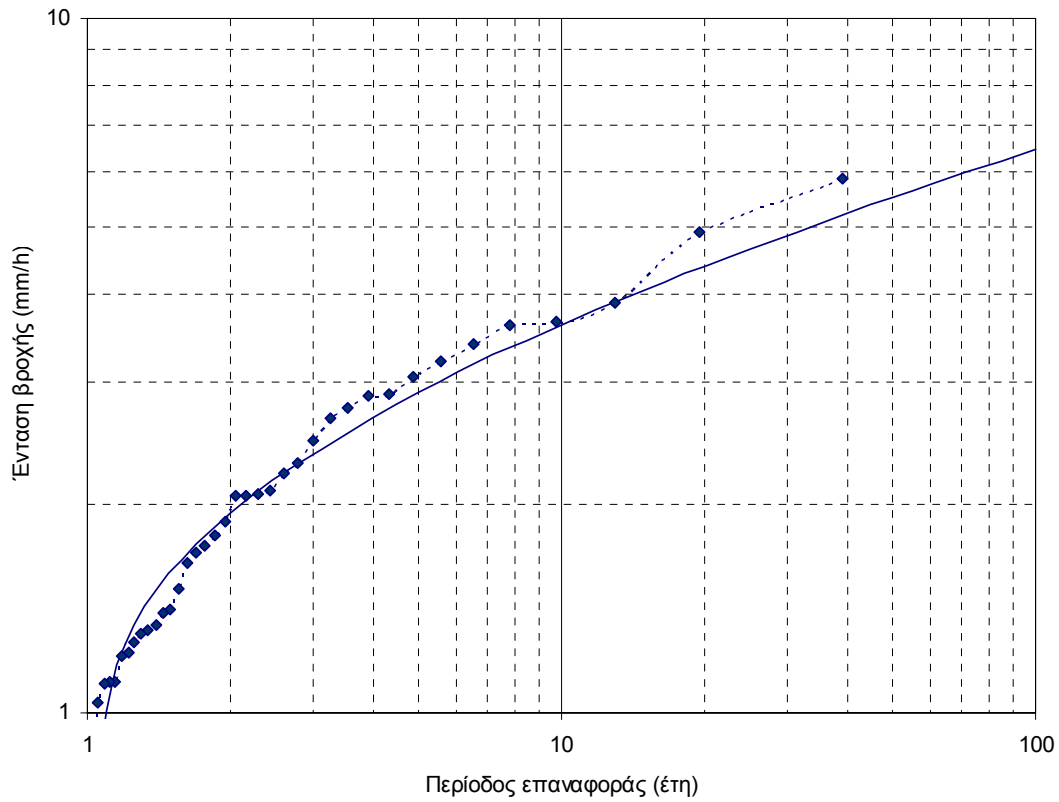
Σχήμα 3.9: Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (τεθλασμένες) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Σκοπιάς.



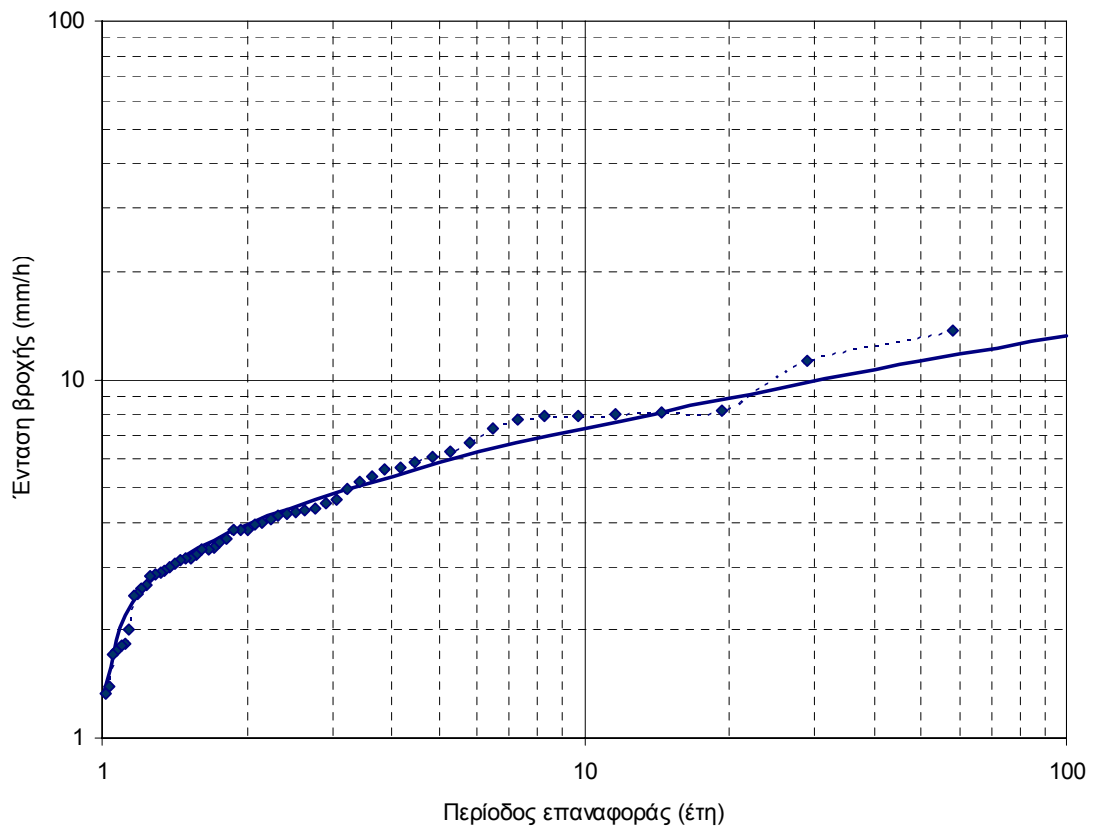
Σχήμα 3.10: Συνάρτηση κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρική συνάρτηση κατανομής κατά Weibull (τεθλασμένες) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Φαρσάλων.



Σχήμα 3.11: Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (τεθλασμένες) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Ζαπείου.



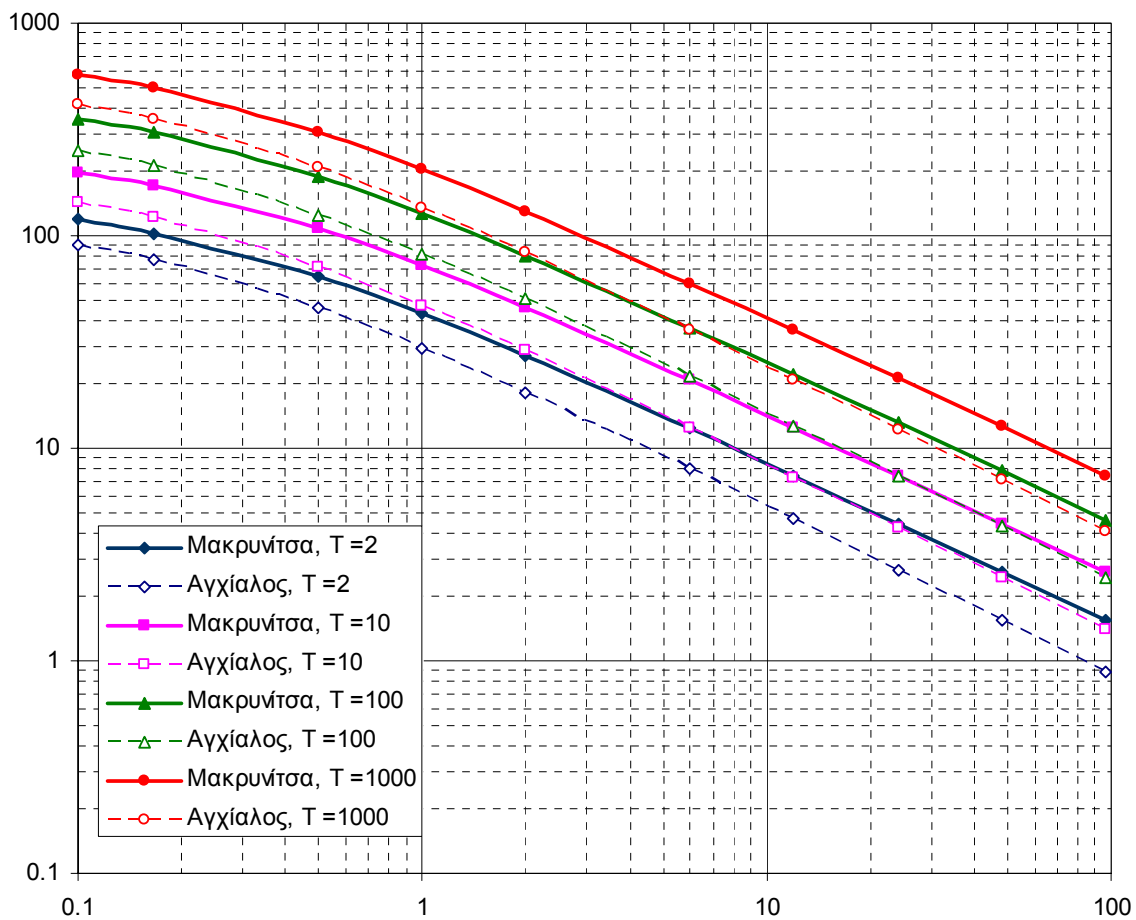
Σχήμα 3.12: Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (τεθλασμένες) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Σωτηρίου.



Σχήμα 3.13: Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (τεθλασμένες) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Μακρινίτσας.

3.6 Σύγκρισεις όμβριων καμπυλών για τους διαφορετικούς σταθμούς

Οι διαφορές ανάμεσα στα στατιστικά χαρακτηριστικά και τις εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής των ετήσιων μέγιστων υψών βροχής των διαφορετικών σταθμών, οι οποίες έχουν ήδη συζητηθεί (Πίνακας 3.7, Σχήμα 3.4), αντικατοπτρίζονται και στις όμβριες καμπύλες. Με βάση τις παραμέτρους των όμβριων καμπυλών που φαίνονται στον Πίνακα 3.9 προκύπτει ότι οι σταθμοί με τις μεγαλύτερες εντάσεις βροχής είναι της Μακρινίτσας, ενώ ο σταθμός της Αγχιάλου είναι αντιπροσωπευτικός όλων των άλλων σταθμών της περιοχής. Εποπτικότερη σύγκριση των όμβριων καμπυλών της Αγχιάλου με αυτές της Μακρινίτσας γίνεται στο Σχήμα 3.14 για περιόδους επαναφοράς από 2 έως 1000 χρόνια. Παρατηρούμε ότι οι διαφορές είναι πολύ μεγάλες, μιας τάξης μεγέθους της περιόδου επαναφοράς (π.χ. αν μια τιμή της έντασης βροχής έχει περίοδο επαναφοράς 10 χρόνια για τη Μακρινίτσα, για την Αγχιάλο έχει περίοδο επαναφοράς 100 χρόνια).



Σχήμα 3.14: Σύγκριση των όμβριων καμπυλών των σταθμών Αγχιάλου και Μακρινίτσας.

3.7 Επιφανειακή αναγωγή – Τελικές τιμές εφαρμογής

Οι τιμές που προκύπτουν από την εξίσωση (3.28) αφορούν στη σημειακή βροχόπτωση και πρέπει να αναχθούν στην επιφάνεια της κάθε εξεταζόμενης λεκάνης ή υπολεκάνης. Για την αναγωγή χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση που δίνεται από τους Κουτσογιάννη και Ξανθόπουλο (1999, σ. 153):

$$\varphi = 1 - \frac{0.048 A^{0.36 - 0.01 \ln A}}{d^{0.35}} \geq 0.25 \quad (3.27)$$

όπου φ ο συντελεστής επιφανειακής αναγωγής (αδιάστατος αριθμός), A η έκταση της λεκάνης σε km^2 και d η χρονική κλίμακα σε h. Η σχέση αυτή βασίστηκε σε πινακοποιημένα αποτελέσματα του *National Environmental Research Council* (1975), και αναφέρεται σε εύρος μεταβολής της χρονικής κλίμακας από 1 min έως 25 ημέρες και της έκτασης από 1 έως 30 000 km^2 .

Η εφαρμογή της σχέσης (3.27) για τη συνολική έκταση λεκάνης του Ξηριά (113 km^2) και για χαρακτηριστικές χρονικές κλίμακες, έδωσε τις τιμές που φαίνονται στον Πίνακα 3.10.

Πίνακας 3.10: Χαρακτηριστικές τιμές του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής φ για τη λεκάνη Ξηριά.

d (h)	0.5	1	2	4	6	12	24
φ	0.734	0.792	0.836	0.872	0.889	0.913	0.931

3.8 Μέση αντιπροσωπευτική σημειακή όμβρια καμπύλη της λεκάνης

Προκειμένου να εξαχθεί μια «μέση», αντιπροσωπευτική για το σύνολο της λεκάνης, σημειακή όμβρια καμπύλη, χρειάζεται να εξαχθεί ένας σταθμισμένος μέσος της παραμέτρου λ' , δεδομένου ότι όλες οι άλλες παράμετροι είναι ίδιες για όλους τους σταθμούς (Πίνακας 3.9). Για τη στάθμιση αυτή χρησιμοποιούνται οι κοντινότεροι σταθμοί Μακρινίτσας και Αγκιάλου με ίσα, τελικώς βάρη. Πράγματι, αν θεωρηθεί ότι η κύρια παράμετρος που επηρεάζει το ύψος βροχής είναι το υψόμετρο, τότε η στάθμιση του υψόμετρου των δύο σταθμών με ίσα βάρη δίνει εξαγόμενο 352.5 m, που ταυτίζεται με το διάμεσο υψόμετρο της λεκάνης του Ξηριά (352.6 m). Αυτό αιτιολογεί τη θεώρηση ίσων βαρών, παρόλο που αν εφαρμοζόταν η μέθοδος των συντελεστών Thiessen θα προέκυπτε μεγαλύτερο βάρος για το σταθμό Μακρινίτσας. Οι τελικές παράμετροι για τη «μέση» όμβρια καμπύλη της λεκάνης φαίνονται στην τελευταία στήλη του Πίνακα 3.9. Η καμπύλη αυτή έχει τη μαθηματική έκφραση:

$$i(d, T) = \frac{268.7 (T^{0.15} - 0.66)}{(1 + d/0.22)^{0.76}}, h(d, T) = i(d, T) d \quad (d \text{ σε h, } h \text{ σε mm, } i \text{ σε mm/h}) \quad (3.28)$$

Όπως προαναφέρθηκε (εδάφιο 3.1.4), στην παραπάνω έκφραση η περίοδος επαναφοράς αντιστοιχεί σε σειρά μεγίστων υπεράνω καταφλίου (και επομένως μπορεί να πάρει και τιμές μικρότερες από 1), παρόλο που οι παράμετροι εκτιμήθηκαν με βάση σειρές ετήσιων μεγίστων.

Για δεδομένη έκταση λεκάνης A , η σχέση του συντελεστή φ με τη χρονική κλίμακα d (εξίσωση (3.27)) μπορεί να προσεγγιστεί από μια εξίσωση δύναμης, της μορφής $\varphi = c'(1 + d/\theta)^{b'}$ (για διάρκειες βροχής μέχρι π.χ. 24 h). Οι παράμετροι b' και c' εκτιμήθηκαν με τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων σε $b' = 0.06$, $c' = 0.72$. Συνδυάζοντάς τες με την εξίσωση όμβριων καμπυλών (3.28) καταλήγουμε μετά από πράξεις στην ακόλουθη επιφανειακή έκφραση όμβριων καμπυλών για το σύνολο της λεκάνης του Ξηριά:

$$i(d, T) = \frac{192.1 (T^{0.15} - 0.66)}{(1 + d/0.22)^{0.7}}, h(d, T) = i(d, T) d \quad (d \text{ σε h, } h \text{ σε mm, } i \text{ σε mm/h}) \quad (3.29)$$

3.9 Σύγκριση με όμβριες καμπύλες άλλων περιοχών

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

$$i(d, T) = \frac{152.9 (T^{0.185} - 0.45)}{(1 + d/0.189)^{0.796}} \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h}) \quad (3.30)$$

Η εξαγωγή αυτής της εξίσωσης βασίστηκε αφενός στο δείγμα ετήσιων μεγίστων 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.

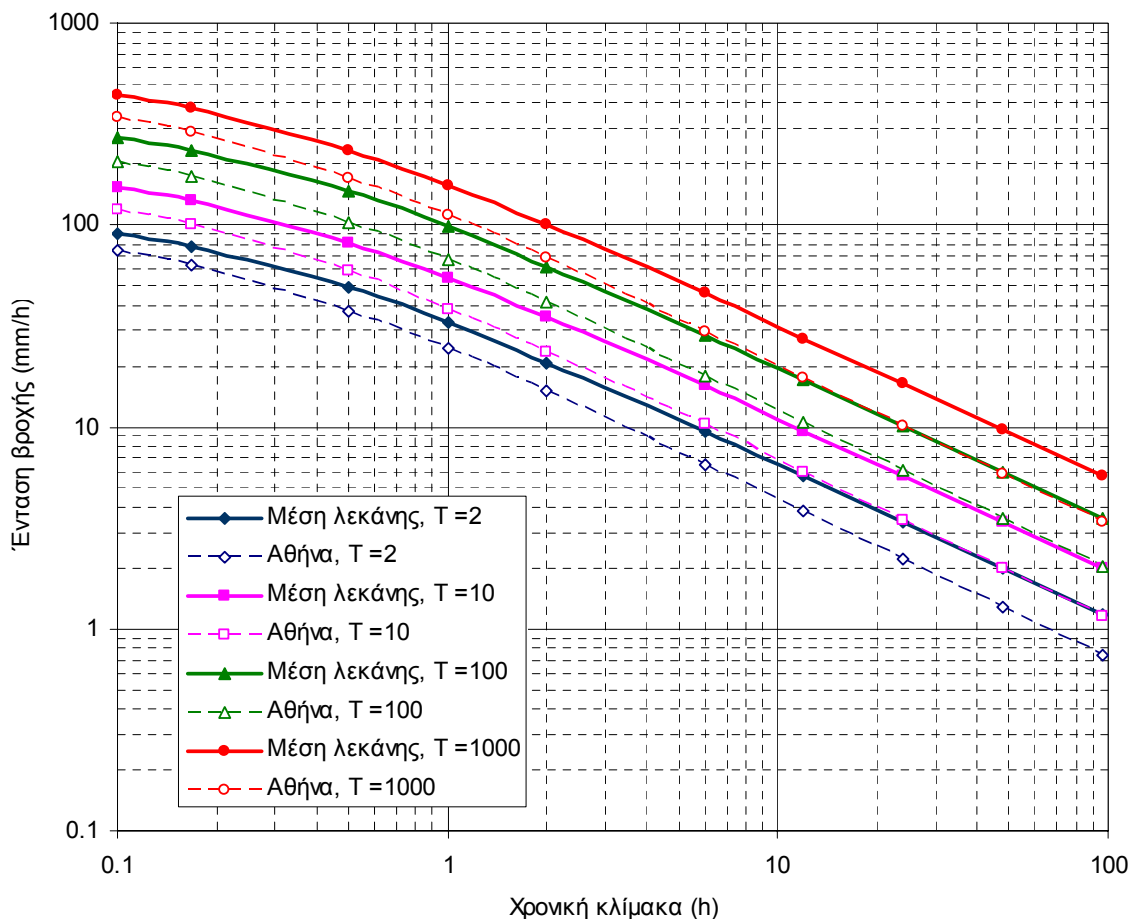
Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών της λεκάνης Ξηριά (σημειακή) με αυτές της Αθήνας παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 3.15. Παρατηρούμε ότι οι εντάσεις βροχής στην Αθήνα είναι αρκετά μικρότερες από αυτές της λεκάνης Ξηριά.

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

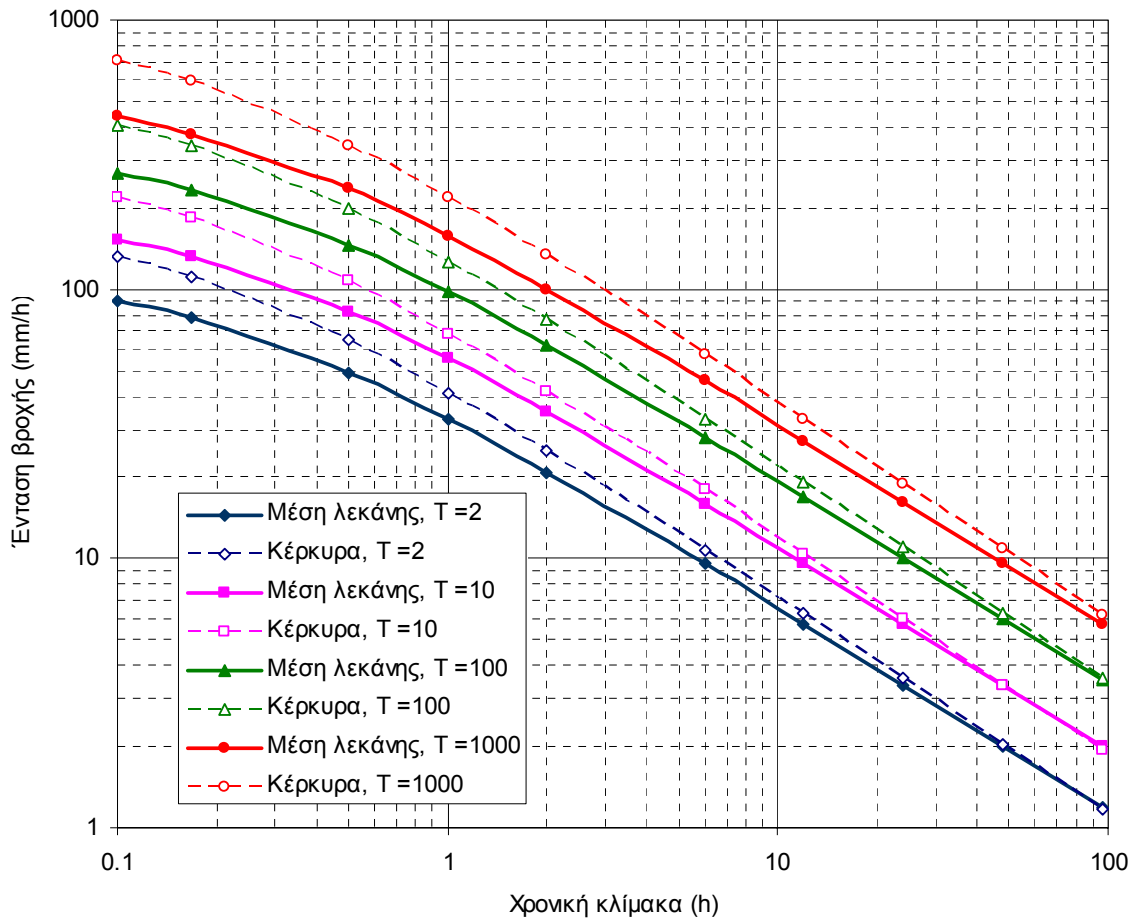
$$i(d, T) = \frac{282.8 (T^{0.202} - 0.481)}{(1 + d/0.18)^{0.81}} \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h}) \quad (3.31)$$

Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών της λεκάνης με αυτές της Κέρκυρας παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 3.16. Παρατηρούμε ότι οι καμπύλες της Κέρκυρας εμφανίζουν αρκετά υψηλότερες εντάσεις από αυτές της λεκάνης, όπως πράγματι θα περίμενε κανείς για μια περιοχή της Δυτικής Ελλάδας που χαρακτηρίζεται από έντονες βροχοπτώσεις.

Το συμπέρασμα των παραπάνω συγκρίσεων είναι ότι οι εντάσεις βροχής που προέκυψαν για τη λεκάνη μπορούν να χαρακτηριστούν ως μέτριες έως αρκετά υψηλές σε σύγκριση με αυτές άλλων περιοχών της Ανατολικής και της Δυτικής Ελλάδας.



Σχήμα 3.15: Σύγκριση των όμβριων καμπυλών της λεκάνης (μέση σημειακή) με αυτές της Αθήνας (Κουτσογιάννης and Baloutsos, 2000).



Σχήμα 3.16: Σύγκριση των τελικών όμβριων καμπυλών της λεκάνης (μέση σημειακή) με αυτές της Κέρκυρας (Κουτσογιάννης, 2001).

3.10 Σύγκριση με προγενέστερες όμβριες καμπύλες της λεκάνης και με πρόσφατο ισχυρό επεισόδιο βροχής

Στη μελέτη Γραφείου Κωνσταντινίδη (1998) είχαν καταστρωθεί όμβριες καμπύλες με βάση δεδομένα των σταθμών Αγκιάλου και Μακρινίτσας που περιγράφονται από την εξίσωση:

$$i(d, T) = \frac{a(T)}{d^{\eta(T)}} \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h}) \quad (3.32)$$

όπου οι παράμετροι $a(T)$ και $\eta(T)$ δίνονται ξεχωριστά για κάθε τιμή της περιόδου επαναφοράς (Πίνακας 3.11). Γραφική σύγκριση των εξισώσεων όμβριων καμπυλών (3.32) της μελέτης του Γραφείου Κωνσταντινίδη (1998), και (3.28) της παρούσας μελέτης δίνεται στο Σχήμα 3.17. Παρατηρούμε ότι οι δύο ομάδες καμπυλών παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους, με τις καμπύλες της παρούσας μελέτης να δίνουν σημαντικά μεγαλύτερες εντάσεις βροχής ιδίως για μικρές χρονικές κλίμακες. Οι διαφορές θα πρέπει να αποδοθούν τόσο στο ευρύτερο σύνολο πρωτογενών δεδομένων, όσο και στην πιο σύγχρονη μεθοδολογία της παρούσας μελέτης.

