

# ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

ΧΡΗΣΤΟΣ Α. ΜΟΥΡΟΥΤΟΓΛΟΥ  
ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

# Γενικές αρχές και έννοιες

- ▶ **Άρδευση** είναι η τεχνική που ακολουθούμε προκειμένου να εφοδιάσουμε με την αναγκαία ποσότητα νερού τις καλλιέργειες έτσι ώστε να εξασφαλίσουμε ικανοποιητική ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών με τη μέγιστη ποιοτική και ποσοτική απόδοση.
- ▶ \*Η άρδευση **επιτυγχάνει** όταν αποθηκεύεται νερό στο χωράφι ίσο με το καθαρό βάθος άρδευσης, κατά τέτοιο τρόπο που οι απώλειες σε βαθιά διήθηση και επιφανειακή απορροή να είναι οι μικρότερες δυνατές.

Προϋπόθεση για να επιτευχθεί αυτό είναι το νερό να εφαρμοστεί **ομοιόμορφα σε** όλη την επιφάνεια του χωραφιού **και να παραμείνει επί τόσο χρόνο όσο χρειάζεται** για την αποθήκευση του καθαρού βάθους άρδευσης

# Οι τέσσερις βασικές κατηγορίες μεθόδων άρδευσης

- i. Επιφανειακή άρδευση
- ii. Κλασσικός καταιονισμός
- iii. Άρδευση με αυτοπρωθούμενα συστήματα καταιονισμού
- iv. Στάγδην άρδευση

i



ii



iii



iv



# Επιφανειακή άρδευση: Διάκριση συστημάτων

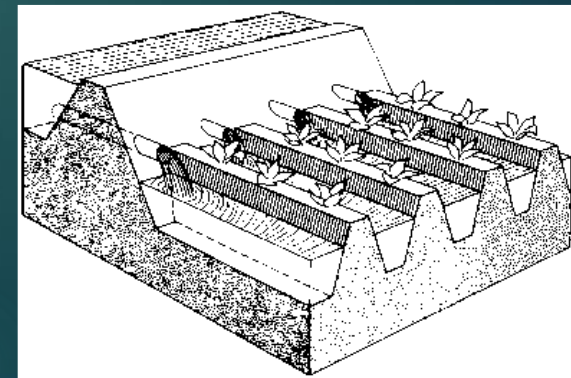
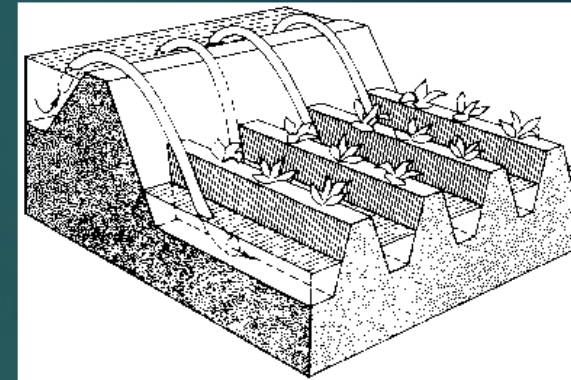
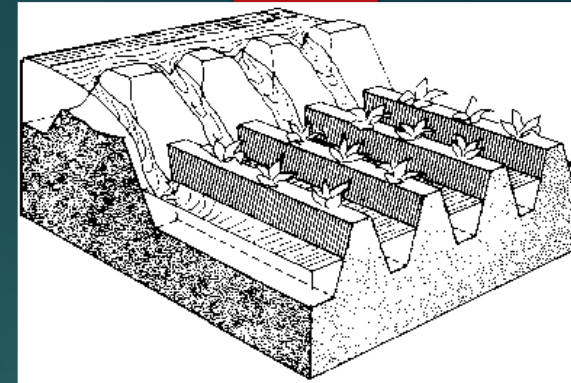
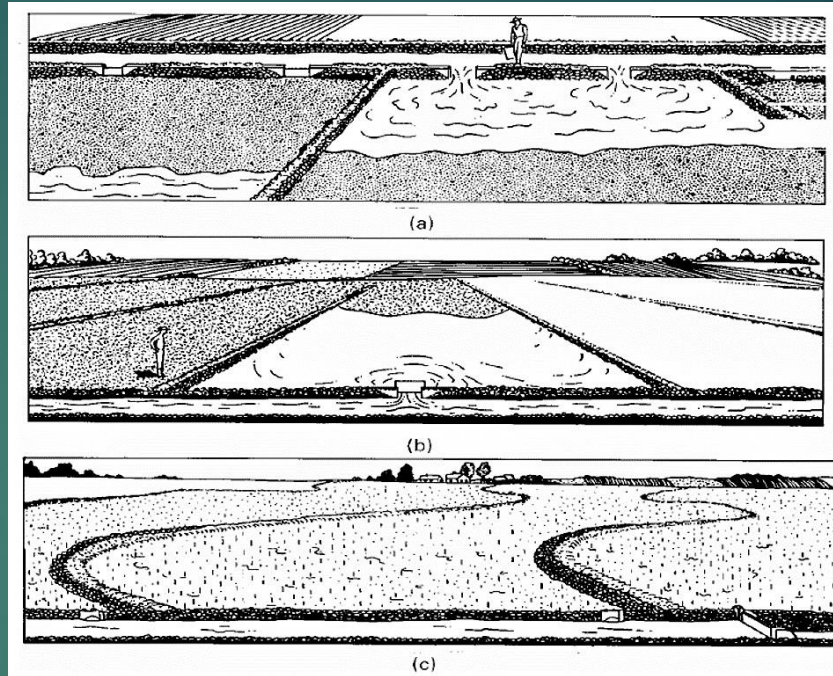
iii

► Ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του νερού στην επιφάνεια του χωραφιού είτε στατικά είτε **κινούμενο**

i. Με κατάκλυση

ii. Με περιορισμένη διάχυση

iii. Με αυλάκια



# Άρδευση με κατάκλυση

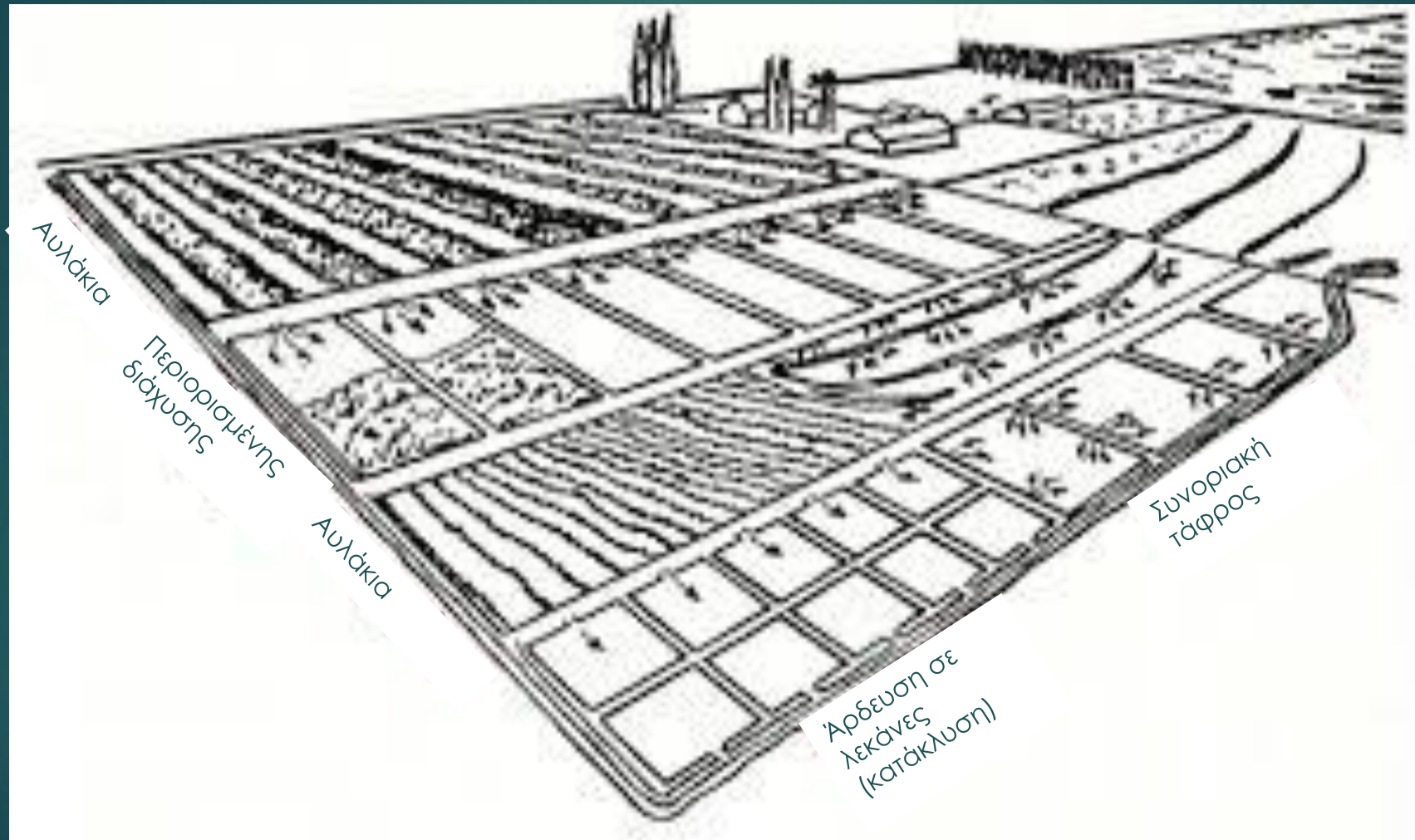


# Άρδευση με περιορισμένη διάχυση (λωρίδες)

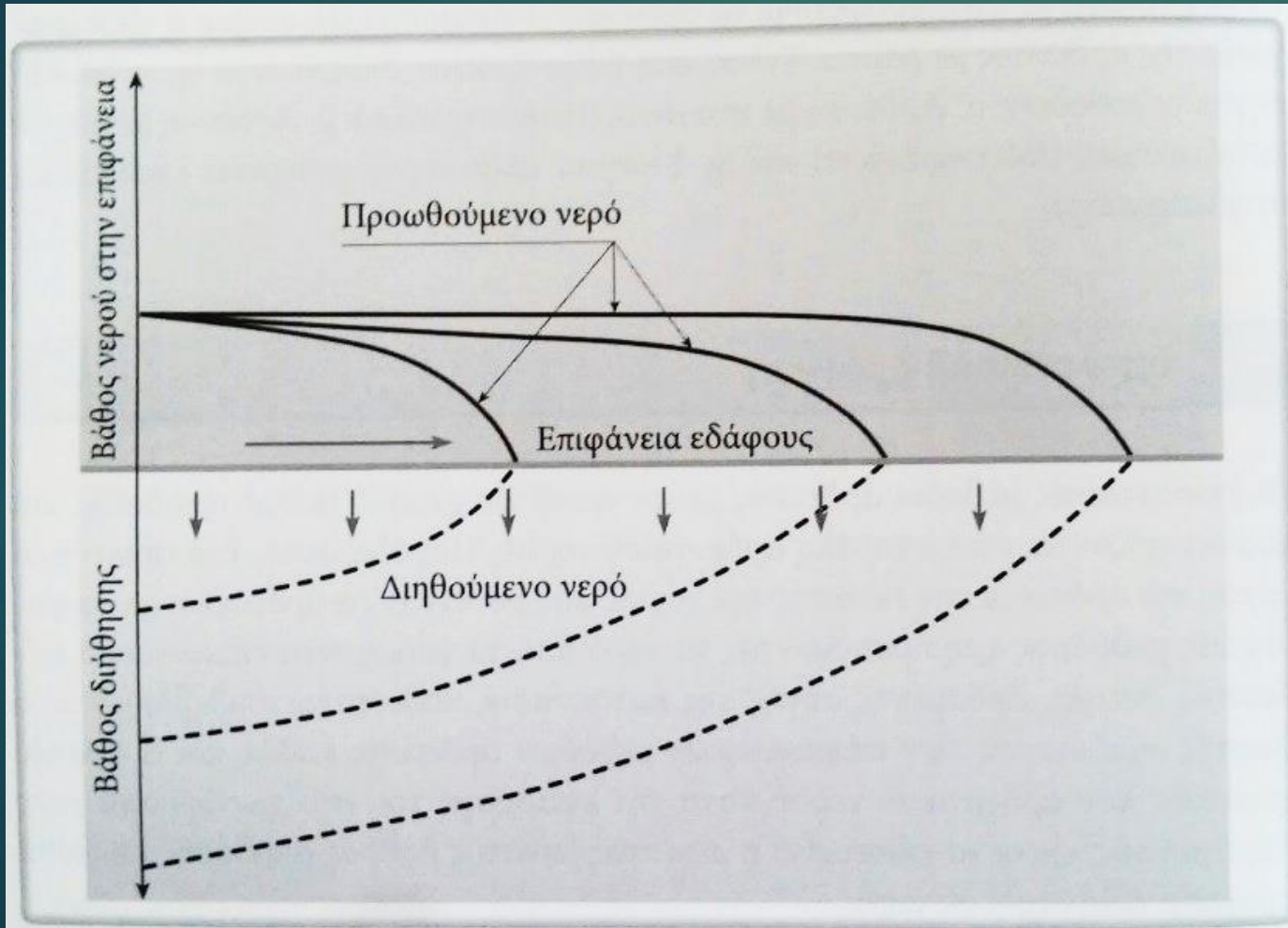


- ❖ Εδώ οι ρίζες δεν βρίσκονται διαρκώς μέσα στο νερό.
- ❖ Πιο αποδοτική διαχείριση του νερού και των θρεπτικών στοιχείων

# Ύσκαριφημα των επιφανειακών μεθόδων



# Προφίλ του κινούμενου στην επιφάνεια και του διηθούμενου στο έδαφος νερού, κατά την επιφανειακή άρδευση



- ❖ Στην επιφανειακή άρδευση παροχετεύεται νερό σε ένα ή περισσότερα σημεία στο πάνω άκρο του χωραφιού.
- ❖ Διηθείται μια ποσότητα του και το υπόλοιπο συνεχίζει την κίνησή του με **μειούμενη** παροχή, καθώς συνεχίζεται η διήθηση.



# Επιφανειακή άρδευση:

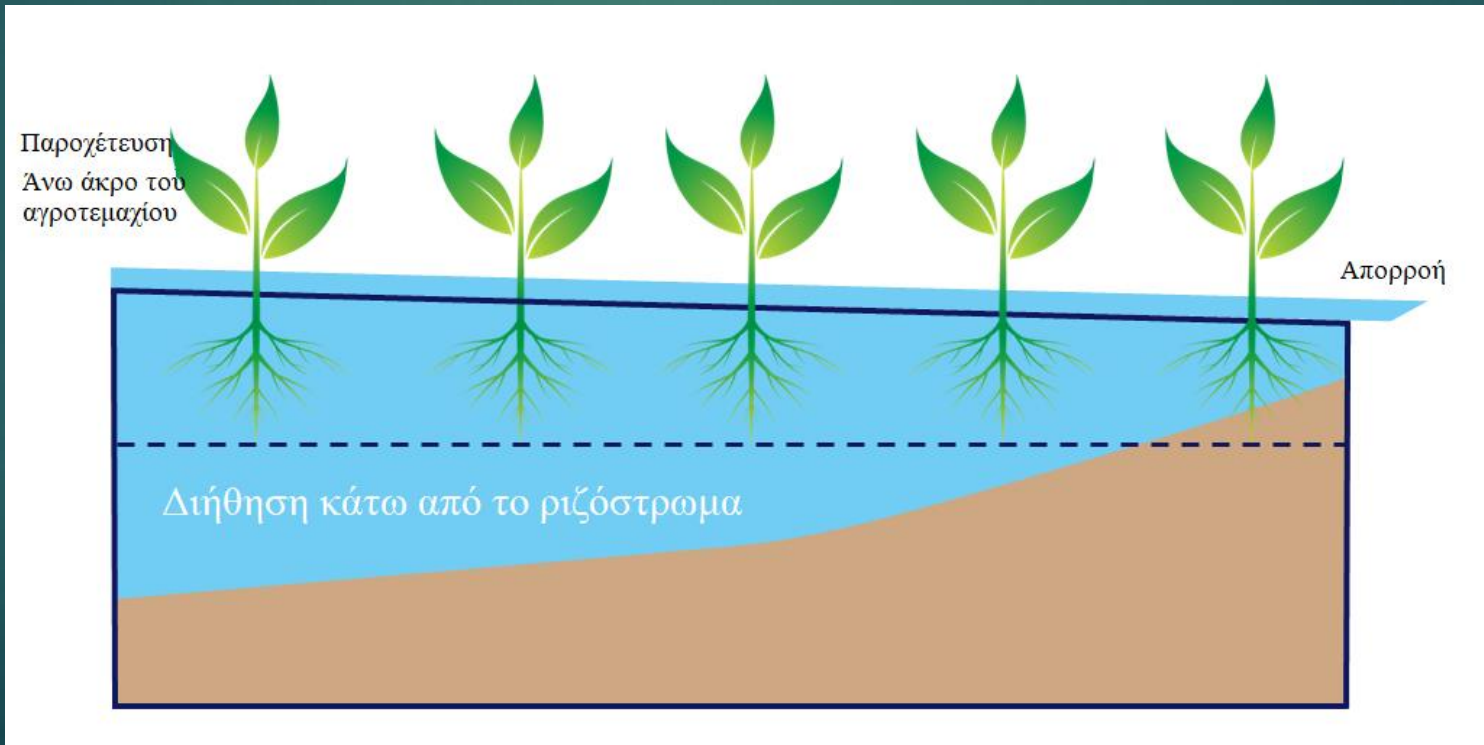
## Ιδιαίτερα στην άρδευση σε λωρίδες και με αυλάκια

- ▶ Το νερό προχωράει πάνω στην ξηρή επιφάνεια του εδάφους αφήνοντας ταυτόχρονα ένα ποσοστό του όγκου του να διηθηθεί
- ▶ Για την περίπτωση της **σταθερής** παροχής εισροής νερού η ταχύτητα διήθησης σε κάθε σημείο της λωρίδας **μειώνεται** σε συνάρτηση με το χρόνο και η **παροχή** που διέρχεται από τη διατομή που ανήκει το σημείο **και το βάθος ροής αυξάνονται** με το χρόνο
- ▶ Αντίθετα, ο **ρυθμός προέλασης** του υγρού μετώπου **μικραίνει** σε σχέση με το χρόνο και την απόσταση καθώς ολοένα και περισσότερο έδαφος μετέχει στη διήθηση και ο όγκος του νερού στην επιφάνεια του εδάφους μειώνεται

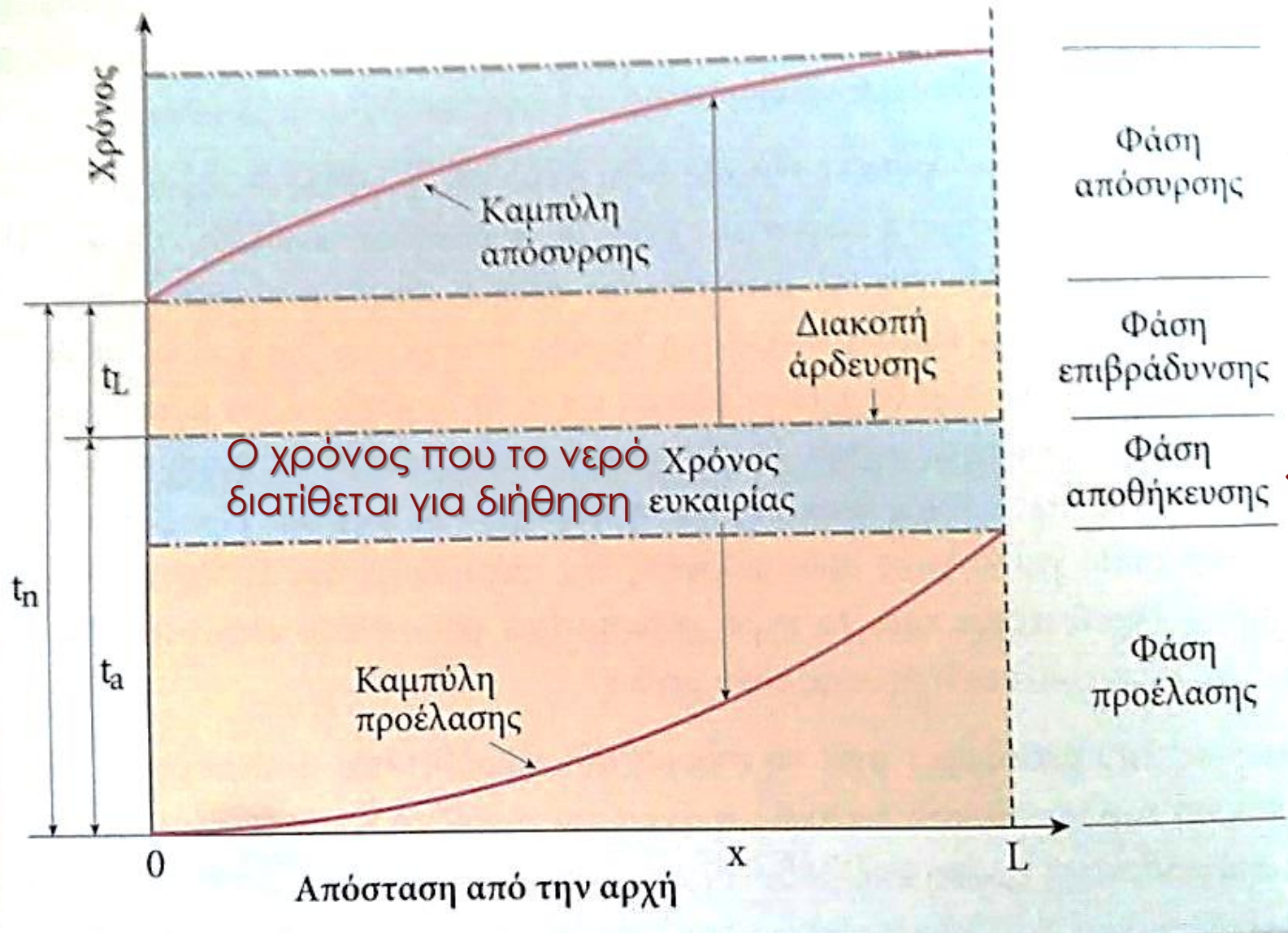


# Εξέλιξη της κίνησης του νερού στην επιφανειακή άρδευση

- ❖ Το υγρό μέτωπο, όταν φτάσει στο κατάντη άκρο της λωρίδας, το νερό απορρέει στην αμέσως κατάντη τάφρο δηλαδή έχουμε **απώλεια νερού**
- ❖ **Η εισροή** του νερού στη λωρίδα συνεχίζεται για χρόνο (πέραν του χρόνου προέλασης) ικανό ώστε να διηθηθεί κατά μέσο όρο η υπολογισθείσα ποσότητα νερού. Είναι η φάση αποθήκευσης



# Οι φάσεις κατά την άρδευση με την μέθοδο των λωρίδων

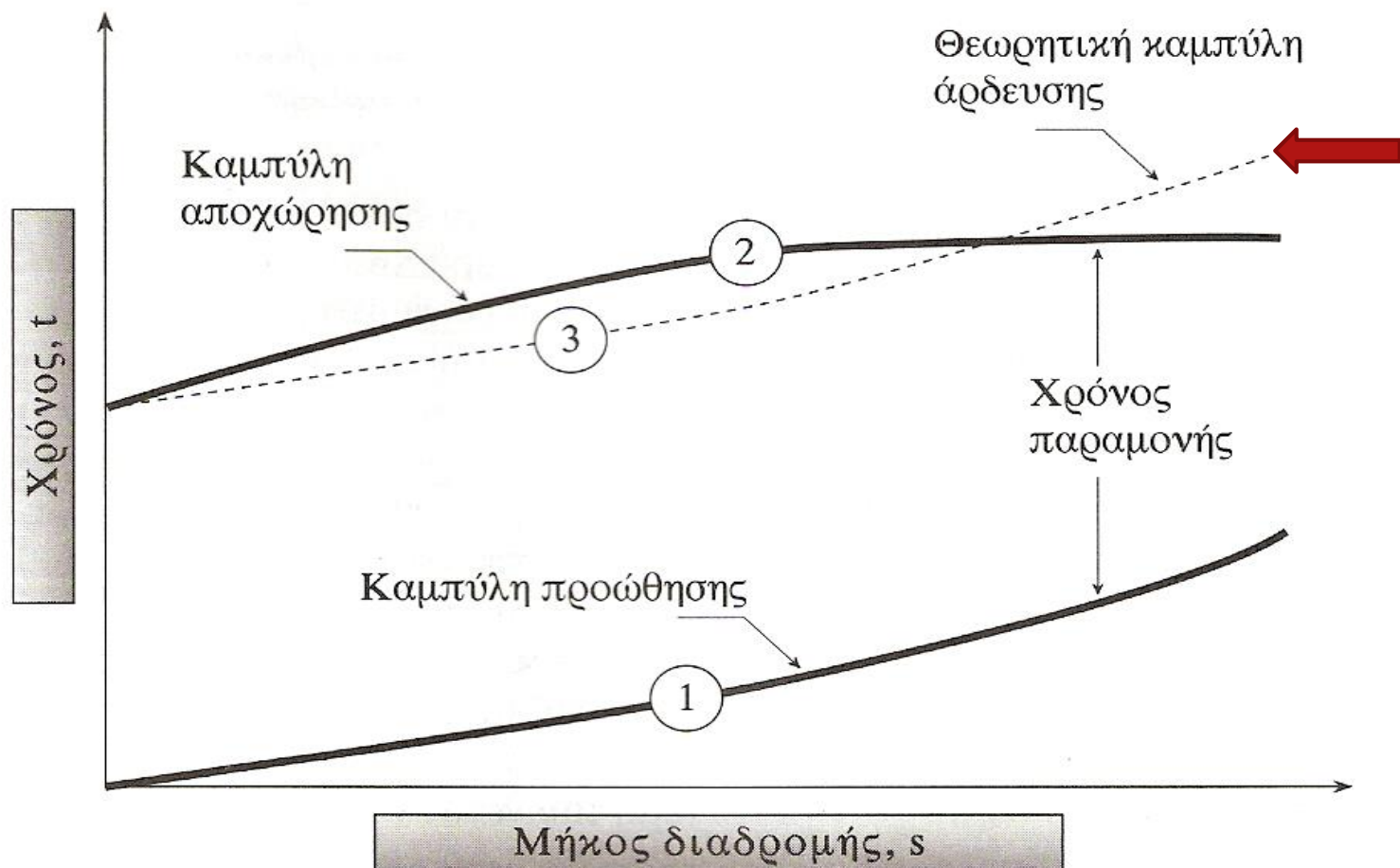


Ο χρόνος μεταξύ της έναρξης της απόσυρσης στο ανάντη άκρο της λωρίδας μέχρι την πλήρη απομάκρυνση του νερού από την επιφάνεια της λωρίδας

Ο χρόνος μεταξύ της διακοπής της παροχής και της απόσυρσης του νερού από το ανάντη άκρο της λωρίδας

Η εισροή του νερού στη λωρίδα συνεχίζεται για χρόνο (πέραν του χρόνου προέλασης) ικανό ώστε να διηθηθεί κατά μέσο όρο η υπολογισθείσα ποσότητα νερού. Στο τέλος αυτής της φάσης, διακόπτεται η παροχή του νερού στη λωρίδα.

# Καμπύλες προώθησης, αποχώρησης και άρδευσης



- ❖ Αν ο χρόνος ευκαιρίας (παραμονής) του νερού στην επιφάνεια του εδάφους είναι ο ίδιος σε κάθε σημείο της διαδρομής, =>
- ❖ η άρδευση θα είναι πλήρης και η αποδοτικότητα εφαρμογής του νερού ίση με 100%, και
- ❖ αν η καμπύλη απόσυρσης είναι παράλληλη με την καμπύλη προέλασης (προώθησης) – απέχουν χρόνο ίσο με αυτόν που χρειάζεται για να διηθηθεί στο έδαφος νερό ίσο με το καθαρό βάθος νερού άρδευσης τότε η καμπύλη απόσυρσης λέγεται θεωρητική καμπύλη άρδευσης

# \*Ομοιομορφία και αποδοτικότητα της άρδευσης

- ▶ Εξαρτώνται από:
  1. Την παροχή της άρδευσης [L, m<sup>3</sup> / min, h]
  2. Το μήκος της διαδρομής που διατρέχει το νερό [m]
  3. Τη διηθητικότητα του εδάφους [mm / h]
  4. Την ταχύτητα ροής του νερού που εξαρτάται [m / min]:
    - i. Κλίση
    - ii. Τραχύτητα της αρδευόμενης επιφάνειας
    - iii. Πυκνότητα της καλλιέργειας που ενδεχομένως διαμέσου αυτής, κινείται

# Ο σωστός σχεδιασμός της επιφανειακής μεθόδου άρδευσης

- ▶ Ποσοτική εκτίμηση:
  1. Του βάθους\* άρδευσης (δόση άρδευσης)- καθαρό και ολικό
  2. Ταχύτητα κίνησης του νερού (~ κλίση / τραχύτητα / παροχή )
  3. Μέγιστη αντιδιαβρωτική παροχή
- ▶ & Καταλληλότητα για επιφανειακή άρδευση:
  - Σχήμα
  - Διαστάσεις χωραφιού
  - Ανάγλυφο επιφάνειας
  - Βάθος εδάφους
  - Προβλήματα υποστράγγισης και ...

\*Περιγράφεται και με τον ισοδύναμο όρο “ύψος άρδευσης”

# Ο σωστός σχεδιασμός της επιφανειακής μεθόδου άρδευσης

- ▶ ... η διηθητικότητα του εδάφους (Kostiakov)

$$Y = k \cdot t^b$$

- ▶ Η διηθητικότητα για επιφανειακές μεθόδους άρδευσης της Soil Conservation Service (SCS) των Η.Π.Α. :

$$I = a \cdot t^b + c$$

- ▶ Όπου:

- I η αθροιστική διηθητικότητα [mm /h],
- t ο χρόνος εφαρμογής του νερού [min]
- a περιοριστικός παράγοντας της αθροιστικής διηθητικότητας [mm / min<sup>b</sup>]
- b ο εκθέτης του χρόνου στην εξίσωση της διηθητικότητας [ ]
- c σταθερά της σχέσης της αθροιστικής διηθητικότητας της SCS

# Τιμές των a, b και c της σχέσης της αθροιστικής διηθητικότητας της SCS για κάθε ομάδα διηθητικότητας

mm/h	a [mm/h]	b	C [mm]
5,08	0,777	0,6988	7
15,24	1,321	0,7572	7
20,32	1,560	0,7728	7
25,40	1,786	0,7850	7
50,80	2,753	0,8080	7

Η εύρεση της ομάδας διηθητικότητας εξαρτάται όχι μόνο από το έδαφος αλλά κι από τη μέθοδο άρδευσης και γίνεται με μετρήσεις στο χωράφι.

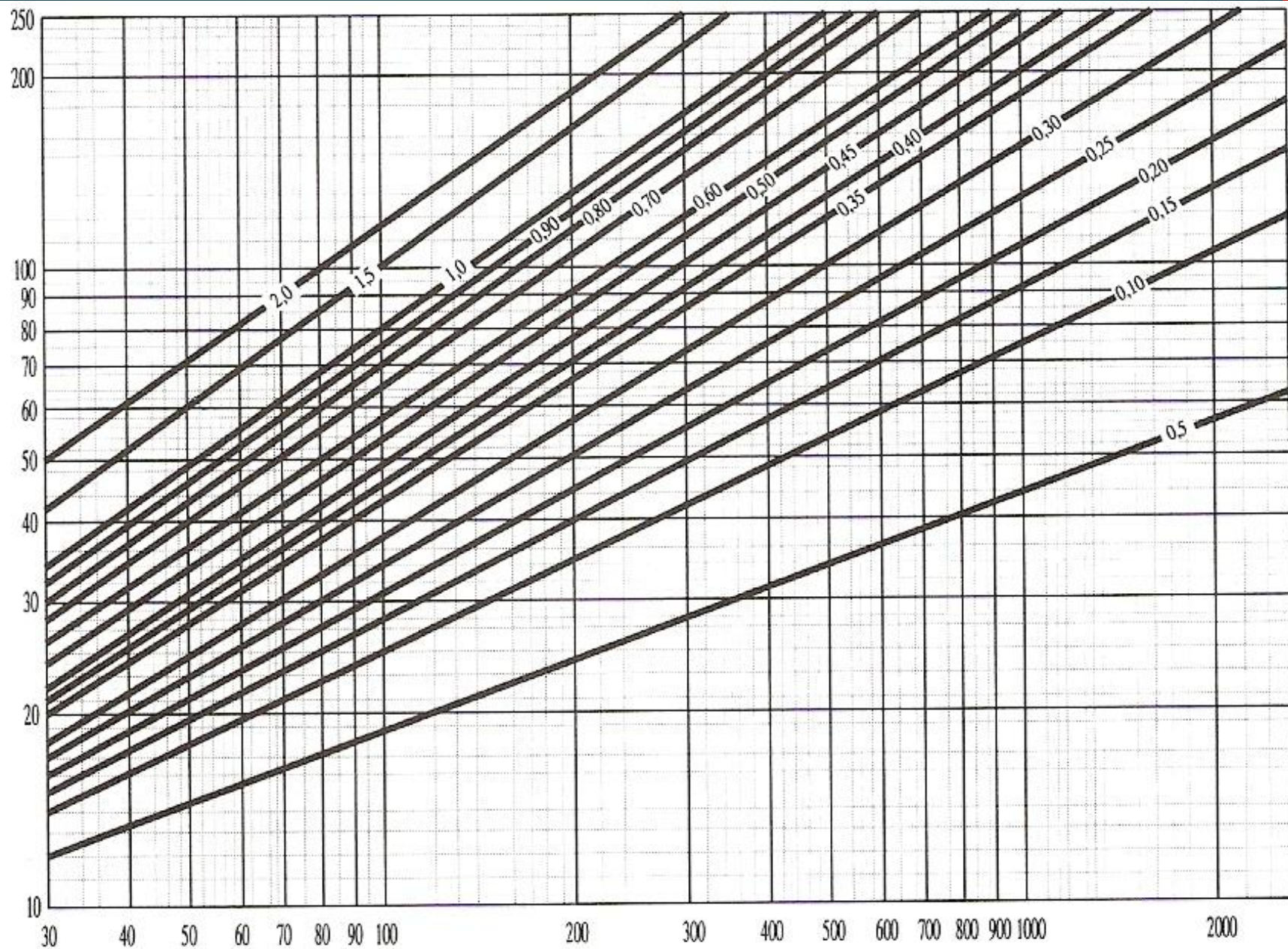
Στην άρδευση με κατάκλυση ή με περιορισμένη διάχυση, οι μετρήσεις γίνονται με κυλινδρικά διηθητόμετρα, ενώ στην άρδευση με αυλάκια, η αθροιστική διηθητικότητα υπολογίζεται με τη μέθοδο εισόδου – εξόδου και η ανωτέρω εξίσωση γίνεται:

$$I = (a \cdot t^b + c) (P/W)$$

P= βρεχόμενη περίμετρος [μήκος] και W = η απόσταση μεταξύ των αυλακιών



Αθροιστική διηθητικότητα,  $y$  (mm)



Χρόνος  $T$  (min)

Τιμές των σταθερών  $a$ ,  $b$  και  $c$  για διάφορες ομάδες διηθητικότητας

Ομάδα διηθητικότητας, $I_f$	$a$	$b$	$c$
(1)	(2)	(3)	(4)
0,05	0,5334	0,618	7,0
0,10	0,6198	0,661	7,0
0,15	0,7110	0,683	7,0
0,20	0,7772	0,699	7,0
0,25	0,8534	0,711	7,0
0,30	0,9246	0,720	7,0
0,35	0,9957	0,729	7,0
0,40	1,064	0,736	7,0
0,45	1,130	0,742	7,0
0,50	1,196	0,748	7,0
0,60	1,321	0,757	7,0
0,70	1,443	0,766	7,0
0,80	1,560	0,773	7,0
0,90	1,674	0,779	7,0
1,00	1,786	0,785	7,0
1,50	2,284	0,799	7,0
2,00	2,753	0,808	7,0
3,00	3,650	0,816	7,0
4,00	4,445	0,823	7,0

# \*Άρδευση με κατάκλυση

- ▶ Διαίρεση του χωραφιού με χωμάτινα αναχώματα σε οριζόντιες λεκάνες
- ▶ Μηδική, χορτοδοτικές καλλιέργειες, ρύζι
- ▶ Γραμμικές καλλιέργειες όπως ζαχαρότευτλα, το βαμβάκι και το καλαμπόκι.
- ▶ Εδάφη με μέτρια ή μικρή διηθητικότητα
- ▶ Καλά ισοπεδωμένο χωράφι, με μικρούς χρόνους παραμονής του νερού ⇒ καλές αποδόσεις



# \*Άρδευση με κατάκλυση

**Μικρές λεκάνες** όταν:

1. *Απότομη κλίση* μιας πλαγιάς
2. *Αμμώδες έδαφος*
3. *Μικρή η διαθέσιμη παροχή* του νερού στη λεκάνη
4. *Μικρό το απαιτούμενο* βάθος άρδευσης
5. Η προετοιμασία της λεκάνης γίνεται με ζώα ή με εργάτες. (δηλαδή *μεγάλη διάρκεια εργασιών*)

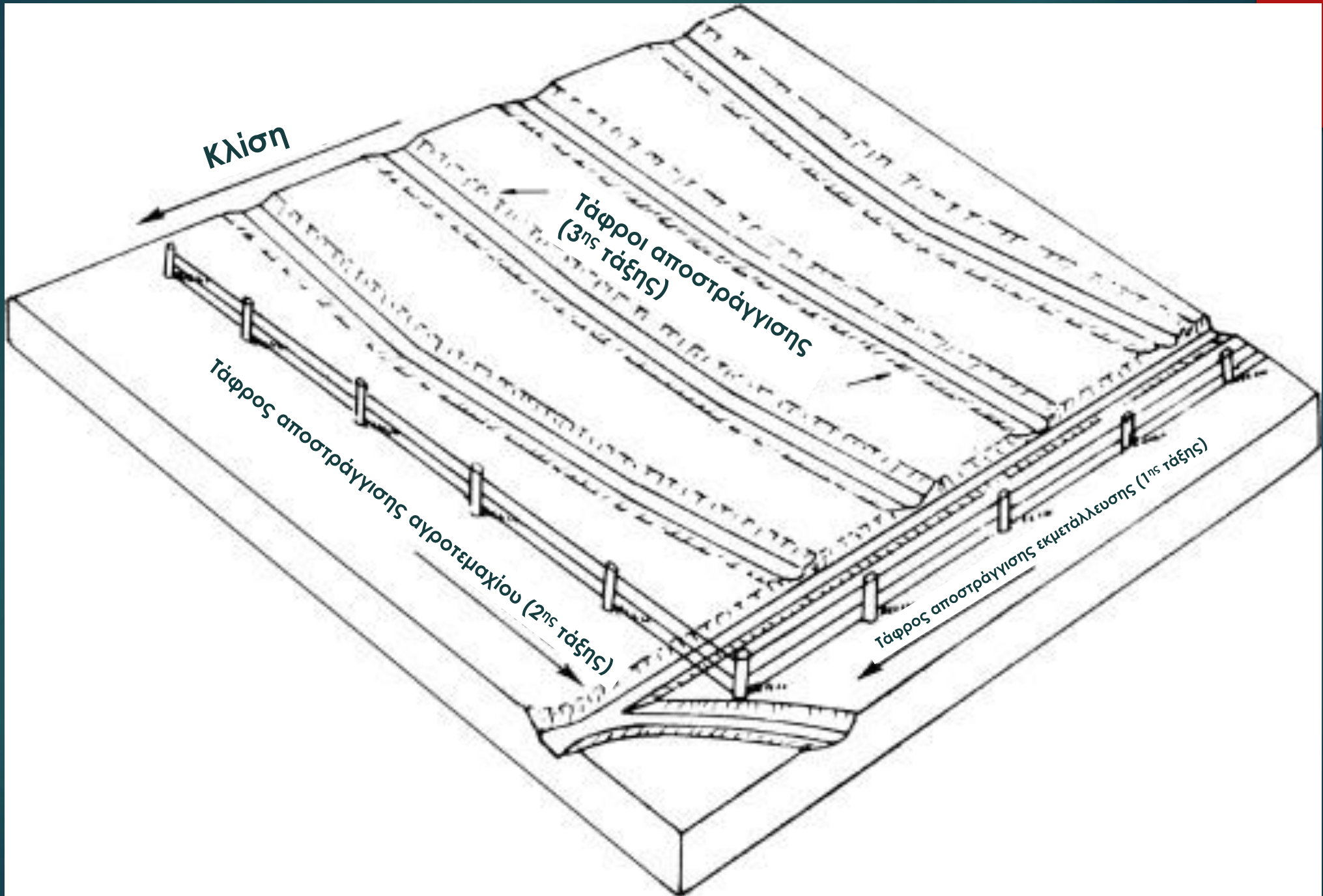


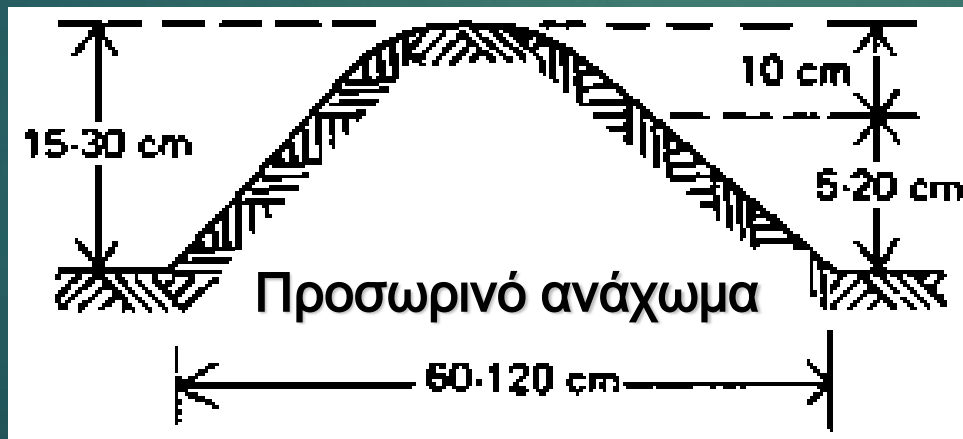
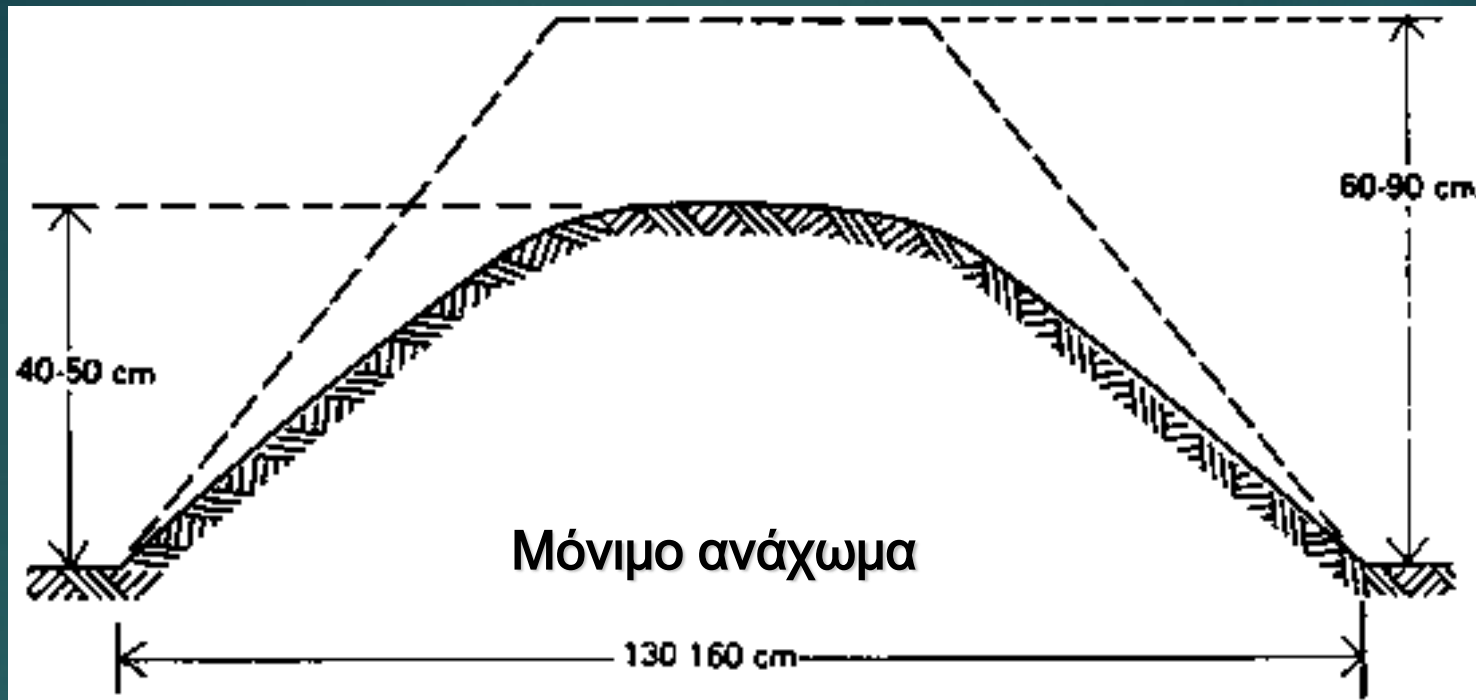
# Άρδευση με κατάκλυση

- ▶ Αν υπάρχει κλίση,
  - Προς τη διεύθυνση ροής
  - Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των 2 άκρων της λεκάνης να μην υπερβαίνουν το μισό του καθαρού βάθους άρδευσης
- ▶ Έργα απομάκρυνσης του πλεονάζοντος νερού (*υπεράρδευση, έντονη βροχόπτωση*) ⇒ δίκτυο επιφανειακής απομάκρυνσης του νερού ιδίως σε εδάφη χαμηλής διηθητικότητας (*αργιλώδη*)



Figure 17.13. Left: Drainage ditch removes excess water and lowers water table. Right: Installation of perforated corrugated PVC drain lines using a laser-guided trencher.





\*Το μόνιμο ανάχωμα έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και απαιτεί μεγάλο διάστημα για τη τελική του διαμόρφωση με διαρκή συμπίεση.

\*Το προσωρινό ανάχωμα κατασκευάζεται κάθε καλλιεργητική περίοδο.

# Άρδευση με περιορισμένη διάχυση (λωρίδες)





# Άρδευση με περιορισμένη διάχυση

- ▶ Διαίρεση του χωραφιού σε λωρίδες με κατασκευή παράλληλων αναχωμάτων κατά τη μέγιστη κλίση.
- ▶ Τα αναχώματα χρησιμεύουν στη καθοδήγηση του νερού καθώς κυλά κατά μήκος της κλίσης του χωραφιού
- ▶ Τα αναχώματα μπορούν να φτάσουν σε μήκος και τα 800m, και πλάτος από 3 - 30m.
- ▶ Κλίση μικρότερη του 0,5%. Εφαρμόζεται όμως σε κλίσεις έως 2% για καλλιέργειες αραιής και 4% για καλλιέργειες πυκνής σποράς.

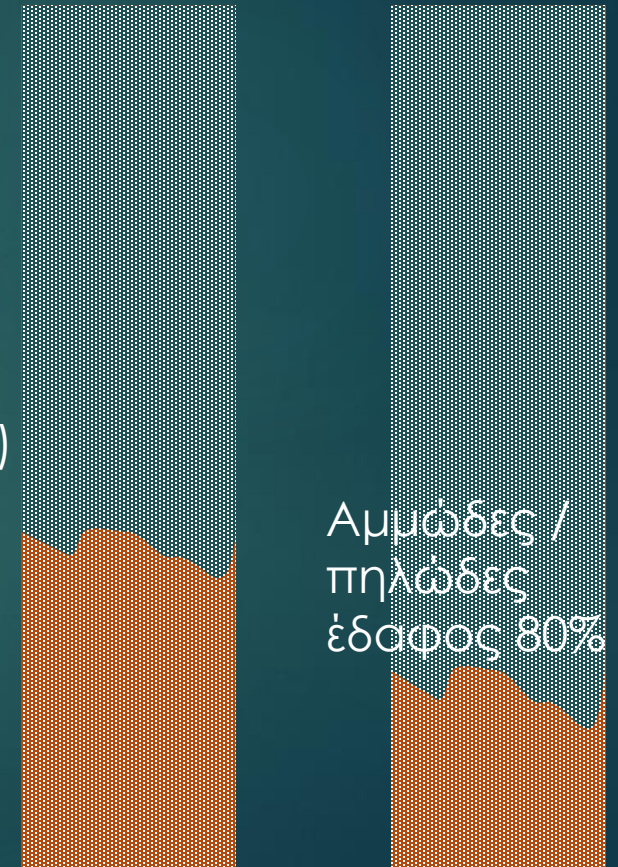
# Άρδευση με περιορισμένη διάχυση

- ▶ Παροχέτευση του νερού από το άνω άκρο των λωρίδων.
- ▶ Η παροχή διακόπτεται όταν έχει παροχετευθεί στη λωρίδα ο απαιτούμενος όγκος νερού.
- ▶ Για πόση ώρα το παροχετεύουμε;
  - Στη περίπτωση που έχουμε ένα αργιλώδες έδαφος, σταματάμε την παροχέτευση όταν το νερό έχει καλύψει το 60% της έκτασης της λωρίδας.
  - Στην περίπτωση ενός πηλώδους και ενός αμμώδους εδάφους, τα ποσοστά ανέρχονται στα 80 και 100% αντίστοιχα.

Παροχέτευση νερού

Αργιλώδες έδαφος (60%)

Αμμώδες / πηλώδες έδαφος 80%



# \*Άρδευση με περιορισμένη διάχυση

- ▶ Κατάλληλη για μέσης διηθητικότητας εδάφη.
- ▶ Προτιμούνται εδάφη βαθιά, αργιλώδη ή πηλώδη.
- ▶ Εφαρμόζεται συνήθως σε μηδική, χορτοδοτικές και δημητριακά, οπωρώνες και αμπελώνες.



*Άρδευση με λωρίδες*

# \*Άρδευση με αυλάκια

- ▶ Άρδευση γραμμικών καλλιιεργειών
- ▶ Κατεύθυνση προς τη μέγιστη κλίση
- ▶ Παροχέτευση με μικρή σχετικά παροχή
- ▶ Δεν διαβρέχεται το σύνολο της έκτασης του χωραφιού.



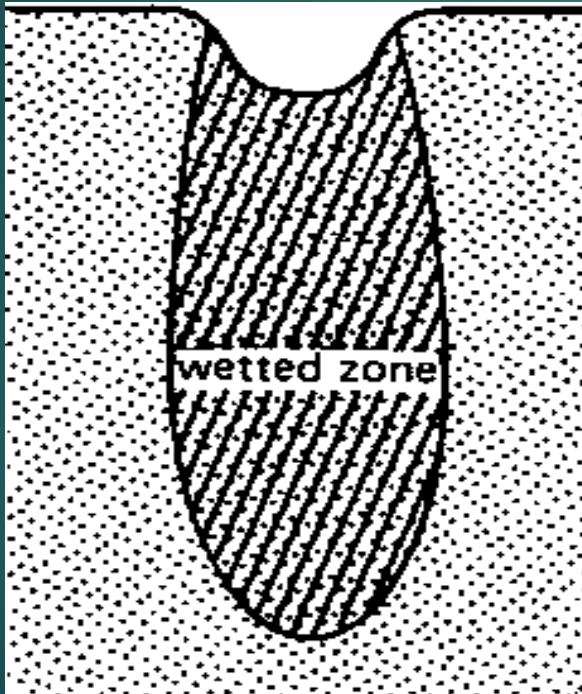
# \*Άρδευση με αυλάκια

- ▶ Γραμμικές καλλιέργειες όπως αραβόσιτος, ηλίανθος, σόγια
- ▶ Καλλιέργειες ευαίσθητες σε πλημμύρες, όπως τομάτες, λαχανικά, πατάτες, φασόλια αλλά και
- ▶ Δέντρα όπως εσπεριδοειδή ή και αμπέλια.

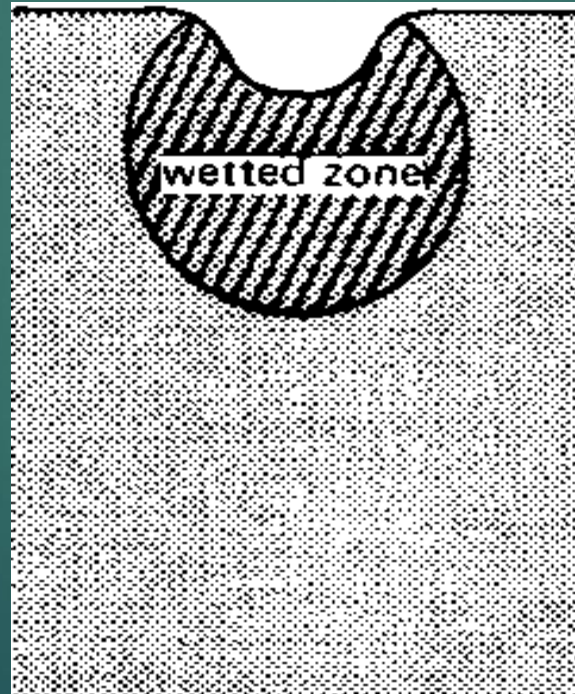
# \*Άρδευση με αυλάκια

- ▶ **Πλευρική** και κατακόρυφη διήθηση ~ συνεκτικότητα και ομοιομορφία εδάφους

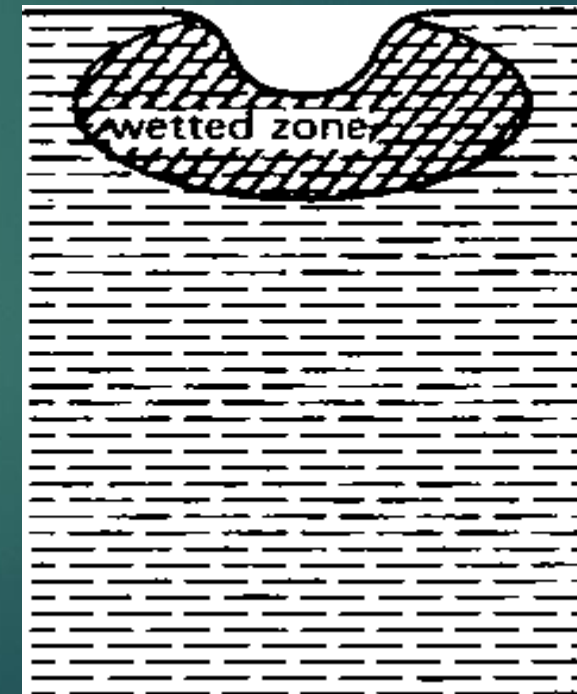
Αμμώδες έδαφος



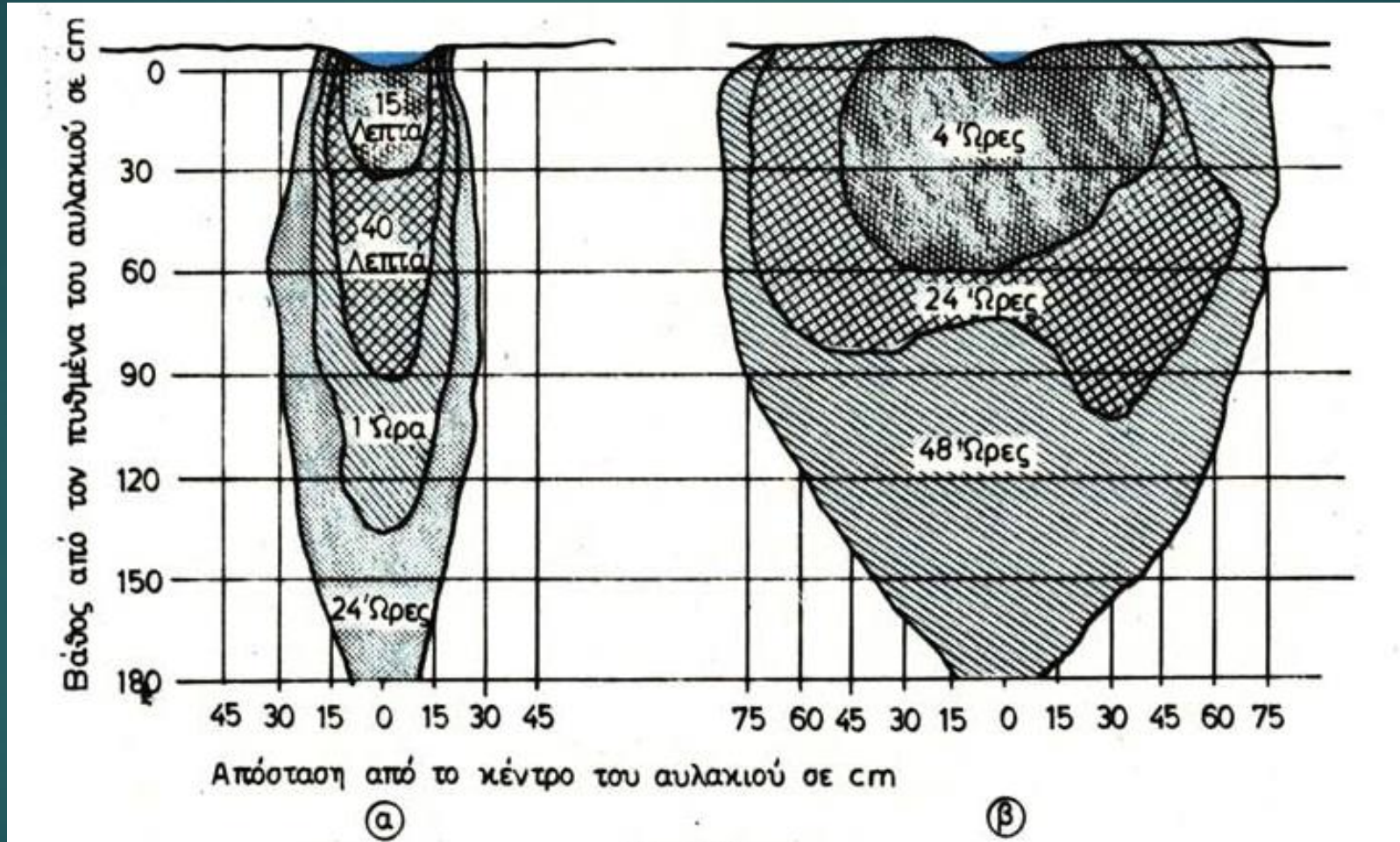
Πηλώδες έδαφος



Αργιλώδες έδαφος



Εξέλιξη της διηθήσεως του αρδευτικού νερού σε (α) αμμοπηλώδες και (β) αργιλοπηλώδες έδαφος



# Άρδευση με αυλάκια

- ▶ Η διάβρωση είναι μεγαλύτερη απ' ότι στις προηγούμενες μεθόδους
- ▶ Η παροχή είναι συνάρτηση των διαστάσεων και της διαβρωτικότητας των αυλακιών
- ▶ Εμπειρικά:

$$Q_m = 0.63 / S \quad \text{όπου,}$$

- $Q_m$  η μέγιστη παροχή που μπορεί να δεχτεί το αυλάκι χωρίς κίνδυνο διάβρωσης και
- $S$  η κλίση του αυλακιού ως ποσοστό επί τοις εκατό

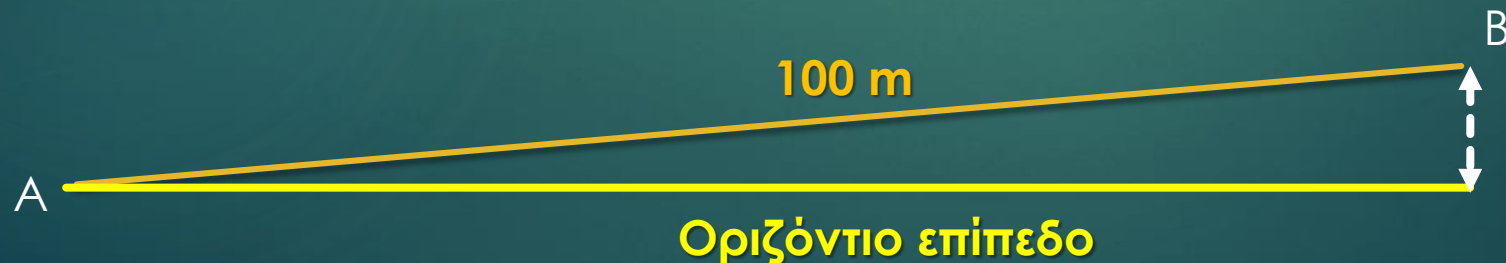


# Άρδευση με αυλάκια

- ▶ Στην αρχή της άρδευσης εφαρμόζεται η μεγαλύτερη επιτρεπόμενη παροχή
- ▶ Περιορισμός αυτής στο μισό μόλις το νερό φτάσει μέχρι το τέλος του αυλακιού → κάλυψη των αναγκών διήθησης από την αρχή μέχρι το τέλος του αυλακιού
- ▶ Σε οριζόντιο χωράφι, η επιφανειακή απορροή μηδενίζεται και βελτιώνεται η ομοιομορφία της άρδευσης με φράξιμο των κάτω άκρων των αυλακιών.

# Κλίση αυλακιών

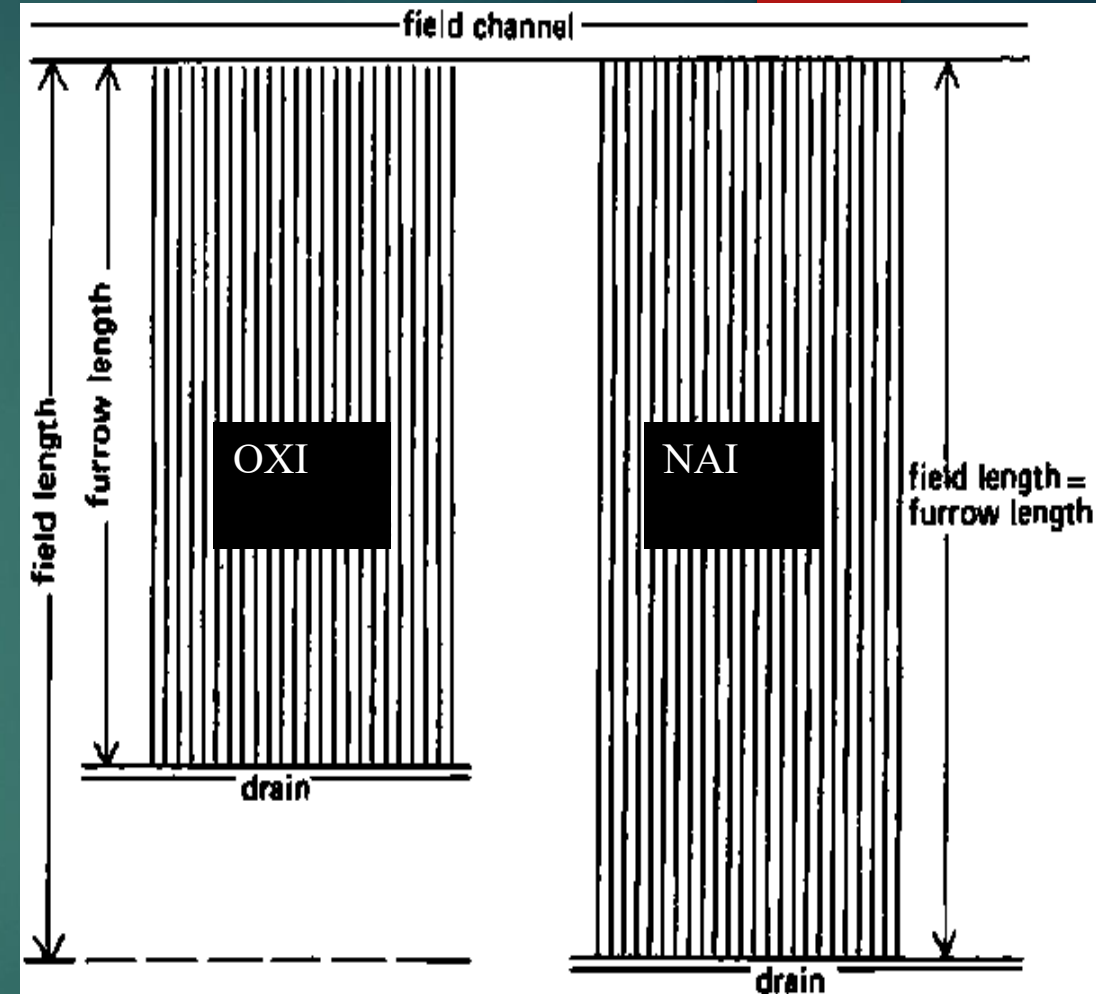
- ▶ Η κλίση δεν ξεπερνά το 0,5%.
- ▶ Συνήθως **μια κλίση της τάξης του 0,05%** είναι απαραίτητη για την απομάκρυνση του νερού κατά τη στράγγιση που ακολουθεί την άρδευση ή μια ισχυρή βροχόπτωση.
- ▶ Εάν η κλίση ξεπερνά το 0,5% θα είναι χρήσιμο να διαμορφωθεί ακολουθώντας υπό γωνία την κλίση του εδάφους.
- ▶ Εάν η κλίση είναι άνω του 3%, καλό είναι να αποφεύγεται αυτό το σχήμα και να δημιουργούνται πεζούλια.



Κλίση είναι: η κατακόρυφη ανύψωση από το A στο B, έχοντας διανύσει μια απόσταση 100m

## \*Μήκος αυλακιών

- ▶ Σε αμμώδη εδάφη, το μήκος περιορίζεται λόγω αυξημένης ταχύτητας διήθησης.
- ▶ Αυξάνοντας το βάθος άρδευσης, αυξάνεται και το μήκος των αυλακιών,
- ▶ Η εκμηχάνιση της καλλιέργειας απαιτεί μεγαλύτερο μήκος αυλακιών,
- ▶ Εάν ξεπερνάμε το ιδεατό μήκος των αυλακιών για την κάλυψη του μήκους του χωραφιού, δεν είναι πρόβλημα η επέκταση αυτών έως το μήκος του χωραφιού



## \*Μήκος αυλακιών

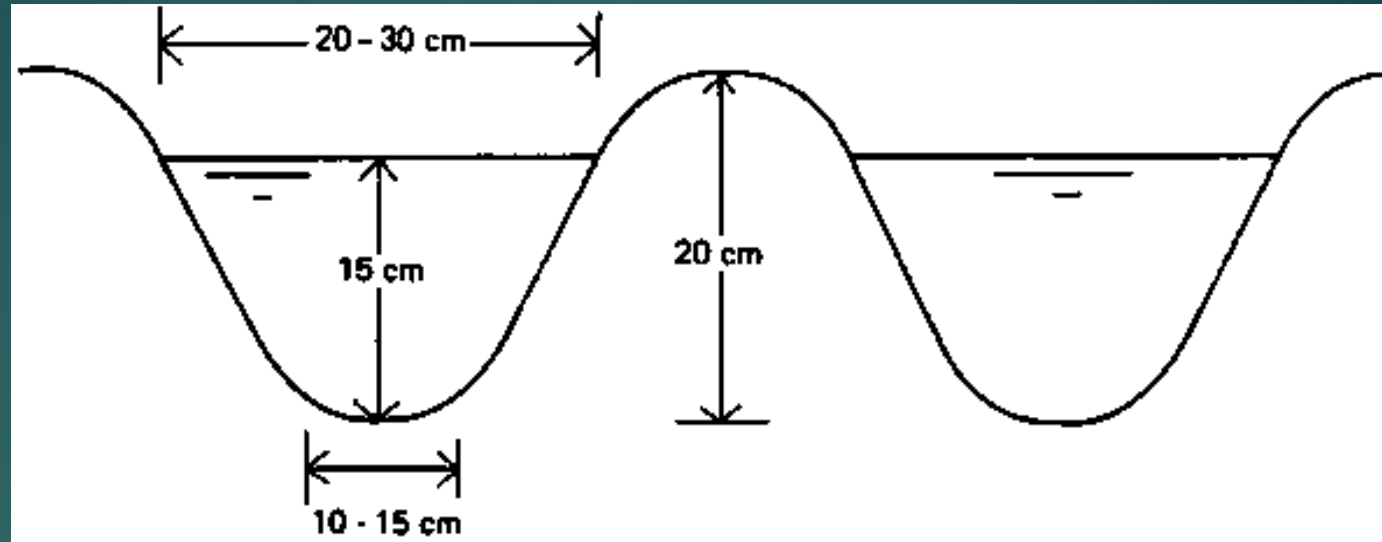
- ▶ Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους το μήκος κυμαίνεται από **80 – 600 m** (επίπεδα εδάφη),
- ▶ **60-120 m** σε επικλινή εδάφη, ακολουθώντας τις ισοκλινείς



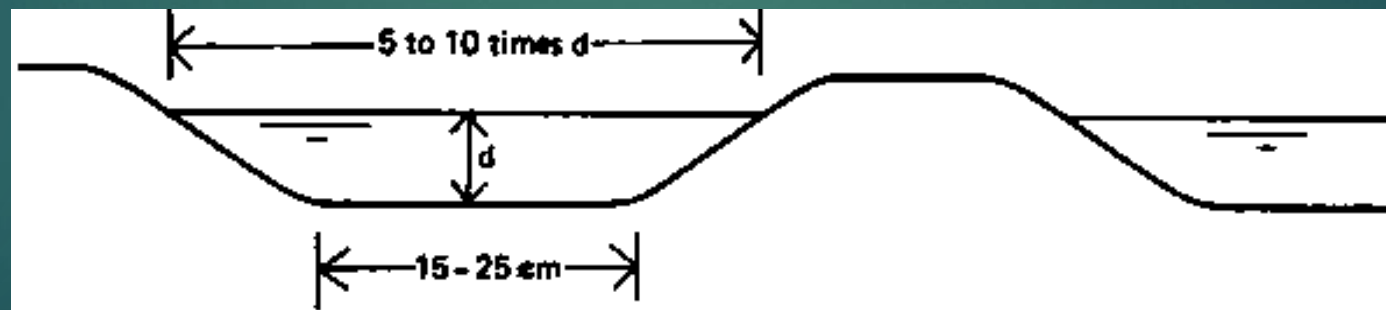
# Σχήμα / Απόσταση αυλακιών

- ▶ Τα σχήματα διαμορφώνονται ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και την διαθέσιμη παροχή .
- ▶ Η διαφοροποίηση των σχημάτων οφείλεται στην διαφορετική ταχύτητα διήθησης ανάλογα με τον τύπο του εδάφους που πρόκειται να αρδευτεί.
- ▶ \*Όσο αυξάνεται η **παροχή** κατά κανόνα αυξάνεται και το **πλάτος του αυλακιού**.
- ▶ \*Η απόσταση καθορίζεται από τον **τύπο του εδάφους** και τη καλλιεργητική πρακτική.
- ▶ \*Η απόσταση **30-60cm** για **αμμώδη εδάφη** και **75-150 cm** για **αργιλώδη εδάφη**.

# Σχήμα αυλακιών



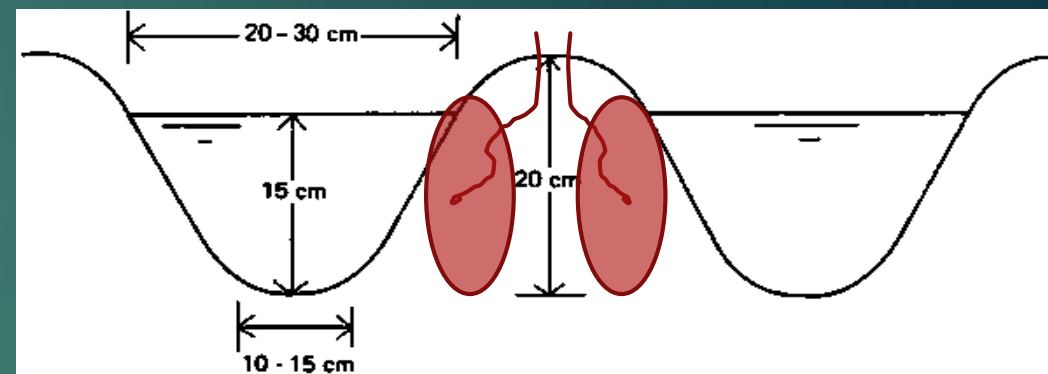
*Αμμώδες έδαφος*



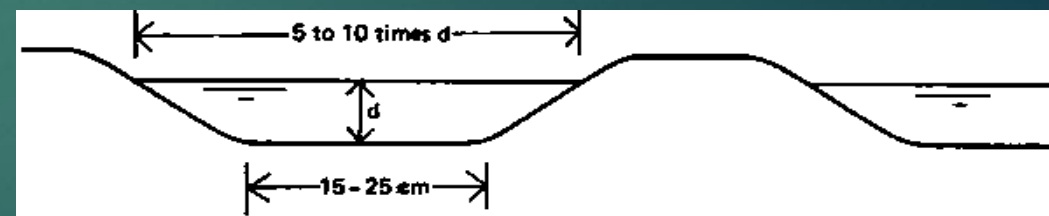
*Αργιλώδες έδαφος*

# Κατανομή αλάτων στο έδαφος

- ▶ Λόγω της πλευρικής κίνησης του νερού, τα άλατα συγκεντρώνονται στο έδαφος μεταξύ των αυλακιών και κοντά στην επιφάνεια των ράχων
- ▶ \*\*Αντιπαρερχόμαστε του προβλήματος με διαδοχική αλλαγή της θέσης των αυλακιών ή εφαρμογή προάρδευσης με κατάκλυση, περιορισμένη διάχυση ή καταιονισμό.



*Αμμώδες έδαφος*



*Αργιλώδες έδαφος*

## \*\*Πλεονεκτήματα επιφανειακών μεθόδων άρδευσης

1. Απαιτεί μικρό κεφάλαιο. Η ενέργεια μεταφοράς του νερού είναι σχεδόν μηδενική. Μικρό κόστος λειτουργίας.
2. Δεν υπάρχουν οι δυσκολίες συντήρησης του συστήματος αυτού.
3. Απαιτεί ανειδίκευτη εργασία.



## \*\*Μειονεκτήματα επιφανειακών μεθόδων άρδευσης

1. Απαιτεί πολύ χειρωνακτική εργασία.
2. Αν το χωράφι έχει κλίση απαιτεί ισοπέδωση / διαμόρφωση της κατάλληλη κλίση
3. Σπατάλη νερού. Ξοδεύουμε πολύ περισσότερο νερό.
4. Για να γίνει μελέτη και εφαρμογή χρειαζόμαστε την εξίσωση διήθησης στο χωράφι.

$$\text{Διήθηση} = f (\text{χρόνου}, \text{χώρου}).$$

5. Η μέθοδος αυτή δεν εφαρμόζεται σε χωράφι με πολύ μεγάλη ή πολύ μικρή διηθητικότητα.

# Υλικό για παρακολούθηση:

- ▶ Γενικό για τις επιφανειακές μεθόδους:
  - ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=Ya5ikTKZglo>
- ▶ Άρδευση με αυλάκια:
  - ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=CEQjuc0gpmM>
  - ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=i7orLHQCOOc>
- ▶ Περιορισμένη διάχυση:
  - ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=b48zzfY-bIE>
- ▶ Για δεξ και τι κάνουν στην Ινδία (;) είναι άρδευση με αυλάκια, κι όχι κατάκλυση:
  - ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=I3lOUzWU2oY>

Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας!