

Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης

Δρ Μ.Σπηλιώτης

*Σχήματα, κείμενα όπου δεν αναφέρεται
πηγή: από **Τσακίρης**, 2008 και 1986.
Εγγειοβελτιωτικά έργα*

Άρδευση στο αγροτεμάχιο

Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης

- Άρδευση στο αγροτεμάχιο
- Υδραυλικός υπολογισμός δικτύου (ανοικτοί αγωγοί, προσδιορισμός ομοιόμορφου βάθους, έλεγχος ροή υποκρίσιμη, οριακές συνθήκες στάθμεων).

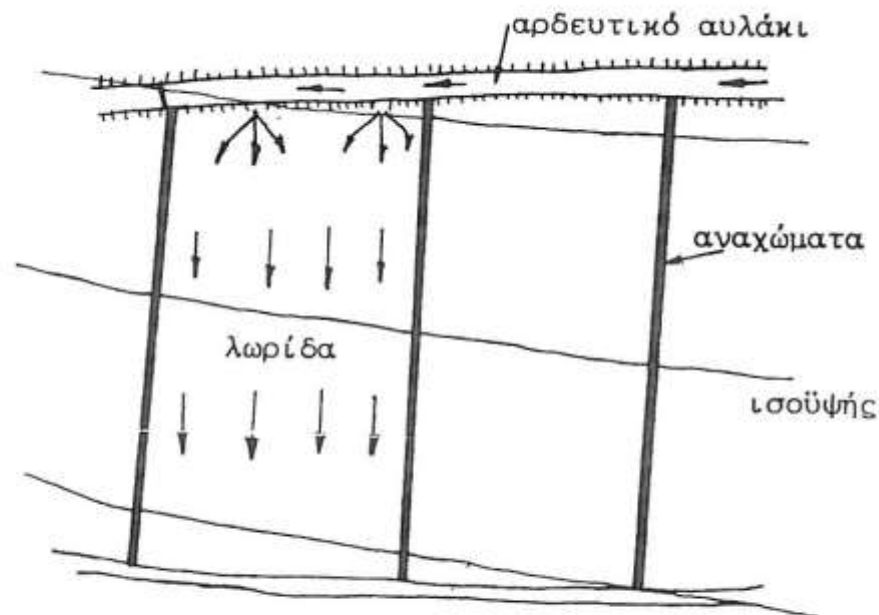
Άρδευση στο αγροτεμάχιο

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

- Διήθηση με ροή ή παραμονή νερού, οριζόντια άρδευση
Λεκάνες κατάκλισης. Προσδιορισμός μήκους.
- Διήθηση με ροή, Κεκλιμένη άρδευση
 - α) Αυλάκια
 - β) Λωρίδες (περιορισμένη διάχυση). Ευελιξία στην επιλογή μήκους λωρίδας.

Άρδευση με λωρίδες

Η προς άρδευση έκταση χωρίζεται με παράλληλα αναχώματα σε λωρίδες με κλίση προς τη μία μόνο κατεύθυνση. Το νερό κατά τη ροή του στο ξηρό έδαφος διηθείται ενώ το υπόλοιπο ρέει έξω από το κατάντη άκρο της λωρίδας. Το νερό κατά την κίνησή του καλύπτει όλο το πλάτος της λωρίδας. Στο Σχ. 6.4 φαίνεται μία τυπική έκταση αρδευόμενη με τη μέθοδο των λωρίδων.



Σχ. 6.4. Αρδευόμενη έκταση με τη μέθοδο λωρίδων

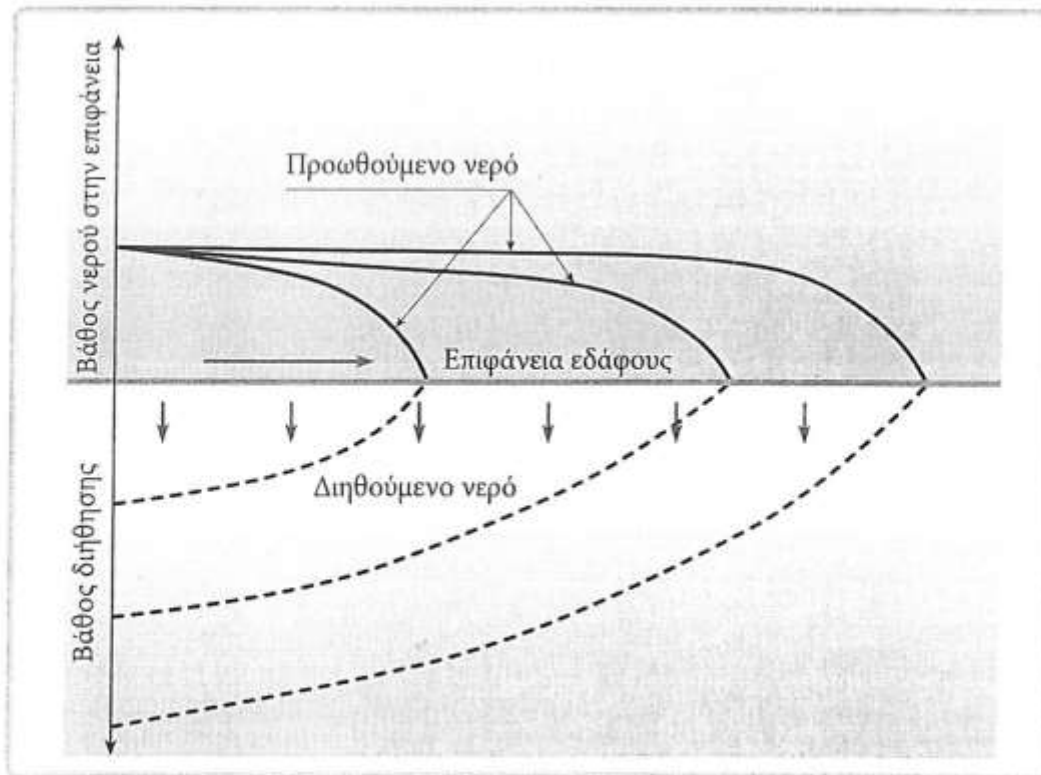
Άρδευση με λωρίδες ύπαρξη κλίσης (θέμα)



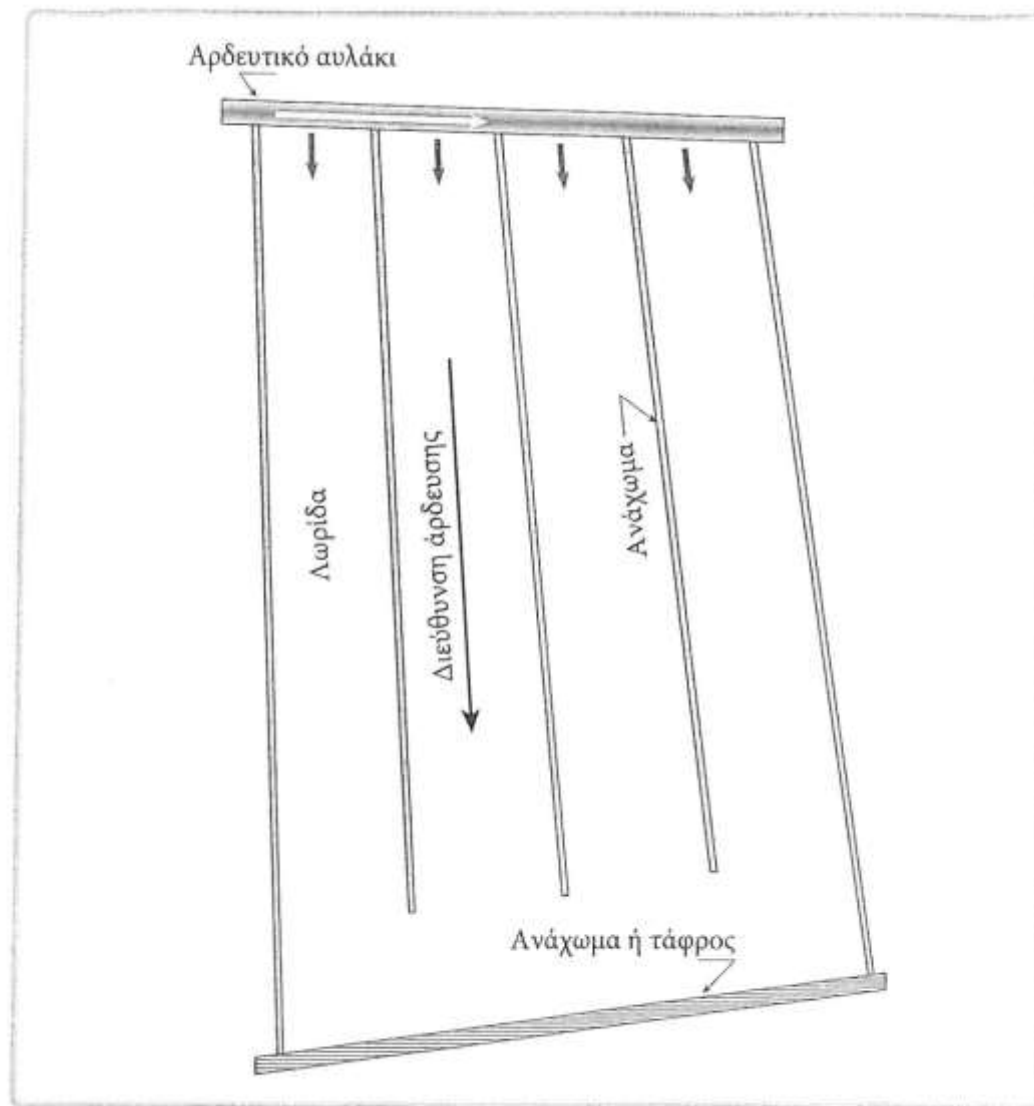
Άρδευση με λωρίδες



και του διηθούμενου στο έδαφος νερού, κατά την επιφανειακή άρδευση.



Σχήμα 9.1. Προφίλ του κινούμενου στην επιφάνεια και του διηθούμενου στο έδαφος νερού, κατά την επιφανειακή άρδευση.



Σχήμα 9.6. Διάταξη άρδευσης με λωρίδες ή περιορισμένη διάχυση.

Άρδευση με περιορισμένη διάχυση ή λωρίδες

Πρέπει να καθορίζεται το μήκος και το πλάτος των λωρίδων.

Το μήκος είναι συνάρτηση:

- Κλίσης
- Διηθητικότητας
- Παροχής άρδευσης

ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ

Μήκος λωρίδας:

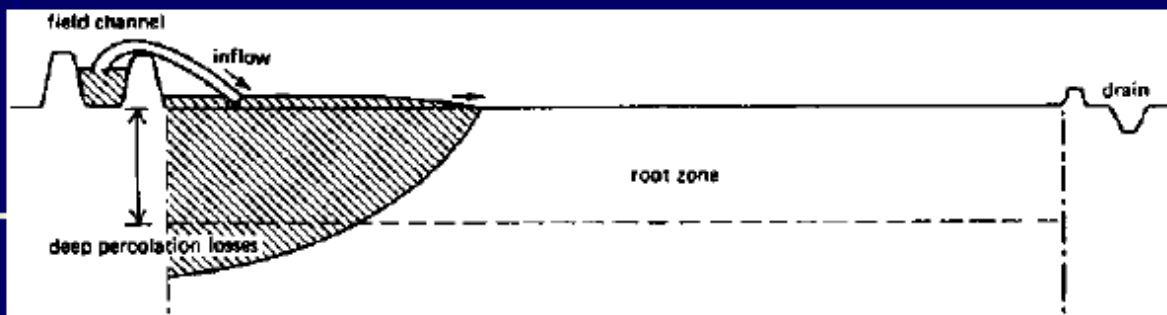
60 m (αμμώδη)

600 m (αργιλλώδη)

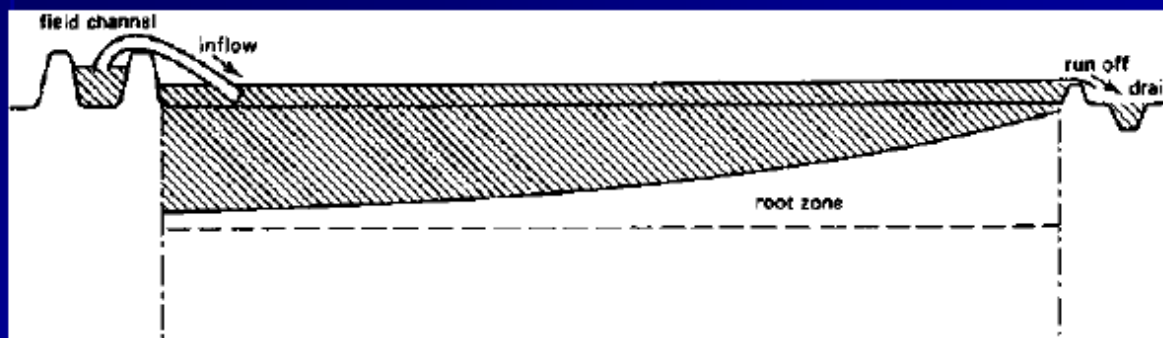
300 m (μέσα εδάφη)

https://e-class.teilar.gr/modules/document/file.php/EY133/5_%CE%95%CE%A0%CE%99%CE%A6%CE%91%CE%9D%CE%95%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%95%CE%A3%20%CE%9C%CE%95%CE%98%CE%9F%CE%94%CE%9F%CE%99/%CE%B1%CF%81%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7_%CE%9B%CF%89%CF%81%CE%B9%CE%B4%CE%B5%CF%82_%CE%B1%CF%85%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CE%B9%CE%B1.pdf