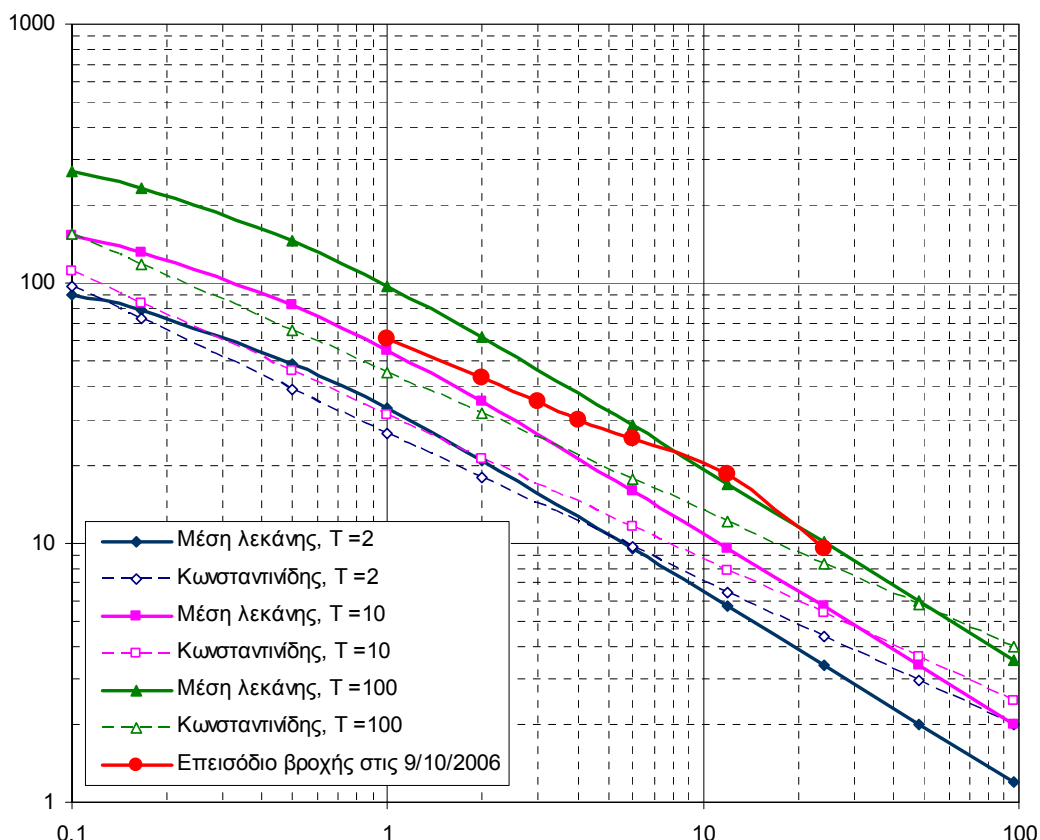
Ένα πρόσφατο επεισόδιο βροχής (9/10/2006) στην ευρύτερη περιοχή συνηγορεί στο συμπέρασμα ότι οι εκτιμήσεις της παρούσας μελέτης είναι ορθότερες, ενώ οι τιμές της παλιότερης μελέτης ήταν υπεκτιμημένες. Δεν υπάρχει αμφιβολία για το μεγάλο ύψος βροχής αυτού του επεισοδίου, αφού εκτός από τη μέτρηση στη Μακρινίτσα (ΥΠΕΧΩΔΕ, 240.5 mm), υπάρχει και

καταγραφή από ερασιτέχνη μετεωρολόγο (Σόλων Τσακίρης, προσωπική επικοινωνία) στο κέντρο της πόλης του Βόλου (227.0 mm), στην Πορταριά (310 mm) και στην περιφέρεια της πόλης (ΠΦΒ, 220.0 mm). Επιπλέον, η γεωγραφική και χρονική κατανομή του επεισοδίου βροχής επαληθεύτηκε και από δορυφορικά δεδομένα της αμερικανικής NASA (Σχήμα 3.18), παρόλο που η ακρίβεια αυτών των δεδομένων ως προς το συνολικό ύψος είναι μειωμένη (συνολικό ύψος 70.0 mm).

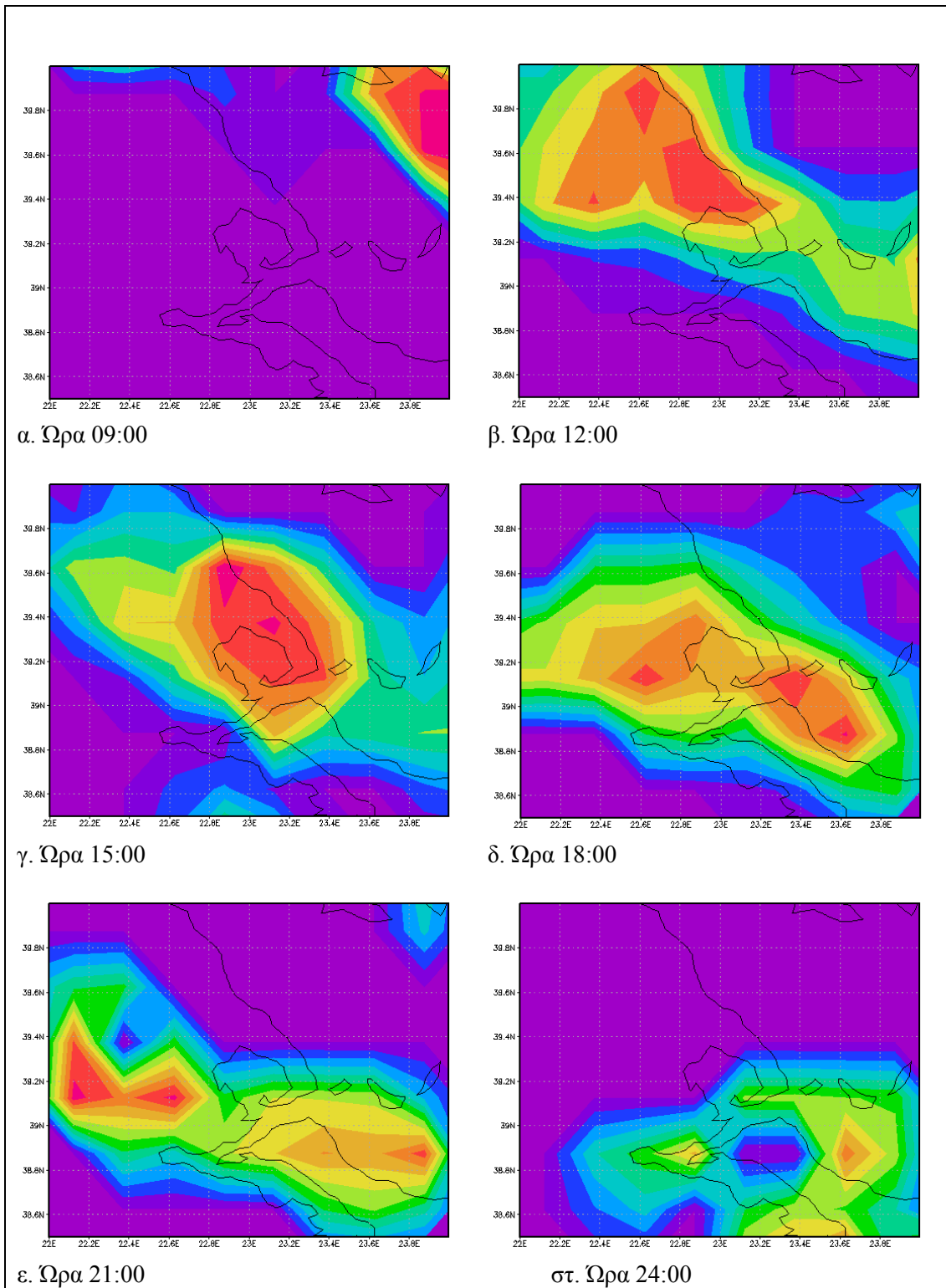
Συγκρίνοντας τα δεδομένα βροχομετρικού σταθμού στο κέντρο της πόλης (Πίνακας 3.12) και τα δορυφορικά δεδομένα (Πίνακας 3.13 και Σχήμα 3.18) παρατηρούμε πως, παρότι διαφέρουν ως προς το ύψος βροχής, συμφωνούν ως προς τη χρονική εξέλιξη του επεισοδίου και τη σχετική του ένταση (Σχήμα 3.19). Επομένως επαληθεύεται η χρονική κατανομή της βροχόπτωσης. Με βάση αυτή τη χρονική κατανομή το εν λόγω επεισόδιο έχει απεικονιστεί και στο Σχήμα 3.17, απ' όπου φαίνεται να έχει περίοδο επαναφοράς 10-100 χρόνια, ανάλογα με τη χρονική κλίμακα αναφοράς. Αντίθετα, με βάση τις καμπύλες του *Γραφείου Κωνσταντινίδη* (1998) θα είχε περίοδο επαναφοράς πολύ μεγαλύτερη (της τάξης της χιλιετίας), γεγονός που δεν ευσταθεί, δεδομένου ότι στο διάστημα των 57 ετών που υπάρχουν καταγραφές στη Μακρινίτσα (το μεγαλύτερο σε μήκος σύνολο παρατηρήσεων) το εν λόγω επεισόδιο είναι το δεύτερο ισχυρότερο.

Πίνακας 3.11: Παράμετροι της εμπειρικής έκφρασης όμβριων καμπυλών της μελέτης *Γραφείου Κωνσταντινίδη* (1998).

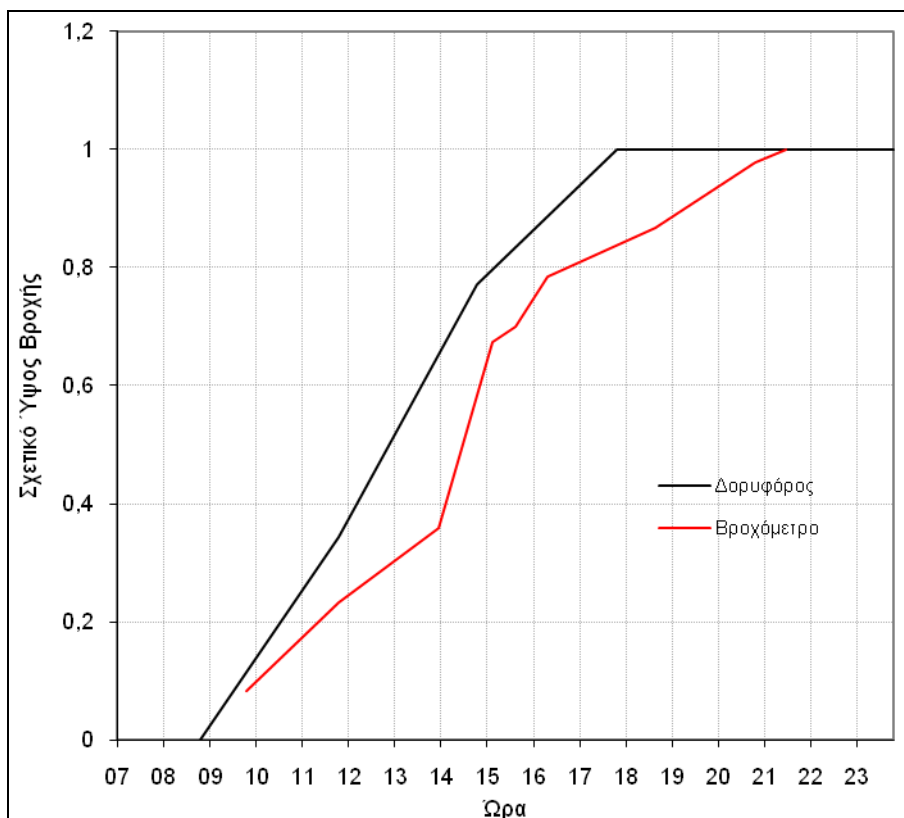
Περίοδος επαναφοράς, T	5	10	25	50	100
$a(T)$	26.527	31.213	37.105	41.343	45.679
$\eta(T)$	0.5675	0.5558	0.5455	0.5388	0.5347



Σχήμα 3.17: Σύγκριση των όμβριων καμπυλών της παρούσας μελέτης με αυτές της μελέτης του *Γραφείου Κωνσταντινίδη* (1998).



Σχήμα 3.18: Δορυφορική παρατήρηση του επεισοδίου βροχής της 9/10/2006 (NASA)



Σχήμα 3.19: Χρονική εξέλιξη έντασης επεισοδίου βροχής της 9/10/2006.

Πίνακας 3.12: Καταγραφή του ύψους βροχής του επεισοδίου της 9/10/2006 από ερασιτεχνικό βροχομετρικό σταθμό στο κέντρο της πόλης του Βόλου.

Ωρα	Ύψος βροχής (mm)	Αθροιστικό ύψος βροχής (mm)	Σχετικό ύψος βροχής
09:00	0	0	0
10:00	19	19	0.08
12:00	34	53	0.23
14:10	28.5	81.5	0.36
15:20	71.5	153	0.67
15:50	6	159	0.70
16:30	19	178	0.78
18:50	19	197	0.87
21:00	25	222	0.98
21:40	5	227	1

Πίνακας 3.13: Καταγραφή του ύψους βροχής του επεισοδίου της 9/10/2006 από δορυφορικές παρατηρήσεις της NASA.

Ωρα	Ύψος βροχής (mm)	Αθροιστικό ύψος βροχής (mm)	Σχετικό ύψος βροχής
9:00	0	0	0
12:00	24	24	0.34
15:00	30	54	0.77
18:00	16	70	1
21:00	0	70	1

4 Εκτίμηση πλημμυρών σχεδιασμού

4.1 Λεκάνες ενδιαφέροντος

Οι θέσεις ενδιαφέροντος, όπου καταρτίστηκαν τα πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού, είναι οι εξής (βλ. Σχήμα 1.1):

1. Ξηριάς, ανάντη της συμβολής με τον Σεσκουλιώτη.
2. Σεσκουλιώτης, ανάντη της συμβολής με τον Ξηριά.
3. Ξηριάς, κατάντη της συμβολής με τον Σεσκουλιώτη.

4.2 Μοναδιαία υδρογραφήματα

Για την εκτίμηση των πλημμυρών σχεδιασμού υιοθετήθηκε η μέθοδος του μοναδιαίου υδρογραφήματος. Σημειώνεται ότι η άμεση κατάρτιση μοναδιαίων υδρογραφημάτων στις θέσεις ενδιαφέροντος είναι αδύνατη, καθώς δεν υπάρχει εγκαταστημένος σταθμηγράφος σε κανένα σημείο της λεκάνης. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε η τεχνική του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος, η οποία αποτελεί ένα κοινώς αποδεκτό εργαλείο σε λεκάνες όπου δεν διατίθενται στοιχεία από πραγματικά επεισόδια βροχής. Από τις διάφορες μεθόδους που έχουν προταθεί, χρησιμοποιήθηκε αυτή του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας που, χάρη στην απλότητά της, έχει τύχει ευρείας εφαρμογής στο σχεδιασμό αντιπλημμυρικών έργων στην Ελλάδα. Τα αποτελέσματα της εν λόγω μεθόδου επαληθεύτηκαν με άλλες συναφείς τεχνικές, όπως αυτές των Snyder, Kirpich και Giandotti.

4.2.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

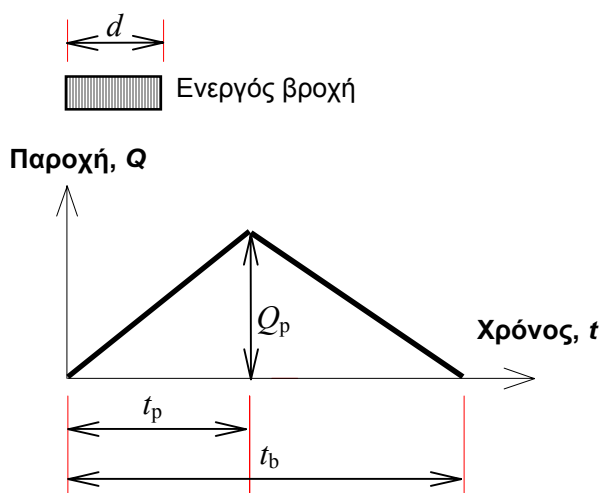
Η μέθοδος του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας (*Sutcliffe, 1978*) χρησιμοποιεί τοπογραφικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης, καθώς και δεδομένα κλίσεων που προκύπτουν από τη μηκοτομή του κύριου υδατορεύματος. Η εν λόγω μέθοδος συνιστά τη σύνθεση τριγωνικού υδρογραφήματος για διάρκεια βροχής $d = 1$ h, όπως αυτό του Σχήματος 4.20. Ο χρόνος ανόδου του υδρογραφήματος (σε h) υπολογίζεται συναρτήσει των χαρακτηριστικών της λεκάνης από τη σχέση:

$$t_p = \frac{46.6 L^{0.14}}{S_{1085}^{0.38} (1 + \text{URBAN})^{1.99} \text{RSMD}^{0.4}} \quad (4.1)$$

και διάρκεια πλημμύρας (ή χρόνο βάσης):

$$t_b = 2.52 t_p \quad (4.2)$$

Στη σχέση (4.1), L είναι το μήκος της μισγάγκειας κατά μήκος του κύριου υδατορεύματος της λεκάνης (σε km). S_{1085} είναι η χαρακτηριστική κλίση της λεκάνης (σε m/km), η οποία εκτιμάται λαμβάνοντας δύο χαρακτηριστικά σημεία της μηκοτομής του κύριου υδατορεύματος της λεκάνης, σε απόσταση 10% και 85% αντίστοιχα του ολικού μήκους του από την έξοδο της λεκάνης. URBAN είναι το ποσοστό της λεκάνης με αστική ανάπτυξη. RSMD είναι παράμετρος μεγέθους βροχοπτώσεων, που για ορεινές ή ημιορεινές λεκάνες απορροής ταυτίζεται με το μέγιστο καθαρό επιφανειακό ύψος βροχής διάρκειας 24 h, περιόδου επαναφοράς 5 ετών (σε mm).



Σχήμα 4.20: Τριγωνικό μοναδιαίο υδρογράφημα σύμφωνα με το Βρετανικό Ινστιτούτο Υδρολογίας.

Αν A η έκταση της λεκάνης απορροής, τότε η πλημμυρική παροχή αιχμής προκύπτει εύκολα με εφαρμογή της εξίσωσης συνέχειας (όγκος υετογραφήματος = όγκος πλημμυρογραφήματος), και δίνεται σε διαστατικά ομογενή μορφή από τη σχέση:

$$Q_p = \frac{2 h_0 A}{t_b} \quad (4.3)$$

όπου $h_0 = 10 \text{ mm}$ είναι το μοναδιαίο ύψος βροχής. Σημειώνεται ότι πριν τον υπολογισμό της παροχής αιχμής Q_p και την εφαρμογή του μοναδιαίου υδρογραφήματος, τα μεγέθη t_p και t_b στρογγυλεύονται ώστε να είναι ακέραια πολλαπλάσια του χρονικού βήματος υπολογισμών.

Το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα του Snyder αναφέρεται σε διάρκεια βροχής ίση με $t_p / 5.5$ και βασίζεται στις ακόλουθες σχέσεις:

Το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα του Snyder βασίζεται στις σχέσεις

$$t_p = C_t (L L_c)^{0.3} \quad (4.4)$$

$$Q_p = C_Q \frac{A}{t_p} \quad (4.5)$$

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. Όπως προαναφέρθηκε, το υδρογράφημα του Snyder υποθέτει διάρκεια βροχής ίση με $t_p / 5.5$. Εφόσον η διάρκεια βροχής t_R που χρησιμοποιείται είναι διαφορετική, τότε για την εκτίμηση του χρόνου ανόδου εφαρμόζεται η απλή σχέση αναγωγής (Chow *et al.*, 1988, p. 225):

$$t_{pR} = t_p - \frac{t_p / 5.5 - t_R}{4} \quad (4.6)$$

Για επαλήθευση των σχέσεων (4.1) και (4.4), χρησιμοποιήθηκαν οι τύποι του Giandotti και του Kirpich. Ο τύπος του Giandotti, ο οποίος έχει τύχει ευρείας εφαρμογής στον ελληνικό χώρο, δίνει το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης και γράφεται:

$$t_{\sigma} = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}} \quad (4.7)$$

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.

Η σχέση του Kirpich:

$$t_{\sigma} = 0.0663 L^{0.77} S^{-0.385} \quad (4.8)$$

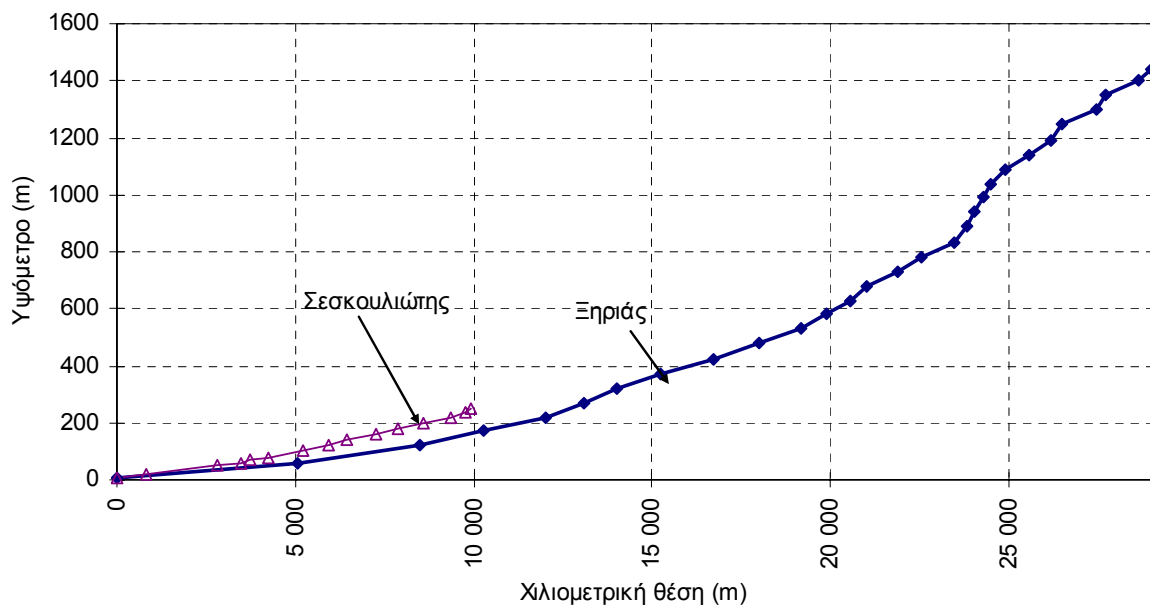
όπου L το μήκος της κύριας μισγάγκειας σε km, και S η μέση κλίση της λεκάνης σε m/km, αναπτύχθηκε το 1940 από την Αμερικανική Υπηρεσία Διατήρησης Εδαφών (Soil Conservation Service). Τα δεδομένα στα οποία βασίζεται προέρχονται από την περιοχή του Tennessee των ΗΠΑ και αναφέρονται σε μικρές αγροτικές λεκάνες έκτασης 0.5 ως 45 ha με ισχυρές κλίσεις (3%-10%), φυτοκάλυψη 0%-56% και καλά σχηματισμένο υδρογραφικό δίκτυο (Κουτσογιάννης, 1999, σ. 48).

Με βάση το χρόνο συρροής, ο χρόνος ανόδου του μοναδιαίου υδρογραφήματος εκτιμάται από τη γνωστή σχέση:

$$t_p \approx 0.6 t_{\sigma} + d/2 \quad (4.9)$$

4.2.2 Υπολογισμός συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων στην έξοδο των λεκανών ενδιαφέροντος

Για τις λεκάνες απορροής ανάντη των θέσεων ενδιαφέροντος 1 και 2, χαράχτηκε η μηκοτομή του κύριου υδατορεύματος και υπολογίστηκαν οι τιμές των γεωμετρικών μεγεθών που απαιτούνται για την κατασκευή του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (βλ. 4.2.1). Οι μηκοτομές απεικονίζονται στο Σχήμα 4.21 ενώ τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των λεκανών δίνονται στον Πίνακα 4.1, όπου γίνονται και οι υπολογισμοί των συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων.



Σχήμα 4.21: Μηκοτομές λεκανών απορροής Ξηριά και Σεσκουλιώτη.

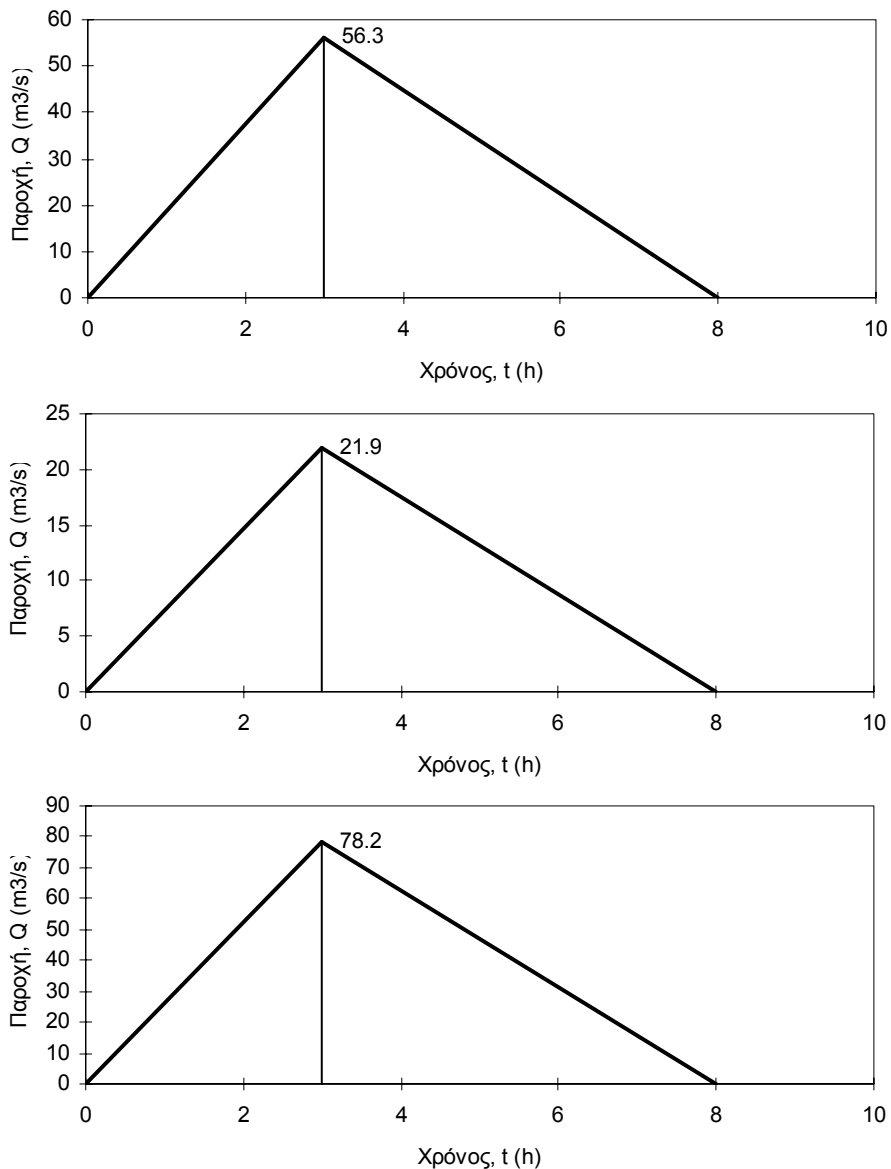
Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικά γεωμετρικά μεγέθη λεκανών ενδιαφέροντος και υπολογισμοί συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων για διάρκεια βροχής 1 h.

