Υδραυλικά Έργα ΙΙ
[ΠΟΜ 451]

Μέθοδοι άρδευσης στο αγροτεμάχιο

Ανδρέας Χριστοφή / ειδικός επιστήμονας

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

Email: andreas.christofe@cut.ac.cy

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Γενικά

Με τον όρο μικροάρδευση εννοείται η άρδευση των αγροτεμαχίων με σταγόνες (trickle ή drip irrigation) ή (εναλλακτικά όπου αυτό προσφέρεται καλύτερα) με μικροεκτοξευτήρες (microsprayers) και υπόγεια με σταγόνες (subsurface drip irrigation). Στην ουσία πρόκειται για διαφορετικές μεθόδους άρδευσης, με μόνο κοινό χαρακτηριστικό το γεγονός ότι για τη λειτουργία τους απαιτείται σχετικά χαμηλή πίεση στο δίκτυο και το νερό εφαρμόζεται σε μικρές ποσότητες. Οι μικροαρδεύσεις αναπτύσσονται τα τελευταία χρόνια με εντατικούς ρυθμούς, είναι πολύ αποτελεσματικές όταν σχεδιάζονται σωστά (Keller και Karmeli, 1974, Howell κ.ά., 1983, USDA, 1984b, Burt και Styles, 1999), **προσφέρονται για αυτοματισμούς, συνεπάγονται σημαντική οικονομία νερού και εργατικών χεριών και τα πλεονεκτήματά τους είναι η αξιοποίηση μικρών ποσοτήτων νερού και η εφαρμογή τους σε περιοχές με ανώμαλο ανάγλυφο χωρίς την ανάγκη ισοπεδώσεων.**

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα μικροάρδευσης αποτελείται από τα δίκτυα μεταφοράς και εφαρμογής και από τη μονάδα ελέγχου. Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από τους κύριους αγωγούς μεταφοράς που μεταφέρουν το νερό στους αγωγούς τροφοδοσίας οι οποίοι εξασφαλίζουν την απαιτούμενη παροχή και φορτίο στις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής. Οι αγωγοί του δικτύου μεταφοράς είναι συνήθως από άκαμπτο PVC και πρέπει να τοποθετούνται υπόγεια, τόσο για την προστασία τους όσο και για την διευκόλυνση της κυκλοφορίας στο χωράφι των καλλιεργητικών μηχανημάτων.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Το δίκτυο εφαρμογής αποτελείται από εύκαμπτους σωλήνες πολυαιθυλενίου με συνηθισμένη διάμετρο 12-16 mm, που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και να ξεπεράσει τα 32 mm, στους οποίους, σε προκαθορισμένες θέσεις, τοποθετούνται ή ενσωματώνονται οι σταλακτήρες μέσω των οποίων το νερό φτάνει στο έδαφος με τη μορφή σταγόνων στη μέθοδο άρδευσης με σταγόνες ή τοποθετούνται μικροεκτοξευτήρες στην αντίστοιχη μέθοδο άρδευσης.

Η μονάδα ελέγχου τοποθετείται στην αρχή του δικτύου, αμέσως μετά το αντλητικό συγκρότημα ή την υδροληψία αν το δίκτυο είναι συλλογικό και περιλαμβάνει μετρητή ροής, φίλτρα, ρυθμιστές πίεσης και συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Κύριο στοιχείο της μονάδας ελέγχου αποτελούν τα φίλτρα γιατί, το νερό που παροχετεύεται στο δίκτυο, **πρέπει να είναι απαλλαγμένο από φερτά υλικά, ακόμη και πολύ μικρών διαστάσεων, για να μην αποφράσσονται οι σταλακτήρες** και οι μικροεκτοξευτήρες. Τα φίλτρα κάνουν μηχανικό και όχι χημικό ή άλλου είδους καθαρισμό του νερού. Σε γενικές γραμμές δίκτυα με σταγόνες χρειάζονται φίλτρα mesh 120 ή 140 και δίκτυα με μικροεκτοξευτήρες mesh 180.

Ένα δίκτυο μικροάρδευσης αποτελείται από ένα αριθμό μονάδων. Η τυπική αρδευτική μονάδα αποτελείται από την έκταση του δικτύου που αρδεύεται από έναν αγωγό τροφοδοσίας με τους αντίστοιχους αγωγούς εφαρμογής.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

'Αρδευση με Σταγόνες

Βάση του συστήματος άρδευσης με σταγόνες είναι οι σταλακτήρες. Το νερό εμφανίζεται στην έξοδο των σταλακτήρων με τη μορφή σταγόνων κατά τακτά χρονικά διαστήματα, έτσι ώστε σε κάθε θέση να διηθούνται στο έδαφος λίγα λίτρα την ώρα. Για να μπορεί να εκπληρώσει σωστά την αποστολή του, ένας σταλακτήρας πρέπει να εξασφαλίζει μικρή και ομοιόμορφη παροχή που να μην επηρεάζεται από περιορισμένες μεταβολές της πίεσης στον αγωγό εφαρμογής, να έχει σχετικά μεγάλη διατομή ροής ώστε να μην αποφράζεται εύκολα, να είναι κατασκευασμένος από υλικό που να μην επηρεάζεται σημαντικά και να μην παθαίνει μόνιμες αλλοιώσεις από τις έντονες μεταβολές της θερμοκρασίας κατά την έκθεσή του στο χωράφι, να είναι ευκολόχρηστος και να έχει μικρό κόστος.

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια έχει σχεδιαστεί μια μεγάλη ποικιλία σταλακτήρων που, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, διακρίνονται σε ορισμένες κατηγορίες. Έτσι, ανάλογα με το είδος ροής του νερού, διακρίνονται σε σταλακτήρες **με στρωτή ροή, με μερικά στροβιλώδη ροή και με στροβιλώδη ροή.** Ανάλογα με τον τρόπο απόσβεσης ή στραγγαλισμού της πίεσης, διακρίνονται σε **σταλακτήρες με μακρύ διάδρομο ροής και με επιστόμιο ή οπή.** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι αυτορυθμιζόμενοι που διατηρούν σταθερό φορτίο και παροχή με κάποιο μηχανισμό αυτόματης ρύθμισης. Ανάλογα με την ικανότητα αυτοκαθαρισμού τους διακρίνονται σε αυτοκαθαριζόμενους και μη αυτοκαθαριζόμενους. Οι αυτορυθμιζόμενοι σταλακτήρες είναι κατά κανόνα και αυτοκαθαριζόμενοι.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Αν η ροή ενός σταλακτήρα είναι στρωτή, η παροχή του επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Επειδή οι διακυμάνσεις αυτές είναι σημαντικές κατά τη διάρκεια της ημέρας στα χωράφια, η ενστάλλαξη του νερού γίνεται ανομοιόμορφα. Για το λόγο αυτό στα δίκτυα με σταγόνες πρέπει να χρησιμοποιούνται σταλακτήρες με στροβιλώδη ροή. Γενικά, η παροχή ενός σταλακτήρα είναι κάποια συνάρτηση του φορτίου που μπορεί να εκφρασθεί από μια σχέση της μορφής.

$$q = K \cdot H^{\chi} \qquad (88)$$

όπου: q παροχή του σταλακτήρα σε L/h, H το φορτίο με το οποίο λειτουργεί ο σταλακτήρας σε m, K αναλογική σταθερά χαρακτηριστική του κάθε σταλακτήρα και χ εκθέτης που η τιμή του καθορίζεται από το είδος της ροής. Όταν χ = 1, η ροή είναι στρωτή ενώ όταν χ = 0.5 η ροή είναι στροβιλώδης. Στους αυτορυθμιζόμενους σταλακτήρες η τιμή του χ τείνει προς το μηδέν.

https://www.youtube.com/watch?v=aBhqo5OcTT4
https://www.youtube.com/watch?v=UqXG-NVp7wI

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Διατάξεις άρδευσης με σταγόνες

Προϋπόθεση για τη σωστή σχεδίαση συστημάτων άρδευσης με σταγόνες αποτελεί η σαφής γνώση της κατανομής της υγρασίας στο έδαφος μετά την έξοδο του νερού από το σταλακτήρα και ιδιαίτερα η πλευρική κίνηση. Η κίνηση αυτή βρέθηκε ότι είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών του εδάφους και της παροχής του σταλακτήρα, ειδικότερα δε η μέγιστη διάμετρος διαβροχής (D) συνδέεται με την παροχή του σταλακτήρα (q) και τη βασική διηθητικότητα του εδάφους (i) με τη σχέση:

$$D = \left[\frac{4\,q}{\pi\,i} \right]^{1/2} \qquad (89)$$

όπου: D σε m, i σε mm/h και q σε L/h.

Όπως αναφέρθηκε, οι σταλακτήρες είναι τοποθετημένοι στους αγωγούς εφαρμογής. Οι αγωγοί αυτοί τοποθετούνται στο έδαφος με διάφορες διατάξεις, ανάλογα με το σκοπό που πρόκειται να εξυπηρετήσουν. Η πιο κοινή διάταξη είναι η απλή ευθύγραμμη στην οποία οι αγωγοί εφαρμογής ακολουθούν τις γραμμές των φυτών της καλλιέργειας και σχεδιάζονται έτσι που κατά την άρδευση να σχηματίζεται μια συνεχής ζώνη διαβροχής του εδάφους, με το επιθυμητό κατά περίπτωση πλάτος. Η συνέχεια της υγρής ζώνης εξασφαλίζεται αν τοποθετηθούν οι σταλακτήρες σε απόσταση μεταξύ τους κατά τι μικρότερη από τη διάμετρο διαβροχής**. Η απόσταση αυτή (S_e), κατά κοινή πρακτική, παίρνεται ίση με 0.8 της διαμέτρου.**

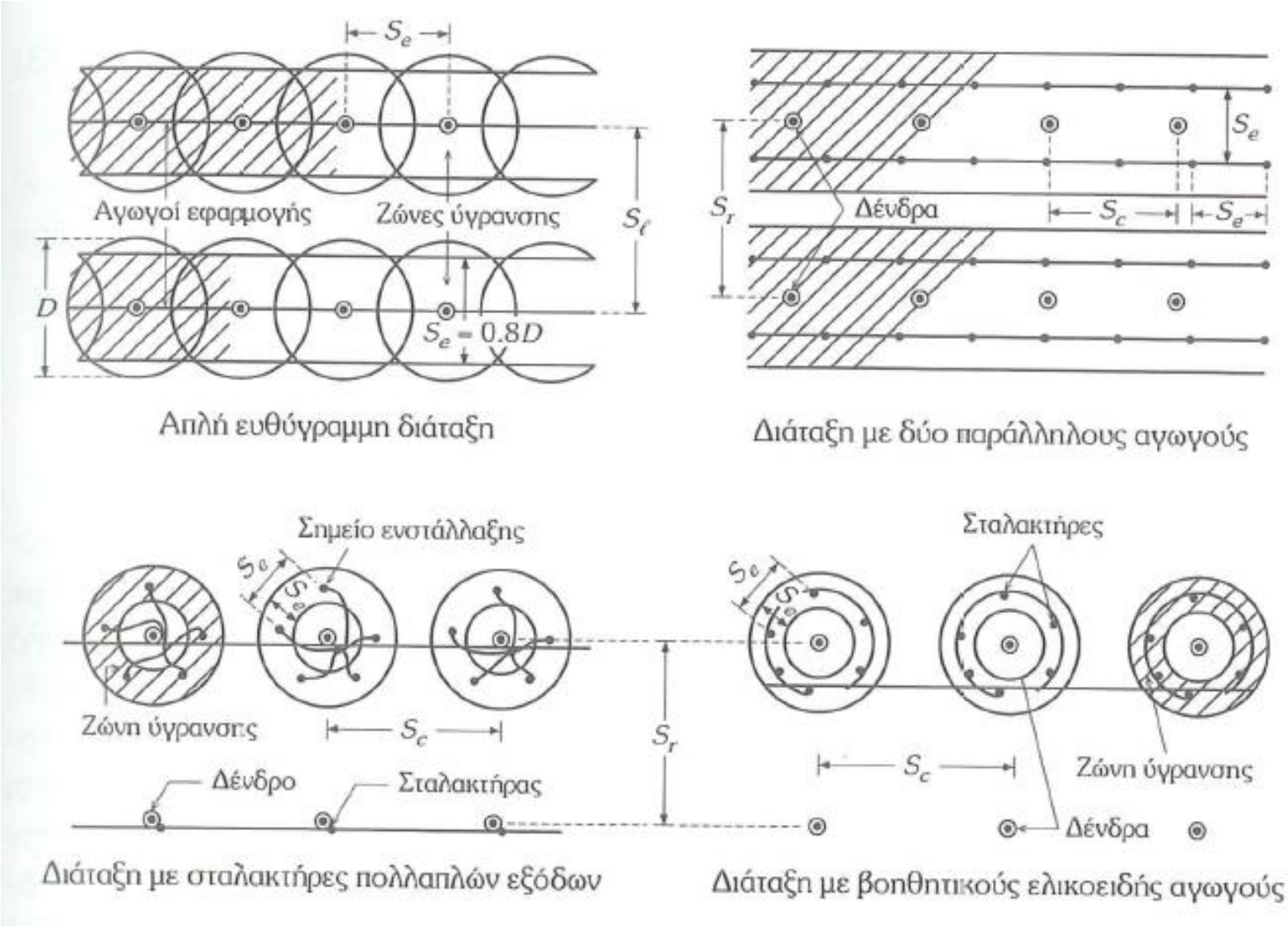
ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Αν η απόσταση μεταξύ των φυτών είναι μεγάλη, όπως συμβαίνει στους οπωρώνες, η διάταξη με απλούς ευθύγραμμους αγωγούς δεν είναι επαρκής για την ύγρανση της επιθυμητής επιφάνειας του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθούν διατάξεις με **δύο παράλληλους αγωγούς εφαρμογής**, με βοηθητικούς ελικοειδείς αγωγούς ή με σταλακτήρες πολλαπλών εξόδων. Όλες οι παραπάνω διατάξεις φαίνονται στο Σχήμα 11.

Σε μια διάταξη άρδευσης, οι γειτονικές ζώνες διαβροχής μπορεί να εφάπτονται μεταξύ τους, οπότε το σύνολο του εδάφους υγραίνεται, ή να μην εφάπτονται, οπότε μόνο μέρος του εδάφους υγραίνεται. Το ποσοστό του εδάφους που πρέπει σε κάθε περίπτωση να υγραίνεται καθορίζεται κατά περίπτωση. Στους νέους οπωρώνες, το ποσοστό αυτό είναι ίσο με το 1/3 της επιφάνειας του χωραφιού. Αν η μέθοδος εφαρμοστεί για πρώτη φορά σε ήδη αναπτυγμένους οπωρώνες, που μέχρι τώρα αρδεύονταν με άλλη μέθοδο, το ποσοστό ύγρανσης του εδάφους πρέπει να καλύπτει το 40% με 50% της επιφάνειας του χωραφιού. Στα αμπέλια το ποσοστό αυτό είναι περίπου 40% στις διάφορες γραμμικές καλλιέργειες (αραβόσιτος, βαμβάκι, τεύτλα κ.λπ.) κυμαίνεται από 50% μέχρι 70% και στα λαχανικά πλησιάζει το 100%.

Οι αποστάσεις των σταλακτήρων στις διάφορες διατάξεις άρδευσης, σε σχέση με την παροχή των σταλακτήρων (q), το ποσοστό ύγρανσης (ρ) και τη βασική διηθητικότητα (i), μπορούν να υπολογιστούν αναλυτικά. Η σχέση (89) δίνει τη διάμετρο διαβροχής (D). Επειδή η απόσταση μεταξύ των σταλακτήρων στον αγωγό εφαρμογής (S_e) παίρνεται ίση με 0.8 D, οδηγούμαστε στη σχέση:

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ



Σχ. 11: Διάφορες διατάξεις άρδευσης με σταγόνες.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

$S_e = 0.8\ D = 0.9\ [\ \frac{q}{i}\ ]^{1/2}$ (90)

όπου: S_e σε m, q σε L/h και i σε mm/h.

Στη διάταξη με απλούς ευθύγραμμους αγωγούς όπου, όπως δείχνει το Σχήμα 11, το πλάτος της ζώνης ύγρανσης και η απόσταση των σταλακτήρων επί του αγωγού είναι ίδια και ίση με S_e, το ποσοστό ύγρανσης του εδάφους υπολογίζεται με τη σχέση:

$p\ (\%) = 100\ \frac{S_e}{S_s} = \frac{90}{S_s}\ [\frac{q}{i}]^{1/2}$, $S_s \geq S_e$ (91)

όπου: S_e η απόσταση μεταξύ των αγωγών εφαρμογής σε m.

Στη διάταξη με δύο παράλληλους αγωγούς εφαρμογής, το ποσοστό ύγρανσης (p) υπολογίζεται με τη σχέση:

$p\ (\%) = 100\ \frac{2S_e}{S_r} = \frac{180}{S_r}\ [\frac{q}{i}]^{1/2}$, $S_r \geq 2S_e$ (92)

όπου: S_r η απόσταση μεταξύ των σειρών των δέντρων σε m.

Για κάθε άλλη διάταξη, το ποσοστό ύγρανσης (p) υπολογίζεται με τη σχέση:

$$p\ (\%) = 100\ \frac{n}{S_c}\ \frac{S_e^2}{S_r} = \frac{8\ \ln}{S_c S_r}\ \frac{q}{i}, \qquad S_c S_r \geqslant n S_e^2 \qquad (93)$$

όπου: η είναι ο αριθμός των σταλακτήρων ή σημείων ενστάλαξης νερού που αντιστοιχεί σε κάθε φυτό και S_c ,S_r είναι η επιφάνεια του εδάφους που αντιστοιχεί σε κάθε φυτό.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Αρδευτικές παράμετροι άρδευσης με σταγόνες

Όπως και στις άλλες μεθόδους, η άρδευση με σταγόνες πρέπει να καλύπτει τις σε νερό ανάγκες της καλλιέργειας, όπως αυτές εκφράζονται με την εξατμισοδιαπνοή. Πολλές καλλιέργειες, ιδιαίτερα οπωρώνες με νεαρά δένδρα, δεν καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια του εδάφους με το φύλλωμά τους. Αν με την άρδευση υγραίνεται ολόκληρη η επιφάνεια, σημαντικό μέρος του νερού χάνεται σαν εξάτμιση από το ακάλυπτο έδαφος και σαν διαπνοή από ζιζάνια που αναπτύσσονται ανάμεσα στα δένδρα. Στην άρδευση με σταγόνες οι απώλειες αυτές περιορίζονται κατά πολύ γιατί, όπως αναφέρθηκε, μέρος μόνο της επιφάνειας του εδάφους υγραίνεται (30% συνήθως στους οπωρώνες) και δεν ευνοείται η ανάπτυξη των ζιζανίων γιατί μεγάλο μέρος του χωραφιού παραμένει ξερό. Έτσι, το μεγαλύτερο μέρος της ET_C καλύπτεται από τη διαπνοή της καλλιέργειας. Κάτω από τις συνθήκες αυτές, ο υπολογισμός της ET_C , με τους τρόπους που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα , υπερεκτιμά τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας. Αναλυτικές μέθοδοι υπολογισμού της ET_C κάτω από συνθήκες της άρδευσης με σταγόνες δεν έχουν διερευνηθεί, η πράξη όμως έδειξε ότι αυτή μπορεί να εκτιμηθεί με τη σχέση:

$$ET_l = ET_c \frac{P_c}{85}, \quad \frac{P_c}{85} \leq 1 \qquad (94)$$

όπου: ET_t εξατμισοδιαπνοή κάτω από συνθήκες άρδευσης με σταγόνες, ET_C εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας και P_C ποσοστό της επιφάνειας που καλύπτει η προβολή επί του εδάφους του φυλλώματος της καλλιέργειας. Το καθαρό ύψος άρδευσης (d_n) υπολογίζεται με τη σχέση:

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

$$d_n = p \cdot USM = p \cdot F \cdot ASM =$$

$$= p \cdot F \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{FC_i - PWP_i}{100} ASW_i \cdot D_i \qquad (95)$$

όπου: *p* ποσοστό ύγρανσης της επιφάνειας του εδάφους εκφρασμένο σαν κλάσμα και οι υπόλοιποι όροι είναι γνωστοί.

Το ολικό ύψος άρδευσης (d_n), κατά τα γνωστά, θα είναι:

$$d = \frac{d_n}{E_a} \qquad (96)$$

όπου: E_a αποδοτικότητα εφαρμογής της άρδευσης. Η αποδοτικότητα αυτή στην άρδευση με σταγόνες υπολογίζεται με τη σχέση:

$$E_a = TR \bullet EU \qquad (97)$$

όπου: TR είναι το μέρος εκείνο από το νερό που διηθήθηκε στο έδαφος το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα από την καλλιέργεια και EU είναι η ομοιομορφία ενστάλαξης του νερού. Οι τιμές του TR κυμαίνονται από 0.9 σε ξερά κλίματα με μικρό ποσοστό ύγρανσης και αυξημένη περιεκτικότητα του νερού σε άλατα, μέχρι 1.0 σε υγρά κλίματα που η άρδευση είναι καθαρά συμπληρωματική και η αλατότητα του εδάφους δεν αποτελεί πρόβλημα. Γενικά, σε ένα σύστημα που λειτουργεί σωστά κάτω από συνθήκες παρόμοιες με τις ελληνικές, η τιμή του TR είναι της τάξης του 0.95. Η ομοιομορφία

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

ενστάλαξης EU έχει σχέση με την καλή λειτουργία των σταλακτήρων και τη σταθερότητα της παροχής τους κάτω από τα φορτία του δικτύου και υπολογίζεται με πειραματικά δεδομένα που παίρνονται μέσα στο δίκτυο. Μια διαδικασία υπολογισμού είναι να μετρηθεί επί τόπου η παροχή των σταλακτήρων σε ποσοστό 5% του συνόλου. Μετά βρίσκεται η μέση παροχή των σταλακτήρων (q_m) και η μέση παροχή που αντιστοιχεί στο 1/4 των σταλακτήρων με τις μικρότερες παροχές (q_n) . Η EU υπολογίζεται τότε με τη σχέση:

$$EU = \frac{q_n}{q_m} \qquad (98)$$

Σε ένα δίκτυο που λειτουργεί ικανοποιητικά, η EU κυμαίνεται από 0.90 μέχρι 0.95, μπορεί δε να φτάσει τη μονάδα αν στο δίκτυο χρησιμοποιούνται αυτορυθμιζόμενοι σταλακτήρες υψηλής απόδοσης.

Η διάρκεια της άρδευσης σε ώρες (t), υπολογίζεται με τη σχέση:

$$t = 1000 \frac{d}{q\,N} \qquad (99)$$

όπου: *N ο αριθμός* των σταλακτήρων ανά στρέμμα που μπορεί να υπολογιστεί και με τη σχέση:

$$N = 1000 \frac{n}{S_c S_r} \qquad (100)$$

Η σχέση (100) χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε οπωρώνες, όπου η είναι ο αριθμός των σταλακτήρων ανά δένδρο και $S_c S_r$ είναι η επιφάνεια του χωραφιού σε m2 που αντιστοιχεί σε κάθε δένδρο.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Το εύρος άρδευσης (*I*) σε ημέρες, υπολογίζεται με τη σχέση:

$$I = \frac{d_n}{ET_t} \qquad (101)$$

όπου: ET_t είναι η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή υπολογισμένη με τη σχέση (94).

<u>Υδραυλικοί υπολογισμοί της αρδευτικής μονάδας</u>

Όπως έχει αναφερθεί, μια τυπική αρδευτική μονάδα σε ένα σύστημα άρδευσης με σταγόνες αποτελείται από τους αγωγούς εφαρμογής που φέρουν τους σταλακτήρες και τον αγωγό τροφοδοσίας που εφοδιάζει με νερό τους αγωγούς εφαρμογής. Μια τυπική αρδευτική μονάδα φαίνεται στο Σχήμα 12.

Το πρώτο βήμα για τον υπολογισμό του δικτύου της μονάδας είναι ο καθορισμός των μέγιστων επιτρεπόμενων απωλειών. Οι απώλειες αυτές για ολόκληρη τη μονάδα, όταν οι αγωγοί έχουν μηδενική κλίση (έδαφος οριζόντιο), δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 20% του λειτουργικού φορτίου των σταλακτήρων. Αυτό εκφράζεται από τη σχέση:

$$P_s = 0.2\ P_a \qquad (102)$$

όπου: P_s μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες του δικτύου της μονάδας σε m και P_a λειτουργική πίεση των σταλακτήρων σε m. Στην περίπτωση που οι σταλακτήρες του δικτύου είναι αυτορυθμιζόμενοι, όπου η παροχή τους είναι ανεξάρτητη του φορτίου όταν αυτό κυμαίνεται μέσα σε κάποια όρια που καθορίζονται από τους κατασκευαστές, οι

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες μπορεί να φτάσουν μέχρι το άνω όριο του φορτίου αυτού.

Οι επιτρεπόμενες απώλειες κατανέμονται ανάμεσα στους αγωγούς εφαρμογής και στον αγωγό τροφοδοσίας σε αναλογία 55% και 45%, αντίστοιχα. Έτσι, οι μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες στους αγωγούς εφαρμογής, εκφράζονται από τη σχέση:

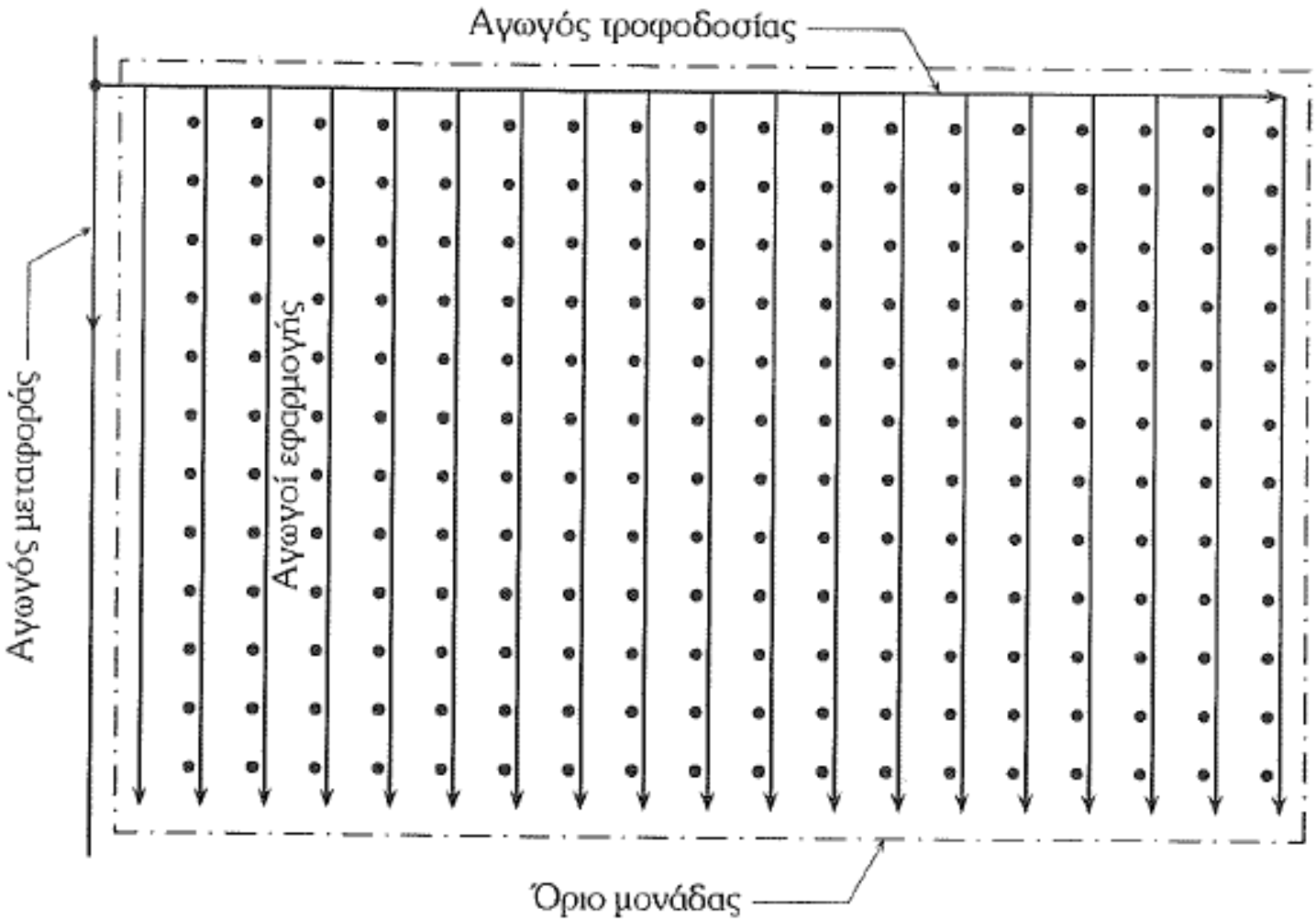
$$P_{\ell\,max} = 0.55\, P_s \pm \Delta Z_\ell \quad (103)$$

και στον αγωγό τροφοδοσίας από τη σχέση:

$$P_{m\,max} = 0.45\, P_s \pm \Delta Z_m \quad (104)$$

όπου: ΔZ_ℓ και ΔZ_m είναι αντίστοιχα η υψομετρική διαφορά μεταξύ των άκρων των αγωγών εφαρμογής και τροφοδοσίας, σε m. Το πρόσημο είναι θετικό αν ο αγωγός έχει διεύθυνση προς την κλίση του εδάφους και αρνητικό αν η διεύθυνση του αγωγού είναι αντίθετη προς την κλίση εδάφους.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ



Σχ. 12: Τυπική διάταξη αρδευτικής μονάδας με ένα αγωγό τροφοδοσίας.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Αγωγοί εφαρμογής

Οι αγωγοί εφαρμογής τοποθετούνται επιφανειακά στο χωράφι, είναι κατασκευασμένοι από εύκαμπτο πολυαιθυλένιο, με συνηθισμένη διάμετρο 12- 16 mm που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει ή και να ξεπεράσει τα 32 mm και έχουν αντοχή 4 ή 6atm. Ο αριθμός των σταλακτήρων (η) σε κάθε αγωγό εφαρμογής είναι:

$$\eta = L_\ell / S_e \qquad (105)$$

όπου: L_ℓ (μήκος του αγωγού εφαρμογής σε m και S_e απόσταση μεταξύ των σταλακτήρων σε m. Η παροχή στην αρχή του αγωγού εφαρμογής(Q_ℓ) είναι συνάρτηση του αριθμού των σταλακτήρων που φέρει (η) και της παροχής τους (q) και δίνεται από τη σχέση:

$$Q_\ell = \frac{nq}{3600} \text{ σε } \mathrm{L/s} \quad \text{ή} \quad Q_\ell = \frac{nq}{1000} \text{ σε } \mathrm{m^3/h} \qquad (106)$$

όπου: q σε L/h.

Οι γραμμικές απώλειες των αγωγών εφαρμογής σε m/100 m αγωγού, υπολογίζονται συνήθως με τη σχέση των Hazen-Williams:

$$H_f = 1.13 \times 10^{11} \left(\frac{Q_\ell}{C} \right)^{1.852} D^{-4.87} \qquad (107)$$

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

οπου: Q_ℓ σε m^3/h, D εσωτερική διάμετρος του αγωγού σε mm και C= 140.

Όπως αναφέρθηκε, οι αγωγοί εφαρμογής είναι κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο και αναφέρονται στο εμπόριο με την εξωτερική τους διάμετρο. Η εσωτερική διάμετρος δίνεται σε πίνακες των κατασκευαστών σε σχέση με την αντοχή τους. Ο Πίνακας 15 είναι αντιπροσωπευτικός των στοιχείων αυτών και μπορεί να χρησιμοποιείται όταν δεν είναι διαθέσιμα τα στοιχεία αυτά από τους κατασκευαστές.

Πίν.15: Εσωτερικές διάμετροι σωλήνων από πολυαιθυλένιο σε σχέση με την εξωτερική διάμετρο και την αντοχή τους

Εξωτερική διάμετρος, mm	Εσωτερική διάμετρος, mm	
	4 atm	6 atm
12	10.7	10.4
16	14.4	14.1
20	18.2	17.6
25	22.9	22.0
32	29.4	28.1

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Οι γραμμικές απώλειες που δίνει η σχέση (107) αφορούν περίπτωση που η παροχή του αγωγού είναι σταθερή και ίση με Q_ℓ. **Επειδή, στους αγωγούς εφαρμογής, η παροχή μεταβάλλεται από Q_ℓ στην αρχή τους μέχρι *q* στο τέλος, οι απώλειες περιορίζονται ανάλογα.** Η εκτίμηση των μειωμένων απωλειών γίνεται με τη βοήθεια του συντελεστή περιορισμού F, που είναι συνάρτηση του αριθμού των σταλακτήρων (η) και δίνεται από τη σχέση:

$$F = \sum_{i=1}^{n} i^{1.85} \Big/ n^{2.85} \qquad (108)$$

Επίσης, τιμές του F για διάφορους αριθμούς σταλακτήρων, δίνονται στον Πίνακα 16.

Με βάση τα παραπάνω, οι ολικές γραμμικές απώλειες (P_ℓ) ενός αγωγού εφαρμογής, που έχει μήκος (L_ℓ) και αριθμό σταλακτήρων (η), υπολογίζονται με τη σχέση:

$$P_\ell = \frac{H_f \cdot L_\ell \cdot F}{100} \qquad (109)$$

όπου: P_ℓ και L_ℓ σε m και H_f σε m/100m.

Η διάμετρος των αγωγών εφαρμογής υπολογίζεται με τη βοήθεια των σχέσεων (103), (107) και (109) θέτοντας $P_\ell = P_{\ell\,max}$ και λύνοντας ως προς D. Τελικά, επιλέγεται η αμέσως μεγαλύτερη διάμετρος του εμπορίου ως η τελική διάμετρος.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Πίν. 16: Τιμές του συντελεστή F σε σχέση με τον αριθμό των σταλακτήρων

Αριθμος σταλακτήρων	F	Αριθμός σταλακτήρων	F
1	1.000	14	0.387
2	0.639	16	0.382
3	0.535	18	0.379
4	0.486	20	0.376
5	0.457	25	0.371
6	0.435	30	0.368
7	0.423	40	0.364
8	0.415	50	0.361
10	0.402	100	0.356
12	0.394	>100	0.355

Μετά την οριστική επιλογή της διαμέτρου, υπολογίζεται το φορτίο στην αρχή και το τέλος του αγωγού εφαρμογής. Αν δεχθούμε ότι η παροχή q και το λειτουργικό φορτίο P_a του σταλακτήρα απαντώνται στο 0.4 του μήκους του αγωγού από την αρχή, το φορτίο στην αρχή του αγωγού δίνεται από τη σχέση:

$$P_{\ell\,\mathrm{in}} = P_a + 0.77\,P_\ell \pm \frac{\Delta Z_\ell}{2} \qquad (110)$$

και το φορτίο στο τέλος του αγωγού από τη σχέση:

$$P_{\ell\,\mathrm{end}} = P_a - 0.23\,P_\ell \pm \frac{\Delta Z_\ell}{2} \qquad (111)$$

όπου: ΔZ_ℓ υψομετρική διαφορά μεταξύ των άκρων του αγωγού εφαρμογής. Αν ο αγωγός εφαρμογής έχει μηδενική κλίση, τότε $\Delta Z_\ell = 0$. Αν το έδαφος είναι κεκλιμένο και ο αγωγός εφαρμογής έχει διεύθυνση αντίθετη προς την κλίση του εδάφους, τότε ο όρος $\Delta Z_\ell/2$ στη σχέση (110) έχει θετικό πρόσημο και στη σχέση (111) αρνητικό. Αν η διεύθυνση του αγωγού είναι προς την κλίση του εδάφους συμβαίνει το αντίθετο, δηλαδή ο όρος $\Delta Z_\ell/2$ έχει αρνητικό πρόσημο στη σχέση (110) και θετικό στη σχέση (111).

<u>Αγωγός τροφοδοσίας</u>

Ο αγωγός τροφοδοσίας μιας αρδευτικής μονάδας, κατά κανόνα, είναι κατασκευασμένος από PVC και καλό είναι να τοποθετείται υπόγεια, τόσο για την προστασία του όσο και για τη διευκόλυνση της κίνησης των καλλιεργητικών μηχανημάτων. Ο αγωγός αυτός τροφοδοτεί με νερό και εξασφαλίζει το απαιτούμενο φορτίο των αγωγών εφαρμογής, οι οποίοι απέχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με S_e. Ο αριθμός των αγωγών εφαρμογής (N) που τροφοδοτούνται από τον αγωγό τροφοδοσίας είναι:

$$N = L_m \,/\, S_\ell \qquad (112)$$

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

όπου: L_m μήκος του αγωγού τροφοδοσίας σε m και S_ℓ σε m. Η παροχή στην αρχή του αγωγού (Q_m) είναι συνάρτηση του αριθμού των αγωγών εφαρμογής (N) και της παροχής τους (Q_ℓ) και δίνεται από τη σχέση:

$Q_m = N \cdot Q_\ell$ (113)

Οι γραμμικές απώλειες του αγωγού τροφοδοσίας (H_f), σε m/100 m αγωγού, υπολογίζονται συνήθως με τη σχέση των Hazen-Williams:

$$H_f = 1.13 \cdot 10^{11} \left(\frac{Q_m}{C} \right)^{1.852} D^{-4.87} \quad (114)$$

όπου: D εσωτερική διάμετρος του αγωγού σε mm και Q_m παροχή του αγωγού τροφοδοσίας σε m^3/h. Ο συντελεστής C παίρνει την τιμή 140 όταν η διάμετρος των σωλήνων είναι ίση ή μικρότερη από 75 mm (3 in) και την τιμή 150 όταν η διάμετρος είναι μεγαλύτερη από 75 mm. Οι σωλήνες αναφέρονται στο εμπόριο με την εξωτερική τους διάμετρο. Η εσωτερική διάμετρος, ανάλογα με την αντοχή για την οποία είναι κατασκευασμένοι οι σωλήνες, δίνεται από τους κατασκευαστές. Στον Πίνακα 17 δίνονται οι εσωτερικές διάμετροι αγωγών για τρεις τυποποιημένες αντοχές. Οι γραμμικές απώλειες δίνονται και από τους κατασκευαστές με τη μορφή πινάκων ή διαγραμμάτων.

Οι γραμμικές απώλειες που δίνει η σχέση (114) αναφέρονται στην περίπτωση που η παροχή του αγωγού είναι σταθερή σε όλο το μήκος του και ίση με Q_m. Ο αγωγός τροφοδοσίας όμως έχει μεταβαλλόμενη παροχή που κυμαίνεται από Q_m στην αρχή του μέχρι Q_ℓ στο τέλος, γεγονός που συνεπάγεται αντίστοιχη μείωση των απωλειών. Και στην περίπτωση αυτή, η εκτίμηση των μειωμένων απωλειών γίνεται με τη βοήθεια του

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

συντελεστή περιορισμού F, που είναι συνάρτηση του αριθμού των αγωγών εφαρμογής που τροφοδοτούνται από τον αγωγό τροφοδοσίας και υπολογίζεται επίσης με τη σχέση (108) ή τον Πίνακα 16.

Πίν. 17: Εσωτερικές διάμετροι σωλήνων από σκληρό PVC σε σχέση με την εξωτερική διάμετρο και την κλάση

Εξωτερική διάμετρος, mm	Εσωτερική διάμετρος, mm		
	6 atm	10 atm	16 atm
40	37.0	36.2	34.0
50	46.4	45.2	42.6
63	59.2	57.0	53.6
75	70.6	67.8	63.8
90	84.6	81.4	76.6
110	103.6	99.4	93.6
125	117.6	113.0	106.4

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Οι ολικές γραμμικές απώλειες του αγωγού τροφοδοσίας (P_m) υπολογίζονται με τη σχέση:

$$P_m = \frac{H_f \cdot L_m \cdot F}{100} \qquad (115)$$

όπου: P_m και L_m σε m και H_f, σε m/100 m.

Η διάμετρος του αγωγού τροφοδοσίας υπολογίζεται με τη βοήθεια των σχέσεων (104), (114) και (115) θέτοντας $P_m = P_{m\ max}$ και λύνοντας ως προς D. Τελικά επιλέγεται η αμέσως μεγαλύτερη διάμετρος του εμπορίου ως η οριστική διάμετρος.

Μετά την οριστική επιλογή της διαμέτρου, υπολογίζεται το απαιτούμενο φορτίο στην αρχή και το τέλος του αγωγού τροφοδοσίας. Αν δεχτούμε ότι η παροχή Q_ℓ και το φορτίο $P_{\ell\,\text{in}}$ των αγωγών εφαρμογής απαντώνται στο 0.4 του μήκους του αγωγού τροφοδοσίας, το φορτίο στην αρχή του αγωγού αυτού δίνεται από τη σχέση:

$$P_{m\,\text{in}} = P_{\ell\,\text{in}} + 0.77\,P_m \pm \frac{\Delta Z_m}{2} \qquad (116)$$

και το φορτίο στο τέλος του από τη σχέση:

$$P_{m\,\text{end}} = P_{\ell\,\text{in}} - 0.23\,P_m \pm \frac{\Delta Z_m}{2} \qquad (117)$$

όπου: ΔZ_m υψομετρική διαφορά μεταξύ των άκρων του αγωγού. Αν ο αγωγός τροφοδοσίας έχει μηδενική κλίση, τότε $\Delta Z_m = 0$. Αν το έδαφος είναι κεκλιμένο και ο αγωγός τροφοδοσίας έχει διεύθυνση αντίθετη προς την κλίση του εδάφους ο όρος $\Delta Z_m/2$ στη σχέση (116) έχει θετικό πρόσημο και στη σχέση (117) αρνητικό. Αν η διεύθυνση του αγωγού είναι προς την κλίση του εδάφους συμβαίνει το αντίθετο, δηλαδή ο όρος $\Delta Z_m/2$ έχει αρνητικό πρόσημο στη σχέση (116) και θετικό στη σχέση (117).

Αγωγοί μεταφοράς στα ατομικά δίκτυα

Η μεταφορά του νερού, από το σημείο που είναι διαθέσιμο (πηγάδι, γεώτρηση ή υδροληψία αν το αγροτεμάχιο βρίσκεται σε περιοχή που λειτουργεί συλλογικό αρδευτικό δίκτυο) στις αρδευτικές μονάδες, γίνεται με τους αγωγούς μεταφοράς. Οι αγωγοί αυτοί είναι συνήθως κατασκευασμένοι από σκληρό PVC, πολυαιθυλένιο ή χάλυβα και καλό είναι να τοποθετούνται υπόγεια. Η επιλογή της διαμέτρου του αγωγού γίνεται σε συνάρτηση με την παροχή και τις απώλειες φορτίου που συνεπάγεται. Αν ο αγωγός ξεκινά από υδροληψία ενός συλλογικού δικτύου, το διαθέσιμο φορτίο στην υδροληψία αυτή είναι δεδομένο και οι μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες είναι ίσες με τη διαφορά φορτίου ανάμεσα στην υδροληψία και την αρχή του αγωγού τροφοδοσίας, συν ή πλην την υψομετρική διαφορά μεταξύ των άκρων του αγωγού. Αν ο αγωγός ξεκινά από γεώτρηση, η επιλογή του ύψους των απωλειών γίνεται με κριτήρια οικονομικά, έτσι ώστε να υπάρχει μια εξισορρόπηση ανάμεσα στο κόστος αγοράς του αγωγού και το κόστος αγοράς και λειτουργίας του απαιτούμενου αντλητικού συγκροτήματος. Τα όρια που

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

κυμαίνονται οι απώλειες αυτές είναι συνήθως από 3 μέχρι 10m/100m για αγωγούς με μηδενική κλίση. Αν το έδαφος έχει κλίση πρέπει να συνυπολογίζεται και η υψομετρική διαφορά μεταξύ ίων άκρων του αγωγού, θετική ή αρνητική.

Ένας αγωγός μεταφοράς μπορεί να μεταφέρει νερό σε περισσότερους από έναν αγωγούς τροφοδοσίας. Στην περίπτωση αυτή ο αγωγός υπολογίζεται κατά τμήματα.

Γενικά η μεταφορά νερού υπό πίεση εξετάζεται διεξοδικά στα Υδραυλικά Έργα Ι .

Η παροχή του αγωγού μεταφοράς κατά κανόνα είναι σταθερή και ίση με αυτή που απαιτείται για την άρδευση μιας αρδευτικής μονάδας και, όταν η άρδευση της μονάδας εξασφαλίζεται από ένα αγωγό τροφοδοσίας, η παροχή του αγωγού μεταφοράς είναι ίση με την παροχή στην αρχή του αγωγού τροφοδοσίας. Σε πολύπλοκα δίκτυα, η παροχή των αγωγών μεταφοράς μπορεί να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο αυτής που απαιτείται για την άρδευση μιας μονάδας.

Οι γραμμικές απώλειες, σε m/100m αγωγού, μπορούν να υπολογίζονται, όπως και στους άλλους αγωγούς του δικτύου, με την εξίσωση των Hazen-Williams:

$$H_f = 1.13 \cdot 10^{11} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} D^{-4.87} \qquad (118)$$

όπου: Q παροχή του αγωγού μεταφοράς σε m^3/h, D εσωτερική του διάμετρος σε mm, C= 140 αν η διάμετρος του αγωγού είναι ≤ 75 mm (3 in) και C = 150 αν η διάμετρος είναι > 75 mm.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Οι ολικές γραμμικές απώλειες των αγωγών μεταφοράς (P) υπολογίζονται με τη σχέση:

$$P = \frac{H_f \cdot L}{100} \qquad (119)$$

όπου: P και L σε m και H_f σε m/100 m.

Η διάμετρος του αγωγού μεταφοράς υπολογίζεται με τη βοήθεια του P_{max} και των σχέσεων (118) και (119) θέτοντας P= P_{max} και λύνοντας ως προς D. Τελικά επιλέγεται η αμέσως μεγαλύτερη διάμετρος του εμπορίου ως η οριστική διάμετρος.
Ο αγωγός μπορεί να υπολογιστεί και με περισσότερες της μιας διαμέτρους. Πιο συνηθισμένη είναι η περίπτωση ο αγωγός να αποτελείται από δύο διαμέτρους. Στην περίπτωση αυτή, η μια διάμετρος D_1 δίνει P< P_{max} και η άλλη D_2 δίνει P> P_{max}. Τα δύο μήκη του αγωγού, L_1 με διάμετρο D_1 και L_2 με διάμετρο D_2, υπολογίζονται με τη σχέση:

$$(H_{f_1} L_1 + H_{f_2} L_2)/100 = P_{max} \qquad (120)$$

όπου: H_{f1} και H_{f2} γραμμικές απώλειες σε m/100m, αντίστοιχα για διάμετρούς αγωγού D_1 και D_2 και L_1 και L_2 σε m.
Ο υπολογισμός του αγωγού μεταφοράς γίνεται έτσι που να εξασφαλίζει την παροχή και το φορτίο που χρειάζεται κάθε αγωγός τροφοδοσίας που υδροδοτείται από αυτόν. Βασική αρχή είναι το φορτίο στο τέλος του αγωγού μεταφοράς (P_{end}) να είναι ίσο με το απαιτούμενο φορτίο στην είσοδο του τελευταίου αγωγού τροφοδοσίας (P_{min}), είναι δηλαδή:

$P_{end} = P_{min}$ (121)

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

όπου: P_{end} και P_{min} είναι σε m. Οι μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες για το τμήμα του αγωγού μεταξύ της τελευταίας και της προτελευταίας υδροληψίας των αγωγών τροφοδοσίας διαμορφώνονται από τη διαφορά μεταξύ των απαιτούμενων φορτίων στις υδροληψίες και την υψομετρική τους διαφορά, θετική ή αρνητική. Με τη διαδικασία αυτή υπολογίζεται ολόκληρος ο αγωγός μεταφοράς μέχρι το πηγάδι ή την υδροληψία του συλλογικού δικτύου.

Είναι όμως πιθανό, το απαιτούμενο φορτίο στις ενδιάμεσες υδροληψίες των αγωγών τροφοδοσίας να είναι μικρότερο από αυτό της τελευταίας ή και η κατεύθυνση του αγωγού να είναι αντίθετη προς την κλίση του εδάφους. Τότε ο αγωγός μεταφοράς υπολογίζεται σαν ένα τμήμα από την αρχή του μέχρι την τελευταία υδροληψία αγωγού τροφοδοσίας. Στις ενδιάμεσες υδροληψίες, κατ' ανάγκη, το φορτίο στον αγωγό μεταφοράς θα είναι μεγαλύτερο από το απαιτούμενο για τη σωστή λειτουργία των αγωγών τροφοδοσίας. Στην περίπτωση αυτή, το φορτίο μειώνεται στο απαιτούμενο με την τοποθέτηση περιοριστών πίεσης.

Όπως αναφέρθηκε, στην αρχή του δικτύου υπάρχει η μονάδα ελέγχου που περιλαμβάνει φίλτρα, υδρολιπαντήρες και άλλα εξαρτήματα, που η λειτουργία τους συνεπάγεται κάποιες απώλειες φορτίου. Οι απώλειες αυτές πρέπει πάντοτε να παίρνονται υπόψη για τον υπολογισμό του απαιτούμενου φορτίου στην υδροληψία του δικτύου.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Μονάδα ελέγχου

Βασικό στοιχείο ενός συστήματος άρδευσης με σταγόνες αποτελεί η μονάδα ελέγχου που εγκαθίσταται αμέσως μετά την υδροληψία του συστήματος. Η μονάδα αυτή περιλαμβάνει φίλτρα νερού, συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, ρυθμιστές φορτίου, μετρητές ροής και διάφορα άλλα εξαρτήματα.

Φίλτρα

Σκοπός της τοποθέτησης των φίλτρων είναι η πρόληψη των πιθανών φθορών και δυσλειτουργιών του δικτύου που μπορεί να προκληθούν από τα μεταφερόμενα με το νερό φερτά υλικά. Ανάλογα με τη φύση και το μέγεθος τους τα φερτά υλικά μπορεί να προκαλέσουν πλήρη ή μερική απόφραξη του συστήματος ή τμημάτων αυτού, φθορά ευαίσθητων εξαρτημάτων και ελάττωση της ροής.

Αναφορικά με το είδος των φερτών υλικών, αυτά μπορεί να είναι αιωρούμενα σωματίδια σε διάφορες ποσότητες και μεγέθη και διαλυμένα στερεά που, κάτω από ορισμένες συνθήκες, μπορεί να ιζηματοποιηθούν. Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να είναι διάφορα κολλοειδή και άργιλοι που, αν και συνήθως είναι σε μικρές συγκεντρώσεις, τοπικά μπορεί να παρουσιάσουν μεγάλη συγκέντρωση και αποτελούν έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες απόφραξης κυρίως των σταλακτήρων, μικροφύκη που απαντούν συνήθως στα αρδευτικά νερά που προέρχονται από δεξαμενές και λίμνες, των οποίων τα νεκρά κύτταρα αποτελούν υλικό απόφραξης σε συνδυασμό με διαλυμένα στο νερό στερεά και οργανικά υλικά που μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα σε συνδυασμό με μικροοργανισμούς που εκτρέφονται σ' αυτά. Τα διαλυμένα στερεά μπορεί

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

να είναι ανθρακικά που συνήθως αφθονούν στο αρδευτικό νερό τα οποία, όταν ιζηματοποιηθούν, αποτελούν έναν από τους κύριους παράγοντες απόφραξης, διαβρωτικά υλικά και διαλύματα λιπασμάτων, κυρίως θειικά και φωσφορικά, που τείνουν να καθιζάνουν με διαλυμένα στο νερό άλατα ασβεστίου και μαγνησίου.

Τα φίλτρα γενικά χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, τα φίλτρα σίτας, τους υδροκυκλώνες και τα φίλτρα χαλίκων ή άμμου. Τα φίλτρα σίτας χρησιμοποιούνται συνήθως όταν το νερό περιέχει λεπτόκοκκα υλικά, οι υδροκυκλώνες χρησιμοποιούνται όταν το νερό περιέχει στερεά υλικά μεγάλης σχετικά διαμέτρου, όπως είναι η άμμος που παρατηρείται συνήθως στο νερό των γεωτρήσεων και τα φίλτρα χαλίκων ή άμμου προσαρμόζονται καλύτερα σε περιπτώσεις που το νερό περιέχει σε σημαντική ποσότητα οργανικές ύλες και μικροφύκη. Η ροή του νερού μέσα από τα φίλτρα συνεπάγεται απώλεια φορτίου που οφείλεται στις τριβές του νερού μέσα στο φίλτρο. Οι απώλειες στα φίλτρα δίνονται από τους κατασκευαστές και πρέπει να παίρνονται υπόψη στους υδραυλικούς υπολογισμούς.

Τα λιπάσματα ή ακόμη και διάφορα φυτοφάρμακα εδάφους εισάγονται στα συστήματα της άρδευσης με σταγόνες με τους υδρολιπαντήρες, που λειτουργούν είτε με διαφορική πίεση είτε με αντλία.

Η χωρητικότητα των υδρολιπαντήρων που διατίθενται στο εμπόριο κυμαίνεται από 50 L μέχρι 250 L. Η επιλογή του όγκου (V) του υδρολιπαντήρα που είναι κατάλληλος για μια συγκεκριμένη περίπτωση εξαρτάται από την ποσότητα του λιπάσματος (W) που πρέπει να χορηγηθεί κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, την έκταση του συστήματος άρδευσης με σταγόνες (A), τον αριθμό των αρδεύσεων (N) κατά τις οποίες θα γίνει λίπανση και το ειδικό βάρος (γ) του λιπαντικού διαλύματος. Ο όγκος αυτός υπολογίζεται

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

με τη σχέση:

$$V = \frac{W\,A}{\gamma\,\mathrm{N}} \quad (122)$$

όπου: V σε L, W σε Kg/στρ. και A σε στρέμματα .

Η ποσότητα του λιπάσματος που μεταφέρεται από τον υδρολιπαντήρα στο δίκτυο σε ένα συγκεκριμένο χρόνο είναι ανάλογη προς τη συγκέντρωση του λιπάσματος κατά το χρόνο αυτό. Η συγκέντρωση ελαττώνεται προοδευτικά όσο προχωρεί η άρδευση. Για να εξαντληθεί όλο το λίπασμα στον υδρολιπαντήρα χρειάζεται να περάσει από το δοχείο πενταπλάσια ποσότητα νερού από ότι είναι ο όγκος του. Η σχέση που δίνει το χρόνο (t) που χρειάζεται για να εξαντληθεί όλο το λίπασμα είναι:

$$t = \frac{5\,V}{q} \quad (123)$$

όπου: t σε ώρες, V χωρητικότητα του υδρολιπαντήρα σε L και q παροχή μέσω του υδρολιπαντήρα σε L/h. Η παροχή αυτή δίνεται από τους κατασκευαστές ανάλογα με αν ο υδρολιπαντήρας λειτουργεί με διαφορική πίεση ή με αντλία.

Η έναρξη εφαρμογής του λιπάσματος πρέπει να γίνεται αφού πρώτα αποκατασταθεί η ομαλή λειτουργία του αρδευτικού δικτύου, κάτι που επιτυγχάνεται μετά από κάποιο χρόνο από την έναρξη της άρδευσης. Ακόμη, η λίπανση πρέπει να διακόπτεται κάποιο χρόνο πριν το τέλος της άρδευσης ώστε, κατά τον εναπομείναντα χρόνο, να επιτυγχάνεται η πλήρης απομάκρυνση από το δίκτυο των υπολειμμάτων του λιπάσματος. Μια καλή πρακτική είναι η χορήγηση του λιπάσματος να αρχίζει μισή τουλάχιστον ώρα μετά την

έναρξη της άρδευσης και να διακόπτεται μια ώρα πριν το τέλος της.

Στη μονάδα ελέγχου, εκτός από τα φίλτρα και τους υδρολιπαντήρες, ανάλογα με τις ανάγκες τοποθετούνται και διάφορα άλλα όργανα και εξαρτήματα. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα μανόμετρο που δείχνουν την πίεση του νερού στα σημεία που είναι τοποθετημένα, οι υδρομετρητές που μετρούν την παροχή του νερού και οι διακόπτες με τους οποίους μπορεί να διακόπτεται ή να περιορίζεται η παροχή των αγωγών πάνω στους οποίους είναι τοποθετημένοι.

Ρύθμιση λειτουργίας του δικτύου

Η σωστή λειτουργία ενός δικτύου άρδευσης με σταγόνες απαιτεί ορισμένους χειρισμούς. Οι χειρισμοί αυτοί έχουν σχέση με την έναρξη και παύση της Λειτουργίας του δικτύου, τη διαδοχική υδροδότηση των διαφόρων μονάδων του και τη ρύθμιση της απαιτούμενης παροχής και των φορτίων στην αρχή του δικτύου και των αγωγών τροφοδοσίας.

Η πιο απλή ρύθμιση γίνεται με την τοποθέτηση στις κατάλληλες θέσεις χειροκίνητων δικλείδων (βανών). Στην περίπτωση αυτή όλοι οι χειρισμοί γίνονται με το χέρι από τον υδρονομέα.

Μια άλλη ρύθμιση μπορεί να γίνει με τη βοήθεια ογκομετρικών βαλβίδων. Οι βαλβίδες αυτές κλείνουν αυτόματα όταν περάσει μια ορισμένη ποσότητα νερού για την οποία έχουν ρυθμιστεί. Τέτοιες βαλβίδες μπορεί κατά περίπτωση να τοποθετηθούν στην αρχή του δικτύου και στην αρχή των μονάδων του.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Στην περίπτωση που ένα δίκτυο αποτελείται από περισσότερες της μιας μονάδας, η διαδοχική χορήγηση νερού μπορεί να γίνει αυτόματα με διαφραγματικές βαλβίδες.

Αυτοματοποίηση της λειτουργίας ενός δικτύου μπορεί να γίνει με έναν προγραμματιστή, ο οποίος ρυθμίζει, σύμφωνα με το πρόγραμμα άρδευσης, τη διαδοχική λειτουργία των ηλεκτρικών διαφραγματικών βαλβίδων που είναι τοποθετημένες στην αρχή κάθε μονάδας.

Σε ορισμένες περιπτώσεις δικτύων με περισσότερες της μιας μονάδες, είναι πιθανό, κατά τον υπολογισμό του δικτύου, να προκύψουν φορτία στον αγωγό μεταφοράς στις θέσεις υδροληψίας των αγωγών τροφοδοσίας μεγαλύτερα από αυτά που απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία τους. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται περιοριστές πίεσης που ρυθμίζονται για σταθερή κατάντη πίεση ίση με αυτή που χρειάζεται ο αγωγός τροφοδοσίας.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Εφαρμογή

Ένας αγωγός μεταφοράς μήκους L = 200 m είναι τοποθετημένος αντίθετα προς την κλίση του εδάφους, η υψομετρική διαφορά μεταξύ των άκρων του είναι ΔZ = 5 m και οι μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες είναι 3 m/100 m. Ο αγωγός αυτός υδροδοτεί μια τυπική αρδευτική μονάδα, η οποία αποτελείται από έναν αγωγό τροφοδοσίας με κλίση αντίθετη της κλίσης του εδάφους. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των άκρων του αγωγού τροφοδοσίας είναι ΔZ_m = 0.5 m, το μήκος του είναι L_m = 110 m και υδροδοτεί 55 αγωγούς εφαρμογής, με απόσταση μεταξύ τους S_ℓ = 2.0 m. Οι αγωγοί εφαρμογής έχουν μήκος L_ℓ =100 m ο καθένας και είναι τοποθετημένοι προς την κλίση του εδάφους, η δε υψομετρική διαφορά μεταξύ των άκρων τους είναι ΔZ_ℓ = 2.0 m. Κάθε αγωγός εφαρμογής φέρει σταλακτήρες παροχής q = 4L/h, λειτουργικού φορτίου P_a= 10 m (1 atm) και απόστασης μεταξύ τους S_e = 0.8 m.

Ζητούνται:

Διάμετρος αγωγών εφαρμογής

Φορτίο στην αρχή και στο τέλος κάθε αγωγού εφαρμογής

Διάμετρος αγωγού τροφοδοσίας

Φορτίο στην αρχή και στο τέλος του αγωγού τροφοδοσίας

Διάμετρος ή διάμετροι αγωγού μεταφοράς.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Λύση.

Οι υπολογισμοί γίνονται από τα κατάντη προς τα ανάντη (τέλος προς την υδροληψία)(αγωγός εφαρμογής —>αγωγός τροφοδοσίας —> αγωγός μεταφοράς).

Αγωγός εφαρμογής

Από τη σχέση (102), $P_s = 0.2 \,.\, 10 = 2.0$ m

Από τη σχέση (103), $P_{\ell\, max} = 0.55 \,.\, 2.0 + 2 + 3.10$ m

Από τη σχέση (105), $\eta = 100/0.8 = 125$

Από τη σχέση (106), $Q_e = 125 \,.\, 4/1000 = 0.5$ m^3/h

Από τη σχέση (108), F (για 125 σταλ.) = 0.355

Από τη σχέση (109)

$$P_{\ell\max} = \frac{H_{f\ell\max} L_\ell F}{100} \Rightarrow H_{f\ell\max} = 8.73 \text{ m}/100 \text{ m}$$

Από τη σχέση (107)

$$H_{f\ell\max} = 8.73 \Rightarrow 8.73 = 1.13 \cdot 10^{11} \left(\frac{0.5}{140}\right)^{1.852} D^{-4.87} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow D = 13.98 \text{ mm}$$

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Η διάμετρος αυτή είναι εσωτερική και η πλησιέστερη μεγαλύτερη εξωτερική διάμετρος του εμπορίου είναι 16 mm και η αντίστοιχη εσωτερική για κλάση 4atm σύμφωνα με τον Πίνακα 15, είναι 14.4 mm. Επομένως οι γραμμικές απώλειες είναι:

$$H_f = 1.13 \cdot 10^{11} \left(\frac{0.5}{140} \right)^{1.852} 14.4^{-4.87} \Rightarrow H_f = 7.58 \text{ m}/100 \text{ m}$$

- Από τη σχέση (109), $P_\ell = 7.58 \cdot 100 \cdot 0.355/100 = 2.69 \text{ m}$
- Σύγκριση, $P_\ell = 2.69 \text{ m} < P_{\ell\,\max} = 3.10 \text{ m}$
- Η οριστική εξωτερική διάμετρος των αγωγών εφαρμογής είναι 16 mm.
- Φορτίο στην αρχή του αγωγού εφαρμογής, σύμφωνα με τη σχέση (110), $P_{\ell\,\text{in}} = 10 + 0.77 \cdot 2.69 - 1 = 11.07 \text{ m}$

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

- Φορτίο στο τέλος του αγωγού εφαρμογής, σύμφωνα με τη σχέση 111), $P_{\ell\,\mathrm{end}} = 10 - 0.23 \cdot 2.69 + 1 = 10.38\,\mathrm{m}$
- Επειδή $P_{\ell\,\mathrm{in}} - P_{\ell\,\mathrm{end}} = 11.07 - 10.38 = 0.69\,\mathrm{m} < 0.2\,P_a = 2\,\mathrm{m}$ ο αγωγός εφαρμογής λειτουργεί σωστά.

Αγωγός τροφοδοσίας

- Από τη σχέση (104), $P_{m\,max} = 0.45 \cdot 2 - 0.5 = 0.4\,\mathrm{m}$
- Από τη σχέση (113), $Q_m = 55 \cdot 0.5 = 27.5\ \mathrm{m^3/h}$
- Από τη σχέση (108), F (για $N = 55$) $= 0.364$
- Από τη σχέση (115),

$$P_{m\max} = \frac{H_{fm\max}\,L_m\,F}{100} \Rightarrow H_{fm\max} = 1.0\,\mathrm{m}/100\,\mathrm{m}$$

- Από τη σχέση (114),

$$H_{fm\max} = 1.00 \Rightarrow 1.00 = 1.13 \cdot 10^{11} \left(\frac{27.5}{150}\right)^{1.852} D^{-4.87} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow D = 97.56\ \mathrm{mm}$$

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Η διάμετρος αυτή είναι εσωτερική και η πλησιέστερη μεγαλύτερη εξωτερική διάμετρος του εμπορίου είναι 110 mm και η αντίστοιχη εσωτερική για κλάση 6 atm σύμφωνα με τον Πίνακα 17, είναι 103.6 mm. Επομένως οι γραμμικές απώλειες είναι:

$$H_f = 1.13 \cdot 10^{11} \left(\frac{27.5}{150} \right)^{1.852} 103.6^{-4.87} = 0.75\,\mathrm{m}/100\,\mathrm{m}$$

- Από τη σχέση (7.115), $P_m = 0.75 \cdot 110 \cdot 0.364/100 = 0.30\,\mathrm{m}$
- Σύγκριση, $P_m = 0.30\,\mathrm{m} < P_{m\,max} = 0.40\,\mathrm{m}$
- Η οριστική εξωτερική διάμετρος του αγωγού τροφοδοσίας είναι 110 mm
- Φορτίο στην αρχή του αγωγού τροφοδοσίας, σύμφωνα με τη σχέση (116),

$$P_{min} = 10.66 + 0.77 \cdot 0.30 + \frac{0.50}{2} = 11.14\,\mathrm{m}$$

- Φορτίο στο τέλος του αγωγού τροφοδοσίας, σύμφωνα με τη σχέση (117),

$$P_{mend} = 10.66 - 0.23 \cdot 0.30 - \frac{0.5}{2} = 10.34\,\mathrm{m}$$

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Αγωγός μεταφοράς

- Παροχή αγωγού μεταφοράς, $Q = 27.5\,\mathrm{m^3/h}$
- Μήκος αγωγού μεταφοράς, $L = 200\,\mathrm{m}$
- Μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες,
  $P_{max} = 3 \cdot 200/100 - 5 = 1\,\mathrm{m}$
- Από τη σχέση (119),

$$P_{max} = \frac{H_{lmax}\,L}{100} \Rightarrow H_{lmax} = 0.5\,\mathrm{m}/100\,\mathrm{m}$$

- Από τη σχέση (118),

$$H_{lmax} = 0.5 \Rightarrow 0.5 = 1.13 \cdot 10^{11} \left(\frac{27.5}{150}\right)^{1.852} D^{-4.87} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow D = 112.5\,\mathrm{mm}$$

Η διάμετρος αυτή είναι εσωτερική και η πλησιέστερη μεγαλύτερη εξωτερική διάμετρος του εμπορίου είναι 125 mm και η αντίστοιχη εσωτερική για κλάση 6 atm σύμφωνα με τον Πίνακα 17, είναι 117.6 mm. Επομένως οι γραμμικές απώλειες είναι:

$$H_{lmax} = 1.13 \cdot 10^{11} \left(\frac{27.5}{150}\right)^{1.852} 117.6^{-4.87} = 0.40\,\mathrm{m}/100\,\mathrm{m}$$

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Από τη σχέση (119), P = 0.40 . 200/100 = 0.8m

Σύγκριση, P = 0.8 < P_{max} = 1

Η οριστική εξωτερική διάμετρος του αγωγού τροφοδοσίας είναι 125 mm

Η διάμετρος 125 mm είναι επαρκής και συνεπάγεται απώλειες 0.4 m. Για λόγους οικονομίας, θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε τον αγωγό με δύο διαμέτρους, 125 mm και 110 mm, εξαντλώντας όλο το περιθώριο των μέγιστων επιτρεπόμενων απωλειών που είναι P_{max}= 1 m. Ας υποθέσουμε ότι L_1 είναι το μήκος του πρώτου τμήματος του αγωγού που έχει διάμετρο 125 mm και L_2 είναι το μήκος του δευτέρου τμήματος με διάμετρο 110 mm.

Για διάμετρο 110 mm, αντίστοιχη εσωτερική για κλάση 6 atm σύμφωνα με τον Πίνακα 17, είναι 103.6mm και οι απώλειες φορτίου είναι:

$$H_f = 1.13 \cdot 10^{11} \left(\frac{27.5}{150} \right)^{1.852} 103.6^{-4.87} = 0.75\,\mathrm{m}/100\,\mathrm{m}$$

Δεδομένου ότι το ολικό μήκος του αγωγού είναι 200 m, έχουμε τη σχέση:

$L_1 + L_2 = 200 \Rightarrow L_1 = 200 - L_2$ και σύμφωνα με τη σχέση (120),

$(0.40\, L_1 + 0.75\, L_2)/100 = 1$ ή $[0.40(200 - L_2) + 0.75\, L_2]/100 = 1$,

από την οποία προκύπτει ότι L_2 = 57 m με διάμετρο 110 mm και L_1 = 200 - 57 = 143 m με διάμετρο 125 mm.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Άρδευση με Μικροεκτοξευτήρες

Βάση του συστήματος αυτού είναι οι μικροεκτοξευτήρες. Στη μέθοδο αυτή το νερό καταιονίζεται και μπορεί να καλύπτει μέρος μόνο ή το σύνολο της επιφάνειας του χωραφιού και ενδείκνυται κύρια στις περιπτώσεις που οι διατάξεις της άρδευσης με σταγόνες δεν επιτυγχάνουν το επιθυμητό ποσοστό ύγρανσης. Στους μικροεκτοξευτήρες η παροχή κυμαίνεται από 35- 300 L/h, η διάμετρος καταιόνησής από 2.5-10.0 m και η πίεση λειτουργίας τους από 1-2 atm. Στην περίπτωση άρδευσης οπωρώνων με μικροεκτοξευτήρες, η διάταξη που εφαρμόζεται είναι η απλή ευθύγραμμη και ο αγωγός εφαρμογής ακολουθεί τις σειρές των δένδρων. Συνήθως τοποθετείται ένας μικροεκτοξευτήρας ανά δένδρο, με καταιόνιση σε πλήρη κύκλο (360°), ή τοποθετούνται δύο μικροεκτοξευτήρες εκατέρωθεν του κορμού των δένδρων, με γωνία καταιόνισης 180° ο καθένας. Ο σχεδιασμός ενός δικτύου άρδευσης με μικροεκτοξευτήρες ακολουθεί τις διαδικασίες που περιγράφηκαν στο σχεδιασμό των δικτύων άρδευσης με σταγόνες και η μόνη διαφορά έγκειται στην αντικατάσταση των σταλακτήρων από μικροεκτοξευτήρες.

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

Υπόγεια Άρδευση με Σταγόνες

Η υπόγεια άρδευση με σταγόνες άρχισε να αναπτύσσεται τα τελευταία χρόνια σε αντικατάσταση της άρδευσης με σταγόνες εξαιτίας κάποιων πλεονεκτημάτων της μεταξύ των οποίων είναι: 1) Μηδενική εξάτμιση νερού από την επιφάνεια του εδάφους που οδηγεί σε μεγαλύτερη οικονομία νερού, 2) καλύτερη απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων και των λιπασμάτων για το λόγο ότι διοχετεύονται κατευθείαν στις ρίζες των φυτών σε μικρές δόσεις και για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, 3) μείωση του κόστους λίπανσης μέχρι 50%, 4) περιορισμός των ζιζανίων διότι η διαβροχή του εδάφους περιορίζεται μόνο στο ριζικό σύστημα του φυτού, 5) ευκολία μετακίνησης για την εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών, 6) οικονομία και μακροβιότητα του συστήματος, γιατί ελαχιστοποιούνται οι φθορές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν λεπτότεροι σε τοίχωμα σταλακτοφόροι και ως εκ τούτου οικονομικότεροι και 7) το σύστημα μπορεί να παραμένει υπόγεια τοποθετημένο για πολλά χρόνια εφόσον συντηρείται σωστά.

Ο σχεδιασμός ενός δικτύου υπόγειας άρδευσης ακολουθεί τις διαδικασίες που περιγράφηκαν στο σχεδιασμό των δικτύων άρδευσης με σταγόνες με την προϋπόθεση ότι πρέπει να παίρνονται υπόψη και κάποια επιπλέον στοιχεία (Solomon, 1993, Shani κ.ά., 1996, Ruskin, 2000, Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη κ.ά., 2000, Sakellariou-Makrantonaki κ.ά., 2001) μεταξύ των οποίων είναι:

https://www.youtube.com/watch?v=8l_k_qy722U

ΜΙΚΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗ

1) Η τοποθέτηση στο τέλος των αγωγών εφαρμογής, που τροφοδοτούνται από τον ίδιο αγωγό τροφοδοσίας, βαλβίδων καθαρισμού τους και ενός αγωγού συγκέντρωσης με βάνα καθαρισμού στο χαμηλότερο άκρο του.

2)Η τοποθέτηση εξαεριστικής βαλβίδας στο υψηλότερο σημείο τόσο του αγωγού τροφοδοσίας όσο και του αγωγού συγκέντρωσης για την αποφυγή αφενός δημιουργίας κενού στο σύστημα άρδευσης και αφετέρου αναρρόφησης εδαφικού διαλύματος από τους σταλακτήρες.

3)Η τοποθέτηση φίλτρου πλαστικών δίσκων στην αρχή του αγωγού τροφοδοσίας. Οι δίσκοι αυτοί περιέχουν τριφλουραμίνη (Treflan), η οποία απελευθερώνεται μέσα στο νερό άρδευσης και συντελεί στην αποφυγή έμφραξης των σταλακτήρων με την παρεμπόδιση της ανάπτυξης των ριζών γύρω από αυτούς. Η τριφλουραμίνη είναι ένα ζιζανιοκτόνο με αμελητέα κινητικότητα, αργή διάσπαση, περιορισμένη έκπλυση και απαιτούνται συνήθως 0.125 gr/σταλακτήρα.

4)Η άψογη λειτουργία του συστήματος των φίλτρων εξαιτίας του ότι ο οπτικός έλεγχος του δικτύου είναι αδύνατος και

5)Η εγκατάσταση των αγωγών του δικτύου 15-30 cm βαθύτερα του βάθους αερισμού των ριζών.

Υδραυλικά Έργα

Η διάλεξη αυτή είναι στηριγμένη στις ακόλουθες πηγές :

Υδραυλικά Έργα, Γ.Τσακίρης, Σχεδιασμός & Διαχείριση, Τόμος ΙΙ: Εγγειοβελτιωτικά Έργα

Εκδόσεις Συμμετρία