σημειώσεις Ι. Αλεξίου



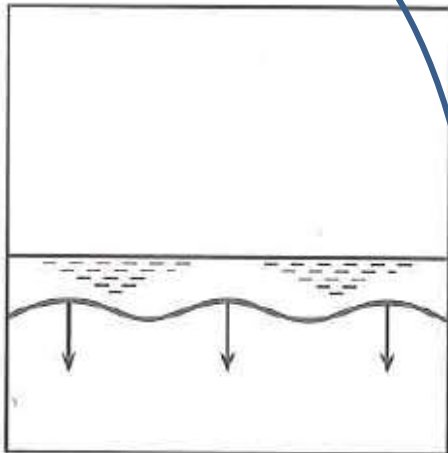
Πολύ μικρή παροχή



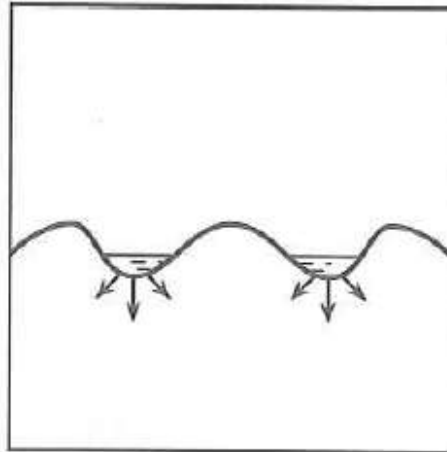
Παροχή πολύ μεγάλη

https://e-class.teilar.gr/modules/document/file.php/EY133/5_%CE%95%CE%A0%CE%99%CE%A6%CE%91%CE%9D%CE%95%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%95%CE%A3%20%CE%9C%CE%95%CE%98%CE%9F%CE%94%CE%9F%CE%99/%CE%B1%CF%81%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7_%CE%9B%CF%89%CF%81%CE%B9%CE%B4%CE%B5%CF%82_%CE%B1%CF%85%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CE%B9%CE%B1.pdf
 σημειώσεις Ι. Αλεξίου

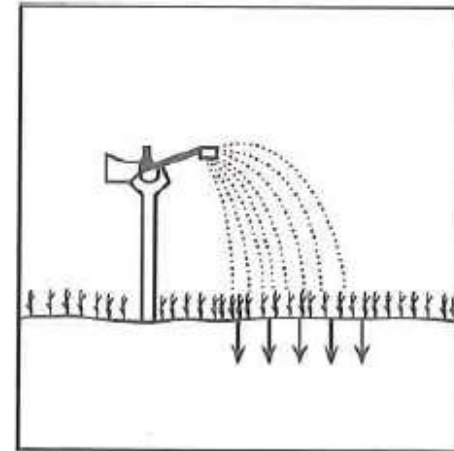
Διαφορετική διήθηση σε επιφανειακές και μη μεθόδους άρδευσης



(α) Μέθοδος κατάκλυσης



(β) Μέθοδος με αυλάκια



(γ) Μέθοδος καταιονισμού

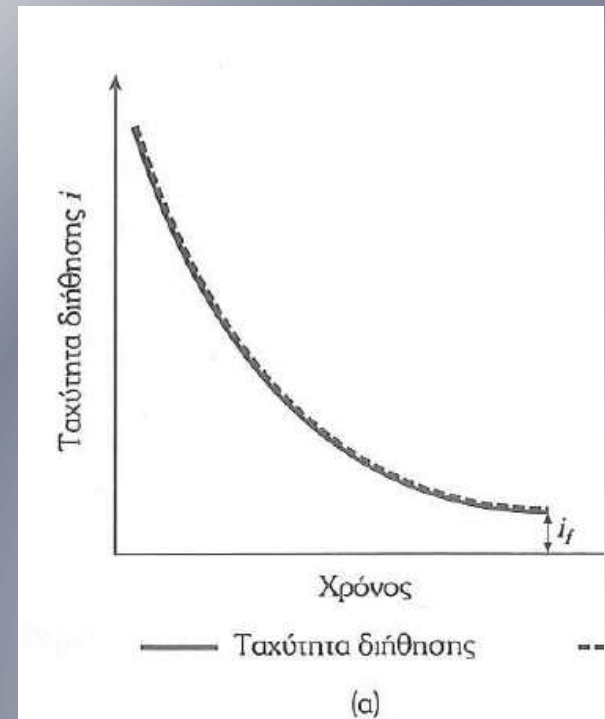
Σκ. 4.25: Η εφαρμογή του αρδευτικού νερού στις διάφορες μεθόδους άρδευσης.

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:

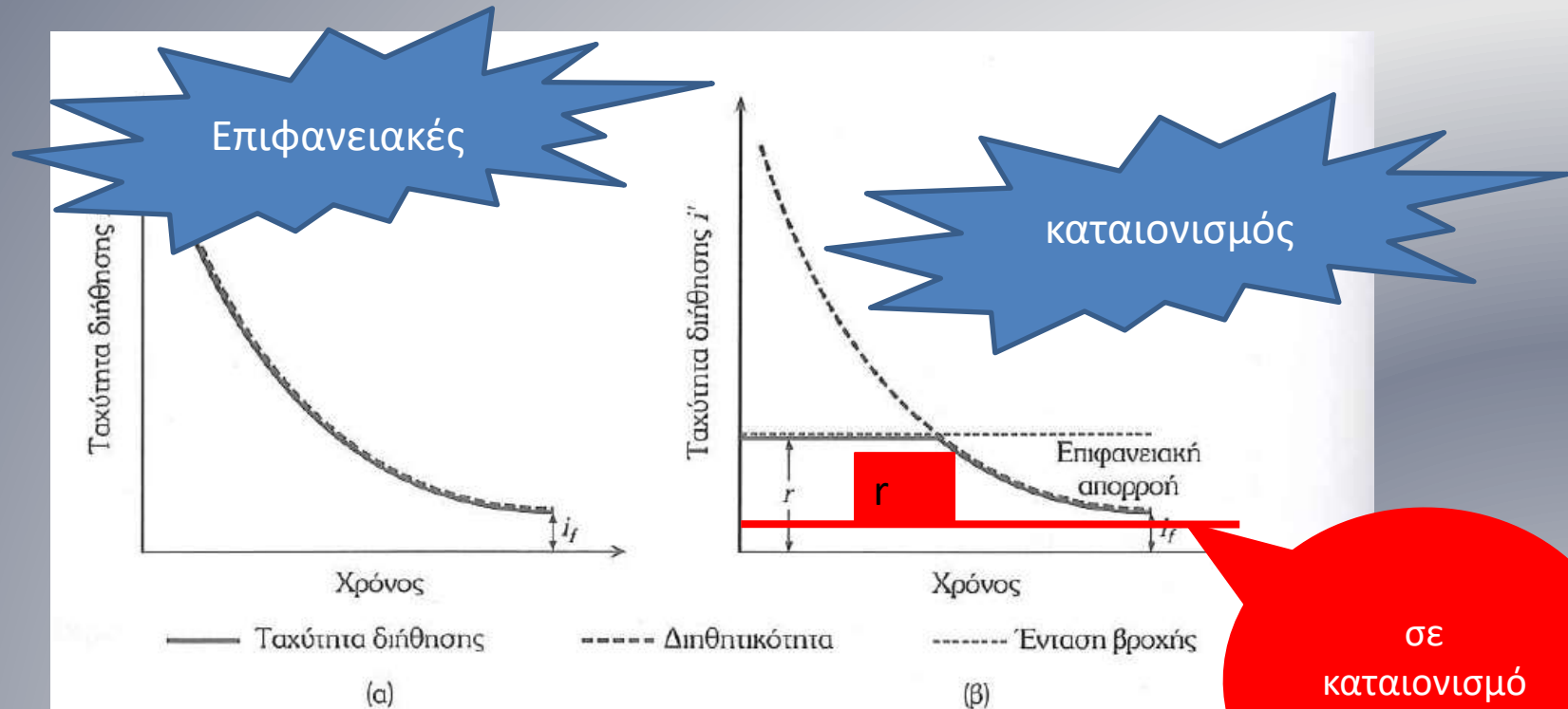
- Κατάκλιση εδάφους από νερό (Εφαρμογή σε επιφανειακές αρδεύσεις)
- (πραγματική) Διήθηση = Διηθητικότητα Εδάφους (mm/h)
- Τελική διηθητικότητα i_f : Η ικανότητα της διήθησης μειώνεται με το χρόνο και τείνει να πλησιάσει μια σταθερή τιμή την τελική διηθητικότητα,



Πραγματική διήθηση και Διηθητικότητα εδάφους

- Όταν υπάρχει μία λεπτή στρώση νερού πάνω από το έδαφος **η πραγματική διήθηση είναι ίση με τη διηθητικότητα (εδάφους)**
 - (παράδειγμα, επιφανειακή άρδευση)
 - Όταν ο ρυθμός (ένταση) τεχνικής ή φυσικής βροχής **είναι μεγαλύτερος ή ίσος** από τη διηθητικότητα (εδάφους) -> **η πραγματική διήθηση είναι ίση με τη διηθητικότητα (εδάφους)**
 - Μεταγενέστερη απόκριση σε φυσική βροχή σε πολλές περιπτώσεις
 - Όταν ο ρυθμός (ένταση) τεχνικής ή φυσικής βροχής **είναι μικρότερης** από τη διηθητικότητα (εδάφους) -> **η πραγματική διήθηση είναι ίση με τη ένταση τεχνητής ή φυσικής βροχής** (δεν μπορεί να διηθηθεί κάτι που δεν υπάρχει)
 - Αρχική απόκριση σε φυσική βροχή σε πολλές περιπτώσεις και σε καταιονισμό (επιθυμητός σχεδιασμός)
- 

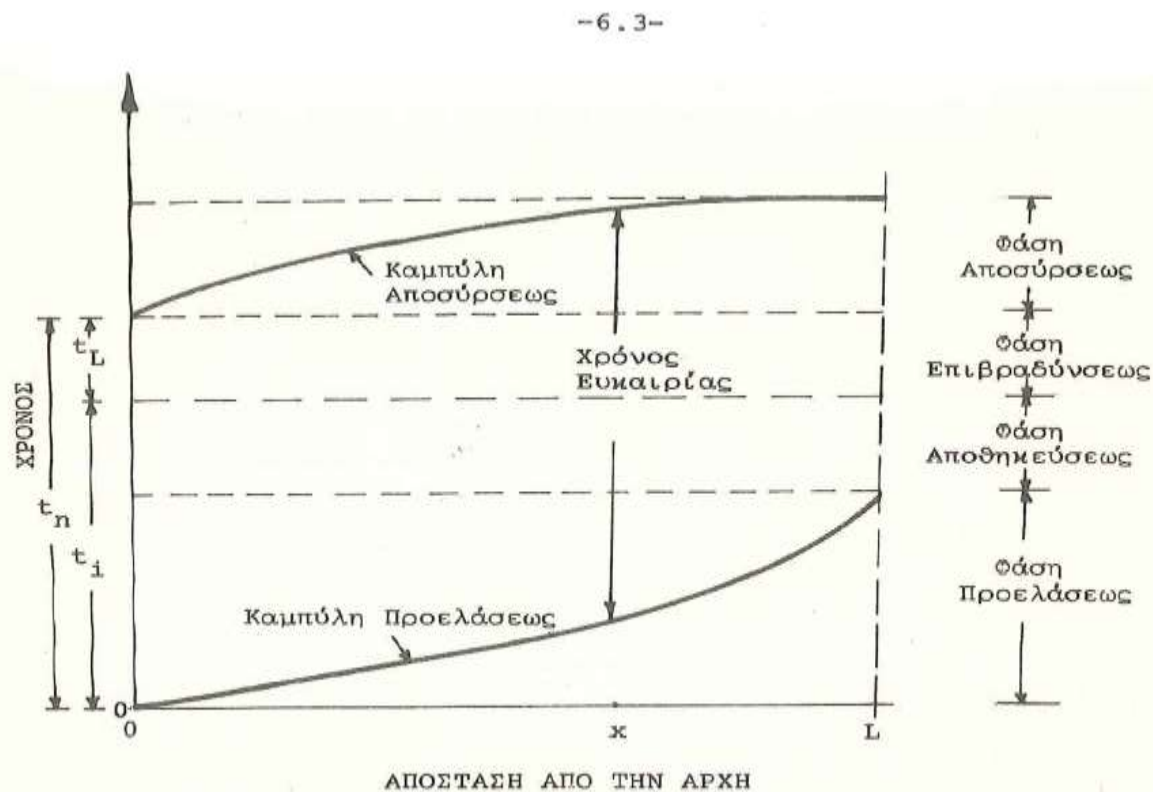
Ταχύτητα διήθησης σε σχέση με τον τρόπο άρδευσης



