



**Ε.Υ.Δ.Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα - Επιχειρηματικότητα - Καινοτομία**  
**Πράξη: «Ελληνικό Ολοκληρωμένο Σύστημα Παρακολούθησης, Πρόγνωσης και**  
**Τεχνολογίας των Θαλασσών και των Επιφανειακών Υδάτων»**

**Υποέργο 14: Δίκτυο Ανοιχτής Πληροφορίας Υδροσυστημάτων**  
**(Open Hydrosystem Information Network, OpenHi.net)**

**Πακέτο Εργασίας 4**

Οργάνωση και επεξεργασία γεωγραφικών δεδομένων επιφανειακών υδάτινων σωμάτων και υδροσυστημάτων της Ελλάδας και ένταξή τους στο πληροφοριακό σύστημα

**Παραδοτέο 4.1**

Τεχνική έκθεση περιγραφής και οργάνωσης γεωγραφικών δεδομένων

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το «Δίκτυο Ανοιχτής Πληροφορίας Υδροσυστημάτων» (Open Hydrosystem Information Network, OpenHi.net) είναι μια πληροφοριακή υποδομή για τα επιφανειακά ύδατα της χώρας. Στη βάση δεδομένων του OpenHi αποθηκεύονται χρονοσειρές (πρωτογενείς και παράγωγες) για παραμέτρους σχετικές με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών υδάτων. Παράλληλα, αναπτύσσεται ένα Σύστημα Γεωγραφικής Πληροφορίας όπου αποθηκεύεται και προσφέρεται πληροφορία σχετική με τα χαρακτηριστικά των λεκανών και υπολεκανών απορροής και τα επιφανειακά ύδατα, σε επίπεδο χώρας. Αποθηκεύεται επίσης πληροφορία σχετική με τις ανάντη των σταθμών μέτρησης λεκάνες απορροής, ώστε να μπορούν να συσχετιστούν οι μετρήσεις με τα φυσιογραφικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά τους. Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν: α) υδατορεύματα (μήκος και κλίση τμήματος, μήκος, όνομα και τάξη, τις λίμνες, έκταση, μέσο υψόμετρο, όνομα), β) λεκάνες απορροής, υπολεκάνες απορροής και λεκάνες απορροής ανάντη σταθμών μέτρησης (έκταση, μέσο υψόμετρο, μέση κλίση, μέσος αριθμός καμπύλης απορροής, τάξη, μήκος και κλίση κύριου υδατορεύματος) και γ) υδρογραφικό δίκτυο (αριθμοί αναγνώρισης κόμβων και κλάδων, μήκη κλάδων, συσχετίσεις κόμβων – κλάδων). Για την αυτοματοποίηση των χωρικών διαδικασιών και των υπολογισμών υλοποιήθηκε μία σειρά από εφαρμογές σε περιβάλλον ΣΓΠ. Ειδικότερα οι εφαρμογές αυτές αφορούν τη δημιουργία της γεωγραφικής βάσης, την εξαγωγή του υδρογραφικού δικτύου από ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων, την εκτίμηση του υδροκρίτη, τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών μεγεθών, την ονοματοδοσία των υδατορευμάτων, τη δημιουργία τοπολογίας, καθώς και τις εφαρμογές αυτοματοποίησης της εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων. Μετά τον οριστικό έλεγχο της γεωμετρίας τα δεδομένα αποθηκεύονται στην κεντρική βάση του OpenHi και προσφέρονται ελεύθερα μέσα από υπηρεσίες θέασης (Web Map Service, WMS) και ανάκτησής τους (Web Feature Service, WFS).

## **ABSTRACT**

Open Hydrosystem Information Network (OpenHi.net) is a large-scale surface-water monitoring infrastructure for Greece, providing free access to water data and incorporating existing networks that manage their own databases. OpenHiGis is the GIS component of the system, helping in linking stream flow to hydrological characteristics of upstream basins. The main goal is to collect, query and analyse data, to offer web-services related to hydrological-geographical information for watercourses and hydrographic networks, lakes and reservoirs, stream drainage basins and basins upstream of monitoring stations at the national level. Stored watercourses attributes are segment length and slope, geographical name and stream order. Attributes stored for lakes and reservoirs are area, elevation and geographical name. Attributes stored for basins (river basins, drainage basins, monitoring stations upstream basins) are area, mean elevation, mean slope, basin order, main watercourse length and slope, mean curve number. Spatial relationships between features (watercourses, basins, nodes) are defined using relevant and validated topological rules. A toolbox with several models was created to perform the geographical processes and to run calculations of spatial and geomorphological attributes. Such models, for example, are: watercourse extraction, hydrographic network definition, river basin delineation, geodatabase creation, data import from various sources and data export to the geodatabase, a naming model to give name to each segment, basin's mean curve number calculation. Web Map Services (WMS) and Web Feature Services (WFS) are provided to access, query and download the data through the OpenHi.net platform.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή – Το Δίκτυο OpenHi.net</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Τα γεωγραφικά δεδομένα του OpenHi - OpenHiGis</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Σχεδιασμός και υλοποίηση της βάσης δεδομένων του OpenHiGis</b>	<b>10</b>
3.1	Σχεδιασμός της γεωγραφικής βάσης .....	10
3.2	Υλοποίηση της γεωγραφικής βάσης.....	10
3.2.1	Επιφανειακά υδατα, λεκάνες απορροής.....	11
3.2.2	Υδρογραφικό δίκτυο .....	11
3.2.3	Οι πίνακες της γεωγραφικής βάσης.....	12
3.2.4	Πρωτογενή Δεδομένα .....	20
<b>4</b>	<b>Εφαρμογές για τη διαχείριση των δεδομένων και την αυτοματοποίηση των επεξεργασιών</b>	<b>23</b>
4.1	Τοπολογία .....	25
4.2	Το OpenHiGis toolbox.....	27
4.2.1	Create DB.....	29
4.2.2	Create feature.....	30
4.2.3	Import Data.....	30
4.2.4	WatercourseDEM .....	31
4.2.5	Watercourse .....	32
4.2.6	Watercourse_Items .....	32
4.2.7	Watercourse_Topology .....	33
4.2.8	Network.....	34
4.2.9	HydroNode_Items.....	35
4.2.10	Naming.....	35
4.2.11	RiverBasin.....	36
4.2.12	DrainageBasin .....	37
4.2.13	StationBasin.....	38
4.2.14	RiverBasin_Topology, DrainageBasin_Topology .....	38
4.2.15	Station .....	39
4.2.16	WatercourseLink.....	40
4.2.17	StandingWater .....	40
4.2.18	Compute CN.....	41
<b>5</b>	<b>Ένταξη των στοιχείων στο πληροφοριακό σύστημα</b>	<b>46</b>
5.1	Αποθήκευση των στοιχείων στο πληροφοριακό σύστημα .....	46
5.2	Ένταξη των στοιχείων στο πληροφοριακό σύστημα.....	47

<b>6 Σύνοψη</b>	<b>49</b>
<b>Αναφορές</b>	<b>55</b>
<b>Παράρτημα Π1 – Οδηγίες ανάκτησης γεωγραφικών στοιχείων του OpenHi</b>	<b>56</b>

# 1 Εισαγωγή – Το Δίκτυο OpenHi.net

---

Το «Δίκτυο Ανοιχτής Πληροφορίας Υδροσυστημάτων» (Open Hydrosystem Information Network, [OpenHi.net](http://OpenHi.net)) είναι μια ολοκληρωμένη πληροφοριακή υποδομή για τη συλλογή, διαχείριση και ελεύθερη διάχυση της υδρολογικής και περιβαλλοντικής πληροφορίας που αφορά στους επιφανειακούς υδατικούς πόρους της χώρας. Κύριοι στόχοι του είναι: (α) η καταγραφή και αξιολόγηση των υφιστάμενων υποδομών της χώρας (μετρητικά δίκτυα, βάσεις δεδομένων), στην κατεύθυνση ανάπτυξης ενός εθνικού δικτύου παρακολούθησης των υδρο-περιβαλλοντικών πληροφοριών για τα επιφανειακά υδροσυστήματα, (β) η οργάνωση των σχετιζόμενων γεωγραφικών και διαχειριστικών δεδομένων, (γ) η υλοποίηση του πληροφοριακού συστήματος, (δ) η ανάπτυξη έξυπνων τεχνολογιών χαμηλού κόστους για τη μέτρηση και τηλεμετάδοση των δεδομένων πραγματικού χρόνου, και (ε) η ένταξη στο σύστημα ώριμων μετρητικών υποδομών που διαχειρίζονται οι συνεργαζόμενοι φορείς.

Το «Δίκτυο Ανοιχτής Πληροφορίας Υδροσυστημάτων» (Open Hydrosystem Information Network, [OpenHi.net](http://OpenHi.net)) είναι μια πληροφοριακή υποδομή για τα επιφανειακά ύδατα της χώρας. Το OpenHi.net αποτελεί τη συνιστώσα, για τα επιφανειακά ύδατα, της εθνικής ερευνητικής υποδομής «Ελληνικό Ολοκληρωμένο Σύστημα Παρακολούθησης, Πρόγνωσης και Τεχνολογίας των Θαλασσών και των Επιφανειακών Υδάτων» (HIMIOFoTS, [himiofots.gr](http://himiofots.gr)). Το HIMIOFoTS είναι μία υποδομή μεγάλης κλίμακας σχετική με τη διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας. Εστιάζει στην παρακολούθηση τόσο των επιφανειακών υδάτων όσο και του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Στη βάση δεδομένων του OpenHi αποθηκεύονται χρονοσειρές (πρωτογενείς και παράγωγες) για μία σειρά παραμέτρων σχετικών με μετρήσεις ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των επιφανειακών υδάτων. Οι μετρήσεις γίνονται, σε αυτή τη φάση, σε σταθμούς μέτρησης που υλοποιούν και συντηρούν οι φορείς του δικτύου (ΕΑΑ για δεδομένα ποσότητας, ΕΛΚΕΘΕ για δεδομένα ποιότητας και ποσότητας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, για δεδομένα εδάφους και ατμόσφαιρας), ωστόσο στόχος είναι να προστεθούν μετρήσεις διαφόρων φορέων ή ιδιωτών που διαχειρίζονται σχετικά δεδομένα. Η υποδομή προσφέρει υπηρεσίες αποθήκευσης και επεξεργασίας των δεδομένων, δημιουργίας παράγωγων χρονοσειρών, εφαρμογών οπτικοποίησης των μετρήσεων και ειδοποιήσεων.

Παράλληλα με τα προηγούμενα, αναπτύσσεται ένα Σύστημα Γεωγραφικής Πληροφορίας (OpenHiGis) ώστε να παρέχεται πληροφορία σχετική με τις λεκάνες απορροής και τα επιφανειακά ύδατα της χώρας αλλά και τις ανάντη των σταθμών μέτρησης λεκάνες, ώστε να μπορούν να συσχετιστούν οι μετρήσεις με τα φυσιογραφικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά τους (κλίση, χρόνος συγκέντρωσης κλπ).

Η πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα της υποδομής (χρονοσειρές και γεωγραφικά) είναι ελεύθερη με την άδεια χρήσης Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.

Στην παρούσα έκθεση περιγράφονται οι ερευνητικές εργασίες του Πακέτου Εργασίας 4, με τίτλο *“Καταγραφή Οργάνωση και επεξεργασία γεωγραφικών δεδομένων επιφανειακών υδάτινων σωμάτων και υδροσυστημάτων της Ελλάδας και ένταξή τους στο πληροφοριακό σύστημα”*.

Η ομάδα εκπόνησης της έκθεσης είναι:

- Αντώνης Κουκουβίνος, Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, DEA
- Ινώ Παπαγεωργάκη, Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ
- Νίκος Μαμάσης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ, επιστημονικός υπεύθυνος του έργου

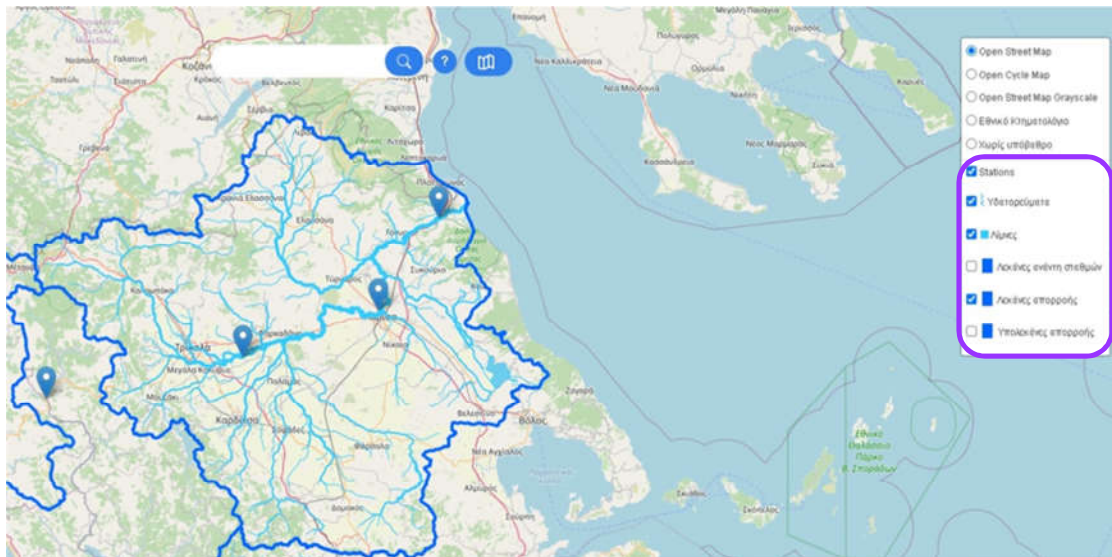


## 2 Τα γεωγραφικά δεδομένα του OpenHi - OpenHiGis

Ο βασικός στόχος του OpenHiGis, του συστήματος που διαχειρίζεται τη γεωγραφική πληροφορία του OpenHi, είναι η συλλογή και αποθήκευση γεωγραφικής πληροφορίας για τα επιφανειακά ύδατα της χώρας (υδατορεύματα, λίμνες, ταμιευτήρες και τις σχετικές λεκάνες και υπολεκάνες απορροής) και η ελεύθερη πρόσβαση στην πληροφορία αυτή (Μαμάσης κ.α., 2018).

Τα επίπεδα γεωγραφικής πληροφορίας του OpenHi.net ακολουθούν την Οδηγία 2007/2/EC (INSPIRE Directive, 2014) και είναι τα παρακάτω (Εικόνα 2-1):

- Υδατορεύματα
- Λίμνες και ταμιευτήρες
- Λεκάνες απορροής
- Υπολεκάνες απορροής
- Λεκάνες απορροής ανάντη σταθμών μέτρησης
- Υδρογραφικό δίκτυο
- Κόμβοι υδρογραφικού δικτύου



Εικόνα 2-1: Τα επίπεδα γεωγραφικής πληροφορίας του OpenHi.net

Τα δεδομένα που αποθηκεύονται στη βάση είναι σχετικά με την υδρολογία των λεκανών απορροής και τα χαρακτηριστικά των επιφανειακών υδάτινων σωμάτων.

Στη βάση αποθηκεύονται δεδομένα για:

- Υδατορεύματα
- Λίμνες
- Λεκάνες απορροής
- Υπολεκάνες απορροής ποταμών
- Λεκάνες απορροής ανάντη σταθμών

Επίσης τα υδατορεύματα πέρα από τη φυσική τους διάσταση έχουν δομηθεί με τη μορφή δικτύου (κόμβοι-κλάδοι) ώστε να είναι δυνατές εφαρμογές διόδευσης στο υδρογραφικό δίκτυο. Έτσι στη βάση περιέχονται δύο επιπλέον επίπεδα:

- Κόμβοι υδρογραφικού δικτύου
- Κλάδοι υδρογραφικού δικτύου

Σχετικά με τις ιδιότητες των γεωγραφικών επιπέδων:

(α) για τα υδατορεύματα αποθηκεύονται: μήκος και κλίση τμήματος, μήκος, όνομα και τάξη,

(β) για τις λίμνες: έκταση, μέσο υψόμετρο και όνομα

(γ) για τις λεκάνες απορροής, όπως και για τις υπολεκάνες απορροής και τις λεκάνες απορροής ανάντη των σταθμών μέτρησης : έκταση, μέσο υψόμετρο, μέση κλίση, μέσος αριθμός καμπύλης απορροής, τάξη, μήκος και κλίση κύριου υδατορεύματος

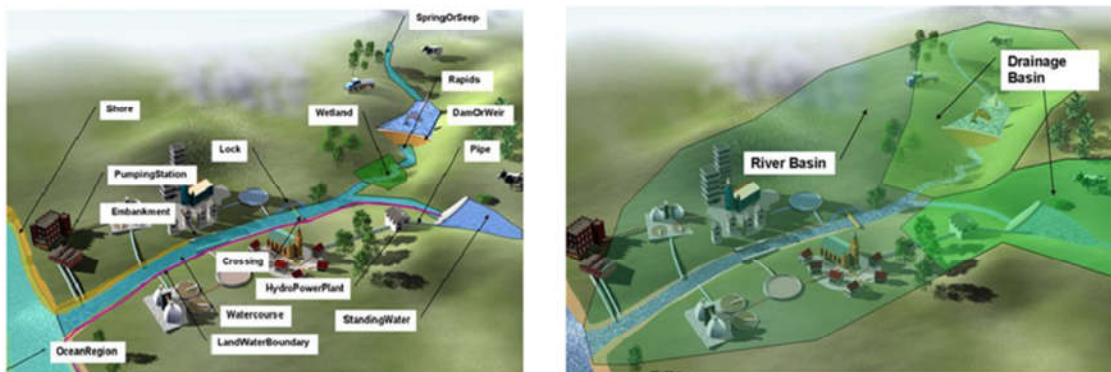
(δ) για το υδρογραφικό δίκτυο: οι κωδικοί των κόμβων και των κλάδων, τα μήκη των κλάδων και οι σχέσεις κόμβων και κλάδων.

## 3 Σχεδιασμός και υλοποίηση της βάσης δεδομένων του OpenHiGis

### 3.1 Σχεδιασμός της γεωγραφικής βάσης

Τις απαιτήσεις, που αναφέρονται στο Κεφ. 4.1 σχετικά με τα δεδομένα που πρέπει να αποθηκευτούν, τις καλύπτει πλήρως το Hydrography Theme της Οδηγίας 2007/2/EC, οπότε η γεωγραφική βάση σχεδιάστηκε με αυτό ως πρότυπο. Ειδικότερα ακολουθήθηκε ο σχεδιασμός που προτείνεται στο Data Specification on Hydrography, Technical Guidelines specified by the Directive 2007/2/EC (INSPIRE Directive, 2014).

Εικόνα 3-1 Στοιχεία των επιφανειακών υδάτων, των λεκανών και των υπολεκανών απορροής σύμφωνα με την Οδηγία INSPIRE (πηγή: INSPIRE Directive, 2014)



Εικόνα 3-1 Στοιχεία των επιφανειακών υδάτων, των λεκανών και των υπολεκανών απορροής σύμφωνα με την Οδηγία INSPIRE (πηγή: INSPIRE Directive, 2014)

Χρησιμοποιούνται επιπλέον κλειδιά για την συσχέτιση μεταξύ των οντοτήτων. Ο σχεδιασμός γίνεται για να αποθηκευτούν χωρικά δεδομένα που συνδέονται μεταξύ τους με χωρικούς κανόνες και σχέσεις, οπότε πρέπει να δημιουργηθεί μια σχέση μεταξύ των πεδίων του πίνακα των περιγραφικών ιδιοτήτων των οντοτήτων, που να ορίζει τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων. Για τη σύνδεση των οντοτήτων χρησιμοποιείται ως βασικό κλειδί ο αριθμός αναγνώρισης κάθε λεκάνης απορροής (RiverBasinId). Ο μοναδικός αυτός αριθμός για κάθε λεκάνη απορροής αποθηκεύεται σε όλες τις οντότητες που σχετίζονται με την λεκάνη.

### 3.2 Υλοποίηση της γεωγραφικής βάσης

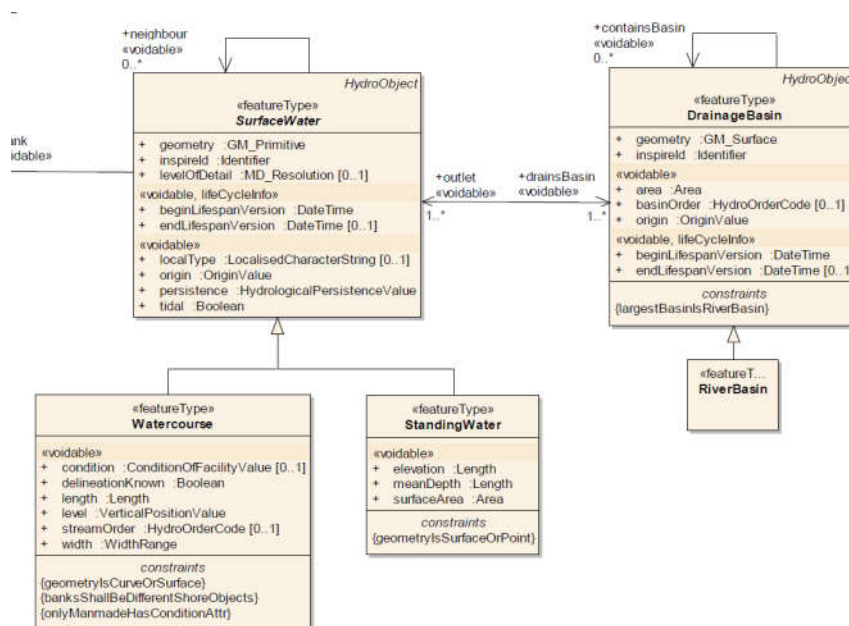
Με βάση τον παραπάνω σχεδιασμό υλοποιήθηκε μία geodatabase (OpenHi.mdb) στο περιβάλλον ArcGIS. Στόχος της γεωγραφικής βάσης είναι η αποθήκευση της γεωμετρίας και των περιγραφικών ιδιοτήτων των φυσικών υδάτινων σωμάτων (Watercourse,

StandingWater), των λεκανών και υπολεκανών απορροής (RiverBasin, DrainageBasin) και του υδρογραφικού δικτύου (WatercourseLink, HydroNode) και τα επίπεδα που υλοποιήθηκαν είναι:

- Σταθμοί μέτρησης
- Υδατορεύματα
- Λίμνες
- Λεκάνες απορροής ανάντη σταθμών
- Λεκάνες απορροής ποταμών, λιμνών
- Υπολεκάνες απορροής ποταμών, λιμνών
- Υδρογραφικό δίκτυο-κλάδοι
- Υδρογραφικό δίκτυο-κόμβοι

### 3.2.1 Επιφανειακά υδατα, λεκάνες απορροής

Τα επιφανειακά ύδατα που απασχόλησαν και μελετήθηκαν είναι τα υδατορεύματα, οι λεκάνες απορροής και οι λίμνες (Εικόνα 3-2). Επιπλέον, για τον υπολογισμό των περιγραφικών ιδιοτήτων των λεκανών απορροής, είτε ανάντη ενός σταθμού, είτε ανάντη μιας εξόδου ενός ποταμού, είτε ανάντη μιας συμβολής κλάδων, χρησιμοποιήθηκαν πρωτογενή δεδομένα και σχετικές γνωστές μεθοδολογίες όπως περιγράφεται στη συνέχεια.



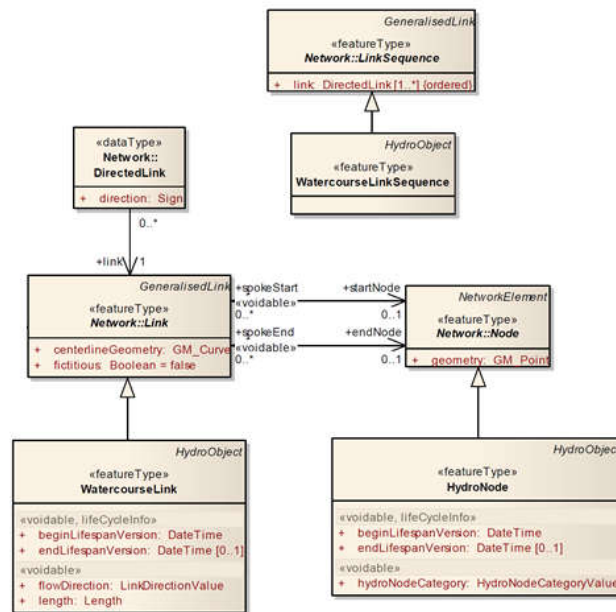
Εικόνα 3-2 Πίνακες της βάσης και σχέσεις των οντοτήτων για τα επιφανειακά υδάτινα σώματα και τις λεκάνες απορροής (πηγή: INSPIRE Directive, 2014)

### 3.2.2 Υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο αποτελείται από τα τμήματα που σε συνδυασμό με τους αντίστοιχους κόμβους αρχής και τέλους αποτελεί έναν ολοκληρωμένο τρόπο σύνδεσης και μεταφοράς της πληροφορίας από κλάδο σε κλάδο. Έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα

κωδικοποίησης των στοιχείων των οντοτήτων (π.χ. του κλάδου ενός υδατορεύματος), ώστε να εξυπηρετούνται οι κανόνες της τοπολογίας που αφορά κάθε οντότητα. Για παράδειγμα είναι καταγεγραμμένος ο αριθμός αναγνώρισης κάθε λεκάνης απορροής ως πεδίο του υδατορεύματος εντός αυτής, ή ακόμα είναι καταγεγραμμένος ο αριθμός αναγνώρισης του κόμβου έναρξης και τέλους ως πεδία σε κάθε κλάδο του υδατορεύματος. Η παραπάνω κωδικοποίηση επιτρέπει την επίλυση τοπολογικών και χωρικών ερωτημάτων, εντός της γεωγραφικής βάσης ή καλύτερα επιτρέπει την ανάπτυξη χωρικών σχέσεων μεταξύ των οντοτήτων, εντός της γεωγραφικής βάσης.

Το υδρογραφικό δίκτυο κάθε λεκάνης απορροής εξάγεται μετά την εκτέλεση μοντέλων (βλ. Κεφ. 5) που σχεδιάστηκαν για το συγκεκριμένο σκοπό. Χρειάζεται να υπολογιστούν οι κόμβοι κάθε κλάδου του δικτύου, οι κλάδοι του δικτύου και η έξοδος της λεκάνης απορροής. Στην Εικόνα 3-3 φαίνονται οι συνδέσεις μεταξύ των στοιχείων του υδρογραφικού δικτύου. Για καθένα από τα στοιχεία (κόμβοι, κλάδοι, έξοδος λεκάνης απορροής) ορίζονται πεδία που περιγράφουν τις σχέσεις και τις συνδέσεις που αναπτύσσονται χωρικά. Οι κόμβοι (HydroNode) είναι καταχωρημένοι με αριθμό αναγνώρισης από όπου φαίνεται σε ποια λεκάνη απορροής βρίσκονται. Επίσης, κάθε κλάδος του υδατορεύματος έχει έναν αριθμό αναγνώρισης ώστε να συνδέεται με τη λεκάνη απορροής στην οποία βρίσκεται.



Εικόνα 3-3: Πίνακες της βάσης και σχέσεις οντοτήτων (Υδρογραφικό δίκτυο) (πηγή: INSIRE Directive, 2014)

### 3.2.3 Οι πίνακες της γεωγραφικής βάσης

Στη βάση OpenHi.mdb αποθηκεύονται οι παρακάτω πίνακες (Πίνακας 3-1 έως Πίνακας 3-4). Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς έχει οριστεί το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς '87 (ΕΓΣΑ '87, SRID 2100).

- Station – υδρομετρικός σταθμός
- Watercourse – υδατόρρευμα
- StandingWater – φυσική και τεχνητή λίμνη

- StationBasin – λεκάνη απορροής ανάντη θέσης σταθμού
- RiverBasin – λεκάνη απορροής του ποταμού
- DrainageBasin – υπολεκάνη απορροής
- WatercourseLink – κλάδος υδρογραφικού δικτύου
- HydroNode – κόμβος υδρογραφικού δικτύου

Πίνακας 3-1: Υδρομετρικός σταθμός

Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
OBJECTID	Object ID	Αριθμός ταυτοποίησης αντικειμένου
SHAPE	Geometry	Γεωμετρικό αρχέτυπο: Σημειακό
StationName	Text	Όνομα υδρομετρικού σταθμού
StationId	Long Integer	Αριθμός αριθμός ταυτοποίησης υδρομετρικού σταθμού. StationId= {βλ. ο αριθμός του σταθμού από το OpenHi.net
X	Double	Καρτεσιανές συντ/νες ως προς το ΕΣΓΑ 1987
Y	Double	
WatercourseName	Text	Όνομα κλάδου ποταμού
RiverBasinId	Long Integer	Κωδικός αριθμός ταυτοποίησης λεκάνης απορροής.
DrainageBasinId	Long Integer	Κωδικός αριθμός ταυτοποίησης υπολεκάνης απορροής.
WatercourseId	Long Integer	Κωδικός αριθμός ταυτοποίησης κλάδου ποταμού.
elevation	Double	Υψόμετρο σταθμού (m)
Id	Long Integer	Κωδικός αριθμός ταυτοποίησης υδρομετρικού σταθμού. StationId= {βλ. ο κωδικός του σταθμού από το OpenHi.net

Πίνακας 3-2: Κόμβος υδρογραφικού δικτύου

Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
OBJECTID	Object ID	Αριθμός ταυτοποίησης αντικειμένου
SHAPE	Geometry	Γεωμετρικό αρχέτυπο: Σημειακό
X	Double	Καρτεσιανές συντ/νες ως προς το ΕΣΓΑ 1987
Y	Double	
elevation	Double	Υψόμετρο κόμβου(m)
Nodeld	Long Integer	Κωδικός αριθμός ταυτοποίησης κόμβου.
WatercourseName	Text	Όνομα κλάδου ποταμού
RiverBasinId	Long Integer	Κωδικός αριθμός ταυτοποίησης λεκάνης απορροής.
geographicalName	Text	Όνομα κλάδου ποταμού
RiverBasinId	Long Integer	Κωδικός αριθμός ταυτοποίησης λεκάνης απορροής.
HydroId	Long Integer	Κωδικός αριθμός ταυτοποίησης

hydroNodeCategory	text	Κατηγορία κόμβου
Id	Long Integer	Κωδικός αριθμός ταυτοποίησης κόμβου.

Πίνακας 3-3: Υδατόρευμα

Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
OBJECTID	Object ID	Κωδικός αριθμός ταυτοποίησης αντικειμένου
SHAPE	Geometry	Γεωμετρικό αρχέτυπο: Γραμμικό
inspireId	Text	Κωδικός αριθμός
levelOfDetail	Long Integer	Επίπεδο λεπτομέρειας
beginLifespanVersion	Date	
endLifespanVersion	Date	
geographicalName	Text	Ονομασία ποταμού (γενικευμένη)
WatercourseId	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης ποταμού.
localType	Long Integer	
origin	Text	
persistence	Text	
tidal	Long Integer	
condition	Double	
delineationKnown	Boolean (True, False)	
level	Double	
width	Double	
length	Double	Μήκος κλάδου (km)
hydroid	text	
outlet	Long Integer	Κωδικός αριθμός εξόδου λεκάνης απορροής
drainsBasin	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης λεκάνης απορροής ποταμού
streamOrder	Text	Τάξη κλάδου κατά Strahler
orderScheme	Text	Strahler
scope	Text	European
slope	Double	Κλίση κλάδου %
Id	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης ποταμού.
FromNode	Long Integer	Ανάντη κόμβος του κλάδου. FromNodeID=NodeID του ανάντη κόμβου
ToNode	Long Integer	Κατάντη κόμβος του κλάδου. ToNodeID=Node ID του κατάντη κόμβου
Z_From	Double	Υψόμετρο ανάντη κόμβος του κλάδου.

Z_To	Double	Υψόμετρο κατάντη κόμβος του κλάδου.
------	--------	-------------------------------------

Πίνακας 3-4 Φυσική ή τεχνητή λίμνη

Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
OBJECTID	Object ID	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης αντικειμένου
SHAPE	Geometry	Γεωμετρικό αρχέτυπο: Πολυγωνικό
StandingWaterId	Text	Κωδικός λιμναίου συστήματος
geographicalName	Text	Ονομασία λιμναίου συστήματος
surfaceArea	Double	Έκταση σε km <sup>2</sup>
elevation	Double	Υψόμετρο επιφάνειας καθρέφτη (m)
meanDepth	Double	Μέσο βάθος (m)
beginLifespanVersion	Date	
endLifespanVersion	Date	
hydroid	text	
inspireId	Text	Κωδικός αριθμός
localType	Long Integer	
origin	Text	
persistence	Text	
tidal	Long Integer	
levelOfDetail	Long Integer	Επίπεδο λεπτομέρειας
outlet	Long Integer	Κωδικός αριθμός εξόδου λεκάνης απορροής
Id	Text	Κωδικός λίμνης



Πίνακας 3-5 Λεκάνη απορροής του ποταμού

Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
OBJECTID	Object ID	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης αντικειμένου
SHAPE	Geometry	Γεωμετρικό αρχέτυπο: Πολυγωνικό
RiverBasinId	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης λεκάνης απορροής.
geographicalName	Text	Όνομα της λεκάνης απορροής ποταμού
basinOrder	text	Τάξη λεκάνης απορροής
area	Double	Έκταση σε km <sup>2</sup>
meanElevation	Double	Μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής (m)
meanSlope	Double	Μέση κλίση της λεκάνης απορροής (%)
meanCN	Double	Μέση τιμή CN της λεκάνης απορροής
Outlet	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης κόμβου εξόδου της λεκάνης απορροής
outletElevation	Double	Υψόμετρο εξόδου της λεκάνης απορροής (m)
consentrationTime	Double	Χρόνος συγκέντρωσης (h) κατά Giandotti
WatercourseMainLength	Double	Συνολικό μήκος κύριου υδατορεύματος (km)
WatercourseMainSlope	Double	Μέση κλίση κύριου υδατορεύματος (%)
inspireId	Text	Κωδικός αριθμός
hydroId	text	
beginLifespanVersion	Date	
endLifespanVersion	Date	
origin	Text	
orderScheme	Text	Strahler
scope	Text	European
containsBasin	Long Integer	Κωδικός αριθμός λεκάνης απορροής ποταμού
Id	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης λεκάνης απορροής.

Πίνακας 3-6 Υπολεκάνη απορροής

Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
OBJECTID	Object ID	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης αντικειμένου
SHAPE	Geometry	Γεωμετρικό αρχέτυπο: Πολυγωνικό
DrainageBasinId	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης υπολεκάνης απορροής.
geographicalName	Text	Ονομασία υπολεκάνης απορροής ποταμού
basinOrder	text	Τάξη υπολεκάνης απορροής
area	Double	Έκταση σε km <sup>2</sup>
meanElevation	Double	Μέσο υψόμετρο της υπολεκάνης απορροής (m)
meanSlope	Double	Μέση κλίση της υπολεκάνης απορροής (%)
meanCN	Double	Μέση τιμή CN της υπολεκάνης απορροής
Outlet	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης κόμβου εξόδου της υπολεκάνης απορροής
outletElevation	Double	Υψόμετρο εξόδου της υπολεκάνης απορροής (m)
consentrationTime	Double	Χρόνος συγκέντρωσης (h) κατά Giandotti
WatercourseMainLength	Double	Συνολικό μήκος κύριου υδατορεύματος (km)
WatercourseMainSlope	Double	Μέση κλίση κύριου υδατορεύματος (%)
inspireId	Text	Κωδικός αριθμός
beginLifespanVersion	Date	
endLifespanVersion	Date	
origin	Text	
hydroId	text	
orderScheme	Text	Strahler
scope	Text	European
drainsBasin	Long Integer	Κωδικός αριθμός λεκάνης απορροής ποταμού
RiverBasin	Long Integer	Κωδικός αριθμός λεκάνης απορροής ποταμού
Id	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης

		υπόλεκάνης απορροής.
--	--	----------------------

Πίνακας 3-7 Λεκάνη απορροής ανάτη θέση σταθμού

Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
OBJECTID	Object ID	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης αντικειμένου
SHAPE	Geometry	Γεωμετρικό αρχέτυπο: Πολυγωνικό
StationBasinsId	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης λεκάνης απορροής ανάτη του υδρομετρικού σταθμού.
geographicalName	Text	Όνομα υδρομετρικού σταθμού στον οποίο αναφέρεται η λεκάνη απορροής σταθμού
area	Double	Έκταση σε km <sup>2</sup>
basinOrder	text	Τάξη της λεκάνης ανάτη του υδρομετρικού σταθμού
meanElevation	Double	Μέσο υψόμετρο της λεκάνης ανάτη του υδρομετρικού σταθμού (m)
meanSlope	Double	Μέση κλίση της λεκάνης ανάτη του υδρομετρικού σταθμού (%)
meanCN	Double	Μέση τιμή CN της λεκάνης ανάτη του υδρομετρικού σταθμού
Outlet	Long Integer	Κωδικός αριθμός κόμβου εξόδου της λεκάνης απορροής
StationId	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης υδρομετρικού σταθμού στον οποίο αναφέρεται η λεκάνη απορροής.
stationElevation	Double	Υψόμετρο εξόδου της λεκάνης απορροής και ταυτόχρονο υψόμετρο του υδρομετρικού σταθμού (m)
consentrationTime	Double	Χρόνος συγκέντρωσης (h) κατά Giandotti
WatercourseMainLength	Double	Συνολικό μήκος κύριου υδατορεύματος (km)
WatercourseMainSlope	Double	Μέση κλίση κύριου υδατορεύματος (%)
beginLifespanVersion	Date	
endLifespanVersion	Date	
origin	Text	
hydroid	text	
inspireId	Text	Κωδικός αριθμός
orderScheme	Text	Strahler
scope	Text	European
RiverBasin	Long Integer	Κωδικός αριθμός λεκάνης απορροής

		ποταμού
Id	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης υπόλεκάνης απορροής.

Πίνακας 3-8: Υδρογραφικό δίκτυο

Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
OBJECTID	Object ID	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης αντικειμένου
SHAPE	Geometry	Γεωμετρικό αρχέτυπο: Γραμμικό
WatercourseLinkId	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης ποταμού.
geographicalName	Text	Ονομασία ποταμού (γενικευμένη)
hydroid	text	
length	Double	Μήκος σε km
beginLifespanVersion	Date	
endLifespanVersion	Date	
flowDirection	text	
startNode	Long Integer	Ανάντη κόμβος του κλάδου. FromNodeID=NodeID του ανάντη κόμβου
endNode	Long Integer	Κατάντη κόμβος του κλάδου. ToNodeID=Node ID του κατάντη κόμβου
fictitious	Boolean (True, False)	Ιδεατός κλάδος (NAI/OXI)
RiverBasin	Long Integer	Κωδικός αριθμός λεκάνης. Απορροής
Id	Long Integer	Κωδικός αριθμός αναγνώρισης ποταμού

Από τους παραπάνω πίνακες και τα πεδία τους, γίνεται αντιληπτός ο τρόπος με τον οποίο γίνονται οι συνδέσεις μεταξύ των οντοτήτων και ο τρόπος που ο αριθμός αναγνώρισης της λεκάνης απορροής (RiverBasinId) εντάσσεται ως πεδίο στις υπολεκάνες απορροής της. Επιπλέον, κάθε υπολεκάνη απορροής έχει έναν μοναδικό αριθμό αναγνώρισης (DrainageBasinId), ο οποίος αποθηκεύεται ως πεδίο σε κάθε λεκάνη απορροής. Με όμοιο τρόπο σύνδεσης, κάθε υδατόρευμα έχει έναν μοναδικό αριθμό αναγνώρισης (WatercourseId), ενώ σε άλλο πεδίο είναι αποθηκευμένος ο αριθμός αναγνώρισης της λεκάνης απορροής. Η συσχέτιση υδατορευμάτων και λεκανών απορροής είναι υλοποιημένη με αυτόν τον τρόπο (Εικόνα 3-4). Επιπλέον, σε κάθε υδατόρευμα με μοναδικό WatercourseId, υπάρχει και η αποθήκευση των αριθμών αναγνώρισης του κόμβου αρχής (FromNode) και τέλους (ToNode). Το σύνολο της παραπάνω συνδεσιμότητας αποτελεί τα στοιχεία του υδρογραφικού δικτύου (WatercourseLink και HydroNode).



Εικόνα 3-4: Παράδειγμα κωδικοποίησης υδατορευμάτων και υπολεκανών απορροής στη λεκάνη απορροής του π. Ευρώτα.

### 3.2.4 Πρωτογενή Δεδομένα

Τα πρωτογενή δεδομένα, μετά την εκτέλεση των μοντέλων που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του προγράμματος, εφαρμόζοντας χωρικές, μαθηματικές και λογικές πράξεις, μετατρέπονται στα αποθηκευμένα προσωρινά (πριν τον τελικό οπτικό έλεγχο) γεωμετρικά στοιχεία καθεμίας από τις οντότητες.

Τα επίπεδα της γεωγραφικής πληροφορίας που αποτελούν τα πρωτογενή δεδομένα, που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες χωρικών υπολογισμών, είναι:

- Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων, EU-DEM v 1.1, με χωρική ανάλυση ίση με 25 m (Copernicus, 2016)
- Λίμνες και ταμειυτήρες: Οδηγία 2000/60/EC
- Ποτάμια: Υδρογραφικό δίκτυο από Οδηγίες 2000/60/EC και 2007/60/EC, από χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, κλίμακας 1:50000, από το Κτηματολόγιο και δορυφορικές εικόνες.
- Λεκάνες απορροής από διάφορες πηγές (εφαρμογή Οδηγιών 2000/60/EC και 2007/60/EC κ.λπ.)

- Υδρογεωλογικοί χάρτες κλίμακας 1:50000
- Τμήμα που αφορά τον Ελλαδικό χώρο, του ευρωπαϊκού χάρτη χρήσεων γης (Corine, 2018).

Ειδικότερα για τα Ψηφιακά Μοντέλα Υψομέτρων (ΨΜΥ), έγινε έλεγχος σε διάφορα ΨΜΥ για επιλογή του πλέον υδρολογικά σωστού (hydrologically correct), μιας και ο ρόλος του στις επεξεργασίες είναι σημαντικός. Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται η χωρική κάλυψη, η χωρική ανάλυση, ο φορέας διάθεσης και επιπλέον τεχνικά χαρακτηριστικά των ΨΜΥ που εξετάστηκαν.

Πίνακας 4.1 Ψηφιακά Μοντέλα Υψομέτρων που εξετάστηκαν.

