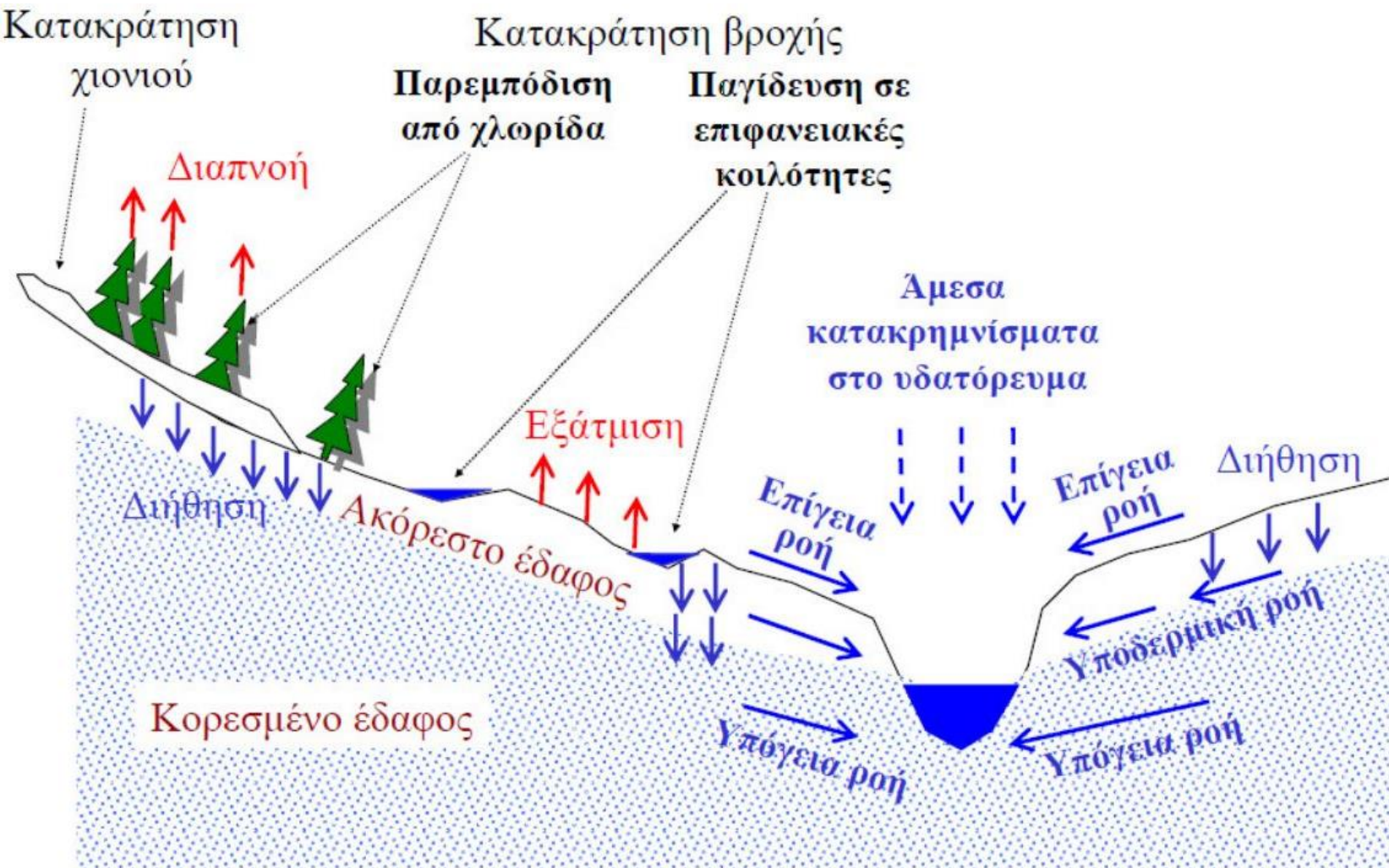


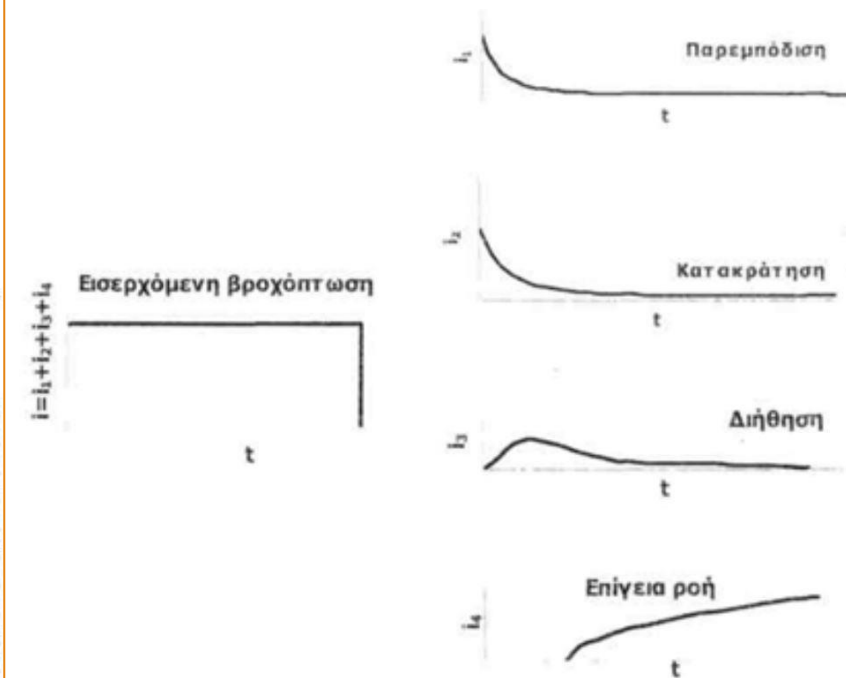
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Γενικά



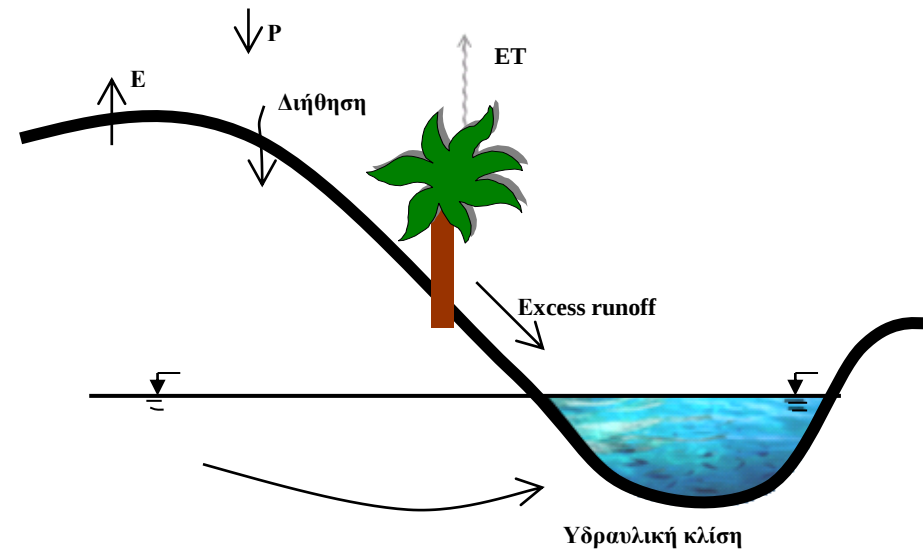
Διάκριση της εισερχόμενης βροχόπτωσης σε παρεμπόδιση, κατακράτηση, διήθηση και επιφανειακή απορροή:



Γενικά

Κατακράτηση: Παρεμπόδιση τμήματος της βροχής να φτάσει στο έδαφος (λόγω χλωρίδας) και επιφανειακή παγίδευση της επιφανειακής απορροής στις μικροκοιλότητες του τοπογραφικού αναγλύφου.

- Η ποσότητα που παρεμποδίζεται στη συνέχεια εξατμίζεται ή απορροφάται από τη χλωρίδα ή καταλήγει στο έδαφος.
- Αντίστοιχα, από την ποσότητα του νερού που έχει παγιδευτεί επιφανειακά ένα μέρος διηθείται στο έδαφος και το υπόλοιπο μέρος εξατμίζεται.



Γενικά

Διήθηση: Η φυσική διεργασία εισχώρησης νερού (από κατακρημνίσεις, άρδευση) στο έδαφος. Εξαρτάται από:

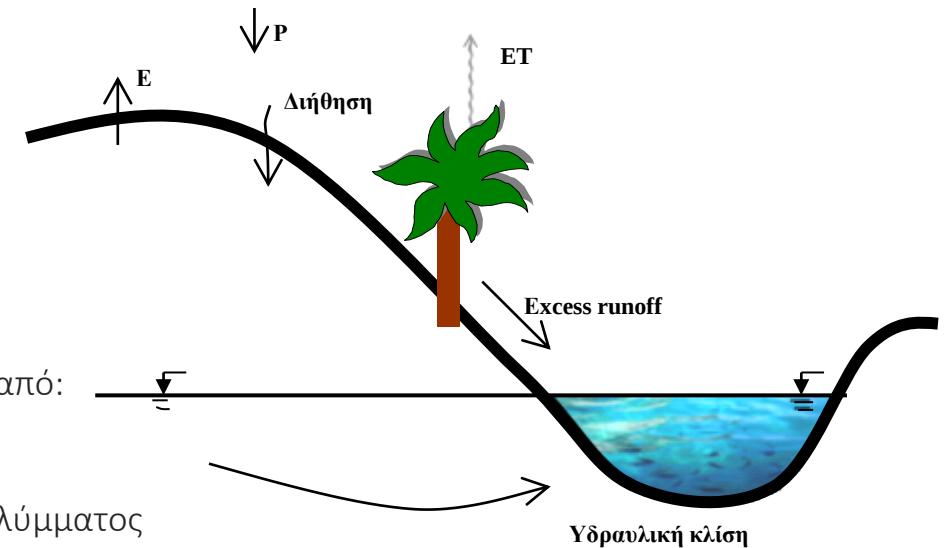
- Τη διαθεσιμότητα του νερού για διήθηση
- Τις ιδιότητες του εδάφους ως προς τη δυνατότητα κίνησης του νερού

Η διήθηση είναι σημαντική υδρολογική συνιστώσα αφού επηρεάζει:

- την επιφανειακή απορροή
- την εξατμισοδιαπνοή και κατά συνέπεια το βιολογικό κύκλο των φυτών
- την επαναφόρτιση των υδροφορέων
- τη μεταφορά διαλυμένων ουσιών στο έδαφος

Ο ρυθμός διήθησης μεταβάλλεται χωροχρονικά και εξαρτάται κατά σειρά προτεραιότητας από:

- Την ένταση και τη διάρκεια των βροχοπτώσεων
- Τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους και την κατάσταση του επιφανειακού εδαφικού καλύμματος
- Την παρουσία ή όχι χλωρίδας
- Την περιεκτικότητα σε υγρασία του επιφανειακού εδάφους στην αρχή της βροχής
- Τη θερμοκρασία
- Την ποιότητα του βρόχινου νερού



Ροή στην ακόρεστη ζώνη

Περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό (soil moisture content)

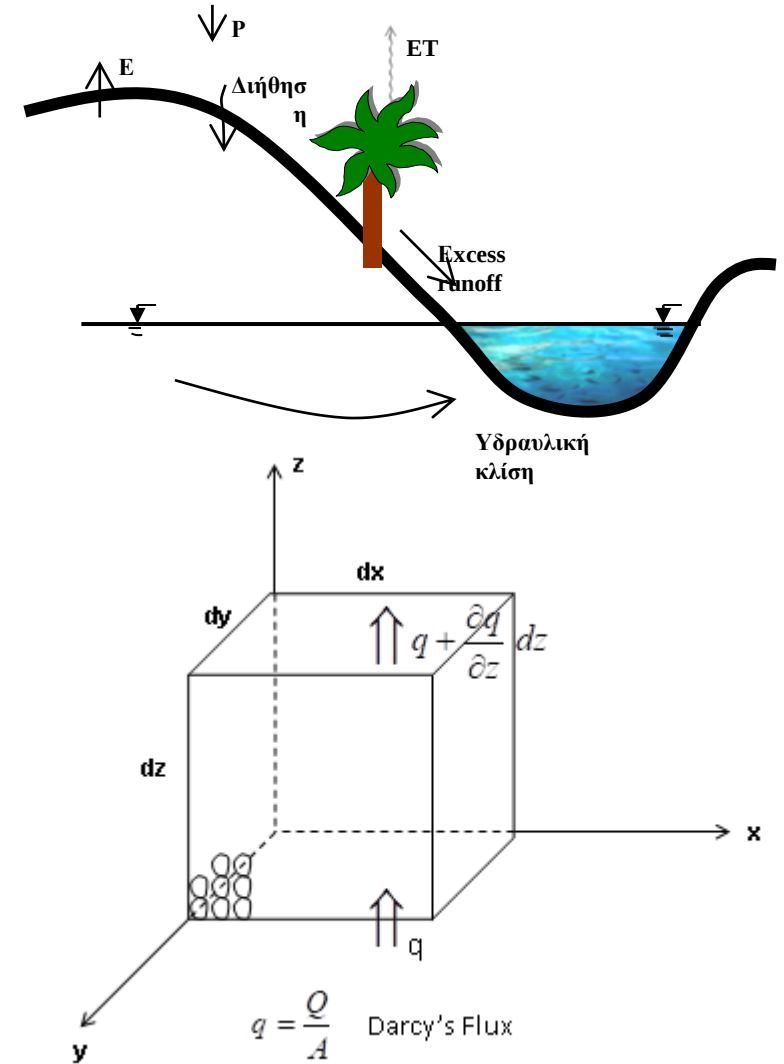
$$\Theta = \frac{V_{\text{νερού στο εδαφος}}}{V_{\text{ολικό}}} \text{ με } 0 \leq \Theta \leq n, \text{ όπου } n = \text{πορώδες}$$

$$V_{\text{νερού}} = \Theta \cdot dx \cdot dy \cdot dz$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = -\frac{\partial q}{\partial z} \text{ έχουμε } (-) \text{ διότι κανονικά το } q \downarrow$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial z} = 0 \rightarrow \text{Εξίσωση του Richard}$$

$$\text{Παροχή Darcy } q = -K \cdot \frac{\partial h}{\partial z}$$



Ροή στην ακόρεστη ζώνη

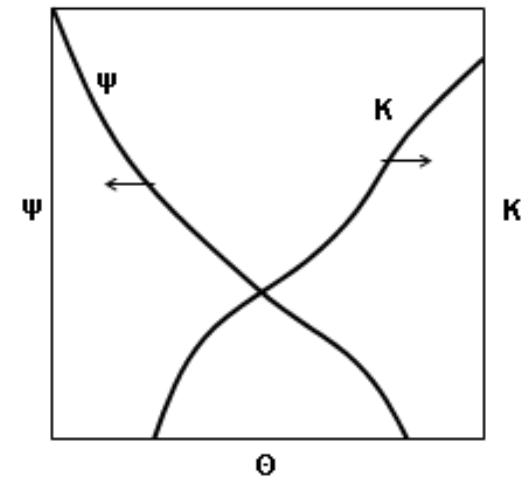
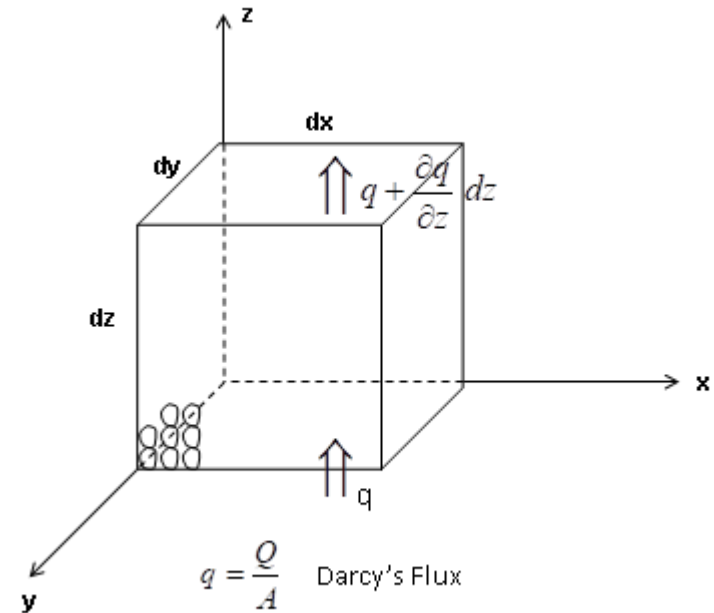
Επίσης, στην ακόρεστη ζώνη:

$$\begin{array}{ccccc}
 \mathbf{h} & = & \mathbf{\Psi} & + & \mathbf{z} \\
 \text{Ολικό ύψος νερού} & & \text{Suction head} & & \text{Gravity head} \\
 & & \text{Ύψος νερού λόγω} & & \text{Φορτίο βαρύτητας} \\
 & & \text{επιφανειακών τάσεων στις} & & \\
 & & \text{διαχωριστικές επιφάνειες} & &
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore q &= -K \cdot \frac{\partial(\Psi + z)}{\partial z} \\
 q &= -\left(K \cdot \frac{d\Psi}{d\theta} \cdot \frac{\partial\theta}{\partial z} + K\right) \\
 q &= -\left(D \cdot \frac{\partial\theta}{\partial z} + K\right)
 \end{aligned}$$

όπου D = συντελεστής εδαφικής διάχυσης, L^2/T

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \cdot \left(D \cdot \frac{\partial\theta}{\partial z} + K\right) \rightarrow \text{Τελική μορφή της εξίσωσης του RICHARD για ακόρεστα εδάφη}$$



Διήθηση

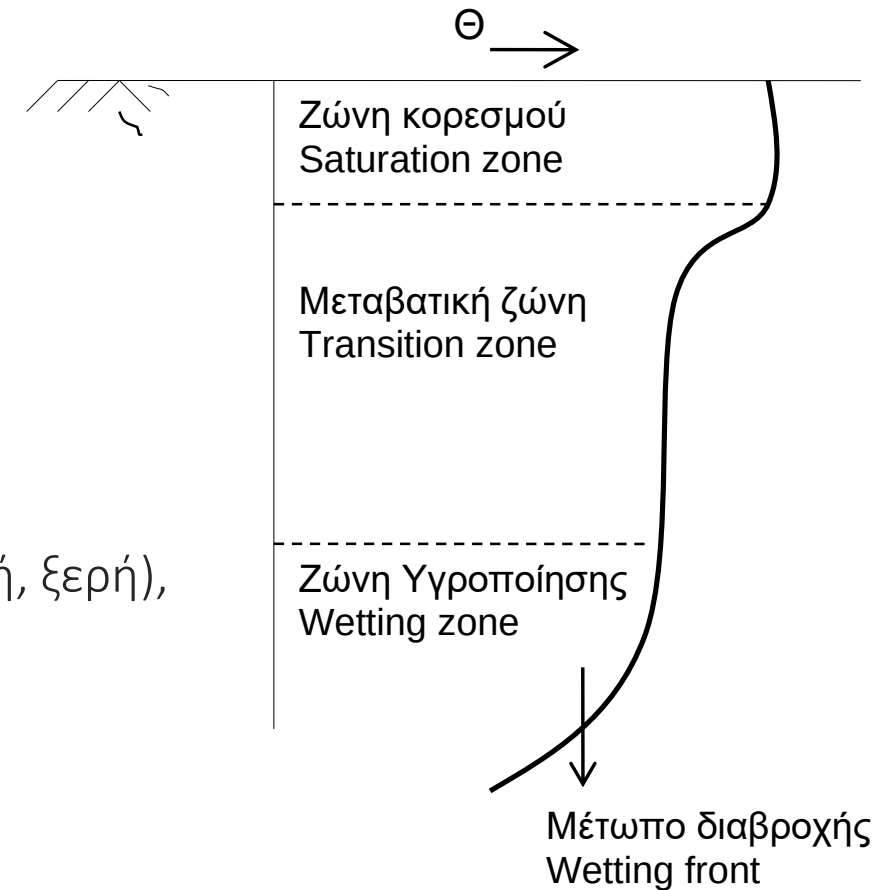
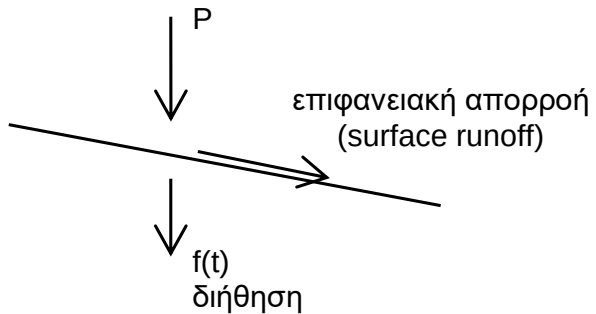
Ταχύτητα διήθησης = f

Αθροιστική διήθηση:

$$F(t) = \int_0^t f(t) \cdot dt$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$

Ταχύτητα διήθησης = f (επιφάνεια εδάφους (κλίση), κατάσταση (υγρή, ξερή), βλάστηση, ιδιότητες εδάφους n , K , Θ , εδαφικοί ορίζοντες, $O A B C$)



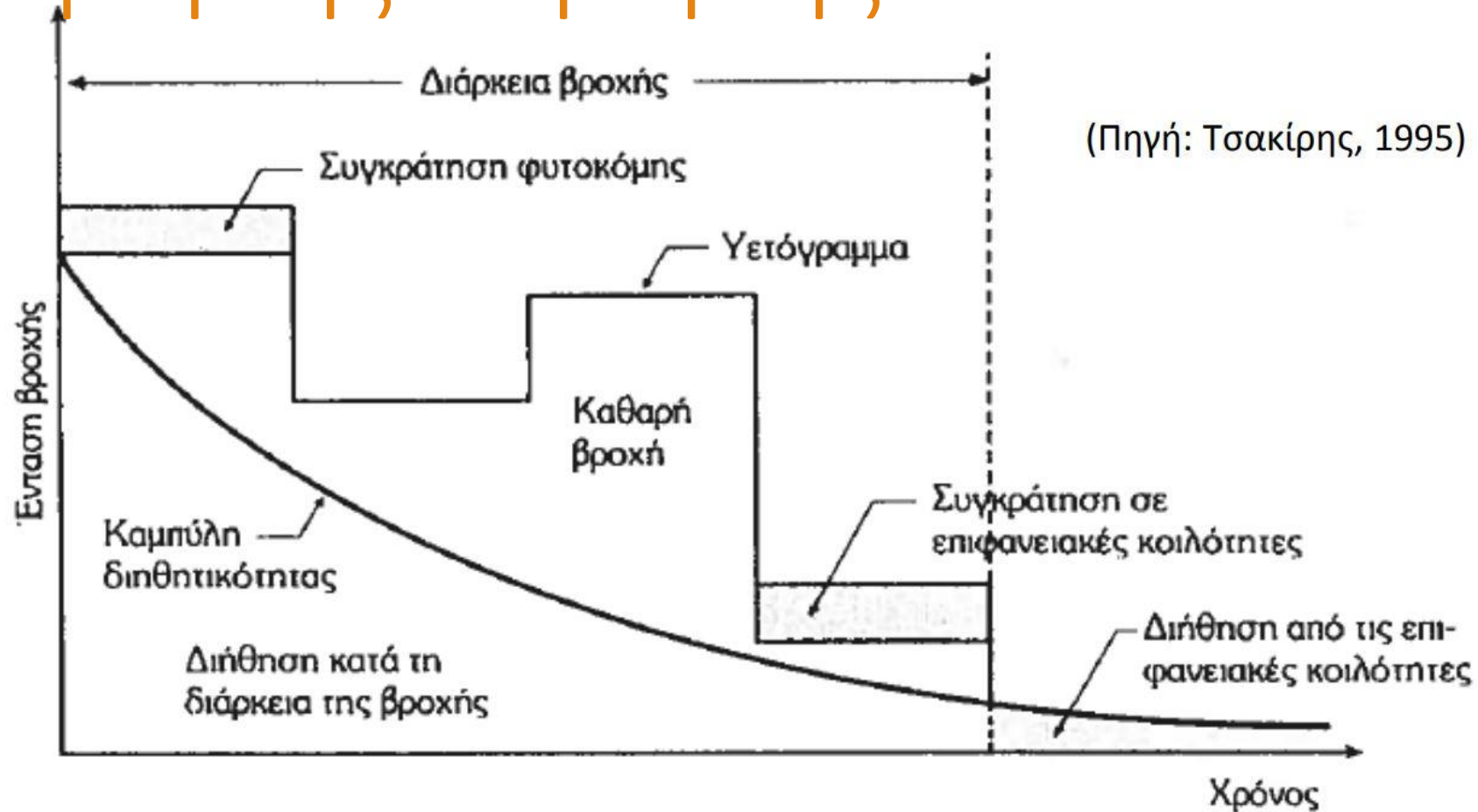
Εκτίμηση της διήθησης

Ο μηχανισμός διήθησης είναι σχεδόν πλήρως κατανοητός.

Η ποσοτική όμως εκτίμηση της διήθησης δεν είναι τόσο ακριβής.

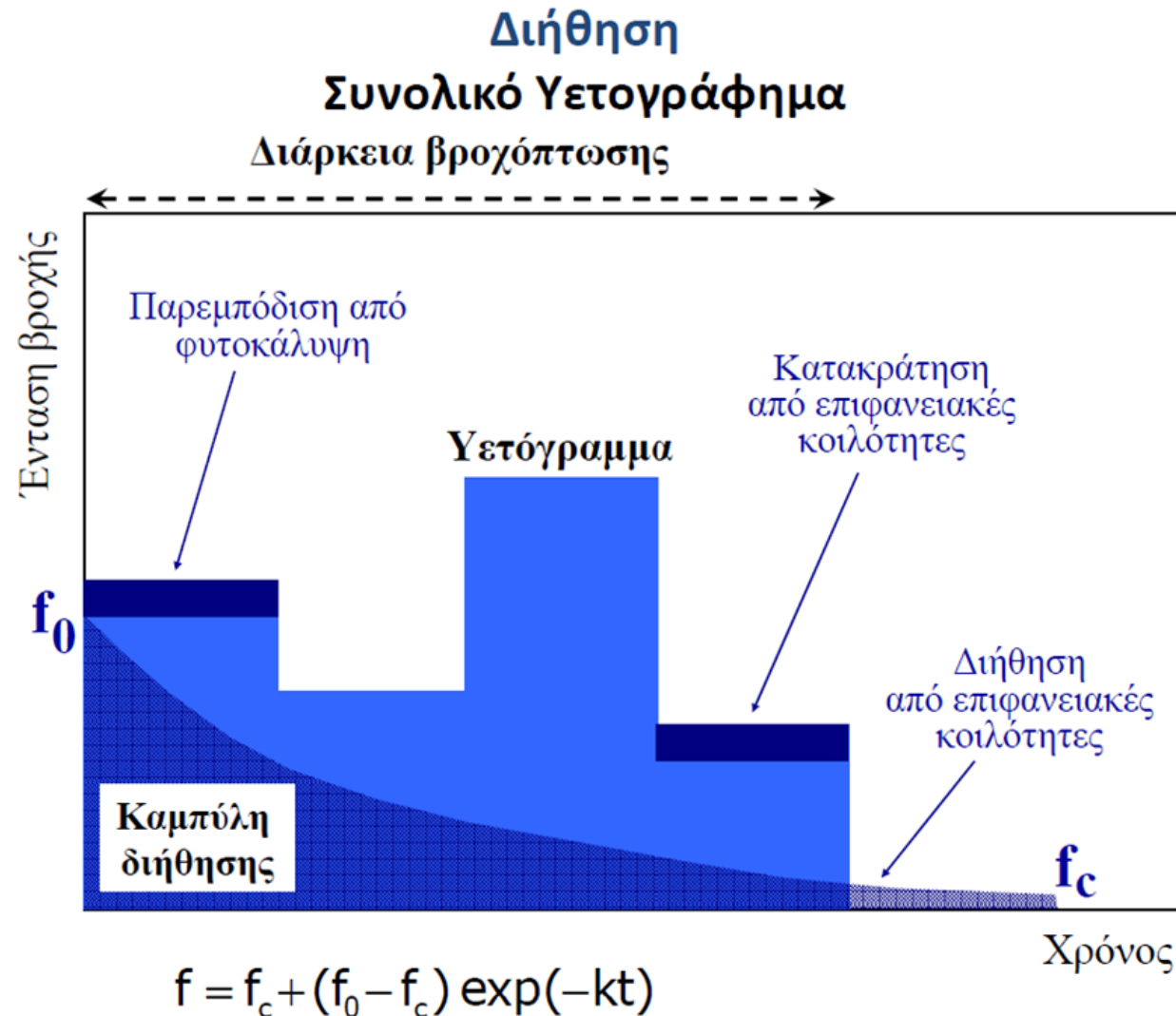
- Μεθοδολογίες ποσοτικής προσέγγισης της διήθησης:
 - Μετρήσεις με διηθησόμετρα (μόνο σημειακές)
 - Από το υδρολογικό ισοζύγιο των υπόγειων υδροφορέων (δύσκολα γνωστές οι υπόλοιπες συνιστώσες)
- Ημι-εμπειρικές αναλυτικές σχέσεις (δύσκολα προσδιοριζόμενες παραμέτρους) [π.χ. μοντέλο Horton]
- Θεωρητικές προσεγγίσεις (διαφορικές εξισώσεις) [π.χ. Μοντέλο Green – Ampt]

Εκτίμηση της διήθησης

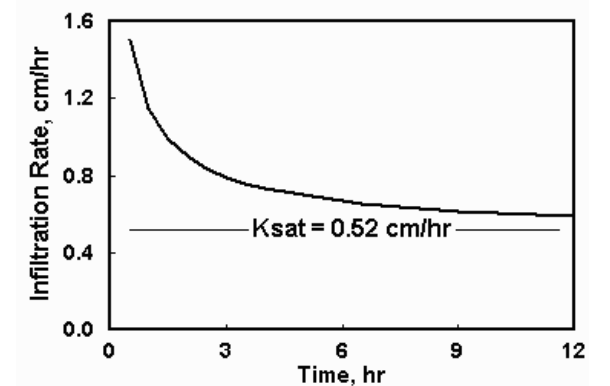
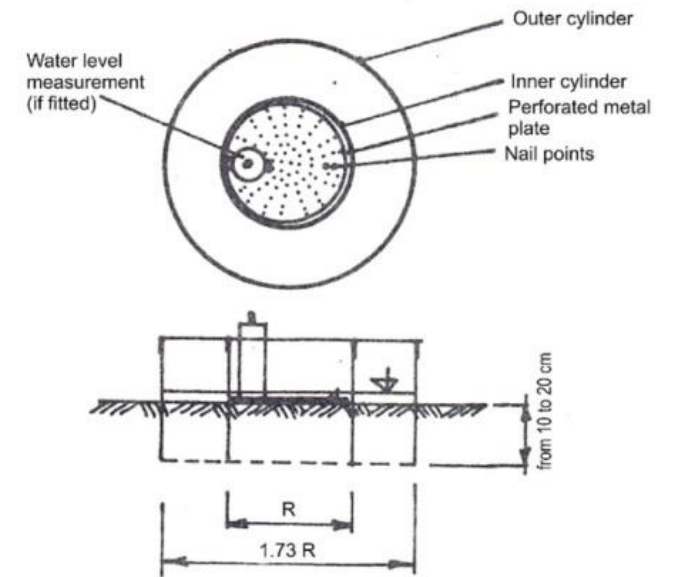
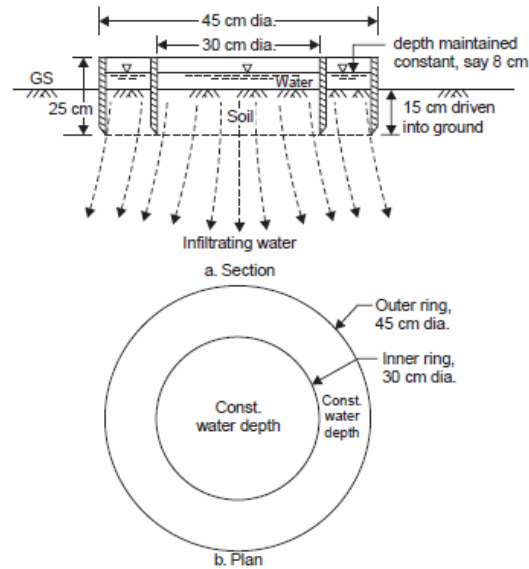
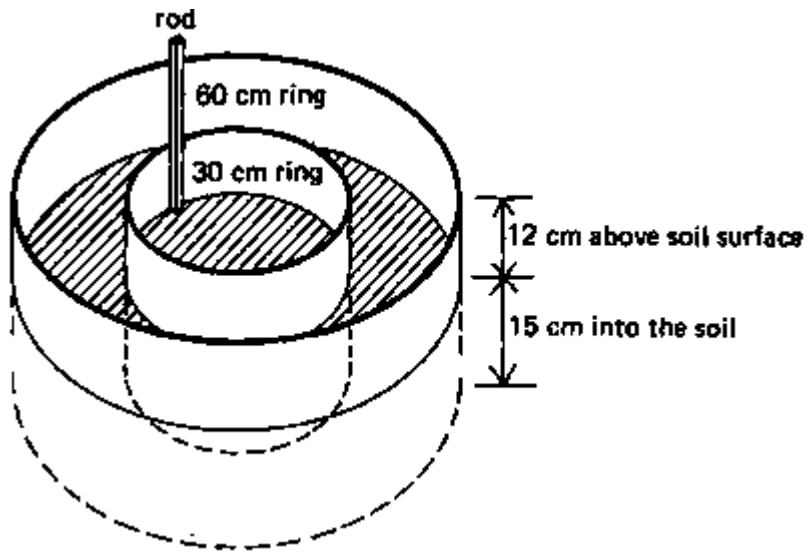


Τυπικό υετόγραμμα (υετογράφημα) και οι επιμέρους ποσότητες νερού. Όπως φαίνεται στο σχήμα η καθαρή βροχή προκύπτει ως το τμήμα της βροχής μετά την αφαίρεση των διαφόρων απωλειών (Συγκράτηση φυτοκόμης, συγκράτηση σε επιφανειακές κοιλότητες και διήθηση).

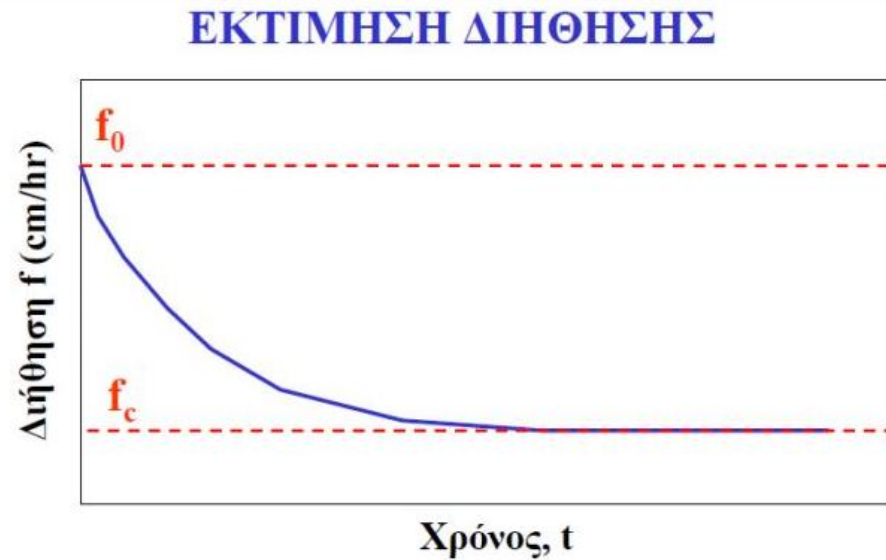
Εκτίμηση της διήθησης



Μετρήσεις διήθησης



Εκτίμηση της διήθησης – Horton (1933)

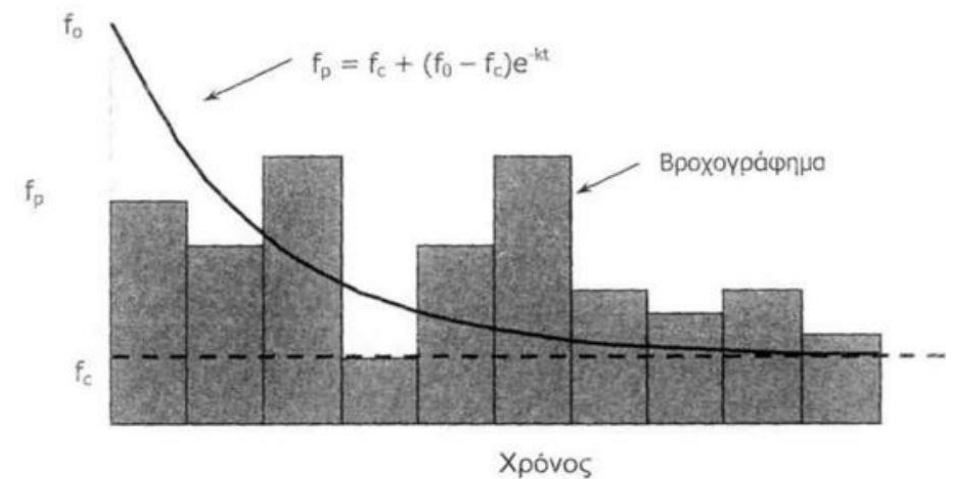
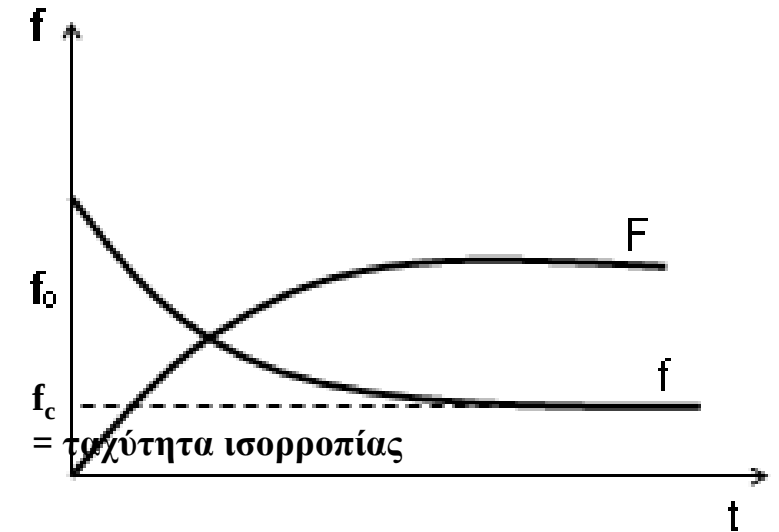


Horton

$$f = f_c + (f_0 - f_c) * e^{-kt}$$

όπου
 f διήθηση (cm/hr)
 f_0 αρχική διήθηση (cm/hr)
 f_c τελική διήθηση (cm/hr)
 k παράμετρος
 t χρόνος

$$f - f_c = (f_0 - f_c) * e^{-kt} \Rightarrow \ln(f - f_c) = \ln(f_0 - f_c) - k * t$$



Σχήμα 4.2 Η καμπύλη διήθησης Horton και το βροχογράφημα

Εκτίμηση της διήθησης – PHILIP (1957)

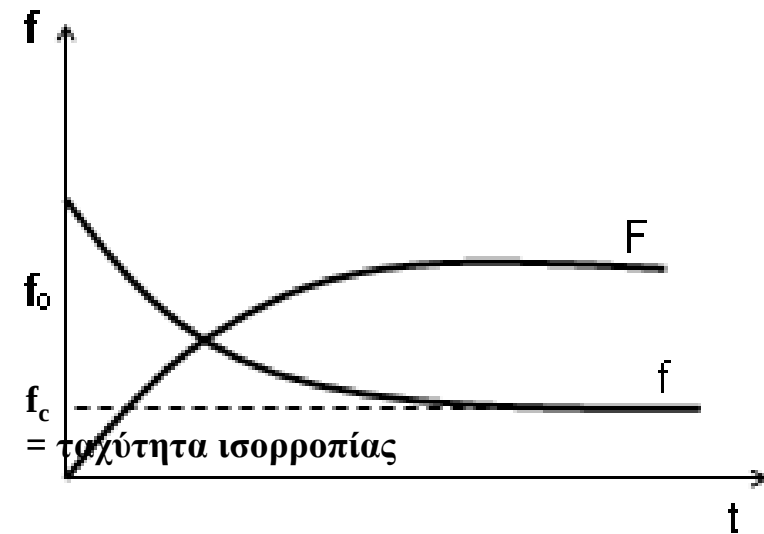
Αθροιστική διήθηση: $F(t) = S \cdot t^{\frac{1}{2}} + K \cdot t$

Ταχύτητα διήθησης: $f(t) = \underbrace{\frac{1}{2} \cdot S \cdot t^{\frac{1}{2}}}_{\text{suction head}} + \underbrace{K}_{\text{βαρύτητα}}$

S = απορροφητικότητα

K = υδραυλική αγωγιμότητα

Για οριζόντιες στήλες: $f(t) = \frac{1}{2} \cdot S \cdot t^{\frac{1}{2}}$



Παράδειγμα

Στήλη $A = 40 \text{ cm}^2$ και $K = 0,4 \text{ cm/hr}$

Οριζόντια διάταξη $\Rightarrow 100 \text{ cm}^3$ νερού διηθήθηκαν σε 15 min

Κάθετη διάταξη $\Rightarrow F(t) = ?$ σε 30 min

Εκτίμηση της διήθησης – PHILIP (1957)

Παράδειγμα

Στήλη $A = 40 \text{ cm}^2$ και $K = 0,4 \text{ cm/hr}$

Οριζόντια διάταξη $\Rightarrow 100 \text{ cm}^3$ νερού διηθήθηκαν σε 15 min

Κάθετη διάταξη $\Rightarrow F(t) = ?$ σε 30 min

$$\text{Οριζόντια: } F = \frac{100 \text{ cm}^3}{40 \text{ cm}^2} = 2,5 \text{ cm}$$

$$t = 15 \text{ min} = 0,25 \text{ hr}$$

$$F = S \cdot t^{\frac{1}{2}} \Rightarrow S = 5 \text{ cm}/\sqrt{\text{hr}}$$

$$\text{Κάθετη: } t = 30 \text{ min} = 0,5 \text{ hr}$$

$$F(t) = S \cdot t^{\frac{1}{2}} + K \cdot t \Rightarrow 5 \cdot 0,5^{\frac{1}{2}} + 0,4 \cdot 0,5 = 3,74 \text{ cm}$$

Εκτίμηση της διήθησης – άλλες μέθοδοι

Holtan

$$f = a * F_p^n + f_c$$

$$F_p = n * h - F$$

όπου

f διήθηση (cm/hr)

F_p διαθέσιμη αποθήκευση

f_c τελική διήθηση (cm/hr)

n παράμετρος

n πορώδες

h βάθος εδάφους

F αθροιστική διήθηση (cm)

$$f - f_c = a * F_p^n \Rightarrow \ln(f - f_c) = \ln a + n * \ln F_p$$

Kostiakov

$$F = a * t^b$$

$$\ln F = \ln a + b \ln t$$

όπου

F αθροιστική διήθηση (cm)

f_c τελική διήθηση (cm/hr)

a, b παράμετροι

t χρόνος

Εκτίμηση της διήθησης – Green – Ampt (1911)

Ταχύτητα διήθησης: $f = K \cdot \left(\frac{\Psi \cdot \Delta\theta}{F(t)} + 1 \right)$

Αθροιστική διήθηση $F(t) = K \cdot t + \Psi \cdot \Delta\theta \cdot \ln \left(1 + \frac{F(t)}{\Psi \cdot \Delta\theta} \right)$

Παράμετροι: K = υδραυλική αγωγιμότητα

n = πορώδες

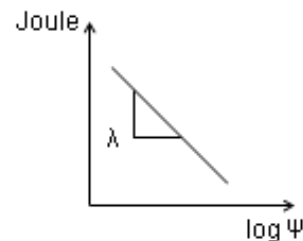
Ψ = suction head στο μέτωπο διαβροχής

$f(\theta) = \text{ύψος λόγω τάσεων επιφανείας}$

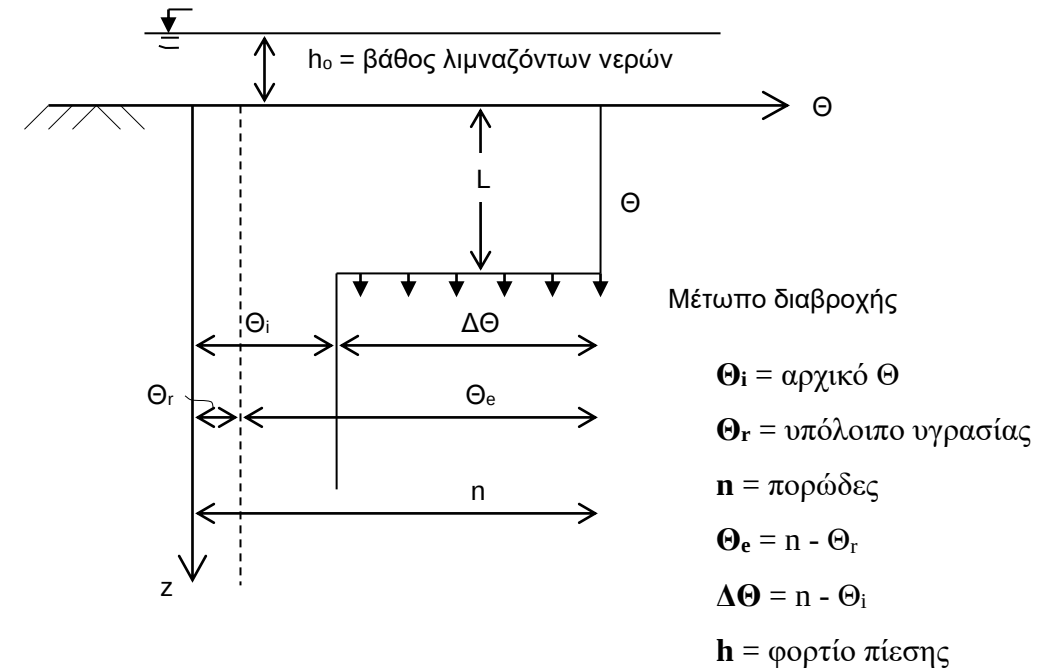
Σχέση Brooks – Corey: $S_e = \frac{\theta - \theta_r}{n - \theta_r}$ *effective saturation*

$$S_e = \left[\frac{\psi_1}{\psi} \right]^\lambda$$

$$\Delta\theta = (1 - S_e) \cdot \theta_e$$



Ψ, λ = σταθερές από πειράματα στράγγισης



Σχήμα 4.3. Σκαρίφημα της θεωρίας του μοντέλου Green - Ampt

Εκτίμηση της διήθησης – Green – Ampt (1911)

Παράδειγμα:

Compute F and f for $t = 1\text{hr}$ given the data:

$$\Theta_e = 0.486$$

$$\Psi = 16.7 \text{ cm}$$

$$K = 0.65 \text{ cm/hr}$$

$$S_e = 0.3$$

$$F(t) = K \cdot t + \Psi \cdot \Delta\Theta \cdot \ln\left(1 + \frac{F(t)}{\Psi \cdot \Delta\Theta}\right)$$

$$\Delta\Theta = (1 - S_e) \cdot \Theta_e = (1 - 0.3) \cdot 0.486 = 0.340$$

$$\Psi \cdot \Delta\Theta = 16.7 \cdot 0.340 = 5.68 \text{ cm}$$

$$F(t) = 0.65 \cdot 1 + 5.68 \cdot \ln\left(1 + \frac{F(t)}{5.68}\right)$$

Assume $F(t) = K \cdot t = 0.65 \text{ cm}$

Συνεπώς:

$$\mathbf{F(t) = 3.17 \text{ cm}}$$

$$f = K \cdot \left(\frac{\Psi \cdot \Delta\Theta}{F} + 1\right) = 0.65 \cdot \left(\frac{5.68}{3.17} + 1\right) = 1.81 \text{ cm/hr}$$

	F(t)	RHS
1	0,65	1,27
2	1,27	1,80
3	1,80	2,21
4	2,21	2,52
5	2,52	2,74
6	2,74	2,89
7	2,89	2,99
8	2,99	3,05
9	3,05	3,09
10	3,09	3,11
11	3,11	3,13
12	3,13	3,14
13	3,14	3,15
14	3,15	3,156
15	3,156	3,16
16	3,16	3,162
17	3,162	3,164
18	3,164	3,165
19	3,165	3,1657
20	3,1657	3,1661

	n	Θ_e	Ψ (cm)	K(cm/hr)
Άμμος – Sand	0,437	0,417	4,95	11,78
Πηλός – Loam	0,463	0,434	8,89	0,34
Ιλύς – Silt	0,471	0,432	27,30	0,10
Άργιλος -Clay	0,475	0,382	31,63	0,03

Εκτίμηση της διήθησης – Green – Ampt (1911) (2 layer)

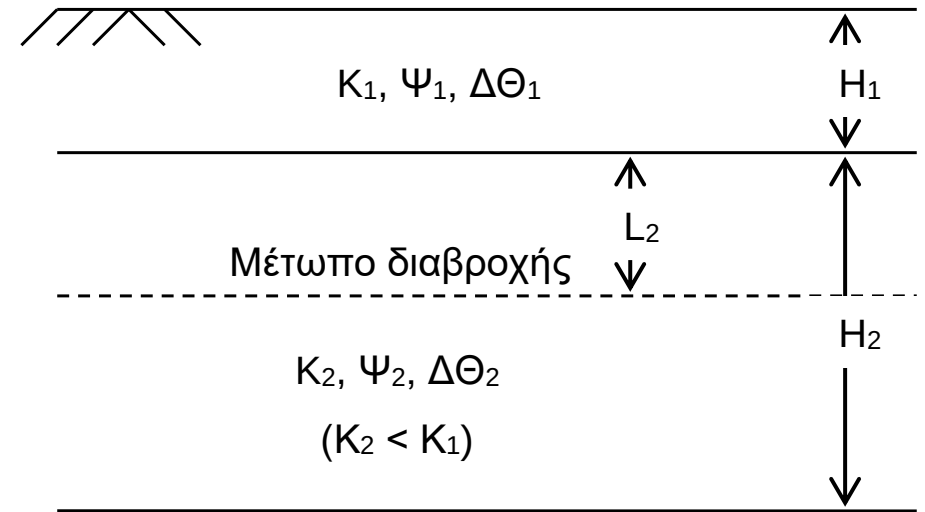
Τμήμα 2: $f_2 = \frac{K_1 \cdot K_2}{H_1 \cdot K_2 + L_2 \cdot K_1} \cdot (\Psi_2 + H_1 + L_2)$

$$F_2 = H_1 \cdot \Delta\theta_1 + L_2 \cdot \Delta\theta_2$$

$$L_2 \cdot \frac{\Delta\theta_2}{K_2} + \frac{1}{K_1 \cdot K_2} \cdot [\Delta\theta_2 \cdot H_1 \cdot K_2 - \Delta\theta_2 \cdot K_1 \cdot (\Psi_2 + H_1)] \cdot \ln \left[1 + \frac{L_2}{\Psi_2 + H_1} \right] = t$$

Τμήμα 1: $f_1 = K_1 \cdot \left(\frac{\Psi_1 \cdot \Delta\theta_1}{F_1} + 1 \right)$

$$F_1 = K_1 \cdot t + \Psi_1 \cdot \Delta\theta_1 \cdot \ln \left(1 + \frac{F_1}{\Psi_1 \cdot \Delta\theta_1} \right)$$



Pending time

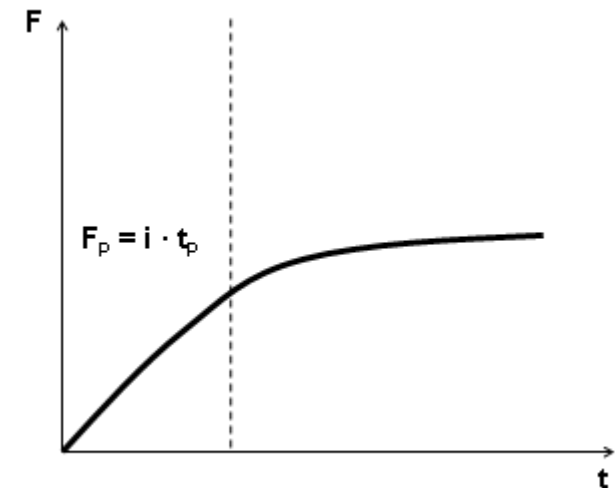
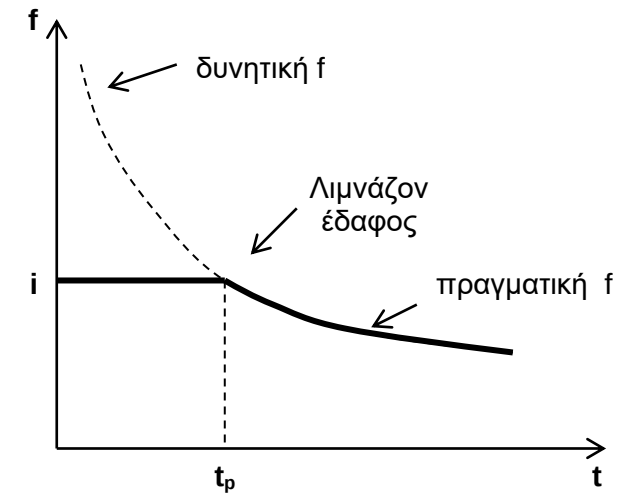
• $t < t_p \rightarrow i < f \rightarrow$ όλη η βροχόπτωση διηθείται

• $t > t_p \rightarrow i > f \rightarrow f = K \cdot \left(\frac{\Psi \cdot \Delta \Theta}{F} + 1 \right)$

• $f = i$ και $F = i \cdot t_p \rightarrow i = K \cdot \left(\frac{\Psi \cdot \Delta \Theta}{i \cdot t_p} + 1 \right)$

$$\therefore t_p = \left(\frac{K \cdot \Psi \cdot \Delta \Theta}{i \cdot (i - K)} \right)$$

• For $t > t_p \rightarrow F - F_p - \Psi \cdot \Delta \Theta \cdot \ln \left[\frac{\Psi \cdot \Delta \Theta + F}{\Psi \cdot \Delta \Theta + F_p} \right] = K \cdot (t - t_p)$
και $f = K \cdot \left(\frac{\Psi \cdot \Delta \Theta}{F} + 1 \right)$



Example 1

Compute t_p and F_p from previous example for: $i = 1 \text{ cm/hr}$ and $i = 5 \text{ cm/hr}$

$$\frac{\Psi \cdot \Delta\theta}{K} = 5,68$$

$$K = 0,65 \text{ cm/hr}$$

a) $i = 1 \text{ cm/hr}$

$$t_p = \frac{0,65 \cdot 5,68}{1 \cdot (1 - 0,65)} = 10,5 \text{ hr}$$

$$F_p = i \cdot t_p = 1 \cdot 10,5 = 10,5 \text{ cm}$$

b) $i = 5 \text{ cm/hr}$

$$t_p = \frac{0,65 \cdot 5,68}{5 \cdot (5 - 0,65)} = 0,17 \text{ hr} = 10 \text{ min}$$

$$F_p = i \cdot t_p = 5 \cdot 0,17 = 0,85 \text{ cm}$$

in both cases $f = i$ at ponding

Η πραγματική διήθηση μετά τη συγκέντρωση (ponding): $F - F_p - \Psi \cdot \Delta\theta \cdot \ln \left[\frac{\Psi \cdot \Delta\theta + F}{\Psi \cdot \Delta\theta + F_p} \right] = K \cdot (t - t_p)$

$$\text{Και} \quad f = K \cdot \left(\frac{\Psi \cdot \Delta\theta}{F} + 1 \right)$$

Example 2

Calculate f and F after 1 hr for $i = 5 \text{ cm/hr}$

$$\Psi \cdot \Delta \theta = 5,68 \text{ cm}$$

$$K = 0,65 \text{ cm/hr}$$

$$S_e = 0,3$$

$$t_p = 0,17 \text{ hr}$$

$$F_p = 0,85 \text{ cm}$$

$$F - F_p - \Psi \cdot \Delta \theta \cdot \ln \left[\frac{\Psi \cdot \Delta \theta + F}{\Psi \cdot \Delta \theta + F_p} \right] = K \cdot (t - t_p) \Rightarrow$$

$$F - 0,85 - 5,68 \cdot \ln \left[\frac{5,68 + F}{5,68 + 0,85} \right] = 0,65 \cdot (1 - 0,17)$$

$$F = 3,02 \text{ cm}$$

$$f = K \cdot \left(\frac{\Psi \cdot \Delta \theta}{F} + 1 \right) \Rightarrow$$

$$f = 0,65 \cdot \left(\frac{5,68}{3,02} + 1 \right)$$

$$f = 1,87 \text{ cm/hr}$$

Ποσοτική προσέγγιση της διήθησης

Εξισώσεις για τον υπολογισμό του χρόνου και της διήθησης μετά τη συγκέντρωση του νερού

Equation.	Variable calculated	Green-Ampt equation	Horton's equation	Phillip's equation
(1)	Potential infiltration rate as a function of time	Solve for F from (2) then use (6).	$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$	$f = \frac{1}{2}St^{-1/2} + K$
(2)	Potential cumulative infiltration as a function of time	$F - \psi\Delta\theta \ln \left(1 + \frac{F}{\psi\Delta\theta}\right) = Kt$	$F = f_c t + \frac{f_0 - f_c}{k}(1 - e^{-kt})$	$F = St^{1/2} + Kt$
(3)	Ponding time under constant rainfall intensity i	$t_p = \frac{K\psi\Delta\theta}{i(i - K)}$ ($i > K$)	$t_p = \frac{1}{ik} \left[f_0 - i + f_c \ln \left(\frac{f_0 - f_c}{i - f_c} \right) \right]$ ($f_c < i < f_0$)	$t_p = \frac{S^2(i - K/2)}{2i(i - K)^2}$ ($i > K$)
(4)	Equivalent time origin for potential infiltration after ponding	$t_0 = t_p - \frac{1}{K} \left[F_p - \psi\Delta\theta \ln \left(1 + \frac{\psi\Delta\theta}{F_p}\right) \right]$	$t_0 = t_p - \frac{1}{k} \ln \left(\frac{f_0 - f_c}{i - f_c} \right)$	$t_0 = t_p - \frac{1}{4K^2} \left(\sqrt{S^2 + 4KF_p} - S \right)^2$
(5)	Cumulative infiltration after ponding	$F - F_p - \psi\Delta\theta \ln \left(\frac{\psi\Delta\theta + F}{\psi\Delta\theta + F_p} \right) = K(t - t_p)$	Substitute $(t - t_0)$ for t in (2).	Substitute $(t - t_0)$ for t in (2).
(6)	Infiltration rate after ponding	$f = K \left(\frac{\psi\Delta\theta}{F} + 1 \right)$	Substitute $(t - t_0)$ for t in (1).	Substitute $(t - t_0)$ for t in (1).

Εκτίμηση του περισσεύματος βροχής με τη μέθοδο SCS

- Η υπηρεσία Soil Conservation Service των ΗΠΑ παρουσίασε μια μέθοδο υπολογισμού του ύψους περισσεύματος της βροχής από μια δεδομένη βροχή με τη βοήθεια τριών μεταβλητών:
 1. του ύψους βροχής,
 2. της αρχικής κατάστασης υγρασίας του εδάφους και
 3. του υδρολογικού συμπλόκου εδάφους - καλύμματος (SCS, 1972).
- Η μέθοδος της SCS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του περισσεύματος της βροχής ή την εκτίμηση της συνολικής άμεσης απορροής που προήλθε από βροχή συγκεκριμένης διάρκειας (π.χ. βροχή 24-ώρου).

Εκτίμηση του περισσεύματος βροχής με τη μέθοδο SCS

- Σύμφωνα με τη μέθοδο SCS έγινε η εκτίμηση ότι οι αρχικές απώλειες (συγκράτησης και εξάτμισης) είναι 20% των συνολικών απωλειών, δηλαδή της διαφοράς μεταξύ βροχής (h) και περισσεύματος βροχής – ενεργού ύψους βροχής (h_e)

$$h_e = \begin{cases} 0, & h \leq 0.2S \\ \frac{(h - 0.2S)^2}{h + 0.8S}, & h > 0.2S \end{cases}$$

Εκφράζοντας τις συνολικές απώλειες με μια παράμετρο, γνωστή ως αριθμός καμπύλης CN, με την εξίσωση

$$S[mm] = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Εκτίμηση του περισσεύματος βροχής με τη μέθοδο SCS

- Αρχική Κατάσταση Υγρασίας

Με βάση το συνολικό ύψος βροχής των προηγούμενων 5 ημερών διακρίνονται οι ακόλουθες τρεις κατηγορίες που χαρακτηρίζουν την αρχική κατάσταση υγρασίας του εδάφους:

Πίνακας 1. Κατηγορίες με βάση την υγρασία του εδάφους (SCS, 1972)

Κατηγορία	Συνολικό ύψος βροχής των 5 προηγούμενων ημερών (mm)	
	Χειμερινή περίοδος	Περίοδος βλάστησης
I	< 13	< 35
II	13 ÷ 28	35 ÷ 53
III	> 28	> 53

Εκτίμηση του περισσεύματος βροχής με τη μέθοδο SCS

- Κατηγορίες Εδαφών από Υδρολογική Άποψη

- Κατηγορία A

Εδάφη με υψηλή βασική διηθητικότητα και υψηλή διαπερατότητα. Συνήθως αμμώδη ή χαλικώδη εδάφη

- Κατηγορία B

Εδάφη με μέτρια βασική διηθητικότητα και διαπερατότητα που αποτελούνται από μέσης μέχρι ελαφρός σύστασης εδάφη.

- Κατηγορία C

Εδάφη με μικρή βασική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Περιλαμβάνουν εδάφη μέσης μέχρι βαριάς σύστασης.

- Κατηγορία D

Εδάφη με πολύ μικρή βασική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Περιλαμβάνουν κυρίως αργιλώδη εδάφη, εδάφη με υψηλή στάθμη υπόγειου νερού ή με αδιαπέρατο στρώμα.

Εκτίμηση του περισσεύματος βροχής με τη μέθοδο SCS

- Το σύμπλοκο εδάφους - φυτοκάλυψης που αντιπροσωπεύει τον τύπο του εδάφους από υδρολογική άποψη και την κατηγορία φυτοκάλυψης και χρήσης γης μπορεί να εκφρασθεί με τον αριθμό καμπύλης απορροής CN που προκύπτει για την κατηγορία II της αρχικής υγρασίας του Πίνακα 1
- Στον Πίνακα 2 η SCS πινακοποίησε τους αριθμούς CN για μια ποικιλία συνθηκών με τις υποθέσεις που αναφέρθηκαν πιο πριν. Επειδή οι κατηγορίες χρήσης γης και φυτοκάλυψης που περιέχονται στον πίνακα δεν είναι τόσο αντιπροσωπευτικές για τις Ελληνικές συνθήκες και επειδή από την εμπειρία από τη χρήση της μεθόδου προέκυψαν πολλές αδυναμίες στη διαδικασία, προτείνεται αντί του Πίν. 2 που αρχικά προτάθηκε από την SCS να χρησιμοποιείται ο Πίν. 3 (Wanielista, 1978) που στηρίζεται στις ίδιες υποθέσεις (δηλαδή κατάσταση αρχικής υγρασίας II και αρχικές απώλειες $0.20S$).
- Για την αναγωγή του CN για άλλες κατηγορίες αρχικής υγρασίας χρησιμοποιείται ο Πίνακας 4 που δίνει επίσης και τις αντίστοιχες τιμές των απωλειών S που αντιστοιχούν στην κατηγορία II.

Εκτίμηση του περισσεύματος βροχής με τη μέθοδο SCS

Σύμπλοκο εδάφους – φυτοκάλυψης

Πίνακας 2: Αριθμός καμπύλης απορροής *CN* (SCS, 1972) (Κατηγορία αρχικής κατάστασης υγρασίας II, και αρχικές απώλειες 0.20S)

Χρήση γης	Κατάσταση Φυτοκάλυψης	Υδρολογικές Συνθήκες	Υδρολογική κατηγορία εδάφους			
			A	B	C	D
Χέρσος	Γραμμική	–	77	86	91	94
	Γραμμική	Δυσμενής	72	81	88	91
	Γραμμική	Καλή	67	78	85	89
	Κατά ισούψεις	Δυσμενής	70	79	84	88
	Κατά ισούψεις	Καλή	65	75	82	86
	Κατά ισούψεις και αναβαθμίδωση	Δυσμενής	66	74	80	82
	Κατά ισούψεις και αναβαθμίδωση	Καλή	62	71	78	81
	Γραμμική	Δυσμενής	65	76	84	88
Σιτηρά	Γραμμική	Καλή	63	75	83	87
	Κατά ισούψεις	Δυσμενής	63	74	82	75
	Κατά ισούψεις	Καλή	61	73	81	84
	Κατά ισούψεις και αναβαθμίδωση	Δυσμενής	61	72	79	82
	Κατά ισούψεις και αναβαθμίδωση	Καλή	59	70	78	81
	Γραμμική	Δυσμενής	66	77	85	89
	Γραμμική	Καλή	58	72	81	85
	Κατά ισούψεις	Δυσμενής	64	75	83	85
Πυκνή φύτευση χορτολειβαδικές εκτάσεις	Κατά ισούψεις	Καλή	55	69	78	83
	Κατά ισούψεις και αναβαθμίδωση	Δυσμενής	63	73	80	83
	Κατά ισούψεις και αναβαθμίδωση	Καλή	51	67	76	80
	Γραμμική	Δυσμενής	68	79	86	89
	Γραμμική	Μέτρια	49	69	79	84
	Γραμμική	Καλή	39	61	74	80
	Κατά ισούψεις	Δυσμενής	47	67	81	88
	Κατά ισούψεις	Μέτρια	25	59	75	83
Λειβάδια	Κατά ισούψεις	Καλή	6	35	70	79
	Γραμμική	Καλή	30	58	71	78
	Γραμμική	Δυσμενής	45	66	77	83
	Γραμμική	Μέτρια	36	60	73	79
	Γραμμική	Καλή	25	55	70	77
	Γραμμική	Καλή	30	58	71	78
	Γραμμική	Δυσμενής	45	66	77	83
	Γραμμική	Μέτρια	36	60	73	79
Δάση	Γραμμική	Καλή	25	55	70	77
	Γραμμική	Καλή	30	58	71	78
	Γραμμική	Δυσμενής	45	66	77	83
Φάρμες Δρόμοι	Γραμμική	Καλή	25	55	70	77
	Γραμμική	Καλή	30	58	71	78
	Γραμμική	Δυσμενής	45	66	77	83

Εκτίμηση του περισσεύματος βροχής με τη μέθοδο SCS

Σύμπλοκο εδάφους – φυτοκάλυψης

Πίνακας 3: Αριθμός καμπύλης απορροής *CN* (Wanielista, 1978)
(Κατηγορία αρχικής κατάστασης υγρασίας II, και αρχικές απώλειες 0.20S για ελληνικές συνθήκες)

Χρήση Γης		Υδρολογικός τύπος εδάφους			
		A	B	C	D
<i>Καλλιεργημένες εκτάσεις</i>					
• Χωρίς έργα συντήρησης		72	81	88	91
• Με έργα συντήρησης		62	71	78	81
<i>Ορεινοί βοσκότοποι</i>					
• Κακή κατάσταση		68	79	86	89
• Καλή κατάσταση		39	61	74	80
<i>Λιβαδικές εκτάσεις</i>					
• Καλή κατάσταση		30	58	71	78
<i>Δασικές εκτάσεις</i>					
• Αραιή συστάδα		45	66	77	83
• Πυκνή συστάδα		25	55	70	77
<i>Ελεύθερες εκτάσεις, γήπεδα γκολφ, πάρκα</i>					
• Καλή κατάσταση, κάλυψη με γρασίδι στο 75% της έκτασης		39	61	74	80
• Μέτρια κατάσταση, κάλυψη με γρασίδι στο 50% της περιοχής		49	69	79	84
<i>Εμπορικές περιοχές (85% αδιαπέρατες)</i>		89	92	94	95
<i>Βιομηχανικές περιοχές (72% αδιαπέρατες)</i>		81	88	91	93
<i>Οικιστικές περιοχές</i>					
Μέσο μέγεθος οικοπέδου	Ποσοστό αδιαπέρατης επιφάνειας				
< 500	65	77	85	90	92
1000	40	61	75	83	87
1500	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
Χώροι πάρκινγκ, στέγες, κ.λ.π.		98	98	98	98
<i>Δρόμοι</i>					
• με οδόστρωμα και αγωγούς ομβρίων		98	98	98	98
• χαλικόστρωτοι		76	85	89	91
• κωματοδρόμοι		72	82	87	89
<i>Αστικές συνθήκες</i>					
• Γυμνό έδαφος		77	86	91	94
• Κήποι ή θάμνοι		72	81	88	91
• Μεγάλη κάλυψη με πράσινο (> 75% της διαπερατής περιοχής)		39	61	74	80
• Μέτρια κάλυψη πρασίνου (50 - 75% της διαπερατής περιοχής)		49	69	79	84
• Μικρή κάλυψη πρασίνου (< 50% της διαπερατής περιοχής)		68	79	86	89
• Άλση		36	60	73	79

Εκτίμηση του περισσεύματος βροχής με τη μέθοδο SCS

Σύμπλοκο εδάφους – φυτοκάλυψης

Πίνακας 4: Μετατροπή αριθμών καμπύλης απορροής CN και τιμές της παραμέτρου S (Για την περίπτωση II αρχικών απωλειών $0.2S$)

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0,4036 + 0,0059CN_{II}}$$

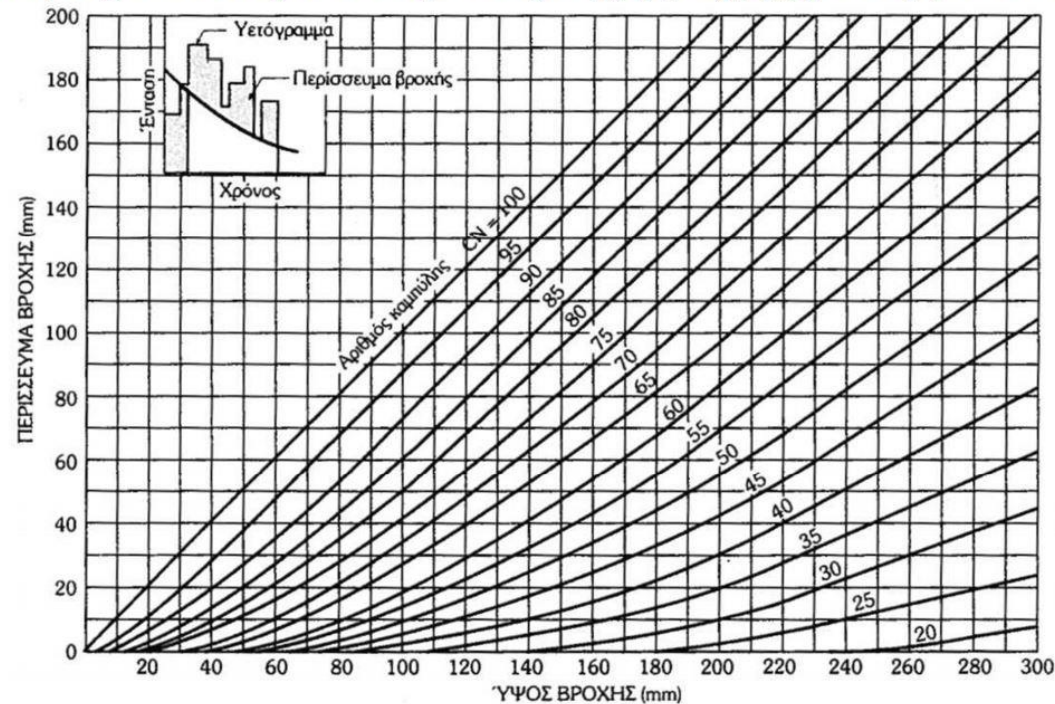
$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2,334 - 0,01334CN_{II}}$$

Αριθμός καμπύλης Κατηγορία II	Αντίστοιχος αριθμός καμπύλης απορροής για		Τιμές του S για τιμές CN της στήλης (1) (mm)	Ελάχιστη τιμή του h , για έναρξη απορροής (mm)
	Κατηγορία I	Κατηγορία III		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
100	100	100	0.0	0.0
95	87	99	13.4	2.7
90	78	98	28.2	5.6
85	70	97	44.8	9.0
80	63	94	63.5	12.7
75	57	91	84.7	16.9
70	51	87	108.9	21.8
65	45	83	136.8	27.4
60	40	79	169.3	33.9
55	35	75	207.8	41.6
50	31	70	254.0	50.8
45	27	65	310.4	62.1
40	23	60	381.0	76.2
35	19	55	471.7	94.3
30	15	50	592.7	118.5
25	12	45	762.0	152.4
20	9	39	1016.0	203.2
15	7	33	1439.0	287.9
10	4	26	2286.0	457.2
5	2	17	4826.0	965.2
0	0	0		

Εκτίμηση του περισσεύματος βροχής με τη μέθοδο SCS

- Το περίσσευμα της βροχής, h_e (mm), προκύπτει με είσοδο το ύψος βροχής h (mm) και με γνωστό τον αριθμό καμπύλης CN από το διάγραμμα του παρακάτω Σχήματος:

Υπολογισμός του περισσεύματος της βροχής με τη μέθοδο SCS



Εκτίμηση του περισσεύματος βροχής με τη μέθοδο SCS

- Τα **βήματα** που ακολουθούνται για την εκτίμηση του ύψους περισσεύματος της βροχόπτωσης με βάση την μέθοδο *SCS* είναι:
 - i. Γράφονται σε μορφή Πίνακα τα ύψη βροχής που συμβαίνουν στους αντίστοιχους χρόνους. Η αθροιστική βροχόπτωση γράφεται στην αμέσως επόμενη στήλη
 - ii. Εκτιμάται το αθροιστικό περίσσευμα βροχόπτωσης χρησιμοποιώντας τον αριθμό CN σε κάθε περίπτωση
 - iii. Υπολογίζεται το περίσσευμα βροχόπτωσης σε κάθε βήμα χρόνου με διαδοχικές αφαιρέσεις των αθροιστικών τιμών του περισσεύματος βροχόπτωσης
- Το αποτέλεσμα είναι χρήσιμο για τον προσδιορισμό του υδρογραφήματος όπως θα αναπτυχθεί στη συνέχεια.