Λεκάνη	Ξηριάς	Σεσκουλιώτης
Έκταση, A (km ²)	81	31.6
Μήκος υδατορεύματος, L (m)	29	9.9
Μήκος υδατορεύματος από την έξοδο της λεκάνης μέχρι την προβολή του κ.β. της λεκάνης, L_c (m)	13	3
Υψόμετρο υδατορεύματος στην έξοδο της λεκάνης, z_E (m)	8	8
Υψόμετρο υδατορεύματος στην αρχή του, z_A (m)	1440	250
Υψόμετρο υδατορεύματος στο 10% του μήκους του, z_{10} (m)	38	22
Υψόμετρο υδατορεύματος στο 85% του μήκους του, z_{85} (m)	1059	196
Κλίση υδατορεύματος μεταξύ των σημείων 10% και 85% του μήκους του, S_{1085} (m/km)	46.94	23.43
Παράμετρος μεγέθους βροχοπτώσεων, RSMD (mm)	111	111
Χρόνος ανόδου σύμφωνα με τον τύπο του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας, t_p (h)	2.6	2.9
Επαλήθευση του χρόνου ανόδου σύμφωνα με τον τύπο του Snyder, Αρχική τιμή t_{p0} (h)	4.5	2.1
Τελική τιμή κατά Snyder για βροχή 1 h, t_p (h)	4.5	1.9
Χρόνος συρροής κατά Kirpich (h)	3.5	1.8
Χρόνος ανόδου κατά Kirpich (h)	2.6	1.6
Χρόνος συρροής κατά Giandotti (h)	4.3	3.5
Χρόνος ανόδου κατά Giandotti (h)	3.1	2.6
Τελική τιμή για βροχή 1 h (στρογγ.), t_p (h)	3	3
Διάρκεια πλημμύρας, T_b (h)	7.6	7.6
Τελική διάρκεια πλημμύρας (στρογγ.), T_b (h)	8	8
Παροχή αιχμής, Q_p (m ³ /s)	56.3	21.9

Με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των λεκανών, και σύμφωνα με όσα αναφέρονται στο εδάφιο 4.2.1, εκτιμήθηκε ο χρόνος ανόδου του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος διάρκειας βροχής 1 h με τέσσερις διαφορετικές μεθόδους (Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας, Snyder, Giandotti, Kirpich). Ειδικότερα, για την εφαρμογή της μεθόδου του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας υιοθετήθηκε η τιμή RSMD = 111 mm, η οποία αντιστοιχεί στο μέγιστο καθαρό επιφανειακό ύψος βροχής διάρκειας 24 h και περιόδου επαναφοράς 5 ετών. Επιπλέον, η παράμετρος URBAN που εκφράζει το ποσοστό αστικής ανάπτυξης κάθε λεκάνης θεωρήθηκε ίση με μηδέν. Για την εκτίμηση του χρόνου ανόδου με τη μέθοδο Snyder, υιοθετήθηκε για όλες τις υπολεκάνες η τιμή $C_t = 0.76$. Τέλος, για η εφαρμογή των σχέσεων Kirpich και Giandotti έχει γίνει αναλυτικά στη μελέτη *Μαχαίρα* (2008), και τα τελικά αποτελέσματα σχετικά με τους χρόνους συρροής έχουν μεταφερθεί στον Πίνακα 4.1.

Από τα αποτελέσματα των υπολογισμών που δίνονται στον Πίνακα 4.1, παρατηρείται ότι οι μέθοδοι του Βρετανικού Ινστιτούτου και του Giandotti δίνουν σχετικά κοντινές τιμές, που κυμαίνονται γύρω από τις 3 h και για τις δύο λεκάνες. Με αυτή την τιμή συμφωνεί και η μέθοδος Kirpich για τον Ξηριά, αλλά δίνει μικρότερη τιμή, κάτω των 2 h για τον Σεσκουλιώτη. Περί τις 2 h δίνει και η μέθοδος Snyder, συμφωνώντας έτσι με τη μέθοδο Kirpich αλλά για τον Ξηριά δίνει κατά 50% αυξημένη τιμή (4.5 h). Παρατηρώντας ότι η μέθοδος Snyder δεν λαμβάνει υπόψη την υψομετρία της λεκάνης και ειδικότερα την κλίση του υδατορεύματος, που για τον Σεσκουλιώτη είναι υποδιπλάσια σε σχέση με τον Ξηριά, θεωρούμε πιο λογικό να μη στηριχτούμε σε αυτή τη μέθοδο. Στρογγυλεύοντας τις τιμές των άλλων τριών μεθόδων, θεωρούμε τελικώς χρόνο ανόδου 3 h για τον Ξηριά, ενώ δεχόμαστε την

ίδια τιμή και για τον Σεσκουλιώτη. Η ισότητα των δύο χρόνων απλουστεύει τη μορφή του μοναδιαίου υδρογραφήματος κατάντη της συμβολής των δύο υδατορευμάτων, που θα είναι επίσης τριγωνικό με χρόνο ανόδου 3 h. Τα μοναδιαία υδρογραφήματα των τριών θέσεων ενδιαφέροντος φαίνονται στο Σχήμα 4.22.



Σχήμα 4.22: Συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα στις τρεις θέσεις ενδιαφέροντος: (άνω) Ξηριάς ανάντη συμβολής με Σεσκουλιώτη, (μέσο) Σεσκουλιώτης, (κάτω) Ξηριάς σύνολο λεκάνης.

4.3 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 θεωρούνται ως πλεονεκτικότερες αυτές της δυσμενέστερης διάταξης του υετογραφήματος σχεδιασμού (ή worst

profile· *U.S. Department of the Interior*, 1977, σ. 817· *Koutsoyiannis*, 1994) και η συναφής μέθοδος των εναλλασσόμενων μπλοκ (alternating block method· *Sutcliffe*, 1978, σσ. 31-35, *Chow et al.*, 1988, σ. 466).

Με τις μεθόδους αυτές προσδιορίζονται τα τμηματικά ύψη βροχής των επιμέρους διαρκειών με βάση την όμβρια καμπύλη της υπό μελέτη λεκάνης, που αντιστοιχεί στην περίοδο επαναφοράς μελέτης και χρονική κλίμακα ίση με την υπόψη διάρκεια. Τα τμηματικά ύψη βροχής διατάσσονται στη συνέχεια με τρόπο ώστε να προκύπτει ένας ρεαλιστικός και ταυτόχρονα αρκετά δυσμενής συνδυασμός, στην περίπτωση της μεθόδου των εναλλασσόμενων μπλοκ, ή ο δυσμενέστερος δυνατός συνδυασμός, δηλαδή αυτός που προκαλεί τη δυσμενέστερη αιχμή της παραγόμενης πλημμύρας, στην περίπτωση της μεθόδου της δυσμενέστερης διάταξης.

Οι μέθοδοι αυτές παρουσιάζουν σοβαρά πλεονεκτήματα έναντι άλλων συνήθων μεθόδων της πράξης (π.χ., αδιάστατων αθροιστικών καμπυλών). Πρώτον, βασίζονται αποκλειστικά σε δεδομένα που έχουν μετρηθεί στην περιοχή μελέτης (όμβριες καμπύλες) και όχι σε διαγράμματα της βιβλιογραφίας. Δεύτερον, οδηγούν σε ένα μοναδικό υετογράφημα σχεδιασμού, χωρίς να απαιτείται καμία πρόσθετη παραδοχή. Τρίτον, έχειδειχτεί μέσω σύγκρισης με πληρέστερα στοχαστικά μοντέλα (*Koutsoyiannis*, 1994) ότι τα αποτελέσματά τους είναι σαφώς πιο εύλογα και συνεπή, σε σχέση με αυτά της μεθόδου των αδιάστατων αθροιστικών καμπυλών.

Η βασική παραδοχή και των δύο μεθόδων 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 των δύο μεθόδων). Στη μέθοδο των εναλλασσόμενων μπλοκ, τα τμηματικά ύψη βροχής διατάσσονται σε χρονική ακολουθία με το μέγιστο στο μέσο της επιλεγμένης συνολικής διάρκειας βροχής και τα υπόλοιπα σε φθίνουσα σειρά εναλλακτικά αριστερά και δεξιά από το κεντρικό μπλοκ. Στη μέθοδο της δυσμενέστερης διάταξης το υετογράφημα σχεδιασμού 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 μία από αυτές τις μεθόδους κατάρτισης της καταγίδας 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, ενώ θεωρήσαμε πιο εύλογη, για τις περιόδους επαναφοράς των 50 έως 100 ετών που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη, τη χρήση της μεθόδου των εναλλασσόμενων μπλοκ. Αντίστοιχα, για περιόδους επαναφοράς 1000 ετών ή μεγαλύτερες, θα θεωρούσαμε πιο ενδεδειγμένη την υιοθέτηση των αποτελεσμάτων της μεθόδου της δυσμενέστερης διάταξης.

4.4 Απώλειες - Ωφέλιμη βροχή

4.4.1 Η μέθοδος του Soil Conservation Service

Για τον υπολογισμό του ενεργού (καθαρού) υετογραφήματος, με διαχωρισμό των υδρολογικών ελλειμμάτων από το συνολικό υετογράφημα, υιοθετήθηκε η μέθοδος SCS, η οποία έχει αναπτυχθεί από τη Soil Conservation Service. Η εν λόγω μέθοδος βασίζεται στις ακόλουθες παραδοχές (*Soil*

Conservation Service, 1972· U.S. Department of the Interior, 1977· βλ. και Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999, σ. 274-278):

- Για ένα αρχικό διάστημα t_{a0} , όλη η ποσότητα της βροχόπτωσης h_{a0} μετατρέπεται εξ ολοκλήρου σε έλλειμμα (αρχικό έλλειμμα), χωρίς να δίνει καθόλου ενεργή βροχόπτωση. Κατά συνέπεια, μετά το χρόνο t_{a0} , το μέγιστο ενεργό ύψος βροχής h_e δεν μπορεί να υπερβεί το δυνητικό μέγεθος $h - h_{a0}$, όπου h το ολικό ύψος βροχής.
- Το επιπλέον, πέραν του αρχικού h_{a0} , ελλειμματικό ύψος κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης βροχόπτωσης δεν μπορεί να ξεπεράσει μια μέγιστη τιμή S , η οποία καλείται *μέγιστη δυνητική κατακράτηση* (potential maximum retention).
- Σε κάθε χρονική στιγμή $t > t_{a0}$, οι λόγοι του ενεργού (καθαρού) ύψους βροχής h_e και του ελλειμματικού μείον το αρχικό έλλειμμα ($h_a - h_{a0}$), προς τα αντίστοιχα δυνητικά μεγέθη ($h - h_{a0}$ και S , αντίστοιχα), είναι ίσοι.

Βάσει των παραπάνω παραδοχών, προκύπτει η ακόλουθη εμπειρική σχέση:

$$h_e = \begin{cases} 0 & h \leq h_{a0} \\ \frac{(h - h_{a0})^2}{h - h_{a0} + S} & h > h_{a0} \end{cases} \quad (4.10)$$

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, ήτοι τη μέγιστη δυνητική κατακράτηση S . Με αυτή την επιπλέον παραδοχή, η (4.10) τελικώς γράφεται

$$h_e = \begin{cases} 0 & h \leq 0.2 S \\ \frac{(h - 0.2 S)^2}{h + 0.8 S} & h > 0.2 S \end{cases} \quad (4.11)$$

Η σχέση (4.11) 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 των ελλειμμάτων μπορεί να φτάσει ασυμπτωτικά (για βροχόπτωση μεγάλου ύψους) την τιμή $1.2 S$.

Εφόσον δεν υπάρχουν μετρήσεις απορροής, η τιμή της παραμέτρου S μπορεί να εκτιμηθεί εμπειρικά. Συγκεκριμένα, η τιμή της S (σε mm) συνδέεται με μια άλλη χαρακτηριστική παράμετρο της λεκάνης, τη CN, η οποία είναι γνωστή ως *αριθμός καμπύλης απορροής* (runoff curve number), με τη σχέση:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (4.12)$$

Η παράμετρος CN παίρνει τιμές από 0 μέχρι 100, και επηρεάζεται από τις συνθήκες εδάφους και χρήσεις γης στη λεκάνη απορροής, καθώς τις προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας. Αρχικά, η SCS κατατάσσει τα εδάφη σε τέσσερις ομάδες, ανάλογα με τη διαπερατότητά τους:

- Ομάδα Α: Εδάφη με μεγάλους ρυθμούς διήθησης, π.χ. αμμώδη και χαλικώδη με πολύ μικρό ποσοστό ιλύος και αργίλου.
- Ομάδα Β: Εδάφη με μέσους ρυθμούς διήθησης, π.χ. αμμώδης πηλός.
- Ομάδα Γ: Εδάφη με μικρούς ρυθμούς διήθησης, π.χ. εδάφη από αργιλοπηλό, εδάφη με σημαντικό ποσοστό αργίλου, εδάφη φτωχά σε οργανικό υλικό.
- Ομάδα Δ: Εδάφη με πολύ μικρούς ρυθμούς διήθησης, π.χ. εδάφη που διογκώνονται σημαντικά όταν διαβραχούν, πλαστικές άργιλοι, εδάφη μικρού βάθους με σχεδόν αδιαπέρατους ορίζοντες κοντά στην επιφάνεια.

Στη συνέχεια, ορίζει τρεις τύπους προηγούμενων συνθηκών υγρασίας, ήτοι:

Τύπος I: Ξηρές συνθήκες, οι οποίες αντιστοιχούν σε βροχόπτωση των προηγούμενων 5 ημερών μικρότερη των 13 mm (ή 35 mm για περιοχή με φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).

Τύπος II: Μέσες συνθήκες, οι οποίες αντιστοιχούν σε βροχόπτωση των προηγούμενων 5 ημερών μεταξύ 13 και 38 mm (ή 35-53 mm για περιοχή με φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).

Τύπος III: Υγρές συνθήκες, οι οποίες αντιστοιχούν σε βροχόπτωση των προηγούμενων 5 ημερών μεγαλύτερη των 38 mm (ή 53 mm για περιοχή με φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).

Ο τρόπος εκτίμησης της παραμέτρου CN για τις λεκάνες απορροής ανάντη των θέσεων ενδιαφέροντος περιγράφεται αναλυτικά στο επόμενο εδάφιο.

4.4.2 Υπολογισμός αριθμού καμπύλης απορροής στις λεκάνες ενδιαφέροντος

Για τις συνθήκες υγρασίας τύπου II, η SCS δίνει αναλυτικούς πίνακες με τιμές του CN για κάθε υδρολογική ομάδα εδαφών και για διάφορες χρήσεις γης (π.χ. *Chow et al.*, 1988, p. 150), ενώ για τις άλλες συνθήκες δίνει τύπους αναγωγής των συνθηκών τύπου II.

Η αντιστοίχιση των υδρολογικών ομάδων εδάφους έγινε κατά προσέγγιση, με βάση τον γεωλογικό χάρτη της περιοχής μελέτης. Συγκεκριμένα, θεωρήθηκε πως η λεκάνη απορροής του χειμάρρου Ξηριά, στην οποία εμφανίζονται μάρμαρα και γνεύσιου/σχιστίλιθοι/αμφιβολίτες είναι υδρολογικού τύπου C (εδάφη με μικρούς ρυθμούς διήθησης), ενώ η λεκάνη των χειμάρρων Σεσκουλιώτη και Καλυβιώτη, στην οποία παρατηρούνται αλλουβιακές προσχώσεις και νεογενή-μειοκαινικές άργιλοι είναι υδρολογικού τύπου D (εδάφη με πολύ μικρούς ρυθμούς διήθησης).

Οι χρήσεις γης, που ορίστηκαν σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα CORINE στην πλέον πρόσφατη έκδοσή τους (2000), παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3. Επίσης, στο Παράρτημα Β, παρατίθενται οι χρήσεις γης ανά επιμέρους λεκάνη απορροής.

Πίνακας 4.3: Χρήσεις γης λεκάνης στη συνολική λεκάνη απορροής

Χρήση γης	Επιφάνεια (m ²)	Ποσοστό
Συνεχής αστική δόμηση	150 942	0.13%
Διακεκομμένη αστική δόμηση	1 142 215	1.01%
Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	5 022 394	4.46%
Λατομεία	301 578	0.27%
ΧΑΔΑ-ΧΥΤΑ	261 817	0.23%
Οπωροφόρα δέντρα	5 632 859	5.00%
Ελαιώνες	13 740 763	12.20%
Σύνθετες καλλιέργειες	10 494 487	9.32%
Γεωργική γη με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	9 472 299	8.41%
Δάσος με πλατύφυλλα φύλλα	13 557 237	12.04%
Δάσος κωνοφόρων δέντρων	5 551 288	4.93%
Δάσος μικτό	896 808	0.80%
Λιβαδικές εκτάσεις	3 249 706	2.89%
Σκληροφυλλική βλαστηση	30 002 937	26.64%
Μεταβατικές δασώδεις - θαμνώδεις εκτάσεις	13 148 113	11.67%
Σύνολο	112 625 443	

Οι τιμές της παραμέτρου CN που υιοθετήθηκαν για κάθε συνδυασμό ομάδας εδάφους-χρήσης γης δίνονται στον Πίνακα 4.2. Για όλες τις ομάδες εδαφών, υιοθετήθηκαν τιμές κοντά στους μέσους όρους της βιβλιογραφίας, οι οποίες αναφέρονται σε προηγούμενες συνθήκες υγρασίας τύπου II (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999, σ. 278).

Πίνακας 4.2: Τιμές αριθμού καμπύλης απορροής CN που υιοθετήθηκαν για τους 30 συνδυασμούς υδρολογικής ομάδας, εδάφους και τύπου φυτοκάλυψης.

	Ομάδα C	Ομάδα D
Συνεχής αστική δόμηση	90	92
Διακεκομμένη αστική δόμηση	83	87
Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	91	93
Λατομεία	77	82
ΧΑΔΑ-ΧΥΤΑ	77	82
Οπωροφόρα δέντρα	78	81
Ελαιώνες	79	82
Σύνθετες καλλιέργειες	80	83
Γεωργική γη με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	81	84
Δάσος με πλατύφυλλα φύλλα	70	77
Δάσος κωνοφόρων δέντρων	71	78
Δάσος μικτό	72	79
Λιβαδικές εκτάσεις	71	78
Σκληροφυλλική βλάστηση	77	83
Μεταβατικές δασώδεις - θαμνώδεις εκτάσεις	77	83

Στη συνέχεια, εκτιμήθηκε η τιμή της παραμέτρου CN κάθε υπολεκάνης, με βάση τις εκτάσεις που καταλαμβάνει κάθε συνδυασμός ομάδας εδάφους-χρήσης γης (συνολικά $2 \times 15 = 30$ δυνατοί συνδυασμοί). Η τελική τιμή για κάθε υπολεκάνη προκύπτει με τη σχέση:

$$CN = \frac{1}{F} \sum_{j=1}^{30} F_i CN_i \quad (4.13)$$

όπου F η συνολική έκταση της υπολεκάνης και i δείκτης που αναφέρεται στο συνδυασμό υδρολογικής ομάδας, εδάφους και τύπου φυτοκάλυψης. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί έχουν γίνει στη μελέτη Μαχαίρα (2008) και τα αποτελέσματά τους συνοψίζονται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3: Αριθμός καμπύλης απορροής και αντίστοιχη μέγιστη δυνητική κατακράτηση για διάφορες λεκάνες ενδιαφέροντος.

Λεκάνη	Έκταση (km ²)	Αριθμός καμπύλης απορροής, CN	Μέγιστη δυνητική κατακράτηση, S (mm)
Ξηριάς ανάντη συμβολής	81.0	75.7	81.5
Σεσκουλιώτης	31.6	80.5	61.5
Ξηριάς κατάντη συμβολής	112.6	77.0	75.9

4.5 Βασική ροή

Λόγω της χειμαρρικής δίαιτας στη λεκάνη του Ξηριά θεωρείται μηδενική βασική ροή. Ωστόσο, θεωρήσαμε ότι τα πιο ισχυρά επεισόδια βροχής ($T > 10$ έτη) είναι αρκετά γενικευμένα στο χώρο, ώστε να χρειαστεί να λειτουργεί και η Σήραγγα Κάρλας με παροχή 10 m³/s. Κατά συνέπεια, για μεγάλες περιόδους επαναφοράς και για το Σεσκουλιώτη και τον Ξηριά κατάντη της συμβολής του με το Σεσκουλιώτη, δεχτήκαμε επιπλέον σταθερή παροχή 10 m³/s που ενέχει θέση βασικής ροής.

4.6 Υπολογισμοί και αποτελέσματα

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές, υπολογίστηκαν τα πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού σε όλες τις θέσεις ενδιαφέροντος για περιόδους επαναφοράς από 2 μέχρι 100 χρόνια χρησιμοποιώντας τη μέθοδο διάταξης της καταιγίδας σχεδιασμού των εναλλασσόμενων μπλοκ (βλ. υποκεφάλαιο 4.3). Οι υπολογισμοί έγιναν με το πρόγραμμα UHDESCON (Κουτσογιάννης, 1988, <http://www.itia.ntua.gr/en/softinfo/16/>). Το πρόγραμμα συνθέτει το υετογράφημα σχεδιασμού και, συνδυάζοντάς το με το μοναδιαίο υδρογράφημα, εξάγει το αντίστοιχο πλημμυρογράφημα. Οι παροχές αιχμής που προέκυψαν δίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4: Παροχές αιχμής πλημμυρογραφημάτων σχεδιασμού (m^3/s) για διάφορες περιόδους επαναφοράς, διάρκεια βροχής 24 ώρες και διάταξη καταιγίδας σχεδιασμού με τη μέθοδο των εναλλασσόμενων μπλοκ.

Περίοδος επαναφοράς	Ξηριάς ανάντη συμβολής	Σεσκουλιώτης	Ξηριάς κατάντη συμβολής
2	82.3	34.1	120.7
5	153.8	63.4	223.3
10	222.2	91.0	318.8
20	301.4	133.0	439.1
50	425.3	182.7	609.8
100	532.3	226.1	758.0

Συνοπτικά και αναλυτικά αποτελέσματα υπολογισμών για τις υπόψη περιόδους επαναφοράς δίνονται υπό μορφή πινάκων και γραφημάτων στις σελίδες που ακολουθούν. Ειδικότερα, στους Πίνακες 4.5 έως 4.7 δίνονται τα συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά των καταιγίδων και πλημμυρών σχεδιασμού, ενώ στους πίνακες 4.8 έως 4.10 δίνονται τα αναλυτικά πλημμυρογραφήματα. Τα τελευταία απεικονίζονται και στα διαγράμματα των Σχημάτων 4.23 έως 4.25. Τέλος, τα πλήρη αποτελέσματα των υπολογισμών υετογραφημάτων και πλημμυρογραφημάτων) δίνονται στο Παράρτημα.

Στις τελικές πλημμυρικές αιχμές Q_p , όπως φαίνονται Πίνακα 4.4, προσαρμόστηκε η ακόλουθη μαθηματική σχέση, που είναι κατάλληλη για παρεμβολές ή επεκτάσεις για άλλες περιόδους επαναφοράς T :

$$Q_p = \lambda(T^{0.22} - 0.86) \quad (4.14)$$

όπου λ παράμετρος με τιμή $\lambda = 277 m^3/s$ για τον Ξηριά ανάντη της συμβολής με το Σεσκουλιώτη, $\lambda = 136 m^3/s$ για τον Σεσκουλιώτη και $\lambda = 401$ για τον Ξηριά κατάντη της συμβολής με το Σεσκουλιώτη. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.26, η προσαρμογή αυτής της εξίσωσης στα αποτελέσματα του Πίνακα 4.4 είναι εξαιρετικά καλή.

Πίνακας 4.5: Συνοπτικά αποτελέσματα υπολογισμών πλημμυρογραφημάτων σχεδιασμού στον Ξηριά ανάντη της συμβολής με το Σεσκουλιώτη.

Μέγεθος	Περίοδος επαναφοράς, T [έτη]					
	2	5	10	20	50	100
Διάρκεια βροχής [h]:	24	24	24	24	24	24
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	76.2	104.0	127.6	153.9	193.0	226.4
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	25.4	45.4	64.2	86.4	120.9	151.4
Ολικές απώλειες:	68.8%	59.1%	52.8%	47.4%	41.3%	37.4%
Παροχή αιχμής [m^3/s]:	82.3	153.8	222.2	301.4	425.3	532.3
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15	15	15	15	15	15
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm^3]:	2.1	3.7	5.2	7.0	9.8	12.3
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm^3]:	2.1	3.7	5.2	7.0	9.8	12.3

Πίνακας 4.6: Συνοπτικά αποτελέσματα υπολογισμών πλημμυρογραφημάτων σχεδιασμού στον Σεσκουλιώτη.

Μέγεθος	Περίοδος επαναφοράς, T [έτη]					
	2	5	10	20	50	100
Διάρκεια βροχής [h]:	24	24	24	24	24	24
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	77.4	105.6	129.6	156.3	196.0	230.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	33.5	56.2	77.0	100.9	137.6	169.7
Ολικές απώλειες:	58.9%	49.4%	43.5%	38.6%	33.2%	29.8%
Παροχή αιχμής [m^3/s]:	44.8	77.1	106.8	150.2	201.2	244.9
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15	15	15	15	15	15
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm^3]:	1.1	1.8	2.4	3.2	4.3	5.3
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm^3]:	1.1	1.8	2.4	4.4	5.5	6.5

Πίνακας 4.7: Συνοπτικά αποτελέσματα υπολογισμών πλημμυρογραφημάτων σχεδιασμού στον Ξηριά κατάντη της συμβολής με το Σεσκουλιώτη.

