

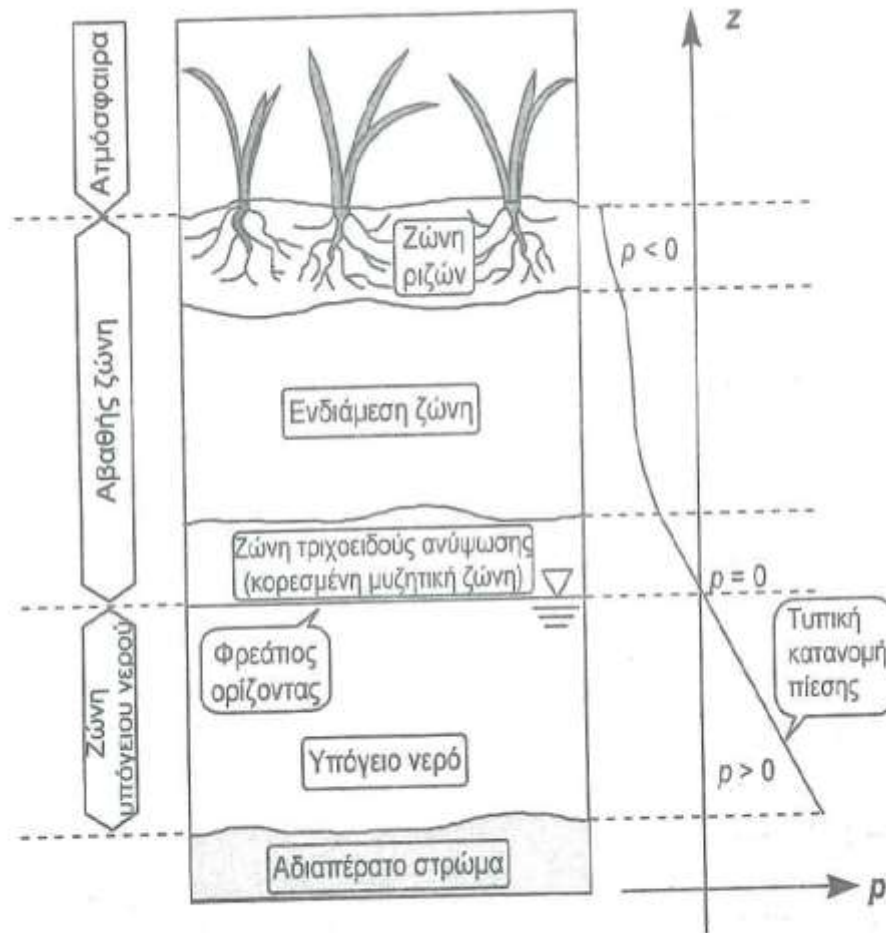
Επιμέλεια: Δρ Μ. Σπηλιώτης  
Κείμενα –σχήματα κυρίως από  
Τσακίρης 2008 (όπου δεν αναφέρεται  
άλλη πηγή)

# Ακόρεστη ζώνη

- Πόροι εδάφους δεν είναι κορεσμένοι με νερό
- Ανάπτυξη αρνητικών πιέσεων,
- Χάρη στις αρνητικές πιέσεις, συγκρατείται νερό στο ριζόστρωμα το οποίο είναι διαθέσιμο για την ανάπτυξη των φυτών και τροφοδοτείται το φυτό
- Προσομοίωση κίνησης νερού: Περίπλοκη διαδικασία, μοντέλο φυσικής βάσης για ιδανικές συνθήκες με βάση τις εξισώσεις ορμής και μάζας.
- Υδρολογική προσέγγιση: Διήθηση

Όταν η επιφάνεια του εδάφους διαβρέχεται με νερό, τότε το νερό αυτό δεν παραμένει στην επιφάνεια αλλά κινείται προς τα βαθύτερα στρώματα. Η κίνηση αυτή του νερού προς τα κάτω αποτελεί το φαινόμενο της διήθησης.

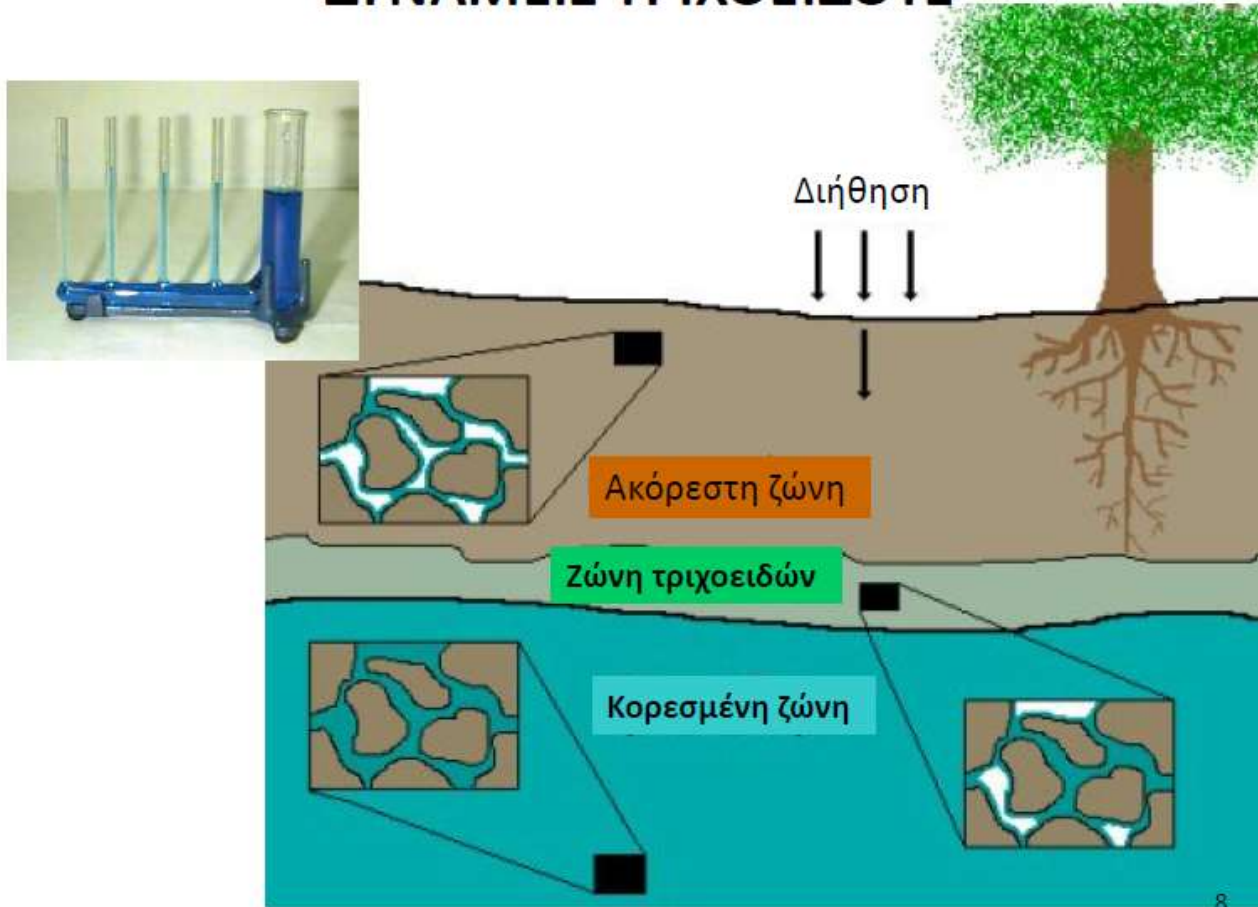
# Κατανομή της πίεσης σε πορώδες εδαφικό υλικό



Σχ. 6.2 Χαρακτηριστικές ζώνες νερού και κατανομή της πίεσης σε μια κατακόρυφη τομή πορώδους εδαφικού υλικού.

Κουτσογιάνης και  
Ξανθόπουλος, 1993

## ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ

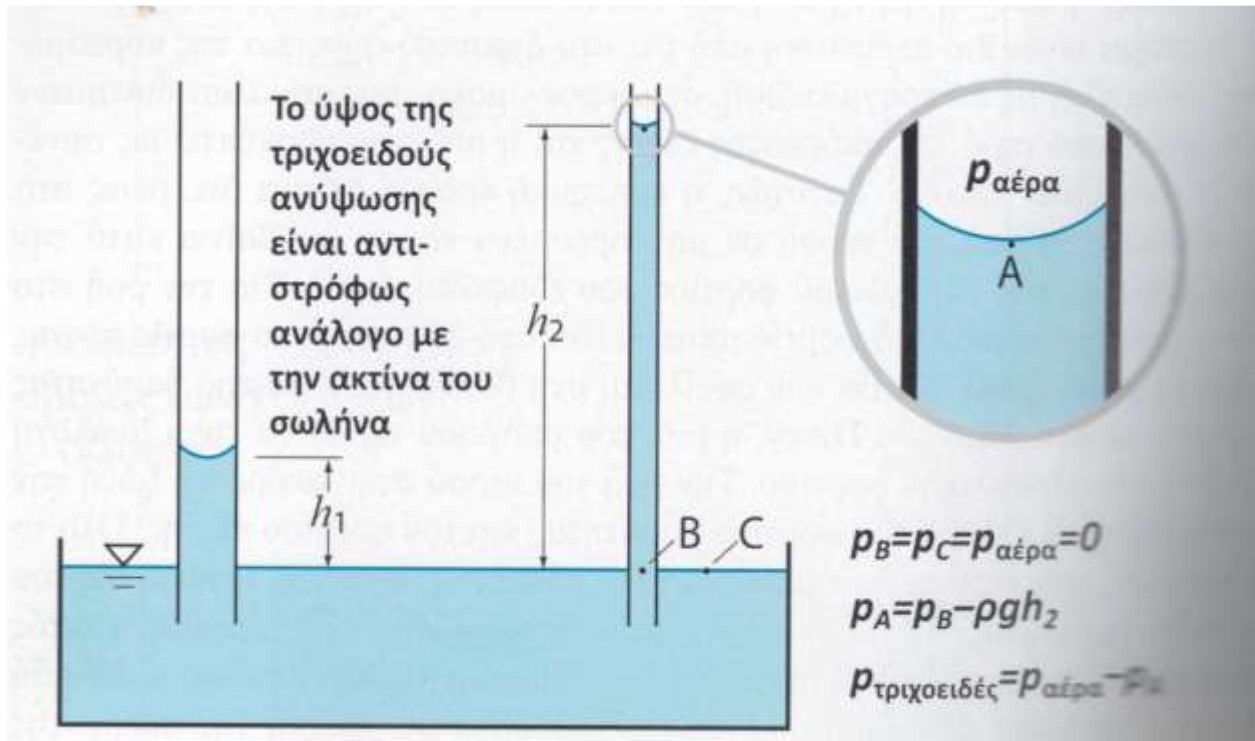


Εικόνα 2. Δυνάμεις τριχοειδούς

Μαμάσης, 2017,  
[https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CIVIL120/ydro\\_dihth10.pdf](https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CIVIL120/ydro_dihth10.pdf)

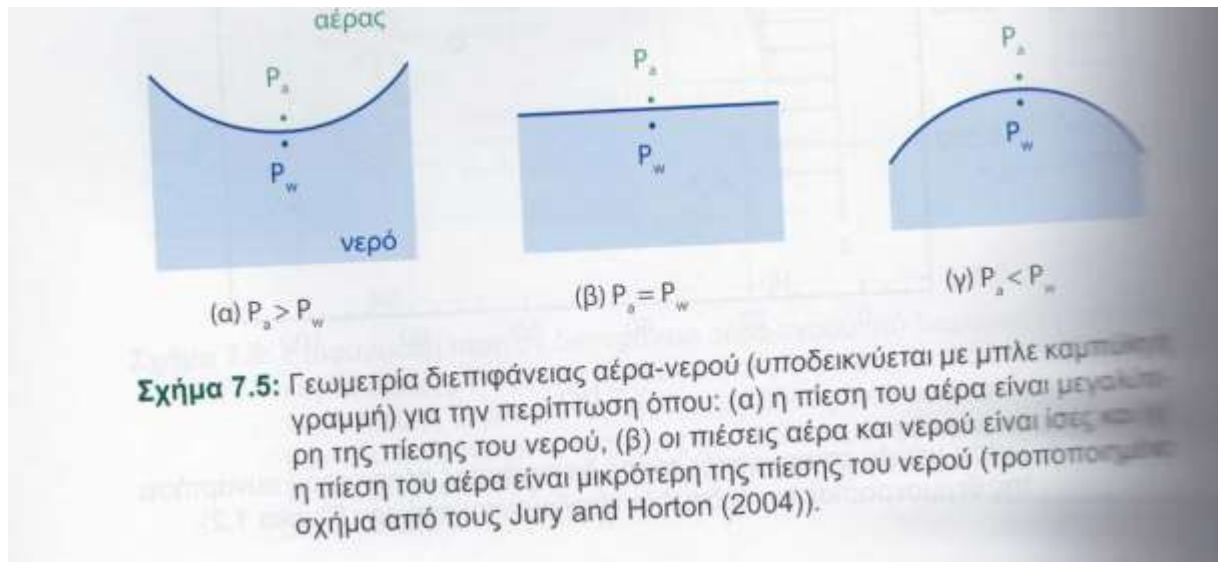
# Τροχοειδείς δυνάμεις

- Το ύψος της ανόδου του νερού σε ένα τροχοειδή σωλήνα είναι αντίστροφα ανάλογο της διαμέτρου
- Πίεση μικρότερη της ατμοσφαιρικής
- Παράδειγμα σφουγγαριού



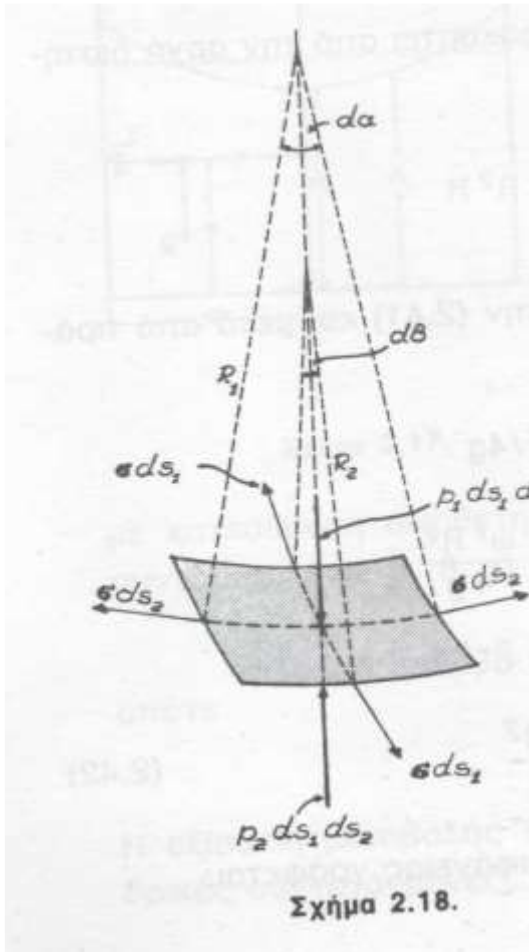
Hornberger  
et al., 2019

# Διεπιφάνεια αέρα υγρού



Η διαφορά πίεσης στη διεπιφάνεια δημιουργεί καμπύλωση και επιφανειακή τάση (Χρυσικόπουλος, 2020)

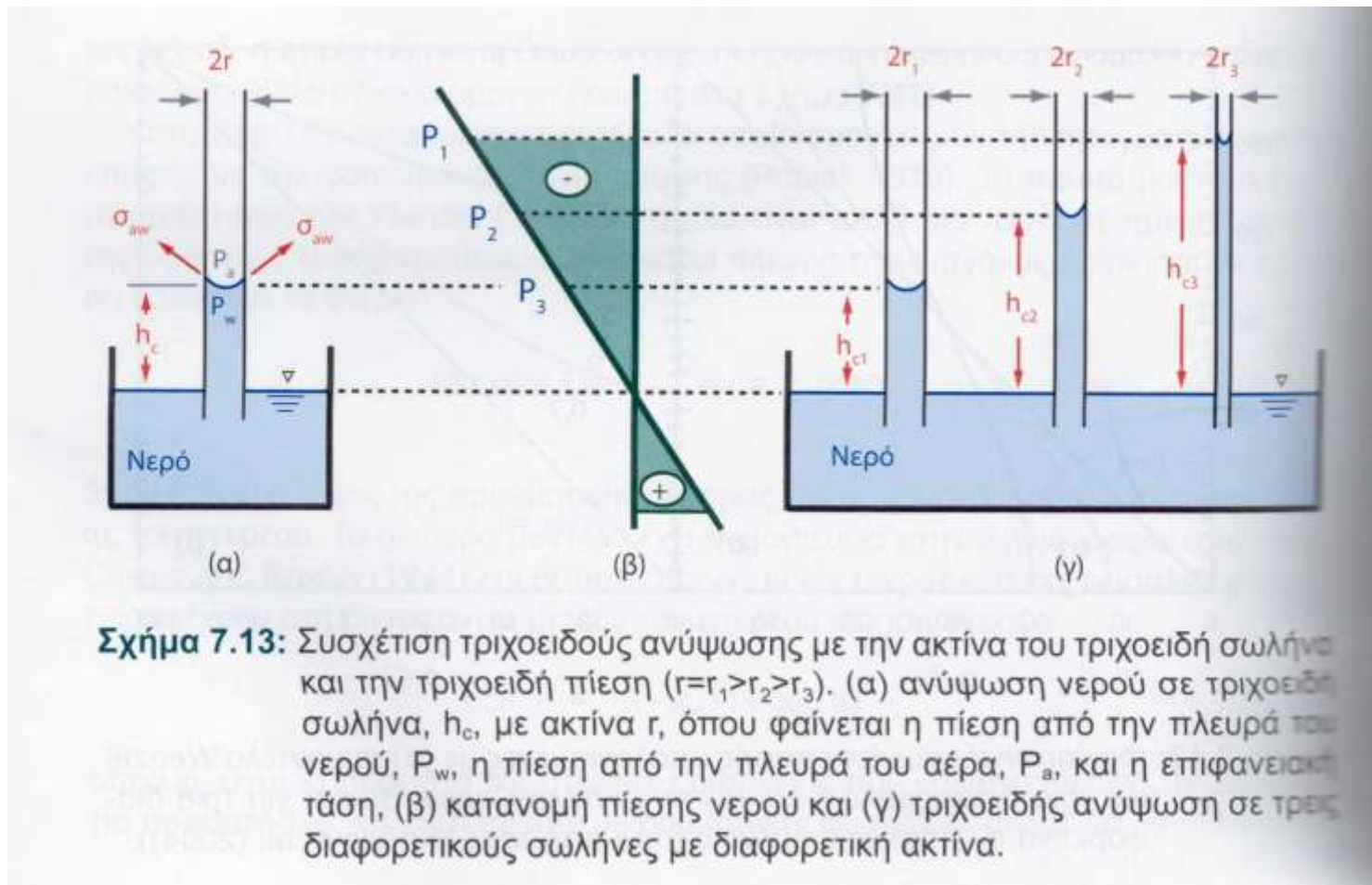
# Επιφανειακή τάση



Επιφανειακή τάση είναι η δύναμη που αντιστέκεται στην αύξηση της επιφάνειας του υγρού (N/m)

Εξισορροπεί τη διαφορά πίεσης στη διεπιφάνεια

# Αρνητικές πιέσεις



**Σχήμα 7.13:** Συσχέτιση τριχοειδούς ανύψωσης με την ακτίνα του τριχοειδή σωλήνα και την τριχοειδή πίεση ( $r=r_1>r_2>r_3$ ). (α) ανύψωση νερού σε τριχοειδή σωλήνα,  $h_c$ , με ακτίνα  $r$ , όπου φαίνεται η πίεση από την πλευρά του νερού,  $P_w$ , η πίεση από την πλευρά του αέρα,  $P_a$ , και η επιφανειακή τάση, (β) κατανομή πίεσης νερού και (γ) τριχοειδής ανύψωση σε τρεις διαφορετικούς σωλήνες με διαφορετική ακτίνα.



# Ακόρεστη ροή

αμετάβλητη - μετ  
 υψοσπίστη  $S$

Έστω κατακόρυφη Στενή υψοσπίστη:

$$q_2 = -K(\vartheta) \frac{dh}{dz}$$

υψοσπίστη

$h = \psi + z$   
 Πάντα αμεταβλητή  $< 0$

$\Rightarrow q_2 = -K(\vartheta) \left( \frac{d\psi}{dz} + 1 \right)$  για μόνιμη ροή

Όταν  $q_2 = 0$  (ακχεύεται) βραχυπρόθεσμα για κατάστασης

$$\frac{d\psi}{dz} = -1 \Rightarrow d\psi = -dz$$

Τότε για  $q_2 = 0$  το τριχοειδές ύψος σταθεροποιείται στο φερέσιον βραχυπρόθεσμα, ώστε να μην υπάρχει υπερπίεση.

Ειδικά για αρδεύσεις  
απλούστευση με την έννοια της  
διήθησης

# Διηθητικότητα & όρισμοί

- **Υγρό μέτωπο ή μέτωπο προσπέλασης** είναι η διαχωριστική επιφάνεια ανάμεσα στο έδαφος που έχει ήδη υγρανθεί από το κατερχόμενο νερό και το έδαφος που είναι ακόμα ξερό.
- **Η ζώνη μεταφοράς** είναι η υγρή περιοχή που βρίσκεται ανάμεσα στην επιφάνεια του εδάφους και το μέτωπο προσπέλασης.

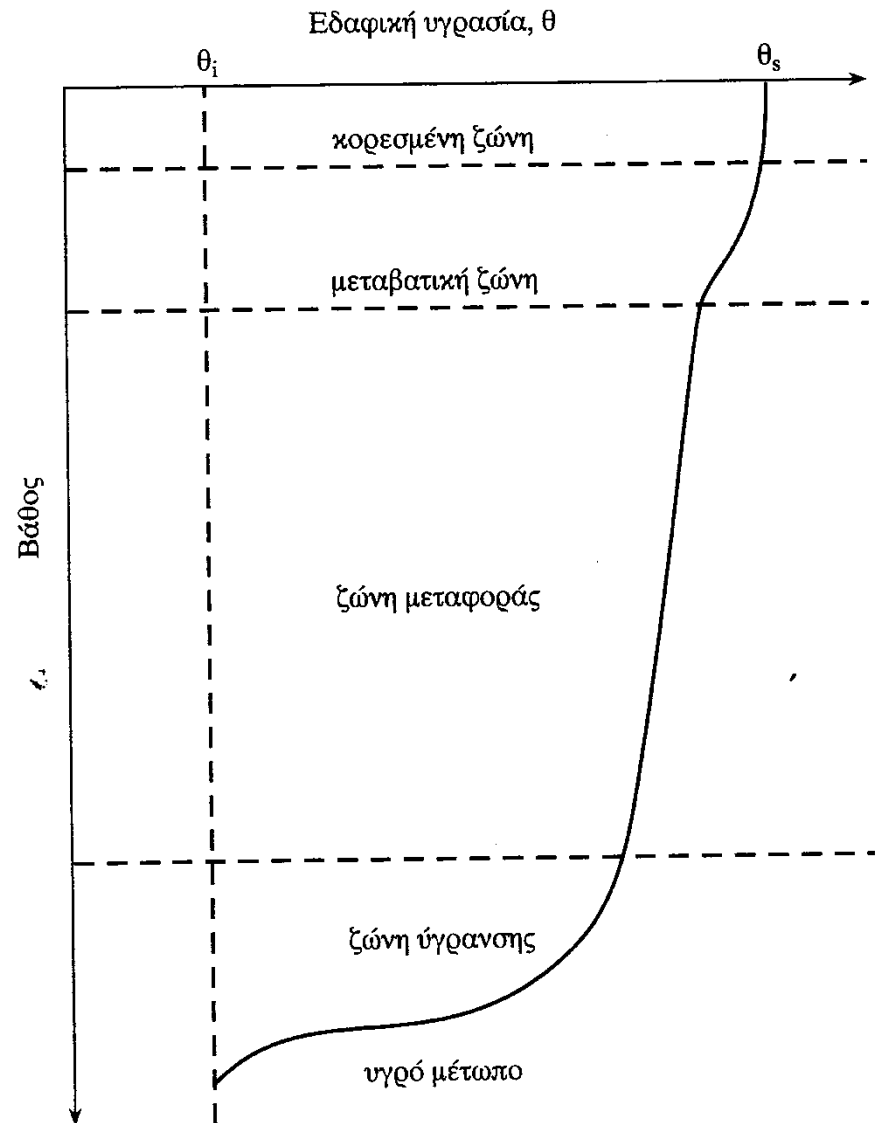
# Διηθητικότητα & όρισμοί



# Διήθηση

Το προφίλ του νερού κατά την διάρκεια της διήθησης διαιρείται σε τέσσερις ζώνες, οι οποίες από επάνω προς τα κάτω είναι:

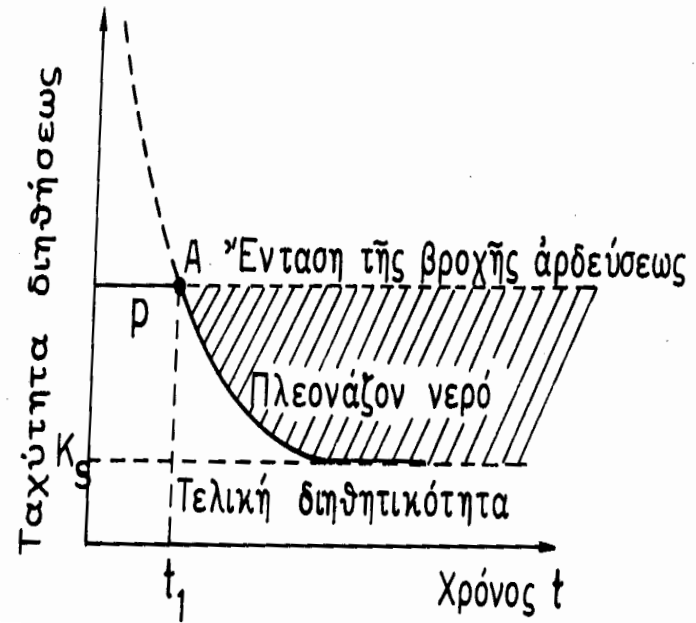
1. η **κορεσμένη ζώνη**
2. η μεταβατική ζώνη που χαρακτηρίζεται από απότομη μείωση της εδαφικής υγρασίας,
3. η ζώνη μεταφοράς, η οποία έχει σχεδόν σταθερή υγρασία και συνεχώς επιμηκύνεται, και
4. η ζώνη ύγρανσης, που καταλήγει στο υγρό μέτωπο, το ορατό δηλαδή όριο της διείσδυσης του νερού.



# Διηθητικότητα - Διήθηση

Η ελάττωση της ταχύτητας διήθησης με τον χρόνο οφείλεται:

1. Ελάττωση της κλίσης της μητρώας μύζησης που δημιουργείται κατά το διάστημα της διήθησης.
2. Παραμόρφωση της δομής του εδάφους.
3. Φράξιμο των πόρων από λεπτά σωματίδια που προχωρούν μαζί με το νερό.
4. Συμπιεστότητα των φυσαλίδων του αέρα που παγιδεύτηκαν μέσα στους πόρους.



Σταθερή διηθητικότητα

$$\text{Αθροιστική διήθηση: } I = \int i dt$$

Στιγμιαία διήθηση, ή ταχύτητα διήθησης:  $i$

## ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΗΘΗΣΗΣ (1/2)

### Πραγματοποίηση βροχής μετά από περίοδο ξηρασίας

- Αρχικά, πραγματοποιείται η υγροσκοπική διαβροχή υπό την επίδραση των δυνάμεων προσρόφησης
- Μετά την κάλυψη των αναγκών σε υγροσκοπικό νερό, το διηθούμενο νερό κινείται υπό την επίδραση της βαρύτητας και των τριχοειδών, τα οποία στη φάση αυτή δρουν προσθετικά. Το νερό κατέρχεται στο έδαφος λόγω του βάρους του και συγχρόνως αναρροφάται από τις ελκτικές τάσεις που αναπτύσσει το τριχοειδές της αέριας φάσης, προκαλώντας υψηλή αρχική τιμή του ρυθμού διήθησης
- Ο ρυθμός διήθησης με την πάροδο του χρόνου μειώνεται, αφού το πεδίο των τριχοειδών, από προσθετικό στην αρχή της βροχής, μηδενίζεται με τον κορεσμό του εδάφους

## ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΗΘΗΣΗΣ (2/2)

### Πραγματοποίηση βροχής μετά από περίοδο ξηρασίας

- Μετά το τέλος της βροχόπτωσης, η διήθηση στην επιφάνεια του εδάφους σταματά, αλλά η κίνηση του νερού κάτω από αυτή εξακολουθεί για μακρό διάστημα. Η καθοδική κίνηση του νερού, που οδηγείται από τη βαρύτητα, επιβραδύνεται
- Με την πάροδο του χρόνου ένα τμήμα της εδαφικής υγρασίας του ανώτερου εδαφικού στρώματος εξατμίζεται ή διαπνέεται μέσω των φυτών, με αποτέλεσμα η περιεκτικότητας σε νερό του εδάφους, να έχει μικρότερες τιμές προς τα πάνω και μεγαλύτερες προς τα κάτω. Έτσι οι δυνάμεις τριχοειδών αλλάζουν φορά και κατευθύνονται προς τα πάνω, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πάνω από τον υπόγειο ορίζοντα μια ζώνη τριχοειδούς ανύψωσης



# Διήθηση

Όταν η επιφάνεια του εδάφους διαβρέχεται με νερό, τότε το νερό αυτό δεν παραμένει στην επιφάνεια αλλά κινείται προς τα βαθύτερα στρώματα. Η κίνηση αυτή του νερού προς τα κάτω αποτελεί το φαινόμενο της διήθησης.

Ο Philip (1957) έλυσε αναλυτικά τη μονοδιάστατη μορφή της (4.109) για τις συνθήκες

$$z > 0 \quad t = 0 \quad \theta = \theta_{\text{αρχική}}$$

$$z = 0 \quad t = 0 \quad \theta = \theta_s$$

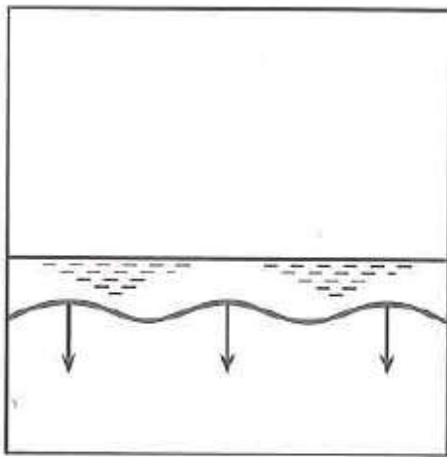
όπου  $\theta_s$  είναι η υγρασία κορεσμού.

Η λύση έδωσε την αθροιστική διήθηση  $I$  από την έναρξη της διήθησης ως συνάρτηση του χρόνου  $t$ :

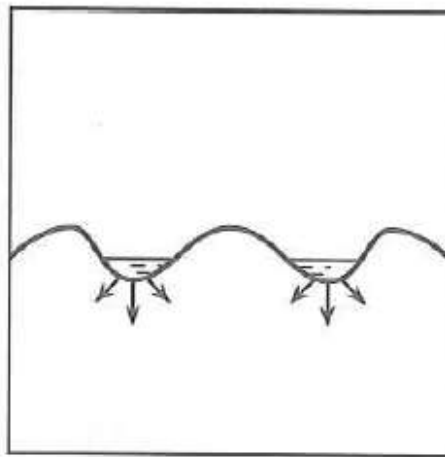
$$I \cong St^{1/2} + i_f t \quad (4.175)$$

όπου  $S$  και  $i_f$  παράμετροι, που υπολογίζονται από τις χαρακτηριστικές σχέσεις του εδάφους.

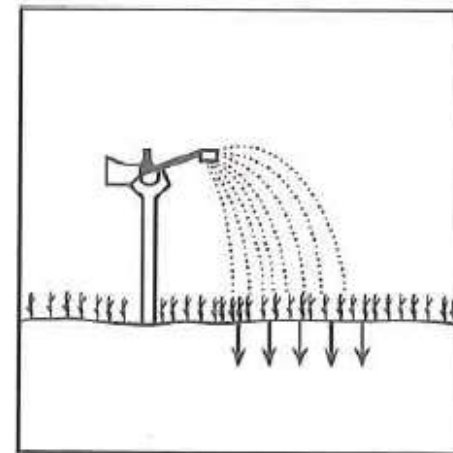
# Διαφορετική διήθηση σε επιφανειακές και μη μεθόδους άρδευσης



(α) Μέθοδος κατάκλυσης



(β) Μέθοδος με αυλάκια



(γ) Μέθοδος καταιονισμού

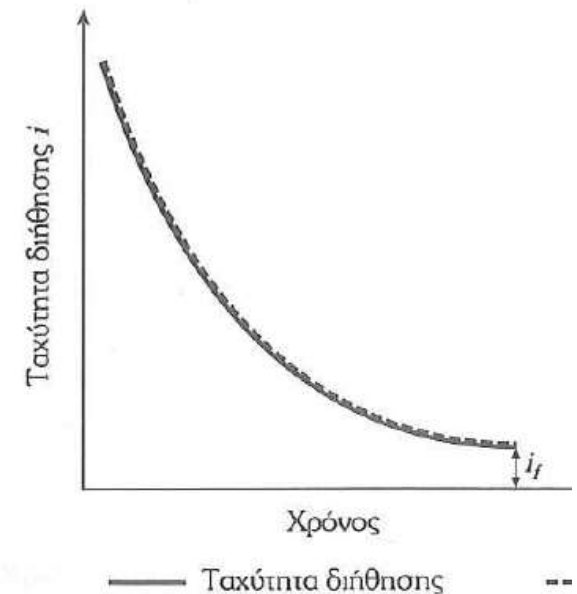
**Σχ. 4.25:** Η εφαρμογή του αρδευτικού νερού στις διάφορες μεθόδους άρδευσης.

# Διηθητικότητα Εδάφους

**Διηθητικότητα Εδάφους:** χαρακτηρίζει την ταχύτητα με την οποία το νερό **διηθείται προς το εσωτερικό του εδάφους** από ένα **στρώμα νερού το οποίο επικάθεται στην επιφάνεια του** (Σακκας, 2007)

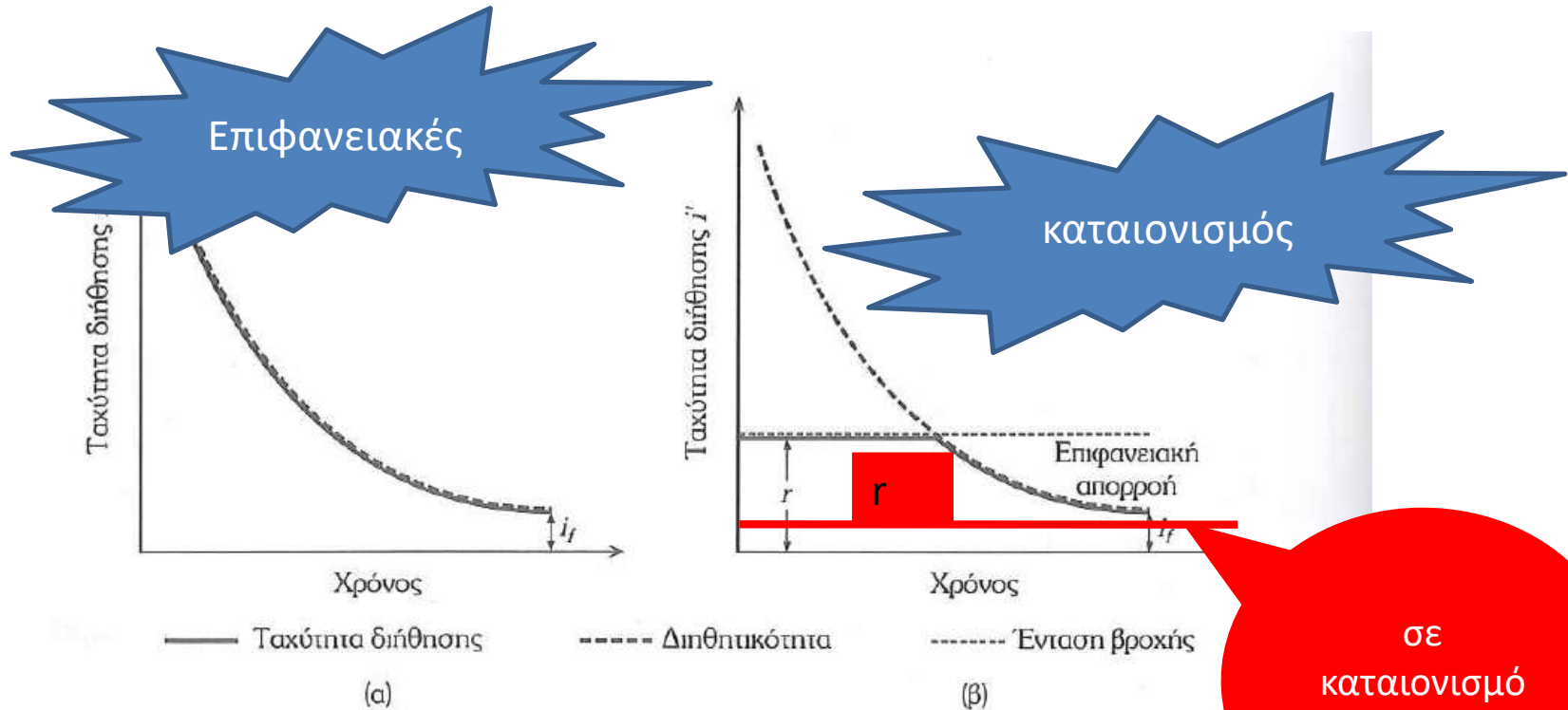
Ικανότητα διήθησης:

- Κατάκλιση εδάφους από νερό (Εφαρμογή σε επιφανειακές αρδεύσεις)
- (πραγματική) Διήθηση = Διηθητικότητα Εδάφους (mm/h)
- Τελική διηθητικότητα  $i_f$ : Η ικανότητα της διήθησης μειώνεται με το χρόνο και τείνει να πλησιάσει μια σταθερή τιμή την τελική διηθητικότητα,



(a)

# Ταχύτητα διήθησης σε σχέση με τον τρόπο άρδευσης



**Σχ. 4.26:** Σχέση Ταχύτητας Διήθησης-Διηθητικότητας σε σχέση με το χρόνο  
(α) νερό με ελεύθερη στάθμη αμελητέου βάθους  
(β) νερό από βροχή με ένταση  $r$ .

$i_f$ : τελική διηθητικότητα

# Άρδευση με καταιονισμό

- Γενικά: Η ταχύτητα διήθησης είναι η τομή μεταξύ της έντασης τεχνητής βροχής  $r$  (mm/h) και της διηθητικότητας εδάφους
- Σχεδιάζω ώστε η ένταση τεχνητής βροχής να είναι μικρότερη ή ίση από τη δυσμενέστερη (μικρότερη) διηθητικότητα εδάφους που είναι η τελική διήθηση

Είναι φυσικό στην επιφανειακή άρδευση (π.χ. άρδευση με κατάκλυση) όπου το νερό διατηρείται σε κάποιο αμελητέο βάθος στην επιφάνεια του εδάφους η τιμή της ταχύτητας διήθησης να ισούται με τη στιγμιαία διηθητικότητα  $i$ . Όταν όμως το νερό χορηγείται με βροχή ή καταιονισμό μιας εντάσεως  $r$  η ταχύτητα διήθησης  $i'$ , δίνεται από τις εξισώσεις:

$$i' = r \quad \text{όταν} \quad r < i \quad (4.177\alpha)$$

και

$$i' = i \quad \text{όταν} \quad r \geq i \quad (4.177\beta)$$

# Προσέγγιση: Εξ. Kostiakov

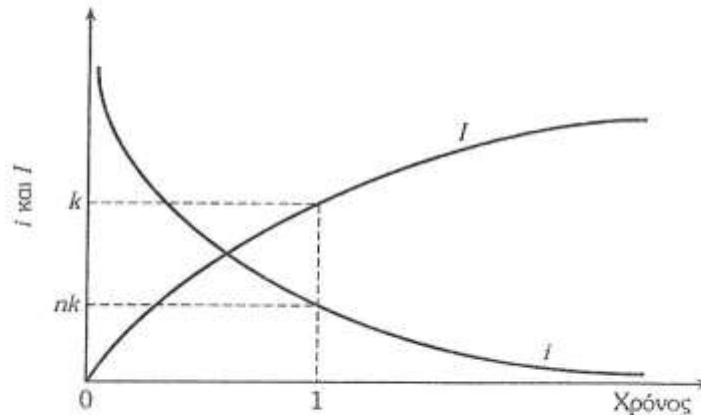
Εξίσωση Kostiakov (1932)

$$I = kt^n \quad (4.178)$$

όπου  $I$  είναι η αθροιστική διηθητικότητα και  $k, n$  σταθερές που υπολογίζονται πειραματικά,  $0 < n < 1$ . Η στιγμιαία διηθητικότητα  $i$  προκύπτει με παραγωγή της σχέσης (4.178) ως προς το χρόνο:

$$i = n \cdot kt^{n-1} \quad (4.179)$$

που δείχνει ότι η  $i$  τείνει στο μηδέν καθώς ο χρόνος αυξάνει. Οι καμπύλες της στιγμιαίας και της αθροιστικής διηθητικότητας σύμφωνα με την εξίσωση Kostiakov φαίνονται στο Σχήμα 4.27.



Σχ. 4.27: Καμπύλες στιγμιαίας και αθροιστικής διηθητικότητας σύμφωνα με την εξίσωση Kostiakov.

# Μειονέκτημα και διόρθωση

Βασικό μειονέκτημα της εξίσωσης Kostiaκον είναι ότι δεν περιγράφει ικανοποιητικά το φαινόμενο της διήθησης για σχετικά μεγάλους χρόνους. Στην πράξη όμως, όπου οι χρόνοι εφαρμογής του νερού είναι μικροί, η εξίσωση του Kostiaκον δίνει γρήγορα αποτελέσματα γι' αυτό και χρησιμοποιείται ευρύτατα.

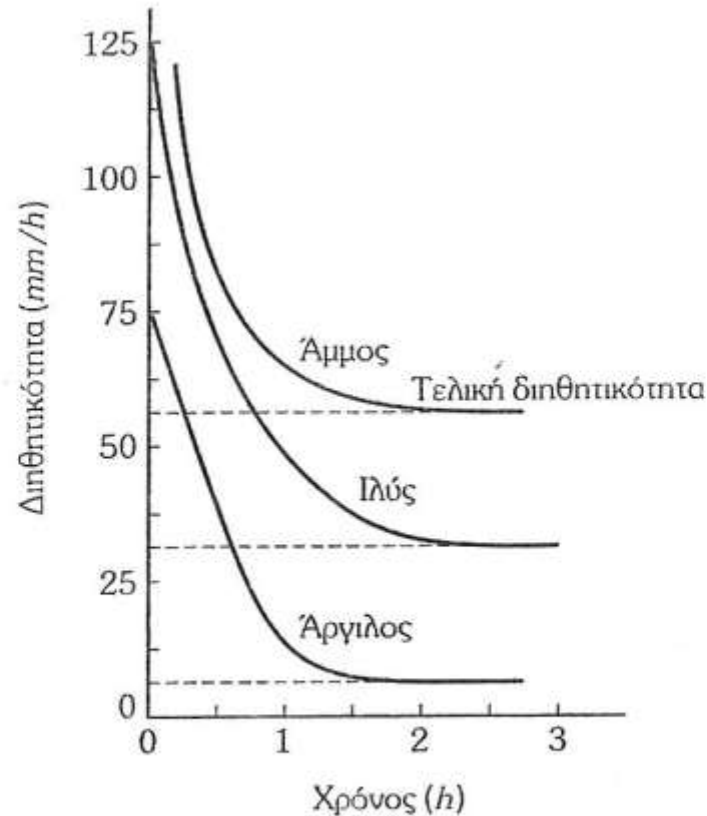
Στη γενικότερη περίπτωση η (4.179) πρέπει να αντικαθίσταται από την

$$i = n \cdot kt^{n-1} + i_f \quad (4.180)$$

όπου  $i_f$  είναι όπως προηγούμενα η τελική διηθητικότητα.



# Καμπύλες διηθητικότητας (εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους)



Σχ. 4.28: Οι καμπύλες διηθητικότητας για διαφορετικούς τύπους εδαφών.

# Horton (εφαρμογές κυρίως σε υδρολογική ανάλυση)

*Εξίσωση του Horton (1940)*

Η εξίσωση ουσιαστικά προτάθηκε από τους Lewis και Milne αλλά έγινε ευρύτετα γνωστή ως εξίσωση Horton λόγω των εργασιών του με εξισώσεις με παρόμοια μορφή.

Η αθροιστική και στιγμιαία διηθητικότητα δίνεται από τις σχέσεις:

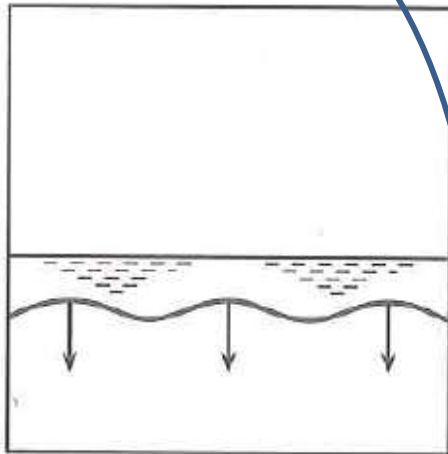
$$I = i_f t + b(1 - e^{-mt}) \quad (4.183)$$

$$i = i_f + b \cdot m e^{-mt} \quad (4.184)$$

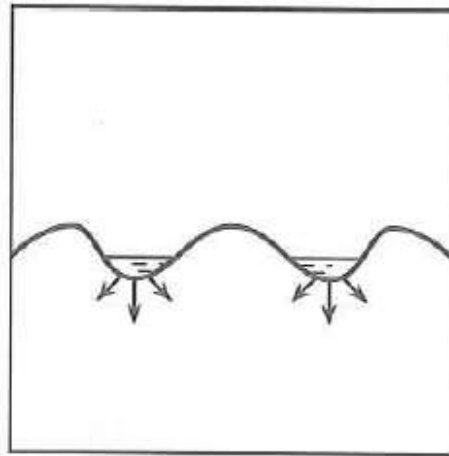
όπου  $m > 0$  και  $m - b > 0$ .

# **ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΗΘΗΣΗ**

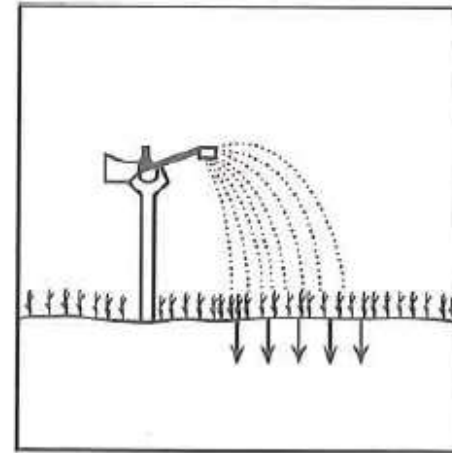
# Διαφορετική διήθηση σε επιφανειακές και μη μεθόδους άρδευσης



(α) Μέθοδος κατάκλυσης



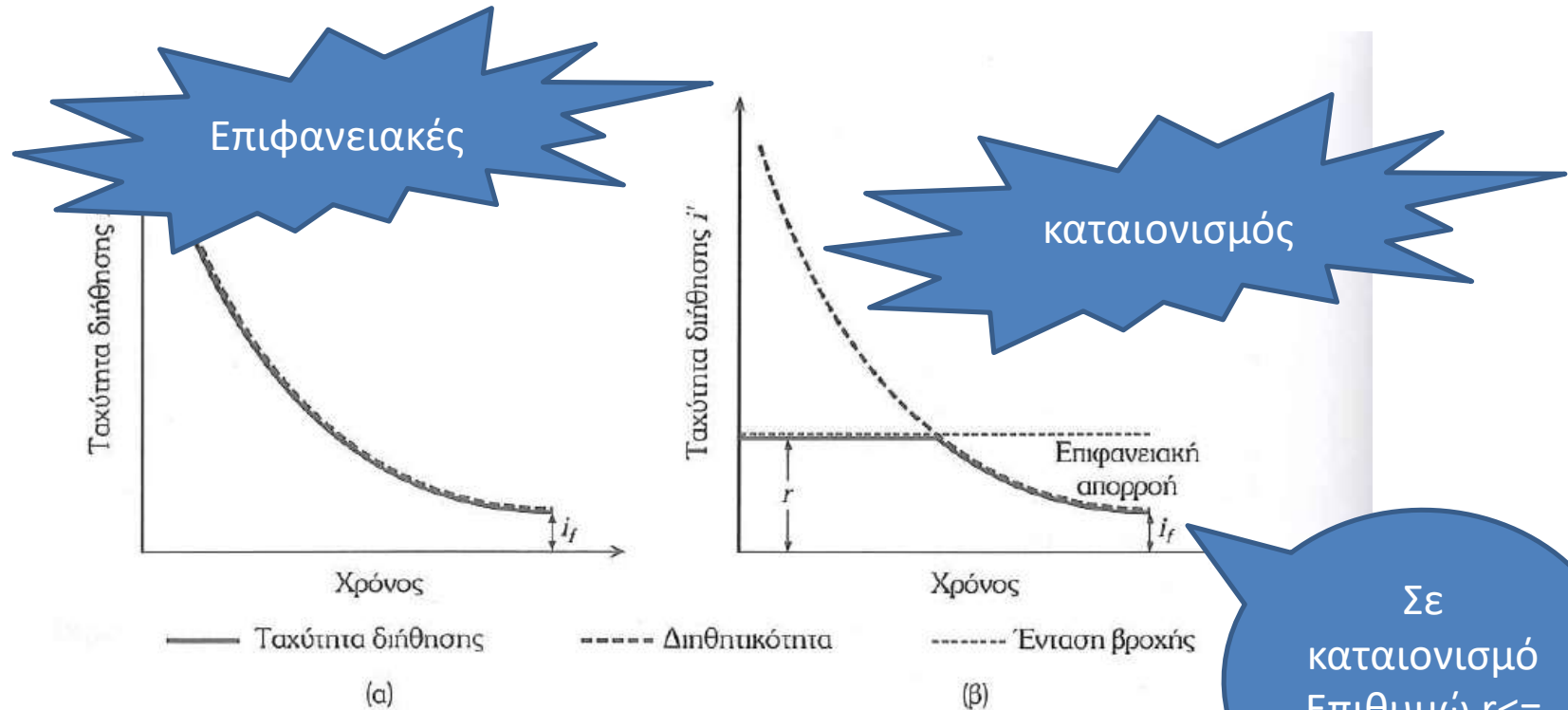
(β) Μέθοδος με αυλάκια



(γ) Μέθοδος καταιονισμού

**Σχ. 4.25:** Η εφαρμογή του αρδευτικού νερού στις διάφορες μεθόδους άρδευσης.

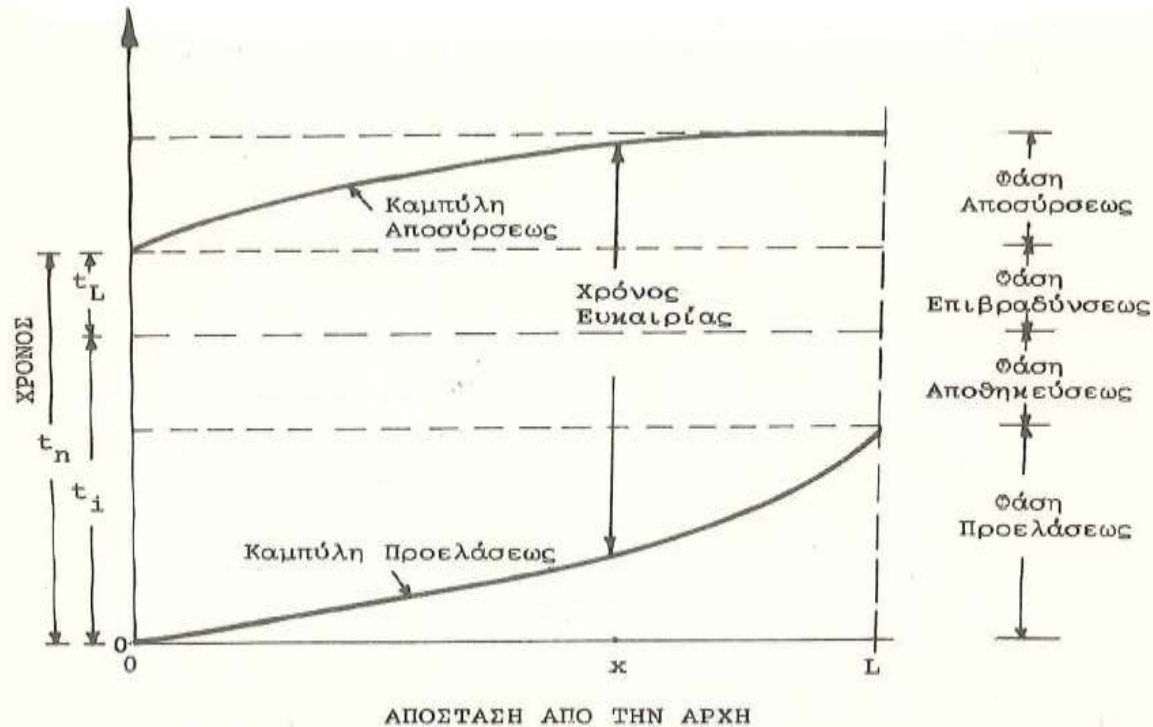
# Ταχύτητα διήθησης σε σχέση με τον τρόπο άρδευσης



**Σχ. 4.26:** Σχέση Ταχύτητας Διήθησης-Διηθητικότητας σε σχέση με το χρόνο  
 (α) νερό με ελεύθερη στάθμη αμελητέου βάθους  
 (β) νερό από βροχή με ένταση  $r$ .

# Διαδικασία (προέλαση, διήθηση, απόσυρση)

-6.3-



Σχ. 6.1. Οι φάσεις κατά την άρδευση με τη μέθοδο των λωρίδων.

# Διάρκεια άρδευσης

- **Χρόνος ευκαιρίας:** χρόνος μεταξύ καμπύλης προσπελάσεως και απόσυρσης. **Χρόνος που διατίθεται το νερό για άρδευση («σε αυτό το χρόνο ποτίζεται το ριζόστρωμα»),  $t_n$**
- Ποτίζω «πιο λίγο». Χρόνος ευκαιρίας-χρόνος επιβράδυνσης = διάρκεια άρδευσης,  $t_i$   
 **$t_i = t_n - t_L$**
- Χρόνος επιβράδυνσης: χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που διακόπτεται η παροχή άρδευσης μέχρι την απόσυρση του νερού από το ανάντη άκρο της λωρίδας (« αδρομερώς: Χρόνος μετά τη διακοπή της άρδευσης όπου παραμένει νερό προς διήθηση»),  $t_L$

Όταν το υγρό μέτωπο φθάσει στο κατάντη άκρο της λωρίδας το νερό αρχίζει να ρέει στην αμέσως κατάντη τάφρο με συνέπεια να αποτελεί απώλεια. (Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να αποφεύγεται αυτή η απώλεια αναπτύσσονται σε άλλη παράγραφο). Η εισροή νερού στη λωρίδα συνεχίζεται για χρόνο (πέρα του χρόνου προελάσεως) που θεωρείται ικανός ώστε να διηθηθεί κατά μέσο όρο η υπολογισθείσα ποσότητα νερού. Η φάση αυτή είναι γνωστή ως φάση αποθηκείσεως στο τέλος της οποίας διακόπτεται η παροχή στη λωρίδα. Προφανώς στη περίπτωση που για λόγους ομοιομορφίας της κατανομής του αρδευτικού νερού η παροχή διακόπτεται πριν το υγρό μέτωπο έχει φθάσει στο κατάντη άκρο της λωρίδας ο χρόνος αποθηκείσεως είναι μηδέν.

Ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που διακόπτεται η παροχή μέχρι την απόσυρση του νερού από το ανάντη άκρο της λωρίδας χαρακτηρίζεται ως χρόνος επιβραδύνσεως (φάση επιβραδύνσεως της αποσύρσεως). Τέλος η φάση αποσύρσεως είναι το χρονικό διάστημα από την έναρξη της αποσύρσεως στο ανάντη άκρο της λωρίδας μέχρι την απομάκρυνση του νερού από όλη την επιφάνεια της λωρίδας.

Ο χρόνος που το νερό διατίθεται για διήθηση, που ονομάζεται "χρόνος ευκαιρίας", βρίσκεται ως η διαφορά του συνολικού χρόνου μέχρι την απόσυρση του νερού στο σημείο μείον το χρόνο προελάσεως στο σημείο. Στο Σχ. 6.1 φαίνεται ο χρόνος ευκαι-



# Χρόνος ευκαιρίας

- Από εξισώσεις διήθησης
- Πόσο ύψος διήθησης? Ίσο με τη καθαρή δόση άρδευσης,  $d_n$
- Επίλυση της εξίσωσης διήθησης ως προς το χρόνο:
- **$I=at^b + c$** , αθροιστική διηθητικότητα (mm),  
 $I = d_n, t = t_n$
- Επιλογή καμπύλη αθροιστικής διηθητικότητας, πίνακας 7.1/295

# Χρόνος ευκαιρίας

Ο χρόνος που το νερό διατίθεται για διήθηση γνωστός ως "χρόνος ευκαιρίας" (opportunity time) μπορεί να υπολογισθεί λύνοντας την γενική εξίσωση διηθήσεως<sup>1</sup> ως προς το χρόνο.

$$t_n = [(d_n - c)/a]^{1/b} \quad (6.1)$$

όπου  $t_n$  = ο χρόνος ευκαιρίας (min),  $d_n$  = το καθαρό ύψος εφαρμογής,  $a$  και  $c$  οι σταθερές της εξίσωσης διηθήσεως της USDA.

- Επομένως μεγάλο ύψος άρδευσης, μεγάλος χρόνος ευκαιρίας

# Εξισώσεις Διήθησης

Πίν. 7.1: Τιμές των συντελεστών  $a$ ,  $b$  και  $c$  της σχέσης της αθροιστικής διηθητικότητας της SCS για κάθε ομάδα διηθητικότητας

Ομάδα διηθητικότητας			$a$	$b$	$c$
$a/a$	in/h	mm/h	mm/min <sup>b</sup>	-	mm
1	0.05	1.27	0.533	0.618	7
2	0.1	2.54	0.620	0.6610	7
3	0.2	5.08	0.777	0.6988	7
4	0.3	7.62	0.925	0.7204	7
5	0.4	10.16	1.064	0.7356	7
6	0.5	12.70	1.196	0.7475	7
7	0.6	15.24	1.321	0.7572	7
8	0.7	17.78	1.443	0.7656	7
9	0.8	20.32	1.560	0.7728	7
10	0.9	22.86	1.674	0.7792	7
11	1.0	25.40	1.786	0.7850	7
12	1.5	38.10	2.283	0.7990	7
13	2.0	50.80	2.753	0.8080	7
14	3.0	76.20	3.650	0.8160	7
15	4.0	101.60	4.445	0.8230	7

$$I = a t^b + c \text{ (mm), } a, c \text{ (m/min), } t \text{ (min)}$$

# Χρόνος επιβράδυνσης

- Χρόνος επιβράδυνσης: χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που διακόπτεται η παροχή άρδευσης μέχρι την απόσυρση του νερού από το ανάντη άκρο της λωρίδας (« αδρομερώς: Χρόνος μετά τη διακοπή της άρδευσης όπου παραμένει νερό (λιμνάζει) προς διήθηση»),  $t_L$
- Πεπλεγμένη επίλυση με παροχή ανά μονάδα πλάτους, επίλυση συστήματος με δοκιμές
- Άγνωστοι, παροχή ανά μονάδα πλάτους,  $Q_u$  και χρόνος επιβράδυνσης,  $t_L$  (με βοήθεια της εξίσωσης του Manning)
- Εκτίμηση χρόνου επιβράδυνσης (έυρος) από πίνακα 7.5

# Εφαρμογή

Η μέθοδος της κατακλύσεως χρησιμοποιείται για την άρδευση μηδικής σε έδαφος του οποίου η διηθητικότητα περιγράφεται από τη σχέση

$$i = 40 t^{-0.4}$$

Δυστυχώς η εξίσωση δεν περιέχει τον όρο της τελικής διηθητικότητας

όπου  $i$  είναι η στιγμιαία διηθητικότητα σε mm/hr και  $t$  είναι ο χρόνος σε ώρες από την έναρξη της διηθήσεως

- Πόσος χρόνος χρειάζεται για την εκτέλεση μιας αρδεύσεως στην οποία χρησιμοποιείται ποσότητα νερού  $100 \text{ m}^3$ /στρέμμα.
- Ποιά είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση εφαρμογής του αρδευτικού νερού με τη μέθοδο τεχνητής βροχής ώστε να μη δημιουργείται επιφανειακή απορροή.  
Οι απώλειες εξατμίσεως θεωρούνται αμελητέες.

# Λύση

Λύση

α) Η αθροιστική διηθητικότητα  $I$  υπολογίζεται

$$I = \int_0^t i \, dt = 40 \int_0^t t^{-0.4} \, dt = 66.667 t^{0.6} \quad [\text{mm}]$$

Για δόση αρδεύσεως  $100 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}$  ή ισοδύναμο ύψος νερού  $100 \text{ mm}$  απαιτείται χρόνος

$$t = \left( \frac{I}{66.667} \right)^{\frac{1}{0.60}} = \left( \frac{100}{66.667} \right)^{1.667} = 1.966 \text{ hr}$$

# Διακρίνω περιπτώσεις

- **Μέθοδοι με κατάκλιση**

Δεν υπάρχει έλεγχος,  
συνήθως  $r > i$  και το νερό  
λιμνάζει

- **Μέθοδοι με τεχνητή  
βροχή**

Η ένταση βροχόπτωσης  
θα πρέπει να είναι  
μικρότερη ή ίση της  
μικρότερης  
διηθητικότητας που  
αναπτύσσεται ή ακόμη  
καλλίτερα της τελικής  
διηθητικότητας

$$I = r \Delta t$$

# Έλεγχος για τεχνητή βροχή

β) Η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση εφαρμογής του αρδευτικού νερού με την μέθοδο τεχνητής βροχής, ώστε να μη δημιουργείται επιφανειακή απορροή, είναι ίση με την στιγμιαία διηθητικότητα στον παραπάνω χρόνο

$$r_{\max} = 40 t^{-0.4} = 40 \cdot 1.966^{-0.4} = 30.52 \text{ mm/hr}$$

Δυστυχώς η εξίσωση δεν περιέχει τον όρο της τελικής διηθητικότητας



Σημείωση : Στη πραγματικότητα η  $r_{\max}$  πρέπει να είναι ακόμα μικρότερη επειδή ο χρόνος εφαρμογής της ίδιας ποσότητας νερού με την μέθοδο τεχνητής βροχής είναι μεγαλύτερος του χρόνου εφαρμογής με την μέθοδο της κατακλύσεως όπως φαίνεται παρακάτω.

2<sup>ο</sup> βήμα

Αν όμως η ένταση εφαρμογής με την άρδευση τεχνητής βροχής είναι 30.52 mm/hr τότε ο χρόνος εφαρμογής της δόσης θα είναι

Δηλαδή σε καταιονισμό η (τελική) διήθηση είναι η τομή διηθητικότητας εδάφους και έντασης τεχνητής βροχής

- ❑ Θα μπορούσα αυθαίρετα να επέλεγα μία ένταση τεχνητής βροχής πολύ μικρότερη από τη  $i_{max}$ , αλλά αυτό θα σήμαινε πολύ αργό πότισμα.
- ❑ Επομένως επιλέγω μία ένταση τεχνητής βροχής  $r$  ώστε ο χρόνος ποτίσματος να αντιστοιχεί σε μία διηθητικότητα εδάφους  $r$  μικρότερη αλλά κοντά στην ένταση βροχής  $r$ .
- ❑ Αν η εξίσωση διηθητικότητας εδάφους είχε ως όρο την τελική διηθητικότητα (όπως το θέμα) τα πράγματα θα ήταν πιο απλά  
Αρκεί  $r \leq i_f$

$$t = \frac{100}{30.52} = 3.277 \text{ hr}$$

και επομένως

$$r_{\max} = 40 t^{-0.4} = 40 \cdot 3.277^{-0.4} = 24.88 \text{ mm/hr}$$

3<sup>ο</sup> βήμα

Με  $r_{\max} = 24.88 \text{ mm/hr}$  υπολογίζεται ο χρόνος αρδεύσεως

$$t = \frac{100}{24.88} = 4.019 \text{ hr}$$

και επομένως

$$r_{\max} = 40 \cdot 4.019^{-0.4} = 22.93 \text{ mm/hr}$$

4<sup>ο</sup> βήμα

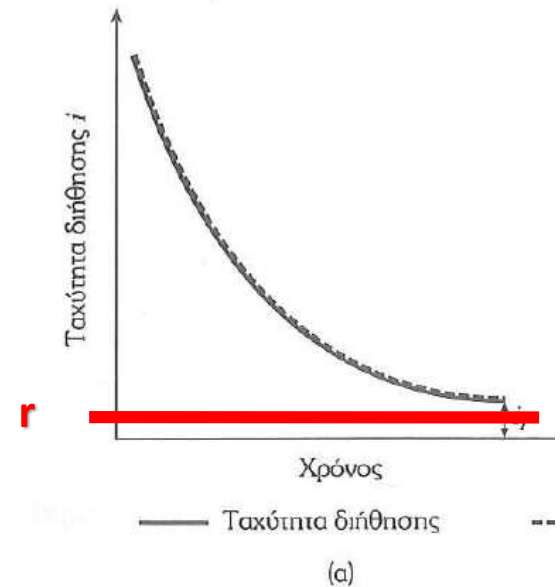
Με  $r_{\max} = 22.93$  υπολογίζεται ο χρόνος αρδεύσεως

$$t = \frac{100}{22.93} = 4.36 \text{ hr}$$

και  $r_{\max} = 40 \cdot 4.36^{-0.4} = 22.19$

Δηλαδή  $r_{\max} = 22 \text{ mm/hr}$

Αν  $r \leq i$   
 $t = dn/r$



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

# Απώλειες βροχής

- Σε σχέση με την άμεση απορροή, απώλειες:
  - Κατακράτηση
  - Διήθηση
- Ο μηχανισμός διήθησης είναι σχεδόν πλήρως κατανοητός. Η ποσοτική όμως εκτίμηση της διήθησης δεν είναι τόσο ακριβής.

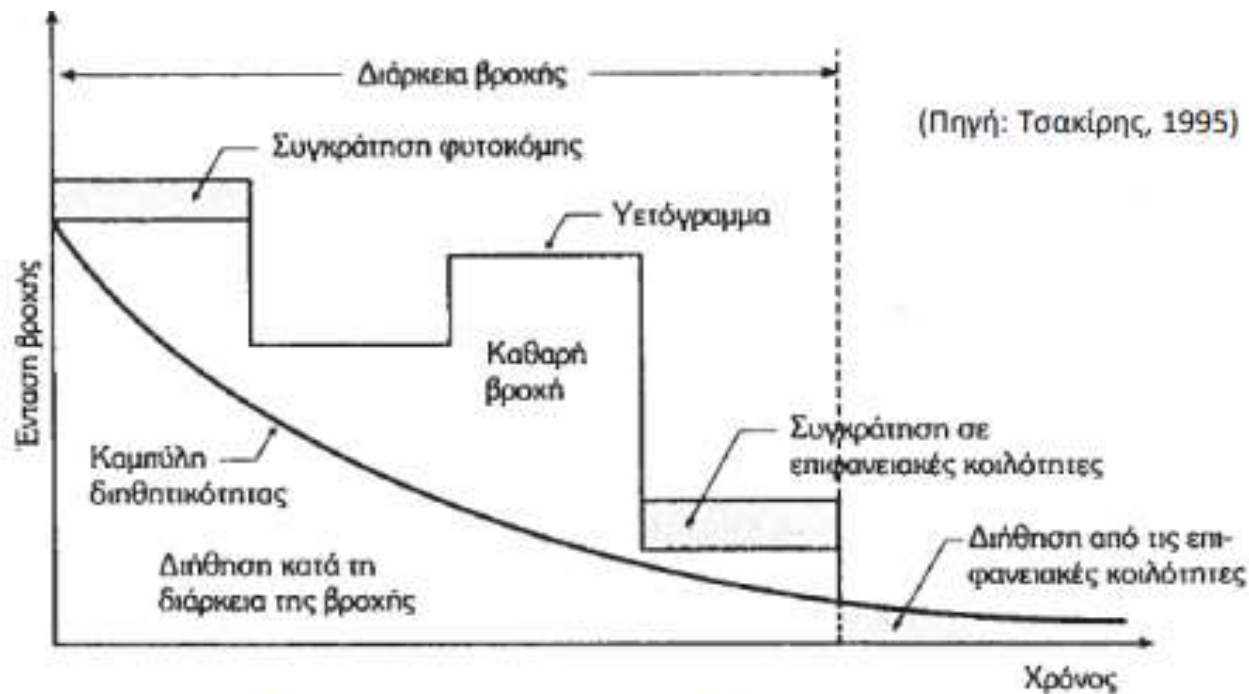
## ΚΑΤΑΚΡΑΤΗΣΗ-ΔΙΗΘΗΣΗ-ΑΠΟΡΡΟΗ



(Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, 2012. Υδρογραφείματα – Διήθηση  
[http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/2012-13\\_Lektion3.pdf](http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/2012-13_Lektion3.pdf))



# Περίσσευμα βροχής



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).