



Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 4.0. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής επισκεφτείτε το σύνδεσμο: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Στοιχεία μορφολογίας

Δρ. Βασίλης Μπέλλος

Δομή διάλεξης

- **Γεωγραφική πληροφορία**
- **Υδρολογικά χαρακτηριστικά**
 - Λεκάνη απορροής
 - Υδρογραφικό δίκτυο
- **Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά**
 - Δίαιτα ποταμού
 - Σχηματισμός κοίτης
 - Μαιανδρισμός
 - Ρους ποταμού

Γεωγραφική πληροφορία

Μερκατορικές προβολές

- **Παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα WGS 84'**
 - Google Earth
- **Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ 87**
 - Κτηματολόγιο

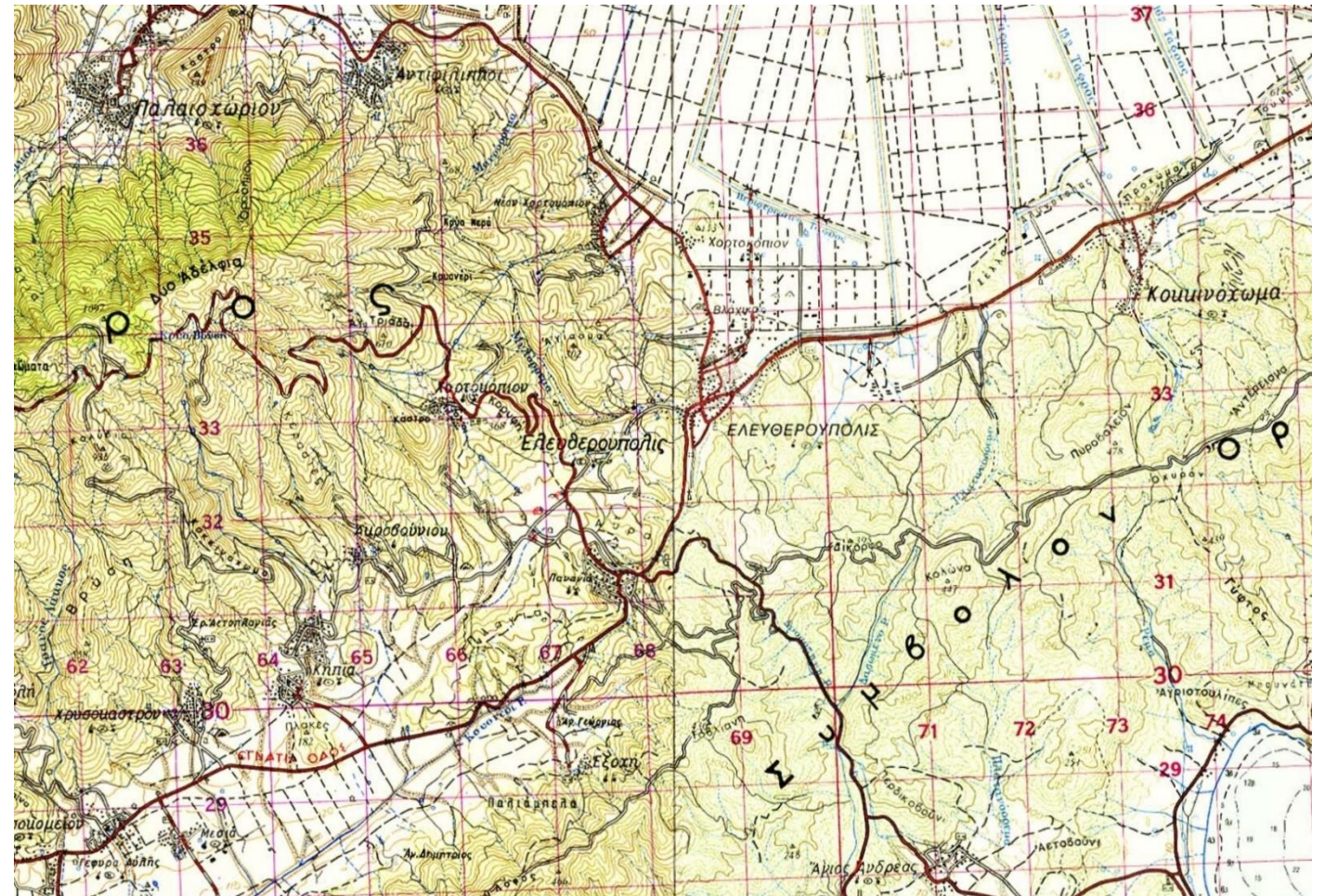
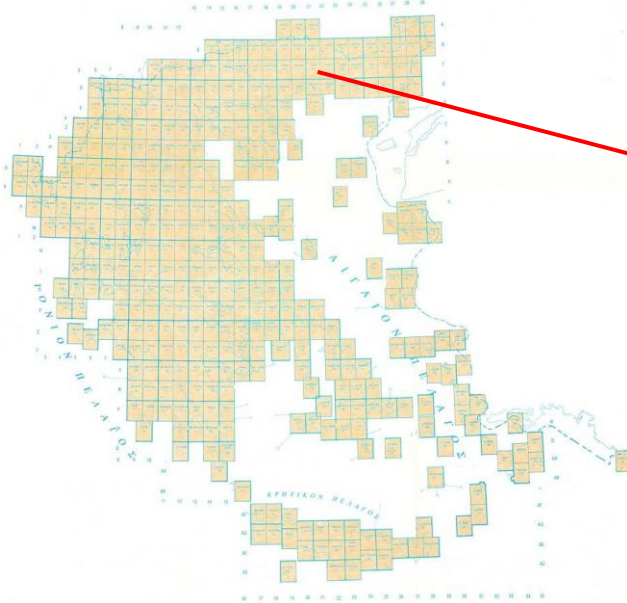
Μερκατορικές προβολές



Πηγή: <https://www.visualcapitalist.com>

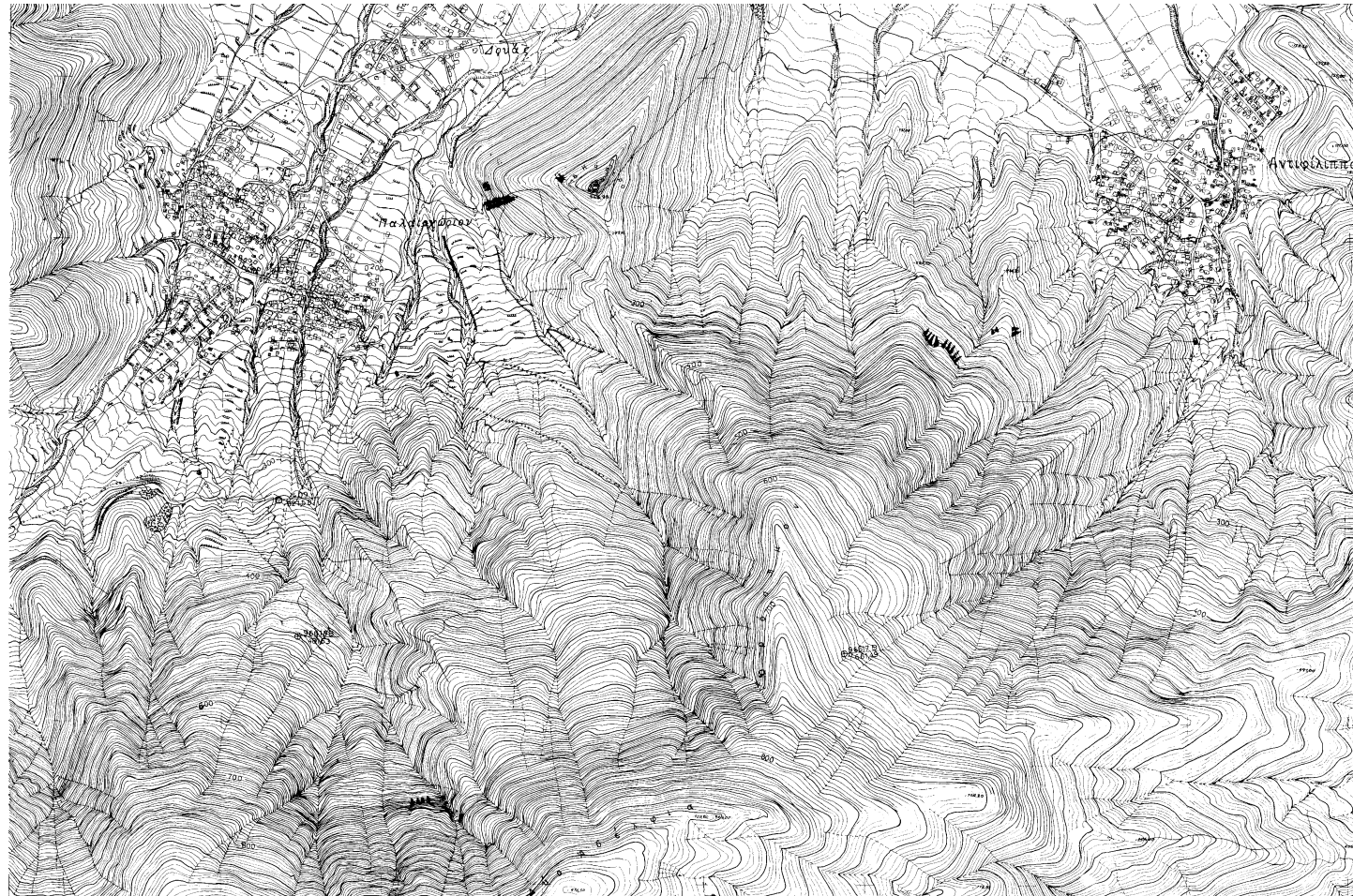
Τοπογραφικοί χάρτες

ΓΥΣ 1:50000



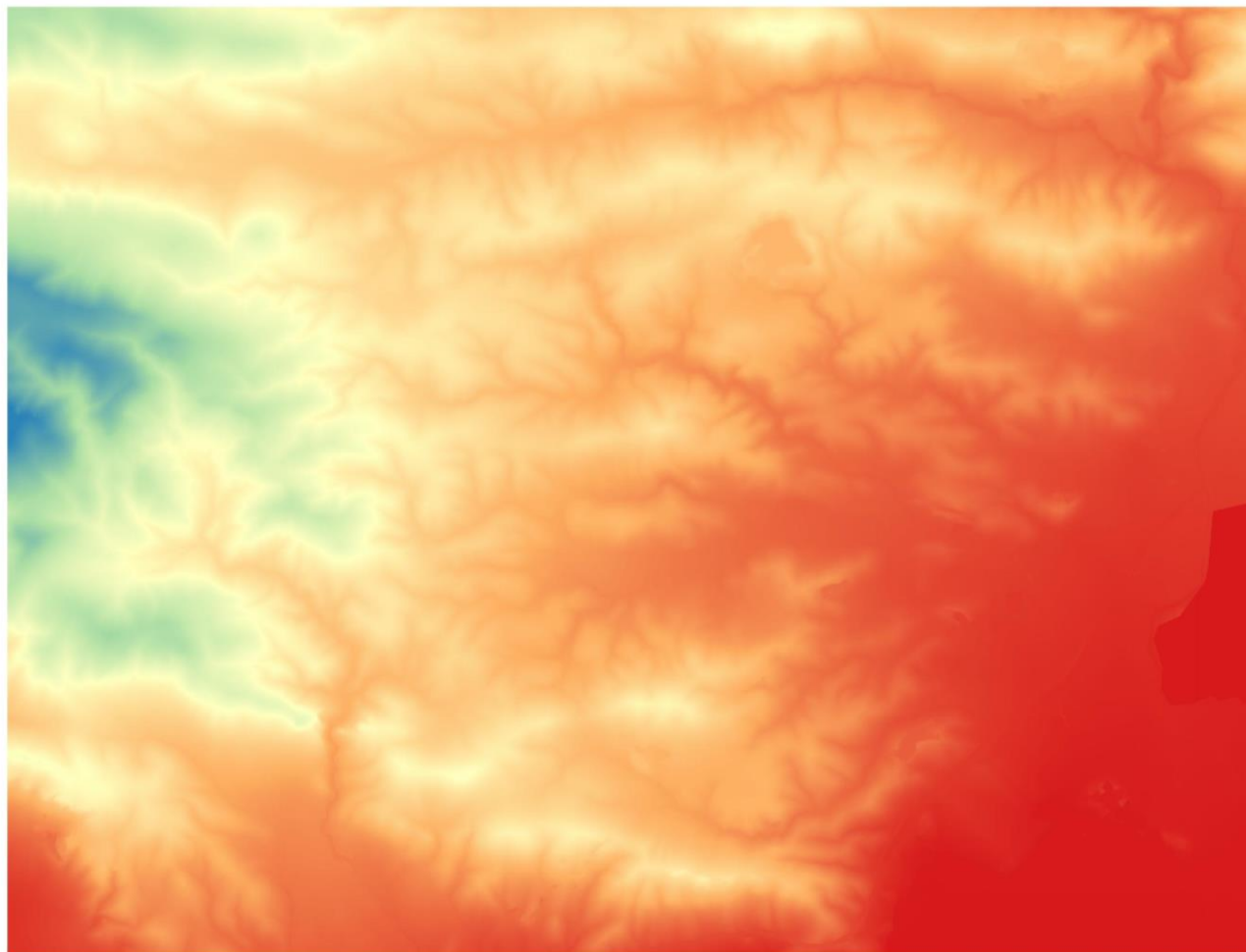
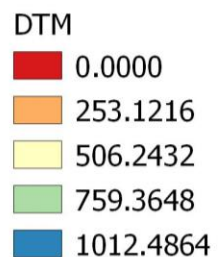
Τοπογραφικοί χάρτες