Μέγεθος	Περίοδος επαναφοράς, T [έτη]					
	2	5	10	20	50	100
Διάρκεια βροχής [h]:	24	24	24	24	24	24
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	75.8	103.3	126.8	152.9	191.8	225.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	26.9	47.4	66.5	88.8	123.6	154.1
Ολικές απώλειες:	66.9%	57.3%	51.2%	45.9%	40.0%	36.2%
Παροχή αιχμής [m^3/s]:	120.7	223.3	318.8	439.1	609.8	758.0
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15	15	15	15	15	15
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm^3]:	3.0	5.3	7.5	10.0	13.9	17.4
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm^3]:	3.0	5.3	7.5	11.2	15.1	18.6

Πίνακας 4.8: Πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού στον Ξηριά ανάντη της συμβολής με το Σεσκουλιώτη (m³/s).

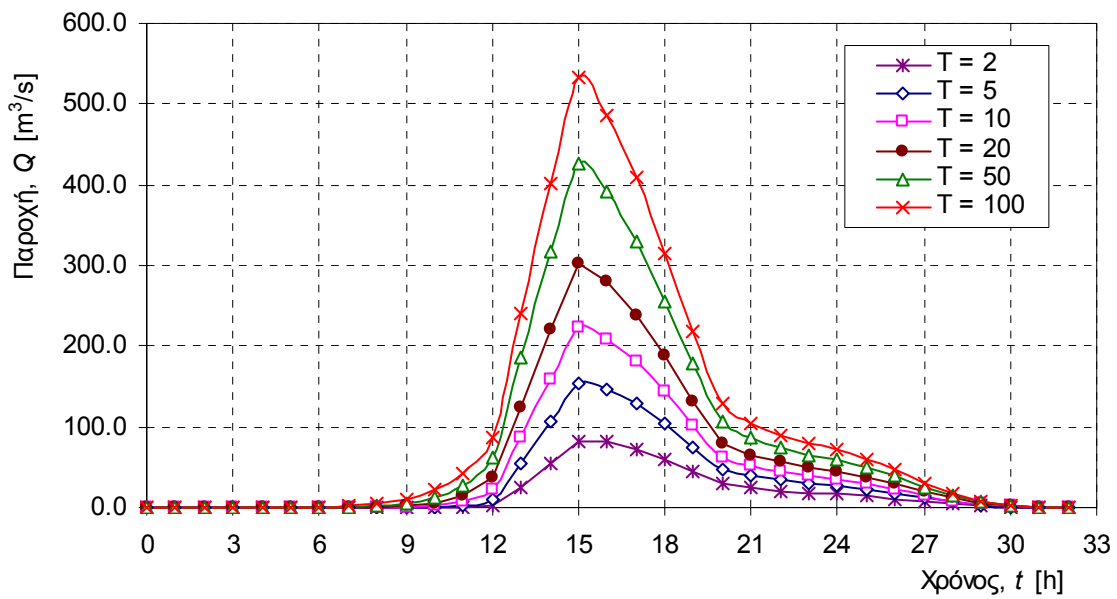
Χρόνος <i>t</i> [h]	Περίοδος επαναφοράς, <i>T</i> [έτη]					
	2	5	10	20	50	100
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.3
8	0.0	0.0	0.0	0.2	1.9	4.5
9	0.0	0.0	0.4	1.5	5.8	11.2
10	0.0	0.4	1.9	5.3	13.5	22.5
11	0.2	2.3	6.6	13.8	27.8	42.2
12	3.0	10.7	21.6	36.3	62.2	87.0
13	25.9	55.2	86.4	124.0	185.5	240.6
14	54.3	106.7	158.9	220.0	317.5	402.5
15	82.3	153.8	222.2	301.4	425.3	532.3
16	80.9	146.8	208.8	280.0	390.6	485.6
17	72.5	128.4	180.1	238.9	329.9	408.0
18	60.0	103.7	143.0	187.8	256.5	315.5
19	44.8	75.6	102.0	132.4	178.3	217.9
20	29.0	47.7	62.7	80.4	106.3	129.1
21	23.8	39.0	50.8	65.3	85.7	104.0
22	20.6	33.6	43.7	56.0	73.5	88.9
23	18.5	29.8	38.7	49.6	64.9	78.5
24	16.8	26.7	34.7	44.7	58.6	70.8
25	14.3	22.6	29.5	38.2	50.0	60.4
26	11.1	17.5	22.9	29.7	39.0	47.0
27	7.2	11.3	14.8	19.3	25.2	30.4
28	4.2	6.5	8.6	11.3	14.8	17.8
29	2.0	3.2	4.2	5.5	7.2	8.7
30	0.7	1.0	1.4	1.8	2.4	2.8
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Πίνακας 4.9: Πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού στον Σεσκουλιώτη (m^3/s).

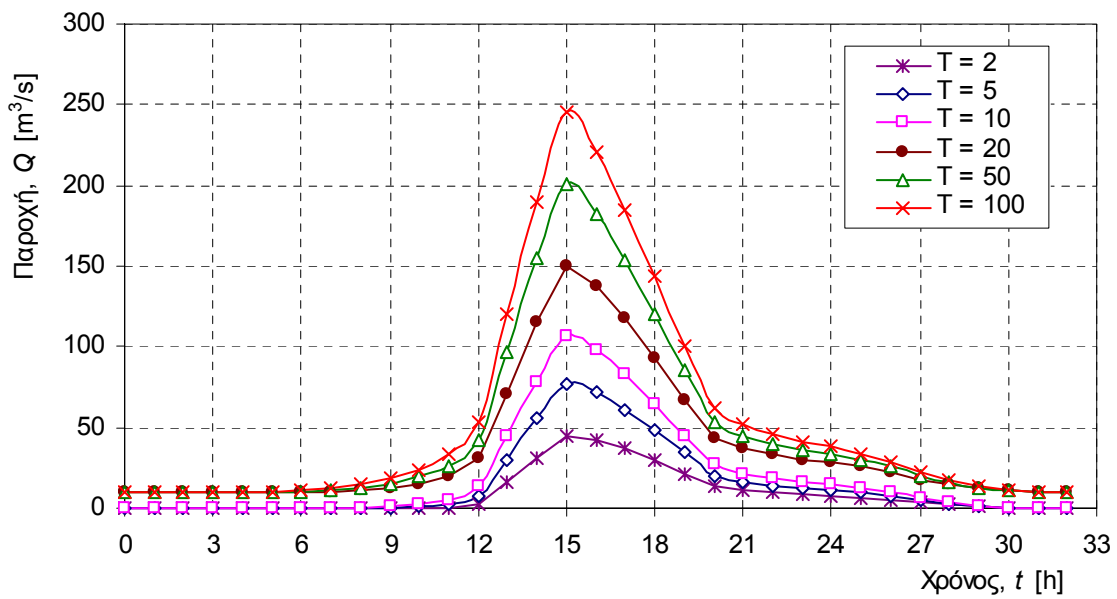
Χρόνος t [h]	Περίοδος επαναφοράς, T [έτη]					
	2	5	10	20	50	100
0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
1	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
2	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
3	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
4	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
5	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.1
6	0.0	0.0	0.0	10.0	10.1	10.6
7	0.0	0.0	0.0	10.1	10.8	11.9
8	0.0	0.0	0.1	10.7	12.3	14.4
9	0.0	0.1	0.7	12.1	15.1	18.3
10	0.1	0.7	2.2	14.7	19.4	24.0
11	0.5	2.4	5.2	19.4	26.4	33.0
12	2.8	7.6	13.1	30.5	42.1	52.8
13	15.8	30.2	44.4	71.3	97.3	120.1
14	30.9	55.3	78.3	114.7	155.1	190.1
15	44.8	77.1	106.8	150.2	201.2	244.9
16	42.5	71.8	98.3	137.9	182.8	221.2
17	37.0	61.3	83.1	117.3	154.0	185.1
18	29.7	48.5	65.0	93.2	120.8	144.1
19	21.4	34.1	45.1	67.2	85.5	100.7
20	13.2	20.4	26.7	43.4	53.6	61.9
21	10.8	16.5	21.6	36.9	45.1	51.6
22	9.3	14.1	18.6	33.0	40.0	45.6
23	8.3	12.5	16.4	30.3	36.4	41.4
24	7.5	11.3	14.6	28.3	33.7	38.2
25	6.4	9.6	12.4	25.5	30.2	33.9
26	5.0	7.4	9.6	22.0	25.6	28.5
27	3.2	4.8	6.2	17.8	20.1	22.0
28	1.9	2.8	3.6	14.5	15.9	17.0
29	0.9	1.4	1.8	12.2	12.9	13.4
30	0.3	0.4	0.6	10.7	10.9	11.1
31	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
32	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0

Πίνακας 4.10: Πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού στον Ξηριά κατάντη της συμβολής με το Σεσκουλιώτη (m³/s).

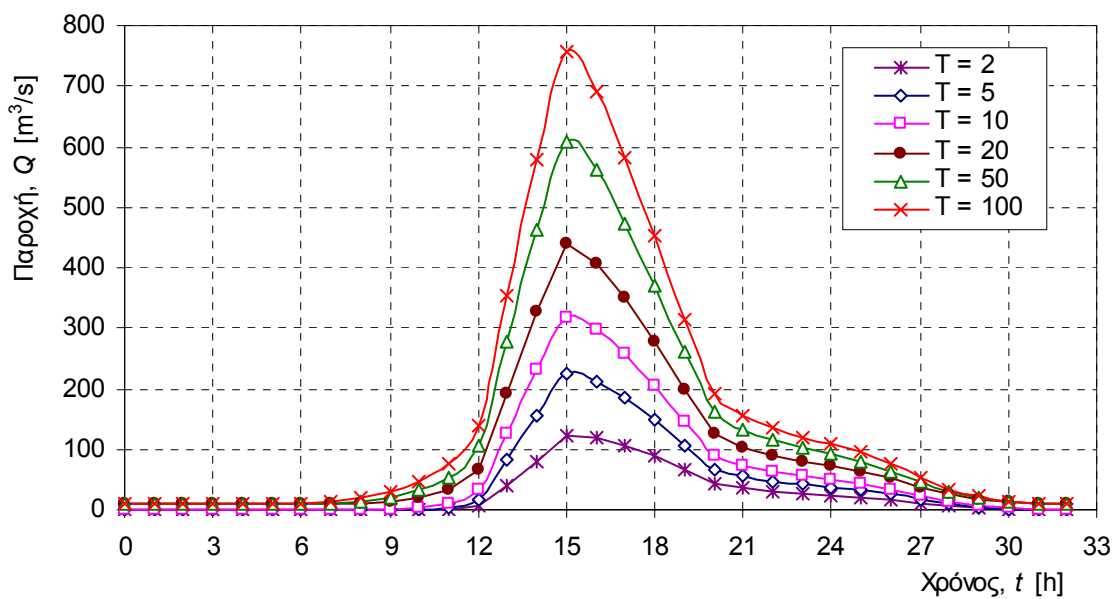
Χρόνος t [h]	Περίοδος επαναφοράς, T [έτη]					
	2	5	10	20	50	100
0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
1	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
2	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
3	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
4	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
5	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
6	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.5
7	0.0	0.0	0.0	10.0	10.8	12.9
8	0.0	0.0	0.0	10.8	13.7	18.6
9	0.0	0.0	0.8	13.4	20.4	29.2
10	0.0	0.8	3.7	19.9	32.7	46.3
11	0.5	4.2	11.5	33.0	54.5	75.2
12	5.2	18.0	34.5	66.6	104.9	140.1
13	39.1	82.7	127.2	191.1	277.8	354.5
14	80.5	157.0	230.3	326.4	461.7	579.8
15	120.7	223.3	318.8	439.1	609.8	758.0
16	118.4	212.7	299.1	408.1	560.4	692.5
17	106.0	185.1	257.1	348.8	473.9	582.4
18	87.9	148.8	204.2	276.3	370.8	452.5
19	65.9	107.3	145.5	197.3	260.6	315.0
20	43.4	67.3	90.3	124.2	160.6	191.7
21	35.9	54.6	73.4	102.2	131.6	156.4
22	31.0	46.8	63.2	89.0	114.2	135.1
23	27.5	41.3	56.0	79.9	101.9	120.4
24	24.8	37.4	50.7	73.1	92.5	109.3
25	21.1	32.0	43.4	63.7	80.1	94.5
26	16.3	25.0	33.8	51.8	64.4	75.5
27	10.5	16.3	21.9	37.1	45.2	52.4
28	6.1	9.5	12.8	25.8	30.5	34.7
29	3.0	4.7	6.3	17.7	20.0	22.0
30	0.9	1.6	2.0	12.5	13.3	13.9
31	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
32	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0



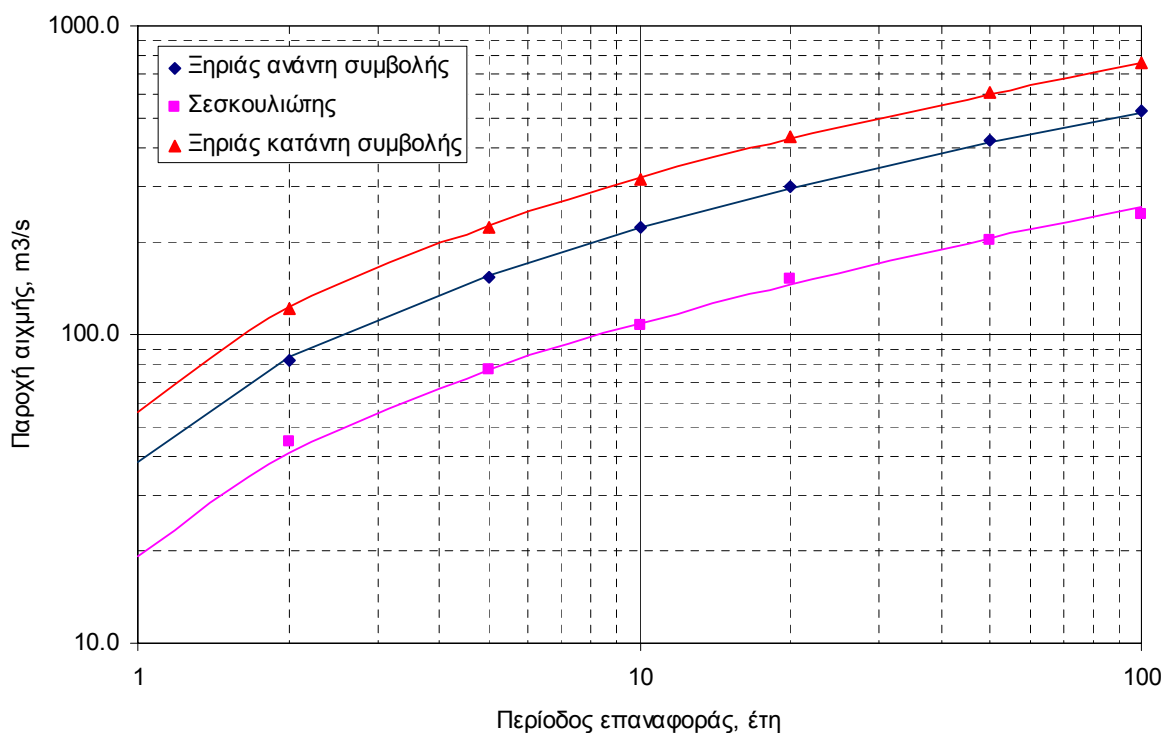
Σχήμα 4.23: Πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού στον Ξηριά ανάντη της συμβολής με το Σεσκουλιώτη.



Σχήμα 4.24: Πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού στον Σεσκουλιώτη .



Σχήμα 4.25: Πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού στον Ξηριά κατάντη της συμβολής με το Σεσκουλιώτη.



Σχήμα 4.26: Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των υπολογισμών πλημμυρικής αιχμής και της προσαρμοσμένης σχέσης $Q_p = \lambda(T^{0.22} - 0.86)$, όπου λ παράμετρος με τιμή $\lambda = 277 \text{ m}^3/\text{s}$ για τον Ξηριά ανάντη της συμβολής με το Σεσκουλιώτη, $\lambda = 136 \text{ m}^3/\text{s}$ για τον Σεσκουλιώτη και $\lambda = 401$ για τον Ξηριά κατάντη της συμβολής με το Σεσκουλιώτη..

Αναφορές

- Κουτσογιάννης, Δ., Στατιστική Υδρολογία, Έκδοση 4, 312 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997.
- Κουτσογιάννης, Δ., Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης, Έκδοση 3.1, 202 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.
- Κουτσογιάννης, Δ., Υδρολογικές μέθοδοι διόδευσης πλημμυρών, 16 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1988.
- 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.
- Κωνσταντινίδης Θ., Υδρολογική μελέτη, *Πρόδρομη Έκθεση της Οριστικής Μελέτης Αντιπλημμυρικών έργων των Χειμάρρων Ξηριά, Κραυσίδανα και Αναύρου Βόλου*, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Μαγνησίας, Αθήνα, 1998
- Μαχαίρας, Γ., Τεύχος καθορισμού παροχών σχεδιασμού, *Μελέτη επειγόντων αντιπλημμυρικών έργων χειμάρρων Ξηριά, Σεσκουλιώτη και Κακαβιώτη*, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Μαγνησίας, Αθήνα, 2008.
- Chow, V. T., D. R. Maidment, and L. W. Mays, *Applied Hydrology*, 572 pages, 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.
- Hirsch, R. M., Helsel, D. R., Cohn, T. A., and Gilroy, E. J., Statistical analysis of hydrological data, *Handbook of Hydrology*, D. R. Maidment (ed.), McGraw-Hill, 1993.
- 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., Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall, 1, Theoretical investigation, *Hydrological Sciences Journal*, 49 (4), 575-590, 2004a.
- Koutsoyiannis, D., Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall, 2, Empirical investigation of long rainfall records, *Hydrological Sciences Journal*, 49 (4), 591-610, 2004b.
- Koutsoyiannis, D., An entropic-stochastic representation of rainfall intermittency: The origin of clustering and persistence, *Water Resources Research*, 42 (1), W01401, doi:10.1029/2005WR004175, 2006.

- Koutsoyiannis, D., A critical review of probability of extreme rainfall: principles and models, *Advances in Urban Flood Management*, edited by R. Ashley, S. Garvin, E. Pasche, A. Vassilopoulos, and C. Zevenbergen, 139–166, Taylor and Francis, London, 2007.
- Koutsoyiannis, D., 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.
- 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.
- Snyder, F. F., Synthetic unit-graphs, *EOS Transactions*, American Geophysical Union, 19, 447-454, 1938.
- 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.
- U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, *Design of Arch Dams*, U.S. Government Printing Office, Denver, CO, 1977.

Παράρτημα: Υετογραφήματα και υδρογραφήματα σχεδιασμού

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ξηριά

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Κατάντη συμβολής με Σεσκουλιώτη

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

112.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

2

A. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	77
Παράμετρος $S = 25.4 (1000/CN - 10)$ [mm]:	75.9
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	81.4
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, ϕ :	0.93
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	75.8
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H^* ([mm]):	26.9
Ολικές απώλειες:	66.9%

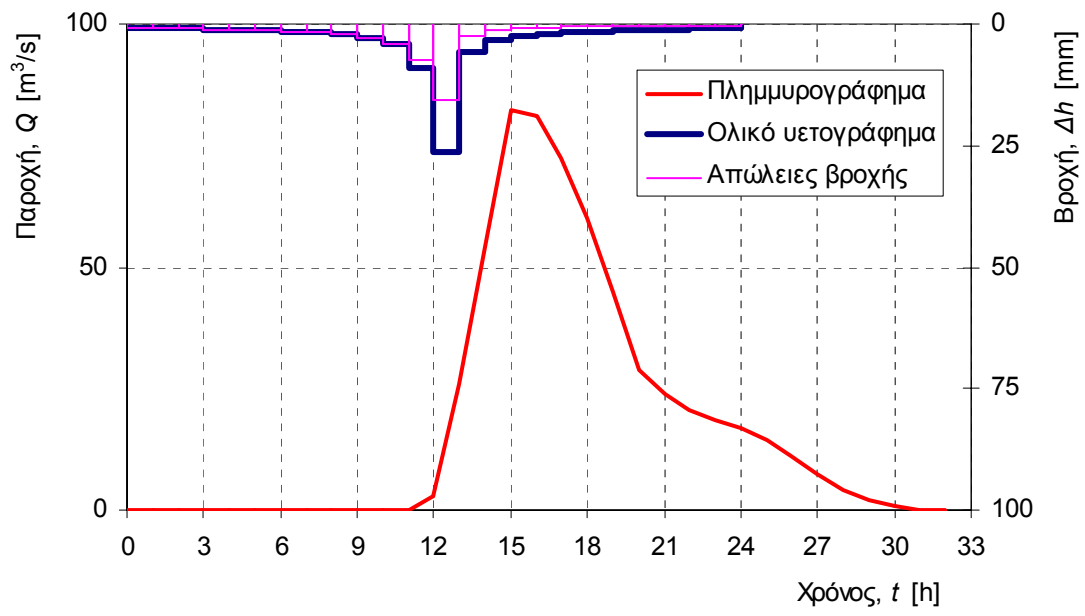
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. $h(t)$ [mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. $h(t)$ [mm]	Μερικό $\Delta h(t)$ [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h^* [mm]	Μερικό Δh^* [mm]
1.0	32.9	0.79	25.9	25.9	0.9	0.9	0.0	0.0
2.0	41.7	0.83	34.8	8.9	0.9	1.8	0.0	0.0
3.0	47.1	0.86	40.4	5.6	1.0	2.8	0.0	0.0
4.0	51.2	0.87	44.6	4.2	1.1	3.9	0.0	0.0
5.0	54.4	0.88	47.9	3.4	1.2	5.2	0.0	0.0
6.0	57.2	0.89	50.7	2.8	1.4	6.5	0.0	0.0
7.0	59.6	0.89	53.2	2.5	1.5	8.1	0.0	0.0
8.0	61.7	0.90	55.4	2.2	1.8	9.9	0.0	0.0
9.0	63.6	0.90	57.4	2.0	2.2	12.1	0.0	0.0
10.0	65.3	0.91	59.2	1.8	2.8	14.9	0.0	0.0
11.0	66.9	0.91	60.9	1.7	4.2	19.1	0.2	0.2
12.0	68.4	0.91	62.4	1.5	8.9	27.9	1.8	1.6
13.0	69.8	0.91	63.9	1.4	25.9	53.9	13.1	11.2
14.0	71.2	0.92	65.2	1.4	5.6	59.5	16.3	3.2
15.0	72.4	0.92	66.5	1.3	3.4	62.8	18.4	2.1
16.0	73.6	0.92	67.7	1.2	2.5	65.3	19.9	1.6
17.0	74.7	0.92	68.9	1.2	2.0	67.3	21.2	1.3
18.0	75.8	0.92	70.0	1.1	1.7	68.9	22.3	1.1
19.0	76.8	0.92	71.0	1.1	1.4	70.4	23.2	1.0
20.0	77.8	0.93	72.1	1.0	1.3	71.7	24.1	0.9
21.0	78.7	0.93	73.0	1.0	1.2	72.8	24.9	0.8
22.0	79.7	0.93	74.0	0.9	1.1	73.9	25.6	0.7
23.0	80.5	0.93	74.9	0.9	1.0	74.9	26.3	0.7
24.0	81.4	0.93	75.8	0.9	0.9	75.8	26.9	0.6

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	18.8	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	37.5	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	56.3	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	45	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	33.8	0.0	0.0	0.0
6.0	0.0	22.5	0.0	0.0	0.0
7.0	0.0	11.3	0.0	0.0	0.0
8.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
9.0	0.0		0.0	0.0	0.0
10.0	0.0		0.0	0.0	0.0
11.0	0.1		0.2	0.0	0.2
12.0	1.4		3.0	0.0	3.0
13.0	10.7		25.9	0.0	25.9
14.0	3.1		54.3	0.0	54.3
15.0	2.0		82.3	0.0	82.3
16.0	1.5		80.9	0.0	80.9
17.0	1.2		72.5	0.0	72.5
18.0	1.0		60.0	0.0	60.0
19.0	0.9		44.8	0.0	44.8
20.0	0.8		29.0	0.0	29.0
21.0	0.8		23.8	0.0	23.8
22.0	0.7		20.6	0.0	20.6
23.0	0.6		18.5	0.0	18.5
24.0	0.6		16.8	0.0	16.8
25.0			14.3	0.0	14.3
26.0			11.1	0.0	11.1
27.0			7.2	0.0	7.2
28.0			4.2	0.0	4.2
29.0			2.0	0.0	2.0
30.0			0.7	0.0	0.7
31.0			0.0	0.0	0.0
32.0			0.0	0.0	0.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	76.2
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	25.4
Ολικές απώλειες:	68.8%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	82.3
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	2.06
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	2.06



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ξηριά

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ανάντη συμβολής με Σεσκουλιώτη

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

81

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

5

Α. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	75.7
Παράμετρος $S = 25.4 (1000/CN - 10)$ [mm]:	81.5
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	111.0
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, ϕ :	0.94
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	104.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H^* ([mm]):	45.4
Ολικές απώλειες:	59.1%

