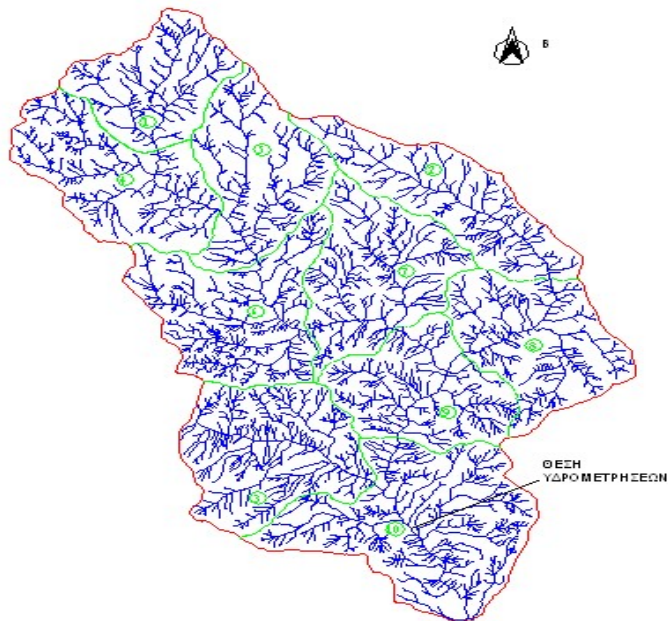


1. Περιγραφή της μελετώμενης λεκάνης απορροής

Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου Κόσυνθου βρίσκεται στα βόρεια του νομού Ξάνθης και ανήκει στην ευρύτερη λεκάνη απορροής της περιοχής της Ξάνθης. Η επιφάνεια της λεκάνης είναι 235 km², με σχήμα ωοειδές και διαμορφώνεται ανάντη της πόλης της Ξάνθης (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Υδρολογική λεκάνη του Κόσυνθου, χωρισμένη σε 10 υπολεκάνες

Ο νομός Ξάνθης έχει συνολική έκταση 1793 km² και κατανέμεται στους 11 βροχομετρικούς σταθμούς της περιοχής, από τους οποίους οι τέσσερις είναι πεδινοί και οι υπόλοιποι επτά είναι ορεινοί. Σε κάθε σταθμό αναλογεί έκταση 163 km². Η πεδινή ζώνη, η οποία καταλαμβάνει το 54% της συνολικής έκτασης του νομού, έχει έκταση 968,2 km², ενώ η ορεινή ζώνη που καταλαμβάνει το 46%, έχει έκταση 824,8 km². Επομένως, στην πεδινή ζώνη, αναλογεί σε κάθε σταθμό έκταση 242 km², ενώ στην ορεινή ζώνη αναλογεί σε κάθε σταθμό έκταση 117,8 km².

Ο νομός Ξάνθης βρίσκεται στη Θράκη και ανήκει στην περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Συνορεύει προς βορρά με τη Βουλγαρία, προς νότο με το Αιγαίο πέλαγος, προς ανατολάς με το νομό Ροδόπης και προς δυσμάς με το νομό Καβάλας. Η γεωμορφολογική εικόνα του νομού Ξάνθης χαρακτηρίζεται από ένα έντονο ορεινό τμήμα προς τα βόρεια και από δύο κύρια πεδινά τμήματα (ανατολικό Δέλτα Νέστου, δυτικό Βιστωνίδα) προς τα νότια, τα οποία με τη σειρά τους περιβάλλονται από ένα λοφώδες ανάγλυφο, το οποίο κατά θέσεις εμφανίζεται έντονο. Τέλος, οι παράκτιες λιμνοθάλασσες διαφόρων μεγεθών αποτελούν μια ιδιόμορφη μορφολογική μονάδα.

Η ορεινή περιοχή του νομού εμφανίζεται με έντονο πολυσχιδές ανάγλυφο και πυκνό υδρογραφικό δίκτυο, χαρακτηριστικό των αδιαπέρατων πετρωμάτων που αποτελούν τη μεγαλύτερη έκταση της ορεινής μάζας και αποτέλεσμα της δράσης κύρια της μηχανικής διάβρωσης. Ο τεκτονισμός της

περιοχής είναι σημαντικός και οφείλεται κυρίως στις διαταραχές από το περιθωριακό ρήγμα της Ροδόπης. Η δραστηριότητα του ρήγματος αυτού αποτέλεσε και την αιτία δημιουργίας των νότιων πεδινών τμημάτων (βυθίσματα), όπου ένας μεγάλος αριθμός διακλάσεων, ρηγματώσεων και άλλων ασυνεχειών διατρέχουν τη μάζα των πετρωμάτων της ορεινής ζώνης προς όλες τις κατευθύνσεις και υποβοηθούν έτσι την αποσάθρωση του πετρώματος και τη δημιουργία ενός αποσαθρωμένου μανδύα, ο οποίος κατά θέσεις φιλοξενεί υπόγεια υδροφόρα στρώματα.

Το πυκνό υδρογραφικό δίκτυο της ορεινής περιοχής έχει ως τελικούς αποδέκτες τον ποταμό Νέστο και τους χείμαρρους Κόσυνθο και Κομψάτο, καθώς και ένα αριθμό μικρότερων χειμάρρων που καταλήγουν στην έξοδο της ορεινής μάζας προς τον κάμπο και δημιουργούν μικρές αυτοδύναμες λεκάνες απορροής.

Οι μικρές αυτές λεκάνες χωρίζουν το σύνολο της ορεινής μάζας σε επιμέρους υδρολογικές μονάδες.

Οι λοφώδεις περιοχές, όπως προαναφέρθηκε, εντοπίζονται κυρίως περιμετρικά των πεδινών τμημάτων. Το ανάγλυφό τους παρουσιάζει μια ανομοιομορφία, η οποία οφείλεται στην ετερογενή λιθολογική σύσταση της περιοχής και στο διαφορετικό βαθμό διάβρωσης κατά περιοχές, λόγω της διαφορετικής συνοχής των υλικών των σχηματισμών.

Το υδρογραφικό δίκτυο των λοφωδών περιοχών είναι αραιό σε σχέση με αυτό των ορεινών περιοχών. Αυτό οφείλεται στη φύση των πετρωμάτων, αλλά κυρίως στο περιορισμένο ανάπτυσμα των περιοχών των λόφων που δεν επιτρέπει τη δημιουργία σημαντικού υδρογραφικού δικτύου. Ο σημαντικότερος χείμαρρος εδώ είναι ο Λασπίας, ο οποίος εκβάλλει στη θάλασσα, στην περιοχή μεταξύ του ποταμού Νέστου και του ακρωτηρίου Μπαλούστρα Αβδήρων.

Η πεδινή ζώνη του νομού Ξάνθης αποτελείται από δύο μεγάλα τμήματα, αυτό που ταυτίζεται με το ανατολικό τμήμα του Δέλτα του Νέστου και αυτό που εντοπίζεται δυτικά της λίμνης Βιστωνίδας. Η πεδινή ζώνη είναι περιοχή που δομείται από τεταρτογενή φερτά υλικά και προήλθε κυρίως από τεκτονικά αίτια.

Το πεδινό τμήμα του Δέλτα του Νέστου αποτελεί το προσχωματικό πεδίο του ποταμού, που ξεκινά από την έξοδο του από την ορεινή μάζα (στο ύψος των Τοξοτών) και απλώνεται προς τα νότια και ανατολικά μέχρι τη θάλασσα υπό μορφή τεράστιου ριπιδίου. Χαρακτηριστικό του πεδινού τμήματος είναι η διαμόρφωση αβαθών τμημάτων, που δημιουργούν κατά καιρούς λιμνάζουσες επιφάνειες.