ΓΥΣ 1:5000

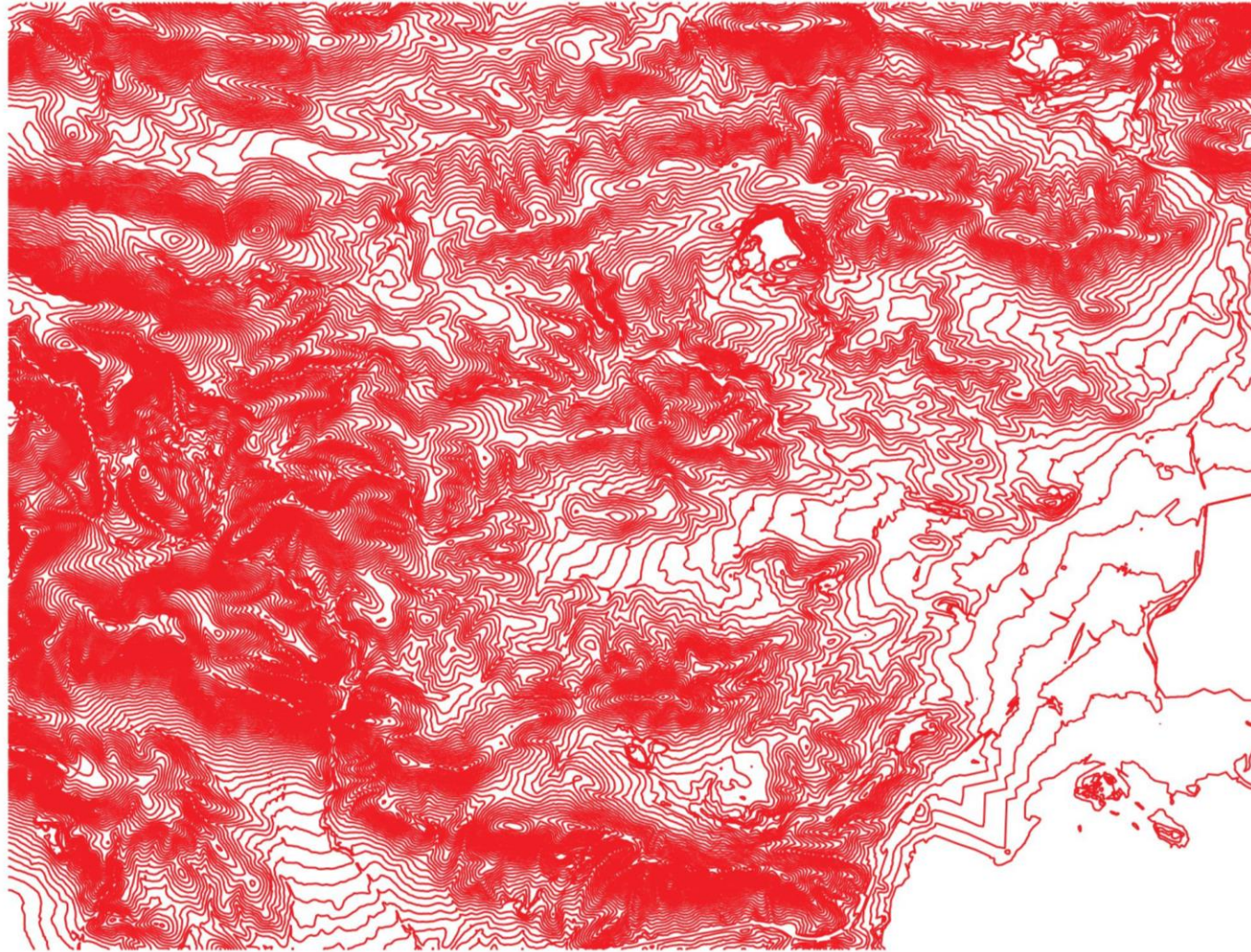


Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Ελληνικό Κτηματολόγιο 5x5 m



Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών



Δορυφορικά δεδομένα

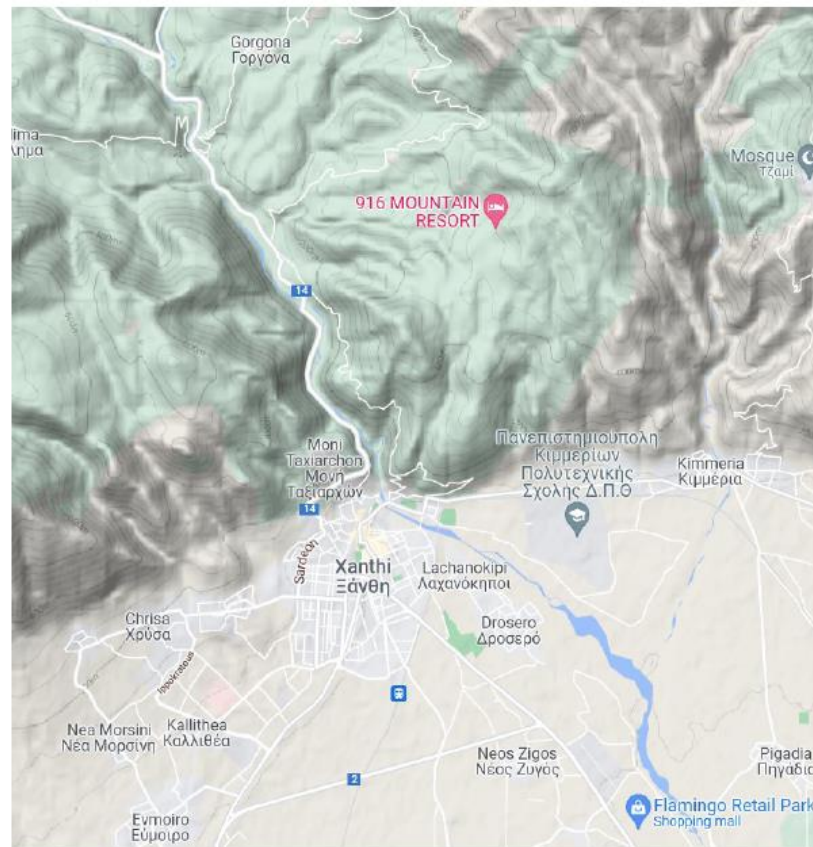
ALOS 20x20 m



Google Earth



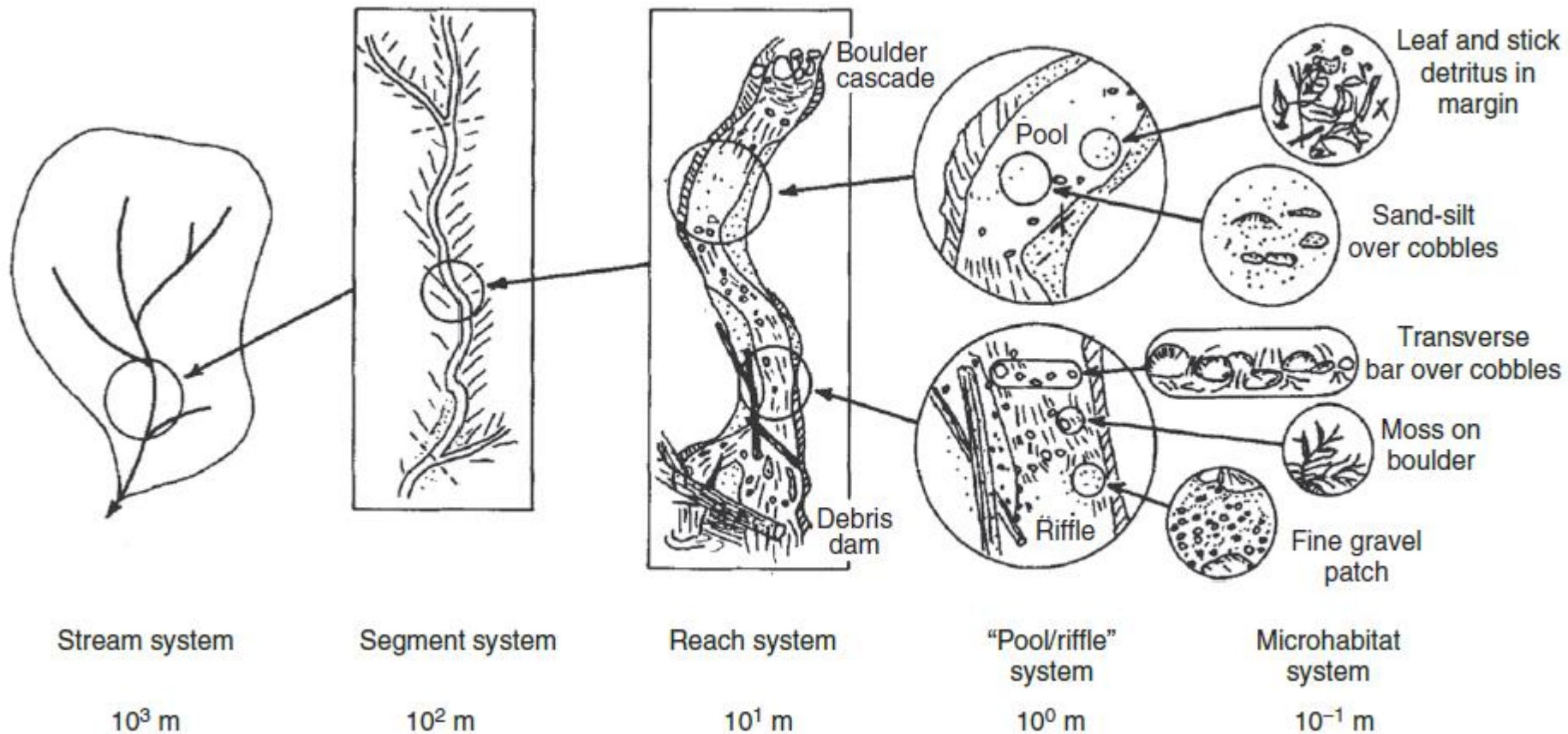
Google Earth



Map data ©2021 1 km

Υδρολογικά χαρακτηριστικά

Χωρικές κλίμακες

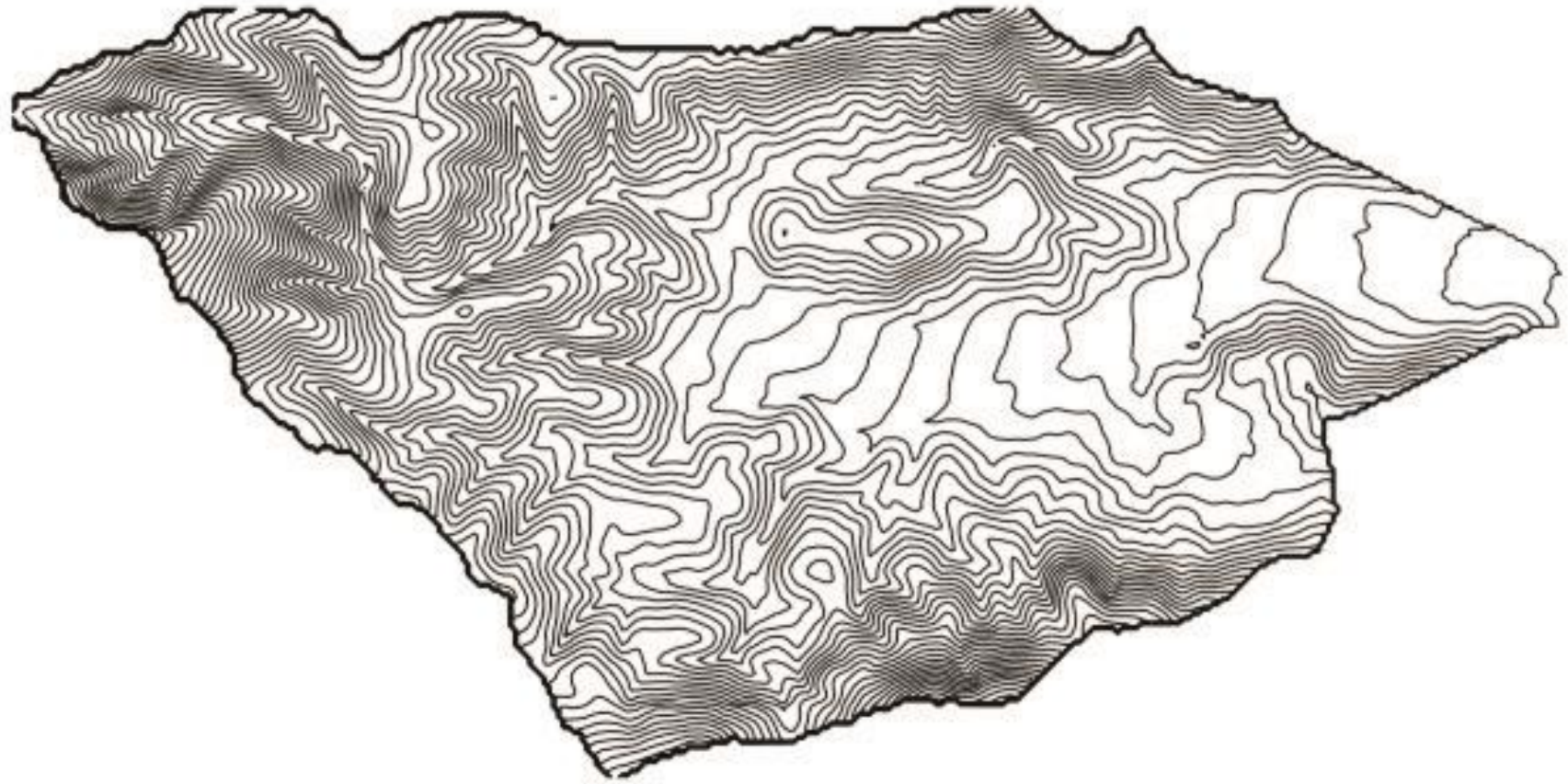


Πηγή: Buffington, J.M., Montgomery, D.R. (2013). Geomorphological classification of rivers. In: Shroder, J. (Editor in chief), Wohl, E. (Ed.), Treatise on Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, USA, 9, Fluvial Geomorphology, 730-767.

