

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*«Προσομοίωση του κινδύνου πλημμύρας σε μικρές λεκάνες απορροής
με χρήση GIS.»*

Καραδήμος Οδυσσέας

ΒΟΛΟΣ 2010

*Προσομοίωση του κινδύνου πλημμύρας σε μικρές λεκάνες απορροής
με χρήση GIS.*

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

1) Άρης Ψιλοβίκος, Επίκουρος καθηγητής, Αειφορική Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων,***

2) Μάριος Σαπουντζής, Λέκτορας, Διευθέτηση Ορεινών Υδάτων, Τμήμα Δασολογίας , Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, ***Μέλος.***

3) Ιφιγένεια Κάγκαλου, Επίκουρη καθηγήτρια, Υδρολογία, Λιμνολογία και Ποταμολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος.***

*Στην αξιότιμη οικογένειά μου και
στην ανιψιά μου.*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής κ. Άρη Ψιλοβίκο για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, καθώς και για την συγγραφή της παρούσας εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μάριο Σαπουντζή για την ουσιαστική βοήθεια του καθώς και για την υποστήριξη του σε όλα τα επίπεδα της εργασίας. Τους εξεταστές της παρούσας διατριβής κ. Μάριο Σαπουντζή και την κα Κάγκαλου.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Άδωνι Κοντό, για την χορήγηση 4 δίμηνων αδειών λογισμικού ARC – GIS 9.3 , τον κ. Παναγιώτη Μούρτζιο και την κα Άννα Μπλάντα για την καθοδήγηση τους και την ανιδιοτελή βοήθεια τους κατά την επεξεργασία των στοιχείων στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση και κατανόηση κατά την διάρκεια της συγγραφής της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση των πλημμυρικών φαινομένων σε μικρές λεκάνες απορροής. Ως περιπτώσεις μελέτης, επιλέγονται οι τρεις βασικοί χείμαρροι του Πολεοδομικού Συγκροτήματος του Δήμου Βόλου, δηλαδή ο Ξηριάς, ο Κραυσίδωνας και ο Άναυρος.

Όλη η εργασία γίνεται σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ARC – INFO 9.3, με τη βοήθεια του οποίου ψηφιοποιήθηκαν όλα τα γεωγραφικά, γεωμορφολογικά, γεωλογικά και υδρολογικά στοιχεία των λεκανών απορροής των τριών χειμάρρων, καθώς επίσης η φυτοκάλυψη και οι χρήσεις γης με τη βοήθεια της βάσης του CORINE. Αφού λοιπόν βρέθηκαν τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής, εφαρμόστηκαν πέντε συνολικά μέθοδοι προσδιορισμού πλημμυρικών απορροών και συγκεκριμένα:

A) Οι εμπειρικές μέθοδοι Fuller και Ορθολογική. Η δεύτερη, υπολογίστηκε με τη βοήθεια δύο ξεχωριστών τύπων για τον υπολογισμό του χρόνου συρροής κατά 1) Kirpich και 2) κατά Giandotti. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίστηκαν οι πλημμυρικές παροχές για διάφορους χρόνους επαναφοράς ($T = 2, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000$) και συγκρίθηκαν.

B) Οι μέθοδοι των υδρογραφημάτων κατά 1) Sierra Nevada και 2) Soil Conservation Service – SCS.

Ως περίοδος έρευνας επιλέχθηκε η ραγδαία βροχόπτωση της 10^{ης} Δεκεμβρίου του έτους 2009, κατά την οποία έπεσαν 126,4 mm κατακρημνισμάτων μέσα σε διάρκεια 24 ωρών. Οι παροχές που προέκυψαν από τις πέντε παραπάνω μεθόδους, συγκρίθηκαν μεταξύ τους και για τους τρεις χειμάρρους.

Αυτό που τελικά συμπεραίνεται είναι ότι από τις χρησιμοποιούμενες μεθόδους, η μέθοδος Fuller έδωσε υπερδιαστασιοποιημένα αποτελέσματα σε σχέση με την ορθολογική μέθοδο και είναι μία μέθοδος πρώτης προσέγγισης των πλημμυρικών φαινομένων. Συγκεκριμένα, η μέθοδος Fuller για 200 χρόνια περίοδο επαναφοράς, έδωσε παροχές της τάξης των 372,719 m³/s στον Ξηριά, 105,555 m³/s στον Κραυσίδωνα και 83,556 m³/s στον Άναυρο. Η ορθολογική μέθοδος κατά Kirpich και Giandotti μπορεί να χρησιμοποιηθεί, αρκεί να έχουν προσδιοριστεί με ακρίβεια οι διπαραμετρικές σχέσεις έντασης βροχόπτωσης – διάρκειας ή η τριπαραμετρική σχέση προσδιορισμού έντασης βροχόπτωσης – χρόνου συρροής – περιόδου επαναφοράς. Στην περίπτωση μας, έδωσε αρκετά καλά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, η Ορθολογική μέθοδος κατά Kirpich, για 200 χρόνια περίοδο επαναφοράς, έδωσε παροχές της τάξης των 152,301 m³/s στον Ξηριά, 43,942 m³/s στον Κραυσίδωνα και 35,373 m³/s στον Άναυρο, ενώ η ίδια μέθοδος κατά Giandotti, για την ίδια περίοδο επαναφοράς, έδωσε 121,089 m³/s στον Ξηριά, 34,885 m³/s στον Κραυσίδωνα και 21,6 m³/s στον Άναυρο. Τέλος, οι μέθοδοι των υδρογραφημάτων κατά Sierra Nevada και SCS, έδωσαν πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, η μέθοδος Sierra Nevada, έδωσε παροχές της τάξης των 186,212 m³/s στον Ξηριά, 34,94 m³/s στον Κραυσίδωνα και 18,36 m³/s στον Άναυρο και η S.C.S. 192,24 m³/s 37,029 m³/s και 19,35 m³/s με την ίδια σειρά, αντίστοιχα. Όπως διαπιστώνεται, και για τους τρεις χειμάρρους υπήρξαν πολύ καλές προσεγγίσεις των πλημμυρικών φαινομένων με πολύ μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δύο μεθόδων. Θεωρούνται λοιπόν οι μέθοδοι των υδρογραφημάτων απολύτως αξιόπιστες για την προσομοίωση πλημμυρικών φαινομένων σε μικρές λεκάνες απορροής.

Η παρούσα διατριβή αποτελεί μία ψηφιακή βάση – υπόβαθρο, έτσι ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον από την τοπική αυτοδιοίκηση για την

επίλυση σοβαρών υδρολογικών κινδύνων που έχουν κατά καιρούς πλήξει το Νομό Μαγνησίας και ειδικά το Δήμο Βόλου, απειλώντας ανθρώπινες δραστηριότητες και ζωές.

Λέξεις κλειδιά: Πλημμυρικοί κίνδυνοι, Λεκάνες απορροής, Χρήσεις γης, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Μοναδιαίο Υδρογράφημα.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Χειμμαρικά περιβάλλοντα	1
1.2 Χωροθέτηση περιοχής έρευνας.....	4
1.3 Πλημμύρες	5
1.4 Σκοπός της εργασίας	7
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	9
2.1 Μέθοδοι υπολογισμού απορροών	9
2.1.1 Προσδιορισμός λεκανών απορροής	9
2.1.2 Εμπειρικές μέθοδοι πλημμυρικής απορροής.....	13
2.1.2.1 Περιγραφή της μεθόδου Fuller	13
2.1.2.2 Περιγραφή της Ορθολογικής μεθόδου	14
2.1.3 Η μέθοδος του Μοναδιαίου Υδρογραφήματος	19
2.1.3.1 Περιγραφή της μεθόδου S.C.S. (Soil Conservation Service).	19
2.1.3.2 Περιγραφή της μεθόδου SIERRA NEVADA, Design of small dams ..	28
2.2 Η χρήση των GIS	34
2.2.1 Σχετικά με το λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ArcGIS 9.3 Desktop).....	34
2.3 Λήψη των δεδομένων.....	36
2.3.1 Βροχομετρικά δεδομένα	36
2.3.2 Χάρτες	37
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	38
3.1. Γεωμορφολογικά, υδρογραφικά, γεωλογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Ξηριά και βλάστηση – χρήσεις γης	38
3.1.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Ξηριά.	38

3.1.2 Η βλάστηση – χρήσεις γης στην περιοχή του χειμάρρου Ξηριά.....	39
3.1.3 Γεωλογικά χαρακτηριστικά χειμάρρου Ξηριά	40
3.1.4 Συνδυασμός γεωλογικών σχηματισμών – χρήσεις γης χειμάρρου Ξηριά..	42
3.1.5 Το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Ξηριά.	43
3.1.6 Εφαρμογή της μεθόδου FULLER	45
3.1.7 Εφαρμογή της Ορθολογικής μεθόδου.....	45
3.1.8 Εφαρμογή της μεθόδου S.C.S των υδρογραφημάτων	47
3.1.7. Εφαρμογή της μεθόδου SIERRA NEVADA των υδρογραφημάτων.....	56
3.2.Γεωμορφολογικά, υδρογραφικά, γεωλογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κραυσίδωνα και βλάστηση – χρήσεις γης.....	66
3.2.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κραυσίδωνα.....	66
3.2.2 Η βλάστηση – χρήσεις γης στην περιοχή του χειμάρρου Κραυσίδωνα.	66
3.2.3 Γεωλογικά χαρακτηριστικά χειμάρρου Κραυσίδωνα.....	68
3.2.4 Συνδυασμός γεωλογικών σχηματισμών – χρήσεις γης χειμάρρου Κραυσίδωνα.	69
3.2.5 Το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κραυσίδωνα.....	70
3.2.6 Μέθοδος Fuller	71
3.1.2.7 Ορθολογική μέθοδος.....	72
3.2.8 Μέθοδος S.C.S.....	74
3.1.2.9 Μέθοδος SIERRA NEVADA.....	82
3.3.Γεωμορφολογικά, υδρογραφικά, γεωλογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Άναυρου και βλάστηση – χρήσεις γης.....	95
3.3.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Άναυρου.	95
3.3.2 Η βλάστηση – χρήσεις γης στην περιοχή του χειμάρρου Άναυρου.	96
3.3.3 Γεωλογικά χαρακτηριστικά χειμάρρου Άναυρου.....	97
3.3.4 Συνδυασμός γεωλογικών σχηματισμών – χρήσεις γης χειμάρρου Κραυσίδωνα.....	99

3.3.5. Το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Άναυρου.	100
3.3.6 Μέθοδος Fuller	101
3.3.7 Ορθολογική μέθοδος	101
3.3.8 Μέθοδος S.C.S.	104
3.3.9 Μέθοδος Sierra Nevada.....	112
3.4 Συγκριτική αξιολόγηση των πλημμυρικών παροχών.....	125
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	132
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	136
ABSTRACT	140
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	1

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Χειμαρικά περιβάλλοντα

Η Ελλάδα βρίσκεται στη βόρεια Εύκρατη ζώνη της Γης και συγκεκριμένα στο νότιο άκρο της νοτιοανατολικής Ευρώπης στην ανατολική λεκάνη της Μεσογείου. Περιβρέχεται από τις τρεις πλευρές, έχει επηρεαστεί στη μορφολογία της από τις αλπικές πτυχώσεις και οι οροσειρές της αποτελούν συνέχεια των Άλπεων. Στις διαρρήξεις που ακολούθησαν τις αλπικές πτυχώσεις αποδίδεται ο κατακερματισμός της ξηράς και η δημιουργία των νησιών της.

Η Ελλάδα αποτελεί το νότιο άκρο της τρίτης χερσονήσου της Ευρώπης, της Βαλκανικής. Συγκεκριμένα, η Ελλάδα βρίσκεται στο σημείο επαφής των τριών ηπείρων του «Παλαιού Κόσμου», της Ευρώπης, της Ασίας και της Αφρικής. Περιβάλλεται από τη Μεσόγειο θάλασσα, με τα πελάγη Αιγαίο ανατολικά, Ιόνιο δυτικά και Λιβυκό νότια.

Η συνολική επιφάνεια του Ελλαδικού χώρου είναι, περίπου 395.000 km². Από την επιφάνεια αυτή, η ξηρά καλύπτει τα 131.944 km². Η σχέση ξηράς - θάλασσας στον Ελλαδικό χώρο είναι ίση με 1:3. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στην τελική διαμόρφωση του κλίματος της Ελλάδας.

Η ξηρά, δηλαδή το ηπειρωτικό τμήμα, είναι ίση με 106.777,76 km², ενώ το νησιωτικό μέρος καλύπτει τα υπόλοιπα 25.166,24 km², δηλαδή στο βασικό διαχωρισμό της χέρσου, η αναλογία ξηρά, νησιά είναι ίση με 4:1.

Η Ελλάδα, με τα παραπάνω γεωγραφικά στοιχεία, χαρακτηρίζεται από ένα πλούσιο ανάγλυφο, με ιδιόμορφο οριζόντιο και κατακόρυφο διαμελισμό. Η Ελλάδα είναι χώρα κατά τα 4/5 της επιφάνειάς της ορεινή. Περισσότερο ορεινό ανάγλυφο

εμφανίζεται στο δυτικό τμήμα της που χαρακτηρίζεται από ψηλές οροσειρές. Αντίθετα, στο ανατολικό τμήμα συγκεντρώνονται οι περισσότερες πεδιάδες, αν και εκεί, πάνω στην ακτή, υπάρχει πάλι μία σημαντική πτύχωση. Συγκεκριμένα, από άποψη κατανομής του ελλαδικού χώρου σε διάφορες ισοϋψείς, προκύπτει ότι οι πεδινές (0-200 μέτρα) και ημι-πεδινές (201-500 μέτρα) εκτάσεις καλύπτουν τα 32,8% και 26,0% της ξηράς, ενώ οι ημι-ορεινές (501-1000 μέτρα) και ορεινές (1001-1500 μέτρα) καλύπτουν τα 27,8% και 9,9% αυτής, αντίστοιχα. Το υπόλοιπο ποσοστό της έκτασης (3,5%) καλύπτουν οι υποαλπικές (1501-2000 μέτρα) και αλπικές (με υψόμετρο >2000 μέτρα) περιοχές. Λόγω αυτών των υψομέτρων παρουσιάζονται πολυάριθμοι χείμαρροι. Ως χείμαρρος ονομάζεται ένα ποτάμι που είναι στεγνό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι χείμαρροι κατά γενικό κανόνα σχηματίζονται σε περιοχές όπου υπάρχει ασβεστολιθικό υλικό (ή άλλο πορώδες υπόστρωμα).

Το νερό των χείμαρρων προέρχεται κυρίως απευθείας από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και από την επιφανειακή απορροή. Κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου το επίπεδο του νερού μπορεί να πέσει κάτω από το επίπεδο της κοίτης του ποταμού, και να επιφέρει την ξήρανση του.

Βασικοί παράγοντες χειμαρρικότητας για να εμφανιστούν χειμαρρικά φαινόμενα σε μια λεκάνη απορροής, απαιτείται η δράση ενός κατάλληλου χειμαρρικού περιβάλλοντος. Αυτό καθορίζεται από την συνδυασμένη δράση τεσσάρων βασικών παραγόντων χειμαρρικότητας (Κωτούλας 2001):

1. Του γεωλογικού υποθέματος,
2. Του κλίματος,
3. Του ανάγλυφου,
4. Και της βλάστησης.

Τα χειμαρρικά ρεύματα χαρακτηρίζονται από δύο βασικές ιδιότητες:

1. Αποσπούν στερεά υλικά από το χώρο των λεκανών απορροής, τα μεταφέρουν και τα αποθέτουν στα πεδινά τμήματα του ρεύματος και εμφανίζουν αιφνίδιες και έντονες πλημμυρικές παροχές μετά από ισχυρές βροχοπτώσεις. Στην πατρίδα μας πέρα από τα μεγάλα ποτάμια αναπτύσσονται πάνω από χίλιοι χειμαρροι, οι οποίοι εμφανίζουν έντονα πλημμυρικά φαινόμενα.
2. Στο χώρο των λεκανών απορροής των χειμάρρων αναπτύσσονται τα χειμαρρικά φαινόμενα (διαβρώσεις, αποσαθρώσεις, γεωλισθήσεις και γεωκατακρημνίσεις) που προκαλούνται από τη δράση του νερού και παράγουν φερτά υλικά.

Η γεωγραφική κατανομή των βροχών στην Ελλάδα παρουσιάζει έντονη διακύμανση λόγω της πολύπλοκης μορφολογίας της χώρας. Έτσι οι βροχοπτώσεις αυξάνονται με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους, ακόμα η Δυτική Ελλάδα είναι πολύ πιο πλούσια σε κατακρημνίσματα σε σχέση με την Ανατολική. Κατά συνέπεια έχουμε μεγάλα ύψη βροχής στην πλευρά του Ιονίου απ' ότι στο Αιγαίο πέλαγος. Παρατηρούμε ότι η οροσειρά της Πίνδου επηρεάζει το ύψος βροχής σε μεγάλο ποσοστό σε όλη τη χώρα, το ίδιο ισχύει και για τα όρη της Πελοποννήσου. Στη συνέχεια δημιουργείται μια ζώνη ελαχίστων βροχοπτώσεων στην περιοχή της πεδινής Θεσσαλίας, Στερεάς Ελλάδας και των νησιών του Κεντρικού Αιγαίου, όπως οι Κυκλάδες. Η κατανομή των βροχοπτώσεων στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια του έτους είναι βροχερή στην χειμερινή περίοδο του έτους ενώ αντίστροφα παρατηρείται ελάχιστη βροχόπτωση την καλοκαιρινή περίοδο.

Οι ακραίες τιμές της απορροής αποτελούν τη βάση για τον υπολογισμό των διαστάσεων των διαφόρων έργων και κατασκευών για την αντιμετώπιση προβλημάτων της αειφορικής υδάτινης οικονομίας. Ως ακραίες τιμές απορροής χαρακτηρίζονται οι

στιγμιαίες απορροές με πολύ μεγάλο μέγεθος που σχηματίζονται αιφνίδια σε μια βροχόπτωση. Ακόμα μέγιστες απορροές μετρούνται σε περίπτωση που οι βροχοπτώσεις δίνουν ακραίες τιμές παροχής οι οποίες ονομάζονται πλημμυρογενείς απορροές.

Ως πλημμύρα χαρακτηρίζεται το γεγονός κατά το οποίο η άμεση απορροή (επιφανειακή και ταχεία υπεδάφεια) είναι τόσο σημαντική ώστε η συνολική παροχή να υπερβαίνει την διοχετευτική ικανότητα του υδατορεύματος και να κατακλύζει τις γύρω περιοχές με όλες τις δυσμενείς συνέπειες που ακολουθούν (Τσακίρης 1995).

1.2 Χωροθέτηση περιοχής έρευνας.

Οι χείμαρροι Ξηριάς, Κραυσίδωνας και Άναυρος εντοπίζονται στο νομό Μαγνησίας, στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου (Εικ. 1) . Ο πρώτος οριοθετεί την δυτική πλευρά του Βόλου, ο δεύτερος περνάει μέσα από το πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου και ο τρίτος οριοθετεί την ανατολική πλευρά της πόλης. Και οι τρεις χείμαρροι διοχετεύουν τις παροχές τους στον Παγασητικό Κόλπο.



Εικόνα 1: Οι τρεις χείμαρροι του πολεοδομικού συγκροτήματος Βόλου.

Όταν έχουμε έντονες βροχοπτώσεις υπάρχουν έντονα προβλήματα και δυσλειτουργίες στην κυκλοφορία των οχημάτων εντός του πολεοδομικού συγκροτήματος. Ακόμα εντοπίζεται, κατολίσθηση των πρανών στους δρόμους του επαρχιακού δικτύου, δυσκολία πρόσβασης σε απομακρυσμένες περιοχές, καθώς και πλημμύρες που έχουν ως αποτέλεσμα τις καταστροφές σε σπίτια, καταστήματα και βιοτεχνίες στην περιοχή Νεαπόλεως Βόλου.

Στην κατάσταση αυτή συνέβαλλε αρνητικά και η υπερχειλίση, σε ορισμένα σημεία της πόλης, των χειμάρρων Ξηριά, Άναυρου και Κραυσίδα. Στους τρεις χειμάρρους, οι οποίοι αποτελούν και το αντικείμενο έρευνας της συγκεκριμένης εργασίας, η υπερχειλίση παρατηρήθηκε σε γέφυρες κομβικές για την κυκλοφορία, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η διέλευση οχημάτων.

1.3 Πλημμύρες

Ως πλημμύρα χαρακτηρίζεται το γεγονός κατά το οποίο η άμεση απορροή (επιφανειακή και ταχεία υπεδάφια) είναι τόσο σημαντική ώστε η συνολική παροχή να υπερβαίνει τη διοχετευτική ικανότητα του υδατορεύματος και να κατακλύζει τις γύρω περιοχές με όλες τις δυσμενείς συνέπειες που ακολουθούν (Τσακίρης 1995).

Οι πλημμυρικές παροχές είναι συνάρτηση γεωλογικών – κλιματικών – μορφολογικών παραγόντων των λεκανών απορροής, ωστόσο έχουν μεταβολές μέσα στο χρόνο και στον χώρο. Μέσα στον χρόνο είναι συνάρτηση μιας «χρονοσειράς» κατακρημνισμάτων. Όταν μια βροχόπτωση έχει μεγάλη διάρκεια και μεγάλη ένταση, προκαλεί μεγάλη απορροή. Αποτέλεσμα των δυο προηγούμενων είναι η αύξηση της

παροχής των ρεμάτων των λεκανών απορροής. Οι πλημμυρικές παροχές είναι οι ακραίες τιμές απορροής που υπερβαίνουν την φυσική κοίτη των ρεμάτων.

Οι παράγοντες που ρυθμίζουν τις ακραίες τιμές πλημμυρικών παροχών, είναι οι παρακάτω (Σούλιος 1986)

- i. *Η ένταση της βροχόπτωσης και η διάρκειά της, αν η τελευταία είναι μικρότερη του χρόνου συγκέντρωσης.*
- ii. *Το εμβαδόν της λεκάνης απορροής. Έτσι όσο πιο μεγάλη είναι η έκταση μιας λεκάνης απορροής, τόσο πιο μεγάλη ακραία τιμή θα εμφανίσει στην έξοδο της. Όμως η πλημμυρική απορροή έχει άμεση σχέση με την γεωμετρία – γεωλογία – μορφολογία της λεκάνης απορροής.*
- iii. *Το γεωμετρικό σχήμα της λεκάνης. Με το σχήμα καθορίζεται ο χρόνος συγκέντρωσης.*
- iv. *Η γεωλογική σύσταση και η μορφολογία της λεκάνης απορροής. Με τα δυο αυτά στοιχεία καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τον συντελεστή απορροής.*
- v. *Η επέμβαση του ανθρώπου με διάφορα έργα στην λεκάνη. Τα έργα αυτά μπορεί να είναι διευθετήσεις ποταμών ή χειμάρρων, κατασκευή φραγμάτων, καλλιέργειες και πολεοδομία.*

Όπως αναλύθηκε παραπάνω υπάρχουν πολλοί παράγοντες που ρυθμίζουν την μέγιστη πλημμυρική παροχή ενός φυσικού ρέματος. Προκειμένου να υπολογιστούν απορροές και παροχές των λεκανών θα πρέπει να συνδυαστούν παραπάνω από ένας τύπος και μια μέθοδος. Οι μέθοδοι και οι τύποι που αναφέρονται στην βιβλιογραφία είναι δεκάδες, αυτές είναι είτε εμπειρικές είτε αναλυτικές. Οι πρώτες μας δίνουν τύπους – σχέσεις μεταξύ διαφόρων χαρακτηριστικών λεκανών απορροής όπως έκταση και μορφολογία. Οι δεύτερες αναλύουν διάφορα υδρολογικά

μεγέθη και διαδικασίες, που υπολογίζουν την μέγιστη πλημμυρική παροχή. Η απορροή από φυσικές λεκάνες πρέπει να υπολογίζεται κάνοντας χρήση της καλύτερης μεθόδου. Για παράδειγμα όταν υπάρχει διαθέσιμη καμπύλη έντασης – διάρκεια βροχόπτωσης, θα πρέπει να εφαρμόζεται τεχνική απορροής βροχόπτωσης όπως στην Ορθολογική μέθοδο. Για λεκάνες απορροής μεγαλύτερες ή ίσες με 50 τετραγωνικά χιλιόμετρα, οι κατάλληλες τεχνικές ανάλυσης είναι αυτές που χρησιμοποιούν συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα. Μια από αυτές τις μεθόδους είναι η S.C.S (Soil Conservation Service). Ακόμα μια πρώτη προσέγγιση μπορεί να γίνει με την εμπειρική μέθοδο Fuller, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε κυρίως στην Αμερική. Εκεί εμπειρικά προσπάθησαν να υπολογίσουν τις πλημμυρικές απορροές σε μεγάλες λεκάνες απορροής. Τελικά η μέγιστη πλημμυρική απορροή κάποιου φυσικού ρέματος είναι ένας σύνθετος υπολογισμός.

1.4 Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Πρόγραμμα Σπουδών «Αειφορική Διαχείριση Υδατικού Περιβάλλοντος».

Σκοπός της είναι η υδρολογική και γεωμορφολογική μελέτη της ευρύτερης περιοχής του Πολεοδομικού Συγκροτήματος του Δήμου Βόλου. Επιπλέον η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε για να μπορέσουμε να χειριστούμε τέτοιας έντασης πλημμυρικά φαινόμενα τα οποία έχουν καταστρεπτικές συνέπειες στην γεωργία, στην κτηνοτροφία και στον τουρισμό. Για επίτευξη αυτού του στόχου χρησιμοποιήθηκε το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών μέσω του λογισμικού Arc Gis 9.3 . Με την βοήθεια του Arc Gis 9.3 υπολογίστηκαν τα γεωμορφολογικά και

υδρογραφικά στοιχεία των λεκανών απορροής, αφού πρώτα ψηφιοποιήθηκαν από χάρτες (γεωλογικούς, τοπογραφικούς). Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν χάρτες μορφομετρικών παραμέτρων καθώς και η τρισδιάστατη απεικόνιση της ευρύτερης περιοχής του Βόλου. Μετά υπολογίστηκαν οι πλημμυρικές παροχές με εμπειρικές – αναλυτικές μεθόδους πλημμυρικών φαινομένων για τους τρεις χειμάρρους τους πολεοδομικού συγκροτήματος του Βόλου. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- α) εμπειρικές μέθοδοι και συγκεκριμένα
 - 1) η μέθοδος Fuller και
 - 2) η Ορθολογική μέθοδος
- β) μέθοδοι υδρογραφημάτων και συγκεκριμένα
 - 1) η μέθοδος Sierra Nevada και
 - 2) η μέθοδος Soil Conservation Service

Ο στόχος ήταν να συγκριθούν οι τέσσερις μέθοδοι μεταξύ τους έτσι ώστε να επιλεγεί η καλύτερη, προς αντιμετώπιση αντίστοιχων φαινομένων σε μικρές λεκάνες απορροής που εμφανίζουν επικινδυνότητα και βρίσκονται σε μικτά αγροτικά – αστικά περιβάλλοντα.

Ειδικά για την περίπτωση των τριών χειμάρρων, με τις μεθόδους των υδρογραφημάτων Sierra Nevada και S.C.S. βρέθηκε σύμπτωση των αποτελεσμάτων των μεθόδων με σφάλμα μικρότερο του 3,14% στον Ξηρία, 5,95 % στον Κραυσίδα και στον Άναυρο 5,12%. Η πιο αξιόπιστη μέθοδος για αυτές τις λεκάνες απορροής είναι τόσο η Sierra Nevada, όσο και η S.C.S. , διότι τα αποτελέσματα των υδρογραφημάτων έχουν μικρή απόκλιση μεταξύ τους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Μέθοδοι υπολογισμού απορροών

2.1.1 Προσδιορισμός λεκανών απορροής

Οι παράγοντες που καθορίζουν και εκφράζουν τη μορφολογία των λεκανών απορροής είναι:

1. το εμβαδόν της,
2. η περίμετρος του υδροκρίτη της,
3. η μορφή της,
4. ο βαθμός στρογγυλομορφίας της,
5. η υψομετρία της λεκάνης
6. και η μέση κλίση αυτής.

Ο τρόπος υπολογισμού των μορφομετρικών χαρακτηριστικών των 3 λεκανών απορροής των τριών χειμάρρων δίνεται παρακάτω:

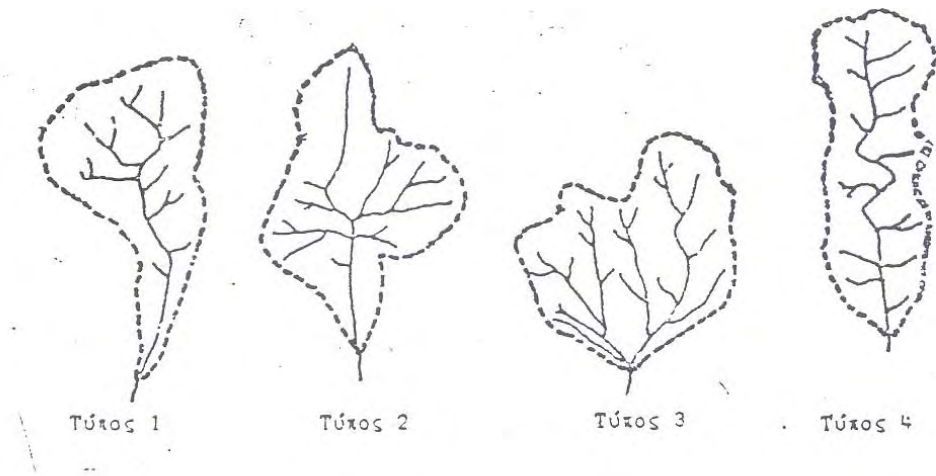
- **Εμβαδόν λεκάνης απορροής (F)** : ορίζεται η οριζόντια προβολή της επιφάνειας του γεωλογικού υποθέματος που τροφοδοτεί την κοίτη ενός ρέματος με νερό και φερτά υλικά. Ανάλογα με το μέγεθος της επιφάνειας τους, οι λεκάνες απορροής, σύμφωνα με τον Κωτούλα (2001), χαρακτηρίζονται ως εξής:

Πίνακας 1: Χαρακτηρισμός λεκανών απορροής.

<i>Έκταση λεκάνης απορροής (Km²)</i>	<i>Χαρακτηρισμός Λεκανών</i>
< 10	Πολύ μικρές
10 - 30	Μικρές
30 - 80	Μέτριες
80 - 150	Μεγάλες
150 - 250	Αρκετά Μεγάλες
> 250	Πολύ Μεγάλες

- **Περίμετρος λεκάνης απορροής (U):** αποτελεί το μήκος του υδροκρίτη της λεκάνης απορροής. Ο **υδροκρίτης** αποτελεί τα εξωτερικά όρια της λεκάνης, δηλαδή την νοητή γραμμή που την περιβάλλει.

- **Μορφή λεκάνης απορροής:** με την χάραξη του υδροκρίτη μιας λεκάνης απορροής προκύπτει μια κλειστή γραμμή η οποία προσδίδει ένα συγκεκριμένο σχήμα σ' αυτήν. Το σχήμα αυτό επηρεάζει σημαντικά την ταχύτητα συγκέντρωσης και υδαταπορροής, καθορίζοντας έτσι τη μορφή του υδρογραφήματος και το μέγεθος της μέγιστης υδατοπαροχής (Τσακίρης 1995). Χρησιμοποιήθηκε η κατάταξη Gavrilovic (1972), ο οποίος κατέληξε στις εξής τυπικές μορφές λεκανών απορροής:



Εικόνα 2: Τύποι λεκανών.

Βαθμός στρογγυλομορφίας (B): δίνεται από τον λόγο του εμβαδού της λεκάνης (F) προς την περίμετρο της (U). Δηλαδή: $B=F/U$

➤ **Υψομετρία της λεκάνης:** το ανάγλυφο των λεκανών απορροής προσδιορίζεται από τα παρακάτω υψόμετρα:

ο **Το ελάχιστο υψόμετρο (Hmin):** προσδιορίζεται από την γραμμική γεωγραφική ενότητα των χωροσταθμικών καμπυλών, ισοδιάστασης 20 μέτρα, καθώς επίσης και από την σημειακή ενότητα των κορυφογραμμών.

ο **Το μέγιστο υψόμετρο (Hmax):** προσδιορίζεται με τον ίδιο τρόπο.

ο **Το μέγιστο ανάγλυφο (Hr):** είναι η διαφορά μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου υψομέτρου της λεκάνης απορροής. Δηλαδή: $Hr= Hmax - Hmin$

ο **Το μέσο υψόμετρο (Hmed)**: προσδιορίζεται από τον λόγο του αθροίσματος των γινομένων του υψομέτρου κάθε χωροσταθμικής καμπύλης, επί το μήκος κάθε χωροσταθμικής, προς το συνολικό μήκος όλων των χωροσταθμικών.

$$\mathbf{Hmed = \Sigma (Li * Hi) / \Sigma L}$$

Όπου:

Li: το μήκος της χωροσταθμικής καμπύλης.

Hi: το υψόμετρο της κάθε χωροσταθμικής καμπύλης.

ΣL: το σύνολο των μηκών των χωροσταθμικών καμπυλών.

- **Μέση κλίση λεκάνης (Jλ)**: ορίζεται ως ο μέσος όρος των κλίσεων που υπάρχουν σε συνάρτηση με την έκταση της επιφάνειας την οποία αυτές καταλαμβάνουν. Δίνεται από την εξής σχέση:

$$\mathbf{J\lambda = \Delta H * \Sigma I / F (\%)}$$

Όπου:

ΔH: Η ισοδιάσταση των χωροσταθμικών καμπυλών.

ΣI: Το άθροισμα των καμπυλών όλων των χωροσταθμικών καμπυλών της λεκάνης.

F: το εμβαδόν της επιφάνειας της λεκάνης (Km²)

Τα σημαντικότερα υδρογραφικά χαρακτηριστικά είναι: η μορφή του υδρογραφικού δικτύου, η πυκνότητα του, το μήκος του και τέλος η μέση κλίση της κεντρικής κοίτης του. Αυτά υπολογίζονται ως εξής:

- **Μορφή υδρογραφικού δικτύου**: ακολουθήθηκε η κατάταξη Σωτηριάδη-Ψιλοβίκου (1985), οι οποίοι έχουν ταξινομήσει τις διάφορες μορφές υδρογραφικών δικτύων για τη χώρα μας. Η εκτίμηση έγινε εμπειρικά.

- **Μήκος κεντρικής κοίτης (L):** είναι η κοίτη με το μεγαλύτερο μήκος ή αυτή η κοίτη που αποστραγγίζει τη μεγαλύτερη επιφάνεια στο χώρο της λεκάνης. Υπολογίσθηκε με τη χρήση της επέκτασης XTools των Γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών.
- **Μέση κλίση κεντρικής κοίτης (J_κ):** Παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον και δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$J_{\kappa} = \Sigma(L * J_s) / \Sigma L \text{ (\%)}$$

Όπου:

L: η οριζόντια απόσταση κοίτης με ορισμένη σταθερή κλίση (m)

J_s: η κλίση του παραπάνω τμήματος (%).

2.1.2 Εμπειρικές μέθοδοι πλημμυρικής απορροής

2.1.2.1 Περιγραφή της μεθόδου Fuller

Η μέθοδος Fuller, αποτελεί μια εμπειρική σχέση υπολογισμού των πλημμυρικών παροχών. Το πεδίο ισχύος είναι περιορισμένο και χρησιμοποιείται μόνο για μια πρώτη εκτίμηση των πλημμυρικών απορροών.

Σύμφωνα με τη μέθοδο Fuller η εμπειρική σχέση που δίνει την πλημμυρική απορροή δίνεται από την σχέση (Τσακίρης 1995):

$$Q_{\max} = Q_1 \cdot (1 + \beta \log_{10} T) \left(1 + \frac{2.66}{F^{0.30}}\right)$$

Όπου:

Q_{\max} : Πλημμυρική απορροή σε m^3/s .

T: Η περίοδος επαναφοράς σε έτη.

F: Η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής σε Km^2 .

β : Συντελεστής που μπορεί να ληφθεί 0,8 ή να προσδιοριστεί με βάση τις παρατηρήσεις.

Q_1 : Η μέση ημερήσια παροχή της μέγιστης πλημμύρας με περίοδο επαναφοράς ενός έτους εκφρασμένη σε m^3/s . Το Q_1 μπορεί να υπολογιστεί με βάση τον τύπο:

$$Q_1 = 1.80 E^{0.8}$$

Με την εφαρμογή του τύπου

$$Q_{\max} = Q_1 \cdot (1 + \beta \log_{10} T) \left(1 + \frac{2.66}{F^{0.30}}\right)$$

και με τα γεωμετρικά στοιχεία του υδατορεύματος έρευνας, υπολογίζονται οι πλημμυρικές απορροές για ορισμένες περιόδους επαναφοράς.

2.1.2.2 Περιγραφή της Ορθολογικής μεθόδου

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αιχμής απορροών μικρών σχετικά υδρολογικών λεκανών. Βασίζεται στην αρχή ότι, για βροχές με ομοιόμορφη ένταση και κατανομή πάνω στην υδρολογική λεκάνη, η μέγιστη απορροή εμφανίζεται όταν το νερό από όλα τα σημεία της λεκάνης απορροής φτάνει στην έξοδο

της. Η απορροή αυτή αποτελεί ένα συγκεκριμένο ποσοστό της έντασης της βροχής που την προκαλεί.

Σύμφωνα με την ορθολογική μέθοδο, η μέγιστη πλημμυρική απορροή μπορεί να δοθεί από την σχέση:

$$Q_{\max} = 0.278 c i F$$

Όπου:

Q_{\max} : Πλημμυρική απορροή σε m^3/s

F: Η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής σε Km^2

i : Η μέση ένταση βροχόπτωσης διάρκειας ίσης με τον χρόνο συρροής των υδάτων από την επιφάνεια F μέχρι την εξεταζόμενη διατομή του ρεύματος σε mm/hr. Η ένταση i υπολογίστηκε από τύπους οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη για το φράγμα συγκέντρωσης νερού στο ρέμα Μαυρομάτι του Δήμου Σούρπης (Καραβοκύρης, 2003).

$$i = (e^{2.9287 \ln T^{0.1928}}) \times t^{-0.52346}$$

Όπου

T: χρόνος επαναφοράς

t: χρόνος συρροής

c: Ο συντελεστής απορροής.

Σύμφωνα με το Π. Δ. 696 / 74 ο συντελεστής αυτός c μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση :

$$C' = 1 - C$$

και είναι συνάρτηση των παρακάτω παραγόντων :

1. Τοπογραφικές συνθήκες περιοχής
2. Φύση εδάφους.
3. Φυτοκάλυψη.

Οι τιμές του συντελεστού c δίνονται στον Πίνακα 2 (Από Π.Δ. 696/74).

Πίνακας 2: Τοπογραφικές συνθήκες – Φύση εδάφους - Φυτοκάλυψη.