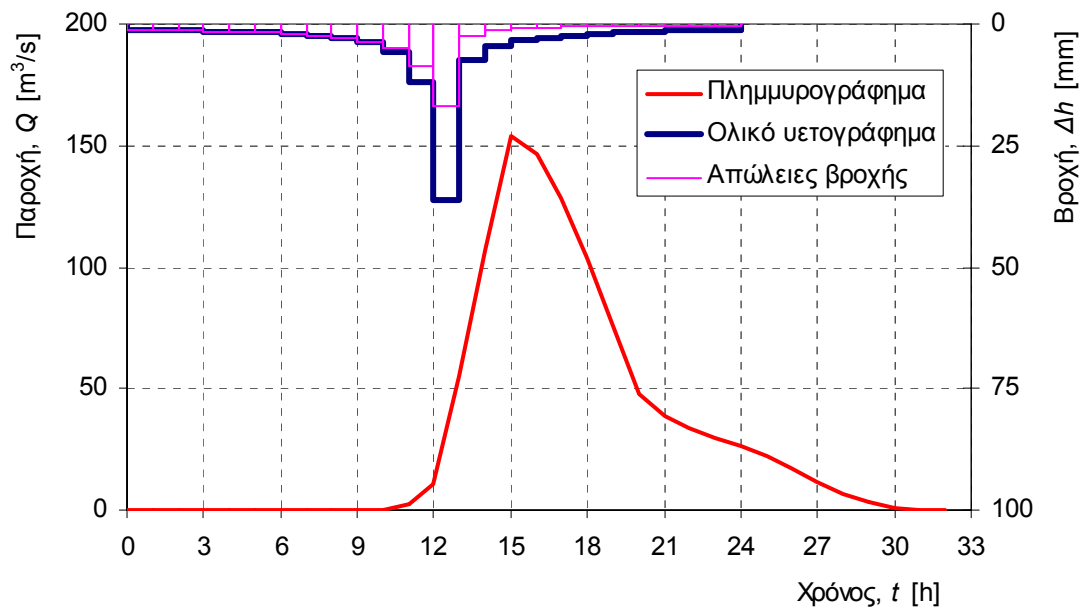
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. $h(t)$ [mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. $h(t)$ [mm]	Μερικό $\Delta h(t)$ [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h^* [mm]	Μερικό Δh^* [mm]
1.0	44.8	0.81	36.2	36.2	1.2	1.2	0.0	0.0
2.0	56.9	0.85	48.3	12.1	1.3	2.5	0.0	0.0
3.0	64.3	0.87	55.9	7.6	1.4	3.9	0.0	0.0
4.0	69.8	0.88	61.5	5.7	1.5	5.4	0.0	0.0
5.0	74.2	0.89	66.1	4.6	1.7	7.0	0.0	0.0
6.0	78.0	0.90	69.9	3.9	1.9	8.9	0.0	0.0
7.0	81.2	0.90	73.3	3.4	2.1	11.0	0.0	0.0
8.0	84.1	0.91	76.3	3.0	2.5	13.4	0.0	0.0
9.0	86.7	0.91	79.0	2.7	3.0	16.4	0.0	0.0
10.0	89.1	0.91	81.4	2.5	3.9	20.3	0.2	0.2
11.0	91.3	0.92	83.7	2.3	5.7	25.9	1.0	0.8
12.0	93.3	0.92	85.8	2.1	12.1	38.0	4.6	3.5
13.0	95.2	0.92	87.8	2.0	36.2	74.2	24.0	19.5
14.0	97.0	0.92	89.6	1.9	7.6	81.8	29.2	5.1
15.0	98.7	0.93	91.4	1.7	4.6	86.4	32.4	3.2
16.0	100.3	0.93	93.0	1.7	3.4	89.7	34.8	2.4
17.0	101.9	0.93	94.6	1.6	2.7	92.4	36.7	2.0
18.0	103.3	0.93	96.1	1.5	2.3	94.7	38.4	1.7
19.0	104.7	0.93	97.5	1.4	2.0	96.6	39.9	1.5
20.0	106.1	0.93	98.9	1.4	1.7	98.4	41.2	1.3
21.0	107.4	0.93	100.3	1.3	1.6	100.0	42.4	1.2
22.0	108.6	0.93	101.5	1.3	1.4	101.4	43.5	1.1
23.0	109.8	0.94	102.8	1.2	1.3	102.7	44.5	1.0
24.0	111.0	0.94	104.0	1.2	1.2	104.0	45.4	0.9

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	18.8	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	37.5	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	56.3	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	45	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	33.8	0.0	0.0	0.0
6.0	0.0	22.5	0.0	0.0	0.0
7.0	0.0	11.3	0.0	0.0	0.0
8.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
9.0	0.0		0.0	0.0	0.0
10.0	0.2		0.4	0.0	0.4
11.0	0.8		2.3	0.0	2.3
12.0	3.5		10.7	0.0	10.7
13.0	19.5		55.2	0.0	55.2
14.0	5.1		106.7	0.0	106.7
15.0	3.2		153.8	0.0	153.8
16.0	2.4		146.8	0.0	146.8
17.0	2.0		128.4	0.0	128.4
18.0	1.7		103.7	0.0	103.7
19.0	1.5		75.6	0.0	75.6
20.0	1.3		47.7	0.0	47.7
21.0	1.2		39.0	0.0	39.0
22.0	1.1		33.6	0.0	33.6
23.0	1.0		29.8	0.0	29.8
24.0	0.9		26.7	0.0	26.7
25.0			22.6	0.0	22.6
26.0			17.5	0.0	17.5
27.0			11.3	0.0	11.3
28.0			6.5	0.0	6.5
29.0			3.2	0.0	3.2
30.0			1.0	0.0	1.0
31.0			0.0	0.0	0.0
32.0			0.0	0.0	0.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	104.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	45.4
Ολικές απώλειες:	59.1%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	153.8
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	3.68
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	3.68



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ξηριά

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ανάντη συμβολής με Σεσκουλιώτη

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

81

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

10

Α. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda(T^k - \psi)/(d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	75.7
Παράμετρος $S = 25.4 (1000/CN - 10)$ [mm]:	81.5
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	136.2
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, ϕ :	0.94
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	127.6
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H^* ([mm]):	64.2
Ολικές απώλειες:	52.8%

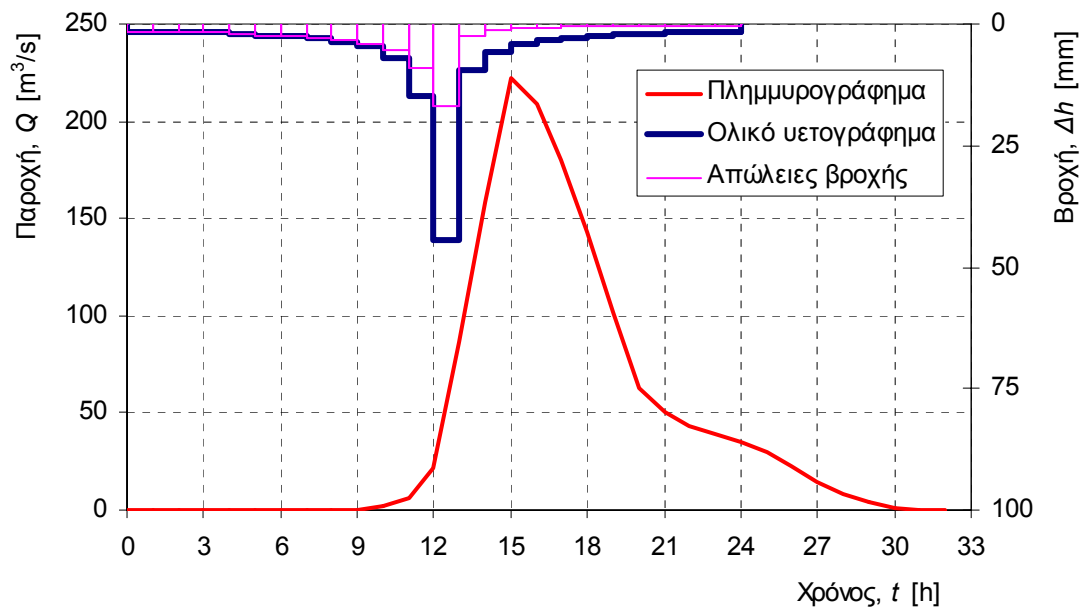
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. $h(t)$ [mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. $h(t)$ [mm]	Μερικό $\Delta h(t)$ [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h^* [mm]	Μερικό Δh^* [mm]
1.0	55.0	0.81	44.4	44.4	1.5	1.5	0.0	0.0
2.0	69.8	0.85	59.3	14.8	1.6	3.0	0.0	0.0
3.0	78.9	0.87	68.6	9.3	1.7	4.7	0.0	0.0
4.0	85.7	0.88	75.5	6.9	1.8	6.6	0.0	0.0
5.0	91.1	0.89	81.1	5.6	2.0	8.6	0.0	0.0
6.0	95.7	0.90	85.9	4.7	2.3	10.9	0.0	0.0
7.0	99.7	0.90	90.0	4.1	2.6	13.5	0.0	0.0
8.0	103.2	0.91	93.6	3.7	3.0	16.5	0.0	0.0
9.0	106.4	0.91	96.9	3.3	3.7	20.1	0.2	0.2
10.0	109.4	0.91	100.0	3.0	4.7	24.9	0.8	0.6
11.0	112.1	0.92	102.7	2.8	6.9	31.8	2.5	1.7
12.0	114.6	0.92	105.3	2.6	14.8	46.7	8.2	5.8
13.0	116.9	0.92	107.7	2.4	44.4	91.1	35.8	27.5
14.0	119.1	0.92	110.0	2.3	9.3	100.4	42.7	6.9
15.0	121.2	0.93	112.2	2.1	5.6	106.0	47.0	4.3
16.0	123.2	0.93	114.2	2.0	4.1	110.1	50.2	3.2
17.0	125.1	0.93	116.1	1.9	3.3	113.4	52.8	2.6
18.0	126.9	0.93	118.0	1.8	2.8	116.2	55.0	2.2
19.0	128.6	0.93	119.7	1.8	2.4	118.6	56.9	1.9
20.0	130.2	0.93	121.4	1.7	2.1	120.8	58.7	1.7
21.0	131.8	0.93	123.1	1.6	1.9	122.7	60.2	1.6
22.0	133.3	0.93	124.6	1.6	1.8	124.5	61.7	1.4
23.0	134.8	0.94	126.1	1.5	1.6	126.1	63.0	1.3
24.0	136.2	0.94	127.6	1.5	1.5	127.6	64.2	1.2

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	18.8	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	37.5	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	56.3	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	45	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	33.8	0.0	0.0	0.0
6.0	0.0	22.5	0.0	0.0	0.0
7.0	0.0	11.3	0.0	0.0	0.0
8.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
9.0	0.2		0.4	0.0	0.4
10.0	0.6		1.9	0.0	1.9
11.0	1.7		6.6	0.0	6.6
12.0	5.8		21.6	0.0	21.6
13.0	27.5		86.4	0.0	86.4
14.0	6.9		158.9	0.0	158.9
15.0	4.3		222.2	0.0	222.2
16.0	3.2		208.8	0.0	208.8
17.0	2.6		180.1	0.0	180.1
18.0	2.2		143.0	0.0	143.0
19.0	1.9		102.0	0.0	102.0
20.0	1.7		62.7	0.0	62.7
21.0	1.6		50.8	0.0	50.8
22.0	1.4		43.7	0.0	43.7
23.0	1.3		38.7	0.0	38.7
24.0	1.2		34.7	0.0	34.7
25.0			29.5	0.0	29.5
26.0			22.9	0.0	22.9
27.0			14.8	0.0	14.8
28.0			8.6	0.0	8.6
29.0			4.2	0.0	4.2
30.0			1.4	0.0	1.4
31.0			0.0	0.0	0.0
32.0			0.0	0.0	0.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	127.6
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	64.2
Ολικές απώλειες:	52.8%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	222.2
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	5.20
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	5.20



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ξηριά

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ανάντη συμβολής με Σεσκουλιώτη

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

81

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

20

A. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	75.7
Παράμετρος $S = 25.4 (1000/CN - 10)$ [mm]:	81.5
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	164.2
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, ϕ :	0.94
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	153.9
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H^* ([mm]):	86.4
Ολικές απώλειες:	47.4%

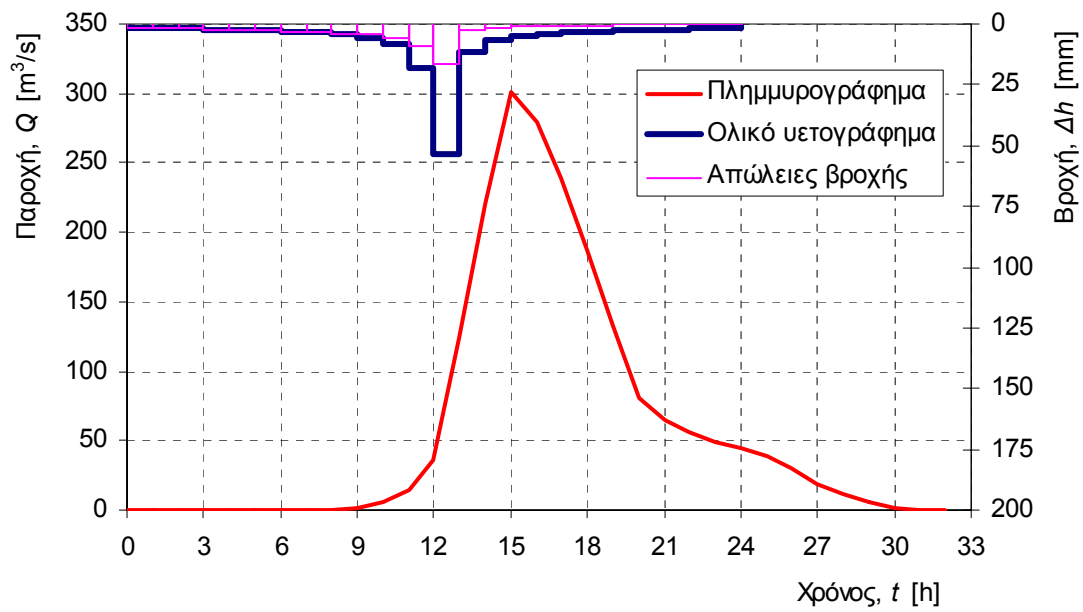
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. $h(t)$ [mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. $h(t)$ [mm]	Μερικό $\Delta h(t)$ [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h^* [mm]	Μερικό Δh^* [mm]
1.0	66.3	0.81	53.6	53.6	1.8	1.8	0.0	0.0
2.0	84.2	0.85	71.4	17.9	1.9	3.7	0.0	0.0
3.0	95.2	0.87	82.7	11.2	2.0	5.7	0.0	0.0
4.0	103.3	0.88	91.1	8.4	2.2	7.9	0.0	0.0
5.0	109.9	0.89	97.8	6.8	2.5	10.4	0.0	0.0
6.0	115.4	0.90	103.5	5.7	2.7	13.1	0.0	0.0
7.0	120.2	0.90	108.5	5.0	3.1	16.2	0.0	0.0
8.0	124.5	0.91	112.9	4.4	3.6	19.9	0.1	0.1
9.0	128.3	0.91	116.9	4.0	4.4	24.3	0.7	0.6
10.0	131.9	0.91	120.5	3.6	5.7	30.0	2.0	1.3
11.0	135.1	0.92	123.9	3.4	8.4	38.4	4.7	2.7
12.0	138.1	0.92	127.0	3.1	17.9	56.3	13.1	8.4
13.0	141.0	0.92	129.9	2.9	53.6	109.8	49.9	36.8
14.0	143.6	0.92	132.6	2.7	11.2	121.0	58.9	8.9
15.0	146.1	0.93	135.2	2.6	6.8	127.8	64.4	5.5
16.0	148.5	0.93	137.7	2.5	5.0	132.8	68.5	4.1
17.0	150.8	0.93	140.0	2.3	4.0	136.7	71.8	3.3
18.0	152.9	0.93	142.2	2.2	3.4	140.1	74.6	2.8
19.0	155.0	0.93	144.4	2.1	2.9	143.0	77.1	2.5
20.0	157.0	0.93	146.4	2.0	2.6	145.6	79.3	2.2
21.0	158.9	0.93	148.4	2.0	2.3	147.9	81.3	2.0
22.0	160.8	0.93	150.3	1.9	2.1	150.1	83.1	1.8
23.0	162.5	0.94	152.1	1.8	2.0	152.0	84.8	1.7
24.0	164.2	0.94	153.9	1.8	1.8	153.9	86.4	1.6

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	18.8	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	37.5	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	56.3	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	45	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	33.8	0.0	0.0	0.0
6.0	0.0	22.5	0.0	0.0	0.0
7.0	0.0	11.3	0.0	0.0	0.0
8.0	0.1	0	0.2	0.0	0.2
9.0	0.6		1.5	0.0	1.5
10.0	1.3		5.3	0.0	5.3
11.0	2.7		13.8	0.0	13.8
12.0	8.4		36.3	0.0	36.3
13.0	36.8		124.0	0.0	124.0
14.0	8.9		220.0	0.0	220.0
15.0	5.5		301.4	0.0	301.4
16.0	4.1		280.0	0.0	280.0
17.0	3.3		238.9	0.0	238.9
18.0	2.8		187.8	0.0	187.8
19.0	2.5		132.4	0.0	132.4
20.0	2.2		80.4	0.0	80.4
21.0	2.0		65.3	0.0	65.3
22.0	1.8		56.0	0.0	56.0
23.0	1.7		49.6	0.0	49.6
24.0	1.6		44.7	0.0	44.7
25.0			38.2	0.0	38.2
26.0			29.7	0.0	29.7
27.0			19.3	0.0	19.3
28.0			11.3	0.0	11.3
29.0			5.5	0.0	5.5
30.0			1.8	0.0	1.8
31.0			0.0	0.0	0.0
32.0			0.0	0.0	0.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	153.9
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	86.4
Ολικές απώλειες:	47.4%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	301.4
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	7.00
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	7.00



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ξηριά

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ανάντη συμβολής με Σεσκουλιώτη

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

81

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

50

Α. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	75.7
Παράμετρος S = 25.4 (1000/CN - 10) [mm]:	81.5
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	206.1
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, φ:	0.94
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	193.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* ([mm]:	120.9
Ολικές απώλειες:	41.3%

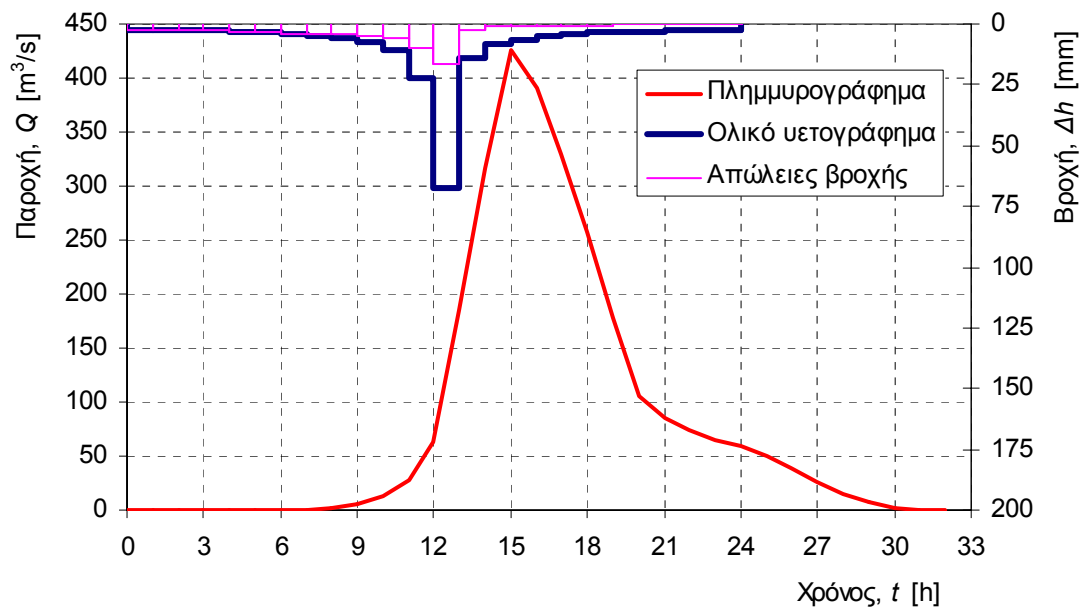
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. h(t)[mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. h(t)[mm]	Μερικό Δh(t)[mm]	Μερικό Δh[mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
1.0	83.2	0.81	67.2	67.2	2.2	2.2	0.0	0.0
2.0	105.6	0.85	89.6	22.4	2.4	4.6	0.0	0.0
3.0	119.4	0.87	103.7	14.1	2.6	7.1	0.0	0.0
4.0	129.6	0.88	114.2	10.5	2.8	9.9	0.0	0.0
5.0	137.8	0.89	122.7	8.5	3.1	13.0	0.0	0.0
6.0	144.7	0.90	129.9	7.2	3.4	16.5	0.0	0.0
7.0	150.8	0.90	136.1	6.2	3.9	20.4	0.2	0.2
8.0	156.1	0.91	141.6	5.5	4.6	24.9	0.8	0.6
9.0	161.0	0.91	146.6	5.0	5.5	30.5	2.1	1.3
10.0	165.4	0.91	151.2	4.6	7.2	37.6	4.4	2.3
11.0	169.5	0.92	155.4	4.2	10.5	48.1	8.9	4.5
12.0	173.3	0.92	159.3	3.9	22.4	70.6	21.7	12.8
13.0	176.8	0.92	163.0	3.7	67.2	137.8	72.7	51.0
14.0	180.2	0.92	166.4	3.4	14.1	151.9	84.6	12.0
15.0	183.3	0.93	169.6	3.2	8.5	160.3	92.0	7.3
16.0	186.3	0.93	172.7	3.1	6.2	166.6	97.4	5.4
17.0	189.1	0.93	175.6	2.9	5.0	171.5	101.8	4.4
18.0	191.9	0.93	178.4	2.8	4.2	175.8	105.5	3.7
19.0	194.5	0.93	181.1	2.7	3.7	179.4	108.7	3.2
20.0	197.0	0.93	183.7	2.6	3.2	182.7	111.6	2.9
21.0	199.4	0.93	186.1	2.5	2.9	185.6	114.2	2.6
22.0	201.7	0.93	188.5	2.4	2.7	188.3	116.6	2.4
23.0	203.9	0.94	190.8	2.3	2.5	190.7	118.9	2.2
24.0	206.1	0.94	193.0	2.2	2.3	193.0	120.9	2.1

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	18.8	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	37.5	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	56.3	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	45	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	33.8	0.0	0.0	0.0
6.0	0.0	22.5	0.0	0.0	0.0
7.0	0.2	11.3	0.4	0.0	0.4
8.0	0.6	0	1.9	0.0	1.9
9.0	1.3		5.8	0.0	5.8
10.0	2.3		13.5	0.0	13.5
11.0	4.5		27.8	0.0	27.8
12.0	12.8		62.2	0.0	62.2
13.0	51.0		185.5	0.0	185.5
14.0	12.0		317.5	0.0	317.5
15.0	7.3		425.3	0.0	425.3
16.0	5.4		390.6	0.0	390.6
17.0	4.4		329.9	0.0	329.9
18.0	3.7		256.5	0.0	256.5
19.0	3.2		178.3	0.0	178.3
20.0	2.9		106.3	0.0	106.3
21.0	2.6		85.7	0.0	85.7
22.0	2.4		73.5	0.0	73.5
23.0	2.2		64.9	0.0	64.9
24.0	2.1		58.6	0.0	58.6
25.0			50.0	0.0	50.0
26.0			39.0	0.0	39.0
27.0			25.2	0.0	25.2
28.0			14.8	0.0	14.8
29.0			7.2	0.0	7.2
30.0			2.4	0.0	2.4
31.0			0.0	0.0	0.0
32.0			0.0	0.0	0.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	193.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	120.9
Ολικές απώλειες:	41.3%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	425.3
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	9.80
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	9.80



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ξηριά

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ανάντη συμβολής με Σεσκουλιώτη

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

81

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

100

Α. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	75.7
Παράμετρος S = 25.4 (1000/CN - 10) [mm]:	81.5
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	241.7
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, φ:	0.94
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	226.4
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* ([mm]):	151.4
Ολικές απώλειες:	37.4%

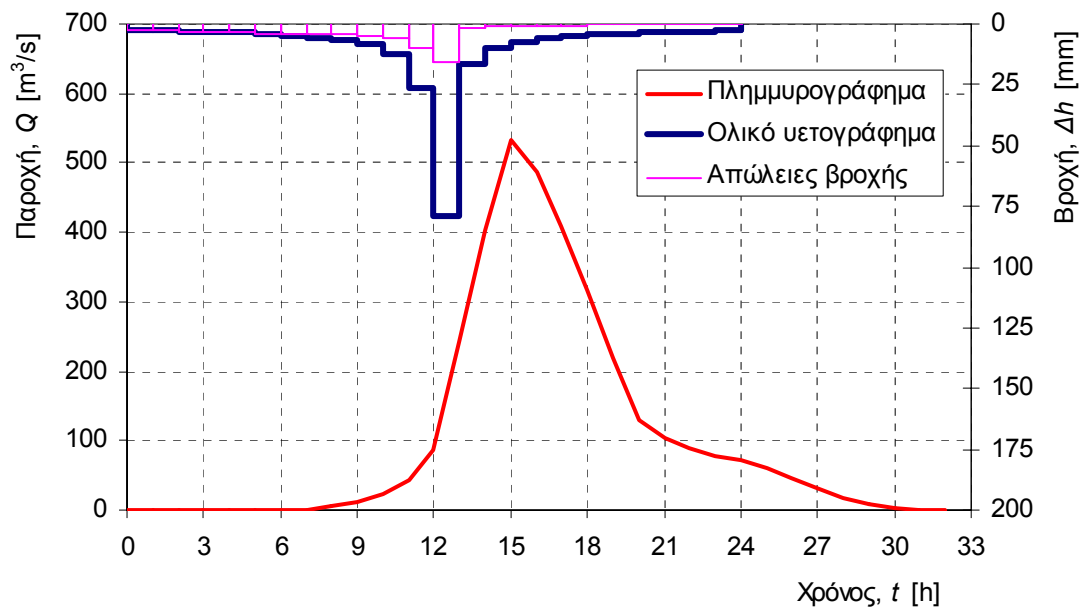
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. h(t)[mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. h(t)[mm]	Μερικό Δh(t)[mm]	Μερικό Δh[mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
1.0	97.6	0.81	78.8	78.8	2.6	2.6	0.0	0.0
2.0	123.8	0.85	105.1	26.3	2.8	5.4	0.0	0.0
3.0	140.0	0.87	121.7	16.5	3.0	8.4	0.0	0.0
4.0	152.0	0.88	134.0	12.3	3.3	11.7	0.0	0.0
5.0	161.7	0.89	143.9	9.9	3.6	15.3	0.0	0.0
6.0	169.8	0.90	152.3	8.4	4.0	19.3	0.1	0.1
7.0	176.9	0.90	159.7	7.3	4.6	23.9	0.6	0.5
8.0	183.2	0.91	166.1	6.5	5.4	29.2	1.8	1.1
9.0	188.9	0.91	172.0	5.9	6.5	35.7	3.7	2.0
10.0	194.0	0.91	177.4	5.4	8.4	44.1	7.1	3.3
11.0	198.8	0.92	182.3	4.9	12.3	56.5	13.2	6.2
12.0	203.3	0.92	186.9	4.6	26.3	82.8	29.9	16.6
13.0	207.4	0.92	191.2	4.3	78.8	161.6	93.1	63.2
14.0	211.3	0.92	195.2	4.0	16.5	178.1	107.6	14.5
15.0	215.0	0.93	199.0	3.8	9.9	188.1	116.5	8.9
16.0	218.6	0.93	202.6	3.6	7.3	195.4	123.1	6.6
17.0	221.9	0.93	206.0	3.4	5.9	201.2	128.4	5.3
18.0	225.1	0.93	209.3	3.3	4.9	206.2	132.8	4.5
19.0	228.1	0.93	212.5	3.1	4.3	210.5	136.7	3.9
20.0	231.1	0.93	215.5	3.0	3.8	214.3	140.2	3.5
21.0	233.9	0.93	218.4	2.9	3.4	217.7	143.4	3.1
22.0	236.6	0.93	221.1	2.8	3.1	220.8	146.2	2.9
23.0	239.2	0.94	223.8	2.7	2.9	223.7	148.9	2.7
24.0	241.7	0.94	226.4	2.6	2.7	226.4	151.4	2.5

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	18.8	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	37.5	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	56.3	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	45	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	33.8	0.0	0.0	0.0
6.0	0.1	22.5	0.2	0.0	0.2
7.0	0.5	11.3	1.3	0.0	1.3
8.0	1.1	0	4.5	0.0	4.5
9.0	2.0		11.2	0.0	11.2
10.0	3.3		22.5	0.0	22.5
11.0	6.2		42.2	0.0	42.2
12.0	16.6		87.0	0.0	87.0
13.0	63.2		240.6	0.0	240.6
14.0	14.5		402.5	0.0	402.5
15.0	8.9		532.3	0.0	532.3
16.0	6.6		485.6	0.0	485.6
17.0	5.3		408.0	0.0	408.0
18.0	4.5		315.5	0.0	315.5
19.0	3.9		217.9	0.0	217.9
20.0	3.5		129.1	0.0	129.1
21.0	3.1		104.0	0.0	104.0
22.0	2.9		88.9	0.0	88.9
23.0	2.7		78.5	0.0	78.5
24.0	2.5		70.8	0.0	70.8
25.0			60.4	0.0	60.4
26.0			47.0	0.0	47.0
27.0			30.4	0.0	30.4
28.0			17.8	0.0	17.8
29.0			8.7	0.0	8.7
30.0			2.8	0.0	2.8
31.0			0.0	0.0	0.0
32.0			0.0	0.0	0.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	226.4
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	151.4
Ολικές απώλειες:	37.4%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	532.3
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	12.27
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	12.27



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Σεσκουλιώτη

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ανάτη συμβολής με Ξηριά

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

31.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

2

Α. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	80.5
Παράμετρος S = 25.4 (1000/CN - 10) [mm]:	61.5
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	81.4
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, φ:	0.95
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	77.4
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* ([mm]:	33.5
Ολικές απώλειες:	58.9%

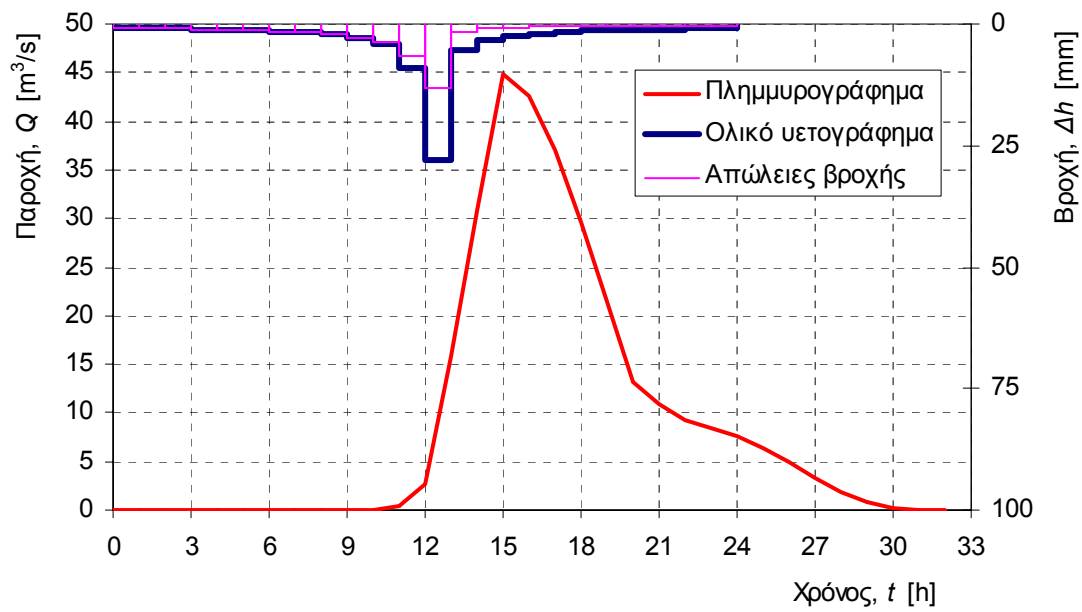
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. h(t)[mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. h(t)[mm]	Μερικό Δh(t)[mm]	Μερικό Δh[mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
1.0	32.9	0.85	28.0	28.0	0.9	0.9	0.0	0.0
2.0	41.7	0.88	36.9	8.9	0.9	1.8	0.0	0.0
3.0	47.1	0.90	42.4	5.5	1.0	2.8	0.0	0.0
4.0	51.2	0.91	46.5	4.1	1.1	3.9	0.0	0.0
5.0	54.4	0.92	49.9	3.3	1.2	5.1	0.0	0.0
6.0	57.2	0.92	52.7	2.8	1.3	6.5	0.0	0.0
7.0	59.6	0.93	55.1	2.4	1.5	8.0	0.0	0.0
8.0	61.7	0.93	57.3	2.2	1.8	9.8	0.0	0.0
9.0	63.6	0.93	59.2	2.0	2.2	12.0	0.0	0.0
10.0	65.3	0.93	61.0	1.8	2.8	14.8	0.1	0.1
11.0	66.9	0.94	62.7	1.6	4.1	18.9	0.6	0.5
12.0	68.4	0.94	64.2	1.5	8.9	27.7	3.1	2.5
13.0	69.8	0.94	65.6	1.4	28.0	55.7	18.0	14.9
14.0	71.2	0.94	67.0	1.3	5.5	61.3	21.7	3.7
15.0	72.4	0.94	68.3	1.3	3.3	64.6	24.0	2.3
16.0	73.6	0.94	69.5	1.2	2.4	67.1	25.8	1.7
17.0	74.7	0.95	70.6	1.1	2.0	69.0	27.2	1.4
18.0	75.8	0.95	71.7	1.1	1.6	70.7	28.4	1.2
19.0	76.8	0.95	72.8	1.0	1.4	72.1	29.5	1.1
20.0	77.8	0.95	73.8	1.0	1.3	73.4	30.4	0.9
21.0	78.7	0.95	74.7	1.0	1.1	74.5	31.3	0.9
22.0	79.7	0.95	75.7	0.9	1.0	75.6	32.1	0.8
23.0	80.5	0.95	76.6	0.9	1.0	76.5	32.8	0.7
24.0	81.4	0.95	77.4	0.9	0.9	77.4	33.5	0.7

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	14.6	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	21.9	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	17.5	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	13.1	0.0	0.0	0.0
6.0	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0
7.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0
8.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
9.0	0.0		0.0	0.0	0.0
10.0	0.1		0.1	0.0	0.1
11.0	0.5		0.5	0.0	0.5
12.0	2.5		2.8	0.0	2.8
13.0	14.9		15.8	0.0	15.8
14.0	3.7		30.9	0.0	30.9
15.0	2.3		44.8	0.0	44.8
16.0	1.7		42.5	0.0	42.5
17.0	1.4		37.0	0.0	37.0
18.0	1.2		29.7	0.0	29.7
19.0	1.1		21.4	0.0	21.4
20.0	0.9		13.2	0.0	13.2
21.0	0.9		10.8	0.0	10.8
22.0	0.8		9.3	0.0	9.3
23.0	0.7		8.3	0.0	8.3
24.0	0.7		7.5	0.0	7.5
25.0			6.4	0.0	6.4
26.0			5.0	0.0	5.0
27.0			3.2	0.0	3.2
28.0			1.9	0.0	1.9
29.0			0.9	0.0	0.9
30.0			0.3	0.0	0.3
31.0			0.0	0.0	0.0
32.0			0.0	0.0	0.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	77.4
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	33.5
Ολικές απώλειες:	58.9%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	44.8
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	1.05
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	1.05



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Σεσκουλιώτη

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ανάτη συμβολής με Ξηριά

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

31.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

5

Α. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	80.5
Παράμετρος $S = 25.4 (1000/CN - 10)$ [mm]:	61.5
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	111.0
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, ϕ :	0.95
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	105.6
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H^* [mm]:	56.2
Ολικές απώλειες:	49.4%

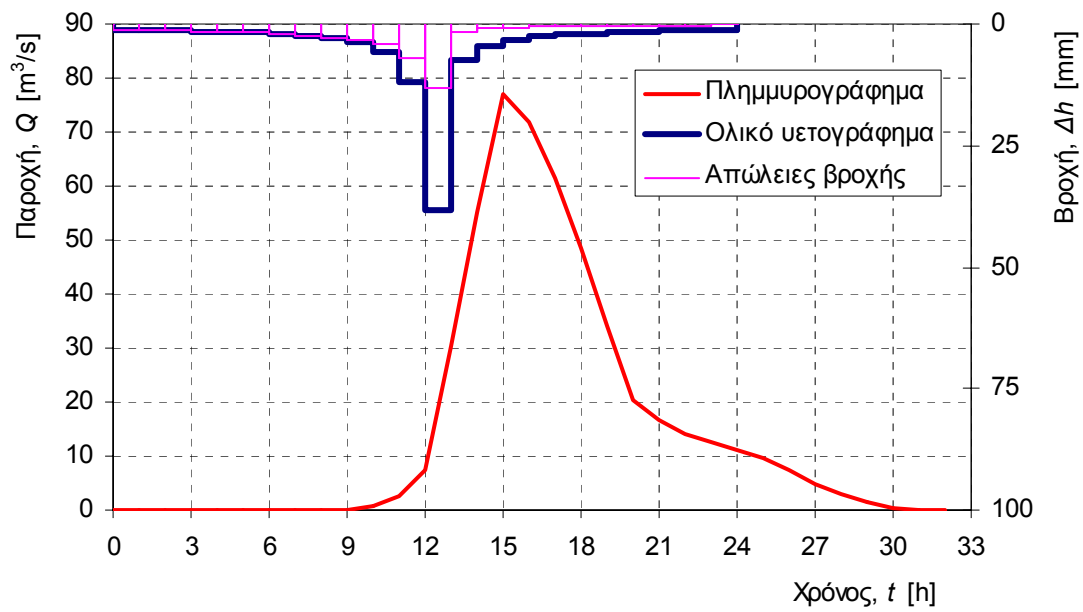
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. $h(t)$ [mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. $h(t)$ [mm]	Μερικό $\Delta h(t)$ [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h^* [mm]	Μερικό Δh^* [mm]
1.0	44.8	0.85	38.2	38.2	1.2	1.2	0.0	0.0
2.0	56.9	0.88	50.3	12.1	1.3	2.5	0.0	0.0
3.0	64.3	0.90	57.8	7.6	1.4	3.8	0.0	0.0
4.0	69.8	0.91	63.5	5.6	1.5	5.3	0.0	0.0
5.0	74.2	0.92	68.0	4.5	1.6	7.0	0.0	0.0
6.0	78.0	0.92	71.8	3.8	1.8	8.8	0.0	0.0
7.0	81.2	0.93	75.1	3.3	2.1	10.9	0.0	0.0
8.0	84.1	0.93	78.1	3.0	2.4	13.3	0.0	0.0
9.0	86.7	0.93	80.8	2.7	3.0	16.3	0.2	0.2
10.0	89.1	0.93	83.2	2.4	3.8	20.1	0.9	0.6
11.0	91.3	0.94	85.5	2.2	5.6	25.7	2.4	1.5
12.0	93.3	0.94	87.6	2.1	12.1	37.8	7.5	5.1
13.0	95.2	0.94	89.5	2.0	38.2	76.0	32.4	24.9
14.0	97.0	0.94	91.3	1.8	7.6	83.6	38.2	5.8
15.0	98.7	0.94	93.1	1.7	4.5	88.1	41.8	3.6
16.0	100.3	0.94	94.7	1.6	3.3	91.4	44.5	2.7
17.0	101.9	0.95	96.3	1.6	2.7	94.1	46.7	2.2
18.0	103.3	0.95	97.8	1.5	2.2	96.4	48.5	1.8
19.0	104.7	0.95	99.2	1.4	2.0	98.3	50.1	1.6
20.0	106.1	0.95	100.6	1.4	1.7	100.0	51.6	1.4
21.0	107.4	0.95	101.9	1.3	1.6	101.6	52.9	1.3
22.0	108.6	0.95	103.2	1.3	1.4	103.0	54.1	1.2
23.0	109.8	0.95	104.4	1.2	1.3	104.4	55.2	1.1
24.0	111.0	0.95	105.6	1.2	1.2	105.6	56.2	1.0

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	14.6	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	21.9	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	17.5	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	13.1	0.0	0.0	0.0
6.0	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0
7.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0
8.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
9.0	0.2		0.1	0.0	0.1
10.0	0.6		0.7	0.0	0.7
11.0	1.5		2.4	0.0	2.4
12.0	5.1		7.6	0.0	7.6
13.0	24.9		30.2	0.0	30.2
14.0	5.8		55.3	0.0	55.3
15.0	3.6		77.1	0.0	77.1
16.0	2.7		71.8	0.0	71.8
17.0	2.2		61.3	0.0	61.3
18.0	1.8		48.5	0.0	48.5
19.0	1.6		34.1	0.0	34.1
20.0	1.4		20.4	0.0	20.4
21.0	1.3		16.5	0.0	16.5
22.0	1.2		14.1	0.0	14.1
23.0	1.1		12.5	0.0	12.5
24.0	1.0		11.3	0.0	11.3
25.0			9.6	0.0	9.6
26.0			7.4	0.0	7.4
27.0			4.8	0.0	4.8
28.0			2.8	0.0	2.8
29.0			1.4	0.0	1.4
30.0			0.4	0.0	0.4
31.0			0.0	0.0	0.0
32.0			0.0	0.0	0.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	105.6
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	56.2
Ολικές απώλειες:	49.4%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	77.1
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	1.77
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	1.77



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Σεσκουλιώτη

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ανάτη συμβολής με Ξηριά

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

31.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

10

A. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda(T^k - \psi)/(d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	80.5
Παράμετρος S = 25.4 (1000/CN - 10) [mm]:	61.5
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	136.2
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, φ:	0.95
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	129.6
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* ([mm]):	77.0
Ολικές απώλειες:	43.5%

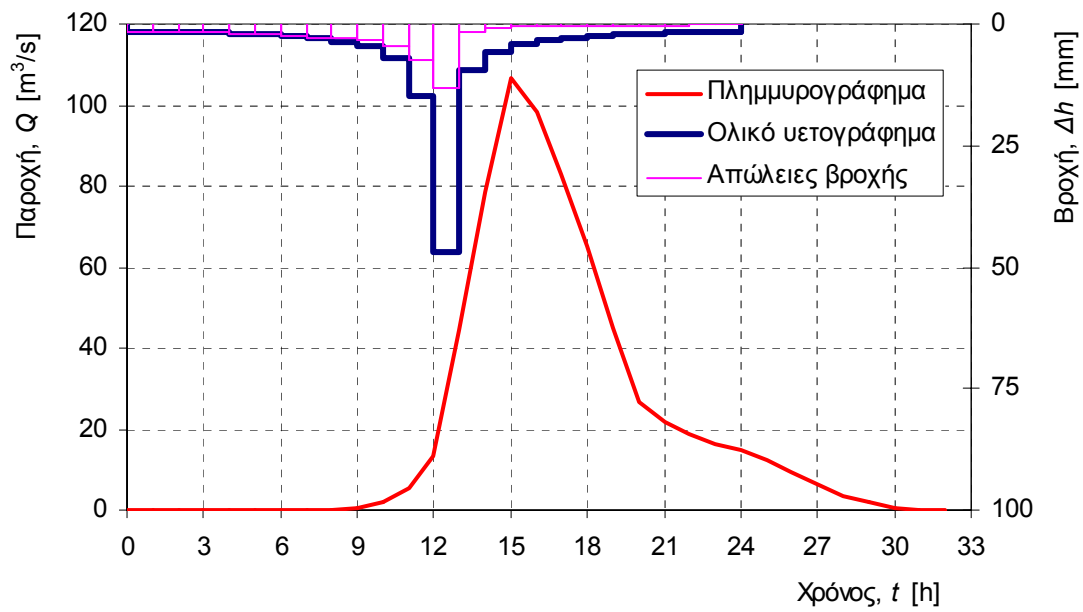
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. h(t)[mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. h(t)[mm]	Μερικό Δh(t)[mm]	Μερικό Δh[mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
1.0	55.0	0.85	46.9	46.9	1.5	1.5	0.0	0.0
2.0	69.8	0.88	61.7	14.8	1.6	3.0	0.0	0.0
3.0	78.9	0.90	71.0	9.3	1.7	4.7	0.0	0.0
4.0	85.7	0.91	77.9	6.9	1.8	6.5	0.0	0.0
5.0	91.1	0.92	83.5	5.6	2.0	8.6	0.0	0.0
6.0	95.7	0.92	88.1	4.7	2.3	10.8	0.0	0.0
7.0	99.7	0.93	92.2	4.1	2.6	13.4	0.0	0.0
8.0	103.2	0.93	95.9	3.6	3.0	16.4	0.3	0.2
9.0	106.4	0.93	99.1	3.3	3.6	20.0	0.9	0.6
10.0	109.4	0.93	102.1	3.0	4.7	24.7	2.1	1.2
11.0	112.1	0.94	104.9	2.8	6.9	31.6	4.6	2.5
12.0	114.6	0.94	107.5	2.6	14.8	46.4	12.2	7.6
13.0	116.9	0.94	109.9	2.4	46.9	93.3	46.0	33.9
14.0	119.1	0.94	112.1	2.3	9.3	102.6	53.7	7.7
15.0	121.2	0.94	114.3	2.1	5.6	108.2	58.4	4.7
16.0	123.2	0.94	116.3	2.0	4.1	112.2	61.9	3.5
17.0	125.1	0.95	118.2	1.9	3.3	115.5	64.7	2.8
18.0	126.9	0.95	120.0	1.8	2.8	118.3	67.0	2.4
19.0	128.6	0.95	121.8	1.8	2.4	120.7	69.1	2.1
20.0	130.2	0.95	123.5	1.7	2.1	122.8	71.0	1.9
21.0	131.8	0.95	125.1	1.6	1.9	124.7	72.7	1.7
22.0	133.3	0.95	126.7	1.6	1.8	126.5	74.2	1.5
23.0	134.8	0.95	128.2	1.5	1.6	128.1	75.6	1.4
24.0	136.2	0.95	129.6	1.5	1.5	129.6	77.0	1.3

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	14.6	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	21.9	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	17.5	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	13.1	0.0	0.0	0.0
6.0	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0
7.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0
8.0	0.2	0	0.1	0.0	0.1
9.0	0.6		0.7	0.0	0.7
10.0	1.2		2.2	0.0	2.2
11.0	2.5		5.2	0.0	5.2
12.0	7.6		13.1	0.0	13.1
13.0	33.9		44.4	0.0	44.4
14.0	7.7		78.3	0.0	78.3
15.0	4.7		106.8	0.0	106.8
16.0	3.5		98.3	0.0	98.3
17.0	2.8		83.1	0.0	83.1
18.0	2.4		65.0	0.0	65.0
19.0	2.1		45.1	0.0	45.1
20.0	1.9		26.7	0.0	26.7
21.0	1.7		21.6	0.0	21.6
22.0	1.5		18.6	0.0	18.6
23.0	1.4		16.4	0.0	16.4
24.0	1.3		14.6	0.0	14.6
25.0			12.4	0.0	12.4
26.0			9.6	0.0	9.6
27.0			6.2	0.0	6.2
28.0			3.6	0.0	3.6
29.0			1.8	0.0	1.8
30.0			0.6	0.0	0.6
31.0			0.0	0.0	0.0
32.0			0.0	0.0	0.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	129.6
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	77.0
Ολικές απώλειες:	43.5%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	106.8
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	2.43
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	2.43



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Σεσκουλιώτη

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ανάντη συμβολής με Ξηριά

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

31.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

20

Α. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^{\kappa} - \psi) / (d + \theta)^{\eta}$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	80.5
Παράμετρος $S = 25.4 (1000/CN - 10)$ [mm]:	61.5
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	164.2
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, ϕ :	0.95
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	156.3
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H^* ([mm]):	100.9
Ολικές απώλειες:	38.6%

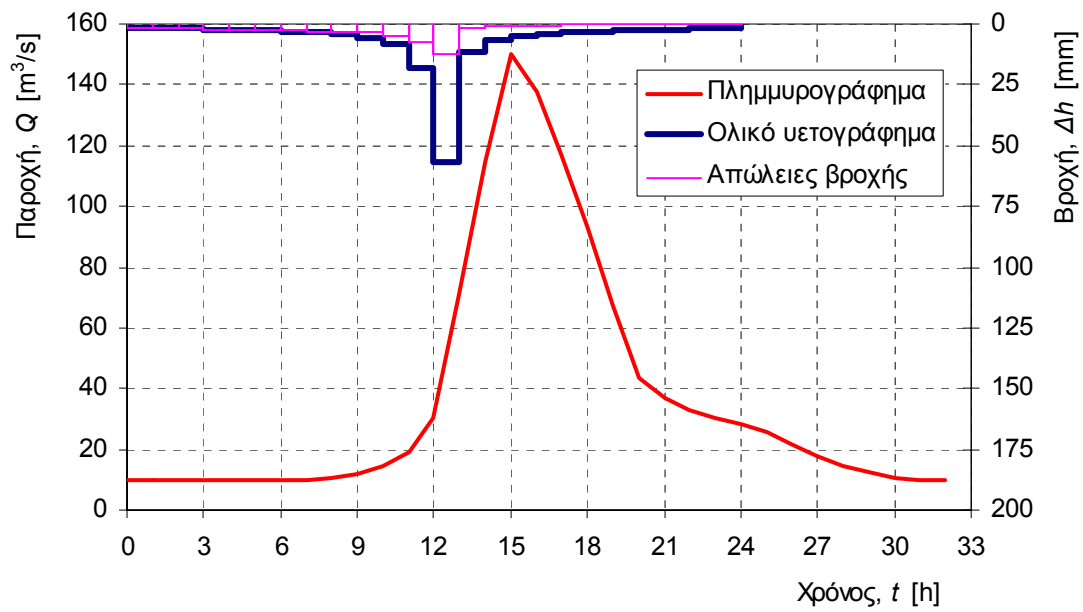
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. $h(t)$ [mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. $h(t)$ [mm]	Μερικό $\Delta h(t)$ [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h^* [mm]	Μερικό Δh^* [mm]
1.0	66.3	0.85	56.5	56.5	1.8	1.8	0.0	0.0
2.0	84.2	0.88	74.4	17.9	1.9	3.6	0.0	0.0
3.0	95.2	0.90	85.6	11.2	2.0	5.7	0.0	0.0
4.0	103.3	0.91	93.9	8.3	2.2	7.9	0.0	0.0
5.0	109.9	0.92	100.6	6.7	2.4	10.3	0.0	0.0
6.0	115.4	0.92	106.3	5.7	2.7	13.0	0.0	0.0
7.0	120.2	0.93	111.2	4.9	3.1	16.1	0.2	0.2
8.0	124.5	0.93	115.6	4.4	3.6	19.7	0.8	0.6
9.0	128.3	0.93	119.5	4.0	4.4	24.1	1.9	1.1
10.0	131.9	0.93	123.2	3.6	5.7	29.8	3.9	2.0
11.0	135.1	0.94	126.5	3.3	8.3	38.1	7.6	3.8
12.0	138.1	0.94	129.6	3.1	17.9	56.0	18.1	10.5
13.0	141.0	0.94	132.5	2.9	56.5	112.5	62.1	43.9
14.0	143.6	0.94	135.2	2.7	11.2	123.7	71.7	9.7
15.0	146.1	0.94	137.8	2.6	6.7	130.4	77.6	5.9
16.0	148.5	0.94	140.2	2.4	4.9	135.3	82.0	4.4
17.0	150.8	0.95	142.5	2.3	4.0	139.3	85.5	3.5
18.0	152.9	0.95	144.7	2.2	3.3	142.6	88.5	3.0
19.0	155.0	0.95	146.8	2.1	2.9	145.5	91.1	2.6
20.0	157.0	0.95	148.9	2.0	2.6	148.1	93.4	2.3
21.0	158.9	0.95	150.8	2.0	2.3	150.4	95.5	2.1
22.0	160.8	0.95	152.7	1.9	2.1	152.5	97.4	1.9
23.0	162.5	0.95	154.5	1.8	2.0	154.5	99.2	1.8
24.0	164.2	0.95	156.3	1.8	1.8	156.3	100.9	1.6

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	10.0	10.0
1.0	0.0	7.3	0.0	10.0	10.0
2.0	0.0	14.6	0.0	10.0	10.0
3.0	0.0	21.9	0.0	10.0	10.0
4.0	0.0	17.5	0.0	10.0	10.0
5.0	0.0	13.1	0.0	10.0	10.0
6.0	0.0	8.8	0.0	10.0	10.0
7.0	0.2	4.4	0.1	10.0	10.1
8.0	0.6	0	0.7	10.0	10.7
9.0	1.1		2.1	10.0	12.1
10.0	2.0		4.7	10.0	14.7
11.0	3.8		9.4	10.0	19.4
12.0	10.5		20.5	10.0	30.5
13.0	43.9		61.3	10.0	71.3
14.0	9.7		104.7	10.0	114.7
15.0	5.9		140.2	10.0	150.2
16.0	4.4		127.9	10.0	137.9
17.0	3.5		107.3	10.0	117.3
18.0	3.0		83.2	10.0	93.2
19.0	2.6		57.2	10.0	67.2
20.0	2.3		33.4	10.0	43.4
21.0	2.1		26.9	10.0	36.9
22.0	1.9		23.0	10.0	33.0
23.0	1.8		20.3	10.0	30.3
24.0	1.6		18.3	10.0	28.3
25.0			15.5	10.0	25.5
26.0			12.0	10.0	22.0
27.0			7.8	10.0	17.8
28.0			4.5	10.0	14.5
29.0			2.2	10.0	12.2
30.0			0.7	10.0	10.7
31.0			0.0	10.0	10.0
32.0			0.0	10.0	10.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	156.3
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	100.9
Ολικές απώλειες:	38.6%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	150.2
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	3.18
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	4.37