Σήμερα, οι λιμνάζουσες αυτές επιφάνειες, σε ένα μεγάλο βαθμό, έπαψαν να υπάρχουν εξαιτίας των αποστραγγιστικών δικτύων που έχουν κατασκευαστεί στην περιοχή.

Χαρακτηριστική είναι επίσης η εικόνα των φυσικών λιμνοθαλασσών που έχουν δημιουργηθεί παράλληλα με τις ακτές, νότια της περιοχής του Ερασμίου.

Το πεδινό τμήμα της λεκάνης της Βιστωνίδας θεωρείται ως επίπεδο με πολύ μικρές κλίσεις προς όλες τις κατευθύνσεις, εκτός των νοτίων περιοχών πλησίον της λίμνης. Η σχεδόν επίπεδη μορφή διακόπτεται από μια σειρά λοφωδών εξάρσεων, που τη διαχωρίζουν δυτικότερα από ένα

αναπτυσσόμενο μικρότερο αυτοτελές πεδινό τμήμα (της Λεύκης). Το τελευταίο διατρέχεται από το χείμαρρο Λασπία, τα νερά του οποίου αποστραγγίζονται στη θαλάσσια περιοχή του Δέλτα του Νέστου. Το υδρογραφικό δίκτυο που διασχίζει την περιοχή, έχει προέλευση από την ορεινή ζώνη της Ροδόπης. Οι κυριότεροι ποταμοί και χείμαρροι είναι ο ποταμός Κόσυνθος που διασχίζει την πόλη της Ξάνθης και οι χείμαρροι των Κιμμερίων, των Σημάντρων, του Σουνίου και του Σελέρου.

Τώρα, όσον αφορά το γεωλογικό περιβάλλον του νομού Ξάνθης, αυτό αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα. Τα πετρώματα αυτά θεωρούνται γενικά αδιαπέρατα, καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση της ορεινής ζώνης, ξεκινούν από τα κράσπεδα της ορεινής μάζας της Ροδόπης και εκτείνονται σε όλο το ανάπτυγμά της. Επομένως, στην ορεινή ζώνη, η κατείδυση λόγω των αδιαπέρατων πετρωμάτων είναι μηδαμινή, σε αντίθεση με την απορροή που είναι μεγαλύτερη.

Τα μάρμαρα καταλαμβάνουν ένα μικρότερο, όμως σημαντικό τμήμα της περιοχής. Είναι συνήθως παχυπλακώδη, λευκά και αδροκρυσταλλικά. Δυτικά της πόλης της Ξάνθης επικρατεί μια μεγάλη εξάπλωση μαρμάρου, που αναπτύσσεται προς την κατεύθυνση της Σταυρούπολης και των Τοξοτών Νέστου και συνεχίζεται μέχρι την Καβάλα.

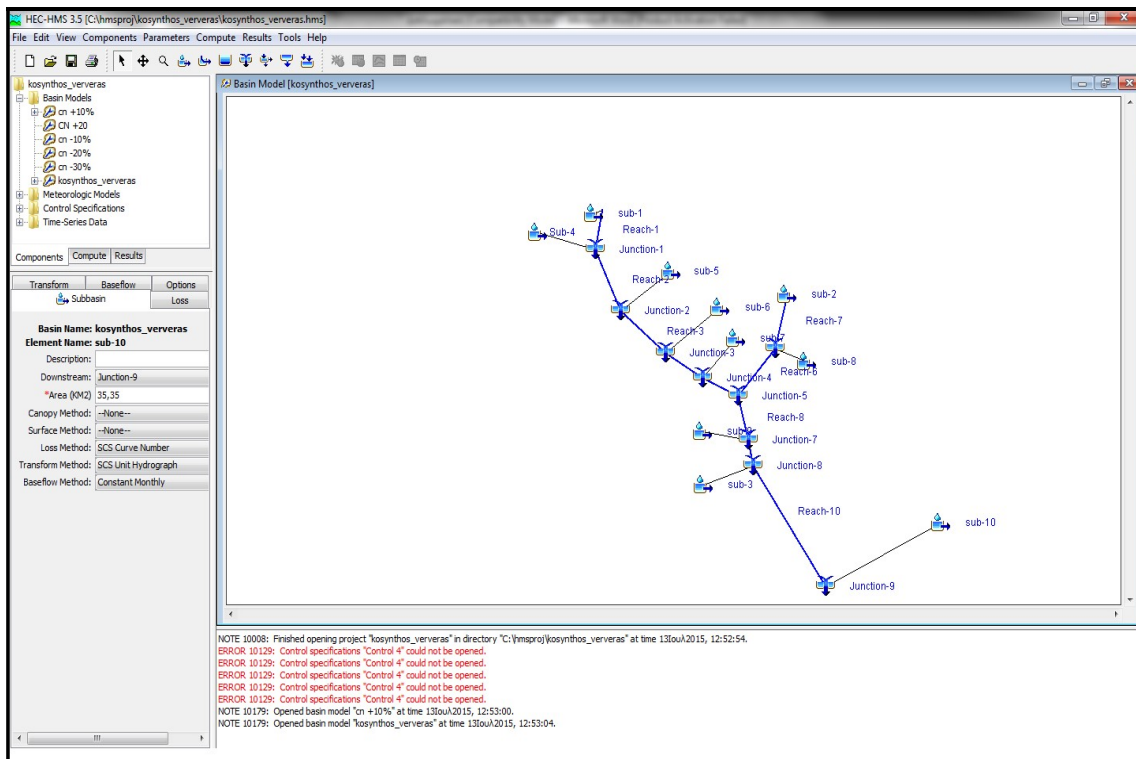
Τα πυριγενή πετρώματα εμφανίζονται και αυτά δυτικά της πόλης της Ξάνθης. Ακόμα, στο νομό συναντώνται τα παλαιογενή και τα νεογενή ιζήματα, όπου τα πρώτα αποτελούν την πρώτη σειρά ιζημάτων πάνω στο μεταμορφωμένο βυθισμένο υπόβαθρο της περιοχής.

Τέλος, αναφέρονται οι τεταρτογενείς αποθέσεις στη λεκάνη της Βιστωνίδας και στο Δέλτα του Νέστου, οι οποίες καταλαμβάνουν μια μικρή έκταση στο νομό.

Όσον αφορά τη χρήση της γης στο νομό Ξάνθης, παρατηρούμε ότι οι βοσκότοποι, τα δάση και οι καλλιεργούμενες εκτάσεις είναι αυτά που κυριαρχούν με ποσοστά 36%, 29% και 27% αντίστοιχα. Τα υπόλοιπα αφορούν νερά, οικισμούς και άλλες εκτάσεις με ποσοστά 4%, 3% και 1%.

Όσον αφορά τους οικισμούς και ειδικότερα την κατανομή του πληθυσμού στο νομό, ενώ η ορεινή περιοχή καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση, φιλοξενεί το λιγότερο πληθυσμό. Κατά συνέπεια, το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού εντοπίζεται στα πεδινά τμήματα του νομού. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις μεγαλύτερες καλλιεργούμενες εκτάσεις δημιουργεί την ανάγκη εξασφάλισης μεγάλων ποσοτήτων νερού, όχι μόνο για τις ανάγκες της ύδρευσης αλλά και της άρδευσης, επειδή η γεωργία αποτελεί την κύρια απασχόληση του μεγαλύτερου μέρους του πληθυσμού.

Με το λογισμικό HEC – HMS, το μοντέλο της υδρολογικής λεκάνης (Basin Model) του Κόσυνθου παριστάνεται όπως στο Σχήμα 2. Η λεκάνη χωρίζεται σε δέκα υπολεκάνες (υπολεκάνες 1–10) και το υδατόρρευμα σε δέκα μικρότερα (reach 1–10). Τα χαρακτηριστικά τους περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω και εισάγονται στο μοντέλο. Θεωρείται πως βρέχει ομοιόμορφα σε κάθε υπολεκάνη και η απορροή συγκεντρώνεται στην έξοδο.



Σχήμα 2: Υδρολογική λεκάνη του Κόσυνθου όπως παριστάνεται με το πρόγραμμα HEC – HMS.

2. Μοντέλο για τον υπολογισμό του ύψους άμεσης απορροής

S.C.S. (Soil Conservation Service)

Η Soil Conservation Service των Η.Π.Α. (S.C.S., 1972) ανέπτυξε μια μέθοδο για τον υπολογισμό του ύψους άμεσης απορροής, η οποία χρησιμοποιείται αρκετά τα τελευταία χρόνια από τους Υδρολόγους Μηχανικούς, κυρίως σε εμπορικά λογισμικά προγράμματα βροχόπτωσης – απορροής. Στη μέθοδο αυτή, ο υπολογισμός γίνεται από δεδομένη βροχή με τη βοήθεια του ύψους βροχής, της αρχικής κατάστασης υγρασίας του εδάφους και των υδρολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης, ήτοι γεωμορφολογία, λιθολογία, βλάστηση, τα οποία συμπεριλαμβάνονται σε κάποιο δείκτη που ονομάζεται αριθμός καμπύλης απορροής CN (Curve Number).

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, το ύψος της άμεσης απορροής h_R είναι μικρότερο ή ίσο με το ύψος της βροχόπτωσης h_r . Αφού αρχίσει η βροχή, το επιπρόσθετο βάθος νερού που κατακρατείται στη λεκάνη απορροής, F_a , είναι ίσο ή μικρότερο του μέγιστου θεωρητικού ύψους απωλειών S . Έως κάποιο ύψος βροχόπτωσης (αρχική συγκράτηση) I_a , δεν υπάρχει απορροή. Έτσι, η υποθετική εν δυνάμει απορροή είναι $h_r - I_a$.

Η υπόθεση της S.C.S. είναι ότι η αναλογία των δύο πραγματικών προς τις δύο θεωρητικές εν δυνάμει ποσότητες είναι:

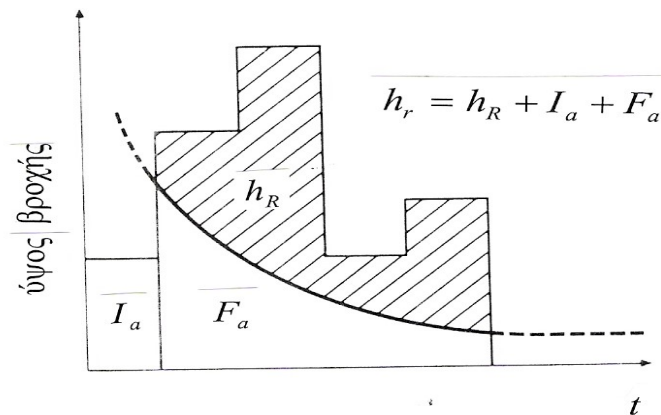
$$\frac{F_a}{S} = \frac{h_R}{h_r - I_a} \quad (1)$$

Σύμφωνα με τη διατήρηση της μάζας (Σχήμα 3):

$$h_r = h_R + I_a + F_a \quad (2)$$

Από το συνδυασμό των Εξισώσεων (1) και (2) προκύπτει:

$$h_R = \frac{(h_r - I_a)^2}{h_r - I_a + S} \quad (3)$$



Σχήμα 3: Σχηματική παράσταση των απωλειών βροχής.

Η Εξίσωση (3) είναι η εξίσωση υπολογισμού του ύψους περισσεύματος βροχής. Από τα αποτελέσματα σε πολλές πειραματικές λεκάνες απορροής προέκυψε η εμπειρική σχέση:

$$I_a = 0,2S \quad (4)$$

Η Εξίσωση (3) μετασχηματίζεται:

$$h_R = \frac{(h_r - 0,2S)^2}{h_r + 0,8S} \quad (5)$$

Το μέγιστο ύψος απωλειών S μπορεί να εκτιμηθεί από την εξίσωση:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (6)$$

όπου CN είναι ο αριθμός καμπύλης που προσδιορίζεται με τη βοήθεια πινάκων ως συνάρτηση των χρήσεων γης, της υδρολογικής ομάδας εδάφους και των συνθηκών εδαφικής υγρασίας ($0 < CN < 100$).

Για λεκάνες απορροής, στις οποίες δεν έχουν γίνει μετρήσεις, οι τιμές της παραμέτρου CN δίνονται από πίνακες. Οι πίνακες των τιμών CN για τα διάφορα υδρολογικά σύμπλοκα εδάφους-εδαφοκάλυψης είναι ευρέως διαθέσιμοι.

Το υδρολογικό σύμπλοκο εδάφους-επικάλυψης περιγράφει ένα συγκεκριμένο συνδυασμό υδρολογικής εδαφολογικής ομάδας, χρήσης εδάφους και επεξεργασίας, υδρολογικών συνθηκών επιφανείας και προηγούμενων συνθηκών υγρασίας.

Όλα αυτά έχουν άμεση σχέση με το ύψος της άμεσης απορροής μιας λεκάνης απορροής. Η υδρολογική εδαφολογική ομάδα περιγράφει τον τύπο εδάφους.

Η χρήση και η επεξεργασία του εδάφους περιγράφουν τον τύπο και τις συνθήκες της φυτικής κάλυψης. Οι υδρολογικές συνθήκες αναφέρονται στη δυνατότητα της επιφάνειας της λεκάνης να αυξήσει ή να εμποδίσει την άμεση απορροή. Οι προηγούμενες συνθήκες υγρασίας επηρεάζουν την πρόσφατη ιστορία των βροχοπτώσεων, και συνεπώς είναι ένα μέτρο του ποσού της υγρασίας που αποθηκεύεται στη λεκάνη απορροής.

Πιο κάτω αναλύονται οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τον υπολογισμό του Curve Number από τους πίνακες.

- **Υδρολογικές εδαφολογικές ομάδες**

Οι κατηγορίες εδαφών από υδρολογική άποψη είναι:

Κατηγορία Α

Εδάφη με υψηλή βασική διηθητικότητα και υψηλή διαπερατότητα. Συνήθως αμμώδη ή χαλικώδη εδάφη.

Κατηγορία Β

Εδάφη με μέτρια βασική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Περιλαμβάνονται εδάφη μέσης μέχρι ελαφριάς σύστασης.

Κατηγορία C

Εδάφη με μικρή βασική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Περιλαμβάνονται εδάφη μέσης σύστασης και συνεκτικά.

Κατηγορία D

Εδάφη με πολύ μικρή βασική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Περιλαμβάνονται κυρίως αργιλώδη εδάφη, εδάφη με υψηλή στάθμη υπόγειου νερού ή με αδιαπέρατο στρώμα.

- **Χρήση και επεξεργασία εδάφους**

Η επίδραση των συνθηκών της επιφάνειας μιας λεκάνης απορροής αξιολογείται με τη βοήθεια των κατηγοριών χρήσης και επεξεργασίας εδάφους. Η χρήση εδάφους αναφέρεται στην επικάλυψη της λεκάνης απορροής, συμπεριλαμβανομένου κάθε είδους βλάστησης, απορριμμάτων και ριζών από φυτά, αγρανάπαυσης (γυμνό χώμα), καθώς επίσης και μη γεωργικών χρήσεων, όπως οι επιφάνειες ύδατος (λίμνες, έλη και τα λοιπά), οι αδιαπέρατες επιφάνειες (δρόμοι και άλλα) και οι αστικές περιοχές. Η επεξεργασία εδάφους ισχύει κυρίως για εδάφη γεωργικών χρήσεων, και περιλαμβάνει μηχανικές πρακτικές, όπως οι πρακτικές χάραξης ισοϋψών και άλλα.

Η μέθοδος CN διακρίνει την εδαφοκάλυψη σε καλλιέργειες, λιβάδια, δέντρα και δάση.

- **Αρχική κατάσταση υγρασίας**

Με βάση το συνολικό ύψος βροχής των προηγούμενων πέντε ημερών διακρίνονται οι ακόλουθες τρεις κατηγορίες που χαρακτηρίζουν την αρχική κατάσταση υγρασίας του εδάφους (Πίνακας 2.1).

SEASONAL RAINFALL LIMITS FOR THREE LEVELS OF ANTECEDENT MOISTURE CONDITION (AMC) [21]		
AMC	Total 5-d Antecedent Rainfall (cm)	
	Dormant Season	Growing Season
I	Less than 1.3	Less than 3.6
II	1.3 to 2.8	3.6 to 5.3
III	More than 2.8	More than 5.3

Note: This table was developed using data from the midwestern United States. Therefore, caution is recommended when using the values supplied in this table for AMC determinations in other geographic or climatic regions.

Πίνακας 1: Αρχική κατάσταση υγρασίας.

Οι πίνακες που ακολουθούν είναι για CN με διάφορα υδρολογικά σύμπλοκα εδάφους - εδαφοκάλυψης. Ο Πίνακας 2α είναι για τις αστικές περιοχές, ο Πίνακας 2β για τις καλλιεργημένες γεωργικές περιοχές, ο Πίνακας 2γ για άλλες γεωργικές περιοχές και ο Πίνακας 2δ για ξηρές και ημιάγονες περιοχές. Τα Curve Numbers που παρουσιάζονται σε αυτούς τους πίνακες, είναι για το μέσο όρο AMC II. Τα αντίστοιχα CN για τις συνθήκες AMC I και AMC III παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

RUNOFF CURVE NUMBERS FOR URBAN AREAS¹ [22]

Cover Description	Average Percent Impervious Area ²	Curve Numbers for Hydrologic Soil Group:			
		A	B	C	D
<i>Fully developed urban areas (vegetation established)</i>					
Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.) ³ :					
Poor condition (grass cover less than 50%)		68	79	86	89
Fair condition (grass cover 50 to 75%)		49	69	79	84
Good condition (grass cover greater than 75%)		39	61	74	80
Impervious areas:					
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)		98	98	98	98
Streets and roads:					
Paved; curves and storm sewers (excluding right-of-way)		98	98	98	98
Paved; open ditches (including right-of-way)		83	89	92	93
Gravel (including right-of-way)		76	85	89	91
Dirt (including right-of-way)		72	82	87	89
Western desert urban areas:					
Natural desert landscaping (pervious areas only) ⁴		63	77	85	88
Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-in. sand or gravel mulch and basin borders)		96	96	96	96
Urban districts:					
Commercial and business	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residential districts by average lot size:					
$\frac{1}{8}$ ac. or less (town houses)	65	77	85	90	92
$\frac{1}{4}$ ac.	38	61	75	83	87
$\frac{1}{3}$ ac.	30	57	72	81	86
$\frac{1}{2}$ ac.	25	54	70	80	85
1 ac.	20	51	68	79	84
2 ac.	12	46	65	77	82
<i>Developing urban areas</i>					
Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation) ⁵		77	86	91	94
Idle lands (curve numbers (CNs) are determined using cover types similar to those in Table 5-2(c)).					

Notes:

¹Average antecedent moisture condition and $I_a = 0.2S$.

²The average percent impervious area shown was used to develop the composite CNs. Other assumptions are as follows: Impervious areas are directly connected to the drainage system; impervious areas have a $CN = 98$; and pervious areas are considered equivalent to open space in good hydrologic condition. CNs for other combinations of conditions may be computed using Fig. 5-16 or 5-17.

³CNs shown are equivalent to those of pasture. Composite CNs may be computed for other combinations of open space cover type.

⁴Composite CN's for natural desert landscaping should be computed using Figs. 5-16 or 5-17 based on the impervious area percentage ($CN = 98$) and the pervious area CN. The pervious area CNs are assumed equivalent to desert shrub in poor hydrologic condition.

⁵Composite CNs to use for the design of temporary measures during grading and construction should be computed using Figs. 5-16 or 5-17, based on the degree of development (impervious area percentage) and the CNs for the newly graded pervious areas.

Πίνακας 2α: Αρχική κατάσταση υγρασίας για αστικές περιοχές.

RUNOFF CURVE NUMBERS FOR CULTIVATED AGRICULTURAL LANDS ¹ [22]						
Cover Description			Curve Numbers for Hydrologic Soil Group:			
Cover Type	Treatment ²	Hydrologic Condition ³	A	B	C	D
Fallow	Bare soil	—	77	86	91	94
	Crop residue cover (CR)	Poor	76	85	90	93
Row crops	Straight row (SR)	Good	74	83	88	90
		Poor	72	81	88	91
	SR + CR	Good	67	78	85	89
		Poor	71	80	87	90
	Contoured (C)	Good	64	75	82	85
		Poor	70	79	84	88
	C + CR	Good	65	75	82	86
		Poor	69	78	83	87
	Contoured and terraced (C&T)	Good	64	74	81	85
		Poor	66	74	80	82
	C&T + CR	Good	62	71	78	81
		Poor	65	73	79	81
Small grain	SR	Good	61	70	77	80
		Poor	65	76	84	88
	SR + CR	Good	63	75	83	87
		Poor	64	75	83	86
	C	Good	60	72	80	84
		Poor	63	74	82	85
	C + CR	Good	61	73	81	84
		Poor	62	73	81	84
	C&T	Good	60	72	80	83
		Poor	61	72	79	82
C&T + CR	Good	59	70	78	81	
	Poor	60	71	78	81	
Close-seeded or broadcast legumes or rotation meadow	SR	Good	58	69	77	80
		Poor	66	77	85	89
	C	Good	58	72	81	85
		Poor	64	75	83	85
	C&T	Good	55	69	78	83
		Poor	63	73	80	83
Good	51	67	76	80		

Notes:
¹Average antecedent moisture condition and $I_a = 0.25$.
²Crop residue cover applies only if residue is on at least 5% of the surface throughout the year.
³Hydrologic condition is based on combination of factors that affect infiltration and runoff, including: (1) density and canopy of vegetated areas; (2) amount of year-round cover; (3) amount of grass or close-seeded legumes in rotation; (4) percent of residue cover on the land surface (good hydrologic condition is greater than or equal to 20%); and (5) degree of surface roughness. *Poor*: Factors impair infiltration and tend to increase runoff. *Good*: Factors encourage average and better than average infiltration and tend to decrease runoff.

Πίνακας 2β: Αρχική κατάσταση υγρασίας για καλλιεργημένες γεωργικές περιοχές.

RUNOFF CURVE NUMBERS FOR OTHER AGRICULTURAL LANDS ¹ [22]						
Cover Description			Curve Numbers for Hydrologic Soil Group:			
Cover Type	Hydrologic Condition	A	B	C	D	
Pasture, grassland, or range-continuous forage for grazing ²	Poor	68	79	86	89	
	Fair	49	69	79	84	
	Good	39	61	74	80	
Meadow-continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay	—	30	58	71	78	
Brush—brush-weed grass mixture with brush being the major element ³	Poor	48	67	77	83	
	Fair	35	56	70	77	
	Good	30 ⁴	48	65	73	
Woods—grass combination (orchard or tree farm) ⁵	Poor	57	73	82	86	
	Fair	43	65	76	82	
	Good	32	58	72	79	
Woods. ⁶	Poor	45	66	77	83	
	Fair	36	60	73	79	
	Good	30 ⁴	55	70	77	
Farmsteads—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots.	—	59	74	82	86	

Notes:
¹Average antecedent moisture condition and $I_a = 0.25$.
²*Poor*: less than 50% ground cover on heavily grazed with no mulch.
Fair: 50 to 75% ground cover and not heavily grazed.
Good: more than 75% ground cover and lightly or only occasionally grazed.
³*Poor*: less than 50% ground cover.
Fair: 50 to 75% ground cover.
Good: more than 75% ground cover.
⁴Actual curve number is less than 30; use $CN = 30$ for runoff computations.
⁵ CNs shown were computed for areas with 50% woods and 50% grass (pasture) cover. Other combinations of conditions may be computed from the CNs for woods and pasture.
⁶*Poor*: Forest litter, small trees, and brush are destroyed by heavy grazing or regular burning.
Fair: Woods are grazed but not burned, and some forest litter covers the soil.
Good: Woods are protected from grazing, and litter and brush adequately cover the soil.

Πίνακας 2γ: Αρχική κατάσταση υγρασίας για άλλες γεωργικές περιοχές.

RUNOFF CURVE NUMBERS FOR ARID AND SEMIARID RANGELANDS¹ [22]

Cover Description	Hydrologic Condition ²	Curve Numbers for Hydrologic Soil Group:			
		A ³	B	C	D
Herbaceous—mixture of grass, weeds, and low-growing brush, with brush the minor element.	Poor		80	87	93
	Fair		71	81	89
	Good		62	74	85
Oak-aspen—mountain brush mixture of oak brush, aspen, mountain mahogany, bitter brush, maple, and other brush.	Poor		66	74	79
	Fair		48	57	63
	Good		30	41	48
Pinyon-juniper—pinyon, juniper, or both; grass understory.	Poor		75	85	89
	Fair		58	73	80
	Good		41	61	71
Sagebrush with grass understory.	Poor		67	80	85
	Fair		51	63	70
	Good		35	47	55
Desert shrub—major plants include saltbrush, greasewood, creosotebush, blackbrush, bursage, palo verde, mesquite, and cactus.	Poor	63	77	85	88
	Fair	55	72	81	86
	Good	49	68	79	84

Notes:

¹Average antecedent moisture condition and $I_a = 0.2S$. For range in humid regions, use Table 5-2(c).

²Poor: less than 30% ground cover (litter, grass, and brush overstory).

Fair: 30 to 70% ground cover.

Good: more than 70% ground cover.

³Curve numbers for group A have been developed only for desert shrub.

Πίνακας 2δ: Αρχική κατάσταση υγρασίας για ξηρές και ημιάγονες περιοχές.

CORRESPONDING RUNOFF CURVE NUMBERS FOR THREE AMC CONDITIONS [21]

AMC II	AMC I	AMC III	AMC II	AMC I	AMC III
100	100	100	60	40	78
99	97	100	59	39	77
98	94	99	58	38	76
97	91	99	57	37	75
96	89	99	56	36	75
95	87	98	55	35	74
94	85	98	54	34	73
93	83	98	53	33	72
92	81	97	52	32	71
91	80	97	51	31	70
90	78	96	50	31	70
89	76	96	49	30	69
88	75	95	48	29	68
87	73	95	47	28	67
86	72	94	46	27	66
85	70	94	45	26	65
84	68	93	44	25	64
83	67	93	43	25	63
82	66	92	42	24	62
81	64	92	41	23	61
80	63	91	40	22	60
79	62	91	39	21	59
78	60	90	38	21	58
77	59	89	37	20	57
76	58	89	36	19	56
75	57	88	35	18	55
74	55	88	34	18	54
73	54	87	33	17	53
72	53	86	32	16	52
71	52	86	31	16	51
70	51	85	30	15	50
69	50	84			
68	48	84	25	12	43
67	47	83	20	9	37
66	46	82	15	6	30
65	45	82	10	4	22
64	44	81	5	2	13
63	43	80	0	0	0
62	42	79			
61	41	78			

Πίνακας 3: CN για συνθήκες AMC I και AMC III.

Τα θετικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της μεθόδου απορροής Curve Number είναι η απλότητά της και το γεγονός ότι οι αριθμοί αυτοί (Curve Numbers) συσχετίζονται με τις ιδιότητες της λεκάνης απορροής, όπως ο εδαφολογικός τύπος, ο τύπος της επεξεργασίας και της βλάστησης του εδάφους, οι συνθήκες επιφάνειας και η αρχική υγρασία. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στην πράξη για να καθορίσει τα ύψη απορροής, τα οποία βασίζονται στα ύψη βροχοπτώσεων και τα Curve Numbers, χωρίς σαφή καθορισμό της έντασης και της διάρκειας των βροχοπτώσεων.

Σημαντική εμπειρία έχει συσσωρευτεί στη μέθοδο Curve Number. Για καλύτερα αποτελέσματα, εντούτοις, η μέθοδος πρέπει να χρησιμοποιείται με κρίση και με ιδιαίτερη προσοχή στις δυνατότητες και τους περιορισμούς της.

Η εμπειρία που έχουμε από τη μέθοδο αυτή, έχει δείξει ότι τα αποτελέσματα είναι ευαίσθητα στο Curve Number. Αυτό τονίζει τη σημασία μιας ακριβούς εκτίμησης του Curve Number, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η διαφορά στους προσδιορισμούς των απορροών. Οι τυποποιημένοι πίνακες παρέχουν χρήσιμες οδηγίες, αλλά η εμπειρία της περιοχής είναι σημαντική για αυξημένη ακρίβεια. Χαρακτηριστικοί αριθμοί απορροής (Curve Number), που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό, κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 50 και 95.

Πολύ συνδεδεμένη με την ευαισθησία της μεθόδου είναι η παράμετρος της αρχικής υγρασίας. Δεδομένου ότι το Curve Number ποικίλλει σε σχέση με την αρχική υγρασία, υπολογίζονται διαφορετικά αποτελέσματα για κάθε ένα από τα τρία επίπεδα αρχικής υγρασίας. Στην αρχή, αυτό εμφανίζεται ως ένας περιορισμός, εντούτοις, η πιο προσεκτική εξέταση αποκαλύπτει ότι η απορροή είναι πράγματι μια συνάρτηση της αρχικής υγρασίας, με την ευαισθησία της μεθόδου στην αρχική υγρασία να απεικονίζει τις πιθανές συνθήκες που επικρατούν στη φύση.

Η δημοτικότητα της μεθόδου Curve Number οφείλεται κατά ένα μεγάλο μέρος στην απλότητά της, αν και είναι απαραίτητη η κατάλληλη προσοχή για να χρησιμοποιηθεί σωστά. Η μέθοδος είναι ουσιαστικά ένα θεμελιώδες μοντέλο που υπολογίζει τους όγκους απορροής, βασισμένο σε καθιερωμένους υδρολογικούς μηχανισμούς απωλειών, υπό την επίδραση της αρχικής υγρασίας.

Η εμπειρία με τη μέθοδο απορροής Curve Number έχει δείξει ότι οι αριθμοί αυτοί (Curve Numbers), που λαμβάνονται από τον Πίνακα 2, τείνουν να είναι συντηρητικοί, δηλαδή πάρα πολύ υψηλοί για τις μεγάλες λεκάνες απορροής, ειδικά για εκείνες που βρίσκονται σε ημιάγονες και ξηρές περιοχές. Συχνά, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αυτές οι μεγάλες λεκάνες έχουν πρόσθετες πηγές υδρολογικών απωλειών και ειδικότερα απώλειες μετάδοσης στα ρέματα, οι οποίες δεν λαμβάνονται υπόψη από τους πίνακες. Σ' αυτήν την περίπτωση είναι απαραίτητο να γίνει μια χωριστή αξιολόγηση της επίδρασης των απωλειών των ρεμάτων στην ποσότητα της επιφανειακής απορροής.

Στοιχεία εφαρμογής μοντέλου

Για κάθε υπολεκάνη προσδιορίστηκε ο αριθμός Curve Number σύμφωνα με τους αντίστοιχους πίνακες. Για τον προσδιορισμό αυτό χρησιμοποιήθηκαν χάρτες της περιοχής, αλλά και στοιχεία από διπλωματικές εργασίες.

Υπολεκάνη	Εμβαδόν [km ²]	Curve Number
1	17,58	65
2	21,53	64,9
3	25,79	62,58
4	23,68	64,9
5	21,93	66,75
6	25,43	71,14
7	23,33	70,22
8	22,18	79,22
9	20,48	78,88
10	35,35	68,18

3. Μοντέλο για τη μετατροπή του ύψους άμεσης απορροής σε παροχή άμεσης απορροής Αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα S.C.S.

Το μοντέλο της **S.C.S.** λαμβάνει υπόψη τα ακόλουθα υδρολογικά χαρακτηριστικά:

- την ένταση βροχόπτωσης,
- τη διάρκεια βροχόπτωσης,
- τη συχνότητα βροχόπτωσης,
- το εμβαδόν της λεκάνης απορροής,
- τις υδρολογικές απώλειες βροχόπτωσης μέσω του συντελεστή CN.

Βασίζεται στην έννοια του μοναδιαίου υδρογραφήματος μέσω της δημιουργίας ενός αδιάστατου μοναδιαίου υδρογραφήματος.

Το αδιάστατο υδρογράφημα της S.C.S. είναι ένα συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα, στο οποίο η παροχή εκφράζεται ως λόγος της παροχής προς την παροχή αιχμής q_p και ο χρόνος ως λόγος του χρόνου προς το χρόνο ανόδου του μοναδιαίου υδρογραφήματος T_p . Με δεδομένα την παροχή αιχμής και τη χρονική επιβράδυνση για συγκεκριμένη διάρκεια περισεύματος βροχόπτωσης, το μοναδιαίο υδρογράφημα μπορεί να εκτιμηθεί από το συνθετικό αδιάστατο υδρογράφημα για μια δεδομένη λεκάνη.

Το Σχήμα 3 απεικονίζει το αδιάστατο υδρογράφημα, το οποίο έχει προέλθει από τα μοναδιαία υδρογραφήματα σε διάφορες λεκάνες απορροής. Οι τιμές του q_p και του T_p μπορούν να εκτιμηθούν χρησιμοποιώντας ένα απλοποιητικό μοντέλο ενός τριγωνικού μοναδιαίου υδρογραφήματος, όπου ο χρόνος απόσυρσης λαμβάνεται ίσος με $1,67 T_p$.

Η επιφάνεια που περικλείεται από την καμπύλη του μοναδιαίου υδρογραφήματος πρέπει να είναι ίση με άμεση απορροή ύψους 1cm. Η παροχή αιχμής q_p είναι:

$$q_p = \frac{CA}{T_p} \quad (7)$$

όπου

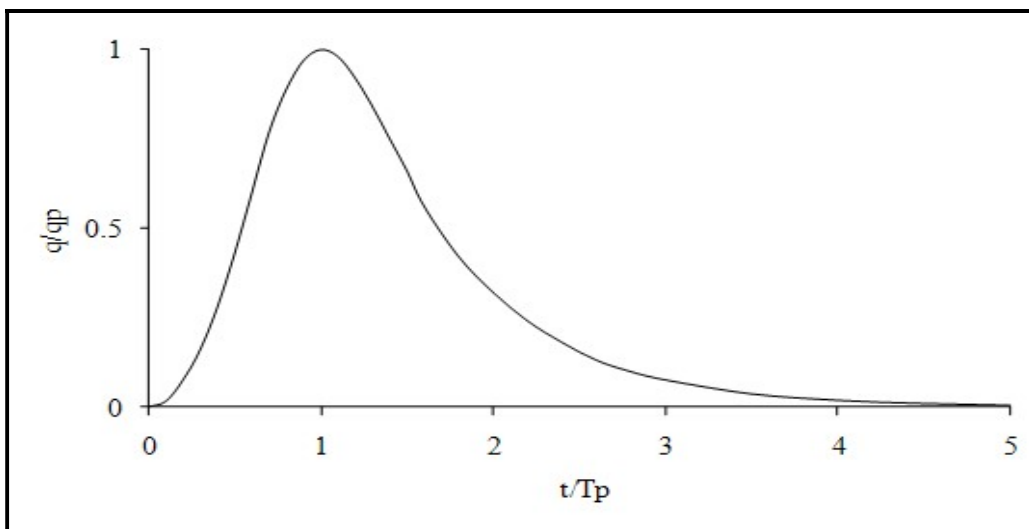
C: 2,08

A: επιφάνεια της λεκάνης απορροής [km²]

T_p : χρόνος ανόδου του μοναδιαίου υδρογραφήματος [hr]

Επιπλέον, η επεξεργασία μοναδιαίων υδρογραφημάτων σε μικρές και μεγάλες λεκάνες απορροής έδειξε ότι η χρονική επιβράδυνση της λεκάνης t_p είναι περίπου ίση με $0,6 t_c$, όπου t_c ο χρόνος συγκέντρωσης. Από το Σχήμα 3, ο χρόνος T_p μπορεί να εκφραστεί ως συνάρτηση της χρονικής επιβράδυνσης και της διάρκειας του περισσεύματος βροχόπτωσης t_R :

$$T_p = \frac{t_R}{2} + t_p \quad (8)$$



Σχήμα 3: Αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα της S.C.S.

Στοιχεία εφαρμογής μοντέλου

Για την εφαρμογή της μεθόδου S.C.S. απαιτείται ο προσδιορισμός του χρόνου συγκέντρωσης λεκάνης απορροής με τον τύπο του Giandotti.

Υπολεκάνη	Χρόνος συγκέντρωσης t_c [min]	Χρονική επιβράδυνση (lag time), t_p [min]
1	129	77.4
2	171	102.6
3	271	162.6
4	102	61.2
5	108	64.8
6	353	211.8
7	101	60.6
8	104	62.4
9	133	79.8
10	394	236.4

4. Διόδευση μέσω τμήματος ποταμού

Μοντέλο Muskingum - Cunge

Βασικές έννοιες και εξισώσεις

Το μοντέλο Muskingum παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες με τις γραμμικές εξισώσεις διόδευσης κινηματικού κύματος. Το μοντέλο Muskingum, αν και είναι δημοφιλές και εύκολο στη χρήση, δεν περιλαμβάνει φυσικές παραμέτρους που είναι εύκολο να υπολογιστούν. Η εξίσωση κυμάτων διάχυσης, σε αντίθεση με την εξίσωση κινηματικών κυμάτων, έχει την ικανότητα περιγραφής της φυσικής διάχυσης.

Το μοντέλο είναι βασισμένο στη λύση της ακόλουθης μορφής της εξίσωσης συνέχειας (περιλαμβάνοντας την πλευρική εισροή q_L):

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_L \quad (8)$$

και της εξίσωσης διάχυσης:

$$S_f = S_o - \frac{\partial y}{\partial x} \quad (9)$$

Συνδυάζοντας όλα τα παραπάνω με γραμμική προσέγγιση προκύπτει η εξίσωση μεταφοράς-διάχυσης (Miller and Cunge, 1975):

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + c \frac{\partial Q}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + cq_L \quad (10)$$

όπου c ταχύτητα κύματος και μ υδραυλική διάχυση. Η ταχύτητα κύματος και η υδραυλική διάχυση εκφράζονται ως εξής:

$$c \frac{dQ}{dA} \quad (11)$$

και

$$\mu = \frac{Q}{2TS_o} = \frac{q_o}{2S_o} \quad (12)$$

όπου T το επιφανειακό πλάτος.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο Cunge συμπέρανε ότι η μέθοδος Muskingum είναι μια γραμμική λύση κινηματικού κύματος και ότι η μείωση των πλημμυρικών κυμάτων οφείλεται στην αριθμητική διάχυση αυτού του μοντέλου. Ως απόδειξη αυτής της παρατήρησης, η εξίσωση κινηματικού κύματος διακριτοποιείται στο επίπεδο $x-t$, με έναν τρόπο που μοιάζει με τη μέθοδο Muskingum και με τη βοήθεια ενός συντελεστή βάρους X :

$$\frac{X(Q_j^{n+1} - Q_j^n) + (1-X)(Q_{j+1}^{n+1} - Q_{j+1}^n)}{\Delta t} + c \frac{(Q_{j+1}^n - Q_j^n) + (Q_{j+1}^{n+1} - Q_j^{n+1})}{2\Delta x} = 0 \quad (13)$$

Από την επίλυση της παραπάνω εξίσωσης προκύπτει:

$$Q_{j+1}^{k+1} = C_o Q_j^{k+1} + C_1 Q_j^k + C_2 Q_{j+1}^k \quad (14)$$

όπου

$$C_o = \frac{c\lambda - 2X}{2(1-X) + c\lambda} \quad (15)$$

$$C_1 = \frac{c\lambda + 2X}{2(1-X) + c\lambda} \quad (16)$$

$$C_2 = \frac{2(1-X) - c\lambda}{2(1-X) + c\lambda} \quad (17)$$

$$c = \frac{\Delta x}{K} \quad (18)$$

$$\lambda = \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (19)$$

Το K είναι ουσιαστικά ο χρόνος διάνυσης του πλημμυρικού κύματος, δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται για μια δεδομένη παροχή να διανύσει τμήμα μήκους Δx με ταχύτητα κινηματικού κύματος. Στη γραμμική μέθοδο, το c είναι σταθερό και ίσο με την τιμή αναφοράς, σε αντίθεση με τη μη γραμμική, όπου διαφέρει ανάλογα με την παροχή.

Κατωτέρω ορίζεται ο αριθμός Courant C , που είναι ο λόγος της ταχύτητας κυμάτων προς την ταχύτητα καννάβου $\Delta x/\Delta t$:

$$C = c \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (20)$$

(α) Για $X=0,5$ και $C=1$, η εξίσωση γίνεται 3^{ης} τάξεως ακριβείας. (β) Για $X=0,5$ και $C \neq 1$ γίνεται 2^{ης} τάξεως με αριθμητική μόνο διασπορά. (γ) Για $X \leq 0,5$ και $C \neq 1$ γίνεται 1^{ης} τάξεως με αριθμητική διασπορά και διάχυση. (δ) Για $X \leq 0,5$ και $C=1$ γίνεται 1^{ης} τάξεως με αριθμητική μόνο διάχυση.

Πρακτικά, η αριθμητική διάχυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσομοιώσει τη φυσική διάχυση του πραγματικού πλημμυρικού κύματος. Αναπτύσσοντας τη συνάρτηση $Q(j\Delta x, n\Delta t)$ σε σειρά Taylor προκύπτει ο αριθμητικός συντελεστής διάχυσης του μοντέλου Muskingum:

$$v_n = c\Delta x \left(\frac{1}{2} - X \right) \quad (21)$$

(α) Για $X=0,5$ δεν υπάρχει αριθμητική διάχυση, αν και για $C \neq 1$ υπάρχει αριθμητική διασπορά. (β) Για $X>0,5$, ο συντελεστής αριθμητικής διάχυσης είναι αρνητικός. (γ) Για $\Delta x=0$, ο συντελεστής αριθμητικής διάχυσης είναι μηδέν.

Συνδυάζοντας την Εξίσωση (21) με αυτή της υδραυλικής διάχυσης προκύπτει:

$$X = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{q_o}{S_o c \Delta x} \right) \quad (22)$$

Η μέθοδος Muskingum αναφέρεται ως μέθοδος Muskingum-Cunge, όταν ο υπολογισμός του X γίνεται σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση.

Η παράμετρος διόδευσης X μπορεί να υπολογιστεί ως συνάρτηση των παρακάτω αριθμητικών και φυσικών ιδιοτήτων: (α) μήκος τμήματος Δx , (β) αρχική παροχή ανά μονάδα πλάτους q_o , (γ) ταχύτητα κινηματικού κύματος c , (δ) κλίση πυθμένα S_o .

Δεδομένου ότι η εξίσωση δεν λαμβάνει υπόψη τη διασπορά, είναι απαραίτητο να βελτιστοποιήσουμε την αριθμητική διάχυση, ελαχιστοποιώντας παράλληλα την αριθμητική διασπορά με συγκράτηση του C όσο γίνεται πιο κοντά στο 1.

Μια προηγμένη έκδοση της μεθόδου Muskingum-Cunge οφείλεται στους Ponce και Yenjevich. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το C είναι ο αριθμός Courant που είναι ο λόγος της ταχύτητας κυμάτων προς την ταχύτητα καννάβου $\Delta x/\Delta t$ και έχει εξίσωση την (20).

Η διάχυση καννάβου για $X=0$ είναι:

$$v_n = \frac{c \Delta x}{2} \quad (23)$$

Με D (αριθμός Reynolds του καννάβου) συμβολίζεται ο λόγος της υδραυλικής διάχυσης προς τη διάχυση καννάβου:

$$D = \frac{q_o}{S_o c \Delta x} \quad (24)$$

οπότε προκύπτει:

$$X = \frac{1}{2} (1 - D) \quad (25)$$

Ο αριθμός Reynolds του καννάβου είναι $D=1$ για $X=0$, ενώ το χαρακτηριστικό μήκος τμήματος είναι:

$$\Delta x_c = \frac{q_o}{S_o c} \quad (26)$$

Με αντικατάσταση στις εξισώσεις που αφορούν τους συντελεστές διάδευσης, προκύπτουν οι παρακάτω σχέσεις που εμπεριέχουν τους αριθμούς Courant και Reynolds του καννάβου:

$$C_o = \frac{-1+C+D}{1+C+D} \quad (27)$$

$$C_1 = \frac{1+C-D}{1+C+D} \quad (28)$$

$$C_2 = \frac{1-C+D}{1+C+D} \quad (29)$$

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά τη χρήση της μεθόδου Muskingum-Cunge, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι οι τιμές των Δx και Δt είναι πολύ μικρές. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται δυνατή σε ένα μεγάλο βαθμό η προσέγγιση του πραγματικού υδρογραφήματος. Ωστόσο, δεν υπάρχει ένα κριτήριο καθορισμού της χωρικής ανάλυσης, σε αντίθεση με τη χρονική. Ένα κριτήριο που χρησιμοποιείται, βασίζεται στο ότι οι αριθμοί Courant και Reynolds του καννάβου σχετίζονται αντιστρόφως ανάλογα με το μήκος Δx . Γι' αυτό το λόγο, οι αριθμοί Courant και Reynolds διατηρούνται υψηλοί, προκειμένου οι τιμές του Δx να είναι χαμηλές. Τα παραπάνω οδηγούν στο εξής κριτήριο:

$$C + D \geq 1 \quad (30)$$

το οποίο μπορεί να γραφεί και ως εξής:

$$-1+C+D \geq 0 \quad (31)$$

Αυτό επιβεβαιώνει ότι οι αρνητικές τιμές του C_o θα πρέπει να αποφεύγονται στη μέθοδο Muskingum-Cunge, δεδομένου ότι μόνο οι αρνητικές τιμές των C_1 και C_2 δεν επηρεάζουν την ακρίβεια της μεθόδου.

Γενικότερα, η τιμή του C θα πρέπει να είναι κοντά στο 1, προκειμένου να αποφεύγονται οι μεγάλες αριθμητικές διασπορές, καθώς και σε μερικές περιπτώσεις αρνητικές εκροές, κάτι που θα παρεμπόδιζε τη σωστή λειτουργία της μεθόδου Muskingum-Cunge.

Στοιχεία εφαρμογής μοντέλου

Το μήκος και η κλίση της κοίτης των υδατορρευμάτων υπολογίστηκαν γραφικά από το Χάρτη Υδατορρευμάτων

	Σχήμα διατομής	Μήκος κυρίου ρέματος [m]	Ενεργειακή κλίση	Πλάτος πυθμένα [m]	Κλίση πρανών	Αριθμός Manning
Ρέμα 1	PRISM	3930	0,0637	30	0	0,12
Ρέμα 2	PRISM	2320	0,0216	30	0	0,12
Ρέμα 3	PRISM	3740	0,0401	20	0	0,12
Ρέμα 4	PRISM	2960	0,0169	20	0	0,12
Ρέμα 5	PRISM	2010	0,0238	50	0	0,12
Ρέμα 6	PRISM	2010	0,0238	50	0	0,12
Ρέμα 7	PRISM	4720	0,0212	50	0	0,12
Ρέμα 8	PRISM	4200	0,0238	50	0	0,12
Ρέμα 9	PRISM	1010	0,0112	80	0	0,12
Ρέμα 10	PRISM	8910	0,112	80	0	0,12

5. Αλγόριθμος συνεχούς μοντέλου βροχόπτωσης - απορροής

Η κύρια διαφορά του αλγορίθμου ενός μεμονωμένου μοντέλου βροχόπτωσης - απορροής από ένα συνεχές είναι η εκτίμηση της βασικής απορροής. Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της σταθερής μηνιαίας βασικής απορροής, η οποία αναλύεται στην παράγραφο 4.6.

Υπολογισμός βασικής απορροής

Ένα υδρογράφημα απορροής μπορεί να διαχωριστεί σε δύο τμήματα:

1. Στην άμεση απορροή
2. Στη βασική απορροή

Η άμεση απορροή περιλαμβάνει, πέρα από την επιφανειακή απορροή, την απευθείας βροχόπτωση στα υδατορεύματα και μέρος της υπεδάφιας απορροής (δηλαδή τη χαρακτηριζόμενη ως ταχεία υπεδάφια ροή).

Η βασική απορροή προέρχεται από το υπόλοιπο της υπεδάφιας απορροής (τη βραδεία υπεδάφια απορροή) και την υπόγεια απορροή.

Στοιχεία εφαρμογής μοντέλου

Η εκτίμηση της βασικής απορροής μέσω του λογισμικού HEC-HMS μπορεί να γίνει μεταξύ άλλων με τη μέθοδο της μηνιαίας βασικής απορροής (Constant Monthly). Κατά τη μέθοδο αυτή γίνεται διαχωρισμός του έτους σε χειμερινούς μήνες (Νοέμβριος, Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος) και σε θερινούς μήνες (Μάιος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Οκτώβριος). Για τους χειμερινούς μήνες θεωρούμε παροχή 9 lit/sec/km² ή 0,009 m³/sec/km², ενώ για τους θερινούς 5 lit/sec/km² ή 0,005 m³/sec/km². Η παροχή αυτή πολλαπλασιαζόμενη με το εμβαδό της εκάστοτε υπολεκάνης μας δίνει τη βασική της απορροή τόσο για τους θερινούς όσο και για τους χειμερινούς μήνες

Υπολεκάνη	Εμβαδόν [km ²]	Βασική απορροή για τους χειμερινούς μήνες [m ³ /sec]	Βασική απορροή για τους θερινούς μήνες [m ³ /sec]
1	17,58	0,15822	0,08790
2	21,53	0,19377	0,10765
3	25,79	0,23211	0,12895
4	23,68	0,21312	0,11840
5	21,93	0,19737	0,10965
6	25,43	0,22887	0,12715
7	23,33	0,20997	0,11665
8	22,18	0,19962	0,11090
9	20,48	0,18432	0,10240
10	35,35	0,31815	0,17675
Συνολική απορροή		2,1355	1,1864

6. Βροχομετρικά στοιχεία λεκάνης απορροής

Τα βροχομετρικά στοιχεία της λεκάνης απορροής λήφθηκαν από τον βροχομετρικό σταθμό του Ωραίου για την πλημμύρα που πραγματοποιήθηκε τον Νοέμβριο του 1996, όπου προκλήθηκαν εκτεταμένες ζημιές στην ευρύτερη περιοχή της Ξάνθης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ύψη βροχής όπως μετρήθηκαν από τις 27/11/1996 έως και τις 30/11/1996.

Ημερομηνία	Ύψος βροχής [mm]	Διάρκεια [hr]
27-11-1996	79	24
28-11-1996	0	24
29-11-1996	84	24
30-11-1996	181	24

Πίνακας 4: Βροχομετρικά στοιχεία από σταθμό του Ωραίου