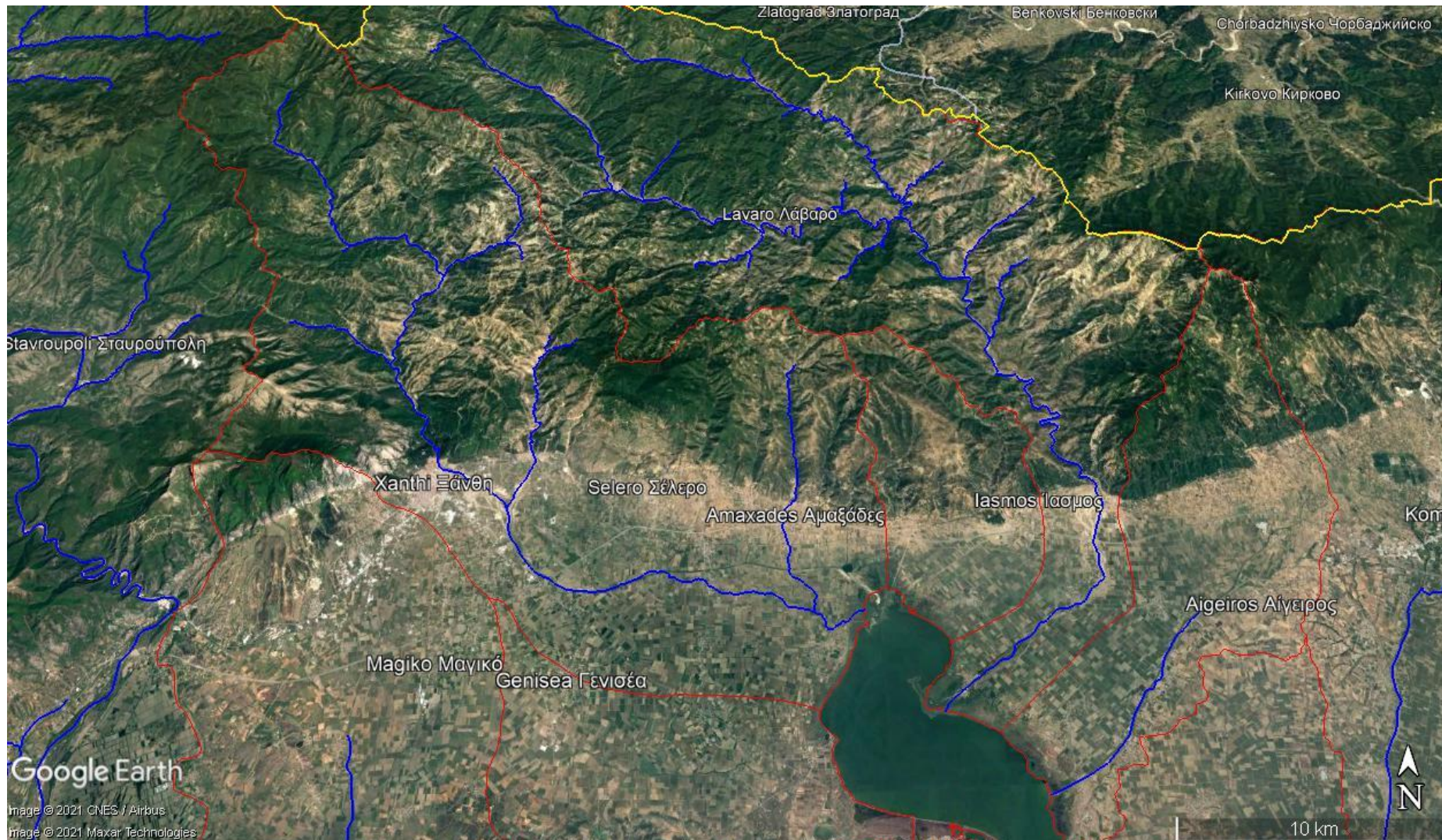
Λεκάνη απορροής

- Το σύνολο μίας επιφάνειας που τροφοδοτεί με απορροή ένα υδατόρεμα
- Διακρίνεται από τις άλλες λεκάνες με τον υδροκρίτη
 - Είναι η γραμμή που ενώνει τις κορυφογραμμές που ορίζουν τη λεκάνη απορροής
- Ενδέχεται να υπάρχουν υπόγειες ροές προς άλλη λεκάνη απορροής

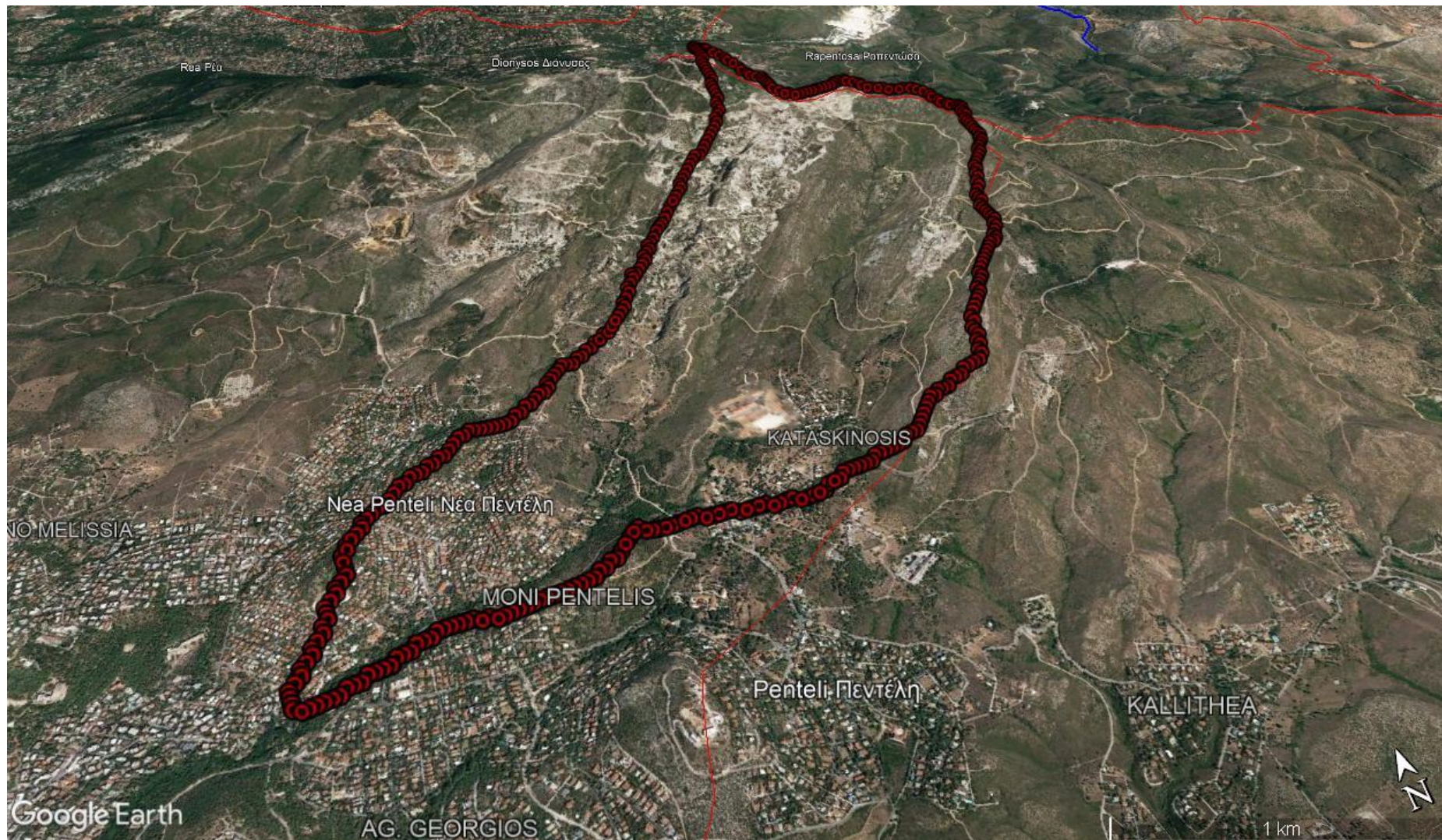
Χάραξη



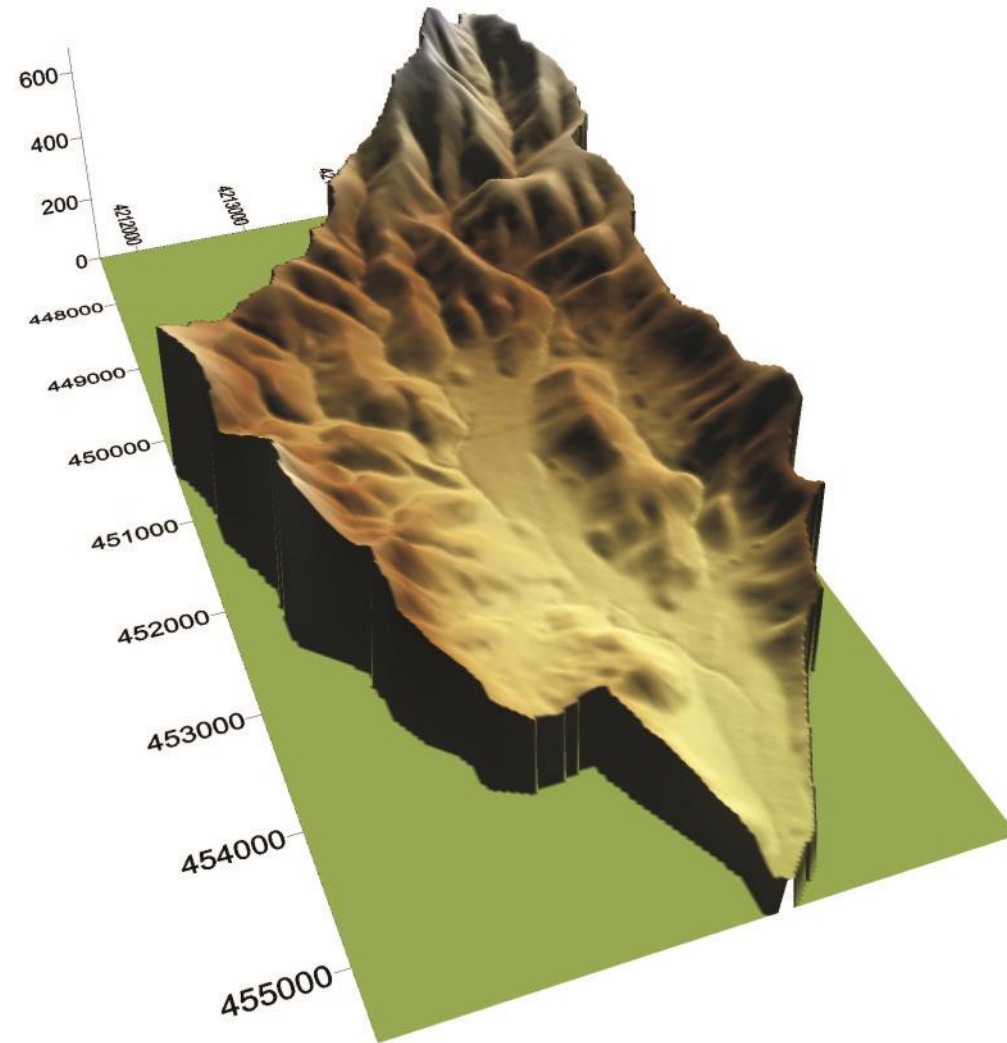
Google Earth



Google Earth



3D απεικόνιση



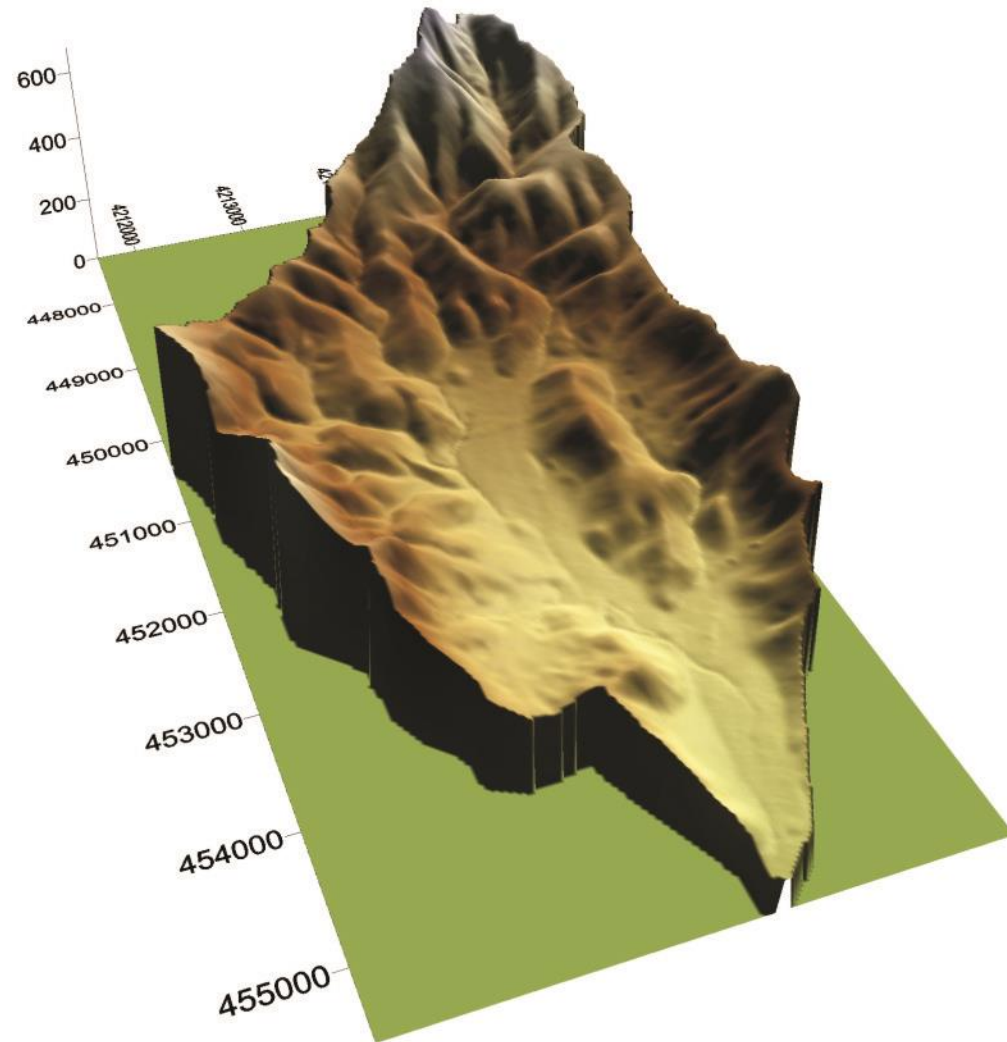
Χαρακτηριστικά Λεκάνης

- **Χρόνος συγκέντρωσης**
- **Μέγεθος**
 - Μικρή
 - Μεσαία
 - Μεγάλη
- **Σχήμα**
 - Επιμήκης
 - Κυκλική
- **Υψόμετρο**
 - Βροχόπτωση
- **Κλίσεις**
 - Γρήγορες ροές
- **Γεωγραφική θέση**
 - Βροχόπτωση
- **Εδαφικό υλικό**
 - Διηθητικότητα

Χρόνος συγκέντρωσης

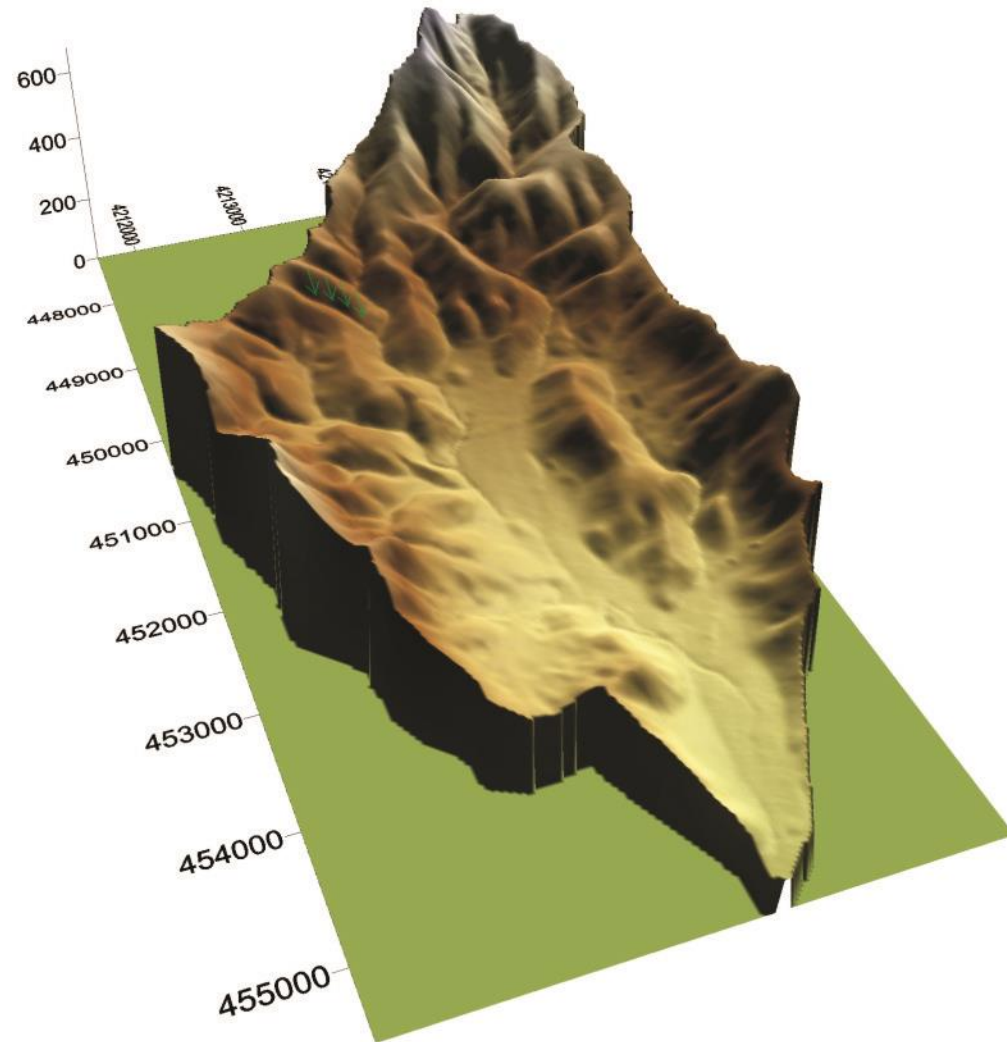
- Ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει η σταγόνα της βροχής από το πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης μέχρι την έξοδο αυτής
 - Επιφάνεια εδάφους
 - Μισγάγγεια
 - Υδατόρεμα

Διαδρομή νερού



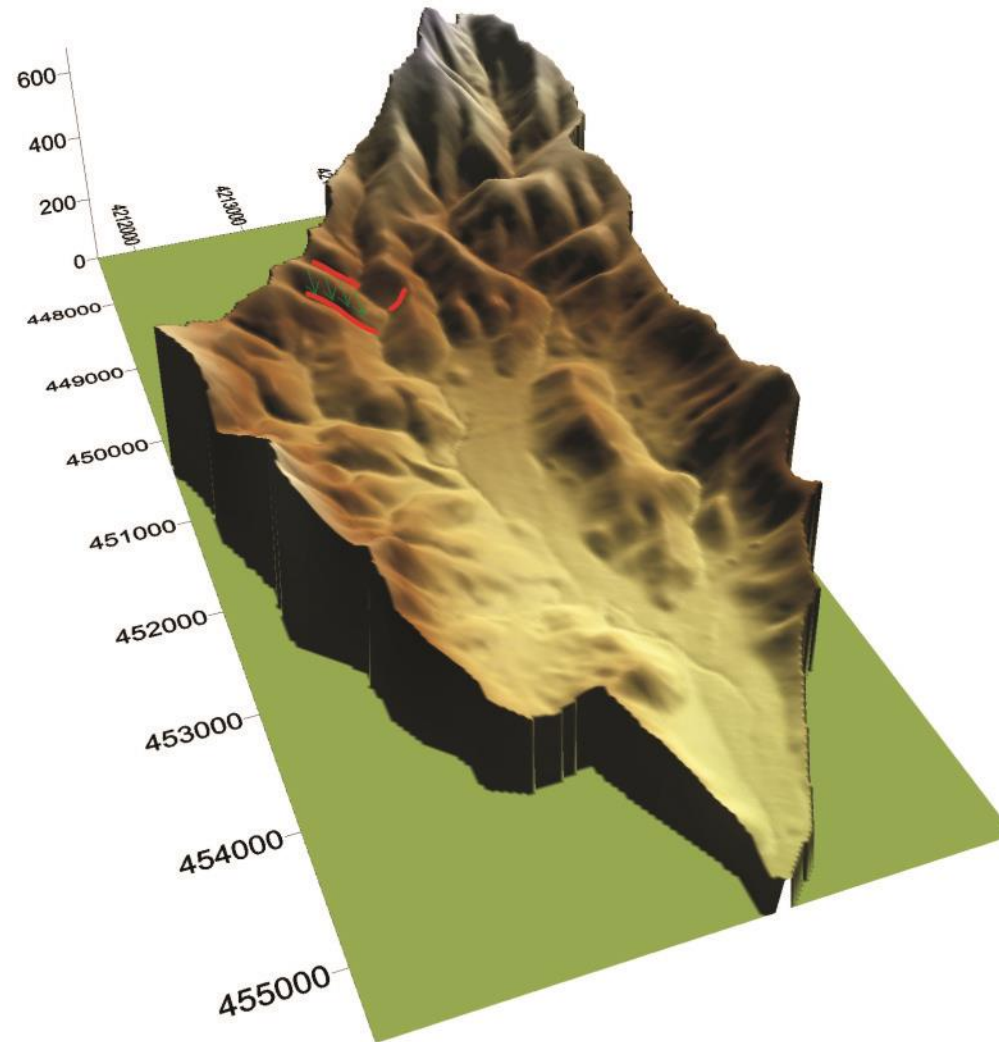
Διαδρομή νερού

- Έδαφος



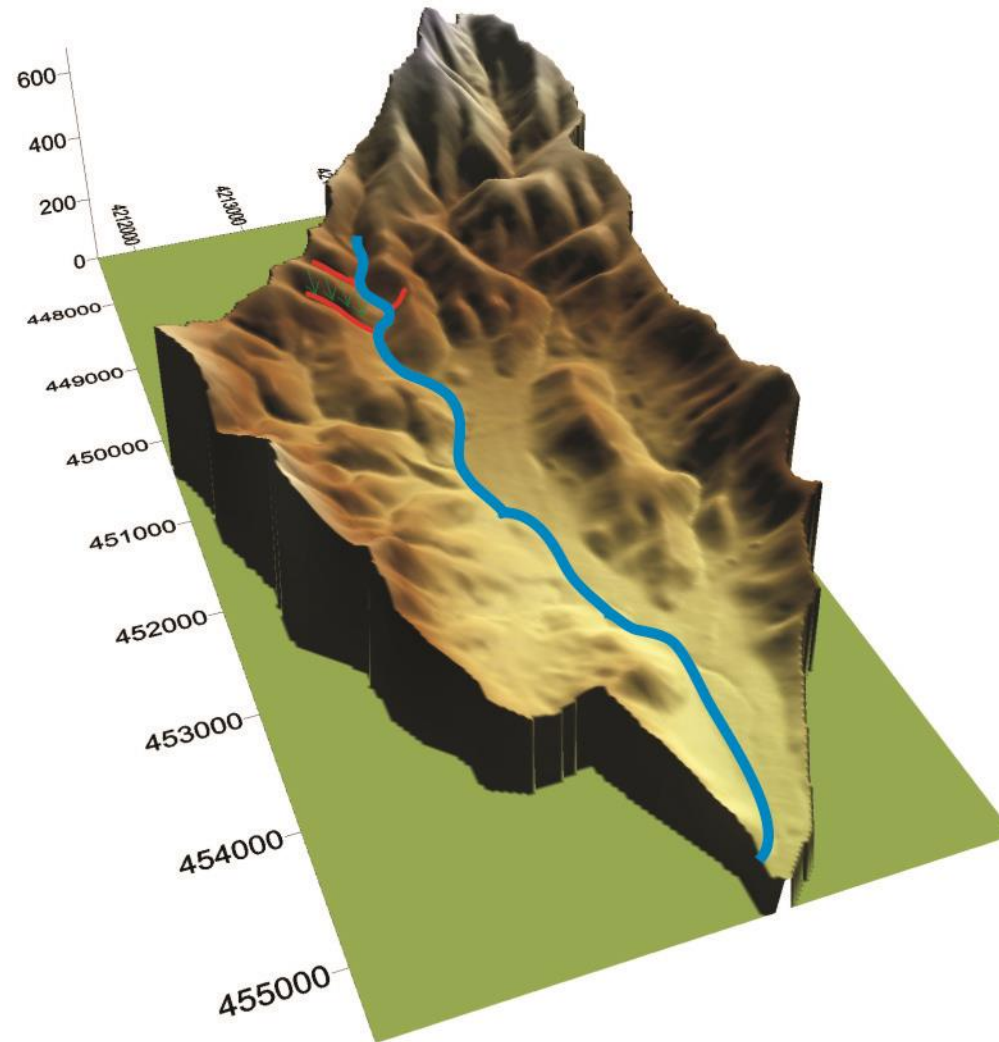
Διαδρομή νερού

- Έδαφος
- Μισγάγγεια



Διαδρομή νερού

- Έδαφος
- Μισγάγγεια
- Κυρίως ρέμα



Μισγάγγειες



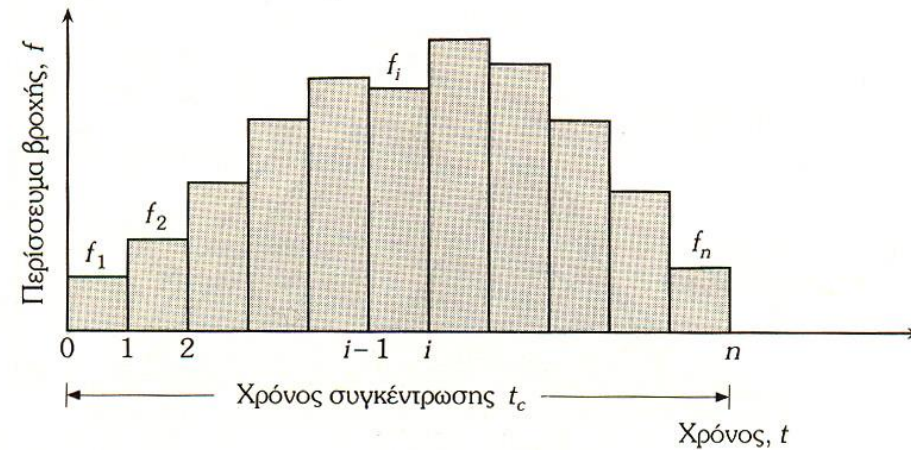
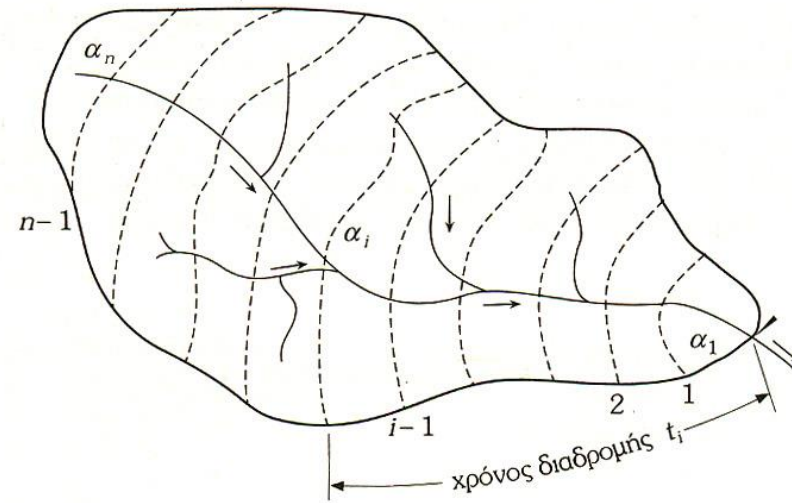
Η γέννηση ενός υδατορέματος



Υδατόρεμα



Χρόνος συγκέντρωσης



Εμπειρικές σχέσεις

- **Kirpich (min)**

$$t_c = 0.02L^{0.77} S^{-0.385}$$

L	απόσταση κατά μήκος του κυρίου ρέματος από το πιο απομακρυσμένο σημείο μέχρι την έξοδο της λεκάνης (m)
S	μέση κλίση κατά μήκος της διαδρομής (m/m)

- **Giandotti (h)**

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}}$$

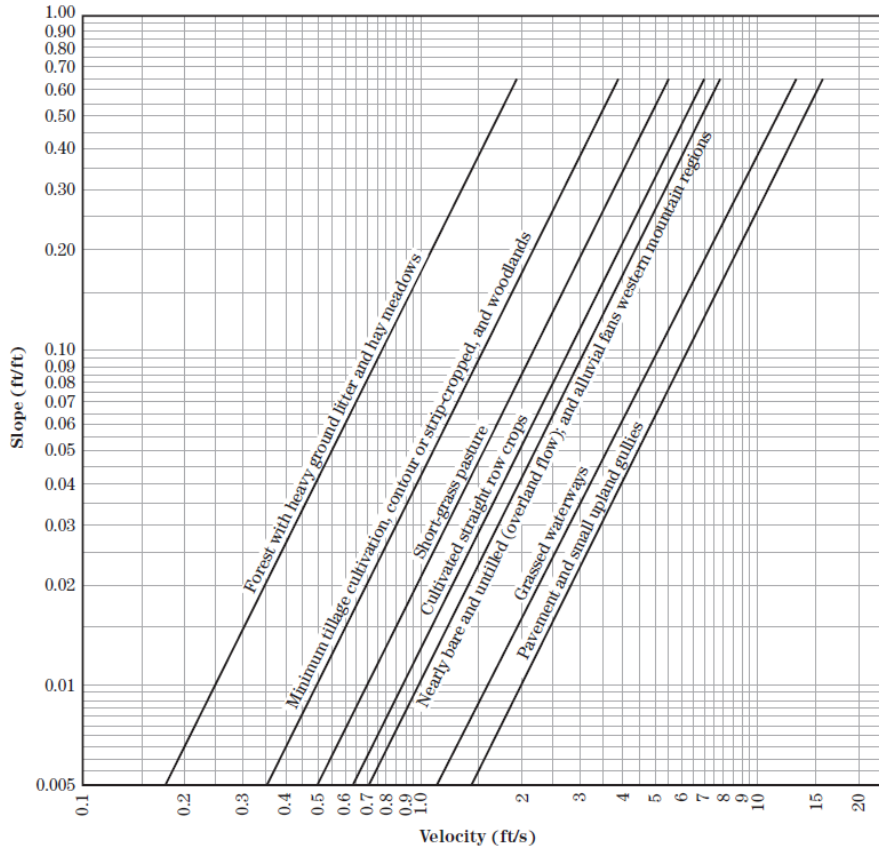
- ...

