



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**

## ***Απώλειες στο έδαφος***

Δρ. Βασίλης Μπέλλος

# ΑΠΩΛΕΙΕΣ

- **Εξάτμιση**
- **Διαπνοή**
- **Απώλειες στο έδαφος**
  - Παρεμπόδιση
  - Κατακράτηση
  - Διήθηση

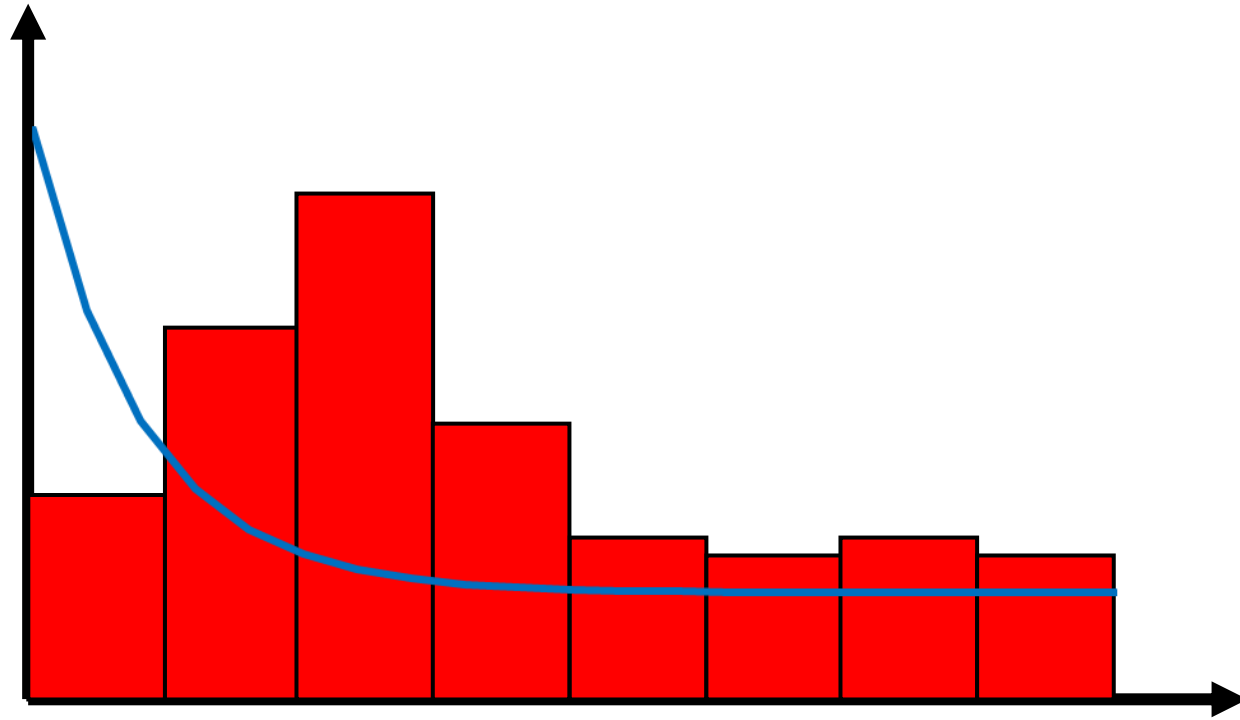
# ΑΠΩΛΕΙΕΣ

- Εξάτμιση
- Διαπνοή
- **Απώλειες στο έδαφος**
  - Παρεμπόδιση
  - Κατακράτηση
  - Διήθηση

# Χρονικές κλίμακες

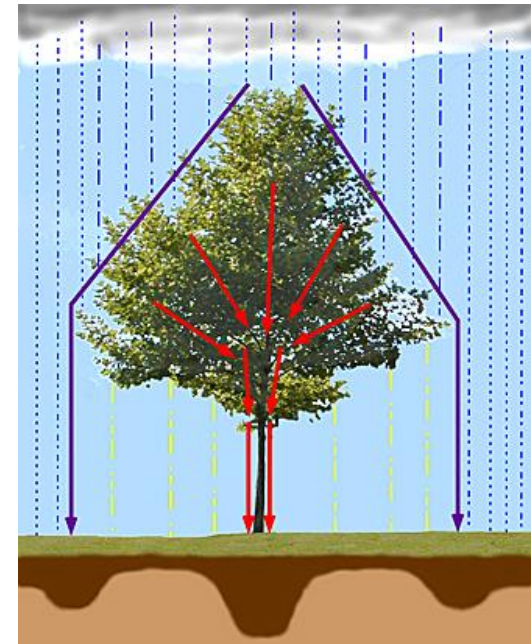
- **Μεγάλες χρονικές κλίμακες (ετήσια, υπερετήσια)**
  - Εξατμισοδιαπνοή = Βροχόπτωση – Απορροή
  - Οι απώλειες στο έδαφος μετατρέπονται είτε σε εξατμισοδιαπνοή είτε σε απορροή (επιφανειακή ή υπόγεια)
- **Μικρές χρονικές κλίμακες (ώρες, ημέρες)**
  - Εξατμισοδιαπνοή → αμελητέα συνεισφορά
  - Απώλειες στο έδαφος → ο κυριότερος παράγοντας για τον υπολογισμό του περισσεύματος βροχής

# Γενική μορφή απωλειών



# Παρεμπόδιση

- Ανακοπή/ανάσχεση της πορείας νερού προς το έδαφος λόγω της βλάστησης
- Προσωρινή αποθήκευση → εξατμισοδιαπνοή σε μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες
- **Συνοιστώσες**
  - Διάπτωση → ανάσχεση
  - Κορμοροή → ανάσχεση
  - Απώλεια παρεμπόδισης → ανακοπή



# Απώλεια παρεμπόδισης

- **Εξαρτάται**

- Χλωρίδα → χωρητικότητα παρεμπόδισης
- Βροχόπτωση
- Εξατμισοδιαπνοή

- **Αριθμητικά μοντέλα**

- Horton

$$h = S_i + Et$$

- Γραμμική παλινδρόμηση

$$h = a + bP$$

- Συνδυασμός

$$h = S_i \left[ 1 - \exp\left(-P/S_i\right) \right] + Et$$

$h$	Παρεμπόδιση
$S_i$	Χωρητικότητα παρεμπόδισης
$E$	Εξατμισοδιαπνοή
$t$	Χρόνος
$a, b$	Παράμετροι
$P$	Βροχόπτωση

# Κατακράτηση

- Ανακοπή/ανάσχεση βροχής προς την απορροή λόγω παγίδευσης του νερού σε κοιλάτητες του αναγλύφου (σε διάφορες χωρικές κλίμακες)
- Σε μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες
  - Διήθηση
  - Εξάτμιση
- Αριθμητικά μοντέλα
  - Linsey et al. (1975)

$$h = S_D \left[ 1 - \exp \left( -P/S_D \right) \right]$$

$h$	Κατακράτηση
$S_D$	Χωρητικότητα παγίδευσης (10-50 mm)
$P$	Βροχόπτωση



# Διήθηση

- **Η διεργασία με την οποία το νερό διεισδύει μέσα στο έδαφος**
  - Βροχόπτωση
  - Τήξη χιονιού
  - Άρδευση
  - Υδάτινος όγκος ανάσχεσης λόγω απωλειών
- **Μεταβάλλεται χωρικά και χρονικά**

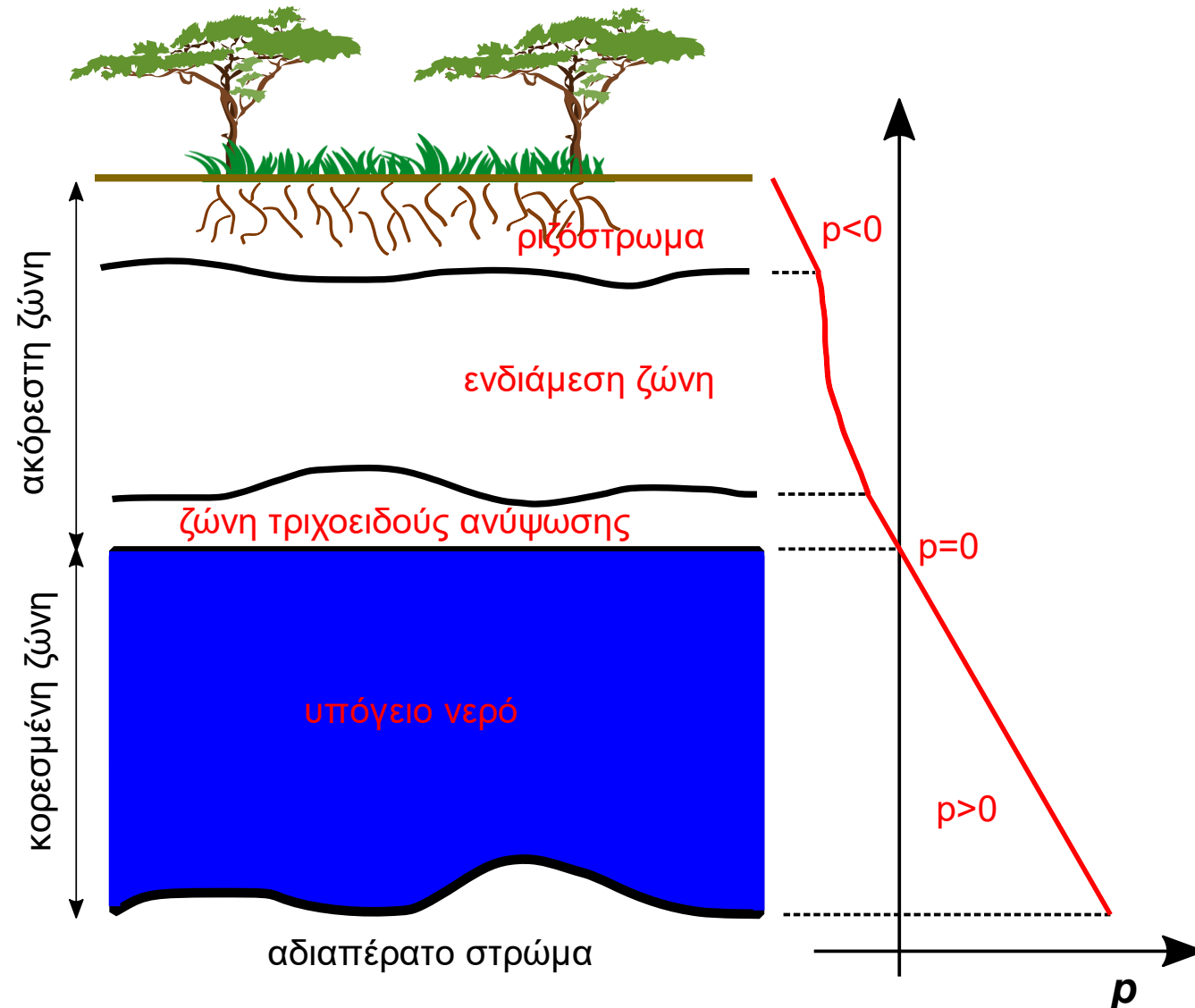
# Παράγοντες που επιδρούν

- Διαθεσιμότητα νερού (ένταση και διάρκεια βροχόπτωσης)
- Τύπος εδάφους
- Κατάσταση επιφανειακού υδατικού καλύμματος
- Χλωρίδα
- Αρχική κατάσταση υγρασίας εδάφους
- Θερμοκρασία
- Ποιότητα βρόχινου νερού
- ...

# Υπόγεια νερά

- **Ανοιχτοί ή φρεάτιοι υδροφορείς**
  - Ελεύθερη επιφάνεια
- **Κλειστοί ή περιορισμένοι ή αρτεσιανοί υδροφορείς**
  - Υπό πίεση
- **Με διαρροή**
  - Ανοιχτοί
  - Κλειστοί

# Ανοιχτός υδροφόρας

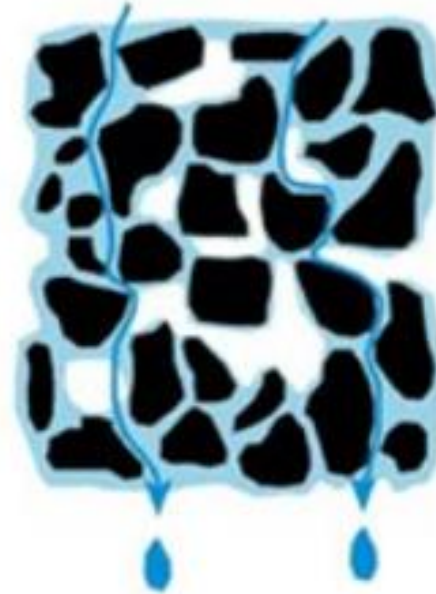


# Κορεσμένη vs. Ακόρεστη ροή

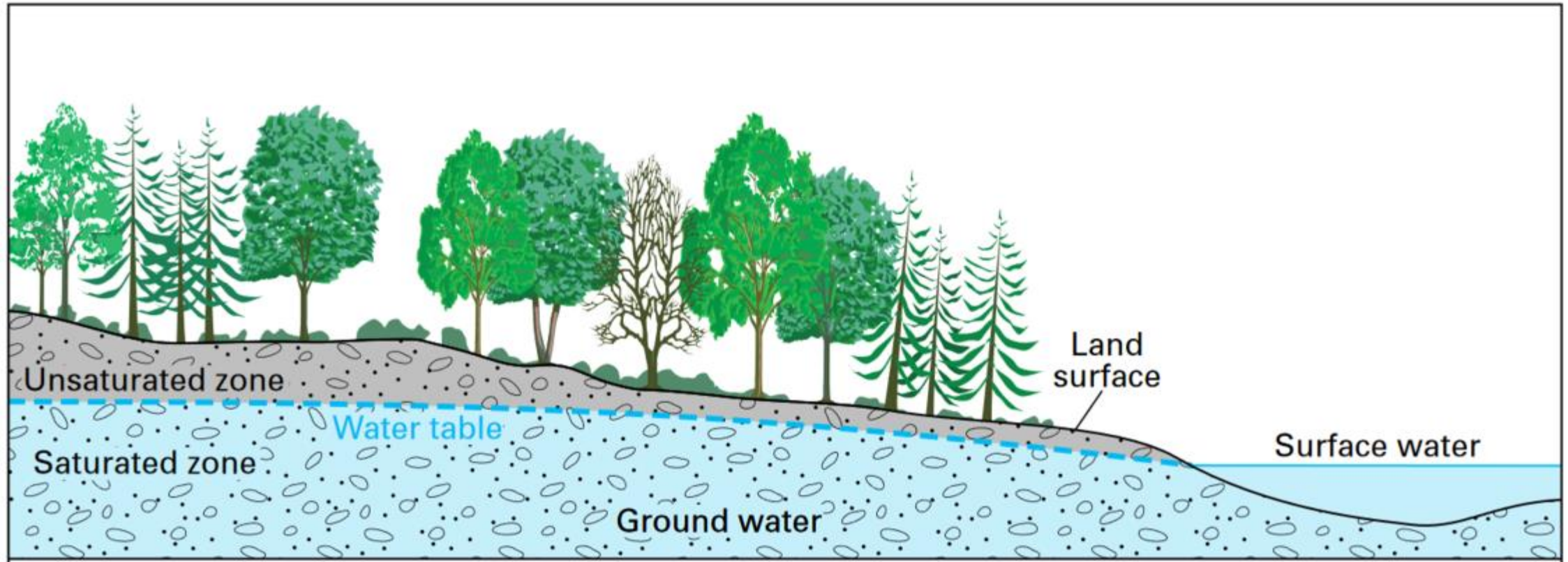
*Κορεσμένη ροή*



*Ακόρεστη ροή*



# Ζώνες



# Θεωρητικό υπόβαθρο

- Ροή σε πορώδες μέσο  $\rightarrow$  υγρό μέτωπο που κινείται με διεύθυνση από πάνω προς τα κάτω
  - Δυνάμεις βαρύτητας
  - Δυνάμεις μύζησης
- Στην κορεσμένη ροή  $\rightarrow$  κυριαρχούν οι δυνάμεις βαρύτητας

# Δυνάμεις μύζησης

- **Μηχανισμός προσρόφησης**
  - Ηλεκτροστατικές δυνάμεις
  - Υγροσκοπικό νερό
- **Μηχανισμός τριχοειδών**
  - Οι πόροι του εδάφους σχηματίζουν τριχοειδείς σωλήνες
  - Διεπιφάνεια αέρα-νερού → Επιφανειακή τάση
- **Μηχανισμός ώσμωσης**
  - Διαφορά συγκέντρωσης διαλυμένης ουσίας
  - Μικρή συνεισφορά



# Διαδικασία

- **Υγροσκοπική διαβροχή**
  - Μηχανισμός προσρόφησης
- **Βαρύτητα + μηχανισμός τριχοειδών**
  - Μεγάλος ρυθμός διήθησης
- **Βαρύτητα (τα τριχοειδή έχουν κορεστεί)**
  - Ο ρυθμός διήθησης μειώνεται

# Μέτωπο διαβροχής

- Ένταση βροχής > διηθητικότητα του εδάφους
- Μετά την πάροδο του χρόνου κατάκλυσης
  - Ζώνη κορεσμού → 1 cm βάθος από την επιφάνεια του εδάφους
  - Μεταβατική ζώνη → έντονη μείωση της περιεκτικότητας σε νερό
  - Ζώνη μεταφοράς → σταθερή περιεκτικότητα σε νερό
  - Ζώνη διαβροχής
- Μέτωπο διαβροχής
  - Υπόγειο υδροφορέα
  - Αδιαπέρατο στρώμα

# Μετά τη βρόχη

- Η διήθηση στην επιφάνεια σταματάει
- Το φαινόμενο συνεχίζει → επιβραδύνεται λόγω υποχώρησης των δυνάμεων βαρύτητας
- Εδαφική υγρασία στα ανώτερα εδαφικά στρώματα → εξατμισοδιαπνοή
- Περιεκτικότητα σε νερό → μεγαλύτερη στα κατώτερα στρώματα από ότι στα ανώτερα
- Ανοδική μεταφορά νερού → υγροσκοπική ισορροπία (ζώνη τριχοειδούς ανύψωσης)

# Σημαντικότητα διήθησης

- **Ρυθμιστής του υδρολογικού κύκλου (ποσοτικά και χρονικά)**
  - Ανώτερα στρώματα → εξατμισοδιαπνοή
  - Κατώτερα στρώματα → εμπλουτισμός υδροφόρου ορίζοντα → τροφοδότηση βασικής απορροής σε περιόδους ξηρασίας
  - Επιφανειακή απορροή → επιπτώσεις όταν αλλάζει η φέρουσα ικανότητα διήθησης
- **Συγκράτηση νερού στο έδαφος → λόγω βαρύτητας το νερό θα διέφευγε απευθείας στον υδροφόρο ορίζοντα**
  - Τεράστια η σημασία για τη βλάστηση

# Μέθοδοι εκτίμησης

- **Μετρήσεις**
  - Διηθησόμετρα
- **Αριθμητικά μοντέλα**
  - Μοντέλα υδατικού ισοζυγίου
  - Ημιεμπειρικά μοντέλα
  - Μοντέλα φυσικής βάσης

# Διηθησόμετρα



# Κορεσμένη vs. Ακόρεστη ροή

- Στην κορεσμένη ροή υπάρχουν εξισώσεις φυσικής βάσης που περιγράφουν το πρόβλημα
  - Νόμος Darcy
  - Εξισώσεις μη μόνιμης ροής
- Στην ακόρεστη ροή ναι μεν υπάρχουν εξισώσεις φυσικής βάσης
  - Δυσκολία στην αριθμητική επίλυση
  - Πολυπλοκότητα του φαινομένου

# Κορεσμένη ζώνη

## Νόμος Darcy

$$Q = KAS$$

$Q$	παροχή
$K$	υδραυλική αγωγιμότητα
$A$	διατομή
$S$	υδραυλική κλίση
$\Phi$	πιεζομετρικό φορτίο

$$q_x = -K \frac{\partial \Phi}{\partial x}$$

$$q_y = -K \frac{\partial \Phi}{\partial y}$$

$$q_z = -K \frac{\partial \Phi}{\partial z}$$



# Ακόρεστη ζώνη

## Εξίσωση Richards

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \frac{\partial K(\theta)}{\partial z}$$

$\theta$  περιεχόμενο κατά όγκο εδαφικό νερό

$D$  διαχυτότητα

$K$  υδραυλική αγωγιμότητα

# Αριθμητικά μοντέλα

- Δείκτης  $\varphi$
- Horton
- Green-Ampt
- Huggis-Monke
- Holtan
- Kostiaikov
- Philip
- SCS
- ...

# Αριθμητικά μοντέλα

- Δείκτης  $\varphi$

- Horton

- Green-Ampt

- Huggis-Morley

- Horton

- Kostiakov

- Philip

- SCS

- ...

Ημιεμπειρικά μοντέλα  
με διαφορετικές διαβαθμίσεις  
ακρίβειας

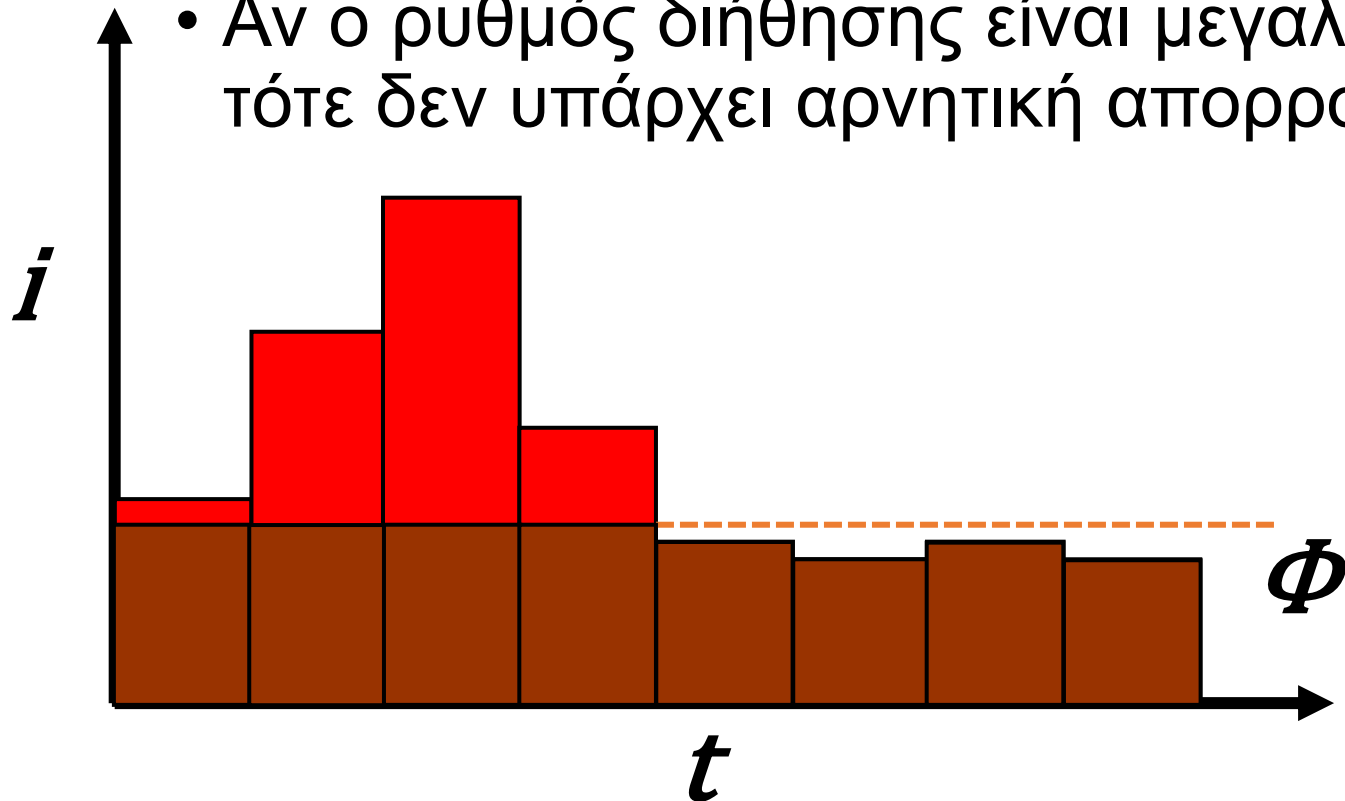
# Δείκτης $\varphi$

- Σταθερός ρυθμός διήθησης
- Αν ο ρυθμός διήθησης είναι μεγαλύτερος από τη βροχόπτωση τότε δεν υπάρχει αρνητική απορροή!



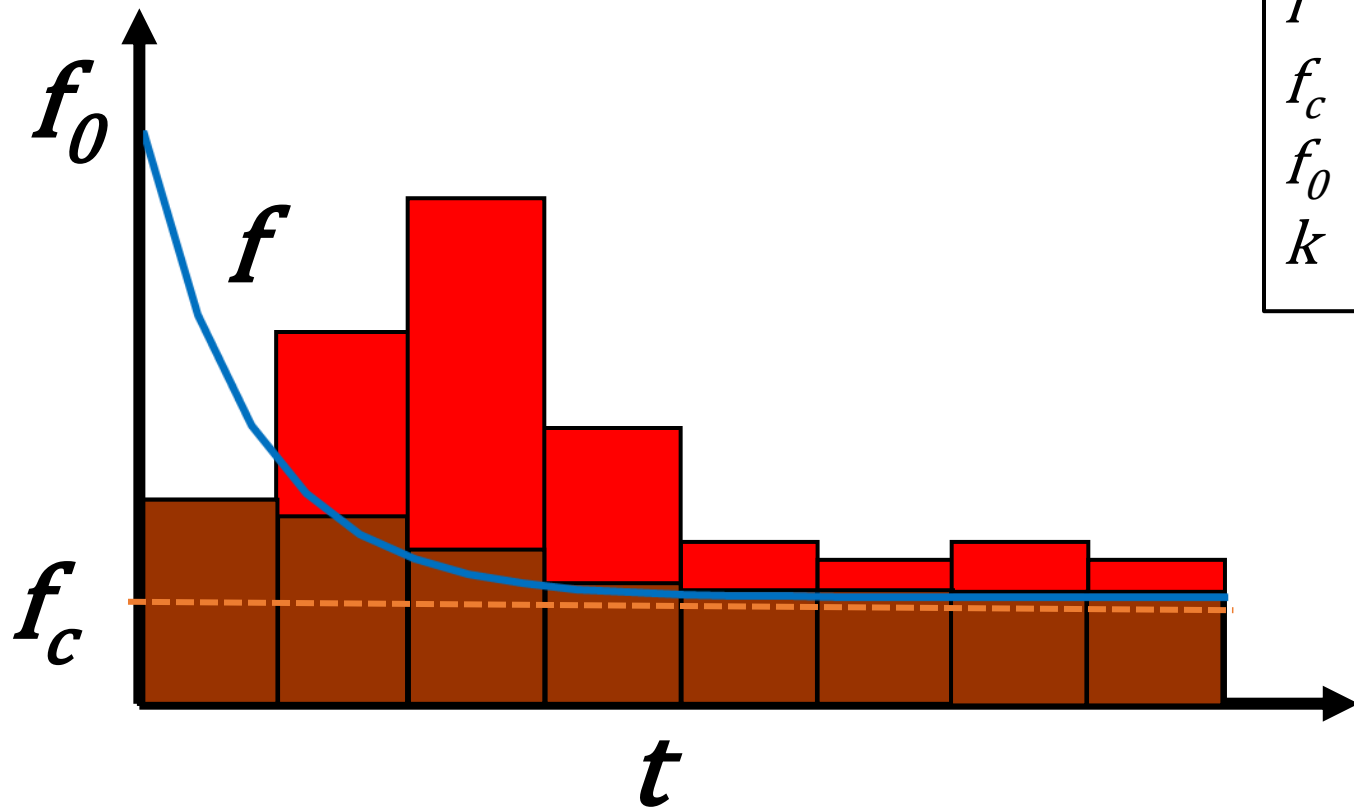
# Δείκτης $\phi$

- Σταθερός ρυθμός διήθησης
- Αν ο ρυθμός διήθησης είναι μεγαλύτερος από τη βροχόπτωση τότε δεν υπάρχει αρνητική απορροή!



# Horton

- Εκθετική μορφή  $f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$



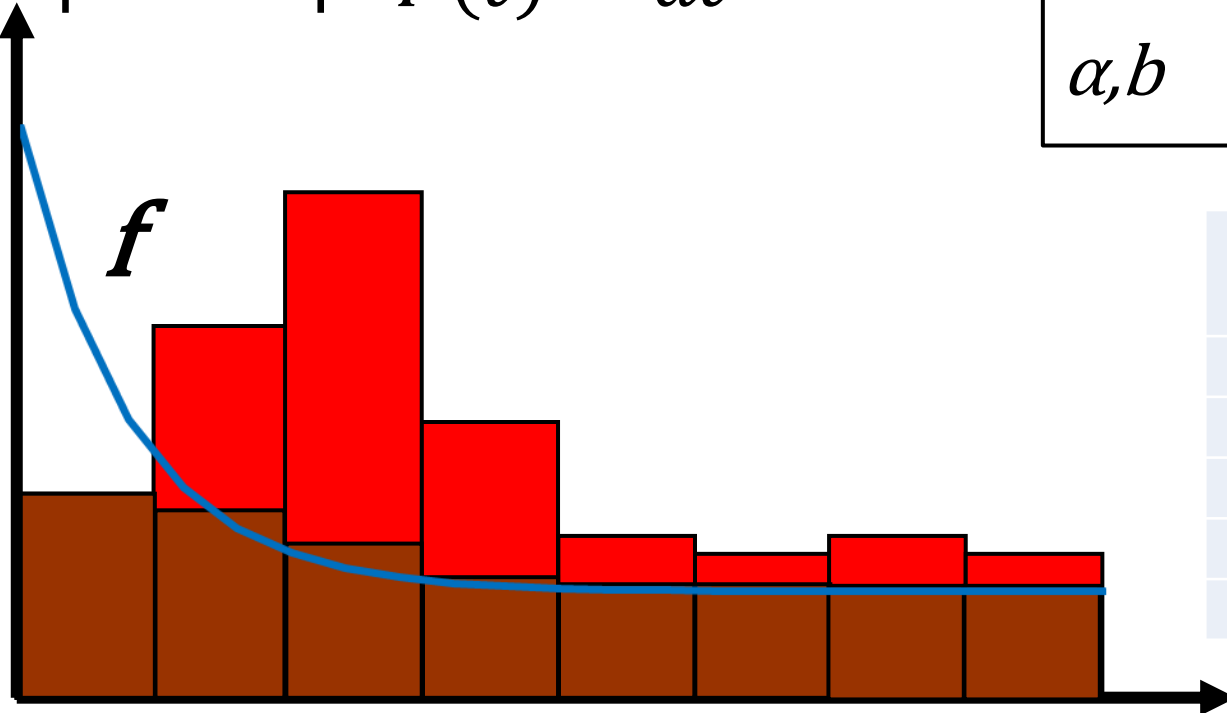
$f$	ικανότητα διήθησης [ $LT^{-1}$ ]
$f_c$	τελική ικανότητα διήθησης [ $LT^{-1}$ ]
$f_0$	αρχική ικανότητα διήθησης [ $LT^{-1}$ ]
$k$	ρυθμός μείωσης [ $T^{-1}$ ]

Έδαφος	$f_0$ (mm/h)	$f_c$ (mm/h)	$k$ (h <sup>-1</sup> )
Τυπικό γεωργικό (γυμνό)	280	6-220	96
Τυπικό γεωργικό (χλόη)	900	20-290	48
Άργιλος (γυμνή)	210	2-25	120
Άργιλος (χλόη)	670	10-30	84

# Kostiakov

- Ρυθμός  $f(t) = abt^{b-1}$
- Αθροιστική  $F(t) = at^b$

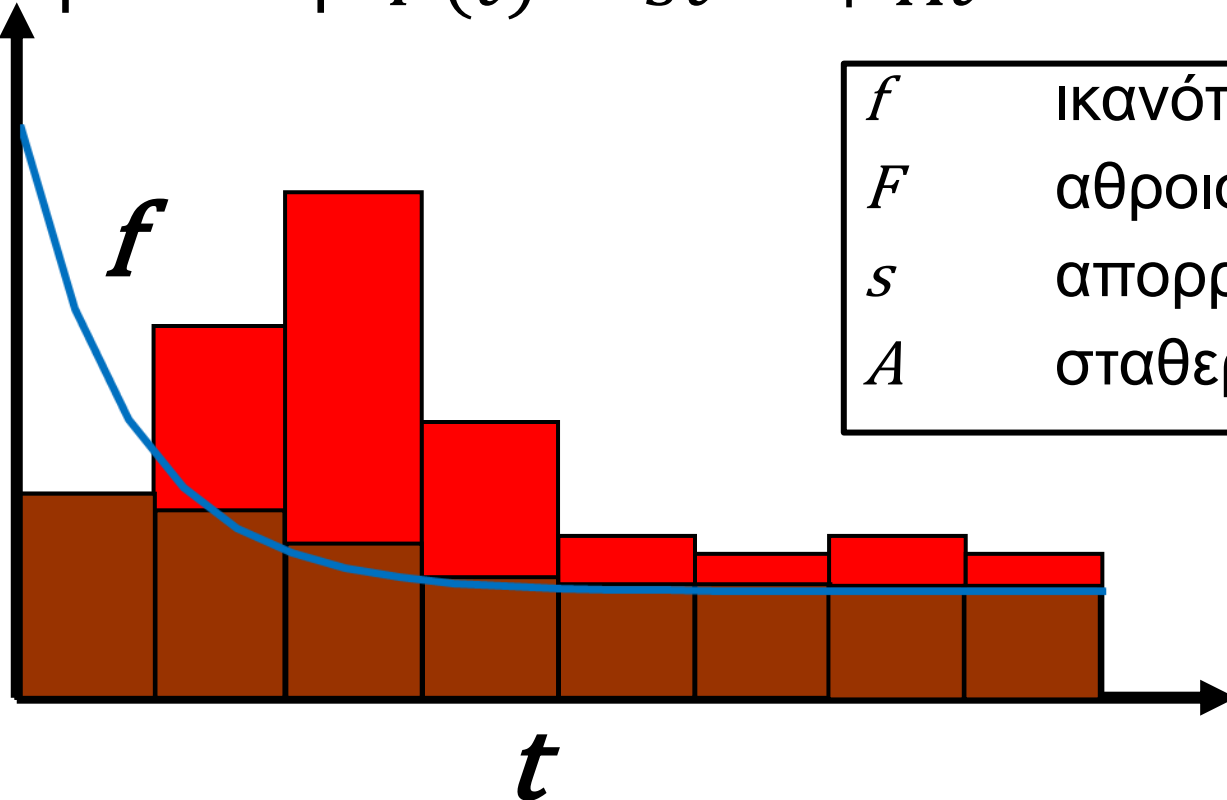
$f$	ικανότητα διήθησης [ $LT^{-1}$ ]
$F$	αθροιστική διήθηση [L]
$a, b$	παράμετροι



Έδαφος	$a$ (m/min <sup>b</sup> )	$b$
Άργιλος	0.00383	0.317
Αργιλώδης πηλός	0.00330	0.437
ΐλυο-πηλός	0.00320	0.503
Αμμώδης πηλός	0.00328	0.584
Άμμος	0.00361	0.642

# Philip

- Ρυθμός  $f(t) = \frac{1}{2}st^{-0.5} + A$
- Αθροιστική  $F(t) = st^{0.5} + At$



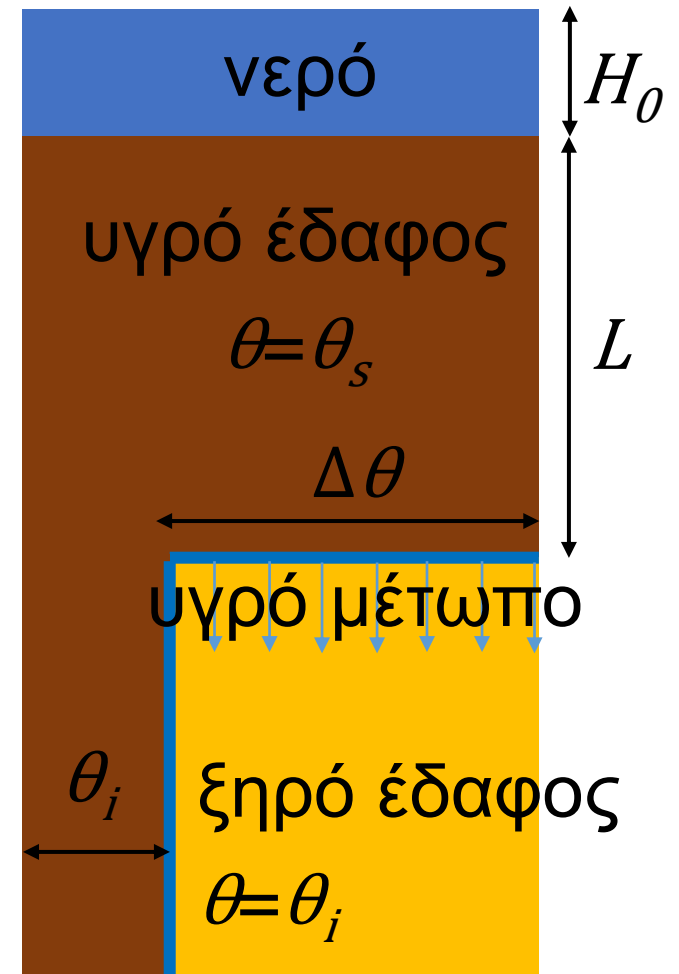
$f$	ικανότητα διήθησης [ $LT^{-1}$ ]
$F$	αθροιστική διήθηση [L]
$s$	απορροφητικότητα εδάφους
$A$	σταθερά (υδραυλικές ιδιότητες εδάφους)



# Green-Ampt

- Ρυθμός  $f(t) = K \left( 1 + \frac{S\Delta\theta}{F(t)} \right)$
- Αθροιστική  $F(t) = Kt + S\Delta\theta \ln \left( 1 + \frac{F(t)}{S\Delta\theta} \right)$

$f$	ικανότητα διήθησης [ $LT^{-1}$ ]
$F$	αθροιστική διήθηση [L]
$K$	υδραυλική αγωγιμότητα [ $LT^{-1}$ ]
$\Delta\theta$	αρχικό έλλειμμα υγρασίας (%)
$S$	τριχοειδής αναρρόφηση του υγρού μετώπου [L]



# Green-Ampt

Έδαφος	$\Delta\theta$ (-)	$S$ (cm)	$K$ (cm/h)
Άργιλος	0.385	31.63	0.03
Αργιλώδης πηλός	0.309	20.88	0.10
Ίλυο-πηλός	0.486	16.68	0.65
Αμμώδης πηλός	0.412	11.01	1.09
Άμμος	0.417	4.95	11.78

# Green-Ampt

- **Πλεονεκτήματα**
  - Ευρέως διαδεδομένο μοντέλο
  - Φυσική βάση
  - Μετρήσιμες παράμετροι
- **Μειονεκτήματα**
  - Περισσότερες παράμετροι
  - Βαθμονόμηση (?)
  - Πεπλεγμένη σχέση

# SCS

- Έμμεσος υπολογισμός διήθησης → υπολογισμός περισσεύματος βροχόπτωσης

$$h_R = \begin{cases} 0 & h_r \leq 0.2S \\ \frac{(h_r - 0.2S)^2}{h_r + 0.8S} & h_r > 0.2S \end{cases} \quad S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

$h_R$  περίσσευμα βροχής (mm)

$h_r$  βροχόπτωση (mm)

$S$  αποθηκευτικότητα λεκάνης (mm)

$CN$  αριθμός καμπύλης

# Curve Number

Έδαφος	Κατηγορία
Υψηλός ρυθμός διήθησης	A
Μέτριος ρυθμός διήθησης	B
Χαμηλός ρυθμός διήθησης	C
Πολύ μικρός ρυθμός διήθησης	D

Συνθήκες εδαφικής υγρασίας	Κατάσταση
Στεγνά εδάφη	I
Μέση κατάσταση	II
Σχεδόν κορεσμένο έδαφος	III

# Curve Number

Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type	Hydrologic condition	A	B	C	D
Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing. <sup>A</sup>	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
Meadow—continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay.	—	30	58	71	78
Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element. <sup>B</sup>	Poor	48	67	77	83
	Fair	35	56	70	77
	Good	30 <sup>C</sup>	48	65	73
Woods—grass combination (orchard or tree farm). <sup>D</sup>	Poor	57	73	82	86
	Fair	43	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Woods. <sup>E</sup>	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	30	55	70	77
Farmsteads—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots.	—	59	74	82	86

# Curve Number

Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
		A	B	C	D
Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.)	Poor condition (grass cover <50%)	68	79	86	89
	Fair condition (grass cover 50 to 75%)	49	69	79	84
	Good condition (grass cover >75%)	39	61	74	80
Impervious areas	Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right of way)	98	98	98	98
Streets and roads	Paved; curbs and storm sewers (excluding right-of-way)	98	98	98	98
	Paved; open ditches (including right-of-way)	83	89	92	93
	Gravel (including right of way)	76	85	89	91
	Dirt (including right-of-way)	72	82	87	89
Western desert urban areas	Natural desert landscaping (pervious area only)	63	77	85	88
	Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders)	96	96	96	96
Urban districts	Commercial and business (85% imp.)	89	92	94	95
	Industrial (72% imp.)	81	88	91	93
Residential districts by average lot size	1/8 acre or less (town houses) (65% imp.)	77	85	90	92
	1/4 acre (38% imp.)	61	75	83	87
	1/3 acre (30% imp.)	57	72	81	86
	1/2 acre (25% imp.)	54	70	80	85
	1 acre (20% imp.)	51	68	79	84
	2 acres (12% imp.)	46	65	77	82

# Υδατικό ισοζύγιο

- Αρχή διατήρησης μάζας → το ισοζύγιο σε έναν όγκο αναφοράς είναι μηδενικό
- Όγκος αναφοράς
  - Λεκάνη απορροής
  - Ταμιευτήρας
  - Υπόγειος υδροφόρας
  - ...
- Αναλόγως τον όγκο αναφοράς και τη χρονική κλίμακα αφαιρούμε διεργασίες από το ισοζύγιο



# Υδατικό ισοζύγιο

$$\frac{dS(t)}{dt} = I(t) - O(t)$$

*S* αποθήκευση

*I* εισροή

*O* εκροή

# Υδατικό ισοζύγιο

$$\frac{dS(t)}{dt} = I(t) - O(t) \longrightarrow \frac{\Delta S}{\Delta t} = \bar{I} - \bar{O}$$

*S* αποθήκευση

*I* εισροή

*O* εκροή

# Υδατικό ισοζύγιο

$$\frac{dS(t)}{dt} = I(t) - O(t) \longrightarrow \frac{\Delta S}{\Delta t} = \bar{I} - \bar{O} \longrightarrow \frac{S_2 - S_1}{\Delta t} = \frac{I_1 + I_2}{2} - \frac{O_1 + O_2}{2}$$

*S* αποθήκευση

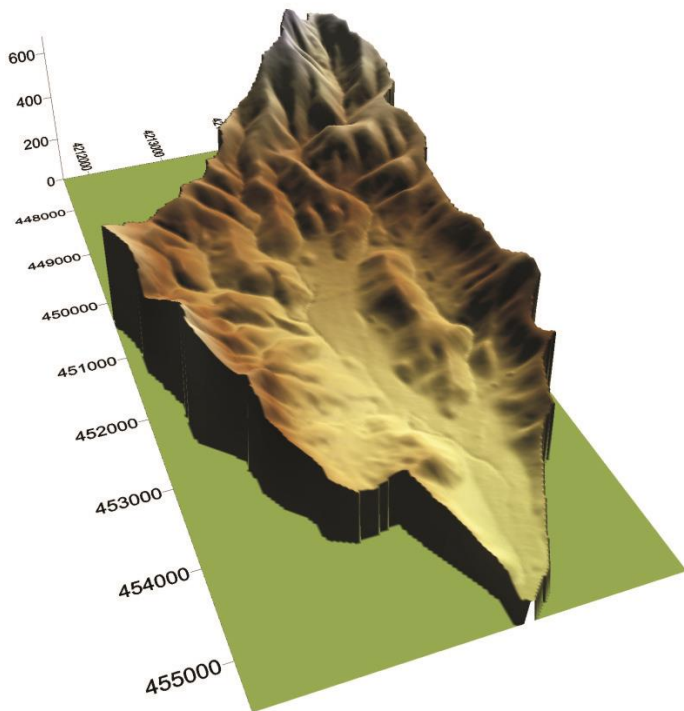
*I* εισροή

*O* εκροή

# Λεκάνη απορροής

- Μέτρηση εξάτμισης σε ετήσια βάση

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$

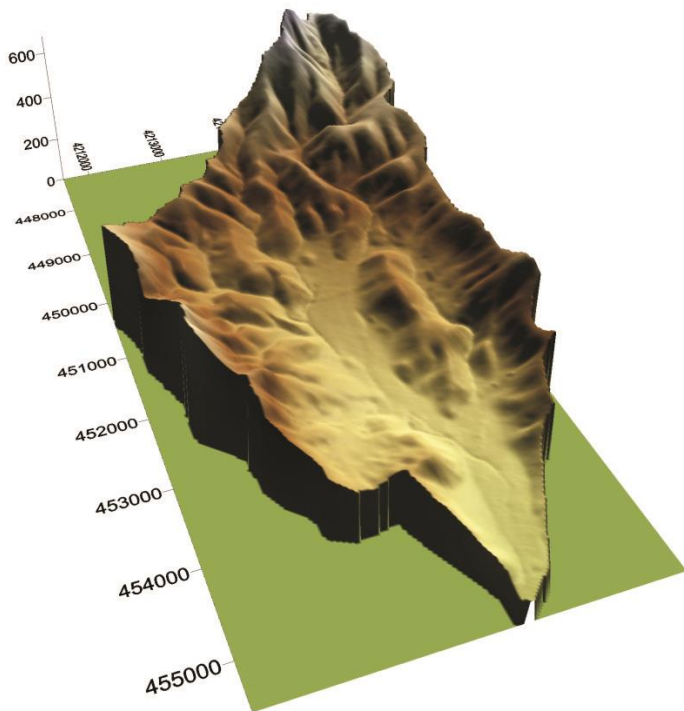


<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>R</i>	επιφανειακή ροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

# Λεκάνη απορροής

- Μέτρηση εξάτμισης σε ετήσια βάση

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$



<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>R</i>	επιφανειακή ροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

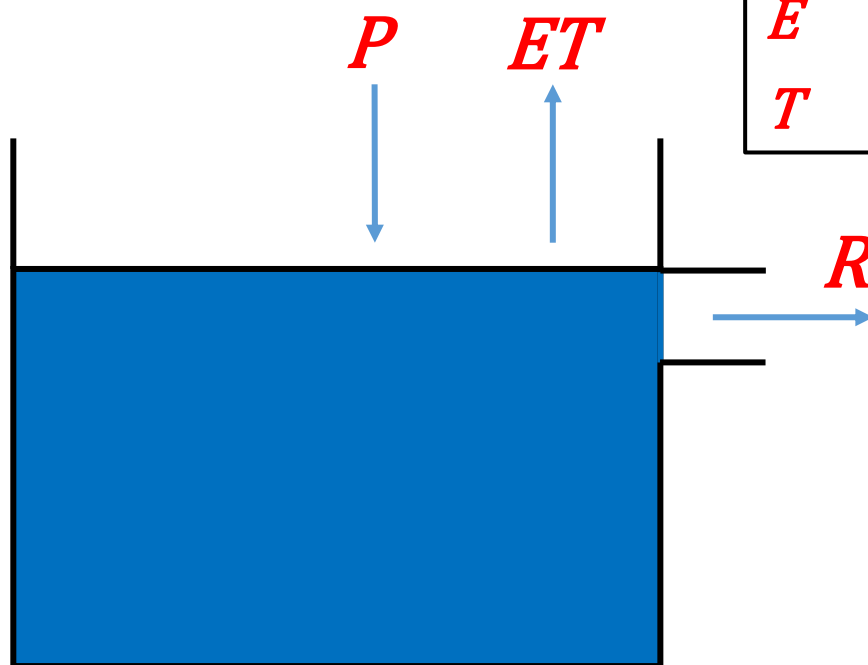
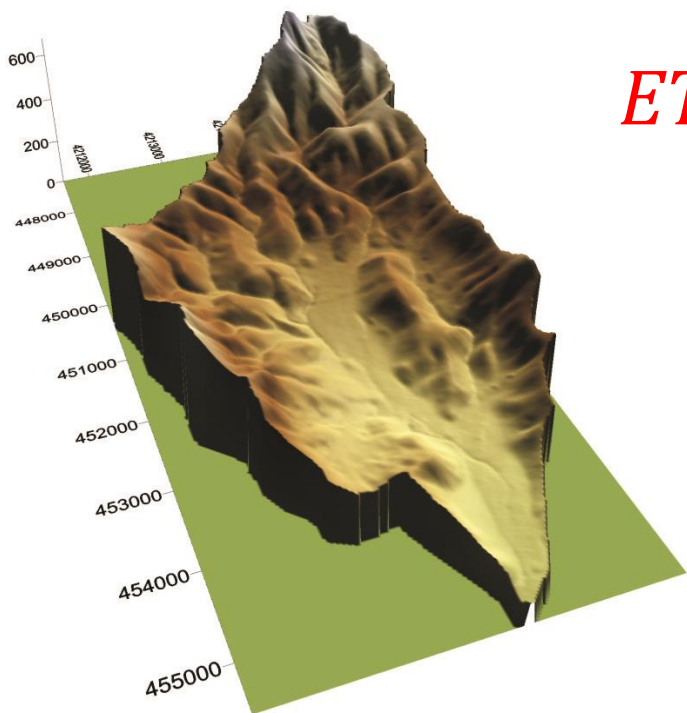
# Λεκάνη απορροής

- Μέτρηση εξάτμισης σε ετήσια βάση

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$

$$ET = P - R$$

<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>R</i>	επιφανειακή ροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή



# Ταμιευτήρας

- Μέτρηση εξάτμισης σε ετήσια βάση

$$\Delta S = P + Q - R - G - E - T$$

<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>Q</i>	εισροή
<i>R</i>	εκροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

# Ταμειευτήρας

- Μέτρηση εξάτμισης σε ετήσια βάση

$$\Delta S = P + Q - R - G - E - T$$

*A* απόληψη      *Υ* υπερχειλίση

<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>Q</i>	εισροή
<i>R</i>	εκροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή



# Ταμιευτήρας

- Μέτρηση εξάτμισης σε ετήσια βάση

$$\Delta S = P + Q - R - G - E - T$$

*A* απόληψη

*Y* υπερχείλιση

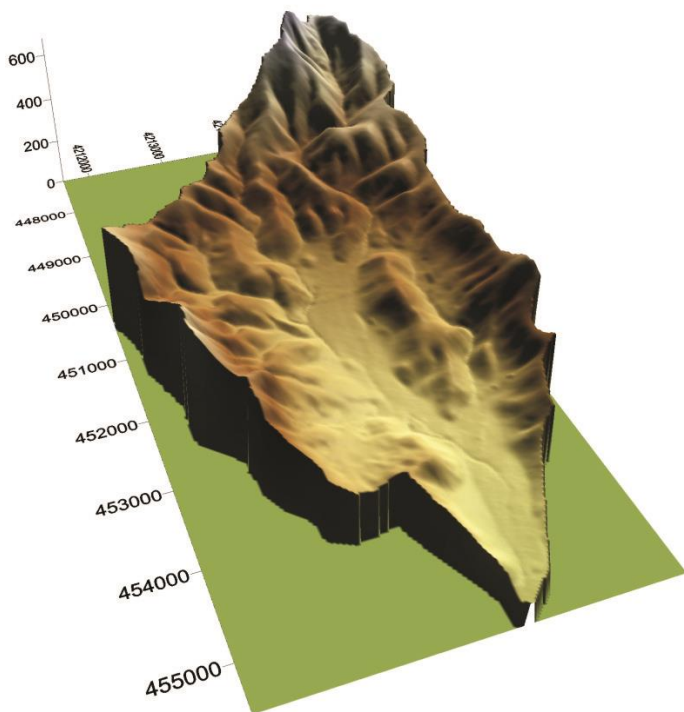
$$\Delta S = P + Q - A - Y - E - T$$

<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>Q</i>	εισροή
<i>R</i>	εκροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

# Λεκάνη απορροής

- Μέτρηση διήθησης σε πλημμυρικό γεγονός

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$

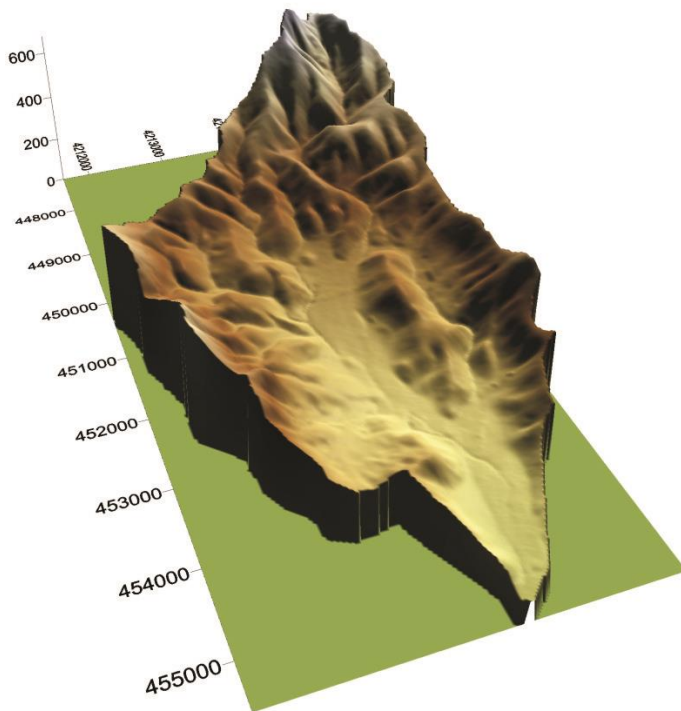


<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>R</i>	επιφανειακή ροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

# Λεκάνη απορροής

- Μέτρηση διήθησης σε πλημμυρικό γεγονός

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$



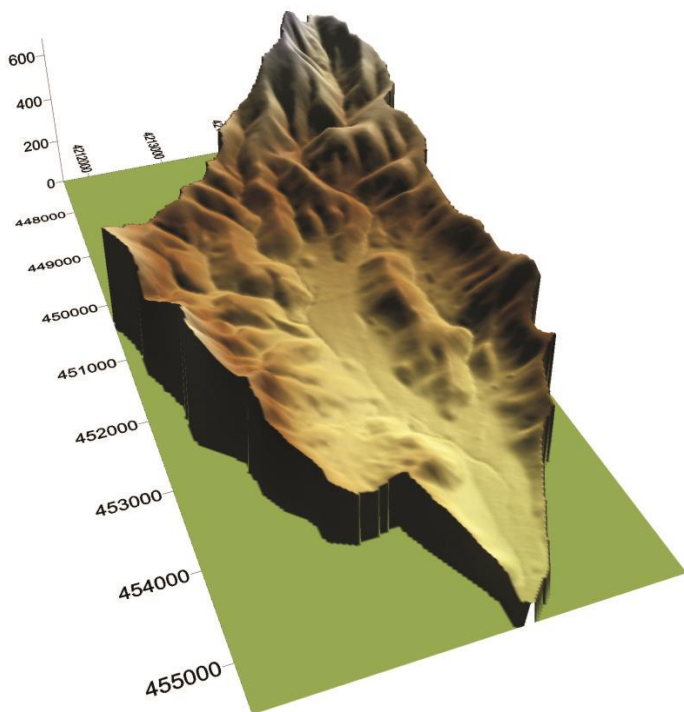
<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>R</i>	επιφανειακή ροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

# Λεκάνη απορροής

- Μέτρηση διήθησης σε πλημμυρικό γεγονός

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$

$$\Delta S = P - R$$



<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>R</i>	επιφανειακή ροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

# Άσκηση 1

- Λεκάνη απορροής με έκταση  $11 \text{ km}^2$  δέχεται επεισόδιο βροχής ύψους  $13 \text{ mm}$ . Πόσος όγκος νερού έπεσε;
- Από την ίδια λεκάνη απορρέει τριγωνικό υδρογράφημα με χρόνο ανόδου  $1.5 \text{ h}$ , χρόνο καθόδου  $2 \text{ h}$  και πλημμυρική αιχμή  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ . Πόσος όγκος νερού διηθείται;
- Η ίδια λεκάνη (η οποία καταλήγει σε λιμνοδεξαμενή με διαστάσεις  $1000 \times 1000 \text{ m}$ ) δέχεται σε ένα έτος  $800 \text{ mm}$  νερού, η μέση ετήσια εισροή στην λιμνοδεξαμενή είναι  $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ , ενώ η ετήσια απόληψη είναι  $3000000 \text{ m}^3$ . Αν στην αρχή του έτους η δεξαμενή έχει βάθος  $1 \text{ m}$  και στο τέλος του έτους  $3 \text{ m}$ , πόση ήταν η ετήσια εξατμισοδιαπνοή;

# Άσκηση 2

- **Λεκάνη απορροής  $12 \text{ km}^2$  δέχεται εξάωρο επεισόδιο βροχής με εντάσεις**
  - $t=1 \text{ h} \rightarrow 2.0 \text{ cm/h}$
  - $t=2 \text{ h} \rightarrow 3.0 \text{ cm/h}$
  - $t=3 \text{ h} \rightarrow 2.0 \text{ cm/h}$
  - $t=4 \text{ h} \rightarrow 1.5 \text{ cm/h}$
  - $t=5 \text{ h} \rightarrow 1.0 \text{ cm/h}$
  - $t=6 \text{ h} \rightarrow 0.0 \text{ cm/h}$
- **Οι παράμετροι της εξίσωσης Kostiakov είναι  $a=3.584 \text{ cm/h}$  και  $b=0.584$**
- **Οι παράμετροι της εξίσωσης Green-Ampt είναι  $K=1.09 \text{ cm/h}$ ,  $S=2.67 \text{ cm}$  και  $\Delta\theta=0.283$**
- **Να βρεθεί ο όγκος νερού που διηθείται και με τα δύο μοντέλα**

**Green-Ampt vs. Kostiakov**

# Άσκηση 3

Χρόνος (min)	Αθροιστική διήθηση (cm)
3	0.3340
5	0.4992
10	0.8324
15	1.1014
20	1.3437
25	1.5746
30	1.7975
35	2.0073
40	2.2120
45	2.4043
50	2.5910
55	2.7713
60	2.9458

- Να βρεθούν οι παράμετροι της εξίσωσης Kostiakov

$$F(t) = at^b$$

**Εκτίμηση παραμέτρων**

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) και «Τεχνική Υδρολογία» των Δ. Κουτσογιάννη και Θ. Ξανθόπουλου - 4<sup>η</sup> έκδοση (2016, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα).