



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ,
ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ Λ. ΛΑΖΑΡΙΔΟΥ
ΣΠΥΡΟΣ Ν. ΜΙΧΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:
Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ, 1994

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ, ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ
ΕΡΓΩΝ**

**“ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ”**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ Λ. ΛΑΖΑΡΙΔΟΥ
ΣΠΥΡΟΣ Ν. ΜΙΧΑΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:
Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ**

ΑΘΗΝΑ, 1994

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τον Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Κατασκευών του Ε.Μ.Π. για την ευκαιρία που μας έδωσε να εργαστούμε πάνω σε ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα, διαδέτοντας παράλληλα το απαραίτητο υλικό. Ειδικότερα ευχαριστούμε το κ.Δ.Κουτσογιάννη για την επιλογή και επίβλεψη του δέματος, και τον κ.Γ.Ναλμπάντη για τα στοιχεία που μας διέθεσε και τη βοήθειά του πάνω στο δέμα του μοναδιαίου υδρογραφήματος. Ευχαριστούμε επίσης το προσωπικό του τομέα, που βοήθησε ή συμπαραστάθηκε στην προσπάθειά μας. Ευχαριστούμε το συνάδελφο φοιτητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών κ.Γ.Γράγα, για την εισαγωγή που μας έκανε στο πακέτο ARC/INFO. Τέλος, ευχαριστούμε τους υπόλοιπους συμφοιτητές για τη συμπαράσταση και την ευχάριστη παρέα τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (Σ.Γ.Π.)

1.1. Γενικά για τα Σ.Γ.Π. - Ορισμός	1-1
1.1.1. Γενικά χαρακτηριστικά	1-2
1.1.2. Κατηγορίες	1-4
1.2. Οργάνωση των Σ.Γ.Π. - Μεθοδολογία οργάνωσης	1-7
1.3. Συστατικά μέρη - Εφαρμογές των Σ.Γ.Π.	1-8
1.4. Λειτουργία Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών - Το πρόγραμμα ARC/INFO	1-11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο : ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Σ.Γ.Π.

2.1. Υδρολογική πληροφορία μέσω ενός Σ.Γ.Π.	2-1
2.1.1. Μοντέλα βροχής - απορροής στα Σ.Γ.Π.Π.	2-2
2.1.2. Εκπόνηση υδρογραφικού δικτύου	2-3
2.1.3. Γεωμορφολογικά στοιχεία	2-4
2.2. Ψηφιακά μοντέλα εδάφους (DTM)	2-5
2.2.1. Ακανόνιστο Τριγωνικό Δίκτυο (TIN)	2-6
2.2.2. Σημειακός Κάνναβος (LATTICE)	2-12
2.2.3. Εφαρμογές των Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους TIN και LATTICE	2-15

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ : ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ Σ.Γ.Π. ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΕΥΗΝΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο : ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1. Μορφή των δεδομένων για την περιοχή του Ευήνου	3-1
3.2. Επεξεργασία των δεδομένων	3-3
3.2.1. Υπολογισμός υγομέτρων με τη βοήθεια Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους	3-3
3.2.2. Υπολογισμός κλίσεων των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου	3-4
3.2.3. Χωρισμός σε υπολεκάνες της λεκάνης απορροής του Ευήνου	3-5
3.2.4. Μέθοδος ταξινόμησης υδατορευμάτων	3-8
3.2.5. Μήκος μέγιστης μισγάγγειας	3-9
3.3. Υπολογισμός γεωμορφολογικών στοιχείων	3-10
3.4. Προετοιμασία των τελικών δεδομένων για την υδρολογική εφαρμογή	3-13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ

4.1. Θεωρητική προσέγγιση και αξιολόγηση των δεδομένων	4-1
4.1.1. Βροχόπτωση-Επιφανειακή Απορροή	4-1
4.1.2. Μοναδιαίο Υδρογράφημα	4-3
4.1.3. Συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα	4-5
4.2. Εξαγωγή συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της λεκάνης απορροής του Ευήνου	4-8
4.2.1. Θέση Πόρος Ρηγανίου	4-9
4.2.1.1. Μέθοδος Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας	4-9
4.2.1.2. Τριγωνικό μοναδιαίο υδρογράφημα SCS	4-9
4.2.1.3. Μέθοδος Snyder	4-9
4.2.2. Θέση Άγιος Δημήτριος	4-9
4.2.2.1. Μέθοδος Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας	4-9
4.2.2.2. Τριγωνικό μοναδιαίο υδρογράφημα SCS	4-10
4.2.2.3. Μέθοδος Snyder	4-10
4.3. Μοντέλα προσομοίωσης βροχής-απορροής με G.I.S.	4-10
4.3.1. Μοντέλο 1ο-μέθοδος ισοχρόνων	4-10
4.3.1.1. Θέση Πόρος Ρηγανίου	4-13
4.3.1.2. Θέση Άγιος Δημήτριος	4-14

4.3.2. Μοντέλο 2ο - μέθοδος διόδευσης	4-15
4.3.2.1. Θέση Πόρος Ρηγανίου	4-18
4.3.2.2. Θέση Άγιος Δημήτριος	4-20
4.4. Συγκριση των αποτελεσμάτων	4-20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1. Σχετικά με τα μοντέλα βροχής - απορροής	5-1
5.2. Σχετικά με την εξαγωγή μορφολογικών χαρακτηριστικών	5-2
5.3. Γενικά συμπεράσματα	5-3

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α- Πίνακες γεωμορφολογικών στοιχείων λεκανών περιοχής Ευήνου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β- Διαγράμματα και πίνακες αποτελεσμάτων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ- Προγράμματα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ-Εντολές του ARC/INFO

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Τεχνική Υδρολογία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κλάδους της επιστήμης του Πολιτικού Μηχανικού. Ο σημαντικός ρόλος της στις ανθρώπινες δραστηριότητες, έχει οδηγήσει στην ανάγκη διεξοδικής μελέτης της, σε εμπειρική και θεωρητική βάση. Η πρόοδος σε αυτόν τον τομέα, έχει δώσει σήμερα στον άνθρωπο τη δυνατότητα να σχεδιάσει ασφαλή και αποδοτικά έργα ζωτικής σημασίας. Το τελευταίο μισό του αιώνα μας, η εμφάνιση και ανάπτυξη των πλεκτρονικών υπολογιστών, έδωσε μεγάλη ώθηση στον κλάδο, σε ότι αφορά την ποιότητα και ποσότητα των αποτελεσμάτων, σε συνάρτηση με το χρόνο.

Η χρήση των Η/Υ έχει επικρατήσει σε ένα πολύ μεγάλο φάσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Μέρος της επανάστασης που προκάλεσαν οι Η/Υ με την εμφάνισή τους είναι και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π. ή G.I.S.). Βασικός σκοπός τους είναι η αποδίκευση και εύκολη πρόσβαση σε πληροφορίες με σαφή γεωγραφικό προσδιορισμό. Η πρωτογενής πληροφορία που αρχικά αποδικεύουν και εν συνεχείᾳ ταξινομούν και διαδέτουν τα Σ.Γ.Π. είναι τοπογραφική, δηλαδή αναπαριστούν το φυσικό ανάγλυφο. Αφού γίνει η εισαγωγή των τοπογραφικών στοιχείων σε ένα Σ.Γ.Π., μπορεί πλέον να ακολουθήσει η γεωγραφική σύνδεση των σημείων κάποιας περιοχής με απεριόριστο αριθμό άλλων πληροφοριών. Σε τρίτη φάση, δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα να επεξεργαστεί και να αναλύσει τα δεδομένα που διαδέτει, δημιουργώντας αποτελέσματα που μπορεί να καταχωρήσει στον υπολογιστή, πάντα με πρώτο γνώμονα τη χωρική τους σχέση. Η ανάπτυξη της Πληροφορικής, έχει δώσει τη δυνατότητα σχεδιασμού πολύπλοκων, αλλά ευέλικτων Σ.Γ.Π., με μόνο περιοριστικό παράγοντα τη διατιθέμενη υπολογιστική ισχύ. Η φιλοσοφία ανάπτυξης ενός Σ.Γ.Π. από μόνη της δείχνει ότι το φάσμα των επιστημονικών κλάδων που μπορούν να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητές του είναι πολύ μεγάλο. Σήμερα, ένα πλήθος επιστημόνων διαφόρων ειδικοτήτων σε όλον τον κόσμο, πέρα του Τοπογράφου Μηχανικού και του Πολιτικού Μηχανικού που είναι οι εξ ορισμού χρήστες τους, χρησιμοποιούν με επιτυχία Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Το πακέτο λογισμικού ARC/INFO G.I.S. που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία αυτή, δεωρείται ένα από τα καλύτερα που έχουν παρουσιαστεί, τόσο από πλευράς ευελιξίας και φιλικότητας, όσο και από πλευράς αρχιτεκτονικής δόμησης της βάσης δεδομένων, ενώ είναι ευρύτατα διαδεδομένο παγκοσμίως.

Υπό το πρίσμα των δυνατοτήτων των Σ.Γ.Π., καθώς και της φύσης των προβλημάτων της Τεχνικής Υδρολογίας, μπορεί κανείς εύκολα να συλλάβει την προοπτική της χρήσης των Σ.Γ.Π. σε υδρολογικά προβλήματα. Πράγματι, πρωταρχικό ρόλο στη συμπεριφορά του νερού από τη στιγμή που δα θρεδεί στο έδαφος, είναι η μορφή της επιφάνειάς του εδάφους. Η ιδέα της χρήσης των Σ.Γ.Π. στην Υδρολογία, έχει εμφανιστεί εδώ και δύο δεκαετίες. Οι πρώτες απλές εφαρμογές περιορίστηκαν στην δημιουργία βοηθητικών εργαλείων για την εκτίμηση της συμπεριφοράς των λεκανών σε υδρολογικά γεγονότα. Την τελευταία δεκαετία έχουν εφαρμοστεί αναλυτικά μοντέλα για τον υπολογισμό της

πλημμυρικής απορροής, με τη βούθεια ενός ευρύτατου φάσματος διατιθέμενων πληροφοριών. Τα εως τώρα συμπεράσματα για τη χρήση των Σ.Γ.Π. σε υδρολογικά δέματα δικαιολογούν την αισιοδοξία των Μηχανικών που ασχολούνται μαζί τους, λόγω της ταχύτητας, της εποπτείας και της ποιότητας των αποτελεσμάτων που προσφέρουν. Παρ'όλα αυτά όμως, βασικά προβλήματα, όπως οι δυσχέρειες στην εισαγωγή στοιχείων, δεν έχουν ακόμα ξεπεραστεί. Το πιο σημαντικό είναι ότι δεν έχει ακόμη καθοριστεί σε ποιό βαθμό οι εφαρμογές αυτές μπορούν να υποκαταστήσουν την κρίση του Μηχανικού. Είναι βέβαιο πάντως, ότι οι προοπτικές που παρουσιάζονται στον τομέα αυτό είναι απόλυτα ενδαρρυντικές και οι προσπάθειες προβλέπεται να συνεχιστούν σε εντατικούς ρυθμούς.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η προσέγγιση του φαινομένου βροχής - απορροής με τη βούθεια της τεχνολογίας που προσφέρουν τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Αποτελεί μια έρευνα προς αναζήτηση της ποιότητας των υδρολογικών συμπερασμάτων που μπορούν να προκύψουν με τη χρήση των Σ.Γ.Π.. Για το σκοπό αυτό, οι προσπάθειές μας εστιάστηκαν στη σύνταξη του μοναδιαίου υδρογραφήματος στην περιοχή του Ευρίνου, σε μια συγκεκριμένη θέση, για την οποία ήταν δυνατή η σύγκριση με υπάρχοντα στοιχεία. Με τον περιορισμό της μελέτης μας στο αντικείμενο του μοναδιαίου υδρογραφήματος, εισάγονται παραδοχές που απλουστεύουν τις διαδικασίες, καθιστώντας δυνατή τη διεκπεραίωση της έρευνάς μας πάνω σε αυτό το θέμα, μέσα στο χρόνο και την έκταση που αντιστοιχούν σε μια διπλωματική εργασία. Για την περιοχή αυτή, ήταν εκ των προτέρων διαθέσιμες οι τοπογραφικές πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό με τις κλασικές μεδόδους προσέγγισης του φαινομένου, σε μια προσπάθεια βελτιστοποίησης της ποιότητας και ποσότητας των αποτελεσμάτων. Παράλληλα έγινε και εξαγωγή ορισμένων γεωμορφολογικών στοιχείων της περιοχής. Η εξαγωγή των γεωμορφολογικών στοιχείων είναι μια τυπική διαδικασία, προκειμένου να γίνει κάποια υδρολογική επεξεργασία μιας περιοχής. Η χρήση των Σ.Γ.Π. προς αυτήν την κατεύθυνση είναι απλούστερη από την αντίστοιχη εφαρμογή ενός μοντέλου βροχής-απορροής, αφού περιορίζεται στην επεξεργασία αποκλειστικά τοπογραφικών πληροφοριών. Σε ότι αφορά τις πληροφορίες αυτές, και με δεδομένη την ακριβή εισαγωγή δεδομένων, η υπεροχή των Σ.Γ.Π. έναντι της κλασικής χρήσης του χάρτη είναι αναντίρρητη, τόσο σε ταχύτητα όσο και σε ακρίβεια.

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (Σ.Γ.Π.)

1.1. Γενικά για τα Σ.Γ.Π. - Ορισμός

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π. ή Geographic Information Systems ή G.I.S.) αποτελούν την υλοποίηση της πρωτοεμφανιζόμενης στη δεκαετία του '60, ιδέας για οργάνωση και συστηματοποίηση της Γεωγραφικής πληροφορίας μέσω πλεκτρονικού υπολογιστή. Η τεχνολογία αυτή γνώρισε έκτοτε μια ευρεία σειρά εφαρμογών, σχεδόν σε κάθε ζήτημα ανάλυσης και σχεδιασμού όπου η παράμετρος "Γεωγραφικός χώρος" εισέρχεται άμεσα ή έμμεσα (χωροταξία, αστική και περιφερειακή ανάλυση, διαχείριση των φυσικών πόρων, κτηματολογίου και πολεοδομικού σχεδιασμού και ακόμη σε δέματα ανάλυσης αγοράς, "marketing" κ.λ.π.).

Ένας συμβατικός ορισμός ενός Σ.Γ.Π. δια ήταν ο εξής (Γετίμης, 1994):

Είναι μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών συστημάτων (hardware), λογισμικών συστημάτων (software), γεωγραφικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώριση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον.

Η ανάπτυξη των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών βασίστηκε στην εξέλιξη των εξής δύο συστημάτων:

➤ Των λογισμικών συστημάτων σχεδίασης CAD (Computer Aided Design), όπου μπορεί κανείς να σχεδιάσει στοιχεία του γίνεντος περιβάλλοντος και να επιτύχει υγιεινή ποιότητα στη χαρτογραφική απόδοση και

➤ Των συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων (Data Base Management Systems) και τις εφαρμογές τους πάνω στην περιγραφική χωρική πληροφορία.

Τα Σ.Γ.Π. αποτελούν εκείνο το ευέλικτο λογισμικό σύστημα που όχι μόνο επικαλύπτει τους δύο αυτούς τομείς αλλά και το κυριότερο, εκμεταλλεύεται περαιτέρω την ισχύ τους. Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα των Σ.Γ.Π. είναι η εύκολη καταχώριση και

διαχείριση της γηφιακής πληροφορίας βάσει μιας ενιαίας λογικής, ώστε να εξασφαλίζεται η δυνατότητα συνεχούς ελέγχου του συστήματος και μελέτης πολύ περισσότερων παραμέτρων ανάλυσης ταυτόχρονα.

1.1.1. Γενικά χαρακτηριστικά

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των Σ.Γ.Π. είναι:

- Η παροχή πληροφοριών για τη σχετική και απόλυτη θέση όπως και η ποσοτική αλλά και ποιοτική περιγραφή των γεωγραφικών χαρακτηριστικών
- Η παροχή της δυνατότητας προσδιορισμού χωρικών συσχετισμών επάνω σε γεωμετρικά και περιγραφικά χαρακτηριστικά.

Θα έλεγε λοιπόν κανείς ότι ενα Σ.Γ.Π. επιτρέπει την υποβολή "ερωτήσεων" στον εξεταζόμενο χάρτη. Οι ερωτήσεις αυτές, στις οποίες ένα Σ.Γ.Π. μπορεί να απαντήσει κατά τη διάρκεια της χωρικής ανάλυσης, διακρίνονται σε πέντε χαρακτηριστικές κατηγορίες (Γετίμης, 1994):

- Τοπογραφία: "Τί είναι πού ..."

Η απάντηση σε αυτή την ερώτηση αφορά το τί υπάρχει σε κάθε συγκεκριμένο τόπο του χώρου της μελέτης μας. Έτσι η ταυτότητα π.χ. ενός τόπου περιγράφεται με διάφορους τρόπους όπως με το όνομά του, με κάποιο γεωγραφικό κωδικό, ή με κάποιο γραφικό συμβολισμό, σε συνδυασμό πάντα με ένα σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων, όπως το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, συστήματα καρτεσιανών συντεταγμένων κ.λ.π.

- Βάσει συνδήσεων: "Πού βρίσκεται ..."

Η δεύτερη αυτή ερώτηση είναι τρόπον τινά η αντιστροφή της πρώτης και απαιτεί στοιχεία χωρικής ανάλυσης για να απαντηθεί. Ετσι με δεδομένες κάποιες συνδήσεις (π.χ. ζητούμενης περιοχής γνωστού κωδικού, έκτασης, δεδομένης απόστασης από αστικό κέντρο κ.λ.π.) βρίσκεται ο γεωμετρικός τόπος μέσα στον οποίο πληρούνται αυτές οι συνδήσεις.

- Τάσεις: "Ποιά η μεταβολή ..."

Με δεδομένη την απάντηση των δύο προηγουμένων ερωτήσεων, μπορούν να διαπιστωθούν μεταβολές κατά την πάροδο του χρόνου.

- Πρότυπα: "Από ποιά χωρικά πρότυπα χαρακτηρίζεται ..."

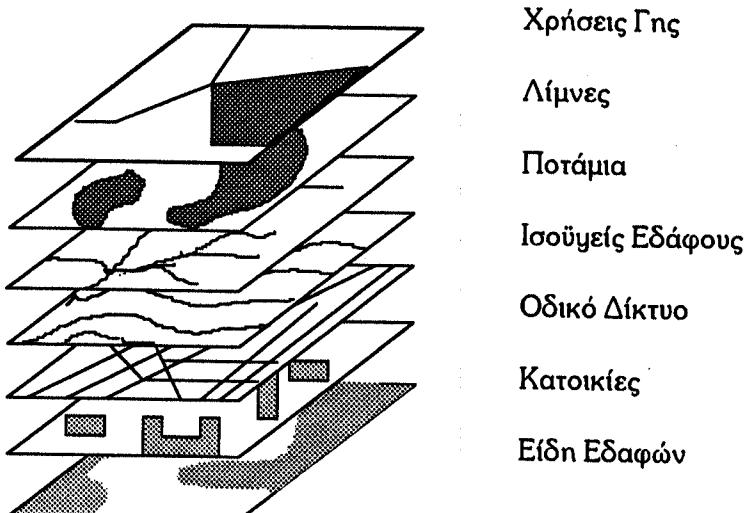
Σε ένα συγκεκριμένο χώρο ζητούνται συσχετισμοί και νόμοι οι οποίοι διέπουν φαινόμενα που συμβαίνουν ταυτόχρονα στο χώρο αυτό.

➤ Μοντέλα: "Τί δα συνέβαινε αν ..." ("What if ...")

Η απάντηση σε αυτή την ερώτηση προϋποθέτει συνολικότερη επιστημονική θεώρηση και δεν μπορεί να δοθεί με μόνη γνώση αυτή της γεωγραφικής πληροφορίας. Για παράδειγμα το τι δα συνέβαινε στη μορφή του υδρογραφικού δικτύου μιας λεκάνης, αν άλλαζε το μέγεθος της στοιχειώδους επιφάνειας απορροής (κατώφλι ή threshold), απαιτεί την επανάληψη της εφαρμογής κάποιου μοντέλου, που έχει σαν παράμετρο το threshold. Οι απαντήσεις που λαμβάνει ο χρήστης σε τέτοιου είδους ερωτήσεις (σενάρια) λαμβάνουν υπόγιαν τους, με δεδομένο τρόπο, πλήθος γεωγραφικών πληροφοριών και είναι οι ίδιες πολυδιάστατες.

Συμπερασματικά μπορεί να διαπιστώσει κανείς, οτι με την εκμετάλλευση αυτών των δυνατοτήτων των G.I.S., αποκαθίσταται πλήρης επικοινωνία και συσχέτιση της συμβατικής γραφικής πληροφορίας του χάρτη με τη μη γραφική πινακοποιημένη περιγραφική πληροφορία των βάσεων δεδομένων.

Η οργάνωση της γεωγραφικής πληροφορίας στα Σ.Γ.Π. γίνεται σε επίπεδα. Κάθε επίπεδο περιέχει συγκεκριμένη κατηγορία δεδομένων ομοιογενούς υφής, στο οποίο εγκαθίστανται από το σύστημα χωρικές σχέσεις ανάμεσα στα χαρακτηριστικά που το απαρτίζουν.



Σχήμα 1.1. Είδη θεματικών επιπέδων

Κατόπιν γίνεται συσχέτιση των επιπέδων αυτών βάσει ενός κοινού και μοναδικού κωδικού σύνδεσης των χαρακτηριστικών. Ο κωδικός αυτός αντιπροσωπεύει τη θέση του κάθε αντικειμένου στο γεωγραφικό χώρο και έτσι εξασφαλίζεται η σύμπτωση της τοπογραφίας από επίπεδο σε επίπεδο. Κατόπιν γίνεται μια σειρά συνδυασμών με βάσει απλές λογικές μαθηματικές πράξεις ανάμεσα στα επίπεδα πληροφορίας, στην οποία βασίζεται όλο το οικοδόμημα της γεωγραφικής ανάλυσης μέσω G.I.S. Οι συνδυασμοί των

επιπέδων δίνουν κάποια ανεξάρτητα επίπεδα-συνισταμένες, στα οποία περιέχονται "φιλτραρισμένες" οι πληροφορίες των συνιστωσών επιπέδων, βάσει της λογικής της κάθε "ερώτησης". Αντίστροφα, κάθε επίπεδο-συνισταμένη μπορεί να αναλυθεί σε τόσα επιμέρους συνιστώντα επίπεδα, όσα είναι τα χαρακτηριστικά που εμπεριέχονται σε αυτό (ARC/INFO Data Model Concepts & Key Terms, 1991).

1.1.2. Κατηγορίες

Ανάλογα με τη μορφή της επεξεργασίας των γεωμετρικών στοιχείων του χάρτη, τα Σ.Γ.Π. διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Τα διανυσματικά Σ.Γ.Π. ή Vector G.I.S.
- Τα Σ.Γ.Π. μωσαϊκού τύπου ή Raster (Grid) G.I.S.

Οι παραπάνω κατηγορίες εμφανίστηκαν ανεξάρτητες μεταξύ τους, αλλά σύγχρονα δημιουργείται τάση ενοποίησής τους, λόγω του ότι αλληλοσυμπληρώνονται και μάλιστα τα μειονεκτήματα της μιας αποτελούν πλεονεκτήματα της άλλης.

➤ Διανυσματικά Σ.Γ.Π. ή Vector G.I.S.

Στην κατηγορία αυτή η επεξεργασία των στοιχείων γίνεται με τη λογική του διανύσματος. Είναι όμοια με τη λογική που ο άνθρωπος σχεδιάζει με το χέρι του πάνω στο χαρτί : τέλειες γραμμές. Η γεωμετρία των διανυσματικών Σ.Γ.Π. αποτελείται από τα εξής δομικά στοιχεία :

- Σημεία (points)
- Γραμμές (lines)
- Πολύγωνα (polygons)

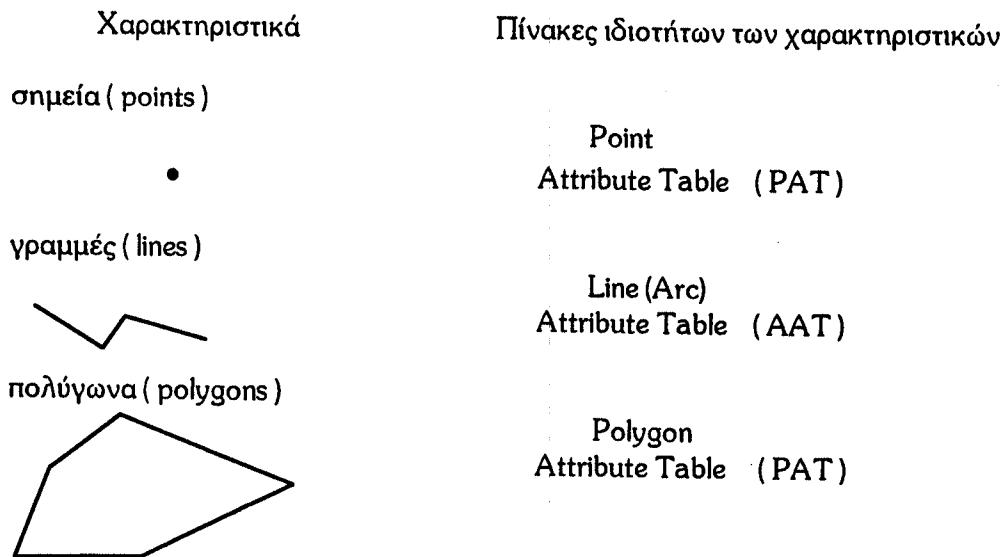
Με τους συνδυασμούς των παραπάνω δομικών στοιχείων αντιπροσωπεύονται όλα τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου :

- Τόποι
- Γραμμικά στοιχεία
- Επιφάνειες

Κάθε ένα από τα στοιχεία αυτά "δένεται" με ένα σύνολο πληροφοριών που το περιγράφει στη βάση δεδομένων με μορφή πινάκων. Οι πίνακες αυτοί αποτελούνται από (ARC/INFO Managing Tabular Data, 1991):

Στήλες (items) = Ιδιότητες που ισχύουν για όλα τα στοιχεία

Γραμμές (records) = Γεωμετρικά στοιχεία (κάθε γραμμή αναφέρεται σε ένα μόνο στοιχείο).



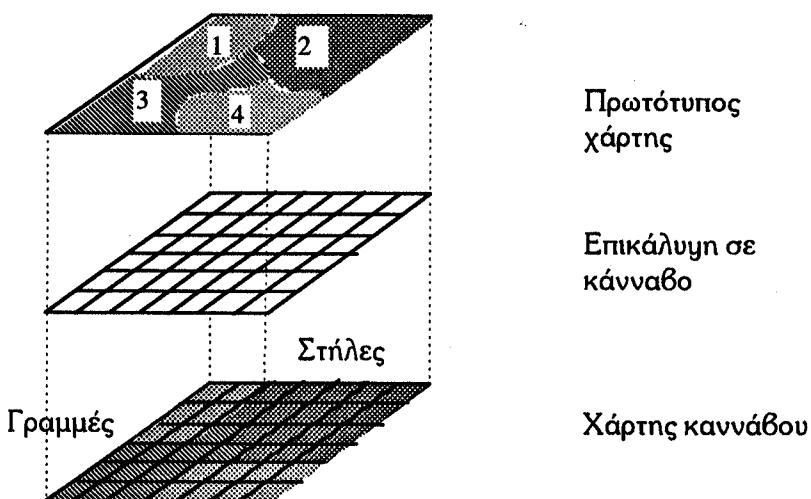
Σχήμα 1.2. Οργάνωση της πληροφορίας στα διανυσματικά ("vector") G.I.S.

➤ Σ.Γ.Π. κανναβικού τύπου ή Raster (Grid) G.I.S.

Στην κατηγορία αυτή η επεξεργασία βασίζεται στην αρχή των στοιχειωδών επιφανειών (rasters, cells, pixels). Οι στοιχειώδεις αυτές επιφάνειες είναι συνήθως τετράγωνα ή παραλληλόγραμμα ή ακόμα και τριγωνικής ή εξαγωνικής μορφής. Ουσιαστικά αναφερόμαστε σε ένα κάνναβο "τοποθετημένο" πάνω στην εικόνα την οποία διαχωρίζει σε πολύ μικρά στοιχειώδη κομμάτια - "υγρίδες" ή cells.

Η κάθε υγρίδα μπορεί να πάρει τιμές κατ' επιλογήν του χρήστη και συνήθως καδορίζεται έτσι ώστε να προσδιορίζει ιδιότητες της αντίστοιχης επιφάνειας στο έδαφος. Εάν το μέγεθος του pixel είναι τέτοιο ώστε η αντίστοιχα στην ιδιότητα του εδάφους να μην είναι μοναδική, τότε ως τιμή της ιδιότητας λογίζεται ο μέσος όρος των τιμών που εμφανίζονται σε αυτό το στοιχειώδες εμβαδόν του εδάφους. Έτσι, όσο μικρότερο είναι το

εμβαδόν του στοιχειώδους τμήματος, τόσο μεγαλύτερη λεπτομέρεια μπορούμε να αποτυπώσουμε σ' αυτό (διακριτική ικανότητα, ευκρίνεια).



ΓΡΑΜΜΗ	ΣΤΗΛΗ	ΤΙΜΗ
1	1	1
1	2	1
1	3	2
.	.	.
.	.	.

Σχήμα 1.3. Οργάνωση της πληροφορίας στα "raster" ("grid") Σ.Γ.Π.

Στην ίδια αρχή στηρίζεται και η φωτογραφία, η οποία αποτελεί την κύρια πηγή πληροφορίας των raster G.I.S., με τις φωτογραφίες από αεροπλάνο και αργότερα από δορυφόρο. Οι πηγές αυτές μάλιστα, δεωρούνται όχι μεγάλου κόστους.

Είναι δυνατόν να καθορίσουμε εκ των προτέρων τις λεπτομέρειες σχετικά με την ακρίβεια (ύγος πτήσης, είδος φωτογραφικών συσκευών, εύρος της γήινης επιφάνειας που θα αποτυπωθεί κ.λ.π.).

Μετά τη λήψη της φωτογραφίας η συνέχεια είναι διπλή : ή χρησιμοποιούμε τα δεδομένα στη raster μορφή τους με την εισαγωγή στον Η/Υ μέσω ειδικών συσκευών σάρωσης (scanners), ή προχωρούμε στη φωτογραμμετρική διαδικασία μετατροπής των δεδομένων σε διανυσματική μορφή. Η διαδικασία αυτή γίνεται μέσω ειδικών οργάνων φωτογραμμετρικής απόδοσης και αναγωγής, με τα οποία είναι δυνατή η γενίκευση των δεδομένων και η απόδοσή τους σε φύλλα χάρτου σε κλίμακες συνήθως από 1:5000 έως 1:1000. Τελευταία δημιουργήματα ειδικά λογισμικά προγράμματα που κάνουν τη

μετατροπή "raster to vector" αυτόμata.

Πλεονέκτημα των "raster" ή "grid" γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών δεωρείται η γρήγορη εκτέλεση των πράξεων γεωγραφικής ανάλυσης. Υπάρχει επίσης υποστήριξη βάσης δεδομένων όπου καταχωρούνται τιμές που αφορούν το πολύγωνο, τις γραμμές κ.λ.π., αλλά δεν υπάρχει η ισχυρή κλασσική κατάστρωση χωρικών σχέσεων (τοπολογία) των διανυσματικών Σ.Γ.Π.

1.2. Οργάνωση των Σ.Γ.Π.

Ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών δεν είναι μόνο ο εξοπλισμός σε υπολογιστικά συστήματα και ένα λογισμικό "πακέτο". Ο σημαντικότερος παράγων είναι το εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό που θα αξιολογήσει την υπάρχουσα πληροφορία και θα αποφανθεί για το μέγεθος, το είδος και τον τρόπο συλλογής και καταχώρησης. Είναι επίσης κρίσιμο το σημείο, όπου πρέπει να ληφθεί απόφαση σχετικά με το ποιά είναι τα καταλληλότερα από τα διατιθέμενα εργαλεία και σύμφωνα με ποιά αναλυτική μεθοδολογία θα γίνει η διαχείριση των δεδομένων και η τελική απόδοσή τους. Τέλος, ο σχεδιασμός της βάσης δεδομένων είναι καθοριστικός παράγων στη λειτουργία ενός G.I.S.

Οι "σχολές" οργάνωσης του χώρου στα Σ.Γ.Π. σχετικά με το είδος δόμησης των δεδομένων είναι δύο (Γετίμης, 1994):

- Της "συμβατικής ιεραρχίας", με την οργάνωση σε επίπεδα πληροφορίας.

Η οργάνωση των επιπέδων είναι τόσο σημαντική, όσο και η οργάνωση των βάσεων δεδομένων. Μόνον ο ίδιος ο χρήστης μπορεί και πρέπει να επιβάλλει αυτό το διαχωρισμό, σε συνάρτηση με τις ανάγκες της εφαρμογής. Ο περιορισμός που υπάρχει σε αυτά τα συστήματα είναι πως δεν επιτρέπουν πολύπλοκες συνδιαστικές διαδικασίες συσχέτισης των δεδομένων.

- Τα "Object oriented G.I.S."

Πολύ γενικά μπορούμε να πούμε ότι διακρίνονται για την ευελιξία μεταβολής στις δομές της οργάνωσης των δεδομένων. Ορισμένες διαδικασίες συσχέτισης των δεδομένων είναι δυνατόν να είναι ιδιαίτερα πολύπλοκες απαιτώντας υψηλό επίπεδο δόμησης της πληροφορίας.

Γενικά ένα Σ.Γ.Π. οργανώνεται σε μια σειρά λογικών βημάτων, που το καθένα κτίζεται πάνω στο προηγούμενο. Αναφέρουμε μια κλασσική μεθοδολογία οργάνωσης:

Βήμα 1ο: Κτίσιμο της βάσης δεδομένων

α) Σχεδιασμός της βάσης δεδομένων

- όρια της περιοχής μελέτης
- σύστημα συντεταγμένων
- κατάστρωση των επιπέδων πληροφορίας που θα χρειαστούν στη μελέτη
- ποιά περιγραφική πληροφορία θα συνοδεύει τα χαρακτηριστικά των επιπέδων
- κωδικοποίηση και οργάνωση των περιγραφικών χαρακτηριστικών

β) Αυτοματοποίηση των δεδομένων

- Εισαγωγή των χωρικών δεδομένων στη βάση, υποφιοποίηση δεδομένων ή υποφιακή μετατροπή από φόρμες άλλων συστημάτων

- Δημιουργία χωρικών σχέσεων

- Σύνδεση γεωμετρικής-περιγραφικής πληροφορίας

γ) Διαχείριση των δεδομένων

- Μετατροπή στο πραγματικό γήινο σύστημα συντεταγμένων

- Συνένωση χαρτογραφικών πινακίδων

- Απαραίτητες επεξεργασίες στα στοιχεία των αρχείων των βάσεων δεδομένων

Βήμα 2ο : Ανάλυση της γεωγραφικής πληροφορίας

Είναι η κατ' εξοχήν επεξεργασία μέσω G.I.S. Γίνεται χρήση των αναλυτικών μεθόδων που προσφέρουν οι "πράξεις μεταξύ χαρτών".

Βήμα 3ο : Παρουσίαση των αποτελεσμάτων, χαρτογραφική απόδοση

Τα Σ.Γ.Π. προσφέρουν δυνατότητα παραγωγής χαρτών υψηλής ποιότητας. Διατίθεται μία μεγάλη γκάμα γραφικού και δεματικού συμβολισμού, καθώς και μία σειρά εργαλείων αυτοματοποίησης των διαδικασιών δημιουργίας της χαρτογραφικής σύνθεσης.

1.3. Συστατικά μέρη - Εφαρμογές των Σ.Γ.Π.

Ένα Σ.Γ.Π. περιλαμβάνει διάφορα αλληλοτροφοδοτούμενα και εξαρτώμενα μέρη, που αντιστοιχούν και σε συγκεκριμένες λειτουργίες του συστήματος :

- εισαγωγή, διόρθωση και ενημέρωση δεδομένων (περιγραφικών, γεωγραφικών)

- αποδήκευση και ανάκτηση δεδομένων (περιγραφικών, γεωγραφικών)
- διαχείριση και ανάλυση δεδομένων (περιγραφικών, γεωγραφικών)
- εξαγωγή αποτελεσμάτων (περιγραφικών, γεωγραφικών)

Ιστορικά, τα Σ.Γ.Π. αναπτύχθηκαν κυρίως με δεδομένα που αφορούν το φυσικό και δομημένο περιβάλλον (natural and build environment) και μόλις τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται μια δυναμική εφαρμογών των Σ.Γ.Π. σε κοινωνικοοικονομικά δεδομένα. Έτσι τα πρώτα στάδια εφαρμογών συναντώνται στην τοπογραφία, στη δηματική χαρτογραφία και γεωγραφία, στη γεωλογία, στην ανάλυση δικτύων κ.ά.

Παράλληλα διαμορφώθηκε μία αγορά για συγκεκριμένες εφαρμογές Σ.Γ.Π. σε σχέση με συγκεκριμένους σκοπούς υπηρεσιών (π.χ. ταχύτερη πρόσβαση πυροσβεστικών, ασθενοφόρων, διαχείριση δικτύων υποδομής κ.ά.), ενώ ευρύτατες εφαρμογές γίνονται για στρατιωτικά δέματα.

Όμως τα τελευταία χρόνια αυξάνει η ζήτηση για συλλογή, ανάλυση και διαχείριση στοιχείων, που δεν αφορούν μόνο "φυσικά" και δομημένα αντικείμενα (π.χ. δρόμοι, κτίρια, ποτάμια, δίκτυα) αλλά το κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον γενικότερα. Η ανάπτυξη της "γεωδημογραφίας" αποτελεί μια πρόσφατη δυναμική εξέλιξη των Σ.Γ.Π.

Παράλληλα τα Σ.Γ.Π. χρησιμοποιούνται ως βασικό εργαλείο διαχείρισης πληροφοριών (βάσεις δεδομένων) από διαφόρους φορείς παροχών κοινωνικών υπηρεσιών, όπως υγείας (π.χ. National Health Services στην Αγγλία), εκπαίδευσης, γραφείων εργασίας κ.ά.

Εξίσου σημαντική είναι η χρήση των Σ.Γ.Π. στον σχεδιασμό, στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και πρόσφατα στη διαχείριση συστημάτων στην αστική και περιφερειακή ανάπτυξη.

Όσον αφορά την οργάνωση, διαχείριση και ανάλυση γεωγραφικών και κοινωνικοοικονομικών δεδομένων με τη χρήση των Σ.Γ.Π. στο πεδίο της αστικής και περιφερειακής ανάπτυξης (χωρική ανάλυση και προγραμματισμός), διαμορφώνονται σημαντικές δυνατότητες στο μέλλον, ιδιαίτερα με τα νέα συστήματα απογραφών που ήδη έχουν εδραιωθεί στις αρχές της δεκαετίας του '90 στις Η.Π.Α. και Μ. Βρετανία.

Ειδικότερα στην Ελλάδα, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών μπορεί να συμβάλλουν ως ολοκληρωμένα εργαλεία στα εξής πεδία εφαρμογών:

➤ Περιφερειακός Προγ/σμός - Σχεδιασμός

Ενδιαφερόμενοι φορείς : Περιφερειακές και Νομαρχιακές Υπηρεσίες,

Επιμελητήρια, Ενώσεις, Αναπτυξιακές Εταιρίες κ.ά.

➤ Αστικός Προγ/σμός - Σχεδιασμός

Ενδιαφερόμενοι φορείς : Δημόσιοι φορείς, ΥΠΕΧΩΔΕ, Τοπική Αυτοδιοίκηση κ.ά.

➤ Συγκοινωνίες - Μεταφορές

Ενδιαφερόμενοι φορείς : Φορείς συγκοινωνιών, Τοπική Αυτοδιοίκηση κ.ά.

➤ Τεχνική Υποδομή

Ενδιαφερόμενοι φορείς : Αρμόδιοι δημόσιοι φορείς υποδομών, ΔΕΗ, ΟΤΕ, ΕΥΔΑΠ, ΔΕΦΑ, Τοπική Αυτοδιοίκηση.

➤ Περιθάλλον

Ενδιαφερόμενοι φορείς : ΥΠΕΧΩΔΕ, ΠΕΡΠΑ, Τοπική Αυτοδιοίκηση.

➤ Φορολογία

Ενδιαφερόμενοι φορείς : Υπ. Οικονομικών, Οικ. Εφορία, Τοπική Αυτοδιοίκηση.

➤ Εκπαίδευση και Υγεία - Πρόνοια

Ενδιαφερόμενοι φορείς : Υπ. Παιδείας, Υγείας Πρόνοιας, Νομ. Υπηρεσίες, Τοπική Αυτοδιοίκηση κ.ά.

➤ Πυροσβεστική, Δασική Υπηρεσία, Αστυνομία

Ενδιαφερόμενοι φορείς : Νομαρχίες, Πυροσβεστική Υπηρεσία, Υπ. Γεωργίας - Δασική Υπηρεσία, Αστυνομία.

➤ Marketing

Ενδιαφερόμενοι φορείς : Ιδιωτικός τομέας.

➤ Αγορά Εργασίας

Ενδιαφερόμενοι φορείς : Υπ.εργασίας, ΟΑΕΔ, Φορείς επαγγελματικής κατάρτισης.

➤ Δίκτυα διανομών, πωλήσεων και χωροθετήσεις κατανομών

Ενδιαφερόμενοι φορείς : Επιχειρήσεις δημοσίου και ιδιωτικού τομέα.

Τα παραπάνω πεδία εφαρμογών δείχνουν το ευρύτατο φάσμα δυνατοτήτων ανάπτυξης των Σ.Γ.Π. τόσο στο Δημόσιο Τομέα όσο και στον Ιδιωτικό, καθώς και την εξέλιξη που αναμένεται να επακολουθήσει στις επόμενες δεκαετίες.

1.4. Λειτουργία Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών - Το πρόγραμμα ARC/INFO

Ένα από τα προγράμματα που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται στα Σ.Γ.Π., είναι το λογισμικό (software) ARC/INFO. Μέσω αυτού γίνεται αυτοματοποίηση, διαχείριση, ανάλυση και απεικόνιση της γεωγραφικής πληροφορίας σε υπφιακή μορφή. Τα βασικά χαρακτηριστικά που το συνοδεύουν είναι (Γετίμης, 1994):

- Πρότυπη βάση πληροφοριών
- Χαρτογραφική επεξεργασία και πράξεις γεωγραφικής ανάλυσης σε κάθε επίπεδο του γεωγραφικού χώρου
- Σχεδιασμό με τμηματική δομή και προσαρμοστικότητα στο είδος μελέτης-εφαρμογής
- Ικανότητα διαχείρισης διαφόρων ειδών και τύπων πληροφορίας
- Προσαρμοστικότητα σε ένα ικανό αριθμό εξειδικευμένων εφαρμογών
- Δική του γλώσσα μακροεντολών (AML)

Το ARC/INFO δεν είναι ένα μόνο πρόγραμμα, αλλά μία σειρά προγραμμάτων που λειτουργούν σε ένα ενιαίο περιβάλλον, το ονομαζόμενο "ARC". Αναλυτικότερα, τα προγράμματα αυτά είναι:

1. ARC

Είναι το κεντρικό περιβάλλον από το οποίο υπάρχει πρόσβαση σε όλα τα άλλα. Σε γενικές γραμμές, οι δυνατότητές του είναι οι εξής:

- γρήγορη δημιουργία και διαχείριση υπφιακών χαρτογραφικών αρχείων
- αναγωγή σε περιβάλλοντα διόρθωσης και παρουσίασης των χαρτών
- καθορισμός της γεωγραφικής προθολής και κλίμακας του συστήματος συντεταγμένων
- διαχείριση των βάσεων δεδομένων από τα προγράμματα TABLES και INFO
- μετασχηματισμός των επιλεγόμενων αρχείων σε ειδικές μορφές (formats) επικοινωνίας με άλλα λογισμικά και αντιστρόφως
- γρήγορη απεικόνιση των χαρτών στην οδόντη και δημιουργία κατάλληλων αρχείων για την εκτύπωση των χαρτών αυτών
- μετατροπές από μία μορφή υποιοποιημένου χάρτη σε άλλη και αντιστρόφως (π.χ. raster ⇔ vector)

2. ARCEDIT

Στο περιβάλλον αυτό δημιουργείται η υπειοποιημένη μορφή των χαρτών, με την οποία εισάγονται στο σύστημα. Επιπλέον γίνεται γεωμετρική διαχείριση των δεδομένων καθώς και διορδώσεις επί της οδόντης.

3. ARCPLLOT

Είναι το κατ' εξοχήν σχεδιαστικό πρόγραμμα, στο οποίο υπάρχει δυνατότητα απεικόνισης όλων των στοιχείων που συνδέονται ένα χάρτη (στοιχεία εδάφους, ιδιότητες του γεωγραφικού χώρου, υπομνήματα, κλίμακες κ.ά.) σε διδιάστατη ή και τρισδιάστατη μορφή. Συνοδεύεται από βιβλιοδίκη συμβόλων και χρωμάτων, από την οποία επιλέγει ο χρήστης. Βασική λειτουργία του περιβάλλοντος αυτού, είναι η παροχή της δυνατότητας άντλησης επιλεκτικά των πληροφοριών που συνοδεύουν το χάρτη. Αυτό γίνεται άμεσα από την οδόντη ή με προσδιορισμό κάποιου χαρακτηριστικού που βρίσκεται αποδημεύμενό στους πίνακες χαρακτηριστικών του χάρτη, με τους οποίους το πρόγραμμα συνδέεται αυτόματα. Η εκτύπωση των αποτελεσμάτων γίνεται στην οδόντη, σε ανεζάρτητο αρχείο ή και σε πίνακα εμφανιζόμενο πάνω στο χάρτη. Οι οσοδήποτε πολύπλοκες εμφανίσεις επικαλυπτόμενων ή μη χαρτών στην οδόντη, "σώζονται" από το χρήστη ώστε να μπορούν να εκτυπωθούν π.χ. σε printer.

4. GRID

Αποτελεί το υποπρόγραμμα επεξεργασίας των κανναβικών χαρτών, με απεικόνισή τους στην οδόντη. Περιλαμβάνει έναν πολύ μεγάλο αριθμό συναρτήσεων βιβλιοδίκης για επεξεργασία των καννάβων, που ποικίλλουν από τις απλές τριγωνομετρικές συναρτήσεις μέχρι πολύπλοκες συναρτήσεις για την εξαγωγή υδρογραφικού δικτύου κ.ά., ενώ επιτρέπει τις χωρίς όρια αλγεβρικές πράξεις μεταξύ των χαρτών. Πλήθος άλλων εντολών χρησιμοποιούνται για σχεδίαση και χρωματική επεξεργασία των χαρτών, αλλά και για ειδικές εφαρμογές π.χ. χωρισμός σε ζώνες μιας περιοχής.

5. ARCVIEW

Αποτελεί το εργαλείο με το οποίο ο χρήστης εμφανίζει γεωγραφικά δεδομένα και αντλεί πληροφορίες από αυτά, με εύκολο και γρήγορο τρόπο. Με το πρόγραμμα αυτό γίνεται παρουσίαση των χαρτογραφικών και πινακοποιημένων δεδομένων στην οδόντη, επιλογή χρωμάτων και συμβολισμών για την παρουσίασή τους, συμπλήρωση στοιχείων, επιλογή από τα δεδομένα βάσει "ερωτήσεων" που δέτει ο χρήστης κ.ά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο : ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Σ.Γ.Π.

2.1 Υδρολογική πληροφορία μέσω ενός Σ.Γ.Π.

Η κίνηση του νερού από τη στιγμή που φτάνει στο έδαφος ή τη χλωρίδα, με μορφή ατμοσφαιρικού κατακρημνίσματος, εώς τη στιγμή που καταλήγει σε κάποιο υδάτινο αποδέκτη, αποτελεί ένα πολύπλοκο φαινόμενο εξαρτώμενο από πλήθος παραμέτρων. Η μορφή της γνήσιας επιφάνειας είναι ίσως ο βασικότερος παράγοντας που καθορίζει τον τρόπο κινήσεως του νερού. Παράλληλα, πρέπει να ληφθούν υπόψιν και άλλοι, περισσότερο ευμετάβλητοι, παράγοντες όπως είναι το κλίμα, το γεωλογικό υπόβαθρο και η έκταση της υπόγειας ροής, η φυτοκάλυψη και οι χρήσεις γης. Με αυτά τα δεδομένα, γίνονται φανερά τα μεγάλα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα Σ.Γ.Π. στην επιστήμη της Υδρολογίας, αφού το ισχυρότερό τους χαρακτηριστικό είναι η δυνατότητα σύνδεσης τοπογραφικών και τοπολογικών χαρακτηριστικών.

Η χρήση των Η/Υ για υδρολογικές εφαρμογές, είναι σήμερα ευρύτατα διαδεδομένη, όχι τόσο με τη μορφή των Σ.Γ.Π. όσο με τη μορφή μαθηματικών μοντέλων επίλυσης πολύπλοκων εξισώσεων, που προσομοιάζουν τις υδρολογικές διεργασίες. Χρησιμοποιούνται επίσης σαν βοηθητικά εργαλεία για την ταχύτερη και αποδοτικότερη επεξεργασία των δεδομένων. Ο μηχανικός καλείται να μελετήσει ένα μεγάλο πλήθος τοπογραφικών και τοπολογικών στοιχείων, πριν βρεθεί σε θέση ικανή να εκτιμήσει τις παραμέτρους εκείνες, οι οποίες είναι απαραίτητες για τη σωστότερη εφαρμογή κάποιου μαθηματικού μοντέλου. Με την εισαγωγή των Σ.Γ.Π. γίνεται δυνατή η αναζήτηση και χρήση ενός πολύ μεγάλου πλήθους πληροφοριών πολύ γρήγορα και με μεγάλη ακρίβεια. Οι δυνατότητες ανάλυσης των στοιχείων με αυτόν τον τρόπο είναι πρακτικά απεριόριστες. Έτσι, τόσο η πρόσθαση στις απαραίτητες γεωμορφολογικές πληροφορίες όσο και η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων, γίνονται στο ίδιο "περιβάλλον" λογισμικού. Από τη στιγμή που θα δημιουργηθεί η σωστά η βάση δεδομένων με όλα τα απαιτούμενα στοιχεία, ο μηχανικός - χρήστης του G.I.S. είναι σε θέση να τα διαχειριστεί κατά την κρίση του, με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

2.1.1. Μοντέλα βροχής - απορροής στα Σ.Γ.Π.

Τα μοντέλα επιφανειακής απορροής αποτελούν μία από τις πλέον χρήσιμες εφαρμογές των Σ.Γ.Π. Διάφορες μορφές μοντέλων έχουν αναπτυχθεί για την πρόβλεψη πλημμυρικής απορροής, τη σωστή διάθεση των υδάτινων αποδεμάτων ενός ταμιευτήρα και τη μεταφορά διαφόρων ουσιών μέσω του νερού. Διακρίνουμε τις εξής βασικές κατηγορίες τέτοιων μοντέλων (Ναλμπάντης, 1991):

- Ανάλογα με το βαθμό που προσεγγίζουν τις πραγματικές φυσικές διαδικασίες:
 - εμπειρικά μοντέλα ή μοντέλα μαύρου κουτιού (*empirical* ή *black box*) με παραμέτρους που δεν έχουν φυσική σημασία (μοντέλα απλής ή πολλαπλής συσχέτισης, μοναδιαίο υδρογράφημα, μοντέλα ARMA)
 - μοντέλα με φυσική βάση (*physically-based models*) που χρησιμοποιούν απ' ευθείας τις εξισώσεις που διέπουν το φυσικό φαινόμενο (Système Hydrologique Européen, SHE)
 - εννοιολογικά μοντέλα (*conceptual*) που αναπαριστούν το φαινόμενο της απορροής με τη βοήθεια ιδεατών στοιχείων (ταμιευτήρες, κανάλια) το καθένα από τα οποία προσομοιώνει μία στοιχειώδη διαδικασία του φυσικού φαινομένου (Μοντέλο Stanford, Sacramento)
- Ανάλογα με τη στοχαστική δομή των μεταβλητών του μοντέλου:
 - στοχαστικά μοντέλα (*stochastic*) στα οποία μία τουλάχιστον μεταβλητή έχει στοχαστική δομή (π.χ. μοντέλα ARMA)
 - προσδιοριστικά ή ντετερμινιστικά (*deterministic*) μοντέλα χωρίς στοχαστική δομή σε καμία μεταβλητή (π.χ. μοναδιαίο υδρογράφημα)
- Ανάλογα με τη δυνατότητα εφαρμογής της αρχής της επαλληλίας:
 - γραμμικά μοντέλα με την έννοια της δεωρίας των συστημάτων στα οποία ισχύει η αρχή της επαλληλίας των αποτελεσμάτων δηλαδή στο άδροισμα δύο εισόδων αντιστοιχεί το άδροισμα των αντίστοιχων έξοδων (π.χ. μοναδιαίο υδρογράφημα)
 - μη γραμμικά μοντέλα με την έννοια της δεωρίας των συστημάτων στα οποία δεν ισχύει η αρχή της επαλληλίας (π.χ. μοντέλο Sacramento)
- Ανάλογα με τη δυνατότητα εκτίμησης των παραμέτρων του μοντέλου:
 - γραμμικά ως προς τις παραμέτρους, στα οποία είναι δυνατή η εκτίμηση των παραμέτρων με τη μέθοδο της απλής ή πολλαπλής παλινδρόμησης (π.χ. μοναδιαίο υδρογράφημα)

- μη γραμμικά ως προς τις παραμέτρους, στα οποία η παραπάνω εκτίμηση δεν είναι δυνατή (π.χ. εννοιολογικά μοντέλα, μοντέλα ARMA)
- Ανάλογα με τον τρόπο αντιμετώπισης της χωρικής μεταβλητότητας των μεταβλητών εισόδου και των παραμέτρων:
 - καθολικά παραμετρικά μοντέλα (*lumped parameter models*), στα οποία δεωρούνται μόνο μέσες επιφανειακές τιμές των εισόδων στη λεκάνη απορροής όπως για παράδειγμα η επιφανειακή βροχή καθώς και οι μέσες τιμές των παραμέτρων (π.χ. μοναδιαίο υδρογράφημα)
 - κατανεμημένα μοντέλα (*distributed models*), στα οποία λαμβάνεται υπόγιαν η χωρική τιμή των εισόδων και των παραμέτρων (π.χ. SHE)

2.1.2. Εξαγωγή υδρογραφικού δικτύου

Τα συστήματα G.I.S., εκτός από τη διαχείριση των υηφιοποιημένων χαρτών σε συνδυασμό με τις βάσεις δεδομένων που τους αφορούν, μπορούν να χρησιμεύσουν και σε εφαρμογές οι οποίες απαιτούν δημιουργία στοιχείων βασιζόμενων σε κάποιους δεδομένους χάρτες. Μια συνηδισμένη και πολύ χρήσιμη εφαρμογή είναι η δημιουργία του υδρογραφικού δικτύου μιας περιοχής, βάσει των τοπογραφικών χαρτών της. Απαραίτητη είναι η γνώση όσο το δυνατόν περισσότερων στοιχείων υγομέτρου και με αρκετά μεγάλη πυκνότητα. Η σχετικά μικρή ισαποχή των υηφιοποιημένων ισοϋγών καμπυλών είναι πολύ σημαντική για την επίτευξη της μεγαλύτερης δυνατής ακρίβειας των αποτελεσμάτων.