	Τιμές C
1. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	
Επίπεδα εδάφη μέσων κλίσεων 0,015 % έως 0,050 %	0,30
Κλίσεις μέσων κλίσεων 0,25 % έως 0,35 %	0,20
Λοφώδη εδάφη μέσων κλίσεων 2,5 % έως 3,5 %	0,10
2. ΦΥΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	
Αδιαπέρατοι άργιλοι	0,10
Ασφαλτοστρωμένες επιφάνειες	0,90
Μέσες συνθήκες αργίλων και πηλών	0,20
Αμμοπηλοί	0,40
3. ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗ	
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις	0,10
Δεντροκάλυψη	0,20

Ακόμη για την εκτίμηση του συντελεστή C χρησιμοποιήθηκε ο Πίνακας 2 συνδυαστικά με τον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: ΟΜΟΕ – ΑΣΥΕΟ (2002), «Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Αποχέτευση, Στράγγιση, Υδραυλικά έργα οδών», 2002

C	Τιμές			
	Ακραίες	Υψηλές	Συνήθειες	Χαμηλές
1	0,28 – 0,35 επκλινές, ανώμαλες επιφάνειες με μέσες κλίσεις >30%	0,20 – 0,28 λοφοδές με μέσες κλίσεις 10 – 30 %	0,14 – 0,20 κυματώδεις με μέσες κλίσεις 5 – 10 %	0,08 – 0,14 σχετικά επίπεδο με μέσες κλίσεις 0 – 5 %
2	0,12 – 0,16 με επηρεαζόμενο κάλυμμα εδάφους, είτε βραχώδες είτε μανδύας λεπτόκοκκου εδάφους αμελητέας διηθητικότητας	0,08 – 0,12 βραδείας διηθητικότητας, άργιλοι ή αβαθή παχιά εδάφη χαμηλής διηθητικότητας, ατελώς ή πολύ μικρής αποστραγγιστικότητας	0,06 – 0,08 κανονικής διηθητικότητας καλά αποστραγγιζόμενο μικρής ή μεσαίας μακροϋφής εδάφη, αμμώδη παχιά εδάφη, ύλες και ιλυώδη εδάφη	0,04 – 0,06 υψηλής διηθητικότητας βαθιά άμμος ή άλλο έδαφος που απορροφά το νερό, πολύ ελαφριά καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη
3	0,12 – 0,16 βλάστηση που δεν επηρεάζει γυμνό ή πολύ αραιά κάλυψη	0,08 – 0,12 πτοχή έως μέτρια, καθαρές καλλιέργειες ή πτοχής φυσικής κάλυψης, λιγότερο από 20% της αποχτευόμενης επιφάνειας με καλή κάλυψη	0,06 – 0,08 μέτρια ως καλή περίπου 50% της επιφάνειας είναι καλή φυτική γη ή δασώδες, λιγότερο από 50% της επιφάνειας είναι καλλιέργειες	0,04 – 0,06 καλή έως άριστη περίπου 90% της αποχτευόμενης επιφάνειας είναι καλή φυτική γη, δασώδες ή ισοδύναμης κάλυψης
4	0,10 – 0,12 αμελητέες ταπεινώσεις εδάφους και αβαθείς, μικροί διάδρομοι αποστράγγισης, καθόλου τεμάτια	0,08 – 0,10 χαμηλή, καλά οριζόμενο σύστημα διαδρόμων αποστράγγισης, όχι λιμνάζοντα νερά ή τεμάτια	0,06 – 0,08 κανονική, σημαντικές επιφανειακές ταπεινώσεις, λιμνάζοντα νερά και τεμάτια	0,04 – 0,06 υψηλή, αποθηκευτικότητα, σύστημα αποστράγγισης όχι καλά οριζόμενο, μεγάλος αριθμός πλημμυριζόμενων επιφανειών ή τεματίων

(Πηγή: ΟΜΟΕ – ΑΣΥΕΟ, 2002)

Ο χρόνος συρροής των υδάτων δίνεται με δύο τύπους.

- Ο πρώτος τύπος είναι κατά Giandotti, που δίνεται από την σχέση :

$$t_c = \frac{4\sqrt{F} + 1,5L}{0,8\sqrt{Hm - h}}$$

Όπου:

T_c : Ο χρόνος συρροής ή χρόνος συγκέντρωσης εκφρασμένος σε hr.

F : Η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής σε Km

L : Το μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε Km.

h : Το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του υδατορεύματος στη διατομή ελέγχου

σε m.

H : Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

- Ο δεύτερος τύπος είναι κατά Kirpich:

$$t_c = 4 K^{0.77} \text{ όπου}$$

$$K = \frac{L}{\sqrt{J}}$$

και

$$J = \frac{H - h}{L}$$

t_c : ο χρόνος συρροής

L: το μέγιστο μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε km

h: το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του χειμάρρου στη διατομή ελέγχου σε m.

H: το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

K, J: τοπογραφικός δείκτης και κατά μήκος κλίση.

Στην ορθολογική μέθοδο για να φτάσουμε στην μέγιστη απορροή, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το νερό πρέπει να φτάσει στην έξοδο από όλα τα σημεία τρεις λεκάνης απορροής, δηλαδή η διάρκεια της βροχής με την ομοιόμορφη ένταση θα πρέπει να είναι ίση με το χρόνο συγκέντρωσης t_c της υδρολογικής λεκάνης. Αυτό υποδηλώνει ότι η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να εφαρμοστεί για διάρκειες βροχοπτώσεων μικρότερες του t_c . Όμως και στην περίπτωση που η διάρκεια της βροχόπτωσης είναι μεγαλύτερη από t_c , δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσια στην σχέση:

$$Q_{\max} = 0.278 c i F$$

Η ένταση που προκύπτει από τις βροχομετρικές παρατηρήσεις θα είναι μεγαλύτερη, επειδή δεν θα έχουμε αφαιρέσει τα ποσοστά που συγκρατούνται από την

φυτοκόμη και τις εδαφικές κοιλότητες, που απορρέουν μετά την εμφάνιση της πλημμυρικής απορροής. Για τον παραπάνω λόγο γίνεται μια συστηματική διερεύνηση των επιμέρους επιδράσεων και επιλέγεται ο κατάλληλος συντελεστής απορροής. Με βάση την ανωτέρω μεθοδολογία, στον Πίνακα 4 δίνονται οι πλημμυρικές απορροές της ορθολογικής μεθόδου (Μπαλούτσος 2000).

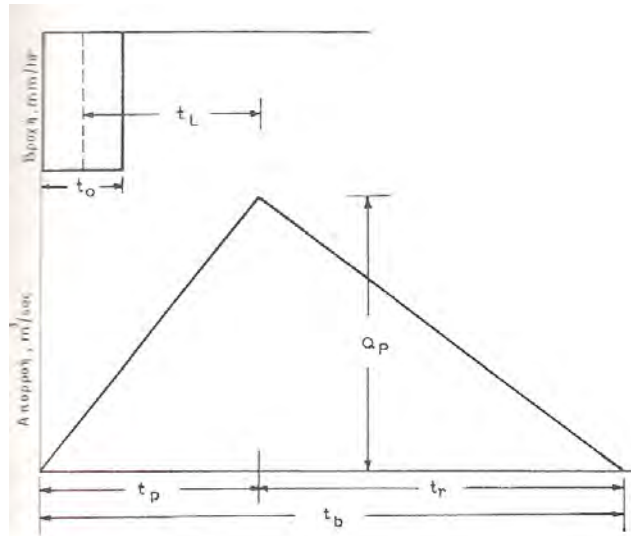
Πίνακας 4: Αντιστοίχιση ετών – μέγιστης παροχής.

T (ΕΤΗ)	h (mm)	ic (mm / hr)	Qmax (m³ / s)
2	19.62	8.46	91.66
10	26.66	11.50	124.59
20	30.43	13.13	142.19
50	36.24	15.63	169.33
100	41.36	17.84	193.26
500	56.21	24.25	262.67
1000	64.15	27.68	299.78

2.1.3 Η μέθοδος του Μοναδιαίου Υδρογραφήματος

2.1.3.1 Περιγραφή της μεθόδου S.C.S. (Soil Conservation Service).

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε και χρησιμοποιείται από το Αμερικάνικο Υπουργείο Γεωργίας (1957), βασίζεται σε μια διαπίστωση ότι ένα υδρογράφημα θα μπορούσε να αντιπροσωπευθεί γεωμετρικά από ένα τρίγωνο όπως φαίνεται στο Σχήμα 1 (Παπαμιχαήλ 2004).



Σχήμα 1: Αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα της S.C.S.

Σύμφωνα με την μέθοδο Snyder ο χρόνος υστέρησης δίνεται από την σχέση

$$t_L = C_1 * (L * L_{ca})^{0.3}$$

t_L : ο χρόνος υστέρησης ή επιβράδυνσης στη λεκάνη απορροής, δηλαδή η χρονική διαφορά μεταξύ του κέντρου βάρους των κατακρημνισμάτων και της αιχμής της απορροής (h).

L : μήκος κυρίου ρεύματος από την πύλη εξόδου της λεκάνης μέχρι τον υδροκρίτη της λεκάνης (km).

L_{ca} : απόσταση από την πύλη της λεκάνης μέχρι το σημείο του κεντρικού ρεύματος, που αντιστοιχεί στο κέντρο βάρους της λεκάνης, δηλαδή που βρίσκεται εγγύτερα σε αυτό (km).

$C_1 = 1,33$ (μόνο για απότομες κλίσεις).

Βασικός χρόνος (χρονική βάση) υδρογραφήματος:

$$t_B = 3 + (t_L/8)$$

t_B : βασικός χρόνος (h)

$$t_A = \frac{t_N}{2} + t_L$$

$$t_R = 1,67 * t_A$$

t_A : περίοδος ανόδου (h)

t_L : ο χρόνος υστέρησης ή επιβράδυνσης στη λεκάνη απορροής, δηλαδή η χρονική διαφορά μεταξύ του κέντρου βάρους των κατακρημνισμάτων και της αιχμής της απορροής (h).

t_R : περίοδος καθόδου (h)

Με βάση τα μεγέθη, που προσδιορίζονται με τις παραπάνω εξισώσεις, κατασκευάζεται στη συνέχεια το υδρογράφημα με το μοναδιαίο περιεχόμενο, φροντίζοντας, ώστε το εμβαδόν της επιφάνειας, το οποίο περικλείεται από την καμπύλη του υδρογραφήματος που σχεδιάζουμε, να ισούται με 1 cm άμεσης απορροής για την λεκάνη που μελετούμε.

$$Q_S = 2,08 \frac{F_E * h_N}{t_a}$$

Q_S : απορροή αιχμής του μοναδιαίου υδρογραφήματος (m³/s).

F_E : επιφάνεια της λεκάνης απορροής (km²).

h_N : το ύψος απορροής της λεκάνης (cm).

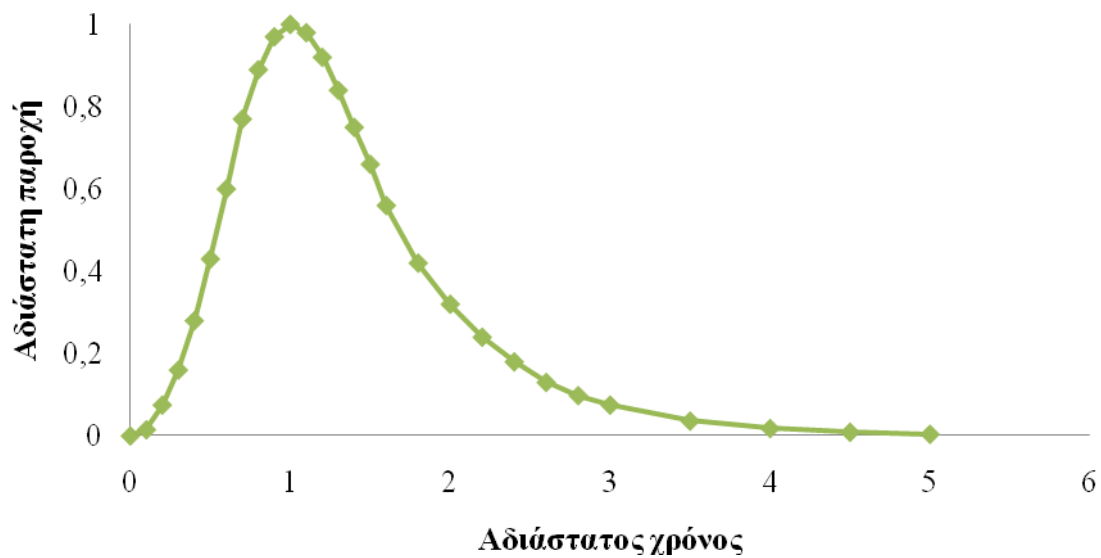
t_a : περίοδος ανόδου (h).

Από τα δεδομένα του Q_S και t_a μπορεί να κατασκευαστεί ένα αδιάστατο υδρογράφημα με τη βοήθεια των αδιάστατων παραστάσεων που δίνονται στον Πίνακα 5 .

Πίνακας 5: Πίνακας τιμών αδιάστατου μοναδιαίου υδρογραφήματος S.C.S.

Αδιάστατος Χρόνος t_d	Αδιάστατη Απορροή Q_d	Αδιάστατος Χρόνος t_d	Αδιάστατη Απορροή Q_d
0	0	1,4	0,75
0,1	0,015	1,5	0,66
0,2	0,075	1,6	0,56
0,3	0,16	1,8	0,42
0,4	0,28	2	0,32
0,5	0,43	2,2	0,24
0,6	0,6	2,4	0,18
0,7	0,77	2,6	0,13
0,8	0,89	2,8	0,098
0,9	0,97	3	0,075
1	1	3,5	0,036
1,1	0,98	4	0,018
1,2	0,92	4,5	0,009
1,3	0,84	5	0,004
		∞	0

Έτσι σε μια ορισμένη λεκάνη απορροής, εάν υπολογιστεί το μέγεθος της αιχμής της απορροής, που προκύπτει από μια απορροϊκή βροχή ύψους 1 cm και διάρκεια t_N και ο χρόνος της αιχμής με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων μπορούμε να κατασκευάσουμε αμέσως το αδιάστατο, μοναδιαίο υδρογράφημα.



Σχήμα 2: Αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα

Η S.C.S. περιγράφει την σχέση βροχής- απορροής με την μορφή:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I}$$

F: πραγματική συγκράτηση υγρασίας από το έδαφος = (P-I)-Q

S: η μέγιστη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας του εδάφους ή αποθηκευτικότητα

Q: ο όγκος απορροής

P: ο όγκος της βροχόπτωσης

I: αρχική συγκράτηση υγρασίας

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

Η αρχική συγκράτηση υγρασίας $I = 0,2 S$ (Σαπουντζής 2006)

$$Q \leftrightarrow P_e \text{ ισοδύναμη απορροϊκή βροχόπτωση } P_e = \frac{(P - 0,25)^2}{(P - I) + 0,85}$$

$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254$$

P=1 (λόγω του μοναδιαίου υδρογραφήματος)

Συντελεστής Απορροής CN

Ο συντελεστής απορροής CN εκφράζει ουσιαστικά τις συνολικές απώλειες της βροχόπτωσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του περισσέυματος βροχής από μια δεδομένη βροχόπτωση, δηλαδή της επιφανειακής απορροής (Τσακίρης 1995). Ο δείκτης αυτός διαφοροποιείται ανάλογα με τον υδρολογικό τύπο του εδάφους, την χρήση γης και την υγρασιακή κατάσταση της προηγούμενης ημέρας.

Η S.C.S. προσδιορίζεται από ένα σύστημα κατάταξης εδαφών που ορίζεται από τέσσερις εδαφικούς τύπους που είναι:

- Τύπος A: Εδάφη με μεγάλη τελική διηθητικότητα (Πίνακας 6) και διαπερατότητα. Βαθιά αμμώδη, βαθιά πηλώδη, συσσωματούμενα ιλυώδη.
- Τύπος B: Εδάφη με μέτρια τελική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Ρηχά πηλώδη, αμμοπηλώδη.
- Τύπος C: Εδάφη με μικρή τελική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Άργιλο - πηλώδη, ρηχά αμμοπηλώδη, εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, εδάφη πλούσια σε άργιλο.
- Τύπος D: Εδάφη με πολύ μικρή διηθητικότητα και διαπερατότητα. Εδάφη τα οποία διογκώνονται όταν υγραίνονται, έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε μοντμοριλονιτική άργιλο και ορισμένα αλατούχα εδάφη (Παπαμιχαήλ 2004).

Πίνακας 6: Τιμές ελάχιστου ρυθμού διήθησης (cm/hr)

Τύπος	Ελάχιστος ρυθμός διήθησης (cm/hr)
A	0,76 – 1,14
B	0,38 – 0,76
C	0,13 – 0,38
D	0,00 – 0,13

Ρόλο παίζει επίσης και η προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση (Πίν.7) του εδάφους (AMC). Αυτό επιδρά σημαντικά τόσο στον όγκο, όσο και στον ρυθμό απορροής. Η μέθοδος S.C.S. ανέπτυξε τρεις τύπους προηγούμενης υγρασιακής κατάστασης οι οποίοι ορίζονται ως I, II, III.η εδαφική κατάσταση για κάθε τύπο είναι (Παπαμιχαήλ 2004):

- Κατάσταση I : Τα εδάφη είναι ξηρά αλλά η υγρασία τους δε βρίσκεται στο σημείο μόνιμης μάρανσης. Οι καλλιεργητικές εργασίες γίνονται με αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα.
- Κατάσταση II : Μέση υγρασιακή κατάσταση.
- Κατάσταση III: Μεγάλη βροχόπτωση ή χαμηλή βροχόπτωση και χαμηλές θερμοκρασίες έχουν εμφανιστεί το τελευταίο πενταήμερο, υγρό έδαφος (Παπαμιχαήλ 2004).

Πίνακας 7: Προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση (AMC) με βάση το συνολικό ύψος βροχής σε mm, των προηγούμενων ημερών.

AMC	Χειμερινή Περίοδος	Βλαστική Περίοδος
I	< 12,7	< 35,6
II	12,7 - 27,9	35,6 - 53,3
III	> 27,9	> 53,3

Η εύρεση CN γίνεται για κάθε μια από τις πολλές μικρές υποπεριοχές που συνιστούν την υδρολογική λεκάνη. Οι τιμές που προκύπτουν είναι από τον πίνακα Wanielista ο οποίος θεωρείται αντιπροσωπευτικότερος για τις Ελληνικές συνθήκες. Από τους παρακάτω πίνακες προσδιορίζουμε τον CN_2 ανάλογα με την βλάστηση και την κατάσταση του εδάφους (Παπαμιχαήλ 2004).

Πίνακας 8: Απορροϊκοί συντελεστές CN για περιπτώσεις χρήσης γης

(υγρασιακή κατάσταση II) (Φασούλα και συν. 2007)

Περιγραφή χρήσης γης / διαχείρισης / υδρολογικών συνθηκών	Υδρολογικός τύπος εδάφους			
	A	B	C	D
Ανοιχτά διαστήματα, αλάνες, πάρκα κ.α.				
1. Φυτοκάλυψη > 70% της επιφάνειας Καλές συνθήκες	39	61	74	80
2. Φυτοκάλυψη 50 - 70% της επιφάνειας Κακές συνθήκες	49	69	79	84
Χέρσες εκτάσεις	77	86	91	94
Γραμμικές καλλιέργειες				
1. ευθείες γραμμές Δυσμενείς	72	81	88	91
2. ευθείες γραμμές Καλές	67	78	85	89
3. κατά τις ισοϋψείς Δυσμενείς	70	79	84	88
4. κατά τις ισοϋψείς Καλές	65	75	82	86
5. σε αναβαθμούς Δυσμενείς	66	74	80	82
6. σε αναβαθμούς Καλές	62	71	78	81
Χαμηλά Δημητριακά				
1. ευθείες γραμμές Δυσμενείς	65	76	84	88
2. ευθείες γραμμές Καλές	63	75	83	87

Περιγραφή χρήσης γης / διαχείρισης / υδρολογικών συνθηκών		Υδρολογικός τύπος εδάφους			
3. κατά τις ισοϋψείς	Δυσμενείς	63	74	82	85
4. κατά τις ισοϋψείς	Καλές	61	73	81	84
5. σε αναβαθμούς	Δυσμενείς	61	72	79	82
6. σε αναβαθμούς	Καλές	59	70	78	81
Καλλιέργειες ψυχανθών ή σε εναλλαγή με λιβάδια					
1. ευθείες γραμμές	Δυσμενείς	66	77	85	89
2. ευθείες γραμμές	Καλές	58	72	81	85
3. κατά τις ισοϋψείς	Δυσμενείς	64	75	83	85
4. κατά τις ισοϋψείς	Καλές	55	69	78	83
5. σε αναβαθμούς	Δυσμενείς	63	73	80	83
6. σε αναβαθμούς	Καλές	51	67	76	80
Βοσκότοποι					
	Δυσμενείς	68	79	86	89
	Μέτριες	49	69	79	84
	Καλές	39	61	74	80
1. κατά τις ισοϋψείς	Δυσμενείς	47	67	81	88
2. κατά τις ισοϋψείς	Μέτριες	25	59	75	83
3. κατά τις ισοϋψείς	Καλές	6	35	70	79
Λιβάδια	Καλές	30	58	71	78
Δάση ή Δασώδης περιοχή					
	Δυσμενείς	45	66	77	83
	Μέτριες	36	60	73	79
	Καλές	25	55	70	77
Οπωρώνες		59	74	82	86

Πίνακας 9: Είδος επιφάνειας.

<u>Είδος επιφάνειας</u>	<u>Μήκος διαδρομής(m)</u>	<u>tc (min)</u>
<i>Καλά συμπιεσμένη επιφάνεια.</i>	<i>30-150</i>	<i>3-15</i>
<i>Γομνή γαιώδης επιφάνεια.</i>	<i>30-150</i>	<i>5-25</i>
<i>Γαιώδες επιφάνειες με χλόη.</i>	<i>30-150</i>	<i>8-40</i>
<i>Γαιώδες επιφάνειες με ποκνή Φυτοκάλυψη.</i>	<i>30-180</i>	<i>10-60</i>

Ο CN_2 βάση των παραπάνω πινάκων προκύπτει ίσος με 73. Για τις συνθήκες των πλημμυρικών απορροών η εκτίμηση της αποθήκευσης S γίνεται με την βοήθεια του απορροϊκού συντελεστή CN (Curve Number) που αντιστοιχεί σε υγρασιακή κατάσταση τύπου CN_3 και υπολογίζεται ως συνάρτηση του CN_2 . Η σχέση που μας δίνει την συνάρτηση του CN_2 με το CN_3 είναι:

$$CN_3 = \frac{CN_2}{0,4036 + 0,0059 * CN_2}$$

2.1.3.2 Περιγραφή της μεθόδου SIERRA NEVADA, Design of small dams

Σύμφωνα με το Design of small dams το αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα είναι το υδρογράφημα της άμεσης απορροής που προκαλείται από απορροϊκή βροχή ύψους ίσου με την μονάδα (στο δεκαδικό σύστημα ύψους ίσου με ένα cm) που είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη σε όλη την έκταση της υδρολογικής λεκάνης και έχει ομοιόμορφη ένταση κατά την διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Δηλαδή το μοναδιαίο υδρογράφημα είναι ένα διάγραμμα της άμεσης απορροής, που προκαλείται από απορροϊκή βροχή ύψους ίσου με την μονάδα.

Η θεωρία του μοναδιαίου υδρογραφήματος στηρίζεται σε τέσσερα κριτήρια (Παπαμιχαήλ 2004):

1. Σε μία συγκεκριμένη υδρολογική λεκάνη, βροχές ίσης διάρκειας που προκαλούν απορροή, δίνουν υδρογραφήματα άμεσης απορροής με την ίδια περίπου χρονική βάση, ανεξάρτητα από την ένταση της βροχής.

2. Σε μια συγκεκριμένη υδρολογική λεκάνη, το μέγεθος της στιγμιαίας άμεσης απορροής σε οποιοδήποτε χρόνο κατά τη διάρκεια του φαινομένου είναι ένα συγκεκριμένο ποσοστό του ολικού μεγέθους της άμεσης απορροής που προκαλείται από βροχές που έχουν την ίδια διάρκεια.
3. Σε μια δεδομένη υδρολογική λεκάνη, η άμεση απορροή που προκαλείται από μια συγκεκριμένη βροχή είναι ανεξάρτητη από βροχές που έπεσαν πριν ή μετά από αυτήν την βροχή.
4. Η κατάσταση της υδρολογικής λεκάνης παραμένει αμετάβλητη σε σχέση με τον χρόνο.

Ωστόσο τα παραπάνω κριτήρια κατά προσέγγιση ικανοποιούνται από τις φυσικές υδρολογικές λεκάνες. Έτσι με την παραδοχή ότι διαλέξαμε μια βροχή με σημαντική ένταση, ομοιόμορφα κατανεμημένη πάνω στην υδρολογική λεκάνη και με διάρκεια αντιπροσωπευτική για την λεκάνη σύμφωνα με αυτά που λέχθηκαν προηγούμενα, η διαδικασία για τη διερεύνηση του μοναδιαίου υδρογραφήματος ακολουθεί τα παραπάνω στάδια:

- Το συνολικό υδρογράφημα που έδωσε η βροχή χωρίζεται σε άμεση και βασική απορροή.
- Σχεδιάζεται το υδρογράφημα της άμεσης απορροής.
- Υπολογίζεται ο συνολικός όγκος της άμεσης απορροής, που στη συνέχεια εκφράζεται σε μονάδες πάχους υδάτινου στρώματος με βάση την έκταση της υδρολογικής λεκάνης. Σαν μονάδα πάχους παίρνεται το ένα cm.
- Διαιρούνται οι τεταγμένες του υδρογραφήματος της άμεσης απορροής με το αντίστοιχο ισοδύναμο πάχος της, όπως υπολογίστηκε στο

προηγούμενο στάδιο. Τα μεγέθη που θα προκύψουν από την διαδικασία αυτήν αποτελούν τις τεταγμένες του μοναδιαίου υδρογραφήματος, το οποίο και σχεδιάζεται.

- Προσδιορίζεται η διάρκεια της απορροϊκής βροχής, που σε μέγεθος, κατά τα γνωστά, είναι ίση με την άμεση απορροή.

Με την μέθοδο αυτή θεμελιώνεται τελικά ένα υδρολογικό σύστημα θεώρησης των σχέσεων κατακρημνισμάτων και απορροής. Το ομοίωμα αυτό, το οποίο ενδιαφέρεται για τις γενικές διαδικασίες μεταξύ των διαφόρων φυσικών παραγόντων, χωρίς να υπεισέρχεται σε διαδικαστικές λεπτομέρειες, θεμελιώνεται στις εξής γενικές φάσεις:

προσαγωγή → μεταφορά → εξαγωγή (απάντηση)

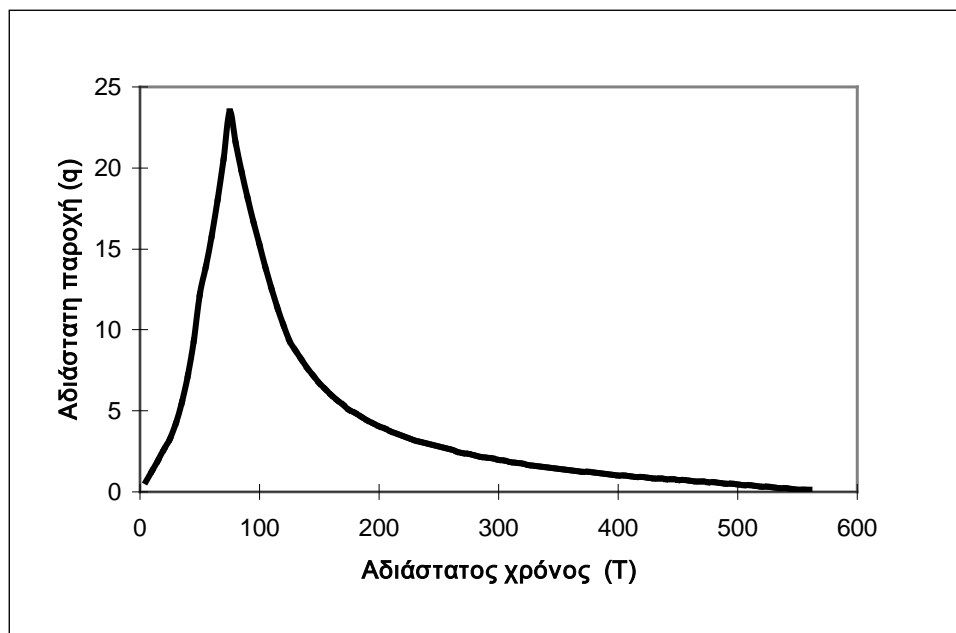
όπου η προσαγωγή και η εξαγωγή αναφέρονται σε ύλη, ενέργεια ή και πληροφόρηση, η δε παραγωγική διαδικασία γίνεται κατά τη μεταφορά δια μέσου ενός μηχανισμού, μιας εγκατάστασης ή μιας άλλης διαδικασίας με τρόπο πραγματικό ή ιδεατό.

Με βάση τα παραπάνω, η μέθοδος του μοναδιαίου υδρογραφήματος στηρίζεται στη μέτρηση ενός προσαγόμενου μεγέθους, δηλ. των κατακρημνισμάτων και ενός εξαγόμενου, δηλ. της απορροής και προσπαθεί να προσδιορίσει τη διαδικασία μεταφοράς από το ένα στο άλλο, δηλαδή το μοναδιαίο υδρογράφημα. Η σχέση αυτή, εφόσον προσδιοριστεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόγνωση μελλοντικών απορροών χωρίς να είναι ανάγκη να παρθούν υπόψη και οι εσωτερικές διαδικασίες.

Ακόμα πρέπει να ακολουθεί τις ακόλουθες υποθέσεις:

1. η διαδικασία της μεταφοράς στο υδρολογικό σύστημα, δηλ. του μετασχηματισμού της βροχής σε απορροή μέσω της λεκάνης απορροής, είναι κι παραμένει γραμμική.
2. η διαδικασία της μεταφοράς του συστήματος παραμένει χρονικά αμετάβλητη, δηλαδή η απάντηση σε συγκεκριμένη προσαγωγή, όπως στην απορροϊκή βροχή, είναι ανεξάρτητη από το χρονικό σημείο που βρίσκεται. Επομένως ο χρόνος συγκέντρωσης παραμένει σταθερός.

Αυτό προϋποθέτει ότι ο χαρακτήρας της λεκάνης απορροής δεν μεταβάλλεται από ανθρωπογενείς ή φυσικές επιδράσεις.



Σχήμα 3: Αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα της Sierra Nevada.

Ο προσδιορισμός του μοναδιαίου υδρογραφήματος προϋποθέτει την ύπαρξη μετρήσεων των κατακρημνισμάτων και της απορροής. Τέτοιες μετρήσεις όμως

δεν υπάρχουν πάντοτε. Γι'αυτό δημιουργείται η ανάγκη να αναπτυχθούν μέθοδοι προσδιορισμού του μοναδιαίου υδρογραφήματος με τη βοήθεια άλλων στοιχείων και ιδίως των γεωμετρικών στοιχείων της λεκάνης απορροής. Έτσι κατασκευάζονται τα συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα. Για το υπολογισμό του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (απορροϊκή βροχόπτωση 1mm ή 1cm) ακολουθείται η εξής διαδικασία.

Εκτίμηση πλημμυρογραφημάτων με την βοήθεια του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της Sierra Nevada.

Τα συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα των λεκανών απορροής μέγεθος του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της Sierra Nevada δίνονται από το Design of small daws (NSDI 1987).

Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή ο χρόνος υστέρησης του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος σε ώρες είναι:

$$Lg = 0,1776 * C \left(\frac{L * Lc}{\sqrt{s}} \right)^N$$

C: σταθερά = 26Kn (Kn συντελεστής Manning= 0,12)

L: μέγιστο μήκος διαδρομής σε Km (του κυρίως ρεύματος)

Lc: μήκος του κυρίως ρεύματος από την έξοδο της λεκάνης μέχρι την προβολή του κέντρου βάρους της λεκάνης πάνω στο κυρίως ρεύμα σε Km.

S: κλίση του ρεύματος σε m/m (εφαπτομένη γωνίας)

N:σταθερά=0,33

Αδιάρκεια της μοναδιαίας βροχής D από την οποία προέρχεται το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα.

$$D = \frac{Lg}{5,5}$$

Η τετμημένη του συνθετικού υπολογίζεται:

$$Tm = \frac{T}{100} * \left(Lg + \frac{D}{2} \right)$$

όπου

Tm : χρόνος του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (ώρες)

T : παίρνεται από πίνακα (USDI (1987))

Lg : χρόνος υστέρησης συνθετικού του μοναδιαίου υδρογραφήματος (ώρες)

D : διάρκεια της μοναδιαίας βροχόπτωσης (ώρες)

$$D = \frac{Lg}{5,5}$$

Η τεταγμένη του συνθετικού μοναδιαίου η οποία προέρχεται από απορροϊκή βροχόπτωση 1mm.

Υπολογίζεται ως εξής:

$$Q = 0,01157 * \left(\frac{A * q}{Lg + \frac{D}{2}} \right)$$

Q : παροχή του συνθετικού m^3/sec

A : έκταση λεκάνης απορροής Km^2

q : αδιάστατη παροχή.

2.2 Η χρήση των GIS

Για την εκτίμηση του χειμαρρικού περιβάλλοντος και τον προσδιορισμό του χειμαρρικού δυναμικού καθορίστηκαν και μελετήθηκαν, οι τέσσερις βασικοί παράγοντες χειμαρρικότητας που όπως προαναφέραμε είναι το ανάγλυφο, το κλίμα, η βλάστηση και το γεωλογικό υπόθεμα. Αυτό επιτεύχθηκε με την βοήθεια του λογισμικού προγράμματος ArcGIS.

Με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS ψηφιοποιήθηκε η περιοχή έρευνας και αποτυπώθηκε το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής των τριών χειμάρρων. Ως υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκαν οι τοπογραφικοί χάρτες της Γ.Υ.Σ. (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού) 1:50.000, σε μορφή αρχείου Jpeg. Με τον ίδιο τρόπο, ψηφιοποιήθηκε ο χάρτης πετρωμάτων και προσδιορίστηκαν οι εκτάσεις των χειμαρρικών πετρολογικών σχηματισμών των λεκανών απορροής των τριών χειμάρρων. Τέλος, ψηφιοποιήθηκε ο χάρτης βλάστησης της περιοχής έρευνας.

Συγκεντρώθηκαν, αξιολογήθηκαν και επεξεργάστηκαν τα μετεωρολογικά στοιχεία των πλησιέστερων, στις λεκάνες απορροής των χειμάρρων, μετεωρολογικών σταθμών (Βόλου και Ινστιτούτο φυτού Ν. Ιωνίας). Συντάχθηκε πίνακας των μορφομετρικών και υδρογραφικών στοιχείων των λεκανών απορροής των τριών χειμάρρων.

2.2.1 Σχετικά με το λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ArcGIS 9.3 Desktop).

Ο χρήστης των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) καλείται χρησιμοποιώντας τα τρία βασικά γεωμετρικά στοιχεία: το σημείο, τη γραμμή και το πολύγωνο, να απεικονίσει τις πραγματικές – γεωγραφικές οντότητες. Σκοπός

είναι η όσον το δυνατόν πιστότερη μεταφορά της πραγματικότητας στις ψηφιακές βάσεις δεδομένων.

Εκτός από την απεικόνιση των γεωγραφικών οντοτήτων τα Γ.Σ.Π. συνδέουν την χωρική πληροφορία με την περιγραφική, είναι δηλαδή μια βάση δεδομένων με δυο όψεις, την γεωγραφική και την περιγραφική. Ακόμα, με τα Γ.Σ.Π. προσπαθούμε να καταγράψουμε και τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των χωρικών οντοτήτων. Βασικό τρόπος οργάνωσης των δεδομένων είναι σε θεματικά επίπεδα (layers). Κάθε θεματικό επίπεδο αποτελεί και μία λογική οντότητα. Κάθε γεωγραφική ενότητα - λογική οντότητα συνδέεται με ένα πίνακα βάσης δεδομένων (Attribute table) στον οποίο αποθηκεύονται τα περιγραφικά δεδομένα και οι ιδιότητες υδρολογικού ενδιαφέροντος των γεωγραφικά προσδιορισμένων οντοτήτων. Έτσι, για την χωρική ανάλυση των λεκανών απορροής της λίμνης, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS 9.3 Desktop.

Όσον αφορά τα θεματικά επίπεδα (layers) που χρησιμοποιήθηκαν, αυτά είναι τα εξής:

- Υδρογραφικό Δίκτυο,
- Λεκάνες απορροής,
- Χρήσης γης,
- Γεωλογία λεκανών απορροής,
- Ισοϋψείς καμπύλες λεκανών απορροής,
- Κλίσεις λεκανών απορροής.

Με αυτά τα θεματικά επίπεδα (layers) δημιουργήθηκαν οι χάρτες με τα αντίστοιχα στοιχεία των χειμάρρων.

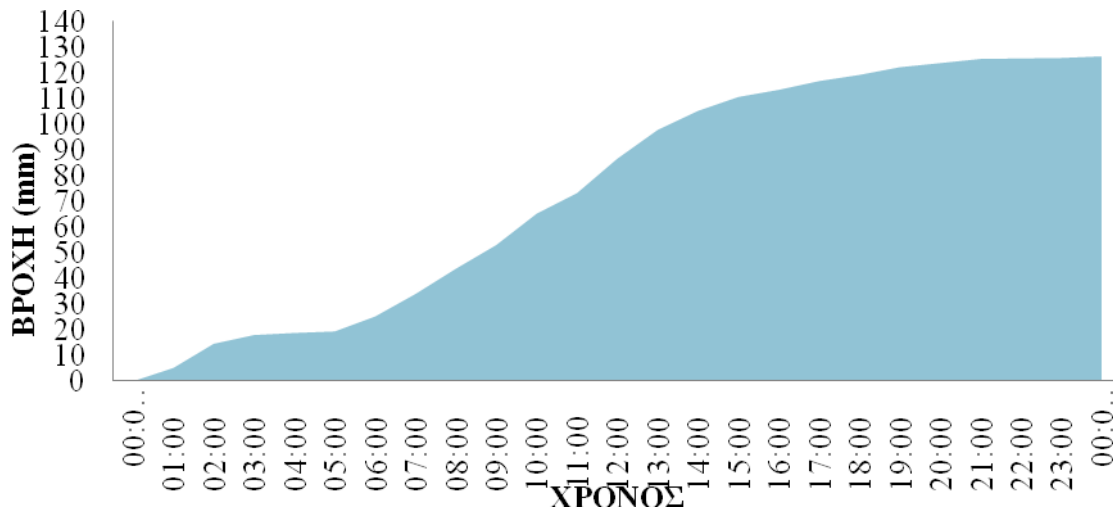
2.3 Λήψη των δεδομένων

2.3.1 Βροχομετρικά δεδομένα

Η βροχή παρουσιάζεται στον πίνακα 10, όπου έχει τις τιμές αθροιστικά ανά ώρα. Στην συνέχεια παρουσιάζεται διαγραμματικά στο σχήμα 3.

Πίνακας 10. Παρουσίαση Βροχόπτωσης.

<i>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</i>	<i>ΩΡΑ</i>	<i>ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (χιλιοστά)</i>
10/12/2009	00:00	0
10/12/2009	01:00	5,2
10/12/2009	02:00	9,4
10/12/2009	03:00	3,4
10/12/2009	04:00	0,8
10/12/2009	05:00	0,6
10/12/2009	06:00	5,8
10/12/2009	07:00	8,8
10/12/2009	08:00	9,8
10/12/2009	09:00	9,2
10/12/2009	10:00	12,2
10/12/2009	11:00	8
10/12/2009	12:00	13,4
10/12/2009	13:00	11,2
10/12/2009	14:00	7,4
10/12/2009	15:00	5,4
10/12/2009	16:00	2,8
10/12/2009	17:00	3,4
10/12/2009	18:00	2,4
10/12/2009	19:00	3
10/12/2009	20:00	1,6
10/12/2009	21:00	1,6
10/12/2009	22:00	0,2
10/12/2009	23:00	0,2
10/12/2009	00:00	0,6
ΣΥΝΟΛΟ		126,4



Σχήμα 3: Παρουσίαση αθροιστικής βροχής

2.3.2 Χάρτες

Οι χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση της διατριβής, καθώς και η προέλευση τους είναι οι εξής:

- Τοπογραφικός χάρτης « γενικής χρήσεως » κλίμακας 1:50.000, Φύλλο ΒΟΛΟΣ της Γενικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.).
- Τοπογραφικός χάρτης « Γενικής Χρήσεως » κλίμακας 1:50.000, Φύλλο ΖΑΓΟΡΑ της Γ.Υ.Σ.
- Χάρτης « Δασικός » κλίμακας 1:200.000, του Νομού Μαγνησίας του Corine.
- Χάρτης « Γεωλογικός » κλίμακας 1:50.000, Φύλλο ΒΟΛΟΣ του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε)
- Χάρτης « Γεωλογικός » κλίμακας 1:50.000, Φύλλο ΖΑΓΟΡΑ του Ι.Γ.Μ.Ε.
- Χάρτης « Εδαφοκάλυψης » κλίμακας 1:50.000, του Νομού Μαγνησίας του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης Δασικών Εδαφών.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Γεωμορφολογικά, υδρογραφικά, γεωλογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Ξηριά και βλάστηση – χρήσεις γης.

3.1.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Ξηριά.

Με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Πρόγραμμα ARC – GIS 9.3) δοκιμαστική άδεια του οποίου μας παρείχε ο κ. Άδωνις Κοντός, Πρόεδρος της Marathon Data Systems, εξαγάγαμε τα γεωμορφολογικά στοιχεία της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Ξηριά (Πίνακας 11), τα οποία ήταν ιδιαίτερα χρήσιμα για την διερεύνηση των υδρολογικών χαρακτηριστικών του και των πλημμυρικών φαινομένων που προκλήθηκαν στα τέλη του 2009.

Πίνακας 11: Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά λεκάνης χειμάρρου Ξηριά

<i>A/A</i>	<i><u>Χαρακτηριστικά λεκάνης χειμάρρου Ξηριά</u></i>	
<i>1</i>	<i>Έκταση Λεκάνης Απορροής (E)</i>	<i>114,64 Km²</i>
<i>2</i>	<i>Μήκος Υδροκρίτη (U)</i>	<i>70 Km</i>
<i>3</i>	<i>Μέση Κλίση Λεκάνης (J_l)</i>	<i>7,16%</i>
<i>4</i>	<i>Ελάχιστο Υψόμετρο (H_{min})</i>	<i>20 m</i>
<i>5</i>	<i>Μέγιστο Υψόμετρο (H_{max})</i>	<i>1480 m</i>
<i>6</i>	<i>Μέσο Υψόμετρο (H_{med})</i>	<i>659,98 m</i>
<i>7</i>	<i>Μήκος Κεντρικής Κοίτης (L)</i>	<i>28 Km</i>
<i>8</i>	<i>Μέση Κλίση Κοίτης (J_k)</i>	<i>5,21%</i>

3.1.2 Η βλάστηση – χρήσεις γης στην περιοχή του χειμάρρου Ξηριά.

Το μεγαλύτερο μέρος από την λεκάνη απορροής του χειμάρρου Ξηριά, αν εξαιρέσουμε την έκταση που καταλαμβάνει ο οικιστικός χώρος της πόλης του Βόλου καλύπτεται από βοσκότοπους και λιβάδια. Ποσοστιαία οι χρήσεις γης αναφέρονται στον Πίνακα 12.

Πίνακας 12: Βλάστηση & Μορφές χρήσεων γης χειμάρρου Ξηριά

A/A	Βλάστηση - ΜΟΡΦΕΣ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ	ΕΚΤΑΣΗ (Km²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
1	Γεωργικές Καλλιέργειες	28,195	24,60%
2	Δενδροκομικές Καλλιέργειες	13,729	11,98%
3	Βοσκότοποι - Λιβάδια	49,171	42,90%
4	Δασικές εκτάσεις	15,741	13,73%
5	Αστικός Ιστός	1,457	1,27%
6	Βιομηχανικές - Εμπορικές Ζώνες	6,332	5,52%
Σύνολο		114,626	100%



Εικόνα 3: Χάρτης χρήσεων γης χειμαρρου Ξηριά.

3.1.3 Γεωλογικά χαρακτηριστικά χειμαρρου Ξηριά

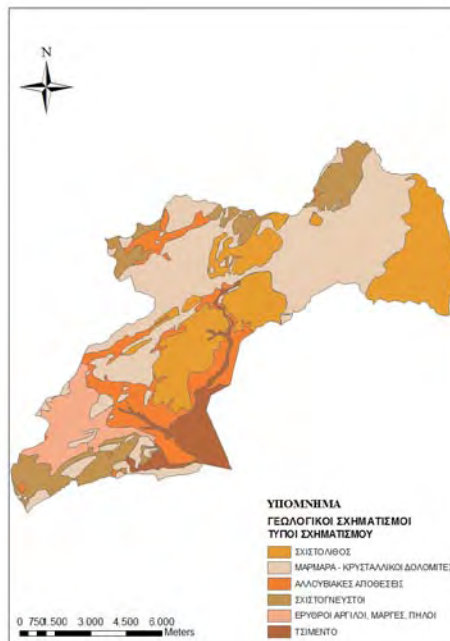
Με βάση τους γεωλογικούς χάρτες της περιοχής που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων καθώς επίσης με τη βοήθεια των Γεωγραφικών συστημάτων Πληροφοριών αλλά και με διασταύρωση με επιτόπια έρευνα, βρέθηκαν τα εξής:

Το έδαφος εμφανίζεται να έχει μεγάλο ποσοστό (60%) σε σχιστόλιθο. Ο σχιστόλιθος εμφανίζει μεγάλη διεισδυτικότητα, λόγω των κατακόρυφων στρώσεων που παρουσιάζει.

Αποτέλεσμα αυτών είναι, ότι ευνοείται η παρουσία της βλάστησης, αλλά και η εμφάνιση των φαινομένων της διάβρωσης, της ολίσθησης και της γεωκατακρήμνισης. Στον Πίνακα 13 αναφέρονται αναλυτικά οι γεωλογικοί σχηματισμοί τόσο σε έκταση, όσο και σε ποσοστιαίες τιμές .

Πίνακας 13: Παρουσίαση γεωλογικών σχηματισμών

Α/Α	ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ
1	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	69,067	60,29%
2	ΜΑΡΜΑΡΑ - ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΙ ΔΟΛΟΜΙΤΕΣ	5,139	4,49%
3	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ	13,288	11,60%
4	ΣΧΙΣΤΟΓΝΕΥΣΤΟΙ	12,509	10,92%
5	ΕΡΥΘΡΟΙ ΑΡΓΙΛΟΙ, ΜΑΡΓΕΣ, ΠΗΛΟΙ	7,949	6,94%
6	ΤΣΙΜΕΝΤΟ	6,608	5,77%
ΣΥΝΟΛΟ		114,56	100%



Εικόνα 4: Χάρτης γεωλογικών σχηματισμών χείμαρρου Ξηριά.

3.1.4 Συνδυασμός γεωλογικών σχηματισμών – χρήσεις γης χειμάρρου Ξηριά.

Ο Πίνακας 14 δείχνει την κατανομή ποσοστιαία των διαφόρων συνδυασμών των γεωλογικών σχηματισμών – χρήσεων γης. Ο παρακάτω πίνακας χρησιμοποιήθηκε και αξιοποιήθηκε στον υπολογισμό του συντελεστή CN (Curve number) .

Πίνακας 14: Συνδυασμός Γεωλογικού σχηματισμού - Χρήσεις γης.

A/A	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (%)	ΤΙΜΕΣ	CN _{II}
1	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	0,321	0,28%	98	0,28
2	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ, ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ	0,626	0,55%	94	0,51
3	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	9,115	7,98%	79	6,30
4	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	6,998	6,12%	86	5,27
5	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	12,820	11,22%	79	8,86
6	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ, ΛΙΒΑΔΙΑ	39,081	34,21%	86	29,42
7	ΜΑΡΜΑΡΑ, ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΙ ΔΟΛΟΜΙΤΕΣ - ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	0,150	0,13%	98	0,13
8	ΜΑΡΜΑΡΑ, ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΙ ΔΟΛΟΜΙΤΕΣ - ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ, ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ	0,218	0,19%	94	0,18
9	ΜΑΡΜΑΡΑ, ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΙ ΔΟΛΟΜΙΤΕΣ - ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0,415	0,36%	81	0,29
10	ΜΑΡΜΑΡΑ, ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΙ ΔΟΛΟΜΙΤΕΣ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	1,555	1,36%	78	1,06
11	ΜΑΡΜΑΡΑ, ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΙ ΔΟΛΟΜΙΤΕΣ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ, ΛΙΒΑΔΙΑ	2,798	2,45%	75	1,84
12	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	0,343	0,30%	98	0,29
13	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ, ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ	3,492	3,06%	94	2,87
14	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	2,877	2,52%	81	2,04
15	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	5,336	4,67%	81	3,78

A/A	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (%)	ΤΙΜΕΣ	CN _{II}
16	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	0,057	0,05%	79	0,04
17	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ, ΛΙΒΑΔΙΑ	1,010	0,88%	84	0,74
18	ΣΧΙΣΤΟΓΝΕΥΣΤΟΙ - ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0,812	0,71%	79	0,56
19	ΣΧΙΣΤΟΓΝΕΥΣΤΟΙ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	3,276	2,87%	86	2,47
20	ΣΧΙΣΤΟΓΝΕΥΣΤΟΙ - ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	2,855	2,50%	79	1,97
21	ΣΧΙΣΤΟΓΝΕΥΣΤΟΙ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ, ΛΙΒΑΔΙΑ	5,558	4,86%	83	4,04
22	ΕΡΥΘΡΟΙ ΑΡΓΙΛΟΙ, ΜΑΡΓΕΣ, ΠΗΛΟΙ - ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ	0,701	0,61%	94	0,58
23	ΕΡΥΘΡΟΙ ΑΡΓΙΛΟΙ, ΜΑΡΓΕΣ, ΠΗΛΟΙ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	6,945	6,08%	81	4,92
24	ΕΡΥΘΡΟΙ ΑΡΓΙΛΟΙ, ΜΑΡΓΕΣ, ΠΗΛΟΙ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ, ΛΙΒΑΔΙΑ	0,299	0,26%	80	0,21
25	ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	0,637	0,56%	98	0,55
26	ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ	1,282	1,12%	98	1,10
27	ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0,479	0,42%	81	0,34
28	ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	4,099	3,59%	89	3,19
29	ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ ΛΙΒΑΔΙΑ	0,090	0,08%	86	0,07
Σύνολο		114,25	100,00%	CN_{II}	83,91

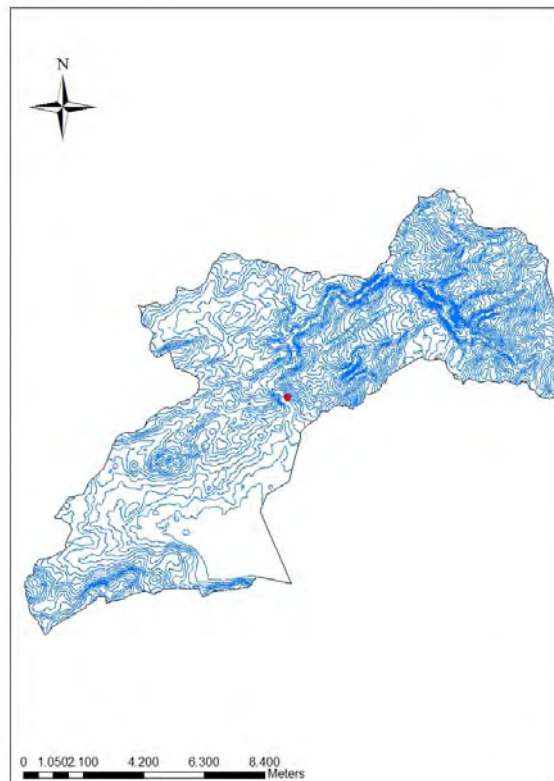
3.1.5 Το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Ξηριά.

Επειδή οι κλίσεις που επικρατούν στις επιφάνειες των λεκανών απορροής του χειμάρρου παρουσιάζουν έντονες εναλλαγές, υπολογίζουμε μια μέση κλίση. Η κλίση αυτή της λεκάνης αποτελεί ένα δείκτη για το δυναμικό της περιοχής. Για τον χειμάρρο Ξηριά η μέση κλίση είναι περίπου ίση με 7,16 % και σύμφωνα με τον κανονισμό εκπόνησης μελετών διευθέτησης των χειμαρρικών ρευμάτων του υπουργείου Γεωργίας (Πίν. 15), το ρεύμα κατατάσσεται στη κατηγορία των “μετρίως

κεκλιμένων” εδαφών. Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται ως ήπιο , με αποτέλεσμα την ήπια απορροή των επιφανειακών υδάτων. Ως αποτέλεσμα να μην υπάρχουν έντονα πλημμυρικά φαινόμενα.

Πίνακας 15. Χαρακτηρισμός εδαφών σε σχέση με την κλίση (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2005)

Κλίση %	Φάση
0-2	επίπεδη
2-6	ελαφρώς κεκλιμένη
6-12	μετρίως κεκλιμένη
12-18	ισχυρώς κεκλιμένη
18-25	πολύ ισχυρώς κεκλιμένη
25-35	ελαφρώς απότομη
35-50	μετρίως απότομη
>50	ισχυρώς απότομη



Εικόνα 5: Χάρτης ισοϋψών καμπυλών και κέντρου βάρους λεκάνης χείμαρρου Ξηριά.

3.1.6 Εφαρμογή της μεθόδου FULLER

Από τον τύπο

$$Q_{\max} = Q_1 \cdot (1 + \beta \log_{10} T) \cdot \left(1 + \frac{2.66}{F^{0.30}}\right)$$

Προκύπτουν τα αποτελέσματα στον Πίνακα 16.

Πίνακας 16: Αποτελέσματα Fuller

Ονομασία	F (km ²)	Q ₁ =1,80F ^{0,8}	T	(1+β logT)	1+2,66/F ^{0,3}	Q _{max} (m ³ /s)
ΞΗΡΙΑΣ	114,64	79,936	2	1,241	1,641	162,797
			10	1,800		236,162
			20	2,041		267,758
			50	2,359		309,526
			100	2,600		341,123
			200	2,841		372,719
			500	3,159		414,487
			1000	3,400		446,083

3.1.7 Εφαρμογή της Ορθολογικής μεθόδου

- Κατά Giandotti

Αφού γίνουν οι αντικαταστάσεις στον τύπο

$$tc = \frac{4\sqrt{F} + 1,5 L}{0,8 \sqrt{Hm - h}}$$

Όπου:

Tc : Ο χρόνος συρροής ή χρόνος συγκέντρωσης εκφρασμένος σε hr.

F : Η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής σε Km²

L : Το μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε Km.

h : Το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του υδατορεύματος στη διατομή ελέγχου σε m.

H : Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

Ο τύπος υπολογισμού της έντασης i αποδίδεται από την σχέση

$$i = \exp(a \ln T^\beta) * t^c \text{ (Καραβοκύρης 2003)}$$

T : έτη

t : χρόνος συρροής

Προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα του Πίνακα 17.

Πίνακας 17: Αποτελέσματα της Ορθολογικής μεθόδου κατά Giandotti

T (έτη)	α	β	c	t_g	i_c (mm/hr)	Q_{max} (m³/s)
2	2,9287	0,1923	-0,523	4,191	0,698	9,052
10					1,727	22,407
20					2,552	33,107
50					4,276	55,467
100					6,318	81,954
200					9,335	121,089
500					15,640	202,872
1000					23,109	299,750

- Κατά Kirpich

Αφού γίνουν οι αντικαταστάσεις στους τύπους

$$t_c = 4 K^{0.77}$$

όπου

$$K = \frac{L}{\sqrt{J}}$$

και

$$I = \frac{H - h}{L}$$

t_c : ο χρόνος συρροής

L: το μέγιστο μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε km

h: το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του χειμάρρου στη διατομή ελέγχου σε m.

H: το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

K, J: τοπογραφικός δείκτης και κατά μήκος κλίση.

Προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα του Πίνακα 18.

Πίνακας 18: Αποτελέσματα της Ορθολογικής μεθόδου κατά Kirpich

T (έτη)	α	β	ε	t_g	i_c (mm/hr)	Q_{max} (m³/s)
2	2,929	0,192	-0,523	2,705	0,878	11,385
10					2,173	28,182
20					3,210	41,640
50					5,378	69,764
100					7,947	103,078
200					11,742	152,301
500					19,672	255,163
1000					29,066	377,012

3.1.8 Εφαρμογή της μεθόδου S.C.S των υδρογραφημάτων

Ο CN₂ εκτιμήθηκε ίσος με 83,9 και αποτελεί τον μέσο όρο των CN των κατηγοριών του πίνακα 13, ανάλογα με το ποσοστό κατανομής τους στην

υδρολογική λεκάνη του χειμαρρου Ξηριά. Το S και I υπολογίστηκαν με τους παρακάτω τύπους.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$I = 0.2 S$$

Τα αποτελέσματα είναι:

CN ₂ =	83,9
S=	49
I=	10

Για την κατασκευή του τριγωνικού υδρογραφήματος της S.C.S. χρειάστηκε να υπολογιστούν οι παρακάτω τιμές.

Πίνακας 19: Βασικές παράμετροι του μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS

χρόνος υστέρησης	$t_L =$	Lg	h
χρόνος ανόδου	$t_A =$	6,249	h
χρόνος καθόδου	$t_R =$	10,44	h
μέγιστη αιχμή απορροής	$Q_s =$	38,16	m ³
διάρκεια απορροϊκής βροχής	$t_N =$	1	h
απορροϊκό ύψος βροχής	$h_N =$	1	cm

Αρχικά ορίζεται ο Πίνακας 20 ως εξής:

Πίνακας 20: Σημεία κατασκευής διαγράμματος

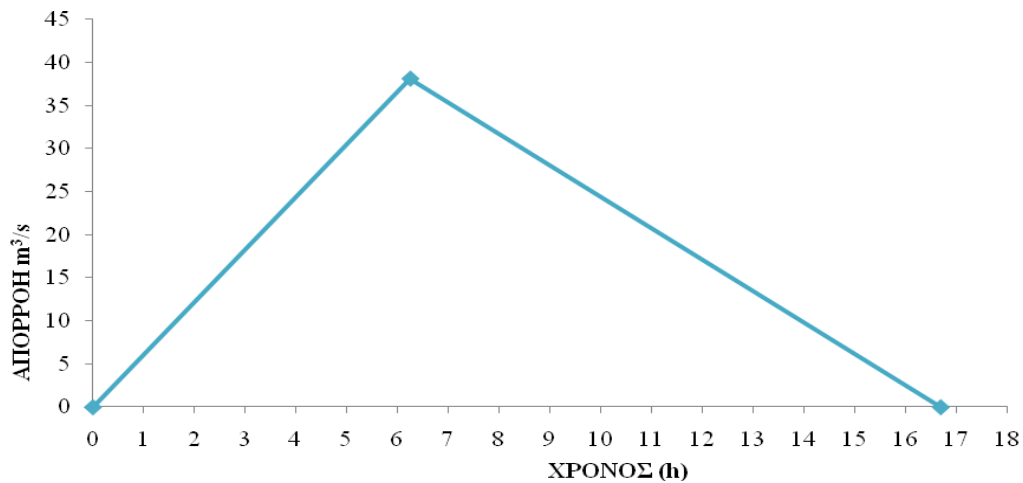
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
0	0
t_A	Q_s
$t_A + t_R$	0

Από τις παραπάνω τιμές προκύπτει ο Πίνακας 21.

Πίνακας 21: Τιμές κατασκευής διαγράμματος

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
0	0
6,429	38,157
16,685	0

Το τριγωνικό υδρογράφημα που προκύπτει από τις παραπάνω τιμές φαίνεται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4: Τριγωνικό υδρογράφημα της μεθόδου S.C.S.

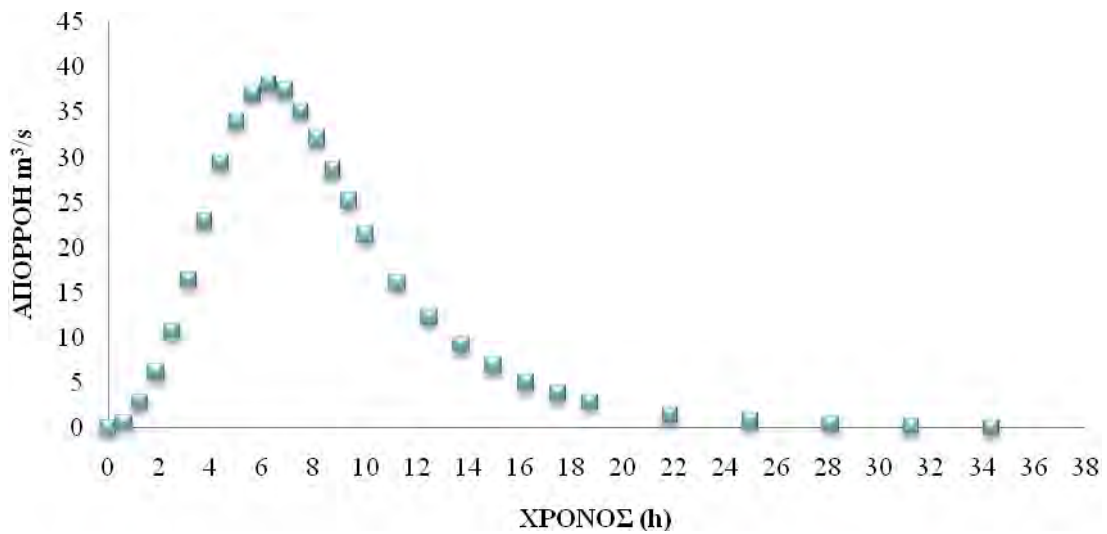
Από τις τιμές που προέκυψαν $Q_s = 38,1573 \text{ m}^3$ και $t_A = 6,24917 \text{ sec}$ υπολογίστηκε το συνθετικό υδρογράφημα της μεθόδου S.C.S.

Πίνακας 22: Τιμές του συνθετικού υδρογραφήματος της S.C.S.

Αδιάστατος Χρόνος td	t_A	Αδιάστατη Απορροή Qd	Τιμές παροχής από απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 cm
0	0	0	0,000
0,1	0,62492	0,015	0,572

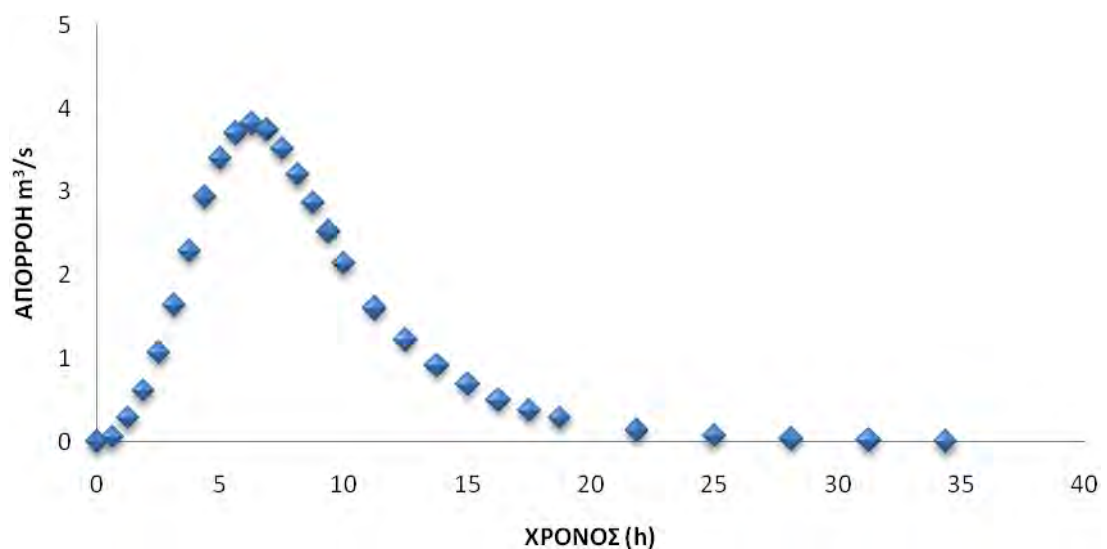
Αδιάστατος Χρόνος t_d	t_A	Αδιάστατη Απορροή Q_d	Τιμές παροχής από απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 cm
0,2	1,24983	0,075	2,862
0,3	1,87475	0,16	6,105
0,4	2,49967	0,28	10,684
0,5	3,12458	0,43	16,408
0,6	3,7495	0,6	22,894
0,7	4,37442	0,77	29,381
0,8	4,99934	0,89	33,960
0,9	5,62425	0,97	37,013
1	6,24917	1	38,157
1,1	6,87409	0,98	37,394
1,2	7,499	0,92	35,105
1,3	8,12392	0,84	32,052
1,4	8,74884	0,75	28,618
1,5	9,37375	0,66	25,184
1,6	9,99867	0,56	21,368
1,8	11,2485	0,42	16,026
2	12,4983	0,32	12,210
2,2	13,7482	0,24	9,158
2,4	14,998	0,18	6,868
2,6	16,2478	0,13	4,960
2,8	17,4977	0,098	3,739
3	18,7475	0,075	2,862
3,5	21,8721	0,036	1,374
4	24,9967	0,018	0,687
4,5	28,1213	0,009	0,343
5	31,2458	0,004	0,153
5,5	34,3704	0	0,000

Από τις τιμές t_A και τις τιμές παροχής από απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 cm προκύπτει το διάγραμμα στο σχήμα 5.



Σχήμα 5: Συνθετικό υδρογράφημα της S.C.S για απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 cm.

Για να γίνει σύγκριση της βροχόπτωσης χρειάζεται να μετατραπεί σε mm βροχής και όχι σε cm, επομένως διαιρούμε με 10. Έτσι προκύπτει το Σχήμα 6.



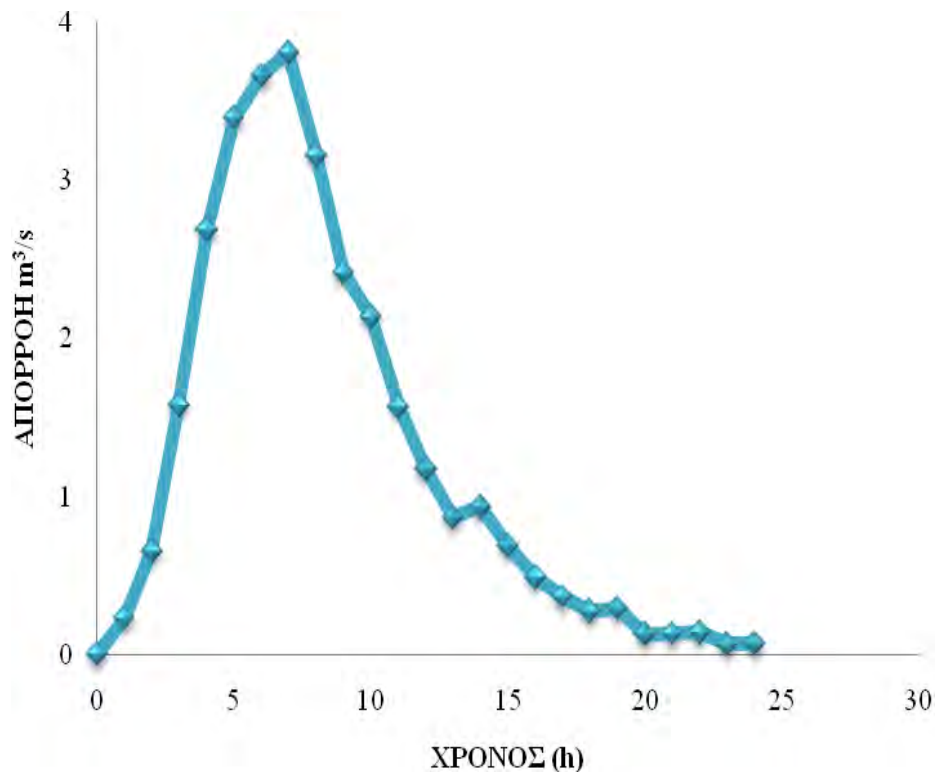
Σχήμα 6: Συνθετικό υδρογράφημα της S.C.S για απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 mm

Για να βρούμε τις τιμές της βροχής σε ακέραια τιμή της ώρας κάνουμε γραμμική παρεμβολή στις τιμές του συνθετικού υδρογραφήματος. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτει ο Πίνακας 23.

Πίνακας 23: Υπολογισμός τιμών με γραμμική παρεμβολή.

A/A	Ωρες	Βροχή (mm)	A/A	Ωρες	Βροχή (mm)
1	0	0,0000	18	17	0,3633
2	1	0,2290	19	18	0,2748
3	2	0,6513	20	19	0,2900
4	3	1,5753	21	20	0,1256
5	4	2,6866	22	21	0,1319
6	5	3,3964	23	22	0,1382
7	6	3,6636	24	23	0,0632
8	7	3,8079	25	24	0,0659
9	8	3,1563	26	25	0,0687
10	9	2,4180	27	26	0,0357
11	10	2,1371	28	27	0,0330
12	11	1,5672	29	28	0,0342
13	12	1,1723	30	29	0,0354
14	13	0,8659	31	30	0,0147
15	14	0,9325	32	31	0,0151
16	15	0,6869	33	32	0,0156
17	16	0,4885	34	33	0,0000
			35	34	0,0000

Από τις παραπάνω τιμές του πίνακα 23, όπου έγινε γραμμική παρεμβολή προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα του Σχήματος 7.

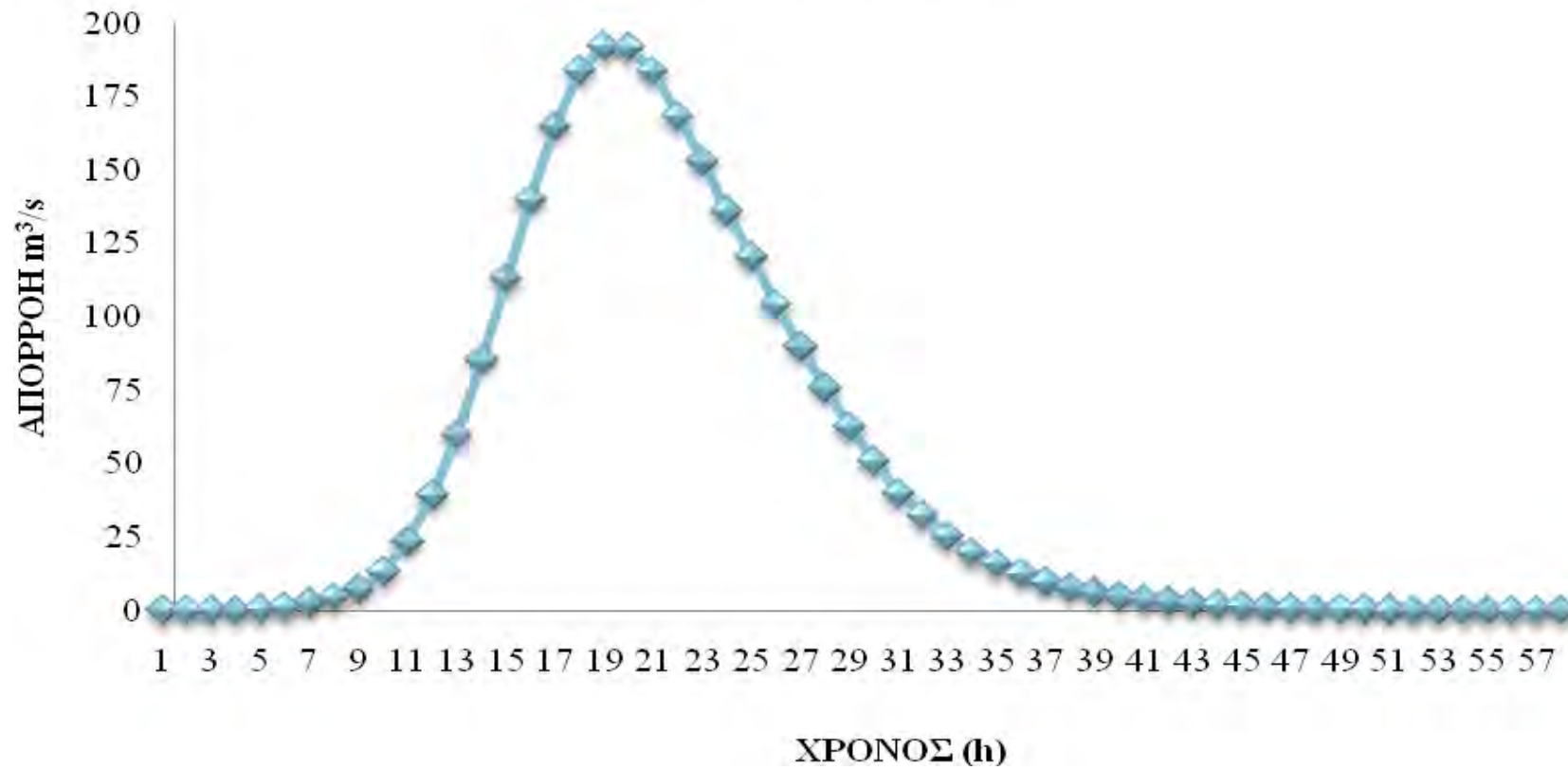


Σχήμα 7: Συνθετικό υδρογράφημα ωριαίων τιμών

χρόνος	ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΒΡΟΧΗΣ	χρόνος 1 mm								
		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	
0	0,00000	0	0	0,42825	0,74727	0,22103	0,17614	2,10991	4,31794	
	0,00	0	0	0,04283	0,07473	0,0221	0,01761	0,21099	0,43179	
1	000	0	0							
2	0,00000	1	0,22897	0						
3	0,09806	2	0,6513	0	0					
4	0,45003	3	1,57534	0	0,09806	0				
5	1,21195	4	2,68663	0	0,27892	0,17111	0			
6	2,51205	5	3,39645	0	0,67464	0,4867	0,05061	0		
7	4,40821	6	3,66358	0	1,15056	1,17721	0,14396	0,04033	0	
8	7,34120	7	3,80791	0	1,45454	2,00764	0,34819	0,11472	0,48312	0
9	13,08567	8	3,15632	0	1,56894	2,53807	0,59382	0,27749	1,37419	0,9887
10	23,38205	9	2,41797	0	1,63075	2,73769	0,75071	0,47323	3,32383	2,81229
11	39,19400	10	2,13709	0	1,3517	2,84554	0,80975	0,59827	5,66855	6,80222
12	59,77686	11	1,5672	0	1,0355	2,35863	0,84165	0,64532	7,16621	11,6007
13	85,42214	12	1,17235	0	0,91521	1,80688	0,69763	0,67074	7,72984	14,6656
14	112,90941	13	0,86594	0	0,67116	1,59699	0,53444	0,55597	8,03435	15,8191
15	139,88876	14	0,93255	0	0,50206	1,17112	0,47236	0,42591	6,65956	16,4423
16	164,84705	15	0,68692	0	0,37084	0,87606	0,34639	0,37644	5,10169	13,6288
17	183,98852	16	0,48848	0	0,39937	0,64709	0,25912	0,27605	4,50907	10,4406
18	192,24628									
19	191,82556									
20	183,65009									
21	168,36744									
22	152,92681									
23	136,08143									
24	120,40155									
25	104,12611									
26	89,62593									

Εικόνα 6. Διάταξη σημείων για την δημιουργία του Υδρογραφήματος.

ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ



Σχήμα 8: Υδρογράφημα S.C.S

3.1.7. Εφαρμογή της μεθόδου SIERRA NEVADA των υδρογραφημάτων

Για την περίπτωση της υδρολογικής λεκάνης του χειμαρρικού ρευματος Ξηριά προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 24: Αποτελέσματα από την εφαρμογή των τύπων της μεθόδου Sierra Nevada.

C=26*Kn=	3,12
S=	0,05214
N=	0,33
L=	28 Km
Lc=	9,784 Km
Lg=	5,74917
D=	1,0453
D=	62,7182 (min)

Το χρονικό βήμα των χρονογραφημάτων είναι μια ώρα και από τους παραπάνω υπολογισμούς βρίσκουμε ότι οι διάρκειες των συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων είναι ακέραια πολλαπλάσια της μιας ώρας. Για την κατασκευή του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της βροχόπτωσης στις 10/12/2009 χρησιμοποιήσαμε το μοναδιαίο υδρογράφημα μιας ώρας.

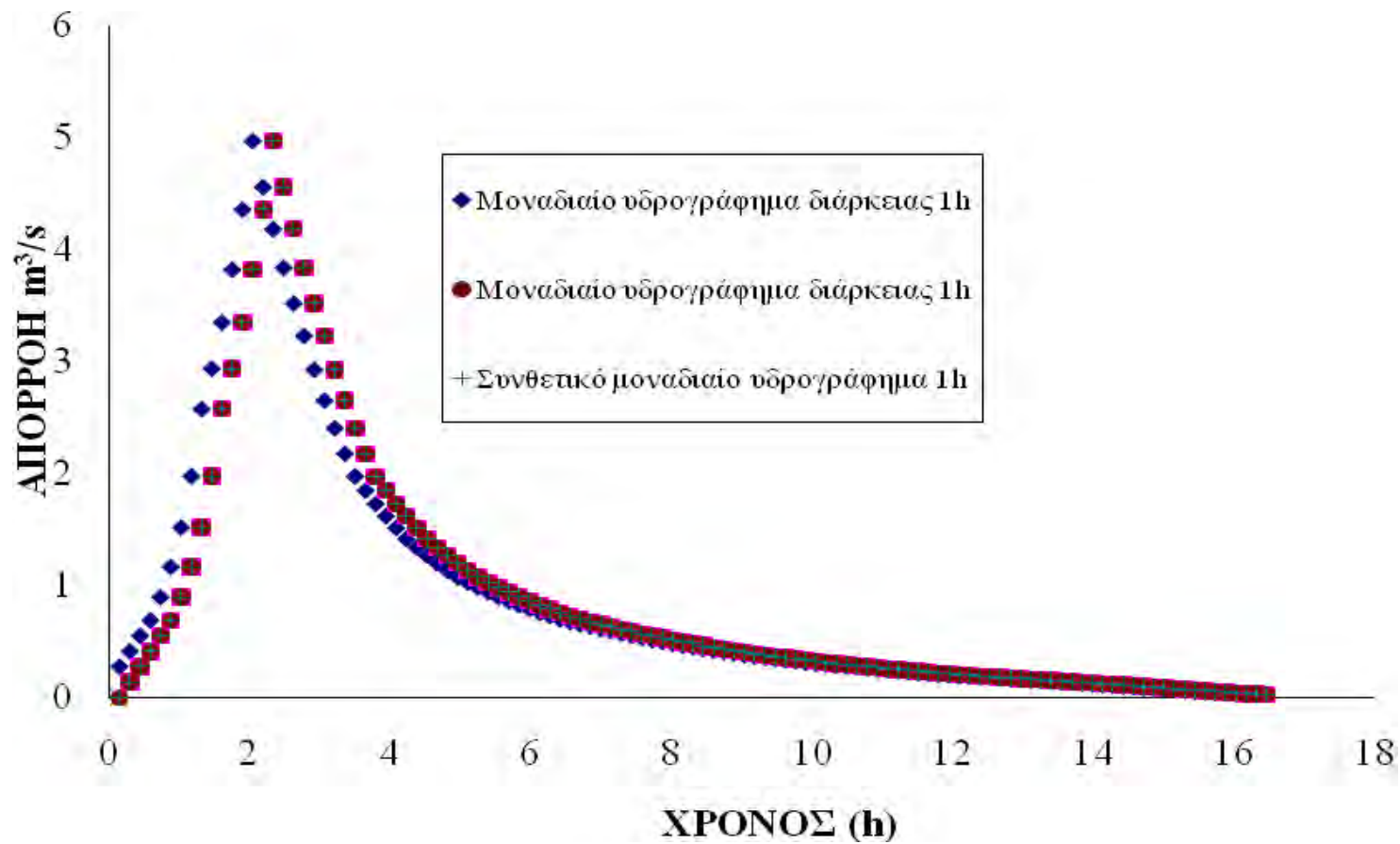
Πίνακας 25: Πίνακας τιμών του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος απορροϊκής βροχής διάρκειας 1 ώρας.

A/A	t _m (ώρες)	Διάρκεια 1 ώρας Q _m (1mm)	Διάρκεια 1 ώρας Q _m (1mm)	A/A	t _m (ώρες)	Διάρκεια 1 ώρας Q _m (1mm)	Διάρκεια 1 ώρας Q _m (1mm)
1	0,146	0,137	0,000	58	8,451	0,446	0,461
2	0,291	0,275	0,137	59	8,597	0,434	0,446
3	0,437	0,412	0,275	60	8,743	0,419	0,434

A/A	t_m (ώρες)	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)	A/A	t_m (ώρες)	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)
4	0,583	0,550	0,412	61	8,888	0,406	0,419
5	0,729	0,687	0,550	62	9,034	0,391	0,406
6	0,874	0,895	0,687	63	9,180	0,376	0,391
7	1,020	1,165	0,895	64	9,326	0,366	0,376
8	1,166	1,516	1,165	65	9,471	0,353	0,366
9	1,311	1,975	1,516	66	9,617	0,343	0,353
10	1,457	2,574	1,975	67	9,763	0,332	0,343
11	1,603	2,935	2,574	68	9,908	0,321	0,332
12	1,749	3,348	2,935	69	10,054	0,311	0,321
13	1,894	3,817	3,348	70	10,200	0,300	0,311
14	2,040	4,354	3,817	71	10,346	0,292	0,300
15	2,186	4,966	4,354	72	10,491	0,283	0,292
16	2,331	4,555	4,966	73	10,637	0,275	0,283
17	2,477	4,181	4,555	74	10,783	0,266	0,275
18	2,623	3,834	4,181	75	10,928	0,258	0,266
19	2,769	3,517	3,834	76	11,074	0,250	0,258
20	2,914	3,227	3,517	77	11,220	0,241	0,250
21	3,060	2,925	3,227	78	11,365	0,235	0,241
22	3,206	2,650	2,925	79	11,511	0,224	0,235
23	3,351	2,402	2,650	80	11,657	0,218	0,224
24	3,497	2,176	2,402	81	11,803	0,211	0,218
25	3,643	1,973	2,176	82	11,948	0,203	0,211
26	3,788	1,846	1,973	83	12,094	0,197	0,203
27	3,934	1,728	1,846	84	12,240	0,190	0,197
28	4,080	1,618	1,728	85	12,385	0,184	0,190
29	4,226	1,512	1,618	86	12,531	0,178	0,184
30	4,371	1,415	1,512	87	12,677	0,173	0,178
31	4,517	1,339	1,415	88	12,823	0,169	0,173
32	4,663	1,267	1,339	89	12,968	0,163	0,169
33	4,808	1,199	1,267	90	13,114	0,159	0,163
34	4,954	1,134	1,199	91	13,260	0,152	0,159
35	5,100	1,072	1,134	92	13,405	0,146	0,152
36	5,246	1,026	1,072	93	13,551	0,140	0,146
37	5,391	0,979	1,026	94	13,697	0,133	0,140
38	5,537	0,937	0,979	95	13,843	0,129	0,133
39	5,683	0,897	0,937	96	13,988	0,123	0,129
40	5,828	0,859	0,897	97	14,134	0,116	0,123
41	5,974	0,823	0,859	98	14,280	0,110	0,116

A/A	t_m (ώρες)	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)	A/A	t_m (ώρες)	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)
42	6,120	0,789	0,823	99	14,425	0,104	0,110
43	6,266	0,757	0,789	100	14,571	0,097	0,104
44	6,411	0,728	0,757	101	14,717	0,091	0,097
45	6,557	0,698	0,728	102	14,863	0,085	0,091
46	6,703	0,673	0,698	103	15,008	0,080	0,085
47	6,848	0,651	0,673	104	15,154	0,072	0,080
48	6,994	0,630	0,651	105	15,300	0,066	0,072
49	7,140	0,609	0,630	106	15,445	0,059	0,066
50	7,286	0,590	0,609	107	15,591	0,053	0,059
51	7,431	0,569	0,590	108	15,737	0,047	0,053
52	7,577	0,550	0,569	109	15,883	0,040	0,047
53	7,723	0,529	0,550	110	16,028	0,034	0,040
54	7,868	0,510	0,529	111	16,174	0,030	0,034
55	8,014	0,493	0,510	112	16,320	0,027	0,030
56	8,160	0,478	0,493	113	16,465		0,027
57	8,306	0,461	0,478	114			

Από τον Πίνακα 25 προκύπτει το διάγραμμα στο σχήμα 9 το οποίο απεικονίζει το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα απορροϊκής βροχόπτωσης διάρκειας 1 ώρας.



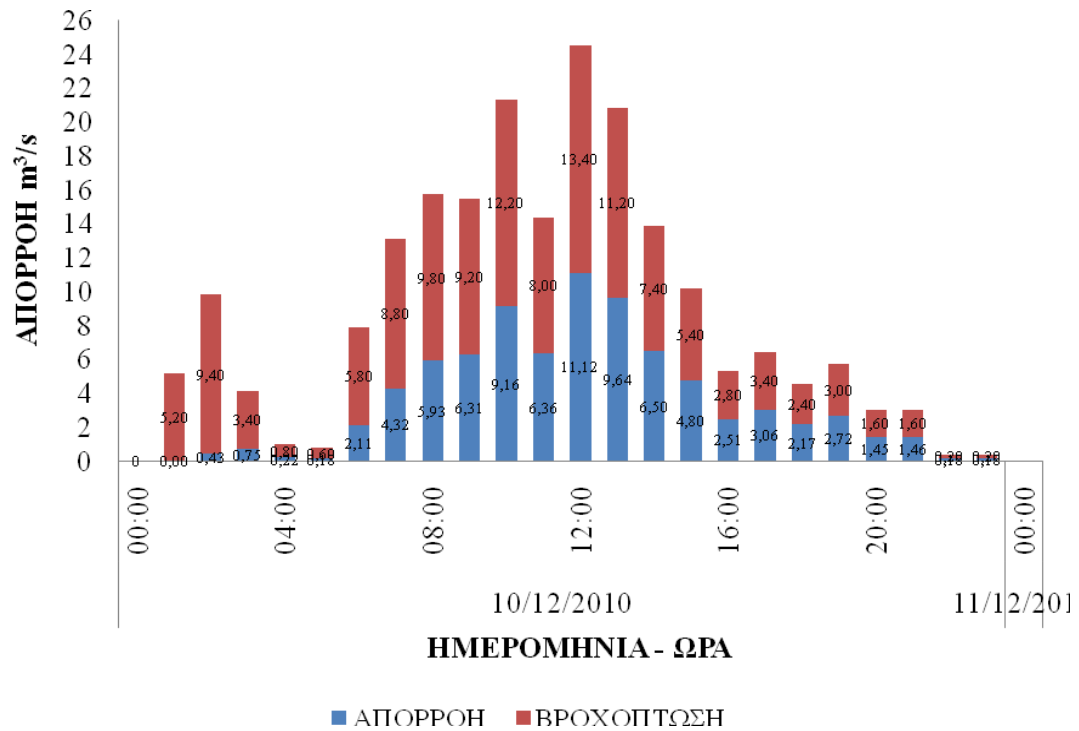
Σχήμα 9: Συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα διάρκειας απορροϊκής βροχής διάρκειας 1 ώρας.

Σύμφωνα με την μέθοδο απορροϊκού συντελεστή CN η εκτίμηση της απορροϊκής βροχόπτωσης της 10^{ης} Δεκεμβρίου 2010, δίνεται στον Πίνακα 26.

Πίνακας 26: Προσδιορισμός απορροϊκών τιμών.

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - I	(P-I)²	(P-I)+S	Q	Q₁ -Q₂
0	0	0,000	0,00	49,00	0,00	0,00
5,2	5,2	0,000	0,00	49,00	0,00	0,00
9,4	14,6	4,600	21,16	53,60	0,39	0,39
3,4	18	8,000	64,00	57,00	1,12	0,73
0,8	18,8	8,800	77,44	57,80	1,34	0,22
0,6	19,4	9,400	88,36	58,40	1,51	0,17
5,8	25,2	15,200	231,04	64,20	3,60	2,09
8,8	34	24,000	576,00	73,00	7,89	4,29
9,8	43,8	33,800	1142,44	82,80	13,80	5,91
9,2	53	43,000	1849,00	92,00	20,10	6,30
12,2	65,2	55,200	3047,04	104,20	29,24	9,14
8	73,2	63,200	3994,24	112,20	35,60	6,36
13,4	86,6	76,600	5867,56	125,60	46,72	11,12
11,2	97,8	87,800	7708,84	136,80	56,35	9,63
7,4	105,2	95,200	9063,04	144,20	62,85	6,50
5,4	110,6	100,600	10120,36	149,60	67,65	4,80
2,8	113,4	103,400	10691,56	152,40	70,15	2,51
3,4	116,8	106,800	11406,24	155,80	73,21	3,06
2,4	119,2	109,200	11924,64	158,20	75,38	2,17
3	122,2	112,200	12588,84	161,20	78,09	2,72
1,6	123,8	113,800	12950,44	162,80	79,55	1,45
1,6	125,4	115,400	13317,16	164,40	81,00	1,46
0,2	125,6	115,600	13363,36	164,60	81,19	0,18
0,2	125,8	115,800	13409,64	164,80	81,37	0,18
0,6	126,4	116,400	13548,96	165,40	81,92	0,55
126,4						

Το ύψος της βροχόπτωσης και της απορροής ανά μια ώρα δίνεται γραφικά στο Σχήμα 10.

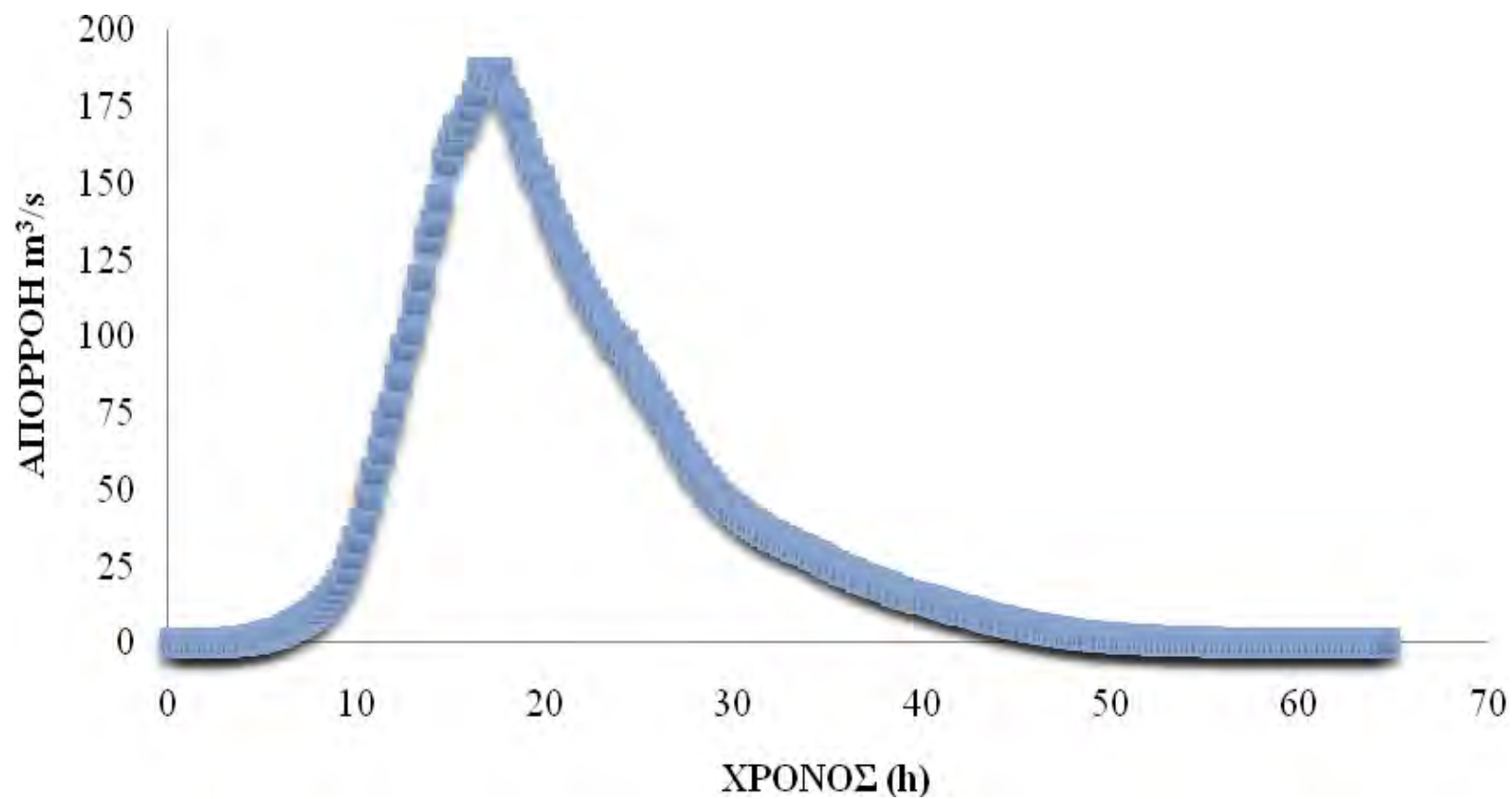


Σχήμα 10: Διάγραμμα βροχόπτωσης – απορροής.

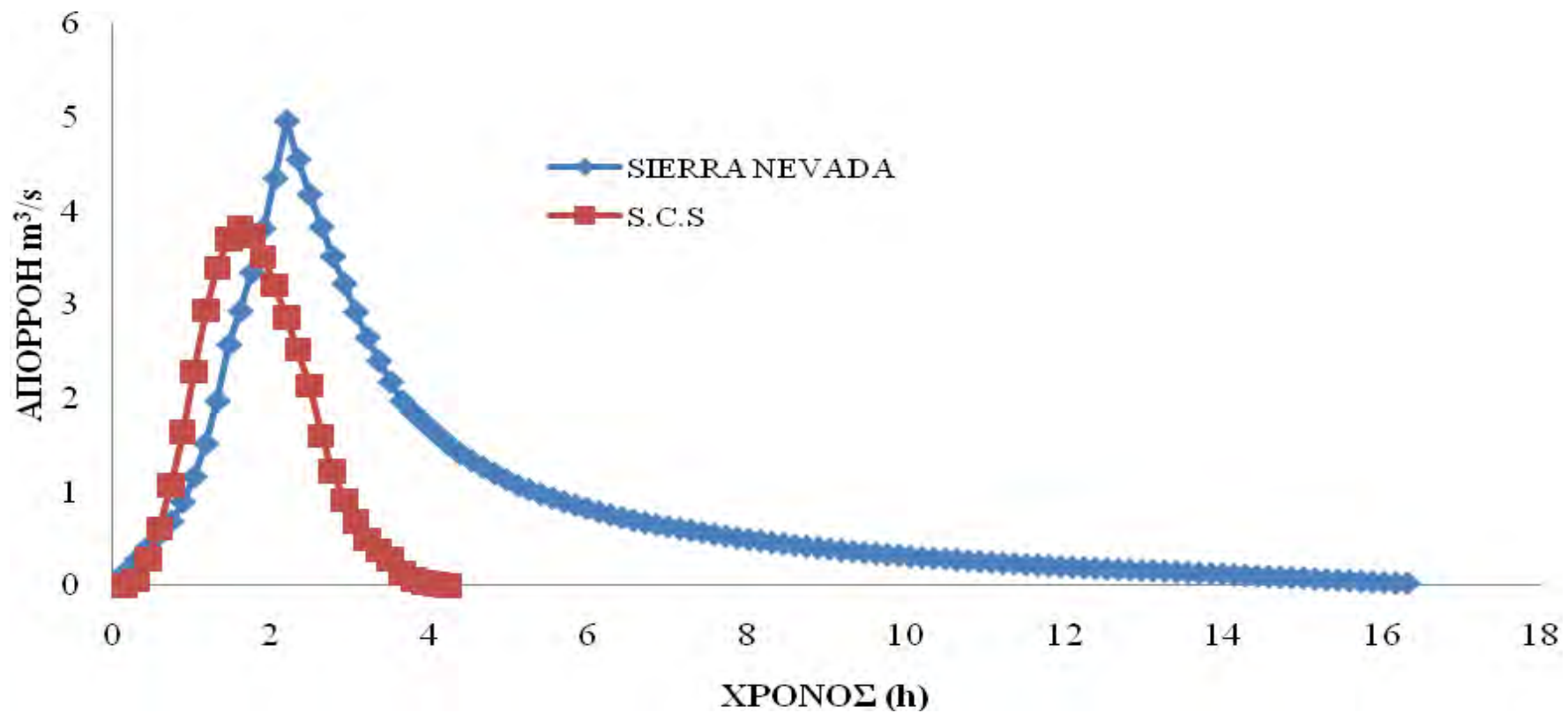
χρόνος	1mm	ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΒΡΟΧΗΣ
0	0	
0,313591	0,137464	0
0,627182	0,274928	0
0,940773	0,412392	0
1,254364	0,549856	0
1,567955	0,68732	0
1,881546	0,894574	0
2,195138	1,165272	0,058869371
2,508729	1,516334	0,117738742
2,82232	1,975253	0,176608113
3,135911	2,57375	0,235477483
3,449502	2,935387	0,397069861
3,763093	3,347779	0,588549766
4,076684	3,817271	0,807200149
4,390275	4,354439	1,090649777
4,703866	4,965625	1,420289219
5,017457	4,555348	1,861855396
5,331048	4,181023	2,273609279
5,644639	3,83419	2,767152995
5,958231	3,516965	3,381173564
6,271822	3,227233	4,432539553
6,585413	2,924812	5,356367338
6,899004	2,649884	5,916811147
7,212595	2,402449	7,170908632
7,526186	2,176162	8,449154156
7,839777	1,973138	9,972858025
8,153368	1,846248	11,73086706
8,466959	1,727818	13,65310434
8,78055	1,617846	16,16187483
9,094141	1,512105	19,05728138

22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00
		0,00000	0,00000	0,42825	0,74727	0,22103	0,17614	2,10991	4,31794
χρόνος	1mm								
0	0								
0,313591	0,137464								
0,627182	0,274928								
0,940773	0,412392		0						
1,254364	0,549856		0						
1,567955	0,68732		0						
1,881546	0,894574		0	0					
2,195138	1,165272		0	0,058869					
2,508729	1,516334		0	0,117739					
2,82232	1,975253		0	0,176608					
3,135911	2,57375		0	0,235477	0				
3,449502	2,935387		0	0,294347	0,102723				
3,763093	3,347779		0	0,383104	0,205446				
4,076684	3,817271		0	0,499031	0,308169	0			
4,390275	4,354439		0	0,649374	0,410892	0,030383			
4,703866	4,965625		0	0,845908	0,513615	0,060767			
5,017457	4,555348		0	1,102216	0,66849	0,09115	0		
5,331048	4,181023		0	1,257087	0,870775	0,121533	0,024214		
5,644639	3,83419		0	1,433696	1,133114	0,151917	0,048427		
5,958231	3,516965		0	1,634757	1,476051	0,197725	0,072641	0	
6,271822	3,227233		0	1,864801	1,923291	0,257557	0,096854	0,290037	
6,585413	2,924812		0	2,126543	2,193531	0,335151	0,121068	0,580074	
6,899004	2,649884		0	1,95084	2,5017	0,436585	0,157574	0,870111	0
7,212595	2,402449		0	1,790535	2,852539	0,568869	0,205256	1,160149	0,593561
7,526186	2,176162		0	1,642003	3,253949	0,6488	0,267094	1,450186	1,187123

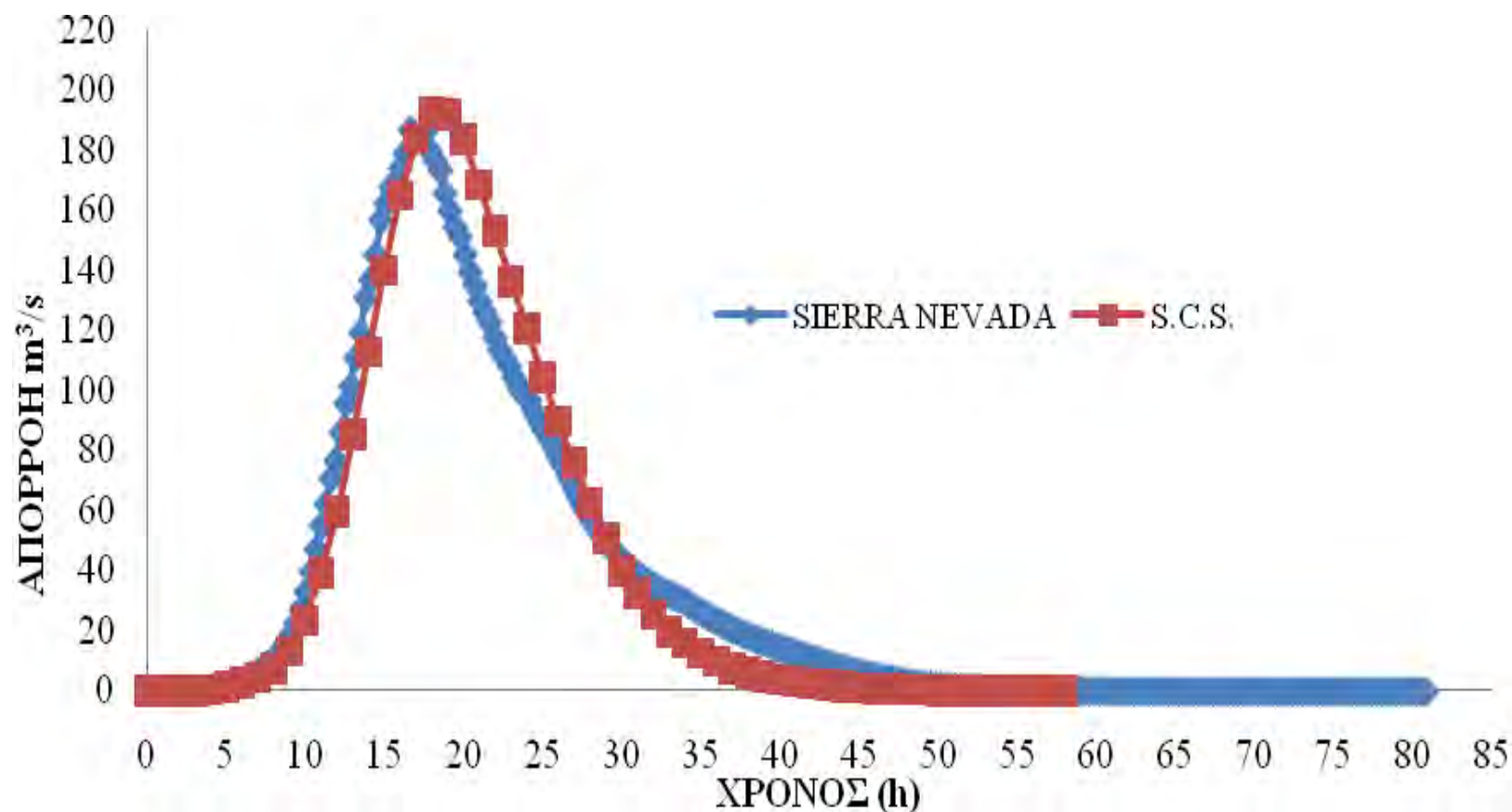
Εικόνα 7. Διάταξη σημείων για την δημιουργία Υδρογραφήματος.



Σχήμα 11: Υδρογράφημα Sierra Nevada.



Σχήμα 12: Μοναδιαία υδρογραφήματα



Σχήμα 13: Υδρογραφήματα.

3.2.Γεωμορφολογικά, υδρογραφικά, γεωλογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κραυσίδωνα και βλάστηση – χρήσεις γης.

3.2.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κραυσίδωνα.

Με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Πρόγραμμα ARC – GIS 9.3) δοκιμαστική άδεια του οποίου μας παρείχε ο κ. Άδωνις Κοντός, Πρόεδρος της Marathon Data Systems, εξαγάγαμε τα γεωμορφολογικά στοιχεία της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κραυσίδωνα (Πίν. 27), τα οποία ήταν ιδιαίτερα χρήσιμα για την διερεύνηση των υδρολογικών χαρακτηριστικών του και των πλημμυρικών φαινομένων που προκλήθηκαν στα τέλη του 2009.

Πίνακας 27: Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά λεκάνης χειμάρρου Κραυσίδωνα.

<i>A/A</i>	<i>Χαρακτηριστικά λεκάνης χειμάρρου Κραυσίδωνα</i>	
1	<i>Έκταση Λεκάνης Απορροής (E)</i>	<i>17,037 Km²</i>
2	<i>Μήκος Υδροκρίτη (U)</i>	<i>19 Km</i>
3	<i>Μέση Κλίση Λεκάνης (J_l)</i>	<i>31,86%</i>
4	<i>Ελάχιστο Υψόμετρο (H_{min})</i>	<i>120 m</i>
5	<i>Μέγιστο Υψόμετρο (H_{max})</i>	<i>1500 m</i>
6	<i>Μέσο Υψόμετρο (H_{med})</i>	<i>747,29 m</i>
7	<i>Μήκος Κεντρικής Κοίτης (L)</i>	<i>13,32 Km</i>
8	<i>Μέση Κλίση Κοίτης (J_k)</i>	<i>10,36%</i>

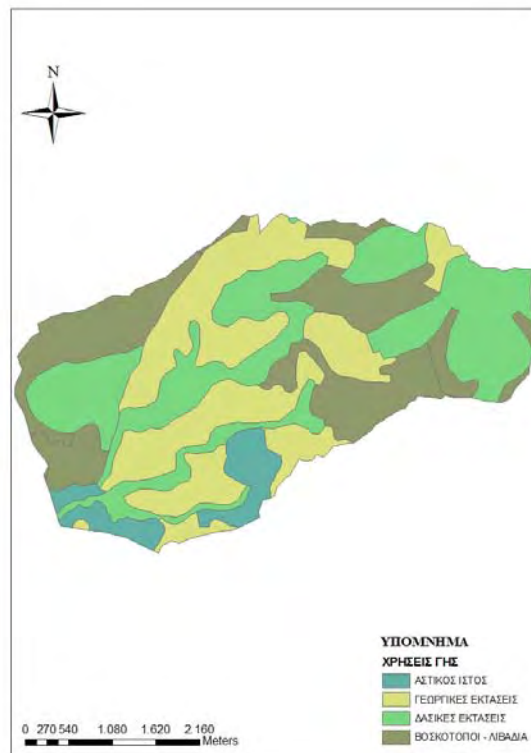
3.2.2 Η βλάστηση – χρήσεις γης στην περιοχή του χειμάρρου Κραυσίδωνα.

Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου Κραυσίδωνα καλύπτεται ομοιόμορφα σχεδόν κατανεμημένα σε γεωργικές καλλιέργειες, βοσκοτόπους – λιβάδια και σε δασικές εκτάσεις. Ενώ μικρό ποσοστό κατέχει και ο οικισμός του άνω

Βόλου, ακόμα σε αυτήν την λεκάνη απορροής δεν υπάρχουν ούτε δενδροκομικές εκτάσεις, ούτε βιομηχανικές – εμπορικές ζώνες. Ποσοστιαία οι χρήσεις γης αναφέρονται στον Πίνακα 28.

Πίνακας 28: Βλάστηση - Μορφές χρήσεων γης χειμάρρου Κραυσίδαωνα.

Α/Α	ΒΛΑΣΤΗΣΗ - ΜΟΡΦΕΣ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
1	Γεωργικές Καλλιέργειες	5,425	31,84%
2	Δενδροκομικές Καλλιέργειες	0,000	0,00%
3	Βοσκότοποι - Λιβάδια	4,578	26,87%
4	Δασικές εκτάσεις	5,991	35,16%
5	Αστικός Ιστός	1,043	6,12%
6	Βιομηχανικές - Εμπορικές Ζώνες	0,000	0,00%
Σύνολο		17,037	100,00%



Εικόνα 7: Χάρτης χρήσεων γης χειμάρρου Κραυσίδαωνα.

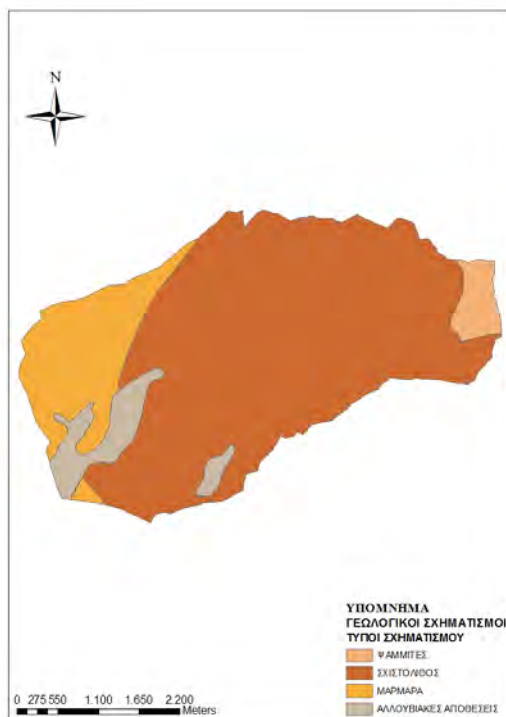
3.2.3 Γεωλογικά χαρακτηριστικά χειμάρρου Κραυσίδωνα.

Με βάση τους γεωλογικούς χάρτες της περιοχής που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων καθώς επίσης με την βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, αλλά και με την διασταύρωση με επιτόπια έρευνα, βρέθηκαν τα εξής:

Το έδαφος εμφανίζει μεγάλο ποσοστό (80%) σε σχιστόλιθο. Ο σχιστόλιθος παρουσιάζει μεγάλη διεισδυτικότητα, λόγω των κατακόρυφων στρώσεων που παρουσιάζει, το γεγονός αυτό ενισχύεται από την παρουσία των γεωργικών καλλιεργειών και των δασικών εκτάσεων. Στον Πίνακα 29 αναφέρονται αναλυτικά οι πετρολογικοί σχηματισμοί τόσο σε έκταση, όσο και σε ποσοστιαίες τιμές .

Πίνακας 29: Παρουσίαση γεωλογικών σχηματισμών χειμάρρου Κραυσίδωνα.

A/A	ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (Km²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ
1	ΨΑΜΜΙΤΕΣ	0,537	3,74%
2	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	12,730	88,53%
3	ΜΑΡΜΑΡΑ	0,078	0,55%
4	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ	1,033	7,19%
ΣΥΝΟΛΟ		14,380	100%



Εικόνα 8: Χάρτης γεωλογικών σχηματισμών χειμάρρου Κρασιδίωνα.

3.2.4 Συνδυασμός γεωλογικών σχηματισμών – χρήσεις γης χειμάρρου Κρασιδίωνα.

Ο Πίνακας 30 μας δείχνει την κατανομή ποσοστιαία των διαφόρων συνδυασμών των γεωλογικών σχηματισμών – χρήσεων γης. Ο παρακάτω πίνακας αξιοποιήθηκε στον υπολογισμό του συντελεστή CN (Curve number).

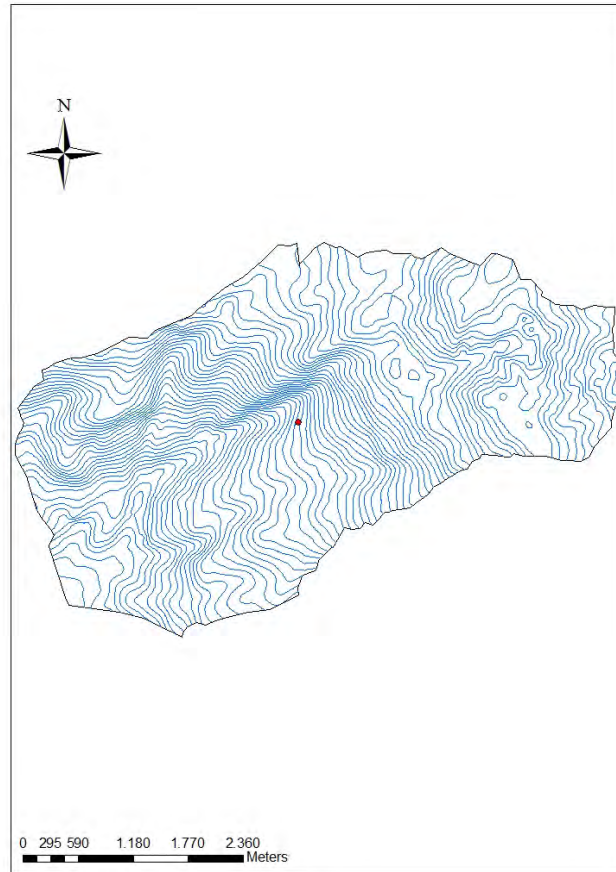
Πίνακας 30: Συνδυασμός Γεωλογικών σχηματισμών - Χρήσεις γης

A/A	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (%)	ΤΙΜΕΣ	CN _{II}
1	ΨΑΜΜΙΤΕΣ - ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	0,464	2,72%	66	1,80
2	ΨΑΜΜΙΤΕΣ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ ΛΙΒΑΔΙΑ	0,072	0,42%	69	0,29
3	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	0,816	4,79%	98	4,69

Α/Α	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (%)	ΤΙΜΕΣ	CN _{II}
4	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	5,057	29,68%	86	25,53
5	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	4,228	24,82%	79	19,61
6	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ ΛΙΒΑΔΙΑ	2,643	15,51%	86	13,34
7	ΜΑΡΜΑΡΑ - ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	0,056	0,33%	98	0,32
8	ΜΑΡΜΑΡΑ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0,034	0,20%	78	0,15
9	ΜΑΡΜΑΡΑ - ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	1,025	6,02%	77	4,63
10	ΜΑΡΜΑΡΑ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ ΛΙΒΑΔΙΑ	1,609	9,45%	75	7,08
11	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	0,199	1,17%	98	1,14
12	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0,332	1,95%	81	1,58
13	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	0,263	1,54%	79	1,22
14	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ ΛΙΒΑΔΙΑ	0,240	1,41%	84	1,18
ΣΥΝΟΛΟ		17,036	100,00%	CN_{II}	82,6

3.2.5 Το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κραυσίδανα.

Επειδή οι κλίσεις που επικρατούν στις επιφάνειες των λεκανών απορροής του χειμάρρου παρουσιάζουν έντονες εναλλαγές, υπολογίζουμε μια μέση κλίση. Η κλίση αυτή της λεκάνης αποτελεί ένα δείκτη για το δυναμικό της περιοχής. Για τον χειμάρρο Κραυσίδανα η μέση κλίση είναι περίπου ίση με 31,86 % και σύμφωνα με τον κανονισμό εκπόνησης μελετών διευθέτησης των χειμαρρικών ρευμάτων του υπουργείου Γεωργίας, το ρεύμα κατατάσσεται στη κατηγορία των “ελαφρώς απότομων” εδαφών. Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται έντονο, με αποτέλεσμα την ταχύτατη επιφανειακή απορροή των υδάτων και τη δημιουργία έντονων πλημμυρικών φαινομένων.



Εικόνα 9: Χάρτης ισοϋψών - κέντρου βάρους λεκάνης χειμάρρου Κραυσίδωνα.

3.2.6 Μέθοδος Fuller

Από τον τύπο

$$Q_{\max} = Q_1 \cdot (1 + \beta \log_{10} T) \cdot \left(1 + \frac{2.66}{F^{0.30}}\right)$$

Προκύπτουν τα αποτελέσματα στον Πίνακα 31.

Πίνακας 31: Αποτελέσματα Fuller

Όνομασία	F (km ²)	Q ₁ =1,80F ^{0,8}	T	(1+β logT)	1+2,66/F ^{0,3}	Q _{max} (m ³ /s)
ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ	17,037	17,394	2	1,241	2,136	46,105
			10	1,800		66,882
			20	2,041		75,830
			50	2,359		87,658
			100	2,600		96,607
			200	2,841		105,555
			500	3,159		117,384
			1000	3,400		126,332

3.1.2.7 Ορθολογική μέθοδος

Κατά Giandotti

Αφού γίνουν οι αντικαταστάσεις στον τύπο

$$tc = \frac{4\sqrt{F} + 1,5L}{0,8\sqrt{Hm - h}}$$

Όπου:

T_c : Ο χρόνος συρροής ή χρόνος συγκέντρωσης εκφρασμένος σε hr.

F : Η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής σε Km²

L : Το μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε Km.

h : Το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του υδατορεύματος στη διατομή ελέγχου σε m.

H : Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

Ο τύπος υπολογισμού της έντασης i αποδίδεται από την σχέση

$$i = \exp(a \ln T^\beta) * t^c \quad (\text{Καραβοκύρης 2003})$$

Όπου

T : έτη

t : χρόνος συρροής

Προκύπτουν αποτελέσματα του Πίνακα 32

Πίνακας 32: Αποτελέσματα της Ορθολογικής μεθόδου κατά Giandotti

T (έτη)	α	β	c	t_g	i_c (mm/hr)	Q_{max} (m³/s)
2	2,929	0,192	-0,523	1,821	1,080	2,608
10					2,672	6,455
20					3,949	9,538
50					6,615	15,980
100					9,774	23,610
200					14,442	34,885
500					24,196	58,446
1000					35,751	86,356

Κατά Kirpich

Αφού γίνουν οι αντικαταστάσεις στους τύπους

$$t_c = 4 K^{0.77}$$

όπου

$$K = \frac{L}{\sqrt{J}}$$

και

$$J = \frac{H - h}{L}$$

t_c : ο χρόνος συρροής

L: το μέγιστο μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε km

h: το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του χειμάρρου στη διατομή ελέγχου σε m.

H: το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

K, J: τοπογραφικός δείκτης και κατά μήκος κλίση.

Προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 33.

Πίνακας 33: Αποτελέσματα της Ορθολογικής μεθόδου κατά Kirpich

T (έτη)	α	β	c	t_g	i_c (mm/hr)	Q_{max} (m³/s)
2	2,929	0,192	-0,523	1,172	1,360	3,285
10					3,366	8,131
20					4,974	12,014
50					8,333	20,128
100					12,312	29,740
200					18,192	43,942
500					30,478	73,620
1000					45,032	108,775

3.2.8 Μέθοδος S.C.S

Ο CN₂ εκτιμήθηκε ίσος με 82,6 και αποτελεί τον μέσο όρο των CN των κατηγοριών του Πίνακα 30 , ανάλογα με το ποσοστό κατανομής τους στην υδρολογική λεκάνη του χειμάρρου Ξηριά. Το S και I υπολογίστηκαν με τους παρακάτω τύπους.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$I = 0.2 S$$

Τα αποτελέσματα είναι:

CN ₂ =	82,6
S=	54
I=	11

Για την κατασκευή του τριγωνικού υδρογραφήματος της S.C.S. χρειάστηκε να υπολογιστούν οι τιμές του Πίνακα 34 .

Πίνακας 34: Βασικές παράμετροι του μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS

χρόνος υστέρησης	$t_L = Lg \quad h$
χρόνος ανόδου	$t_A = 3,334 \quad h$
χρόνος καθόδου	$t_R = 5,568 \quad h$
μέγιστη αιχμή απορροής	$Q_s = 10,63 \quad m^3$
διάρκεια απορροϊκής βροχής	$t_N = 1 \quad h$
απορροϊκό ύψος βροχής	$h_N = 1 \quad cm$

Αρχικά ορίζεται ο Πίνακας 35 ως εξής:

Πίνακας 35: Σημεία κατασκευής διαγράμματος

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
0	0
t_A	Q_s
t_A+t_R	0

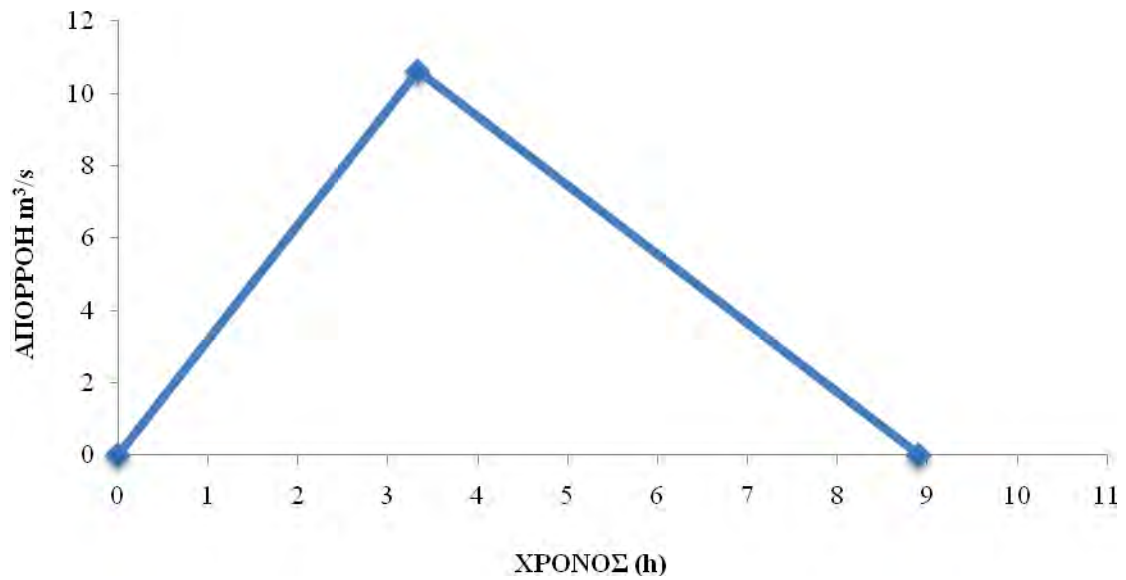
Με αντικατάσταση των τιμών του Πίνακα 35 προκύπτει ο Πίνακας 36.

Πίνακας 36: Τιμές κατασκευής διαγράμματος

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
0	0

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
3,334	10,628
8,902	0

Το τριγωνικό υδρογράφημα που προκύπτει από τις παραπάνω τιμές (Πίνακας 35) φαίνεται στο Σχήμα 14.



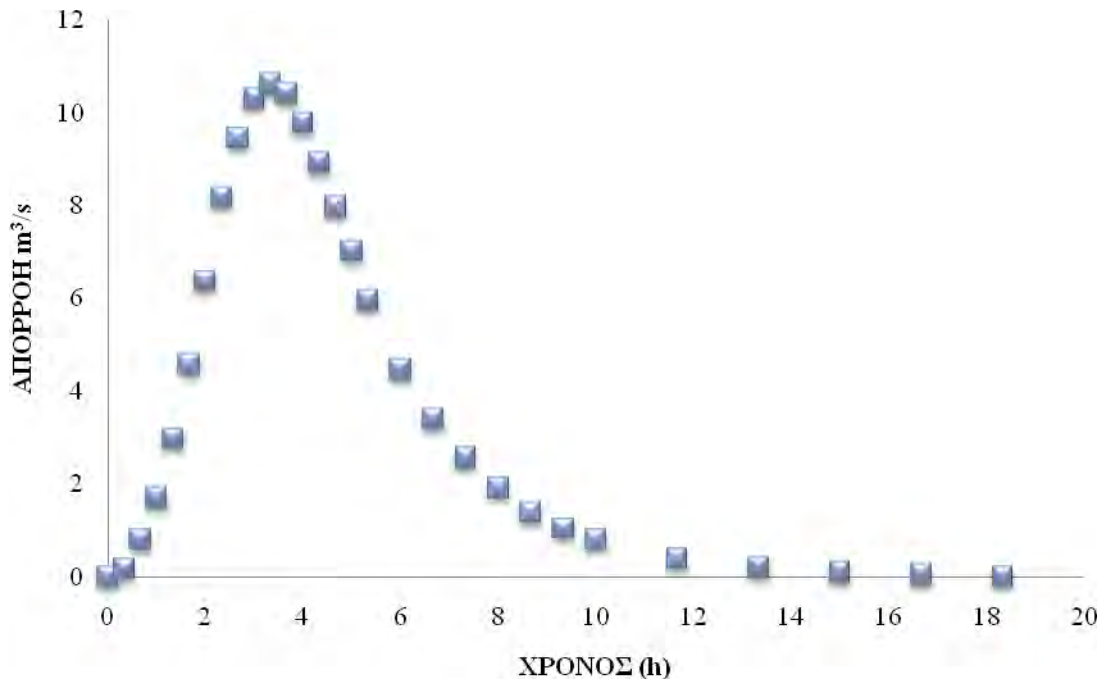
Σχήμα 14: Τριγωνικό υδρογράφημα της μεθόδου S.C.S.

Από τις τιμές που προέκυψαν $Q_s = 10,628 \text{ m}^3$ και $t_A = 3,334 \text{ sec}$ υπολογίστηκε το συνθετικό υδρογράφημα της μεθόδου S.C.S.

Πίνακας 37: Τιμές του συνθετικού υδρογραφήματος της S.C.S.

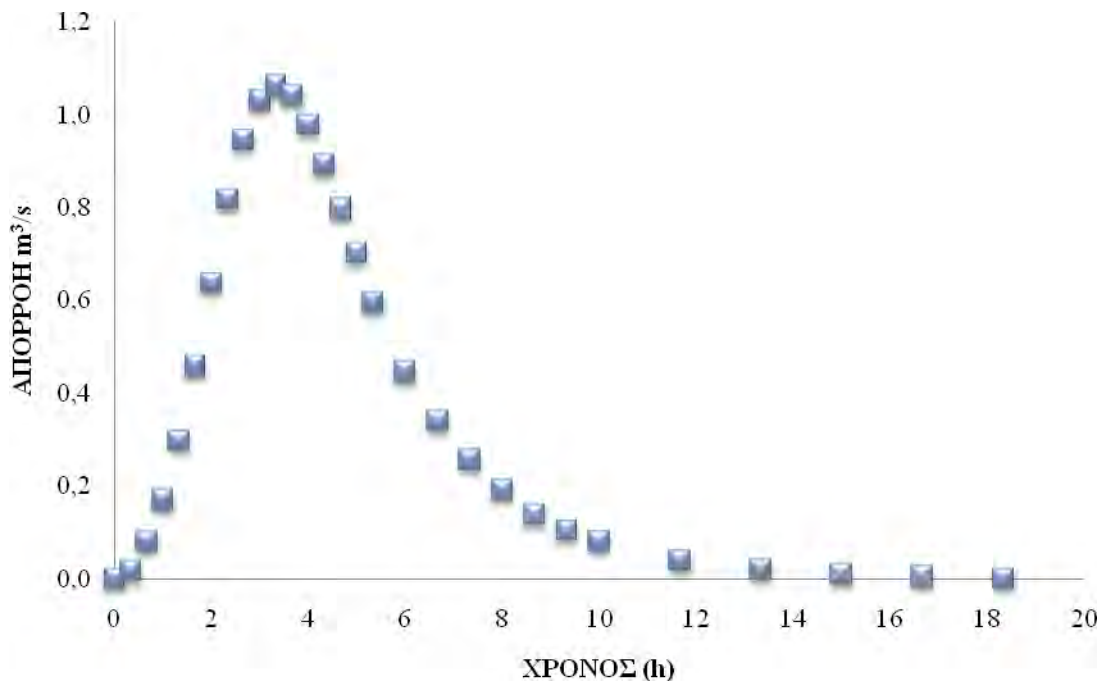
Αδιάστατος Χρόνος td	t_A	Αδιάστατη Απορροή Qd	Τιμές παροχής από απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 cm
0	0	0	0,000
0,1	0,33343	0,015	0,159
0,2	0,66686	0,075	0,797
0,3	1,00029	0,16	1,700
0,4	1,33372	0,28	2,976
0,5	1,66715	0,43	4,570
0,6	2,00058	0,6	6,377
0,7	2,33401	0,77	8,184
0,8	2,66744	0,89	9,459
0,9	3,00087	0,97	10,309
1	3,3343	1	10,628
1,1	3,66773	0,98	10,415
1,2	4,00116	0,92	9,778
1,3	4,33459	0,84	8,928
1,4	4,66802	0,75	7,971
1,5	5,00145	0,66	7,014
1,6	5,33488	0,56	5,952
1,8	6,00174	0,42	4,464
2	6,6686	0,32	3,401
2,2	7,33546	0,24	2,551
2,4	8,00232	0,18	1,913
2,6	8,66918	0,13	1,382
2,8	9,33604	0,098	1,042
3	10,0029	0,075	0,797
3,5	11,6701	0,036	0,383
4	13,3372	0,018	0,191
4,5	15,0044	0,009	0,096
5	16,6715	0,004	0,043
5,5	18,3387	0	0,000

Από τις τιμές t_A και τις τιμές παροχής από απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 cm προκύπτει το διάγραμμα στο Σχήμα 15.



Σχήμα 15: Συνθετικό υδρογράφημα της S.C.S για απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 cm.

Για να γίνει σύγκριση της βροχόπτωσης χρειάζεται να μετατραπεί σε mm βροχής και όχι σε cm, επομένως διαιρούμε με 10. Έτσι προκύπτει το Σχήμα 16.



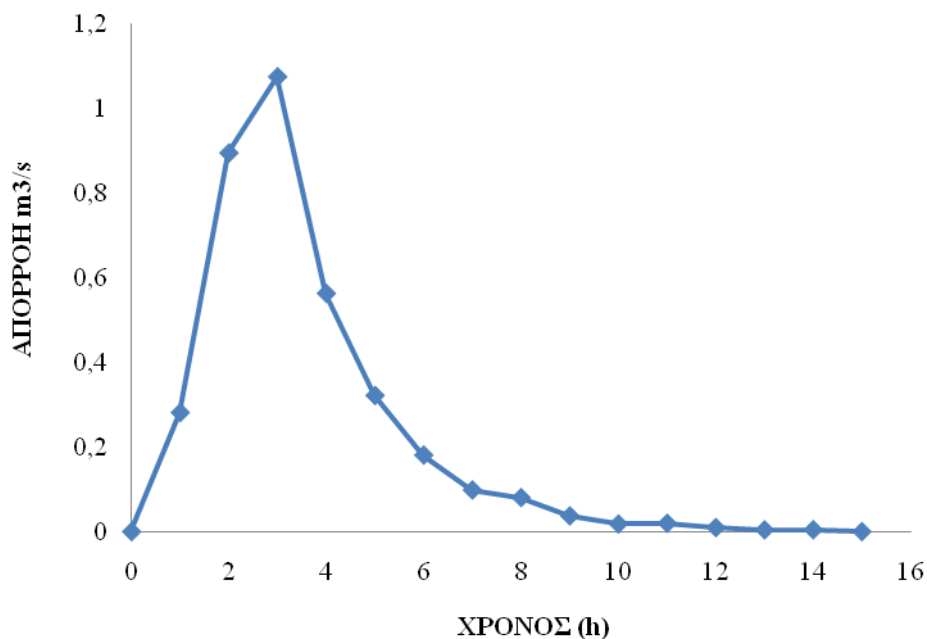
Σχήμα 16: Συνθετικό υδρογράφημα της S.C.S για απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 mm.

Για να βρούμε τις τιμές της βροχής σε ακέραια τιμή της ώρας κάνουμε γραμμική παρεμβολή στις τιμές του συνθετικού υδρογραφήματος. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτει ο Πίνακας 38.

Πίνακας 38: Υπολογισμός τιμών με γραμμική παρεμβολή.

A/A	Ωρες	Βροχή (mm)
1	0	0,000
2	1	0,170
3	2	0,638
4	3	1,031
5	4	0,978
6	5	0,701
7	6	0,446
8	7	0,310
9	8	0,191
10	9	0,117
11	10	0,080
12	11	0,033
13	12	0,027
14	13	0,022
15	14	0,015
16	15	0,010
17	16	0,005
18	17	0,000

Από τις παραπάνω τιμές όπου έγινε γραμμική παρεμβολή προκύπτει το Σχήμα 17 .

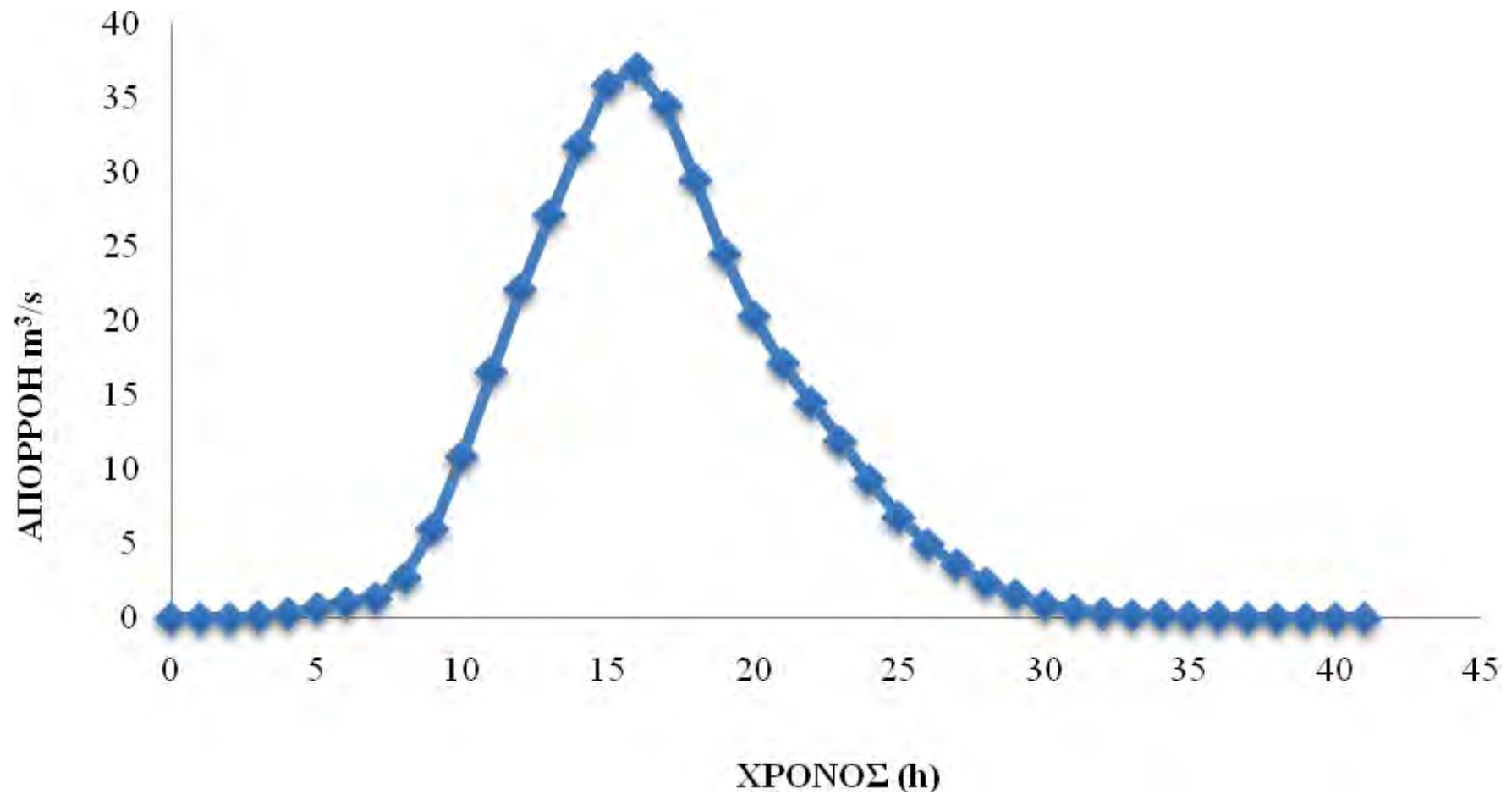


Σχήμα 17: Συνθετικό υδρογράφημα ωριαίων τιμών.

χρόνος	ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΒΡΟΧΗΣ
0	0
1	0
2	0
3	0,0445367
4	0,2705095
5	0,690074
6	1,0290975
7	1,3870159
8	2,7510413
9	6,0398286
10	10,928337
11	16,551463
12	22,12281
13	27,122851
14	31,855391
15	35,924147
16	37,029216
17	34,519161
18	29,581699
19	24,511102
20	20,37325
21	17,123466
22	14,570217

		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00
		0	0	0,261907	0,60863201	0,187931	0,151267	1,870028	3,969642
		0	0	0,026191	0,0608632	0,018793	0,015127	0,187003	0,396964
χρόνος	1 mm								
0	0	0	0						
1	0,170048	0	0	0,0000					
2	0,63768	0	0	0,0445	0,0000				
3	1,030917	0	0	0,1670	0,1035	0			
4	0,977777	0	0	0,2700	0,3881	0,031957	0		
5	0,701448	0	0	0,2561	0,6274	0,11984	0,025723	0	
6	0,446376	0	0	0,1837	0,5951	0,193741	0,09646	0,317995	0
7	0,31	0	0	0,1169	0,4269	0,183754	0,155944	1,19248	0,67503
8	0,191304	0	0	0,0812	0,2717	0,131824	0,147905	1,927843	2,531363
9	0,117	0	0	0,0501	0,1887	0,083888	0,106106	1,82847	4,09237
10	0,07971	0	0	0,0306	0,1164	0,058259	0,067522	1,311728	3,881423
11	0,033	0	0	0,0209	0,0712	0,035952	0,046893	0,834736	2,784499
12	0,027	0	0	0,0086	0,0485	0,021988	0,028938	0,579709	1,771954
13	0,022	0	0	0,0071	0,0201	0,01498	0,017698	0,357744	1,230589
14	0,015	0	0	0,0058	0,0164	0,006202	0,012058	0,218793	0,759409
15	0,009565	0	0	0,0039	0,0134	0,005074	0,004992	0,14906	0,464448
16	0,00470	0	0	0,0025	0,0091	0,004134	0,004084	0,061711	0,31642

Εικόνα 10. Διάταξη σημείων για την δημιουργία Υδρογραφήματος.



Σχήμα 18: Υδρογράφημα S.C.S

3.1.2.9 Μέθοδος SIERRA NEVADA

Για την περίπτωση της υδρολογικής λεκάνης του χειμαρρικού ρέματος Κραυσίδαωνα προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα (Πίν. 39):

Πίνακας 39: Αποτελέσματα από την εφαρμογή των τύπων της μεθόδου Sierra Nevada.

C=26*Kn=	3,12
S=	0,1036
N=	0,33
L=	13,32 Km
Lc=	3,4 Km
Lg=	2,834
D=	0,51
D=	30,92 (min)

Το χρονικό βήμα των χρονογραφημάτων είναι ίσο με μισή ώρα. Από τους παραπάνω υπολογισμούς βρίσκουμε ότι οι διάρκειες των συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων είναι ακέραια πολλαπλάσια της μιας ώρας.

$t_m = 0,03092 * T$
$Q_m = 0,06375 * Q$

Από τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 40.

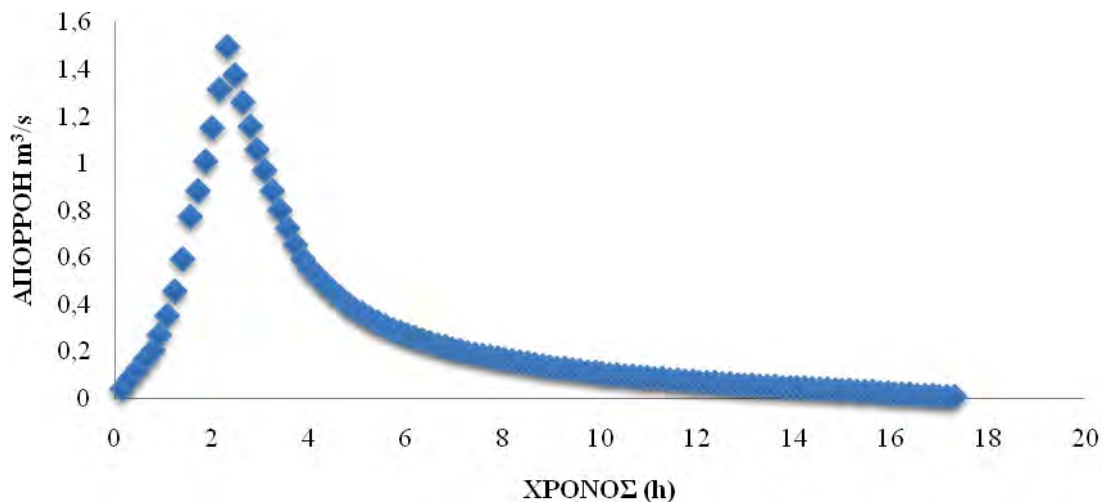
Πίνακας 40: Αποτελέσματα των εξισώσεων.

A/A	t_m	Q_m	A/A	t_m	Q_m
1	0,1546	0,04144	61	9,43058	0,1224
2	0,3092	0,08288	62	9,58518	0,11794
3	0,4638	0,12431	63	9,73978	0,11348
4	0,6184	0,16575	64	9,89438	0,11029
5	0,773	0,20719	65	10,049	0,10646

A/A	t_m	Q_m	A/A	t_m	Q_m
6	0,9276	0,26967	66	10,2036	0,10328
7	1,0822	0,35127	67	10,3582	0,10009
8	1,2368	0,4571	68	10,5128	0,0969
9	1,3914	0,59544	69	10,6674	0,09371
10	1,546	0,77585	70	10,822	0,09053
11	1,7006	0,88487	71	10,9766	0,08798
12	1,8552	1,00918	72	11,1312	0,08543
13	2,00979	1,15071	73	11,2858	0,08288
14	2,16439	1,31264	74	11,4404	0,08033
15	2,31899	1,49688	75	11,595	0,07778
16	2,47359	1,3732	76	11,7496	0,07523
17	2,62819	1,26036	77	11,9042	0,07268
18	2,78279	1,15581	78	12,0588	0,07076
19	2,93739	1,06018	79	12,2134	0,06758
20	3,09199	0,97284	80	12,368	0,06566
21	3,24659	0,88168	81	12,5226	0,06375
22	3,40119	0,7988	82	12,6772	0,0612
23	3,55579	0,72421	83	12,8318	0,05929
24	3,71039	0,656	84	12,9864	0,05738
25	3,86499	0,5948	85	13,141	0,05546
26	4,01959	0,55655	86	13,2956	0,05355
27	4,17419	0,52085	87	13,4502	0,05228
28	4,32879	0,4877	88	13,6048	0,051
29	4,48339	0,45582	89	13,7594	0,04909
30	4,63799	0,4265	90	13,914	0,04781
31	4,79259	0,40354	91	14,0686	0,0459
32	4,94719	0,38187	92	14,2232	0,04399
33	5,10179	0,36147	93	14,3778	0,04208
34	5,25639	0,34171	94	14,5324	0,04016
35	5,41099	0,32322	95	14,687	0,03889
36	5,56559	0,30919	96	14,8416	0,03698
37	5,72019	0,29517	97	14,9962	0,03506
38	5,87479	0,28242	98	15,1508	0,03315
39	6,02938	0,2703	99	15,3054	0,03124
40	6,18398	0,25883	100	15,46	0,02933
41	6,33858	0,24799	101	15,6146	0,02741
42	6,49318	0,23779	102	15,7692	0,0255
43	6,64778	0,22823	103	15,9238	0,02423
44	6,80238	0,2193	104	16,0784	0,02168
45	6,95698	0,21038	105	16,233	0,01976
46	7,11158	0,20273	106	16,3876	0,01785

A/A	t_m	Q_m	A/A	t_m	Q_m
47	7,26618	0,19635	107	16,5422	0,01594
48	7,42078	0,18998	108	16,6968	0,01403
49	7,57538	0,1836	109	16,8514	0,01211
50	7,72998	0,17787	110	17,006	0,0102
51	7,88458	0,17149	111	17,1606	0,00893
52	8,03918	0,16575	112	17,3152	0,00829
53	8,19378	0,15938	113	17,4698	0,00531
54	8,34838	0,15364	114	17,6244	0,0035
55	8,50298	0,14854	115	17,779	0,00168
56	8,65758	0,14408	116	17,9336	0
57	8,81218	0,13898	117	18,0882	0
58	8,96678	0,13451	118	18,2428	0
59	9,12138	0,13069	119	18,3974	0
60	9,27598	0,12623	120	18,552	0

Από τον Πίνακα 40 προκύπτει το διάγραμμα του Σχήματος 19.



Σχήμα 19: Συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα μισής ώρας.

Για την κατασκευή του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της βροχόπτωσης στις 10/12/2009 χρησιμοποιήσαμε δύο μοναδιαία υδρογραφήματα μισής ώρας.

Πίνακας 41: Πίνακας τιμών του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος απορροϊκής βροχής διάρκειας 1 ώρας.

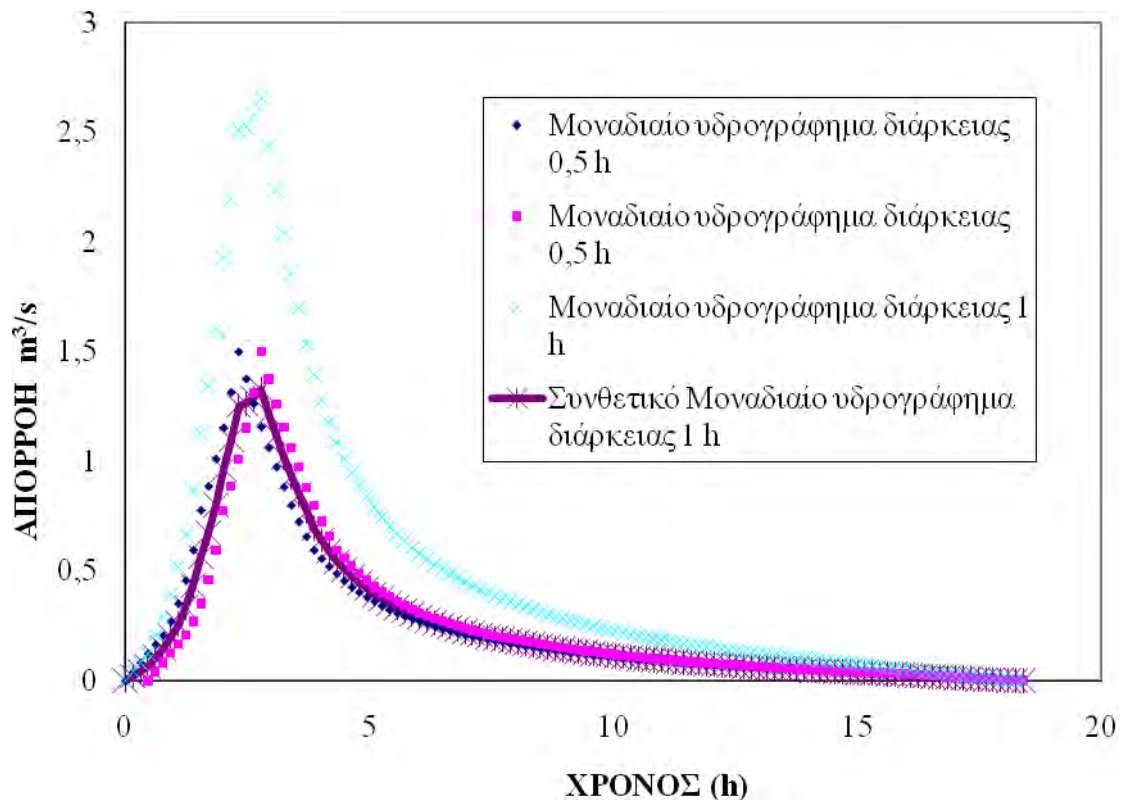
A/A	t_m	Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,155	0,041	0,000	0,041	0,021
3	0,309	0,083	0,000	0,083	0,041
4	0,464	0,124	0,000	0,124	0,062
5	0,618	0,166	0,041	0,207	0,104
6	0,773	0,207	0,083	0,290	0,145
7	0,928	0,270	0,124	0,394	0,197
8	1,082	0,351	0,166	0,517	0,259
9	1,237	0,457	0,207	0,664	0,332
10	1,391	0,595	0,270	0,865	0,433
11	1,546	0,776	0,351	1,127	0,564
12	1,701	0,885	0,457	1,342	0,671
13	1,855	1,009	0,595	1,605	0,802
14	2,010	1,151	0,776	1,927	0,963
15	2,164	1,313	0,885	2,198	1,099
16	2,319	1,497	1,009	2,506	1,253
17	2,474	1,373	1,151	2,524	1,262
18	2,628	1,260	1,313	2,573	1,286
19	2,783	1,156	1,497	2,653	1,326
20	2,937	1,060	1,373	2,433	1,217
21	3,092	0,973	1,260	2,233	1,117
22	3,247	0,882	1,156	2,037	1,019
23	3,401	0,799	1,060	1,859	0,929
24	3,556	0,724	0,973	1,697	0,849
25	3,710	0,656	0,882	1,538	0,769
26	3,865	0,595	0,799	1,394	0,697
27	4,020	0,557	0,724	1,281	0,640
28	4,174	0,521	0,656	1,177	0,588
29	4,329	0,488	0,595	1,082	0,541
30	4,483	0,456	0,557	1,012	0,506
31	4,638	0,426	0,521	0,947	0,474
32	4,793	0,404	0,488	0,891	0,446
33	4,947	0,382	0,456	0,838	0,419
34	5,102	0,361	0,426	0,788	0,394
35	5,256	0,342	0,404	0,745	0,373
36	5,411	0,323	0,382	0,705	0,353

A/A	t_m	Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)
37	5,566	0,309	0,361	0,671	0,335
38	5,720	0,295	0,342	0,637	0,318
39	5,875	0,282	0,323	0,606	0,303
40	6,029	0,270	0,309	0,579	0,290
41	6,184	0,259	0,295	0,554	0,277
42	6,339	0,248	0,282	0,530	0,265
43	6,493	0,238	0,270	0,508	0,254
44	6,648	0,228	0,259	0,487	0,244
45	6,802	0,219	0,248	0,467	0,234
46	6,957	0,210	0,238	0,448	0,224
47	7,112	0,203	0,228	0,431	0,215
48	7,266	0,196	0,219	0,416	0,208
49	7,421	0,190	0,210	0,400	0,200
50	7,575	0,184	0,203	0,386	0,193
51	7,730	0,178	0,196	0,374	0,187
52	7,885	0,171	0,190	0,361	0,181
53	8,039	0,166	0,184	0,349	0,175
54	8,194	0,159	0,178	0,337	0,169
55	8,348	0,154	0,171	0,325	0,163
56	8,503	0,149	0,166	0,314	0,157
57	8,658	0,144	0,159	0,303	0,152
58	8,812	0,139	0,154	0,293	0,146
59	8,967	0,135	0,149	0,283	0,142
60	9,121	0,131	0,144	0,275	0,137
61	9,276	0,126	0,139	0,265	0,133
62	9,431	0,122	0,135	0,257	0,128
63	9,585	0,118	0,131	0,249	0,124
64	9,740	0,113	0,126	0,240	0,120
65	9,894	0,110	0,122	0,233	0,116
66	10,049	0,106	0,118	0,224	0,112
67	10,204	0,103	0,113	0,217	0,108
68	10,358	0,100	0,110	0,210	0,105
69	10,513	0,097	0,106	0,203	0,102
70	10,667	0,094	0,103	0,197	0,098
71	10,822	0,091	0,100	0,191	0,095
72	10,977	0,088	0,097	0,185	0,092
73	11,131	0,085	0,094	0,179	0,090
74	11,286	0,083	0,091	0,173	0,087
75	11,440	0,080	0,088	0,168	0,084

A/A	t_m	Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)
76	11,595	0,078	0,085	0,163	0,082
77	11,750	0,075	0,083	0,158	0,079
78	11,904	0,073	0,080	0,153	0,077
79	12,059	0,071	0,078	0,149	0,074
80	12,213	0,068	0,075	0,143	0,071
81	12,368	0,066	0,073	0,138	0,069
82	12,523	0,064	0,071	0,135	0,067
83	12,677	0,061	0,068	0,129	0,064
84	12,832	0,059	0,066	0,125	0,062
85	12,986	0,057	0,064	0,121	0,061
86	13,141	0,055	0,061	0,117	0,058
87	13,296	0,054	0,059	0,113	0,056
88	13,450	0,052	0,057	0,110	0,055
89	13,605	0,051	0,055	0,106	0,053
90	13,759	0,049	0,054	0,103	0,051
91	13,914	0,048	0,052	0,100	0,050
92	14,069	0,046	0,051	0,097	0,048
93	14,223	0,044	0,049	0,093	0,047
94	14,378	0,042	0,048	0,090	0,045
95	14,532	0,040	0,046	0,086	0,043
96	14,687	0,039	0,044	0,083	0,041
97	14,842	0,037	0,042	0,079	0,040
98	14,996	0,035	0,040	0,075	0,038
99	15,151	0,033	0,039	0,072	0,036
100	15,305	0,031	0,037	0,068	0,034
101	15,460	0,029	0,035	0,064	0,032
102	15,615	0,027	0,033	0,061	0,030
103	15,769	0,026	0,031	0,057	0,028
104	15,924	0,024	0,029	0,054	0,027
105	16,078	0,022	0,027	0,049	0,025
106	16,233	0,020	0,026	0,045	0,023
107	16,388	0,018	0,024	0,042	0,021
108	16,542	0,016	0,022	0,038	0,019
109	16,697	0,014	0,020	0,034	0,017
110	16,851	0,012	0,018	0,030	0,015
111	17,006	0,010	0,016	0,026	0,013
112	17,161	0,009	0,014	0,023	0,011
113	17,315	0,008	0,012	0,020	0,010
114	17,470	0,005	0,010	0,016	0,008

A/A	t_m	Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)
115	17,624	0,003	0,009	0,012	0,006
116	17,779	0,002	0,008	0,010	0,005
117	17,934	0,000	0,005	0,005	0,003
118	18,088	0,000	0,003	0,003	0,002
119	18,243	0,000	0,002	0,002	0,001
120	18,397	0,000	0,000	0,000	0,000

Από τον Πίνακα 41 προκύπτει το διάγραμμα στο σχήμα 20 το οποίο απεικονίζει το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα απορροϊκής βροχόπτωσης διάρκειας 1 ώρας.



Σχήμα 20: Συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα διάρκειας απορροϊκής βροχής διάρκειας 1 ώρας.

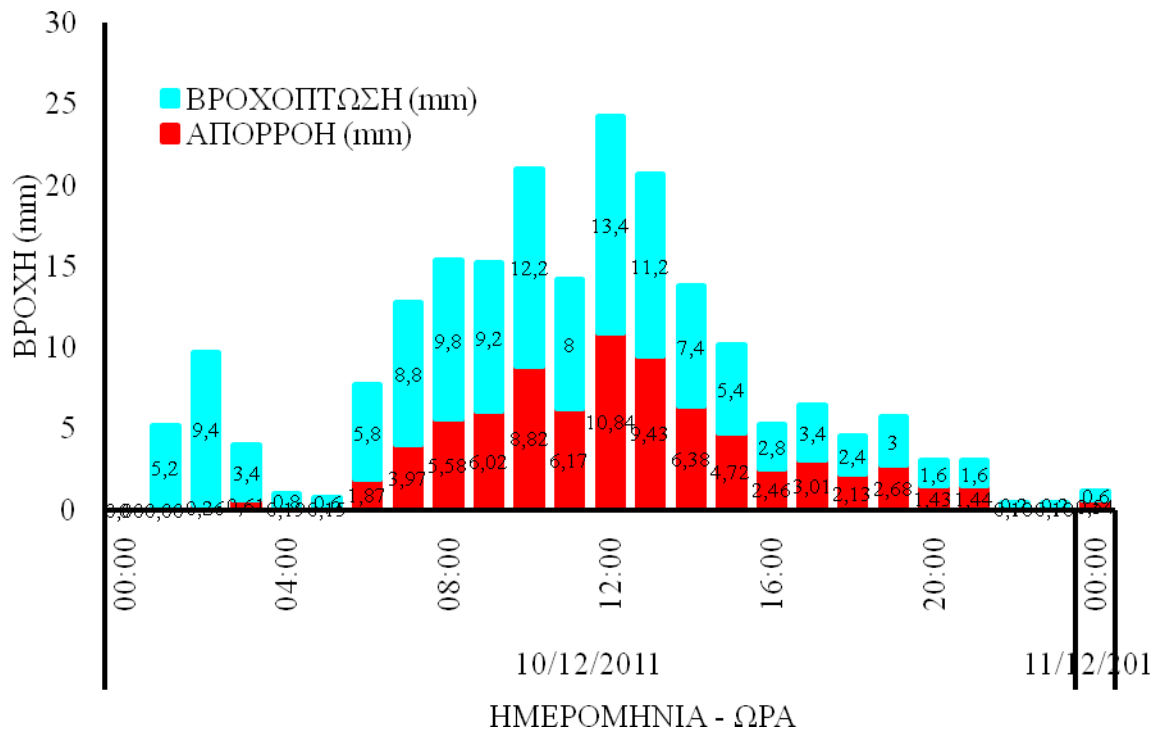
Σύμφωνα με την μέθοδο απορροϊκού συντελεστή CN η εκτίμηση της απορροϊκής βροχόπτωσης της 10¹⁵ Δεκεμβρίου 2010, δίνεται στον Πίνακα 30.

Πίνακας 42: Προσδιορισμός απορροϊκών τιμών.

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - I	(P-I) ²	(P-I)+S	Q	Q ₁ -Q ₂
0	0	0,00	0,00	53,60	0,00	0,00
5,2	5,2	0,00	0,00	53,60	0,00	0,00
9,4	14,6	3,88	15,05	57,48	0,26	0,26
3,4	18	7,28	53,00	60,88	0,87	0,61
0,8	18,8	8,08	65,29	61,68	1,06	0,19
0,6	19,4	8,68	75,34	62,28	1,21	0,15
5,8	25,2	14,48	209,67	68,08	3,08	1,87
8,8	34	23,28	541,96	76,88	7,05	3,97
9,8	43,8	33,08	1094,29	86,68	12,62	5,58
9,2	53	42,28	1787,60	95,88	18,64	6,02
12,2	65,2	54,48	2968,07	108,08	27,46	8,82
8	73,2	62,48	3903,75	116,08	33,63	6,17
13,4	86,6	75,88	5757,77	129,48	44,47	10,84
11,2	97,8	87,08	7582,93	140,68	53,90	9,43
7,4	105,2	94,48	8926,47	148,08	60,28	6,38
5,4	110,6	99,88	9976,01	153,48	65,00	4,72
2,8	113,4	102,68	10543,18	156,28	67,46	2,46
3,4	116,8	106,08	11252,97	159,68	70,47	3,01
2,4	119,2	108,48	11767,91	162,08	72,61	2,13
3	122,2	111,48	12427,79	165,08	75,28	2,68
1,6	123,8	113,08	12787,09	166,68	76,72	1,43
1,6	125,4	114,68	13151,50	168,28	78,15	1,44
0,2	125,6	114,88	13197,41	168,48	78,33	0,18
0,2	125,8	115,08	13243,41	168,68	78,51	0,18
0,6	126,4	115,68	13381,86	169,28	79,05	0,54
126,4						

Το ύψος της βροχόπτωσης και της απορροής ανά μια ώρα δίνεται γραφικά στο Σχήμα

21.



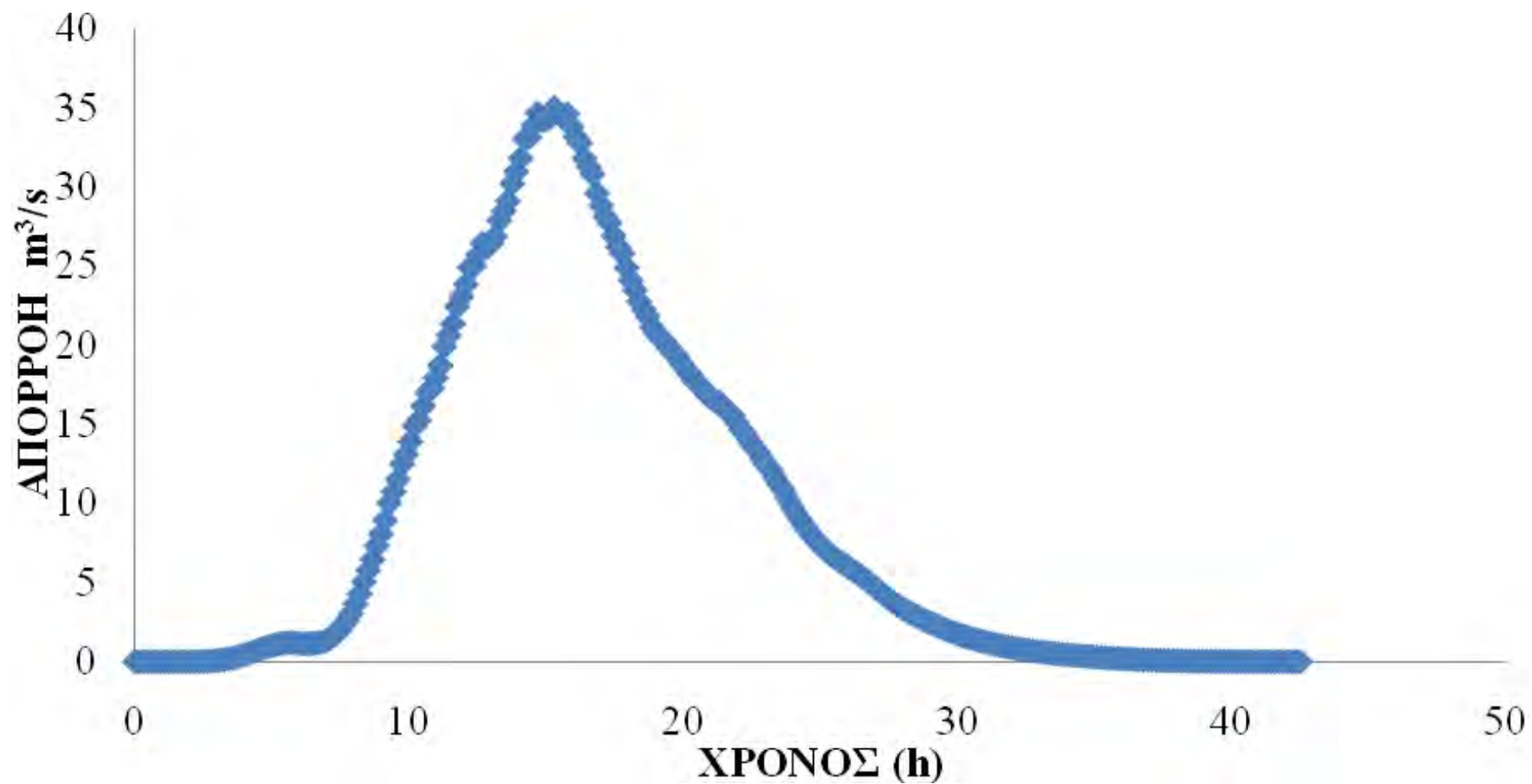
Σχήμα 21: Διάγραμμα βροχόπτωσης – απορροής.

Ο υπολογισμός του υδρογραφήματος της Sierra Nevada προήλθε από την παρακάτω διάταξη.

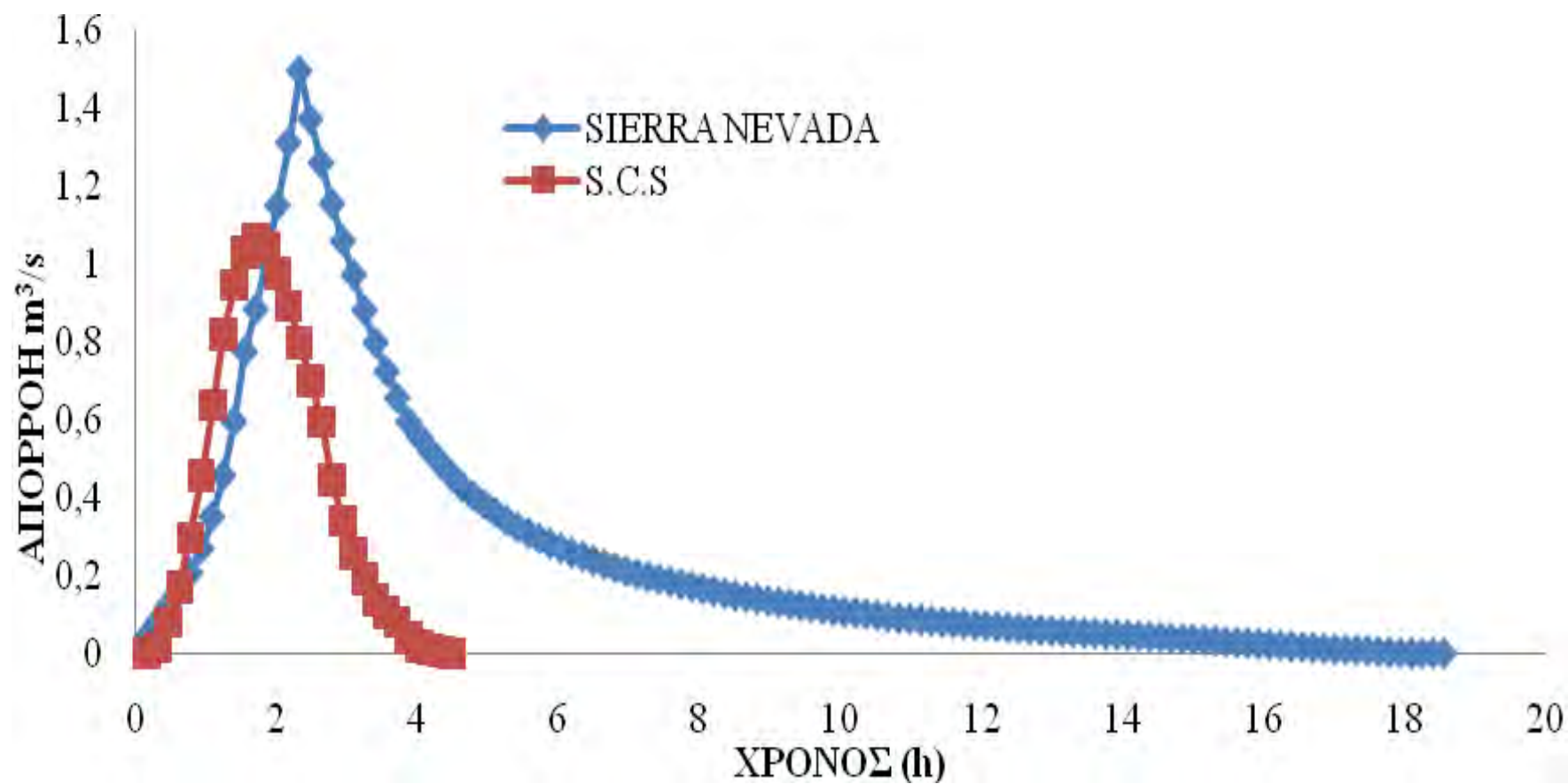
χρόνος	ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΒΡΟΧΗΣ
0	0
0,1546	0
0,309199	0
0,463799	0
0,618398	0
0,772998	0
0,927598	0
1,082197	0
1,236797	0
1,391397	0
1,545996	0
1,700596	0
1,855195	0
2,009795	0
2,164395	0,006215738
2,318994	0,012431476
2,473594	0,018647214
2,628193	0,03107869
2,782793	0,043510166
2,937393	0,059097324
3,091992	0,08998476
3,246592	0,124506012
3,401192	0,16705991
3,555791	0,231225451
3,710391	0,288314613
3,86499	0,358887145
4,01959	0,448234394
4,17419	0,537199135
4,328789	0,647871146
4,483389	0,737441523
4,637988	0,817544853

	02:00	03:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00
			0	0	0,261907	0,608632	0,187931	0,151267	1,870028	3,969642
χρόνος	1 mm									
	0	0								
	0,1546	0,020719								
	0,309199	0,041438								
	0,463799	0,062157								
	0,618398	0,103596								
	0,772998	0,145034								
	0,927598	0,196991								
	1,082197	0,258511			0					
	1,236797	0,332144			0,006216					
	1,391397	0,432552			0,012431					
	1,545996	0,56356			0,018647					
	1,700596	0,670981			0,031079					
	1,855195	0,802308			0,04351					
	2,009795	0,96328			0,059097	0				
	2,164395	1,098751			0,077553	0,012431				
	2,318994	1,253029			0,099643	0,024863				
	2,473594	1,261954			0,129765	0,037294				
	2,628193	1,286498			0,169068	0,062157				
	2,782793	1,326343			0,201294	0,08702				
	2,937393	1,216691			0,240692	0,118195	0			
	3,091992	1,116602			0,288984	0,155107	0,004144			
	3,246592	1,018744			0,329625	0,199286	0,008288			
	3,401192	0,929492			0,375909	0,259531	0,012431			
	3,555791	0,848528			0,378586	0,338136	0,020719			
	3,710391	0,768839			0,38595	0,402589	0,029007			
	3,86499	0,6968			0,397903	0,481385	0,039398			

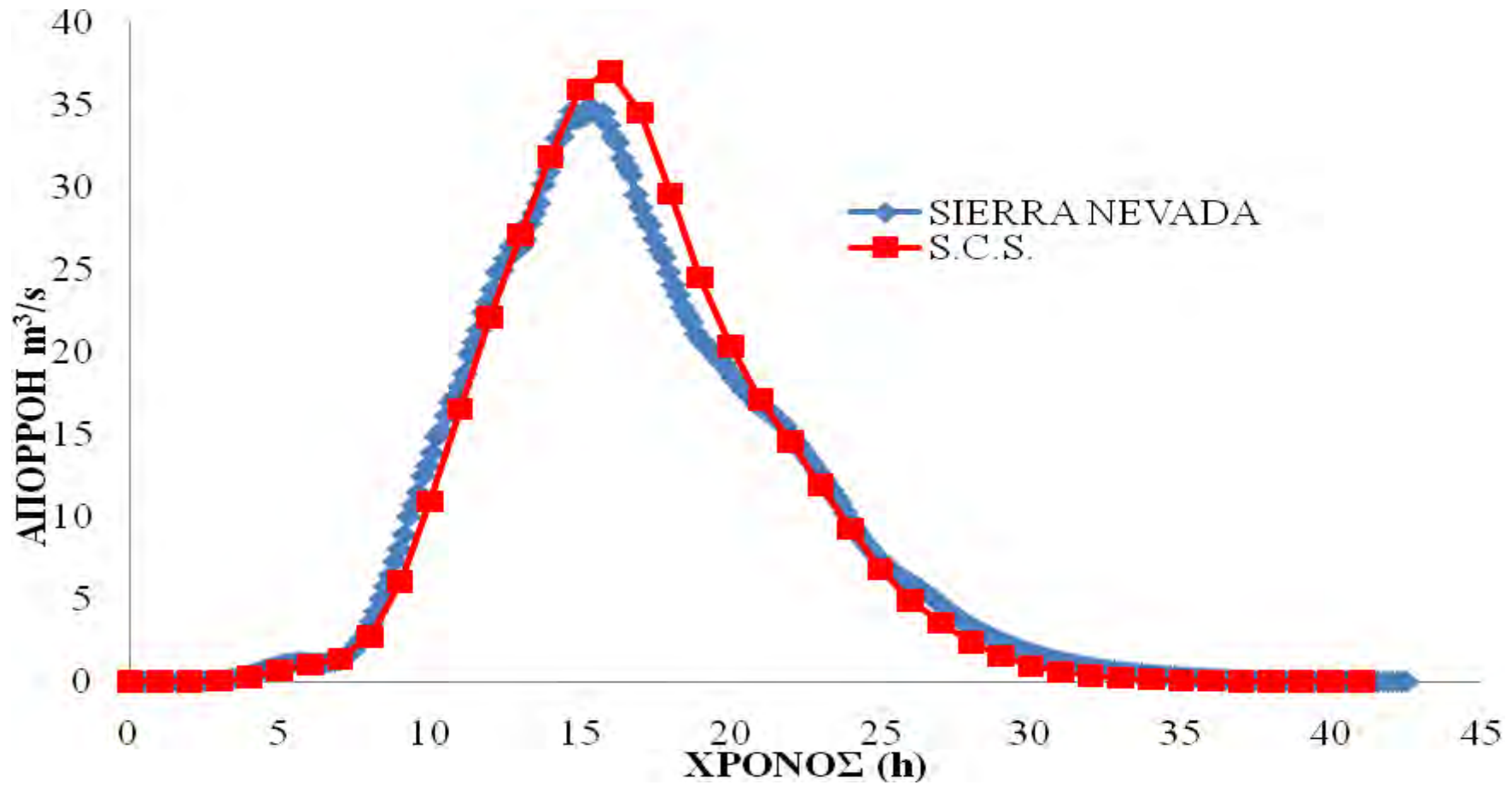
Εικόνα 11. Διάταξη σημείων για την δημιουργία Υδρογραφήματος.



Σχήμα 22: Υδρογράφημα Sierra Nevada.



Σχήμα 23: Σύγκριση μοναδιαίων υδρογραφημάτων



Σχήμα 24: Υδρογραφήματα πλημμύρας.

3.3.Γεωμορφολογικά, υδρογραφικά, γεωλογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Άναυρου και βλάστηση – χρήσεις γης.

3.3.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Άναυρου.

Με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Πρόγραμμα ARC – GIS 9.3) δοκιμαστική άδεια του οποίου μας παρείχε ο κ. Άδωνις Κοντός, Πρόεδρος της Marathon Data Systems, εξαγάγαμε τα γεωμορφολογικά στοιχεία της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Άναυρου (Πίν. 43), τα οποία ήταν ιδιαίτερα χρήσιμα για την διερεύνηση των υδρολογικών χαρακτηριστικών του και των πλημμυρικών φαινομένων που προκλήθηκαν στα τέλη του 2009.

Πίνακας 43: Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά λεκάνης χειμάρρου Άναυρου

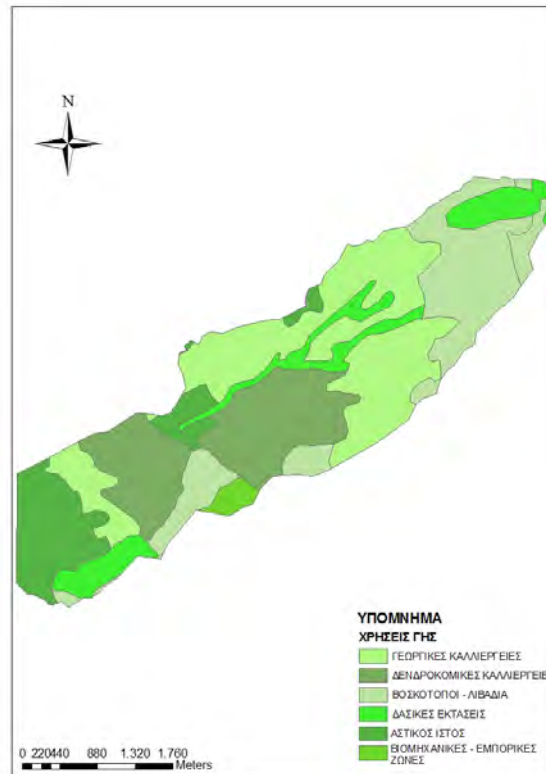
<i>A/A</i>	<u>Χαρακτηριστικά λεκάνης χειμάρρου Άναυρου</u>	
1	<i>Έκταση Λεκάνης Απορροής (E)</i>	<i>11,80 Km²</i>
2	<i>Μήκος Υδροκρίτη (U)</i>	<i>18,5 Km</i>
3	<i>Μέση Κλίση Λεκάνης (J_l)</i>	<i>22,19%</i>
4	<i>Ελάχιστο Υψόμετρο (H_{min})</i>	<i>20 m</i>
5	<i>Μέγιστο Υψόμετρο (H_{max})</i>	<i>1300 m</i>
6	<i>Μέσο Υψόμετρο (H_{med})</i>	<i>600,14 m</i>
7	<i>Μήκος Κεντρικής Κοίτης (L)</i>	<i>8,418 Km</i>
8	<i>Μέση Κλίση Κοίτης (J_k)</i>	<i>15,21%</i>

3.3.2 Η βλάστηση – χρήσεις γης στην περιοχή του χειμάρρου Άναυρου.

Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου Άναυρου καλύπτεται ομοιόμορφα από ποικίλες χρήσεις γης με μεγαλύτερη έκταση να κατέχουν οι γεωργικές εκτάσεις σε ποσοστό (31,71 %), ακολουθούν οι δενδροκομικές καλλιέργειες οι βοσκότοποι – λιβάδια, οι δασικές εκτάσεις και τέλος ο αστικός ιστός. Σε αυτήν την λεκάνη δεν εμφανίζονται καθόλου βιομηχανικές – εμπορικές ζώνες. Ποσοστιαία οι χρήσεις γης αναφέρονται στον Πίνακα 44.

Πίνακας 44: Μορφές χρήσεων γης χειμάρρου Άναυρου.

A/A	ΒΛΑΣΤΗΣΗ - ΜΟΡΦΕΣ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ	ΕΚΤΑΣΗ (Km²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
1	Γεωργικές Καλλιέργειες	3,742	31,71%
2	Δενδροκομικές Καλλιέργειες	2,571	21,78%
3	Βοσκότοποι - Λιβάδια	2,505	21,23%
4	Δασικές εκτάσεις	1,303	11,05%
5	Αστικός Ιστός	1,517	12,85%
	Σύνολο	11,8	100%



Εικόνα 12: Χάρτης χρήσεων γης χειμάρρου Άναυρου.

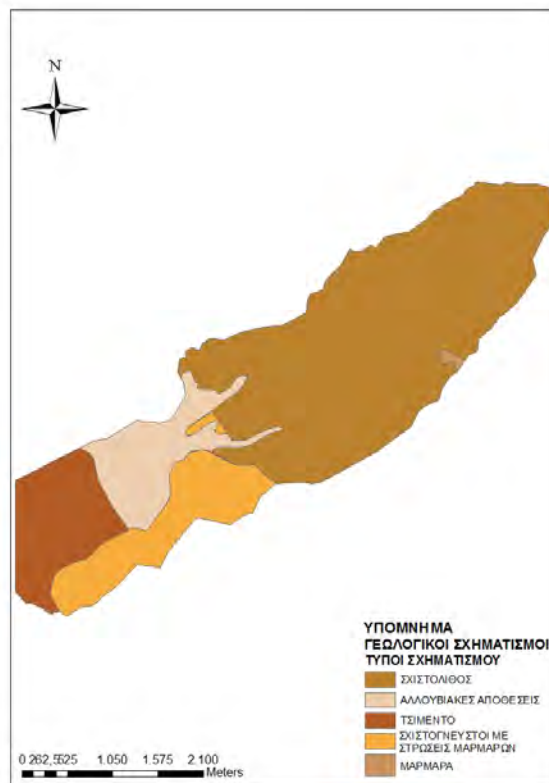
3.3.3 Γεωλογικά χαρακτηριστικά χειμάρρου Άναυρου.

Με βάση τους γεωλογικούς χάρτες της περιοχής που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, επίσης με την βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών αλλά και με διασταύρωση με επιτόπια έρευνα, βρέθηκαν τα εξής:

Το έδαφος εμφανίζει μεγάλο ποσοστό (62,45%) σε σχιστόλιθο. Ο σχιστόλιθος παρουσιάζει μεγάλη διεισδυτικότητα, λόγω των κατακόρυφων στρώσεων που παρουσιάζει, το γεγονός αυτό ενισχύεται από την παρουσία των γεωργικών καλλιεργειών, δενδροκομικών καλλιεργειών και βοσκοτόπων. Στον Πίνακα 45 αναφέρονται αναλυτικά οι γεωλογικοί σχηματισμοί τόσο σε έκταση, όσο και σε ποσοστιαίες τιμές .

Πίνακας 45: Γεωλογικοί σχηματισμοί χείμαρρου Άναυρου

Α/Α	ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
1	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ	1,355	11,48%
2	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	7,370	62,45%
3	ΤΣΙΜΕΝΤΟ	1,461	12,37%
4	ΣΧΙΣΤΟΓΝΕΥΣΤΟΙ ΜΕ ΜΑΡΜΑΡΟ	1,577	13,36%
5	ΜΑΡΜΑΡΑ	0,037	0,314%
Σύνολο		11,80	100%



Εικόνα 13: Γεωλογικοί σχηματισμοί χείμαρρου Άναυρου

3.3.4 Συνδυασμός γεωλογικών σχηματισμών – χρήσεις γης χειμάρρου Κραυσίδανα.

Ο Πίνακας 46 μας δείχνει την κατανομή ποσοστιαία των διαφόρων συνδυασμών των γεωλογικών σχηματισμών – χρήσεων γης. Ο παρακάτω πίνακας χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του συντελεστή CN (Curve number) .

Πίνακας 46: Συνδυασμός Γεωλογικών σχηματισμών - Χρήσεις γης

A/A	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (%)	ΤΙΜΕΣ	CN _{II}
1	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	0,271	2,29%	98	2,2
2	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0,933	7,91%	81	6,4
3	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0,142	1,21%	81	1,0
4	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	0,008	0,07%	79	0,1
5	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	0,089	0,75%	98	0,7
6	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	1,244	10,54%	79	8,3
7	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	3,150	26,70%	86	23,0
8	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	0,906	7,68%	79	6,1
9	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ ΛΙΒΑΔΙΑ	1,981	16,79%	86	14,4
10	ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	1,032	8,75%	98	8,6
11	ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0,041	0,35%	81	0,3
12	ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0,382	3,24%	89	2,9
13	ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ ΛΙΒΑΔΙΑ	0,005	0,04%	86	0,0
14	ΣΧΙΣΤΟΓΝΕΥΣΤΟΙ ΜΕ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΜΑΡΩΝ - ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	0,124	1,05%	98	1,0
15	ΣΧΙΣΤΟΓΝΕΥΣΤΟΙ ΜΕ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΜΑΡΩΝ - ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ, ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ	0,165	1,40%	98	1,4
16	ΣΧΙΣΤΟΓΝΕΥΣΤΟΙ ΜΕ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΜΑΡΩΝ - ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0,350	2,97%	79	2,3
17	ΣΧΙΣΤΟΓΝΕΥΣΤΟΙ ΜΕ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΜΑΡΩΝ - ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0,065	0,55%	86	0,5
18	ΣΧΙΣΤΟΓΝΕΥΣΤΟΙ ΜΕ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΜΑΡΩΝ - ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	0,390	3,31%	79	2,6

A/A	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (%)	ΤΙΜΕΣ	CN _{II}
19	ΣΧΙΣΤΟΓΝΕΥΣΤΟΙ ΜΕ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΜΑΡΩΝ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ ΛΙΒΑΔΙΑ	0,483	4,09%	83	3,4
20	ΜΑΡΜΑΡΑ - ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ ΛΙΒΑΔΙΑ	0,037	0,31%	75	0,2
ΣΥΝΟΛΟ		11,80	100,00%	CN _{II}	85

3.3.5. Το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Άναυρου.

Η διακύμανση των ισοϋψών αυτή της λεκάνης είναι δείκτης για το δυναμικό της λεκάνης απορροής. Για τον χειμάρρο Άναυρο η μέση κλίση είναι περίπου ίση με 23,31 % και σύμφωνα με τον κανονισμό εκπόνησης μελετών διευθέτησης των χειμαρρικών ρευμάτων του υπουργείου Γεωργίας, το ρεύμα κατατάσσεται στη κατηγορία των “ελαφρώς απότομων” εδαφών. Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται έντονο, με αποτέλεσμα την ταχύτατη επιφανειακή απορροή των υδάτων και τη δημιουργία έντονων πλημμυρικών φαινομένων.



Εικόνα 14: Χάρτης ισοϋψών - κέντρου βάρους λεκάνης χειμάρρου Άναυρου.

3.3.6 Μέθοδος Fuller

Από τον τύπο

$$Q_{\max} = Q_1 \cdot (1 + \beta \log_{10} T) \cdot \left(1 + \frac{2.66}{F^{0.30}}\right)$$

Προκύπτουν τα αποτελέσματα στον Πίνακα 47.

Πίνακας 47: Αποτελέσματα Fuller

Όνομασία	F (km ²)	Q ₁ =1,80F ^{0,8}	T	(1+β logT)	1+2,66/F ^{0,3}	Q _{max} (m ³ /s)
ΑΝΑΥΡΟΣ	11,8	12,965	2	1,241	2,269	36,496
			10	1,800		52,942
			20	2,041		60,026
			50	2,359		69,389
			100	2,600		76,472
			200	2,841		83,556
			500	3,159		92,919
			1000	3,400		100,002

3.3.7 Ορθολογική μέθοδος

Κατά Giandotti

Αφού γίνουν οι αντικαταστάσεις στον τύπο

$$tc = \frac{4\sqrt{F} + 1,5L}{0,8\sqrt{Hm - h}}$$

Όπου:

Tc : Ο χρόνος συρροής ή χρόνος συγκέντρωσης εκφρασμένος σε hr.

F : Η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής σε Km

L : Το μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε Km.

h : Το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του υδατορεύματος στη διατομή ελέγχου σε m.

H : Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

Ο τύπος υπολογισμού της έντασης i αποδίδεται από την σχέση

$$i = \exp(a \ln T^\beta) * t^c \quad (\text{Καραβοκύρης 2003})$$

T : έτη

t : χρόνος συρροής

Από τον παραπάνω τύπο προκύπτουν αποτελέσματα του Πίνακα 48.

Πίνακας 48: Αποτελέσματα της Ορθολογικής μεθόδου κατά Giandotti

T (έτη)	a	β	c	t_g	i_c (mm/hr)	Q_{max} (m³/s)
2	2,929	0,192	-0,523	1,368	1,254	1,876
10					3,104	4,643
20					4,586	6,86
50					7,683	11,49
100					11,352	16,98
200					16,773	25,09
500					28,101	42,04
1000					41,521	62,11

Κατά Kirpich

Αφού γίνουν οι αντικαταστάσεις στους τύπους

$$t_c = 4 K^{0.77}$$

όπου

$$K = \frac{L}{\sqrt{J}}$$

και

$$J = \frac{H - h}{L}$$

t_c : ο χρόνος συρροής

L: το μέγιστο μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε km

h: το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του χειμάρρου στη διατομή ελέγχου σε m.

H: το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

K, J: τοπογραφικός δείκτης και κατά μήκος κλίση.

Από τον παραπάνω τύπο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 49.

Πίνακας 49: Αποτελέσματα της Ορθολογικής μεθόδου κατά Kirpich

T (έτη)	α	β	γ	t_g	i_c (mm/hr)	Q_{max} (m ³ /s)
2	2,929	0,192	-0,523	0,710	1,768	2,644
10					4,376	6,546
20					6,465	9,671
50					10,832	16,203
100					16,005	23,941
200					23,647	35,373
500					39,618	59,263
1000					58,537	87,564

3.3.8 Μέθοδος S.C.S.

Ο CN_2 εκτιμήθηκε ίσος με 85 και αποτελεί τον μέσο όρο των CN των κατηγοριών του Πίνακα 46, ανάλογα με το ποσοστό κατανομής τους στην υδρολογική λεκάνη του χειμάρρου Ξηριά. Το S και I υπολογίστηκαν με τους παρακάτω τύπους.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$I = 0.2 S$$

Τα αποτελέσματα είναι:

$CN_2 =$	85
$S =$	101
$I =$	20

Για την κατασκευή του τριγωνικού υδρογραφήματος της S.C.S. χρειάστηκε να υπολογιστούν οι τιμές του Πίνακα 50 .

Πίνακας 50: Βασικές παράμετροι του μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS.

χρόνος υστέρησης	$t_L =$	Lg	h
χρόνος ανόδου	$t_A =$	3,058	h
χρόνος καθόδου	$t_R =$	5,107	h
μέγιστη αιχμή απορροής	$Q_s =$	8,025	m^3
διάρκεια απορροϊκής βροχής	$t_N =$	1	h
απορροϊκό ύψος βροχής	$h_N =$	1	cm

Αρχικά ορίζεται ο πίνακας 51 του διαγράμματος ως εξής:

Πίνακας 51: Σημεία κατασκευής διαγράμματος.

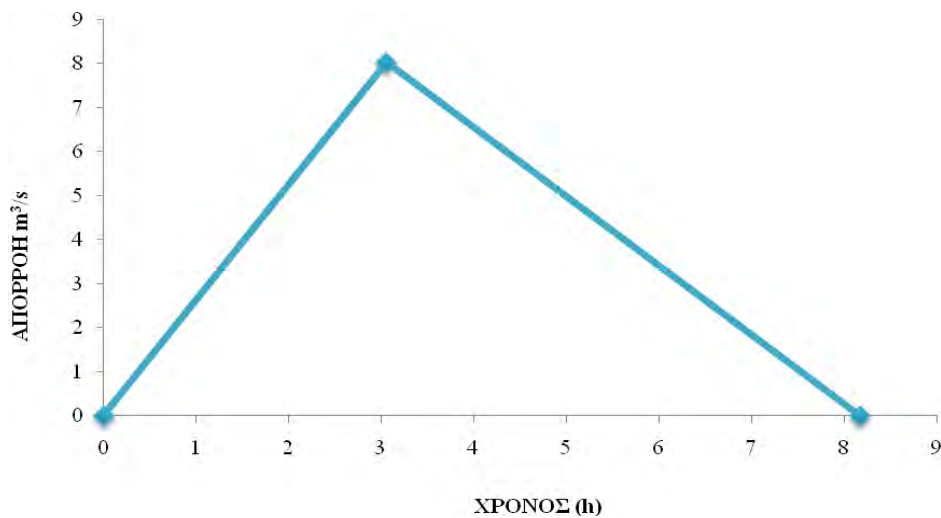
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
0	0
t_A	Q_s
t_A+t_R	0

Με αντικατάσταση των τιμών του Πίνακα 51 προκύπτει ο Πίνακας 52:

Πίνακας 52: Τιμές κατασκευής διαγράμματος.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
0	0
3,058	8,025
8,165	0

Το τριγωνικό υδρογράφημα που προκύπτει από τον Πίνακα 52 φαίνεται στο Σχήμα 25.

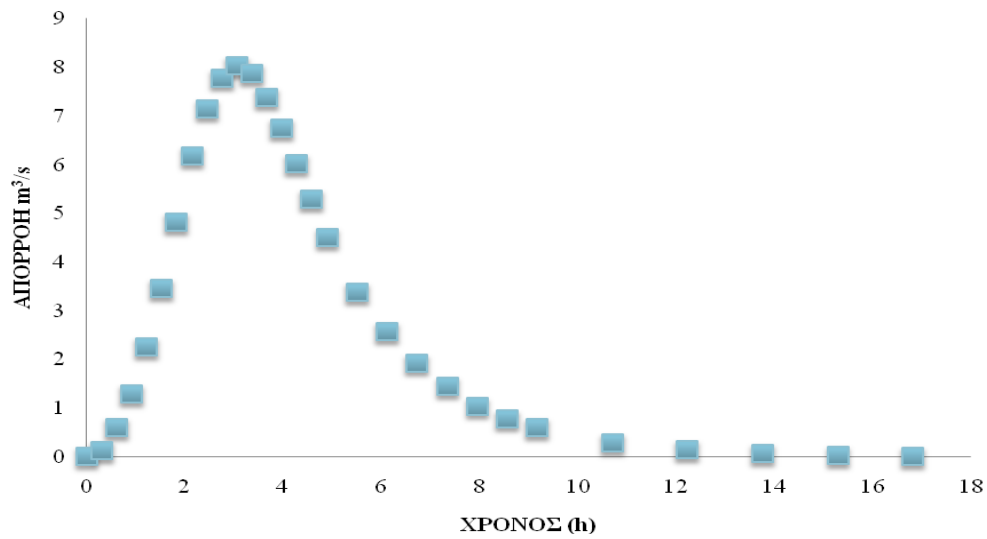
**Σχήμα 25:** Τριγωνικό υδρογράφημα της μεθόδου S.C.S.

Από τις τιμές που προέκυψαν $Q_s = 8,025 \text{ m}^3$ και $t_A = 3,058 \text{ sec}$ υπολογίστηκε το συνθετικό υδρογράφημα της μεθόδου S.C.S.

Πίνακας 53: Τιμές του συνθετικού υδρογραφήματος της S.C.S.

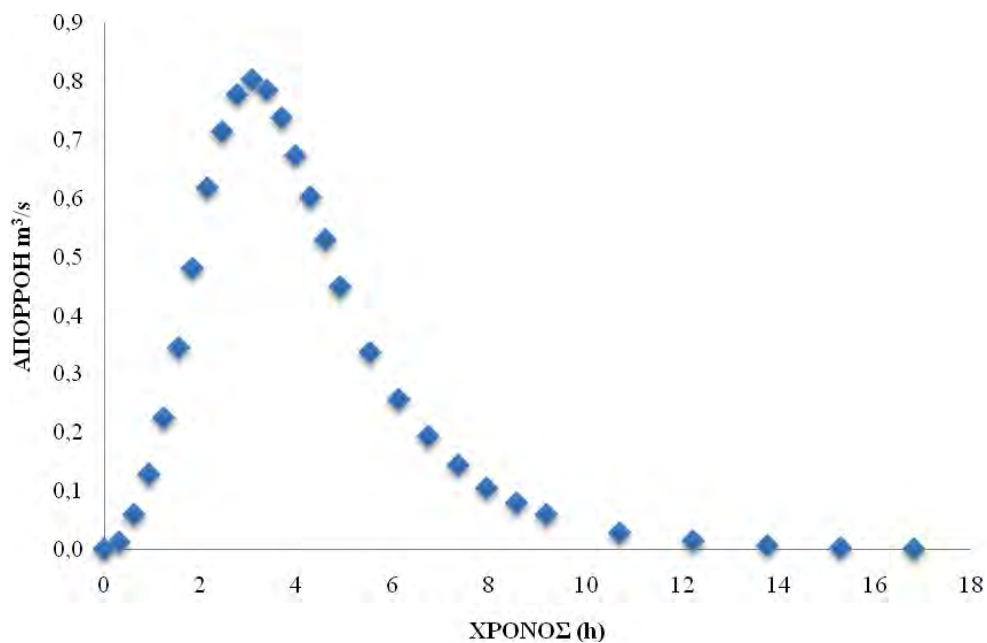
Αδιάστατος Χρόνος td	t_A	Αδιάστατη Απορροή Qd	Τιμές παροχής από απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 cm
0	0,000	0	0,000
0,1	0,306	0,015	0,120
0,2	0,612	0,075	0,602
0,3	0,917	0,16	1,284
0,4	1,223	0,28	2,247
0,5	1,529	0,43	3,451
0,6	1,835	0,6	4,815
0,7	2,141	0,77	6,180
0,8	2,447	0,89	7,143
0,9	2,752	0,97	7,785
1	3,058	1	8,025
1,1	3,364	0,98	7,865
1,2	3,670	0,92	7,383
1,3	3,976	0,84	6,741
1,4	4,282	0,75	6,019
1,5	4,587	0,66	5,297
1,6	4,893	0,56	4,494
1,8	5,505	0,42	3,371
2	6,117	0,32	2,568
2,2	6,728	0,24	1,926
2,4	7,340	0,18	1,445
2,6	7,952	0,13	1,043
2,8	8,563	0,098	0,786
3	9,175	0,075	0,602
3,5	10,704	0,036	0,289
4	12,233	0,018	0,144
4,5	13,762	0,009	0,072
5	15,292	0,004	0,032
5,5	16,821	0	0,000

Από τις τιμές t_A και τις τιμές παροχής από απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 cm προκύπτει το διάγραμμα στο Σχήμα 26.



Σχήμα 26: Συνθετικό υδρογράφημα της S.C.S για απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 cm.

Για να γίνει σύγκριση της βροχόπτωσης χρειάζεται να μετατραπεί σε mm βροχής και όχι σε cm, επομένως διαιρούμε με 10. Έτσι προκύπτει το Σχήμα 27.



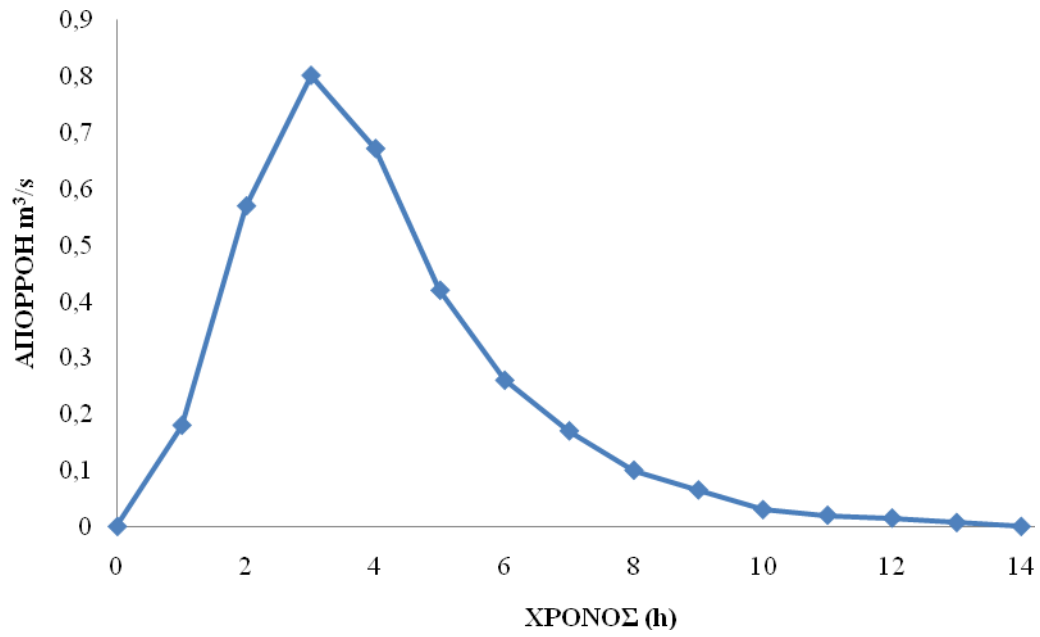
Σχήμα 27: Συνθετικό υδρογράφημα της S.C.S για απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 mm.

Για να βρούμε τις τιμές της βροχής σε ακέραια τιμή της ώρας κάνουμε γραμμική παρεμβολή στις τιμές του συνθετικού υδρογραφήματος. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτει ο Πίνακας 54.

Πίνακας 54: Υπολογισμός τιμών με γραμμική παρεμβολή.

A/A	Ωρες	Βροχή (mm)
1	0	0
2	1	0,18
3	2	0,57
4	3	0,802
5	4	0,672
6	5	0,42
7	6	0,26
8	7	0,17
9	8	0,1
10	9	0,065
11	10	0,03
12	11	0,02
13	12	0,015
14	13	0,007
15	14	0

Από τις παραπάνω τιμές όπου έγινε γραμμική παρεμβολή προκύπτει το διάγραμμα του Σχήματος 28.



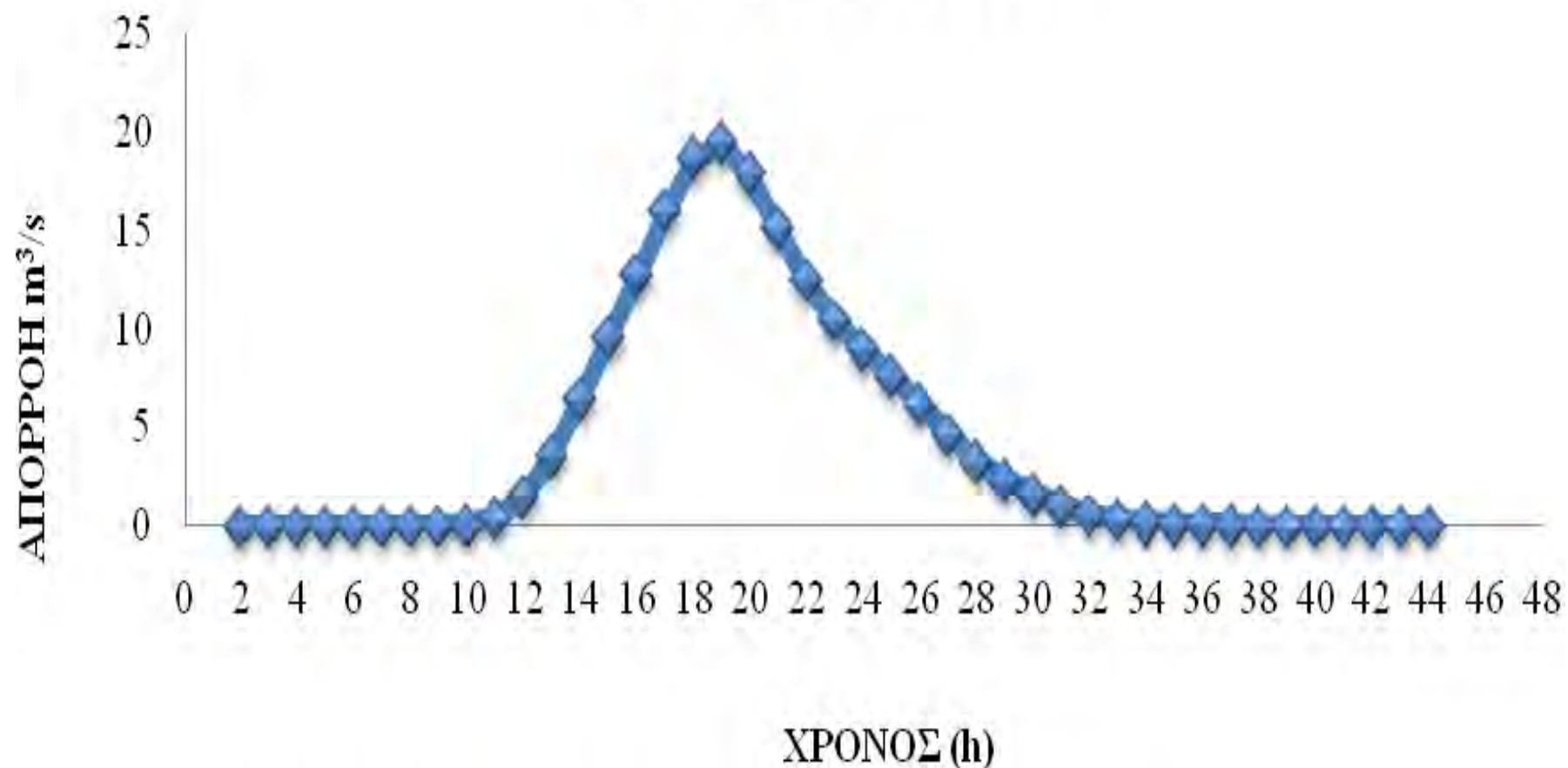
Σχήμα 28: Συνθετικό υδρογράφημα ωριαίων τιμών

χρόνος	ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΒΡΟΧΗΣ
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0,043393254
8	0,395325694
9	1,518096334
10	3,564516271
11	6,420604225
12	9,551651202
13	12,64702133
14	15,89663819
15	18,60673109
16	19,3463134
17	17,77483528
18	15,04283233
19	12,4290407
20	10,39724479
21	8,925304097
22	7,579516639
23	6,15339352
24	4,64071493
25	3,270354656
26	2,299099518
27	1,604397722
28	1,045304662
29	0,612387303
30	0,364421846
31	0,2096874
32	0,118359608
33	0,064019601
34	0,027552825
35	0,012499048
36	0,007927918
37	0,00320218
38	0
39	0
40	0

		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	1,43
		0	0	0	0	0	0	0,02411	0,14329
χρόνος	1 mm								
0	0								
1	0,18		0						
2	0,57		0	0					
3	0,802		0	0	0				
4	0,672		0	0	0	0			
5	0,42		0	0	0	0	0		
6	0,26		0	0	0	0	0	0	
7	0,17		0	0	0	0	0	0,04339	0
8	0,1		0	0	0	0	0	0,13741	0,25791
9	0,065		0	0	0	0	0	0,19334	0,81673
10	0,03		0	0	0	0	0	0,162	1,14915
11	0,02		0	0	0	0	0	0,10125	0,96288
12	0,015		0	0	0	0	0	0,06268	0,6018
13	0,007		0	0	0	0	0	0,04098	0,37254
14	0		0	0	0	0	0	0,02411	0,24359

Εικόνα 15. Διάταξη σημείων για την δημιουργία Υδρογραφήματος.

ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ



Σχήμα 29: Υδρογράφημα S.C.S.

3.3.9 Μέθοδος Sierra Nevada

Για την περίπτωση της υδρολογικής λεκάνης του χειμαρρικού ρεύματος Ξηριά προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα (Πίν. 55):

Πίνακας 55: Αποτελέσματα από την εφαρμογή των τύπων της μεθόδου Sierra Nevada.

C=26*Kn=	3,12
S=	0,152
N=	0,33
L=	8,418 Km
Lc=	4,777 Km
Lg=	2,558
D=	0,465
D=	27,908 (min)

Το χρονικό βήμα των χρονογραφημάτων είναι ίσο με μισή ώρα. Από τους παραπάνω υπολογισμούς βρίσκουμε ότι οι διάρκειες των συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων είναι ακέραια πολλαπλάσια της μιας ώρας.

t_m=	0,04539 * T
Q_m=	0,00119 * Q

Από τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτουν τα αποτελέσματα στον Πίνακα 56.

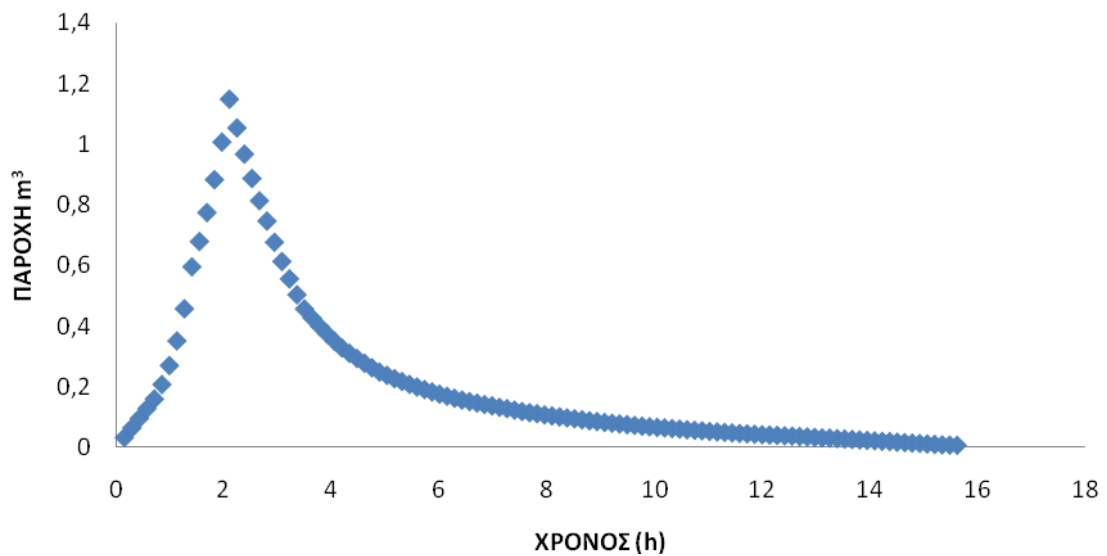
Πίνακας 56: Αποτελέσματα των εξισώσεων.

A/A	t_m	Q_m	A/A	t_m	Q_m
1	0,1395	0,0318	57	7,9539	0,1066
2	0,2791	0,0636	58	8,0934	0,1032
3	0,4186	0,0954	59	8,2330	0,1003
4	0,5582	0,1272	60	8,3725	0,0969

A/A	t_m	Q_m	A/A	t_m	Q_m
5	0,6977	0,1590	61	8,5120	0,0939
6	0,8373	0,2069	62	8,6516	0,0905
7	0,9768	0,2695	63	8,7911	0,0871
8	1,1163	0,3508	64	8,9307	0,0846
9	1,2559	0,4569	65	9,0702	0,0817
10	1,3954	0,5953	66	9,2098	0,0792
11	1,5350	0,6790	67	9,3493	0,0768
12	1,6745	0,7744	68	9,4888	0,0744
13	1,8140	0,8830	69	9,6284	0,0719
14	1,9536	1,0073	70	9,7679	0,0695
15	2,0931	1,1486	71	9,9075	0,0675
16	2,2327	1,0537	72	10,0470	0,0656
17	2,3722	0,9671	73	10,1866	0,0636
18	2,5118	0,8869	74	10,3261	0,0616
19	2,6513	0,8135	75	10,4656	0,0597
20	2,7908	0,7465	76	10,6052	0,0577
21	2,9304	0,6766	77	10,7447	0,0558
22	3,0699	0,6130	78	10,8843	0,0543
23	3,2095	0,5557	79	11,0238	0,0519
24	3,3490	0,5034	80	11,1633	0,0504
25	3,4885	0,4564	81	11,3029	0,0489
26	3,6281	0,4271	82	11,4424	0,0470
27	3,7676	0,3997	83	11,5820	0,0455
28	3,9072	0,3742	84	11,7215	0,0440
29	4,0467	0,3498	85	11,8611	0,0426
30	4,1863	0,3273	86	12,0006	0,0411
31	4,3258	0,3097	87	12,1401	0,0401
32	4,4653	0,2930	88	12,2797	0,0391
33	4,6049	0,2774	89	12,4192	0,0377
34	4,7444	0,2622	90	12,5588	0,0367
35	4,8840	0,2480	91	12,6983	0,0352
36	5,0235	0,2373	92	12,8378	0,0338
37	5,1630	0,2265	93	12,9774	0,0323
38	5,3026	0,2167	94	13,1169	0,0308
39	5,4421	0,2074	95	13,2565	0,0298
40	5,5817	0,1986	96	13,3960	0,0284
41	5,7212	0,1903	97	13,5356	0,0269
42	5,8608	0,1825	98	13,6751	0,0254
43	6,0003	0,1751	99	13,8146	0,0240
44	6,1398	0,1683	100	13,9542	0,0225
45	6,2794	0,1614	101	14,0937	0,0210

A/A	t_m	Q_m	A/A	t_m	Q_m
46	6,4189	0,1556	102	14,2333	0,0196
47	6,5585	0,1507	103	14,3728	0,0186
48	6,6980	0,1458	104	14,5123	0,0166
49	6,8375	0,1409	105	14,6519	0,0152
50	6,9771	0,1365	106	14,7914	0,0137
51	7,1166	0,1316	107	14,9310	0,0122
52	7,2562	0,1272	108	15,0705	0,0108
53	7,3957	0,1223	109	15,2101	0,0093
54	7,5353	0,1179	110	15,3496	0,0078
55	7,6748	0,1140	111	15,4891	0,0068
56	7,8143	0,1106	112	15,6287	0,0064

Από τον Πίνακα 56 προκύπτει το διάγραμμα του Σχήματος 30.



Σχήμα 30: Συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα μισής ώρας.

Για την κατασκευή του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της βροχόπτωσης στις 10/12/2009 χρησιμοποιήσαμε δύο μοναδιαία υδρογραφήματα μισής ώρας (Πίν. 57).

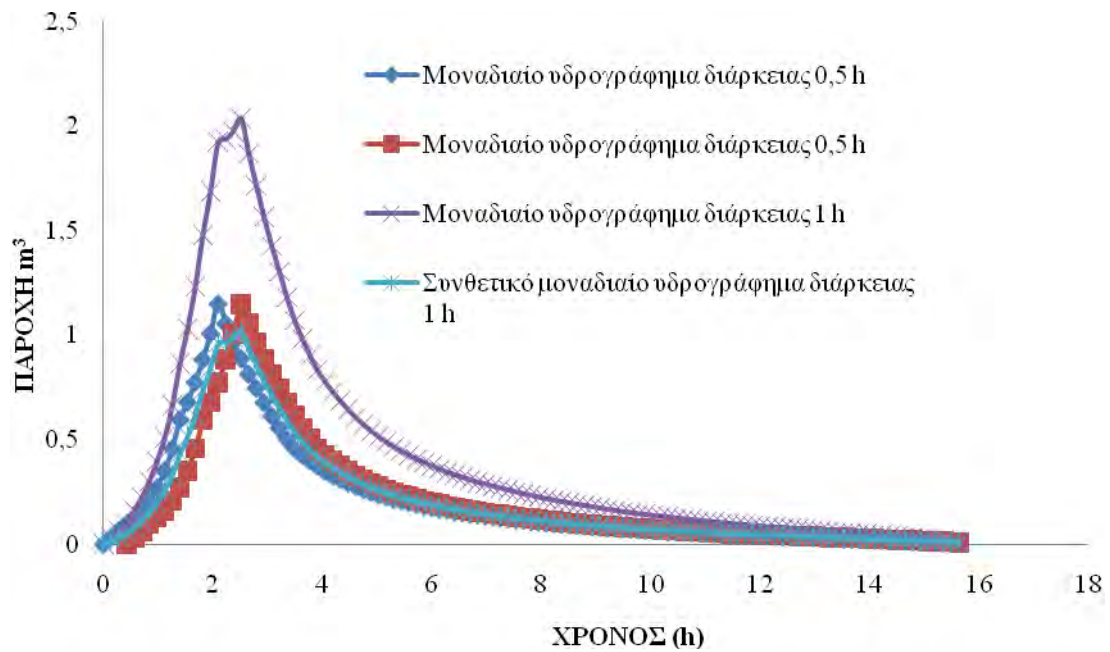
Πίνακας 57: Πίνακας τιμών του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος απορροϊκής βροχής διάρκειας 1 ώρας.

A/A	t_m	Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,140	0,032	0,000	0,032	0,016
3	0,279	0,064	0,000	0,064	0,032
4	0,419	0,095	0,000	0,095	0,048
5	0,558	0,127	0,032	0,159	0,079
6	0,698	0,159	0,064	0,223	0,111
7	0,837	0,207	0,095	0,302	0,151
8	0,977	0,270	0,127	0,397	0,198
9	1,116	0,351	0,159	0,510	0,255
10	1,256	0,457	0,207	0,664	0,332
11	1,395	0,595	0,270	0,865	0,432
12	1,535	0,679	0,351	1,030	0,515
13	1,675	0,774	0,457	1,231	0,616
14	1,814	0,883	0,595	1,478	0,739
15	1,954	1,007	0,679	1,686	0,843
16	2,093	1,149	0,774	1,923	0,962
17	2,233	1,054	0,883	1,937	0,968
18	2,372	0,967	1,007	1,974	0,987
19	2,512	0,887	1,149	2,036	1,018
20	2,651	0,814	1,054	1,867	0,934
21	2,791	0,747	0,967	1,714	0,857
22	2,930	0,677	0,887	1,563	0,782
23	3,070	0,613	0,814	1,426	0,713
24	3,209	0,556	0,747	1,302	0,651
25	3,349	0,503	0,677	1,180	0,590
26	3,489	0,456	0,613	1,069	0,535
27	3,628	0,427	0,556	0,983	0,491
28	3,768	0,400	0,503	0,903	0,452
29	3,907	0,374	0,456	0,831	0,415
30	4,047	0,350	0,427	0,777	0,388
31	4,186	0,327	0,400	0,727	0,363
32	4,326	0,310	0,374	0,684	0,342
33	4,465	0,293	0,350	0,643	0,321
34	4,605	0,277	0,327	0,605	0,302
35	4,744	0,262	0,310	0,572	0,286
36	4,884	0,248	0,293	0,541	0,271
37	5,024	0,237	0,277	0,515	0,257
38	5,163	0,226	0,262	0,489	0,244
39	5,303	0,217	0,248	0,465	0,232
40	5,442	0,207	0,237	0,445	0,222
41	5,582	0,199	0,226	0,425	0,213

A/A	t_m	Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1 ώρα Q_m (1mm)
42	5,721	0,190	0,217	0,407	0,204
43	5,861	0,182	0,207	0,390	0,195
44	6,000	0,175	0,199	0,374	0,187
45	6,140	0,168	0,190	0,359	0,179
46	6,279	0,161	0,182	0,344	0,172
47	6,419	0,156	0,175	0,331	0,165
48	6,558	0,151	0,168	0,319	0,159
49	6,698	0,146	0,161	0,307	0,154
50	6,838	0,141	0,156	0,296	0,148
51	6,977	0,136	0,151	0,287	0,144
52	7,117	0,132	0,146	0,277	0,139
53	7,256	0,127	0,141	0,268	0,134
54	7,396	0,122	0,136	0,259	0,129
55	7,535	0,118	0,132	0,249	0,125
56	7,675	0,114	0,127	0,241	0,121
57	7,814	0,111	0,122	0,233	0,116
58	7,954	0,107	0,118	0,225	0,112
59	8,093	0,103	0,114	0,217	0,109
60	8,233	0,100	0,111	0,211	0,105
61	8,373	0,097	0,107	0,204	0,102
62	8,512	0,094	0,103	0,197	0,099
63	8,652	0,091	0,100	0,191	0,095
64	8,791	0,087	0,097	0,184	0,092
65	8,931	0,085	0,094	0,179	0,089
66	9,070	0,082	0,091	0,172	0,086
67	9,210	0,079	0,087	0,166	0,083
68	9,349	0,077	0,085	0,161	0,081
69	9,489	0,074	0,082	0,156	0,078
70	9,628	0,072	0,079	0,151	0,076
71	9,768	0,069	0,077	0,146	0,073
72	9,907	0,068	0,074	0,142	0,071
73	10,047	0,066	0,072	0,137	0,069
74	10,187	0,064	0,069	0,133	0,067
75	10,326	0,062	0,068	0,129	0,065
76	10,466	0,060	0,066	0,125	0,063
77	10,605	0,058	0,064	0,121	0,061
78	10,745	0,056	0,062	0,117	0,059
79	10,884	0,054	0,060	0,114	0,057
80	11,024	0,052	0,058	0,110	0,055
81	11,163	0,050	0,056	0,106	0,053
82	11,303	0,049	0,054	0,103	0,052
83	11,442	0,047	0,052	0,099	0,049
84	11,582	0,045	0,050	0,096	0,048
85	11,722	0,044	0,049	0,093	0,046

A/A	t_m	Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1/2 ώρας Q_m	Διάρκεια 1 ώρας Q_m (1mm)
86	11,861	0,043	0,047	0,090	0,045
87	12,001	0,041	0,045	0,087	0,043
88	12,140	0,040	0,044	0,084	0,042
89	12,280	0,039	0,043	0,082	0,041
90	12,419	0,038	0,041	0,079	0,039
91	12,559	0,037	0,040	0,077	0,038
92	12,698	0,035	0,039	0,074	0,037
93	12,838	0,034	0,038	0,071	0,036
94	12,977	0,032	0,037	0,069	0,034
95	13,117	0,031	0,035	0,066	0,033
96	13,256	0,030	0,034	0,064	0,032
97	13,396	0,028	0,032	0,061	0,030
98	13,536	0,027	0,031	0,058	0,029
99	13,675	0,025	0,030	0,055	0,028
100	13,815	0,024	0,028	0,052	0,026
101	13,954	0,023	0,027	0,049	0,025
102	14,094	0,021	0,025	0,046	0,023
103	14,233	0,020	0,024	0,044	0,022
104	14,373	0,019	0,023	0,041	0,021
105	14,512	0,017	0,021	0,038	0,019
106	14,652	0,015	0,020	0,035	0,017
107	14,791	0,014	0,019	0,032	0,016
108	14,931	0,012	0,017	0,029	0,014
109	15,071	0,011	0,015	0,026	0,013
110	15,210	0,009	0,014	0,023	0,011
111	15,350	0,008	0,012	0,020	0,010
112	15,489	0,007	0,011	0,018	0,009
113	15,629	0,006	0,009	0,016	0,008
114			0,008	0,008	0,004
115			0,007	0,007	0,003
116			0,006	0,006	0,003

Από τον Πίνακα 57 προκύπτει το διάγραμμα στο Σχήμα 31 το οποίο απεικονίζει το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα απορροϊκής βροχόπτωσης διάρκειας 1 ώρας.



Σχήμα 31: Συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα διάρκειας απορροϊκής βροχής διάρκειας 1 ώρας.

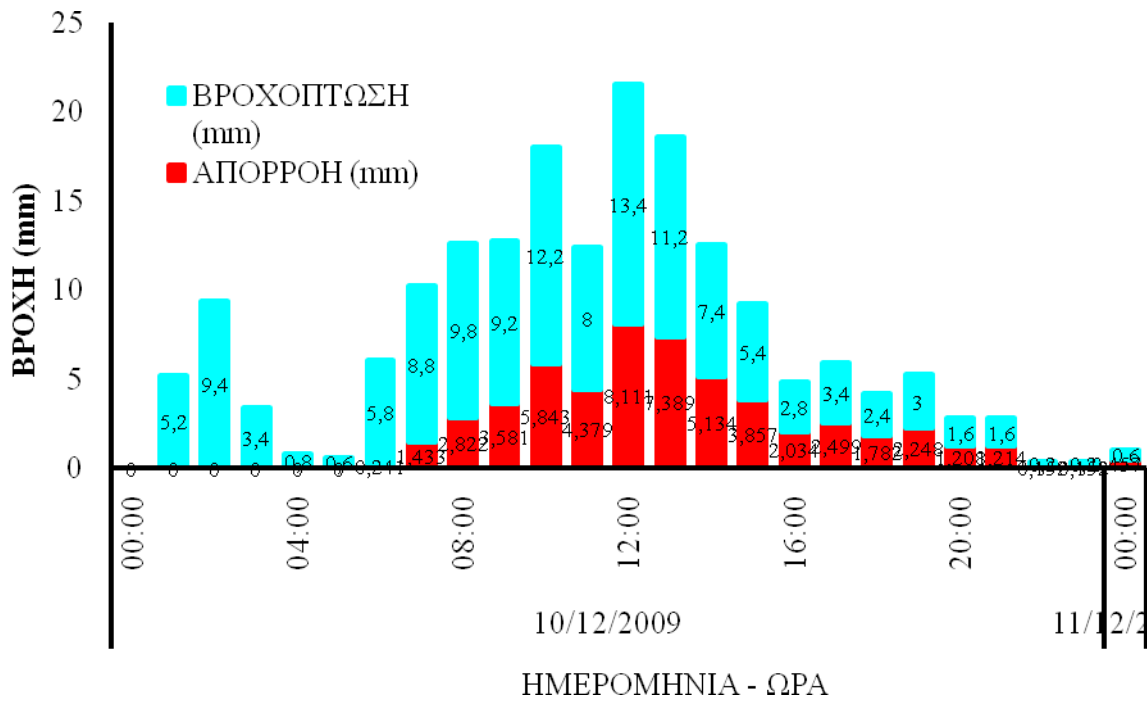
Σύμφωνα με την μέθοδο απορροϊκού συντελεστή CN η εκτίμηση της απορροϊκής βροχόπτωσης της 10^{ης} Δεκεμβρίου 2010, δίνεται στον Πίνακα 58.

Πίνακας 58: Προσδιορισμός απορροϊκών τιμών.

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - I	(P-I) ²	(P-I)+S	Q	Q ₁ - Q ₂
0	0	0,000	0,000	100,749	0,000	0,000
5,2	5,2	0,000	0,000	100,749	0,000	0,000
9,4	14,6	0,000	0,000	100,749	0,000	0,000
3,4	18	0,000	0,000	100,749	0,000	0,000
0,8	18,8	0,000	0,000	100,749	0,000	0,000
0,6	19,4	0,000	0,000	100,749	0,000	0,000
5,8	25,2	5,050	25,505	105,799	0,241	0,241
8,8	34	13,850	191,830	114,599	1,674	1,433
9,8	43,8	23,650	559,336	124,399	4,496	2,822
9,2	53	32,850	1079,141	133,599	8,077	3,581
12,2	65,2	45,050	2029,528	145,799	13,920	5,843
8	73,2	53,050	2814,332	153,799	18,299	4,379
13,4	86,6	66,450	4415,640	167,199	26,410	8,111
11,2	97,8	77,650	6029,566	178,399	33,798	7,389
7,4	105,2	85,050	7233,550	185,799	38,932	5,134
5,4	110,6	90,450	8181,253	191,199	42,789	3,857
2,8	113,4	93,250	8695,615	193,999	44,823	2,034
3,4	116,8	96,650	9341,276	197,399	47,322	2,499
2,4	119,2	99,050	9810,958	199,799	49,104	1,782
3	122,2	102,050	10414,260	202,799	51,353	2,248
1,6	123,8	103,650	10743,380	204,399	52,561	1,208
1,6	125,4	105,250	11077,621	205,999	53,775	1,214
0,2	125,6	105,450	11119,761	206,199	53,927	0,152
0,2	125,8	105,650	11161,982	206,399	54,080	0,152
0,6	126,4	106,250	11289,122	206,999	54,537	0,457
126,4						

Το ύψος της βροχόπτωσης και της απορροής ανά μια ώρα δίνεται γραφικά στο Σχήμα

32.



Σχήμα 32: Διάγραμμα βροχόπτωσης – απορροής.

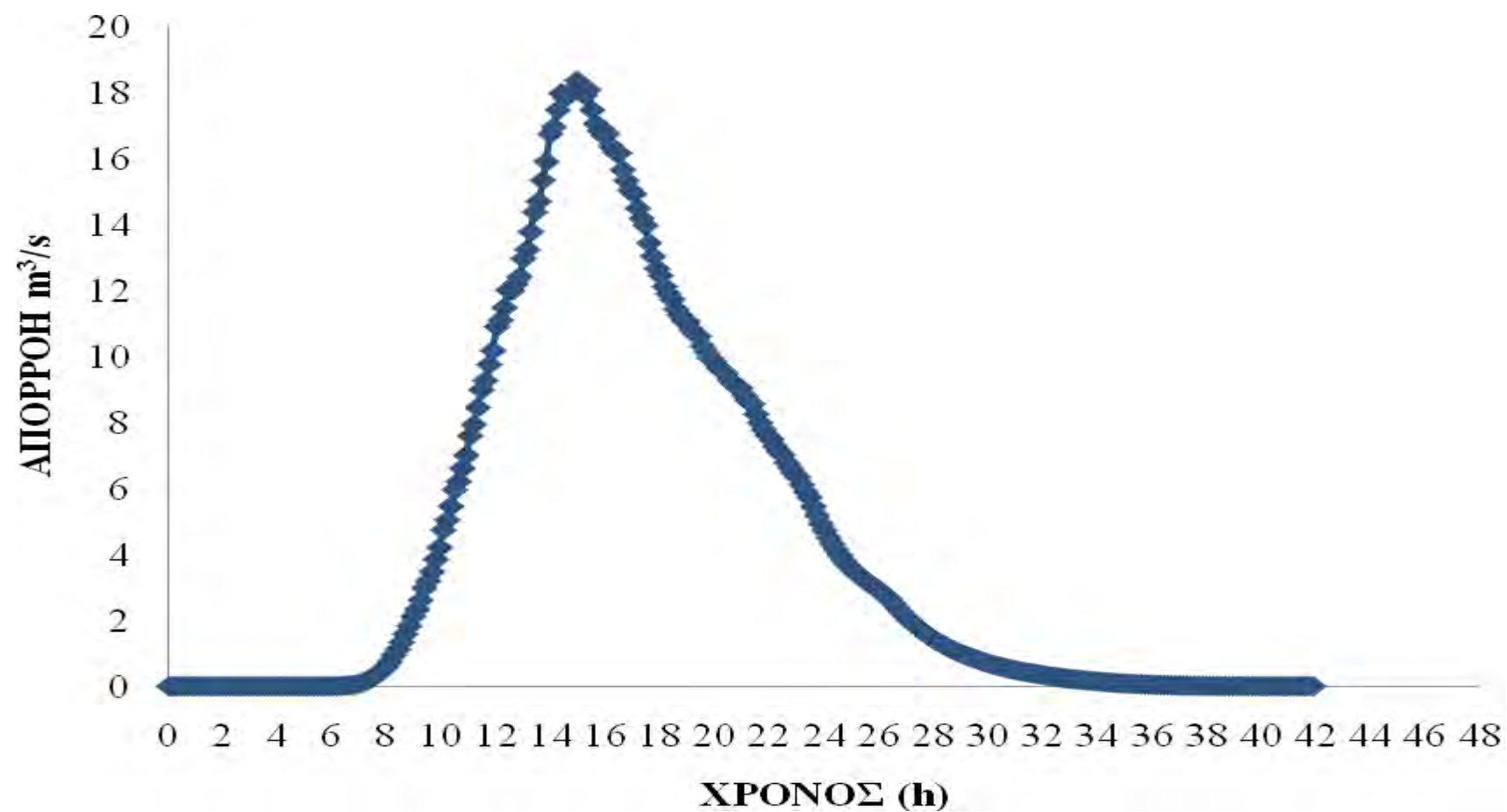
Ο υπολογισμός του υδρογραφήματος της Sierra Nevada προήλθε από την Εικόνα 16.

ΧΡΟΝΟΣ ΑΘΡΟΙΣΜΑ
ΒΡΟΧΗΣ

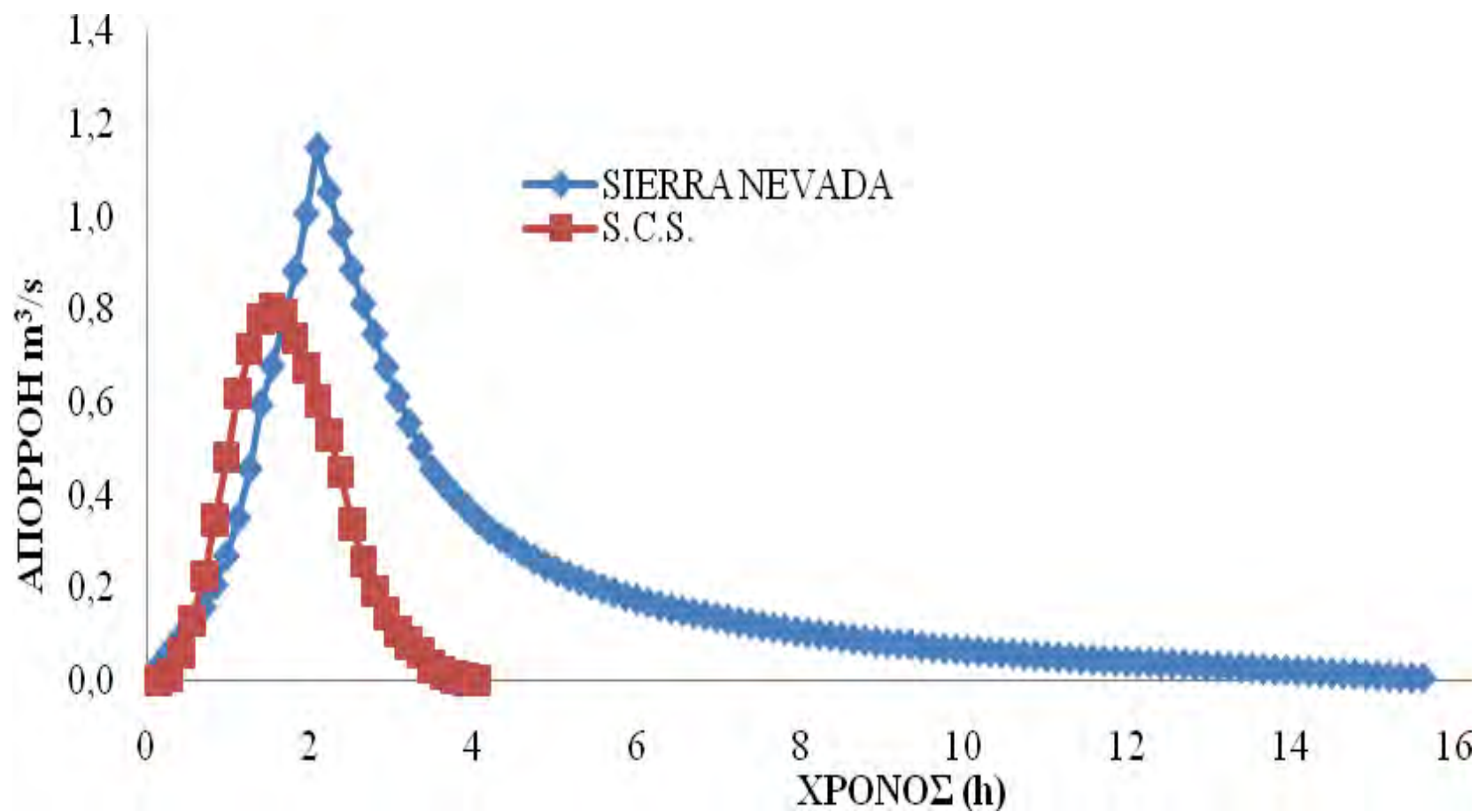
0,00 0,00
0,14 0,00
0,28 0,00
0,42 0,00
0,56 0,00
0,70 0,00
0,84 0,00
0,98 0,00
1,12 0,00
1,26 0,00
1,40 0,00
1,53 0,00
1,67 0,00
1,81 0,00
1,95 0,00
2,09 0,00
2,23 0,00
2,37 0,00
2,51 0,00
2,65 0,00
2,79 0,00

	02:00	03:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00
			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,24107	1,43285	2,82238
χρόνος	1mm										
	0	0									
	0,139542	0,015899									
	0,279084	0,031798									
	0,418625	0,047696									
	0,558167	0,079494									
	0,697709	0,111292									
	0,837251	0,151161									
	0,976793	0,198368		0							
	1,116334	0,25487		0							
	1,255876	0,331918		0							
	1,395418	0,432447		0							
	1,53496	0,514877		0							
	1,674502	0,615651		0							
	1,814043	0,739172		0							
	1,953585	0,843126		0							
	2,093127	0,961511		0	0						
	2,232669	0,968359		0	0						
	2,372211	0,987193		0	0						
	2,511752	1,017768		0	0						
	2,651294	0,933627		0	0						
	2,790836	0,856823		0	0						
	2,930378	0,781732		0	0						
	3,06992	0,713245		0	0	0					
	3,209461	0,651117		0	0	0					
	3,349003	0,589968		0	0	0					
	3,488545	0,534689		0	0	0					
	3,628087	0,491395		0	0	0					
	3,767629	0,451526		0	0	0					
	3,90717	0,415326		0	0	0					
	4,046712	0,38842		0	0	0	0				
	4,186254	0,363471		0	0	0	0				

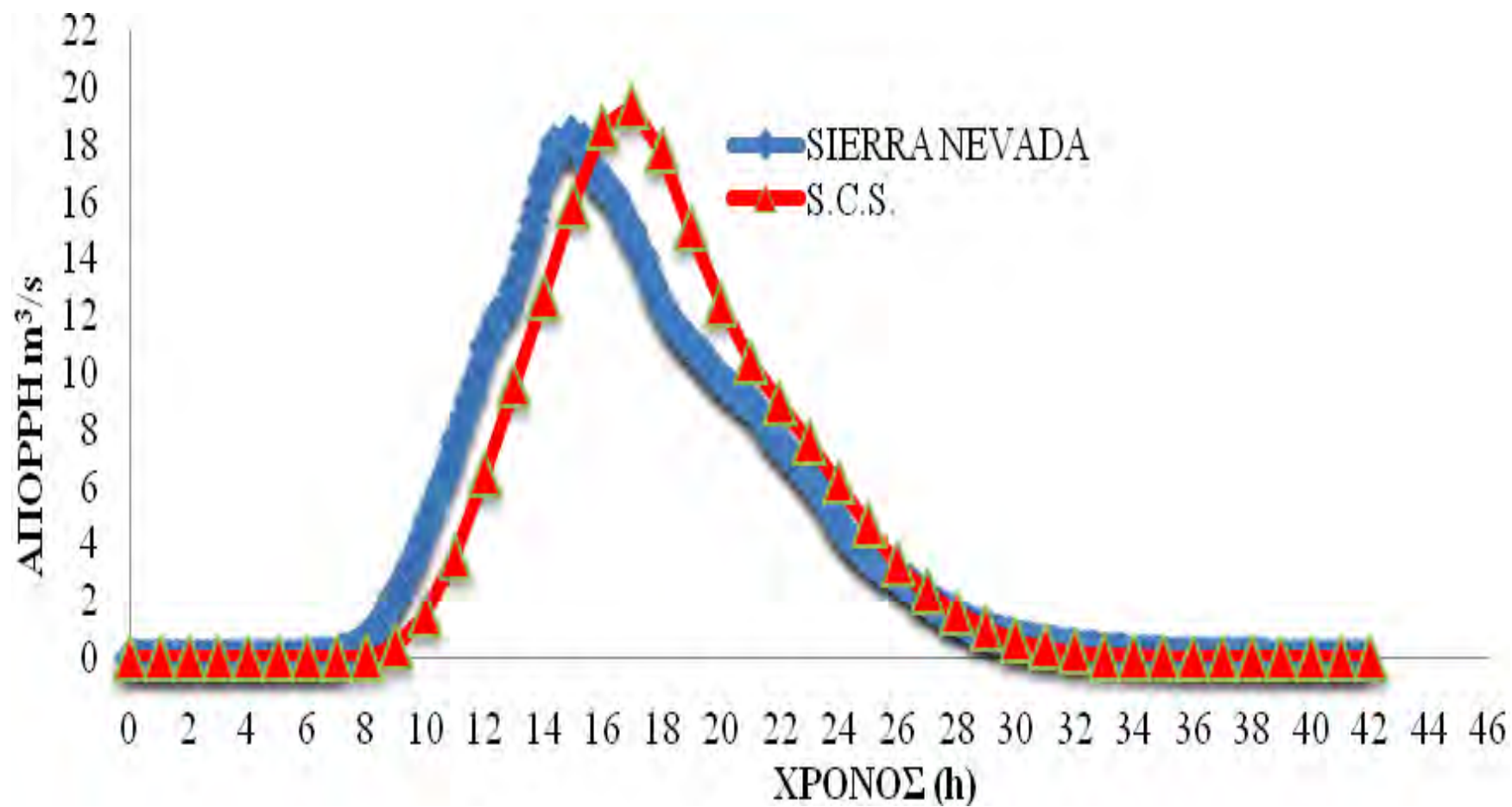
Εικόνα 16. Διάταξη σημείων για την δημιουργία Υδρογραφήματος.



Σχήμα 33: Υδρογράφημα.



Σχήμα 34: Σύγκριση μοναδιαίων υδρογραφημάτων.



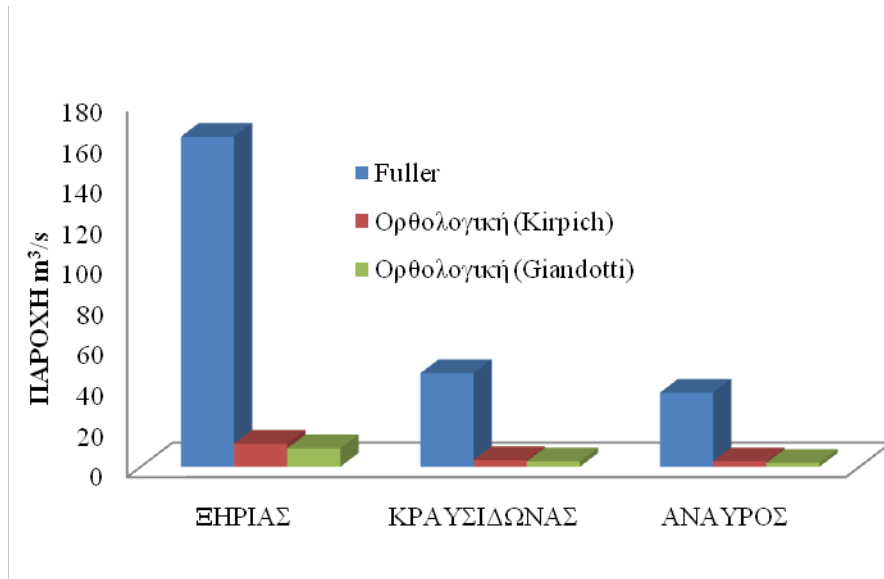
Σχήμα 35: Υδρογραφήματα πλημμύρας.

3.4 Συγκριτική αξιολόγηση των πλημμυρικών παροχών.

Για την συγκριτική αξιολόγηση των πλημμυρικών παροχών κατασκευάστηκαν διαγράμματα που συγκρίνουν τις τιμές των πλημμυρικών παροχών που εκτιμήθηκαν στο πεδίο με τις τιμές που υπολογίστηκαν με την μέθοδο Fuller και με την Ορθολογική μέθοδο (για τους δυο χρόνους συρροής κατά Kirpich και κατά Giandotti). Τα διαγράμματα είναι διαχωρισμένα βάση των περιόδων επαναφοράς $T = 2, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000$ χρόνια. Στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνεται ότι οι εμπειρικές μέθοδοι διαφέρουν κατά πολύ μεταξύ τους στην μικρή περίοδο επαναφοράς. Στην συνέχεια όσο η περίοδος μεγαλώνει εξομαλύνετε η διαφορά. Αυτό συμβαίνει διότι η μέθοδος Fuller έχει μια παράμετρος που είναι το εμβαδόν της λεκάνης απορροής, ενώ οι δυο χρόνοι της Ορθολογικής μεθόδου που χρησιμοποιούν παραπάνω από μια παράμετρο είναι πιο κοντά στις πραγματικές τιμές της απορροής.

Πίνακας 59: Μέγιστες παροχές σύμφωνα με την Ορθολογική μέθοδο (δύο χρόνους) και με την μέθοδο Fuller για $T=2$

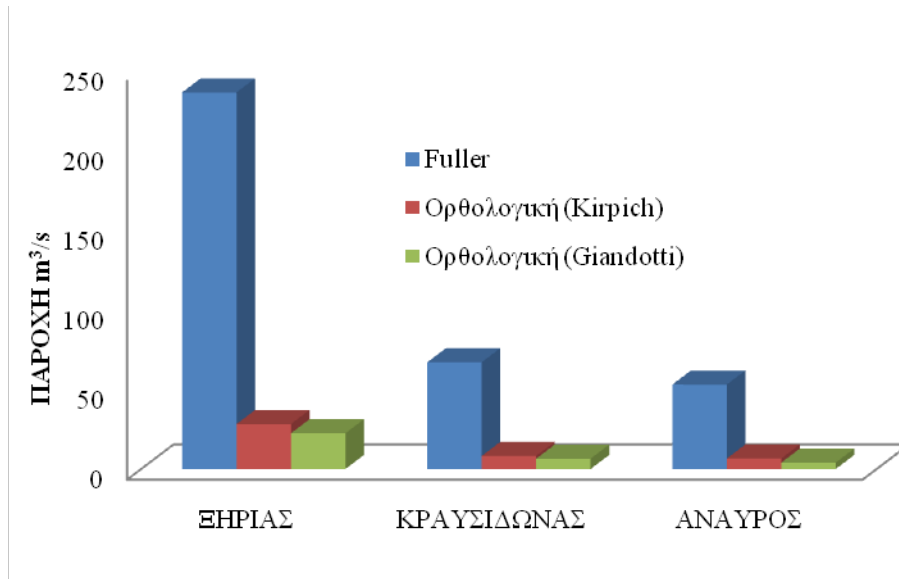
T = 2	ΞΗΡΙΑΣ	ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ	ΑΝΑΥΡΟΣ
Fuller	162,797	46,105	36,496
Ορθολογική (Kirpich)	11,385	3,285	2,644
Ορθολογική (Giandotti)	9,052	2,608	1,876



Σχήμα 36: Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T = 2$

Πίνακας 60: Μέγιστες παροχές σύμφωνα με την Ορθολογική μέθοδο (δύο χρόνους) και με την μέθοδο Fuller για $T=10$

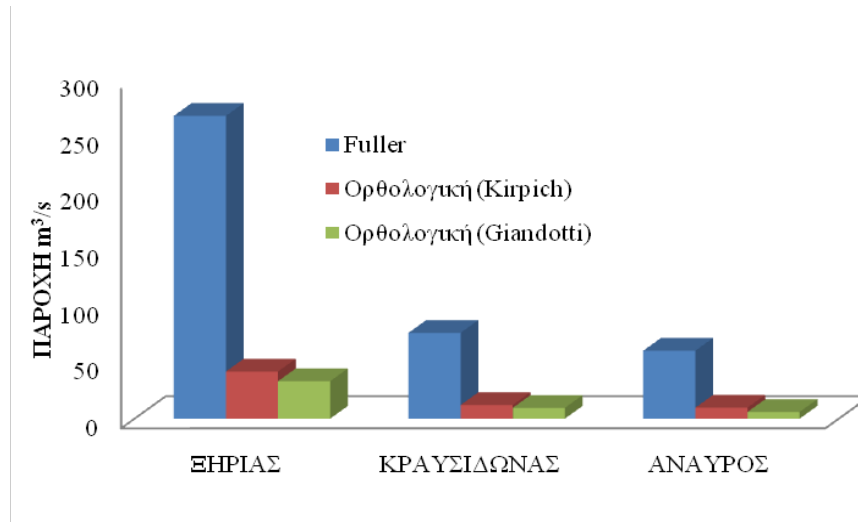
T = 10	ΞΗΡΙΑΣ	ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ	ΑΝΑΥΡΟΣ
Fuller	236,162	66,882	52,942
Ορθολογική (Kirpich)	28,182	8,131	6,546
Ορθολογική (Giandotti)	22,407	6,455	3,998



Σχήμα 37: Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T = 10$

Πίνακας 61: Μέγιστες παροχές σύμφωνα με την Ορθολογική μέθοδο (δύο χρόνους) και με την μέθοδο Fuller για $T=20$

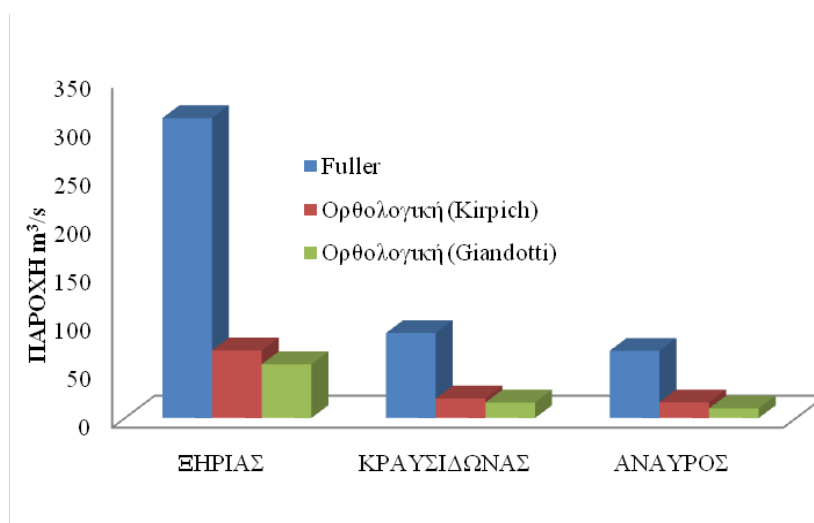
T = 20	ΞΗΡΙΑΣ	ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ	ΑΝΑΥΡΟΣ
Fuller	267,758	75,83	60,026
Ορθολογική (Kirpich)	41,64	12,014	9,671
Ορθολογική (Giandotti)	33,107	9,538	5,907



Σχήμα 38: Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T = 20$

Πίνακας 62: Μέγιστες παροχές σύμφωνα με την Ορθολογική μέθοδο (δύο χρόνους) και με την μέθοδο Fuller για $T=50$

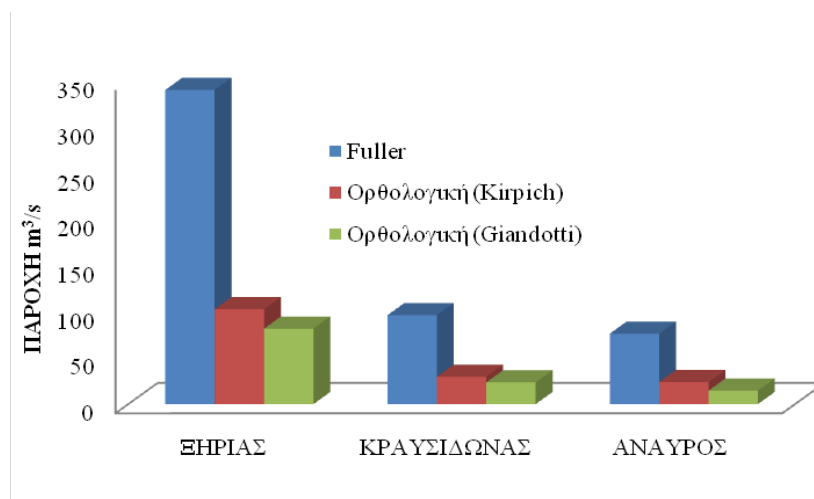
T = 50	ΞΗΡΙΑΣ	ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ	ΑΝΑΥΡΟΣ
Fuller	309,526	87,658	69,389
Ορθολογική (Kirpich)	69,764	20,128	16,203
Ορθολογική (Giandotti)	55,467	15,98	9,896



Σχήμα 39: Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T = 50$

Πίνακας 63: Μέγιστες παροχές σύμφωνα με την Ορθολογική μέθοδο (δύο χρόνους) και με την μέθοδο Fuller για T=100

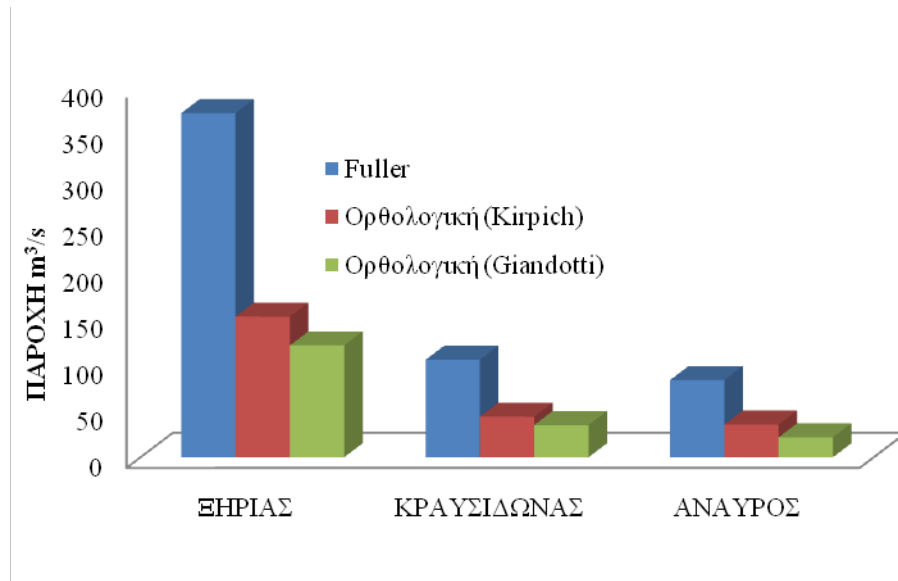
T = 100	ΞΗΡΙΑΣ	ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ	ΑΝΑΥΡΟΣ
Fuller	341,123	96,607	76,472
Ορθολογική (Kirpich)	103,078	29,74	23,941
Ορθολογική (Giandotti)	81,954	23,61	14,62



Σχήμα 40: Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς T = 100

Πίνακας 64: Μέγιστες παροχές σύμφωνα με την Ορθολογική μέθοδο (δύο χρόνους) και με την μέθοδο Fuller για T=200

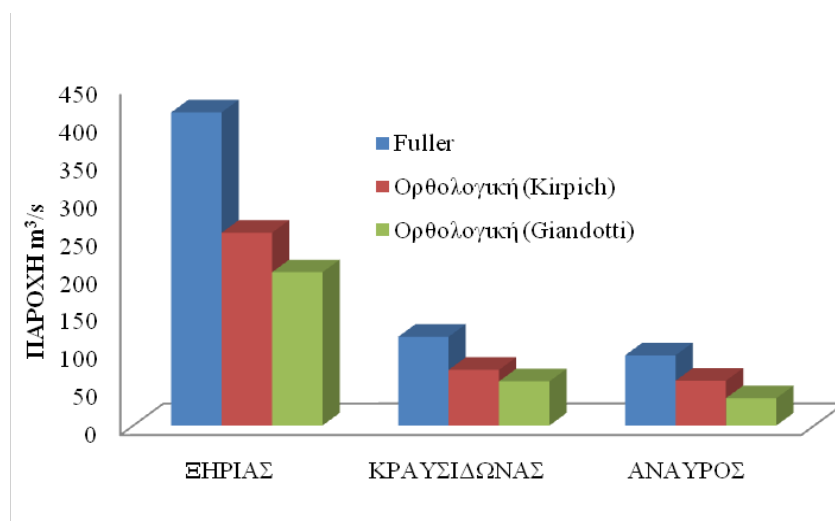
T = 200	ΞΗΡΙΑΣ	ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ	ΑΝΑΥΡΟΣ
Fuller	372,719	105,555	83,556
Ορθολογική (Kirpich)	152,301	43,942	35,373
Ορθολογική (Giandotti)	121,089	34,885	21,6



Σχήμα 41: Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T = 200$

Πίνακας 65: Μέγιστες παροχές σύμφωνα με την Ορθολογική μέθοδο (δύο χρόνους) και με την μέθοδο Fuller για $T=500$

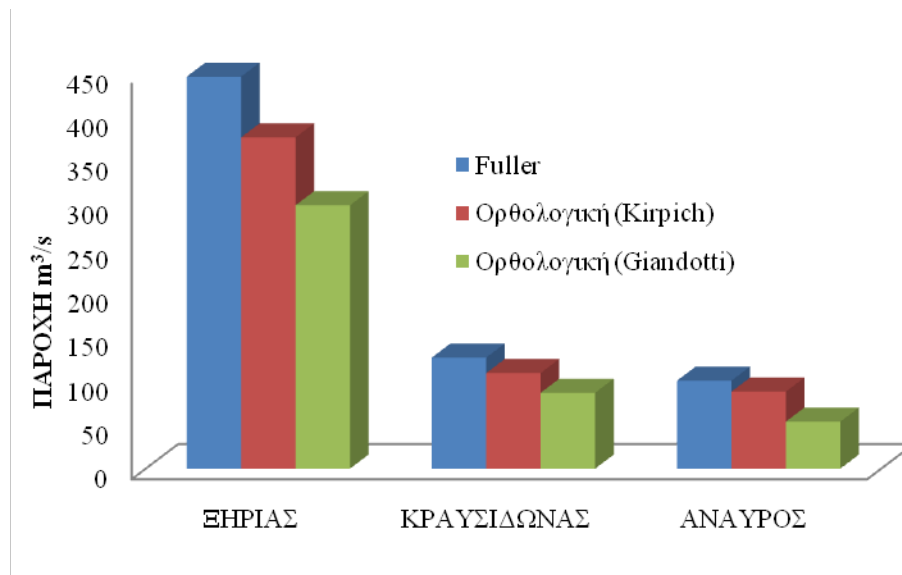
T = 500	ΞΗΡΙΑΣ	ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ	ΑΝΑΥΡΟΣ
Fuller	414,487	117,384	92,919
Ορθολογική (Kirpich)	255,163	73,62	59,263
Ορθολογική (Giandotti)	202,872	58,446	36,19



Σχήμα 42: Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T = 500$

Πίνακας 66: Μέγιστες παροχές σύμφωνα με την Ορθολογική μέθοδο (δύο χρόνους) και με την μέθοδο Fuller για $T=1000$

T = 1000	ΞΗΡΙΑΣ	ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ	ΑΝΑΥΡΟΣ
Fuller	446,083	126,332	100,002
Ορθολογική (Kirpich)	377,012	108,775	87,564
Ορθολογική (Giandotti)	299,75	86,356	53,48



Σχήμα 43: Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T = 1000$

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το χειμαρρικό περιβάλλον του δήμου Βόλου περιλαμβάνει τους τρεις χειμάρρους Ξηριά, Κραυσίδωνα και Άναυρο. Αυτοί με την σειρά τους κατατάσσονται στους χειμάρρους των ορεινών περιοχών. Εμφανίζουν έντονες κλίσεις με αποτέλεσμα να δημιουργεί την ταχεία απορροή των υδάτων κατά την εκδήλωση έντονων βροχοπτώσεων. Το ανάγλυφο των χειμάρρων σύμφωνα με τις μέσες κλίσεις των χειμάρρων (7,16%, 31,86%, 22,19% για Ξηριά, Κραυσίδωνα και Άναυρο αντίστοιχα), χαρακτηρίζεται ως ελαφρώς απότομη για τους δυο χειμάρρους και ελαφρώς κεκλιμένη για την λεκάνη απορροής τους Ξηριά.

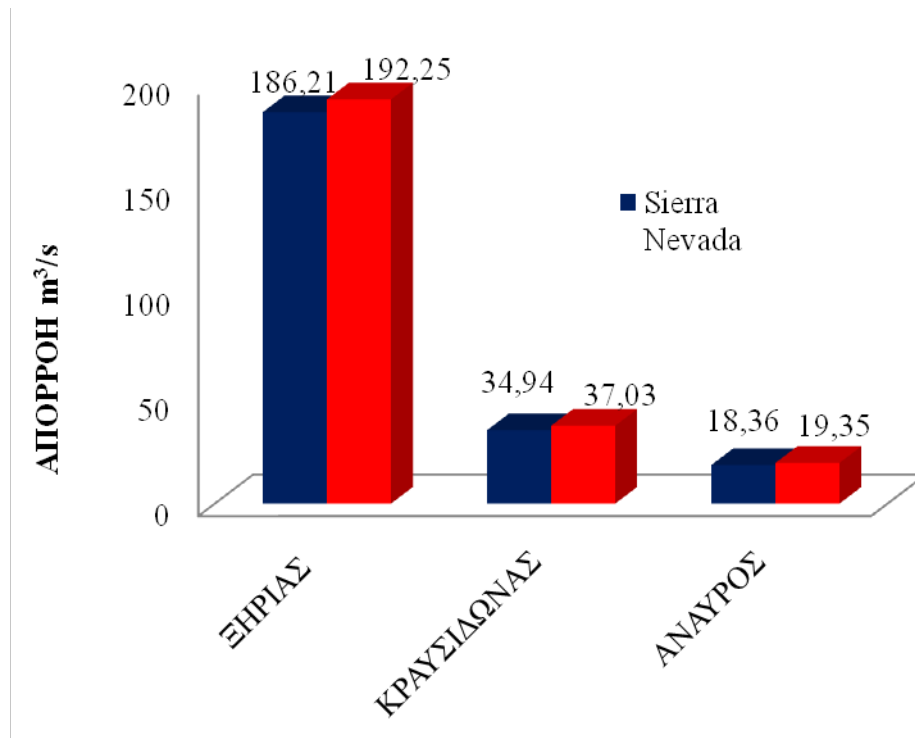
Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που αποτελούν το γεωλογικό υπόθεμα έχουν μεγάλο ποσοστό σε σχιστόλιθο και συναντάμε σχεδόν όλα τα είδη (μάρμαρα, δολομίτες, αλλουβιακές αποθέσεις, κ.τ.λ.). από τους γεωλογικούς σχηματισμούς παρατηρείται σχετικά μικρή διηθητικότητα και διαπερατότητα, ως αποτέλεσμα να παρατηρείται μέγιστη απορροή.

Η βροχόπτωση της 10^{ης} Δεκεμβρίου 2009 στην περιοχή του Βόλου εμφάνισε διάρκεια 24 ώρες και παρατηρήθηκαν μεγάλες τιμές βροχόπτωσης. Η εκτίμηση της μέγιστης πλημμυρικής απορροής πραγματοποιήθηκε με εμπειρικές μεθόδους και με τις μεθόδους του μοναδιαίου υδρογραφήματος Sierra Nevada και S.C.S. .

Οι τιμές που βρέθηκαν από τις μεθόδους του μοναδιαίου υδρογραφήματος είναι :

Πίνακας 67: Τιμές απορροών για τους τρεις χειμάρρους.

ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ	Μέγιστη Απορροή (m ³ /s)	
	Sierra Nevada	S.C.S
ΞΗΡΙΑΣ	186,21	192,25
ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ	34,94	37,03
ΑΝΑΥΡΟΣ	18,36	19,35



Σχήμα 44: Τιμές απορροών για τους τρεις χειμάρρους.

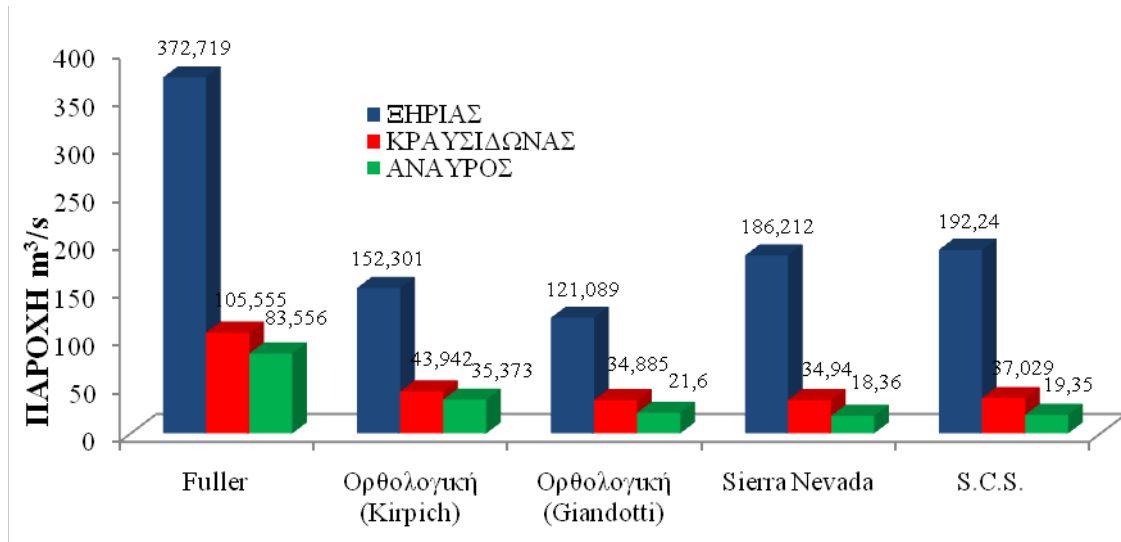
Από τις τιμές που προέκυψαν στις μεθόδους του μοναδιαίου υδρογραφήματος έγινε μία πρόχειρη εκτίμηση της περιόδου επαναφοράς της συγκεκριμένης βροχής. Η περίοδος επαναφοράς της, θα μπορούσε να θεωρηθεί ίση με 200 χρόνια, όπως φαίνεται στον Πίνακα 67. Όμως η ασυμφωνία των πλημμυρικών απορροών που προέκυψαν από τις διαφορετικές εμπειρικές μεθόδους (Fuller, ορθολογική κατά Giandotti και Kirpich), δε μας δίνουν τα απαραίτητα εχέγγυα να βασιστούμε με σιγουριά στις τιμές αυτές, παρά μόνο να κάνουμε πρόχειρες εκτιμήσεις. Οι εκτιμήσεις αυτές βασίζονται στο γεγονός ότι οι μέθοδοι των υδρογραφημάτων S.C.S και Sierra Nevada με βάση τις οποίες εκτιμήθηκαν οι πλημμυρικές απορροές, εφαρμόζονται κατά κόρον στην Αμερική και θεωρήθηκε ότι ισχύουν και για τις φυσιογραφικές συνθήκες των λεκανών απορροής της Ελλάδος. Περαιτέρω έρευνα, θα μπορούσε να

περιλαμβάνει και σύγκριση με άλλες μεθόδους πλημμυρικών απορροών έτσι ώστε να επιλεγεί η βέλτιστη απ' όλες για το σωστό σχεδιασμό των απαιτούμενων υδραυλικών έργων και έργων διαχείρισης υδατικών πόρων.

Πίνακας 68: Μέγιστες παροχές σύμφωνα με την Ορθολογική μέθοδο (δύο χρόνους) με την μέθοδο Fuller, με την μέθοδο Sierra Nevada και με την μέθοδο S.C.S. για T=200

T = 200	ΞΗΡΙΑΣ	ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ	ΑΝΑΥΡΟΣ
Fuller	372,719	105,555	83,556
Ορθολογική (Kirpich)	152,301	43,942	35,373
Ορθολογική (Giandotti)	121,089	34,885	21,6
Sierra Nevada	186,212	34,94	18,36
S.C.S.	192,24	37,029	19,35

Στο Σχήμα 45 παρουσιάζεται η σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς T=200.



Σχήμα 45: Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T = 200$

Από τα παραπάνω σχήματα συμπεραίνουμε ότι η μέθοδος Fuller είναι μια πολύ καλή εμπειρική μέθοδος για μακροσκοπικές εκτιμήσεις πλημμυρικών φαινομένων. Ωστόσο η μέθοδος εμπεριέχει σφάλμα για μικρές λεκάνες απορροής, διότι οι τύποι που χρησιμοποιούνται έχουν ως παραμέτρους τα έτη και την έκταση της εκάστοτε λεκάνης, χωρίς να υπολογίζεται η ραγδαιότητα της βροχόπτωσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Mourtzios P., Psilovikos Ar., Astaras T. (2009) Geomorphologic and hydrologic analysis of Torrent Imvrassos in Samos Island, using GIS. Assessment of flooding hazard. Proceedings of the 2nd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE) 2009, Vol III, pp. 1729 – 1734, Mykonos, Greece, J

Psilovikos Ar., Vavliakis El., Margoni S., Koutalou V. (2003) Determination of the runoff coefficient in the river basins of the main torrents in Samos island after the fire of July 2000 using orthophotomaps and G.I.S. Proceedings of the International Conference titled: «GIS and Remote Sensing: Environmental Applications», European Commission, COST 718–719, pp. 307 – 314, Volos, Greece.

Αντωνόπουλος Β. Ν. (2003). “Υδραυλική Περιβάλλοντος”. Εκδόσεις Γιαχούδη. Θεσσαλονίκη. σελ.499

Αυγουστής Α. , Σαπουντζής Μ. , Κατέρης Δ. , Γράβαλος Ι. , Ξυραδάκης Π. (2007). ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΣΜΟΚΟΒΟΥ. Πρακτικά 5ου Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής. Λάρισα σελ 787 – 793.

Καλαούζης Γ., Ροδάκης Γ. (2003). “Μελέτη : φράγμα Συγκέντρωσης Νερού στο ρέμα Μαυρομάτι του Δήμου Σούρπης”. Υδρολογική μελέτη Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Μαγνησίας.

Καραδήμος Ο., Σαπουντζής Μ., Ψιλοβίκος Αρ. (2009) Χρήση των μεθόδων SCS και Sierra Nevada για τον Προσδιορισμό του Υδρογραφήματος της

Βροχόπτωσης της 7ης/12/2002 στο Χειμάρρο «Γεραμπίνη» Ζαγοράς. Υδρογαία: Τιμητικός Τόμος στον Καθηγητή Χρήστο Δ. Τζιμόπουλο. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Επιμέλεια Έκδοσης Γιαννόπουλος Σ. Μέρος Ι: το νερό, σελ. 269 – 281, Θεσσαλονίκη.

Κωτούλας Δ. (2001) “Ορεινή υδρονομική”. Τόμος 1. Τα ρέοντα ύδατα. Θεσσαλονίκη. σελ. 681.

ΜΕΧΛΕΡΗ Α. Β. (2008). “ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΕ ΕΛΛΙΠΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ”. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών. σελ 166

Μούρτζιος Π. (2008). “Γεωμορφολογικά και Υδρογραφικά χαρακτηριστικά που συνδέονται με την ανάπτυξη των χειμάρρων της νήσου Σάμου”. Μεταπτυχιακή διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. σελ138

Μπαλούτσος Γ., Κουτσογιάννης Δ., Οικονόμου Α., Καλλίρης Π., (2000). Διερεύνηση της απόκρισης της λεκάνης απορροής Ξηριά Κορίνθου στην καταιγίδα της 11-13 Ιανουαρίου 1997 με τη μέθοδο SCS. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα. Τόμος. 11. Τεύχος 1/2000. σελ. 77-90.

Παπαμιχαήλ Α. Μ. (2004). Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών υδάτων. Εκδόσεις Γιαχούδη. Θεσσαλονίκη. 392 σελ.

Παπαμιχαήλ Α., Παπαδήμος Α. (1995). Διερεύνηση σχέσεων βροχής – απορροής, με τη βοήθεια του μοναδιαίου υδρογραφήματος του Nash και του αριθμού καμπύλης απορροής CN της SCS. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΥΕ. σελ. 262-270.

Παπαμίχος Ν. (1985) “Δασικά εδάφη”. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. σελ 348.

Σαπουντζής Μ., Παπαθανασίου Θ., Μυρωνίδης Δ. (2006). ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ «ΓΕΡΑΜΠΙΝΗ» ΖΑΓΟΡΑΣ. Συνέδριο Ε.Υ.Ε Πρακτικά 10^ο συνεδρίου 135-142 σελ.

Σπυρίδης Α., Ψιλοβίκος Αρ., Κουτάλου Β. (2002) Εξαγωγή όμβριων καμπυλών Νομού Κοζάνης για χρήση αυτών σε αντιπλημμυρικά έργα και έργα διαχείρισης υδατικών πόρων. Πρακτικά του 6ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας, Τόμος Ι, σελ. 339 – 346, Θεσσαλονίκη.

Στάθης Δ. , Σαπουντζής Μ. (2003). Διερεύνηση της σχέσης βροχής-απορροής της λεκάνης του χειμαρρικού ρεύματος "Πετρένια" Γοματίου Ν. Χαλκιδικής στην καταίγιδα της 7-9 Οκτωβρίου 2000.Γεωτεχνικά Επιστημονικά θέματα Τεύχος 1.

Στεφανίδης Π. (1990). "Μορφομετρική και υδρογραφική συγκρότηση των χειμαρρικών τύπων στο χώρο της Β. Ελλάδας". Επιστημονική Επιτροπή του Τμήματος Δασολογίας. αριθ. 6, ΑΒ' τόμος. Θεσσαλονίκη.

Τσακίρης Γ. (1995). "Ι. Τεχνική Υδρολογία". Εκδόσεις Συμμετρία. Αθήνα. σελ 670

Φασούλα Α. (2007). " Διερεύνηση της σχέσης βροχής – απορροής στο χειμαρρικό ρεύμα «Κραυσίδωνα» μετά την βροχόπτωση της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006. Προπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. σελ 58

Φασούλα Α., Σαπουντζής Μ., Ψιλοβίκος Αρ. (2009) Διερεύνηση του πλημμυρικού φαινομένου της 9ης Οκτωβρίου 2006, στο χείμαρρο «Κραυσίδωνα» Βόλου. Πρακτικά του κοινού Συνεδρίου ΕΥΕ – ΕΕΔΥΠ, «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων σε Συνθήκες Κλιματικών Αλλαγών», Τόμος Ι, σελ. 171 – 178, Βόλος.

Ψιλοβίκος Α. (2005). Αειφορική διαχείριση υδατικών πόρων. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος. 205σελ.

Ψιλοβίκος Άρ., Μαργώνη Σ., Βαβλιάκης Ελ., Ψιλοβίκος Αντ. (2004)

Παρακολούθηση και προσομοίωση της γεωγραφικής κατανομής της ραγδαίας βροχόπτωσης της 28–29/11/2001 στη Σάμο και συμβολή στην ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών της πόρων. Πρακτικά του 7ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου, Τόμος Ι, σελ. 450 – 457, Μυτιλήνη.

ABSTRACT

The purpose of the master thesis is the hydrological and the geomorphological study of the extensive area of the main torrents of Volos. Also, the present thesis has been accomplished so as to be able to deal with such a high intensity flooding phenomena which have disastrous impacts in agriculture, stockbreeding and tourism. For the achievement of this goal the Geographic Information Systems – GIS, software Arc Gis 9.3 has been used.

With the help of Arc Gis 9.3 the geomorphological and hydrographical elements of the catchment areas have been estimated but first they were digitized from maps (geological, topographical). Then, the maps of morphometrical parameters have been created and the three – dimensional mapping of the extensive area of Volos, too. Next, the flooding phenomena have been estimated, by using empirical – analytical methods for the three main torrents of the area of Volos. The methods that have been used are:

1. Empirical methods.
 1. Fuller method
 2. Rational method, using two formulas for the computation of time of concentration
 - a. Kirpich
 - b. Giandotti
2. Hydrograph methods.
 1. Sierra Nevada (design of small dams) method
 2. Soil Conservation Service (S.C.S.) method.

The aim was to compare these methods from each other so as to be selected the best, to confrontation of corresponding phenomena in small catchment areas that present venturousness and are found in mixed rural – urban environments. Specifically for the

case of three torrents, with the Hydrograph methods Sierra Nevada and S.C.S. was found coincidence of results with fault smaller than 3,14% in Xiria, 5,95% in Kraysidona and in Anayro 5,12%. The most reliable method for these small catchment areas is so much Sierra Nevada, as long the S.C.S. , because the results of hydrograph methods have small divergence from each other.

Keywords: flood hazards, catchment areas, land uses, Geographical Information Systems, Unite Hydrograph.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