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Σεσκουλιώτη

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ανάτη συμβολής με Ξηριά

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

31.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

50

A. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	80.5
Παράμετρος $S = 25.4 (1000/CN - 10)$ [mm]:	61.5
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	206.1
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, ϕ :	0.95
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	196.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H^* ([mm]):	137.6
Ολικές απώλειες:	33.2%

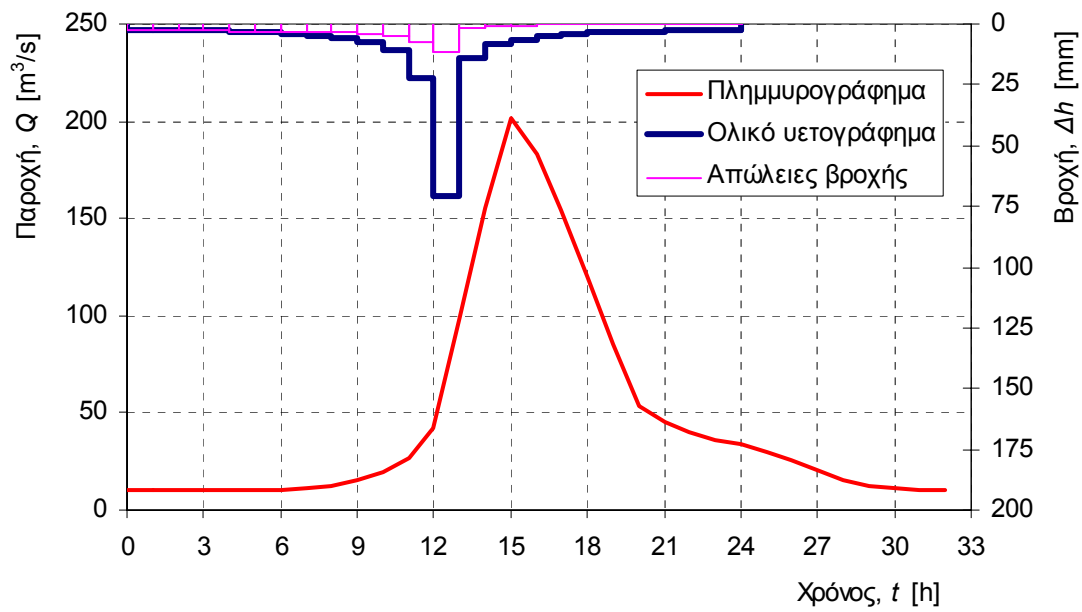
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. $h(t)$ [mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. $h(t)$ [mm]	Μερικό $\Delta h(t)$ [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h^* [mm]	Μερικό Δh^* [mm]
1.0	83.2	0.85	70.9	70.9	2.2	2.2	0.0	0.0
2.0	105.6	0.88	93.3	22.4	2.4	4.6	0.0	0.0
3.0	119.4	0.90	107.4	14.0	2.5	7.1	0.0	0.0
4.0	129.6	0.91	117.8	10.4	2.8	9.9	0.0	0.0
5.0	137.8	0.92	126.2	8.4	3.1	12.9	0.0	0.0
6.0	144.7	0.92	133.3	7.1	3.4	16.4	0.2	0.2
7.0	150.8	0.93	139.5	6.2	3.9	20.2	0.9	0.7
8.0	156.1	0.93	145.0	5.5	4.5	24.8	2.1	1.2
9.0	161.0	0.93	150.0	5.0	5.5	30.3	4.1	2.0
10.0	165.4	0.93	154.5	4.5	7.1	37.4	7.3	3.2
11.0	169.5	0.94	158.7	4.2	10.4	47.8	13.0	5.7
12.0	173.3	0.94	162.6	3.9	22.4	70.2	28.1	15.1
13.0	176.8	0.94	166.2	3.6	70.9	141.1	87.2	59.1
14.0	180.2	0.94	169.6	3.4	14.0	155.2	99.9	12.7
15.0	183.3	0.94	172.8	3.2	8.4	163.6	107.5	7.7
16.0	186.3	0.94	175.9	3.1	6.2	169.8	113.2	5.7
17.0	189.1	0.95	178.8	2.9	5.0	174.7	117.8	4.6
18.0	191.9	0.95	181.6	2.8	4.2	178.9	121.7	3.9
19.0	194.5	0.95	184.2	2.7	3.6	182.5	125.0	3.4
20.0	197.0	0.95	186.8	2.5	3.2	185.8	128.0	3.0
21.0	199.4	0.95	189.2	2.4	2.9	188.7	130.7	2.7
22.0	201.7	0.95	191.6	2.4	2.7	191.3	133.2	2.5
23.0	203.9	0.95	193.8	2.3	2.4	193.8	135.5	2.3
24.0	206.1	0.95	196.0	2.2	2.3	196.0	137.6	2.1

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	10.0	10.0
1.0	0.0	7.3	0.0	10.0	10.0
2.0	0.0	14.6	0.0	10.0	10.0
3.0	0.0	21.9	0.0	10.0	10.0
4.0	0.0	17.5	0.0	10.0	10.0
5.0	0.0	13.1	0.0	10.0	10.0
6.0	0.2	8.8	0.1	10.0	10.1
7.0	0.7	4.4	0.8	10.0	10.8
8.0	1.2	0	2.3	10.0	12.3
9.0	2.0		5.1	10.0	15.1
10.0	3.2		9.4	10.0	19.4
11.0	5.7		16.4	10.0	26.4
12.0	15.1		32.1	10.0	42.1
13.0	59.1		87.3	10.0	97.3
14.0	12.7		145.1	10.0	155.1
15.0	7.7		191.2	10.0	201.2
16.0	5.7		172.8	10.0	182.8
17.0	4.6		144.0	10.0	154.0
18.0	3.9		110.8	10.0	120.8
19.0	3.4		75.5	10.0	85.5
20.0	3.0		43.6	10.0	53.6
21.0	2.7		35.1	10.0	45.1
22.0	2.5		30.0	10.0	40.0
23.0	2.3		26.4	10.0	36.4
24.0	2.1		23.7	10.0	33.7
25.0			20.2	10.0	30.2
26.0			15.6	10.0	25.6
27.0			10.1	10.0	20.1
28.0			5.9	10.0	15.9
29.0			2.9	10.0	12.9
30.0			0.9	10.0	10.9
31.0			0.0	10.0	10.0
32.0			0.0	10.0	10.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	196.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	137.6
Ολικές απώλειες:	33.2%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	201.2
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	4.35
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	5.53



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Σεσκουλιώτη

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ανάντη συμβολής με Ξηριά

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

31.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

100

Α. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	80.5
Παράμετρος S = 25.4 (1000/CN - 10) [mm]:	61.5
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	241.7
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, φ:	0.95
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	230.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* ([mm]:	169.7
Ολικές απώλειες:	29.8%

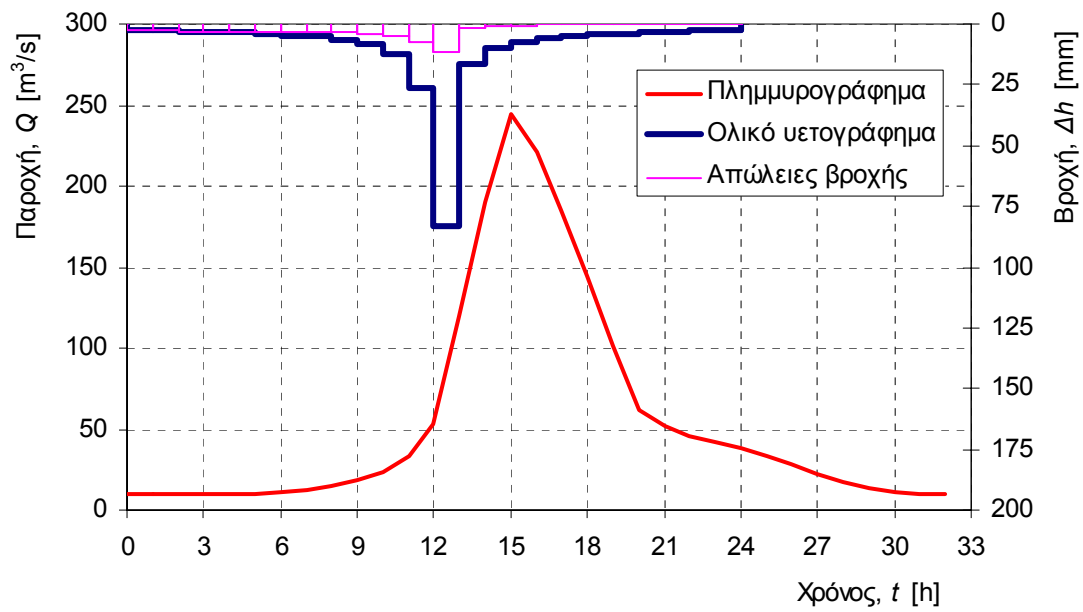
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. h(t)[mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. h(t)[mm]	Μερικό Δh(t)[mm]	Μερικό Δh[mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
1.0	97.6	0.85	83.2	83.2	2.6	2.6	0.0	0.0
2.0	123.8	0.88	109.5	26.3	2.8	5.3	0.0	0.0
3.0	140.0	0.90	126.0	16.5	3.0	8.3	0.0	0.0
4.0	152.0	0.91	138.2	12.2	3.3	11.6	0.0	0.0
5.0	161.7	0.92	148.1	9.9	3.6	15.2	0.1	0.1
6.0	169.8	0.92	156.4	8.3	4.0	19.2	0.7	0.6
7.0	176.9	0.93	163.7	7.3	4.6	23.7	1.8	1.1
8.0	183.2	0.93	170.1	6.4	5.3	29.0	3.6	1.8
9.0	188.9	0.93	175.9	5.8	6.4	35.5	6.3	2.8
10.0	194.0	0.93	181.2	5.3	8.3	43.8	10.7	4.3
11.0	198.8	0.94	186.1	4.9	12.2	56.1	18.2	7.5
12.0	203.3	0.94	190.7	4.6	26.3	82.4	37.3	19.1
13.0	207.4	0.94	195.0	4.3	83.2	165.6	109.4	72.0
14.0	211.3	0.94	199.0	4.0	16.5	182.0	124.6	15.2
15.0	215.0	0.94	202.7	3.8	9.9	191.9	133.8	9.2
16.0	218.6	0.94	206.3	3.6	7.3	199.2	140.6	6.8
17.0	221.9	0.95	209.7	3.4	5.8	205.0	146.0	5.5
18.0	225.1	0.95	213.0	3.3	4.9	209.9	150.7	4.6
19.0	228.1	0.95	216.1	3.1	4.3	214.1	154.7	4.0
20.0	231.1	0.95	219.1	3.0	3.8	217.9	158.3	3.6
21.0	233.9	0.95	222.0	2.9	3.4	221.3	161.5	3.2
22.0	236.6	0.95	224.7	2.8	3.1	224.4	164.4	3.0
23.0	239.2	0.95	227.4	2.7	2.9	227.3	167.2	2.7
24.0	241.7	0.95	230.0	2.6	2.7	230.0	169.7	2.5

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	10.0	10.0
1.0	0.0	7.3	0.0	10.0	10.0
2.0	0.0	14.6	0.0	10.0	10.0
3.0	0.0	21.9	0.0	10.0	10.0
4.0	0.0	17.5	0.0	10.0	10.0
5.0	0.1	13.1	0.1	10.0	10.1
6.0	0.6	8.8	0.6	10.0	10.6
7.0	1.1	4.4	1.9	10.0	11.9
8.0	1.8	0	4.4	10.0	14.4
9.0	2.8		8.3	10.0	18.3
10.0	4.3		14.0	10.0	24.0
11.0	7.5		23.0	10.0	33.0
12.0	19.1		42.8	10.0	52.8
13.0	72.0		110.1	10.0	120.1
14.0	15.2		180.1	10.0	190.1
15.0	9.2		234.9	10.0	244.9
16.0	6.8		211.2	10.0	221.2
17.0	5.5		175.1	10.0	185.1
18.0	4.6		134.1	10.0	144.1
19.0	4.0		90.7	10.0	100.7
20.0	3.6		51.9	10.0	61.9
21.0	3.2		41.6	10.0	51.6
22.0	3.0		35.6	10.0	45.6
23.0	2.7		31.4	10.0	41.4
24.0	2.5		28.2	10.0	38.2
25.0			23.9	10.0	33.9
26.0			18.5	10.0	28.5
27.0			12.0	10.0	22.0
28.0			7.0	10.0	17.0
29.0			3.4	10.0	13.4
30.0			1.1	10.0	11.1
31.0			0.0	10.0	10.0
32.0			0.0	10.0	10.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	230.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	169.7
Ολικές απώλειες:	29.8%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	244.9
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³):	5.35
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³):	6.54



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ξηριά

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Κατάνη συμβολής με Σεσκουλιώτη

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

112.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

2

A. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	77
Παράμετρος S = 25.4 (1000/CN - 10) [mm]:	75.9
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	81.4
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, φ:	0.93
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	75.8
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* ([mm]:	26.9
Ολικές απώλειες:	66.9%

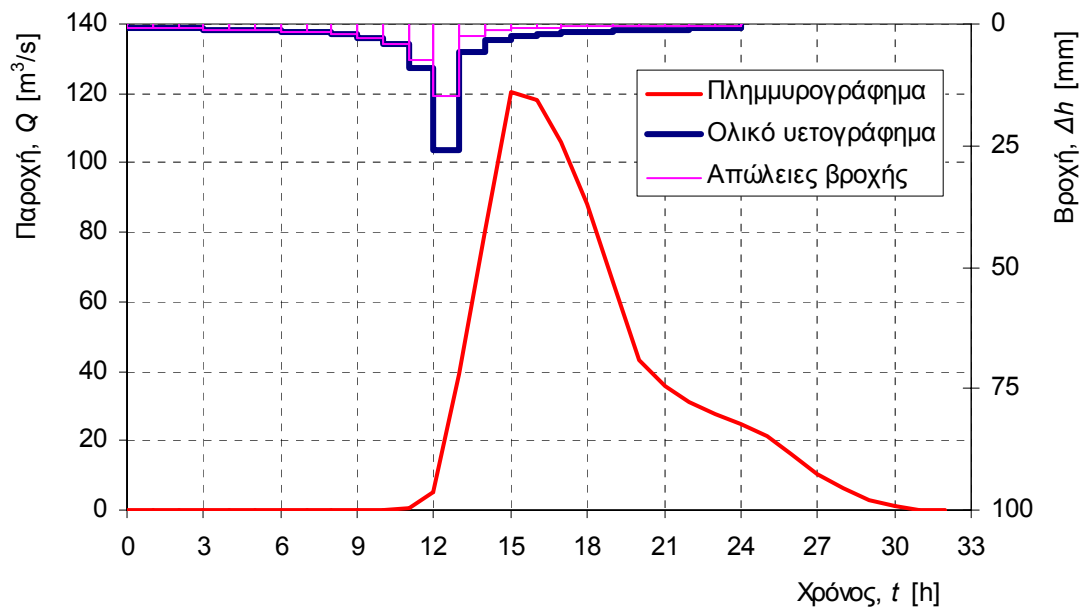
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. h(t)[mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. h(t)[mm]	Μερικό Δh(t)[mm]	Μερικό Δh[mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
1.0	32.9	0.79	25.9	25.9	0.9	0.9	0.0	0.0
2.0	41.7	0.83	34.8	8.9	0.9	1.8	0.0	0.0
3.0	47.1	0.86	40.4	5.6	1.0	2.8	0.0	0.0
4.0	51.2	0.87	44.6	4.2	1.1	3.9	0.0	0.0
5.0	54.4	0.88	47.9	3.4	1.2	5.2	0.0	0.0
6.0	57.2	0.89	50.7	2.8	1.4	6.5	0.0	0.0
7.0	59.6	0.89	53.2	2.5	1.5	8.1	0.0	0.0
8.0	61.7	0.90	55.4	2.2	1.8	9.9	0.0	0.0
9.0	63.6	0.90	57.4	2.0	2.2	12.1	0.0	0.0
10.0	65.3	0.91	59.2	1.8	2.8	14.9	0.0	0.0
11.0	66.9	0.91	60.9	1.7	4.2	19.1	0.2	0.2
12.0	68.4	0.91	62.4	1.5	8.9	27.9	1.8	1.6
13.0	69.8	0.91	63.9	1.4	25.9	53.9	13.1	11.2
14.0	71.2	0.92	65.2	1.4	5.6	59.5	16.3	3.2
15.0	72.4	0.92	66.5	1.3	3.4	62.8	18.4	2.1
16.0	73.6	0.92	67.7	1.2	2.5	65.3	19.9	1.6
17.0	74.7	0.92	68.9	1.2	2.0	67.3	21.2	1.3
18.0	75.8	0.92	70.0	1.1	1.7	68.9	22.3	1.1
19.0	76.8	0.92	71.0	1.1	1.4	70.4	23.2	1.0
20.0	77.8	0.93	72.1	1.0	1.3	71.7	24.1	0.9
21.0	78.7	0.93	73.0	1.0	1.2	72.8	24.9	0.8
22.0	79.7	0.93	74.0	0.9	1.1	73.9	25.6	0.7
23.0	80.5	0.93	74.9	0.9	1.0	74.9	26.3	0.7
24.0	81.4	0.93	75.8	0.9	0.9	75.8	26.9	0.6

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	26.1	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	52.1	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	78.2	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	62.6	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	46.9	0.0	0.0	0.0
6.0	0.0	31.3	0.0	0.0	0.0
7.0	0.0	15.6	0.0	0.0	0.0
8.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
9.0	0.0		0.0	0.0	0.0
10.0	0.0		0.0	0.0	0.0
11.0	0.2		0.5	0.0	0.5
12.0	1.6		5.2	0.0	5.2
13.0	11.2		39.1	0.0	39.1
14.0	3.2		80.5	0.0	80.5
15.0	2.1		120.7	0.0	120.7
16.0	1.6		118.4	0.0	118.4
17.0	1.3		106.0	0.0	106.0
18.0	1.1		87.9	0.0	87.9
19.0	1.0		65.9	0.0	65.9
20.0	0.9		43.4	0.0	43.4
21.0	0.8		35.9	0.0	35.9
22.0	0.7		31.0	0.0	31.0
23.0	0.7		27.5	0.0	27.5
24.0	0.6		24.8	0.0	24.8
25.0			21.1	0.0	21.1
26.0			16.3	0.0	16.3
27.0			10.5	0.0	10.5
28.0			6.1	0.0	6.1
29.0			3.0	0.0	3.0
30.0			0.9	0.0	0.9
31.0			0.0	0.0	0.0
32.0			0.0	0.0	0.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	75.8
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	26.9
Ολικές απώλειες:	66.9%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	120.7
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	3.04
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	3.04



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ
ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ξηριά

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Κατάνη συμβολής με Σεσκουλιώτη

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

112.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

5

A. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ
ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

 Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	77
Παράμετρος $S = 25.4 (1000/CN - 10)$ [mm]:	75.9
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	111.0
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, ϕ :	0.93
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	103.3
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H^* ([mm]:	47.4
Ολικές απώλειες:	57.3%

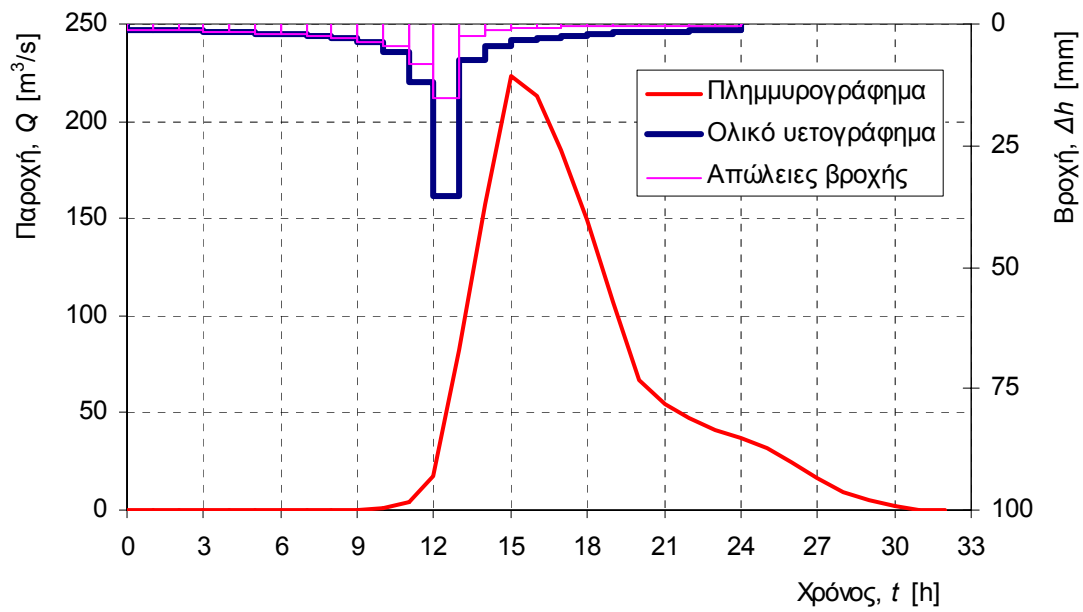
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. $h(t)$ [mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. $h(t)$ [mm]	Μερικό $\Delta h(t)$ [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h^* [mm]	Μερικό Δh^* [mm]
1.0	44.8	0.79	35.4	35.4	1.2	1.2	0.0	0.0
2.0	56.9	0.83	47.5	12.1	1.3	2.5	0.0	0.0
3.0	64.3	0.86	55.1	7.6	1.4	3.9	0.0	0.0
4.0	69.8	0.87	60.8	5.7	1.5	5.4	0.0	0.0
5.0	74.2	0.88	65.3	4.6	1.7	7.0	0.0	0.0
6.0	78.0	0.89	69.2	3.9	1.9	8.9	0.0	0.0
7.0	81.2	0.89	72.6	3.4	2.1	11.0	0.0	0.0
8.0	84.1	0.90	75.6	3.0	2.5	13.5	0.0	0.0
9.0	86.7	0.90	78.3	2.7	3.0	16.5	0.0	0.0
10.0	89.1	0.91	80.7	2.5	3.9	20.3	0.3	0.3
11.0	91.3	0.91	83.0	2.3	5.7	26.0	1.3	1.0
12.0	93.3	0.91	85.1	2.1	12.1	38.1	5.3	4.0
13.0	95.2	0.91	87.1	2.0	35.4	73.5	25.3	20.0
14.0	97.0	0.92	88.9	1.9	7.6	81.1	30.6	5.3
15.0	98.7	0.92	90.7	1.8	4.6	85.7	33.9	3.3
16.0	100.3	0.92	92.3	1.7	3.4	89.0	36.4	2.5
17.0	101.9	0.92	93.9	1.6	2.7	91.7	38.4	2.0
18.0	103.3	0.92	95.4	1.5	2.3	94.0	40.2	1.7
19.0	104.7	0.92	96.9	1.4	2.0	96.0	41.7	1.5
20.0	106.1	0.93	98.3	1.4	1.8	97.7	43.0	1.3
21.0	107.4	0.93	99.6	1.3	1.6	99.3	44.2	1.2
22.0	108.6	0.93	100.9	1.3	1.4	100.7	45.4	1.1
23.0	109.8	0.93	102.1	1.2	1.3	102.1	46.4	1.0
24.0	111.0	0.93	103.3	1.2	1.2	103.3	47.4	1.0

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	26.1	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	52.1	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	78.2	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	62.6	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	46.9	0.0	0.0	0.0
6.0	0.0	31.3	0.0	0.0	0.0
7.0	0.0	15.6	0.0	0.0	0.0
8.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
9.0	0.0		0.0	0.0	0.0
10.0	0.3		0.8	0.0	0.8
11.0	1.0		4.2	0.0	4.2
12.0	4.0		18.0	0.0	18.0
13.0	20.0		82.7	0.0	82.7
14.0	5.3		157.0	0.0	157.0
15.0	3.3		223.3	0.0	223.3
16.0	2.5		212.7	0.0	212.7
17.0	2.0		185.1	0.0	185.1
18.0	1.7		148.8	0.0	148.8
19.0	1.5		107.3	0.0	107.3
20.0	1.3		67.3	0.0	67.3
21.0	1.2		54.6	0.0	54.6
22.0	1.1		46.8	0.0	46.8
23.0	1.0		41.3	0.0	41.3
24.0	1.0		37.4	0.0	37.4
25.0			32.0	0.0	32.0
26.0			25.0	0.0	25.0
27.0			16.3	0.0	16.3
28.0			9.5	0.0	9.5
29.0			4.7	0.0	4.7
30.0			1.6	0.0	1.6
31.0			0.0	0.0	0.0
32.0			0.0	0.0	0.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	103.3
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	47.4
Ολικές απώλειες:	57.3%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	223.3
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	5.32
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	5.32



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ξηριά

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Κατάνη συμβολής με Σεσκουλιώτη

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

112.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

10

A. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	k	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	77
Παράμετρος $S = 25.4 (1000/CN - 10)$ [mm]:	75.9
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	136.2
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, ϕ :	0.93
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	126.8
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H^* ([mm]):	66.5
Ολικές απώλειες:	51.2%