Με δεδομένα τα στοιχεία υγομέτρου σε μορφή καννάθου (GRID), είναι δυνατή η αυτόματη εκπόνηση του υδρογραφικού δικτύου, με τη βοήθεια μιας σειράς εντολών. Η πορεία που ακολουθείται σε γενικές γραμμές είναι η εξής (Γράγας, 1994 και ARC/INFO Cell - based Analysis with Grid, 1991):

- δημιουργία νέου καννάθου με γνωστή για κάθε κελί τη διεύθυνση ροής από αυτό στα γειτονικά κελιά (flow direction)
- με δεδομένο τον κάνναθο του προηγούμενου βήματος δημιουργείται νέος χάρτης με γνωστό για κάθε κελί τον αριθμό όλων των ανάπτικελιών που εισρέουν σ' αυτό (flow accumulation)
- επιλογή της ελάχιστης επιφάνειας απορροής (threshold ή κατώφλι), πέρα από την οποία υφίσταται η δημιουργία σημαντικού υδατορεύματος. Το μέγεθος του κατώφλιου είναι πολύ σημαντικό διότι επηρεάζει την

πισκνότητα του δικτύου και τη μέγιστη τάξη υδατορεύματος που τελικά θα εμφανιστεί.

- διαχωρισμός του σχηματιζόμενου δικτύου σε τάξεις με κάποια από τις μεθόδους Strahler ή Shreve (stream order).

Η παραπάνω μέθοδος έχει σεβαστή ακρίβεια, η οποία όμως εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα αρχικά δεδομένα υγομέτρων και από την κρίση του χρήστη όσον αφορά την επιλογή του threshold area (ARC/INFO Grid Commands Reference, 1991).

2.1.3. Γεωμορφολογικά στοιχεία

Σε μια υδρολογική μελέτη με χρήση των συστημάτων G.I.S., εκτός από τα στοιχεία υγομέτρων, είναι απαραίτητο να γνωρίζει κανείς τα βασικά τοπογραφικά χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης λεκάνης απορροής. Αυτά είναι (Eash, 1994 και Ξανδόπουλος, 1990):

- η συνολική έκταση απορροής της λεκάνης
- το μήκος της μέγιστης μισγάγγειας
- το μήκος της λεκάνης, το ευδύγραμμο τμήμα μετρημένο από την έξοδο μέχρι το πιο απομακρυσμένο σημείο της μέγιστης μισγάγγειας
- η περίμετρος της λεκάνης απορροής
- η μέση κλίση της λεκάνης
- η διαφορά του ελάχιστου από το μέγιστο υγόμετρο της λεκάνης
- το συνολικό μήκος όλων των ποταμών
- η κλίση της μέγιστης μισγάγγειας
- οι τάξεις των ποταμών
- το ενεργό πλάτος της λεκάνης που προκύπτει από το λόγο της έκτασης προς το μήκος της λεκάνης
- ο συντελεστής σχήματος διλαδή ο λόγος του μήκους της λεκάνης προς το ενεργό πλάτος
- ο συντελεστής επιμήκυνσης διλαδή ο λόγος της διαμέτρου ενός κύκλου με εμβαδόν ίσο με την έκταση της λεκάνης προς το μήκος της λεκάνης
- ο δείκτης συμπαγούς, λόγος της περιμέτρου της λεκάνης προς την περιφέρεια ενός κύκλου ίσου εμβαδού
- ο συντελεστής ελικτότητας της μέγιστης μισγάγγειας, λόγος του μήκους της μέγιστης μισγάγγειας προς το μήκος της λεκάνης

- η πυκνότητα των υδατορευμάτων, λόγος του συνολικού μήκους όλων των ποταμών προς την έκταση της λεκάνης
- η σταδερά κατακράτησης αγωγών, λόγος της έκτασης της λεκάνης προς το συνολικό μήκος των ποταμών
- συντελεστής κλίσεως, λόγος της κλίσης της μέγιστης μισγάγγειας προς την κλίση της λεκάνης
- συχνότητα απορροής, λόγος του αριθμού των 1ης τάξης ποταμών προς την έκταση της λεκάνης
- ισοδύναμο τετράγωνο, ένα ορθογώνιο μήκους l και πλάτους b , με περίμετρο και μορφολογικά χαρακτηριστικά ίδια με αυτά της λεκάνης απορροής.

2.2. Ψηφιακά μοντέλα εδάφους (DTM)

Οι υδρολογικές εφαρμογές, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, για να δώσουν σωστότερα και ακριβέστερα αποτελέσματα, απαιτούν και δεδομένα που προσεγγίζουν όσο το δυνατόν την πραγματικότητα. Υπάρχουν περιπτώσεις όμως, στις οποίες τα δεδομένα που εισάγονται στον H/Y με τη μορφή υηφιοποιημένων χαρτών να είναι ελλειπή. Αυτό οφείλεται κυρίως στον ανθρώπινο παράγοντα και στη δυσκολία του να εισάγει την πληθώρα των ισούγων μιας περιοχής. Έτσι, μπορεί να ληφθούν χάρτες με μικρή ισοδιάσταση και να υηφιοποιηθούν σε χάρτες με πολύ μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα τη λανθασμένη απεικόνιση του εδάφους και κατά συνέπεια την εξαγωγή αποτελεσμάτων, από τις εφαρμογές πάνω σε αυτούς, που αποκλίνουν πολύ από την πραγματικότητα. Οπωσδήποτε όμως, όσο πιστά και να έχουν υηφιοποιηθεί οι χάρτες, δεν παύει να υπάρχει διάστημα μέσα στο οποίο να μην υπάρχουν μετρήσεις. Είναι αναγκαίο προκειμένου να γίνει μία υδρολογική εφαρμογή, να είναι γνωστό σε κάθε θέση της εξεταζόμενης λεκάνης απορροής, το υγόμετρό της. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (Data Terrain Models).

Τα DTM εξάγονται από τους αρχικούς χάρτες και "συμπληρώνουν" τα στοιχεία υγομέτρων σε όλα τα σημεία τους. Αναλυτικότερα, δεν παρέχουν άμεσα τις τιμές των ελλειπόντων υγομέτρων, αλλά επιτρέπουν στο χρήστη να πάρει σε οποιαδήποτε στιγμή το ζητούμενο υγόμετρο.

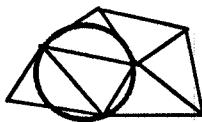
Τα βασικότερα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους είναι τα εξής:

- Ακανόνιστο Τριγωνικό Δίκτυο (*Triangular Irregular Network* ή TIN)
- Σημειακός Κάνναβος (*Lattice*)

2.2.1. Ακανόνιστο Τριγωνικό Δίκτυο ή TIN

Το μοντέλο αυτό, αναπαριστά μία επιφάνεια προερχόμενη από χωρικά ακανόνιστα διασπαρμένα δειγματικά σημεία (mass points), των οποίων η θέση στο χώρο καθορίζεται πλήρως μέσω των συντεταγμένων x , y , z των τριών διευθύνσεων. Τα σημεία αυτά ενώνονται με πλευρές ανά δύο και σχηματίζουν γειτονικά, μη επικαλυπτόμενα τρίγωνα, τα οποία αναπαριστούν την επιφάνεια βάσει των συντεταγμένων x , y , z .

Η τριγωνοποίηση του μοντέλου TIN βασίζεται στο κριτήριο του *Delaunay*, σύμφωνα με το οποίο, *σε κάθε τρίγωνο που σχηματίζεται, ο περιγεγραμμένος κύκλος δα περιέχει μόνο τα τρία σημεία που δημιουργούν το τρίγωνο αυτό*. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα σημεία ενώνονται με τα δύο πιο γειτονικά τους για το σχηματισμό τριγώνων. Με την ικανοποίηση του κριτηρίου Delaunay, επιτυγχάνονται όσο το δυνατόν πιο ισοσκελή τρίγωνα, κάθε σημείο του χώρου βρίσκεται όσο κοντύτερα γίνεται σε κόμβο τριγώνου γνωστού υγομέτρου και επιπλέον η τριγωνοποίηση είναι ανεξάρτητη από τη σειρά επεξεργασίας των σημείων (ARC/INFO Surface Modelling with TIN, 1991).



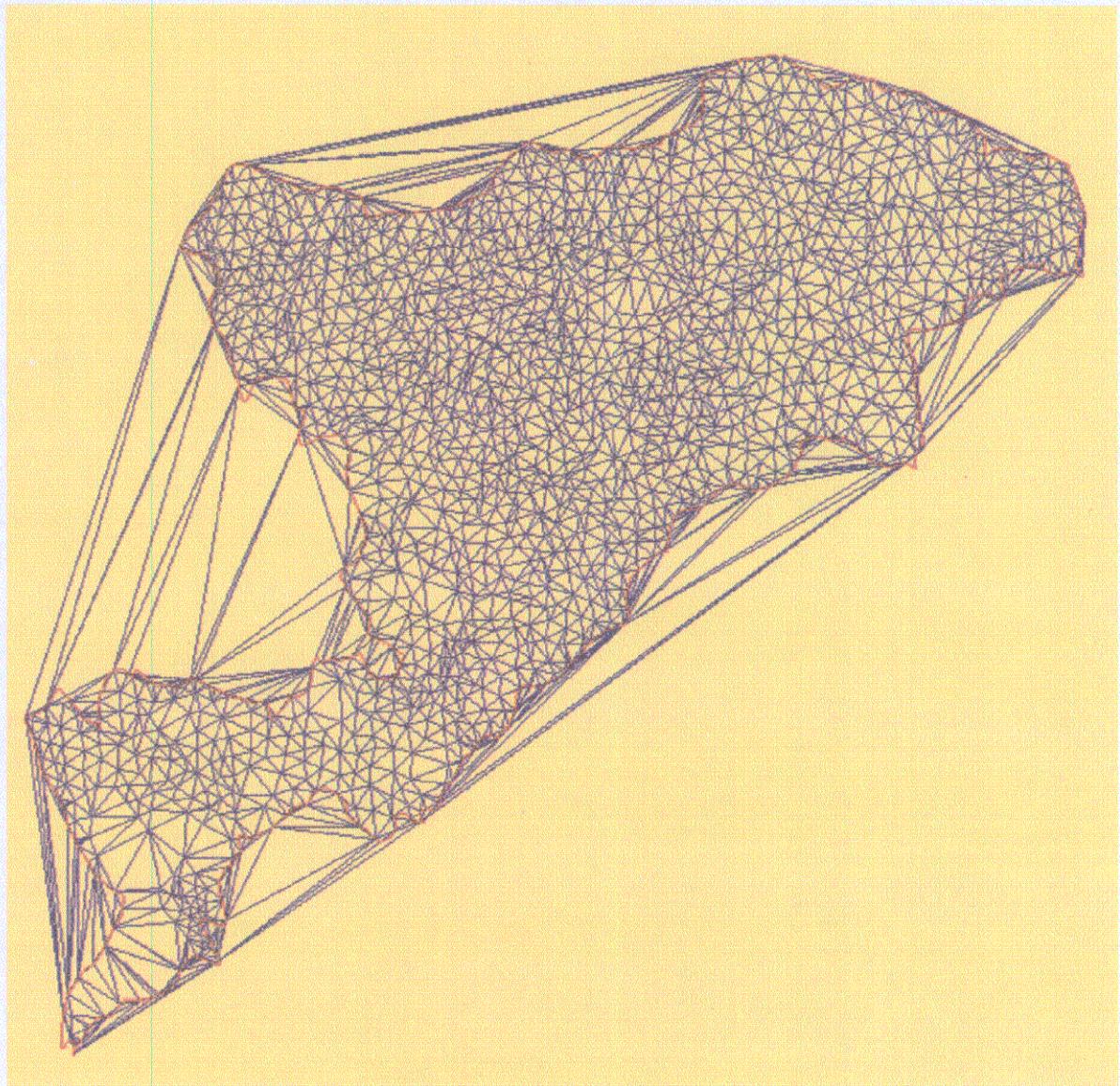
Σχήμα 2.1. Κριτήριο Delaunay

Ένα TIN αποτελείται από κόμβους (nodes), πλευρές (edges), τρίγωνα (triangles), περιβάλλοντα πολύγωνα (hull polygons) και τοπολογία (topology).

Κόμβοι ή nodes, είναι τα δεμελιώδη στοιχεία ενός μοντέλου εδάφους μορφής TIN. Είναι τα σημεία γνωστών συντεταγμένων x , y , z με τα οποία δημιουργείται το μοντέλο της επιφανείας.

Οι πλευρές ή edges, ενώνουν τους κόμβους και κάθε πλευρά έχει δύο μόνο κόμβους. Επειδή κάθε πλευρά έχει στις άκρες της δύο κόμβους γνωστού υγομέτρου, μπορεί να υπολογιστεί η κλίση της.

Τα τρίγωνα ή triangles που δημιουργούνται, περιγράφουν το κάθε ένα, το ποσοστό της επιφανείας που τους αναλογεί. Με γνωστά τα x , y , z των τριών κόμβων που δημιουργούν το τρίγωνο, μπορούν να υπολογιστούν στοιχεία όπως η κλίση, ο προσανατολισμός, η έκταση της επιφανείας και το μήκος της. Στο σύνολό τους τα τρίγωνα μπορούν να δώσουν επιπλέον πληροφορίες όπως όγκο, μορφή της επιφανείας, ανάλυση ορατότητας καθώς και όγεις της επιφανείας.



Σχήμα 2.2. Μοντέλο εδάφους TIN περιορισμένο στην περιοχή της λεκάνης του Ευπίου. Η περίμετρος έχει χαρακτηριστεί σαν hard breakline (επιλογή harderase).



Σχήμα 2.3. Μοντέλο εδάφους TIN στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Ευπίνου (Νοτιοδυτική Στερεά Ελλάδα). Διακρίνεται η ακτογραμμή του Κορινθιακού κόλπου, καδώς και οι ακτογραμμές των λιμνών Τριχωνίδα και Λυσσιμάχεια. Οι ακτογραμμές εισάγονται σαν hard breaklines. Διακρίνεται επίσης το υδρογραφικό δίκτυο.

Τα περιβάλλοντα πολύγωνα ή hull polygons, καθορίζουν τις περιοχές στις οποίες γίνεται η τριγωνοποίηση. Έξω από αυτές τις περιοχές, δεν μπορούν να ληφθούν πληροφορίες για τη μορφή της επιφανείας και τα όριά τους συνήδως επιλέγονται σύμφωνα με τα ιδιάζοντα χαρακτηριστικά της τοπογραφίας.

Η τοπολογία ενός TIN αποτελεί τον καθορισμό των πληροφοριών για τους κόμβους, τις πλευρές και τα τρίγωνα:

- αριθμός τριγώνου
- αριθμός κάθε γειτονικού τριγώνου
- τρεις κόμβοι που καθορίζουν το τρίγωνο
- οι συντεταγμένες χ, γ των κόμβων
- το υγόμετρο z του κάθε κόμβου

Κατά τη δημιουργία ενός TIN, υπάρχει η δυνατότητα προσδιορισμού και ελέγχου από το χρήστη, της συμπεριφοράς της παραγόμενης επιφάνειας όσον αφορά τη συνέχεια και ομαλότητά της. Αν σε μία περιοχή υπάρχουν υδάτινα σώματα όπως λίμνες, δάλασσες ή και ποτάμια, τότε ο χρήστης έχει δυνατότητα επιλογής και αν δεν επιθυμεί να συμπεριληφθούν στο παραγόμενο μοντέλο εδάφους, δίνει την πληροφορία πριν την εκτέλεση της τριγωνοποίησης. Αυτό επιτυγχάνεται με την είσοδο των ορίων των σωμάτων αυτών σαν συνοριακές γραμμές (*breaklines*). Όπως υπονοείται από την ονομασία τους, οι *breaklines* είναι γραμμές που υποχρεώνουν το μοντέλο να μην επεκταθεί πέραν αυτών. Κατά μήκος των γραμμών αυτών, το υγόμετρο μπορεί να αλλάζει (ποτάμια) ή και να παραμένει το ίδιο (λίμνες, δάλασσες).

Υπάρχουν τριών ειδών *breaklines* ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο περιγράφουν τη συμπεριφορά της επιφανείας:

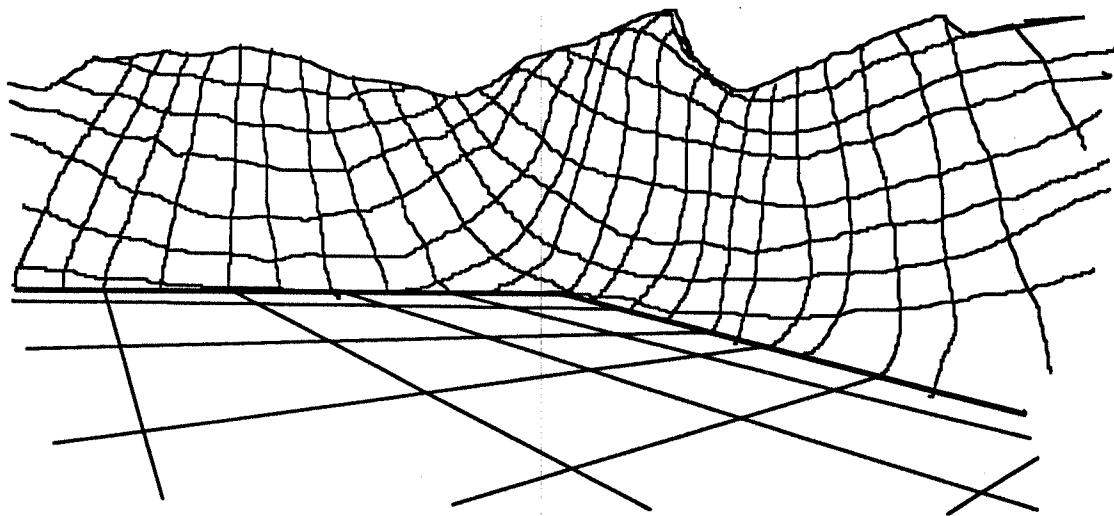
- καδολικές συνοριακές γραμμές (*hard breaklines*)
- τοπικές συνοριακές γραμμές (*soft breaklines*)
- ασυνέχειες (*faults*)

*Καδολικές συνοριακές γραμμές (*hard breaklines*)*

Προσδιορίζουν τις διακοπές στην ομαλότητα της επιφάνειας. Χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν ποτάμια, υδροκρίτες, ακτογραμμές, όρια κτιρίων, φράγματα και άλλες τοποδεσίες με απότομη αλλαγή αναγλύφου. Συνηδέστερο είναι να λαμβάνονται υπόψιν τα όρια αυτά ώστε το μοντέλο να πιστοποιεί την πραγματική εικόνα του αναγλύφου. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις στις οποίες είναι επιθυμητό να γίνονται για παράδειγμα

θυδομετρίσεις ή μετρήσεις των υγομέτρων αστικών περιοχών, συμπεριλαμβανομένων των διακοπών που προαναφέρθηκαν.

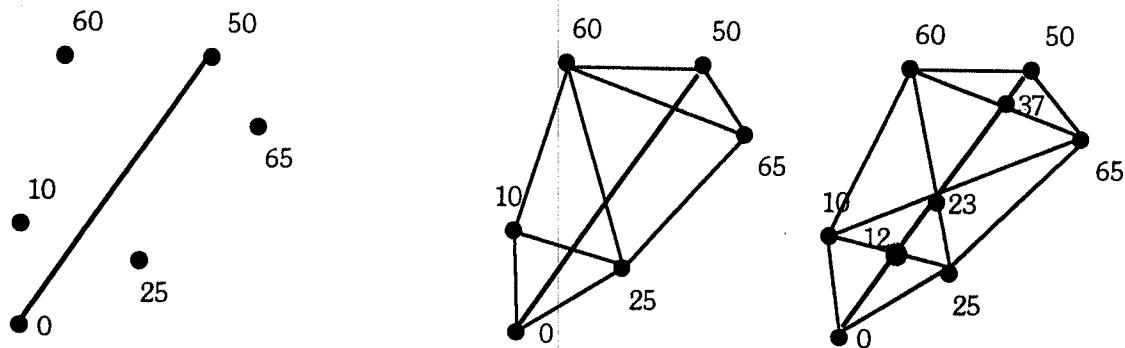
Αναλυτικότερα, οι hard breaklines εισάγουν την πληροφορία οτι, μεταξύ των ορίων αυτών, το παραγόμενο μοντέλο εδάφους διατηρεί τα χαρακτηριστικά (υγόμετρα, κλίσεις) των ίδιων των ορίων. Στο παρακάτω παράδειγμα, φαίνεται η παραγόμενη επιφάνεια στην περιοχή γύρω από μία λίμνη και μέσα σε αυτήν.



Σχήμα 2.4. Παράδειγμα παραγόμενης επιφάνειας με χρήση των hard breaklines. Εδώ μία hard breakline (έντονη γραμμή), συμπεριελήφθηκε προκειμένου να προσδιορίσει το όριο μεταξύ δύο διαφορετικών τύπων επιφανειακής συμπεριφοράς. Ταυτίζεται με την ακτογραμμή και από το σχήμα γίνεται σαφής η διαφορετικό τύπου επιφάνεια που προκύπτει: επίπεδη στο εσωτερικό και ομαλά μεταβαλλόμενη στο εξωτερικό της λίμνης.

Τοπικές συνοριακές γραμμές (soft breaklines)

Χρησιμούνται για να εξασφαλίσουν οτι γνωστές τιμές υγομέτρων, κατά μήκος μίας γραμμής, συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο TIN. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διασφαλίσουν οτι κάποιες γραμμές ή πλευρές πολυγώνων, διατηρούνται στο μοντέλο επιφάνειας που προκύπτει. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του περιορισμού που επιβάλλεται στο μοντέλο να δημιουργήσει τρίγωνα με πλευρές ταυτιζόμενες με τις soft breaklines. Όμως, οι τοπικές συνοριακές γραμμές δεν προσδιορίζουν διακοπές στην ομαλότητα της επιφάνειας, αντίθετα με τις hard breaklines. Μία πολύ σημαντική εφαρμογή των γραμμών αυτών, είναι η χρησιμοποίησή τους προκειμένου να βρεθούν άγνωστα υγόμετρα για παράδειγμα ενός ποταμού. Στο παρακάτω παράδειγμα φαίνεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής αυτής.



Αρχικά δεδομένα:

- 4 σημεία
- ένας κλάδος ποταμού
- οι δύο κόμβοι του.

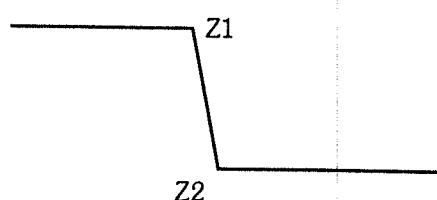
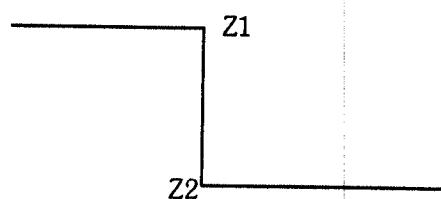
Αποτέλεσμα χωρίς την παραδοχή του κλάδου ως soft breakline.

Αποτέλεσμα με την παραδοχή του κλάδου ως soft breakline.
Δημιουργία τριών νέων κόμβων με γνωστά υγόμετρα.

Σχήμα 2.5. Υπολογισμός υγομέτρων ενός κλάδου ποταμού με τη χρήση των soft breaklines.

Ασυνέχειες (faults)

Απεικονίζουν διακοπές στη συνέχεια του αναγλύφου μιας περιοχής. Οι πιο συνηδισμένες είναι οι γεωλογικές ασυνέχειες. Το χαρακτηριστικό τους είναι η δημιουργία ενός "σκαλοπατιού", στη δέση του οποίου, υπάρχουν περισσότερες από μία τιμές υγομέτρου. Όταν το μοντέλο μπορεί να αποδημεύσει μόνο μία τιμή για κάθε δέση, τότε δίνεται μία κλίση κοντά στην κατακόρυφο, οπότε στο τοπογραφικό προκύπτουν δύο παράλληλες γραμμές: η μία με το μικρότερο και η άλλη με το μεγαλύτερο υγόμετρο.



Σχήμα 2.6. Παράδειγμα ασυνέχειας στο μοντέλο επιφάνειας

Μορφές δεδομένων που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μοντέλων TIN

Για τη δημιουργία των μοντέλων επιφανειών TIN, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλά είδη δεδομένων, μερικά από τα οποία είναι:

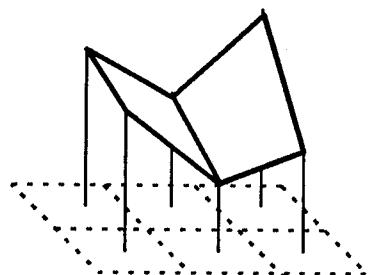
- οι διανυσματικοί υπφιοποιημένοι χάρτες (coverages)
- οι υπφιοποιημένοι χάρτες κανναβικού τύπου (grids)

Οι διανυσματικοί υπφιοποιημένοι χάρτες ή coverages, μπορούν να περιέχουν στοιχεία με τη μορφή σημείων (point coverages), γραμμών (line coverages) ή πολυγώνων (polygon coverages). Κάθε χαρακτηριστικό από αυτά μπορεί να περιέχει πληροφορίες που να καθορίζουν τη συμβολή τους στην παραγόμενη επιφάνεια: ως σημεία ή ως breaklines. Τα σημεία εισέρχονται σαν mass points δηλαδή σαν σημεία με γνωστές συντεταγμένες x, y, z, ακανόνιστα διασπαρμένα. Οι γραμμές εισέρχονται σαν mass points ή σαν breaklines, ενώ κάθε κορυφή τους λαμβάνεται και αυτή σαν ένα mass point. Αν μία γραμμή αναπαριστά μία breakline, τότε στην παραγόμενη τριγωνοποιημένη επιφάνεια θα διατηρήσει την ενιαία μορφή της. Με τον ίδιο τρόπο, τα πολύγωνα εισάγονται σαν mass points, breaklines ή ειδικής μορφής πολύγωνα των οποίων τα όρια καθορίζουν περιοχές με σταθερό υγόμετρο (π.χ. λίμνες).

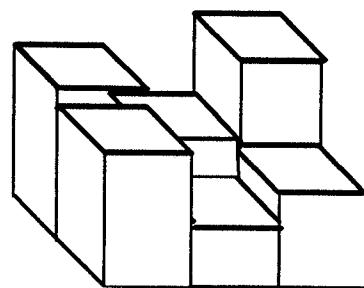
Οι υπφιοποιημένοι χάρτες κανναβικού τύπου ή grids χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μοντέλων επιφανείας TIN, με την εισαγωγή των δεδομένων που βρίσκονται πινακοποιημένα (Value Attribute Tables) με τιμές ακέραιες. Το παραγόμενο μοντέλο TIN αποδημεύει τις πληροφορίες με παρόμοιο τρόπο προς αυτόν των coverages, δηλαδή σε υποκατάλογο πινακοποιημένης μορφής με τη διαφορά ότι δεν μπορούν να διαβαστούν από το χρήστη, όπως τα PAT και AAT.

2.2.2. Σημειακός Κάνναβος ή Lattice

Ένας σημειακός κάνναβος ή Lattice, αποτελεί την επιφανειακή απεικόνιση ενός κανναβικού τύπου χάρτη δηλαδή ενός Grid. Η διαφορά τους είναι στη μορφή της απεικόνισης και ενώ το grid θεωρεί οτι κάθε υγρίδα έχει ενιαίο υγόμετρο, παρουσιάζεται δηλαδή με τη μορφή οριζοντίου επιπέδου, το lattice δεωρεί το υγόμετρο αυτό στο κέντρο της υγρίδας (mesh point). Έτσι, δίνει μια πιο ρεαλιστική εικόνα της επιφάνειας, ενώνοντας τα κέντρα των γειτονικών υγρίδων και δίνοντας πληροφορίες υγομέτρου για κάθε ενδιάμεσο σημείο. Οι πληροφορίες αυτές παίρνονται με τη βοήθεια μεθόδων παρεμβολής μεταξύ των mesh points που έχουν γνωστό υγόμετρο.



LATTICE
Η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

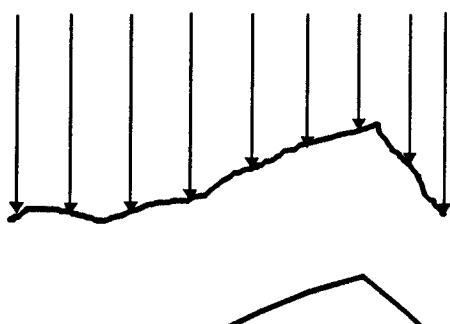


GRID
Η ΚΑΤΗΓΟΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

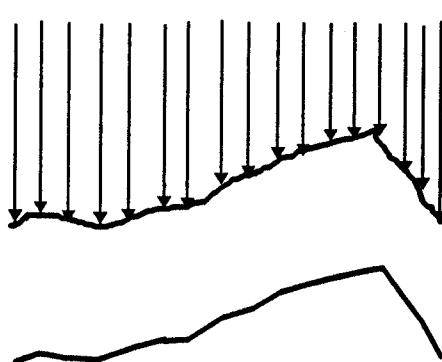
Σχήμα 2.7. Σχηματική παρουσίαση διαφοράς των lattice και grid

Το μοντέλο επιφάνειας lattice, αποτελείται από πληροφορίες που δημιουργούνται από τον κάνναβο, τον αριθμό των σημείων γνωστού υγομέτρου, τις αποστάσεις μεταξύ τους και ένα πίνακα των τιμών των υγομέτρων. Χαρακτηριστικό είναι οτι οι συντεταγμένες x , y των σημείων δεν βρίσκονται αποδημευμένες, αλλά γίνονται γνωστές μέσω της θέσης του κάτω αριστερά σημείου στον κάνναβο (origin) και των αποστάσεων μεταξύ. Ο αριθμός των σημείων αποτελείται από δύο τιμές, τον αριθμό των κατά τη διεύθυνση x σημείων και τον αριθμό των κατά τη διεύθυνση y σημείων.

Ο αριθμός των σημείων κατά x και κατά y αναφέρεται σαν ανάλυση του lattice (lattice resolution). Θεωρητικά, όσο αυξάνει το επίπεδο ανάλυσης, τόσο αυξάνει και η ακρίβεια της παρουσιαζόμενης επιφάνειας, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Όμως η αυξανόμενη ανάλυση συνεπάγεται και τον αυξανόμενο χώρο αποδήμευσης, όπως και την καθυστέρηση της διαδικασίας ανάλυσης, η οποία πολλαπλασιάζεται και εντέλει μπορεί να είναι ασύμφορη.



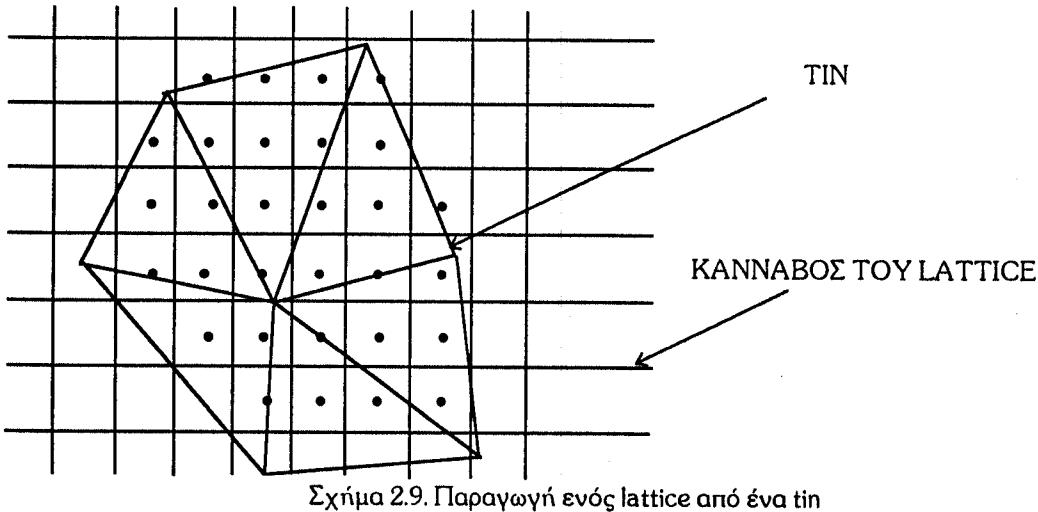
απόσταση μεταξύ



απόσταση μεταξύ

Σχήμα 2.8. Ανάλυση ενός lattice

Σε αντίθεση με το μοντέλο TIN, το LATTICE δεν αναγνωρίζει γραμμές, όπως για παράδειγμα breaklines, επειδή αποτελείται αποκλειστικά και μόνο από σημεία. Ο μόνος τρόπος είναι η αύξηση του επιπέδου ανάλυσης, ώστε η γραμμή που θα προκύψει να προέλθει από όσο το δυνατόν κοντύτερα σ' αυτήν σημεία.



Σχήμα 2.9. Παραγωγή ενός lattice από ένα tin

Η αποδίκευση του μοντέλου επιφανείας lattice, γίνεται σε σημειακό χάρτη κανναβικού τύπου δηλαδή grid, ενώ οι τιμές των υγομέτρων βρίσκονται σε πίνακες οι οποίοι δεν μπορούν να διαβαστούν από το χρήστη. Επειδή οι τιμές αυτές δεν είναι ακέραιες, δεν υπάρχουν πίνακες VAT, στις οποίες να μπορεί ο χρήστης να ανατρέξει. Όμως υπάρχει δυνατότητα μετατροπής τους σε ακέραιες και κατόπιν δημιουργίας των αρχείων VAT, για τη διευκόλυνση της ανάγνωσης των αποτελεσμάτων.

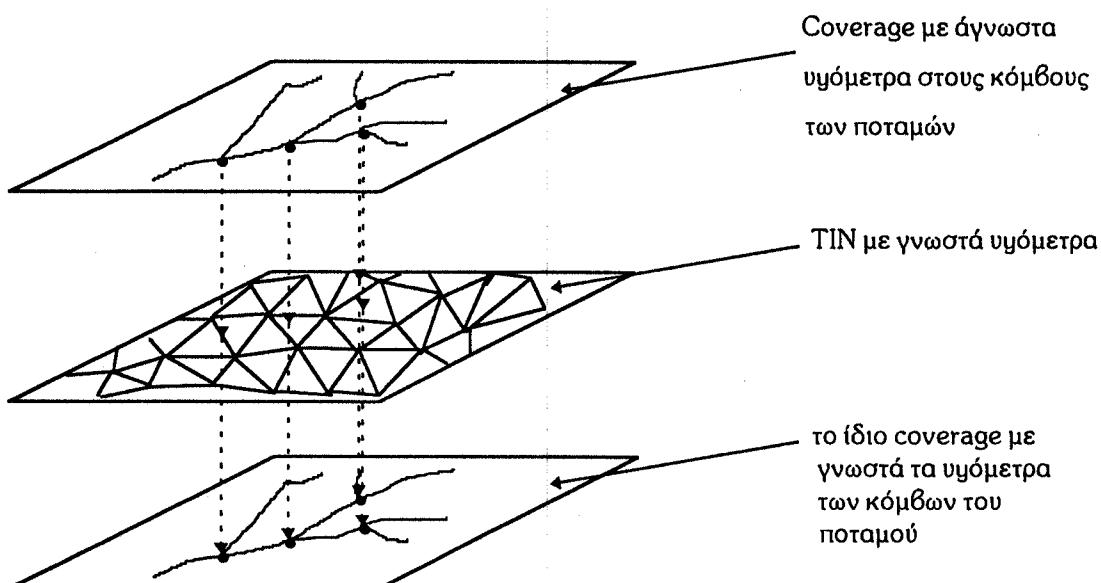
Ένα μοντέλο lattice μπορεί να προκύψει από διάφορα είδη δεδομένων, μεταξύ των οπίων και το tin. Με κατάλληλη μέθοδο παρεμβολής, επιλέγονται τα σημεία από κάθε τρίγωνο του tin, τα οποία βρίσκονται στο κέντρο της κάθε γωνίας του καννάβου και έτσι παράγεται το lattice.

Η σημασία της μετατροπής αυτής έγκειται στο γεγονός ότι, ενώ το TIN αποτελεί μοντέλο με μεγάλη ακρίβεια στην παρουσίαση της επιφάνειας, παρουσιάζει δυσκολία στην επεξεργασία λόγω της ακατάστασης μορφής των σημείων. Αντίθετα το LATTICE έχει το πλεονέκτημα της σύνδεσης κάθε χαρακτηριστικού σημείου της επιφάνειας, με ένα κάνναβο γεγονός που διευκολύνει την επεξεργασία και διόρθωση των αποτελεσμάτων. Με την παραγωγή ενός LATTICE από ένα TIN ξεπερνιέται σε μεγάλο βαθμό η δυσκολία αυτή και ταυτόχρονα διατηρείται σε κάποιο βαθμό η απαιτούμενη ακρίβεια.

2.2.3. Εφαρμογές των Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους TIN και LATTICE

Τα μοντέλα αυτά έχουν πλήθος εφαρμογών, από τις οποίες αντλούνται πληροφορίες που αφορούν την εξεταζόμενη επιφάνεια. Μερικές από αυτές τις εφαρμογές είναι:

- υπολογισμός τιμών υγομέτρου
- δημιουργία ισοϋγών καμπυλών
- υπολογισμός κλίσεων και προσανατολισμών κλίσεων
- υπολογισμός εμβαδών και μηκών
- υπολογισμός όγκων και χωματουργικών (Οδοποιία)
- καθορισμός ορατότητας μεταξύ δύο σημείων
- εύρεση των σημείων που είναι ορατά από ένα ή περισσότερα παρατηρητήρια
- χάραξη μηκοτομών επιφανειών
- σκίαση με μεταβλητή δέση της πηγής του φωτός



Σχήμα 2.10. Συνδυασμός coverage και tin για τον υπολογισμό υγομέτρων

Σε μερικές από τις παραπάνω εφαρμογές, δημιουργούνται και νούργιοι χάρτες, προκειμένου να δει κανείς τα αποτελέσματα. Αυτοί οι χάρτες μπορεί να παραμείνουν σε μορφή ΨΜΕ, ή να γίνουν διανυσματικοί (coverages) ή ακόμα και κανναβικοί (grids).

Επίσης, σε πολλές από τις εφαρμογές, απαιτείται ένας δεδομένος χάρτης (συνήθως coverage), ώστε με το συνδυασμό των δύο να προκύπτει το επιδυμπτό αποτέλεσμα, το οποίο προστίθεται στον πίνακα χαρακτηριστικών του coverage (για παράδειγμα, υπολογισμός υγομέτρων δεδομένων σημείων ενός coverage, με παρεμβολές σε τριγωνικό δίκτυο ενός TIN). Έτσι, εκμεταλλευόμενος την σύμπτωση χαρτών βάσει συντεταγμένων, ο χρήστης αντλεί πληθώρα πληροφοριών τις οποίες αποθηκεύει και επεξεργάζεται στον παραγόμενο χάρτη.

Ειδικότερα στις υδρολογικές εφαρμογές, τα μοντέλα TIN και LATTICE παρέχουν πληροφορίες υγομέτρων (σχήμα 2.10.), κλίσεων, εμβαδών, μηκών, όγκων, μηκοτομών, αλλά και πιο σύνδετης μορφής αποτελέσματα, όπως υπολογισμός υπολεκανών απορροής μιας κύριας λεκάνης, με δεδομένο υδρογραφικό δίκτυο.

Ίσως το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης των μοντέλων αυτών στην Υδρολογία, είναι η ικανότητα της μετατροπής τους σε κανναβικούς χάρτες ή GRID, διανυσματικούς χάρτες ή COVERAGES καθώς και οι μεταξύ τους μετατροπές, έτσι ώστε να γίνεται εκμετάλλευση κάθε χρήσιμης, για την υδρολογική εφαρμογή, εντολής. Επιπλέον, με την αυξημένη ακρίβεια που επιτυγχάνεται με τη χρήση του μοντέλου TIN και τη λειτουργικής σημασίας ταχεία ανάλυση του μοντέλου LATTICE, τα αποτελέσματα διατηρούν σεβαστή ακρίβεια με σχετικά μικρό και σε μικρό χρονικό διάστημα επιτευκτό, όγκο υπολογισμών.

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ : ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ Σ.Γ.Π. ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΕΥΗΝΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο : ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1. Μορφή των δεδομένων για την περιοχή του Ευήνου

Στα πλαίσια της οργάνωσης ενός Σ.Γ.Π., πρωταρχικό βήμα, όπως αναφέρθηκε στο 1ο κεφάλαιο, είναι το κτίσιμο της βάσης δεδομένων. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, το μεγαλύτερο μέρος του βήματος αυτού, συμπεριλαμβανομένης της εισαγωγής και υηφιοποίησης των δεδομένων χαρτών στο σύστημα, είναι δεδομένο. Ακολουθούνται όμως τα επόμενα βήματα, της ανάλυσης της γεωγραφικής πληροφορίας και της χαρτογραφικής απόδοσης των αποτελεσμάτων.

Τα αρχικά δεδομένα που αναφέρονται στην περιοχή του Ευήνου είναι :

- υηφιοποιημένος διανυσματικός χάρτης 1σοϋγών καμπυλών, για την ευρύτερη περιοχή της Στερεάς Ελλάδας, προερχόμενος από τη Γ.Υ.Σ.
- υηφιοποιημένος διανυσματικός χάρτης της περιμέτρου της λεκάνης απορροής του Ευήνου, προερχόμενος επίσης από τη Γ.Υ.Σ.
- υηφιοποιημένος διανυσματικός χάρτης του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής του Ευήνου, επίσης της Γ.Υ.Σ.

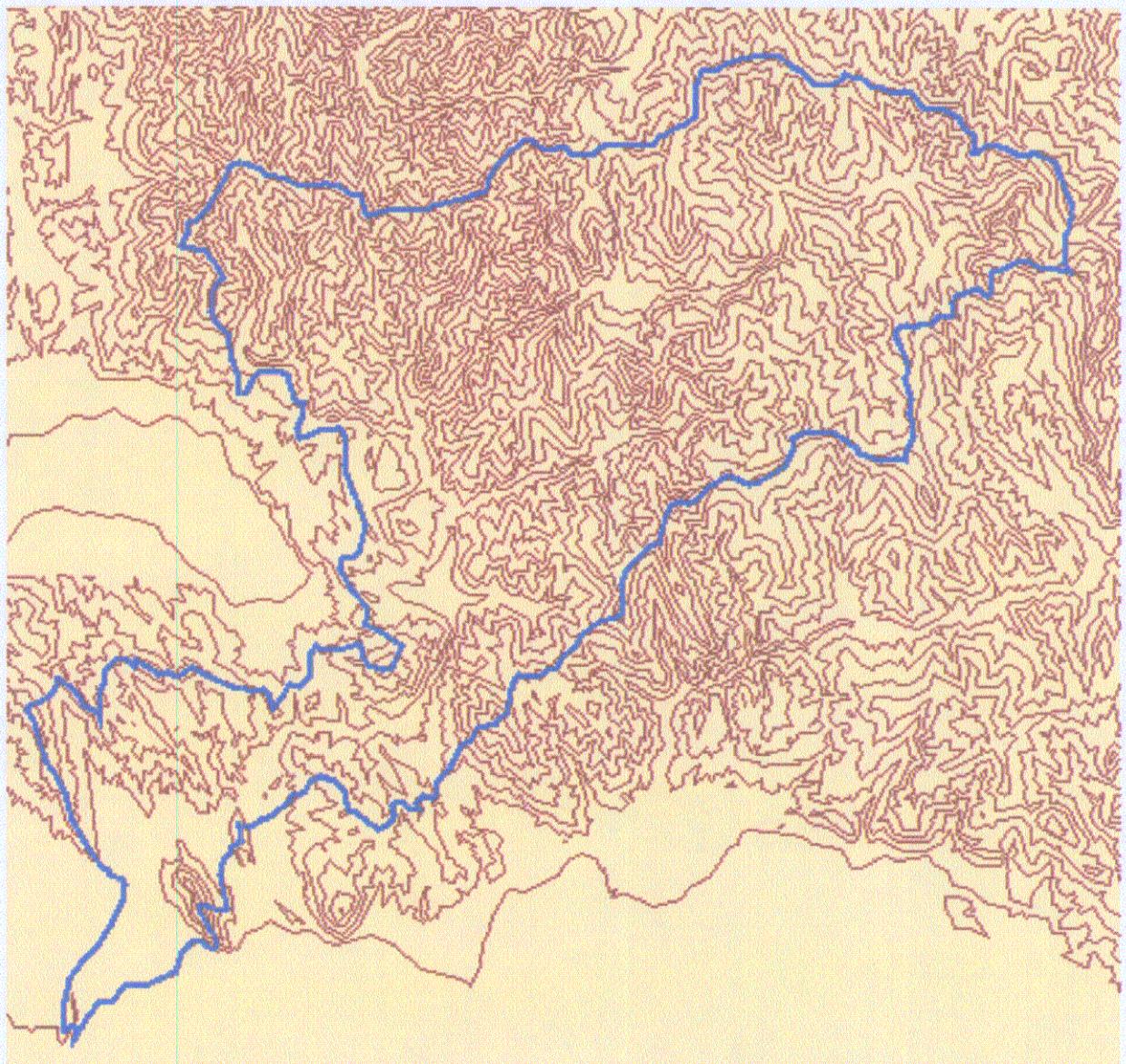
Αναλυτικότερα, οι μορφές των παραπάνω διανυσματικών χαρτών είναι οι εξής :

- 1) Διανυσματικός χάρτης 1σοϋγών καμπυλών.

Περιέχει 1σοϋγείς καμπύλες 1σοδιάστασης 200 μέτρων και κλίμακας 1:100000, η κάθε μία από τις οποίες αποτελείται από περισσότερα τόξα (arcs). Μαζί με το χάρτη αυτό (line coverage), δίνονται και στοιχεία αριθμούς των τόξων, τα αντίστοιχα υγόμετρά τους, τα μήκη τους όπως και οι χαρακτηριστικοί αριθμοί των δύο κόβων του κάθε τόξου πινακοποιημένοι. Ακόμα δίνονται πινακοποιημένα τα στοιχεία των κόβων σύνδεσης των τόξων (nodes), καθώς και τα υγόμετρά τους.

- 2) Διανυσματικός χάρτης της περιμέτρου της λεκάνης του Ευήνου.

Περιέχει κλειστή πολυγωνική γραμμή (polygon coverage), χωρίς δεδομένα υγόμετρα, με γνωστό το εμβαδόν και την περίμετρό της.



Σχήμα 3.1 Χάρτης ισουγάων περιοχής Ευβίνου, ανά 200 μέτρα. Ακτογραμμή Τριχωνίδας σε υγόμετρο 20 μέτρων.

3) Διανυσματικός χάρτης του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής του Ευπίνου. Περιέχει τα ποτάμια χωρισμένα σε κλάδους, κάθε ένας από τους οποίους αποτελεί και ένα τόξο (line coverage). Επίσης, δίνονται και οι κόμβοι των κλάδων αυτών, χωρίς όμως υγόμετρα. Στους αντίστοιχους πίνακες, περιέχονται μόνο οι χαρακτηρισμοί των τόξων και κόμβων, χωρίς άλλες πληροφορίες.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, τα στάδια της εισαγωγής και γηφιοποίησης των χαρτών αυτών, είχαν ήδη προηγηθεί και έτσι οι χάρτες ήταν έτοιμοι για επεξεργασία. Είναι απαραίτητο όμως να αναφερθεί, ότι ειδικότερα από τον διανυσματικό χάρτη των ισοϋγών καμπυλών, αποκόπηκε με κατάλληλη διαδικασία η ευρύτερη περιοχή του Ευπίνου, για τον περιορισμό του όγκου των υπολογισμών.

3.2. Επεξεργασία των δεδομένων

Το σημαντικότερο βήμα μετά την εισαγωγή των δεδομένων είναι η επεξεργασία τους με τη βοήθεια των συστημάτων G.I.S. Για το σκοπό αυτό είναι καταρχήν απαραίτητος ο συνδυασμός των διαφορετικών δεδομένων, με βάσει τα κοινά τους χαρακτηριστικά. Ταυτόχρονα, λόγω των ελλείγεων που παρουσιάζονται σε τμήματα χαρτών ή και ολόκληρους χάρτες, είναι απαραίτητη η αναγωγή αυτών σε μορφές τέτοιες οι οποίες να επιτρέπουν τη σύνδεση ή τις "πράξεις" μεταξύ αυτών και άλλων χαρτών. Αναφέρονται οι κυριότερες μορφές επεξεργασίας των δεδομένων με τα Σ.Γ.Π.

3.2.1. Υπολογισμός υγομέτρων με τη βοήθεια Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους

Βασικότερο πρόβλημα ελλείγεων των χαρτών, είναι αυτή των τιμών των υγομέτρων. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υγόμετρα δίνονται στον γηφιοποιημένο χάρτη ισοϋγών καμπυλών και μόνο στα τόξα και τους κόμβους που απαρτίζουν τις γραμμές αυτές. Όλα τα υπόλοιπα σημεία όχι μόνο δεν έχουν τιμές υγομέτρου αλλά και δεν συμπεριλαμβάνονται στους πίνακες χαρακτηριστικών (Attribute Tables). Ο χάρτης αυτός όπως αναφέρθηκε είναι line coverage.

Ο χάρτης της περιμέτρου, αποτελείται από μία και μοναδική κλειστή πολυγωνική γραμμή, χωρίς υγόμετρα, με μορφή διαφορετική από αυτή του χάρτη των ισοϋγών. Είναι δηλαδή polygon coverage.

Ο χάρτης των ποταμών, έχει τη μορφή ενός line coverage, δεν έχει όμως και αυτός υγόμετρα σε κανένα σημείο του.

Συμπερασματικά παρατηρεί κανείς οτι, εκτός από τη γεωγραφική συσχέτιση των χαρτών, η οποία εξασφαλίζεται κατά την εισαγωγή τους, δεν υπάρχει άλλη δυνατότητα συσχετισμού τους, τουλάχιστον με την παρούσα μορφή τους.

Η δημιουργία ενός χάρτη ο οποίος να περιέχει τιμές υγομέτρων σε πολλά σημεία, αποτελεί το πρώτο βήμα της επεξεργασίας των δεδομένων που προαναφέρθηκαν. Σύμφωνα με το 2ο κεφάλαιο, ακριβέστερος τρόπος είναι η δημιουργία ενός Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους. Δημιουργείται λοιπόν ένα μοντέλο TIN, βασιζόμενο στο χάρτη των ισούγων καμπυλών, ο οποίος αρχικά μετατράπηκε από line σε point coverage. Το coverage αυτό αποτελείται από σημεία με σχετική πύκνωση και δεδομένα υγόμετρα. Τα σημεία αυτά ανήκουν στις προϋπάρχουσες ισουμείς. Στη συνέχεια, προκύπτει τριγωνοποιημένη μορφή της επιφάνειας του εδάφους, με παραδοχή της ακτογραμμής του Πατραϊκού και του Κορινθιακού Κόλπου όπως και της λίμνης Τριχωνίδας ως breaklines. Έτσι στο προκύπτον μοντέλο επιφανείας, στο εσωτερικό της λίμνης και της θάλασσας και σε κάθε σημείο το υγόμετρο είναι σταδερό - για τη μεν Τριχωνίδα, σταδερό και ίσο με +20, για τη δε θάλασσα, σταδερό και ίσο με 0. Ταυτόχρονα, τα σημεία του χάρτη των ισούγων, με την τριγωνοποίηση και με μέθοδο παρεμβολών, δίνουν τιμές υγομέτρων και στα νέα σημεία που προκύπτουν.

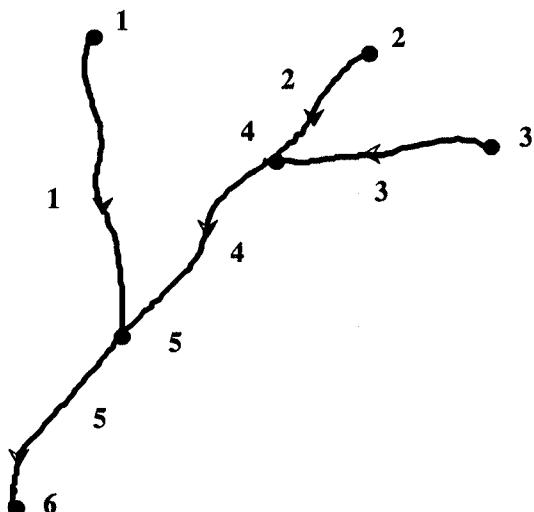
Κατόπιν, από το μοντέλο TIN προκύπτει σημειακός κάνναβος LATTICE, στον οποίο μεταφέρονται και οι πληροφορίες υγομέτρων, με μεθόδο παρεμβολής τύπου linear (γραμμική). Με τη βοήθεια του χάρτη της περιμέτρου της λεκάνης απορροής του Ευπίνου, προκύπτει νέο μοντέλο επιφανείας lattice, που αφορά μόνο την εξεταζόμενη περιοχή.

Για την εύρεση των υγομέτρων των ποταμών, χρησιμοποιείται η κατηγορική απεικόνιση του μοντέλου lattice, δηλαδή το αντίστοιχο grid. Αναλυτικά, κάθε κόμβος του δικτύου των ποταμών, αποκτά την τιμή υγομέτρου του κελιού (cell) του grid, με το οποίο συσχετίζεται γεωγραφικά, δηλαδή μέσα στο οποίο ανήκει. Τα αποτελέσματα γράφονται σε ένα αρχείο και κατόπιν προστίθενται στον πίνακα χαρακτηριστικών των κόμβων με σύνδεση μέσω του εσωτερικού τους κωδικού αριθμού. Εναλλακτική λύση, είναι απευθείας από το TIN, η παραγωγή ενός point coverage ποταμών με υγόμετρα που προκύπτουν από παρεμβολές στο TIN.

3.2.2. Υπολογισμός κλίσεων των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου

Συνέχεια της επεξεργασίας αποτελεί η εύρεση κάποιων χαρακτηριστικών των κλάδων των ποταμών. Σημαντικότερη είναι η κλίση του κάθε κλάδου και βρίσκεται από το λόγο

της διαφοράς των υγομέτρων των δύο κόμβων προς το μήκος του κλάδου. Σημειώνεται οτι η διαφορά υγομέτρου είναι πάντα θετική διότι βρίσκεται από τη διαφορά του μεγαλύτερου μείον το μικρότερο υγόμετρο. Για τη διευκόλυνση της εύρεσης κάθε φορά του μεγαλύτερου εκ των δύο υγομέτρων, έχει προηγθεί διαχωρισμός του κόμβου από τον οποίο δεωρείται οτι "ζεκινά" το τόξο (FNODE ή from node) από τον κόμβο στον οποίο δεωρείται οτι "καταλήγει" το τόξο (TNODE ή to node). Αυτό γίνεται με καθορισμό της διεύθυνσης της ροής από κάθε κόμβο προς την έξοδο της λεκάνης, οπότε αυτόματα προσδίδεται σε κάθε έναν από τους δύο κόμβους ο χαρακτηρισμός FNODE ή TNODE (ARC/INFO Map Display and Query, 1991 και ARC/INFO Network Analysis, 1991).



Κόμβοι 1,2,3 : fnodes των κλάδων 1,2,3 αντίστοιχα

Κόμβος 4 : fnode του κλάδου 4 και tnode των κλάδων 2,3

Κόμβος 5 : fnode του κλάδου 5 και tnode των κλάδων 1,4

Κόμβος 6 : έξοδος της λεκάνης και tnode του κλάδου 5

Σχήμα 3.2. Διεύθυνση ροής, αρχή και τέλος των κλάδων του δικτύου

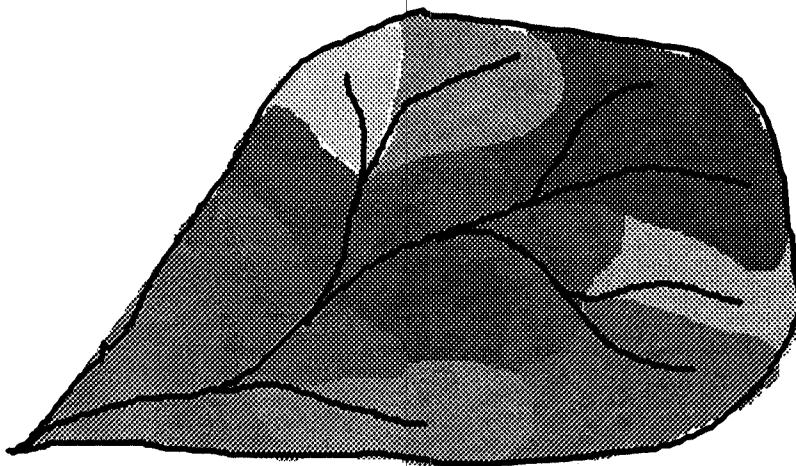
Τα αποτελέσματα των κλίσεων προστίθενται στον πίνακα χαρακτηριστικών σε καινούργια στήλη, η οποία εισάγεται πριν τη διαδικασία των υπολογισμών.

3.2.3. Χωρισμός σε υπολεκάνες της λεκάνης απορροής του Ευήνου

Εκτός από τις απλές εφαρμογές εύρεσης κάποιων χαρακτηριστικών, το G.I.S. επιτρέπει με αυτόματη διαδικασία, πιο πολύπλοκες εφαρμογές, όπως αυτή του καθορισμού των

υπολεκανών (subbasins) μιας λεκάνης απορροής (watershed, basin or catchment). Στη λεκάνη του Ευρίνου, υπάρχουν τα απαραίτητα στοιχεία για την εφαρμογή αυτή. Αυτά είναι το μοντέλο εδάφους τύπου lattice (ή grid) με γνωστά υγόμετρα, καθώς και ο χάρτης μορφής line coverage του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής. Αναλυτικά, η διαδικασία περιλαμβάνει:

- παραγωγή νέου χάρτη σε μορφή καννάθου από το line coverage των ποταμών με κατάλληλη εντολή (τα διανύσματα των ποταμών προσεγγίζονται από ένα σύνολο κελιών)
- δημιουργία κανναβικού χάρτη με γνωστή για κάθε κελί τη διεύθυνση ροής από αυτό στα γειτονικά κελιά (flowdirection grid), από το δεδομένο μοντέλο εδάφους τύπου lattice (ARC/INFO Grid Commands Reference, 1991)
- εύρεση κελιών χωρίς καδορισμένη διεύθυνση ροής, λόγω της μη ύπαρξης γειτονικών κελιών χαμηλότερου υγομέτρου (κοιλότητες ή sinks)
- "γέμισμα" (fill) των ανεπιδύμητων κοιλοτήτων για την αποφυγή διακοπής της ροής και απώλειας τμήματος της έκτασης απορροής (ARC/INFO Grid Commands Reference, 1991)



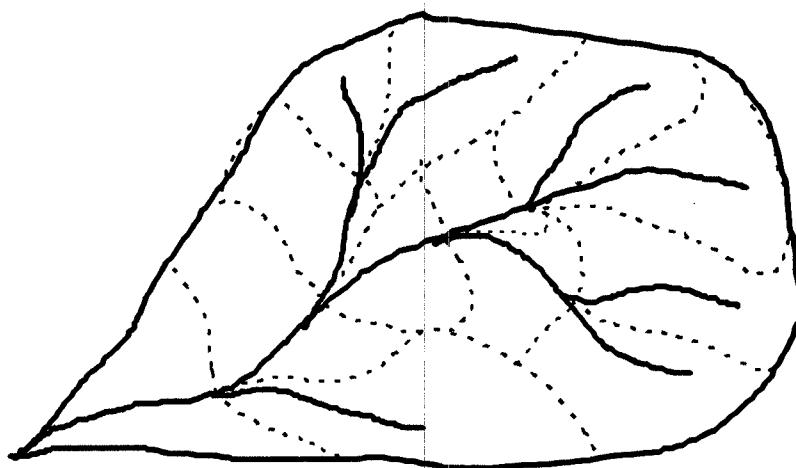
Σχήμα 3.3. Δημιουργία υπολεκανών

- εφαρμογή της εντολής για δημιουργία υπολεκανών. Λαμβάνεται υπόγιν το διορθωμένο flowdirection grid, που παρήγαγε το προηγούμενο βήμα, καθώς και ο κανναβικός χάρτης (grid) των ποταμών του πρώτου βήματος. Το μεν πρώτο grid δίνει τις πληροφορίες των εισροών των κελιών, το δε δεύτερο καδορίζει τα κελιά πάνω από τα οποία δα

καθοριστούν οι υπολεκάνες. Έτσι με συνδυασμό των δύο προκύπτουν εκτάσεις που εισρέουν στους κλάδους των ποταμών και κατ' επέκταση στην έξοδό τους.

Με τη διαδικασία αυτή προκύπτει νέο grid, στον πίνακα VAT του οποίου αναγράφονται ο εσωτερικός αριθμός της κάθε υπολεκάνης καθώς και ο χαρακτηριστικός αριθμός του κλάδου των ποταμών στον οποίο αναφέρεται. Γίνεται λοιπόν ομαδοποίηση των κελιών που ανήκουν στην κάθε υπολεκάνη, οπότε όσοι κλάδοι ποταμών υπάρχουν άλλες τόσες υπολεκάνες δημιουργούνται. Στη λεκάνη του Ευρίου το δεδομένο υδρογραφικό δίκτυο αποτελείται από 408 κλάδους και οι παραγόμενες υπολεκάνες είναι επίσης 408. Επιλέον, διατηρείται η αντιστοιχία μεταξύ υπολεκανών και ποταμών, για παράδειγμα η subbasin με εσωτερικό αριθμό 358, αναφέρεται στον κλάδο με εσωτερικό αριθμό 358.

Στη συνέχεια γίνεται ο υπολογισμός των εμβαδών των παραγόμενων υπολεκανών. Για το σκοπό αυτό γίνεται μετατροπή του grid των υπολεκανών σε polygon coverage των περιμέτρων τους. Με αυτοματοποιημένη διαδικασία, προστίθεται στον πίνακα του παραγόμενου coverage στήλη ονομαζόμενη AREA με τα εμβαδά αυτά. Συγχρόνως, διατηρείται εσωτερικός αριθμός που να συνδέει τα πολύγωνα με τις υπολεκάνες του grid από το οποίο προήλθαν, όπως και με τους κλάδους των ποταμών στους οποίους αναφέρονται. Επιπλέον, δημιουργείται αυτόματα στήλη ονομαζόμενη PERIMETER με τις περιμέτρους των πολυγώνων.



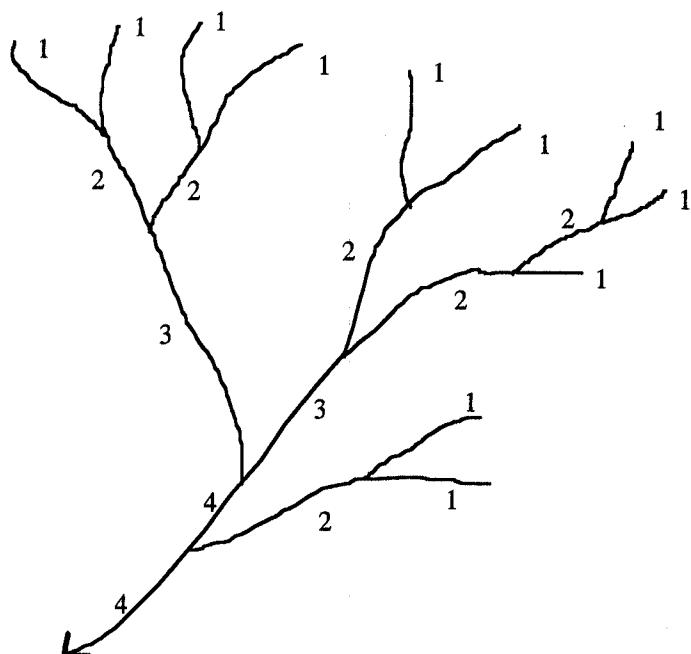
Σχήμα 3.4. Υπολογισμός εκτάσεων-περιμέτρων υπολεκανών

Από τις επιμέρους εκτάσεις των υπολεκανών υπολογίζεται η συνολική έκταση και συγκρίνεται με την αρχική για επαλήθευση της ακρίβειας των μεθόδων του συστήματος σε σχέση με τις τοπογραφικές μετρήσεις.

Οι παραπάνω διαδικασίες μπορούν να εφαρμοστούν αυτούσιες και για την εύρεση υπολεκάνης ανάντη ενός μοναδικού σημείου και όχι για σύνολο σημείων όπως περιγράφηκε, αλλάζοντας κάποιες παραμέτρους των εντολών.

3.2.4. Μέθοδος ταξινόμησης υδατορευμάτων

Στα πλαίσια της διαδικασίας επεξεργασίας των δεδομένων χαρτών, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στην υδρολογική εφαρμογή, περιλαμβάνονται και οι υπολογισμοί άλλων στοιχείων που αφορούν τη λεκάνη απορροής και το υδρογραφικό δίκτυο. Πρώτη μορφή επεξεργασίας αποτελεί ο διαχωρισμός των κλάδων των ποταμών σε τάξεις με τη βοήθεια του αλγόριθμου Horton. Σύμφωνα με τον αλγόριθμο αυτό, η ομαδοποίηση σε τάξεις γίνεται ως εξής (Strahler, 1957):



Σχήμα 3.5. Ταξινόμηση υδατορευμάτων κατά Horton.

1. Εντοπίζονται οι ακραίοι κλάδοι του δικτύου και χαρακτηρίζονται ως πρώτης τάξης
2. Συμβολή δύο ή περισσοτέρων κλάδων πρώτης τάξεως δημιουργεί κλάδο δευτέρας τάξεως. Συμβολή δύο ή περισσοτέρων κλάδων δευτέρας τάξεως δημιουργεί κλάδο

- τρίτης τάξεως. Γενικά, συμβολή δύο ή περισσοτέρων κλάδων n τάξεως δημιουργεί κλάδο $n+1$ τάξεως
3. Συμβολή ενός κλάδου τάξης n με έναν ή περισσότερους μικρότερης τάξεως, δημιουργεί κλάδο επίσης n τάξεως.

Η παραπάνω μέθοδος είναι επίσης γνωστή και σαν μέθοδος ταξινόμησης του Strahler ή Strahler ordering.

3.2.5. Μήκος μέγιστης μισγάγγειας

Πολύ σημαντική εφαρμογή είναι η εύρεση της μέγιστης μισγάγγειας και του μήκους της. Το υδατόρευμα αυτό αναγνωρίζεται ανάλογα με το μήκος του, την έκταση της αποχετευόμενης λεκάνης απορροής ή και την μέση ετήσια παροχή. Συνήθως προτιμάται ο κλάδος με το μεγαλύτερο μήκος και ονομάζεται κύρια μισγάγγεια της λεκάνης (Ξανδόπουλος, 1989). Για την εύρεση της κύριας μισγάγγειας, μπορεί ο χρήστης παρατηρώντας το χάρτη να την επιλέξει "με το μάτι". Επιπλέον, ο υπολογισμός του μήκους της πρέπει να γίνει "με το χέρι". Με τη χρήση του G.I.S., δεν αποφεύγεται η οπτική επιλογή της μέγιστης διαδρομής, όμως ο υπολογισμός του μήκους της γίνεται αυτόμata. Αναλυτικά, ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

1. Στο δίκτυο των ποταμών, επιλέγεται η έξοδος της λεκάνης, στην οποία υποχρεωτικά καταλήγει η μέγιστη μισγάγγεια, με κατάλληλη εντολή και αποθηκεύεται σε αρχείο (centers file).
2. Καθορίζεται το λεγόμενο μέγεδος εμπέδησης (impedance), το οποίο θα υπολογιστεί κατα μήκος του δικτύου. Στην προκειμένη περίπτωση το μέγεδος αυτό είναι το μήκος (length). Με αυτοματοποιημένη διαδικασία, επιλέγεται μία-μία κάθε πιθανή διαδρομή κατά μήκος της οποίας υπολογίζεται το μήκος. Οι υπολογισμοί αυτοί δεωρείται οτι λαμβάνουν χώρα στον ίδιο χρόνο, δηλαδή με σημείο εκκίνησης την έξοδο της λεκάνης, σχηματίζεται ένα "δέντρο" το οποίο εξαπλώνεται προς τα μεγαλύτερα υγόμετρα.
3. Προκειμένου να καθοριστεί ένα ανώτερο όριο του μεγέθους εμπέδησης στο οποίο να σταματήσουν οι υπολογισμοί, εισάγεται το μέγεδος μέγιστη

εμπέδηση (max impedance). Επιλέγεται μία μέγιστη τιμή, η οποία μπορεί να υπερβαίνει κατά πολύ την πραγματική. Κατά τη διαδικασία των υπολογισμών, εφόσον καλυφθεί κάθε διαδρομή του δικτύου και το αποτέλεσμα του μήκους για τη μέγιστη διαδρομή είναι μικρότερο της μέγιστης τιμής που εισήχθει αρχικά, η διαδικασία διακόπτεται και τυπώνεται στην οδόντια τελικό αποτέλεσμα.

Ο όρος εμπέδηση αναφέρεται σαν το κρίσιμο μέγεθος του διανύσματος σύμφωνα με το οποίο τιμήματα του δικτύου συσχετίζονται, υπό κάποιες προϋποθέσεις, με το κέντρο που καθορίζει ο χρήστης. Έτσι, όταν το κέντρο είναι η έξοδος της λεκάνης απορροής και η εμπέδηση το μήκος, με προϋπόθεση το μήκος να μην υπερβαίνει π.χ. τα X km, δα επιλεγούν όλες εκείνες οι διαδρομές του δικτύου, η κάθε μία από τις οποίες δεν έχει μήκος μεγαλύτερο των X km.

3.3. Υπολογισμός γεωμορφολογικών στοιχείων

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας συντάχθηκε πρόγραμμα υπολογισμού ενός πλήθους γεωμορφολογικών στοιχείων. Το πρόγραμμα αυτό είναι σε μορφή τεμα του ARC/INFO, και έχει τρεις βασικές επιλογές:

1. Ταξινόμηση του υδρογραφικού δικτύου κατά Horton. Η αρίθμηση γίνεται με διαδοχικές δοκιμές.
2. Χωρισμό σε υπολεκάνες ανά κλάδο του συνόλου της λεκάνης (έξοδος στο πλέον κατάντη σημείο του ποταμού)
3. Κυρίως πρόγραμμα. Τα αποτελέσματα εγγράφονται σε ειδικό αρχείο.

Στο μενού περιλαμβάνεται και πρόγραμμα εμφάνισης στην οδόντια υδροκριτών και υπολεκανών, ενώ παράλληλα επιτρέπεται η χρήση όλων των εντολών του περιβάλλοντος Arcplot. Το πρόγραμμα είναι φιλικό και μπορεί να λειτουργήσει για οποιαδήποτε περιοχή χωρίς τροποποιήσεις.

Το πρόγραμμα δέχεται σαν είσοδο από το χρήστη επί της οδόντιας (interactively), έναν κόμβο συμβολής (node) σαν είσοδο, και αυτόματα περιορίζει την επεξεργασία στις ανάτην αυτού περιοχές. Τα βασικά γεωμορφολογικά στοιχεία που συνήθως υπολογίζονται σε μια υδρολογική μελέτη αναφέρθηκαν στην παράγραφο 2.1.3. του 2ου κεφαλαίου. Αναλυτικότερα, ο υπολογισμός των γεωμορφολογικών στοιχείων στο πρόγραμμα γίνεται ως εξής:

- η συνολική έκταση απορροής της λεκάνης είναι γνωστή και βρίσκεται στον πίνακα PAT του πολυγωνικού διανυσματικού χάρτη της περιμέτρου της λεκάνης απορροής του Ευκόνου.
- το μήκος της μέγιστης μισγάγγειας υπολογίστηκε με τη μέθοδο της παραγράφου 3.2.
- το μήκος της λεκάνης, το ευθύγραμμο τμήμα μετρημένο από την έξοδο μέχρι το πιο απομακρυσμένο σημείο της μέγιστης μισγάγγειας. Δημιουργείται από τις γεωγραφικές συντεταγμένες των δύο αυτών ακραίων σημείων.
- η περίμετρος της λεκάνης απορροής είναι επίσης γνωστή και βρίσκεται στον πίνακα PAT του πολυγωνικού διανυσματικού χάρτη των υπολεκανών.
- η μέση κλίση της λεκάνης δίνεται από τον τύπο (Ξανθόπουλος, 1989):

$$I_m = \frac{\sum_{n=1}^N (i_n \cdot S_n)}{S_A}$$

- όπου S_n το εμβαδόν της n -οστής υπολεκάνης
- i_n η μέγιστη κλίση της n -οστής υπολεκάνης
- S_A το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης
- η διαφορά του ελάχιστου από το μέγιστο υγόμετρο της λεκάνης. Βρίσκεται εύκολα με επιλογή από το χρήστη από τους πίνακες των χαρακτηριστικών του grid της λεκάνης, των δύο αυτών υγομέτρων και κατόπιν με την αφαίρεσή τους.
- το συνολικό μήκος όλων των ποταμών, με απλή πρόσθεση των επιμέρους μηκών, από τους πίνακες των χαρακτηριστικών του coverage των ποταμών.
- η κλίση της μέγιστης μισγάγγειας. Υπολογίζεται μία μέση τιμή κλίσεως, από το λόγο της διαφοράς των υγομέτρων των ακραίων κόμβων της προς το συνολικό μήκος της.
- οι τάξεις των ποταμών. Έχουν ήδη υπολογιστεί κατά Horton.
- το ενεργό πλάτος της λεκάνης που προκύπτει από το λόγο της έκτασης προς το μήκος της λεκάνης (Eash, 1994). Και τα δύο αυτά στοιχεία έχουν ήδη υπολογιστεί.

- η απόσταση της εξόδου από το κ.β. της λεκάνης.
- ο συντελεστής σχήματος διλαδή ο λόγος του μήκους της λεκάνης προς το ενεργό πλάτος της λεκάνης (Eash, 1994).
- ο συντελεστής επιμήκυνσης διλαδή ο λόγος της διαμέτρου ενός κύκλου με εμβαδόν ίσο με την έκταση της λεκάνης προς το μήκος της λεκάνης (Eash, 1994)
- ο δείκτης συμπαγούς, λόγος της περιμέτρου της λεκάνης προς την περιφέρεια ενός κύκλου ίσου εμβαδού
- ο συντελεστής ελικτόπτας της μέγιστης μισγάγγειας, λόγος του μήκους της μέγιστης μισγάγγειας προς το μήκος της λεκάνης (Eash, 1994)
- η πυκνότητα των υδατορευμάτων, λόγος του συνολικού μήκους όλων των ποταμών προς την έκταση της λεκάνης
- η σταδερά κατακράτησης αγωγών, λόγος της έκτασης της λεκάνης προς το συνολικό μήκος των ποταμών (Eash, 1994)
- συντελεστής κλίσεως, λόγος της κλίσης της μέγιστης μισγάγγειας προς την κλίση της λεκάνης
- συχνότητα απορροής, λόγος του αριθμού των 1ης τάξης ποταμών προς την έκταση της λεκάνης. Η επιλογή του αριθμού αυτού γίνεται αυτόματα, με κατάλληλη εντολή, από τον πίνακα χαρακτηριστικών του coverage των ποταμών.
- ισοδύναμο ορδογώνιο, ένα ορδογώνιο μήκους l και πλάτους b , με περίμετρο και δείκτη συμπαγούς ίδια με αυτά της λεκάνης απορροής. Τα l και b υπολογίζονται ως εξής (Ξανθόπουλος, 1989):

$$l = \frac{K_c \sqrt{S}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

$$b = \frac{K_c \sqrt{S}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

όπου K_c ο δείκτης συμπαγούς

$S = l \cdot b$ το εμβαδόν του ορδογωνίου ίσο με αυτό της λεκάνης

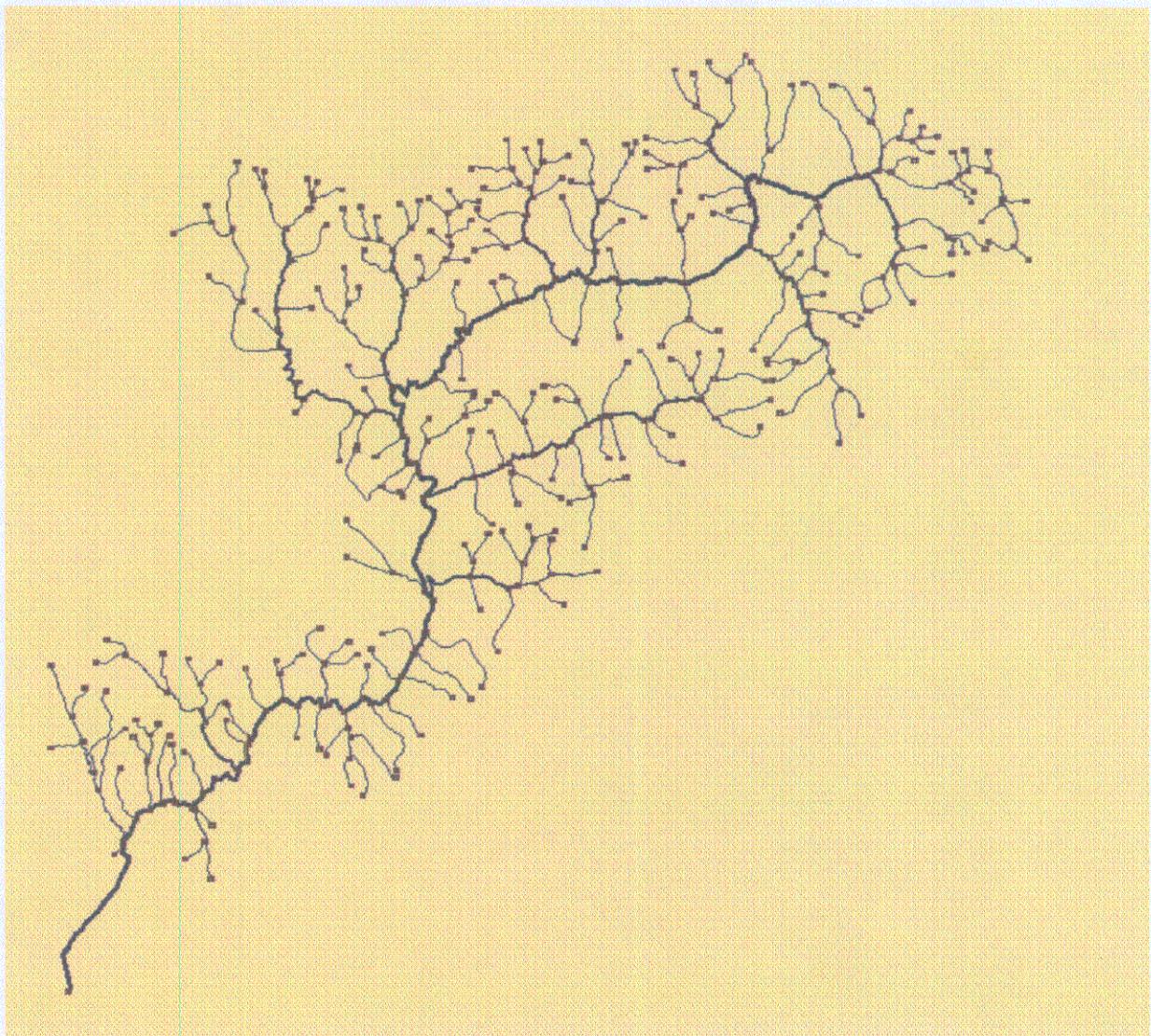
Τα παραπάνω γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, όταν προσδιοριστούν με σεβαστή ακρίβεια, διευκολύνουν την εξαγωγή υδρογραφημάτων που να προσεγγίζουν την πραγματικότητα, για διάφορες μορφές εισόδων π.χ. βροχοπτώσεων, και χωρίς να απαιτείται προσομοίωση με ήδη υπάρχοντα υδρογραφήματα (Ξανδόπουλος, 1989). Δοκιμαστικές δοκιμές για κάποιαν αριθμό υπολεκανών της περιοχής του Ευρίπου παρουσιάζονται στο Παράρτημα A.

3.4. Προετοιμασία των τελικών δεδομένων για την υδρολογική εφαρμογή

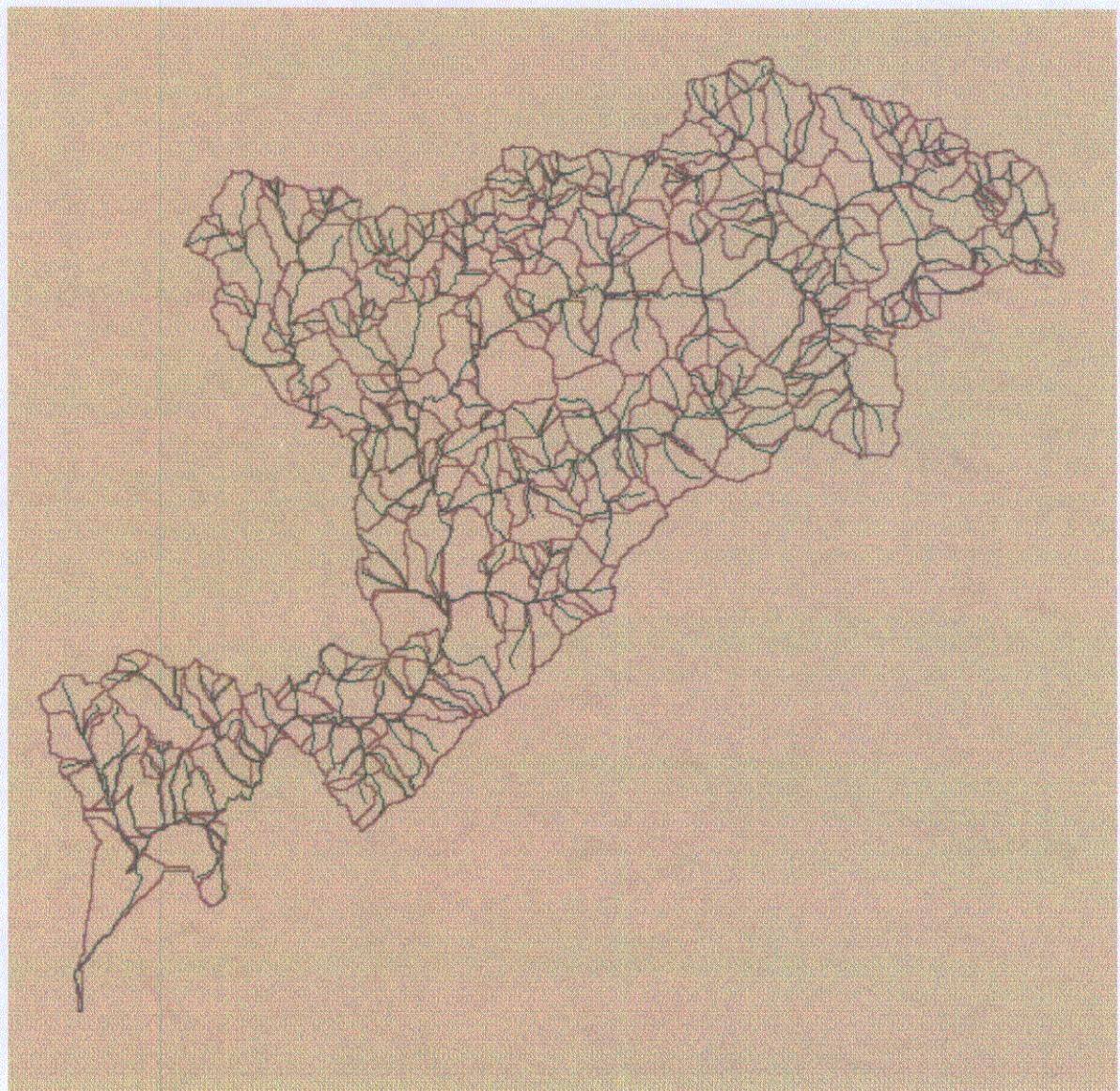
Στα πλαίσια της τελικής προετοιμασίας των δεδομένων καδώς και των λοιπών στοιχείων, προκειμένου αυτά να χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια στο υδρολογικό μοντέλο παραγωγής του μοναδιαίου υδρογραφήματος, περιλαμβάνονται τα εξής:

1. Συγκέντρωση των δεδομένων που αφορούν το υδρογραφικό δίκτυο καδώς και τις υπολεκάνες της λεκάνης απορροής του Ευρίπου, σε ένα συγκεντρωτικό πίνακα. Αναλυτικότερα, ο πίνακας αυτός βρίσκεται αποδημούμενος σε κατάλληλο αρχείο του συστήματος, από το οποίο αντλούνται τα απαιτούμενα στοιχεία για την εκτέλεση του προγράμματος. Τα στοιχεία που περιέχονται και αφορούν χωριστά τον κάθε κλάδο του δίκτυου είναι τα εξής:
 - FNODE ή κόμβος αρχής του κλάδου
 - TNODE ή κόμβος τέλους του κλάδου
 - LENGTH ή μήκος του κλάδου
 - εσωτερικός αριθμός του κλάδου
 - ORDER ή τάξη κατά Horton
 - SLOPE ή κλίση του κλάδου
 - CONTAREA (contributing area) ή εμβαδόν της υπολεκάνης που εισρέει στον κλάδο
2. Εισαγωγή στον παραπάνω πίνακα επιπλέον στοιχείων που δα χρησιμοποιηθούν από το μοντέλο και τα οποία υπολογίζονται με διαφόρους τρόπους από το χρήστη, ανάλογα πάντα με τη μορφή της επίλυσης που δα επιλέξει. Παράδειγμα αυτών είναι οι ταχύτητες ροής στους κλάδους και οι χρόνοι συρροής.
3. Προσθήκη στο συγκεντρωτικό πίνακα "κενών" στηλών, κάθε μία από τις οποίες αναφέρεται σε ένα στοιχείο που δα προκύψει κατά την επίλυση και η οποία δα συμπληρωθεί με τα αποτελέσματα. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, προστίθενται στήλες παροχών εισόδου στους κλάδους, παροχών εξόδου από αυτούς και συντελεστών που

χρησιμοποιούνται στο μοντέλο επίλυσης. Στα επόμενα σχέδια φαίνονται οι έτοιμοι προς υδρολογική επεξεργασία χάρτες του ποταμού Ευίνου.



Σχήμα 3.6 .Υδρογραφικό δίκτυο του ποταμού Ευίνου με τους κόμβους συμβολής (nodes). Το πάχος των γραμμών αντιστοιχεί στην τάξη κατά Horton. Οι παχύτερες γραμμές παριστάνουν αγωγούς 4ης τάξεως.



Σχήμα 3.7 . Υπολεκάνες ανά κλάδο της λεκάνης του Ευίνου. Κάθε υπολεκάνη αντιστοιχεί σε κλάδο, οριζόμενο από δύο κόμβους (nodes).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ

4.1. Θεωρητική προσέγγιση και αξιολόγηση των δεδομένων

Η χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών στις υδρολογικές εφαρμογές δεν περιορίζεται στην είσοδο των δεδομένων στο σύστημα και στη χρησιμοποίηση των διατιθέμενων βοηθητικών εντολών για την επεξεργασία τους. Απαιτεί συγχρόνως από το μηχανικό-χρήστη, να έχει σημαντικό δεωρητικό υπόβαθρο στην υδρολογία, προκειμένου να μπορεί να αξιολογήσει τα δεδομένα και να είναι σε δέση να επιλέξει μοντέλα επίλυσης, να εκτιμήσει άγνωστες παραμέτρους και τέλος να βγάλει συμπεράσματα για την ορθότητα ή μη των αποτελεσμάτων. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, προκειμένου να καταρτιστεί το μοναδιαίο υδρογράφημα, πρέπει να προηγηθεί η μελέτη των συνιστώσων του, των χαρακτηριστικών του, των προϋποθέσεων εφαρμογής του καθώς και των πιδανών μοντέλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του. Απαραίτητη επίσης είναι η αναφορά στο μετασχηματισμό "Βροχόπτωση-Επιφανειακή Απορροή", φαινόμενο που περιγράφεται με τη μέθοδο του μοναδιαίου υδρογραφήματος. Η ανάπτυξη των παραπάνω υδρολογικών φαινομένων αποτελεί το δέμα του υποκεφαλαίου αυτού.

4.1.1. Βροχόπτωση-Επιφανειακή Απορροή

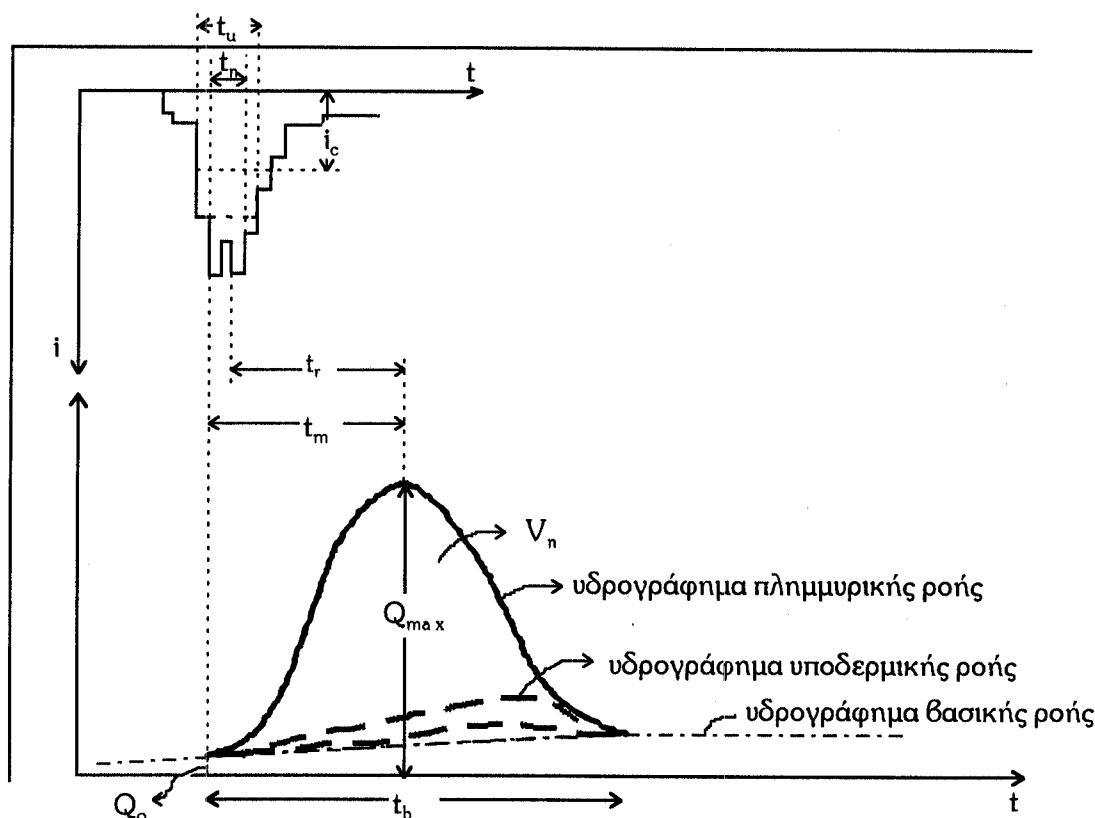
Στην Υδρολογία, με τον όρο "Απορροή" αναφέρεται κανείς στη "ροή ύδατος συνεπεία ατμοσφαιρικού κατακρημνίσματος" (Ξανδόπουλος, 1989). Έτσι, το φαινόμενο εισόδου σε μία υδρολογική λεκάνη π.χ. μίας βροχόπτωσης, ακολουθείται από τη ροή, υπόγεια, υποδερμική ή επιφανειακή, του ύδατος μέχρι την έξοδό του από τη λεκάνη απορροής.

Με τον όρο "λεκάνη απορροής" σε ορισμένο σημείο Α της διαδρομής ενός υδατορεύματος, ορίζεται "αυτή και μόνο η επιφάνεια μιας υδρολογικής λεκάνης, της οποίας η απορροή καταλήγει στο σημείο Α" (Ξανδόπουλος, 1989).

Το φαινόμενο εξέλιξης της απορροής με το χρόνο αναπαριστά το λεγόμενο "Υδρογράφημα απορροής", ορισμένο μονοσήμαντα για μία δέση εξόδου και με γραφική

απεικόνιση της παροχής (σε μονάδες π.χ. m^3/sec), σε συνάρτηση με το χρόνο (σε μονάδες π.χ. ώρες).

Στη συγκεκριμένη εφαρμογή εξετάζεται, απλουστευτικά, μόνο η "επιφανειακή απορροή", η ροή δηλαδή του ύδατος, αποκλειστικά και μόνο στην επιφάνεια του εδάφους και το υδρογραφικό δίκτυο. Επιπλέον, δεν συνυπολογίζεται η επίδραση της "βασικής ροής", της μορφής δηλαδή επιφανειακής απορροής που δεν εξαρτάται άμεσα από το ατμοσφαιρικό κατακρήμνισμα, αλλά προέρχεται από την αποφόρτιση υπογείων ή και επιφανειακών υδατικών αποθεμάτων της λεκάνης. Έτσι, λαμβάνεται μόνο η "πλημμυρική ροή", η επιφανειακή απορροή που προκαλείται μόνο από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.



Σχήμα 4.1. Χαρακτηριστικά μεγέθη ενός μετρημένου μετασχηματισμού,

"Βροχόπτωση-πλημμυρική απορροή"

Ένα πλημμυρογράφημα (υδρογράφημα απορροής) προκύπτει, όπως αναφέρθηκε, από ένα βροχογράφημα, τη γραφική απεικόνιση δηλαδή του ύγους βροχής ή της εντάσεως βροχής, με το χρόνο. Μεταξύ των δύο υπάρχει χρονική αντιστοιχία, η οποία

είναι μονοσήμαντη αν και μόνο αν η λεκάνη απορροής είναι μικρή, οπότε και ισχύουν τα εξής (Ξανδόπουλος, 1989):

» η βροχόπτωση καλύπτει το σύνολο της λεκάνης απορροής (ανάπτη σημείου A)

» υπάρχει χωρική ομοιογένεια των τιμών των εντάσεων της βροχής

Σημειώνεται οτι στην παρούσα εφαρμογή η βροχόπτωση δεωρείται σταδερή σε συνάρτηση με το χρόνο και ομοιόμορφα κατανεμημένη στο σύνολο της λεκάνης απορροής. Γενικά ισχύει οτι το συνολικό εμβαδόν του βροχογραφήματος (έντασης, χρόνου) ισούται με το συνολικό ύγος ακαδάριστης βροχής. Με την αφαίρεση της βασικής ροής, προκύπτει η καθαρή βροχή από το λόγο του όγκου απορροής προς το εμβαδόν της λεκάνης που απορρέει στο σημείο εξόδου (βλ. σχήμα 4.1).

Οι χαρακτηριστικοί χρόνοι του πλημμυρογραφήματος (υδρογράφημα πλημμυρικής ροής) του σχήματος, είναι οι εξής:

t_m ή χρόνος ανόδου της πλημμύρας μέχρι την τιμή της Q_{max}

t_b ή ολική διάρκεια (χρόνος βάσεως) του πλημμυρογραφήματος

t_r ή χρόνος απαντήσεως (υστέρηση) της λεκάνης = χρονική διαφορά μεταξύ του κ.β. του βροχογραφήματος της ωφέλιμης βροχής (h_u) και του κ.β. του πλημμυρογραφήματος.

4.1.2. Μοναδιαίο Υδρογράφημα

Πριν ορίσουμε το μοναδιαίο υδρογράφημα, αναφέρουμε τον ορισμό της μοναδιαίας βροχόπτωσης, από την οποία προκύπτει το μ.ν.

"Όνομάζουμε μοναδιαία βροχόπτωση, μ.β., κάθε ομογενή, ως προς τη χωροχρονική διανομή της εντάσεώς της, βροχόπτωση, καλύπτουσα το σύνολο της λεκάνης απορροής, ικανής εντάσεως ($i > i_c$), ώστε να προκαλεί απορροή σε όλη τη λεκάνη και διάρκειας $t_o \leq t_i$ " (Ξανδόπουλος, 1989). Ο χρόνος t_i είναι η οριακή χαρακτηριστική διάρκεια (η μικρότερη διάρκεια) για την οποία ο χρόνος ανόδου είναι t_m , χρόνος που για περαιτέρω μείωση του t_i , παραμένει περίπου σταδερός. Το t_{ml} αποτελεί ένα υδραυλικό χαρακτηριστικό της εξεταζόμενης λεκάνης απορροής.

Το μοναδιαίο υδρογράφημα (μ.ν.) είναι το καθαρό πλημμυρογράφημα που προκύπτει από την εφαρμογή μίας μοναδιαίας βροχόπτωσης σε μία ομογενή λεκάνη απορροής. Η διαφορά του από ένα υδρογράφημα, είναι οτι ο μετασχηματισμός "βροχόπτωση-πλημμυρική απορροή" πραγματοποιείται κάτω από ορισμένες

προϋποδέσεις τις οποίες πρέπει να πληρούν η λεκάνη απορροής και η μοναδιαία βροχόπτωση.

Βασικό χαρακτηριστικό του μ.υ. αποτελεί το γεγονός της αντιστοιχίας της μ.β. αμφιμονοσήμαντα με το μ.υ. Έτσι, οποιοσδήποτε γραμμικός μετασχηματισμός (π.χ. πρόσθεση στοιχείων, πολλαπλασιασμός με τυχαίο δετικό πραγματικό αριθμό κ.ά.) σε ένα από τα δύο, μεταφέρεται αυτόμata και στο άλλο.

Οι προϋποδέσεις που πρέπει να πληρούνται, προκειμένου να μπορεί να εφαρμοστεί στην πράξη το μοναδιαίο υδρογράφημα είναι οι εξής:

- να υπάρχει ομογένεια της λεκάνης απορροής ως προς τη βροχόπτωση. Αυτό απαιτεί αρχικά, το εμβαδόν της λεκάνης να μην ξεπερνά το εμβαδόν της εκτάσεως που καλύπτει συνήθως μία μοναδιαία βροχόπτωση. Ακόμα, αποκλείει την περίπτωση ύπαρξης υδάτινων σωμάτων που δεν απορρέουν ταυτόχρονα με την υπόλοιπη λεκάνη, όπως και διαπερατών τμημάτων π.χ. πηγές, όταν η λεκάνη είναι στο σύνολό της αδιαπέρατη.
- να υπάρχει και στην πράξη μοναδιαία βροχόπτωση ή να έχει χαρακτήρα μοναδιαίο. Πρέπει δηλαδή να είναι έντονη, με συγκέντρωση των μέγιστων εντάσεων της στο χρονικά κεντρικό τμήμα της και με μικρές χρονικές διάρκειες ανόδου και καθόδου (ουρές). Ως προς τη λεκάνη, απαιτείται να την καλύπτει ομοιόμορφα, προκειμένου να δημιουργείται και ομοιόμορφη απορροή, με απόκριση σε όλη τη λεκάνη. Τέλος, πρέπει να έχει όσο το δυνατόν μικρότερη διάρκεια, οπωσδήποτε μικρότερη του 1/2 - 1/3 του χρόνου ανόδου του πλημμυρογραφήματος.

Το γενικότερο πλαίσιο κατάρτισης ενός μ.υ. περιλαμβάνει πλήθος εργασιών, μερικές από τις οποίες είναι η άντληση πληροφοριών για τις βροχοπτώσεις από κατάλληλα τοποδετημένους βροχομετρικούς σταδιμούς, μετρήσεις απορροής για τρία ως πέντε έτη, εξαγωγή κάποιων χαρακτηριστικών μ.υ. της λεκάνης και σύνδεση του αντιπροσωπευτικού μ.υ. της λεκάνης (Ξανδόπουλος, 1989). Η μέθοδος όμως αυτή παρέχει πληροφορίες για το μετασχηματισμό "Βροχόπτωση-Πλημμυρική Απορροή", ακόμα και όταν η εξεταζόμενη λεκάνη δεν έχει μελετηθεί βροχομετρικά, με άμεσο τρόπο. Αυτό γίνεται με δύο τρόπους:

- εκμετάλλευση της κοινής συμπεριφοράς της εξεταζόμενης λεκάνης με άλλες λεκάνες και μεταφορά του μοναδιαίου υδρογραφήματος (εντοπικές μέθοδοι)

» σύνθεση του μοναδιαίου υδρογραφήματος της λεκάνης απορροής, βάσει τοπογραφικών και υδροκλιματικών χαρακτηριστικών της. Τα υδρογραφήματα αυτά ονομάζονται συνδετικά και περιγράφονται στη συνέχεια.

4.1.3. Συνδετικά μοναδιαία υδρογραφήματα

Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν ούτε μετρημένα υδρογραφήματα αλλά ούτε και τα απαραίτητα στοιχεία για την κατάρτιση τους, το μοναδιαίο υδρογράφημα μπορεί να εξαχθεί με σύνθεση βάσει χαρακτηριστικών μεγεθών της λεκάνης απορροής. Για την κατάρτιση των συνδετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι, μερικές από τις οποίες είναι η *μέθοδος του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας (Institute of Hydrology)*, το *τριγωνικό μοναδιαίο υδρογράφημα του SCS (Soil Conservation Service)*, η *μέθοδος του Snyder* κ.ά. (Κουτσογιάννης 1992, Chow 1964, Hoggan 1989, κ.ά.)

Σύμφωνα με τη μέθοδο του Ινστιτούτου Υδρολογίας, για τη σύνθεση ενός τριγωνικού μοναδιαίου υδρογραφήματος, χρησιμοποιούνται οι παρακάτω σχέσεις (Κουτσογιάννης, 1993):

$$Q_p = K' \cdot H_0 \cdot A / t_a$$

όπου

$$K' = 2/(1+\chi)$$

και Q_p η παροχή αιχμής

H_0 το ενεργό μοναδιαίο ύγος βροχής (10 mm)

A το εμβαδόν της λεκάνης απορροής

t_a ο χρόνος ανόδου του υδρογραφήματος

χ αριθμητικός συντελεστής μεγαλύτερος της μονάδας

Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν για διάρκεια βροχής μικρότερη του χρόνου συγκέντρωσης (συνηδέστερη περίπτωση). Η μέθοδος δέχεται οτι $\chi=1.52$, οπότε $K'=0.794$, ενώ ο χρόνος ανόδου βρίσκεται για διάρκεια βροχής $D=1h$:

$$t_{a1} = t_a = \frac{46.6L^{0.14}}{S_{1085}^{0.38} (1 + URBAN)^{1.99} RSMD^{0.4}}$$

εκφρασμένος σε ώρες, όπου

S_{1085} η μέση κλίση της μέγιστης μισγάγγειας ορισμένη μεταξύ των δύο θέσεων στο 10% και 85% του μήκους της από την έξοδο της λεκάνης

URBAN συντελεστής που εκφράζει την αναλογία αστικών περιοχών στη λεκάνη

RSMD παράμετρος μεγέθους βροχοπτώσεων ίση με το ενεργό ύγος της μέγιστης 24ωρης βροχής για περίοδο επαναφοράς 5 ετών.

Το τριγωνικό μοναδιαίο υδρογράφημα του SCS, δίνει λίγο μικρότερη παροχή αιχμής, αφού δέχεται $\chi=5/3$, οπότε $K=0.75$. Ο χρόνος ανόδου υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t_a = D/2 + t_L$$

με

$$t_L = 0.6 t_o$$

όπου t_L ο χρόνος υστέρησης και t_o ο χρόνος συγκέντρωσης (συρροής):

$$t_o = 0.057 L^{0.8} (1000/CN - 9)^{0.7} / S^{1/2}$$

με L το μήκος της κύριας μισγάγγειας (km), S η μέση κλίση της λεκάνης (m/m) και CN η παράμετρος απορροής της μεδόδου SCS. Η παραπάνω μέθοδος είναι κατάλληλη για μικρής κλίμακας λεκάνες.

Το λείο μοναδιαίο υδρογράφημα του SCS, έχει αδιαστατοποιημένη μορφή, δίνοντας τιμές των λόγων Q/Q_p συναρτήσει των λόγων t/t_a . Από τον πίνακα των τιμών αυτών, υπολογίζονται οι τεταγμένες του μοναδιαίου υδρογραφήματος, με εισαγωγή των Q_p και t_a , όπως υπολογίζονται με κάποια άλλη μέθοδο.

Η μέθοδος του Snyder, με τις επεκτάσεις που δόθηκαν από τους Taylor και Schwarz, δίνει ολόκληρη την κατανομή της απορροής με το χρόνο, αλλά παρέχει πληροφορίες για τα εξής στοιχεία (Viessman, Knapp, Lewis, Harbaugh, 1977):

- χρόνος υστέρησης του υδρογραφήματος (lag time)
- διάρκεια της μοναδιαίας βροχόπτωσης
- παροχή αιχμής
- χρονικά διαστήματα W_{50} και W_{75} (βλ. σχήμα 4.2.)

Ο υπολογισμός των παραπάνω στοιχείων γίνεται ως εξής:

Χρόνος υστέρησης του υδρογραφήματος

Για λεκάνες 10 εώς 10000 m^2 (τετραγωνικά μίλια), που αφορούν τα Αππαλάχια Όρη, ο Snyder κατέληξε στην εξής σχέση:

$$t_l = C_l (LL_{ca})^{0.3}$$

όπου

t_l ο χρόνος υστέρησης σε ώρες(σχήμα 4.2.)

C_t συντελεστής εξαρτώμενος από τις κλίσεις και την αποδήκευση της λεκάνης

L το μήκος της μέγιστης μισγάγγειας (m)

L_{ca} το μήκος μετρημένο από την έξοδο και κατά μήκος της μέγιστης μισγάγγειας, μέχρι το κέντρο της λεκάνης

Παρατηρεί κανείς ότι ο χρόνος υστέρησης είναι σταθερός για μία λεκάνη, αφού εξαρτάται μόνο από κάποια χαρακτηριστικά της. Ο συντελεστής C_t έχει παρατηρηθεί ότι μπορεί να πάρει τιμές πολύ χαμηλές π.χ. 0.4 σε περιοχές απότομων κλίσεων, ενώ σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να φτάσει και την τιμή 8.0.

Διάρκεια της μοναδιαίας βροχόπτωσης

Η διάρκεια αυτή t_r υπολογίζεται συναρτήσει του χρόνου υστέρησης σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$t_r = \frac{t_1}{5.5} \text{ (hr)}$$

Για να συμπεριληφθούν τυχόν αλλαγές στο χρόνο υστέρησης, λόγω μεταβολής της διάρκειας του μοναδιαίου υδρογραφήματος, ο χρόνος αυτός διορθώνεται ως εξής:

$$t_{IR} = t_1 + 0.25 (t_R - t_r)$$

όπου t_{IR} ο διορθωμένος χρόνος υστέρησης

t_1 ο αρχικός χρόνος υστέρησης

t_R η επιδυμητή διάρκεια του μοναδιαίου υδρογραφήματος

$$t_r \text{ η αρχική διάρκεια} = \frac{t_1}{5.5}$$

Παροχή αιχμής

Υπολογίζεται με την παρακάτω σχέση (Κουτσογιάννης κ.α., 1991):

$$q_p = C_q A / t_{IR}$$

όπου q_p η παροχή αιχμής

C_q συντελεστής συσχετιζόμενος με την αποδήκευση της λεκάνης. Γενικά, μεγάλες τιμές του αντιστοιχούν σε μικρές τιμές του συντελεστή C_t

Α το εμβαδόν της λεκάνης απορροής

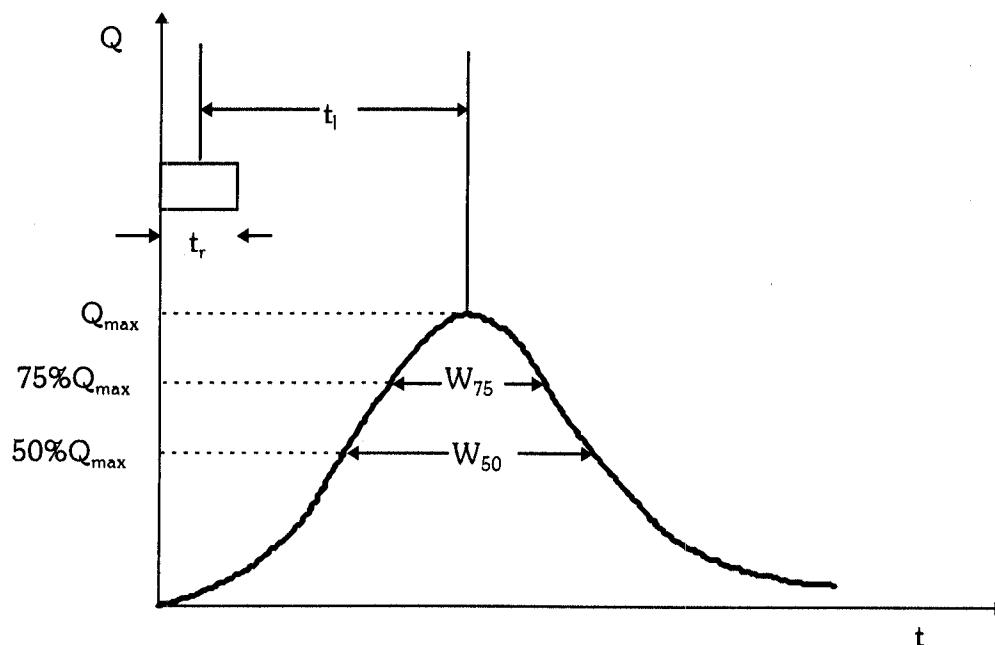
t_1 ο χρόνος υστέρησης του υδρογραφήματος

Χρονικά διαστήματα W_{50} και W_{75}

Δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις του Σώματος Μηχανικών του Αμερικανικού Στρατού (U.S. Army Corps of Engineers) (V. T. Chow, 1964):

$$W_{75} = \frac{440}{q_p^{1.08}} \text{ και } W_{50} = \frac{770}{q_p^{1.08}}$$

Εκτός των ανωτέρω σχέσεων, οι χρόνοι αυτοί μπορούν να δρεθούν από νομογραφήματα παρατηρημένων τιμών συναρτήσει της παροχής αιχμής και της διάρκειας του μοναδιαίου υδρογραφήματος (Viessman, Knapp, Lewis, Harbaugh, 1977).



Σχήμα 4.2. Μοναδιαίο υδρογράφημα του Snyder

4.2. Εξαγωγή συνδετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της λεκάνης απορροής του Ευήνου

Η εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων στη λεκάνη απορροής του Ευήνου, σε δύο θέσεις, έδωσε τα παρακάτω συνδετικά μοναδιαία υδρογραφήματα. Τα στοιχεία βασίζονται σε αποτελέσματα του προγράμματος εξαγωγής μορφολογικών στοιχείων που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, εκτός αν αναφέρεται διαφορετική προέλευση.

4.2.1. Θέση Πόρος Ρηγανίου

4.2.1.1. Μέθοδος Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας

RSMD = 120 mm για τη λεκάνη του Ευήνου (Κουτσογιάννης κ.α., 1991)

$S_{1085} = 17.19 \text{ m/km}$

$L = 71.665 \text{ km}$

URBAN = 0

$t_a = 4.24 \text{ hr}$

$K\alpha = 0.794$

$H_0 = 10 \text{ mm}$

$A = 874,230,000 \text{ m}^2$

$Q_p = 454.76 \text{ m}^3/\text{sec}$

4.2.1.2. Μοναδιαίο υδρογράφημα SCS

Διάρκεια βροχής $D = 1 \text{ hr}$

Χρόνος συρροίς $t_o = 10 \text{ hr}$ (κατά Giandotti)

Χρόνος υστέρησης $t_f = 0.6t_o = 6 \text{ hr}$

Χρόνος ανόδου $t_a = D/2 + t_f = 6.5 \text{ hr}$

$x = 5/3$

$K\alpha = 0.75$

$H_0 = 10 \text{ mm}$

$A = 874,230,000 \text{ m}^2$

$Q_p = 280.21 \text{ m}^3/\text{sec}$

4.2.1.3. Μέθοδος Snyder

$L = 71.665 \text{ km}$

$L_{ca} = 30 \text{ km}$

$C_t = 0.76$

$C_q = 2$

$t_i = 7.60 \text{ hr}$

$t_r = 1.38 \text{ hr}$

$t_{IR} = 7.50 \text{ hr}$

$Q_p = 232.98 \text{ m}^3/\text{sec}$

4.2.2. Θέση Άγιος Δημήτριος

4.2.2.1. Μέθοδος Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας

RSMD = 120 mm για τη λεκάνη του Ευήνου (Κουτσογιάννης κ.α., 1991)

$S_{1085} = 28.23 \text{ m/km}$

$L = 37.594 \text{ km}$

URBAN = 0

$t_a = 3.21 \text{ hr}$

$K\alpha = 0.794$

$H_0 = 10 \text{ mm}$

$A = 348,270,000 \text{ m}^2$

$Q_p = 239.59 \text{ m}^3/\text{sec}$

4.2.2.2. Μοναδιαίο υδρογράφημα SCS

Διάρκεια βροχής $D=1\text{ hr}$

Χρόνος συρροής $t_o=6.68\text{hr}$ (κατά Giandotti)

Χρόνος υστέρησης $t_l=0.6t_o=4.01\text{ hr}$

Χρόνος ανόδου $t_a=D/2+t_l=4.51\text{ hr}$

$x=5/3$

$K\Delta=0.75$

$H_0=10\text{ mm}$

$A=348,270,000\text{ m}^2$

$Q_p=161.08\text{ m}^3/\text{sec}$

4.2.2.3. Μέθοδος Snyder

$L=37.594\text{ km}$

$L_{ca}=115\text{ km}$

$C_t=0.76$

$C_q=2$

$t_l=4.69\text{ hr}$

$t_r=0.85\text{ hr}$

$t_{IR}=4.73\text{ hr}$

$Q_p=147.37\text{ m}^3/\text{sec}$

4.3. Μοντέλα προσομοίωσης βροχής- απορροής με G.I.S.

4.3.1. Μοντέλο 1o-μέθοδος ισοχρόνων

Το μοντέλο αυτό αναπτύχθηκε προκειμένου να υπολογιστούν οι όγκοι απορροής σε κάποια θέση, σε συνάρτηση με το χρόνο, και κατόπιν να καταρτιστεί το μοναδιαίο υδρογράφημα, στη δέση αυτή. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιείται μεθοδολογία που βασίζεται στη διαδικασία εύρεσης του μήκους της μέγιστης μισγάγγειας που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3.2.5. Βασίζεται στις εντολές "οδόντης", δηλαδή το περιβάλλον Arcplot του ARC/INFO. Επειδή το μοντέλο αυτό είναι αρκετά πιο πολύπλοκο από την εφαρμογή της 3.2.5, είναι σκόπιμο να αναφερθούμε στα βασικότερα σημεία της αυτοματοποιημένης διαδικασίας που ακολουθείται. Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3.2.5, υπάρχει η δυνατότητα από το σύστημα, με εισαγόμενο το σημείο "εκκίνησης" και το μέγεθος μέγιστη εμπέδηση, να υπολογιστεί κατά μήκος των πιδανών διαδρομών ενός δικτύου ποταμών, αδροιστικά, το μέγεθος εμπέδηση. Ο όρος εμπέδηση αναφέρεται σαν το κρίσιμο μέγεθος του διανύσματος σύμφωνα με το οποίο τμήματα του δικτύου συσχετίζονται, υπό κάποιες προϋποθέσεις, με το κέντρο που καθορίζει ο χρήστης. Έτσι, όταν το κέντρο είναι η έξοδος της λεκάνης απορροής και η εμπέδηση το μήκος, με προϋπόθεση το μήκος να μην υπερβαίνει π.χ. τα X km, θα επιλεγούν όλες εκείνες οι

διαδρομές του δικτύου, η κάθε μία από τις οποίες δεν έχει μήκος μεγαλύτερο των X km. Θα έλεγε λοιπόν κανείς ότι γίνεται ένα είδος διανομής στο δίκτυο σύμφωνα με κάποια κριτήρια (allocation). Η χρήση λοιπόν της εντολής αυτής δεν περιορίζεται σε απλές εφαρμογές, αλλά μπορεί να φανεί χρήσιμη και σε συνδετότερους υπολογισμούς. Στη συγκεκριμένη υδρολογική εφαρμογή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εύρεση όγκων απορροής σε κάποιο σημείο του δικτύου σε συνάρτηση με το χρόνο. Το μέγεθος που λαμβάνεται σαν εμπέδηση είναι ο χρόνος. Αναλυτικότερα η διαδικασία περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

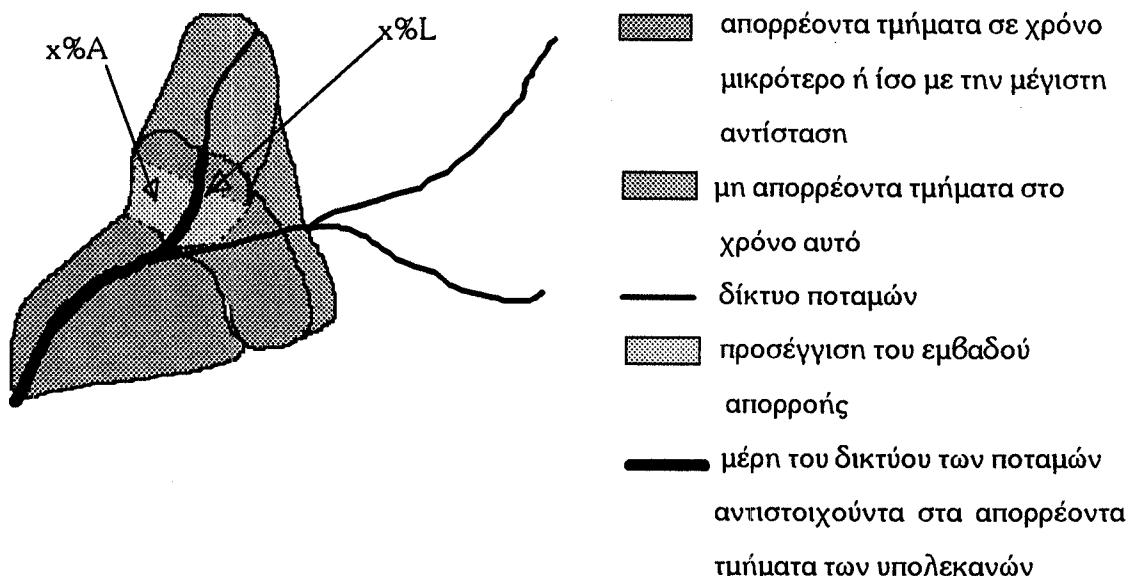
1. Υπολογισμός της ταχύτητας ροής με κάποια παραμετρική εξίσωση σε κάθε κλάδο (επιλεγόμενη από το χρήστη). Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε η απλή παραμετρική σχέση:

$$V = k \times J^a$$

2. Εύρεση του χρόνου διαδρομής για κάθε κλάδο, ως λόγου του μήκους προς την ταχύτητα του κάθε κλάδου
3. Επιλογή χρονικού βήματος υπολογισμών καθώς και τέλους χρόνου υπολογισμών
4. Υπολογισμός για χρόνο ίσο με το χρονικό βήμα, του όγκου βροχής που συγκεντρώνεται σε κάθε υπολεκάνη μέσα στο χρόνο αυτό. Ο όγκος αυτός είναι ίσος με το γινόμενο του εμβαδού της κάθε υπολεκάνης επί το ύγος βροχής επί το χρονικό βήμα διά τη διάρκεια της βροχής (60 λεπτά). Με τον τρόπο αυτό, η βροχή δεωρείται σταθερή και ομοιόμορφη σε όλους τους χρόνους και σε όλη τη λεκάνη.
5. Έναρξη επαναληπτικής διαδικασίας. Καθορισμός της μέγιστης εμπέδησης του τρέχοντος βήματος, για τον οποίο θα υπολογιστούν οι όγκοι απορροής. Το μέγεθος αυτό μεταβάλλεται και είναι ίσο με τον τρέχοντα χρόνο στον οποίο βρίσκονται οι υπολογισμοί. Έτσι, στην επαναληπτική διαδικασία σε χρόνο N* (χρονικό βήμα), η μέγιστη εμπέδηση λαμβάνεται επίσης N* (χρονικό βήμα). Επεξηγηματικά, το μέγεθος αυτό χρησιμοποιείται σαν περιορισμός του χρόνου για τον υπολογισμό του όγκου που απορρέει μέσα σ' αυτόν.
6. Υπολογισμός του όγκου απορροής για κάθε κλάδο που απορρέει για το δεδομένο χρόνο στην έξοδο. Λόγω του ότι με το χρονικό βήμα το οποίο ετέθη αρχικά, δεν εξασφαλίζεται σε κάθε βήμα η απορροή ολόκληρης της κάθε υπολεκάνης, αλλά συχνά τμημάτων αυτών, ο παραγόμενος όγκος υπολογίζεται γραμμικά ανάλογα με το μήκος. Αναλυτικά, παίρνεται το ποσοστό του μήκους

του κλάδου που εξετάζεται και το οποίο δέχεται τον όγκο αυτό, και πολλαπλασιάζεται με το συνολικό όγκο που υπολογίστηκε στο Βήμα 4.

7. Αθροίζονται οι όγκοι απορροής των τμημάτων που έχουν απορρεύσει στην έξοδο, μέσα στο χρόνο που εξετάζεται και προστίθενται σε στήλη αποτελεσμάτων.
8. Επανάληψη της διαδικασίας για τη νέα τιμή του χρόνου.



Σχήμα 4.3. Σχηματική παράσταση υπολογισμού όγκων απορροής

Σημειώνεται οτι με την παραπάνω διαδικασία, δεν υπολογίζεται ο χρόνος συρροής της επιφάνειας αλλά μόνο των σημείων που ανήκουν στο διανυσματικό χάρτη των υδατορευμάτων. Το μοντέλο δηλαδή είναι μονοδιάστατο. Παρόλα αυτά, η εξέλιξη της απορροής σε συνάρτηση με το χρόνο είναι οπτικά εμφανής. Αποκτά έτσι ο χρήστης, μια προσεγγιστική εικόνα του χρόνου συρροής κάθε σημείου της λεκάνης, συγκρίνοντας τη θέση του με τα εμφανιζόμενα μέρη του δικτύου που έχουν απορρεύσει σε δεδομένο χρόνο. Αυτή είναι και η βασική διαφορά του μοντέλου αυτού με την κλασική μέθοδο των ισοχρόνων. Το λάθος που εισάγεται έγκειται στο γεγονός ότι μια επιφανειακή πληροφορία, απλοποιητικά προσεγγίζεται από μία μονοδιάστατη πληροφορία, όπως είναι ο χρόνος συρροής κάθε σημείου επάνω στο υδρογραφικό δίκτυο. Παρ' όλα αυτά όμως, και στη μέθοδο των ισοχρόνων, ο μηχανικός καλείται να χαράξει επί τοπογραφικού ισόχρονες καμπύλες "οπτικά", βάσει κάποιας παραδοχής για τη σχέση του χρόνου συρροής με το διανυόμενο μήκος και εν συνεχείᾳ να εμβαδομετρήσει τις μεταξύ των ισοχρόνων περιοχές. Το γεγονός αυτό οπωσδήποτε εισάγει κάποιο ανάλογο σφάλμα.

Τα αποτελέσματα του προγράμματος είναι όγκοι αδροιστικοί. Για να αναχθούν σε παροχές, πρέπει να διαιρεθούν οι τιμές αυτές με το χρονικό βήμα. Το πρόγραμμα δεωρεί συνεχή τη βροχή και έτσι η καμπύλη που προκύπτει είναι αδροιστική ως προς τις παροχές (καμπύλες S). Για να προκύψει το επιδυμιπότο υδρογράφημα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος αναγωγής της καμπύλης S. Όλοι οι όγκοι εγγράφονται σε αρχείο τύπου INFO, και πρέπει να μετατραπεί σε μορφή ASCII για να είναι δυνατή η επεξεργασία του.

Ο καθαρός χρόνος υπολογισμών του προγράμματος είναι σχετικά μικρός, και δεν αποτελεί πρόβλημα στη χρήση του μοντέλου. Η γλώσσα προγραμματισμού είναι η AML, που λειτουργεί σε οποιοδήποτε περιβάλλον του ARC/INFO (ARC/INFO AML User's Guide, 1991)

4.3.1.1. Θέση Πόρος Ρηγανίου.

Για τη θέση Πόρος Ρηγανίου, έγινε πληθώρα δοκιμών με διάφορες ταχύτητες, σταδερές ή όχι. Προκειμένου να γίνει η απλούστερη δυνατή αντιμετώπιση, οι δοκιμές έγιναν με γνώμονα την ελαχιστοποίηση του αριθμού των εκτιμώμενων παραμέτρων. Έτσι, επιλέχτηκαν δοκιμαστικά διάφορες τιμές ταχυτήτων για τη λεκάνη, σταδερών για όλους τους κλάδους. Εν συνεχείᾳ, τα αρχεία υπέστησαν τις απαραίτητες τροποποιήσεις, δηλαδή μετατροπή των όγκων σε παροχές και μετατροπή της S-καμπύλης σε υδρογράφημα μιας ώρας.

Τα υδρογραφήματα που προέκυψαν απέχουν πολύ από την κλασική κωδωνοειδή μορφή. Παρουσιάζουν έντονες μεταβολές με το χρόνο και δεν μπορούν να γίνουν δεκτά. Επειδή το μοντέλο αυτό δεν διοδεύει τις παροχές, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν τα υδρογραφήματα σαν είσοδος σε ένα μοντέλο διόδευσης. Το μοντέλο αυτό δεωρεί ότι οι παροχές εισέρχονται σε ένα δεωρητικό αγωγό, μήκους περίπου ίσο με την απόσταση της εξόδου από το κ.β. της λεκάνης, και διοδεύονται, δίνοντας ένα υδρογράφημα εξόδου. Η ταχύτητα σε αυτόν τον αγωγό αποφασίζεται εκ νέου, και εισάγεται σαν νέα παράμετρος. Τα κριτήρια για την επιλογή του μεγέδους της ταχύτητας βασίζονται εν μέρει στα διαδέσιμα μορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης, καθώς επίσης και στο αποτέλεσμα, που επιδιώκεται να εμφανίζει αιχμή σε χρόνο και σε παροχή, κοντά στα όσα προέκυψαν από τους δεωρητικούς υπολογισμούς (παρ. 4.2). Πρόκειται δηλαδή για διαδοχικές δοκιμές προς μια γνωστή κατεύθυνση. Αυτό στερεί από το μοντέλο την "αυτονομία" του, αφού εξαρτάται άμεσα από τη δεωρητική ανάλυση. Πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη ο πειραματικός χαρακτήρας του.

Στην προκειμένη περίπτωση το δεωρητικό μήκος του αγωγού είναι 20 χλμ. Οι ταχύτητες που δοκιμάστηκαν ήταν 1.4μ/δλ και 2 μ/δλ για το μοντέλο των ισοχρόνων. Το μοντέλο διόδευσης χρησιμοποιεί τις εξισώσεις Muskingum (βλ. επόμενη παράγραφο), και ο αλγόριθμός του είναι ζεχωριστός από το μοντέλο ισόχρονων. Είναι γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού QuickBASIC. Για το μοντέλο διόδευσης, δοκιμάστηκε ένα ευρύ φάσμα ταχυτήτων, από 1 εως 3 μ/δλ, ανάλογα με την περίπτωση. Επιλέχθηκαν επίσης δύο χαρακτηριστικές τιμές για τη σταθερά x του Muskingum, 0 (διόδευση μέσω γραμμικού ταμιευτήρα) και 0.2. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε μια σειρά διαγραμμάτων που ακολουθούν.

Το μοντέλο των ισοχρόνων εμφανίζεται αρκετά ευαίσθητο ως προς τα αποτελέσματά του, σε συνάρτηση με την εκτίμηση της ταχύτητας. Συγκεκριμένα διαφορές 0.5 μ/δλ, δίνουν αποτελέσματα που διαφέρουν αρκετά, ως προς τα μεγέθη αιχμής. Η μορφή του υδρογραφήματος δεν εξομαλύνεται με μεταβολή των παραμέτρων, και παρουσιάζει πάντα αυτήν την κυματοειδή μορφή.

Το μοντέλο διόδευσης δεν παρουσιάζει σχεδόν καμία ευαισθησία ως προς το χρόνο αιχμής, από τις εισαγόμενες παραμέτρους. Αυτό που μεταβάλλεται είναι το ύγος της αιχμής, καθώς επίσης και τα ύγη των δευτερευουσών αιχμών, που μεγαλώνουν γενικά με την αύξηση των ταχυτήτων. Ταυτόχρονα, αυξάνεται και η καμπυλότητα των άκρων της "καμπάνας".

4.3.1.2. Θέση Άγιος Δημήτριος

Ανάλογη διαδικασία ακολουθήθηκε και για τη θέση Άγιος Δημήτριος. Οι ταχύτητες που δοκιμάστηκαν στο μοντέλο των ισοχρόνων είναι και εδώ 1.4 και 2 μ/δλ. Στο μοντέλο διόδευσης το φάσμα των ταχυτήτων ήταν από 1 εως 2μ/δλ και οι τιμές του x ίδιες με την προηγούμενη περίπτωση (0 και 0.2). Τα αποτελέσματα φαίνονται σε διαγράμματα των επόμενων σελίδων.

Η εφαρμογή του μοντέλου των ισοχρόνων στη συγκεκριμένη θέση, παρουσίασε κάποια προβλήματα, που οφείλονται σε εσωτερική ατέλεια της εντολής `allocate`, του υποπρογράμματος Network του ARC/INFO. Συγκεκριμένα, κατά την εκτέλεση της εντολής αυτής, παραλείπονται κάποιοι κλάδοι και δεν λαμβάνεται υπ'όψιν η συμβολή τους στην απορροή. Το άμεσο αποτέλεσμα του προβλήματος αυτού είναι η ασυμφωνία του συνολικού απορρέοντος όγκου του υδρογραφήματος, με τον πραγματικό όγκο της βροχόπτωσης. Έτσι τα προκύπτοντα υδρογραφήματα δεν είναι ακριβή, δίνουν όμως σαφή

εικόνα των αποτελεσμάτων του μοντέλου. Τα συμπεράσματα για την ευαισθησία των μοντέλων ισχύουν και εδώ ακριβώς τα ίδια.

4.3.2. Μοντέλο 2o-μέθοδος διόδευσης

Στο μοντέλο αυτό γίνεται διαφορετική προσέγγιση του φαινομένου της απορροής, ενώ ο αλγόριθμος διαφέρει ριζικά από τον προηγούμενο. Είναι γραμμένος στην εσωτερική γλώσσα της εφαρμογής διαχείρισης πινάκων πληροφοριών, δηλαδή το περιβάλλον INFO του ARC/INFO (HENCO INFO User's Guide, 1991 και HENCO INFO Commands' Reference, 1991).

Η δεωρητική βάση του μοντέλου είναι η μέθοδος διόδευσης πλημμυρικού κύματος με το γραμμικό μοντέλο Muskingum. Η βασική σχέση της μεθόδου έχει τη μορφή:

$$S(t) = K[xI(t) + (1 - x)Q(t)] \quad (1)$$

Με τη βοήθεια της εξίσωσης συνεχείας:

$$\frac{dS(t)}{dt} = I(t) - Q(t) + R(t)$$

και μετατρέποντας την σύμφωνα με την σχέση (1) σε εξίσωση πεπερασμένων διαφορών προκύπτει η παρακάτω σχέση, ως προς Q_j :

$$Q_j = c_0 Q_{j-1} + b_0 I_{j-1} + b_1 I_j$$

όπου Q_{j-1} η παροχή εξόδου στο αμέσως προηγούμενο χρόνο

I_j, I_{j-1} οι παροχές εισόδου στον τρέχοντα χρόνο t και στον προηγούμενο χρόνο $t - \Delta t$

c_0, b_0, b_1 συντελεστές που δίνονται από τους τύπους:

$$c_0 = \frac{2K(1 - x) - \Delta t}{2K(1 - x) + \Delta t}$$

$$b_0 = \frac{2Kx + \Delta t}{2K(1 - x) + \Delta t}$$

$$b_1 = \frac{-2Kx + \Delta t}{2K(1 - x) + \Delta t}$$

ενώ ταυτόχρονα ισχύει $c_0 + b_0 + b_1 = 1$. Η παράμετρος x παίρνει τιμές από 0 εως 0.5. Τιμή του x ίση με το μηδέν αντιστοιχεί στην περίπτωση του γραμμικού ταμιευτήρα. Η τιμή του K εκφράζει το μέσο χρόνο διαδρομής από την είσοδο μέχρι την έξοδο του αγωγού, και μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση:

$$K = \frac{L}{V} = \frac{LA}{Q}$$

όπου A το εμβαδόν της διατομής του αγωγού και L το μήκος του. Τα παραπάνω μεγέθη ταχύτητας και παροχής αναφέρονται σε συνδίκες ροής υπό μόνιμη δίαιτα με τη μέση παροχή του πλημμυρικού επεισοδίου.

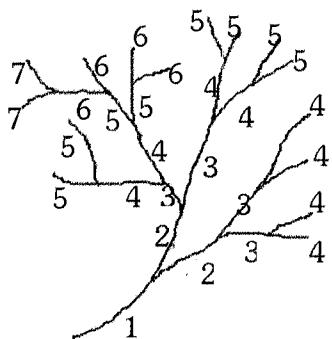
Τα στοιχεία προς επεξεργασία του προγράμματος προέρχονται από ένα αντίγραφο του αρχείου AAT (Arc Attribute Table) του coverage του υδρογραφικού δικτύου. Στο αρχείο αυτό προστίθενται κάποιες στήλες για καδορισμό των μεταβλητών και παραμέτρων της μεθόδου Muskingum, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3.4. Το πρόγραμμα δεωρεί σαν παροχή εισροής κάθε ακραίου κλάδου (αγωγός χωρίς ανάτη τμήματα) την, σταδερή για μία ώρα, παροχή της μοναδιαίας βροχόπτωσης. Το μέγεθος της παροχής είναι συνάρτηση του εμβαδού της υπολεκάνης του κλάδου:

$$Q = \frac{\text{Εμβαδόν}(m^2) \times \text{Μον. Βροχή}(m)}{3600\text{sec}} \quad (2)$$

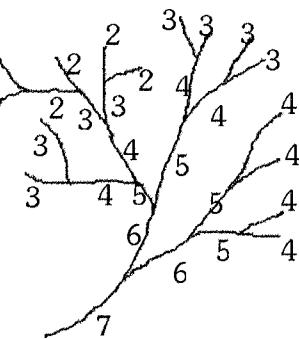
Για κάθε μή ακραίο κλάδο, προστίθεται επιπλέον σαν εισροή, η παροχή εκροής των ανάτη κλάδων που καταλήγουν σε αυτόν. Το σύνολο των εισροών δεωρείται προσεγγιστικά ότι εισάγεται σαν I στην αρχή του κλάδου, αν και στην πραγματικότητα η εισροή είναι κατανεμημένη στο μήκος του κλάδου. Η απόκριση της κάθε υπολεκάνης δεωρείται επίσης ακαριαία, δηλαδή το νερό της βροχόπτωσης αυτόματα εισάγεται στο δίκτυο, μόλις αγγίζει το έδαφος. Επιπλέον, δε λαμβάνονται υπόψην απώλειες όγκων νερού π.χ. από κατακρατήσεις της επιφάνειας του εδάφους (λ.χ. φυτοκαλύμματα), διηδήσεις κ.ά. Αρχικές παροχές τίθενται όλες μηδέν. Όπως προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση, για να είναι δυνατή η χρήση των τύπων του Muskingum σε ένα κλάδο πρέπει να έχουν ήδη πραγματοποιηθεί οι πράξεις για όλους τους ανάτη κλάδους. Προκειμένου να λυθεί αυτό το πρόβλημα, πραγματοποιείται εξωτερικά του κυρίου αλγορίθμου μια κωδικοποίηση για τον καδορισμό της σειράς επεξεργασίας των κλάδων του δικτύου. Για την κωδικοποίηση αυτή, και με αυτοματοποιημένες εντολές, ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Επιλέγεται ο πλέον κατάντη κλάδος και χαρακτηρίζεται με τον κωδικό ομάδας 1.
2. Όλοι οι ανάτη αυτού κλάδου χαρακτηρίζονται με τον κωδικό ομάδας 2, οι ανάτη αυτών με τον κωδικό ομάδας 3, κ.ο.κ.
3. Όταν ολοκληρωθεί η πρώτη κωδικοποίηση, η αρίθμηση των ομάδων αντιστρέφεται, δηλαδή στην τελευταία ομάδα δίνεται ο αριθμός 1, και στην ομάδα 1 ο μεγαλύτερος αριθμός ομάδας. Για παράδειγμα, ο τυχαίος κλάδος με κωδικό i , μετά την αντιστροφή θα αποκτήσει κωδικό $(n+1 - i)$, όπου n η μεγαλύτερη ομάδα πριν την αντιστροφή.

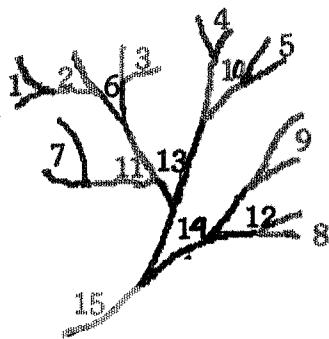
4. Επιλέγονται οι κλάδοι κατά σειρά ομάδας. Σε κάθε ομάδα, κωδικοποιούνται οι ομάδες κλάδων που καταλήγουν στον ίδιο "προς" κόμβο (tnode), με αύξουσα αρίθμηση. Η σειρά που ακολουθείται σε αυτήν την κωδικοποίηση καθορίζεται από την αύξουσα σειρά των "προς" κόμβων (tnodes). Η εργασία γίνεται για όλες τις ομάδες, και η δεύτερη αρίθμηση είναι αδροιστική, δηλαδή δεν ξεκινά από την αρχή για κάθε νέα ομάδα.
5. Με τον τρόπο αυτό αποκτούμε αριθμημένα "ζεύγη" (ή και "τριάδες" αν σε ένα κόμβο καταλήγουν τρεις κλάδοι, "τετράδες" κ.λ.π.) κλάδων, τα οποία μπορούν να επεξεργαστούν με αύξουσα σειρά. Εξασφαλίζεται ότι όταν εφαρμόζεται η εξίσωση του Muskingham για κάθε κλάδο σε κάποιο χρόνο, οι παροχές όλων των ανάντη κλάδων έχουν ήδη διοδευτεί.



Βήματα 1,2.



Βήμα 3.



Βήμα 4.

Σχήμα 4.4. Παράδειγμα κωδικοποίησης των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου.

Αφού γίνει αυτή η προεπεξεργασία, ακολουθεί μια δεύτερη εξωτερική διαδικασία, για τον καθορισμό της παραμέτρου K . Από τον χρήστη εισάγεται η τιμή της ταχύτητας, σαν παραμετρική συνάρτηση της κλίσης, σύμφωνα με τη σχέση :

$$V = k \times J^a$$

όπου k , a , συντελεστές και J η κλίση του τυχαίου κλάδου. Εν συνεχείᾳ, υπολογίζονται τα K σαν το λόγο του μήκους του κλάδου προς την ταχύτητα που προέκυψε από τον παραπάνω τύπο. Η διαδικασία αυτή είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε ο τρόπος με τον οποίο καθορίζονται οι ταχύτητες που προσδίδονται σε κάθε κλάδο, να μπορεί εύκολα να τροποποιηθεί.

Στη συνέχεια αρχίζει ο κύριος αλγόριθμος. Παρακάτω παρουσιάζονται εν συντομίᾳ τα βασικά βήματα του αλγορίθμου αυτού :

1. Επιλέγονται όλοι οι ακραίοι κλάδοι. Τίθεται $I_{j-1}=0$ και I_j κατά τον τύπο (2)
2. Ζητείται η παράμετρος χ , το χρονικό βήμα Δt και ο χρόνος τερματισμού της διαδικασίας.

3. Υπολογίζονται οι σταθερές c_0 , b_0 , b_1 .
4. Έναρξη πρώτης επαναληπτικής διαδικασίας. Για όλους τους χρόνους εως και τη χρονική στιγμή $t=3600 \text{ sec}$ εκτελούνται τα παρακάτω βήματα.
5. Έναρξη δεύτερης επαναληπτικής διαδικασίας. Για όλα τα ζεύγη ή τριάδες, κ.λ.π. κλάδων που συντρέχουν σε κοινό κόμβο tnode, εκτελούνται τα παρακάτω βήματα.
6. Υπολογίζεται η παροχή εκροής σύμφωνα με τον τύπο του Muskingum, και αδροίζονται οι εκροές.
7. Για τον (μοναδικό) κλάδο που ξεκινά από τον tnode ενός ζεύγους, υπολογίζεται η εισροή σαν το άδροισμα της σταθερής παροχής βροχόπτωσης συν την εκροή των αμέσως ανάντη κλάδων, που υπολογίστηκε στο προηγούμενο βήμα. Η εκροή του κλάδου δεν υπολογίζεται τώρα, αλλά όταν ο κλάδος αυτός δα επιλεγεί μαζί με τον(τους) κλάδο(ους) με τον οποίο εκρέει σε κοινό κόμβο.
8. (Επιστροφή στο βήμα 6 για το επόμενο ζεύγος ή τριάδα)
9. Τίθεται για όλους τους κλάδους $I_{j-1}=I_j$ και $Q_{j-1}=Q_j$.
10. (Επιστροφή στο βήμα 5 για την επόμενη χρονική στιγμή)
11. Έναρξη πανομοιότυπης διαδικασίας για $t=3600 \text{ sec}$. Εκτελούνται τα βήματα 4 εως 10, με τη διαφορά ότι απαλείφεται ο όρος της παροχής εισροής που οφείλεται στη βροχή. Έτσι, η παροχή εισροής στους ακραίους κλάδους είναι μηδενική.

Τα αποτελέσματα εγγράφονται σε ειδικό αρχείο. Οποιαδήποτε παροχή (εισόδου ή εξόδου) μπορεί να ζητηθεί και να εγγραφεί στο αρχείο, για οποιοδήποτε σημείο. Έτσι, είναι δυνατή η παρακολούθηση του φαινομένου και η εξαγωγή αποτελεσμάτων για οποιονδήποτε κόμβο του δικτύου υδατορευμάτων.

Μεγάλο πρόβλημα στη χρήση του μοντέλου αποτελεί ο μεγάλος απαιτούμενος χρόνος υπολογισμών. Συγκεκριμένα απαιτείται περίπου 1 λεπτό για τους υπολογισμούς ενός χρονικού βήματος, συν μισό περίπου δευτερόλεπτο για κάθε κόμβο του οποίου τα αποτελέσματα εγγράφονται στο ειδικό αρχείο εξόδου. Έτσι, αν επιλεγεί η εγγραφή αναλυτικών δεδομένων σε πολλούς κόμβους, το πρόγραμμα επιβαρύνεται σημαντικά.

4.3.2.1. Θέση Πόρος Ρηγανίου

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου παρουσιάζονται σε επόμενα διαγράμματα. Η επιλογή των παραμέτρων έγινε με γνώμονα την ελαχιστοποίηση του αριθμού τους. Έτσι, η ταχύτητα θεωρείται σταθερή για όλους τους κλάδους. Το μέγεθός της επιλέχθηκε ίσο με 1.4 m/d , σαν μια αντιπροσωπευτική μέση τιμή της ταχύτητας στα υδατορεύματα του Ευρίνου. Η παράμετρος χ των εξισώσεων τέθηκε μηδέν (διόδευση μέσω

γραμμικού ταμιευτήρα). Το χρονικό βήμα, λόγω της φύσης των εξισώσεων, επιτρέπει σημαντικά την ακρίβεια των αποτελεσμάτων, ενώ ταυτόχρονα υφίσταται περιορισμός ευστάθειας. Συγκεριμένα επιλέχθηκε Δt ίσο με 30 δλ, προκειμένου τα αποτελέσματα να παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια και να επαληθεύουν τη συνδίκη ευστάθειας της εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών.

Το προκύπτον υδρογράφημα έχει γενικά την κλασική κωδωνοειδή μορφή. Παρουσιάζει όμως κάποιες μικρές διαφοροποιήσεις από αυτήν. Συγκεκριμένα, εμφανίζει τάσεις δημιουργίας αιχμών σε ορισμένα σημεία, καθώς επίσης και κύρτωση στο μέσο περίπου του κλάδου καδόδου. Παρουσιάζει επίσης απότομη αλλαγή κλίσεως σε χρόνο ίσο με μία ώρα, δηλαδή σε χρόνο ίσο με τη διάρκεια της βροχής.

Το πρώτο πρόβλημα οφείλεται πιδανότατα στη μορφολογία της λεκάνης. Σημαντικοί όγκοι από μεγάλες υπολεκάνες, εισέρχονται στο κύριο υδατόρευμα του ποταμού Ευήνου σε διάφορους χρόνους, προξενώντας έτσι αυτήν την τάση δημιουργίας αιχμών και κύρτωσης της καμπύλης. Η κύρτωση στον καθοδικό κλάδο οφείλεται στην σημαντική υπολεκάνη έκτασης 100 τετρ.χλμ., στα βορειοανατολικά της θέσης Πόρος Ρηγανίου, καθώς επίσης και σε δύο μικρότερες λίγο βορειότερα, συνολικού εμβαδού της ίδιας τάξης. Τα μεγέθη συνεισφοράς ορισμένων τέτοιων σημαντικών υπολεκανών φαίνονται στα διαγράμματα με τα αποτελέσματα της μεδόδου.

Το δεύτερο πρόβλημα οφείλεται στον τρόπο δεώρησης εισροής των όγκων της βροχόπτωσης στο δίκτυο. Για όσο χρόνο διαφέρει η βροχή, οι κλάδοι δέχονται όλοι σταδερή εισροή λόγω βροχόπτωσης. Πάροδος της πρώτης ώρας σημαίνει αυτόμata διακοπή της συνεισφοράς της βροχόπτωσης στις παροχές εισόδου. Η παραδοχή αυτή διαφέρει βέβαια από την πραγματικότητα, αφού ορισμένοι κύριοι κλάδοι έχουν εκτάσεις απορροής εως και 17τετ.χλμ.. Τέτοιου μεγέθους υπολεκάνες παρουσιάζουν προφανώς κάποια υστέρηση στο χρόνο εισόδου του νερού στο δίκτυο, που μπορεί να φτάσει ίσως και τη μισή ώρα. Στο Παράρτημα Β παρουσιάζεται μια παραλλαγή του αλγορίθμου που λαμβάνει υπόψην της τέτοιες υστερήσεις. Η παραλλαγή αυτή δεν δοκιμάστηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Ένας δεύτερος λόγος είναι η παραδοχή ότι οι όγκοι εισέρχονται συγκεντρωμένοι στην αρχή του κάθε κλάδου. Η παραδοχή αυτή σαφέστατα αποκλίνει από την πραγματικότητα, αφού η πραγματική εισροή είναι πλευρική, τυχαία κατανεμημένη στο μήκος του κλάδου.

Το μοντέλο είναι περισσότερο εναίσθητο ως προς την ταχύτητα, και λιγότερο ως προς την παράμετρο x. Μεταβολές στη εισαγόμενη ταχύτητα της τάξης του 0.1μ/δλ, προκαλούν σχεδόν γραμμικά, μεταβολή στο ύγος της αιχμής περίπου $10\mu^3/\delta\lambda$ και στο

χρόνο αιχμής περίπου ένα τέταρτο της ώρας. Ταυτόχρονα, αυξάνεται η κύρτωση της καμπύλης στον καδοδικό κλάδο.

4.3.1.2. Θέση Άγιος Δημήτριος

Τα αποτελέσματα για τη δέση Άγιος Δημήτριος είναι ανάλογα. Παρουσιάζεται η ίδια γενική μορφή. Χαρακτηριστική είναι η ανωμαλία του ανοδικού κλάδου. Η ανωμαλία αυτή οφείλεται στη σημαντική υπολεκάνη, μεγέθους περίπου 50 τετ.χλμ, που απορρέει στον κύριο κλάδο σε πολύ μικρή απόσταση από το δεωρούμενο σημείο. Είναι προφανές ότι μια τέτοια υπολεκάνη στέλνει στην έξοδο σημαντικό όγκο νερού σε χρόνο μικρότερο από το χρόνο εμφάνισης της αιχμής. Κατά τα λοιπά, οι επιλεγέσες σταδερές είναι οι ίδιες. Τα συμπεράσματα για την ευαισθησία ισχύουν αναλόγως και για αυτές τις δοκιμές.

4.4. Συγκριτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Στα διαγράμματα του 4ου μέρους του Παραρτήματος Β, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δύο μοντέλων συγκριτικά με τα όσα προέκυψαν από την κλασική δεωρητική προσέγγιση. Όλα τα συνδετικά υδρογραφήματα προέκυψαν από το αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα του S.C.S., και τα αποτελέσματα της παρ. 4.2. Στις σελίδες που ακολουθούν, φαίνονται ορισμένα από τα αποτελέσματα των δύο μοντέλων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1. Σχετικά με τα μοντέλα βροχής απορροής

Τα μοντέλα που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο αποτελούν μια σχετικά πολύπλοκη εφαρμογή ενός πολύ ισχυρού λογισμικού πακέτου Σ.Γ.Π. Η σύνταξη και εφαρμογή τους απαιτούν αρκετά καλή γνώση όλων των υποπρογραμμάτων του ARC/INFO.

Τα πλεονεκτήματα του 1ου μοντέλου (ισοχρόνων) είναι:

- είναι γρήγορο στην εφαρμογή του γιατί βασίζεται σε έτοιμες συναρτήσεις βιβλιοθήκης του ARC/INFO
- έχει απλό αλγόριθμο
- παρουσιάζει στην οδόντη την εξέλιξη του φαινομένου με το χρόνο
- παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής αποτελεσμάτων σε οποιοδήποτε σημείο της λεκάνης
- η ακρίβεια των αποτελεσμάτων δεν εξαρτάται από το μέγεθος του χρονικού βήματος
- μπορεί σχετικά εύκολα να τροποποιηθεί, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή του σε κάποια άλλη λεκάνη.

Τα μειονεκτήματά του είναι:

- υπεραπλουστεύει ένα πολύπλοκο φυσικό φαινόμενο, προσεγγίζοντάς το με τη λογική των ισοχρόνων
- δεν μπορεί να δώσει μονοσήμαντη λύση, διότι τα αποτελέσματά του εξαρτώνται από την εκτίμηση των εισαγόμενων παραμέτρων
- δίνει αδροιστικά αποτελέσματα όγκων απορροής, δεωρώντας συνεχή σταθερή βροχόπτωση και όχι απευθείας υδρογράφημα, οπότε απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία
- προσεγγίζει τους χρόνους συρροής των σημείων της επιφάνειας με μια παραδοχή που βασίζεται στους χρόνους συρροής σημείων που ανίκουν στο υδρογραφικό δίκτυο

Τα αποτελέσματα του μοντέλου που προέκυψαν δεν έχουν τη κλασική κωδωνοειδή μορφή ενός υδρογραφήματος. Στην παρούσα εργασία, το σήμα εξόδου διοδεύθηκε με τη μέθοδο που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, προκειμένου να προκύψει μια εμφανώς λογικότερη καμπύλη.

Τα πλεονεκτήματα του δεύτερου μοντέλου (διόδευσης) είναι τα εξής:

- προσεγγίζει το φαινόμενο με αρκετά καλή ακρίβεια, αφού διοδεύει τις παροχές σε κάθε κλάδο ζεχωριστά, λαμβάνοντας υπόγιν την έκταση που απορρέει σε αυτόν, καθώς και τη σχετική του δέση στο δίκτυο.
- υπολογίζει τις τιμές των παροχών για κάθε κλάδο σε όλους τους χρόνους, όντας σε δέση να παρουσιάσει οποιεσδήποτε απ' αυτές.
- αν και σε πρώτη φάση χρησιμοποιεί την αυτόματη εσωτερική κωδικοποίηση του ARC/INFO, είναι γενικά ανεξάρτητο απ' αυτήν, και μπορεί να λειτουργήσει με τη βοήθεια αυτόνομου αρχείου πινακοποιημένων δεδομένων, που προέρχεται από το AAT του χάρτη υδρογραφικού δικτύου. Στο αρχείο που επεξεργάζεται, μπορούν να γίνουν κατά βούληση ανακατατάξεις και επεξεργασίες με σκοπό την επιτάχυνση της επίλυσης, χωρίς να επηρεάζεται το συνδεδεμένο αρχείο χαρακτηριστικών.
- δίνει κατ' ευδείαν καμπύλη παροχών, χωρίς να απαιτεί πρόσθετη επεξεργασία.
- απαιτεί εκτίμηση μόνο μίας ή το πολύ δύο παραμέτρων.

Τα μειονεκτήματά του είναι :

- απαιτεί πολύ μεγάλο χρόνο για την ολοκλήρωση των υπολογισμών. Ο συνολικός απαιτούμενος χρόνος αυξάνεται με τη μείωση του χρονικού βήματος.
- η ακρίβεια των αποτελεσμάτων, λόγω της φύσης των εξισώσεων Muskingum, εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος του χρονικού βήματος.
- η κατανομή των παροχών είναι ευαίσθητη στις εισαγόμενες παραμέτρους, που πρέπει να εκτιμηθούν με κάποιο τρόπο.
- προκειμένου να εφαρμοστεί σε άλλη λεκάνη, απαιτεί μεγάλο αριθμό τροποποιήσεων στην κωδικοποίηση. Η βασική δομή του αλγορίθμου πάντως διατηρείται.

Τα αποτελέσματα φαίνονται αρκετά λογικά. Ιδιαίτερότερες της καμπύλης παροχών για την περιοχή του Ευρίνου μπορούν να εξηγηθούν με βάση τη μορφολογία της λεκάνης.

5.2. Σχετικά με την εξαγωγή μορφολογικών χαρακτηριστικών.

Η εύκολη εξαγωγή των μορφολογικών χαρακτηριστικών είναι ένα από τα ισχυρότερα υδρολογικά εργαλεία των Σ.Γ.Π. Το πρόγραμμα που εκπονήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας είναι ένα δείγμα των δυνατοτήτων του πακέτου ARC/INFO προς την κατεύθυνση αυτή. Απαιτεί μικρό χρόνο επεξεργασίας, ενώ δίνει πλήθος πληροφοριών που με χρήση του κλασσικού τοπογραφικού χάρτη δια ήταν δουλειά αρκετών ωρών. Η

ακρίβεια των αποτελεσμάτων για τη λεκάνη του Ευήνου, σε σύγκριση με διαδέσιμα στοιχεία για τις θέσεις Πόρος Ρηγανίου και Άγιος Δημήτριος είναι πολύ καλή. Οι περισσότερες αποκλίσεις οφείλονται στην ανακρίβεια του μοντέλου εδάφους.

5.3. Γενικά συμπεράσματα

Με την παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια για τη χρήση ενός ισχυρού προγράμματος γεωγραφικών πληροφοριών για την κατάστρωση του μοναδιαίου υδρογραφήματος στη λεκάνη του ποταμού Ευήνου. Τα αποτελέσματα της προσπάθειας αυτής, που έγινε μέσω μιας σειράς απλοποιητικών παραδοχών, είναι ενδαρρυντικά, αν και δεν μπορούν να ληφθούν σαν έτοιμη απάντηση στο πρόβλημα καθορισμού της σχέσης βροχής-απορροής της συγκεκριμένης λεκάνης.

Όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα, έγινε δυνατό τα υδρογραφήματα να πλησιάσουν κάποια δεδομένη μορφή, με μεταβολή των παραμέτρων από τα οποία εξαρτώνται τα αντίστοιχα μοντέλα. Το “καλιμπράρισμα” αυτό ήταν σχετικά εύκολο και οι αντίστοιχες παραδοχές λογικές. Τα αποτελέσματα του δεύτερου μοντέλου μάλιστα, με την παραδοχή της σταδερής μέσης ταχύτητας σε όλη την έκταση της λεκάνης σε κάποια τιμή, πέφτουν πολύ κοντά στις προβλέψεις των κλασσικών συνθετικών και εμπειρικών μεδόδων σύνταξης του μοναδιαίου υδρογραφήματος. Καλή είναι και η συμφωνία με το υδρογράφημα του Ευήνου για τη δέση “Πόρος Ρηγανίου” που προέκυψε από μετρήσεις (Ναλμπάντης, 1994).

Τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών είναι σε θέση να δώσουν με ακρίβεια ένα πλήθος πληροφοριών για μια περιοχή. Όταν επιχειρείται η αξιοποίηση των πληροφοριών αυτών για την περιγραφή κάποιου φαινομένου, τότε δεν είναι δυνατό να αγνοηθεί η πολυπλοκότητα του φαινομένου αυτού. Ο συνδυασμός της πολυπλοκότητας του φαινομένου της βροχής-απορροής με τη λεπτομέρεια της διατιθέμενης από το Σ.Γ.Π. πληροφορίας, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι περιγραφή του πρώτου με τη βοήθεια του δεύτερου, είναι απαραίτητο να πλησιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο τις πραγματικές διαδικασίες, και να αποφεύγει τις απλοποιητικές παραδοχές. Ένα μοντέλο που θα κάνει χρήση των εξισώσεων Saint-Venant πιθανόν να οδηγήσει σε καλύτερα αποτελέσματα, μειώνοντας ή και εξαλείφοντας ακόμη τις παραμέτρους από τις οποίες εξαρτώνται τα μοντέλα που παρουσιάστηκαν. Στην παρούσα εργασία, το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι το δεύτερο και πιο αναλυτικό μοντέλο, έδωσε πολύ

καλύτερα αποτελέσματα από το πρώτο που ήταν απλούστερο, περιορίζοντας τον αριθμό των παραμέτρων σε δύο (ταχύτητα και σταδερά χ των εξισώσεων Muskingum).

Από την άλλη πλευρά όμως, η χρήση της τοπογραφικής πληροφορίας προκειμένου να γίνουν διαφόρων ειδών γεωμετρικές πράξεις είναι εύκολη και οδηγεί σε αποτελέσματα που ταιριάζουν απόλυτα με αυτά που προκύπτουν από κλασική ανάλυση. Η απ'ευθείας εκτίμηση μέσω Σ.Γ.Π. κάποιων μορφολογικών παραμέτρων, που είναι συναρτήσεις της τοπογραφίας και δεν απαιτούν εκτιμήσεις και παραδοχές, είναι αδιαμφισβήτητα ακριβέστατη και είναι πιθανόν να επικρατήσει στο μέλλον επί των κλασικών χρήσεων του τοπογραφικού χάρτη.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Γετίμης Π., Πυλαρινός Δ., "Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών", Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης, Ινστιτούτο Διαρκούς Επιμόρφωσης, Αθήνα 1994.
2. Γράγας Γ., "Γεωμορφολογικό υπόβαθρο στην Υδρολογία, με χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών", Διπλωματική εργασία στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π., 1994.
3. Κουτσογιάννης Δ., Ναλμπάντης Γ., Μαμάσης Ν., "Επισκόπηση επιφανειακής Υδρολογίας", Θέμα εισήγησης στο σεμινάριο *Διαχείριση Υδατικών Πόρων και Αντίστοιχοι Οργανισμοί*, Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης - Αποχέτευσης (ΕΕΔΥΑ), Αθήνα 27 Νοεμβρίου 1990.
4. Κουτσογιάννης Δ., Ναλμπάντης Γ., Μαμάσης Ν., Υδρολογική Διερεύνηση, Έκδεση, "Προμελέτη ενίχυσης του υδατικού δυναμικού του ταμιευτήρα Μόρνου από τη λεκάνη του ποταμού Ευέλπιου, Εισαγωγικό μέρος", Μελετητής ΟΤΜΕ - Υδροπλεκτρική - ΥΔΡΟΤΕΚ - Κωνσταντινίδης - Καραβοκύρης - Γκόφας, Υπουργείο Χωροταξίας Περιβάλλοντος και Δημοσίων Έργων, 192 σελ., Αθήνα 1991.
5. Κουτσογιάννης Δ."Σχεδιασμός αστικών δικτύων αποχέτευσης", Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 1993.
6. Ναλμπάντης Γ., 1994. "Use of multiple-time-step information in rainfall-runoff modelling". Το άρθρο έχει γίνει δεκτό προς δημοσίευση στο περιοδικό "Journal of Hydrology".
7. Ξανθόπουλος Θ., "Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία", Εκδόσεις "Συμμετρία", 1990.
8. ARC/INFO,"AML User's Guide", Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.

9. ARC/INFO,"Arc Commands Reference", Τόμοι I και II, Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
10. ARC/INFO,"Arcedit Commands Reference", Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
11. ARC/INFO,"Arcplot Commands Reference", Τόμοι I και II, Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
12. ARC/INFO,"Cell - based Modelling with Grid", Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
13. ARC/INFO,"Data Model Concepts and Key Terms", Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
14. ARC/INFO,"Dynamic Segmentation", Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
15. ARC/INFO,"Editing Coverages and Tables with Arcedit", Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
16. ARC/INFO,"Grid Commands Reference", Τόμοι I και II, Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
17. ARC/INFO,"Henco-INFO Commands Reference", Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
18. ARC/INFO,"Henco-INFO User's Guide", Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
19. ARC/INFO,"Managing Tabular Data", Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.

- 20.ARC/INFO," Map Display and Query", Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
- 21.ARC/INFO," Network Analysis", Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
- 22.ARC/INFO," Surface Modelling with TIN", Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1991.
- 23.Chow V.T."The Handbook of Applied Hydrology", Mc Graw-Hill 1964.
- 24.DeVanier B., Feldman A., " Review of GIS Applications in Hydrologic Modelling", Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 119, No. 2, March/April 1993.
- 25.Eash D., " A Geographic Information System procedure to quantify drainage-basin characteristics", Water Resources Bulletin, American Water Resources Association, Vol.30, No. 1, February 1994.
- 26.Goodrich D., Woolisher D., Keefer T., " Kinematic Routing Using Finite Elements on a Triangular Irregular Network", Water Resources Research, Vol. 27, No 6, p.995-1003, June 1991.
- 27.Hoggan D., " Computer Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics (U.S. Army Corps of Engineers HEC-1 and HEC-2)", Mc Graw-Hill 1989.
- 28.Rodriguez-Iturbe I., Gonzalez-Sanabria M., " A Geomorfoclimatic Theory of the Instantaneous Unit Hydrograph", Water Resources Research, Vol. 18, No 4, p.877-886, August 1982.
- 29.Rodriguez-Iturbe I., Gonzalez-Sanabria M., " On the Climatic Dependence of the IUH: A Rainfall-Runoff Analysis of the Nash Model and the Geomorphoclimatic Theory", Water Resources Research, Vol. 18, No 4, p.887-893, August 1982.

30. Shea C., Grayman W., Darden D., Males R., Sushinsky P., "Integrated G.I.S. and Hydrologic Modelling for Countywide Drainage Study", Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 119, No 2, 1993.
31. Tachikawa Y., Shiiba M., Takasao T., "Development of a Basin Geomorphic Information System Using a TIN - DEM Data Structure", Water Resources Bulletin, American Water Resources Association, Vol.30, No. 1, February 1994.
32. Viessman W., Knapp J., Lewis G., Harbaugh T., "Introduction to Hydrology", IEP 1977.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Γεωμαρφολογικά στοιχεία περιοχής Ευίνου

Αρχείο αναφοράς στοιχείων της επιλεγέσας υπολεκάνης

Λεκάνη Ευήνου. Θέση Πόρος Ρηγανίου. Node-id=t321, f317

Γεωγραφική δέση του σημείου εξόδου : X = 303020.628, Y = 4261900.125

Γενικά στοιχεία

Ολικό εμβαδόν	:874.230 km2
Ολική περίμετρος	:213000 m
Μέγιστο υγόμετρο	:2400 m
Ελάχιστο υγόμετρο	:200 m
Μέσο υγόμετρο καννάβου	:1181.99 m
Μέσο ζυγισμένο υγόμετρο	:993.12 m
Μίκος μέγιστης μισγάγγειας	:71.665 km
Κλίση 10-85 της μεγ. μισ.	:0.017190
Μέση κλίση λεκάνης	:0.303267

Στοιχεία υδρογραφικού δικτύου

Συνολικός αριθμός υδατορευμάτων	:321
Συνολικό μίκος υδατορευμάτων	:610.375 km
Μέσο μίκος υδατορεύματος	:1.901 km
Μέσο εμβαδόν ανά υδατόρευμα	:2.723 km2
Μέγιστη τάξη Horton	:4
Αριθμός υδ/μάτων τάξης 1	:164
- Συνολικό μίκος	:353.505 km
- Μέσο μίκος	:2.156 km
- Συνολική έκταση απορροής	:436.67 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	2.66 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 2 :72

- Συνολικό μίκος	:114.128 km
- Μέσο μίκος	:1.585 km
- Συνολική έκταση απορροής	:187.99 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	2.61 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 3 :55

- Συνολικό μίκος	:85.645 km
- Μέσο μίκος	:1.557 km
- Συνολική έκταση απορροής	:149.06 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	2.71 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 4 :30

- Συνολικό μίκος	:57.097 km
- Μέσο μίκος	:1.903 km
- Συνολική έκταση απορροής	:100.37 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	3.35 km2

Αριθμοί Horton

Τάξεις 1-2 : N1/N2 = 2.278, L1/L2 = 1.360, A1/A2 = 1.020

Τάξεις 2-3 : N2/N3 = 1.309, L2/L3 = 1.018, A2/A3 = 0.963

Τάξεις 3-4 : N3/N4 = 1.833, L3/L4 = 0.818, A3/A4 = 0.810

Λοιπά μορφολογικά στοιχεία

Ενεργό πλάτος λεκάνης	:22.501 km
Απόσταση εξόδου από το κ.β.	:19.778 km
Συντελεστής σχήματος	:1.7267
Συντελεστής επιμήκυνσης	:0.8587
Δείκτης συμπαγούς	:2.0322
Διαστάσεις ισοδύναμου τετραγώνου	
μήκος	:98.414 km
πλάτος	:8.883 km
Συντελεστής ελικτότητας	:1.8445
Πυκνότητα των ποταμών	:0.6982 km/km ²
Συντελεστής κατακράτησης αγωγών	:1.4323 km ² /km

Χρόνοι συρροής

- Κατά Giandotti	:10.02 hr
- Κατά Kirpitch	:8.50 hr
- Κατά Ventura-Passini	:7.93 hr
- Κατά τη σχέση κινηματικού κύμ.	:9.00 hr

(Συντελεστής Manning n=0.05)

Αρχείο αναφοράς στοιχείων της επιλεγέσσας υπολεκάνης

Λεκάνη Ευνίου. Θέση. Άγιος Δημήτριος. Node-id=t 164, f 142 και 169
Γεωγραφική δέση του σημείου εξόδου : X = 312233.126, Y = 4281686.066

Γενικά στοιχεία

Ολικό εμβαδόν	:348.270 km2
Ολική περιμετρος	:125000 m
Μέγιστο υγόμετρο	:2400 m
Ελάχιστο υγόμετρο	:600 m
Μέσο υγόμετρο καννάβου	:1382.88 m
Μέσο ζυγισμένο υγόμετρο	:1200.41 m
Μήκος μέγιστης μισγάγγειας	:37.594 km
Κλίση 10-85 της μεγ. μισ.	:0.028234
Μέσην κλίση λεκάνης	:0.279949

Στοιχεία υδρογραφικού δικτύου

Συνολικός αριθμός υδατορευμάτων	:132
Συνολικό μήκος υδατορευμάτων	:246.257 km
Μέσο μήκος υδατορεύματος	:1.866 km
Μέσο εμβαδόν ανά υδατόρευμα	:2.638 km2
Μέγιστη τάξη Horton	:4
Αριθμός υδ/μάτων τάξης 1	:68
- Συνολικό μήκος	:147.507 km
- Μέσο μήκος	:2.169 km
- Συνολική έκταση απορροής	:172.13 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	2.53 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 2 :32

- Συνολικό μήκος	:50.649 km
- Μέσο μήκος	:1.583 km
- Συνολική έκταση απορροής	:92.51 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	2.89 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 3 :19

- Συνολικό μήκος	:25.075 km
- Μέσο μήκος	:1.320 km
- Συνολική έκταση απορροής	:36.86 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	1.94 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 4 :13

- Συνολικό μήκος	:23.026 km
- Μέσο μήκος	:1.771 km
- Συνολική έκταση απορροής	:46.76 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	3.60 km2

Αριθμοί Horton

Τάξεις 1-2 : N1/N2 = 2.125, L1/L2 = 1.370, A1/A2 = 0.876

Τάξεις 2-3 : N2/N3 = 1.684, L2/L3 = 1.199, A2/A3 = 1.490

Τάξεις 3-4 : N3/N4 = 1.462, L3/L4 = 0.745, A3/A4 = 0.539

Λοιπά μορφολογικά στοιχεία

Ενεργό πλάτος λεκάνης	:15.190 km
Απόσταση εξόδου από το κ.β.	:11.438 km
Συντελεστής σχήματος	:1.5094
Συντελεστής επιμήκυνσης	:0.9185
Δείκτης συμπαγούς	:1.8895
Διαστάσεις ισοδύναμου τετραγώνου	
μήκος	:56.840 km
πλάτος	:6.127 km
Συντελεστής ελικτότητας	:1.6397
Πυκνότητα των ποταμών	:0.7071 km/km ²
Συντελεστής κατακράτησης αγωγών	:1.4143 km ² /km

Χρόνοι συρροίς

- Κατά Giandotti	:6.68 hr
- Κατά Kirpich	:4.27 hr
- Κατά Ventura-Passini	:4.90 hr
- Κατά τη σχέση κινηματικού κύμ.	:6.26 hr

(Συντελεστής Manning n=0.05)

Αρχείο αναφοράς στοιχείων της επιλεγέσιας υπολεκάνης

Υπολεκάνη S1. Node-id=t292, f285

Γεωγραφική θέση του σημείου εξόδου : X = 302934.689, Y = 4269518.875

Γενικά στοιχεία

Ολικό εμβαδόν	:139.780 km2
Ολική περίμετρος	:74000 m
Μέγιστο υγόμετρο	:1600 m
Ελάχιστο υγόμετρο	:330 m
Μέσο υγόμετρο καννάβου	:989.38 m
Μέσο ζυγισμένο υγόμετρο	:945.80 m
Μήκος μέγιστης μισγάγγειας	:24.306 km
Κλίση 10-85 της μεγ. μισ.	:0.022355
Μέση κλίση λεκάνης	:0.335614

Στοιχεία υδρογραφικού δικτύου

Συνολικός αριθμός υδατορευμάτων	:47
Συνολικό μήκος υδατορευμάτων	:93.973 km
Μέσο μήκος υδατορεύματος	:1.999 km
Μέσο εμβαδόν ανά υδατόρευμα	:2.974 km2

Μέγιστη τάξη Horton :3

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 1 :25

- Συνολικό μήκος :62.599 km
- Μέσο μήκος :2.504 km
- Συνολική έκταση απορροής :90.95 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:3.64 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 2 :8

- Συνολικό μήκος :11.955 km
- Μέσο μήκος :1.494 km
- Συνολική έκταση απορροής :17.58 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:2.20 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 3 :14

- Συνολικό μήκος :19.419 km
- Μέσο μήκος :1.387 km
- Συνολική έκταση απορροής :29.39 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:2.10 km2

Αριθμοί Horton

Τάξεις 1-2 : N1/N2 = 3.125, L1/L2 = 1.676, A1/A2 = 1.656

Τάξεις 2-3 : N2/N3 = 0.571, L2/L3 = 1.077, A2/A3 = 1.047

Λοιπά μορφολογικά στοιχεία

Ενεργό πλάτος λεκάνης	:6.843 km
Απόσταση εξόδου από το κ.β.	:10.823 km
Συντελεστής σχήματος	:2.9846
Συντελεστής επιμήκυνσης	:0.6531
Δείκτης συμπαγούς	:1.7656

Διαστάσεις ισοδύναμου τετραγώνου

μήκος :33.047 km

πλάτος :4.230 km

Συντελεστής ελικτότητας :1.1900

Πυκνότητα των ποταμών :0.6723 km/km²

Συντελεστής κατακράτησης αγωγών :1.4875 km²/km

Χρόνοι συρροής

- Katá Giandotti :4.22 hr

- Katá Kírpich :3.34 hr

- Katá Ventura-Passini :2.85 hr

- Katá τη σχέση κινηματικού κύμ. :4.56 hr

(Συντελεστής Manning n=0.05)

Αρχείο αναφοράς στοιχείων της επιλεγέσας υπολεκάνης

Υπολεκάνη S2. Node-id = t259, f244

Γεωγραφική θέση του σημείου εξόδου : X = 300353.440, Y = 4274404.811

Γενικά στοιχεία

Ολικό εμβαδόν	:94.680 km2
Ολική περίμετρος	:69800 m
Μέγιστο υγόμετρο	:1798 m
Ελάχιστο υγόμετρο	:400 m
Μέσο υγόμετρο καννάβου	:1037.80 m
Μέσο ζυγισμένο υγόμετρο	:978.47 m
Μήκος μέγιστης μισγάγγειας	:23.783 km
Κλίση 10-85 της μεγ. μισ.	:0.034387
Μέσην κλίση λεκάνης	:0.305415

Στοιχεία υδρογραφικού δικτύου

Συνολικός αριθμός υδατορευμάτων	:34
Συνολικό μήκος υδατορευμάτων	:65.469 km
Μέσο μήκος υδατορεύματος	:1.926 km
Μέσο εμβαδόν ανά υδατόρευμα	:2.785 km2
Μέγιστη τάξη Horton	:3
Αριθμός υδ/μάτων τάξης 1 :18	
- Συνολικό μήκος	:30.720 km
- Μέσο μήκος	:1.707 km
- Συνολική έκταση απορροής	:32.80 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	1.82 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 2 :7

- Συνολικό μήκος	:17.568 km
- Μέσο μήκος	:2.510 km
- Συνολική έκταση απορροής	:26.95 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	3.85 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 3 :9

- Συνολικό μήκος	:17.181 km
- Μέσο μήκος	:1.909 km
- Συνολική έκταση απορροής	:34.70 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	3.86 km2

Αριθμοί Horton

Τάξεις 1-2 : N1/N2 = 2.571, L1/L2 = 0.680, A1/A2 = 0.473

Τάξεις 2-3 : N2/N3 = 0.778, L2/L3 = 1.315, A2/A3 = 0.999

Λοιπά μορφολογικά στοιχεία

Ενεργό πλάτος λεκάνης	:6.217 km
Απόσταση εξόδου από το κ.β.	:9.097 km
Συντελεστής σχήματος	:2.4495
Συντελεστής επιμήκυνσης	:0.7210
Δείκτης συμπαγούς	:2.0236

Διαστάσεις ισοδύναμου τετραγώνου

μήκος :32.223 km

πλάτος :2.938 km

Συντελεστής ελικτότητας :1.5617

Πυκνότητα των ποταμών :0.6915 km/km²

Συντελεστής κατακράτησης αγωγών :1.4462 km²/km

Χρόνοι συρροής

- Katá Giandotti :3.88 hr

- Katá Kirpich :2.78 hr

- Katá Ventura-Passini :2.61 hr

- Katá τη σχέση κινηματικού κύμ. :4.63 hr

(Συντελεστής Manning n=0.05)

Αρχείο αναφοράς στοιχείων της επιλεγέσας υπολεκάνης

Υπολεκάνη S3. Node-id = t230, f220

Γεωγραφική θέση του σημείου εξόδου : X = 301136.248, Y = 4275612.626

Γενικά στοιχεία

Ολικό εμβαδόν	:68.840 km2
Ολική περίμετρος	:49400 m
Μέγιστο υγόμετρο	:1600 m
Ελάχιστο υγόμετρο	:400 m
Μέσο υγόμετρο καννάβου	:988.13 m
Μέσο ζυγισμένο υγόμετρο	:962.64 m
Μίκος μέγιστης μισγάγγειας	:14.562 km
Κλίση 10-85 της μεγ. μισ.	:0.089842
Μέση κλίση λεκάνης	:0.378283

Στοιχεία υδρογραφικού δικτύου

Συνολικός αριθμός υδατορευμάτων	:33
Συνολικό μίκος υδατορευμάτων	:54.296 km
Μέσο μίκος υδατορεύματος	:1.645 km
Μέσο εμβαδόν ανά υδατόρευμα	:2.086 km2
Μέγιστη τάξη Horton	:3
Αριθμός υδ/μάτων τάξης 1	:17
- Συνολικό μίκος	:30.439 km
- Μέσο μίκος	:1.791 km
- Συνολική έκταση απορροής	:28.86 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	1.70 km2
Αριθμός υδ/μάτων τάξης 2	:11
- Συνολικό μίκος	:14.817 km
- Μέσο μίκος	:1.347 km
- Συνολική έκταση απορροής	:19.75 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	1.80 km2
Αριθμός υδ/μάτων τάξης 3	:5
- Συνολικό μίκος	:9.040 km
- Μέσο μίκος	:1.808 km
- Συνολική έκταση απορροής	:20.05 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα:	4.01 km2

Αριθμοί Horton

Τάξεις 1-2 : N1/N2 = 1.545, L1/L2 = 1.329, A1/A2 = 0.946

Τάξεις 2-3 : N2/N3 = 2.200, L2/L3 = 0.745, A2/A3 = 0.448

Λοιπά μορφολογικά στοιχεία

Ενεργό πλάτος λεκάνης	:6.597 km
Απόσταση εξόδου από το κ.β.	:8.837 km
Συντελεστής σχήματος	:1.5817
Συντελεστής επιμήκυνσης	:0.8972
Δείκτης συμπαγούς	:1.6796

Διαστάσεις ισοδύναμου τετραγώνου

μήκος :21.715 km
πλάτος :3.170 km

Συντελεστής ελικτότητας :1.3955
Πυκνότητα των ποταμών :0.7887 km/km²
Συντελεστής κατακράτησης αγωγών :1.2679 km²/km

Χρόνοι συρροίς

- Κατά Giandotti :2.90 hr
 - Κατά Kirpich :1.32 hr
 - Κατά Ventura-Passini :1.79 hr
 - Κατά τη σχέση κινηματικού κύματος :3.24 hr
- (Συντελεστής Manning n=0.05)
-

Αρχείο αναφοράς στοιχείων της επιλεγέσας υπολεκάνης

Υπολεκάνη S4. Node-id=t131, f148

Γεωγραφική θέση του σημείου εξόδου : X = 321445.628, Y = 4283465.751

Γενικά στοιχεία

Ολικό εμβαδόν	:57.010 km2
Ολική περίμετρος	:47600 m
Μέγιστο υγόμετρο	:1600 m
Ελάχιστο υγόμετρο	:600 m
Μέσο υγόμετρο καννάθου	:1133.27 m
Μέσο ζυγισμένο υγόμετρο	:1138.73 m
Μήκος μέγιστης μισγάγγειας	:12.913 km
Κλίση 10-85 της μεγ. μισ.	:0.030325
Μέσην κλίση λεκάνης	:0.225018

Στοιχεία υδρογραφικού δικτύου

Συνολικός αριθμός υδατορευμάτων	:25
Συνολικό μήκος υδατορευμάτων	:45.591 km
Μέσο μήκος υδατορεύματος	:1.824 km
Μέσο εμβαδόν ανά υδατόρευμα	:2.280 km2
Μέγιστη τάξη Horton	:3
Αριθμός υδ/μάτων τάξης 1	:13
- Συνολικό μήκος	:30.399 km
- Μέσο μήκος	:2.338 km
- Συνολική έκταση απορροής	:32.47 km2
- Μέσην έκταση απορροής ανά υδ/μα:	:2.50 km2
Αριθμός υδ/μάτων τάξης 2	:4
- Συνολικό μήκος	:7.333 km
- Μέσο μήκος	:1.833 km
- Συνολική έκταση απορροής	:16.29 km2
- Μέσην έκταση απορροής ανά υδ/μα:	:4.07 km2
Αριθμός υδ/μάτων τάξης 3	:8
- Συνολικό μήκος	:7.859 km
- Μέσο μήκος	:0.982 km
- Συνολική έκταση απορροής	:6.86 km2
- Μέσην έκταση απορροής ανά υδ/μα:	:0.86 km2

Αριθμοί Horton

Τάξεις 1-2 : N1/N2 = 3.250, L1/L2 = 1.276, A1/A2 = 0.613

Τάξεις 2-3 : N2/N3 = 0.500, L2/L3 = 1.866, A2/A3 = 4.749

Λοιπά μορφολογικά στοιχεία

Ενεργό πλάτος λεκάνης	:4.700 km
Απόσταση εξόδου από το κ.β.	:6.948 km
Συντελεστής σχήματος	:2.5810
Συντελεστής επιμήκυνσης	:0.7024
Δείκτης συμπαγούς	:1.7784
Διαστάσεις ισοδύναμου τετραγώνου	

Διαστάσεις ισοδύναμου τετραγώνου

μήκος :21.302 km

πλάτος :2.676 km

Συντελεστής ελικτότητας :1.0645

Πυκνότητα των ποταμών :0.7997 km/km²

Συντελεστής κατακράτησης αγωγών :1.2505 km²/km

Χρόνοι συρροής

- Κατά Giandotti :2.67 hr

- Κατά Kirsch :1.83 hr

- Κατά Ventura-Passini :2.09 hr

- Κατά τη σχέση κινηματικού κύμ. :3.52 hr

(Συντελεστής Manning n=0.05)

Αρχείο αναφοράς στοιχείων της επιλεγέσας υπολεκάνης

Υπολεκάνη S5. Node-id=t131,f112

Γεωγραφική θέση του σημείου εξόδου : X = 321500.315, Y = 4283628.246

Γενικά στοιχεία

Ολικό εμβαδόν	:192.090 km2
Ολική περίμετρος	:91600 m
Μέγιστο υγόμετρο	:2400 m
Ελάχιστο υγόμετρο	:600 m
Μέσο υγόμετρο καννάβου	:1416.06 m
Μέσο ζυγισμένο υγόμετρο	:1312.14 m
Μήκος μέγιστης μισγάγγειας	:26.776 km
Κλίση 10-85 της μεγ. μισ.	:0.040544
Μέση κλίση λεκάνης	:0.274315

Στοιχεία υδρογραφικού δικτύου

Συνολικός αριθμός υδατορευμάτων	:80
Συνολικό μήκος υδατορευμάτων	:145.566 km
Μέσο μήκος υδατορεύματος	:1.820 km
Μέσο εμβαδόν ανά υδατόρευμα	:2.401 km2
Μέγιστη τάξη Horton	:4
Αριθμός υδ/μάτων τάξης 1	:41
- Συνολικό μήκος	:87.702 km
- Μέσο μήκος	:2.139 km
- Συνολική έκταση απορροής	:94.65 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα	:2.31 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 2 :23

- Συνολικό μήκος	:33.230 km
- Μέσο μήκος	:1.445 km
- Συνολική έκταση απορροής	:52.03 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα	:2.26 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 3 :8

- Συνολικό μήκος	:12.426 km
- Μέσο μήκος	:1.553 km
- Συνολική έκταση απορροής	:24.88 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα	:3.11 km2

Αριθμός υδ/μάτων τάξης 4 :8

- Συνολικό μήκος	:12.208 km
- Μέσο μήκος	:1.526 km
- Συνολική έκταση απορροής	:20.53 km2
- Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα	:2.57 km2

Αριθμοί Horton

Τάξεις 1-2 : N1/N2 = 1.783, L1/L2 = 1.481, A1/A2 = 1.020

Τάξεις 2-3 : N2/N3 = 2.875, L2/L3 = 0.930, A2/A3 = 0.727

Τάξεις 3-4 : N3/N4 = 1, L3/L4 = 1.018, A3/A4 = 1.212

Λοιπά μορφολογικά στοιχεία

Ενεργό πλάτος λεκάνης	:14.191 km
Απόσταση εξόδου από το κ.β.	:12.475 km
Συντελεστής σχήματος	:0.9539
Συντελεστής επιμήκυνσης	:1.1553
Δείκτης συμπαγούς	:1.8644
Διαστάσεις ισοδύναμου τετραγώνου	
μήκος	:41.516 km
πλάτος	:4.627 km
Συντελεστής ελικτότητας	:1.9781
Πυκνότητα των ποταμών	:0.7578 km/km ²
Συντελεστής κατακράτησης αγωγών	:1.3196 km ² /km

Χρόνοι συρροίς

- Κατά Giandotti	:4.48 hr
- Κατά Kirpitch	:2.86 hr
- Κατά Ventura-Passini	:3.62 hr
- Κατά τη σχέση κινηματικού κύμ.	:5.14 hr

(Συντελεστής Manning n=0.05)

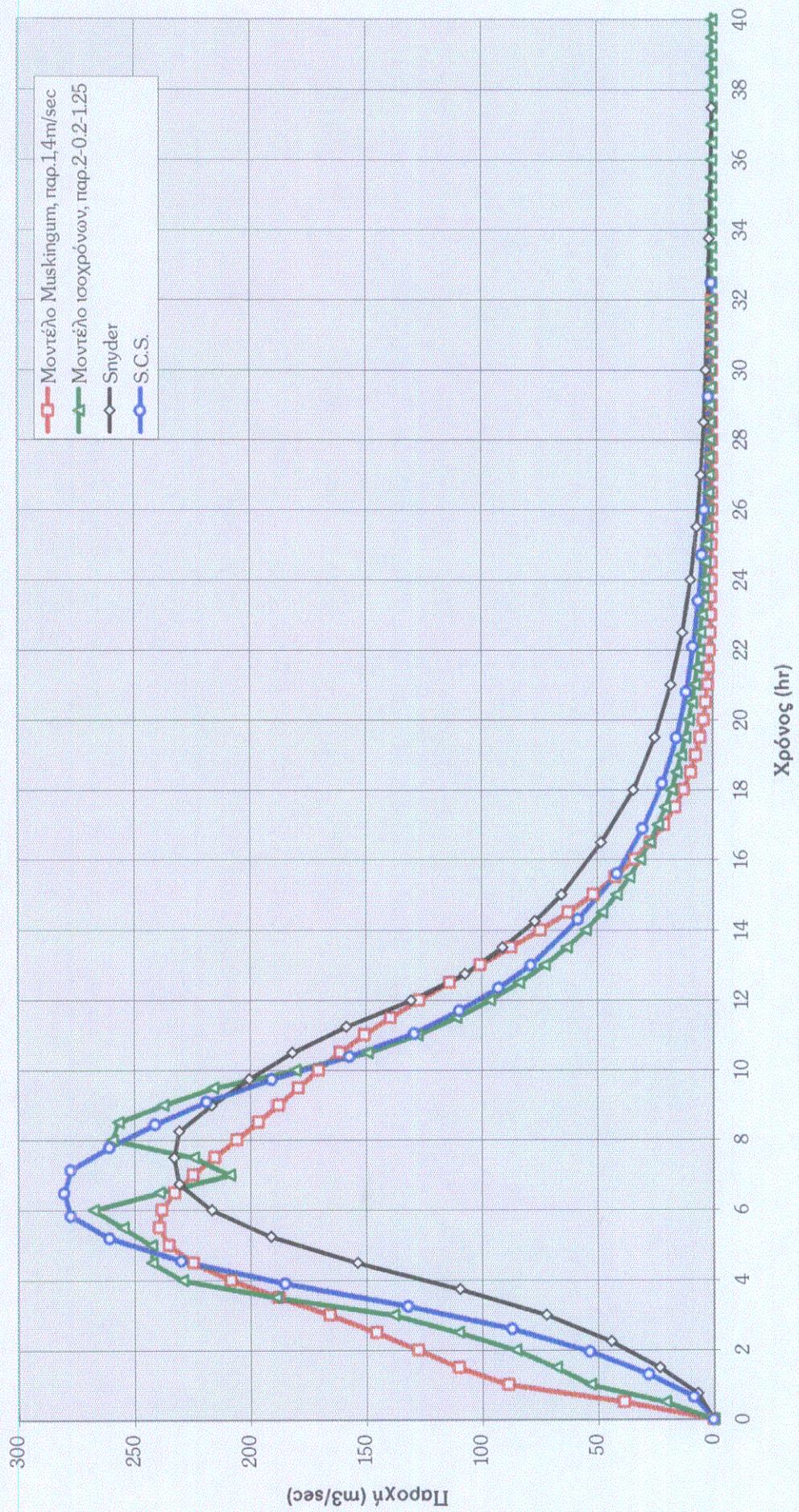
ПАРАРТИМА В

Αποτελέσματα δοκιμών και ανύκρισης

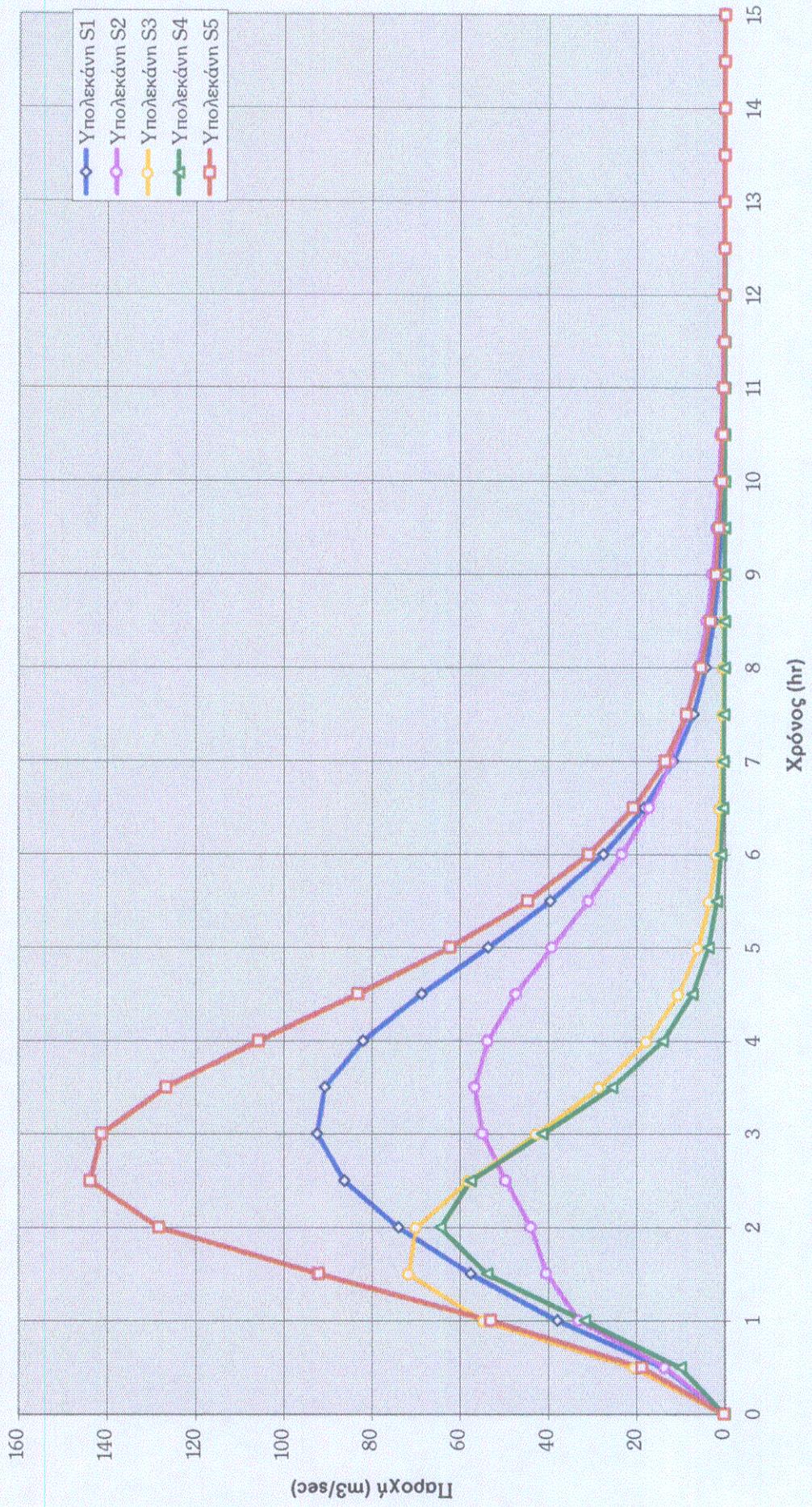
Μέρος 1ο. Μέθοδος ισοχρόνων.

Μοναδιαία υδρογραφήματα μίας ώρας από το μοντέλο των ισοχρόνων

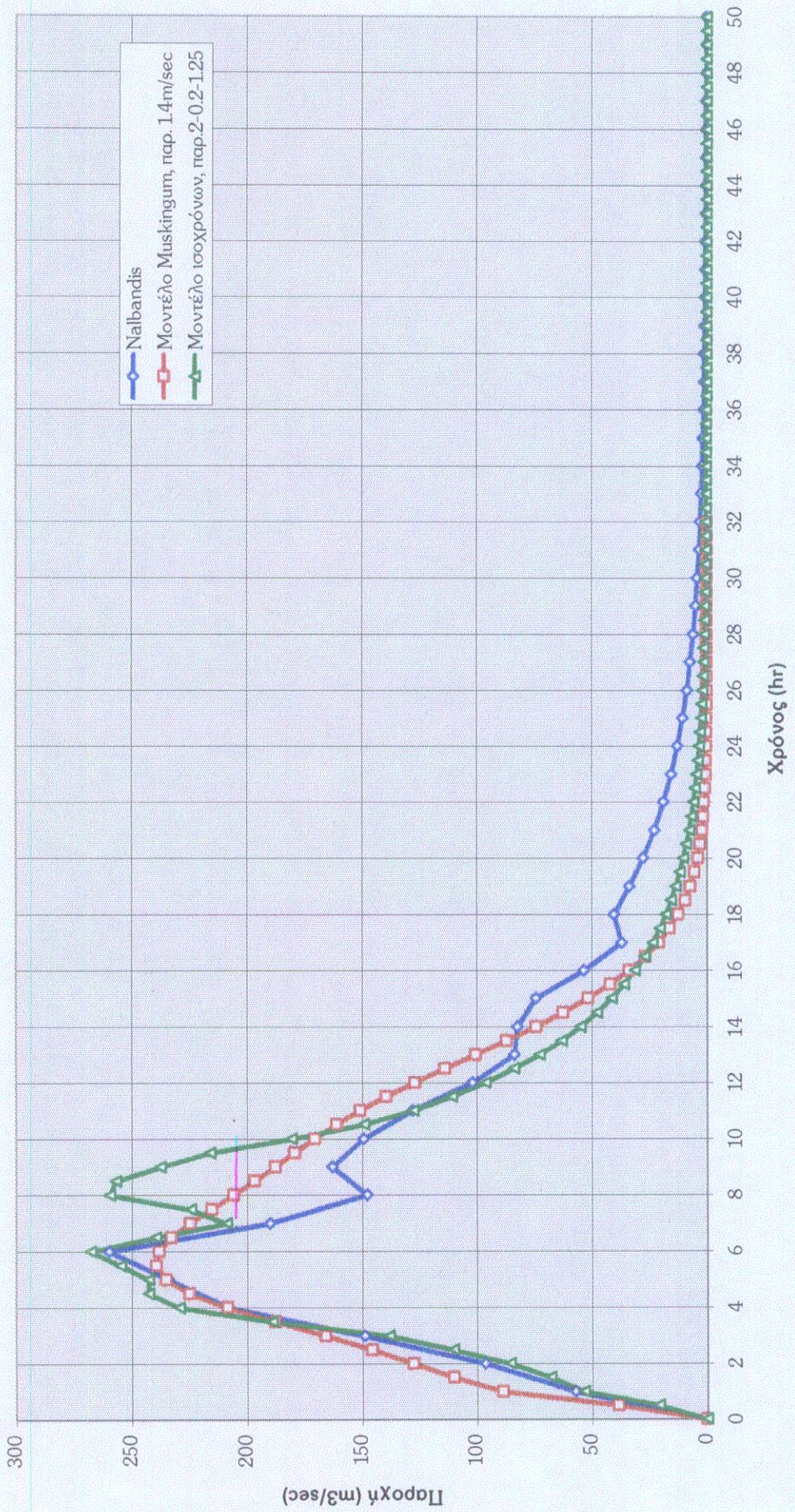
Μ.Υ. 1 ώρας στη θέση "Πόρος Ρηγανίου"



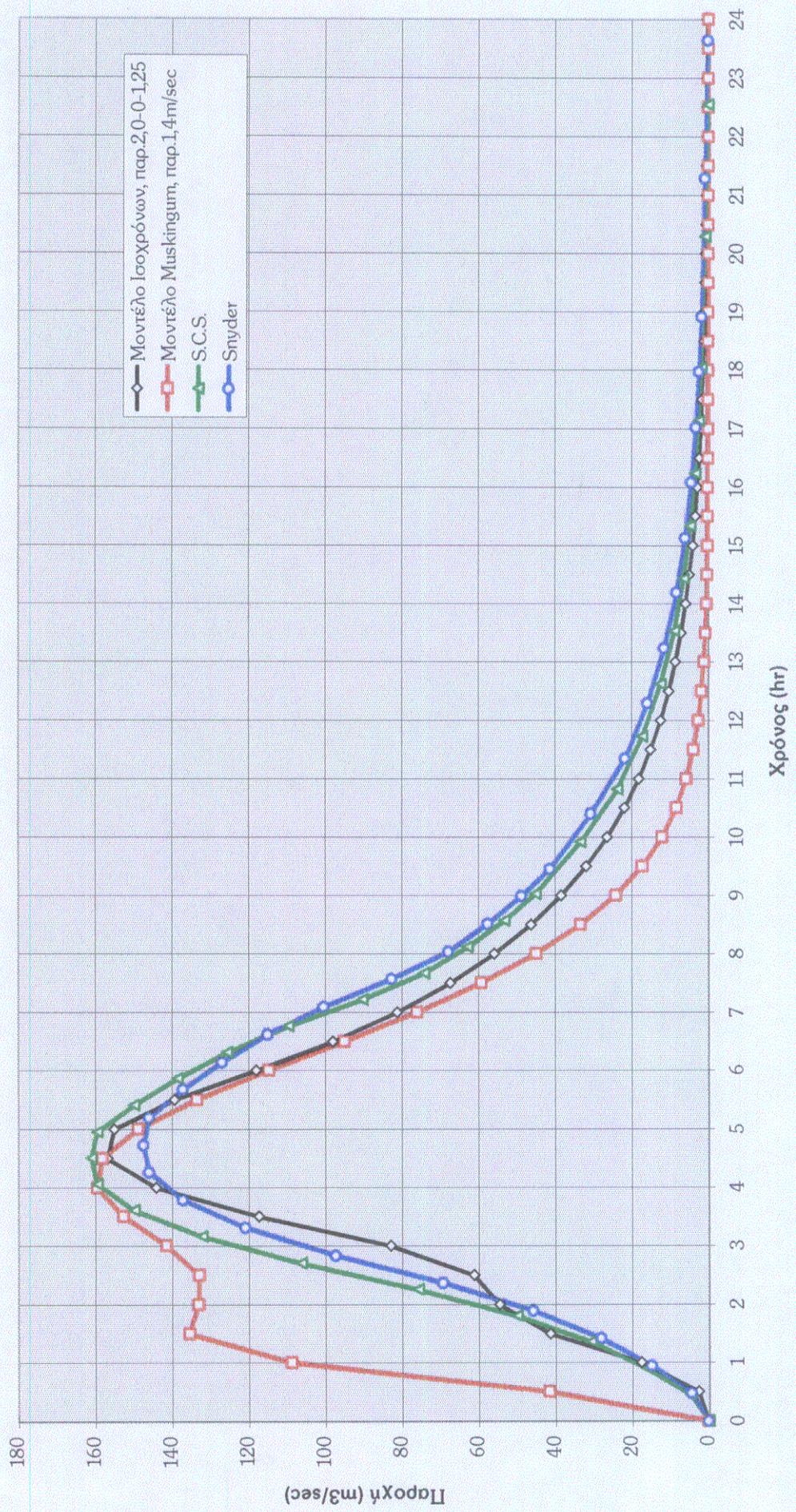
Μ.Υ. σε δέσμεις ανάντη του "Πόρου Ρηγανίου" (Mountélo Muskingum)

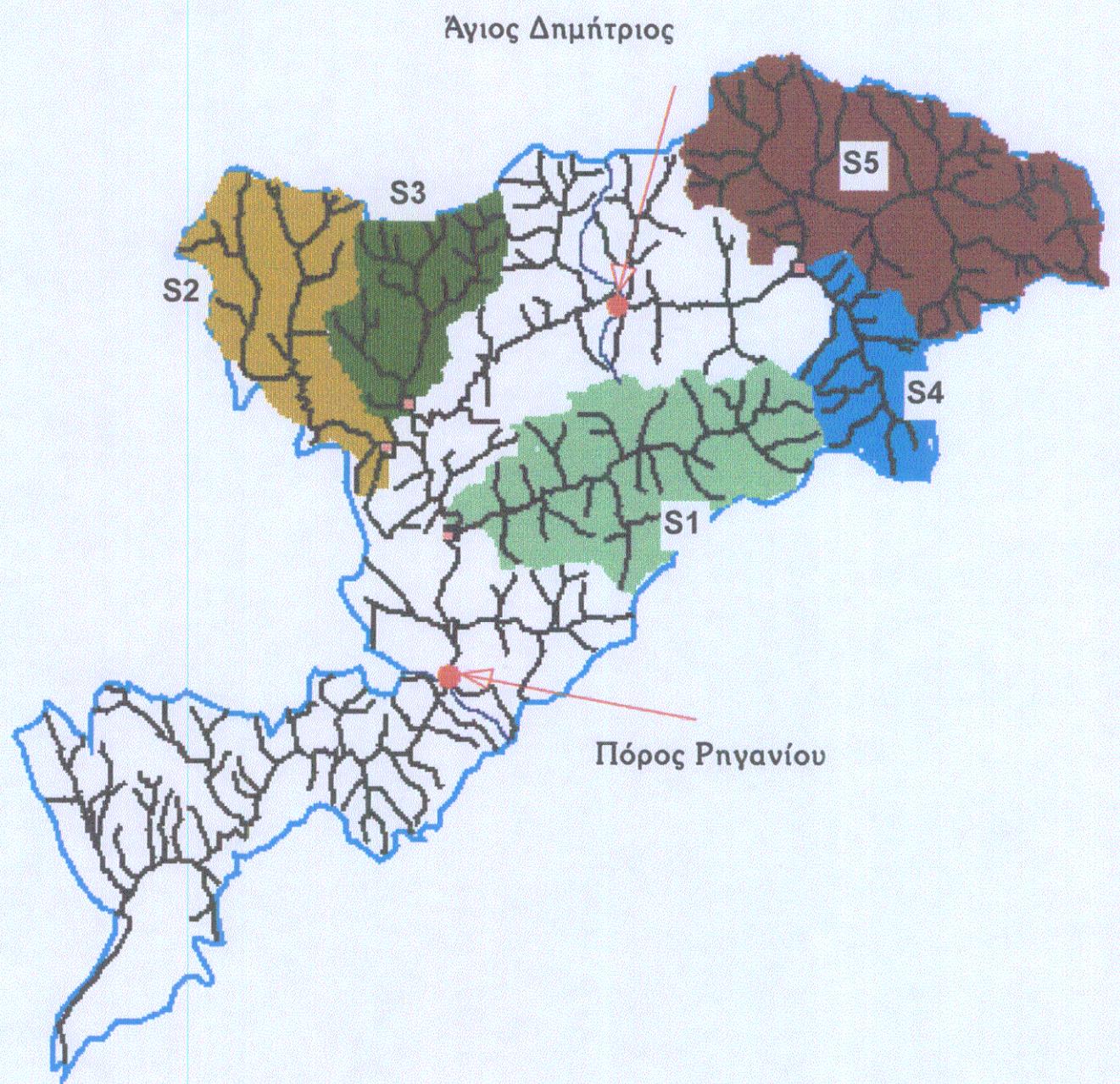


M.Y. 1 ώρας στη δέστι "Πόρος Ρηγανίου"



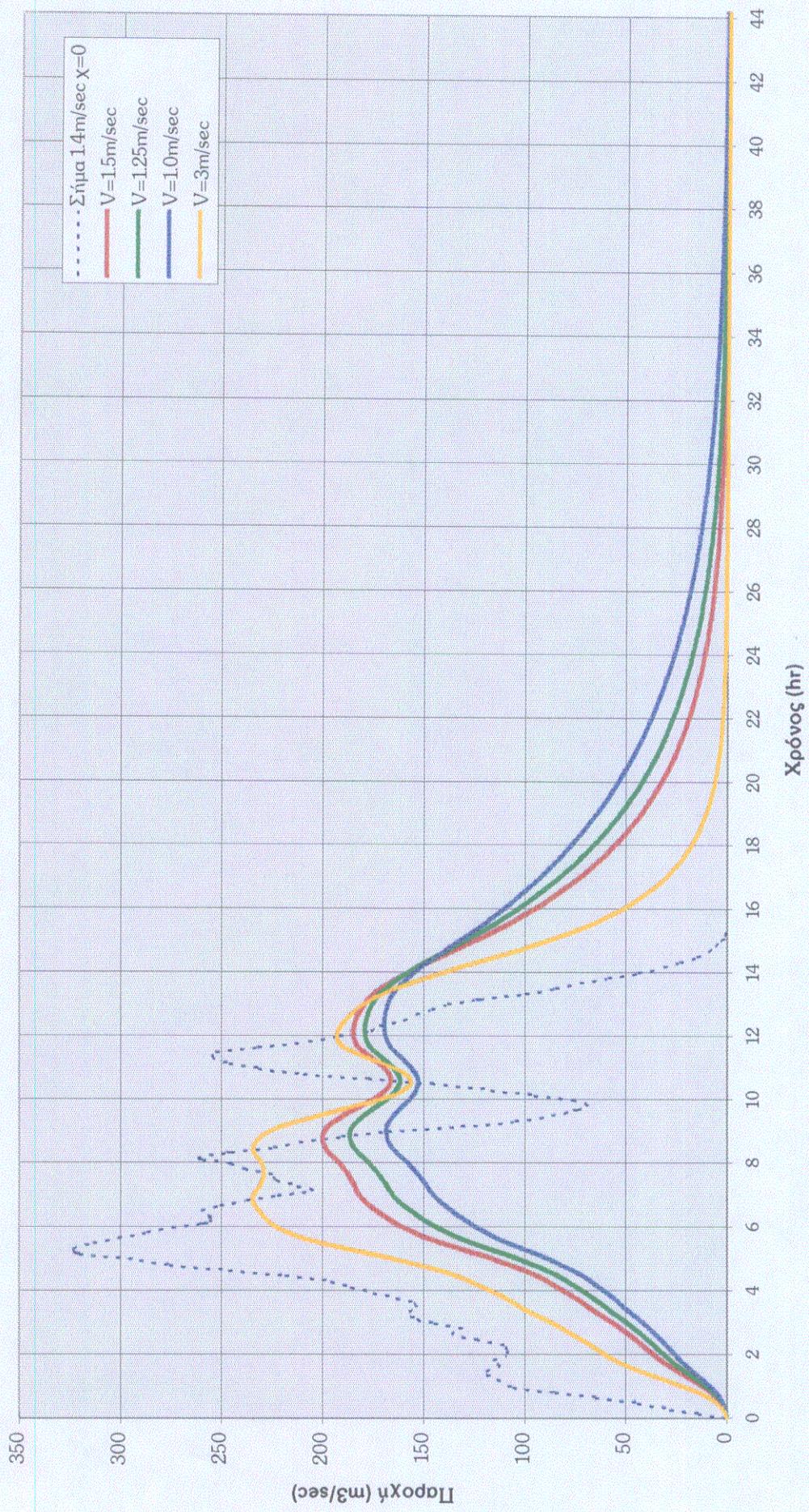
M.Y. 1 ώρας στη θέση "Άγιος Δημήτριος"



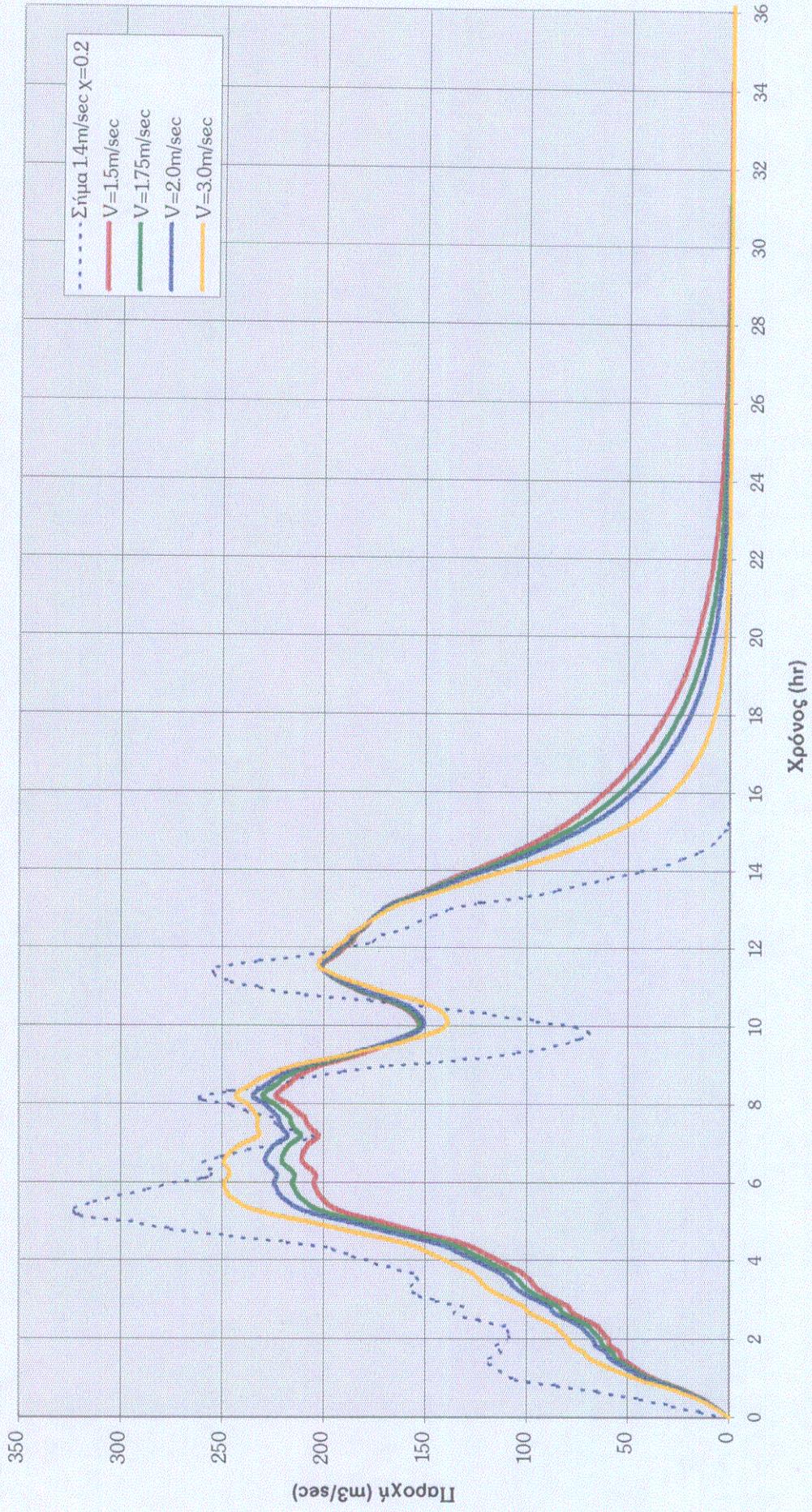


Χάρτης της περιοχής λεκάνης Ευήνου. Διακρίνονται οι υπολεκάνες για τον έλεγχο των μοντέλων βροχής απορροής που εφαρμόστηκαν.

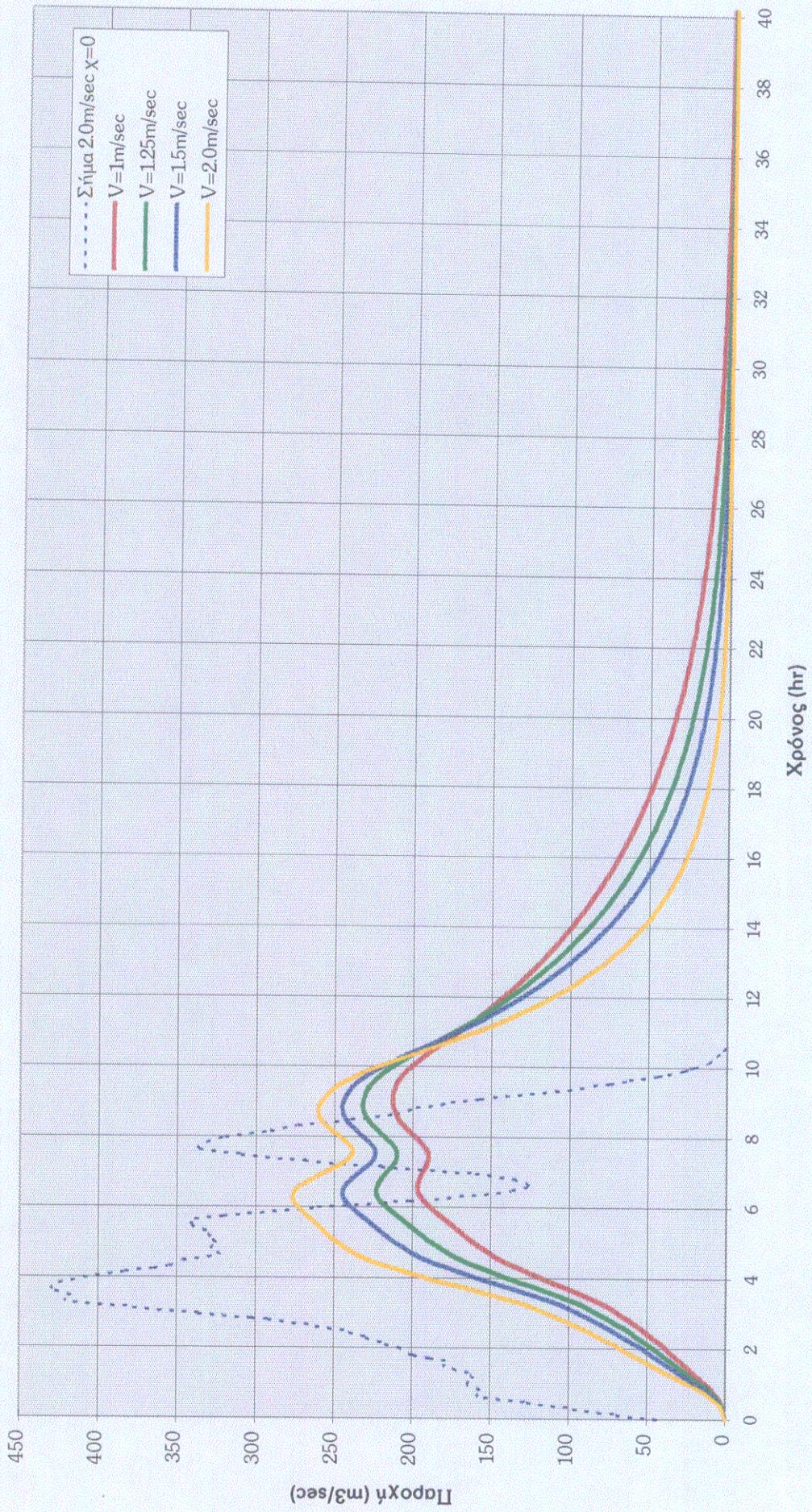
M.Y. στη δέση "Πόρος Ρηγανίου"



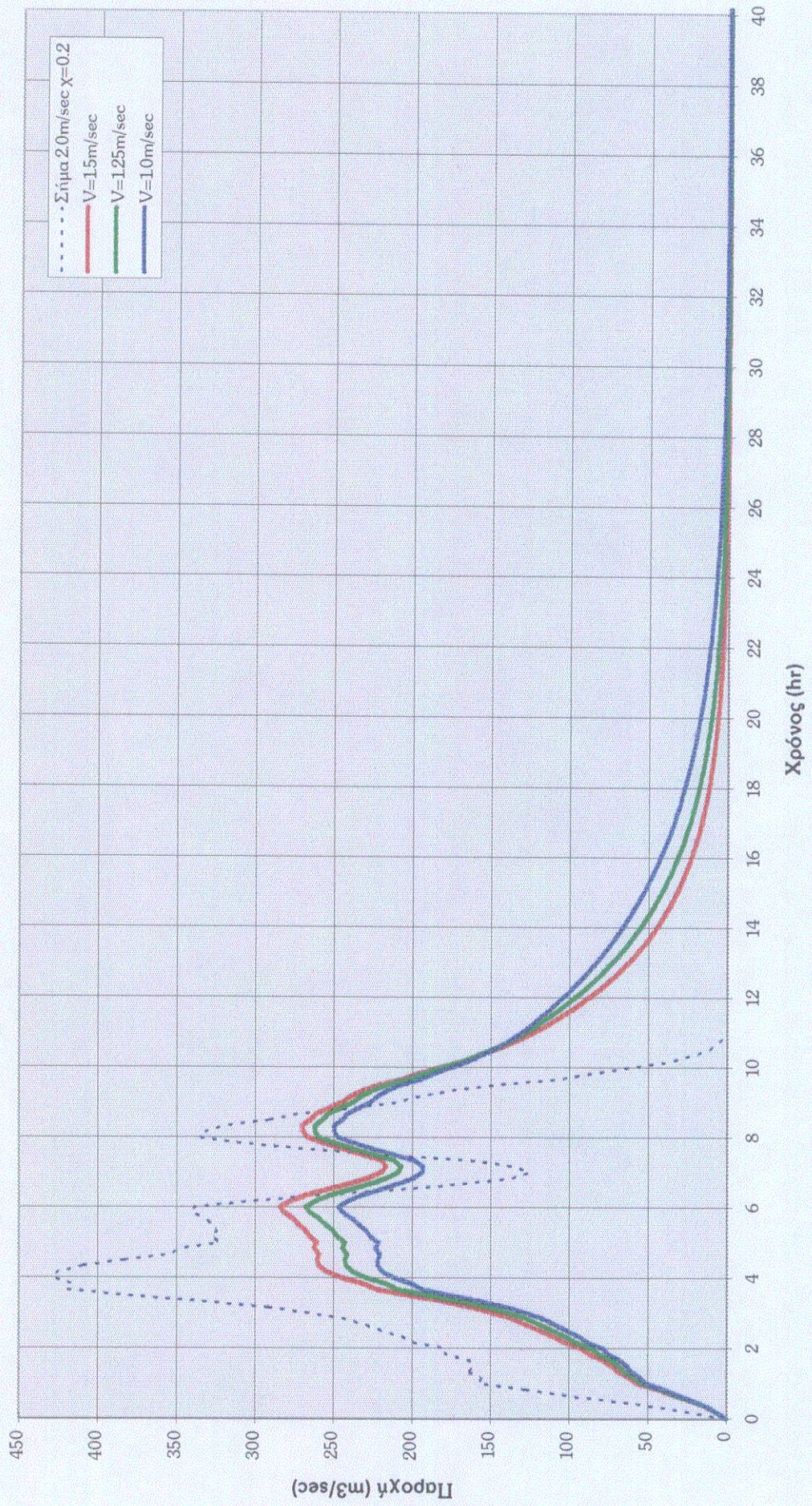
M.Y. στη θέση "Πόρος Ρηγανίου"



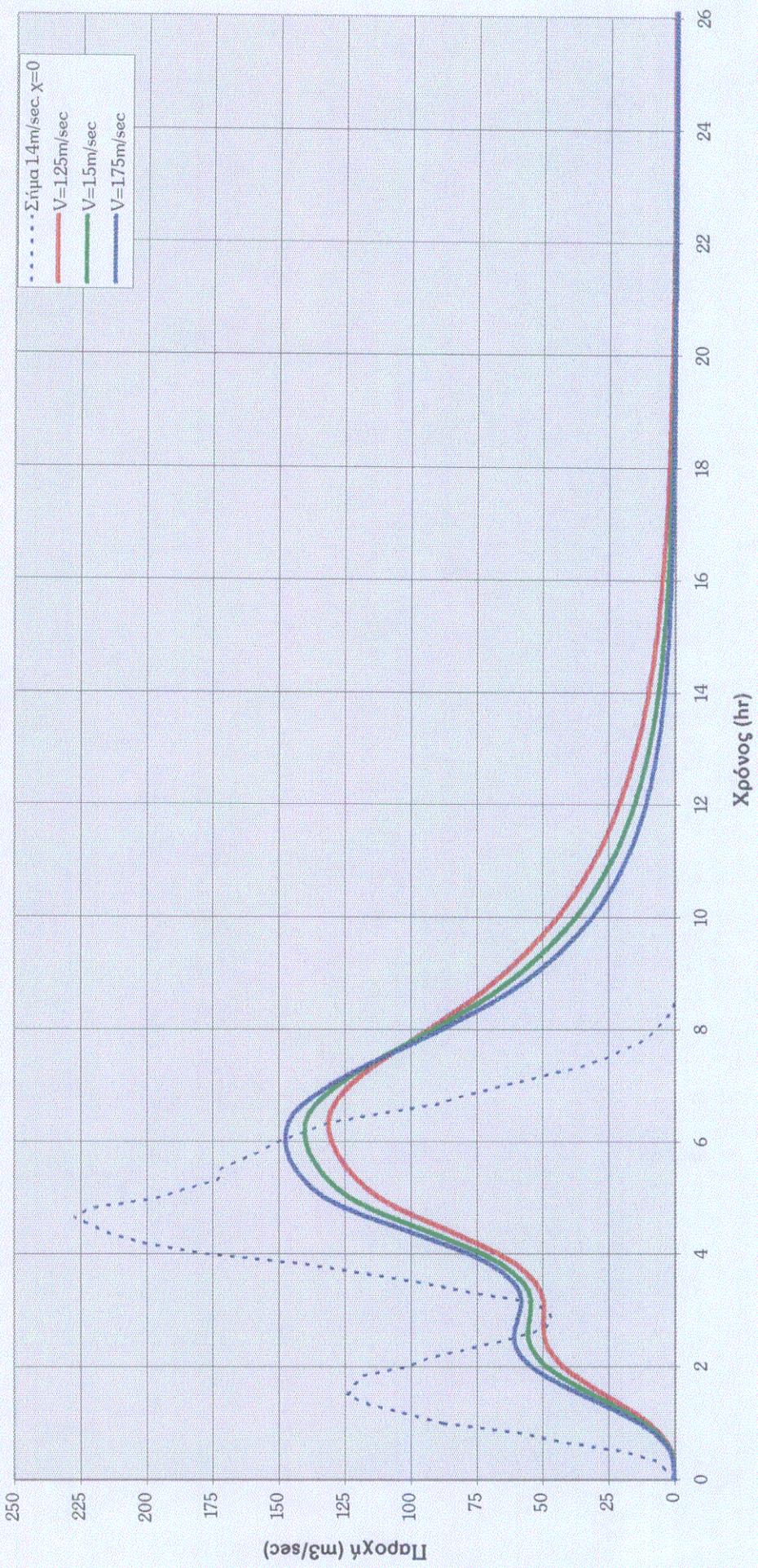
M.Y. στην θέση "Πόρος Ρηγανίου"



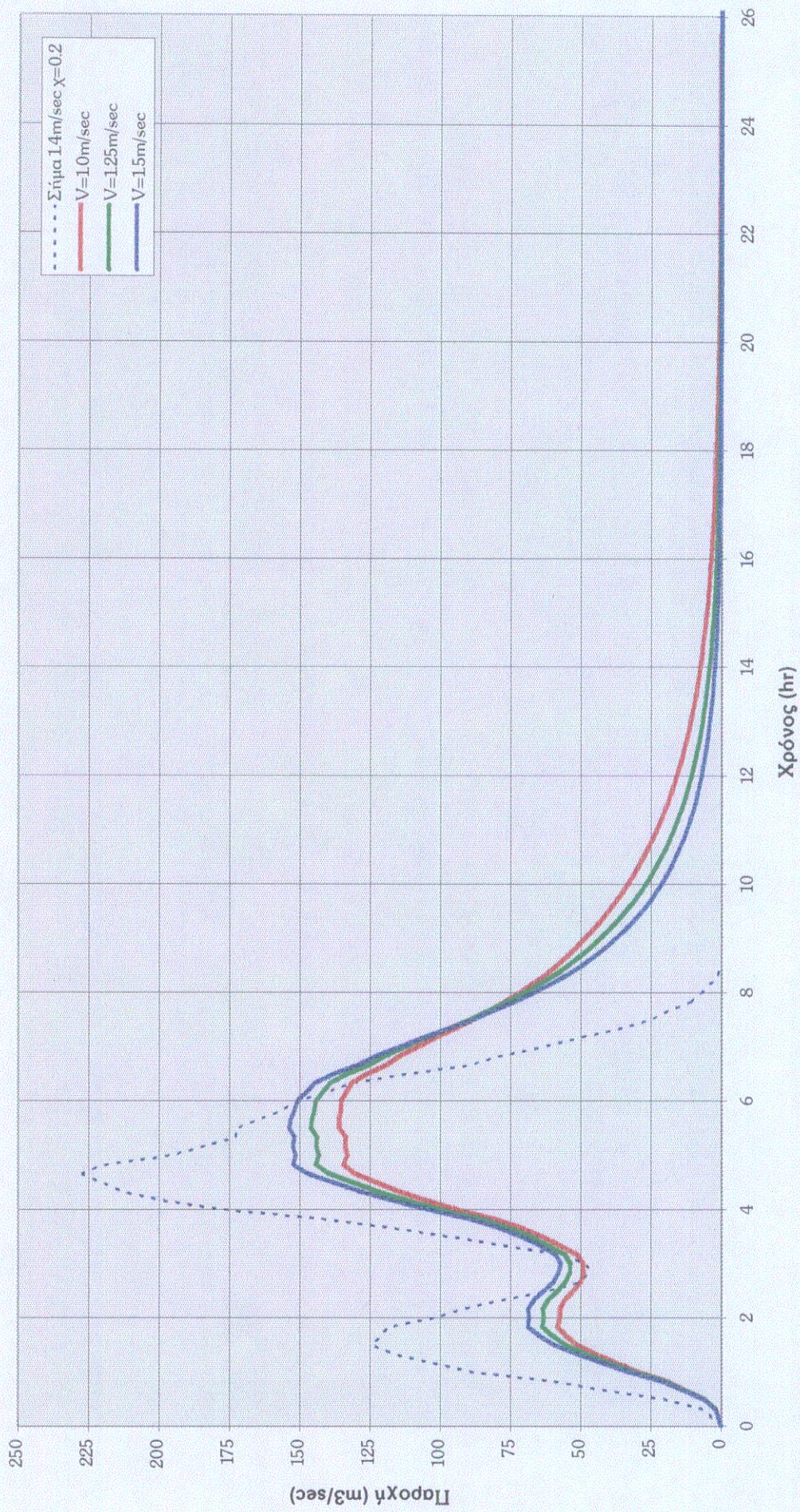
Μ.Υ. στη δέση "Πόρος Ρηγανίου"



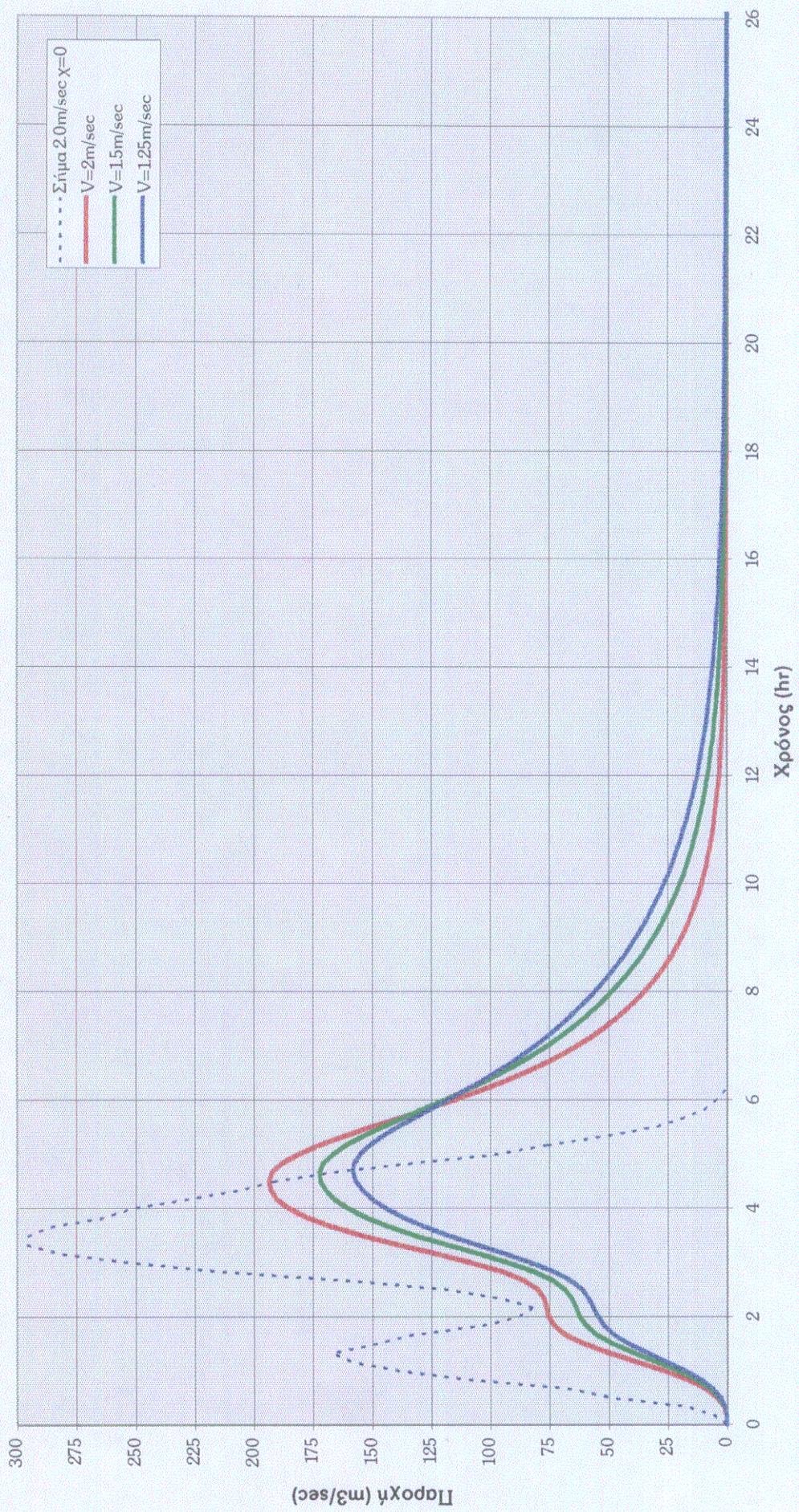
M.Y. στη δέση "Άγιος Δημήτριος"



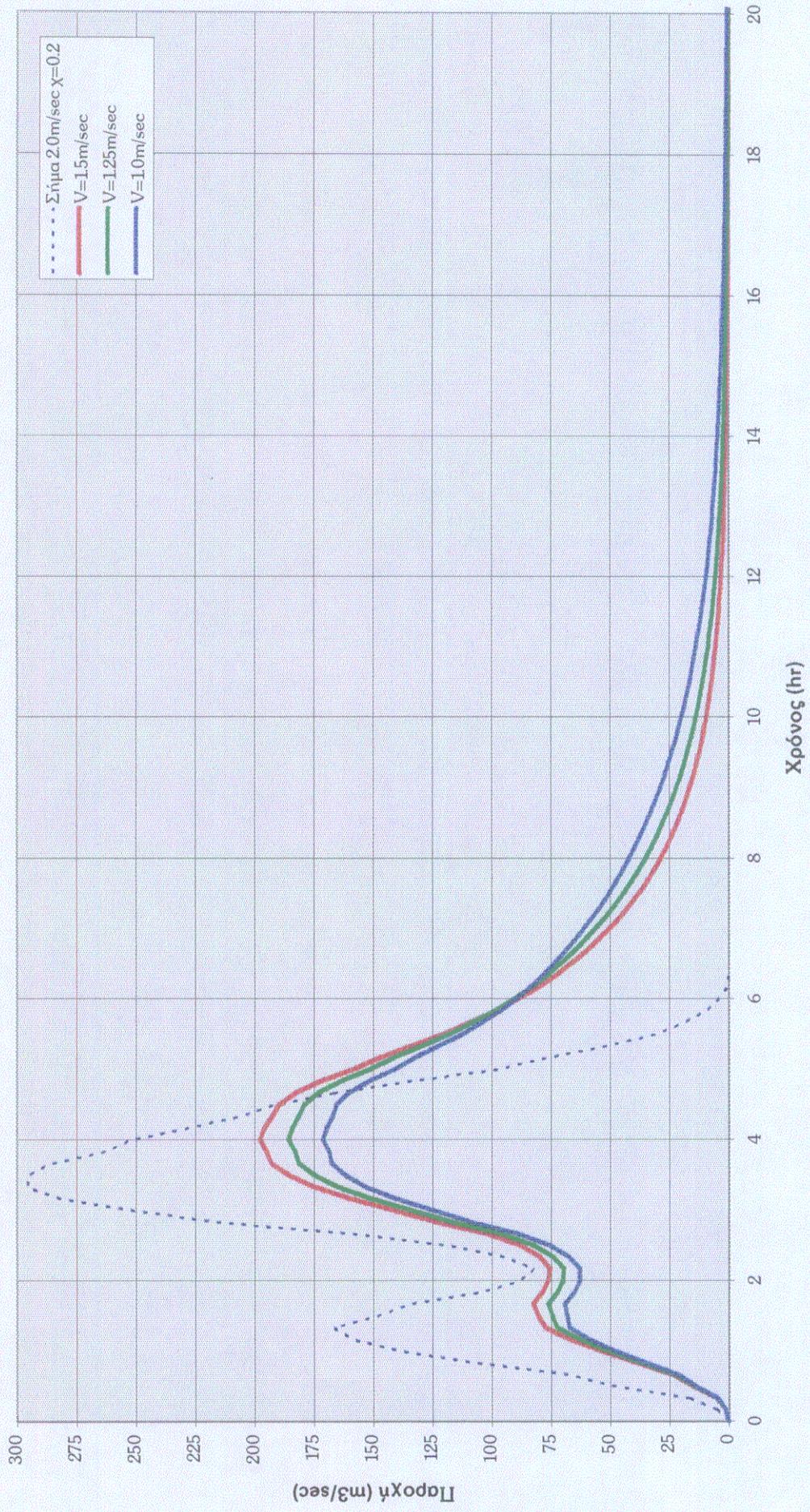
M.Y. στη δέση "Άγιος Δημήτριος"



M.Y. στη θέση "Άγιος Δημήτριος"



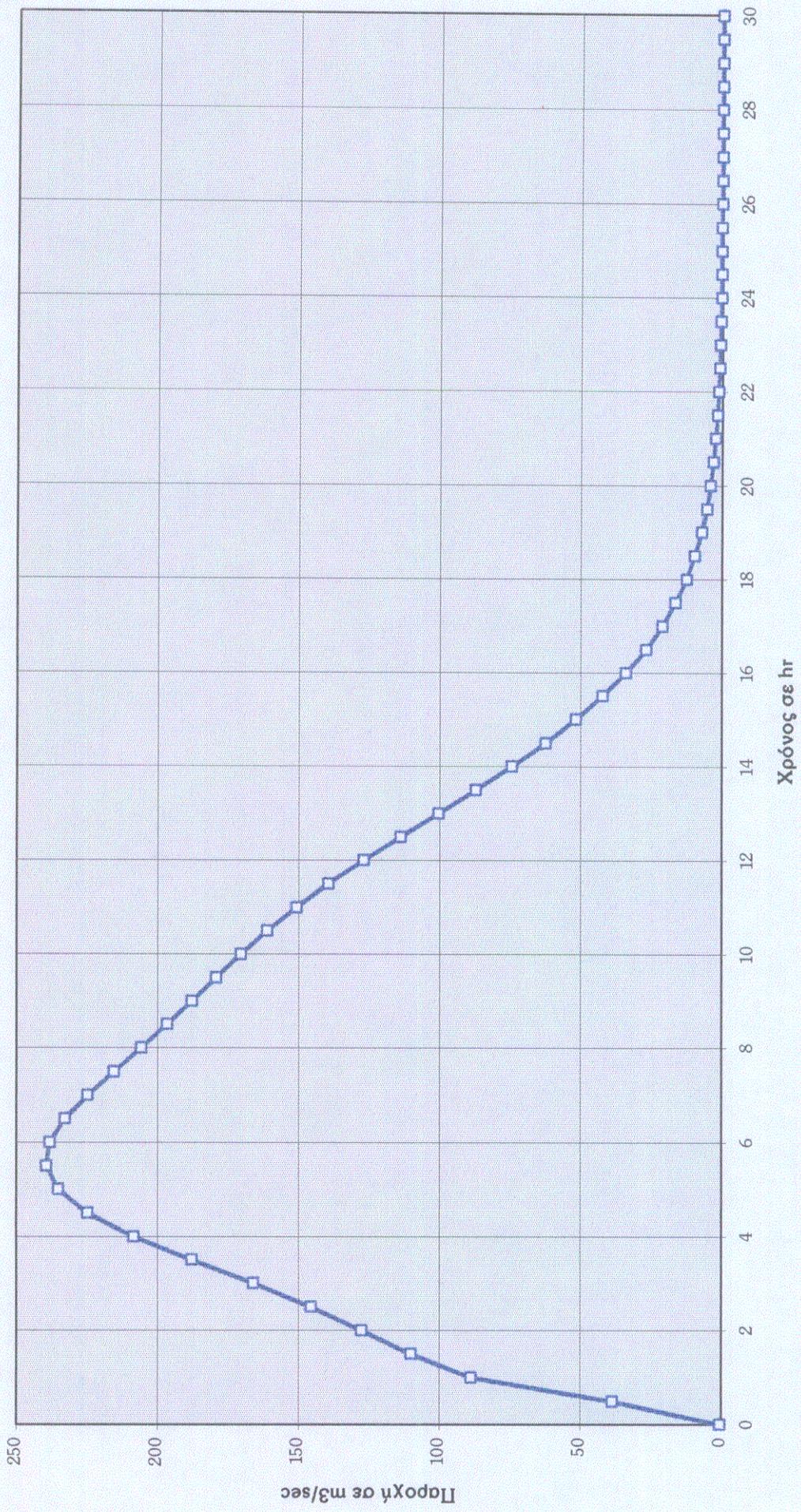
M.Y. στη θέση "Άγιος Δημήτριος"



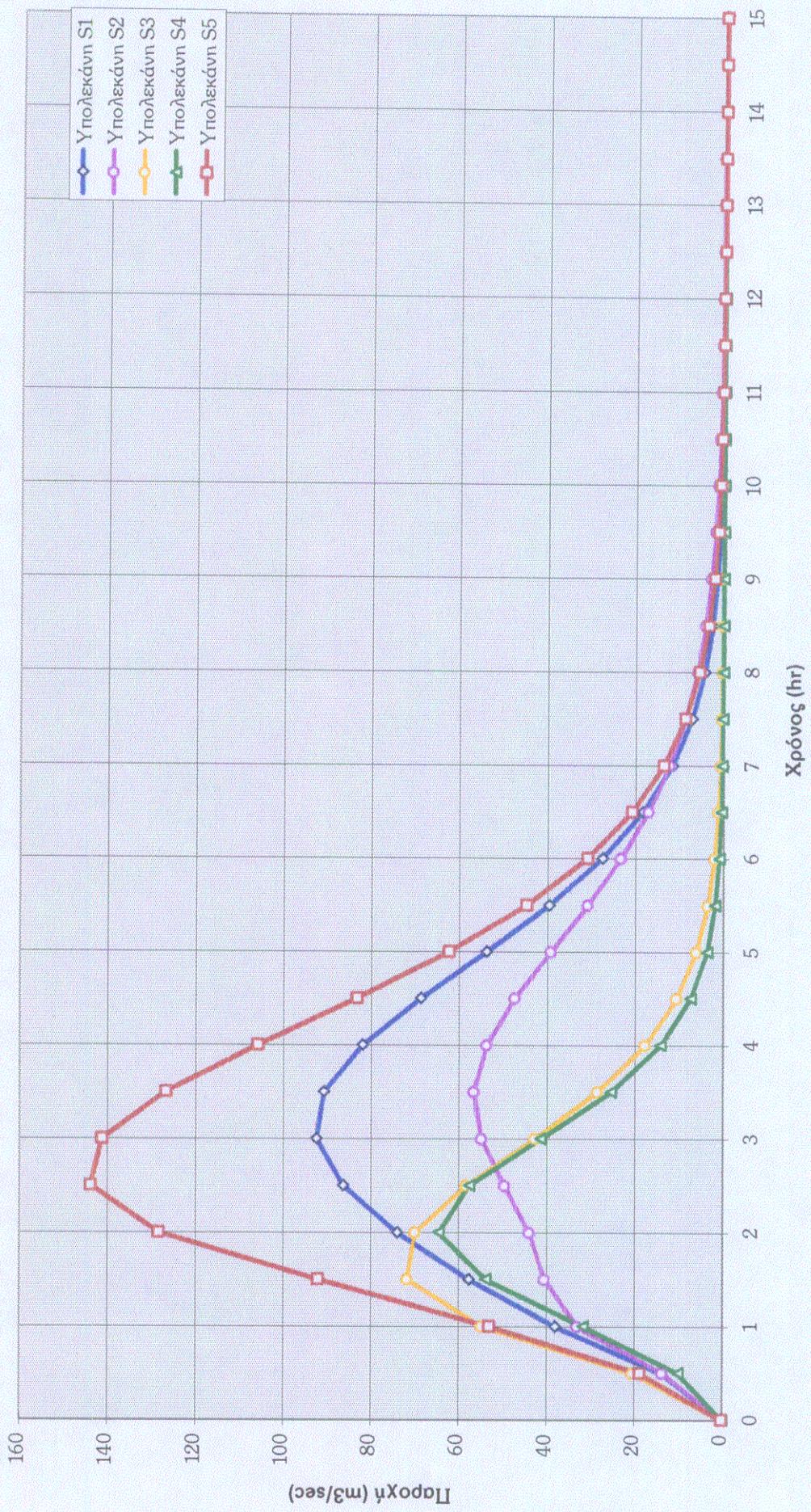
Μέρος 2ο. Μέθοδος Muskingum.

Μοναδιαία υδρογραφήματα μίας ώρας από το μοντέλο Muskingum.

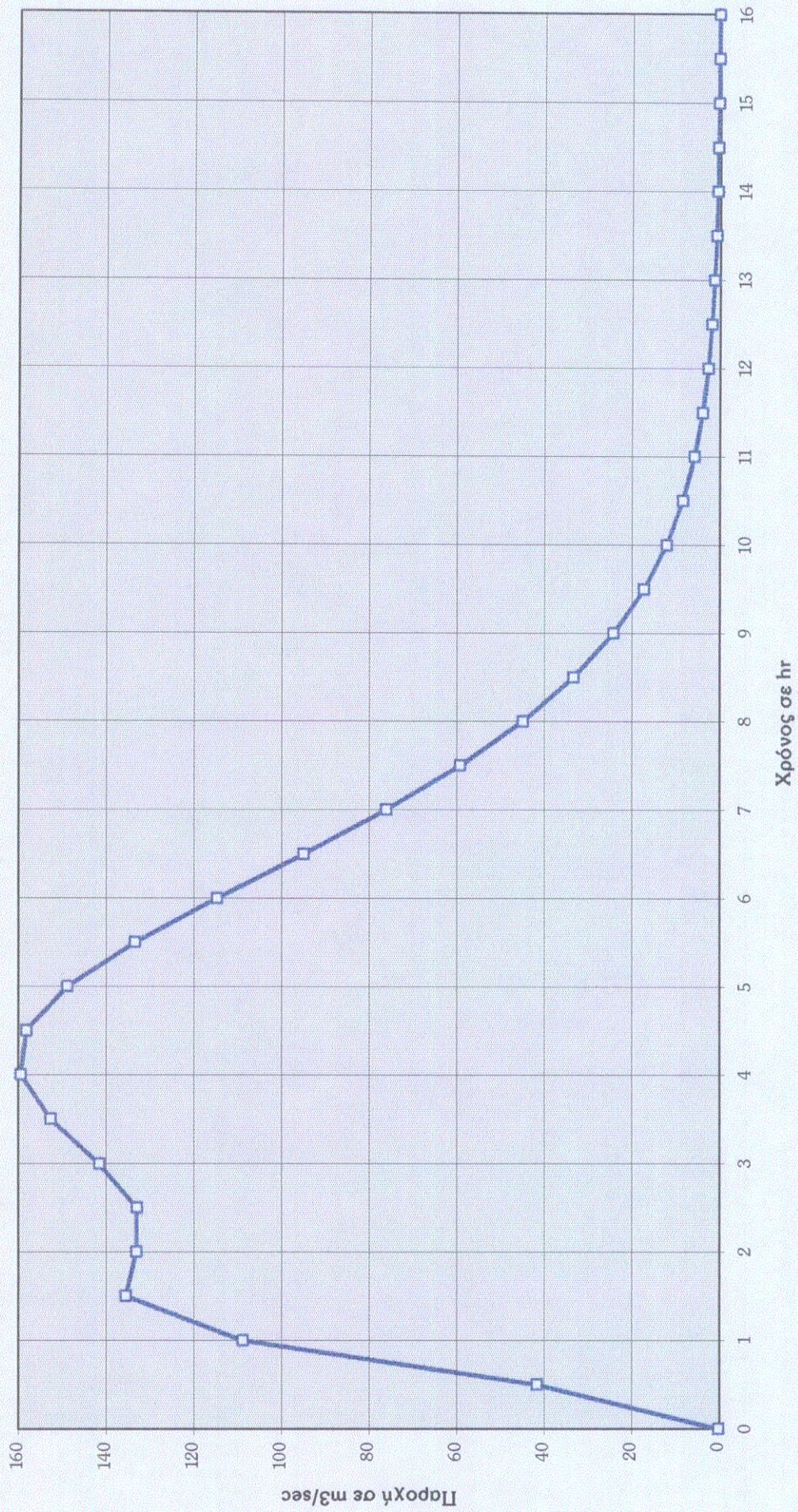
M.Y. στη δέση "Πόρος Ρηγανίου"



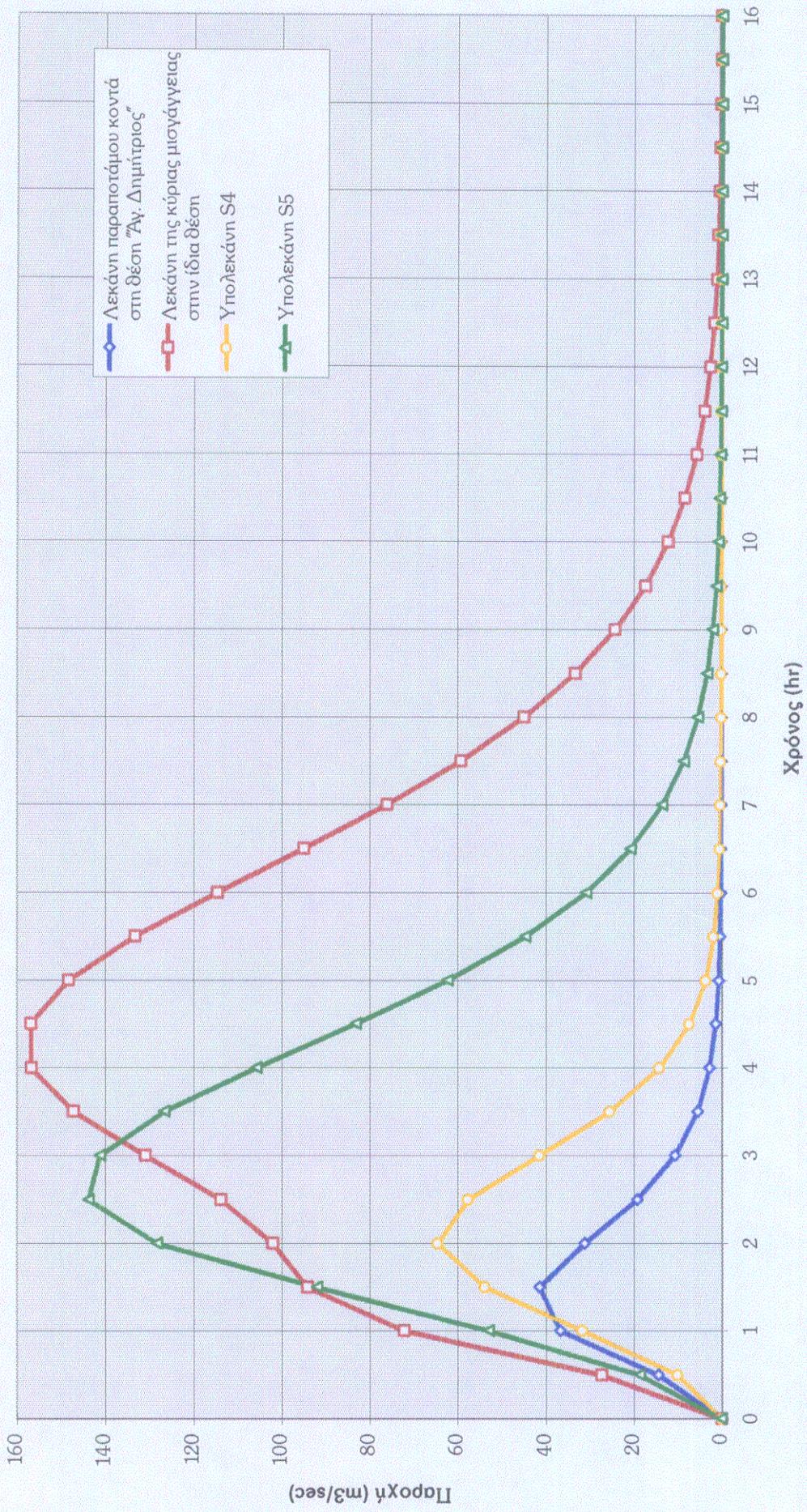
M.Y. σε δέσμεις ανάντη του "Πόρου Ρηγανίου"



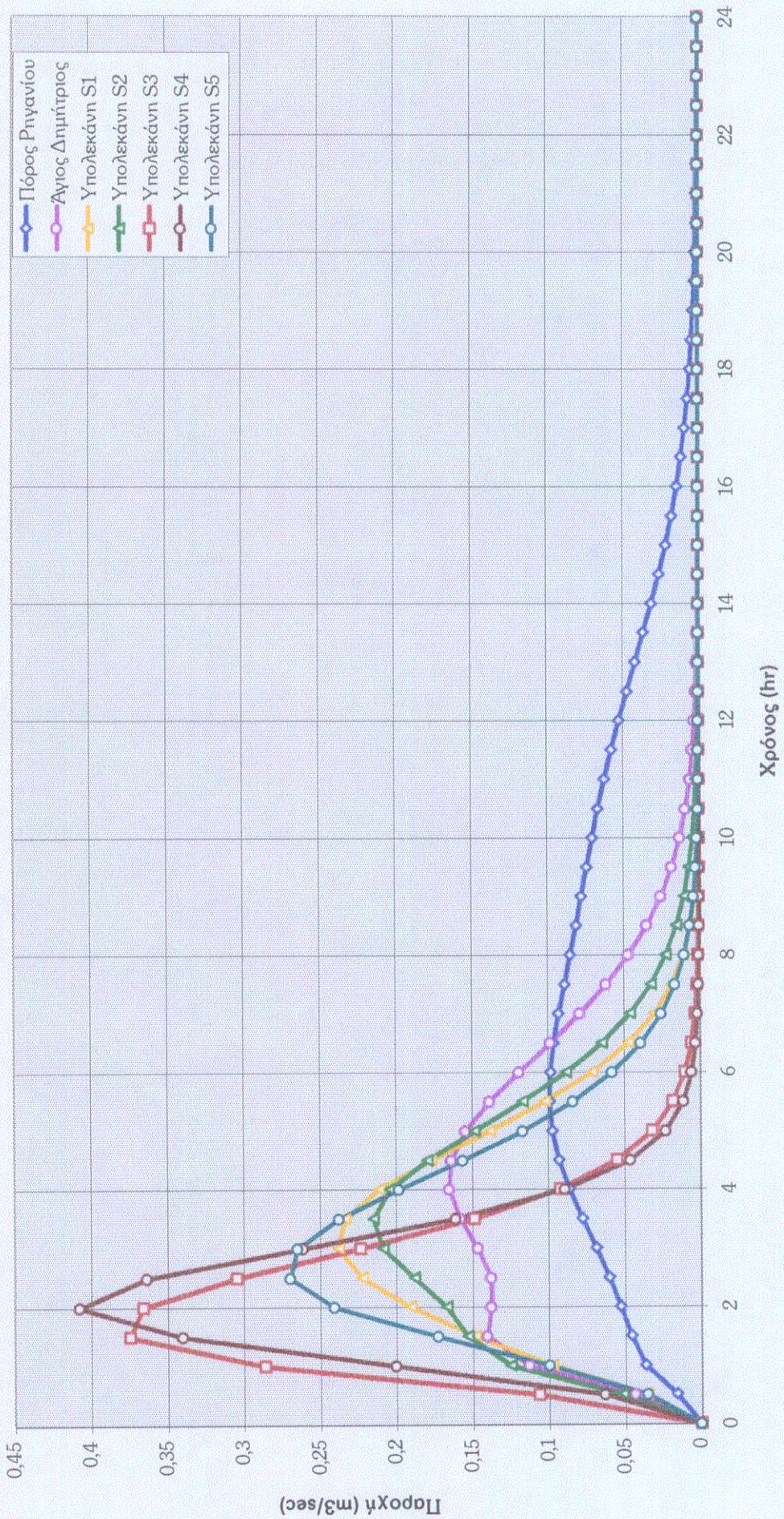
M.Y. στη δέση "Άγιος Δημήτριος"



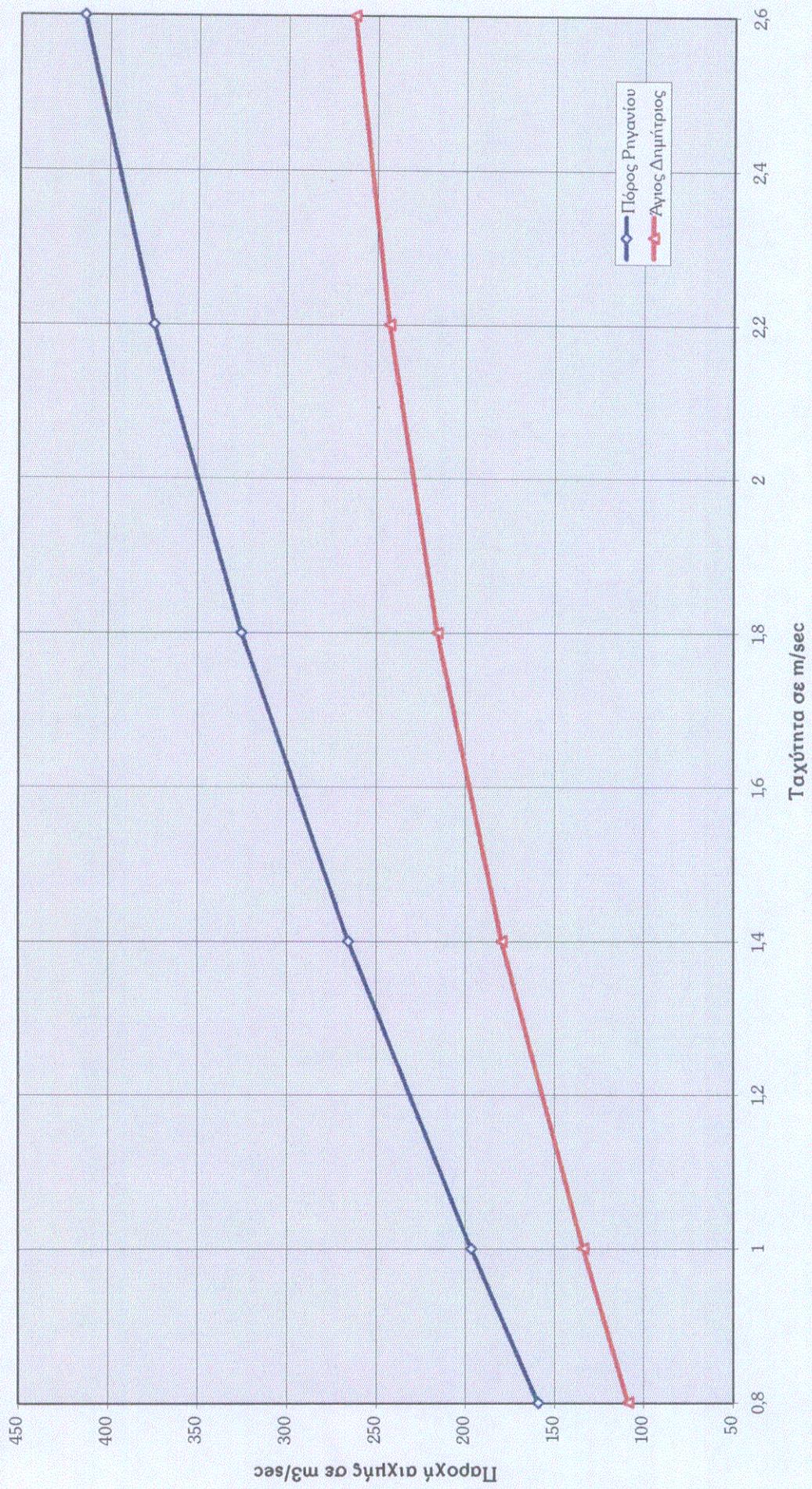
M.Y. ανάντη της θέσης "Άγιος Δημήτριος"



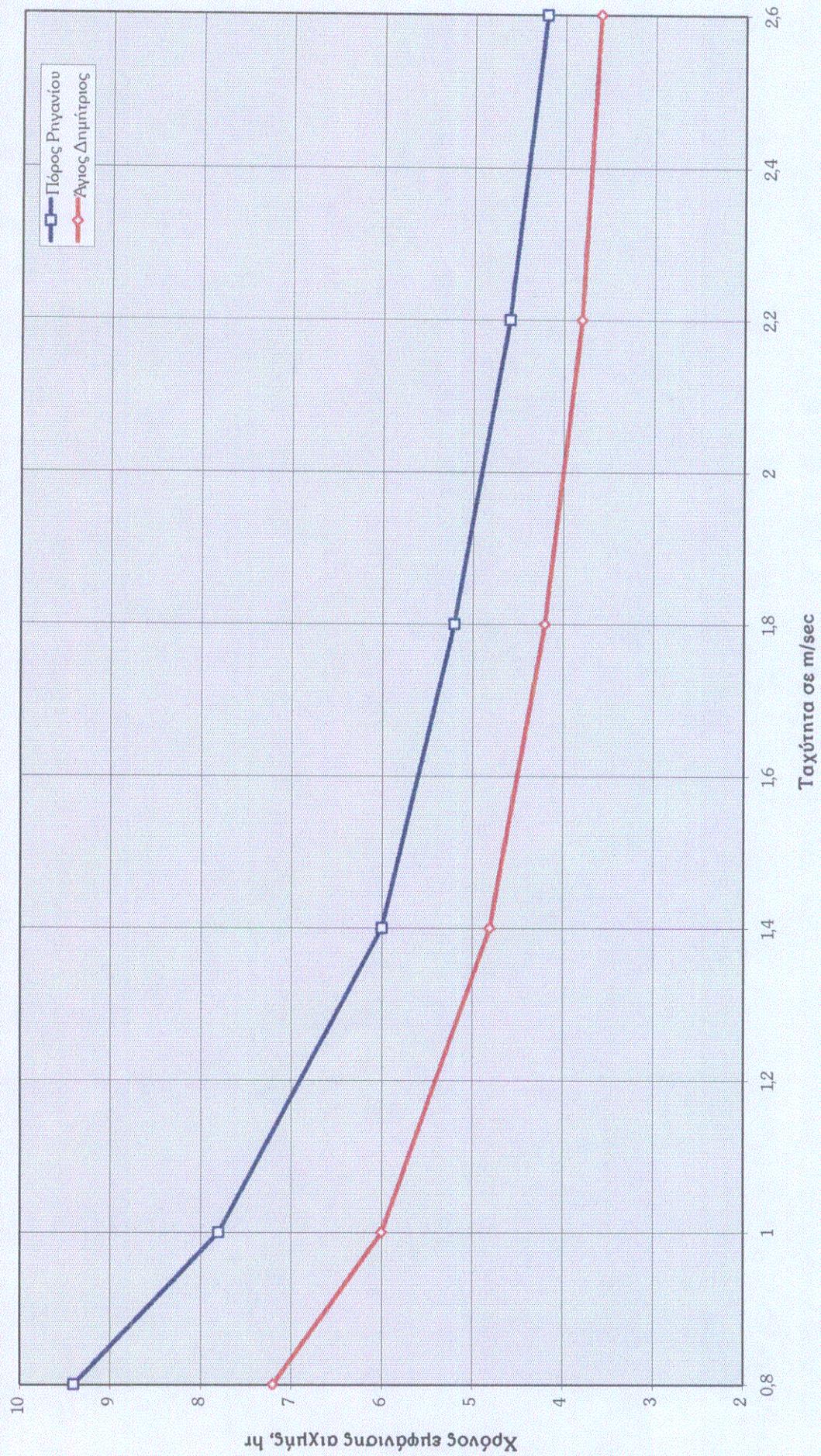
Αδιάστατη Μ.Υ. υπολεκανών ανάντη της δέσοντας "Πόρος Ρηγαφίου"



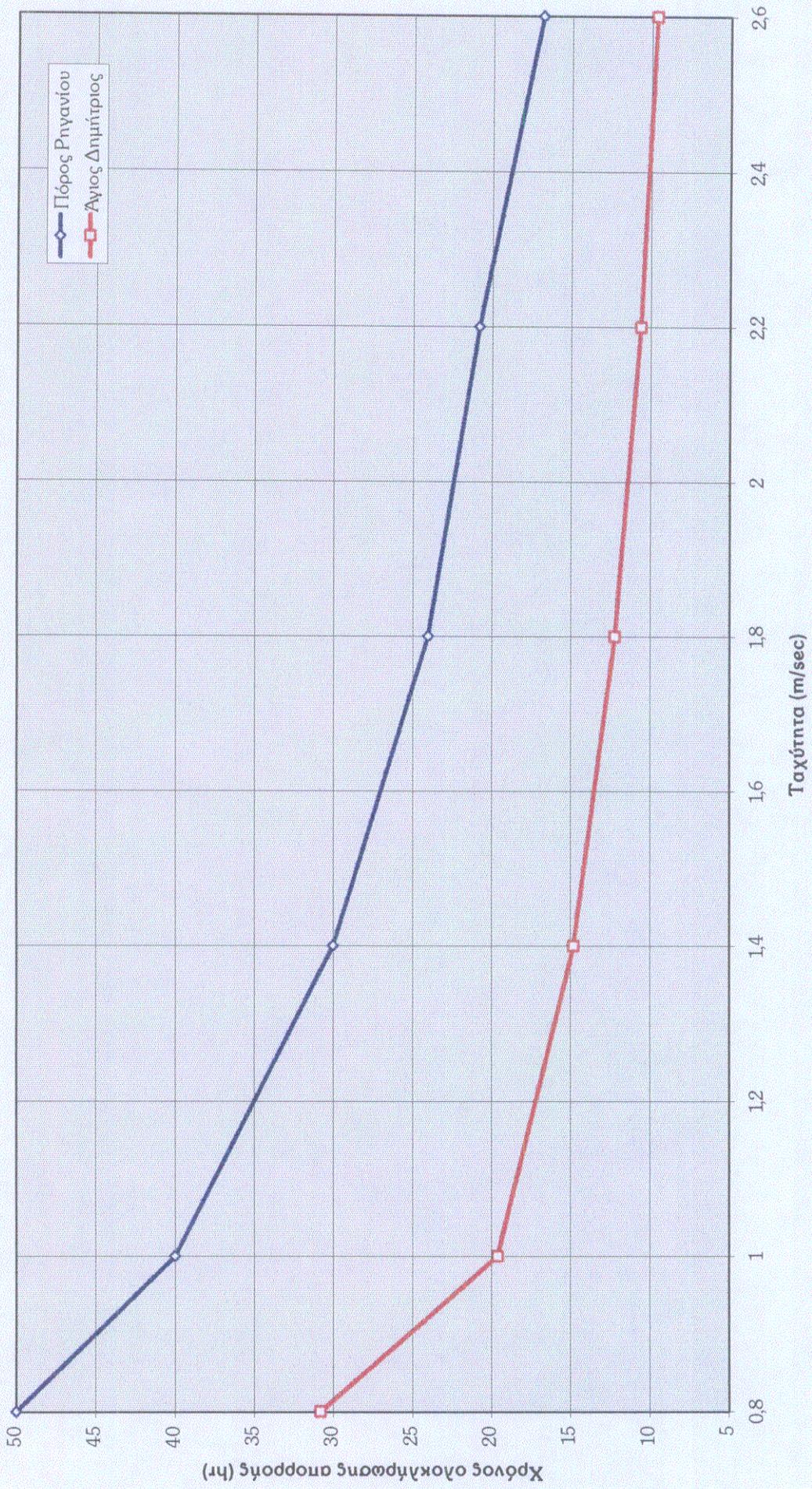
Ενασθοσία του μοντ. M22 ως προς την ταχύτητα



Ευαισθησία του μοντέλου M22 ως προς την ταχύτητα



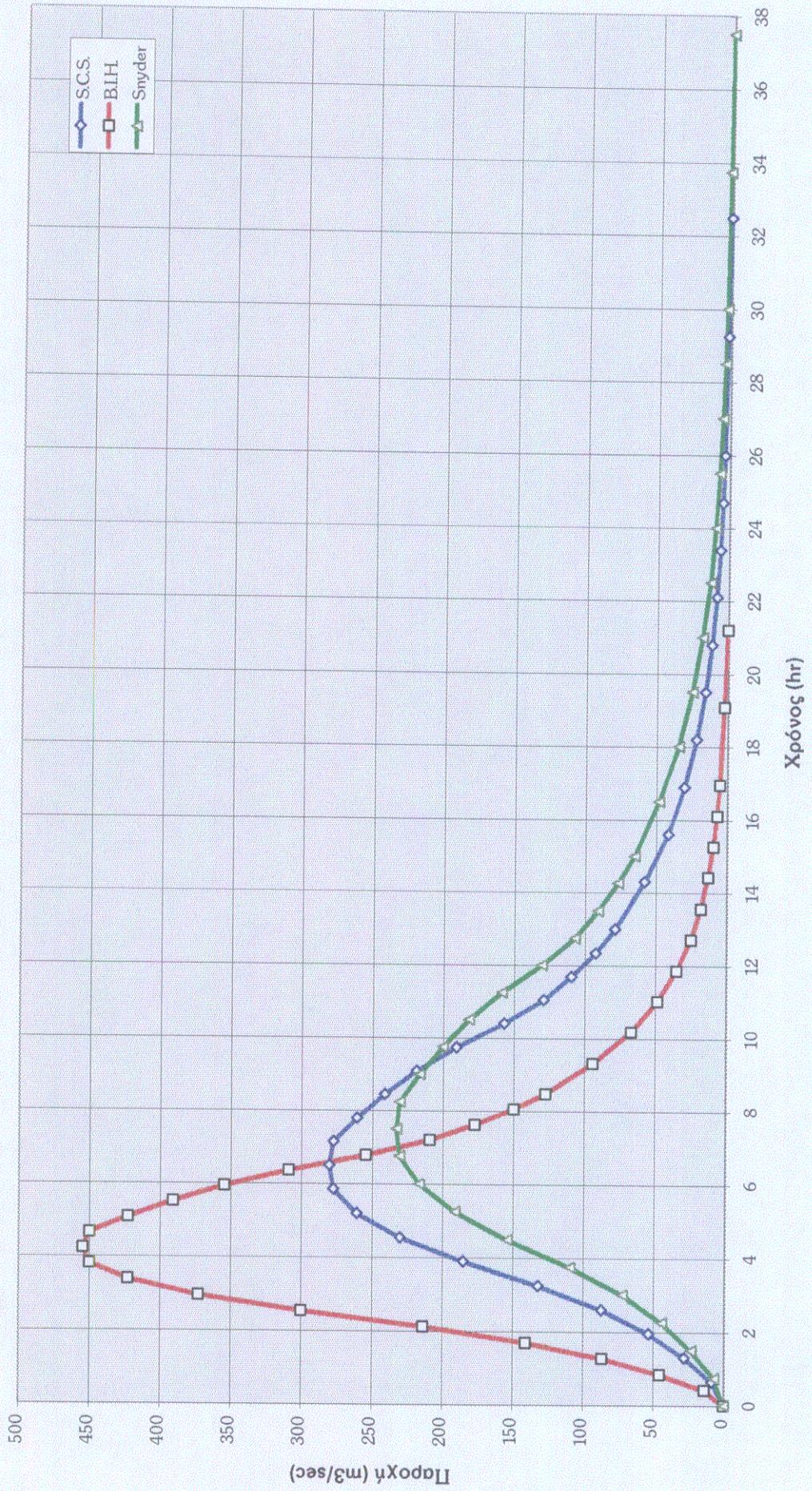
Ενασθοσία μωντ. M22 ως προς την ταχύτητα



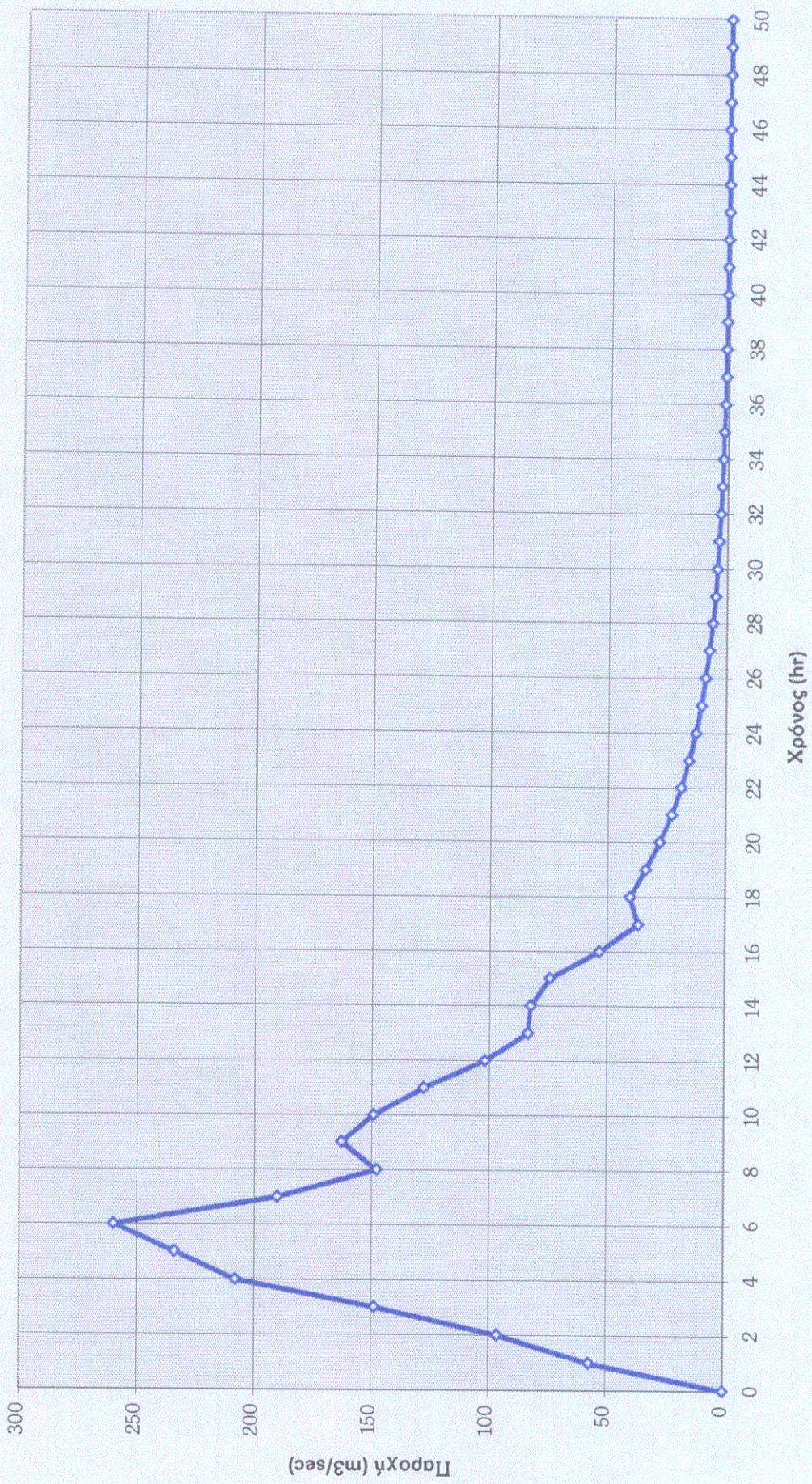
Μέρος 3ο. Συνδετικά Μ.Υ.

Μοναδιαία υδρογραφήματα μίας ώρας.

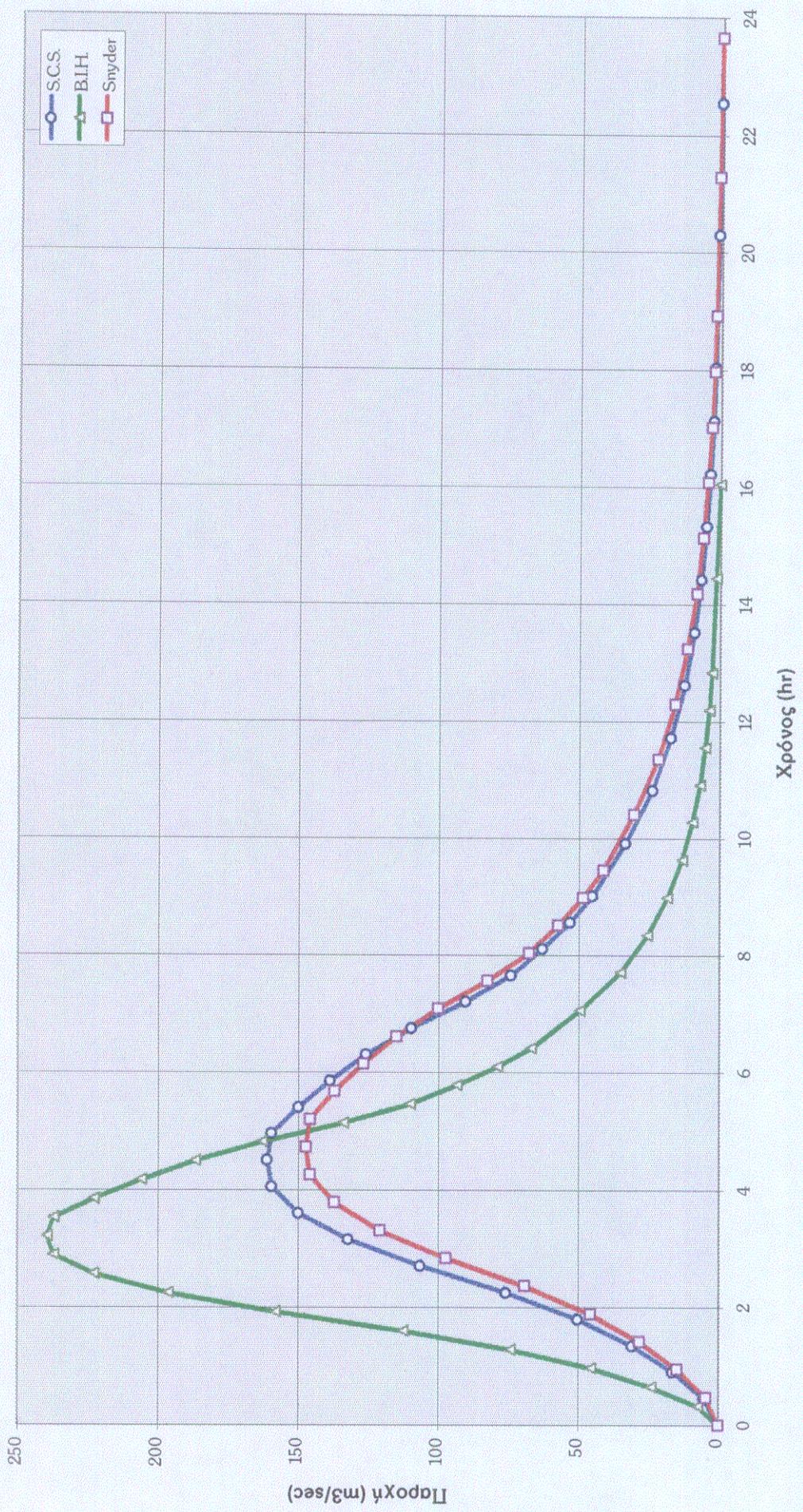
Συνθετικά Μ.Υ. στη δέση "Πόρος Ρηγανίου"



Μ.Υ. στη θέση Πόρος από μετρήσεις (Ναλυπάνης, 1994)



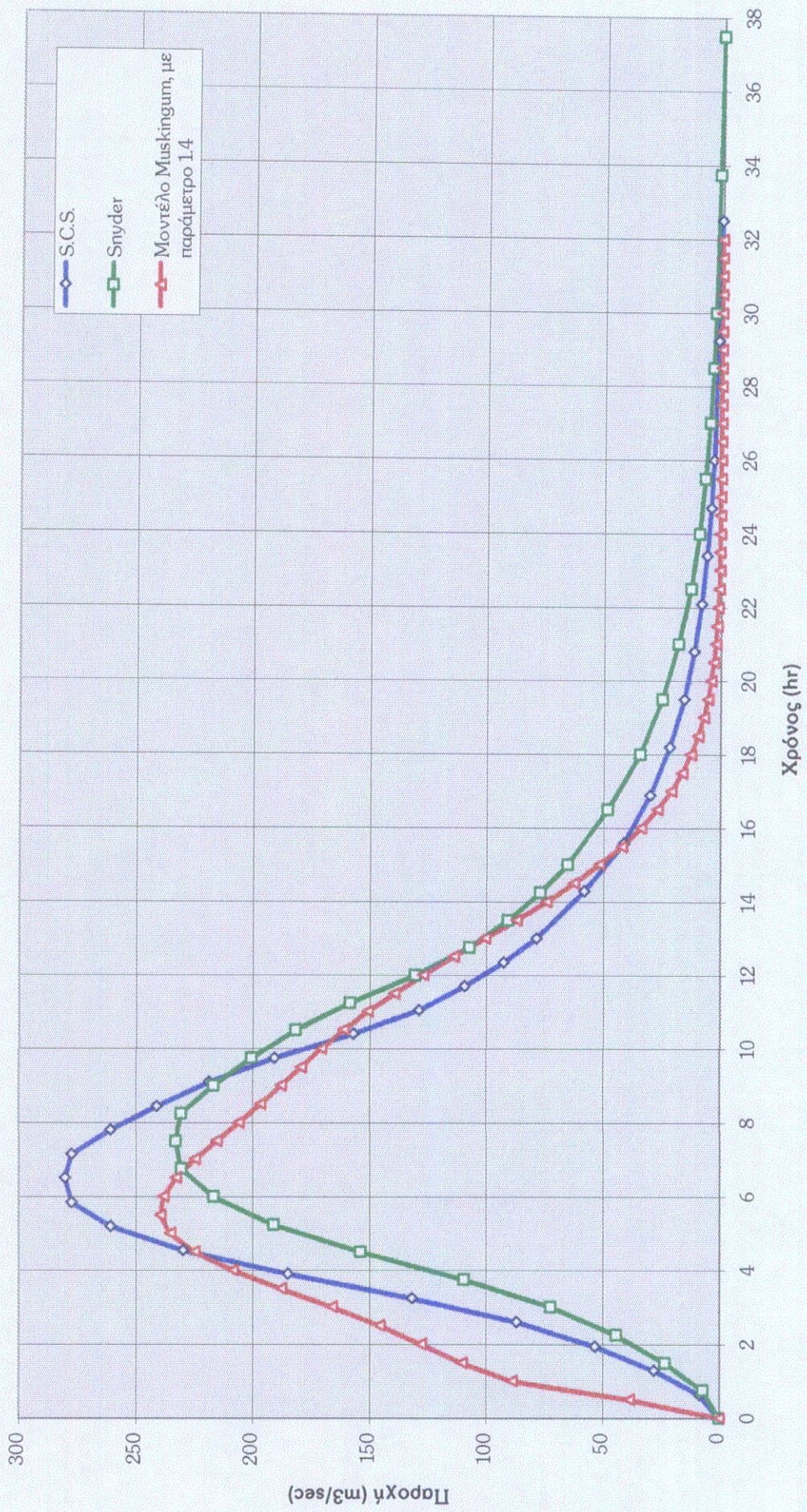
Συνθετικό Μ.Υ. στη δέση "Άγιος Δημήτριος"



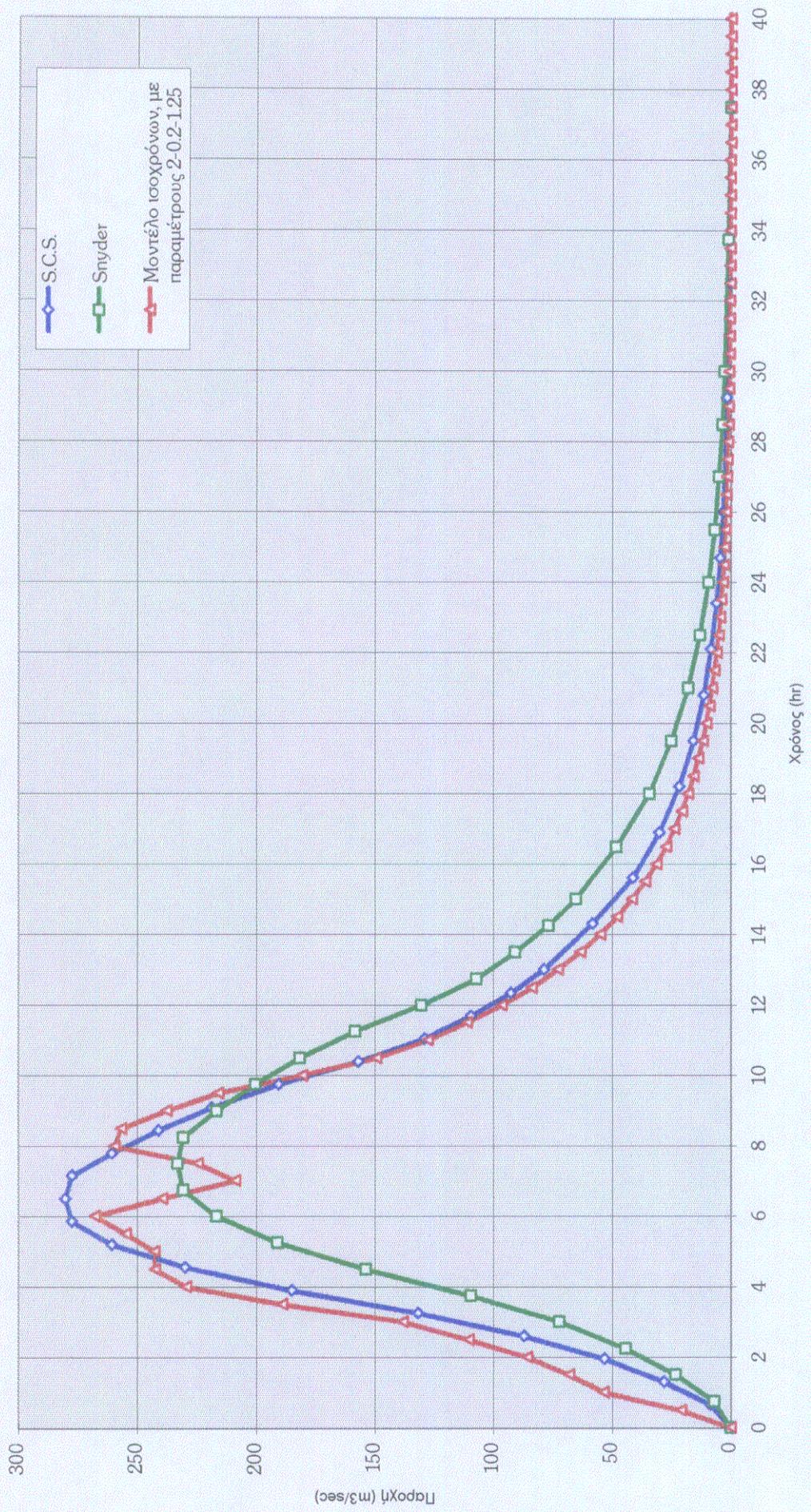
Μέρος 4ο. Συγκριτικά αποτελέσματα.

Μοναδιαία υδρογραφήματα μίας ώρας. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα και συγκρίσεις.

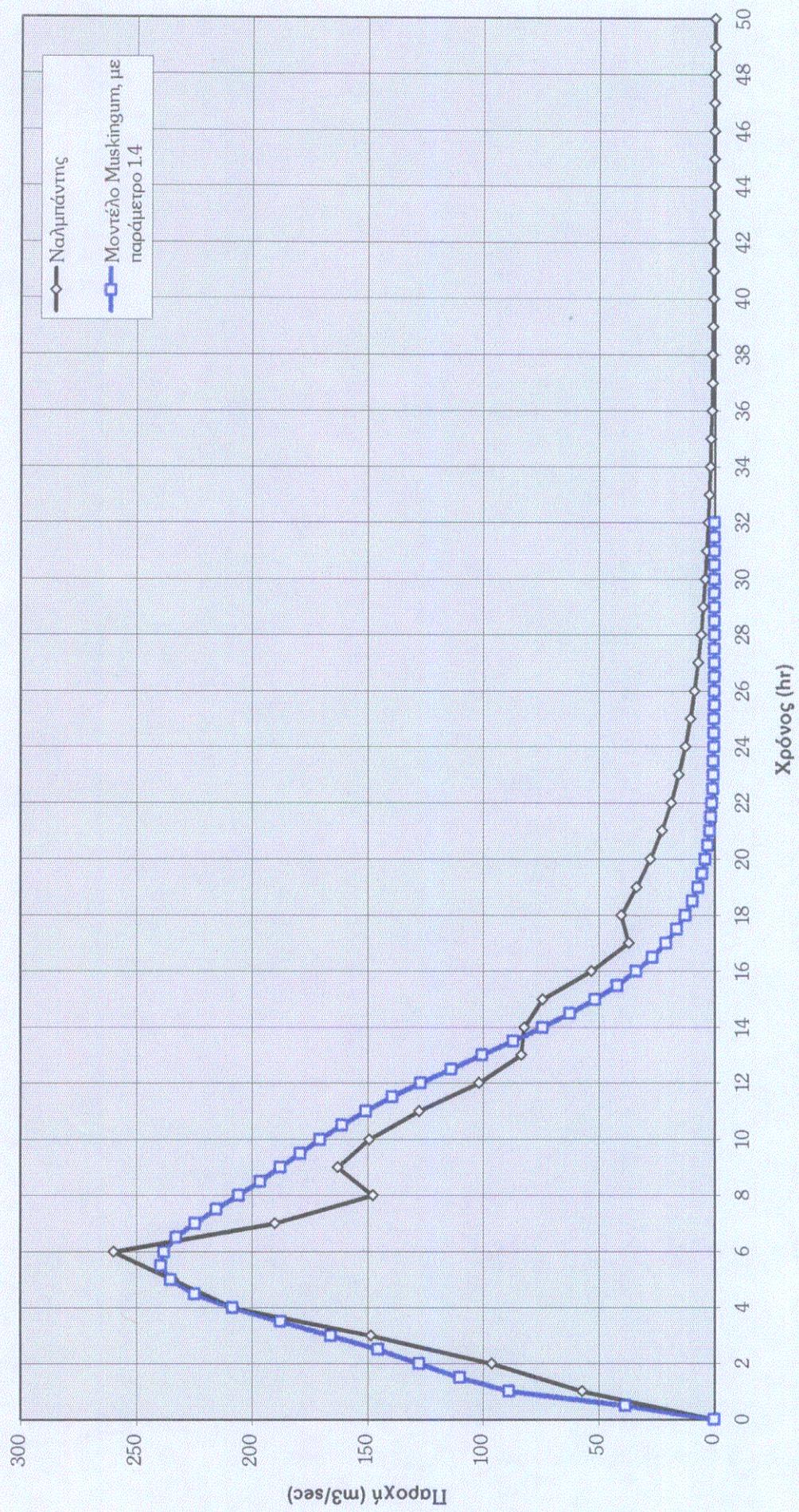
Μ.Υ. στη δέση "Πόρος Ρηγανίου"



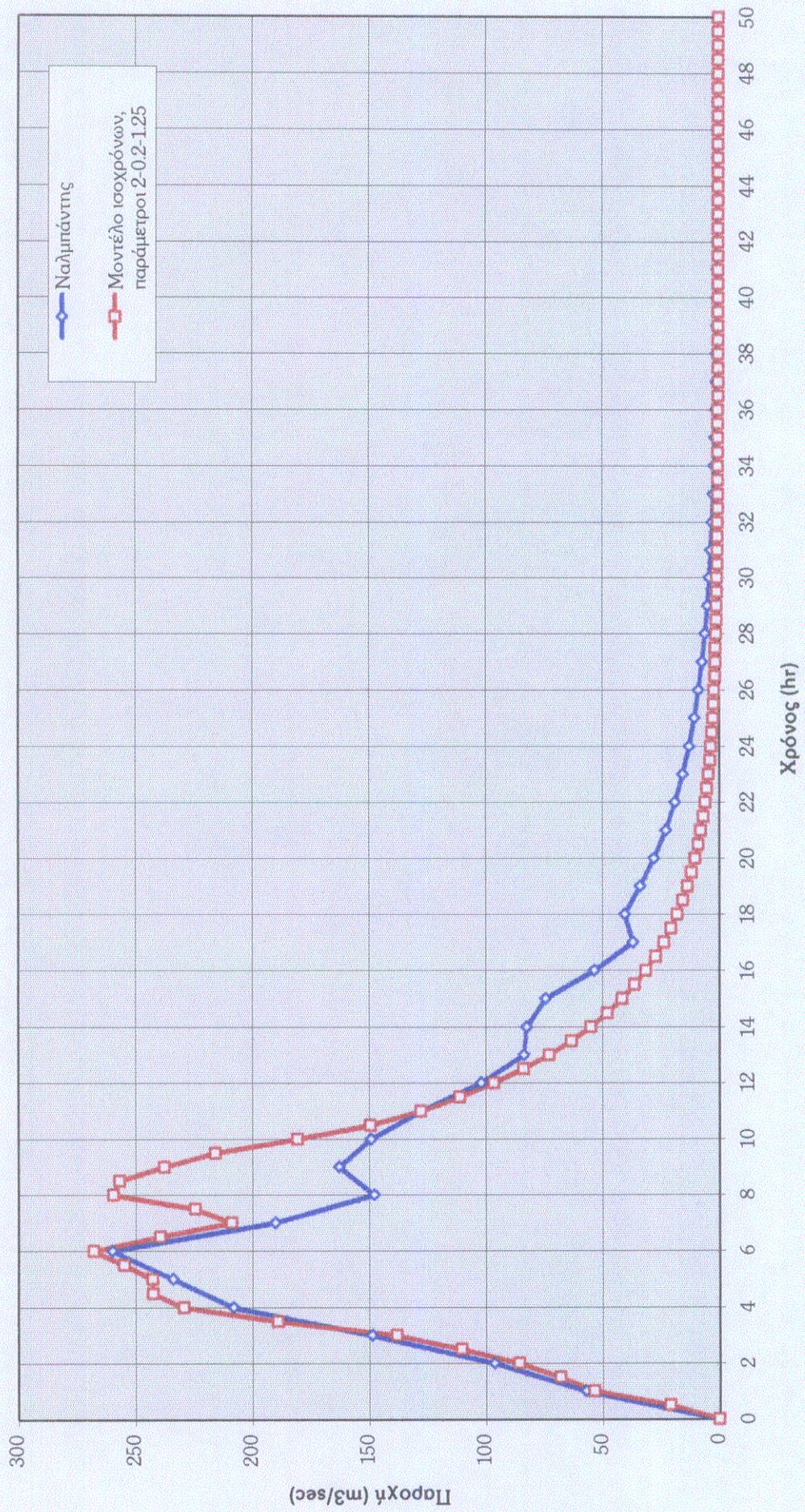
M.Y. στη δέση "Πύρος Ρηγανίου"



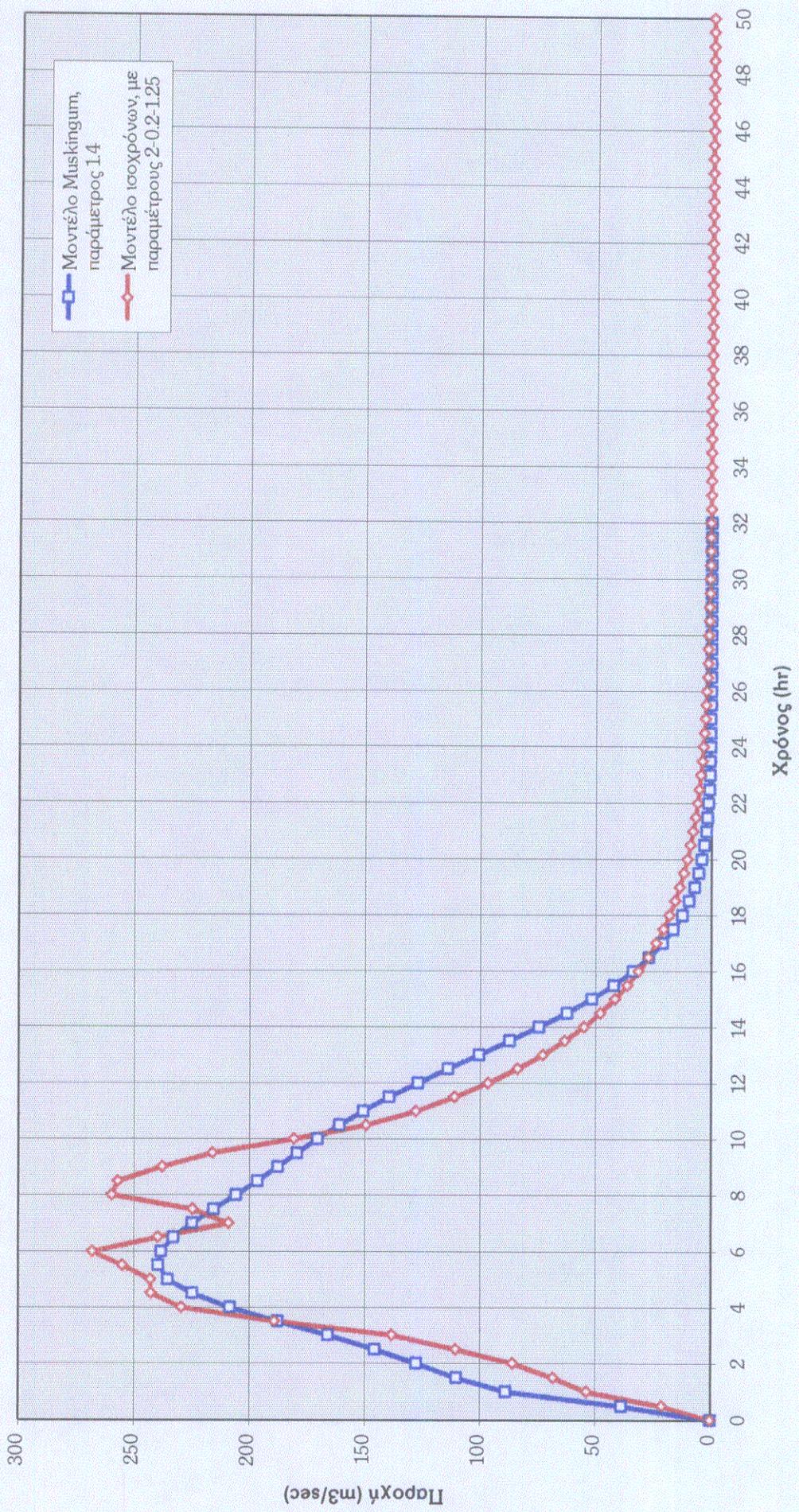
M.Y. στη δέση "Πύρος Ρηγανίου"



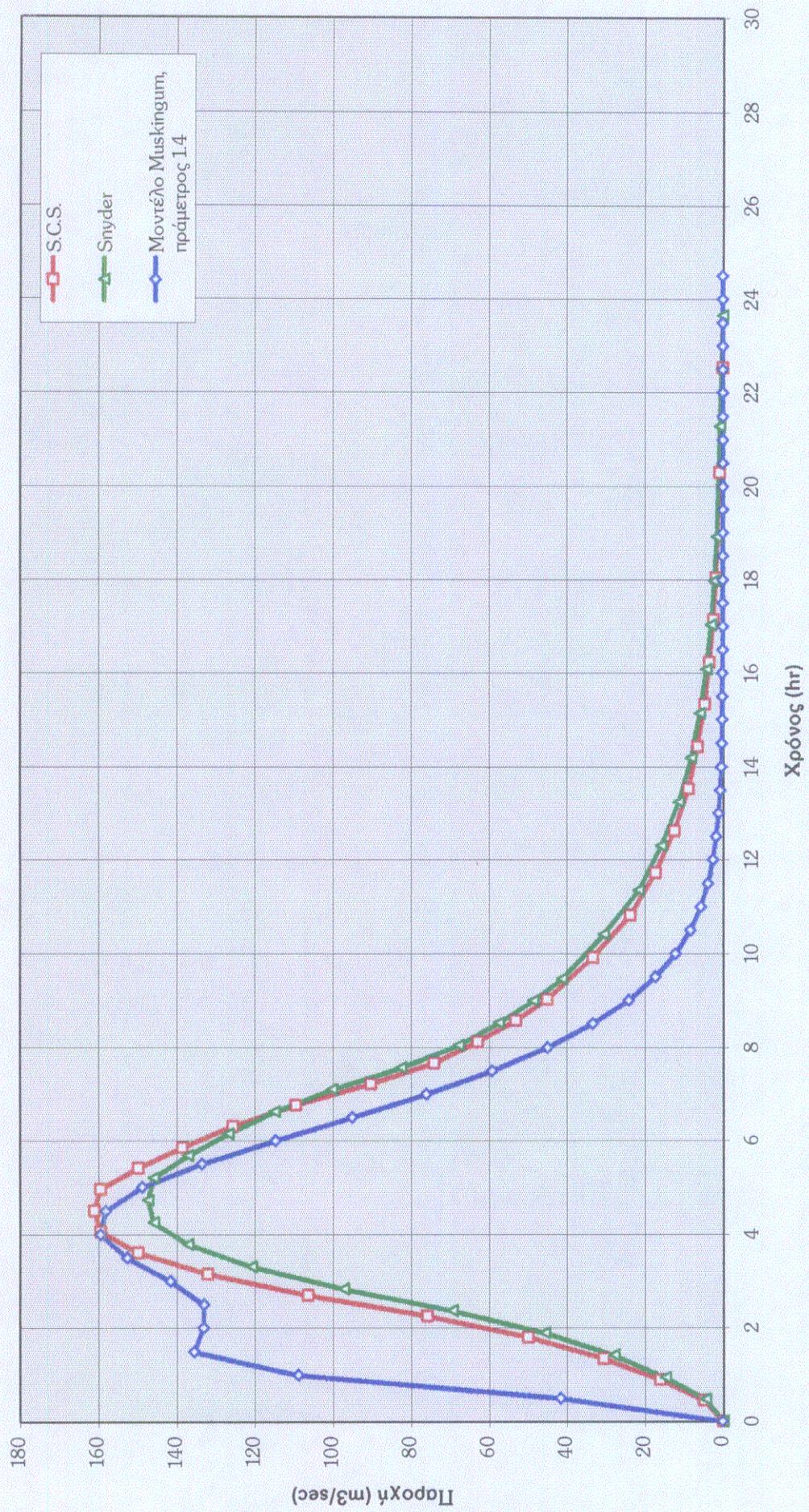
M.Y. στη θέση "Πόρος Ρηγανίου"



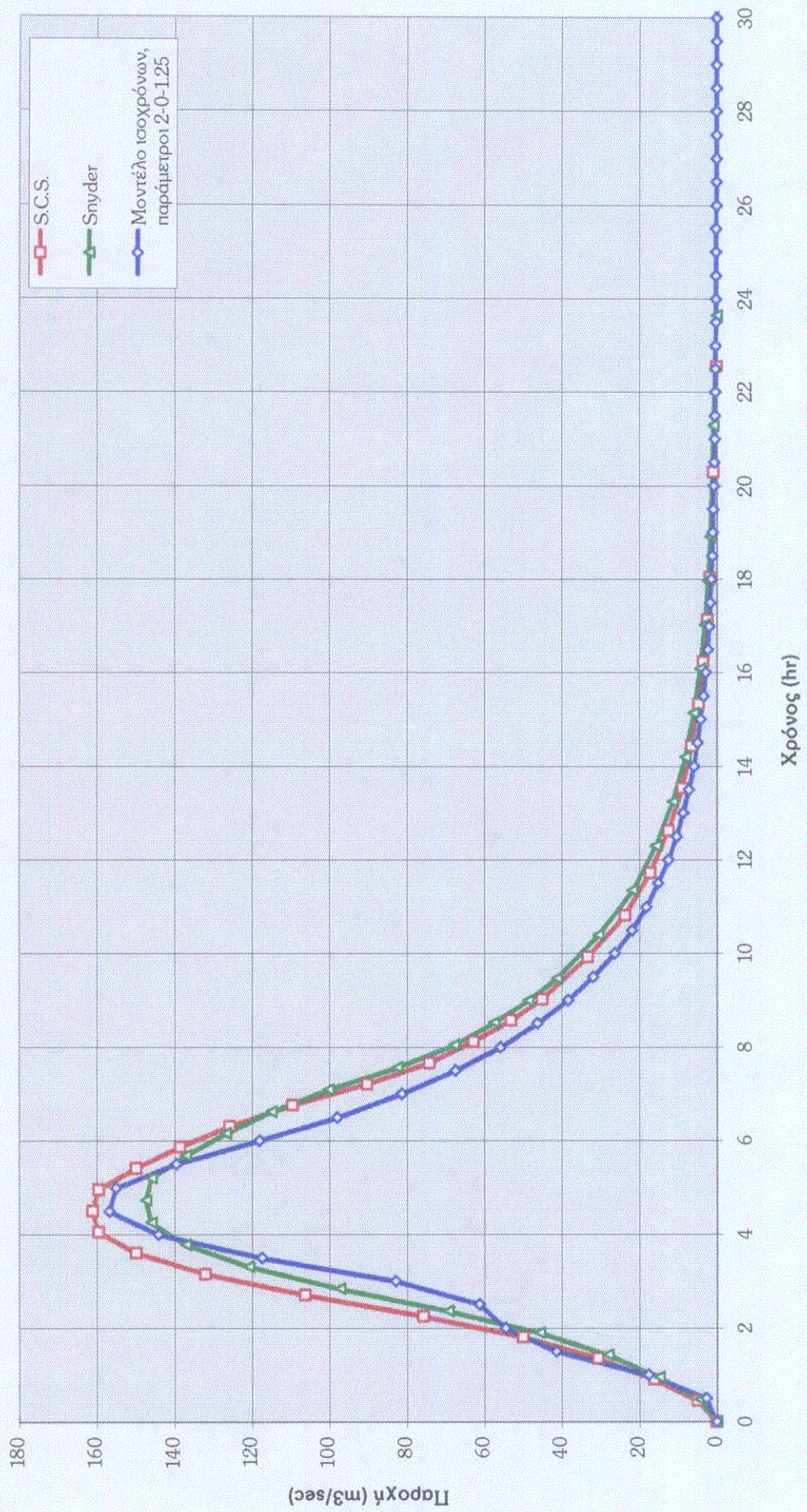
Μ.Υ. στη δέση "Πόρος Ρηγανίου"



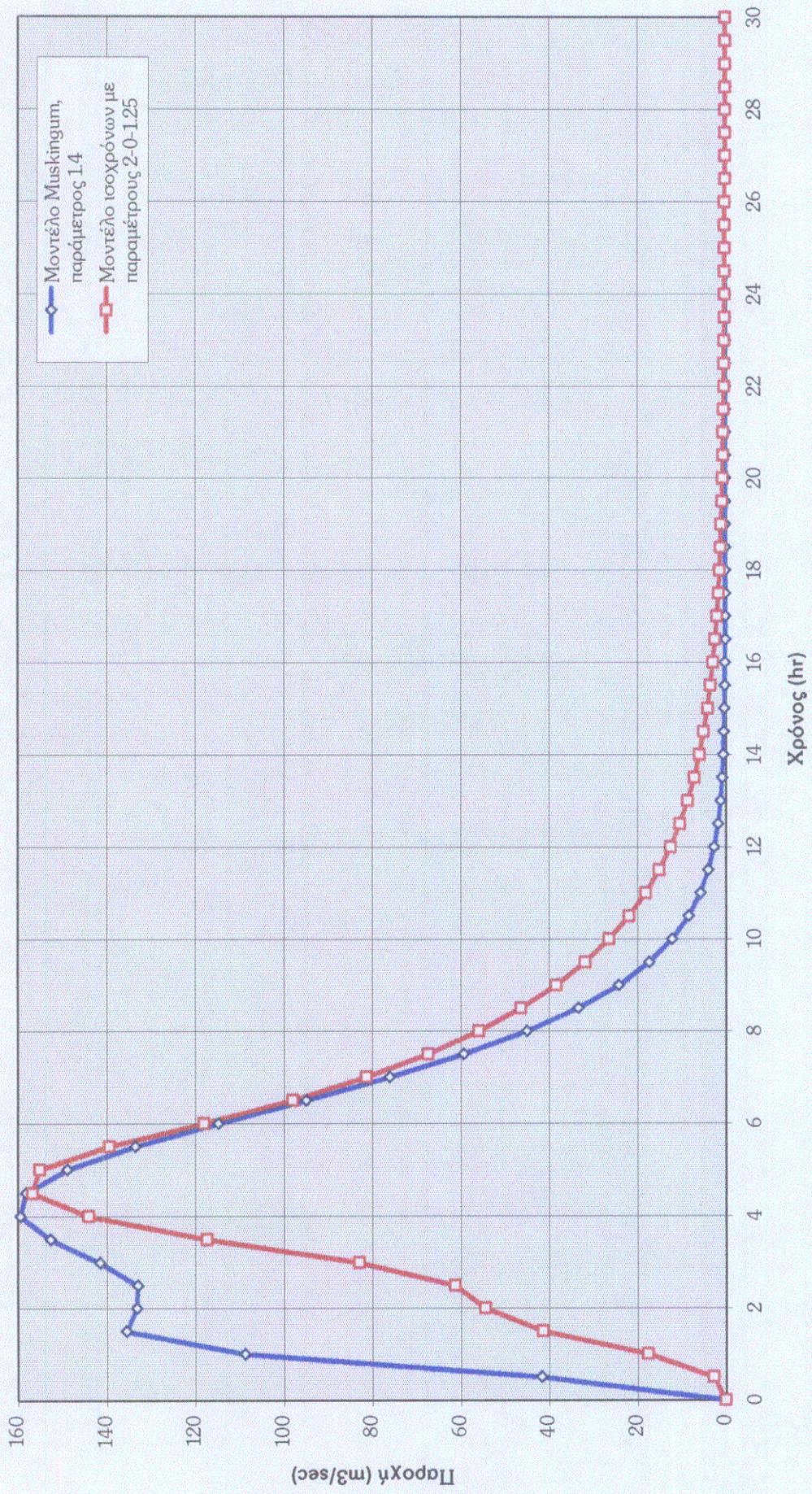
Μ.Υ. στη θέση "Άγιος Δημήτριος"



Μ.Υ. στη θέση "Άγιος Δημήτριος"



Μ.Υ. στη δέσμη "Άγιος Δημήτριος"



Μέρος 5ο. Πίνακες αποτελεσμάτων.

1. Υδρογραφήματα στη δέση "Πόρος Ρηγανίου".

- Συνδετικό υδρογράφημα μίας ώρας κατά S.C.S. Συμπλήρωση τεταγμένων από το λείο μοναδιαίο υδρογράφημα S.C.S.

t(hr)	Q(m ³ /sec)
0.00	0.00
0.65	8.41
1.30	28.02
1.95	53.24
2.60	86.87
3.25	131.70
3.90	184.94
4.55	229.77
5.20	260.60
5.85	277.41
6.50	280.21
7.15	277.41

7.80	260.60
8.45	240.98
9.10	218.56
9.75	190.54
10.40	156.92
11.05	128.90
11.70	109.28
12.35	92.47
13.00	78.46
14.30	58.00
15.60	41.19
16.90	29.98
18.20	21.58

19.50	15.41
20.80	11.21
22.10	8.13
23.40	5.88
24.70	4.20
26.00	3.08
29.25	1.40
32.50	0.00

$$\Sigma Q \Delta t = 8657094 \text{m}^3$$

- Συνδετικό υδρογράφημα μίας ώρας κατά το Βρεττανικό Ινστιτούτο Υδρολογίας. Συμπλήρωση τεταγμένων από το λείο μοναδιαίο υδρογράφημα S.C.S.

t(hr)	Q(m ³ /sec)
0.00	0.00
0.42	13.64
0.85	45.48
1.27	86.40
1.70	140.98
2.12	213.74
2.54	300.14
2.97	372.90
3.39	422.93
3.82	450.21
4.24	454.76
4.66	450.21

5.09	422.93
5.51	391.09
5.94	354.71
6.36	309.24
6.78	254.67
7.21	209.19
7.63	177.36
8.06	150.07
8.48	127.33
9.33	94.14
10.18	66.85
11.02	48.66
11.87	35.02

12.72	25.01
13.57	18.19
14.42	13.19
15.26	9.55
16.11	6.82
16.96	5.00
19.08	2.27
21.20	0.00

$$\Sigma Q \Delta t = 9164805 \text{m}^3$$

- Συνδετικό υδρογράφημα μίας ώρας κατά Snyder. Συμπλήρωση τεταγμένων από το λείο μοναδιαίο υδρογράφημα S.C.S.

t(hr)	Q(m ³ /sec)
0.00	0.00
0.75	6.99
1.50	23.30
2.25	44.27
3.00	72.22
3.75	109.50
4.50	153.77
5.25	191.04
6.00	216.67
6.75	230.65
7.50	232.98
8.25	230.65
9.00	216.67

9.75	200.36
10.50	181.72
11.25	158.43
12.00	130.47
12.75	107.17
13.50	90.86
14.25	76.88
15.00	65.23
16.50	48.23
18.00	34.25
19.50	24.93
21.00	17.94
22.50	12.81
24.00	9.32

25.50	6.76
27.00	4.89
28.50	3.49
30.00	2.56
33.75	1.16
37.50	0.00

$$\Sigma Q \Delta t = 8305294 \text{ m}^3$$

- Μοναδιαίο υδρογράφημα μίας ώρας, από μετρήσεις (Ναλμπάντης, 1994)

t(hr)	Q(m ³ /sec)
0.00	0.00
1.00	57.05
2.00	96.23
3.00	148.67
4.00	207.99
5.00	233.96
6.00	259.83
7.00	190.00
8.00	147.69
9.00	162.82
10.00	149.21
11.00	127.80
12.00	101.78
13.00	83.51
14.00	82.30
15.00	74.33
16.00	53.29
17.00	36.89
18.00	40.21

19.00	33.64
20.00	27.65
21.00	22.72
22.00	18.69
23.00	15.36
24.00	12.62
25.00	10.37
26.00	8.53
27.00	7.01
28.00	5.77
29.00	4.73
30.00	3.90
31.00	3.20
32.00	2.64
33.00	2.17
34.00	1.78
35.00	1.46
36.00	1.20
37.00	0.98
38.00	0.82

39.00	0.67
40.00	0.55
41.00	0.45
42.00	0.37
43.00	0.31
44.00	0.25
45.00	0.21
46.00	0.17
47.00	0.14
48.00	0.11
49.00	0.09
50.00	0.00

$$\Sigma Q \Delta t = 8791991 \text{ m}^3$$

- Μοναδιαίο υδρογράφημα από το 1ο μοντέλο (μέθοδος ισοχρόνων) με τη βοήθεια του G.I.S. Μοντέλο evi.aml (Χρονικό διάστημα 600sec, Ταχύτητα 2.0 m/sec, Παράμετροι διόδευσης $\chi=0.2$ και Ταχύτητα 1.25 m/sec)

t(hr)	Q(m ³ /sec)
0,00	0,00
0,50	20,93
1,00	53,42
1,50	68,08
2,00	85,60
2,50	110,32
3,00	138,18
3,50	188,98
4,00	229,31
4,50	242,53
5,00	242,65
5,50	254,86
6,00	267,78
6,50	239,44
7,00	208,78
7,50	224,43
8,00	259,44
8,50	256,81
9,00	237,60
9,50	215,91
10,00	180,51
10,50	149,33
11,00	127,72
11,50	110,96
12,00	96,40
12,50	83,75
13,00	72,76
13,50	63,22
14,00	54,92
14,50	47,72
15,00	41,45
15,50	36,02
16,00	31,29
16,50	27,18
17,00	23,62
17,50	20,52

18,00	17,83
18,50	15,49
19,00	13,46
19,50	11,69
20,00	10,16
20,50	8,82
21,00	7,67
21,50	6,66
22,00	5,79
22,50	5,03
23,00	4,37
23,50	3,79
24,00	3,30
24,50	2,86
25,00	2,49
25,50	2,16
26,00	1,88
26,50	1,63
27,00	1,42
27,50	1,23
28,00	1,07
28,50	0,93
29,00	0,81
29,50	0,70
30,00	0,61
30,50	0,53
31,00	0,46
31,50	0,40
32,00	0,35
32,50	0,30
33,00	0,26
33,50	0,23
34,00	0,20
34,50	0,17
35,00	0,15
35,50	0,13
36,00	0,11

36,50	0,10
37,00	0,09
37,50	0,07
38,00	0,06
38,50	0,06
39,00	0,05
39,50	0,04
40,00	0,04
40,50	0,03
41,00	0,03
41,50	0,02
42,00	0,02
42,50	0,02
43,00	0,02
43,50	0,01
44,00	0,01
44,50	0,01
45,00	0,01
45,50	0,01
46,00	0,01
46,50	0,01
47,00	0,01
47,50	0,00

$$\Sigma Q \Delta t = 8726876 \text{m}^3$$

- Μοναδιαίο υδρογράφημα από το 2ο μοντέλο (μέθοδος Muskingum), με τη βοήθεια του G.I.S. Μοντέλο M22 (Χρονικό θύμα 30sec, Παράμετρος $\chi=0$, Ταχύτητα 1.4m/sec)

t(hr)	Q(m ³ /sec)
0.00	0.00
0.50	38.56
1.00	88.73
1.50	110.05
2.00	127.61
2.50	145.57
3.00	165.87
3.50	187.73
4.00	208.34
4.50	224.73
5.00	235.16
5.50	239.37
6.00	238.12
6.50	232.74
7.00	224.70
7.50	215.37
8.00	205.78
8.50	196.52
9.00	187.73
9.50	179.19
10.00	170.46
10.50	161.10
11.00	150.77

11.50	139.35
12.00	126.95
12.50	113.84
13.00	100.42
13.50	87.12
14.00	74.34
14.50	62.43
15.00	51.62
15.50	42.06
16.00	33.79
16.50	26.79
17.00	20.98
17.50	16.23
18.00	12.43
18.50	9.42
19.00	7.07
19.50	5.26
20.00	3.88
20.50	2.84
21.00	2.06
21.50	1.49
22.00	1.07
22.50	0.76
23.00	0.54

23.50	0.38
24.00	0.27
24.50	0.19
25.00	0.13
25.50	0.09
26.00	0.06
26.50	0.04
27.00	0.03
27.50	0.02
28.00	0.01
28.50	0.01
29.00	0.01
29.50	0.00

$$\Sigma Q \Delta t = 8780736 \text{ m}^3$$

2. Υδρογραφήματα μίας ώρας στη δέση "Άγιος Δημήτριος"

- Συνδετικό υδρογράφημα μίας ώρας κατά S.C.S.. Συμπλήρωση τεταγμένων από το λείο μοναδιαίο υδρογράφημα S.C.S.

t(hr)	Q(m ³ /sec)
0.00	0.00
0.45	4.83
0.90	16.11
1.35	30.61
1.80	49.93
2.26	75.71
2.71	106.31
3.16	132.09
3.61	149.80
4.06	159.47
4.51	161.08
4.96	159.47

5.41	149.80
5.86	138.53
6.31	125.64
6.77	109.53
7.22	90.20
7.67	74.10
8.12	62.82
8.57	53.16
9.02	45.10
9.92	33.34
10.82	23.68
11.73	17.24
12.63	12.40

13.53	8.86
14.43	6.44
15.33	4.67
16.24	3.38
17.14	2.42
18.04	1.77
20.30	0.81
22.55	0.00

$$\Sigma Q \Delta t = 3452974 \text{ m}^3$$

- Συνδετικό υδρογράφημα μίας ώρας κατά το Βρεττανικό Ινστιτούτο Υδρολογίας.
Συμπλήρωση τεταγμένων από το λείο μοναδιαίο υδρογράφημα S.C.S.

t(hr)	Q(m ³ /sec)
0.00	0.00
0.32	7.19
0.64	23.95
0.96	45.51
1.28	74.26
1.61	112.58
1.93	158.10
2.25	196.42
2.57	222.77
2.89	237.14
3.21	239.54
3.53	237.14
3.85	222.77

4.17	206.00
4.49	186.84
4.82	162.89
5.14	134.14
5.46	110.19
5.78	93.42
6.10	79.05
6.42	67.07
7.06	49.58
7.70	35.21
8.35	25.63
8.99	18.44
9.63	13.17
10.27	9.58

10.91	6.95
11.56	5.03
12.20	3.59
12.84	2.63
14.45	1.20
16.05	0.00

$$\Sigma Q \Delta t = 3654754 \text{m}^3$$

- Συνδετικό υδρογράφημα μίας ώρας κατά το Snyder. Συμπλήρωση τεταγμένων από το λείο μοναδιαίο υδρογράφημα S.C.S.

t(hr)	Q(m ³ /sec)
0.00	0.00
0.47	4.42
0.95	14.74
1.42	28.00
1.89	45.68
2.37	69.26
2.84	97.26
3.31	120.84
3.78	137.05
4.26	145.90
4.73	147.37
5.20	145.90
5.68	137.05

6.15	126.74
6.62	114.95
7.10	100.21
7.57	82.53
8.04	67.79
8.51	57.47
8.99	48.63
9.46	41.26
10.41	30.51
11.35	21.66
12.30	15.77
13.24	11.35
14.19	8.11
15.14	5.89

16.08	4.27
17.03	3.09
17.97	2.21
18.92	1.62
21.29	0.74
23.65	0.00

$$\Sigma Q \Delta t = 3313182 \text{m}^3$$

- Μοναδιαίο υδρογράφημα από το 1ο μοντέλο (μέθοδος ισοχρόνων) με τη βοήθεια του G.I.S. Μοντέλο evi.aml (Χρονικό δίγμα 600sec, Ταχύτητα 2.0 m/sec, Παράμετροι διόδευσης $\chi=0$ και Ταχύτητα 1.25 m/sec)

t(hr)	Q(m³/sec)
0,00	0,00
0,50	2,68
1,00	17,63
1,50	41,35
2,00	54,48
2,50	61,19
3,00	82,92
3,50	117,34
4,00	144,10
4,50	156,74
5,00	155,08
5,50	139,36
6,00	118,03
6,50	97,99
7,00	81,23
7,50	67,34
8,00	55,82
8,50	46,28
9,00	38,36
9,50	31,80
10,00	26,36
10,50	21,85
11,00	18,12
11,50	15,02
12,00	12,45
12,50	10,32

13,00	8,56
13,50	7,09
14,00	5,88
14,50	4,87
15,00	4,04
15,50	3,35
16,00	2,78
16,50	2,30
17,00	1,91
17,50	1,58
18,00	1,31
18,50	1,09
19,00	0,90
19,50	0,75
20,00	0,62
20,50	0,51
21,00	0,43
21,50	0,35
22,00	0,29
22,50	0,24
23,00	0,20
23,50	0,17
24,00	0,14
24,50	0,11
25,00	0,09
25,50	0,08
26,00	0,07

26,50	0,05
27,00	0,04
27,50	0,04
28,00	0,03
28,50	0,03
29,00	0,02
29,50	0,02
30,00	0,01
30,50	0,01
31,00	0,01
31,50	0,01
32,00	0,01
32,50	0,01
33,00	0,00

$$\Sigma Q \Delta t = 2995000 \text{m}^3$$

- Μοναδιαίο υδρογράφημα από το 2ο μοντέλο (μέθοδος Muskingum), με τη βοήθεια του G.I.S. Μοντέλο M22 (Χρονικό δίπτυχο 30sec, Παράμετρος $\chi=0$, Ταχύτητα 1.4m/sec)

t(hr)	Q(m ³ /sec)
0.00	0.00
0.50	41.62
1.00	108.78
1.50	135.45
2.00	133.09
2.50	132.96
3.00	141.46
3.50	152.65
4.00	159.41
4.50	158.15
5.00	148.83
5.50	133.45
6.00	114.68
6.50	94.94
7.00	76.07
7.50	59.20
8.00	44.90
8.50	33.27
9.00	24.15

9.50	17.21
10.00	12.06
10.50	8.33
11.00	5.68
11.50	3.82
12.00	2.55
12.50	1.68
13.00	1.10
13.50	0.71
14.00	0.46
14.50	0.30
15.00	0.19
15.50	0.12
16.00	0.08
16.50	0.05
17.00	0.03
17.50	0.02
18.00	0.01
18.50	0.01
19.00	0.00

19.50	0.00
20.00	0.00
20.50	0.00
21.00	0.00
21.50	0.00
22.00	0.00
22.50	0.00
23.00	0.00
23.50	0.00
24.00	0.00
24.50	0.00

$$\Sigma Q \Delta t = 3505636 \text{ m}^3$$

ПАРАРТНІМА Г

Програмата

	Όνομα	Περιγραφή
Πρόγραμμα	horton (AML)	Ταξινόμηση κλάδων κατά Horton
Βασικές μεταβλητές	%strcover%	Το αρχείο με το δίκτυο ποταμών
Ιδιαιτερότητες		Το πρόγραμμα προσθέτει ένα item με το όνομα order στο αρχείο AAT του χάρτη %strcover%
Περιβάλλον	Arcplot, Arc	

```

&data arc
additem %strcover%.aat %strcover%.aat order 10 12 i
q
&end
&messages &off
clearselect
reselect %strcover% arcs length := 0
&sv nusall = [extract 1 [show select %strcover% line]]
calculate %strcover% arcs order = 0
clearselect
reselect %strcover% nodes %strcover%# := 1
&sv nosel = [extract 1 [show select %strcover% node]]
&do nono := 1 &to %nosel%
&sv l = 18
clearselect
reselect %strcover% arcs tnode# = %nono%
&sv cusel = [extract 1 [show select %strcover% line]]
&if %cusel% gt 0 &then &sv l = 17
&goto %l%
&label l8
clearselect
reselect %strcover% arcs fnode# = %nono%
calculate %strcover% arcs order = 1
&label l7
&end
clearselect
reselect %strcover% arcs order = 1
&sv nus = [extract 1 [show select %strcover% line]]
&type Process 0 is finished. The number of first order stream links is %nus%
&type [calc %nusall% - %nus%] stream links still unclassified
&sv proc = 0
clearselect
reselect %strcover% nodes %strcover%# := 1
&sv nosel := [extract 1 [show select %strcover% point]]
&label l6
&sv proc = [calc %proc% + 1]
&do nod := 1 &to 409
&messages &off
clearselect
reselect %strcover%.aat info fnode# = %nod% and order = 0
&sv label0 = l4
&if [extract 1 [show select %strcover%.aat info ]] = 0 &then &sv label0 = l2
&goto %label0%
&label l4
&sv label = l1

```

```

clearselect
reselect %.strcover%.aat info tnode# eq %nod%
&sv cusel = [extract 1 [show select %.strcover%.aat info ]]
reselect %.strcover%.aat info tnode# eq %nod% and order ne 0
&sv cusel1 = [extract 1 [show select %.strcover%.aat info ]]
&if %cusel% eq 0 &then &sv label = l2
&if %cusel% ne %cusel1% &then &sv label = l2
&goto %label%
&label l1
clearselect
reselect %.strcover%.aat info tnode# eq %nod%
&sv ordi = [extract 1 [show select %.strcover%.aat info 1 item order ]]
&sv max = %ordi%
&do i:= 2 &to %cusel%
&sv cord := [extract 1 [show select %.strcover%.aat info %i% item order]]
&if %ordi% ne %cord% &then &sv max = [max %max% %cord%]
&if %ordi% eq %cord% &then &sv max = [calc %ordi% + 1]
&end
clearselect
reselect %.strcover%.aat info fnode# = %nod%
calculate %.strcover%.aat info order = %max%
&label l2
&end
clearselect
reselect %.strcover%.aat info order = 0
&sv nus = [extract 1 [show select %.strcover%.aat info]]
&type Process %proc% is finished. %nus% stream links still unclassified
&sv label1 = l6
&if %nus% = 0 &then &sv label1 = l5
&goto %label1%
&label l5
&messages &on
&type Ready.

```

	Όνομα	Περιγραφή
Πρόγραμμα	subprep (AML)	Χωρισμός σε υπολεκάνες του συνόλου της εξεταζόμενης λεκάνης
Βασικές μεταβλητές	%strcover%	To line coverage με το δίκτυο ποταμών
Ιδιαιτερότητες		Το πρόγραμμα προσθέτει ένα item με το όνομα contarea στο αρχείο AAT του χάρτη %strcover%, το οποίο έχει τις τιμές των εμβαδών της κάθε υπολεκάνης. Σαν έξοδος προκύπτουν δύο χάρτες: -tempshed, grid των υπολεκανών -tempshedpoly, polygon coverage των υπολεκανών
Περιβάλλον	Grid, Arc	

```

&data arc
additem %strcover%.aat %strcover%.aat contarea 10 12 i
q
&end
&data arc grid
kill tempshed all
kill tempshedpoly all
tempshed =
watershed(flowdirection(%dtm%),linegrid(%strcover%,%strcover%#,#,#,100))
relate restore tempcarea
relate add
temparea
tempshed.vat
info
%strcover%#
value
linear
rw
~

relate save tempcarea
calculate %strcover%.aat info contarea = temparea//count * 10000
tempshedpoly = gridpoly(tempshed)
q
&end
&type Ready.

```

	Όνομα	Περιγραφή
Πρόγραμμα	bastatmen (AML)	Εύρεση γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών
Βασικές μεταβλητές	%.strcover% %dtm% %.basper% %.sheds%	To line coverage με το δίκτυο ποταμών To DTM lattice To polygon coverage όλης της εξεταζόμενης περιοχής To grid υπολεκανών όλης της εξεταζόμενης περιοχής
Ιδιαιτερότητες		Το πρόγραμμα προσδέτει items: -με τα ονόματα code, grid-code, weight στο αρχείο w.t -με το όνομα %.strcover%-id στο αρχείο κέντρων (centers file) της εντολής allocate. Σαν έξοδος φυλάσσονται τα παρακάτω αρχεία με πληροφορίες για την υπολεκάνη που εξετάστηκε: -temp1, grid υπολεκανών -subbas, DTM lattice υπολεκάνης -subslop, grid κλίσεων -subpoly, polygon coverage υπολεκανών και περιμέτρου Τα αρχεία αυτά σβήνονται με κάθε επανεκκίνηση
Περιβάλλον	Arcplot, Grid, Arc, Tables	

```
/*
* Estimation of Basin characteristics
*/
/* Program by
/* Lazaridou Paraskevi
/* Michas Spyros
/*
/* July, 1994
/*
&data arc
additem tempout.cen tempout.cen %.strcover%-id 8 12 i # $recno
copyinfo %.strcover%.aat w.t
additem w.t w.t code 6 8 n
additem w.t w.t grid-code 6 8 n
additem w.t w.t weight 6 8 n
display 9999 3
q
&end
&system rm cenxy
clearselect
reselect %.basper% poly %.basper%-id = 0
calculate w.t info grid-code = %.strcover%#
deleteinfo %.strcover%#.ratmaxl
deleteinfo %.strcover%#.secmaxl
mape reglati
mapunits meter
units map
&sv mes = [extract 1 [show mapscale]]
&type Mapscale 1:%mes%
```

```

&sv mapsc =[truncate [calc %mes% / 5000]] * 5000
&type New Mapscale 1:%mapsc%
mapscale %mapsc%
&r evi
linecolor 2
polygons %.basper%
searchtolerance 400
netcover %.strcover% maxl
impedance length
&type Please input the outlet point
reselect %.strcover% nodes one *
list %.strcover% nodes
clearselect
&sv node-id [response 'Insert the id listed above']
calculate tempout.cen info %.strcover%-id = %node-id%
reselect %.strcover% arcs tnode# = %node-id%
linecolor 1
arcs %.strcover%
nselect %.strcover% arcs
&type Please select arcs indicating sub-basin direction
aselect %.strcover% arcs many *
&type Please insert the outlet and press 9...
trace upstream %.strcover% first
readselect first
&type The result is maximum length...
calculate tempout.cen info max-imp = 200000
centers tempout.cen route-id max-imp # maxallocimp
impedance length
allocate out centers
statistics tempout.cen info
max maxallocimp
end
&sv maxl =[extract 1 [show statistic 11 ]]
&sv l10 = 0.10 * %maxl%
&sv l85 = 0.85 * %maxl%
deleteinfo %.strcover%.ratl10
deleteinfo %.strcover%.sec10
deleteinfo %.strcover%.ratl85
deleteinfo %.strcover%.sec185
netcover %.strcover% l10
impedance length
calculate tempout.cen info max-imp = %l10%
centers tempout.cen route-id max-imp supply maxallocimp
impedance length
allocate out centers
routelines %.strcover% l10 10
&sv zoom [response '(If a zoom is needed, zoom in and then insert 1, else 0)']
&if %zoom% = 1 &then &run help1 &else &goto l1
&label l1
&type Please select the 0.10 point and press 9. You will receive elevation data
surface lattice reglat
surfacevalue *

```

```

&sv h10 = [extract 3 [show surfacevalue]]
netcover %.strcover% l85
impedance length
calculate tempout.cen info max-imp = %l85%
centers tempout.cen route-id max-imp supply maxallocimp
allocate out centers
routelines %.strcover% l85 10
&sv zoom [response 'If a zoom is needed, zoom in and then insert 1']
&if %zoom% = 1 &then &run help2 &else &goto l2
&label l2
&type Please select the 0.85 point and press 9. You will receive elevation data
surfacevalue *
&sv h85 = [extract 3 [show surfacevalue]]
&sv s1085 = ( %h85% - %h10% ) / ( %l85% - %l10% )
deleteinfo temp.dat
infofile %.strcover% arcs temp.dat %.strcover%#
clearselect
&r evi
linecolor 2
reselect %.basper% poly %.basper%-id = 0
polygons %.basper%
readselect first
linecolor 3
arcs %.strcover%
&data arc grid
kill subbas all
kill subpoly all
kill temp1 all
kill subslop all
relate restore temparea
relate add
tempbast
temp.dat
info
grid-code
%.strcover%#
linear
rw
~
relate save temparea
relate restore temparea
calculate w.t info code = 0
reselect w.t info grid-code = tempbast//%.strcover%#
calculate w.t info code = 1
temp1 = watershed(rldir,( select(linegrid(%strcover%,%strcover%#,w.t,#,100),'value = 1')
+ %sheds% - 1 ))
subbas = selectmask(regrati,temp1)
buildvat subbas
subpoly = gridpoly(temp1)
subslop = int( 1000 * slope(subbas,percentrise) )
buildvat subslop
cenxy = sample(subbas,subbas)

```

```

q
&end
&data arc tables
sel cenxy.tab
purge
y
add from cenxy
q stop
&end
gridshades subbas value spyros.rmp
archines %.strcover% order
nodes %.strcover%
linecolor 2
reselect %.basper% poly %.basper%-id = 0
polygons %.basper%
nselect %.strcover% arcs
linecolor 1
arcs %.strcover%
&type Please insert interactively 1)the outlet
&sv zoom [response '(If a zoom is needed, zoom in and then insert 1, else 0)']
&if %zoom% = 1 &then &run help3 &else &goto l1
&label l1
&getpoint &map
&sv xmin = %pnt$x%
&sv ymin = %pnt$y%
&type 2)the outmost point on the main channel
&sv zoom [response '(If a zoom is needed, zoom in and then insert 1, else 0)']
&if %zoom% = 1 &then &run help3 &else &goto l1
&label l1
&getpoint &map
&sv xmax = %pnt$x%
&sv ymax = %pnt$y%
&sv deltax [calc %xmax% - %xmin%]
&sv deltay [calc %ymax% - %ymin%]
&sv bl = [sqrt [calc %deltax% * %deltax% + %deltay% * %deltay%]]
statistics subbas.vat info
max value
min value
mean value
mean value count
sum count
end
&sv hmax [extract 1 [show statistic 1 1]]
&sv hmin [extract 1 [show statistic 2 1]]
&sv hm [extract 1 [show statistic 3 1]]
&sv hwm [extract 1 [show statistic 4 1]]
&sv e = [calc [extract 1 [show statistic 5 1]] * 10000 ]
&sv deltah = %hmax% - %hmin%
statistics subpoly.pat info
max perimeter
max area
end

```

```

&sv p [extract 1 [show statistic 1 1]]
statistics subslop.vat info
mean value count
end
&sv ms = [calc [extract 1 [show statistic 1 1]] / 100000]
readselect first
&sv strnum = [extract 1 [show select %.strcover% line]]
statistics %.strcover% arcs
max order
sum length
end
&sv maxorder [extract 1 [show statistic 1 1]]
&sv sl [extract 1 [show statistic 2 1]]
&do i:=1 &to %maxorder%
readselect first
reselect %.strcover% arcs order = %i%
&sv n%i% = [extract 1 [show select %.strcover% line]]
statistics %.strcover% arcs
sum length
mean length
sum contarea
mean contarea
end
&sv s1%i% [extract 1 [show statistic 1 1]]
&sv m1%i% [extract 1 [show statistic 2 1]]
&sv se%i% [extract 1 [show statistic 3 1]]
&sv me%i% [extract 1 [show statistic 4 1]]
&end
&type %xmin% %ymin%
statistics cenxy.tab info
sum x
sum y
end
&sv cenx = [calc [extract 1 [show statistic 1 1]] / %e% * 10000]
&sv ceny = [calc [extract 1 [show statistic 2 1]] / %e% * 10000]
&sv lca = [calc [sqrt [calc [abs [calc %cenx% - %xmin%]] ** 2 + [abs [calc %ceny% - %ymin%]] ** 2]] / 1000]
&sv ew = %e% / %bl%
&sv sf = %bl% / %ew%
&sv er = [calc 2 * [sqrt [calc %e% / 3.14159]]] / %bl%
&sv cr = %p% / [calc 2 * 3.14159 * [sqrt [calc %e% / 3.14159]]]
&sv il = [calc %cr% * [sqrt %e%] / 1.12 * [calc 1 + [sqrt [calc 1 - [calc [calc 1.12 / %cr%] ** 2]]]]] / 1000]
&sv ib = [calc %cr% * [sqrt %e%] / 1.12 * [calc 1 - [sqrt [calc 1 - [calc [calc 1.12 / %cr%] ** 2]]]]] / 1000]
&sv rr = %deltah% / %p%
&sv sr = %maxl% / %bl%
&sv sd = [calc %sl% / %e% * 1000]
&sv ccm = %e% / %sl% / 1000
clearselect
&sv fileunit = [open %.rep% statusv -write]
&if %statusv% ne 0 &then &type WARNING! Error in writing to file %fileunit%

```

```

&sv name = [response 'Εισάγετε string χαρακτηρισμού της λεκάνης']
&sv write0 = [write %fileunit% 'Άρχειο αναφοράς στοιχείων της επιλεγείσας
υπολεκάνης']
&sv write0 = [write %fileunit% '-----'
-----]
&format 3
&sv write0 = [write %fileunit% %name%]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Γεωγραφική θέση του σημείου εξόδου : X = '[format '%1%'
%xmin%]', Y = '[format '%1%' %ymin%]]]
&sv write0 = [write %fileunit% '-----'
-----]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Γενικά στοιχεία']
&sv write0 = [write %fileunit% '-----'
-----]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Όλικό εμβαδόν      :[format '%1%' [calc %e%
1000000]]' km2']
&format 2
&sv write0 = [write %fileunit% 'Όλική περίμετρος      :[format '%1%' %p%]' m]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Μέγιστο υγόμετρο      :[format '%1%' %hmax%]' m]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Έλαχιστο υγόμετρο      :[format '%1%' %hmin%]' m]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Μέσο υγόμετρο καννάθου      :[format '%1%' %hm%]' m]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Μέσο ζυγισμένο υγόμετρο      :[format '%1%' %hwm%]' m]
m]
&format 3
&sv write0 = [write %fileunit% 'Μίκος μέγιστης μισγάγγειας      :[format '%1%' [calc
%maxl% / 1000]]' km]
&format 6
&sv write0 = [write %fileunit% 'Κλίση 10-85 της μεγ. μισ.      :[format '%1%' %s1085%]]]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Μέση κλίση λεκάνης      :[format '%1%' %ms%]]]
&sv write0 = [write %fileunit% '-----'
-----]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Στοιχεία υδρογραφικού δικτύου']
&sv write0 = [write %fileunit% '-----'
-----]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Συνολικός αριθμός υδατορευμάτων
      :%strnum%]
&format 3
&sv write0 = [write %fileunit% 'Συνολικό μίκος υδατορευμάτων      :[format
      '%1%' [calc %sl% / 1000]]' km]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Μέσο μίκος υδατορεύματος      :[format
      '%1%' [calc %sl% / 1000 / %strnum%]]' km]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Μέσο εμβαδόν ανά υδατόρευμα
      :[format '%1%' [calc %e% / 1000000 / %strnum%]]' km2]
&sv write0 = [write %fileunit% 'Μέγιστη τάξη Horton      :[truncate %maxorder%]]]
&format 1
&do i := 1 &to %maxorder%
&sv write0 = [write %fileunit% 'Άριθμός υδ/μάτων τάξης "%i%"      :[truncate [value n%i%]]]
&format 3
&sv write0 = [write %fileunit% '-----      - Συνολικό μίκος      :[format '%1%' 
[calc [value sl%i%] / 1000]]' km]
&sv write0 = [write %fileunit% '-----      - Μέσο μίκος      :[format '%1%' 
[calc [value ml%i%] / 1000]]' km]

```

&format 2

&sv write0 = [write %fileunit% '[format '%1%'
 - Συνολική έκταση απορροής : [calc [value se%i%] / 1000000]]' km2']

&sv write0 = [write %fileunit% '[format '%1%'
 - Μέση έκταση απορροής ανά υδ/μα: [calc
 [%1%] [value me%i%] / 1000000]]' km2']

&end

&sv write0 = [write %fileunit% '
 -----']

&sv write0 = [write %fileunit% 'Αριθμοί Horton']

&format 3

&do i := 2 &to %maxorder%

&sv ii = %i% - 1

&sv write0 = [write %fileunit% 'Τάξεις "%ii%"-%i%" : N'%ii%' / N'%i%' = [format '%1%'
 [calc [value n%ii%] / [value n%i%]], L'%ii%' / L'%i%' = [format '%1%' [calc [value ml%ii%]
 / [value ml%i%]], A'%ii%' / A'%i%' = [format '%1%' [calc [value me%ii%] / [value me%i%]]]]]

&end

&sv write0 = [write %fileunit% '
 -----']

&sv write0 = [write %fileunit% 'Λοιπά μορφολογικά στοιχεία']

&sv write0 = [write %fileunit% '
 -----']

&format 3

&sv write0 = [write %fileunit% 'Ενεργό πλάτος λεκάνης : [format '%1%' [calc %ew% /
 1000]]' km']

&sv write0 = [write %fileunit% 'Απόσταση εξόδου από το κ.β. : [format '%1%' [calc
 %lca% * %sr%]]' km']

&format 4

&sv write0 = [write %fileunit% 'Συντελεστής σχήματος : [format '%1%' %sf%]]

&sv write0 = [write %fileunit% 'Συντελεστής επιμήκυνσης : [format '%1%' %er%]]

&sv write0 = [write %fileunit% 'Δείκτης συμπαγούς : [format '%1%' %cr%]]

&format 3

&sv write0 = [write %fileunit% 'Διαστάσεις ισοδύναμου τετραγώνου']

&sv write0 = [write %fileunit% ' μήκος : [format '%1%' %il%]' km']

&sv write0 = [write %fileunit% ' πλάτος : [format '%1%' %ib%]' km']

&format 4

&sv write0 = [write %fileunit% 'Συντελεστής ελικτότητας : [format '%1%' %sr%]]

&sv write0 = [write %fileunit% 'Πικνότητα των ποταμών : [format '%1%' %sd%]'
 km/km2']

&sv write0 = [write %fileunit% 'Συντελεστής κατακράτησης αγωγών: [format '%1%'
 %ccm%]' km2/km']

&sv write0 = [write %fileunit% '
 -----']

&sv write0 = [write %fileunit% 'Χρόνοι συρροής']

&sv write0 = [write %fileunit% '
 -----']

&format 2

&sv ekm = %e% / 1000000

&sv lkm = %maxl% / 1000

&sv smkm = %s1085% * 1000

&sv n = 0.05

&sv write0 = [write %fileunit% '- Κατά Giandotti : [format '%1%' [calc [calc 4
 *[sqrt %ekm%] + 1.5 * %lkm%] / [calc 0.8 * [sqrt [calc %hwm% - %hmin%]]]]]' hr']

```
&sv write0 = [write %fileunit% '- Κατά Kirpich :[format '%1%'  
[calc 0.0663 * [calc %lkm% ** 0.77] / [calc %s1085% ** 0.385]]]' hr']  
&sv write0 = [write %fileunit% '- Κατά Ventura-Passini :[format '%1%'  
[calc 0.1100 * [calc [calc %ekm% * %lkm%]** .3333] / [sqrt %ms%]]]' hr']  
&sv write0 = [write %fileunit% '- Κατά τη σχέση κινηματικού κύμ. :[format '%1%'  
[calc 7.35 * [calc %lkm% ** .6] * [calc %n% ** .6] / [calc 10 ** .4] / [calc %ms% ** .3]]]' hr']  
&sv write0 = [write %fileunit% '----- (Συντελεστής Manning n=0.05)']  
&sv write0 = [write %fileunit% '-----'  
-----]  
&sv close0 = [close %fileunit%]  
deleteinfo w.t  
&data arc  
dropitem tempout.cen tempout.cen %.strcover%-id  
q  
&end  
&type Ready.
```

	Όνομα	Περιγραφή
Πρόγραμμα	evi11 (AML)	Μοντέλο βροχής-απορροής. Μέθοδος ισοχρόνων
Βασικές μεταβλητές	rivorder.aat	Το αρχείο με το δίκτυο ποταμών
Ιδιαιτερότητες		Το πρόγραμμα δεν λειτουργεί για οποιοδήποτε δίκτυο
Περιβάλλον	Arcplot	

```

deleteinfo rivorder.rattrry
deleteinfo rivorder.sectry
deleteinfo temp
deleteinfo volume.stats
clear
clearselect
&sv a [response 'parameter a ']
&sv b [response 'parameter b ']
&sv k [response 'parameter k ']
calculate rivorder.aat info velocity = ( %k% ) * ( contarea ** %a% ) * ( (slopepc / 1000) **
%b% )
calculate rivorder.aat info concen = length / velocity / 60
&sv step [response 'type time step in min']
&sv endtime [response 'type ending time in min']
calculate rivorder.aat info volume = contarea * 0.01 * %step% / 60
&r evi
clearselect
readselect rigani
relate restore relate
&do imp := %step% &to %endtime% &by %step%
netcover rivorder try
calculate rigani.cen info max-imp = %imp%
centers rigani.cen rivorder-id max-imp
impedance concen
allocate out centers
routelines rivorder try 10
relate restore rel2
calculate rivorder.aat info actvol = ( actlen//f-pos - actlen//t-pos ) / 100 * volume
statistics rivorder.sectry info # temp
sum volume//actvol
end
infofile temp info volume.stats sum-actvol
deleteinfo rivorder.rattrry
deleteinfo rivorder.sectry
deleteinfo temp
&end
list volume.stats info

```

	Όνομα	Περιγραφή
Πρόγραμμα	muski (AML)	Πρώτη ταξινόμηση
Βασικές μεταβλητές	rivorder	Το αρχείο με το δίκτυο ποταμών
Ιδιαιτερότητες		Το πρόγραμμα δεν τρέχει για οποιοδήποτε δίκτυο
Περιθώλιον	Arcplot	

```

readselect first
infofile rivorder arcs n init
calculate n info tnode# = fnode#
&sv a
&do a := 2 &to 100
clearselect
reselect rivorder arcs keyfile n tnode#
calculate rivorder arcs taxis = %a%
infofile rivorder arcs n init
calculate n info tnode# = fnode#
arcs rivorder
&end

```

	Όνομα	Περιγραφή
Πρόγραμμα	taxis (PG)	Πρώτη χρονική ταξινόμηση
Βασικές μεταβλητές	muskin.dat	Το αρχείο με τις απαραίτητες πληροφορίες
Ιδιαιτερότητες		Το πρόγραμμα δεν λειτουργεί για οποιοδήποτε δίκτυο
Περιβάλλον	INFO	

10000 PROGRAM SECTION ONE
 10001 FORMAT \$NUM1,3
 10002 FORMAT \$NUM2,4
 10003 FORMAT \$NUM3,4
 10004 FORMAT \$NUM4,4
 10005 FORMAT \$NUM5,4
 10006 SELECT MUSKIN.DAT
 10007 CALC \$NUM5 = 1
 10008 CALC \$NUM1 = 1
 10009 DO UNTIL \$NUM1 = 66
 10010 CALC \$NUM3 = 1
 10011 CALC \$NUM2 = 1
 10012 DO UNTIL \$NUM2 = 410
 10013 ASELECT
 10014 RESELECT TAXIS = \$NUM1 AND TNODE# = \$NUM2
 10015 IF \$NOSEL = 0
 10016 GOTO EPOMENO
 10017 ENDIF
 10018 CALC TAXIS2 = \$NUM3
 10019 DISPLAY '\$NOSEL = ', \$NOSEL, 'TNODE# = ', TNODE#, ', TAXIS, TAXIS2
 10020 CALC \$NUM3 = \$NUM3 + \$NUM5
 10021 LABEL EPOMENO
 10022 CALC \$NUM2 = \$NUM2 + \$NUM5
 10023 DOEND
 10024 CALC \$NUM1 = \$NUM1 + \$NUM5
 10025 DOEND

	Όνομα	Περιγραφή
Πρόγραμμα	taxis3 (PG)	Δεύτερη χρονική ταξινόμηση
Βασικές μεταβλητές	muskin.dat	Το αρχείο με τις απαραίτητες πληροφορίες
Ιδιαιτερότητες		Το πρόγραμμα δεν λειτουργεί για οποιοδήποτε δίκτυο
Περιβάλλον	INFO	

10000 PROGRAM SECTION ONE
 10001 FORMAT \$NUM1,4
 10002 FORMAT \$NUM2,4
 10003 FORMAT \$NUM3,4
 10004 FORMAT \$NUM5,4
 10005 CALC \$NUM5 = 1
 10006 CALC \$NUM3 = 1
 10007 SELECT MUSKIN.DAT
 10008 CALC \$NUM1 = 1
 10009 DO UNTIL \$NUM1 = 66
 10010 CALC \$NUM2 = 1
 10011 DO UNTIL \$NUM2 = 20
 10012 RESELECT TAXIS = \$NUM1 AND TAXIS2 = \$NUM2
 10013 IF \$NOSEL = 0
 10014 ASELECT
 10015 GOTO EPOMENO
 10016 ENDIF
 10017 CALC TAXIS3 = \$NUM3
 10018 DISPLAY TAXIS,TAXIS2,TAXIS3
 10019 CALC \$NUM3 = \$NUM3 + \$NUM5
 10020 ASELECT
 10021 CALC \$NUM2 = \$NUM2 + \$NUM5
 10022 DOEND
 10023 LABEL EPOMENO
 10024 CALC \$NUM1 = \$NUM1 + \$NUM5
 10025 DOEND

	Όνομα	Περιγραφή
Πρόγραμμα	vel (PG)	Υπολογισμός ταχυτήτων
Βασικές μεταβλητές	muskin.dat	Το αρχείο με τις απαραίτητες πληροφορίες
Ιδιαιτερότητες		Το πρόγραμμα δεν λειτουργεί για οποιοδήποτε δίκτυο
Περιβάλλον	INFO	

10000 PROGRAM SECTION ONE
 10001 FORMAT \$NUM1,8,6,F,2
 10002 FORMAT \$NUM2,8,6,F,2
 10003 FORMAT \$NUM3,8,6,F,2
 10004 FORMAT \$NUM4,8,6,F,2
 10005 SELECT MUSKIN.DAT
 10006 ACCEPT \$NUM1
 10007 ACCEPT \$NUM2
 10008 CALC VELOCITY = \$NUM1 * (SLOPE ** \$NUM2)
 10009 CALC CONCEN = LENGTH / VELOCITY

	Όνομα	Περιγραφή
Πρόγραμμα	M22 (PG)	Μοντέλο βροχής-απορροίς. Μέθοδος Muskingham
Βασικές μεταβλητές	muskin.dat	Το αρχείο με τις απαραίτητες πληροφορίες
Ιδιαιτερότητες		Το πρόγραμμα δεν λειτουργεί για οποιοδήποτε δίκτυο. Η συγκεκριμένη έκδοση διατηρεί στο αρχείο εξόδου τις παροχές ορισμένων επιλεγμένων κόμβων. Έξοδος στο αρχείο result.txt (ASCII)
Περιβάλλον	INFO	

10000 PROGRAM SECTION ONE
 10001 FORMAT \$NUM1,8
 10002 FORMAT \$NUM2,8,9,F,3
 10003 FORMAT \$NUM3,8
 10004 FORMAT \$NUM4,8
 10005 FORMAT \$NUM5,2
 10006 FORMAT \$NUM10,8
 10007 FORMAT \$NUM11,8,9,F,3
 10008 FORMAT \$NUM12,8,9,F,3
 10009 FORMAT \$NUM13,9
 10010 FORMAT \$NUM14,8
 10011 FORMAT \$NUM15,6,8,F,2
 10012 FORMAT \$NUM16,6,8,F,2
 10013 CALC \$NUM5 = 1
 10014 CALC \$NUM2 = 0
 10015 SELECT MUSKIN.DAT
 10016 CALC IJ = 0
 10017 CALC \$NUM3 = 0
 10018 CALC \$NUM1 = 1
 10019 DO UNTIL \$NUM1 = 409
 10020 AS
 10021 RES \$RECNO = \$NUM1
 10022 CALC \$NUM2 = FNODE#
 10023 AS
 10024 RES TNODE# = \$NUM2
 10025 IF \$NOSEL = 0
 10026 AS
 10027 RES \$RECNO = \$NUM1
 10028 CALC IJ = CONTAREA *.01 / 3600
 10029 CALC \$NUM3 = \$NUM3 + \$NUM5
 10030 ENDIF
 10031 CALC \$NUM1 = \$NUM1 + \$NUM5
 10032 DOEND
 10033 AS
 10034 CALC QJ = 0
 10035 CALC QJ-1 = 0
 10036 CALC IJ-1 = 0
 10037 DISPLAY 'ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ χ ΙΣΗ ΜΕ ΜΗΔΕΝ ...'
 10038 CALC X = 0
 10039 DISPLAY 'χΡΟΝΙΚΟ ΒΗΜΑ ?
 10040 ACCEPT \$NUM10

10041 DISPLAY 'ΤΕΛΟΣ χΡΟΝΟΥ'
10042 ACCEPT \$NUM12
10043 RES CONCEN < \$NUM10
10044 DISPLAY 'ΥΠΑΡΧΟΥΝ', \$NOSEL, 'ΚΛΑΔΟΙ ΜΕ K < Δt ...'
10045 DISPLAY 'ΔΙΟΡΘΩΝΟΝΤΑΙ ΟΛΟΙ ΩΣΤΕ ΝΑ ΕΧΟΥΝ CONCEN = Δt =
'\$NUM10
10046 CALC CONCEN = \$NUM10
10047 AS
10048 CALC \$NUM13 = \$NUM12 * 3600
10049 CALC DT = \$NUM10
10050 CALC C0 = (2 * CONCEN * (1 - X) - DT) / (2 * CONCEN * (1 - X) + DT)
10051 CALC B0 = (2 * CONCEN * X + DT) / (2 * CONCEN * (1 - X) + DT)
10052 CALC B1 = (-2 * CONCEN * X + DT) / (2 * CONCEN * (1 - X) + DT)
10053 COMOUT RESULT1.TXT
10054 CALC \$NUM4 = 0
10055 DO UNTIL \$NUM4 GT 3600
10056 CALC \$NUM1 = 1
10057 DO UNTIL \$NUM1 = 159
10058 CALC \$NUM2 = 0
10059 AS
10060 RES TAXIS3 = \$NUM1
10061 CALC \$NUM3 = TNODE#
10062 IF \$NOSEL ◊ 2 AND \$NOSEL ◊ 3
10063 DISPLAY 'ERROR'
10064 ENDIF
10065 CALC QJ = C0 * QJ-1 + B0 * IJ-1 + B1 * IJ
10066 RES QJ < 0
10067 CALC QJ = 0
10068 AS TAXIS3 = \$NUM1
10069 CALC \$NUM2 = \$NUM2 + QJ
10070 IF \$NUM1 = 158
10071 GOTO EPOMENO3
10072 ENDIF
10073 AS
10074 RES FNODE# = \$NUM3
10075 CALC IJ = \$NUM2 + CONTAREA * .01 / 3600
10076 CALC \$NUM1 = \$NUM1 + \$NUM5
10077 DOEND
10078 LABEL EPOMENO3
10079 AS
10080 RES TNODE# = 321 AND FNODE# = 317
10081 DISPLAY \$NUM4,;,QJ,=

10082 AS
10083 RES TNODE# = 321 AND FNODE# = 346
10084 DISPLAY ';,QJ,=

10085 AS
10086 RES FNODE# = 285 AND TNODE# = 292
10087 DISPLAY ';,QJ,=

10088 AS
10089 RES FNODE# = 244 AND TNODE# = 259
10090 DISPLAY ';,QJ,=

10091 AS

10092 RES FNODE# = 220 AND TNODE# = 230
10093 DISPLAY ' ', QJ, =
10094 AS
10095 RES TNODE# = 164 AND FNODE# = 142
10096 DISPLAY ' ', QJ, =
10097 AS
10098 RES TNODE# = 164 AND FNODE# = 169
10099 DISPLAY ' ', QJ, =
10100 AS
10101 RES TNODE# = 131 AND FNODE# = 148
10102 DISPLAY ' ', QJ, =
10103 AS
10104 RES TNODE# = 131 AND FNODE# = 112
10105 DISPLAY ' ', QJ
10106 IF \$NUM4 = 3600
10107 AS
10108 RES IJ = IJ-1
10109 RES TAXIS3 LE 158
10110 CALC IJ = 0
10111 CALC QJ-1 = QJ
10112 NSEL
10113 CALC IJ-1 = IJ
10114 CALC QJ-1 = QJ
10115 GOTO EPOMENO4
10116 ENDIF
10117 AS
10118 CALC IJ-1 = IJ
10119 CALC QJ-1 = QJ
10120 LABEL EPOMENO4
10121 CALC \$NUM4 = \$NUM4 + \$NUM5 * \$NUM10
10122 DOEND
10123 AS
10124 DO UNTIL \$NUM4 GT \$NUM13
10125 CALC \$NUM1 = 1
10126 DO UNTIL \$NUM1 = 159
10127 CALC \$NUM2 = 0
10128 AS
10129 RES TAXIS3 = \$NUM1
10130 CALC \$NUM3 = TNODE#
10131 IF \$NOSEL ⌈ 2 AND \$NOSEL ⌈ 3
10132 DISPLAY ' ERROR'
10133 ENDIF
10134 CALC QJ = C0 * QJ-1 + B0 * IJ-1 + B1 * IJ
10135 RES QJ < 0
10136 CALC QJ = 0
10137 AS TAXIS3 = \$NUM1
10138 CALC \$NUM2 = \$NUM2 + QJ
10139 IF \$NUM1 = 158
10140 GOTO EPOMENO2
10141 ENDIF
10142 AS
10143 RES FNODE# = \$NUM3

10144 CALC IJ = \$NUM2
10145 CALC \$NUM1 = \$NUM1 + \$NUM5
10146 DOEND
10147 LABEL EPOMENO2
10148 AS
10149 RES TNODE# = 321 AND FNODE# = 317
10150 DISPLAY \$NUM4,,'QJ,=
10151 AS
10152 RES TNODE# = 321 AND FNODE# = 346
10153 DISPLAY ',,QJ,=
10154 AS
10155 RES FNODE# = 285 AND TNODE# = 292
10156 DISPLAY ',,QJ,=
10157 AS
10158 RES FNODE# = 244 AND TNODE# = 259
10159 DISPLAY ',,QJ,=
10160 AS
10161 RES FNODE# = 220 AND TNODE# = 230
10162 DISPLAY ',,QJ,=
10163 AS
10164 RES TNODE# = 164 AND FNODE# = 142
10165 DISPLAY ',,QJ,=
10166 AS
10167 RES TNODE# = 164 AND FNODE# = 169
10168 DISPLAY ',,QJ,=
10169 AS
10170 RES TNODE# = 131 AND FNODE# = 148
10171 DISPLAY ',,QJ,=
10172 AS
10173 RES TNODE# = 131 AND FNODE# = 112
10174 DISPLAY ',,QJ
10175 AS
10176 CALC IJ-1 = IJ
10177 CALC QJ-1 = QJ
10178 CALC \$NUM4 = \$NUM4 + \$NUM5 * \$NUM10
10179 DOEND
10180 COMOUT -END

	Όνομα	Περιγραφή
Πρόγραμμα	inl (PG)	Έλεγχος του τρόπου κατανομής των παροχών
Βασικές μεταβλητές	muskin.dat inlet	Το αρχείο με τις απαραίτητες πληροφορίες Το αρχείο με τα στοιχεία κατανομής των παροχών
Ιδιαιτερότητες	Το πρόγραμμα δεν λειτουργεί για οποιοδήποτε δίκτυο	
Περιβάλλον	INFO	

10000 PROGRAM SECTION ONE

10001 SEL INLET

10002 RELATE MUSKIN.DAT M-ID

10003 CALC T1 = 46.6 * (\$1LENGTH / 1000) ** .14 / (\$1SLOPE * 1000) ** .38 / 120 ** .4
* 3600

10004 RES T1 < 3600

10005 DISP \$NOSEL

10006 CALC T2 = 3600

10007 CALC T3 = 3600 + T1

10008 CALC QC = (CONTAREA *.01 / 3600)

10009 CALC M1 = QC / T1

10010 CALC M2 = 0

10011 CALC M3 = -1 * M1

10012 NSEL

10013 CALC T2 = T1

10014 CALC T3 = 2 * T1

10015 CALC QC = CONTAREA *.01 / T1

10016 CALC M1 = QC / T1

10017 CALC M2 = 0

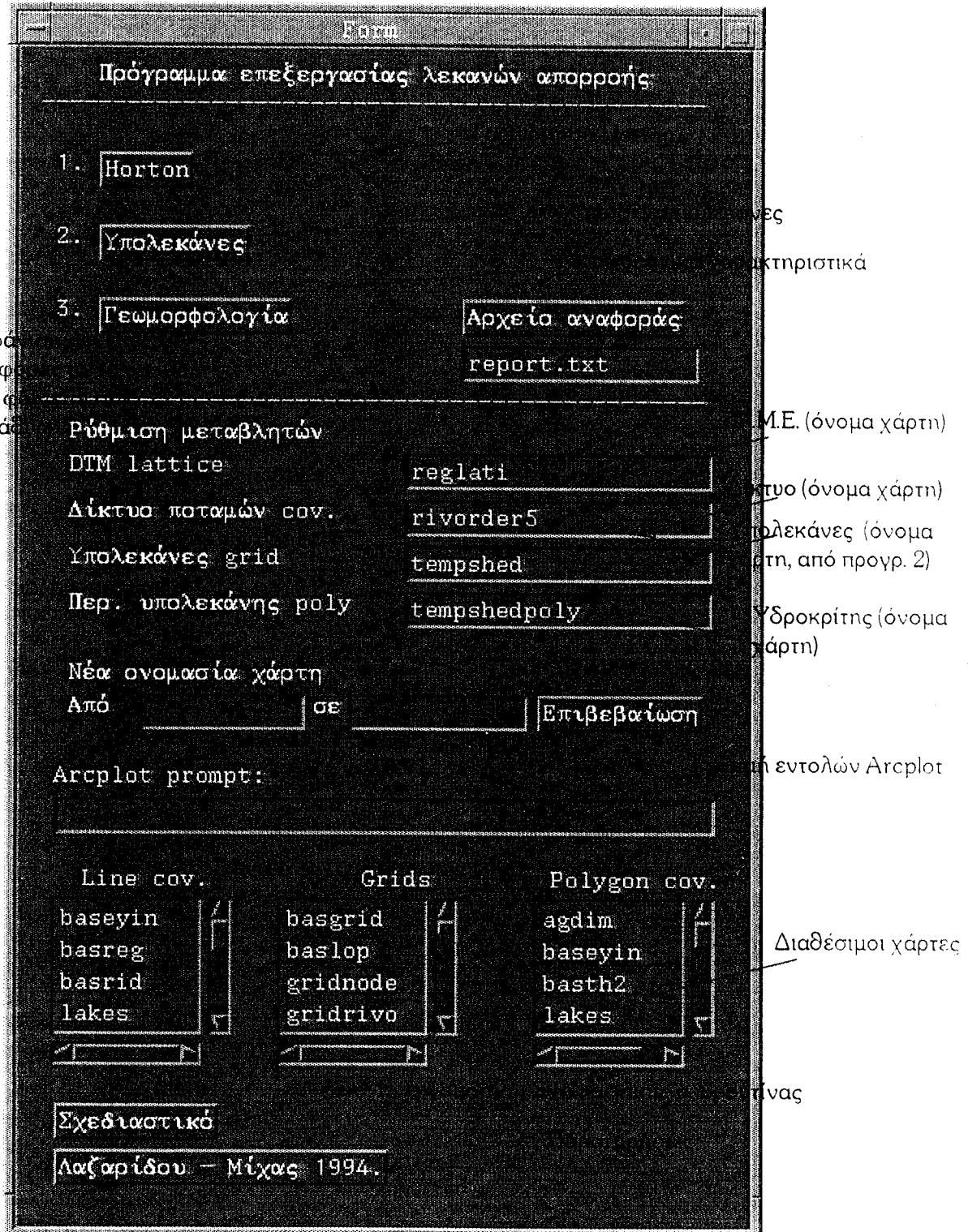
10018 CALC M3 = -1 * M1

	Όνομα	Περιγραφή
Πρόγραμμα	M15 (PG)	Μοντέλο βροχής-απορροής Μέδοδος Muskingham
Βασικές μεταβλητές	muskin.dat inlet	Το αρχείο με τις απαραίτητες πληροφορίες Το αρχείο με τον τρόπο κατανομής των παροχών εισόδου στο δίκτυο.
Ιδιαιτερότητες		Το πρόγραμμα δεν λειτουργεί για οποιοδήποτε δίκτυο. Το M15 είναι ίδιο με το M22, αλλά λαμβάνει υπόψην την υστέρηση στην είσοδο της βροχής. Ο έλεγχος του τρόπου κατανομής των παροχών γίνεται με το INFO PG INL. Έξοδος στο αρχείο result.txt (ASCII)
Περιθώλον	INFO	

10000 PROGRAM SECTION ONE
 10001 REM *** PROETOIMASIA METABLHTVN ***
 10002 FORMAT \$NUM1,8
 10003 FORMAT \$NUM2,8,9,F,3
 10004 FORMAT \$NUM3,8
 10005 FORMAT \$NUM4,8
 10006 FORMAT \$NUM5,2
 10007 FORMAT \$NUM10,8
 10008 FORMAT \$NUM11,8,9,F,3
 10009 FORMAT \$NUM12,8,9,F,3
 10010 FORMAT \$NUM13,9
 10011 FORMAT \$NUM14,8
 10012 FORMAT \$NUM15,6,8,F,2
 10013 FORMAT \$NUM16,6,8,F,2
 10014 CALC \$NUM5 = 1
 10015 CALC \$NUM2 = 0
 10016 REM *** EPILOGH TAB KAI KAUORISMOS RELATE ***
 10017 SELECT MUSKIN.DAT
 10018 RELATE INLET M-ID
 10019 REM *** EPILOGH DANGLES KAI YPOLOGISMOS TVN IJ TOY 10Y
 XRONOY ***
 10020 CALC IJ = 0
 10021 CALC \$NUM3 = 0
 10022 CALC \$NUM1 = 1
 10023 DO UNTIL \$NUM1 = 410
 10024 AS
 10025 RES \$RECNO = \$NUM1
 10026 CALC \$NUM2 = FNODE#
 10027 AS
 10028 RES TNODE# = \$NUM2
 10029 IF \$NOSEL = 0
 10030 AS
 10031 RES \$RECNO = \$NUM1
 10032 CALC IJ = CONTAREA *.01 / 3600
 10033 CALC \$NUM3 = \$NUM3 + \$NUM5
 10034 ENDIF
 10035 CALC \$NUM1 = \$NUM1 + \$NUM5
 10036 DOEND

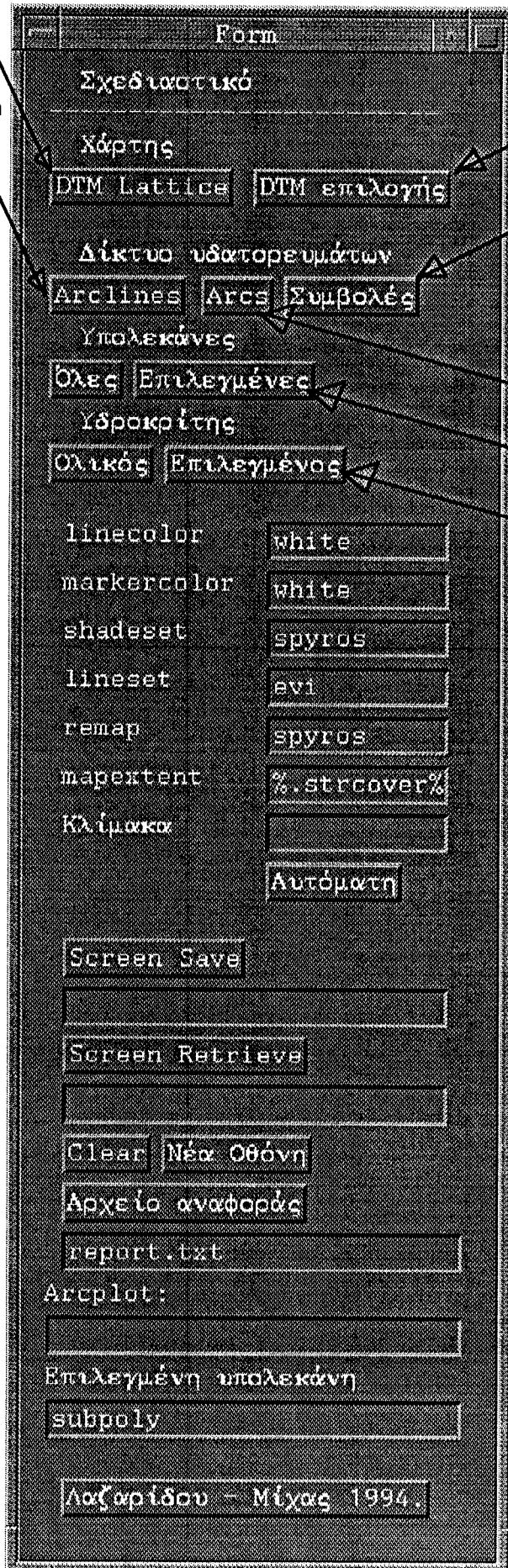
10037 REM *** YPOLOGISMOS TVN LOIPVN STOIXEIVN ***
10038 AS
10039 CALC QJ = 0
10040 CALC QJ-1 = 0
10041 CALC IJ-1 = 0
10042 RES \$1T1 . \$NUM10
10043 CALC \$1T1 = \$NUM10
10044 CALC \$1M2 = 1
10045 CALC \$1M2 = 0
10046 NSEL
10047 CALC \$1M2 = 0
10048 REM *** EISAGOGH STOIXEIVN ***
10049 DISPLAY 'ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ χ ΙΣΗ ΜΕ 0.2'
10050 CALC X = 0
10051 DISPLAY 'xPONIKO BHMA :'
10052 ACCEPT \$NUM10
10053 RES CONCEN . \$NUM10
10054 CALC CONCEN = \$NUM10
10055 AS
10056 DISPLAY 'ΤΕΛΟΣ xPONOY :'
10057 ACCEPT \$NUM12
10058 CALC \$NUM13 = \$NUM12 * 3600
10059 CALC DT = \$NUM10
10060 CALC C0 = (2 * CONCEN * (1 - X) - DT) / (2 * CONCEN * (1 - X) + DT)
10061 CALC B0 = (2 * CONCEN * X + DT) / (2 * CONCEN * (1 - X) + DT)
10062 CALC B1 = (-2 * CONCEN * X + DT) / (2 * CONCEN * (1 - X) + DT)
10063 COMOUT RES4.TXT
10064 REM *** YPOLOGISMOS GIA OLOYS TOYS XRONOYS ***
10065 CALC \$NUM4 = \$NUM10
10066 DO UNTIL \$NUM4 GT \$NUM13
10067 CALC IJ = \$1M1 * \$NUM4
10068 RES \$1T1 . \$NUM4
10069 CALC IJ = CONTAREA *.01 / 3600
10070 RES \$1T2 . \$NUM4
10071 CALC IJ = \$1QC + \$1M3 * (\$NUM4 - \$1T2)
10072 RES \$1T3 . \$NUM4
10073 CALC IJ = 0
10074 CALC \$NUM1 = 1
10075 DO UNTIL \$NUM1 = 159
10076 CALC \$NUM2 = 0
10077 AS
10078 RES TAXIS3 = \$NUM1
10079 CALC \$NUM3 = TNODE#
10080 IF \$NOSEL . 2 AND \$NOSEL . 3
10081 DISPLAY 'ERROR ', \$NOSEL
10082 ENDIF
10083 CALC QJ = C0 * QJ-1 + B0 * IJ-1 + B1 * IJ
10084 RES QJ . 0
10085 CALC QJ = 0
10086 AS TAXIS3 = \$NUM1
10087 CALC \$NUM2 = \$NUM2 + QJ
10088 IF \$NUM1 = 158

10089 GOTO EPOMENO3
10090 ENDIF
10091 AS
10092 RES FNODE# = \$NUM3
10093 CALC XIJ = \$NUM2
10094 CALC IJ = IJ + XIJ
10095 CALC \$NUM1 = \$NUM1 + \$NUM5
10096 DOEND
10097 LABEL EPOMENO3
10098 AS
10099 RES TNODE# = 321
10100 CALC \$NUM16 = 0
10101 CALC \$NUM16 = \$NUM16 + QJ
10102 DISPLAY \$NUM4,'',\$NUM16
10103 AS
10104 CALC IJ-1 = IJ
10105 CALC QJ-1 = QJ
10106 CALC \$NUM4 = \$NUM4 + \$NUM5 * \$NUM10
10107 DOEND
10108 COMOUT -END



Εμφάνιση ΨΜΕ ευρύτερης περιοχής

Δίκτυο με
συμβολισμό
κατά Horton



Εμφάνιση ΨΜΕ υπολεκάνης

Εμφάνιση nodes

Εμφάνιση γραμμικών
στοιχείων του δικτύου

Εμφάνιση υπολεκανών
επιλεγμένης περιοχής

Εμφάνιση υδροκρίτη
επιλεγμένης περιοχής

Βοηθητικές εντολές Arcplot

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Εντολές του προγράμματος ARC/INFO

Περιθώλλον ARC

ADDITEM	GRIDPOLY	POINTGRID
ALLOCATE	HELP	POINTNODE
APPEND	INTERSECT	POLYGRID
ARCPOINT	ITEMS	QUIT
ARCTIN	JOINITEM	RELATE
ASCIIGRID	KILL	RENAME
BUILD	LATTICECLIP	RENODE
CLEAN	LATTICECONTOUR	RESELECT
CLIP	LATTICEPOLY	ROUTE
COMMANDS	LATTICETIN	SHOW
COPY	LINEGRID	STATISTICS
COPYINFO	LIST	SURFACELENGTH
CREATETIN	LIST	TABLES
DESCRIBE	LISTCOVERAGES	THIESSEN
DISPLAY	LISTGRIDS	TINARC
DROPITEM	LISTTINS	TINCONTOUR
EXPORT	MAPJOIN	TINLATTICE
GENERATE	NODEERRORS	UNGENERATE
GRID	NODEPOINT	USAGE
GRIDASCII	POINTDISTANCE	
GRIDLINE	POINTGRID	

Σχετικά εγχειρίδια:

- ARC/Info "Arc Commands Reference", ESRI 1991, Τόμοι I και II
- ARC/Info "Data Model Concepts and Key Terms", ESRI 1991
- ARC/Info "Surface Modelling with TIN", ESRI 1991

Περιθώλλον Grid

BASIN	ISNULL	SELECTMASK
BUILDVAT	INT	SELECTPOINT
COMBINE	KILL	SETMASK
COMMANDS	KRIGING	SETNULL
COPY	LINEGRID	SETWINDOW
COSTALLOCATION	LIST	SHIFT
COSTBACKLINK	LISTCOVERAGES	SHRINK
COSTDISTANCE	LISTGRIDS	SPLINE
COSTPATH	MAJORITYFILTER	USAGE
DESCRIBE	MERGEVAT	WATERSHED
DOCELL	PATHDISTANCE	ZONALAREA
EUCALLOCATION	POLYGRID	ZONALFILL
EUCDIRECTION	QUIT	ZONALMAX
EUCDISTANCE	RECLASS	ZONALMEAN
FLOWACCUMULATION	REGIONGROUP	ZONALMIN
FLOWDIRECTION	RENAME	ZONALPERIMETER
GRIDLINE	RESTORE	ZONALSTATS
GRIDPOLY	SAMPLE	ZONALSUM
HELP	SELECT	
IF	SELECTBOX	

Σχετικά εγχειρίδια:

- ARC/Info “Grid Commands Reference”, ESRI 1991, Τόμοι I και II
- ARC/Info “Cell-based Modelling with Grid”, ESRI 1991

Περιθάλλον Arcplot

ALLOCATE	LINECOLOR	STATISTICS
ARCLINES	LINESET	SURFACE
ARCS	NETCOVER	SURFACECONTOURS
ASELECT	NODES	SURFACEDRAPE
CALCULATE	NSELECT	SURFACEPROFILE
CELLVALUE	NODEERRORS	SURFACETARGET
CENTERS	POINTS	SURFACEOBSERVER
CLEAR	POLYGONS	TIN
CLEARSELECT	QUIT	TINERRORS
COMMANDS	READSELECT	TRACE
DISPLAY	RELATE	UNSELECT
GRIDSHADES	RESELECT	WRITESELECT
IMPEDANCE	RESET	
ITEMS	ROUTELINES	

Σχετικά εγχειρίδια:

- ARC/Info “Arcplot Commands Reference”, ESRI 1991, Τόμοι I και II
- ARC/Info “Map Display and Query”, ESRI 1991

Περιθάλλον Arcedit

ADD	DISTANCE	NSELECT
ADDITEM	DRAW	OOPS
ASELECT	DRAWENVIRONMENT	QUIT
BACKCOVERAGE	DRAWSELECT	RELATE
BACKENVIRONMENT	EDIT	RESELECT
CALCULATE	EDITFEATURES	SAVE
CHANGE	FLIP	SELECT
CLEAR	HELP	STATISTICS
COPY	INTERSECTARCS	UNDELETE
DELETE	KILL	UNSELECT
DISPLAY	LIST	

Σχετικά εγχειρίδια:

- ARC/Info “Arcedit Commands Reference”, ESRI 1991
- ARC/Info “Editing Coverages with Arcedit”, ESRI 1991

Περιθάλλον INFO

ACCEPT	COPY	FORMAT
ADD	DISPLAY	GOTO
ASELECT	DO...DOEND	HELP
CALCULATE	END	IF...ELSE...ENDIF
COMOUTPUT	ERASE	IMPORT
COMPILE	EXPORT	ITEMS

LIST	RELATE	SORT
MOVE	RENAME	SPOOL
NSELECT	RESELECT	STOP
PROGRAM	RUN	TYPE
PROTECT	SAVE	
PURGE	SELECT	

Σχετικά εγχειρίδια:

- ARC/Info “HENCO-INFO Commands Reference”, ESRI 1991
- ARC/Info “HENCO-INFO User's Guide”, ESRI 1991

Περιθάλλον AML (κοινό σε όλες τις εφαρμογές ARC/INFO, πλήν της INFO)

&COMMANDS	&PAUSE	[DATE]
&CONVERT-WATCH	&RUN	[EXTRACT]
-TO-AML	&RUNWATCH	[FORMAT]
&DATA	&SETVAR	[MAX]
&DO	&SHOW	[MIN]
&ECHO	&STOP	[OPEN]
&FORMAT	&TYPE	[RESPONSE]
&GETPOINT	&USAGE	[SHOW]
&GOTO	&WATCH	[SQRT]
&HELP	[ABS]	[SUBST]
&IF & THEN & ELSE	[AFTER]	[TAN]
&LISTGLOBAL	[BEFORE]	[TRUNCATE]
&LISTLOCAL	[CALC]	[WRITE]
&LISTVAR	[CLOSE]	
&MESSAGES	[COS]	

Σχετικά εγχειρίδια:

- ARC/Info “AML User's Guide”, ESRI 1991