A	εμβαδόν λεκάνης απορροής (km ²)
L	μήκος κυρίου ρέματος (km)
ΔH	υψομετρική διαφορά μεταξύ μέσου υψομέτρου λεκάνης και της κοίτης του ρέματος στην έξοδο της λεκάνης (m)

Επιμερισμός σε τμήματα

- Έδαφος / Μισγάγγειες

- Υδατορέματα / Ποτάμια



Πηγή: NRCS
National
Engineering
Handbook,
Part 630,
Chapter 15

- Σχέσεις υδραυλικής

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

V	ταχύτητα ροής
R	υδραυλική ακτίνα
S	κλίση γραμμής ενέργειας
n	συντελεστής τραχύτητας

Μέγεθος

- **Μικρό μέγεθος**
 - Μέχρι 5~10 km²
- **Μεσαίο μέγεθος**
 - Μέχρι 100~5000 km²
- **Μεγάλο μέγεθος**
 - Μεγάλα ποτάμια συστήματα

Σχήμα

- **Επιρροή στο χρόνο συγκέντρωσης**
 - Επιμήκεις λεκάνες → μεγάλος χρόνος συγκέντρωσης
 - Κυκλικές λεκάνες → μικρός χρόνος συγκέντρωσης
- **Επιδρά στην πλημμυρική αιχμή όταν κινείται το μέτωπο της βροχής**
- **Δείκτες**

ΔΕΙΚΤΕΣ

- **Gravelius**

$$K = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$$

- **Horton**

$$F = \frac{A}{L^2}$$

- **Miller**

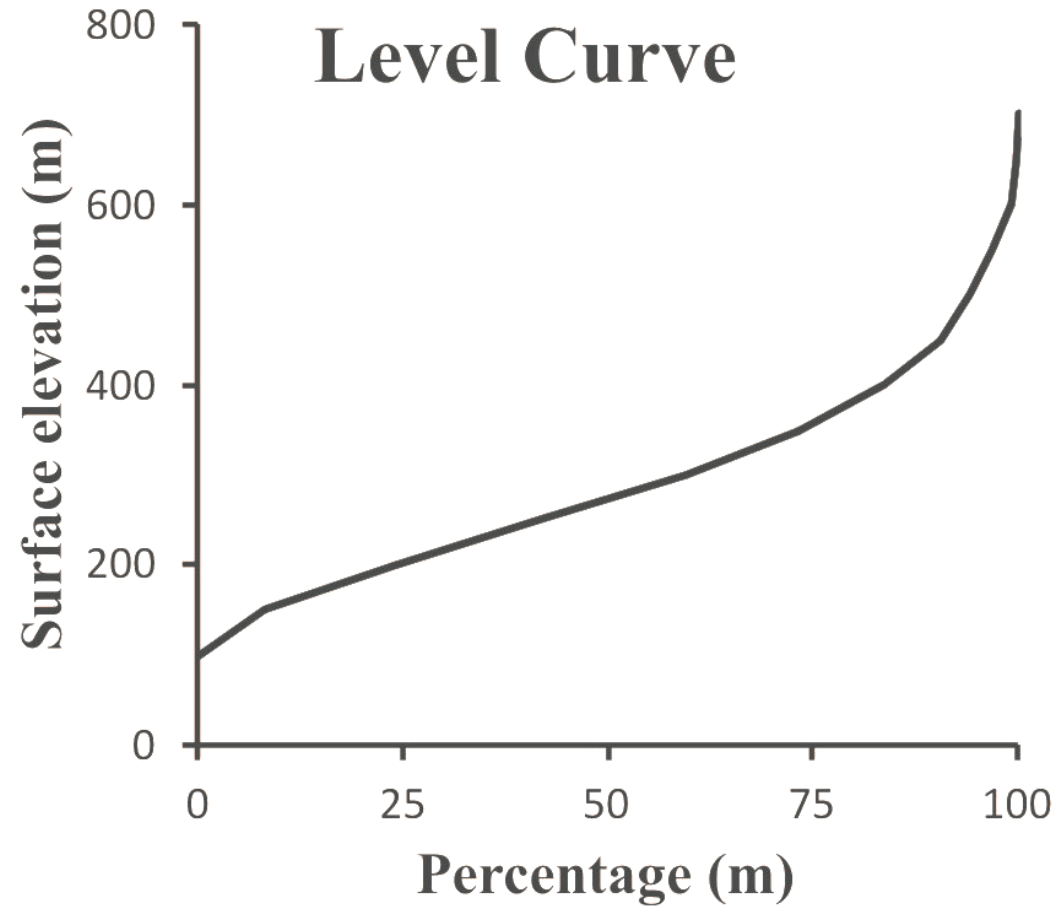
$$R = \frac{4\pi A}{P^2}$$

- **Sctiumn**

$$RL = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L}$$

P	Περίμετρος λεκάνης
A	Εμβαδόν λεκάνης
L	Μήκος λεκάνης

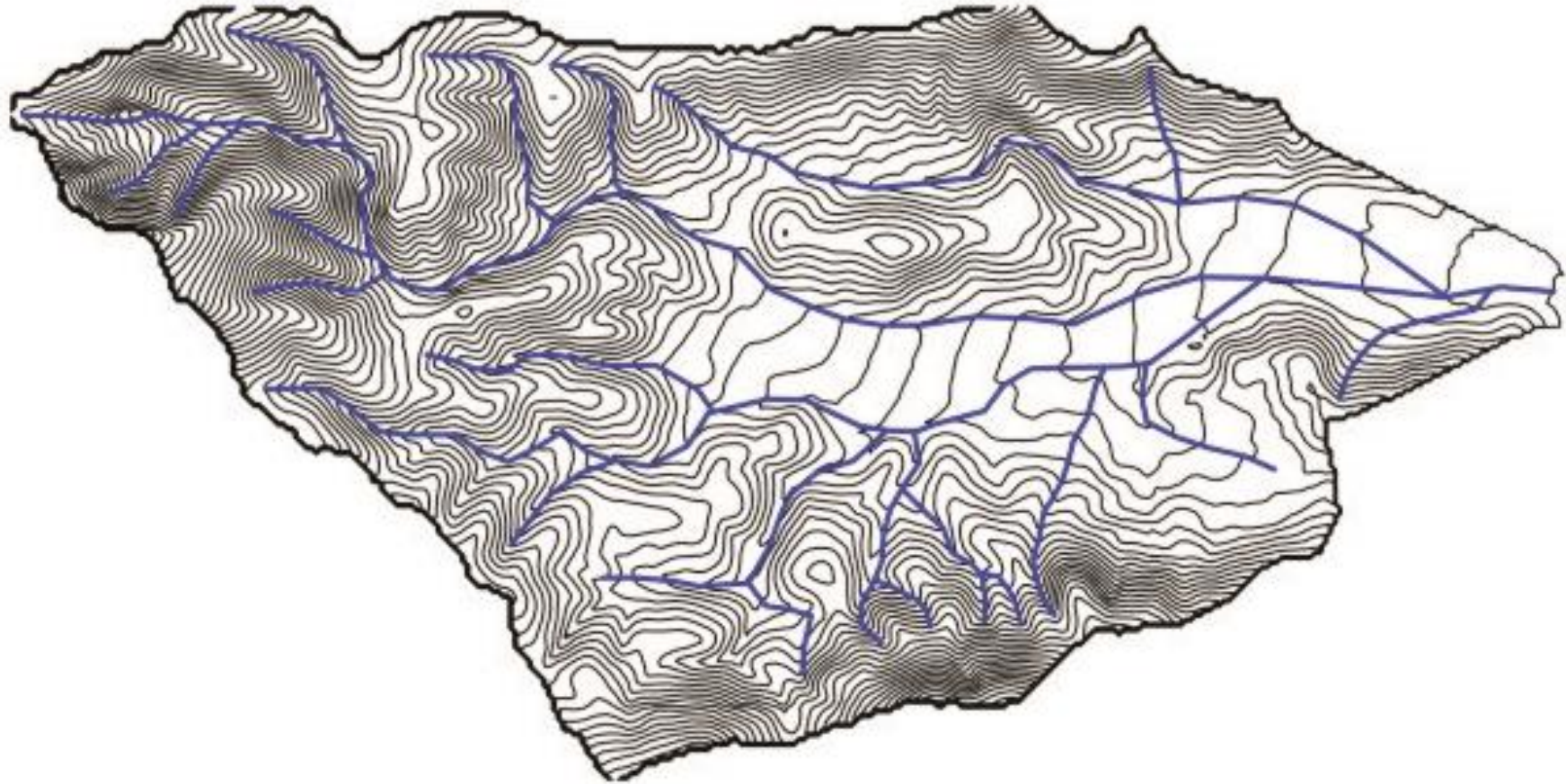
Υψόμετρο



Κλίσεις

- **Δείκτες**
- **Απλοί**
 - Μέση κλίση λεκάνης
 - Μέγιστη υψομετρική διαφορά
 - Βαθμός αναγλύφου
 - Σχετική υψομετρική διαφορά
- **Συνδυασμένοι**
 - Αριθμός τραχύτητας
 - Γεωμετρικός αριθμός

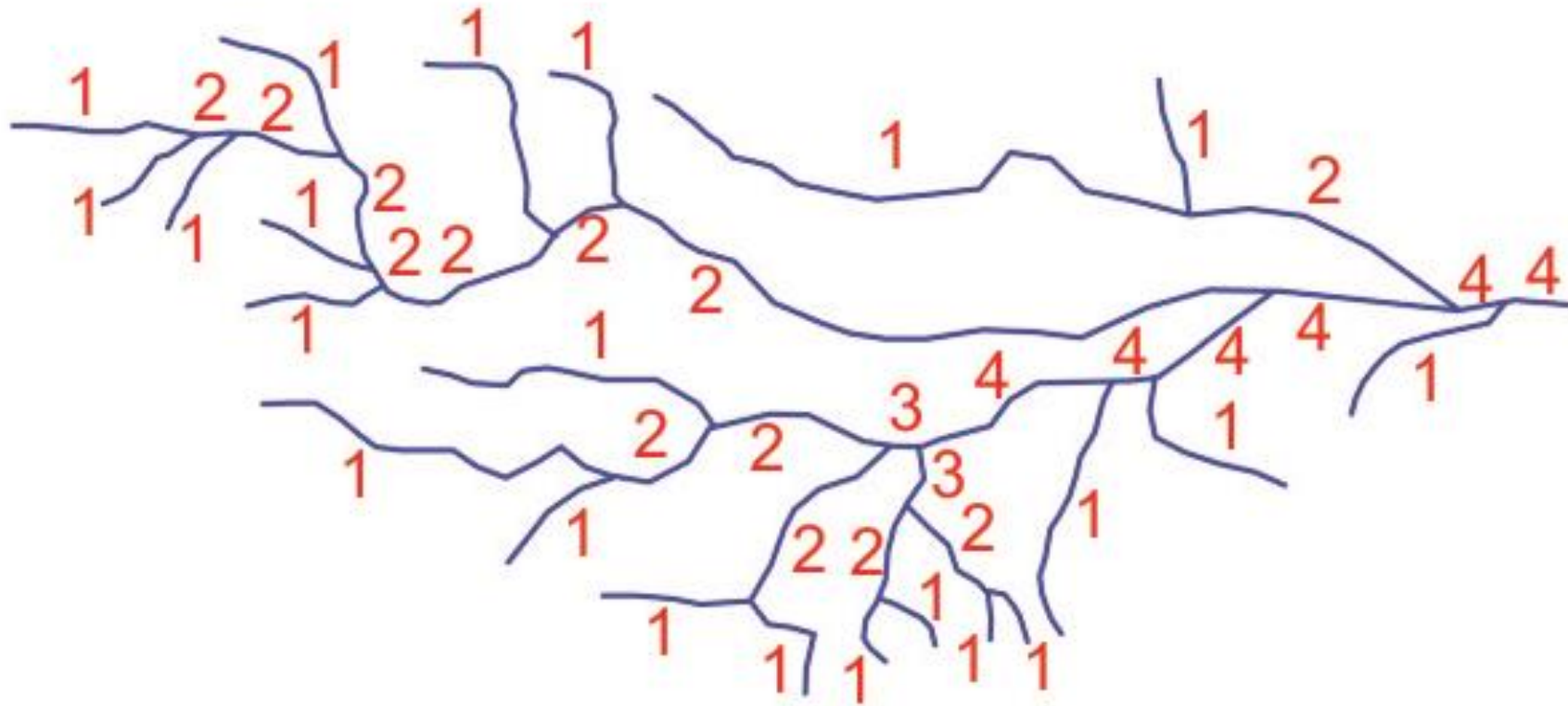
Υδρογραφικό δίκτυο



Χαρακτηριστικά δικτύου

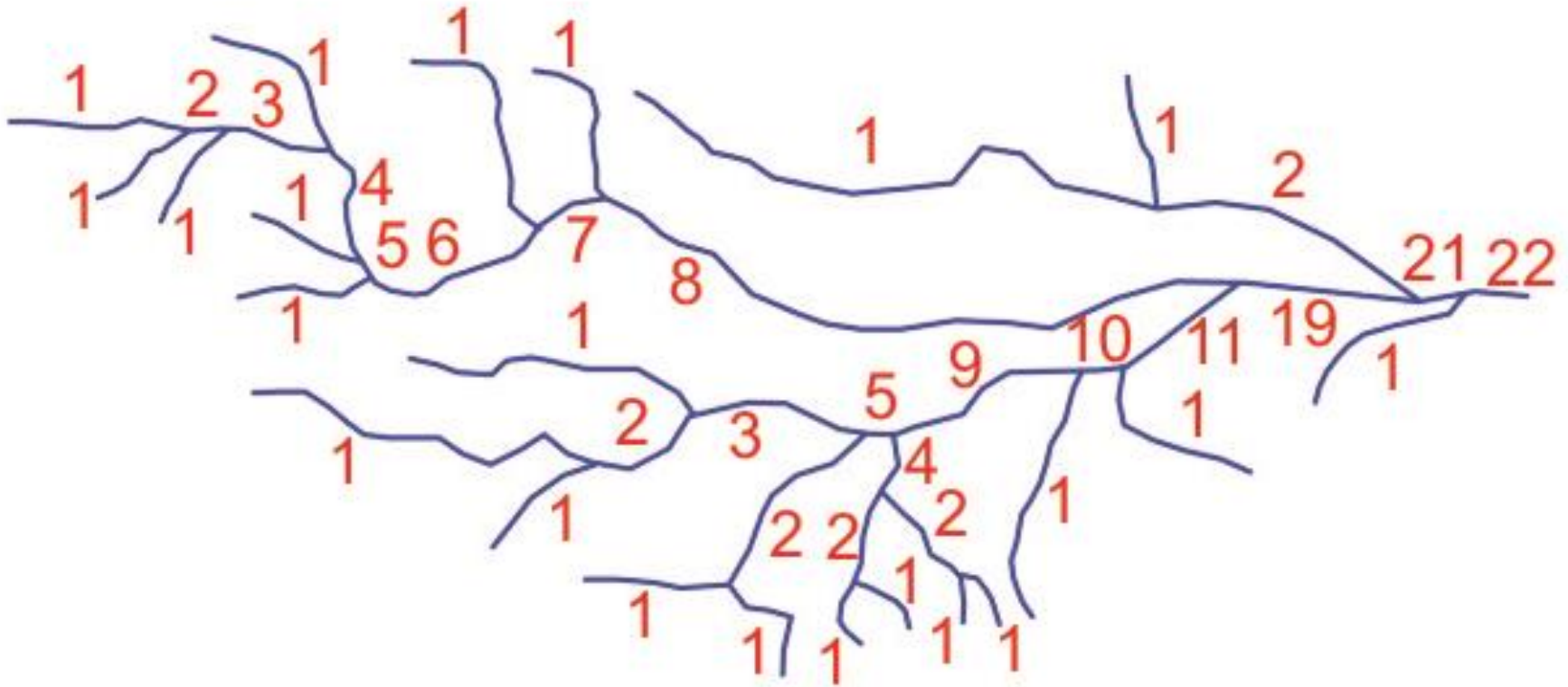
- Κατάταξη
- Πυκνότητα
- Γεωμετρία κυρίου ρέματος

Κατάταξη Strahler



Κατάταξη

Shreve



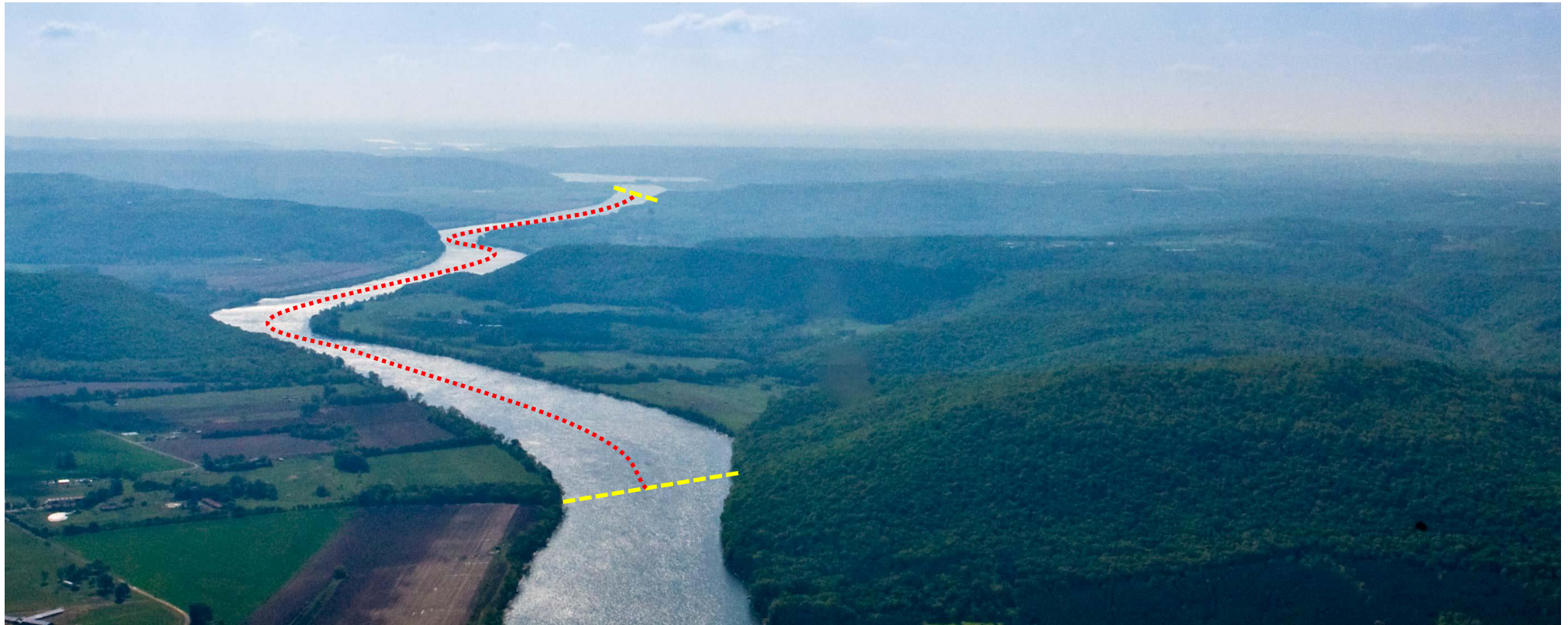
Πυκνότητα δικτύου

- **Πυκνό υδρογραφικό δίκτυο**
 - Υψηλές πλημμυρικές αιχμές
 - Σημαντικές ποσότητες φερτών υλών
- **Δείκτης**
 - Μήκος υδατορεμάτων / Εμβαδόν λεκάνης απορροής

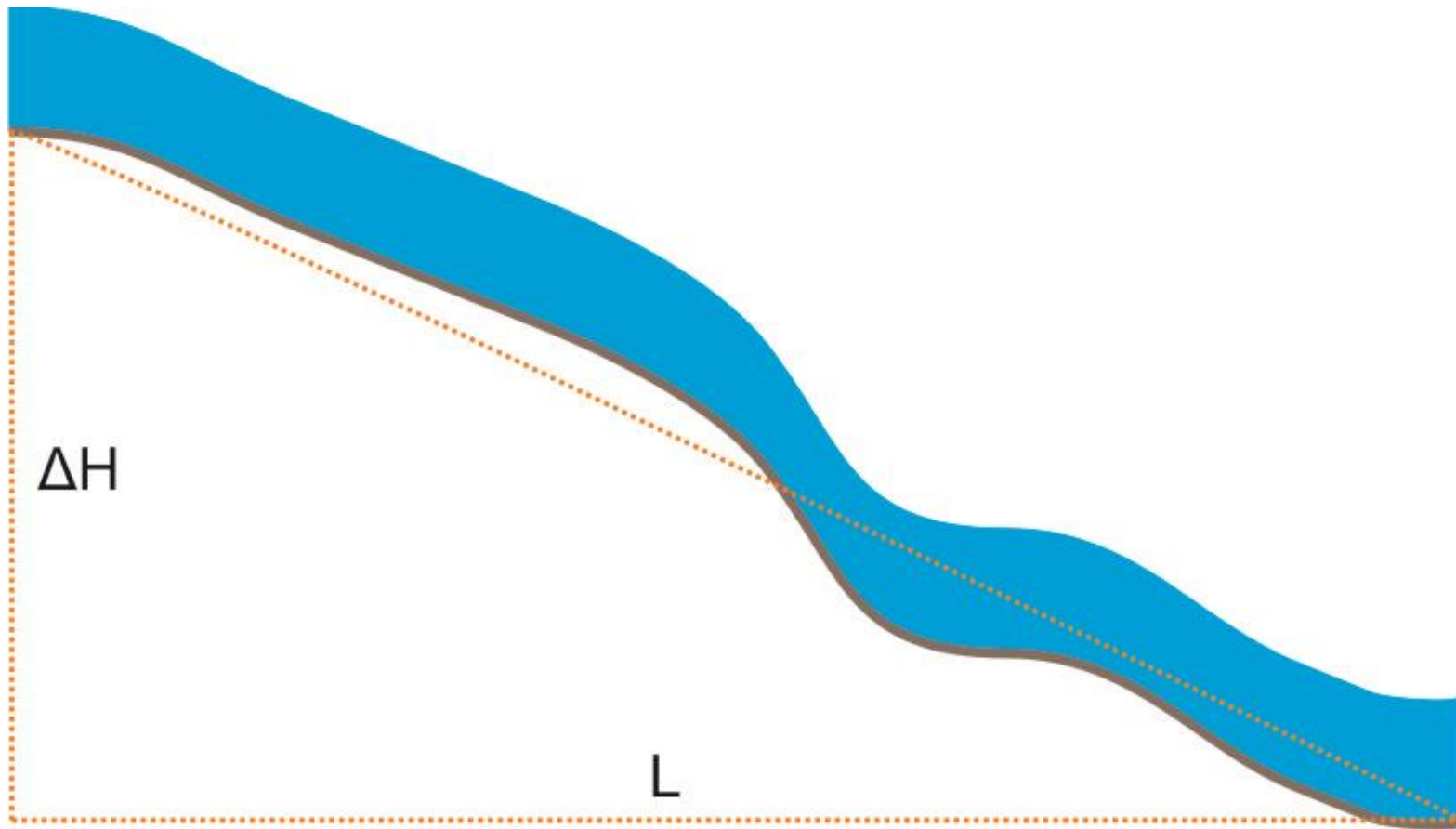
Κύριο ρέμα

- **Μήκος**
 - Δυσκολία του να οριστεί επακριβώς
- **Μέση κλίση**
 - Μικρές κλίσεις στις εκβολές
 - Αύξηση της κλίσης προς τα ορεινά

Μέση κλίση



Μέση κλίση



Επίδραση παραγόντων

- **Μέγεθος**
 - Μεγάλη λεκάνη → μεγάλος χρόνος συγκέντρωσης
 - Μικρή λεκάνη → μικρός χρόνος συγκέντρωσης
- **Σχήμα**
 - Επιμήκης → μεγάλος χρόνος συγκέντρωσης
 - Κυκλική → μικρός χρόνος συγκέντρωσης
- **Κλίσεις**
 - Μεγάλες κλίσεις → μικρός χρόνος συγκέντρωσης
 - Μικρές κλίσεις → μεγάλος χρόνος συγκέντρωσης
- **Βροχοπτώσεις**
 - Μεγάλες βροχοπτώσεις → μικρός χρόνος συγκέντρωσης
 - Μικρές βροχοπτώσεις → μεγάλος χρόνος συγκέντρωσης
- **Εδαφικό υλικό**
 - Μεγάλη διηθητικότητα → μεγάλος χρόνος συγκέντρωσης
 - Μικρή διηθητικότητα → μικρός χρόνος συγκέντρωσης

Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά

Δίαιτα ποταμού

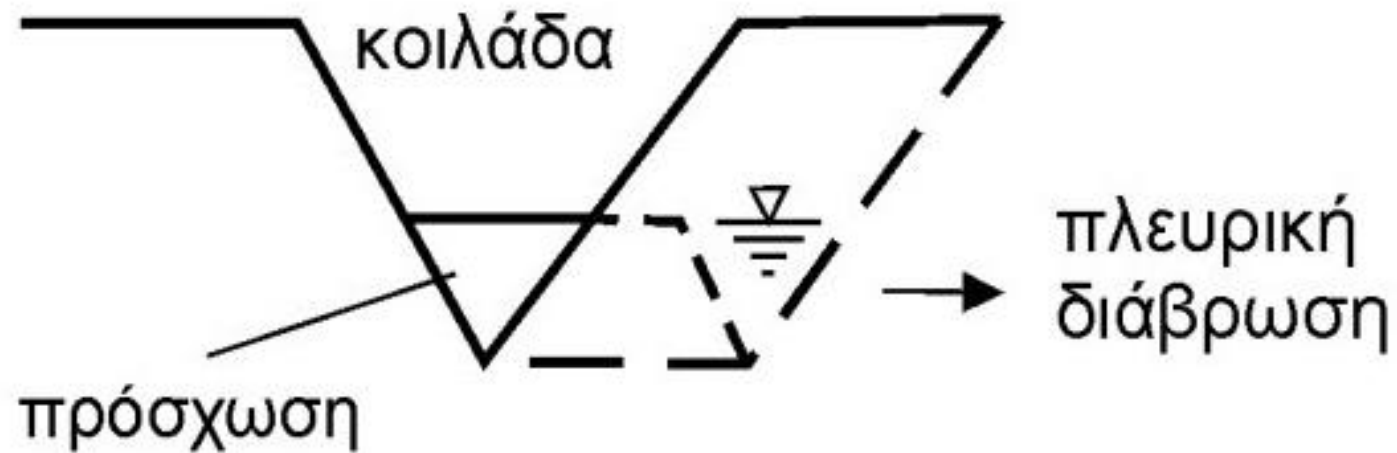
- **Βαθμιαία προσαρμογή κλίσης και διατομής**
 - Παροχή
 - Στερεοπαροχή
- **Κορεσμός → μόνιμη δίαιτα**
- **Στατιστικά χαρακτηριστικά**
 - Παροχή
 - Στερεοπαροχή
- **Χρονική κλίμακα**
 - Μεγάλη σε σχέση με την ανθρώπινη κλίμακα
 - Μικρή σε σχέση με τη γεωλογική κλίμακα

Παράγοντες διαμόρφωσης

- Παροχή
- Στερεοπαροχή
- Μέγεθος φερτών υλών
- Πλάτος διατομής
- Βάθος ροής
- Ταχύτητα ροής
- Κλίση πυθμένα
- Τραχύτητα πυθμένα

Σχηματισμός διατομής

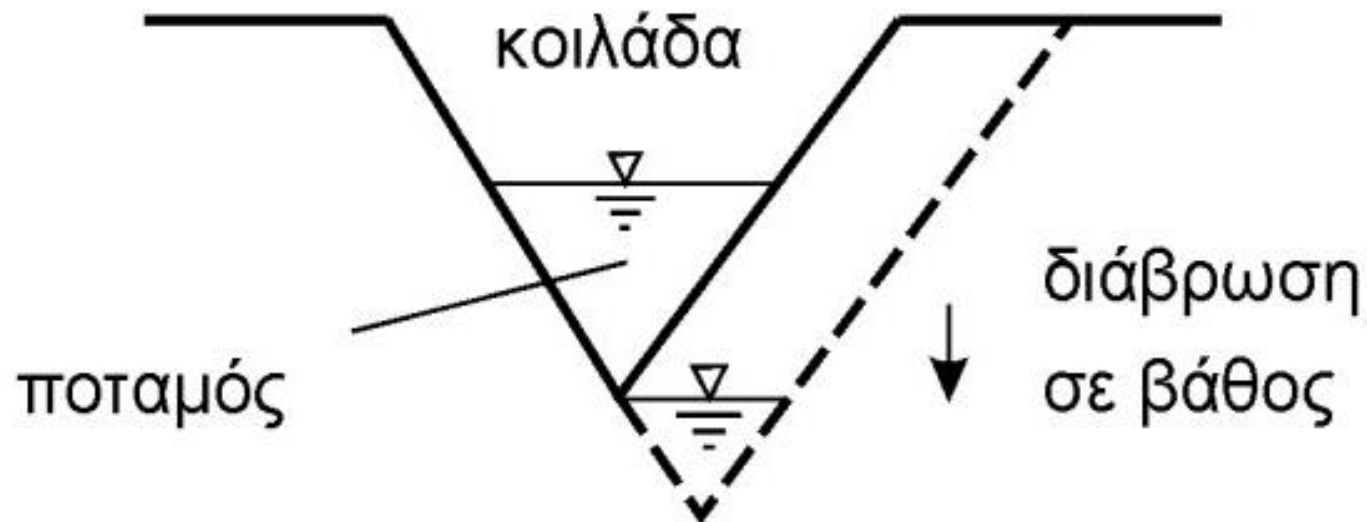
1^ο στάδιο: κοιλάδα σε σχήμα V



Πηγή: Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, www.kallipos.gr.

Σχηματισμός διατομής

2^ο στάδιο: σχήμα σκάφης



Πηγή: Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, www.kallipos.gr.

Σχηματισμός διατομής

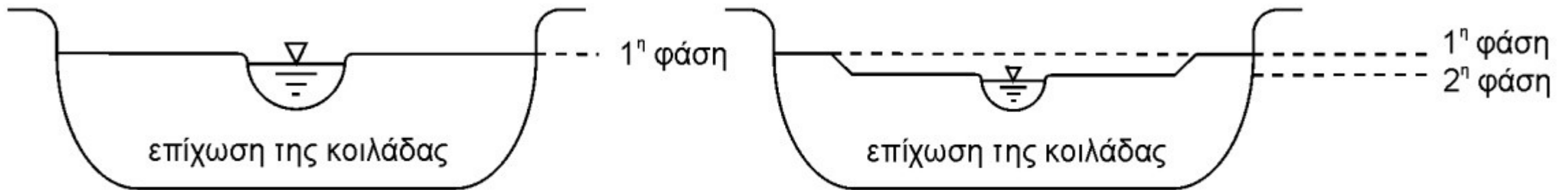
3^ο στάδιο/α' φάση: μαίανδροι



Πηγή: Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, www.kallipos.gr.

Σχηματισμός διατομής

3^ο στάδιο/β' φάση: διάβρωση

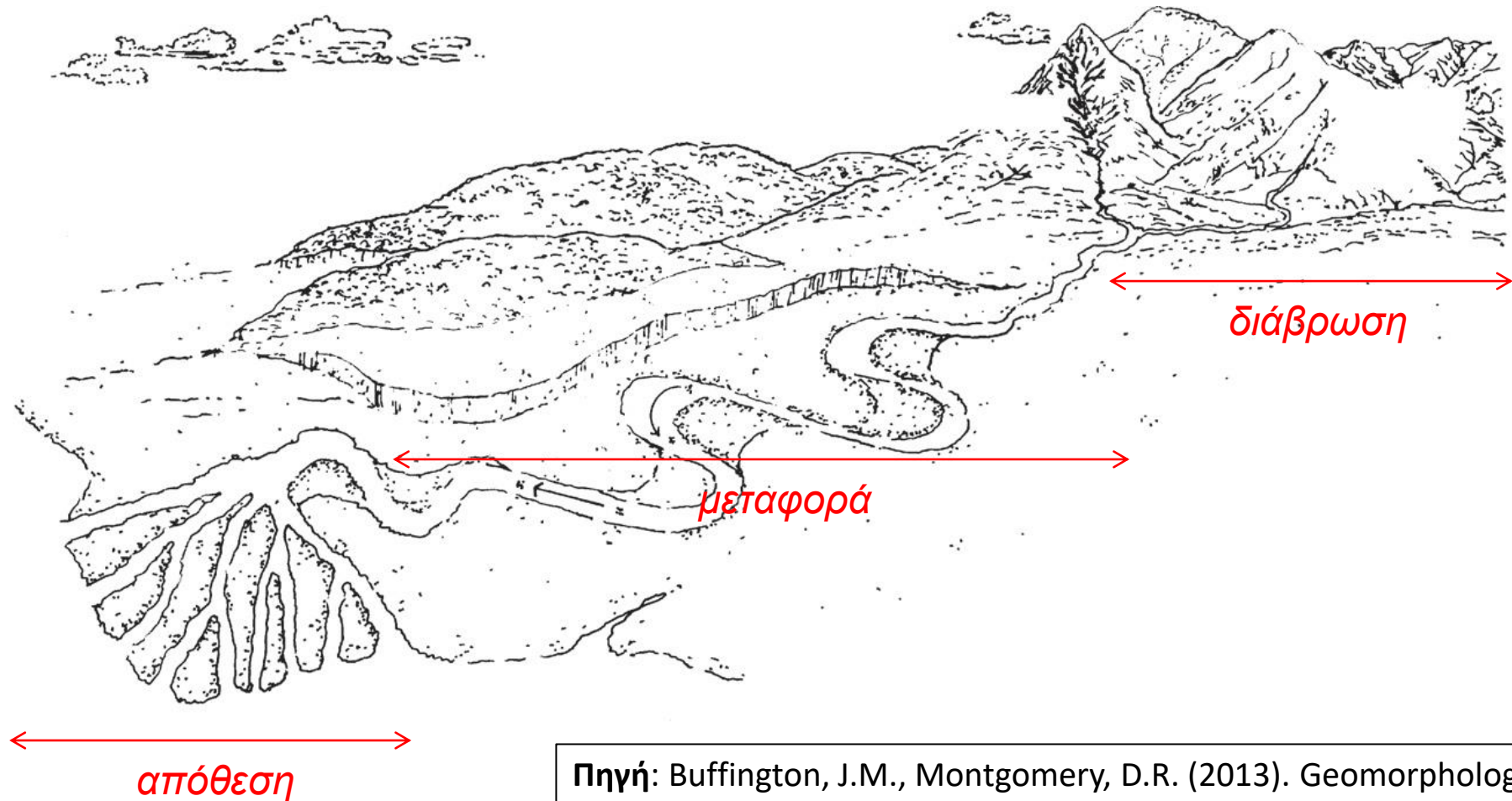


Πηγή: Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, www.kallipos.gr.

Βασικά φαινόμενα

- **Διάβρωση**
 - Πετρώματα
 - Αποσάθρωση
- **Μεταφορά**
 - Σύρση
 - Αιώρηση
- **Απόθεση**
 - Ποτάμια κοίτη
 - Πλημμυρικό πεδίο

Βασικά φαινόμενα



Πηγή: Buffington, J.M., Montgomery, D.R. (2013). Geomorphological classification of rivers. In: Shroder, J. (Editor in chief), Wohl, E. (Ed.), *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA, USA, 9, Fluvial Geomorphology, 730-767.

Πρότυπα

- Ευθύγραμμα ποτάμια τμήματα
- Μαιανδρισμός
- Νησίδες (braided)

Πρότυπα

- Ε
- Μ
- Ν



ματα

Πρότυπα

- Ε
- Μ
- Ν



Πρότυπα

- Ε
- Μ
- Ν



Μαιανδρισμός

- Σειρά διαδοχικών καμπύλων τμημάτων
- Ροή → **μεγαλύτερη κλίση**
- Εμπόδια → **αλλαγή διεύθυνσης ροής**
 - Δευτερογενή φαινόμενα ροής
- Διάβρωση → Μεταφορά → Απόθεση
- Αλλαγή κοίτης
- Μαιανδρισμοί
- Σταθεροποιημένος → **αργές μεταβολές**

Σχηματισμός



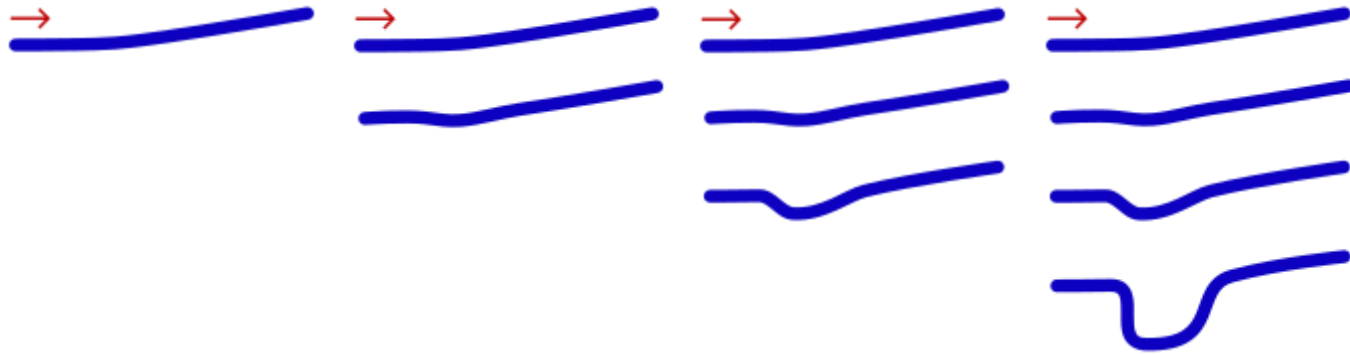
Σχηματισμός



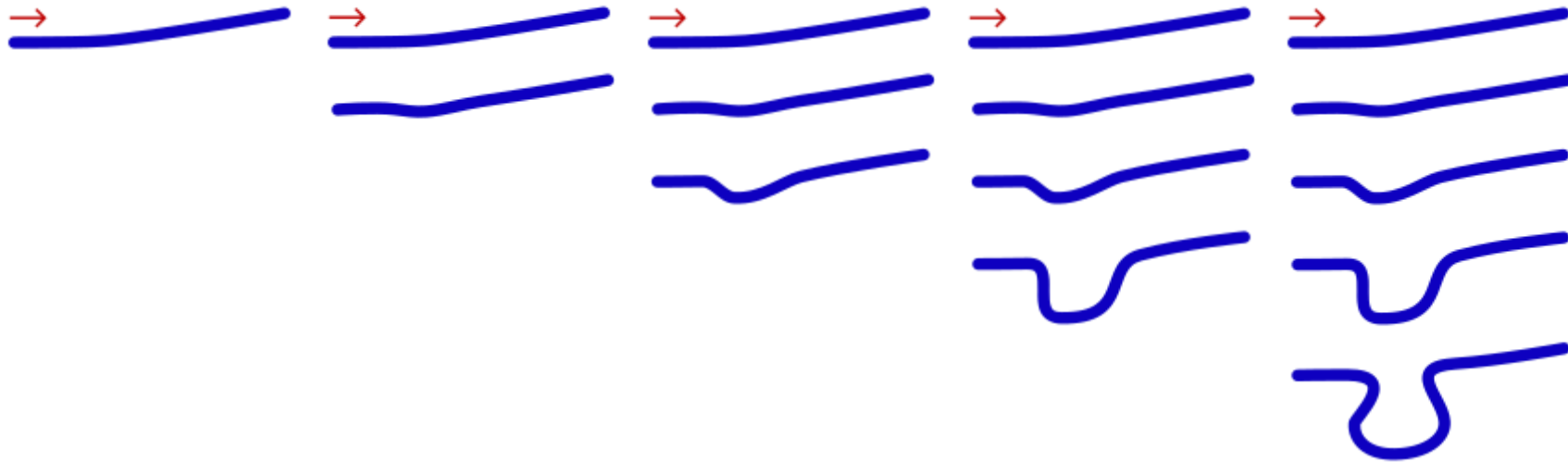
Σχηματισμός



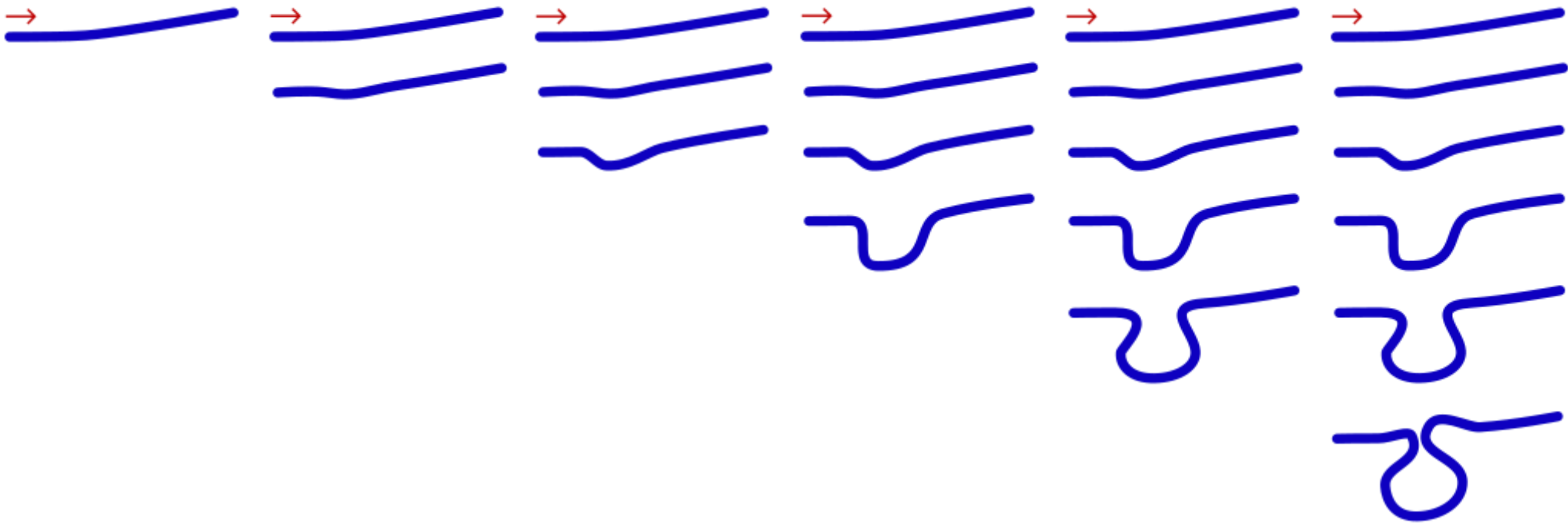
Σχηματισμός



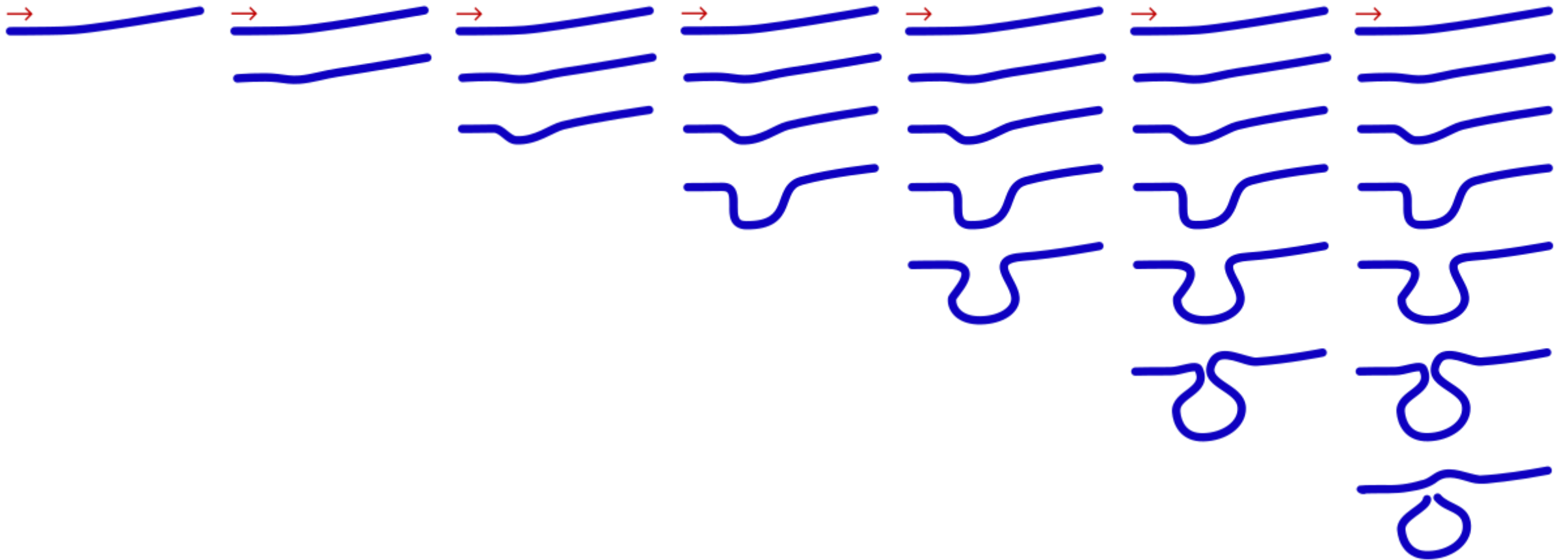
Σχηματισμός



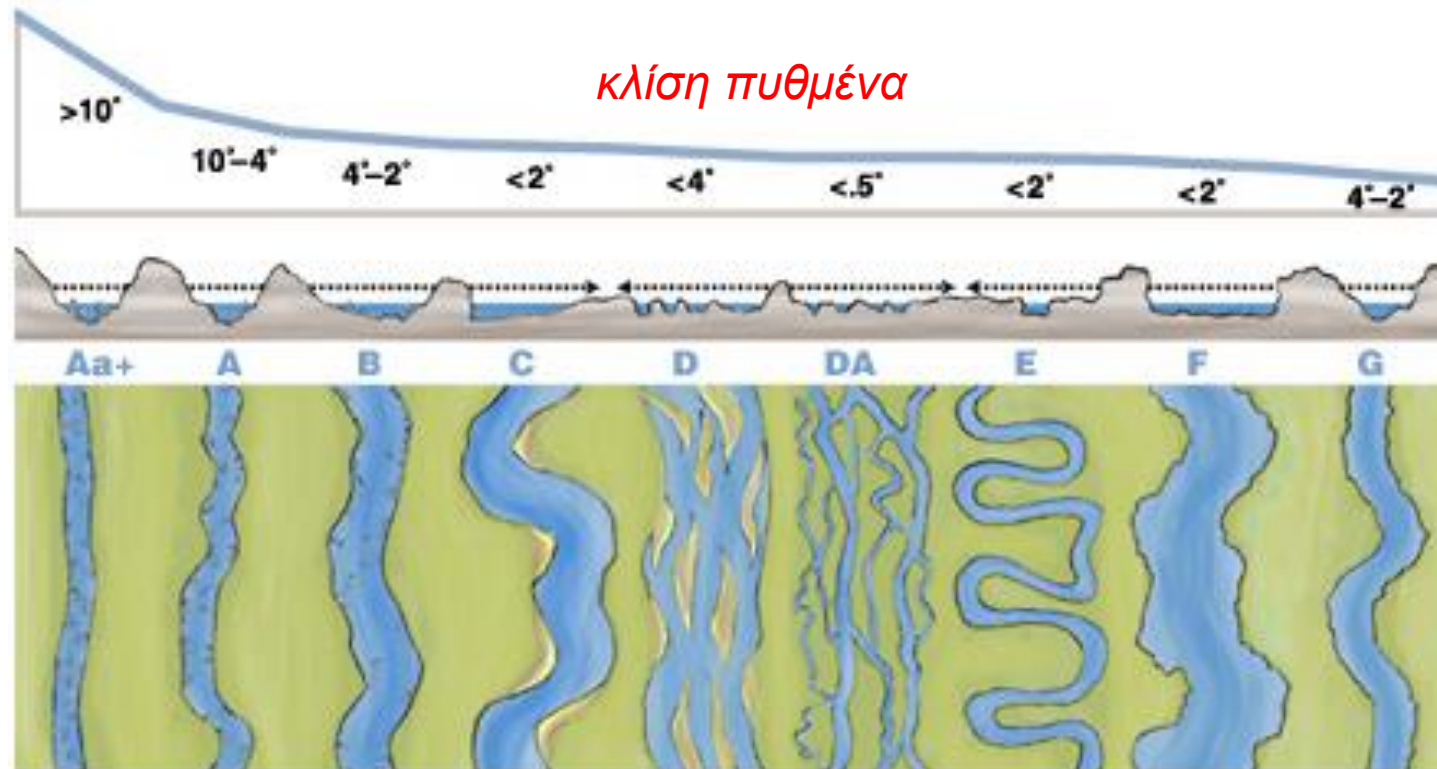
Σχηματισμός



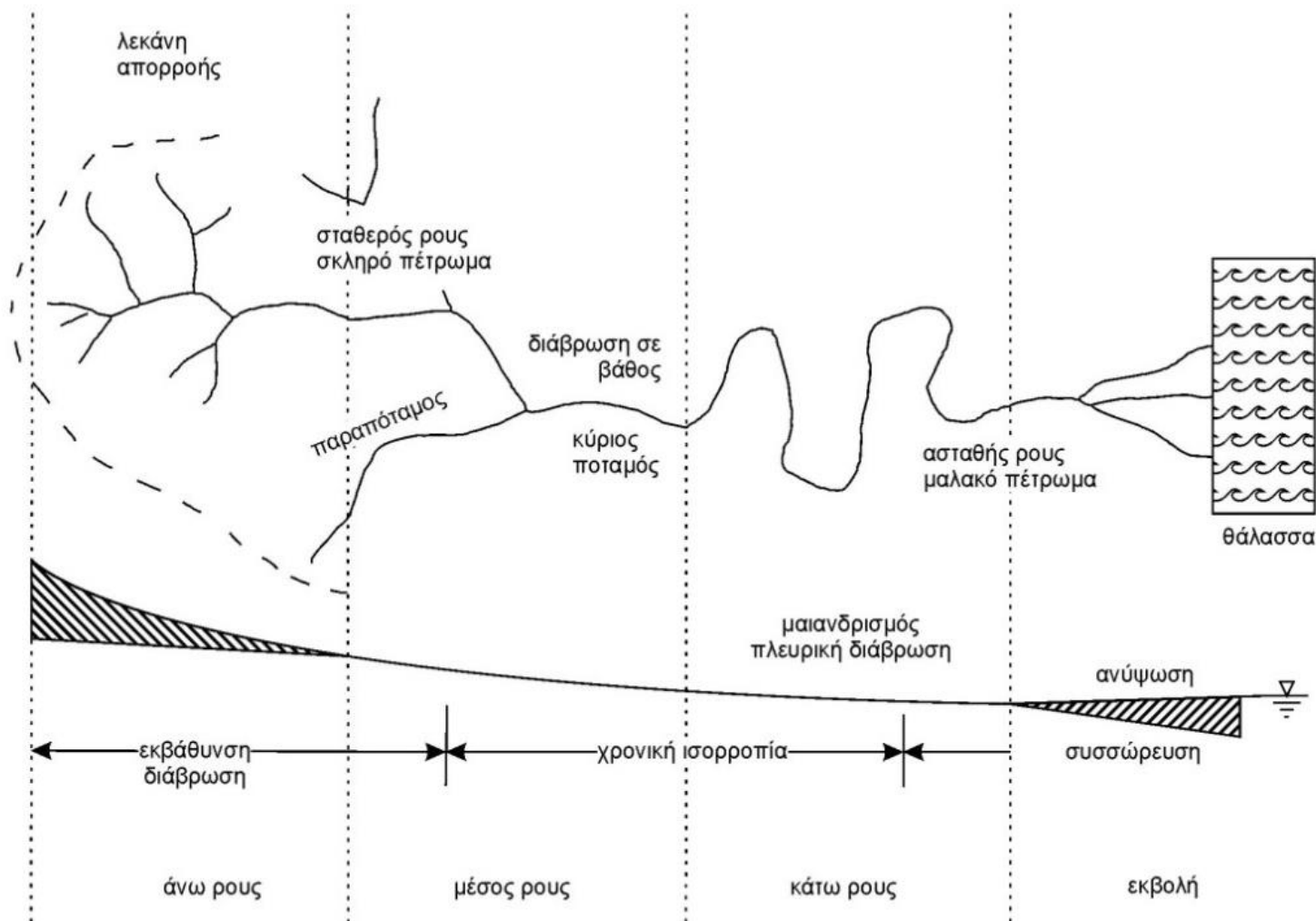
Σχηματισμός



Συσχέτιση με την κλίση



Ρους ποταμού



Πηγή: Vollmers, H.J. (1990). Flussbau. Vorlesungsskriptum, Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, München-Neubiberg.

Άνω ρους

- Υψηλή οροσειρά → **χειμάρρος**
- Μεγάλες υψομετρικές διαφορές
 - Μηκοτομή
 - Εγκάρσια τομή
- Διάβρωση σε βάθος
- Πολύ λεπτόκοκκα υλικά έως κροκάλες → **θρυμματισμός**
- Πολλοί μικροί παραπτόταμοι
- Ακανόνιστος ρους + μικρά ευθύγραμμα τμήματα
- Κοιλάδες χωρίς κοίτη

Άνω ρους

- Υψηλή οροσειρά → χείμαυρος
- Μεγάλες υψομετρικές διαφορές
 - Μηκοτομή
 - Εγκάρσια τομή
- Διάβρωση σε βάθος
- Πολύ λεπτόκοκκα υλικά
- Πολλοί μικροί παραπόταμοι
- Ακανόνιστος ρους + μικρή ποσότητα νερού
- Κοιλιάδες χωρίς κοίτη



Μέσος ρους

- Μέση οροσειρά ή λόφοι → ποταμός μέσης οροσειράς
- Εξισορροπημένες διαφορές
 - Μηκοτομή
 - Εγκάρσια τομή
- Πλευρική διάβρωση + συσσώρευση φερτών υλικών / ισορροπία
- Φορτία σε αιώρηση + σύρση → θρυμματισμός
- Λίγοι μεγάλοι παραπόταμοι
- Εκτεταμένος ρους + συχνές ήπιες καμπύλες
- Πλατιές κοίτες κοιλάδων

Κάτω ρους

- Χαμηλό υψόμετρο / πεδιάδα → **υδατόρεμα**
- Αβαθής
 - Μηκοτομή
 - Εγκάρσια τομή
- Πλευρική διάβρωση + συσσώρευση φερτών υλικών
- Φορτία σε αιώρηση + σύρση → **άμμος**
- Καθόλου παραπόταμοι
- Μεγάλες καμπύλες
- Μικρά ύψη οχθών + μικρή ανάπτυξη κοιλάδων

Κάτω ρους

- Χαμηλό υψόμετρο / πεδιάδα → υδατόοεμα
- Αβαθής
 - Μηκοτομή
 - Εγκάρσια τομή
- Πλευρική διάβρωση +
- Φορτία σε αιώρηση +
- Καθόλου παραπόταμο
- Μεγάλες καμπύλες
- Μικρά ύψη οχθών + μι



Εκβολή

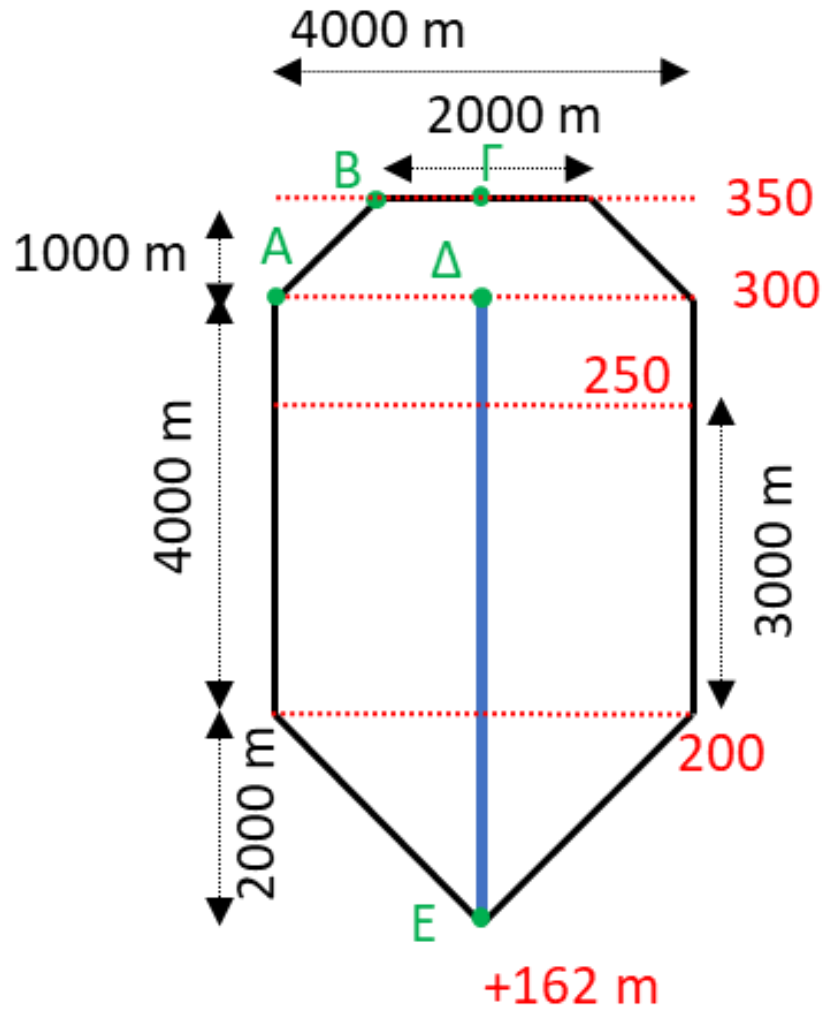
- **Δέλτα**
- **Ακανόνιστες μεταβολές της μορφολογίας**
 - Επίδραση ανέμου
 - Παλίρροια
 - Θαλάσσια ρεύματα
- **Απόθεση λεπτόκοκκης άμμου + λάσπης**

Εκβολή

- Δέλτα
- Ακανόνιστες μεταβ
 - Επίδραση ανέμου
 - Παλίρροια
 - Θαλάσσια ρεύματα
- Απόθεση λεπτόκοκ



Άσκηση



- Λεκάνη απορροής με σχηματισμένο υδατόρεμα ΔΕ
- Ταχύτητα ροής στο άνω τμήμα της λεκάνης $V=3.5S+0.2$ (ισοϋψής άνω των 300 m)
- Ταχύτητα ροής στο υδατόρεμα $V=5.3S+0.4$
- Να βρεθεί ο χρόνος συγκέντρωσης κατά Kirpich, Giandotti και με επιμερισμό σε τμήματα

Κατά κύριο λόγο, η παρούσα διάλεξη άντλησε πληροφορίες από τα βιβλία «Τεχνική Υδρολογία» των Μ. Μιμίκου και Ε. Μπαλτά (2018, Εκδόσεις Παπασωτηρίου), «Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία & Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων» του Γ. Τσακίρη (2013, Εκδόσεις Συμμετρία), «Τεχνική Υδρολογία» των Δ. Κουτσογιάννη και Θ. Ξανθόπουλου - 4^η έκδοση (2016, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα), «Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα» του Β. Χρυσάνθου (2015, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα)