



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Εργαστήριο Υδρολογίας και Υδραυλικών Έργων

Μάθημα: ΥΔΡΟΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

9^η Διάλεξη : Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους - ArcHydro

Φώτιος Π. Μάρης, Καθηγητής Δ.Π.Θ.

Πηγή:

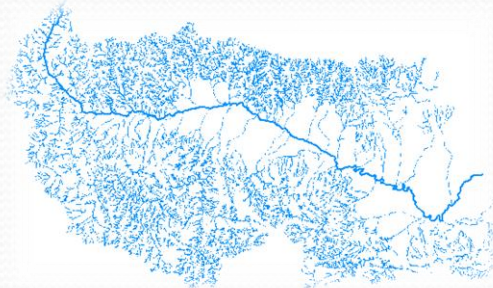
Τίτλος Συγγράμματος: ΥΔΡΟΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Φ.Μάρης, Σπ.Παπαρρίζος, Γ.Καράτζιος

Εκδόσεις: ΔΙΣΙΓΜΑ

➤ Εισαγωγή

- Τα κατανεμημένα υδρολογικά μοντέλα που προσομοιώνουν την διαδικασία της βροχόπτωσης-απορροής απαιτούν κάποια μορφή δομής δεδομένων που καλείται **υδρογραφικό δίκτυο** για να δρομολογήσουν την απορροή μέσω της τοπογραφίας.
- Ένα υδρογραφικό δίκτυο συνίσταται από στοιχεία επιφανειακής ροής που αναπαριστούν τη ροή μέσα και πάνω στο έδαφος. Αυτά τα στοιχεία αναπαρίστανται σαν κελιά ενός πλέγματος σε ψηφιδωτή μορφή δεδομένων.
- Ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (Digital Elevation Model - DEM) είναι χρήσιμο για τον προσδιορισμό της μορφής του εδάφους καθώς και του υδρογραφικού δικτύου.
- Τα βήματα επεξεργασίας και το μέγεθος των κελιών ενός DEM επηρεάζουν την κλίση της επιφάνειας του εδάφους, το μήκος του υδρογραφικού δικτύου και τις συνεκτικές του ιδιότητες.

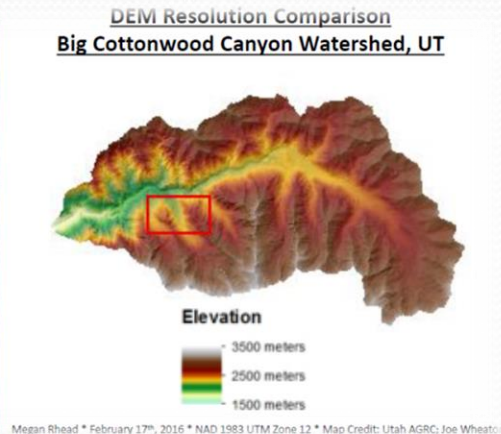
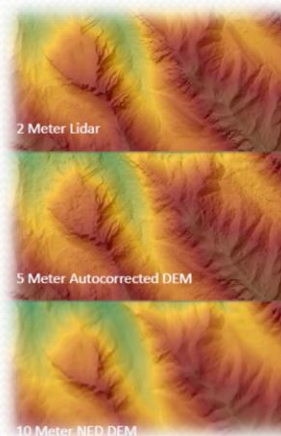


➤ Εισαγωγή

- Τα παραγόμενα αποστραγγιστικά δίκτυα και οι υδραυλικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν τη μεταφορά της απορροής στην έξοδο της λεκάνης απορροής ενός ποταμού, εξαρτώνται από το μέγεθος των κελιών και από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να παραγάγουν το υδρογραφικό δίκτυο.
- Μόλις καθοριστεί το υδρογραφικό δίκτυο και προκύψει η κλίση, οι υπόλοιπες υδραυλικές παράμετροι είναι προσαρμοσμένες.
- Τα χαρακτηριστικά του προκύπτοντος υδρογραφικού δικτύου μπορούν να επηρεάσουν την υδρολογική βαθμονόμηση και την απόδοση του μοντέλου.
- Η εξάρτηση των βασισμένων σε πλέγμα μοντέλων προσομοίωσης στην διακριτική ικανότητα του DEM είναι σημαντική, ανεξάρτητα από το αν το DEM είναι σε ψηφιδωτή ή σε μορφή δικτύου ακανόνιστων τριγώνων (Triangulated Irregular Network - TIN).

➤ Εισαγωγή

- Επιπρόσθετα, δεδομένου ότι ένα κατανεμημένο μοντέλο είναι βαθμονομημένο (**calibrated**) σε μια συγκεκριμένη **διακριτική ικανότητα** οι βαθμονομημένες παράμετροι μπορεί να χρειάζονται προσαρμογή όσο χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα μεγέθη κελιών.
- Η αυτόματη δημιουργία των υδρογραφικών δικτύων από τα DEM πρέπει να εξετάσει εάν ένα κελί είναι κελί επιφανειακής ροής ή ροής καναλιού.
- Η απόδοση και η βαθμολόγηση ενός μοντέλου μπορούν να επηρεαστούν από τις παραδοχές που χρησιμοποιούνται για να εξαγάγουν το δίκτυο.



➤ Μοντελοποίηση με το ArcHydro

- Σε όλο τον κόσμο, οι υδρολόγοι έχουν αφιερώσει το χρόνο τους για την ακριβή ποσοτικοποίηση της ποσότητας του νερού που είναι διαθέσιμη για τις κοινότητες που ζουν μέσα στις περιοχές διαφόρων λεκανών απορροής.
- Για την επίτευξη αυτών των στόχων, τα υδρολογικά μοντέλα θα πρέπει να συνδέονται με άλλες διαθέσιμες κλιματικές προσομοιώσεις, αναγνωρίσιμες από τα Ατμοσφαιρικά Γενικά Μοντέλα Κυκλοφορίας (Atmospheric General Circulation Models - AGCM).
- Κατά την τελευταία δεκαετία υπάρχει τεράστια εξέλιξη των υδρολογικών μοντέλων ενώ και στο μέλλον αναμένεται να υπάρξει μεγάλη ανάπτυξη των λόγω της συνεχούς αλλαγής των κλιματικών και ατμοσφαιρικών προσανατολισμών.
- Ορισμένα μοντέλα έχουν εγκαταλειφθεί επειδή οι λειτουργίες και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες χρησιμοποιούνταν για την παρακολούθηση των κλιματικών μεταβολών έχουν αλλάξει σε μεγάλο βαθμό.
- Αυτό συνεπώς καλεί για μια νέα ανάπτυξη των υδρολογικών μοντέλων σχετικά με τα τρέχοντα κλιματολογικά χαρακτηριστικά.

➤ Μοντελοποίηση με το ArcHydro

- Η προσομοίωση των υδρολογικών διεργασιών πρέπει να αποτελείται αυστηρά από ένα ισχυρό σύστημα ανατροφοδότησης, μέσω του οποίου μπορούν να παρακολουθούνται και να αξιολογούνται οι σημαντικές αλλαγές και οι αποκλίσεις από την κανονικότητα των υδρολογικών διεργασιών, για λόγους ανάπτυξης.
- Η ποσοτικοποίηση της διήθησης, της απορροής, της εξατμισοδιαπνοής έχουν εξεταστεί από κοινά υδρολογικά μοντέλα.
- Επιπλέον, η ενσωμάτωση των διαφοροποιημένων μοντέλων έχει χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των περιόδων επαναφοράς για τις πλημμύρες, της ξηρασίες και άλλες σχετικές «καταστροφές» που συνδέονται με την υδρολογία.
- Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού και οι αλλαγές των δημογραφικών τάσεων ανάμεσα στις διάφορες περιοχές του κόσμου στέκεται ως εμπόδιο για την ανάπτυξη και το μόνο μέτρο αντιμετώπισης είναι να υπολογιστεί το ποσό του νερού που διατίθεται για συγκεκριμένες περιοχές.

➤ Μοντελοποίηση με το ArcHydro

- Από την έλλειψη υδάτινων πόρων και τη διαφύλαξη των βασικών διεργασιών του φυσικού περιβάλλοντος έχουν προκύψει διάφορα προβλήματα ανάπτυξης.
- Είναι κρίσιμο να σημειωθεί ότι σήμερα το ένα τρίτο του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί σε περιοχές που δεν διαθέτουν βιώσιμους υδάτινους πόρους.
- Η επικράτηση του φαινομένου αυτού και η αυξημένη ευπάθεια των περιοχών σε ασθένειες που μεταδίδονται μέσω του νερού ή που σχετίζονται με αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί μόνο με την παροχή αποτελεσματικού σχεδιασμού και αειφορική διαχείριση των υδάτινων πόρων μέσω της έγκαιρης μοντελοποίησης των διαθέσιμων πόρων.
- Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS) και το σχετικό λογισμικό όπως το **ArcHydro**, μας επιτρέπει να αναλύσουμε αυτά τα υδρολογικά δεδομένα και να αποκαλύψουμε τις σχέσεις και τα πρότυπα.



➤ AreHydro – Παράδειγμα εφαρμογής

- **Υλικά και Μέθοδοι**
- Το παράδειγμα της μελέτης που παραθέτουμε διεξήχθη στη λεκάνη του Σπερχειού ποταμού, που βρίσκεται στην κεντρική Ελλάδα.
- Τα βασικά χαρακτηριστικά των **61 σημείων απορροής** που χρησιμοποιούνται σε αυτό το παράδειγμα για την περιοχή μελέτης δίνονται στον Πίνακα 1.

	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Εμβαδόν λεκάνης απορροής (km²)	20,45	28,86	1,48	170,27
Περίμετρος λεκάνης απορροής (km²)	18,35	12,20	5,57	62,98
Μέση κλίση (%)	15,49	4,47	15,49	4,47
Μέσο Ύψόμετρο (m)	669,97	308,80	157,29	1384,14
Συντελεστής κυκλικότητας	1,39	0,53	0,15	2,70
Μήκος κυρίου ρεύματος (km)	7,01	4,77	1,35	29,91

➤ ArcHydro – Παράδειγμα εφαρμογής

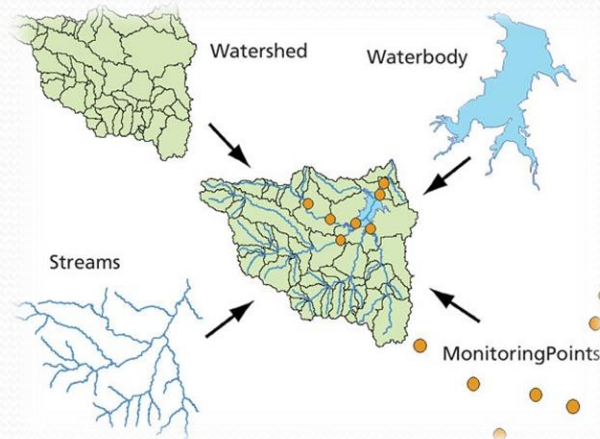
- Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ArcHydro Geoprocessing Tool v.1.3 για το πρόγραμμα ArcGIS v.9.3 (για ορισμένες λειτουργίες θα έπρεπε να χρησιμοποιήσει την επέκταση του Spatial Analyst).
- Συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν οι ακόλουθες λειτουργίες (ArcHydro GP Tools v.1.3 2009) :
 - Προ-επεξεργασία της επιφάνειας (Terrain Preprocessing): Ανακατασκευή του DEM (DEM Reconditioning) και συμπλήρωση «γέμισμα» του υδρογραφικού δικτύου (Fill Sinks)
 - Υπολογισμός κατεύθυνσης και συσσώρευσης της ροής (Flow direction και Flow accumulation)
 - Ορισμός και κατάτμηση του υδρογραφικού δικτύου (Stream definition and Stream segmentation)

➤ **ArcHydro – Παράδειγμα εφαρμογής**

- **Οριοθέτηση του πλέγματος της λεκάνης απορροής και επεξεργασία του πολυγώνου της λεκάνης απορροής (Catchment grid delineation and catchment polygon processing)**
- **Υδρογραφικό δίκτυο, ένωση των υπολεκανών για να δημιουργηθούν κοινά όρια και επεξεργασία των σημείων του αποστραγγιστικού δικτύου (Drainage line, Adjoint catchment and Drainage point processing)**
- **«Κεντροποίηση» της λεκάνης απορροής (Drainage area centroid)**
- **Αποτύπωση του μεγαλύτερου «μονοπατιού» της ροής (Longest flow path)**
- **Δημιουργία υδρογραφικού δικτύου: άκρες και διασταυρώσεις (Hydro network generation: Hydro edge and Hydro junction)**

➤ ArcHydro – Παράδειγμα εφαρμογής

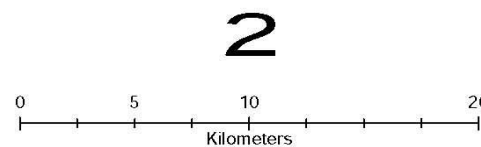
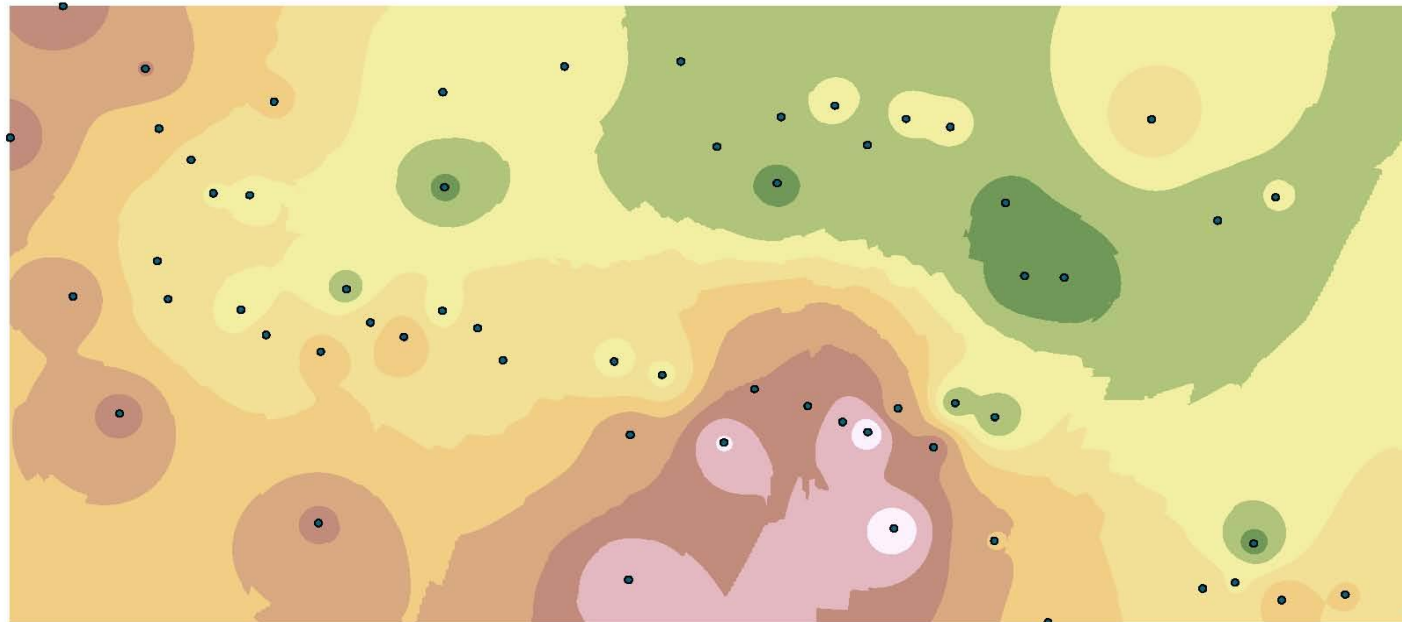
- Δημιουργία κόμβων και συνδέσμων: Σχηματική σύνδεση των κόμβων (Node / Link schema generation: Schema link and Schema node)
- Μήκος του κατάντη υδρογραφικού δικτύου για τον υπολογισμό των άκρων (Length downstream for edges calculation)
- Μήκος του κατάντη υδρογραφικού δικτύου για τον υπολογισμό των διασταυρώσεων (Length downstream for junctions calculation)
- Προσδιορισμός των επόμενων υπολογισμένων ρευμάτων



➤ AreHydro – Αποτελέσματα

- **Προ-επεξεργασία της επιφάνειας (Terrain Preprocessing): Ανακατασκευή του DEM (DEM Reconditioning) και συμπλήρωση «γέμισμα» του υδρογραφικού δικτύου (Fill Sinks)**
 - Το DEM χρησιμοποιείται για να καθορίσει το υδρογραφικό σχέδιο της επιφάνειας.
 - Μόλις η προ-επεξεργασία ολοκληρωθεί, το DEM και τα παράγωγά του μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποτελεσματική σκιαγράφιση του υδροκρίτη και την παραγωγή του υδρογραφικού δικτύου.
 - Ειδικότερα, η λειτουργία της ανακατασκευής του DEM μεταβάλλει το DEM με την εισαγωγή των γραμμικών χαρακτηριστικών (Σχήμα 1), ενώ η συμπλήρωση ή αλλιώς το «γέμισμα» του υδρογραφικού δικτύου γεμίζει τα κενά του πλέγματος όπως φαίνεται στο σχήμα 2.
 - Εάν το κελί περιβάλλεται από κελιά με μεγαλύτερα υψόμετρα, το νερό είναι παγιδευμένο σε αυτό το κελί και κατά συνέπεια δεν μπορεί να κυλήσει.
 - Η συμπλήρωση του υδρογραφικού δικτύου τροποποιεί την τιμή του υψόμετρου για να ελαχιστοποιούνται αυτά τα προβλήματα.

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα

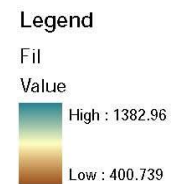
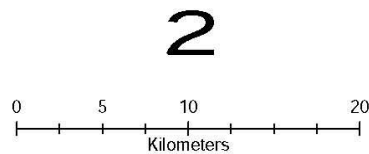
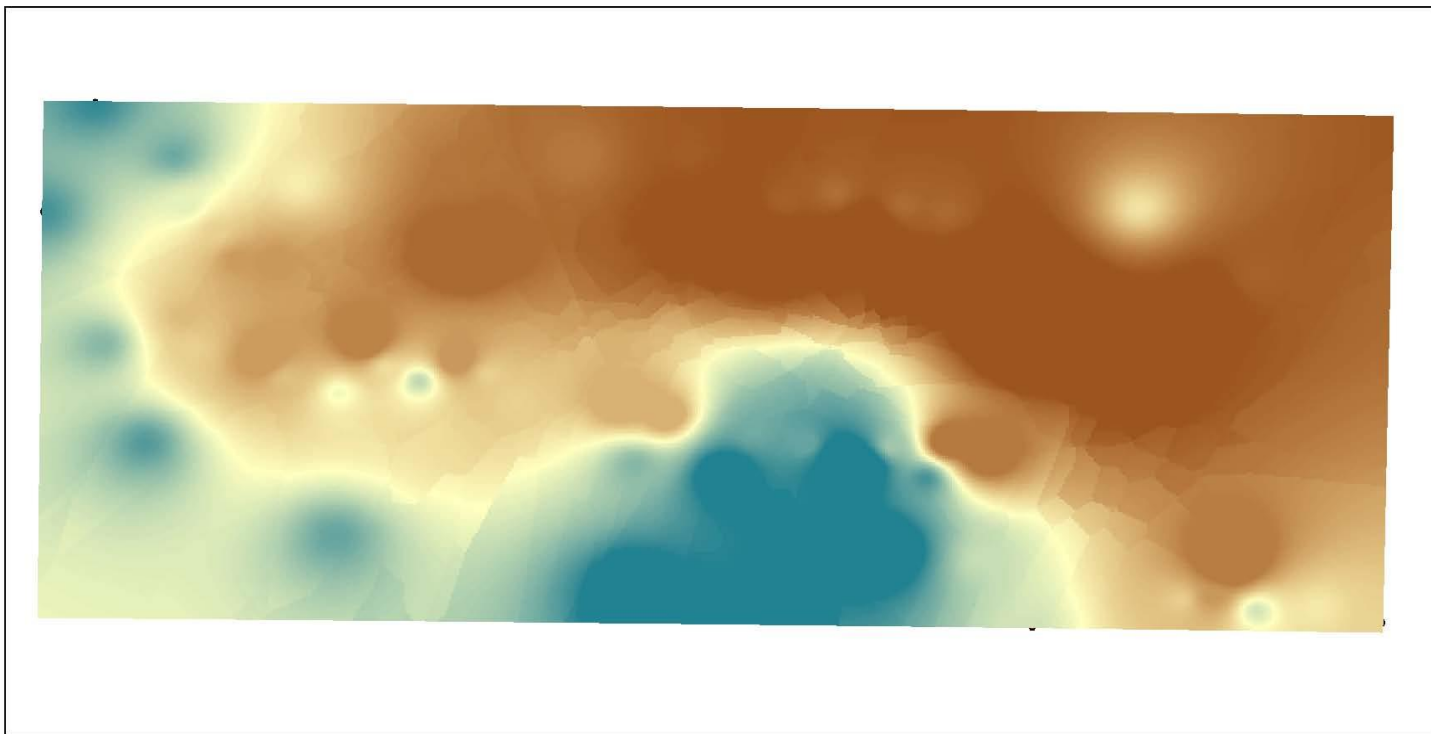


Legend



Σχήμα 1: Λειτουργία ανακατασκευής του DEM (DEM Reconditioning)

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα



Σχήμα 2: Συμπλήρωση ή «γέμισμα» του υδρογραφικού δικτύου (Fill sinks)

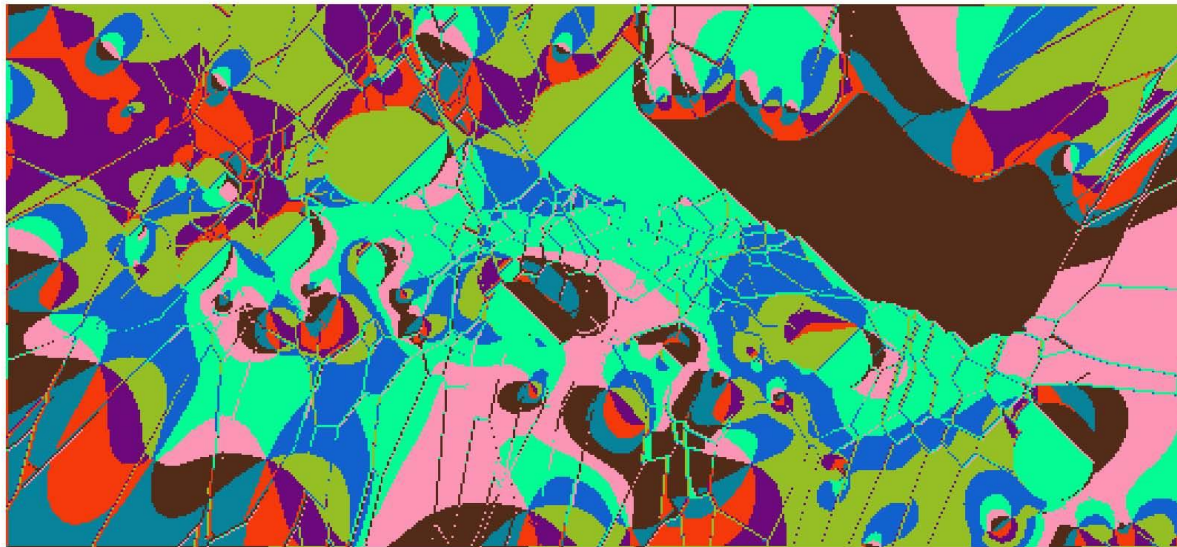
ArcHydro – Αποτελέσματα

- Υπολογισμός κατεύθυνσης και συσσώρευσης της ροής (Flow direction και Flow accumulation)
- Το νερό που είναι αποθηκευμένο σε κάθε κελί του πλέγματος θα κυλήσει προς τα γειτονικά κελιά με το χαμηλότερο υψόμετρο.
- Ο συνολικός αριθμός των κυττάρων, ανάλογα με την κατεύθυνση της ροής του νερού σε αυτά, δίνεται στον πίνακα 2.
- **Πίνακας 2:** Κατεύθυνση ροής (Flow direction) στο πλέγμα

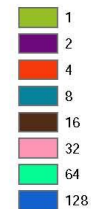
Προσανατολισμός	Τιμή	Αριθμός κελιών
Ανατολικά	1	23877
Νοτιο-ανατολικά	2	12004
Νότια	4	9083
Νοτιο-δυτικά	8	7608
Δυτικά	16	22745
Βόρειο-δυτικά	32	17779
Βόρεια	64	25812
Βορειο-ανατολικά	128	15879

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα

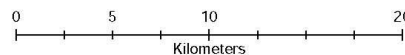
- Η λειτουργία **Flow direction** υπολογίζει την κατεύθυνση της ροής για ένα δεδομένο πλέγμα όπως φαίνεται στο σχήμα 3.



Legend



2

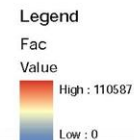
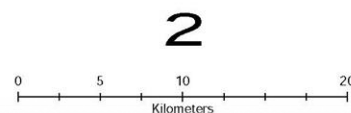


Σχήμα 3: Κατεύθυνση ροής (Flow direction)

➤ AreHydro – Αποτελέσματα

- Η λειτουργία της συσσώρευσης της ροής (**Flow accumulation**) υπολογίζει τη ροή στο πλέγμα, το οποίο περιέχει τον συσσωρευμένο αριθμό κελιών του πλέγματος (Σχήμα 4).
- Από την έξοδο του πλέγματος της συσσωρευμένης ροής, ανοίγοντας κάποιος τις ιδιότητες πίνακα του Flow accumulation και επιλέγοντας την πηγή μπορεί να παρατηρήσει πόσα κελιά υπάρχουν στο δίκτυο, ποια είναι η μέγιστη συσσώρευση ροής για ένα συγκεκριμένο αριθμό κελιών και ποια αποστραγγιστική περιοχή αντιπροσωπεύουν αυτά τα κελιά.

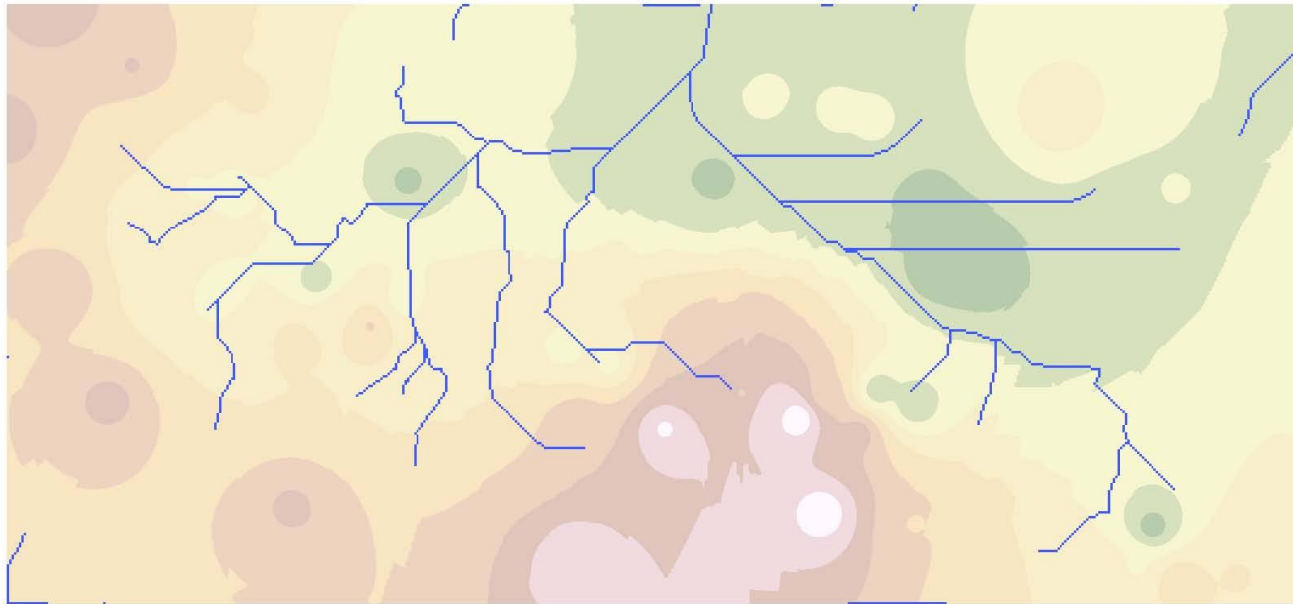
Σχήμα 4: Συσσώρευση της ροής (Flow accumulation)



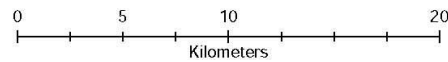
➤ ArcHydro – Αποτελέσματα

- Ορισμός και κατάτμηση του υδρογραφικού δικτύου (**Stream definition and Stream segmentation**)
 - Η λειτουργία του ορισμού του υδρογραφικού δικτύου (**Stream Definition**) ορίζει ότι ένα πλέγμα υδρογραφικού δικτύου περιέχει την τιμή "1" για όλα τα κελιά ενός πλέγματος συσσώρευσης ροής (**Flow accumulation grid**) που εισάγονται και έχουν τιμές μεγαλύτερες από το κατώτατο όριο ευαισθησίας (1% της μέγιστης ροής στην περίπτωση μελέτης μας, το οποίο είναι και το προεπιλεγμένο όριο για τον προσδιορισμό ενός ρεύματος) (Σχήμα 5).
 - Η επιλογή τιμών κάτω από το όριο ευαισθησίας οδηγεί σε πυκνότερο υδρογραφικό δίκτυο και συνήθως μεγαλύτερο αριθμό σχεδιαζόμενων υπολεκανών.

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα



2



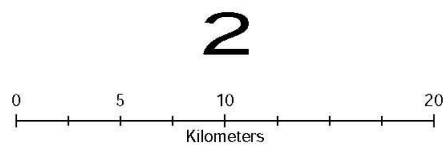
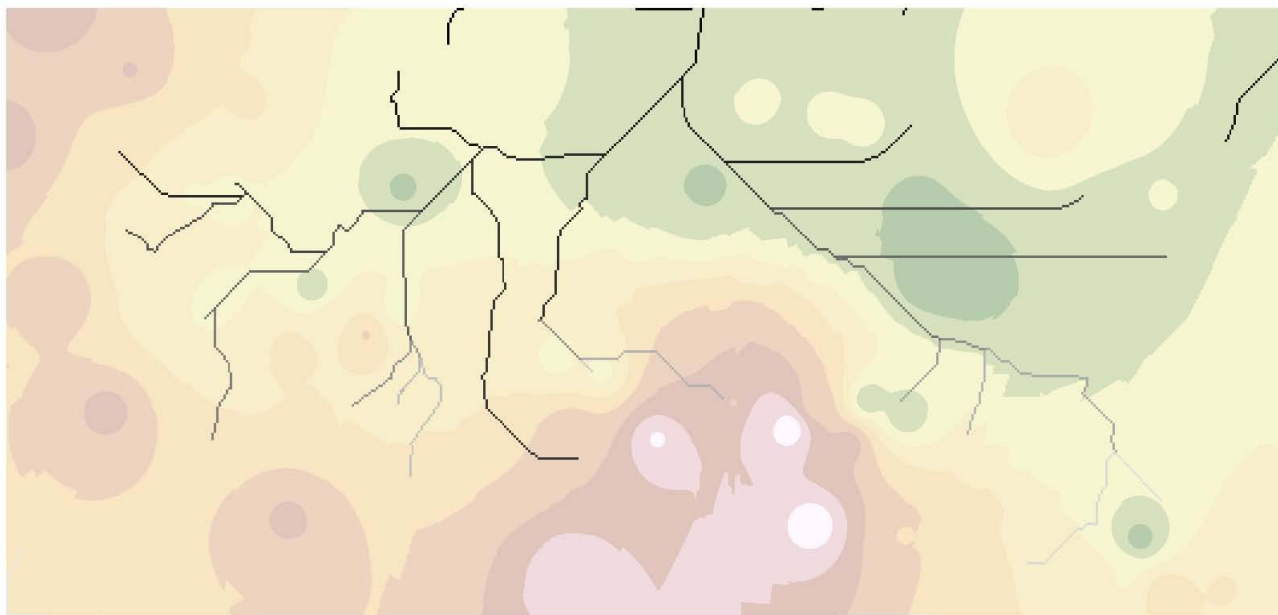
Legend
■ 1

Σχήμα 5: Ορισμός υδρογραφικού δικτύου (Stream Definition)

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα

- Η λειτουργία της κατάτμησης του υδρογραφικού δικτύου (**Stream Segmentation**) δημιουργεί ένα πλέγμα με επιμέρους ρεύματα που έχουν ένα μοναδικό αναγνωριστικό (ID) όπως φαίνεται στο σχήμα 6.
- Κάθε τμήμα μπορεί να είναι μέρος ενός γενικότερου τμήματος ή μπορεί να αποτελεί ένα συνδετικό μέρος ανάμεσα σε δύο τμήματα.
- Όλα τα κελιά σε ένα συγκεκριμένο τμήμα έχουν τον ίδιο κωδικό δικτύου που είναι ειδικά για το τμήμα αυτό.

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα

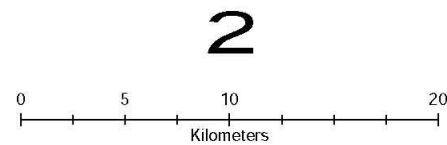


Σχήμα 6: Κατάτμηση του υδρογραφικού δικτύου (Stream Segmentation)

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα

- Οριοθέτηση του πλέγματος της λεκάνης απορροής και επεξεργασία του πολυγώνου της λεκάνης απορροής (**Catchment grid delineation and catchment polygon processing**)
- Η λειτουργία της οριοθέτησης του πλέγματος της λεκάνης απορροής (**Catchment grid delineation**) δημιουργεί ένα πλέγμα στο οποίο κάθε κελί έχει μια τιμή (κωδικός πλέγματος) που δείχνει σε ποια λεκάνη ανήκει το κελί.
- Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στην τιμή κάθε μέρους του ρεύματος που στραγγίζεται την περιοχή που συνδέει τα επιμέρους ρεύματα.
- Από το *Layer Properties* → *Symbology* → *Unique Values* μπορεί κανείς να δει τον αριθμό των κελιών που αντιστοιχούν σε κάθε λεκάνη απορροής.
- Ο αριθμός που προκύπτει είναι 50 λεκάνες και σχηματική παράσταση δίνεται στο σχήμα 7.

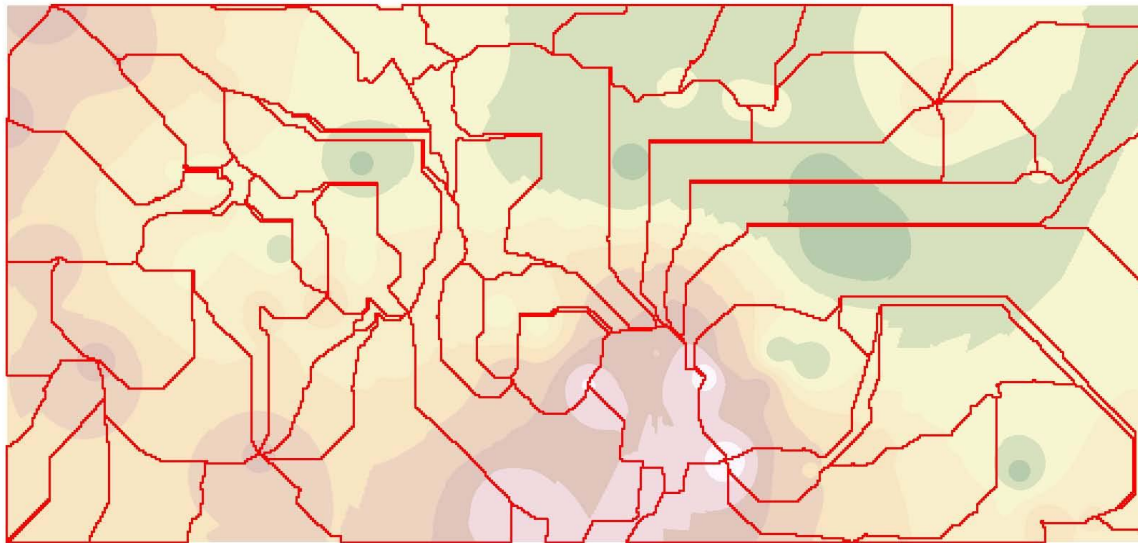
➤ ArcHydro – Αποτελέσματα



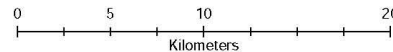
Σχήμα 7: Οριοθέτηση του πλέγματος της λεκάνης απορροής (Catchment grid delineation)

➤ AreHydro – Αποτελέσματα

- Η λειτουργία της επεξεργασίας του πολυγώνου της λεκάνης απορροής (**catchment polygon processing**) μετατρέπει το πλέγμα της λεκάνης σε πολύγωνα (υπολεκάνες) όπως φαίνεται στο σχήμα 8.



2



Legend

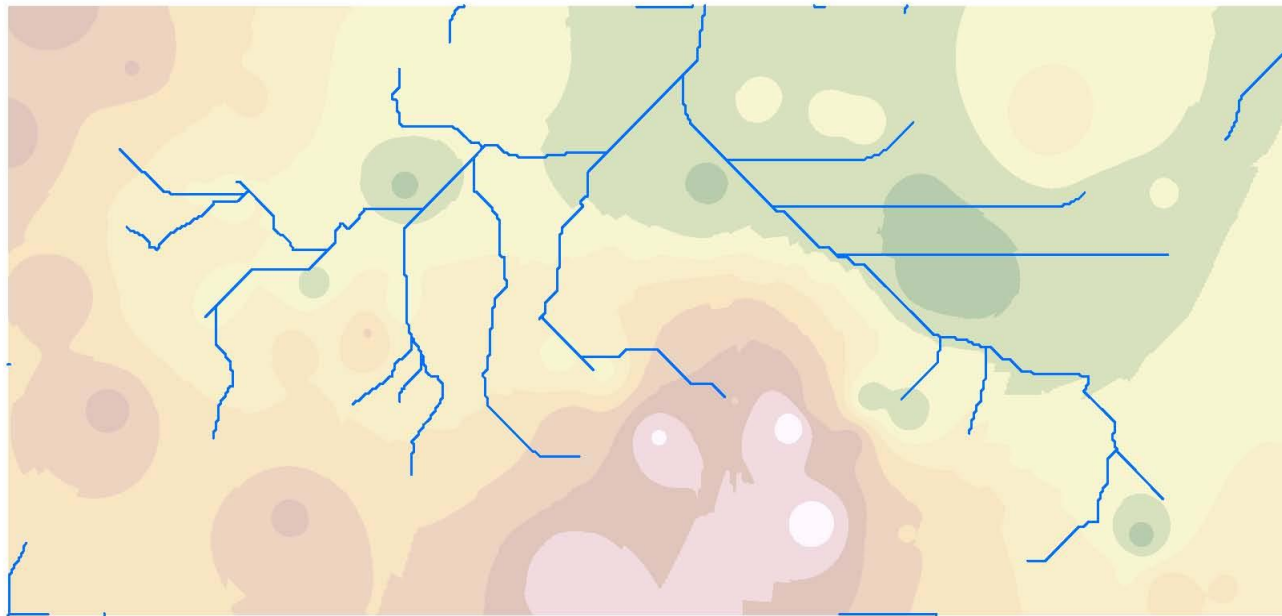


Σχήμα 8: Επεξεργασία του πολυγώνου της λεκάνης απορροής (catchment polygon processing)

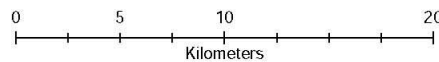
➤ ArcHydro – Αποτελέσματα

- Υδρογραφικό δίκτυο, ένωση των υπολεκανών για να δημιουργηθούν κοινά όρια και επεξεργασία των σημείων του αποστραγγιστικού δικτύου (**Drainage line, Adjoint catchment and Drainage point processing**)
- Η λειτουργία της επεξεργασίας του υδρογραφικού δικτύου (**Drainage line**) μετατρέπει το εισαγόμενο πλέγμα για τη σύνδεση των ρευμάτων σε μια κατηγοριοποίηση των γραμμών των ρευμάτων (Σχήμα 9).
- Κάθε γραμμή σε αυτή την κατηγορία των γραμμικών χαρακτηριστικών φέρνει ένα προσδιοριστικό της λεκάνης στην οποία ανήκει.

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα



2



Legend

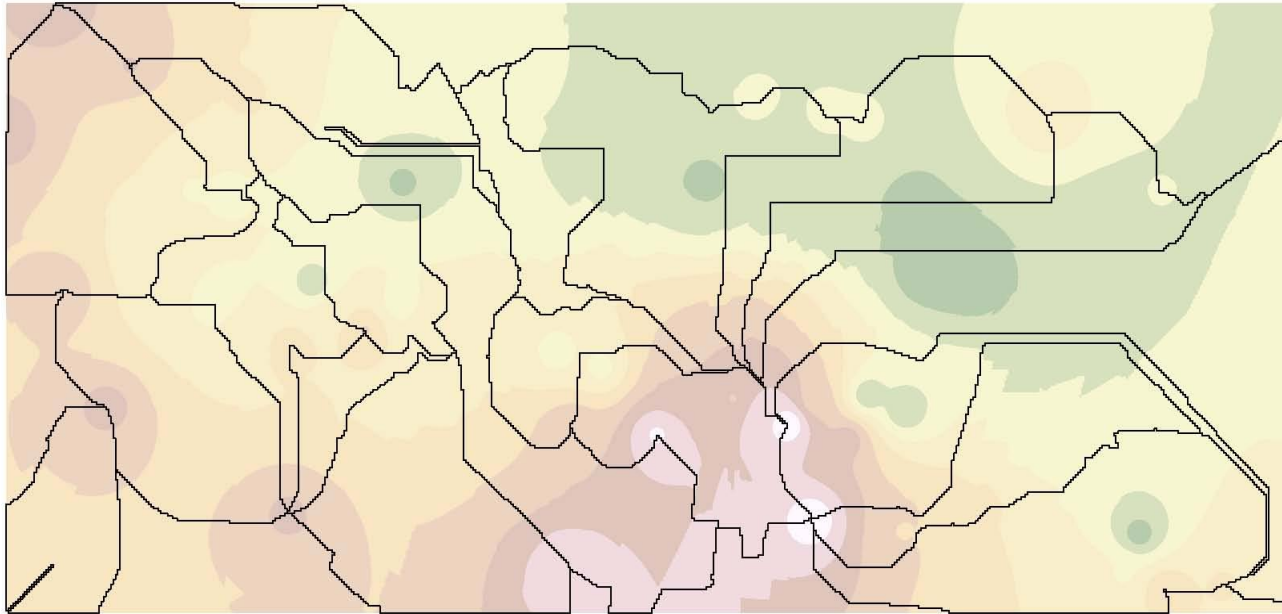
— DrainageLine

Σχήμα 9: Λειτουργία επεξεργασίας υδρογραφικού δικτύου (Drainage line)

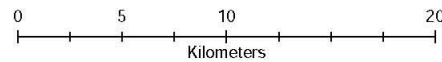
➤ ArcHydro – Αποτελέσματα

- Η επεξεργασία των λεκανών προκειμένου να δημιουργηθούν κοινά όρια (**Adjoint catchment**) δημιουργεί τις συνολικές, στα ανάντη, λεκάνες από την κατηγορία της "λεκάνης απορροής" (Σχήμα 10).
- Για κάθε λεκάνη απορροής που δεν είναι κύρια δημιουργείται ένα πολύγωνο που αντιπροσωπεύει τη συνολική λεκάνη απορροής για κάθε σημείο εισόδου και αποθηκεύεται σε μια κατηγορία που ονομάζεται "Συζυγείς λεκάνες απορροής" (**Adjoint catchments**).
- Αυτή η κατηγορία των χαρακτηριστικών χρησιμοποιείται για να επιταχύνει τη διαδικασία της οριοθέτησης του κάθε σημείου.

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα



2



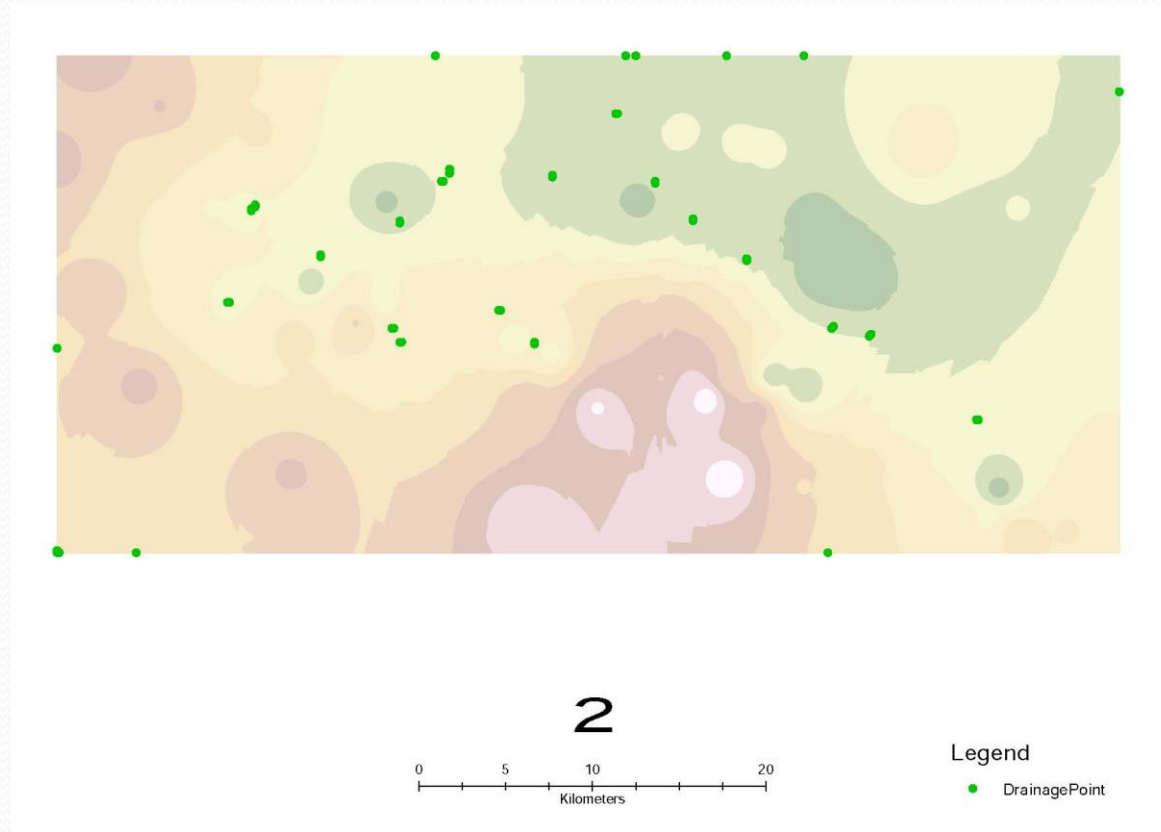
Legend

AdjointCatchment

Σχήμα 10: Επεξεργασία των λεκανών προκειμένου να δημιουργηθούν κοινά όρια (Adjoint catchment)

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα

- Η λειτουργία της επεξεργασίας των σημείων του αποστραγγιστικού δικτύου (Drainage point processing) επιτρέπει τη δημιουργία σημείων αποστράγγισης που συνδέονται με τις λεκάνες (Σχήμα 11).

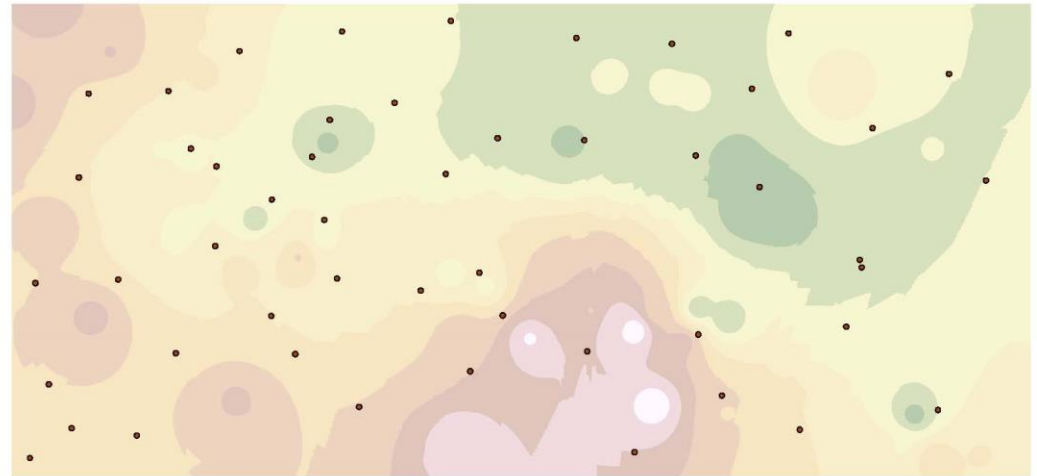


Σχήμα 11: Λειτουργία της επεξεργασίας των σημείων του αποστραγγιστικού δικτύου (Drainage point processing)

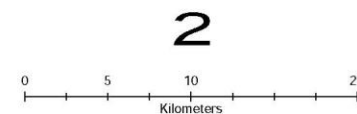
➤ AreHydro – Αποτελέσματα

➤ «Κεντροποίηση» της λεκάνης απορροής (Drainage area centroid)

- Αυτή η λειτουργία δημιουργεί σημεία σε περιοχές αποστράγγισης που ονομάζονται «barycenters» ή κέντρα βάρους (Σχήμα 12).
- Η λειτουργία λαμβάνει χώρα σε ένα επιλεγμένο σύνολο των περιοχών. Εάν δεν έχουν επιλεγεί περιοχές, τότε η λειτουργία εφαρμόζεται σε όλες τις περιοχές αποστράγγισης.



Σχήμα 12: «Κεντροποίηση» της λεκάνης απορροής (Drainage area centroid)

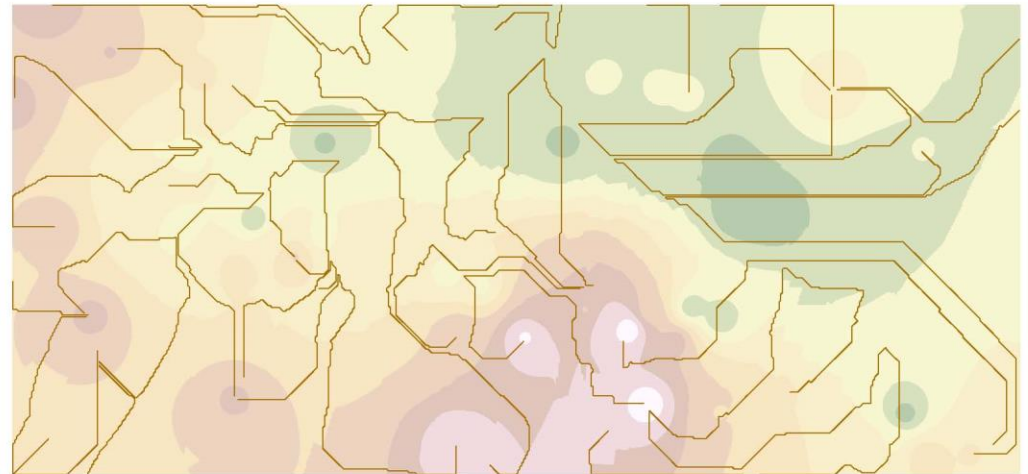


Legend
• Centroid

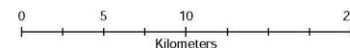
➤ AreHydro – Αποτελέσματα

- Αποτύπωση του μεγαλύτερου «μονοπατιού» της ροής (Longest flow path)
- Αυτή η λειτουργία ανιχνεύει και υπολογίζει το μήκος της μακρύτερης διαδρομής της ροής ενός ρεύματος σε ένα επιλεγμένο σύνολο περιοχών (Σχήμα 13).
- Η συγκεκριμένη λειτουργία γίνεται είτε συνολικά για όλους τους τομείς, είτε για μια επιλεγμένη περιοχή.

Σχήμα 13: Αποτύπωση του μεγαλύτερου «μονοπατιού» της ροής (Longest flow path)



2



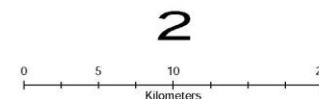
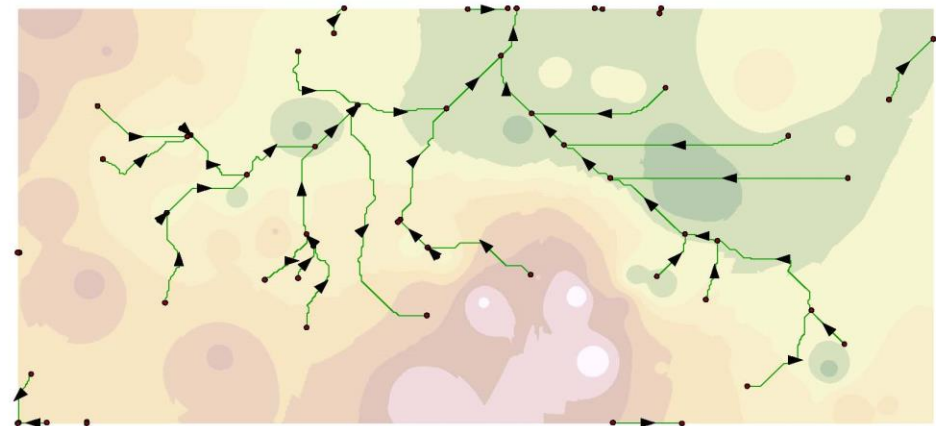
Legend

— LongestFlowPathCat

➤ AreHydro – Αποτελέσματα

- Δημιουργία υδρογραφικού δικτύου: άκρες και διασταυρώσεις (Hydro network generation: Hydro edge and Hydro junction)
- Αυτή η λειτουργία επιτρέπει την μετατροπή των χαρακτηριστικών του υδρογραφικού δικτύου σε γεωμετρικά χαρακτηριστικά (άκρες και διασταυρώσεις) και δημιουργεί το αντίστοιχο υδρογραφικό δίκτυο (Σχήμα 14).
- Επιπλέον, δημιουργεί μια σχέση (**HydroJunctionHasCatchment**) μεταξύ της νέας κατηγορίας «Hydro Junction» και των κατηγοριών των λεκανών απορροής.

Σχήμα 14: Δημιουργία υδρογραφικού δικτύου: άκρες και διασταυρώσεις (Hydro network generation: Hydro edge and Hydro junction)



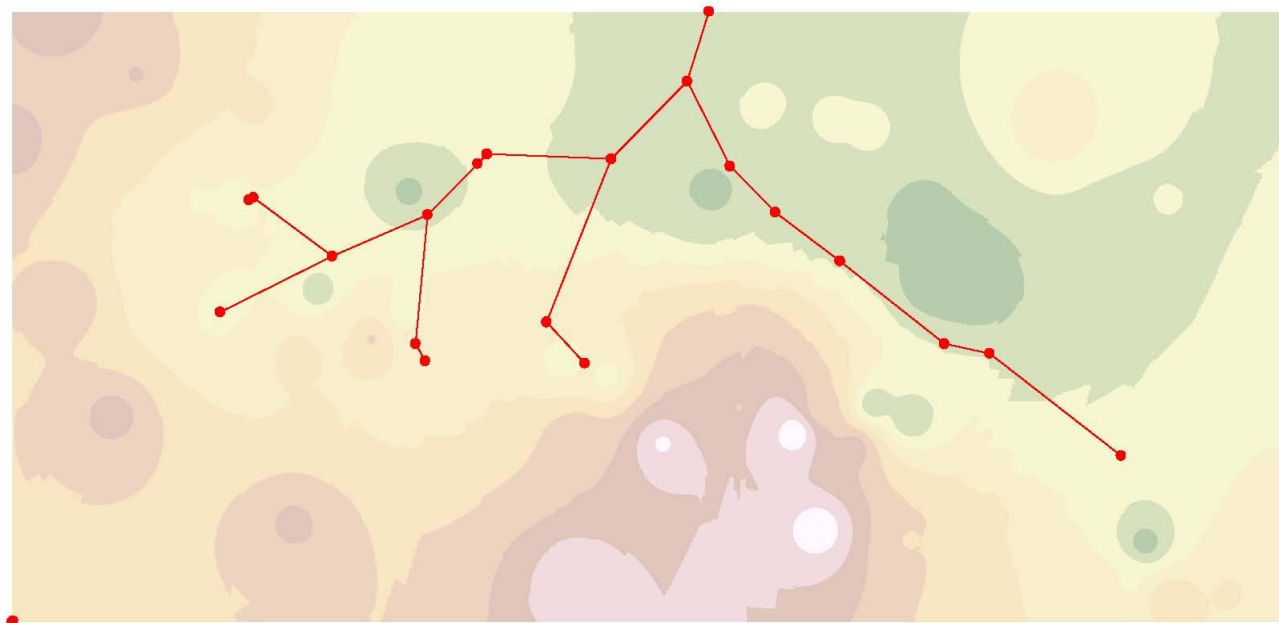
Legend

- HydroJunction
- HydroEdge

➤ AreHydro – Αποτελέσματα

- **Δημιουργία κόμβων και συνδέσμων: Σχηματική σύνδεση των κόμβων (Node / Link schema generation: Schema link and Schema node)**
- Αυτή η λειτουργία επιτρέπει τη δημιουργία ενός σχήματος, όπου οι κόμβοι είναι τα κέντρα των πολυγώνων που εκπροσωπούν τις λεκάνες και οι σύνδεσμοι είναι τα σημεία ενδιαφέροντος (Σχήμα 15).
- Οι σύνδεσμοι περιλαμβάνουν τα σημεία εξόδου των λεκανών απορροής, τις συνδέσεις μεταξύ των ποταμών και τα σημεία εισόδου νερού.
- Η λειτουργία απαιτεί ότι υπάρχει μια σχέση μεταξύ των λεκανών, των σημείων εξόδου (JunctionID) και των επόμενων διασταυρώσεων των ρευμάτων, ακολουθώντας την κατεύθυνση του ρεύματος (NextDownID).

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα



Legend

SchemaNode

● <all other values>

Node Type

● Watershed Node

● Junction Node

SchemaLink

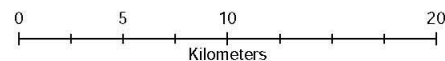
— <all other values>

Link Type

— Watershed Link

— Junction Link

2



Σχήμα 15: Δημιουργία κόμβων και συνδέσμων: Σχηματική σύνδεση των κόμβων (Node / Link schema generation: Schema link and Schema node)

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα

- **Μήκος του κατάντη υδρογραφικού δικτύου για τον υπολογισμό των άκρων (Length downstream for edges calculation)**
 - Αυτή η λειτουργία υπολογίζει το μήκος από άκρη σε άκρη του υδρογραφικού δικτύου εντός των λεκανών και προσθέτει τη στήλη «κατάντη» (LengthDown), η οποία περιλαμβάνει τα υπολογισθέντα μήκη των ρευμάτων όπως φαίνεται στον πίνακα 3.
- **Μήκος του κατάντη υδρογραφικού δικτύου για τον υπολογισμό των διασταυρώσεων (Length downstream for junctions calculation)**
 - Η λειτουργία αυτή βρίσκει τον επόμενο σύνδεσμο ακολουθώντας την πορεία της κατεύθυνσης του ρεύματος και δημιουργεί τη στήλη «NextDownID» βασισμένη στην «HydroID» του επόμενου ρεύματος.

AreHydro – Αποτελέσματα

Πίνακας 3: Μήκη των ρευμάτων (m)

HydroID	DrainID	LengthDown	HydroID	DrainID	LengthDown
327	2	0	382	14	8843,14
330	4	0	384	31	17927,7
333	5	0	386	25	19191,25
336	1	0	388	28	15617,4
339	3	0	390	33	22246,47
342	6	0	392	35	25760,18
345	7	15156,13	394	32	17927,7
347	8	3678,18	397	43	0
349	12	15156,13	399	42	20624,31
350	13	8843,14	401	38	20624,31
352	9	3678,18	403	36	22246,47
354	10	8523,69	405	40	26748,2
357	18	30652,97	407	34	25760,18
360	11	30928,5	409	39	24604,05
361	19	30652,97	411	30	31735,53
363	17	8523,69	413	37	24604,05
365	21	11590,39	415	16	15801,74
367	15	15801,74	417	41	26748,2
369	22	30928,5	419	45	34353,81
371	20	25284,08	421	44	34353,81
372	23	19191,25	424	47	0
374	24	11590,39	426	46	80,7
376	27	15617,4	428	48	80,7
378	26	25284,08	431	49	0
380	29	31735,53	434	50	0

➤ ArcHydro – Συζήτηση αποτελεσμάτων

- Το **ArcHydro** είναι ένα ολοκληρωμένο εργαλείο που αποτελείται από μια σειρά μοντέλων που λειτουργεί στο πρόγραμμα **ArcGIS** για να στηρίξει αποτελεσματικά χρονικές και γεωχωρικές αναλύσεις των δεδομένων.
- Το ArcHydro χρησιμοποιείται από τους υδρολόγους για τον χαρακτηρισμό και την οριοθέτηση της λεκάνης απορροής ή των λεκανών απορροής τόσο μέσω της μοντελοποίησης διανυσματικών (vector) όσο και κανναβικών αρχείων (raster).
- Αυτό το λογισμικό αναλύει συνθετικά υδρο-γεωμετρικά μεγέθη και δίκτυα, αναλύει χρονοσειρές χωρικών και χρονικών δεδομένων συγκρίνοντας παράλληλα τα αποτελέσματα με άλλα αριθμητικά μοντέλα.
- Η συστηματική προσέγγιση και η σύνθεση των στοιχείων στο ArcHydro από τα υδρολογικά μοντέλα έχει γίνει εύκολη λόγω της εφαρμογής των δύο συγκεκριμένων συστατικών που περιλαμβάνει: των εργαλείων (**ArcHydro Tools**) και της κατηγοριοποίησης των μοντελοποιημένων δεδομένων.

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα

- Ο συνδυασμός αυτών των δύο στοιχείων με γενικό προγραμματισμό χρησιμεύει ως μια οντότητα που βοηθά τους υδρολόγους και τους οικολόγους να αναλύσουν μια σειρά από προβλήματα που απαιτούν μοντελοποίηση.
- Το ArcHydro παρέχει ένα σταθερό πλαίσιο στο οποίο μπορούν να προστεθούν και άλλες λειτουργίες και δομές βάσεων δεδομένων για την επίλυση μιας συγκεκριμένης υδρολογικής εργασίας.
- Ενώ άλλα μοντέλα έχουν παραμείνει λειτουργικά στην ανάλυση των υδρολογικών προβλημάτων, το ArcHydro είναι τόσο αποτελεσματικό και αποδοτικό λόγω των διατάξεων που έχει, έτσι ώστε τα εργαλεία να είναι εύκολα προσβάσιμα μέσω της γραμμής των εργαλείων.
- Το ArcHydro είναι απαραίτητο διότι παρέχει νέες δυνατότητες, μέσω των οποίων μπορεί να γίνει κατηγοριοποίηση μέσω καταλόγου (**Arc cataloging**) καθώς και χαρτογράφηση (**Arc mapping**).

➤ ArcHydro – Αποτελέσματα

- Τέλος, το ArcHydro χρησιμοποιείται κυρίως για το λόγο ότι περιλαμβάνουν την ανάθεση στο μοντέλο των χαρακτηριστικών των δεδομένων, δεδομένα τα οποία στη συνέχεια αποτελούν τη βάση για εκτεταμένη υδρολογική μοντελοποίηση.
- Επιπλέον, έχει τη δυνατότητα να παρέχει τη δυνατότητα μοντελοποίησης των ψηφιακών χαρακτηριστικών του υψομέτρου κάτι το οποίο υποστηρίζει την παραγωγή του υδρογραφικού δικτύου, την οριοθέτηση των λεκανών απορροής και άλλες οικολογικές ή υδρολογικές εφαρμογές.
- Σε σύγκριση με άλλα μοντέλα, το ArcHydro χρησιμοποιείται κυρίως αποκλειστικά λόγω της πολύ μεγάλης ευελιξίας που παρέχει.