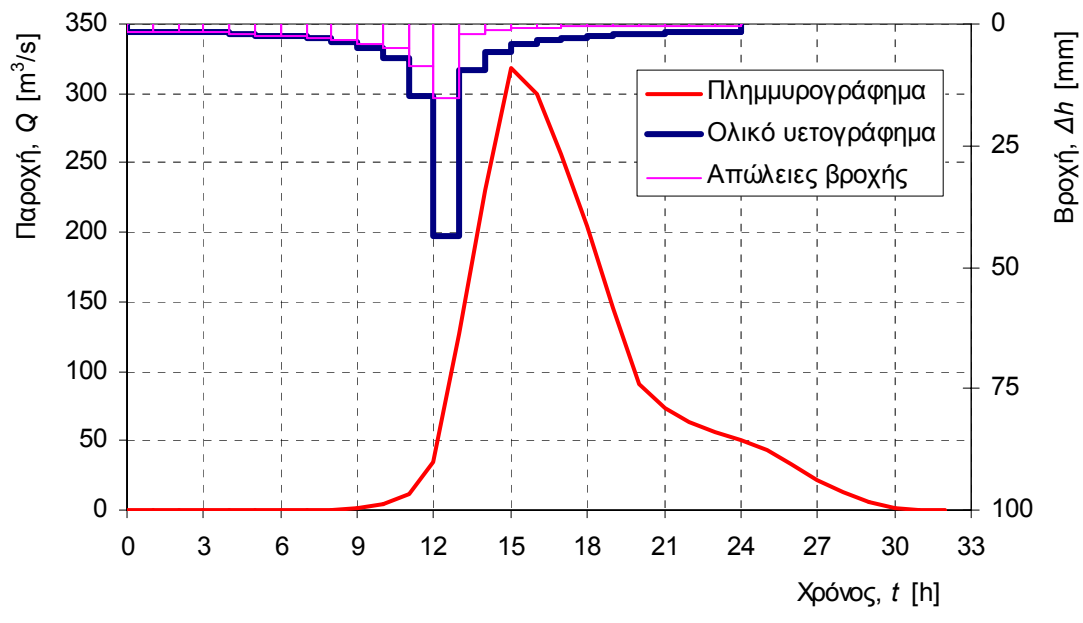
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. $h(t)$ [mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. $h(t)$ [mm]	Μερικό $\Delta h(t)$ [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h^* [mm]	Μερικό Δh^* [mm]
1.0	55.0	0.79	43.4	43.4	1.5	1.5	0.0	0.0
2.0	69.8	0.83	58.3	14.8	1.6	3.0	0.0	0.0
3.0	78.9	0.86	67.6	9.3	1.7	4.7	0.0	0.0
4.0	85.7	0.87	74.6	7.0	1.9	6.6	0.0	0.0
5.0	91.1	0.88	80.2	5.6	2.0	8.6	0.0	0.0
6.0	95.7	0.89	84.9	4.7	2.3	10.9	0.0	0.0
7.0	99.7	0.89	89.1	4.1	2.6	13.5	0.0	0.0
8.0	103.2	0.90	92.7	3.7	3.0	16.5	0.0	0.0
9.0	106.4	0.90	96.1	3.3	3.7	20.2	0.3	0.3
10.0	109.4	0.91	99.1	3.0	4.7	24.9	1.1	0.8
11.0	112.1	0.91	101.9	2.8	7.0	31.9	3.0	1.9
12.0	114.6	0.91	104.5	2.6	14.8	46.7	9.3	6.3
13.0	116.9	0.91	106.9	2.4	43.4	90.2	37.3	28.0
14.0	119.1	0.92	109.2	2.3	9.3	99.5	44.4	7.1
15.0	121.2	0.92	111.3	2.2	5.6	105.1	48.8	4.4
16.0	123.2	0.92	113.4	2.0	4.1	109.3	52.1	3.3
17.0	125.1	0.92	115.3	1.9	3.3	112.6	54.8	2.7
18.0	126.9	0.92	117.1	1.9	2.8	115.4	57.0	2.3
19.0	128.6	0.92	118.9	1.8	2.4	117.8	59.0	2.0
20.0	130.2	0.93	120.6	1.7	2.2	119.9	60.8	1.8
21.0	131.8	0.93	122.3	1.6	1.9	121.9	62.4	1.6
22.0	133.3	0.93	123.8	1.6	1.8	123.7	63.8	1.5
23.0	134.8	0.93	125.3	1.5	1.6	125.3	65.2	1.4
24.0	136.2	0.93	126.8	1.5	1.5	126.8	66.5	1.3

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	26.1	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	52.1	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	78.2	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	62.6	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	46.9	0.0	0.0	0.0
6.0	0.0	31.3	0.0	0.0	0.0
7.0	0.0	15.6	0.0	0.0	0.0
8.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
9.0	0.3		0.8	0.0	0.8
10.0	0.8		3.7	0.0	3.7
11.0	1.9		11.5	0.0	11.5
12.0	6.3		34.5	0.0	34.5
13.0	28.0		127.2	0.0	127.2
14.0	7.1		230.3	0.0	230.3
15.0	4.4		318.8	0.0	318.8
16.0	3.3		299.1	0.0	299.1
17.0	2.7		257.1	0.0	257.1
18.0	2.3		204.2	0.0	204.2
19.0	2.0		145.5	0.0	145.5
20.0	1.8		90.3	0.0	90.3
21.0	1.6		73.4	0.0	73.4
22.0	1.5		63.2	0.0	63.2
23.0	1.4		56.0	0.0	56.0
24.0	1.3		50.7	0.0	50.7
25.0			43.4	0.0	43.4
26.0			33.8	0.0	33.8
27.0			21.9	0.0	21.9
28.0			12.8	0.0	12.8
29.0			6.3	0.0	6.3
30.0			2.0	0.0	2.0
31.0			0.0	0.0	0.0
32.0			0.0	0.0	0.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	126.8
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	66.5
Ολικές απώλειες:	51.2%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	318.8
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	7.51
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	7.51



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ξηριά

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Κατάνη συμβολής με Σεσκουλιώτη

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

112.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

20

A. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	k	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	77
Παράμετρος $S = 25.4 (1000/CN - 10)$ [mm]:	75.9
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	164.2
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, ϕ :	0.93
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	152.9
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H^* ([mm]):	88.8
Ολικές απώλειες:	45.9%

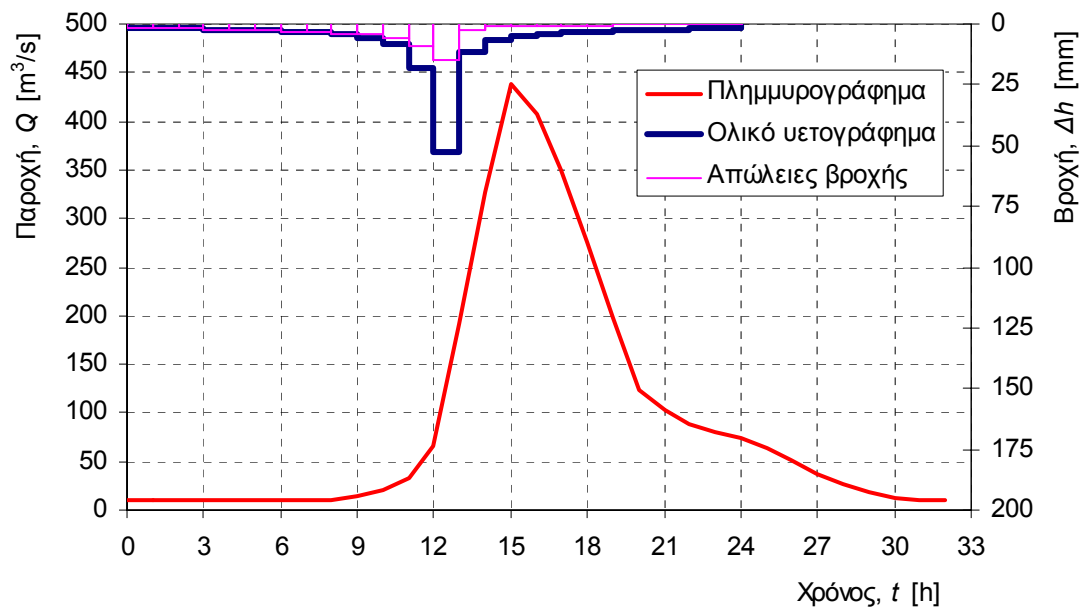
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. $h(t)$ [mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. $h(t)$ [mm]	Μερικό $\Delta h(t)$ [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h^* [mm]	Μερικό Δh^* [mm]
1.0	66.3	0.79	52.4	52.4	1.8	1.8	0.0	0.0
2.0	84.2	0.83	70.3	17.9	1.9	3.7	0.0	0.0
3.0	95.2	0.86	81.5	11.3	2.0	5.7	0.0	0.0
4.0	103.3	0.87	89.9	8.4	2.2	7.9	0.0	0.0
5.0	109.9	0.88	96.7	6.8	2.5	10.4	0.0	0.0
6.0	115.4	0.89	102.4	5.7	2.7	13.2	0.0	0.0
7.0	120.2	0.89	107.4	5.0	3.1	16.3	0.0	0.0
8.0	124.5	0.90	111.8	4.4	3.6	19.9	0.3	0.3
9.0	128.3	0.90	115.8	4.0	4.4	24.3	1.0	0.7
10.0	131.9	0.91	119.5	3.6	5.7	30.1	2.4	1.5
11.0	135.1	0.91	122.8	3.4	8.4	38.5	5.5	3.0
12.0	138.1	0.91	126.0	3.1	17.9	56.4	14.5	9.0
13.0	141.0	0.91	128.9	2.9	52.4	108.7	51.7	37.2
14.0	143.6	0.92	131.6	2.7	11.3	120.0	60.8	9.1
15.0	146.1	0.92	134.2	2.6	6.8	126.8	66.4	5.6
16.0	148.5	0.92	136.7	2.5	5.0	131.7	70.6	4.2
17.0	150.8	0.92	139.0	2.3	4.0	135.7	74.0	3.4
18.0	152.9	0.92	141.2	2.2	3.4	139.1	76.9	2.9
19.0	155.0	0.92	143.4	2.1	2.9	142.0	79.4	2.5
20.0	157.0	0.93	145.4	2.0	2.6	144.6	81.6	2.2
21.0	158.9	0.93	147.4	2.0	2.3	147.0	83.6	2.0
22.0	160.8	0.93	149.3	1.9	2.1	149.1	85.5	1.9
23.0	162.5	0.93	151.1	1.8	2.0	151.1	87.2	1.7
24.0	164.2	0.93	152.9	1.8	1.8	152.9	88.8	1.6

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	10.0	10.0
1.0	0.0	26.1	0.0	10.0	10.0
2.0	0.0	52.1	0.0	10.0	10.0
3.0	0.0	78.2	0.0	10.0	10.0
4.0	0.0	62.6	0.0	10.0	10.0
5.0	0.0	46.9	0.0	10.0	10.0
6.0	0.0	31.3	0.0	10.0	10.0
7.0	0.0	15.6	0.0	10.0	10.0
8.0	0.3	0	0.8	10.0	10.8
9.0	0.7		3.4	10.0	13.4
10.0	1.5		9.9	10.0	19.9
11.0	3.0		23.0	10.0	33.0
12.0	9.0		56.6	10.0	66.6
13.0	37.2		181.1	10.0	191.1
14.0	9.1		316.4	10.0	326.4
15.0	5.6		429.1	10.0	439.1
16.0	4.2		398.1	10.0	408.1
17.0	3.4		338.8	10.0	348.8
18.0	2.9		266.3	10.0	276.3
19.0	2.5		187.3	10.0	197.3
20.0	2.2		114.2	10.0	124.2
21.0	2.0		92.2	10.0	102.2
22.0	1.9		79.0	10.0	89.0
23.0	1.7		69.9	10.0	79.9
24.0	1.6		63.1	10.0	73.1
25.0			53.7	10.0	63.7
26.0			41.8	10.0	51.8
27.0			27.1	10.0	37.1
28.0			15.8	10.0	25.8
29.0			7.7	10.0	17.7
30.0			2.5	10.0	12.5
31.0			0.0	10.0	10.0
32.0			0.0	10.0	10.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	152.9
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	88.8
Ολικές απώλειες:	45.9%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	439.1
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³):	10.00
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³):	11.19



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ξηριά

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Κατάνη συμβολής με Σεσκουλιώτη

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

112.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

50

A. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	77
Παράμετρος $S = 25.4 (1000/CN - 10)$ [mm]:	75.9
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	206.1
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, ϕ :	0.93
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	191.8
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H^* ([mm]):	123.6
Ολικές απώλειες:	40.0%

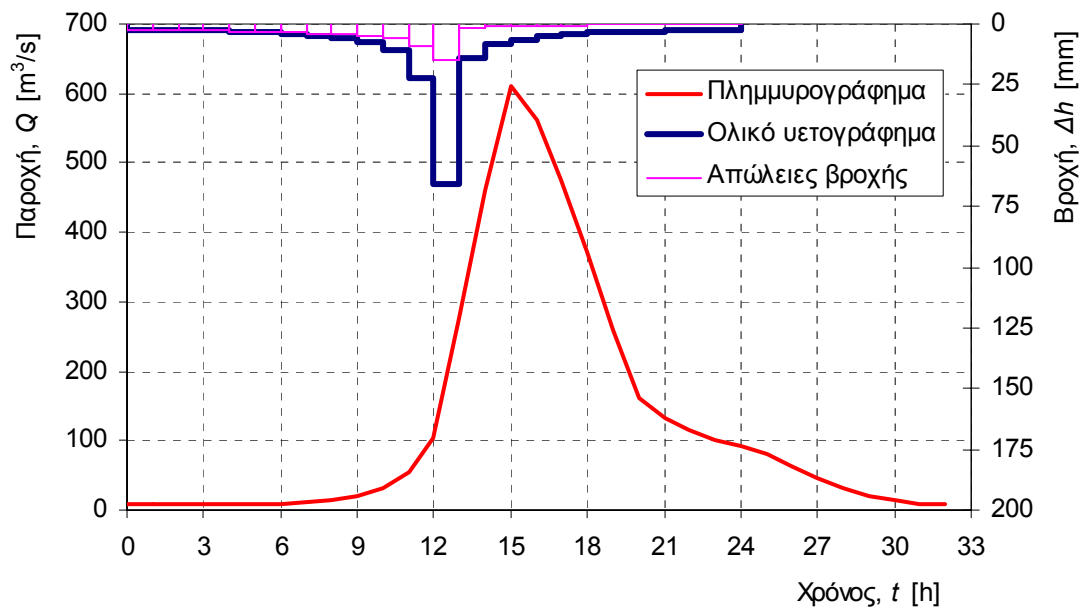
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. $h(t)$ [mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. $h(t)$ [mm]	Μερικό $\Delta h(t)$ [mm]	Μερικό Δh [mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h^* [mm]	Μερικό Δh^* [mm]
1.0	83.2	0.79	65.7	65.7	2.2	2.2	0.0	0.0
2.0	105.6	0.83	88.1	22.5	2.4	4.6	0.0	0.0
3.0	119.4	0.86	102.3	14.1	2.6	7.2	0.0	0.0
4.0	129.6	0.87	112.8	10.5	2.8	10.0	0.0	0.0
5.0	137.8	0.88	121.3	8.5	3.1	13.1	0.0	0.0
6.0	144.7	0.89	128.5	7.2	3.4	16.5	0.0	0.0
7.0	150.8	0.89	134.7	6.2	3.9	20.4	0.3	0.3
8.0	156.1	0.90	140.3	5.6	4.6	25.0	1.1	0.8
9.0	161.0	0.90	145.3	5.0	5.6	30.5	2.6	1.5
10.0	165.4	0.91	149.9	4.6	7.2	37.7	5.2	2.6
11.0	169.5	0.91	154.1	4.2	10.5	48.3	10.0	4.9
12.0	173.3	0.91	158.0	3.9	22.5	70.7	23.5	13.4
13.0	176.8	0.91	161.7	3.7	65.7	136.4	74.6	51.1
14.0	180.2	0.92	165.1	3.4	14.1	150.5	86.7	12.2
15.0	183.3	0.92	168.4	3.3	8.5	159.0	94.2	7.4
16.0	186.3	0.92	171.5	3.1	6.2	165.3	99.7	5.5
17.0	189.1	0.92	174.4	2.9	5.0	170.3	104.2	4.5
18.0	191.9	0.92	177.2	2.8	4.2	174.5	107.9	3.8
19.0	194.5	0.92	179.9	2.7	3.7	178.2	111.2	3.3
20.0	197.0	0.93	182.4	2.6	3.3	181.4	114.2	2.9
21.0	199.4	0.93	184.9	2.5	2.9	184.4	116.8	2.7
22.0	201.7	0.93	187.3	2.4	2.7	187.0	119.2	2.4
23.0	203.9	0.93	189.6	2.3	2.5	189.5	121.5	2.2
24.0	206.1	0.93	191.8	2.2	2.3	191.8	123.6	2.1

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	10.0	10.0
1.0	0.0	26.1	0.0	10.0	10.0
2.0	0.0	52.1	0.0	10.0	10.0
3.0	0.0	78.2	0.0	10.0	10.0
4.0	0.0	62.6	0.0	10.0	10.0
5.0	0.0	46.9	0.0	10.0	10.0
6.0	0.0	31.3	0.0	10.0	10.0
7.0	0.3	15.6	0.8	10.0	10.8
8.0	0.8	0	3.7	10.0	13.7
9.0	1.5		10.4	10.0	20.4
10.0	2.6		22.7	10.0	32.7
11.0	4.9		44.5	10.0	54.5
12.0	13.4		94.9	10.0	104.9
13.0	51.1		267.8	10.0	277.8
14.0	12.2		451.7	10.0	461.7
15.0	7.4		599.8	10.0	609.8
16.0	5.5		550.4	10.0	560.4
17.0	4.5		463.9	10.0	473.9
18.0	3.8		360.8	10.0	370.8
19.0	3.3		250.6	10.0	260.6
20.0	2.9		150.6	10.0	160.6
21.0	2.7		121.6	10.0	131.6
22.0	2.4		104.2	10.0	114.2
23.0	2.2		91.9	10.0	101.9
24.0	2.1		82.5	10.0	92.5
25.0			70.1	10.0	80.1
26.0			54.4	10.0	64.4
27.0			35.2	10.0	45.2
28.0			20.5	10.0	30.5
29.0			10.0	10.0	20.0
30.0			3.3	10.0	13.3
31.0			0.0	10.0	10.0
32.0			0.0	10.0	10.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	191.8
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	123.6
Ολικές απώλειες:	40.0%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	609.8
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	13.92
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	15.11



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ξηριά

ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Κατάνη συμβολής με Σεσκουλιώτη

Επιφάνεια λεκάνης [km²]

112.6

Περίοδος επαναφοράς σχεδιασμού [έτη]

100

A. ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όμβρια καμπύλη: $i = \lambda (T^k - \psi) / (d + \theta)^\eta$ [i σε mm/h, T σε έτη, d σε h]

όπου	κ	0.15
	λ	268.7
	ψ	0.66
	θ	0.22
	η	0.76

Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D [h]:	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ [h]	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN:	77
Παράμετρος S = 25.4 (1000/CN - 10) [mm]:	75.9
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H [mm]:	241.7
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, φ:	0.93
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' [mm]:	225.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής, H* ([mm]):	154.1
Ολικές απώλειες:	36.2%

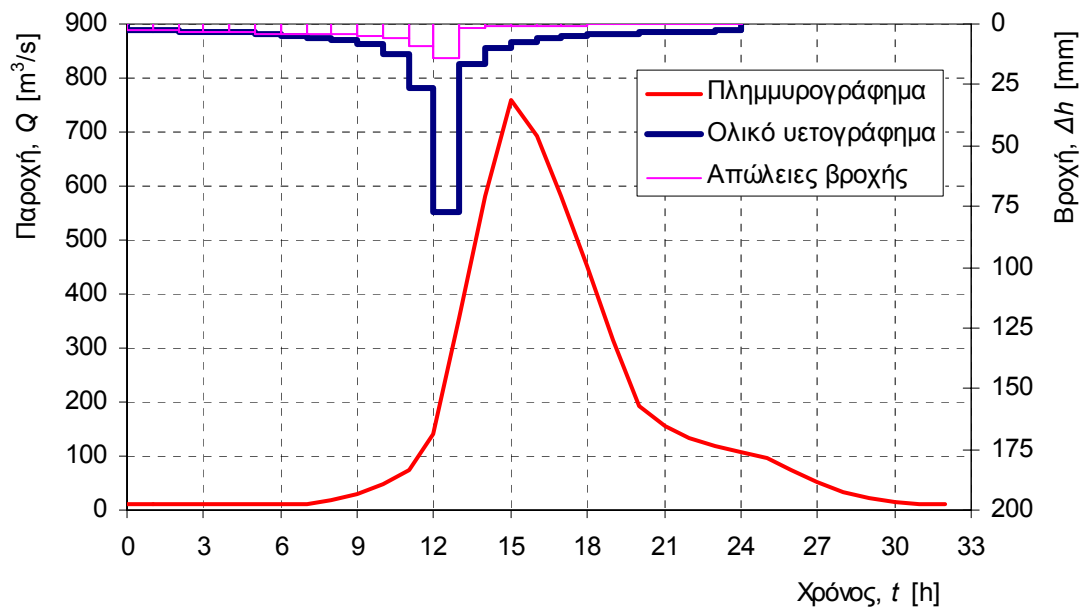
Χρόνος t [h]	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Ωφέλιμο υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. h(t)[mm]	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. h(t)[mm]	Μερικό Δh(t)[mm]	Μερικό Δh[mm]	Αθροιστ. h [mm]	Αθροιστ. h* [mm]	Μερικό Δh* [mm]
1.0	97.6	0.79	77.1	77.1	2.6	2.6	0.0	0.0
2.0	123.8	0.83	103.4	26.3	2.8	5.4	0.0	0.0
3.0	140.0	0.86	120.0	16.6	3.0	8.4	0.0	0.0
4.0	152.0	0.87	132.3	12.4	3.3	11.7	0.0	0.0
5.0	161.7	0.88	142.3	10.0	3.6	15.3	0.0	0.0
6.0	169.8	0.89	150.7	8.4	4.0	19.4	0.2	0.2
7.0	176.9	0.89	158.1	7.3	4.6	24.0	0.9	0.7
8.0	183.2	0.90	164.6	6.5	5.4	29.3	2.2	1.3
9.0	188.9	0.90	170.4	5.9	6.5	35.8	4.4	2.2
10.0	194.0	0.91	175.8	5.4	8.4	44.3	8.1	3.6
11.0	198.8	0.91	180.8	4.9	12.4	56.6	14.6	6.6
12.0	203.3	0.91	185.4	4.6	26.3	82.9	32.0	17.3
13.0	207.4	0.91	189.7	4.3	77.1	160.0	95.1	63.1
14.0	211.3	0.92	193.7	4.0	16.6	176.6	109.8	14.8
15.0	215.0	0.92	197.5	3.8	10.0	186.6	118.8	9.0
16.0	218.6	0.92	201.1	3.6	7.3	193.9	125.5	6.7
17.0	221.9	0.92	204.6	3.4	5.9	199.8	130.8	5.4
18.0	225.1	0.92	207.9	3.3	4.9	204.7	135.4	4.5
19.0	228.1	0.92	211.0	3.1	4.3	209.0	139.3	4.0
20.0	231.1	0.93	214.0	3.0	3.8	212.8	142.8	3.5
21.0	233.9	0.93	216.9	2.9	3.4	216.3	146.0	3.2
22.0	236.6	0.93	219.7	2.8	3.1	219.4	148.9	2.9
23.0	239.2	0.93	222.4	2.7	2.9	222.3	151.6	2.7
24.0	241.7	0.93	225.0	2.6	2.7	225.0	154.1	2.5

Β. ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Χρόνος t [h]	Ωφέλιμο υετογρά- φημα Δh* [mm]	Μοναδιαίο υδρογρά- φημα U [m ³ /s]	Πλημ- μυρική απορροή E [m ³ /s]	Βασική ροή B [m ³ /s]	Συνολικό υδρογρά- φημα I [m ³ /s]
0	0	0	0.0	10.0	10.0
1.0	0.0	26.1	0.0	10.0	10.0
2.0	0.0	52.1	0.0	10.0	10.0
3.0	0.0	78.2	0.0	10.0	10.0
4.0	0.0	62.6	0.0	10.0	10.0
5.0	0.0	46.9	0.0	10.0	10.0
6.0	0.2	31.3	0.5	10.0	10.5
7.0	0.7	15.6	2.9	10.0	12.9
8.0	1.3	0	8.6	10.0	18.6
9.0	2.2		19.2	10.0	29.2
10.0	3.6		36.3	10.0	46.3
11.0	6.6		65.2	10.0	75.2
12.0	17.3		130.1	10.0	140.1
13.0	63.1		344.5	10.0	354.5
14.0	14.8		569.8	10.0	579.8
15.0	9.0		748.0	10.0	758.0
16.0	6.7		682.5	10.0	692.5
17.0	5.4		572.4	10.0	582.4
18.0	4.5		442.5	10.0	452.5
19.0	4.0		305.0	10.0	315.0
20.0	3.5		181.7	10.0	191.7
21.0	3.2		146.4	10.0	156.4
22.0	2.9		125.1	10.0	135.1
23.0	2.7		110.4	10.0	120.4
24.0	2.5		99.3	10.0	109.3
25.0			84.5	10.0	94.5
26.0			65.5	10.0	75.5
27.0			42.4	10.0	52.4
28.0			24.7	10.0	34.7
29.0			12.0	10.0	22.0
30.0			3.9	10.0	13.9
31.0			0.0	10.0	10.0
32.0			0.0	10.0	10.0

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Διάρκεια βροχής [h]:	24.0
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής [mm]:	225.0
Ωφέλιμο ύψος βροχής [mm]:	154.1
Ολικές απώλειες:	36.2%
Παροχή αιχμής [m ³ /s]:	758.0
Χρόνος πραγματοποίησης αιχμής [h]:	15.0
Καθαρός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	17.36
Συνολικός όγκος πλημμύρας [hm ³]:	18.55



Ευχαριστίες

Εκφράζονται ευχαριστίες στο ΥΠΕΧΩΔΕ για τη χορήγηση των υδρομετεωρολογικών δεδομένων, καθώς και προς την ΕΜΥ για την πώληση των υδρομετεωρολογικών δεδομένων.

Ομάδα εκπόνησης

Η υδρολογική μελέτη εκπονήθηκε από τους Δ. Κουτσογιάννη, Δρ. Μηχανικό, Καθηγητή ΕΜΠ, και Ι. Μαρκόνη, Μηχανικό Περιβάλλοντος, Υπ. Δρ. ΕΜΠ, σε συνεργασία με τους Α. Μαχαίρα, Γ. Μαχαίρα και Χ. Δαμβέργη, Διπλ. Πολιτικούς Μηχανικούς.

Αθήνα, Ιανουάριος 2010

Για την Ομάδα εκπόνησης

Για το Μελετητή

Δ. Κουτσογιάννης

Γ. Μαχαίρας