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

Διαδικασία (προέλαση, διήθηση, απόσυρση)



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_a

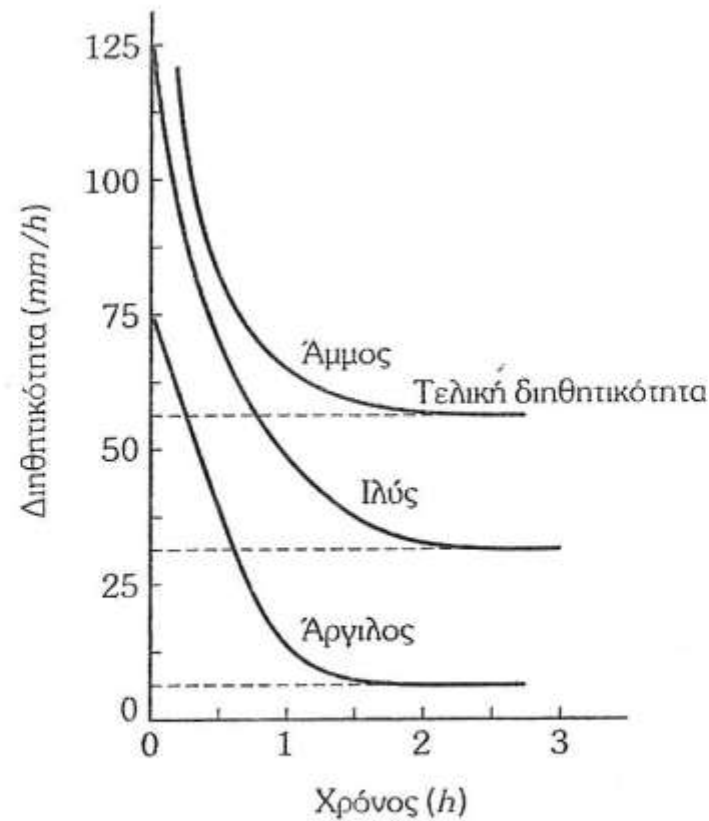
$$t_i = t_n - t_L$$

- 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

Πιν. 6.3 Τυπικός συνδυασμός των βασικών παραμέτρων της μεθόδου των λωρίδων.

Τύπος εδάφους	Κλίση, S_0 (m/m)	Ύψος εφαρμογής (mm)	Πλάτος λωρίδ. (m)	Μήκος λωρίδ. (m)	Παροχή (lt/sec)
Χονδρόκοκκο	0.0025	50	15	150	240
		100	15	250	210
		150	15	400	180
	0.01	50	12	100	80
		100	12	150	70
		150	12	250	70
	0.02	50	10	60	35
		100	10	100	30
		150	10	200	30
Μέσο	0.0025	50	15	250	210
		100	15	400	180
		150	15	400	100
	0.01	50	12	150	70
		100	12	300	70
		150	12	400	70
	0.02	50	10	100	30
		100	10	200	30
		150	10	300	30
Λεπτόκοκκο	0.0025	50	15	400	120
		100	15	400	70
		150	15	400	40
	0.01	50	12	400	70
		100	12	400	35
		150	12	400	20
	0.02	50	10	320	30
		100	10	400	30
		150	10	400	20

Καμπύλες διηθητικότητας (εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους)



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

Αναλυτικός υπολογισμός

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 αποθηκεύσεως 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 αποθηκεύσεως 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 διηθήσεως¹ 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 εξισώσεως διηθήσεως της USDA.

- Επομένως μεγάλο ύψος άρδευσης, μεγάλος χρόνος ευκαιρίας

Εξισώσεις Διήθησης

Πίνακας
7.6

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^b	–	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

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

Ο σταθερός όρος αφορά κοιλότητα εδάφους

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 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 (εύρος) από πίνακα 7.5

Πιν. 7.5: Χρόνος επιβράδυνσης t_L (min), για κλίσεις λωρίδων μέχρι 0.4%

Κλίση λωρίδας S_0 (m/m)																
	0.0005				0.001				0.002				0.004			
t_n	Παροχή Q_u (L/s/m)				Παροχή Q_u (L/s/m)				Παροχή Q_u (L/s/m)				Παροχή Q_u (L/s/m)			
min	0.1	1.0	10	20	0.1	1.0	10	20	0.1	1.0	10	20	0.1	1.0	10	20
Συντελεστής Manning $n = 0.04$																
10	1.9	2.2	2.3	2.3	1.1	1.5	1.9	2.0			1.1	1.1				
25	3.1	4.0	4.8	5.1	1.4	2.0	2.8	3.1			1.2	1.4				
50	3.9	5.4	7.1	7.7	1.6	2.3	3.4	3.8			1.3	1.5				
100	4.4	6.5	9.2	10.1	1.6	2.5	3.8	4.3			1.4	1.6				
200	4.8	7.3	10.8	12.1	1.7	2.6	4.1	4.6			1.4	1.6				
500	5.1	7.9	12.1	13.7	1.7	2.7	4.2	4.9			1.4	1.6				
1000	5.2	8.1	12.6	14.4	1.7	2.7	4.3	4.9			1.4	1.7				
2000	5.2	8.2	12.9	14.8	1.7	2.8	4.4	5.0			1.4	1.7				
Συντελεστής Manning $n = 0.15$																
10	2.5	2.4	2.2	2.1	2.5	2.7	2.7	2.7	1.6	2.1	2.5	2.6		1.1	1.5	1.6
25	6.1	6.3	6.3	6.2	4.4	5.4	6.2	6.4	2.2	3.0	4.1	4.4		1.3	1.9	2.1
50	10.1	11.6	12.5	12.7	5.7	7.7	9.8	10.4	2.4	3.6	5.1	5.7		1.4	2.1	2.3
100	14.5	18.4	21.9	22.7	6.8	9.7	13.4	14.6	2.6	3.9	5.9	6.6		1.4	2.2	2.5
200	18.4	25.3	32.9	35.2	7.5	11.2	16.3	18.1	2.7	4.2	6.4	7.3		1.4	2.3	2.6
500	22.1	32.5	46.3	51.2	8.1	12.4	18.9	21.4	2.8	4.3	6.8	7.7		1.5	2.3	2.6
1000	23.7	36.0	53.6	60.2	8.3	12.9	20.0	22.8	2.8	4.4	6.9	7.9		1.5	2.3	2.7
2000	24.7	38.2	58.4	66.2	8.4	13.2	20.7	23.6	2.8	4.4	7.0	8.0		1.5	2.3	2.7
Συντελεστής Manning $n = 0.25$																
10	2.4	2.2	1.9	1.8	2.8	2.8	2.7	2.6	2.2	2.7	2.9	3.0	1.2	1.7	2.1	2.3
25	6.5	6.4	6.0	5.8	5.8	6.6	7.0	7.1	3.4	4.4	5.6	6.0	1.5	2.1	3.0	3.4
50	12.3	13.0	13.1	12.9	8.5	10.6	12.5	12.9	4.1	5.8	7.9	8.5	1.6	2.4	3.5	4.0
100	19.9	23.3	25.6	26.0	10.9	14.9	19.1	20.4	4.5	6.7	9.7	10.8	1.6	2.5	3.9	4.4
200	28.1	36.0	43.5	45.5	12.8	18.5	25.6	28.1	4.8	7.4	11.1	12.4	1.7	2.6	4.1	4.6
500	36.9	52.1	70.5	76.5	14.3	21.7	32.2	36.0	5.0	7.8	12.1	13.8	1.7	2.7	4.2	4.8
1000	41.3	61.2	88.0	97.5	15.0	23.1	35.3	39.9	4.1	8.0	12.5	14.3	1.7	2.7	4.3	4.9
2000	44.1	67.3	101.0	113.0	15.3	24.0	37.2	42.4	5.2	8.1	12.8	14.6	1.7	2.7	4.3	4.9

Χρόνος
ευκαιρίας

Προεκτίμηση
χρόνου
επιβράδυνσης

* Τιμές του χρόνου επιβράδυνσης μικρότερες από 1 λεπτό δεν αναφέρονται.

Μια άλλη διαδικασία σχεδιασμού άρδευσης με περιορισμένη διάχυση αναπτύχθηκε από την Soil Conservation Service των Η.Π.Α. (USDA, 1974, Hart κ.ά., 1983, Τσακίρης, 1986, Παπαζαφειρίου και Παπαμιχαήλ, 1996, Παπαμιχαήλ και Παπαδήμος, 1996β). Στη διαδικασία αυτή, η παροχή άρδευσης ανά μονάδα πλάτους λωρίδας (Q_u), για ένα δεδομένο καθαρό άρδευσης (d_n), δίνεται από τη σχέση:

$$Q_u = \frac{1.67 \cdot L \cdot d_n}{(t_n - t_L) E_s}$$

όπου: Q_u σε L/s/m, d_n σε mm, L μήκος της λωρίδας σε m, t_n χρόνος καιρίας σε min, t_L χρόνος επιβράδυνσης που είναι ο χρόνος που το νερό θα φθάσει στην αρχή της λωρίδας μετά τη διακοπή της παροχής σε min, E_s αποδοτικότητα εφαρμογής (%). Δεδομένου ότι ο χρόνος επιβράδυνσης είναι

A)
Προσοχή,
 $d=dn/Ea$

Ο χρόνος επιβράδυνσης (t_L) για λωρίδες με κλίση μεγαλύτερη του 0.4% (που είναι ασήμαντος) υπολογίζεται με τη σχέση:

$$t_L = \frac{n^{1.2} \cdot Q_u^{0.2}}{477.7 \cdot S_0^{0.5}} \quad (7.10)$$

και για λωρίδες με κλίση ίση ή μικρότερη του 0.4%, με τη σχέση:

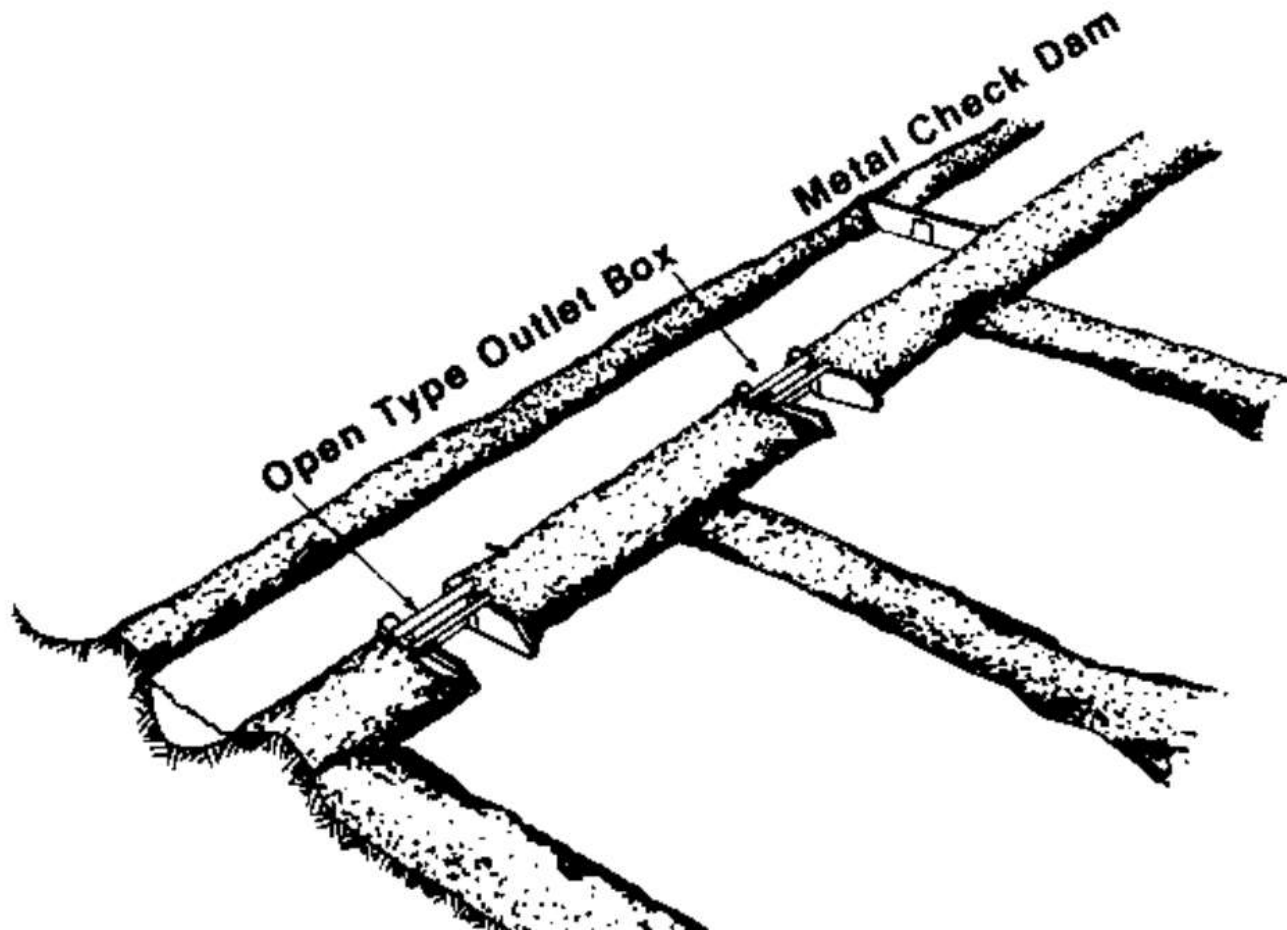
$$t_L = \frac{n^{1.2} \cdot Q_u^{0.2}}{477.7 \cdot \left(S_0 + \frac{0.00281 \cdot n \cdot Q_u^{0.175}}{t_n^{0.88} \cdot S_0^{0.5}} \right)^{1.6}} \quad (7.11)$$

όπου: t_L σε min, Q_u σε L/s/m, n συντελεστής τραχύτητας του Manning του οποίου τιμές δίνονται στον Πίνακα 7.4, S_0 κλίση της λωρίδας

B1)
Δοκιμές,
κλίσεις>0.4%

ή B2)
Δοκιμές,
κλίσεις<0.4%

Ελεγχόμενη παροχή ανά λωρίδα
(δεν συμβαίνει πάντα στην πράξη)



Συντελεστής Manning, εξαρτάται από την καλλιέργεια

Πιν. 6.4 Συνήθεις τιμές του συντελεστή Manning n για το σχεδιασμό της μεθόδου των λωρίδων.

Χαρακτηριστικά Επιφάνειας	Συντελεστής Manning n
Λείο έδαφος χωρίς καλλιέργειες	0.04
Μικρές καλλιέργειες σε σειρές παράλληλα με τη φορά ροής	0.10
Μηδική και όμοιες καλλιέργειες	0.15
Πυκνή καλλιεργημένη έκταση με σειρές κάθετες προς τη φορά ροής	0.25

Χρόνος επιβράδυνσης (2)

- Προτεινόμενη αποδοτικότητα, από πίνακα 7.6

Πιν. 7.6: Προτεινόμενες αποδοτικότητες εφαρμογής E_a (%), για άρδευση με λωρίδες, σε συνάρτηση με την κλίση της λωρίδας (S_0), την ομάδα διηθητικότητας και το καθαρό ύψος άρδευσης (d_n)

Κλίση Λωρίδας S_0 (m/m)	Ομάδα Διηθητικότητας (in/h)														
	0.3				0.5					1.0					
	d_n (mm)				d_n (mm)					d_n (mm)					
	25	50	75	100	25	50	75	100	125	25	50	75	100	125	
0.0005	65	65	70	70	65	65	70	70	70	75	75	80	80	80	
0.0010	60	60	65	65	65	65	70	70	70	70	70	75	75	75	
0.0020	60	60	55	50	65	65	70	70	70	65	65	70	70	70	
0.0030	55	55	50		60	60	65	65	65	65	65	70	70	70	
0.0040	55	50			60	60	65	60	55	60	60	65	65	65	
0.0050	50				60	60	60	55	50	60	60	65	65	65	
0.0075					55	55	50			60	60	65	65	65	
0.0100					55	55				60	60	65	65	65	
0.0150					55					55	55	60	60	60	
0.0200					50					55	55	60	55	50	
0.0250										55	55	55	50		
0.0300										55	55	50			
0.0400										50	50				
0.0500															
0.0600															

Κλίση Λωρίδας S_0 (m/m)	Ομάδα Διηθητικότητας (in/h)																			
	1.5					2.0					3.0					4.0				
	d_n (mm)					d_n (mm)					d_n (mm)					d_n (mm)				
	25	50	75	100	125	25	50	75	100	125	25	50	75	100		25	50	75	100	
0.0005	75	75	80	80	80	75	75	80	80	80	65	70	70	70		65	70	70	70	
0.0010	75	75	80	80	80	75	75	80	80	80	65	70	70	70		65	70	70	70	
0.0020	70	70	75	75	75	70	70	75	75	75	65	70	70	70		65	70	70	70	
0.0030	65	65	70	70	70	65	65	70	70	70	65	70	70	70		65	70	70	70	
0.0040	65	65	70	70	70	65	65	70	70	70	65	70	70	70		60	65	65	65	
0.0050	65	65	70	70	70	65	65	70	70	70	65	70	70	70		60	65	65	65	
0.0075	60	60	65	65	65	65	65	70	70	70	65	70	70	70		60	65	65	65	
0.0100	60	60	65	65	65	60	60	65	65	65	60	65	65	65		60	65	65	65	
0.0150	60	60	65	65	65	60	60	65	65	65	60	65	65	65		60	65	65	65	
0.0200	60	60	65	65	65	60	60	65	65	65	60	65	65	65		60	65	65	65	
0.0250	60	60	65	65	65	60	60	65	65	65	60	65	65	65		60	60	60	60	
0.0300	55	55	60	60	60	55	55	60	60	60	55	60	60	60		60	60	60	60	
0.0400	55	55	60	60	55	55	60	60	60	60	60	60	60	60						
0.0500	55	55	60	55	50	55	60	55	50											
0.0600	50	50	55	50		55	50													

Αποδοτικότητα,
 E_a

Περιοριστικές διατάξεις

Μέγιστη αρδευτική παροχή ($Q_{u\max}$). Η παροχή που εφαρμόζεται στη λωρίδα πρέπει να είναι μικρότερη από τη μέγιστη παροχή ($Q_{u\max}$), η οποία προκαλεί διάβρωση. Η μέγιστη αρδευτική παροχή σε L/s/m που επιτρέπεται, υπολογίζεται με τις σχέσεις:

$$Q_{u\max} = 0.1765 \cdot S_0^{-0.75} \quad (7.13)$$

για καλλιέργειες όπως είναι η μηδική και τα δημητριακά και

$$Q_{u\max} = 0.353 \cdot S_0^{-0.75} \quad (7.14)$$

για πολύ πυκνές καλλιέργειες. Στις παραπάνω σχέσεις S_0 είναι η κλίση της λωρίδας σε m/m.

Μέγιστο βάθος ροής (D_n). Το βάθος ροής στο ανάντι άκρο της λωρίδας δεν πρέπει να υπερβαίνει το ύψος των αναχωμάτων των λωρίδων και συνήθως παίρνεται ίσο με το 75% του ύψους των αναχωμάτων, με συνήθη τιμή τα 150 mm. Το κανονικό βάθος ροής (D_n) στην αρχή της λωρίδας, για κλίσεις μεγαλύτερες από 0.4%, υπολογίζεται με τη σχέση:

$$D_n = 15.85 \cdot Q_u^{0.6} \cdot n^{0.6} \cdot S_0^{-0.3} \quad (7.15)$$

και για κλίσεις ίσες ή μικρότερες του 0.4% με τη σχέση:

$$D_n = 50.40 \cdot t_L^{0.1875} \cdot Q_u^{0.5625} \cdot n^{0.375} \quad (7.16)$$

όπου: D_n σε mm, Q_u σε L/s/m, t_L σε min, S_0 σε m/m και n συντελεστής Manning.

Ελάχιστη αρδευτική παροχή ($Q_{u\min}$). Η αρδευτική παροχή η οποία παροχετεύεται στην αρχή της λωρίδας πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να υπερνικά την τραχύτητα του εδάφους, καθώς επίσης και τα εμπόδια που παρεμβάλλονται στην κίνηση του νερού. Η $Q_{u\min}$ σε (L/s/m), που ικανοποιεί τις παραπάνω συνθήκες, υπολογίζεται με τη σχέση:

$$Q_{u\min} = \frac{0.0195 \cdot L \cdot S_0^{0.5}}{n} \quad (7.17)$$

όπου όλοι οι όροι της έχουν οριστεί προηγούμενα.

Περιοριστικές διατάξεις (2)

Μέγιστη κλίση ($S_{0\max}$). Η μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση υπολογίζεται με τη σχέση:

$$S_{0\max} = \left(\frac{n}{0.0117 E_a} \frac{d_n}{t_n} \right)^2 \quad (7.18)$$

όπου: $S_{0\max}$ σε m/m, E_a (%), d_n σε mm και t_n σε min. Η μέγιστη κλίση σχετίζεται με το μέγιστο βάθος ροής στην αρχή της λωρίδας και όχι με τον κίνδυνο διάβρωσης του εδάφους και πρέπει να συγκρίνεται με την κλίση της λωρίδας S_0 . Για το σωστό σχεδιασμό της άρδευσης με λωρίδες πρέπει να ισχύει:

$$S_0 \leq S_{0\max} \quad (7.19)$$

Για λωρίδες που είναι ανοικτές στο κάτω άκρο τους, το μέγιστο μήκος ($L_{\max}$) υπολογίζεται με τη σχέση:

$$L_{\max} = \frac{Q_{u\max} E_a (t_n - t_L)}{1.67 \cdot d_n} \quad (7.20)$$

όπου: $L_{\max}$ σε m και οι άλλοι όροι είναι όπως έχουν ορισθεί προηγούμενα. Υπό ορισμένες συνθήκες, η σχέση (7.20) μπορεί να δώσει εξωπραγματικά μήκη.

Εφαρμογή

Δίνονται:

Καλλιέργεια	Μηδική
Ομάδα διηθητικότητας	No 11 κατά SCS
Μήκος αγρού (άρα και των λωρίδων)	$L = 255 \text{ m}$
Κλίση λωρίδας	$S_0 = 0.002 \text{ m/m}$
Καθαρό ύψος άρδευσης	$d_n = 75 \text{ mm}$
Μέγιστο επιτρεπόμενο βάθος ροής	150 mm

Ζητούνται:

- Χρόνος ευκαιρίας του νερού t_n
- Χρόνος επιβράδυνσης t_L
- Απαιτούμενη παροχή ανά μέτρο πλάτους λωρίδας Q_u
- Διάρκεια άρδευσης t_a
- Μέγιστη και ελάχιστη επιτρεπόμενη παροχή $Q_{u\max}$ και $Q_{u\min}$
- Κανονικό βάθος ροής D_n
- Μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση λωρίδας $S_{0\max}$
- Μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος λωρίδας $L_{\max}$
- Μήκος επέκτασης L_e της λωρίδας με περιορισμό της απορροής
- Μειωμένη παροχή Q_{ue} αν στο τέλος της λωρίδας κατασκευαστεί ανάχωμα.

Χρόνος ευκαιρίας

Ο χρόνος που το νερό διατίθεται για διήθηση γνωστός ως "χρόνος ευκαιρίας" (opportunity time) μπορεί να υπολογισθεί λύνοντας την γενική εξίσωση διηθήσεως¹ 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 εξισώσεως διηθήσεως της USDA.

Λύση. Από τον Πίνακα 7.1, για ομάδα διηθητικότητας Νο. 11 είναι: $a = 1.786$, $b = 0.785$ και $c = 7.0$. Από τη σχέση (7.3), ο χρόνος ευκαιρίας είναι:

$$t_n = [(75 - 7)/1.786]^{1/0.785} = 103.2 \text{ min}$$

$d_n = 75$
mm

Προεκτίμηση χρόνου επιβράδυνσης

Από τον Πίνακα 7.4, για καλλιέργεια μηδικής, $n = 0.15$. Από τον Πίνακα 7.5, για κλίση λωρίδας $S_0 = 0.002 \text{ m/m}$ και $t_n = 103 \text{ min}$, ο χρόνος επιβράδυνσης t_L , ανάλογα με την παροχή, κυμαίνεται από 2.6 min μέχρι 6.6 min . Σαν πρώτη παραδοχή, δεχόμαστε ότι $t_L = (2.6 + 6.6)/2 = 4.6$

Πιν. 7.5: Χρόνος επιβράδυνσης t_L (min), για κλίσεις λωρίδων μέχρι 0.4%

Κλίση λωρίδας S_0 (m/m)																
t_n min	0.0005				0.001				0.002				0.004			
	Παροχή Q_u (L/s/m)				Παροχή Q_u (L/s/m)				Παροχή Q_u (L/s/m)				Παροχή Q_u (L/s/m)			
	0.1	1.0	10	20	0.1	1.0	10	20	0.1	1.0	10	20	0.1	1.0	10	20
Συντελεστής Manning $n = 0.04$																
10	1.9	2.2	2.3	2.3	1.1	1.5	1.9	2.0			1.1	1.1				
25	3.1	4.0	4.8	5.1	1.4	2.0	2.8	3.1			1.2	1.4				
50	3.9	5.4	7.1	7.7	1.6	2.3	3.4	3.8			1.3	1.5				
100	4.4	6.5	9.2	10.1	1.6	2.5	3.8	4.3			1.4	1.6				
200	4.8	7.3	10.8	12.1	1.7	2.6	4.1	4.6			1.4	1.6				
500	5.1	7.9	12.1	13.7	1.7	2.7	4.2	4.9			1.4	1.6				
1000	5.2	8.1	12.6	14.4	1.7	2.7	4.3	4.9			1.4	1.7				
2000	5.2	8.2	12.9	14.8	1.7	2.8	4.4	5.0			1.4	1.7				
Συντελεστής Manning $n = 0.15$																
10	2.5	2.4	2.2	2.1	2.5	2.7	2.7	2.7	1.6	2.1	2.5	2.6		1.1	1.5	1.6
25	6.1	6.3	6.3	6.2	4.4	5.4	6.2	6.4	2.2	3.0	4.1	4.4		1.3	1.9	2.1
50	10.1	11.6	12.5	12.7	5.7	7.7	9.8	10.4	2.4	3.6	5.1	5.7		1.4	2.1	2.3
100	14.5	18.4	21.9	22.7	6.8	9.7	13.4	14.6	2.6	3.9	5.9	6.6		1.4	2.2	2.5
200	18.4	25.3	32.9	35.2	7.5	11.2	16.3	18.1	2.7	4.2	6.4	7.3		1.4	2.3	2.6
500	22.1	32.5	46.3	51.2	8.1	12.4	18.9	21.4	2.8	4.3	6.8	7.7		1.5	2.3	2.6
1000	23.7	36.0	53.6	60.2	8.3	12.9	20.0	22.8	2.8	4.4	6.9	7.9		1.5	2.3	2.7
2000	24.7	38.2	58.4	66.2	8.4	13.2	20.7	23.6	2.8	4.4	7.0	8.0		1.5	2.3	2.7
Συντελεστής Manning $n = 0.25$																
10	2.4	2.2	1.9	1.8	2.8	2.8	2.7	2.6	2.2	2.7	2.9	3.0	1.2	1.7	2.1	2.3
25	6.5	6.4	6.0	5.8	5.8	6.6	7.0	7.1	3.4	4.4	5.6	6.0	1.5	2.1	3.0	3.4
50	12.3	13.0	13.1	12.9	8.5	10.6	12.5	12.9	4.1	5.8	7.9	8.5	1.6	2.4	3.5	4.0

Χρόνος
ευκαιρίας

Απόδοση

min. Από τον Πίνακα 7.6, για $S_0 = 0.002$, ομάδα διηθητικότητας Νο. 11 και καθαρό ύψος άρδευσης $d_n = 75 \text{ mm}$, η προτεινόμενη αποδοτικότητα εφαρμογής είναι 70%. Από τη σχέση (7.8),

Πιν. 7.6: Προτεινόμενες αποδοτικότητες εφαρμογής E_a (%), για άρδευση με λωρίδες, σε συνάρτηση με την κλίση της λωρίδας (S_0), την ομάδα διηθητικότητας και το καθαρό ύψος άρδευσης (d_n)

Ομάδα Διηθητικότητας (in/h)															
Κλίση Λωρίδας S ₀ (m/m)	0.3 d _n (mm)				0.5 d _n (mm)					1.0 d _n (mm)					
	25	50	75	100	25	50	75	100	125	25	50	75	100	125	
0.0005	65	65	70	70	65	65	70	70	70	75	75	80	80	80	
0.0010	60	60	65	65	65	65	70	70	70	70	70	75	75	75	
0.0020	60	60	55	50	65	65	70	70	70	65	65	70	70	70	
0.0030	55	55	50		60	60	65	65	65	65	65	70	70	70	
0.0040	55	50			60	60	65	60	55	60	60	65	65	65	
0.0050	50				60	60	60	55	50	60	60	65	65	65	
0.0075					55	55	50			60	60	65	65	65	
0.0100					55	55				60	60	65	65	65	
0.0150					55					55	55	60	60	60	
0.0200					50					55	55	60	55	50	
0.0250										55	55	55	50		
0.0300										55	55	50			
0.0400										50	50				
0.0500															
0.0600															

Ομάδα Διηθητικότητας (in/h)																		
Κλίση Λωρίδας S ₀ (m/m)	1.5 d _n (mm)					2.0 d _n (mm)					3.0 d _n (mm)				4.0 d _n (mm)			
	25	50	75	100	125	25	50	75	100	125	25	50	75	100	25	50	75	100
0.0005	75	75	80	80	80	75	75	80	80	80	65	70	70	70	65	70	70	70
0.0010	75	75	80	80	80	75	75	80	80	80	65	70	70	70	65	70	70	70
0.0020	70	70	75	75	75	70	70	75	75	75	65	70	70	70	65	70	70	70
0.0030	65	65	70	70	70	65	65	70	70	70	65	70	70	70	65	70	70	70
0.0040	65	65	70	70	70	65	65	70	70	70	65	70	70	70	60	65	65	65
0.0050	65	65	70	70	70	65	65	70	70	70	65	70	70	70	60	65	65	65
0.0075	60	60	65	65	65	65	65	70	70	70	65	70	70	70	60	65	65	65
0.0100	60	60	65	65	65	60	60	65	65	65	60	65	65	65	60	65	65	65
0.0150	60	60	65	65	65	60	60	65	65	65	60	65	65	65	60	65	65	65
0.0200	60	60	65	65	65	60	60	65	65	65	60	65	65	65	60	65	65	65
0.0250	60	60	65	65	65	60	60	65	65	65	60	65	65	65	60	65	65	65
0.0300	60	60	65	65	65	60	60	65	65	65	60	65	65	65	60	60	60	60

Δοκιμή για Q_u , t_L , έστω $t_L = 4.6$ min

$$Q_u = \frac{1.67 \cdot 255 \cdot 75}{(103.2 - 4.6) \cdot 70} = 4.63 \text{ L/s/m}$$

Υπολογίζεται το t_L για $Q_u = 4.63$ L/s/m με τη σχέση (7.11),

$$t_L = \frac{0.15^{1.2} \cdot 4.63^{0.2}}{477.7 \left(0.002 + \frac{0.00281 \cdot 0.15 \cdot 4.63^{0.175}}{103.2^{0.88} \cdot 0.002^{0.5}} \right)^{1.6}} = 5.99 \text{ min}$$

Δοκιμές, διάρκεια άρδευσης

Υπολογίζεται η Q_u για $t_L = 5.99 \text{ min}$, με τη σχέση (7.8), από όπου προκύπτει ότι $Q_u = 4.69 \text{ L/s/m}$. Ελέγχεται το t_L για $Q_u = 4.69 \text{ L/s/m}$, με τη σχέση (7.11), από όπου προκύπτει ότι $t_L = 5.99 \text{ min}$. Άρα ο χρόνος επιβράδυνσης είναι οριστικά $t_L = 5.99 \text{ min}$.

Η απαιτούμενη παροχή ανά μονάδα πλάτους λωρίδας είναι όπως υπολογίστηκε παραπάνω $Q_u = 4.69 \text{ L/s/m}$.

Η διάρκεια της άρδευσης t_a , σύμφωνα με τη σχέση (7.12), είναι:

$$t_a = 103.2 - 5.99 = 97.21 \text{ min.}$$

Περιοριστικές διατάξεις

Η μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή $Q_{u\max}$, σύμφωνα με τη σχέση (7.13), είναι:

$$Q_{u\max} = 0.1765 \cdot 0.002^{-0.75} = 18.66 \text{ L/s/m} > Q_u = 4.69 \text{ L/s/m}$$

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη παροχή $Q_{u\min}$, σύμφωνα με τη σχέση (7.17), είναι:

$$\begin{aligned} Q_{u\min} &= (0.0195 \cdot 255 \cdot 0.002^{0.5}) / 0.15 = \\ &= 1.48 \text{ L/s/m} < Q_u = 4.69 \text{ L/s/m} \end{aligned}$$

Το βάθος ροής D_n , σύμφωνα με τη σχέση (7.16), είναι:

$$\begin{aligned} D_n &= 50.40 \cdot 5.99^{0.1875} \cdot 4.69^{0.5625} \cdot 0.15^{0.375} = \\ &= 88.56 \text{ mm} < D_{\max} = 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση $S_{0\max}$, σύμφωνα με τη σχέση (7.18), είναι:

$$S_{0\max} = \left(\frac{0.15}{0.0117 \cdot 70} \cdot \frac{75}{103.2} \right)^2 = 0.018 > S_0 = 0.002$$

σύμφωνα με τη σχέση (7.19).

Το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος λωρίδας $L_{\max}$, σύμφωνα με τη σχέση (7.20), είναι:

$$L_{\max} = \frac{18.66 \cdot 70 \cdot (103.2 - 5.99)}{1.67 \cdot 75} = 1013.17 \text{ m} > L = 255 \text{ m}$$

Θέμα, προεπιλογή μήκους λωρίδας
από πίνακα και έλεγχο με βάση την
προηγούμενη μεθοδολογία

-6.9-

Πιν. 6.3 Τυπικός συνδυασμός των βασικών παραμέτρων της μεθόδου των λωρίδων.

Τύπος εδάφους	Κλίση, S_0 (m/m)	Ύψος εφαρμογής (mm)	Πλάτος λωρίδ. (m)	Μήκος λωρίδ. (m)	Παροχή (lt/sec)
Χονδρόκοκκο	0.0025	50	15	150	240
		100	15	250	210
		150	15	400	180
	0.01	50	12	100	80
		100	12	150	70
		150	12	250	70
	0.02	50	10	80	35
		100	10	100	30
		150	10	200	30
Μέσο	0.0025	50	15	250	210
		100	15	400	180
		150	15	400	100
	0.01	50	12	150	70
		100	12	300	70
		150	12	400	70
	0.02	50	10	100	30
		100	10	200	30
		150	10	300	30
Λεπτόκοκκο	0.0025	50	15	400	120
		100	15	400	70
		150	15	400	40
	0.01	50	12	400	70
		100	12	400	35
		150	12	400	20
	0.02	50	10	320	30
		100	10	400	30
		150	10	400	20

Βελτίωση άρδευσης

α) Αύξηση του μήκους της λωρίδας και περιορισμός της απορροής στην προέκταση της λωρίδας. Στην περίπτωση αυτή χρειάζεται ο υπολογισμός της προέκτασης της λωρίδας (L_e), που γίνεται με τις σχέσεις:

$$L_e = \frac{d_n}{1000 \cdot S_0} \quad (7.21)$$

και

$$L_e = \left(\frac{1 - E_a}{100} \right) \cdot r_i \cdot r_n \cdot L \quad (7.22)$$

όπου: L_e προέκταση λωρίδας (m), d_n καθαρό ύψος άρδευσης (mm), S_0 κλίση λωρίδας (m/m), E_a αποδοτικότητα εφαρμογής (%), L κανονικό μήκος λωρίδας (m), r_i αδιάστατος συντελεστής, που εκφράζει την επίδραση της διηθητικότητας στην απορροή και r_n αδιάστατος συντελεστής, που εκφράζει την επίδραση της τραχύτητας στην απορροή. Εμπειρικές τιμές των r_i και r_n , σε συνάρτηση με την ομάδα διηθητικότητας και το συντελεστή τραχύτητας n , αντίστοιχα, δίνονται στον Πίνακα 7.7. Το μήκος της επέκτασης L_e που επιλέγεται, είναι το μικρότερο που προκύπτει από τις σχέσεις (7.21) και (7.22).

Πίν. 7.7: Εμπειρικές τιμές των αδιάστατων παραγόντων r_i και r_n , σε συνάρτηση με την ομάδα διηθητικότητας και το συντελεστή τραχύτητας n

Ομάδα διηθητικότητας (in/h)	r_i	Συντελεστής τραχύτητας, n	r_n
0.1	1.00	0.04	0.90
0.3	0.90	0.10	0.80
0.5	0.80	0.15	0.75
1.0	0.70	0.20	0.70
1.5	0.65	0.25	0.65
2.0	0.60		
3.0	0.50		
4.0	0.40		

Συνέχεια εφαρμογής, αύξηση μήκους λωρίδας

Το μήκος της επέκτασης της λωρίδας L_e , σύμφωνα με τη σχέση (7.21), είναι:

$$L_e = 75 / (1000 \cdot 0.002) = 37.5 \text{ m}$$

και σύμφωνα με τη σχέση (7.22) όπου, από τον Πίνακα 7.7, $r_i = 0.70$ και $r_n = 0.75$, είναι:

$$L_e = \left(\frac{1 - 70}{100} \right) \cdot 0.70 \cdot 0.75 \cdot 255 = 40.16 \text{ m}$$

Επιλέγεται το μικρότερο, οπότε $L_e = 37.5 \text{ m}$ και το συνολικό μήκος της λωρίδας θα είναι:

$$255 + 37.5 = 292.5 \text{ m.}$$

Άρδευση με κατάκλιση (όχι στο
θέμα)

Προϋποθέσεις

Η μέθοδος είναι κατάλληλη για τις περισσότερες καλλιέργειες (μηδική, χορτοδοτικά, καλαμπόκι, βαμβάκι, ρύζι, δενδρώδεις καλλιέργειες, αμπέλια κτλ.).

Επίσης η μέθοδος ενδείκνυται για εδάφη με μέση ή μικρή διηθητική ικανότητα. Στη περίπτωση εδαφών με μεγάλη διηθητική ικανότητα το μέγεθος των λεκανών γίνεται πολύ μικρό με τις αναμενόμενες οικονομικές επιπτώσεις. Τα συνιστώμενα μεγέθη λεκανών ανάλογα με τη σύσταση του εδάφους και τη διαθέσιμη αρδευτική κεφαλή δίνονται στον Πιν. 6.1.

Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται ακριβής ισοπέδωση. Για να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή του αρδευτικού νερού στην επιφάνεια της λεκάνης το κατάντη άκρο της λεκάνης πρέπει να είναι χαμηλότερο του ανάντη άκρου κατά λίγα εκατοστά του μέτρου (3-5 cm). Η διαφορά υψομέτρου μεταξύ ανάντη και κατάντη άκρου

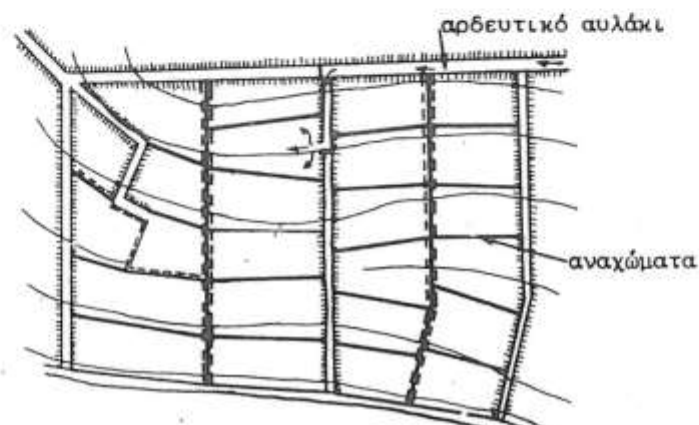
Λεκάνες κατάκλισης

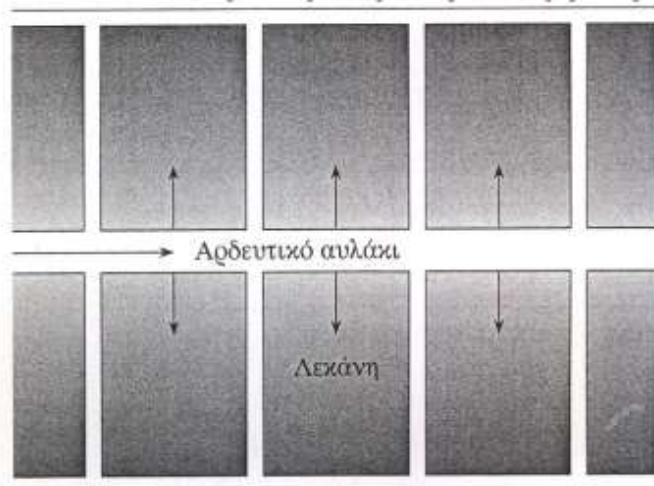


Σχήμα 9.4. Τυπικό σύστημα λεκανών.

Πιν. 6.1 Συνιστώμενα μεγέθη λεκανών στη μέθοδο της περιστροφής

Εύσταση Εδάφους	Έκταση λεκάνης, m ²		
	Αρδευτική Κεφαλή 30 lt/sec	Αρδευτική Κεφαλή 60 lt/sec	Αρδευτική Κεφαλή 120 lt/sec
Ελαφρά	100- 150	100- 150	100- 150
Μέση	200- 400	400- 800	400- 800
Βαρύ	500-1000	1500-2000	3000-5000





Σχήμα 4.4

Διάταξη άρδευσης με ορθογωνικές λεκάνες.

Πίνακας 4.2

Συνιστώμενες επιφάνειες λεκανών για διάφορα εδάφη και παροχή ίση με $100 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.

Τύπος εδάφους	Επιφάνεια λεκάνης, στρ.
(1)	(2)
Αμμώδες	0,65
Μέσο προς ελαφρό	2,0
Μέσο προς συνεκτικό	4,0
Αργιλώδες	6,5

Χρόνος ευκαιρίας

Ο χρόνος που το νερό διατίθεται για διήθηση γνωστός ως "χρόνος ευκαιρίας" (opportunity time) μπορεί να υπολογισθεί λύνοντας την γενική εξίσωση διηθήσεως¹ 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 εξισώσεως διηθήσεως της USDA.

Χρόνος προελάσεως (υπόθεση)

Ο χρόνος προελάσεως, t_t , που είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη διαδρομή του νερού σε ζώνη μοναδιαίου πλάτους από άναντη στο κατάντη άκρο πρέπει να αποτελεί κλάσμα του χρόνου ευκαιρίας για να επιτυγχάνεται ομοιομορφία της κατανομής του αρδευτικού νερού στην επιφάνεια της λεκάνης και μεγάλος βαθμός αποδόσεως κατά την εφαρμογή. Ο βαθμός αποδόσεως κατά την εφαρμογή είναι ο λόγος του μέσου καθαρού ύψους εφαρμογής προς το μέσο ύψος εφαρμογής. Στον Πιν. 6.2 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ του λόγου t_t/t_n και του αναμενόμενου βαθμού αποδόσεως κατά την εφαρμογή.

Πιν. 6.2 Ο βαθμός αποδόσεως κατά την εφαρμογή ως συνάρτηση του λόγου "χρόνος προελάσεως προς χρόνο ευκαιρίας".

$E_a (\%)$	t_t/t_n
95	0.16
90	0.28
85	0.40
80	0.58
75	0.80
70	1.08
65	1.45
60	1.90
55	2.45
50	3.20

Μήκος λωρίδας για να ισχύει ο χρόνος προελάσεως

Το μήκος της λεκάνης (L) εκφράζεται από τη σχέση:

$$L = \frac{60 \cdot Q_u \cdot t_t}{\frac{a t_t^b}{1+b} + 7.0 + 36.92 \cdot n^{0.375} \cdot Q_u^{0.5625} \cdot t_t^{0.1875}} \quad (7.5)$$

όπου: L = μήκος λεκάνης (m), Q_u = παροχή εισόδου ανά μονάδα πλάτους της λεκάνης (L/s/m), t_t = χρόνος προέλασης (min) για την επίτευξη της επιθυμητής αποδοτικότητας E_a (%), a , b = συντελεστές της ομάδας διηθητικότητας της SCS και n = συντελεστής τραχύτητας του Manning. Ο συντελεστής τραχύτητας εκφράζει την αντίσταση στη ροή του νερού στη λεκάνη και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και την τραχύτητα της επιφάνειας του εδάφους. Τιμές του συντελεστή αυτού που συνήθως χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς δίνονται στον Πίνακα 7.4.

Πίν. 7.4: Τιμές του συντελεστή τραχύτητας του Manning n σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του εδάφους και της καλλιέργειας

Χαρακτηριστικά της επιφάνειας του εδάφους	n
– Ομαλή εδαφική επιφάνεια χωρίς καλλιέργεια	0.04
– Καλλιέργειες δημητριακών σε γραμμές παράλληλες προς τη ροή	0.10
– Μηδική, δημητριακά σε μη γραμμική σπορά	0.15
– Πυκνές χορτοδοτικές καλλιέργειες, δημητριακά σε γραμμές κάθετες προς τη ροή	0.25

Προσοχή,
το μήκος
της
λωρίδας
προκύπτει
από την
υδραυλική
επίλυση

Χρόνος ποτίσματος

Η διάρκεια άρδευσης (t_a), ο χρόνος δηλαδή που απαιτείται για να παρο-
χειτευτεί στη λεκάνη το ολικό ύψος άρδευσης (d), υπολογίζεται με τη σχέση:

$$t_a = \frac{d_n \cdot L}{0.6 \cdot Q_u \cdot E_a} \quad (7.6)$$

όπου: t_a = διάρκεια άρδευσης (min), E_a = αποδοτικότητα εφαρμογής (%)
και Q_u = παροχή εισόδου ανά μονάδα πλάτους της λεκάνης (L/s/m).

Το μέγιστο βάθος ροής ($d_{\max}$), υπολογίζεται με τη σχέση:

$$d_{\max} = 46.2 \cdot n^{0.375} \cdot Q_u^{0.5625} \cdot t_a^{0.1875} \quad (7.7)$$

όπου: $d_{\max}$ σε mm και οι υπόλοιποι όροι είναι όπως ορίστηκαν προηγου-
μενα. Στην περίπτωση που ο χρόνος προέλασης είναι μεγαλύτερος από τη
διάρκεια άρδευσης ($t_i > t_a$) τότε αντί του t_a στη σχέση (7.7) πρέπει να χρη-
σιμοποιείται ο χρόνος t_i .

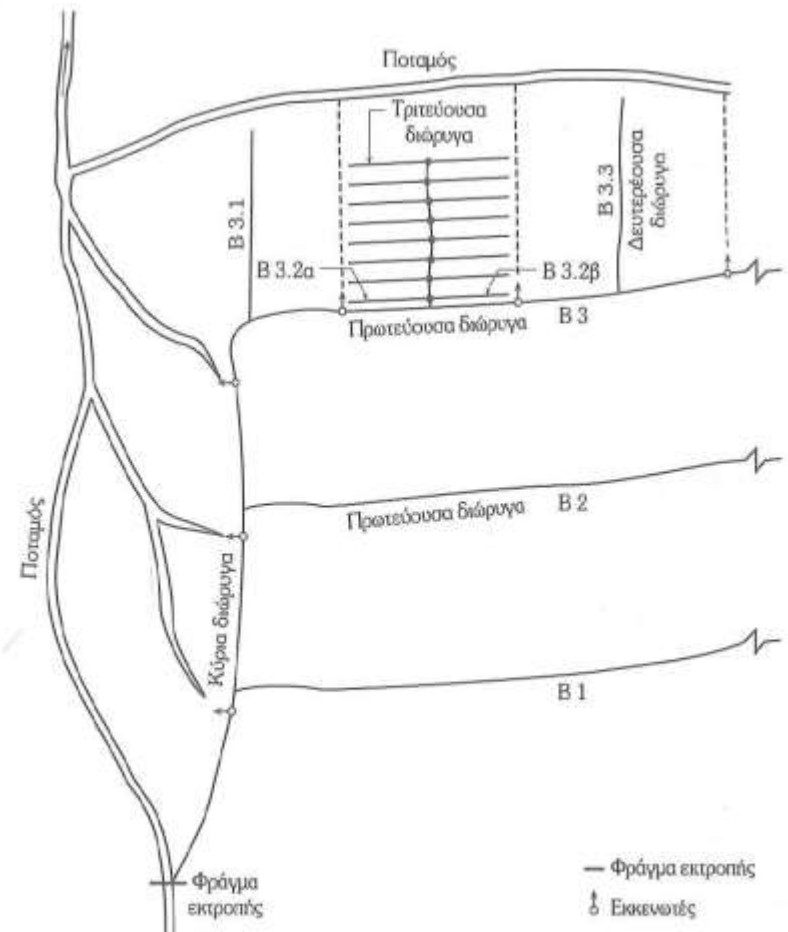
Υδραυλικός υπολογισμός διωρύγων α. παροχές σχεδιασμού

Προσέγγιση

- Στην πραγματικότητα:
 - μη μόνιμη ροή
 - Αβεβαιότητα στην πρόβλεψη των παροχών
 - Ποτίζονται τα αγροτεμάχια για κάποιο χρόνο με βάση τη δόση άρδευσης, προφανώς όχι όλα ταυτόχρονα.
 - Προφανώς ισχύει η αρχή της συνέχειας στους κόμβους
- Θεωρούμε τη διαστασιολόγηση των διωρύγων με βάση την ειδική παροχή
 - Συνεχή πότισμα για τις ώρες λειτουργίας του δικτύου, ταυτόχρονα σε όλη την έκταση
 - Διαφορετικές παροχές σε τριτεύουσες και δευτερεύουσες (χρήση διαφορετικών συντελεστών)
 - Δεν ισχύει η αρχή της συνέχειας στους κόμβους
 - Έλεγχος με βάση την αρδευτική κεφαλή

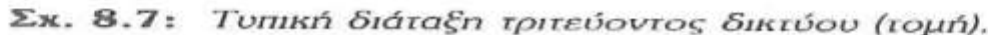
Πρωτεύουσα, δευτερεύουσα, τριτεύουσα (μετά το αγροτεμάχιο)

Θέμα: Υπόθεση συνεχής λειτουργία



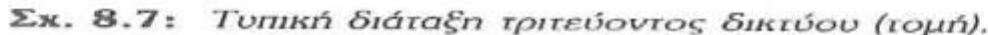
Σχ. 6.13: Γενική διάταξη ενός αρδευτικού δικτύου ανοικτών αγωγών.

Τσακίρης, 2008



Σχ. 8.7: Τυπική διάταξη τριτεύοντος δικτύου (τομή).

Σχ. 8.7: Τυπική διάταξη τριτεύοντος δικτύου (τομή).



Υδραυλικός υπολογισμός

- Προσδιορισμός παροχής
 - Υδραυλική κεφαλή
 - Έστω συνεχή λειτουργία δικτύου
- Οριακές συνθήκες, επιλογή κλίσης ομοιόμορφο βάθος, συνήθως αρχίζω από την κατάληξη της τριτεύουσας στη δευτερεύουσα, (θέμα, λύση με νομογραφήματα)
- Δευτερεύουσες, τραπεζοειδείς διατομές, τριτεύουσες, τυποποιημένα καναλέτα

Έλεγχος αρδευτικής κεφαλής, τριτεύουσα

Έλεγχος αρδευτικής κεφαλής:

Ο έλεγχος της αρδευτικής κεφαλής γίνεται με την παρακάτω εξίσωση:

$$Q = \frac{K_T}{E_d} \cdot \bar{q} \cdot A$$

όπου Q είναι η παροχή της τριτεύουσας διώρυγας, K_T είναι ο συντελεστής τριτεύουσας διώρυγας (λαμβάνεται ίσος με 1,30), E_d ο συντελεστής απόδοσης (λαμβάνεται ίσος με 0,90), $\bar{q}$ η ειδική παροχή άρδευσης και A είναι η αρδευόμενη έκταση από την τριτεύουσα διώρυγα. Με αντικατάσταση έχουμε:

$$Q = \frac{1,30}{0,90} \cdot 0,11 \cdot 212 = 33,68 \text{ lt / sec}$$

συνεπώς η αρδευτική κεφαλή των 60lt/sec επαρκεί για την άρδευση της περιοχής.

Παροχή σχεδιασμού δευτερευουσών διωρύγων

Παροχή σχεδιασμού δευτερεύουσας διώρυγας

Ο υπολογισμός της παροχής στα τμήματα της δευτερεύουσας διώρυγας γίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_i = \frac{K_s}{E_x} \cdot \bar{q} \cdot \sum_{i=1}^n A_i$$

όπου Q_i είναι η παροχή στο αντίστοιχο τμήμα της δευτερεύουσας διώρυγας, K_s ο συντελεστής της δευτερεύουσας διώρυγας (λαμβάνεται ίσος με 1,20), E_x ο συντελεστής απόδοσης του δικτύου δευτερεύουσας-τριτεύουσας (λαμβάνεται ίσος με 0,855) και q η ειδική παροχή

Δημιουργία πίνακα και έλεγχος από κατάντη στα ανάντη, απλοποίηση όπου χρειαστεί, η παροχή πρέπει να είναι ανάλογη της αρδευτικής κεφαλής

$$Q = \frac{k}{E_x} \cdot \bar{q}_c \cdot A \quad (8.3)$$

όπου $\bar{q}_c$ είναι η μέση ειδική συνεχής παροχή στο αγροτεμάχιο και
 k είναι ένας συντελεστής που παίρνει τις ακόλουθες τιμές ανάλογα
 με το τμήμα του αρδευτικού δικτύου που αναφέρεται η παροχή:
 Τριτερεύουσες $k_T = 1.20 - 1.40$
 Δευτερεύουσες $k_S = 1.10 - 1.20$
 Πρωτεύουσες $k_M = 1.05 - 1.10$
 Οι τιμές αναφέρονται σε επενδεδυμένες διώρυγες για Μεσογειακό κλίμα.*

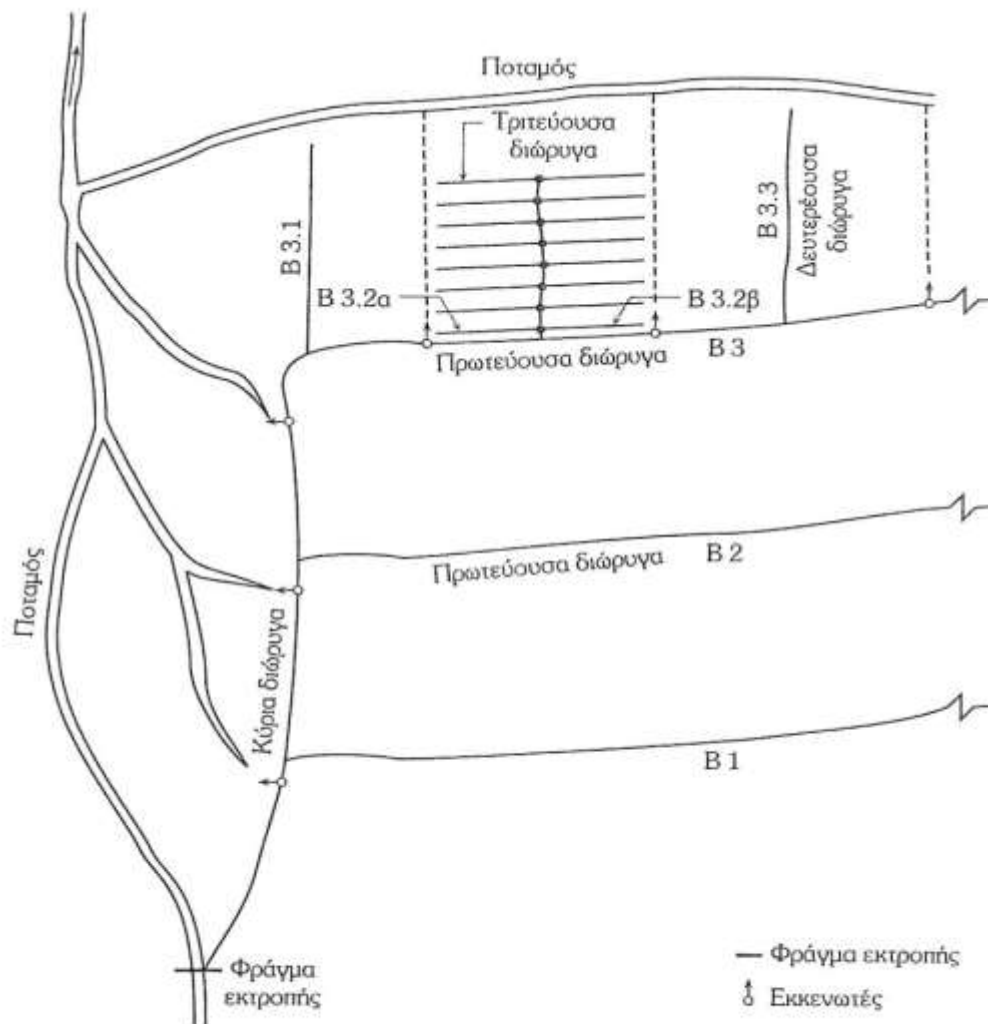
Είναι προφανές ότι ο συντελεστής k εξαρτάται από το βαθμό ελευθερίας που επιδιώκεται, όπως επίσης και από το βαθμό επικινδυνότητας που επιλέγεται στο σχεδιασμό του τμήματος αυτού του δικτύου. Συνεπώς με κατάλληλη επιλογή του συντελεστή k η μέθοδος συνεχούς ροής ισοδυναμεί με αντίστοιχη εκ περιτροπής.

Γενικά ...

$$Q_{\Sigma\chi\epsilon\Delta} = \frac{1}{E} \cdot K \cdot \bar{q} \cdot \sum_{i=1}^n A_i$$

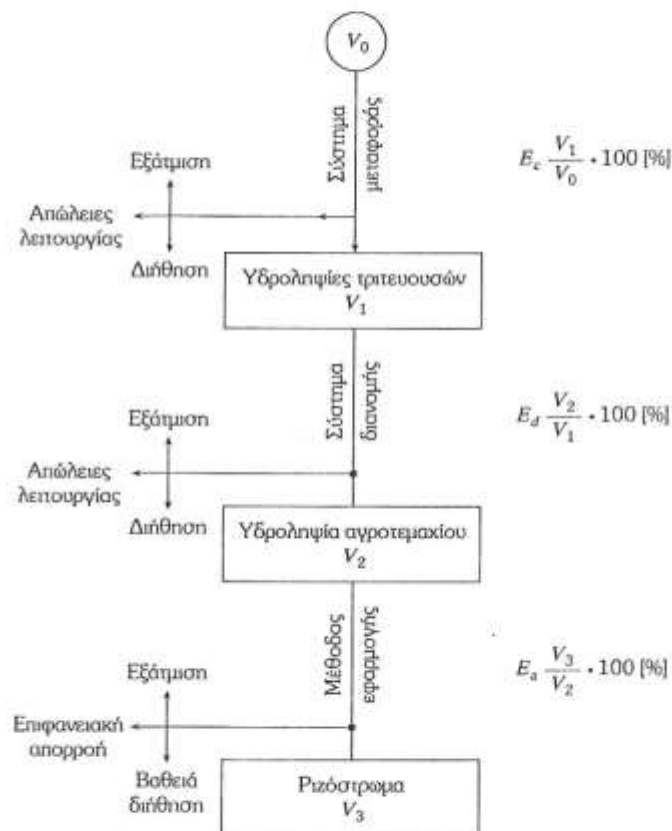
- Κ μεγάλο σε μικρές εκτάσεις (λίγοι καλλιεργητές) και ομαλοποιείτε σε μεγάλες εκτάσεις (πρωτεύουσες)
- Αντίθετα, για τις άνανθη διώρυγες, ο συντελεστής προσαύξησης , δηλαδή η αύξηση της παροχής λόγω των ποσοστιαίων απώλειών νερού (πιο σωστά $1/E$) μεγαλώνει σε πρωτεύουσες και μειώνεται σταδιακά στις τριτεύουσες

Γενική διάταξη συλλογικού δικτύου



Σχ. 6.13: Γενική διάταξη ενός αρδευτικού δικτύου ανοικτών αγωγών.

Οι απώλειες του αρδευτικού νερού κατά την εφαρμογή του μπορούν να καταταγούν: σ' αυτές που οφείλονται στην εξάτμιση, την επιφανειακή απορροή και τη βαθιά διήθηση (Σχήμα 6.14). Οι απώλειες αυτές εξαρτώνται κυρίως από τη μέθοδο εφαρμογής, τις συνθήκες εδάφους και ατμόσφαιρας καθώς και από την εμπειρία και την παιδεία των γεωργών στη χρησιμοποίηση του νερού. Γενικά οι μέθοδοι επιφανειακής άρδευσης σε αντίθεση με τον καταιονισμό συντελούν σε μεγάλο ύψος απωλειών λόγω βαθιάς διήθησης, γεγονός που οφείλεται στην ανομοιομορφία της κατανομής του νερού κατά την εφαρμογή.



Σχ. 6.14: Σχηματική παράσταση της διανομής του νερού μέσα στο δίκτυο για τον υπολογισμό των βαθμών απόδοσης.

Οι απώλειες κατά τη μεταφορά και διανομή οφείλονται κυρίως στη διήθηση και κατά δεύτερο λόγο στην εξάτμιση. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στις

$$E_p = \frac{V_3}{V_0} \cdot 100 \quad (6.135)$$

Για τον καλύτερο έλεγχο του νερού και των απωλειών ο βαθμός απόδοσης του έργου χωρίζεται συνήθως σε δύο επί μέρους όρους το *βαθμό απόδοσης κατά τη μεταφορά*, E_c (Conveyance Efficiency) που αναφέρεται στην κίνηση του νερού δια μέσου των αγωγών και το *βαθμό απόδοσης κατά την εφαρμογή*, E_a (Application Efficiency) που αναφέρεται στην κίνηση του νερού από την υδροληψία του αγρού έως την αποθήκευσή του στο ριζόστρωμα των καλλιεργειών.

Σύμφωνα με τις προτάσεις της Διεθνούς Επιτροπής Αρδεύσεων και Αποστραγγίσεων (Bos και Nugteren, 1974) άρχισε να υιοθετείται η χρησιμοποίηση δύο βαθμών απόδοσης που αντικαθιστούν το γενικό βαθμό απόδοσης κατά τη μεταφορά. Δηλαδή το σύστημα των αγωγών μεταφοράς, όπως χρησιμοποιήθηκε προηγούμενα, διακρίνεται:

α) στο *σύστημα μεταφοράς* (conveyance network) που περιλαμβάνει το κύριο, πρωτεύον και δευτερεύον δίκτυο και

β) στο *σύστημα διανομής* (distribution network) που περιλαμβάνει το τριτεύον δίκτυο. Έτσι αν για παράδειγμα από τον αρχικό όγκο V_0 στην αρχή του δικτύου, στις υδροληψίες των τριτευουσών φτάνει όγκος νερού V_1 και στην υδροληψία του αγροτεμαχίου όγκος V_2 , τότε οι βαθμοί απόδοσης κατά τη μεταφορά και διανομή εκφρασμένοι σε ποσοστό γράφονται αντίστοιχα:

$$E_c = \frac{V_1}{V_0} \cdot 100 (\%) \quad (6.136)$$

και

$$E_d = \frac{V_2}{V_1} \cdot 100 (\%) \quad (6.137)$$

Ο βαθμός απόδοσης κατά την εφαρμογή (Ορισμός Israelsen, 1932)* εκφράζεται:

$$E_a = \frac{V_3}{V_2} \cdot 100 (\%) \quad (6.138)$$

όπου V_3 και V_2 παραμένουν όπως προηγούμενα.

Απώλειες δικτύων...

πιο ακραίες περιπτώσεις οι απώλειες εξάτμισης δεν υπερβαίνουν το 10% των απωλειών διήθησης. Οι απώλειες διήθησης για δίκτυα ανοικτών αγωγών και έργα μέσης έκτασης κυμαίνονται από 7% έως 35% της παροχής ανάλογα με το υλικό επένδυσης, την κατάσταση της βρεχόμενης επιφάνειας και το σχήμα της διατομής. Μια τρίτη κατηγορία απωλειών της τάξεως των 4% της παροχής (κατά το USBR) αποτελούν οι απώλειες λειτουργίας του δικτύου (Operational Losses). Συνήθως στα πρώτα χρόνια λειτουργίας ενός αρδευτικού δικτύου οι απώλειες λειτουργίας είναι πολύ μεγαλύτερες (φτάνουν μέχρι 20% της παροχής). Γενικά οι απώλειες του αρδευτικού νερού κατά τη μεταφορά και τη διανομή μειώνονται κατά ένα μεγάλο βαθμό αν το δίκτυο αποτελείται από κλειστούς αγωγούς υπό πίεση.

8.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΩΡΥΓΩΝ

Δεδομένα:

1. Οριζοντιογραφία του δικτύου των Τριτευουσών διωρύγων E5.1α, E5.1β, E5.1γ, E5.1δ και E5.1ε που τροφοδοτούνται από την Δευτερεύουσα διώρυγα E5.1. (Σχ.8.12).
2. Η αρδεύομενη έκταση που αντιστοιχεί σε κάθε διώρυγα δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί

ΤΡΙΤΕΥΟΥΣΑ ΔΙΩΡΥΓΑ	ΠΛΑΤΟΣ m	ΜΗΚΟΣ m	ΕΜΒΑΔΟΝ στρ.
E5.1α	200	860	172
E5.1β	250	860	215
E5.1γ	250	860	215
E5.1δ	250	860	215
E5.1ε	250	860	215

3. Αρδευτική κεφαλή $Q = 60 \text{ lt/sec}$. Ειδική παροχή στο αγροτεμάχιο $q_0 = 0.087 \text{ lt/sec}$ στρ. Συντελεστής προσαυξήσεως των αναγκών σε νερό αρδεύσεως $c = 1.20$ (για την κάλυψη των αναγκών στις περιόδους μεγίστης θερμοκρασίας).
4. Στάθμη νερού στις Τριτεύουσες διώρυγες $\sim 15\text{--}20 \text{ cm}$ πάνω από την επιφάνεια του αρδεύομενου εδάφους. Φορτίο παροχετεύσεως από Δευτερεύουσα προς Τριτεύουσα $\sim 10 \text{ cm}$.
5. Οι τριτεύουσες είναι ορθογωνική διατομής (Συντελεστής Manning $n = 0.016$) ενώ οι δευτερεύουσες είναι τραπεζοειδούς διατομής με εκδυμητό πλάτος πυθμένα $b = 0.50 \text{ m}$ και κλίση πρανών $z = 1.5$.
6. Ο συντελεστής αποδόσεως για τις τριτεύουσες είναι 0.90 και για τις δευτερεύουσες 0.95 .

Ζητούνται:

- α) Υπολογισμός παροχών στα τμήματα της δευτερεύουσας σύμφωνα με το συνεχές σύστημα διανομής ($k_S = 1.20$, $k_T = 1.30$)
- β) Ο υδραυλικός υπολογισμός των Τριτευουσών Διωρύγων και της Δευτερεύουσας Διώρυγας με σύγχρονο καθορισμό της θέσεως των ρυθμιστών της ροής.

ΛΥΣΗ

α. Έλεγχος της αρδευτικής κεφαλής

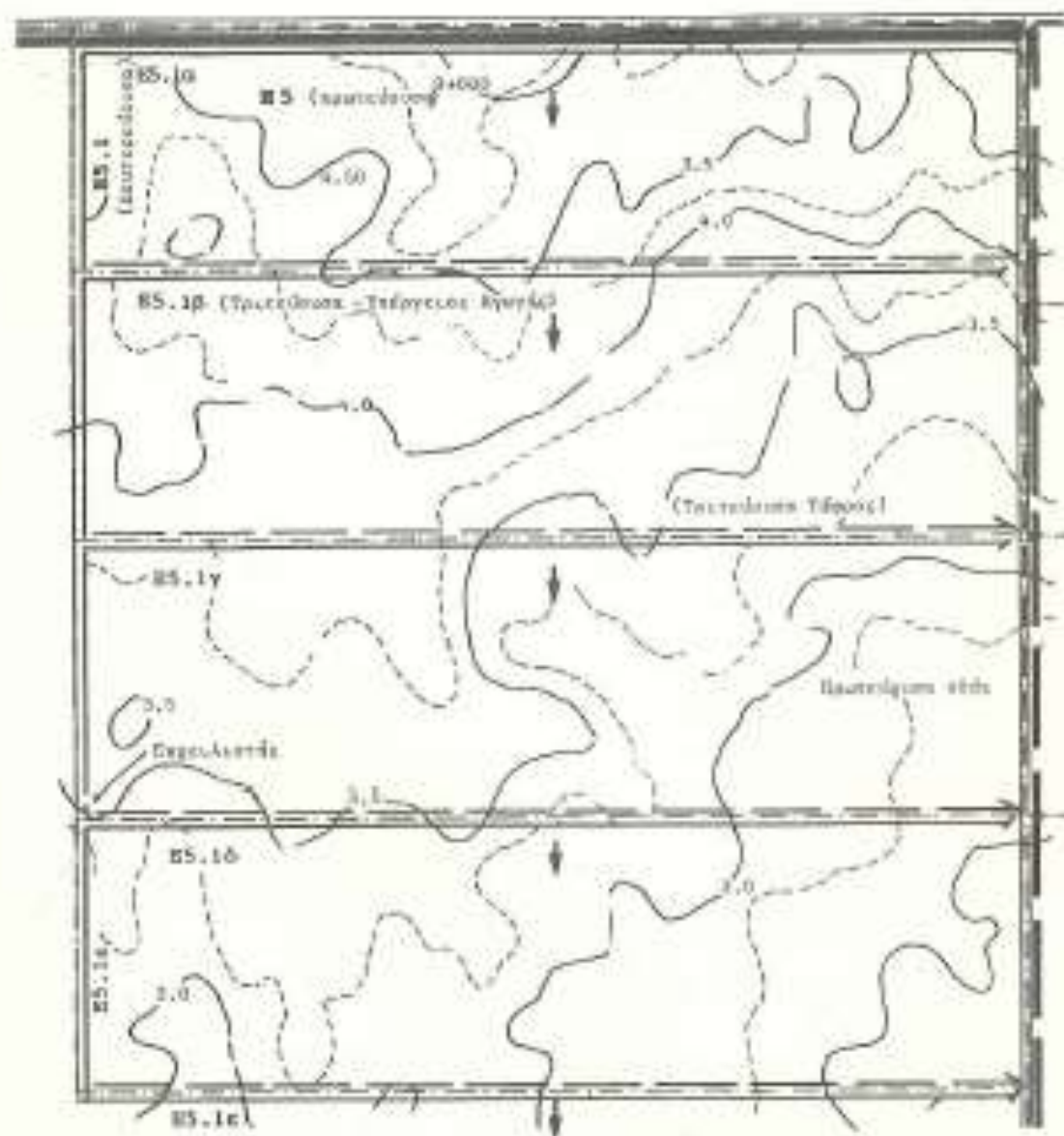
Ειδική παροχή: $q = c \cdot q_0 = 1.20 \cdot 0.087 = 0.104 \text{ lt/sec} \cdot \text{στρ}$

Η απαιτούμενη παροχή της τριτεύουσας που αποτελεί τη δυσμενέστερη περίπτωση

-8.36-

$$Q = \frac{K_T}{E_T} q A_{\max} = \frac{1.30}{0.90} 0.104 \cdot 215 = 32.30 \text{ lt/sec} < 60 \text{ lt/sec}$$

Επομένως η αρδευτική κεφαλή επαρκεί.



Σχ. 8.12 Δριξοντεγραφο του δικτύου των διαρρύων.

β. Υπολογισμός παροχής των τμημάτων της δευτερεύουσας

Ο υπολογισμός της παροχής στο σύστημα ροής γίνεται με την ακόλουθη εξίσωση

$$Q = \frac{K_s}{E_x} Q \sum_{i=1}^i A_p = \frac{1.20}{0.855} \cdot 0.104 \cdot \sum_{i=1}^i A_p$$

Πολλαπλάσια της
αρδευτικής
κεφαλής

όπου $E_x = E_T \cdot E_S = 0.90 \cdot 0.95 = 0.855$.

Εντον παρακάτω πύνακα φαίνονται οι υπολογισθείσες τιμές με την προηγούμενη εξίσωση (στήλη 4) καθώς η αρχικά απαιτούμενη παροχή (ακέραιος αριθμός αρδευτικών κεφαλών, στήλη 5) και η τελικά επιλεγείσα παροχή σχεδιασμού.

Πίν. 8.5 Υπολογισμός παροχής σχεδιασμού των τμημάτων της δευτερεύουσας Ε 5.1

Τριτεύουσα	Έκταση A_p	$\sum A_p$ (στρ.)	Q (lt/sec) (απαιτούμενη)	Q (lt/sec) (αρχικά επιλεγείσα)	Q (lt/sec) (σχεδιασμού)
1	2	3	4	5	6
α	172	860	125.52	240	180
β	215	645	94.15	180	120
γ	215	430	62.76	120	120
δ	215	215	31.38 *	60	60
ε	215				

* Ουσιαστικά στο τμήμα μεταξύ Ε5.1 και Ε5.1ε απαιτείται παροχή τριτεύουσας 32.30 lt/sec. Το τμήμα αυτό της δευτερεύουσας ανήκει στην τριτεύουσα Ε5.1ε και έχει ορθογωνική διατομή όπως οι άλλες τριτεύουσες.

Κατάντη
προς
άναντη

Δεν
ακολουθείτε
η αρχή της
συνέχειας?

Χάραξη και υδραυλικοί υπολογισμοί

- Ομοιόμορφο βάθος τριτεύουσας ροή υποκρίσιμη
- Τριτεύουσα, 15 cm υπεράνω του φυσικού εδάφους η στάθμη επιφανείας του νερού
- Δευτερεύουσες ανάντη, 10 cm φορτίο παροχέτευσης
- Πολλοί τρόποι χάραξης, προτείνεται δοκιμή από το σημείο της τριτεύουσας αμέσως κατάντη της δευτερεύουσας εκτός αν υπάρχει κάποιο καταφανώς δυσμενώς σημείο, έλεγχος φυσικό έδαφος (πριν) και στάθμη νερού (μετά)
- Τριτεύουσα ήπιες κλίσης κατά το δυνατόν του εδάφους

Σχόλια

- Η παροχή της τριτεύουσας δεν είναι ταυτόσημοι με τη παροχή της δευτερεύουσας που την υδροδοτεί αποκλειστικά (άλλοι συντελεστές)
- «Δεν ισχύει η αρχή της συνέχειας στους κόμβους»
- Στην πραγματικότητα έχουμε μη μόνιμη ροή, και μία αβεβαιότητα στη συμπεριφορά των καλλιεργητών. Η θεώρηση των παροχών ενσωματώνει την αβεβαιότητα στην προσέγγιση των παροχών