ΨΜΑ	Χωρική κάλυψη	Χωρική ανάλυση (Resolution)	Φορέας/ Project	Επιπρόσθετες πληροφορίες
EU-DEM	Europe	25 m	Copernicus land monitoring service ( <a href="https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/copernicus-land-monitoring-service-eu-dem">https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/copernicus-land-monitoring-service-eu-dem</a> )	Vertical accuracy of +/- 7 m RMSE
SRTM	World from 56° S to 60° N, except the middle east ( <a href="#">map</a> )	1 Arc-second (30 m)	USGS ( <a href="https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/">https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/</a> )	Technique: InSAR Absolute vertical height accuracy < 16 m
ASTER	Global	30 m USA, 90 m global	USGS ( <a href="https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp">https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp</a> )	Technique: stereoscopic pairs and digital image correlation methods Absolute vertical height accuracy < 16 m
ALOS PALSAR DEM	Global	12.5 m	Alaska Satellite Facility NASA ( <a href="https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar/">https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar/</a> )	Repeat Coverage: 46 Days
ETOPO1	Global	1 Arc-minute	NOAA ( <a href="https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html">https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html</a> )	Ocean bathymetry Vertical accuracy ~10 m

Ως προς την δυνατότητα των παραπάνω ΨΜΥ για την αυτόματη εξαγωγή υδρογραφικών χαρακτηριστικών, διαπιστώθηκε ότι τα μοντέλα SRTM και ASTER δίνουν παρόμοια σχετικά καλά αποτελέσματα με το EU-DEM, το οποίο επιλέχθηκε τελικά κυρίως επειδή υποστηρίζεται από τις υπηρεσίες του Copernicus.

## 4 Εφαρμογές για τη διαχείριση των δεδομένων και την αυτοματοποίηση των επεξεργασιών

---

Η δημιουργία των μοντέλων για τη διαχείριση των δεδομένων, τη χωρική επεξεργασία και την αυτοματοποίηση των διαδικασιών έγινε στο περιβάλλον του Arcgis και κυρίως στην επέκταση model builder. Αρκετά μοντέλα δημιουργήθηκαν και εκτελούν χωρικές διαδικασίες και υπολογισμούς, όπως η δημιουργία της γεωχωρικής βάσης, σύμφωνα με την οδηγία INSPIRE, η εισαγωγή δεδομένων από διάφορες άλλες βάσεις, η εξαγωγή του υδρογραφικού δικτύου από το ΨΜΥ, η εκτίμηση του υδροκρίτη της λεκάνης απορροής ποταμών, ο υπολογισμός χαρακτηριστικών μεγεθών, η ονοματοδοσία των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου, η δημιουργία της βάσης για την εκτέλεση τοπολογικών κανόνων (τοπολογία) και τον έλεγχο τους. Οι χωρικές σχέσεις μεταξύ των κλάσεων, επικυρώνονται με τοπολογικούς κανόνες, ενώ όλες οι διαδικασίες και οι υπολογισμοί αφορούν κλίμακα ίση με 1: 50000.

Όλα τα χωρικά δεδομένα που δημιουργούνται ως προϊόντα των χωρικών διαδικασιών, αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων OpenHi.gdb (βλ. Κεφ. 4.2). Οι διαδικασίες για την εκτέλεση των εντολών, αποθηκεύονται ως ανεξάρτητα μοντέλα και εκτελούνται μέσα στο περιβάλλον του model builder. Ταυτόχρονα, υπολογίζονται οι περιγραφικές ιδιότητες των χωρικών δεδομένων και τα αποτελέσματα αποθηκεύονται στους πίνακες της βάσης.

Επιλέχθηκαν να εφαρμοστούν κάποιοι χωρικοί ή/και ποιοτικοί κανόνες, για την ομοιόμορφη και καθολική εφαρμογή μέτρων που θα εξυπηρετούν την ομοιομορφία των παραγόμενων αποτελεσμάτων.

Οι κανόνες που ακολουθήθηκαν είναι:

- Τοπολογικοί κανόνες, που περιγράφουν τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων
- Τιμές κατωφλίων για την εξαγωγή του υδρογραφικού δικτύου
- Τιμές του εύρους της ζώνης για τη συλλογή και μεταφορά γεωγραφικής πληροφορίας
- Η τάξη της λεκάνης απορροής κατά Strahler, να είναι μεγαλύτερη από 3, για να δημιουργηθούν οι υπολεκάνες απορροής που την αποτελούν.

Συνοπτικά, πρέπει να αναφερθεί ότι οι τοπολογικοί κανόνες (βλ. Κεφ 5.1) που εφαρμόστηκαν, ήταν διαφορετικοί αν εξετάζονταν η σχέση μεταξύ γραμμικής οντότητας και σημειακής (π.χ. η έξοδος της λεκάνης να είναι πάνω στο ποτάμι), ή αν εξετάζονταν σχέση μεταξύ πολυγώνων (π.χ. το πολύγωνο της υπολεκάνης πρέπει να βρίσκεται όλο εσωτερικά της λεκάνης απορροής) ή τέλος αν εξετάζαν σχέση μεταξύ σημειακής οντότητας και πολυγώνου (π.χ. η έξοδος της λεκάνης απορροής θα είναι πάνω στο όριο του πολυγώνου της λεκάνης απορροής).

Ως προς την τιμή του κατωφλίου που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή του υδρογραφικού δικτύου, αυτή ορίστηκε στα 10 km<sup>2</sup>, μέγεθος που ακολουθήθηκε και στην εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/EC.

Ως προς την τιμή του εύρους της ζώνης αναζήτησης για τα ονόματα των υδατορευμάτων, ορίστηκαν τα 150 m. Η τιμή προέκυψε από δοκιμές σε σχέση με την πληροφορία που επιστρεφόταν για κάθε τιμή εύρους.

Καθεμιά από τις οντότητες που σχεδιάστηκε και αποθηκεύτηκε στη βάση, έχει ένα πίνακα με πεδία με τις περιγραφικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τη συγκεκριμένη οντότητα. Μιας



και η δομή του πίνακα κάθε οντότητας περιγράφεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο, είναι σκόπιμο να περιγραφούν κάποιες βασικές διαδικασίες ως προς τον τρόπο με τον οποίο συμπληρώθηκαν τα πεδία.

- Station – Οι υδρομετρικοί σταθμοί. Οι πληροφορίες των σταθμών αντλούνται από το OpenHi.net. Στο πεδίο StationId, ο αριθμός αναγνώρισης είναι ίδιο με τον κωδικό του σταθμού εντός της πλατφόρμας OpenHi.net. Επιπλέον το πεδίο Id είναι όμοιο με το πεδίο StationId. Η παραπάνω επανάληψη εξυπηρετεί μετέπειτα διαδικασίες για το ανέβασμα των οντοτήτων στην πλατφόρμα. Στο πεδίο StationName, αποθηκεύεται το όνομα του υδρομετρικού σταθμού, όπως είναι καταχωρημένο στην πλατφόρμα OpenHi.net.
- Watercourse – Το υδατόρρευμα. Στο πεδίο WatercourseId, είναι ο αριθμός αναγνώρισης του κλάδου, μοναδικός για κάθε κλάδο. Στο πεδίο geographicalName, αποθηκεύεται το όνομα του κλάδου, όπως προκύπτει από την αναζήτηση στις τέσσερις πηγές υδρογραφικού δικτύου. Στο πεδίο length υπολογίζεται το μήκος του κλάδου σε km. Στο πεδίο streamOrder υπολογίζεται η τάξη του κλάδου κατά Strahler. Στο πεδίο FromNode, καταχωρείται ο αριθμός αναγνώρισης του κόμβου έναρξης του συγκεκριμένου κλάδου που εξετάζεται, ενώ στο πεδίο ToNode, ο αριθμός αναγνώρισης του κόμβου τέλους.
- StandingWater- Οι λίμνες. Στο πεδίο StandingWaterId, είναι ο αριθμός αναγνώρισης του λιμναίου σώματος, μοναδικός για κάθε σώμα. Το πρώτο ψηφίο ο αριθμός που αφορά τη συγκεκριμένη οντότητα και είναι σταθερά 4. Στο πεδίο SurfaceArea αποθηκεύεται η μέγιστη επιφάνεια του λιμναίου σώματος, όπως αυτή φαίνεται στο ΨΜΥ. Στο πεδίο elevation είναι αποθηκευμένο το υψόμετρο της επιφάνειας, που υπολογίζεται από το ΨΜΥ. Στο πεδίο meanDepth καταχωρείται κατ' εκτίμηση το μέσο βάθος, ως η διαφορά του υψομέτρου της εξόδου από το υψόμετρο της επιφάνειας.
- StationBasin – Η λεκάνη απορροής ανάντη της θέσης του σταθμού. Στο πεδίο StationBasinId υπολογίζεται ο αριθμός κάθε λεκάνης ανάντη υδρομετρικού σταθμού. Να σημειωθεί ότι ο τετραψήφιος αριθμός για τη λεκάνη είναι ο ίδιος με το πεδίο StationId, που είναι ο αριθμός αναγνώρισης του σταθμού εντός της πλατφόρμας OpenHi.net.
- RiverBasin – Η λεκάνη απορροής του ποταμού. Στο πεδίο RiverBasinId υπολογίζεται ο αριθμός κάθε λεκάνης απορροής. Να σημειωθεί ότι ο τετραψήφιος αριθμός για τη λεκάνη απορροής προκύπτει ως: Πρώτο ψηφίο ο αριθμός που αφορά λεκάνες απορροής και είναι σταθερά 2, δεύτερο ψηφίο ο αριθμός του Υδατικού Διαμερίσματος της χώρας, τρίτο και τέταρτο ψηφία ο α/α της λεκάνης απορροής, εντός του Υδατικού Διαμερίσματος. Αν είναι μονοψήφιος συμπληρώνεται από μηδέν πριν. Για κάθε λεκάνη απορροής υπολογίζονται και αποθηκεύονται στα αντίστοιχα πεδία η τάξη της λεκάνης απορροής κατά Strahler, το μέσο υψόμετρο, η μέση κλίση εδάφους (%), η μέση τιμή καμπύλης απορροής, ο χρόνος συγκέντρωσης κατά Giandotti, το μήκος της κύριας μισγάγγειας και η κλίση. Τα αντίστοιχα πεδία είναι: basinOrder, meanElevation, meanSlope, meanCN, concentrationTime, WatercourseMainLength, WatercourseMainSlope.
- DrainageBasin – Οι υπολεκάνες απορροής της λεκάνης απορροής. Όμοια με τις λεκάνες απορροής γεμίζουν με τις αντίστοιχες τιμές και οι υπολεκάνες απορροής. Στο πεδίο DrainageBasinId υπολογίζεται ο αριθμός κάθε υπολεκάνης απορροής, να σημειωθεί ότι ο τετραψήφιος αριθμός προκύπτει ως: Πρώτο ψηφίο ο αριθμός που αφορά υπολεκάνες απορροής και είναι σταθερά 3, δεύτερο ψηφίο ο αριθμός του Υδατικού

Διαμερίσματος της χώρας, τρίτο και τέταρτο ψηφία ο α/α της υπολεκάνης απορροής, εντός της λεκάνης απορροής. Αν είναι μονοψήφιος συμπληρώνεται από μηδέν πριν.

- WatercourseLink – οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου. Στο πεδίο WatercourseLinkId, είναι ο αριθμός αναγνώρισης του κλάδου, μοναδικός για κάθε κλάδο. Το πρώτο ψηφίο ο αριθμός που αφορά τη συγκεκριμένη οντότητα και είναι σταθερά 8. Η βασική διαφορά με την οντότητα Watercourse, είναι ότι εδώ εμπεριέχονται και οι ιδεατές (fictitious) γραμμές που εξυπηρετούν τις συνδέσεις ενός υδαρορεύματος με την έξοδο μιας λίμνης. Οι γραμμές αυτές συνδέουν τους ανάντη με τους κατάντη κόμβους του υδρογραφικού δικτύου μέσα από τις λίμνες.
- HydroNode – οι κόμβοι του υδρογραφικού δικτύου. Στο πεδίο NodeId, ο αριθμός αναγνώρισης είναι μοναδικός για κάθε κόμβο.

#### 4.1 Τοπολογία

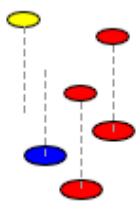
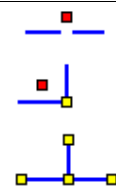
Η τοπολογία περιγράφει τις χωρικές σχέσεις ανάμεσα στις χωρικές οντότητες (σημεία, γραμμές, πολύγωνα) μιας περιοχής. Πρόκειται για μια μαθηματική έννοια που περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ των χωρικών οντοτήτων, ενώ αυτές δεν αλλοιώνονται μετά την εφαρμογή γεωγραφικών μετασχηματισμών.

Μετά την επεξεργασία που έγινε στα δεδομένα, ώστε να προκύψει η τελική γεωμετρία τους, εφαρμόστηκε τοπολογικός έλεγχος με τη μορφή χωρικών κανόνων.




Οι κανόνες που εφαρμόζονται για κάθε χωρική οντότητα παρουσιάζονται στους παρακάτω Πίνακες (Πίνακας 4-1 έως

Πίνακας 4-4).


Πίνακας 4-1: Τοπολογικοί κανόνες για υδρομετρικούς σταθμούς

Κανόνας	Περιγραφή	Επεξεργασία	
Must Be Disjoint	Τα σημεία δεν πρέπει να συμπίπτουν	None	
Point Must Be Covered By Line	Τα σημεία πρέπει να βρίσκονται πάνω στις γραμμές άλλου επιπέδου (River Network)	None	

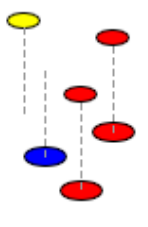
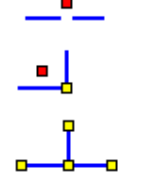
Πίνακας 4-2: Τοπολογικοί κανόνες για λεκάνες και υπολεκάνες απορροής

Κανόνας	Περιγραφή	Επεξεργασία	
Must Be Covered By Feature Class Of	Οι υπολεκάνες απορροής (DrainageBasin) περιέχονται σε λεκάνες απορροής (RiverBasin).	Subtract/Merge/ Create Feature	
Must Not Overlap	Μια οντότητα να μην επικαλύπτεται με άλλη οντότητα.	Subtract/Merge/ Create Feature	
Must Not Have Gaps	Δεν πρέπει να υπάρχουν κενά μεταξύ περιοχών του ίδιου επιπέδου.	Create Feature	

Πίνακας 4-3: Τοπολογικοί κανόνες για τα υδατορεύματα και το υδρογραφικό δίκτυο.

Κανόνας	Περιγραφή	Επεξεργασία	
Must Not Overlap	Μια γραμμή δεν πρέπει να επικαλύπτεται με άλλη γραμμή	Subtract	

Πίνακας 4-4: Τοπολογικοί κανόνες για τους κόμβους του υδρογραφικού δικτύου.

Κανόνας	Περιγραφή	Επεξεργασία	
Must Be Disjoint	Τα σημεία να μην συμπίπτουν	None	
Point Must Be Covered By Line	Τα σημεία να βρίσκονται πάνω στο υδρογραφικό δίκτυο (WatercourseLink)	None	

## 4.2 Το OpenHiGis toolbox

Τα μοντέλα για την εκτέλεση των χωρικών υπολογισμών σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν στο περιβάλλον του model builder, που επιτρέπει οπτικό προγραμματισμό, με τη χρήση υπαρχόντων εργαλείοιθκών. Τα γεωχωρικά μοντέλα επιτρέπουν την αυτοματοποίηση και την καταγραφή, των χωρικών σχέσεων και της διαχείρισης των δεδομένων. Η δομή του μοντέλου παρουσιάζεται ως ένα διάγραμμα ροής, που συνδέει αλληλουχία διαδικασιών και χωρικά εργαλεία, μιας και το εξαγόμενο προϊόν (output) της προηγούμενης διαδικασίας είναι δεδομένο εισόδου (input) της επόμενης διαδικασίας.

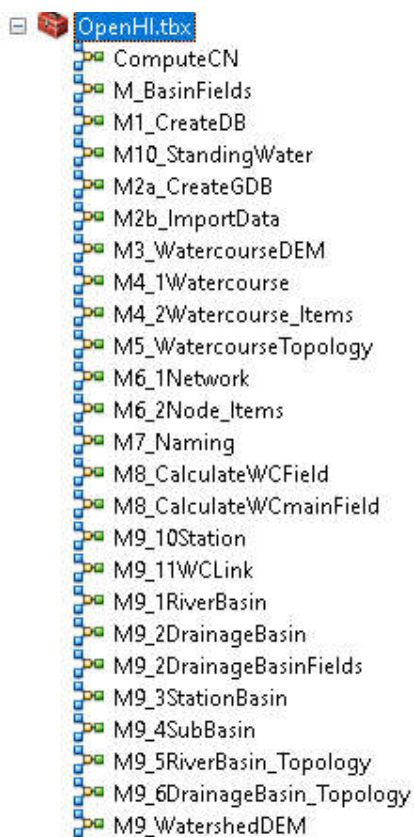
Δημιουργήθηκε μια σειρά από μοντέλα που εκτελούν χωρικές διαδικασίες και υπολογισμούς, όπως η δημιουργία γεωχωρικής βάσης σύμφωνα με συγκεκριμένες προδιαγραφές, η εισαγωγή δεδομένων από διάφορες βάσεις, η εξαγωγή του υδρογραφικού δικτύου από το ΨΜΥ, η εκτίμηση του υδροκρίτη της λεκάνης απορροής ποταμών, ο υπολογισμός χαρακτηριστικών μεγεθών, η ονοματοδοσία των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου, η δημιουργία της βάσης για την εκτέλεση τοπολογικών κανόνων (τοπολογία), ο έλεγχός της (topology validation) κ.ά.

Η διαδικασία του προγραμματισμού δημιουργεί ένα μοντέλο προσθέτοντας και συνδέοντας δεδομένα και εργαλεία, αλληλεπιδρά επαναληπτικά με κάθε κατηγορία χαρακτηριστικών, raster αρχείο ή πίνακα, οπτικοποιεί την ακολουθία ροής των εργασιών ως ένα ευκόλως κατανοητό διάγραμμα ροής, εκτελεί ένα μοντέλο βήμα προς βήμα, μέχρι ένα επιλεγμένο βήμα ή εκτελεί ολόκληρο το μοντέλο, δίνει τη δυνατότητα στο μοντέλο, ως ένα εργαλείο γεωεπεξεργασίας, να μπορεί να κοινοποιηθεί ή να χρησιμοποιηθεί ως scripting Python και σε άλλα μοντέλα. Στον Πίνακας 4-5 παρουσιάζονται τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν στα πλαίσια του έργου, καθώς και μια σύντομη περιγραφή των βασικών τους λειτουργιών. Αναλυτικότερες πληροφορίες για κάθε ένα δίνονται στα επόμενα εδάφια.

Πίνακας 4-5: Τα μοντέλα του OpenHiGis και οι βασικές λειτουργίες τους.

Τίτλος μοντέλου	Περιγραφή
Create DB	Δημιουργεί τη γεωβάση και τις οντότητες που θα αποθηκεύονται κατά τη φάση της επεξεργασίας
Create feature	Δημιουργεί τις οντότητες που αποθηκεύονται στη γεωβάση. Εξυπηρετεί τη φάση της επεξεργασίας
Import Data	Για κάθε υδατικό διαμέρισμα αποθηκεύει τα δεδομένα εισαγωγής στη γεωβάση
WatercourseDEM	Εκτελεί τη βασική υδρολογική διαδικασία για την εξαγωγή του υδρογραφικού δικτύου από ένα ΨΜΕ
Watercourse	Παράγει το τελικό πριν τη διαδικασία του editing υδατόρευμα, ως ένα χωρικό συνδιαμό των δεδομένων και του υδρολογικά παραγόμενου υδρογραφικού δικτύου από το ΨΜΕ
Watercourse_Items	Γίνεται ο υπολογισμός των πεδίων του πίνακα της οντότητας Watercourse
Watercourse_Topology	Ελέγχει με τη χρήση τοπολογικών κανόνων τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων
Network	Υπολογίζει εντός του πίνακα του υδρογραφικού δικτύου, τις τιμές στα απαραίτητα πεδία (όπως το μήκος και η κλίση κάθε κλάδου του υδρογραφικού δικτύου, το όνομα, η τάξη του υδρογραφικού δικτύου). Επιπλέον για κάθε κλάδο καταχωρείται ο αριθμός το κόμβου αρχής και τέλους
HydroNode_Items	Υπολογίζει τα πεδία των κόμβων αρχής και τέλους των κλάδων
Naming	Εκτελεί την μεταφορά εντός ονόματος με την εφαρμογή χωρικών κριτηρίων από τα υδρογραφικά δίκτυα που χρησιμοποιεί ως δεδομένα (rivers2000, rivers2007, riversOSM, rivers50k), στο παραγόμενο από προηγούμενα μοντέλα υδρογραφικό δίκτυο
RiverBasin	Εκτελεί υδρολογικές διαδικασίες για την εξαγωγή του κλειστού πολυγώνου της λεκάνης απορροής
DrainageBasin	Εκτελεί υδρολογικές διαδικασίες για την εξαγωγή του κλειστού πολυγώνου της υπολεκάνης απορροής
StationBasin	Εκτελεί μια σειρά από υπολογιστικές διαδικασίες για την συμπλήρωση των πεδίων του πίνακα της οντότητας
RiverBasin_Topology	Ελέγχει με τη χρήση τοπολογικών κανόνων τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων
DrainageBasin_Topology	Ελέγχει με τη χρήση τοπολογικών κανόνων τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων
Station	Εκτελεί εντολές για τον υπολογισμό των πεδίων των σταθμών όπως τις συντεταγμένες της θέσης, το υψόμετρο κ.α.
WatercourseLink	Εκτελεί μια διαδικασία για την κωδικοποίηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και μεταφέρει ήδη καταχωρημένη πληροφορία από τα υδατορεύματα -Watercourse- στον πίνακα της οντότητας WatercourseLink
StandingWater	Εκτελεί μια διαδικασία για την κωδικοποίηση των λιμναίων σωμάτων (φυσικές και τεχνητές λίμνες)
ComputeCN	Υπολογίζει την τιμή της καμπύλης απορροής, από τις χρήσεις γης, τον υδρογεωλογικό χάρτη και την κλίση του εδάφους

Τα μοντέλα (Εικόνα 4-1) που σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν όπως φαίνονται στο περιβάλλον του ArcGIS.



Εικόνα 4-1: Τα μοντέλα του OpenHiGis

#### 4.2.1 Create DB

Το μοντέλο *Create DB* (Εικόνα 4-2) εκτελεί τρεις βασικές διαδικασίες, με τις εντολές: Create folder, create personal GDB, Create feature class.

Οι εντολές εκτελούνται με σειρά εκτέλεσης όμοια με τη σειρά περιγραφής, δημιουργούν έναν φάκελο, όπου θα αποθηκεύονται τα παράγωγα προϊόντα, δημιουργεί εντός του προηγούμενου φακέλου, τη βασική βάση δεδομένων, όπου θα αποθηκεύονται οι οντότητες και τέλος εντός της βάσης δημιουργεί όλες τις απαραίτητες κλάσεις- οντότητες για την αποθήκευση της γεωμετρίας και των περιγραφικών χαρακτηριστικών αυτής. Η βάση δεδομένων δημιουργείται με βάση τις τεχνικές περιγραφές της Οδηγίας INSPIRE (2014).

Οι κλάσεις που δημιουργούνται συνολικά είναι:

Watercourse - υδατόρευμα

HydroNode – κόμβοι του υδρογραφικού δικτύου

RiverBasin – λεκάνη απορροής ποταμού

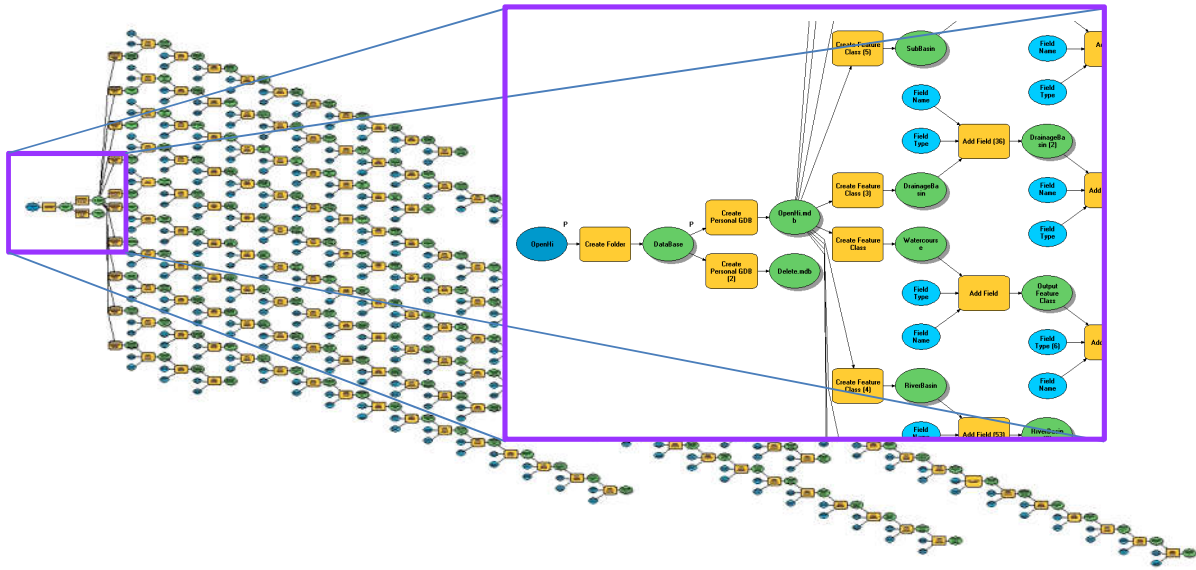
DrainageBasin – υπολεκάνη απορροής κλάδου ποταμού

Station – σταθμός (μετρητικός)

StationBasin – λεκάνη απορροής ανάντη σταθμού

StandingWater – λιμναία ύδατα (φυσική ή τεχνητή λίμνη)

WatercourseLink – υδρογραφικό δίκτυο



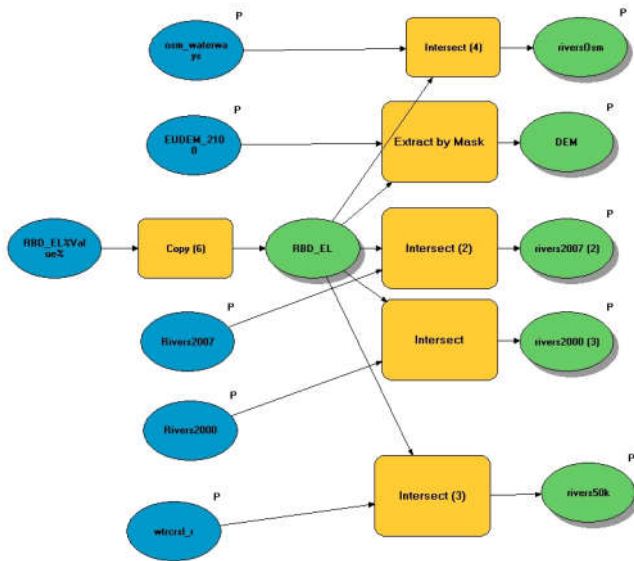
Εικόνα 4-2 Μοντέλο Create DB

#### 4.2.2 Create feature

Το μοντέλο *Create feature*, τρέχει καλώντας το μοντέλο create DB, στον προεπιλεγμένο από το χρήστη φάκελο. Για καθένα από τα 14 υδατικά διαμερίσματα, επιλέγεται ο αντίστοιχος φάκελος, όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται στο παραπάνω ορισμένο φάκελο. Οι τελικές κλάσεις μετά την επεξεργασία της γεωμετρίας τους, αποθηκεύονται στη βασική γεωβάση (gdb).

#### 4.2.3 Import Data

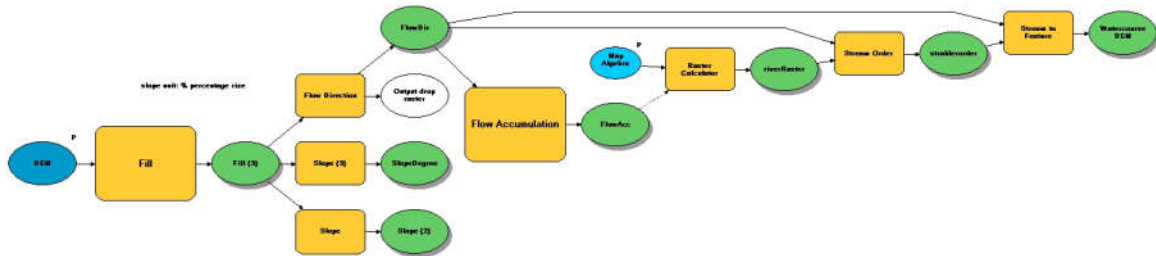
Το μοντέλο *Import Data* (Εικόνα 4-3 Μοντέλο Import Data) αντιγράφει το περίγραμμα κάθε υδατικού διαμερίσματος, στην τοπική βάση GDB. Το περίγραμμα του υδατικού διαμερίσματος χρησιμοποιείται ως μάσκα (πολύγωνο), ώστε να περικοπεί το ΨΜΥ στο παραπάνω πολύγωνο. Επίσης το υδατικό διαμέρισμα χρησιμοποιείται ως μάσκα για την τομή όλων των αρχικών δεδομένων, όπως (1) το υδρογραφικό δίκτυο από την εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/EC, (2) το υδρογραφικό δίκτυο από την εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/EC, (3) το υδρογραφικό δίκτυο από την βάση δεδομένων του OpenStreetMaps και τέλος (4) το υδρογραφικό δίκτυο από την ψηφιοποίηση χαρτών κλίμακας 1:50000. Τα παραπάνω ονομάστηκαν rivers2000, rivers2007, riversOSM και rivers50k αντίστοιχα.



Εικόνα 4-3 Μοντέλο Import Data

#### 4.2.4 WatercourseDEM

Το μοντέλο *WatercourseDEM* (Εικόνα) εκτελεί τη βασική υδρολογική διαδικασία για την εξαγωγή του υδρογραφικού δικτύου από ένα ΨΜΕ. Το ΨΜΕ χρησιμοποιείται ως αρχικό δεδομένο εισαγωγής. Ακολουθεί η συμπλήρωση των βυθισμάτων ή κοιλοτήτων του ΨΜΕ, ώστε όλα τα κελιά να απορρέουν στα γειτονικά κελιά με μικρότερο υψόμετρο. Ακολουθεί ο υπολογισμός του κανάβου διεύθυνσης ροής και του κανάβου συγκεντρωτικής απορροής, που θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία του υδρογραφικού δικτύου. Ο υπολογισμός της κλίσης του εδάφους (%) καθώς και η μετατροπή του raster αρχείου σε υδρογραφικό δίκτυο διανυσματικής μορφής, αποτελούν διαδικασίες του μοντέλου αυτού. Οι εντολές που εκτελούνται είναι με σειρά Fill, Flow direction, Flow accumulation, Raster calculator, Stream Order, Stream to feature. Για την εξαγωγή του υδρογραφικού δικτύου επιλέγεται κατώφλι ανάντη συμβάλλουσας έκτασης ίσο με 10 km<sup>2</sup>. Η εξαγωγή του υδρογραφικού δικτύου από το ΨΜΥ, έγινε με τη χρήση του EU-DEM (βλ. Κεφ. 3).



Εικόνα 4-4 Μοντέλο WatercourseDEM

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες εντολές που χρησιμοποιήθηκαν

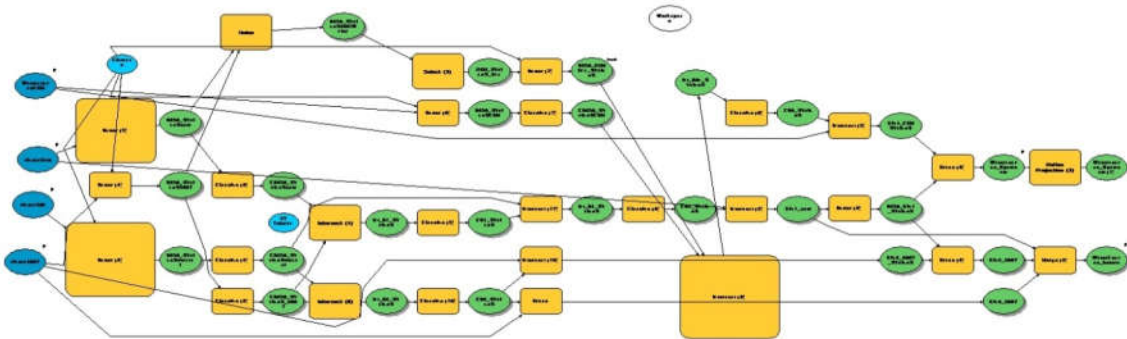
- Fill - συμπλήρωση των ανωμαλιών/ βυθισμάτων του ΨΜΕ.



- Slope –υπολογισμός της κλίσης του εδάφους (%).
- Flow direction – υπολογίζει τον κλάβο διεύθυνσης απορροής για κάθε κελί του ΨΜΥ.
- Flow accumulation – υπολογισμός του κανάβου συγκεντρωτικής απορροής για κάθε κελί με βάση τη διεύθυνση μέγιστης κλίσης.
- Raster calculator – εκτελεί μαθηματικούς και λογικούς υπολογισμούς μεταξύ αρχείων τύπου raster.
- Stream Order – υπολογίζει την τάξη κάθε κλάδου του υδρογραφικού δικτύου, αποδίδοντάς του έναν αριθμό ανάλογα με τη μέθοδο που θα επιλέγει. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται προτάθηκε από τον Strahler (1957).
- Stream to feature – μετατρέπει τον κλάβο του υδρογραφικού δικτύου από raster μορφή σε διανυσματική μορφή.

#### 4.2.5 Watercourse

Το μοντέλο *Watercourse* (Εικόνα 4-4), εκτελείται αμέσως μετά το μοντέλο *WatercourseDEM*, και ουσιαστικά παράγει το τελικό πριν τη διαδικασία του editing υδατόρευμα. Για την εξαγωγή του τελικού υδατορέματος, χρησιμοποιούνται ως αρχικά δεδομένα το υδρογραφικό δίκτυο των τεσσάρων αρχικών πηγών (*rivers2000*, *rivers2007*, *riversOSM*, *rivers50k*), αλλά και μία τιμή απόστασης που χρησιμοποιείται ως εύρος αναζήτησης στα αρχικά δεδομένα.

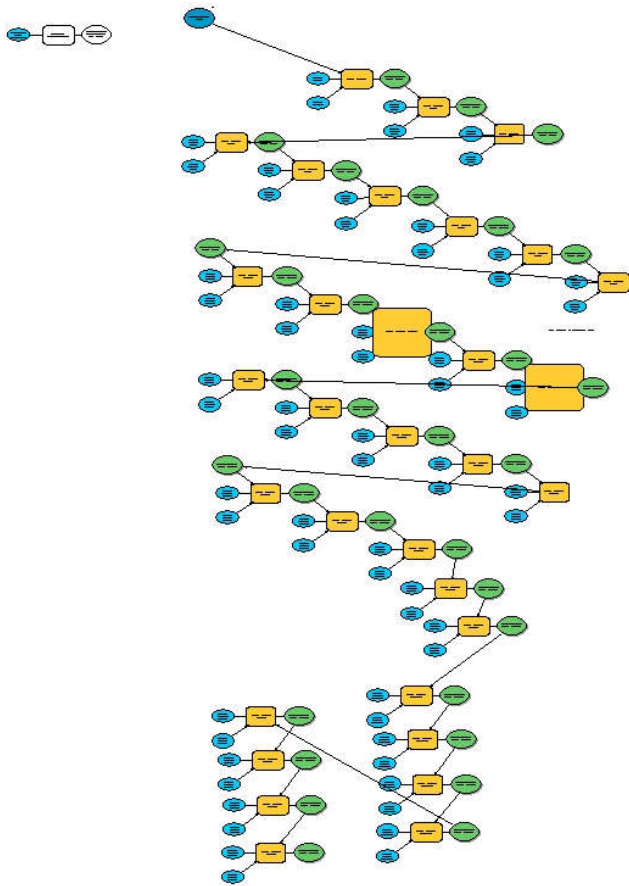


Εικόνα 4-4 Μοντέλο *Watercourse*

Για το συνδυασμό όλων των δεδομένων, οι εντολές που χρησιμοποιούνται είναι, ως επί το πλείστον, στο συγκεκριμένο μοντέλο οι ακόλουθες: *buffer*, *dissolve*, *intersect*, *erase*, *select*, *union*, *merge* και *define projection*. Το υδρογραφικό δίκτυο που εξάγεται, αποτελείται από δύο τμήματα. Το πρώτο τμήμα είναι το ανάντη, και εξασφαλίζει τη δημιουργία υδρογραφικού δικτύου για έκταση ανάντη ίση με 10 km<sup>2</sup> και το δεύτερο τμήμα, είναι το κατόντη που φτάνει ως την έξοδο της λεκάνης απορροής.

#### 4.2.6 *Watercourse\_Items*

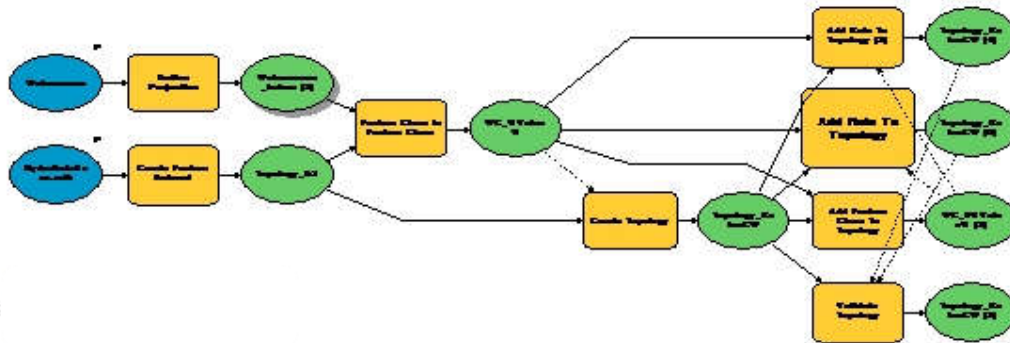
Στο μοντέλο *Watercourse\_Items* (Εικόνα 4-5Εικόνα), γίνεται ο υπολογισμός των πεδίων του πίνακα. Είναι πιθανό μετά την αρχική επεξεργασία αρχικά ορισμένα πεδία να χαθούν, το μοντέλο διασφαλίζει την ύπαρξη των πεδίων, ώστε σε επόμενο μοντέλο να γίνει και ο υπολογισμός των πεδίων.



Εικόνα 4-5: Μοντέλο Watercourse\_Items

#### 4.2.7 Watercourse Topology

Το μοντέλο *Watercourse Topology* (Εικόνα 4-6 **Error! Reference source not found.**) ελέγχει με τη χρήση τοπολογικών κανόνων τις χωρικές σχέσεις μεταξύ κλάσεων. Ο έλεγχος γίνεται με την ανάλυση της θέσης (συντεταγμένες) των οντοτήτων της κλάσης με άλλη κλάση ή των οντοτήτων της ίδιας κλάσης μεταξύ τους. Οι κανόνες της τοπολογίας επιλέγονται ανάλογα με τις κλάσεις.



Εικόνα 4-6: Watercourse topology

Το μοντέλο *Watercourse Topology* τρέχει παρόμοιους τοπολογικούς κανόνες, με τη διαφορά ότι η κλάση που εισάγεται είναι γραμμική, μιας και αναπαριστά το υδρογραφικό δίκτυο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες εντολές που χρησιμοποιήθηκαν

*Create feature Dataset* – δημιουργεί ένα dataset στο φάκελο που επιλέγει ο χρήστης, στο οποίο θα δημιουργηθεί με άλλη εντολή η τοπολογία.

*Define projection* – ορίζει το σύστημα συντεταγμένων της κλάσης του υδρογραφικού δικτύου. Μιας και οι συντεταγμένες κάθε οντότητας είναι βαρύνουσας σημασίας, το σύστημα συντεταγμένων είναι βασική αρχική διαδικασία στη διαδικασία του ελέγχου της τοπολογίας.

*Feature class to Feature class* - μετατρέπει μια κλάση στην ίδια ουσιαστικά κλάση σε άλλη θέση αποθήκευσης.

*Create topology* – δημιουργεί μια τοπολογία.

*Add rules to topology* – προσθέτει τοπολογικούς κανόνες σε μια τοπολογία, που έχει ήδη δημιουργηθεί. Ενδεικτικά μερικοί κανόνες παρουσιάζονται παρακάτω: “Must Be Covered By Boundary Of” (Line-Area), “Must Not Overlap” (Line), “Must Not Intersect”(Line)

*Add feature classes to topology* – προσθέτει μια κλάση σε μία τοπολογία. Η κλάση που προστίθεται πρέπει να είναι παρόμοιας δομής με αυτήν της τοπολογίας.

*Validate topology* – εκτελεί επαλήθευση της τοπολογίας εντός του dataset. Η εντολή εκτελεί (1) κατάτμηση των κόμβων όλων των οντοτήτων εντός της κλάσης, ώστε να ελεγχθεί αν υπάρχουν διπλές συντεταγμένες, (2) προσθέτει κόμβους στις οντότητες που μοιράζονται κοινούς κόμβους, (3) εκτελεί ελέγχους για το αν παραβιάζονται οι κανόνες που προστέθηκαν εντός της τοπολογίας.

#### 4.2.8 Network

Το μοντέλο *Network* υπολογίζει εντός του πίνακα της κλάσης του υδρογραφικού δικτύου, τις τιμές στα απαραίτητα πεδία. Οι ιδιότητες που υπολογίζονται είναι το μήκος και η κλίση κάθε κλάδου του υδρογραφικού δικτύου, το όνομα, η τάξη του υδρογραφικού δικτύου. Επιπλέον για κάθε κλάδο καταχωρείται ο αριθμός το κόμβου αρχής και τέλους του κλάδου καθώς και το υψόμετρο των κόμβων αντίστοιχα. Το σύνολο των κόμβων για το υδρογραφικό δίκτυο, αποθηκεύεται στην κλάση *HydroNode* και ουσιαστικά εξασφαλίζουν τη συνδεσιμότητα μεταξύ των κλάδων του δικτύου.

Το μοντέλο Network εκτελεί τις παρακάτω εντολές:

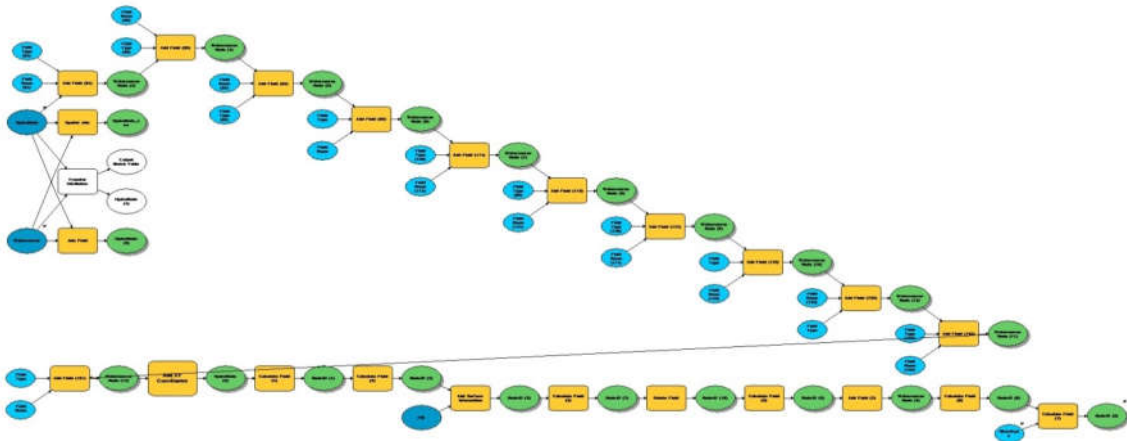
Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες εντολές που χρησιμοποιήθηκαν

- Calculate field – υπολογίζει τιμές των πεδίων, όπως την τάξη του υδρογραφικού δικτύου, το μήκος, την κλίση των κλάδων. Το υψόμετρο των κόμβων της αρχής και το τέλος, υπολογίζεται με το μοντέλο αυτό, με την προϋπόθεση να μην υπάρχουν δύο κόμβοι στην ίδια θέση. Το όνομα κάθε κλάδου υπολογίζεται από άλλο ειδικό μοντέλο.
- Feature vertices to points – υπολογίζονται οι κόμβοι (σημεία) της αρχής και του τέλους του κλάδου (κλάση γραμμική).
- Intersect- υπολογίζει την τομή μεταξύ επιθεμάτων.
- Erase – διαγράφει ένα σύνολο από ένα άλλο. Μπορεί να δεχθεί ως δεδομένα εισαγωγής σημεία, γραμμές ή πολύγωνα.
- Delete Identical – διαγράφει τα διπλά αντικείμενα. Η αναζήτηση γίνεται εντός μιας απόστασης που χρησιμοποιείται ως εύρος αναζήτησης.
- Merge – συνενώνει δύο όμοιες κλάσεις.
- Spatial join – ενώνει δύο κλάσεις, εφαρμόζοντας χωρικούς κανόνες για την αναζήτηση και τη συνένωση.
- Extract values to point – υπολογίζει την τιμή σε καθένα σημείο, κάνοντας παρεμβολή πάνω στο raster αρχείο, που εισάγεται.
- Join field – συνενώνει πεδία δύο πινάκων, με βάση ένα πεδίο που είναι κοινό και στους δύο πίνακες.

Με το μοντέλο αυτό υπολογίζεται η κλίση κάθε κλάδου, από τα υψόμετρα των κόμβων αρχής και τέλους και το μήκος του. Τα υψόμετρα των κόμβων προκύπτουν από το ΨΜΥ ενώ το μήκος κάθε κλάδου υπολογίζεται σε km.

#### 4.2.9 HydroNode\_Items

Το μοντέλο *HydroNode\_Items* (Εικόνα 4-7) υπολογίζει τα πεδία των κόμβων.

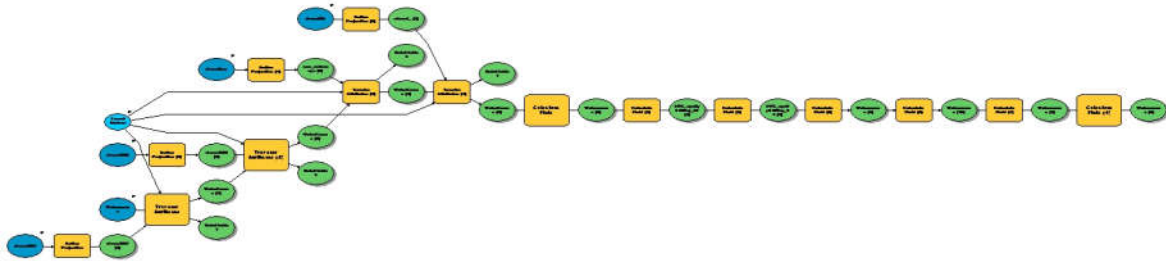


Εικόνα 4-7: Μοντέλο HydroNode\_Items

#### 4.2.10 Naming

Το μοντέλο *Naming* (Εικόνα 4-8), εκτελεί με την εφαρμογή χωρικών κριτηρίων την μεταφορά εντός ονόματος από τα υδρογραφικά δίκτυα που χρησιμοποιεί ως δεδομένα εισόδου (*rivers2000*, *rivers2007*, *riversOSM*, *rivers50k*), στο παραγόμενο από προηγούμενα

μοντέλα υδρογραφικό δίκτυο. Το όνομα αποδίδεται σε κάθε κλάδο του παραγόμενου δικτύου και καταχωρείται ως τιμή στο πεδίο `geographicalName`. Η απόσταση αναζήτησης πληροφορίας ορίζεται σε 150 m.



Εικόνα 4-8: Naming

Το μοντέλο χρησιμοποιείται για την μεταφορά των ονομάτων των κλάδων των ποταμών και εκτελεί τις ακόλουθες εντολές:

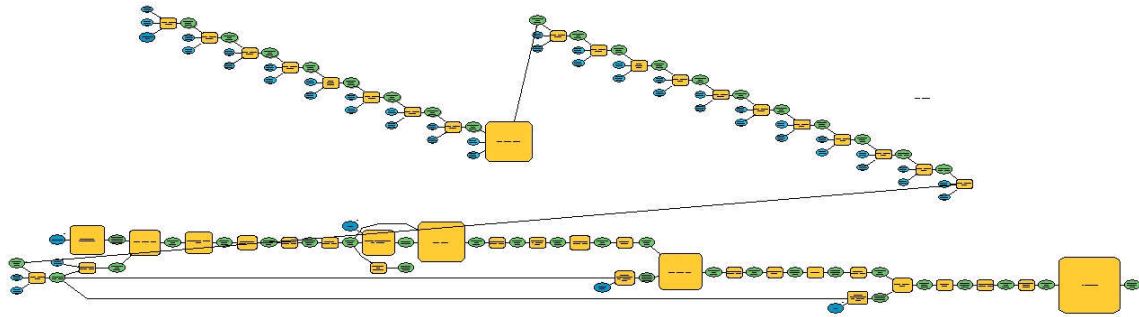
**Define projection** – ορισμός συστήματος συντεταγμένων. Μιας και χρησιμοποιούνται χωρικοί κανόνες, είναι βαρύνουσας σημασίας ο ορισμός του κοινού συστήματος συντεταγμένων. Το σύστημα συντεταγμένων, αποδίδεται στο υδρογραφικό δίκτυο (στόχο) αλλά και σε καθένα από αυτά των τεσσάρων πηγών.

**Transfer attributes** – μεταφέρει περιγραφικές ιδιότητες από έναν πίνακα σε έναν άλλον. Η επιλογή γίνεται από τον πίνακα μιας κλάσης, προς τον πίνακα μιας άλλης κλάσης. Το ποια πεδία θα μεταφερθούν, κρίνεται από την επιθυμία του χρήστη.

**Calculate field** – εκτελεί μαθηματικούς και λογικούς υπολογισμούς. Το εργαλείο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ονόματος σε κάθε κλάδο. Η επιλογή γίνεται με προτεραιοποίηση των πιθανών ονομάτων που είναι αποθηκευμένα σε αυτά των τεσσάρων πηγών. Η σειρά με την οποία ορίστηκε η μεταφορά του ονόματος είναι αρχικά από το `rivers2000`, στη συνέχεια `rivers2007`, `riversOSM` και τέλος, από το `rivers50k`.

#### 4.2.11 RiverBasin

Το μοντέλο *RiverBasin* (Εικόνα 4-9), εκτελεί μια σειρά από υδρολογικές διαδικασίες για την εξαγωγή του κλειστού πολυγώνου της λεκάνης απορροής. Όλα τα κελιά που βρίσκονται εντός του πολυγώνου αυτού απορρέουν στην έξοδο της λεκάνης απορροής, που είναι το σημείο με το χαμηλότερο υψόμετρο.



Εικόνα 4-9: RiverBasin

Το μοντέλο εκτελεί τις ακόλουθες εντολές:

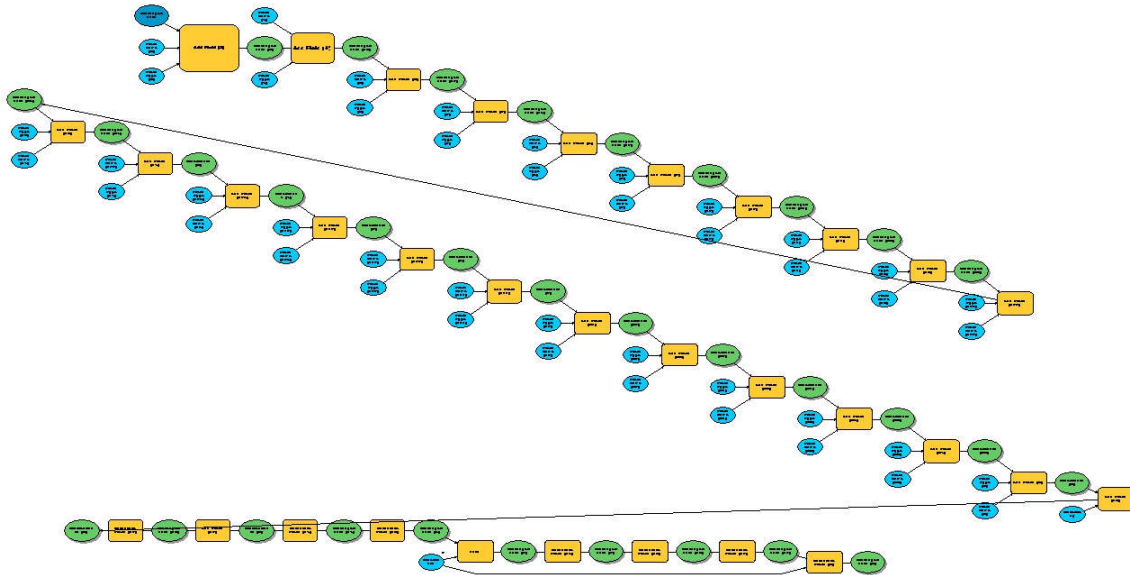
- Summary statistics – με αυτή την εντολή υπολογίζεται το συνολικό μήκος της κύριας μισγάγγειας από τους κλάδους (τμήματα) που την αποτελούν καθώς και η μέση κλίση των κλάδων και οι παραπάνω τιμές αποδίδονται ως περιγραφικές ιδιότητες στη λεκάνη απορροής.
- Join field – συνενώνει πεδία δύο πινάκων, με βάσει ένα πεδίου που είναι κοινό και στους δύο πίνακες.
- Calculate field – εκτελεί μαθηματικούς και λογικούς υπολογισμούς. Το εργαλείο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της έκτασης της λεκάνης απορροής, του υψομέτρου της εξόδου, του χρόνου συγκέντρωσης κατά Giandotti και των πεδίων orderScheme και score.
- Delete field – διαγράφει πεδία που δεν χρησιμοποιούνται.
- Zonal statistics as Table. Με την εντολή υπολογίζεται το μέσο υψόμετρο της λεκάνης από το ΨΜΥ, η μέση κλίση εδάφους από τον κλίση και το μέσο CN από τον κλίση με τις τιμές CN, για όλο το Υδατικό Διαμέρισμα. Το πολύγωνο της λεκάνης απορροής χρησιμοποιείται ως μάσκα.
- Polygon to Raster – μετατρέπει το πολύγωνο σε raster μορφή.

Ο υπολογισμός του δείκτη καμπύλης απορροής, για κάθε λεκάνη απορροής (RiverBasin, DrainageBasin, StationBasin) γίνεται με τη χρήση του μοντέλου Compute CN (βλ. κεφ.4.2.18)

.

#### 4.2.12 DrainageBasin

Το μοντέλο *DrainageBasin* (Εικόνα 4-10), εκτελεί μια σειρά από παρόμοιες υδρολογικές διαδικασίες με το μοντέλο *RiverBasin*. Οι εντολές που τρέχουν είναι παρόμοιες με το προηγούμενο μοντέλο.



Εικόνα 4-10: DrainageBasin

#### 4.2.13 StationBasin

Το μοντέλο *StationBasin* εκτελεί μια σειρά από υπολογιστικές διαδικασίες για την συμπλήρωση των πεδίων του πίνακα. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι ο αριθμός *StationBasinId* είναι ο ίδιος με τον κωδικό του σταθμού (*StationId*) στην έξοδο της λεκάνης, όπως ο τελευταίος καταχωρείται στην πλατφόρμα *OpenHi.net*.

Το μοντέλο εκτελεί τις ακόλουθες εντολές:

*Add field* – προσθέτει πεδία στους πίνακες.

*Join field* – συνενώνει πεδία δύο πινάκων, με βάση ένα πεδίο που είναι κοινό και στους δύο πίνακες.

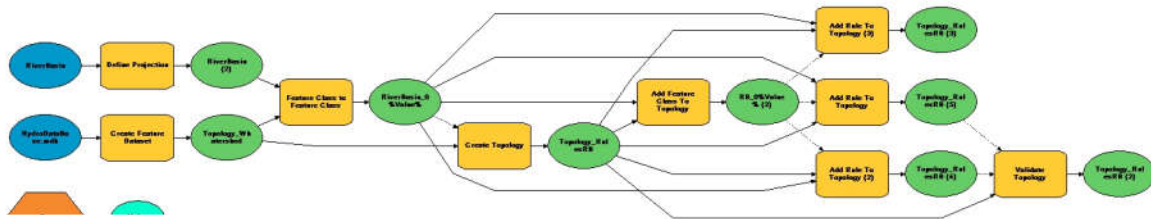
*Calculate field* – εκτελεί μαθηματικούς και λογικούς υπολογισμούς.

*Delete field* – διαγράφει πεδία που δεν χρειάζονται.

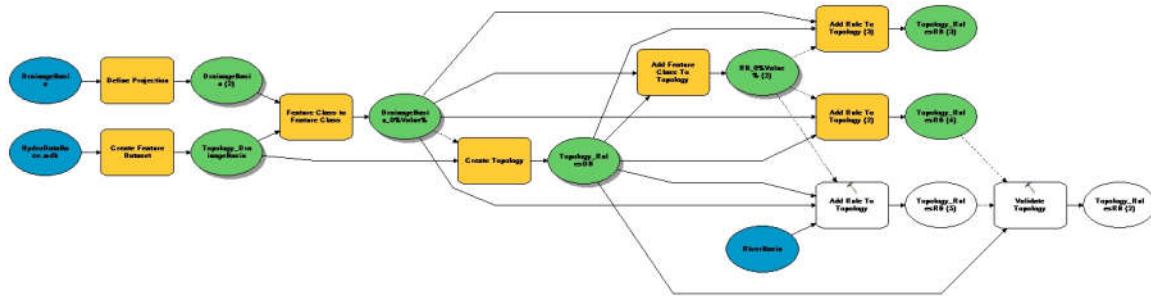
#### 4.2.14 RiverBasin\_Topology, DrainageBasin\_Topology

Το μοντέλο *RiverBasin\_Topology* (Εικόνα 4-11) και το μοντέλο *DrainageBasin\_Topology* (Εικόνα 4-12) εκτελούν παρόμοιες διαδικασίες με αυτές του μοντέλου *Watercourse\_Topology*, μόνο που διαχειρίζονται οντότητες με μορφή πολυγώνου και όχι γραμμικής μορφής. Οι κανόνες που εκτελούνται είναι οι: “*Must Not Have Gaps*” (Area), “*Must Not Overlap*” (Area).





Εικόνα 4-11: River Basin Topology



Εικόνα 4-12: Drainage Basin Topology

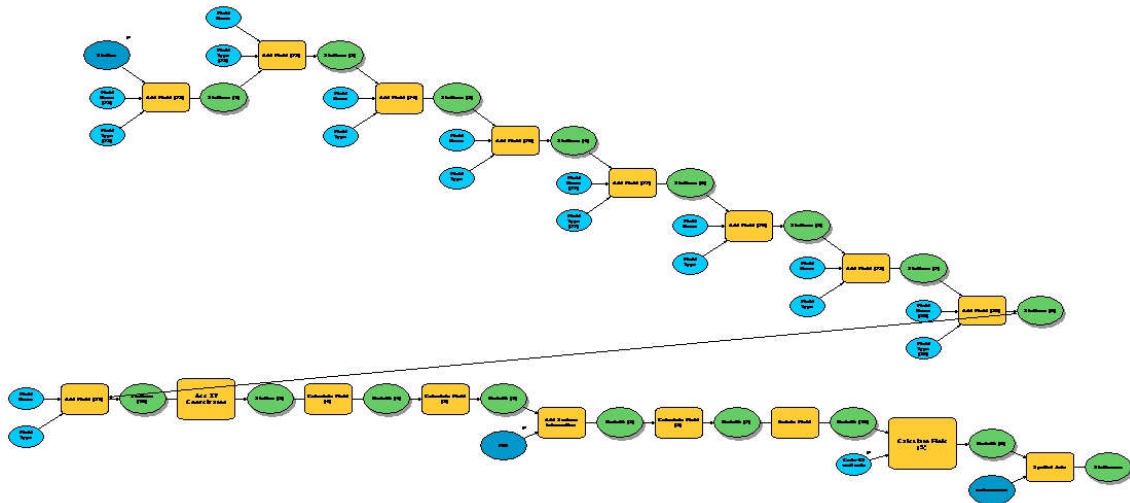
#### 4.2.15 Station

Το μοντέλο *Station* (Εικόνα 4-13), εκτελεί μια σειρά από εντολές για τον υπολογισμό των πεδίων. Οι συντεταγμένες της θέσης του σταθμού και το υψόμετρο αυτού υπολογίζονται με αυτό το μοντέλο.

Το μοντέλο εκτελεί τις ακόλουθες εντολές:

- Add field – προσθέτει πεδία στους πίνακες.
- Add XY coordinates – προσθέτει τις συντεταγμένες της θέσης ως πεδία στον πίνακα.
- Calculate field – εκτελεί μαθηματικούς και λογικούς υπολογισμούς.
- Delete field – διαγράφει πεδία που δεν χρειάζονται.
- Add Surface Information – προσθέτει την υψομετρική πληροφορία του υψομέτρου ως πεδίο στον πίνακα.

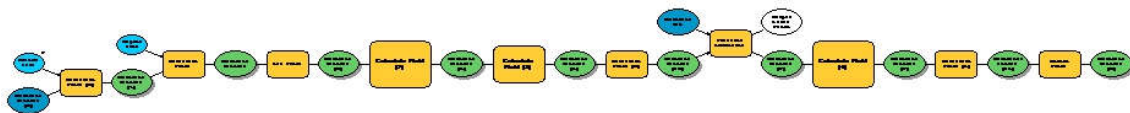




Εικόνα 4-13: Station

#### 4.2.16 WatercourseLink

Το μοντέλο *WatercourseLink* (Εικόνα 4-14), εκτελεί μια απλή διαδικασία για την κωδικοποίηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και μεταφέρει την ήδη καταχωρημένη πληροφορία από τα υδατορεύματα στον πίνακα της οντότητας *WatercourseLink*.

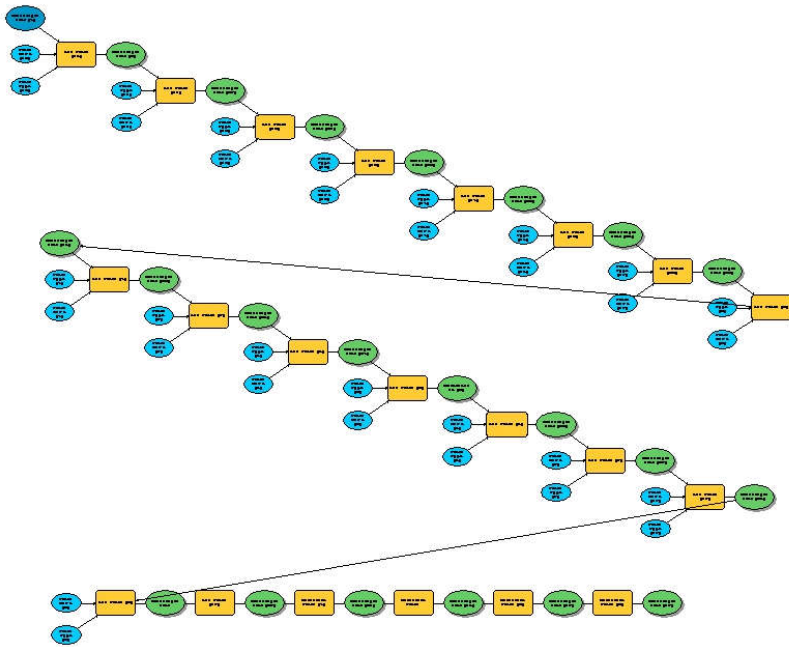


Εικόνα 4-14: WatercourseLink

Το μοντέλο εκτελεί τις ακόλουθες εντολές: Add field, Calculate field, Delete field και την Transfer Attributes – που μεταφέρει την πληροφορία από τα πεδία μιας άλλης οντότητας στην οντότητα στόχο, με βάση μια χωρική συνθήκη (χρησιμοποιήθηκε απόσταση 150 m).

#### 4.2.17 StandingWater

Το μοντέλο *StandingWater* (Εικόνα 4-15), εκτελεί μια διαδικασία για την κωδικοποίηση των λιμναίων σωμάτων (φυσικές και τεχνητές λίμνες).

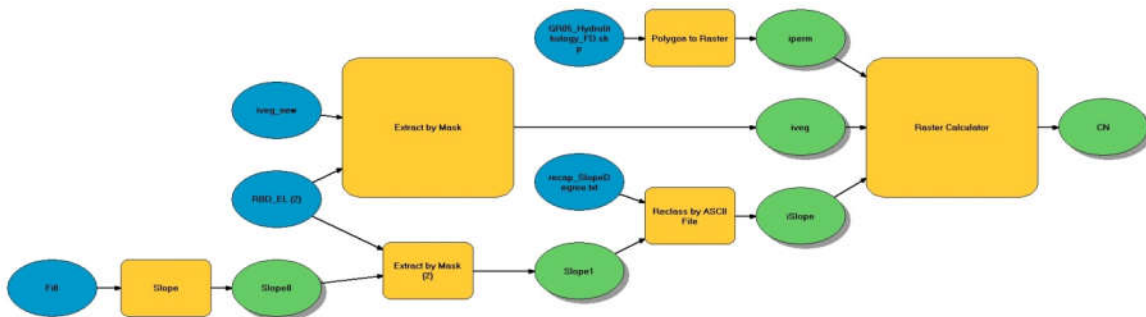


Εικόνα 4-15: **StandingWater**

Το μοντέλο εκτελεί τις ακόλουθες εντολές: Add field, Calculate field, Delete field.

#### 4.2.18 Compute CN

Ο υπολογισμός της τιμής CN για κάθε λεκάνη απορροής, ακολουθεί τη μεθοδολογία που παρουσιάζεται στο Savvidou et.al., (2018) και στη διπλωματική εργασία του Αργυράκη (2015). Το μοντέλο *Compute CN* (Εικόνα 4-16) υπολογίζει τη μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής της λεκάνης, με δεδομένα εισόδου τις χρήσεις γης, υδρογεωλογικό χάρτη και τις κλίσεις του εδάφους.



Εικόνα 4-16: **Compute CN**

Το μοντέλο εκτελεί τις παρακάτω διαδικασίες:

Slope – υπολογισμός της κλίσης του εδάφους από το ΨΜΥ (%).

Reclass – εκτελεί ανακατάταξη των ευρών των τιμών των κλάσεων και αποδίδει μια νέα τιμή σε κάθε τάξη της κλίσης εκφρασμένη σε %. Η ίδια εντολή χρησιμοποιείται για να γίνει ανακατάταξη και των χρήσεων γης αλλά και των τιμών της υδατοπερατότητας. Οι τιμές που χρησιμοποιούνται για να υπολογιστεί το CN, εμφανίζονται στους παρακάτω Πίνακες

(Πίνακας 4-6: Κωδικοποίηση φυσιογραφικών χαρακτηριστικών για την εκτίμηση της τιμής αναφοράς του αριθμού CN (πηγή: Αργυράκης, 2015) Πίνακας 4-6 έως Πίνακας 4-9).

Raster Calculator – εκτελεί την μαθηματική πράξης μεταξύ των επιπέδων της πληροφορίας για τον υπολογισμό του CN, ο αλγόριθμος που εκτελείται είναι:

arcgry.gr.RasterCalculator\_sa("10+9\*\"%iperperm%\"+6\*\"%iveg%\"+3\*\"%islope%\"", CN)

Τα βασικά γεωγραφικά δεδομένα για την εφαρμογή της μεθοδολογίας για την εκτίμηση του CN είναι τα ακόλουθα: υδρολιθολογικός χάρτης, χάρτης χρήσεων γης, χάρτης κλίσεων εδάφους. Υπολογίζεται ο αριθμός καμπύλης απορροής αναφοράς, ο οποίος αντιστοιχεί σε μέσες συνθήκες υγρασίας (τύπου II) και ποσοστό αρχικών απωλειών 20%. Η τιμή αυτή εκτιμάται με βάση την εμπειρική σχέση:

$$CN = 10 + 9 * i_{perm} + 6 * i_{veg} + 3 * i_{slope}$$

Όπου  $i_{perm}$ ,  $i_{veg}$  και  $i_{slope}$  παίρνουν τιμές από 1 έως 5 (Πίνακας 4-6).

Πίνακας 4-6: Κωδικοποίηση φυσιογραφικών χαρακτηριστικών για την εκτίμηση της τιμής αναφοράς του αριθμού CN (πηγή: Αργυράκης, 2015)

Κλάση περατότητας	$i_{PERM}$	Κλάση βλάστησης	$i_{VEG}$	Κλάση αποστραγγιστικής ικανότητας	$i_{SLOPE}$
Πολύ υψηλή	1	Πυκνή	1	Αμελητέα	1
Υψηλή	2	Μεσαία	2	Χαμηλή	2
Μέτρια	3	Χαμηλή	3	Μέτρια	3
Χαμηλή	4	Αραιή	4	Υψηλή	4
Πολύ χαμηλή	5	Μηδενική	5	Πολύ υψηλή	5

Με βάση τον υδρολιθολογικό χάρτη κάθε υδρολιθολογικός σχηματισμός κατατάσσεται σε μία κλάση περατότητας και κατ' επέκταση σε μια μοναδική τιμή  $i_{PERM}$  (Πίνακας 4-7).

Πίνακας 4-7: Κατάταξη υδρολιθολογικών σχηματισμών σε κλάση περατότητας (πηγή: Αργυράκης, 2015)

Σχηματισμοί	Κωδικός υδρολ. χάρτη	Περιγραφή	Κλάση περατότητας
Ρωγματώδεις σχηματισμοί	A1	Ρωγματώδεις σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας (φλύσσης)	Πολύ χαμηλή
	A2	Ρωγματώδεις σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας (φυλλίτες-χαλαζίτες-σχιστόλιθοι)	Χαμηλή
	A3	Ρωγματώδεις σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής διαπερατότητας (πυριγενή)	Χαμηλή
Καρστικοί σχηματισμοί	K1	Ανθρακικοί σχηματισμοί υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας	Πολύ υψηλή
	K2	Ανθρακικοί σχηματισμοί μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας	Υψηλή
Κοκκώδεις σχηματισμοί	P1	Προσχωματικές κυρίως αποθέσεις κυμαινόμενης υδροπερατότητας	Μέτρια
	P2	Νεογενείς και Πλειστοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας	Μέτρια
	P3	Μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας	Χαμηλή
	P4	Κορήματα κυμαινόμενης υδροπερατότητας	Μέτρια
Γύψοι	g	Γύψοι	Υψηλή
	ΛΙΜΝΗ	-	Πολύ χαμηλή
	ΠΟΤΑΜΙ	-	Πολύ χαμηλή

Πίνακας 4-8: Κατάταξη των χρήσεων γης κατά CORINE σε κλάση βλάστησης

Κωδικός CORINE	Περιγραφή	Βλάστηση
111	Συνεχής αστική οικοδόμηση	Μηδενική
112	Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση	Αραιή
121	Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	Μηδενική
122	Οδικά σιδηροδρομικά δίκτυα και γειτνιάζουσα γη	Μηδενική
123	Ζώνες λιμένων	Μηδενική
124	Αεροδρόμια	Μηδενική
131	Χώροι εξορύξεως ορυκτών	Μηδενική
132	Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων	Μηδενική
133	Χώροι οικοδόμησης	Μηδενική
142	Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	Αραιή
211	Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	Αραιή
212	Μόνιμα αρδευόμενη γη	Χαμηλή
213	Ορυζώνες	Χαμηλή
221	Αμπελώνες	Χαμηλή
222	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς	Μεσαία
223	Ελαιώνες	Μεσαία
231	Λιβάδια	Χαμηλή
241	Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες	Χαμηλή
242	Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	Χαμηλή
243	Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	Χαμηλή
244	Αγροτικές δασικές περιοχές	Μεσαία
311	Δάσος πλατυφύλλων	Πυκνή
312	Δάσος κωνοφόρων	Πυκνή
313	Μικτό δάσος	Πυκνή
321	Φυσικοί βοσκότοποι	Χαμηλή
322	Θάμνοι και χερσότοποι	Χαμηλή
323	Σκληροφυλλική βλάστηση	Μεσαία
324	Μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις	Μεσαία
331	Παραλίες αμμόλοφοι αμμουδιές	Αραιή
332	Απογυμνωμένοι βράχοι	Μηδενική
333	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	Αραιή
334	Αποτεφρωμένες εκτάσεις	Μηδενική
411	Βάλτοι στην ενδοχώρα	Αραιή
421	Παραθαλάσσιοι βάλτοι	Αραιή
422	Αλυκές	Αραιή
511	Ροές υδάτων	Μηδενική
512	Συλλογές υδάτων	Μηδενική
521	Παράκτιες λιμνοθάλασσες	Μηδενική

Από το χάρτη των χρήσεων γης κατά CORINE κάθε αριθμός κάλυψης εδάφους αντιστοιχίζεται σε μία από τις πέντε κλάσεις βλάστησης (Πίνακας 4-8) και κατ' επέκταση σε μια μοναδική τιμή iVEG (Πίνακας 4-6).

Για την κατηγοριοποίηση της αποστραγγιστικής ικανότητας του εδάφους χρησιμοποιείται ο χάρτης κλίσεων του εδάφους. Σε αυτόν τον χάρτη, κάθε τιμή της κλίσης του εδάφους αντιστοιχίζεται σε μία κλάση αποστραγγιστικής ικανότητας, σύμφωνα με τον παρακάτω Πίνακας 4-9.

Πίνακας 4-9: Κλάσεις αποστραγγιστικής ικανότητας με βάση τη μέση κλίση εδάφους

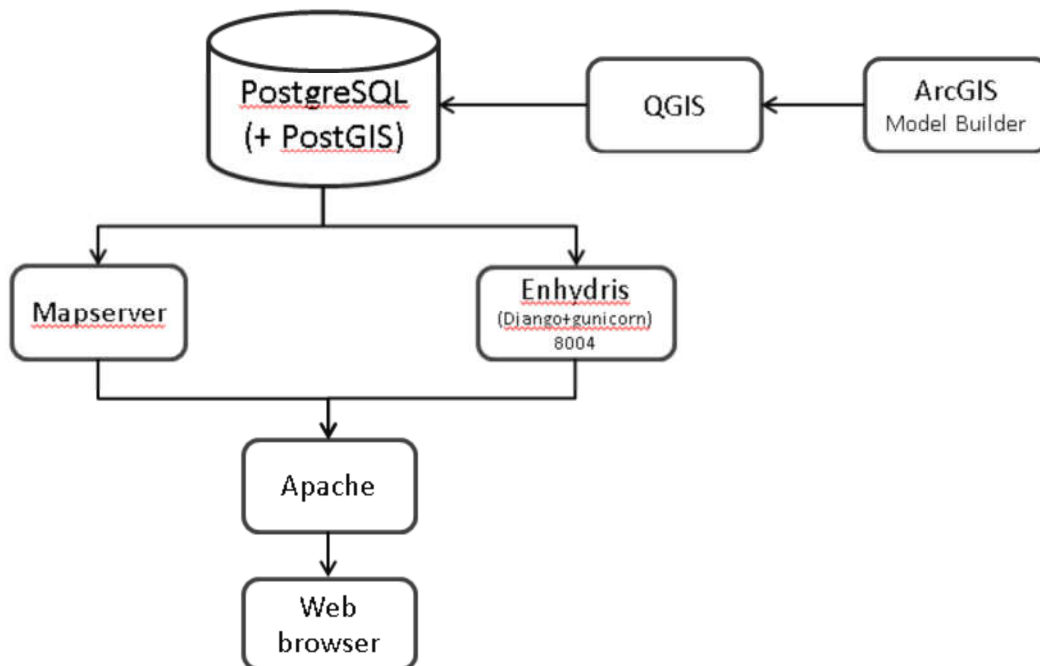
Μέση κλίση εδάφους	Κλάση αποστραγγιστικής ικανότητας	$i_{SLOPE}$
0%	Αμελητέα	1
1-2%	Χαμηλή	2
2-10%	Μέτρια	3
10-30%	Υψηλή	4
30%	Πολύ υψηλή	5



## 5 Ένταξη των στοιχείων στο πληροφοριακό σύστημα

Με τον όρο πληροφοριακό σύστημα στο κεφάλαιο αυτό εννοείται το σύστημα OpenHi.net συνολικά, δηλαδή τόσο η βάση δεδομένων (Postgres), όσο και η πλατφόρμα αναζήτησης και λήψης δεδομένων από το διαδίκτυο (<https://system.openhi.net>). Για να ενταχθούν στο πληροφοριακό σύστημα τα γεωγραφικά δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί στο σύστημα που υλοποιήθηκε στην gdb, χρησιμοποιήθηκε σαν διεπαφή το περιβάλλον του QGIS (Εικόνα 5-1).

Το QGIS χρησιμοποιήθηκε επίσης για την τελικό έλεγχο της γεωμετρίας των υδάτινων σωμάτων με τη βοήθεια των διάφορων χαρτογραφικών υποβάθρων που δίνονται στο διαδίκτυο. Κυρίως χρησιμοποιήθηκε το ελληνικό κτηματολόγιο, το OpenStreet, και το Bing. Μετά τον οριστικό έλεγχο της γεωμετρίας τα δεδομένα αποθηκεύονται στην Postgres και εντάσσονται στο πληροφορικό σύστημα μέσα από υπηρεσίες θέασης και ανάκτησής τους.

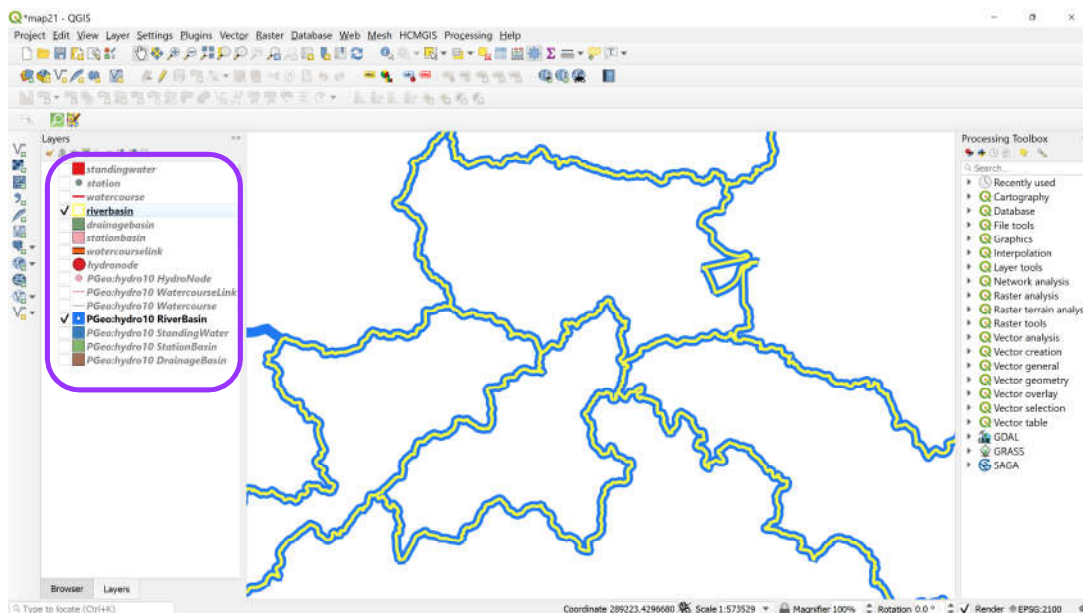


Εικόνα 5-1: Διάγραμμα ροής αποθήκευσης και ένταξης δεδομένων στο πληροφοριακό σύστημα

### 5.1 Αποθήκευση των στοιχείων στο πληροφοριακό σύστημα

Τα δεδομένα από την gdb μεταφέρονται στο PostGIS της Postgres όπου επίσης ορίζονται πίνακες και πεδία σύμφωνα με το Data specification on Hydrography της Οδηγίας 2007/2/EC (INSPIRE, 2014). Πρόκειται για τους ίδιους ακριβώς πίνακες που περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3.

Για τη διαδικασία της μεταφοράς από τη μία βάση δεδομένων στην άλλη χρησιμοποιήθηκε, σαν διεπαφή, το QGIS. Η διαδικασία είναι απλή, πρόκειται για μία αντιγραφή, αφού τα πεδία όλων των πινάκων και στις δύο βάσεις έχουν οριστεί όμοια. Στην Εικόνα 5-2 φαίνονται οι οντότητες όπως αποθηκεύονται στις δύο βάσεις, για παράδειγμα riverbasin στην Postgres και PGeo:RiverBasin στην OpenHi.mdb. Στο περιβάλλον αυτό γίνεται η αντιγραφή και αποθήκευση των δεδομένων.



Εικόνα 5-2: Το περιβάλλον του QGIS για την αποθήκευση στο πληροφοριακό σύστημα

## 5.2 Ένταξη των στοιχείων στο πληροφοριακό σύστημα

Εκτός από την αποθήκευση, τα δεδομένα εντάσσονται στο σύστημα και με την προσφορά τους μέσω υπηρεσιών θέασης ή/και ανάκτησης.

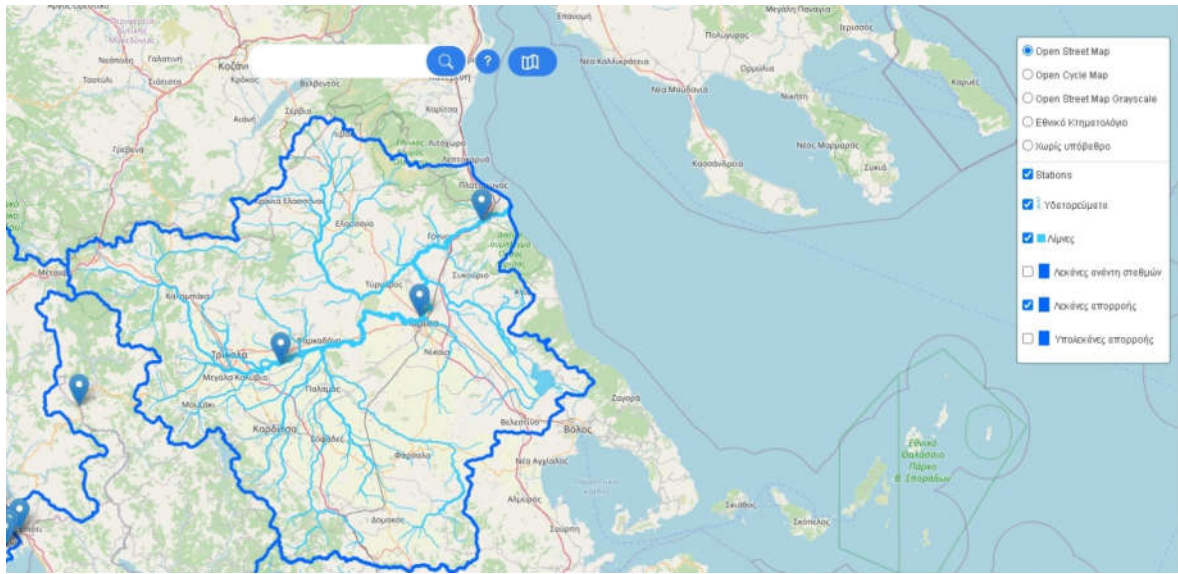
Η θέαση γίνεται με Web Map Service (WMS). Στην Εικόνα 5-3 φαίνεται η θέαση των γεωγραφικών δεδομένων με WMS από τη σελίδα του OpenHi (<https://system.openhi.net/>).

Η ανάκτηση των δεδομένων γίνεται με την υπηρεσία Map Feature Service (WFS) αντίστοιχα.

Η θέαση και η ανάκτηση των δεδομένων γίνεται από τη διεύθυνση <https://system.openhi.net/cgi-bin/mapserv?map=/opt/enhydri-openhi/enhydri-openhigis/mapserver/openhigis.map>.

Στο παράρτημα Π1 δίνονται οδηγίες χρήσης σχετικά με τις υπηρεσίες θέασης και ανάκτησης των δεδομένων.





Εικόνα 5-3: Θέαση των γεωγραφικών δεδομένων με WMS από τη σελίδα του OpenHi.net

## 6 Σύνοψη

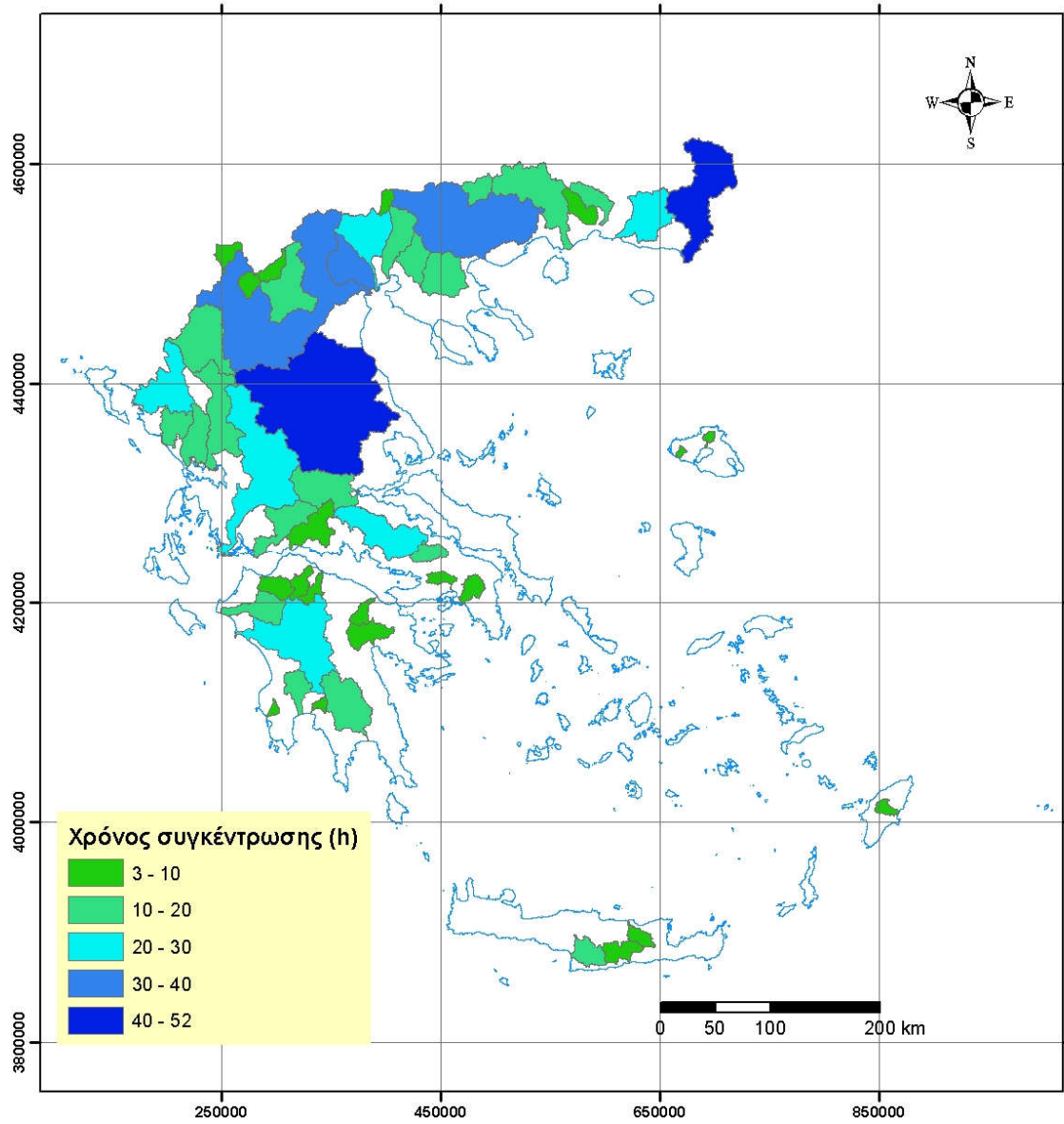
---

Στο πλαίσιο του έργου OpenHi.net δημιουργήθηκε μια βάση γεωγραφικών δεδομένων σχετική με τα επιφανειακά ύδατα της χώρας. Εξετάστηκαν διάφορα πρωτογενή δεδομένα και δημιουργήθηκαν στοιχεία σχετικά με τα υδατορεύματα, το υδρογραφικό δίκτυο και τις λεκάνες και υπολεκάνες απορροής. Τα στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελεύθερα από ερευνητές, μελετητές και άλλους ενδιαφερόμενους, σχετικά με το αντικείμενο της υδρολογίας και της διαχείρισης υδατικών πόρων, αφού παρέχονται μέσω διαδικτυακών υπηρεσιών θέασης και ανάκτησης από την πλατφόρμα OpenHi.net. Η κλίμακα ανάλυσης είναι στα επίπεδα του 1:50000, κατάλληλη για έρευνα και μελέτες στο επίπεδο της λεκάνης απορροής.

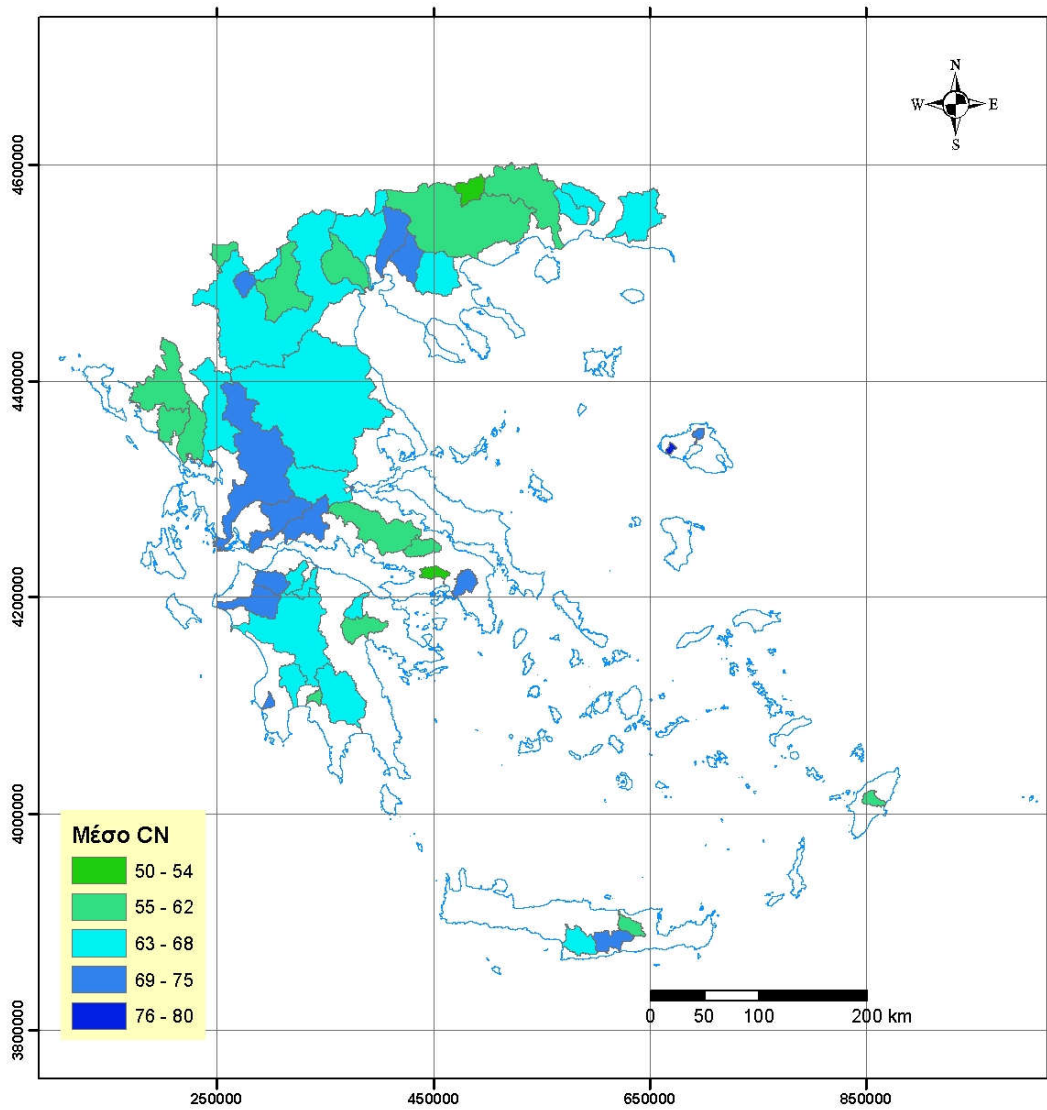
Δημιουργήθηκε μια σειρά από μοντέλα που εφαρμόζουν χωρικές διαδικασίες και υπολογισμούς, όπως δημιουργία γεωχωρικής βάσης σύμφωνα με συγκεκριμένες προδιαγραφές, εισαγωγή δεδομένων από άλλες βάσεις, εξαγωγή του υδρογραφικού δικτύου από μοντέλο υψομέτρων, εκτίμηση υδροκρίτη λεκάνης απορροής ποταμών, υπολογισμός χαρακτηριστικών μεγεθών για υδατορεύματα και λεκάνες απορροής, ονοματοδοσία των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου, εκτέλεση και έλεγχος τοπολογικών κανόνων κ.ά.

Τα στοιχεία που προσφέρονται από το OpenHi είναι: (α) για τα υδατορεύματα: μήκος και κλίση τμήματος, μήκος, όνομα και τάξη, (β) για τις λίμνες: έκταση, μέσο υψόμετρο και όνομα (γ) για τις λεκάνες απορροής, όπως και για τις υπολεκάνες απορροής και τις λεκάνες απορροής ανάντη των σταθμών μέτρησης: έκταση, μέσο υψόμετρο, μέση κλίση, μέσος αριθμός καμπύλης απορροής, τάξη, μήκος και κλίση κύριου υδατορεύματος (δ) για το υδρογραφικό δίκτυο: οι κωδικοί των κόμβων και των κλάδων, τα μήκη των κλάδων και οι σχέσεις κόμβων και κλάδων. Στο Παράρτημα Π1 δίνονται οδηγίες για την ανάκτησή τους.

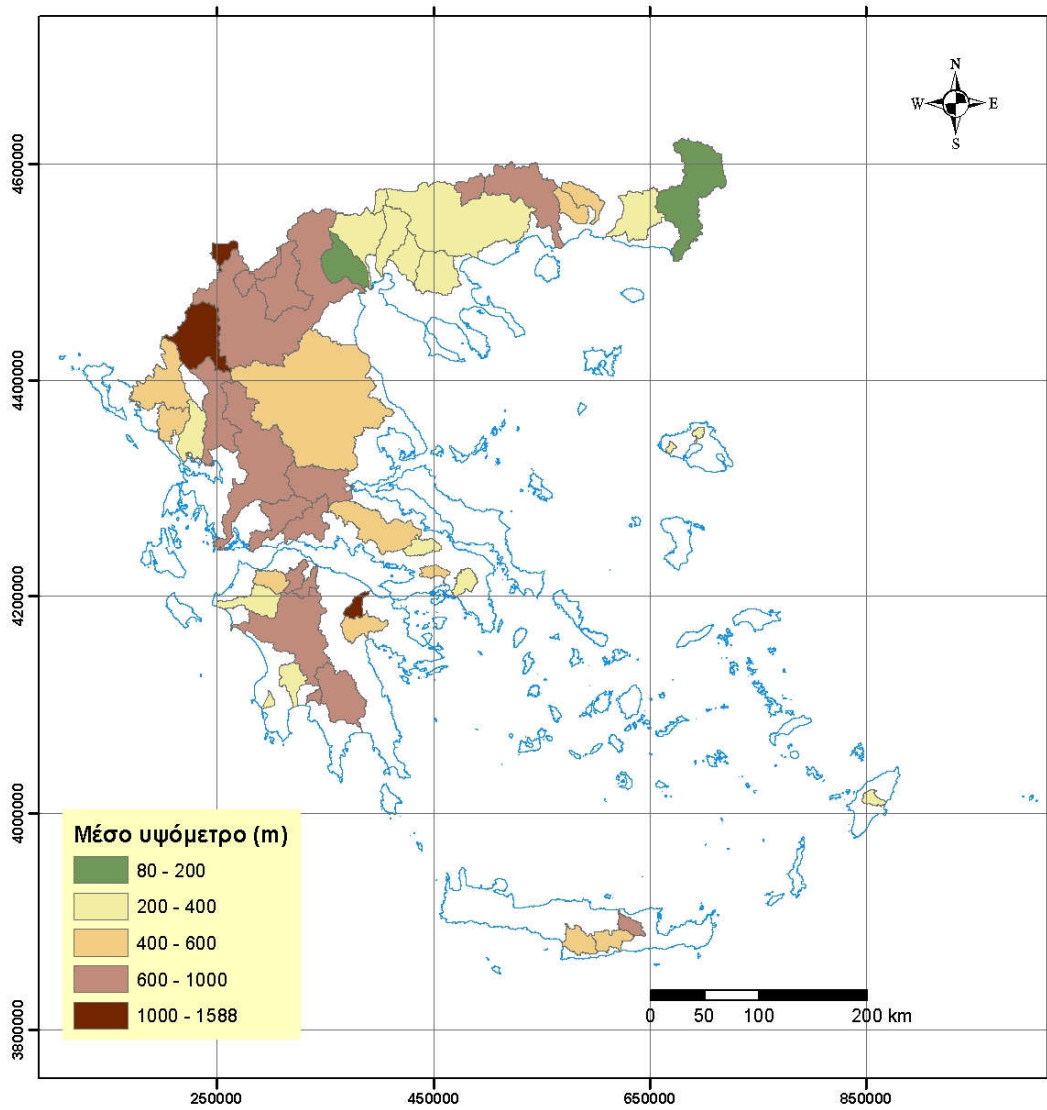
Παραδείγματα εφαρμογής των στοιχείων σε λεκάνες ενδιαφέροντος φαίνονται στους χάρτες που ακολουθούν. Για τις λεκάνες απορροής παρουσιάζονται οι τιμές του χρόνου συγκέντρωσης (Εικόνα 6-1), του δείκτη CN (Εικόνα 6-2), του μέσου υψομέτρου (Εικόνα 6-3), της μέσης κλίσης (Εικόνα 6-4) και του μήκους κύριας μισγάγκειας (Εικόνα 6-5).



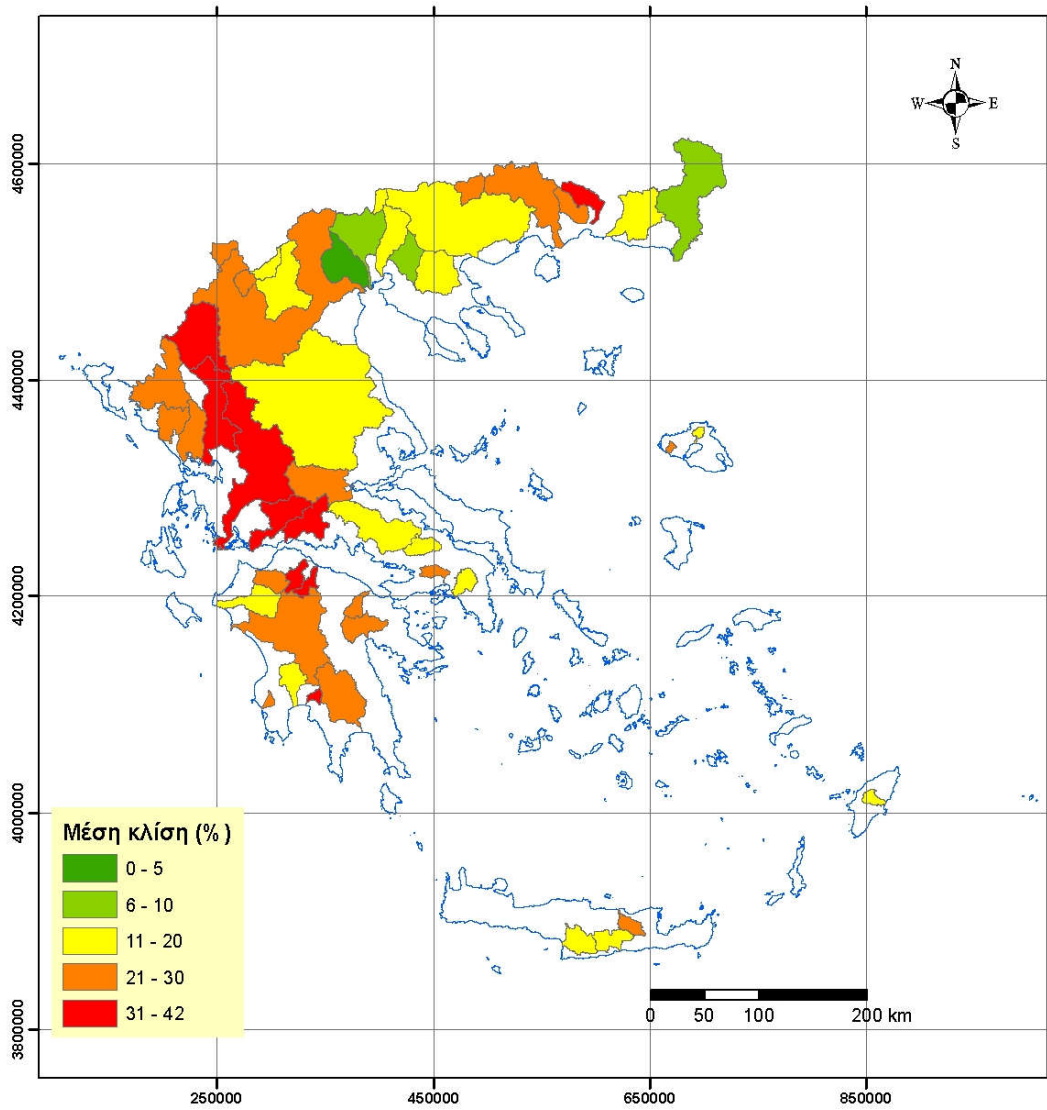
Εικόνα 6-1: Χρόνοι συγκέντρωσης λεκανών απορροής.



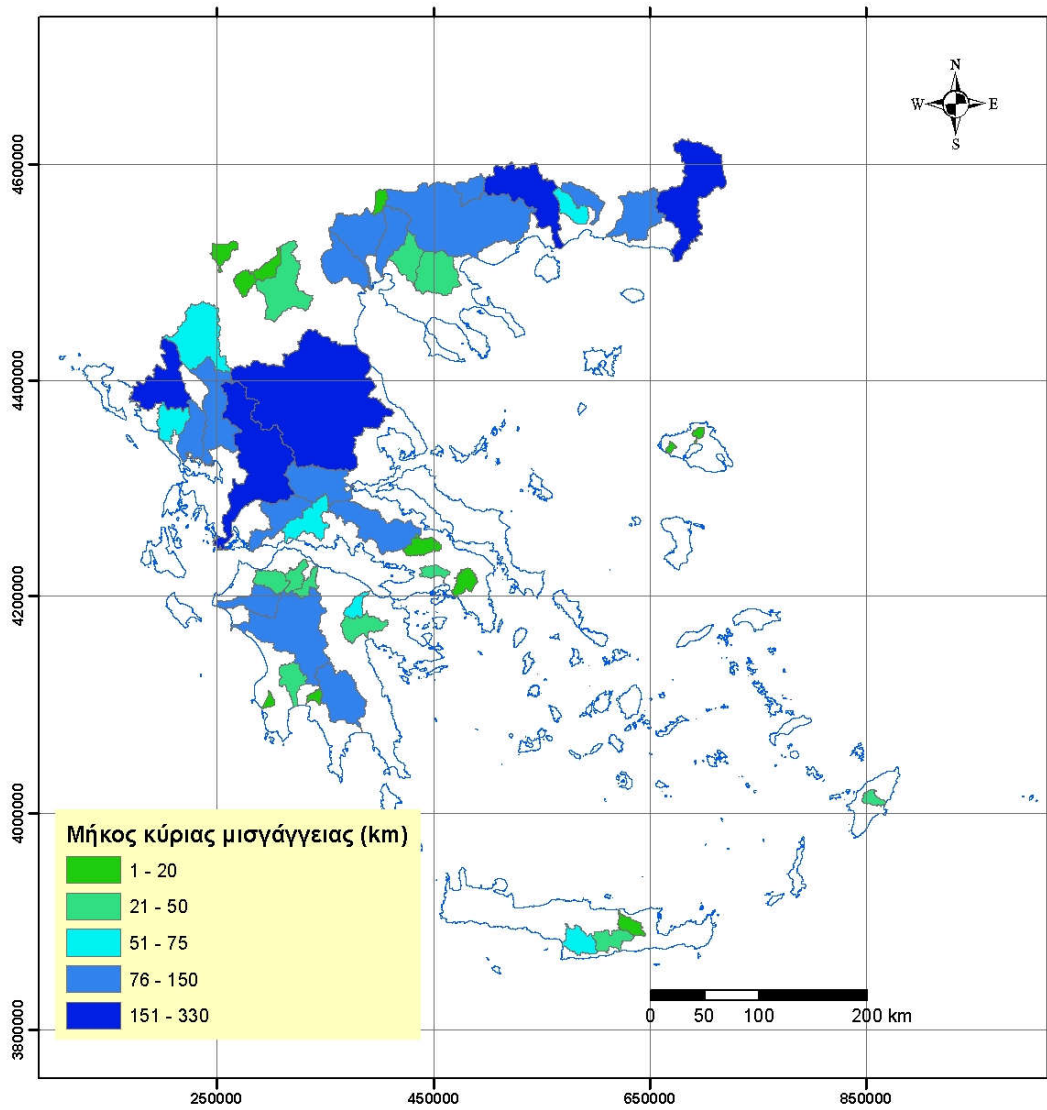
Εικόνα 6-2 Μέση τιμή του δείκτη καμπύλης απορροής.



Εικόνα 6-3: Μέσο υψόμετρο λεκανών απορροής.



Εικόνα 6-4: Μέση κλίση λεκανών απορροής.



Εικόνα 6-5: Μήκος κύριας μισγάγγειας λεκανών απορροής.

## Αναφορές

---

Χ. Αργυράκης, *Εκτίμηση της διακύμανσης της παροχής αιχμής σε λεκάνες της Πελοποννήσου με συγκριτική αξιολόγηση δύο διαδοσμένων μεθόδων της υδρολογίας πλημμυρών*, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2015.

Ν. Μαμάσης, Δ. Κουτσογιάννης, Α. Ευστρατιάδης, και Α. Κουκουβίνος, *Τεχνική έκθεση ανάλυσης απαιτήσεων του συστήματος OpenHi.net*, Δίκτυο Ανοιχτής Πληροφορίας Υδροουστημάτων (OpenHi.net), Ανάδοχος: Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 29 pages, Τεύχος 3.1, 2018.

Copernicus, *EU DEM v1.1*, 2016 (<https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1>).

Copernicus, *Corine Land Cover (CLC)*, 2018 (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>).

Giandotti, M., *Previsione delle piene e delle magre dei corsi d'acqua*, Memorie e Studi Idrografici, Ministero dei Lavori Pubblici, Roma, 1934.

INSPIRE Directive, *Data Specification on Hydrography - Technical Guidelines*, 2014 (<https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/hy>).

N. Mamassis, K. Mazi, E. Dimitriou, D. Kalogeras, N. Malamos, S. Lykoudis, A. Koukouvinos, I. L. Tsirogiannis, I. Papageorgaki, A. Papadopoulos, Y. Panagopoulos, D. Koutsoyiannis, A. Christofides, A. Efstratiadis, G. Vitantzakis, N. Kappos, D. Katsanos, B. Psiloglou, E. Rozos, T. Kopania, I. Koletsis, and A. D. Koussis, OpenHi.net: A synergistically built, national-scale infrastructure for monitoring the surface waters of Greece, *Water*, 13 (19), 2779, doi:10.3390/w13192779, 2021.

E. Michailidi, S. Antoniadi, A. Koukouvinos, B. Bacchi, and A. Efstratiadis, Timing the time of concentration: shedding light on a paradox, *Hydrological Sciences Journal*, 63 (5), 721–740, doi:10.1080/02626667.2018.1450985, 2018.

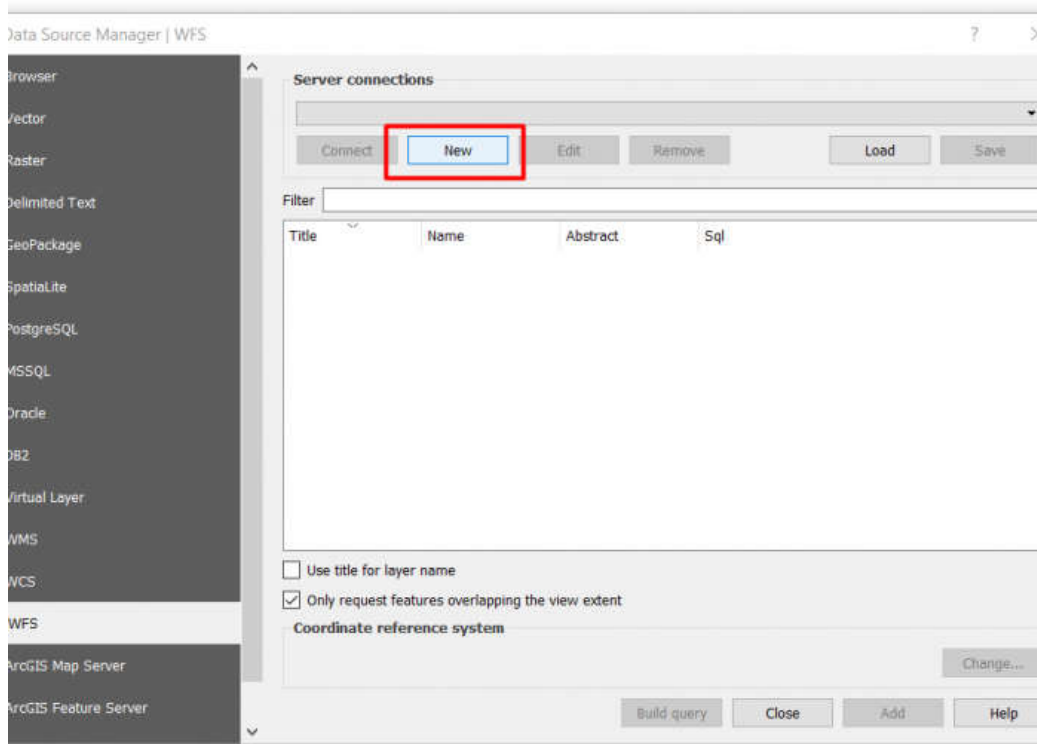
E. Savvidou, A. Efstratiadis, A. D. Koussis, A. Koukouvinos, and D. Skarlatos, *The curve number concept as a driver for delineating hydrological response units*, *Water*, 10 (2), 194, doi:10.3390/w10020194, 2018.

Strahler, A. N., Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920, 1957.



## Παράρτημα Π1 – Οδηγίες ανάκτησης γεωγραφικών στοιχείων του OpenHi

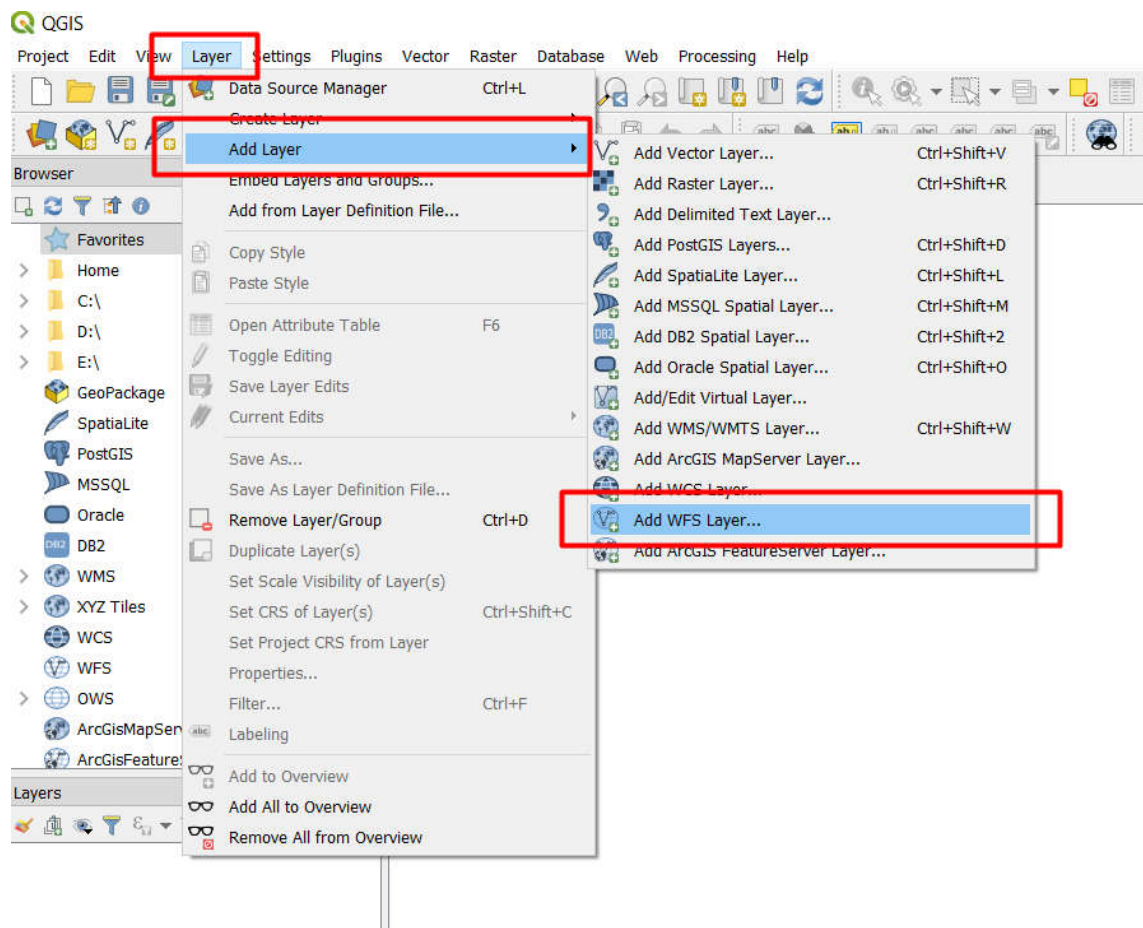
---



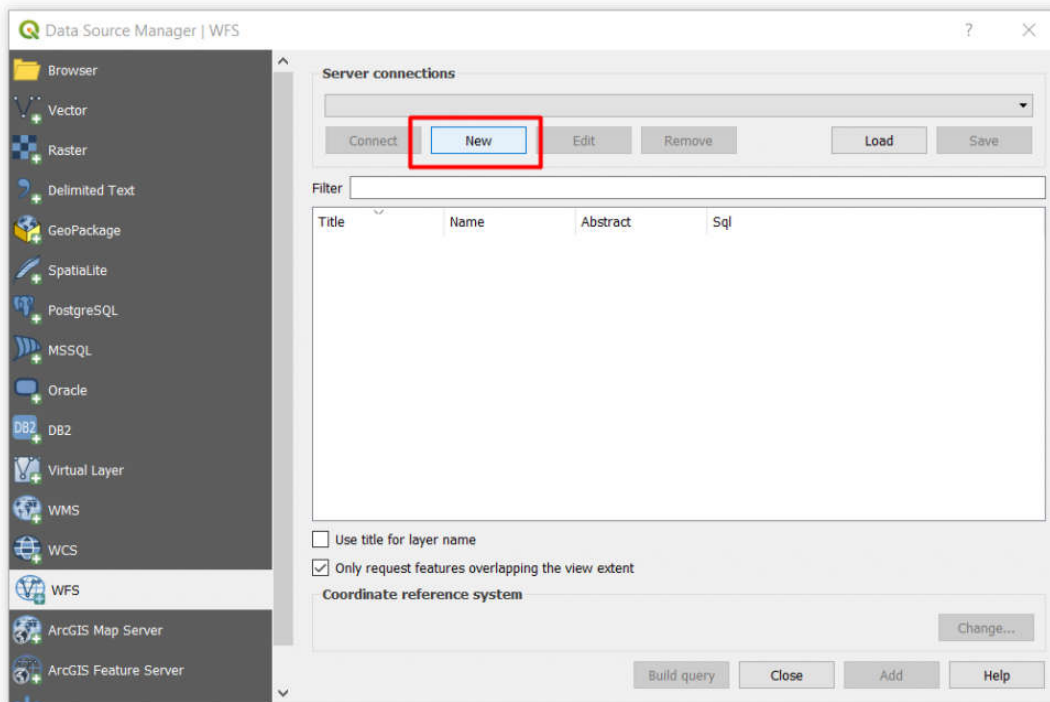
Η χρήση των επιπέδων layers που έχουν παραχθεί από το OpenHi μπορεί να αξιοποιηθεί σε λογισμικό Γεωγραφικής Πληροφορίας (GIS), εν προκειμένω ανοιχτού κώδικα π.χ. QGIS (Quantum Geographic Information System).

Τα βήματα που ακολουθούνται είναι:

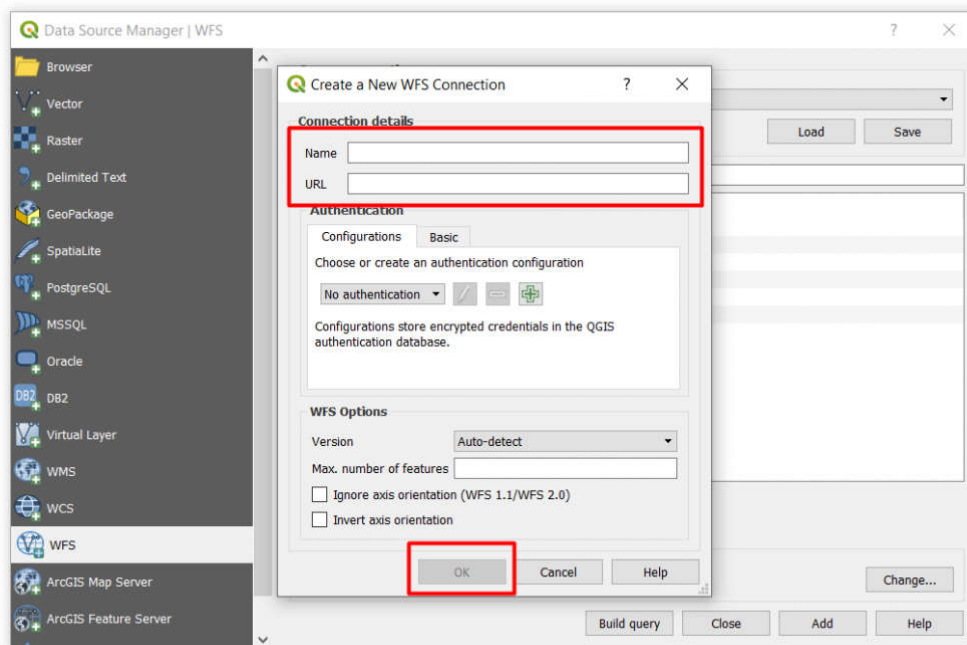
***Layer › Add Layer › Add WFS layer:***



**Επιλογή new:**



**Προσθήκη ονόματος στο πεδίο Name › Ορισμός της διεύθυνσης WFS στο πεδίο URL › ok:**



## Σημείωση:

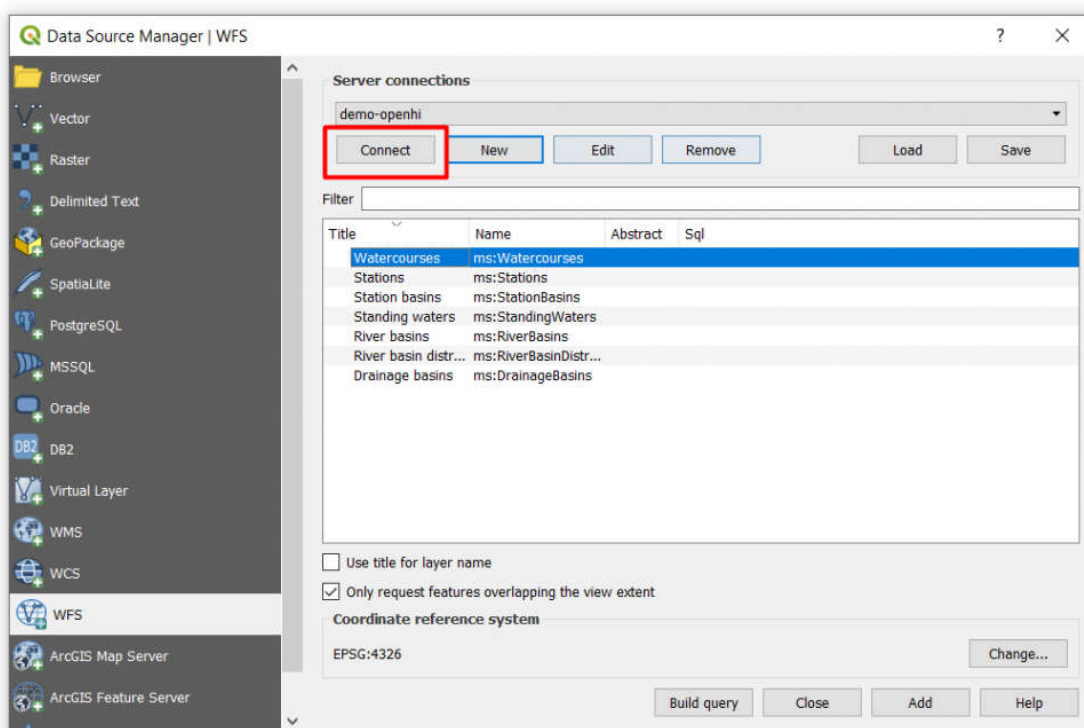
Το πεδίο **Name** είναι ελεύθερο κείμενο (μπορείτε να βάλετε) π.χ OpenHi

Το πεδίο **URL** συμπληρώνεται με τον σύνδεσμο των δεδομένων του WFS του OpenHi που είναι:

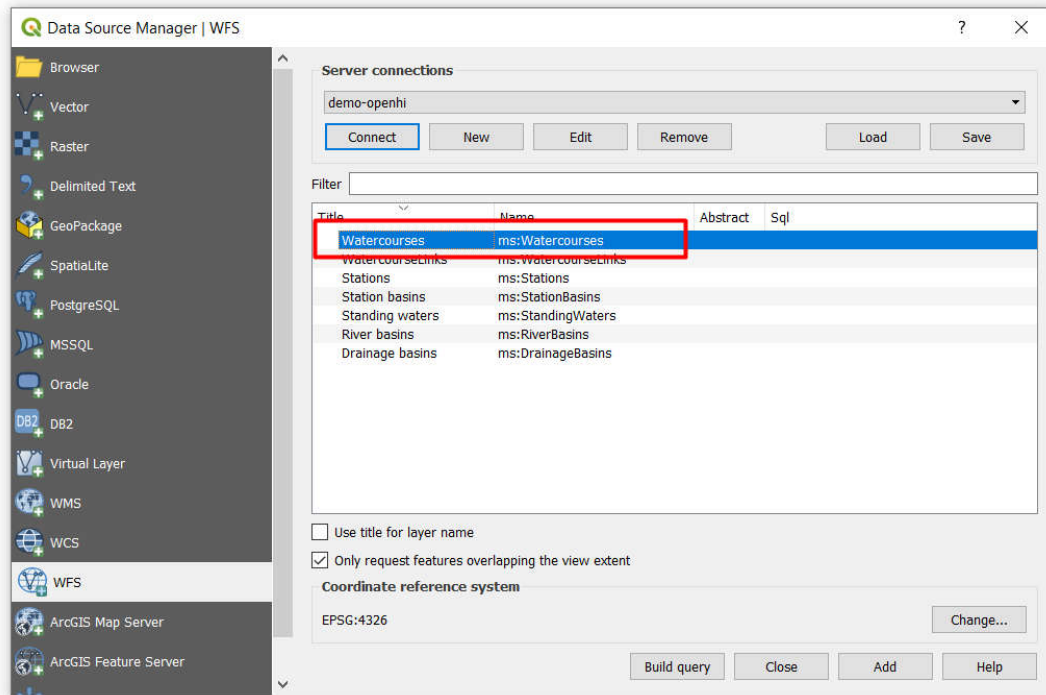
<https://system.openhi.net/cgi-bin/mapserv?map=/opt/enhydris-openhi/enhydris-openhigis/mapserv/openhigis.map>

και στην συνέχεια:

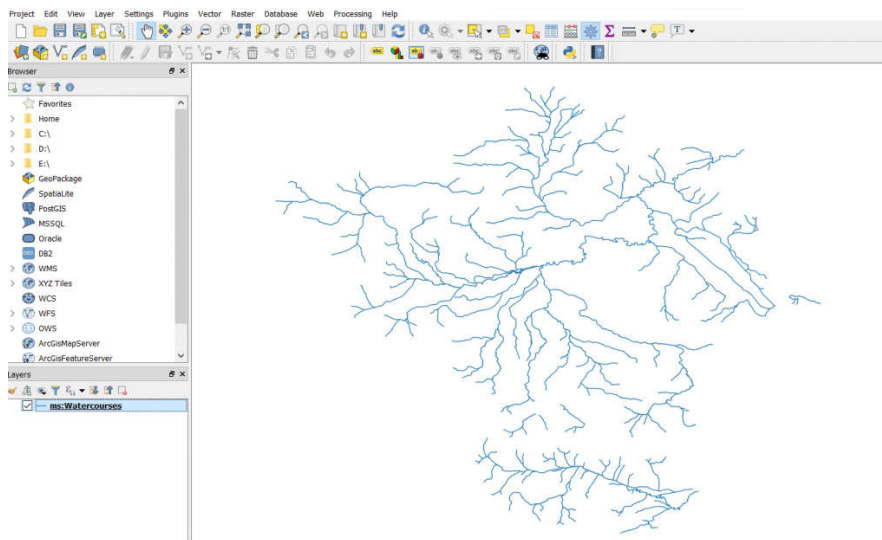
## **Επιλογή connect:**



**Για κάθε επίπεδο κάνομε click στο όνομα του > add:**

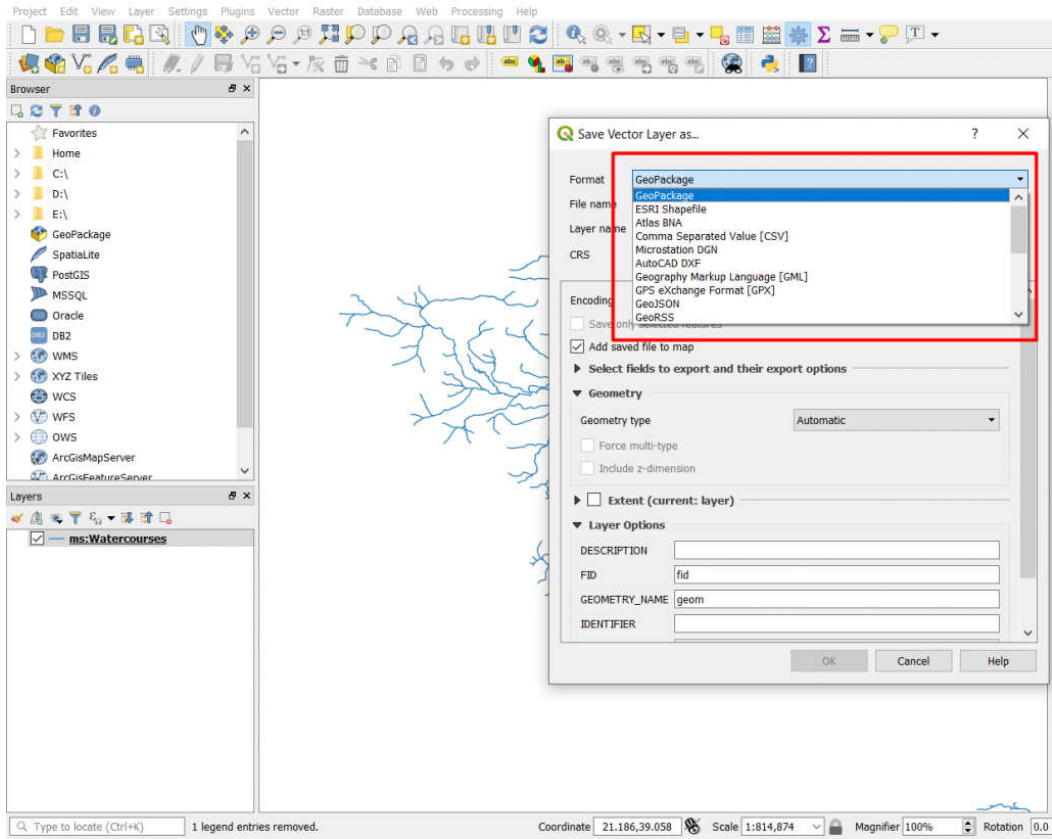


Και το επίπεδο εμφανίζεται στην οθόνη:



Για την ανάκτηση των δεδομένων:

**Δεξί click στο επίπεδο δεδομένων › save as:**



## Επιλογή του format των αρχείων

