

6

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΣΤΡΑΓΓΙΣΕΩΣ

6.1. Σωληνωτά ντραίνα

6.1.1. Γενικότητες

Σ' ένα υπόγειο σύστημα αγωγών στραγγίσεων διακρίνουμε τρεις κατηγορίες αγωγών:

- Τριτεύοντες αγωγούς. Χρησιμοποιούνται βασικά για τόν έλεγχο τής υπόγειας στάθμης τοῦ νεροῦ, καθώς επίσης καί για τήν συλλογή τοῦ νεροῦ τής βροχῆς.
- Δευτερεύοντες αγωγούς ἢ συλλεκτῆρες (*collectors*). Συλλέγουν τό νερό τῶν τριτευόντων αγωγῶν.
- Κύριοι αγωγοί. Παίρνουν τό νερό ἀπό τούς δευτερεύοντες αγωγούς καί τό ὀδηγοῦν σέ ἕνα φυσικό ἀποδέκτη (ποτάμι, λίμνη, ἢ θάλασσα), εἴτε μέ βαρύτητα, εἴτε μέ μηχανική ἀντληση ἔξω ἀπό τήν στραγγιζόμενη περιοχή.

Τό σύστημα στραγγίσεως ἀποτελεῖται κυρίως ἀπό τούς ἐξῆς τύπους ντραίνων

- Ἄνοικτά ντραίνα: τάφροι.
- Σωληνωτά ντραίνα: πηλοσωλῆνες, τσιμεντοσωλῆνες, ἢ πλαστικοί σωλῆνες, πού τοποθετοῦνται σ' ἕνα ὀρισμένο βάθος ἀπό τήν ἐπιφάνεια τοῦ ἐδάφους.

Στό σχ. 51 φαίνεται μιά σχηματική διάταξη ἑνός στραγγιστικοῦ δικτύου.

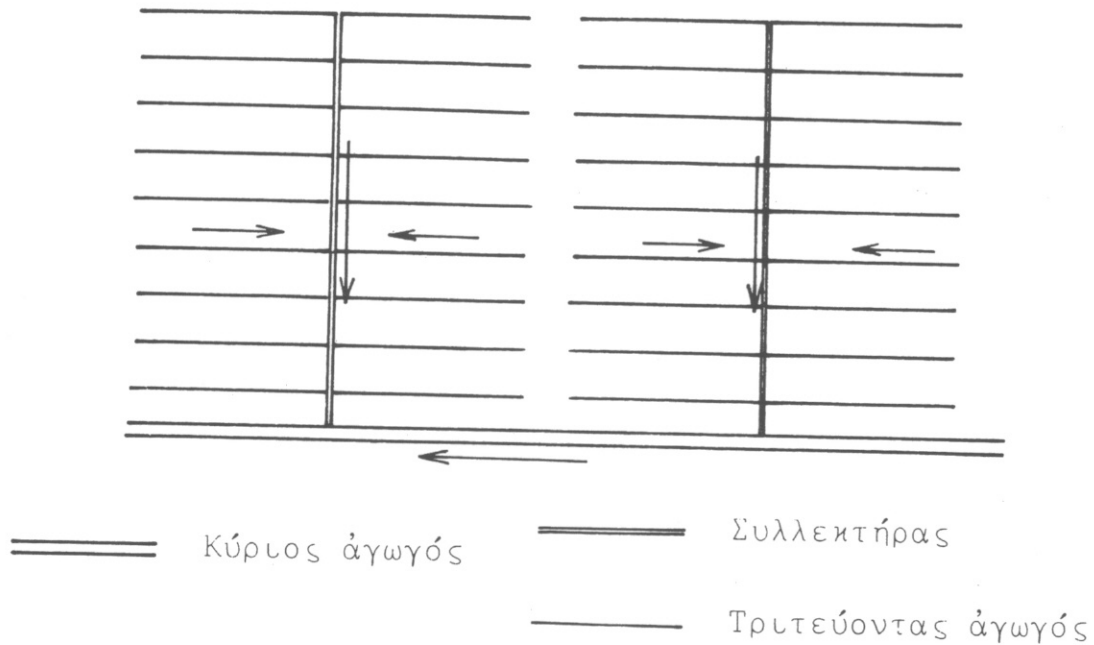
Συνήθως στήν πράξη οἱ τριτεύοντες αγωγοί εἶναι, εἴτε σωληνωτά ντραίνα, εἴτε τάφροι ἐνῶ, οἱ δευτερεύοντες καί οἱ κύριοι αγωγοί εἶναι κατά κανόνα τάφροι.

Ἡ ἐκλογή ἀνοικτῶν τάφρων ἢ κλειστῶν σωληνωτῶν ντραίνων ἐξαρτιέται ἀπό τή μελέτη πολλῶν παραμέτρων καί σέ τελική φάση τό πρόβλημα εἶναι τεχνικοοικονομικό.

Έτσι οί τάφροι σέ σύγκριση μέ τά σωληνωτά ντραίνα παρουσιάζουν τά ακόλουθα πλεονεκτήματα καί μειονεκτήματα :

Πλεονεκτήματα

- Χρησιμεύουν γιά νά στραγγίζουν τό υπόγειο νερό, συγχρόνως όμως καί γιά ν' αποχετεύουν τά επιφανειακά νερά τής βροχής πού δέν διηθούνται πρός τόν υπόγειο όρίζοντα.



Σχ. 51. Σχηματική διάταξη ενός στραγγιστικού δικτύου.

- Η κλίση πού απαιτείται γιά τή μεταφορά του νερού στις τάφρους είναι πολύ μικρότερη από ότι στα σωληνωτά ντραίνα καί κατά μέσο όρο 0,01% στις τάφρους καί 0,1% στα σωληνωτά ντραίνα.
- Παρουσιάζουν εύκολη επίβλεψη στό στάδιο τής λειτουργίας τους, σέ αντίθεση μέ τά σωληνωτά ντραίνα, όπου δέν είναι εύκολο νά διαπιστώσουμε άμεσα τήν κακή λειτουργία τους, καί ή διαπίστωση θά γίνει μετά από πολύ χρόνο από τά αποτελέσματα πού θά έχει μία κακή στράγγιση στις καλλιέργειες.

Μειονεκτήματα

- Έχουμε μεγάλη άπώλεια γής στις τάφρους καί ιδιαίτερα σέ άσταθή έδάφη, όπου είμαστε ύποχρεωμένοι νά δώσουμε μεγάλη κλίση στα πρανή των τάφρων γιά νά μή καταρρεύσουν.

- Ἀνάπτυξη ὑδροθίων ζιζανίων καί διαβρώσεις καί ἐπομένως συχνή καί πολυδάπανη συντήρηση.
- Ἡ καλλιεργημένη γῆ χωρίζεται σέ πολλά ἀγροτεμάχια ἀπό τό σύστημα τῶν ἀνοικτῶν τάφρων καί τό γεγονός αὐτό κάνει δύσκολη τήν ἐπικοινωνία. Πρέπει λοιπόν νά κατασκευαστοῦν γέφυρες ἢ μικροί πλακοσκεπεῖς (ἢ σωληνωτοί) ὀχετοί καί ἔτσι αὐξάνει τό κόστος κατασκευῆς.

Ἡ γενική τάση εἶναι σήμερα νά κατασκευάζονται σάν τριτεύοντες ἀγωγοί τά σωληνωτά ντραίνα καί σάν συλλεκτῆρες καί κύριοι ἀγωγοί οἱ τάφροι. Σέ πολλές δέ περιοχές ὅπου τό ἔδαφος ἐπιτρέπει μεγάλες ἰσαποχές τῶν τριτευόντων ἀγωγῶν, εἶναι προτιμότερη ἡ κατασκευή ἀνοικτῶν τάφρων.

6.1.2. Ὑδραυλικός ὑπολογισμός τῶν σωληνωτῶν ντραίνων

Γιά λείους σωλῆνες (πηλοσωλῆνες καί λείους πλαστικούς σωλῆνες) χρησιμοποιεῖται κυρίως ὁ τύπος τῶν Darcy-Weisbach

$$i = \frac{h_f}{L} = \frac{f}{d} \frac{V^2}{2g}, \quad (6.1)$$

ὅπου

i = ἡ κλίση τῆς γραμμῆς ἐνεργείας,

h_f = οἱ ἀπώλειες ἐνεργείας πού ὀφείλονται στίς τριβές

L = τό μήκος

f = ὁ ἀδιάστατος συντελεστής τριβῆς τῶν *Darcy-Weisbach*

d = ἡ διάμετρος τοῦ ἀγωγῶ (m)

V = ἡ ταχύτητα τοῦ νεροῦ (m/s)

g = ἡ ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας (m/s²)

Γιά τούς παραπάνω λείους σωλῆνες παίρνεται συνήθως [10]

$$f = a \cdot Re^{-0.25} = a \left(\frac{V \cdot d}{\nu} \right)^{-0.25}, \quad (6.2)$$

ὅπου ν = τό κινηματικό ἰξῶδες πού γιά νερό στούς 10 °C παίρνεται ἴσο μέ

$$\nu = 1.31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Γιά πλήρεις σωλῆνες ἡ παροχή ἰσοῦται μέ

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot V \quad (6.3)$$

όποτε ο συνδυασμός των τριών τύπων (6.1), (6.2) και (6.3) δίνει

$$Q = 30a^{-0.57} \cdot d^{2.714} \cdot i^{0.572} \quad (6.4)$$

Για καθαρούς σωλήνες παίρνεται $a \approx 0,40$ και η παραπάνω εξίσωση γίνεται

$$Q = 50 \cdot d^{2.714} \cdot i^{0.572} \quad (6.5)$$

και καλείται εξίσωση του *Wesseling*.

Για πλαστικούς κυματοειδείς σωλήνες οι *Wesseling* και *Homa* [27] βρήκαν τό 1967 ότι ο τύπος των *Manning-Strikler* δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

$$V = K_m \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}, \quad (6.6)$$

όπου τό K_m παίρνει τήν τιμή $K_m=70$ και τό R είναι ή ύδραυλική ακτίνα, πού για πλήρη σωλήνα είναι ίση μέ

$$R = \frac{d}{4} \quad (6.7)$$

Συνδυάζοντας τις (6.3), (6.6) και (6.7) παίρνουμε

$$Q = 0.312 \cdot K_m \cdot d^{2.667} \cdot i^{0.5} \quad (6.8)$$

ή θέτοντας $K_m = 70$

$$Q = 22 \cdot d^{2.667} \cdot i^{0.5} \quad (6.9)$$

Για τσιμεντοσωλήνες μπορεί νά χρησιμοποιηθεί ο τύπος (6.8) μέ $K_m = 60$ δηλ.

$$Q = 18,92 \cdot d^{2.667} \cdot i^{0.5} \quad (6.10)$$

Θά πρέπει νά σημειωθεί ότι μέ τό πέρασμα του χρόνου αυξάνει ή τραχύτητα των άγωγών και έτσι είναι προτιμότερο νά δίνουμε από τήν άρχή των ύπολογισμών ένα περιθώριο άσφαλείας, για νά άντιμετωπίσου-

με τήν μελλοντική μείωση τής διοχετευτικότητας τών άγωγών. Συνήθως θεωρούμε μιά μείωση τής διοχετευτικότητας από 25 μέχρι 40% και ύπολογίζουμε τά ντραίνα για αύξημένες παροχές $1,33 Q_{\text{θεωρητ.}}$ μέχρι $1,67 Q_{\text{θεωρητ.}}$

Άριθμητική εφαρμογή

Πρόκειται νά έγκαταστήσουμε ένα στραγγιστικό δίκτυο. Ή ισαπόσταση τών ντραίνων έχει βρεθεί μέ έναν από τούς τύπους πού αναφέρονται στά προηγούμενα κεφάλαια και είναι ίση μέ 30 m. Τό μήκος του τριτεύοντος άγωγού είναι 200 m, ή κλίση $i=0,10\%$ και ή ένταση τής τεχνητής βροχής 7 mm/ανά ήμέρα. Για περιθώριο άσφαλείας θεωρούμε μείωση τής διοχετευτικότητας κατά 40%. Ζητείται νά βρεθεί ή διάμετρος τών ντραίνων.

- Γιά λείους σωλήνες
- Γιά κυματοειδείς πλαστικούς.

Λύση :

Βρίσκουμε πρώτα τήν παροχή κάθε ντραίνου. Ή έκταση πού έξυπηρετεί κάθε ντραίνο είναι ίση μέ $A = 200 \times 30 = 6000 \text{ m}^2$, και ή παροχή πού θά παροχετεύσει

$$Q_{\text{θεωρ.}} = \frac{0,007 \times 6.000}{86.400} = 4,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}.$$

Σάν παροχή ύπολογισμού παίρνουμε

$$Q_{\text{ύπ.}} = 1,67 \times 4,86 \times 10^{-4} = 8,11 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

α) Λείοι σωλήνες

Άπό τόν τύπο του Wesseling (6.5) για $Q = 8,11 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ και $i = 10^{-3}$ παίρνουμε

$$d^{2,714} = \frac{Q}{50 i^{0,572}} = 8,434 \cdot 10^{-4}$$

$$d = (8,434 \cdot 10^{-4})^{1/2,714} = 0,0737 \text{ m}$$

Έκλέγεται

$$d = 8 \text{ cm}$$

$$d = \frac{8,434 \cdot 10^{-4}}{0,50} \Bigg|^{4,41}$$

β) Κυματοειδείς σωλήνες

Ἐφαρμόζουμε τόν τύπο (6.9)

$$d^{2.667} = \frac{Q}{22 i^{0.5}} = 11,657 \times 10^{-4}$$

$$d = (11,657 \times 10^{-4})^{1/2.667} = 0,079 \text{ m}$$

Ἐκλέγεται

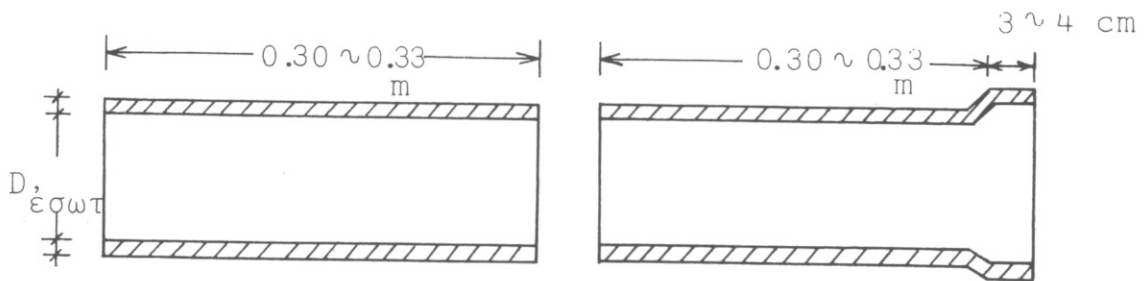
$$d = 8 \text{ cm.}$$

6.1.3. Εἶδη σωληνωτῶν ντραίνων

Οἱ σωλήνες πού χρησιμοποιοῦνται σήμερα γιά τήν στράγγιση τῶν ἔδαφῶν εἶναι πηλοσωλήνες, τσιμεντοσωλήνες (καί ἀμιαντοτσιμεντοσωλήνες), πλαστικοί σωλήνες.

Πηλοσωλήνες

Οἱ πηλοσωλήνες κατασκευάζονται συνήθως σέ μήκη τῶν ($30 \approx 33 \text{ cm}$) καί ἔχουν διαφόρους διαμέτρους. Στήν Ὀλλανδία οἱ διάμετροι ποικίλλουν ἀπό 5 cm μέχρι 15 cm καί ἡ διάμετρος τῶν 5 cm θεωρεῖται σάν βάση γιά τούς τριτεύοντες ἀγωγούς. Οἱ πηλοσωλήνες κατασκευάζονται εὐθύγραμμοι ἢ μέ κολλάρο (μοῦφα) (σχ. 52). Συνήθως οἱ σωλήνες μέ



Σχ. 52. Πηλοσωλήνες στραγγίσεως.

κολλάρο τοποθετοῦνται σέ ἔδαφη ἀσταθῆ, γιά νά ἐξασφαλίζεται καλύτερα ἢ εὐθυγράμμιση τῶν σωλήνων, καί τό κόστος τους εἶναι ἀρκετά πίο μεγάλο ἀπό τό κόστος τῶν ἀπλῶν σωλήνων. Τό νερό μπαίνει στούς σωλήνες ἀπό τά κενά πού ἀφήνονται κατά τό στάδιο τῆς τοποθετήσεώς τους καί τά ὅποια κενά εἶναι τῆς τάξεως τῶν χιλιοστῶν καί ἐξαρτιοῦνται ἀπό τό ὑλικό τοῦ φίλτρου πού τά περιβάλλει. Τό *U.S. Bureau of Reclamation* δίνει γιά ἐσωτερική διάμετρο $4''$ κενό $(1/8)''$.

Οί πηλοσωλήνες παρουσιάζουν ύψηλή άντοχή σέ χημικές αντιδράσεις καί δέν φθείρονται στό έδαφος. Ή τοποθέτησή τους γίνεται, είτε μέ τό χέρι, είτε μέ ειδικά μηχανήματα, ή δέ κατασκευή τους άπαιτεί ειδικά μηχανήματα καί μεγάλη έμπειρία. Τό πορώδες τών τοιχωμάτων τους δέν έχει πρακτική σημασία.

Τσιμεντοσωλήνες

Οί τσιμεντοσωλήνες χρησιμοποιούονται συνήθως αντί τών πηλοσωλήνων στίς περιπτώσεις εκείνες πού άπαιτούνται μεγαλύτερες διαμέτροι από 15 cm. Στην Έλλάδα οί χρησιμοποιούμενοι τσιμεντοσωλήνες έχουν όνομαστικές διαμέτρους έσωτερικές 15, 20, 30, 40, 50 καί 60 cm μέ μήκη σωλήνων αντίστοιχα 75, 75, 100, 100, 100 καί 100 cm.

Χρησιμοποιούνται τόσο οί άοπλοι (κυρίως), όσο καί οί όπλισμένοι καί οί άντοχές σέ θραύση άνέρχονται σέ Σ 280, 350 καί 420 Kg/cm². (Τό Σ σημαίνει κυλινδρικά δοκίμια).

Γιά τήν κατασκευή καί τοποθέτηση τών τσιμεντοσωλήνων στραγγίσεως ισχύει γιά τό Ύπουργείο Δημοσίων έργων ή Προδιαγραφή Τ 110.

Σάν μειονέκτημα παρουσιάζεται ή ευαισθησία τους στό υδροθείο, πού δημιουργείται σέ περιπτώσεις στραγγιζόμενων έδαφών πού περιέχουν θειούχα άλατα.

Ή εισροή του νερού γίνεται από τά κενά πού αφήνονται κατά τή φάση τής τοποθετήσεώς τους ή καί από όπές πού ανοίγονται στά πλευρικά τους τοιχώματα.

Πλαστικοί σωλήνες

Οί πλαστικοί σωλήνες έμφανίστηκαν κατά τό 1960 καί από τότε ή ζήτησή τους αύξήθηκε ραγδαία. Τό ύλικό πού χρησιμοποιείται γιά τούς σωλήνες στραγγίσεως είναι τό χλωριούχο πολυβινύλιο (P.V.C) καί τό πολυαιθυλένιο (P.E), συνήθως δέ κυριαρχεί τό P.V.C.

Οί πλαστικοί σωλήνες είναι, είτε λείοι, είτε κυματοειδείς. Οί λείοι σωλήνες θεωρούνται άκαμπτοι καί προσφέρονται στό έμπόριο σέ μήκη τών 5 m.

Οί κυματοειδείς σωλήνες είναι εύκαμπτοι καί πουλιούνται σέ κουλούρες, πού τό μήκος τους είναι συνάρτηση τής διαμέτρου :

— 200 m γιά διάμετρο 5 cm

— 100 m γιά διάμετρο 10 cm

Οί κυματοειδείς σωλήνες παρουσιάζουν όρισμένα πλεονεκτήματα ως πρός τούς λείους σωλήνες γιατί :

- Ἀπαιτοῦν λιγότερο πλαστικό ὑλικό ἀνά μονάδα μήκους καί ἔτσι ἔχουν μικρότερο κόστος κατασκευῆς. Ἐπιπροσθέτως παρουσιάζουν μεγαλύτερη ἀντοχή σέ ἐξωτερικές πιέσεις.
- Ἐπειδή εἶναι εὐκαμπτοί μποροῦν νά τοποθετηθοῦν σέ μεγάλα μήκη μέσα στό ἔδαφος μέ εἰδικά μηχανήματα καί ἔτσι παρουσιάζουν μικρό κόστος τοποθετήσεως.

Σάν μειονέκτημα προβάλλεται τό γεγονός ὅτι παρουσιάζουν μεγαλύτερες τριβές στήν κίνηση τοῦ νεροῦ καί αὐτό συνεπάγεται αὐξημένες διαμέτρους σέ σχέση μέ τούς λείους σωληνες. Ἡ ἐκλογή μεταξύ τῶν δύο ὑλικῶν εἶναι θέμα τεχνικοοικονομικό καί θά πρέπει νά γίνεται ἀφοῦ προηγηθεῖ μιά σχετική προμελέτη.

Ἡ εἴσοδος τοῦ νεροῦ στούς πλαστικούς σωληνες γίνεται ἀπό εἰδικές σχισμές συνήθως διαμήκεις καί ὀρισμένες φορές ἐγκάρσιες.

Οἱ πλαστικοί σωληνες πού κυκλοφοροῦν στήν Ὀλλανδία ἔχουν τά ἀκόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά.

Λεῖοι σωληνες

Ἐξωτερική διάμετρος: 40 mm, 50 mm, 70 mm, 90 mm, 10 mm, 125 mm.

Ἐλάχιστο πάχος τοιχώματος: 0.80 mm, 0.95 mm, 1.30 mm, 2.00 mm, 2.20 mm, 2.5 mm.

Βάρος ἀνά μέτρο σωλήνα: 150 g, 220 g, 400 g, γιά σωληνες 40, 50 καί 70 mm ἀντίστοιχα

Σχισμές: Διαμήκεις 25 mm μήκος καί 0.6 ≈ 0.8 mm πλάτος, 40 ὀπές ἀνά μέτρο σωλήνα μέ ὀλική ἐπιφάνεια εἰσόδου 600 ≈ 800 mm²/m σωλήνα

Κυματοειδεῖς σωληνες

Ἐξωτερική διάμετρος: 60 mm, 65 mm, 80 mm, 100 mm, 125 mm.

Βάρος ἀνά μέτρο σωλήνα: 75 ≈ 80% τῶν λείων σωληνων (P.V.C) μέ τήν ἴδια ἐξωτερική διάμετρο

Σχισμές μικρές σχισμές 1 mm × 1 mm ἕως 1 mm × 4 mm, 600 σχισμές περίπου ἀνά μέτρο σωλήνα μέ ὀλική ἐπιφάνεια εἰσόδου μεταξύ 1000 mm² καί 3000 mm² ἀνά μέτρο σωλήνα.

6.1.4. Περιβλήματα αγωγών στραγγίσεως ή φίλτρα

Μιά μεγάλη ποικιλία υλικών χρησιμοποιήθηκε μέχρι σήμερα για να περιβάλλει τά σωληνωτά ντραίνα για δύο σκοπούς :

- Νά διευκολύνει τό νερό νά εισέλθει μέσα στά ντραίνα.
- Νά έμποδίσει τήν είσοδο έδαφικού υλικού μέσα στά ντραίνα.

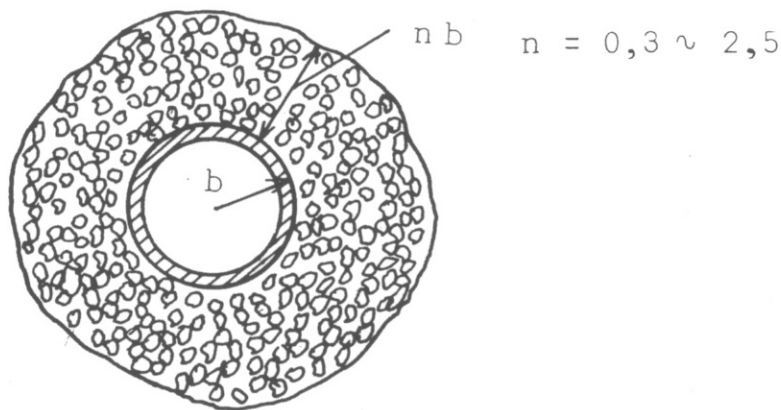
Σύμφωνα μέ τόν *J. C. Cavelaars* [10] τό περιβληματικό υλικό τών ντραίνων ή φίλτρων εφαρμόζεται μέ τούς ακόλουθους τρόπους :

- α) Κατ' όγκο ή δι' έγχύσεως πάνω από τά σωληνωτά ντραίνα σύγχρονα μέ τήν τοποθέτηση τών σωληνωτών ντραίνων.
- β) Κατά στρώματα ή φύλλα πού φέρονται σέ ρολλούς από τίς μηχανές τοποθετήσεως τών στραγγιστηρίων.
- γ) Μέ ντραίνα πού έχουν περιβληθεί τό υλικό πρίν από τήν τοποθέτησή τους.

Τά υλικά πού χρησιμοποιούνται για φίλτρα είναι, είτε οργανικά υλικά (σκόνη από τύρφη), είτε άμμοχάλικο για τήν α' περίπτωση. Τό άμμοχάλικο είναι τό υλικό πού χρησιμοποιείται στις περισσότερες χώρες τοῦ κόσμου.

Γιά τίς β' και γ' περιπτώσεις χρησιμοποιούνται κυρίως συνθετικά υλικά (υαλοβάμβακας) ή άχυρα από λινάρι ή σιτηρά τά όποια και παρουσιάζουν μικρότερο κόστος.

Γιά τή περίπτωση τοῦ φίλτρου άμμοχαλικού, πού άποτελεϊ και τήν πιό διαδεδομένη μέθοδο, τό υλικό τοποθετείται όλόγυρο από τό ντραίνο (Σχ. 53). Έχουν άναπτυχθεί διάφορα κριτήρια μελέτης για τήν κοκκομε-



Σχ. 53. Τοποθέτηση άμμοχαλικού φίλτρου.

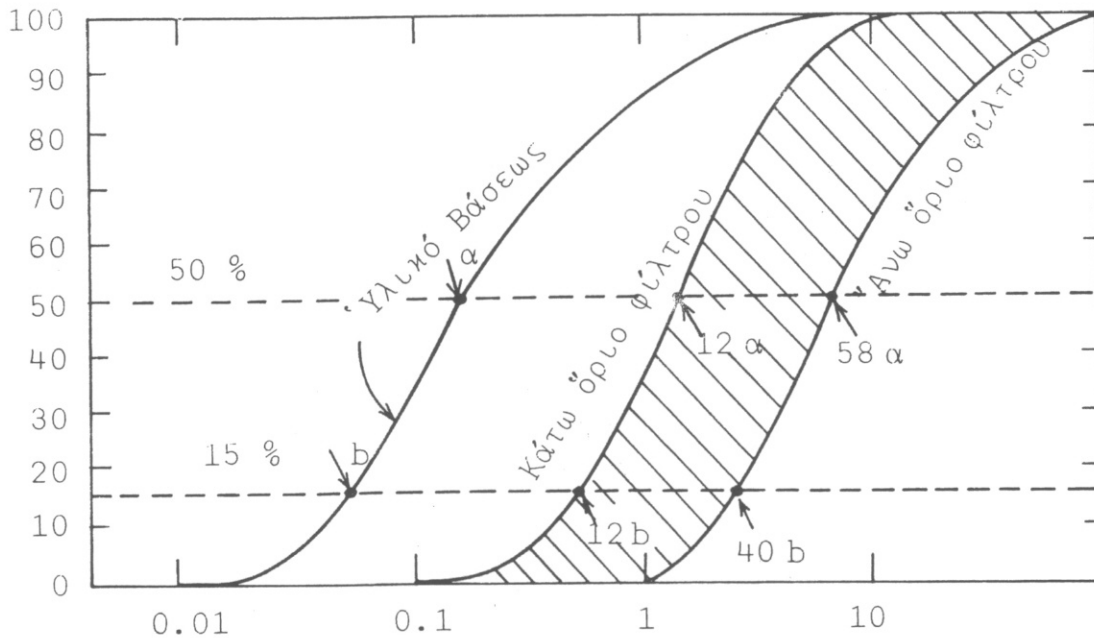
τρική διαβάθμιση του υλικού. Το *U. S. Bureau of Reclamation* [9] προτείνει τα ακόλουθα κριτήρια για τον υπολογισμό του περιθλήματος :

$$\text{Όμοιομορφο υλικό} \quad \frac{D_{50} \text{ φίλτρο}}{D_{50} \text{ υλικό βάσεως}} = 5 \text{ μέχρι } 10 \quad (6.11)$$

$$\text{Διαβαθμισμένο υλικό} \quad \frac{D_{50} \text{ φίλτρο}}{D_{50} \text{ υλικό βάσεως}} = 12 \text{ μέχρι } 58 \quad (6.12)$$

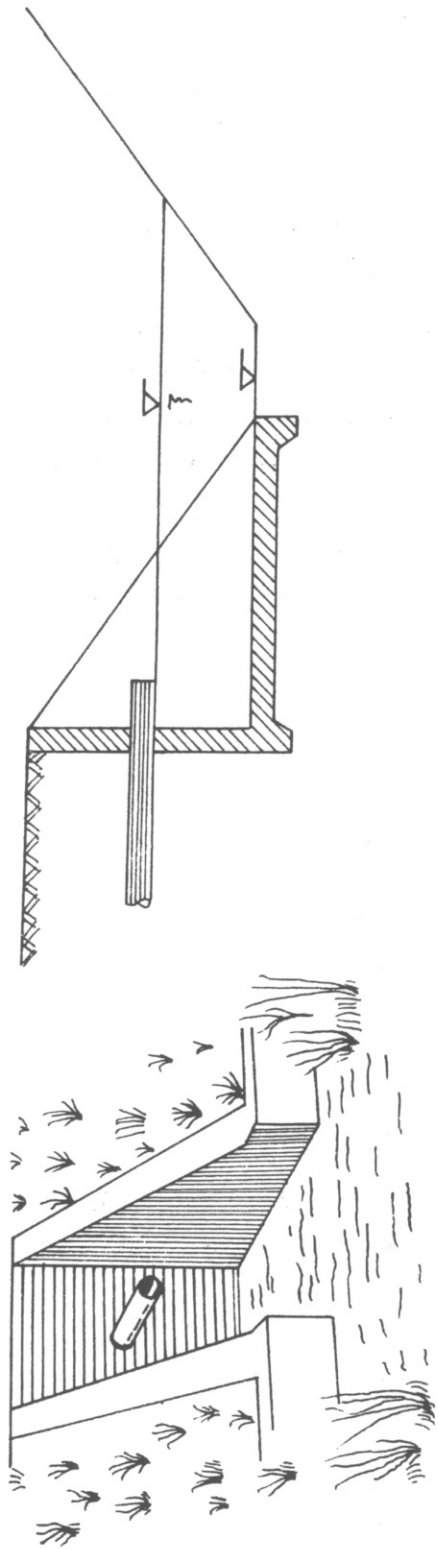
$$\text{Διαβαθμισμένο υλικό} \quad \frac{D_{15} \text{ φίλτρο}}{D_{15} \text{ υλικό βάσεως}} = 12 \text{ μέχρι } 40 \quad (6.13)$$

Έτσι για να βρούμε το υλικό φίλτρου, πραγματοποιούμε πρώτα μία κοκκομετρική ανάλυση του εδάφους και χαράσσουμε την κοκκομετρική καμπύλη του υλικού της βάσεως (έδαφος). Στη συνέχεια κατασκευάζουμε μία κοκκομετρική καμπύλη (κάτω όριο φίλτρου) και μία άλλη (άνω όριο φίλτρου), που να ικανοποιούν τα κριτήρια (6.11) για όμοιομορφο υλικό και (6.12), (6.13) για διαβαθμισμένο υλικό (Σχ. 54). Η γραμμο-

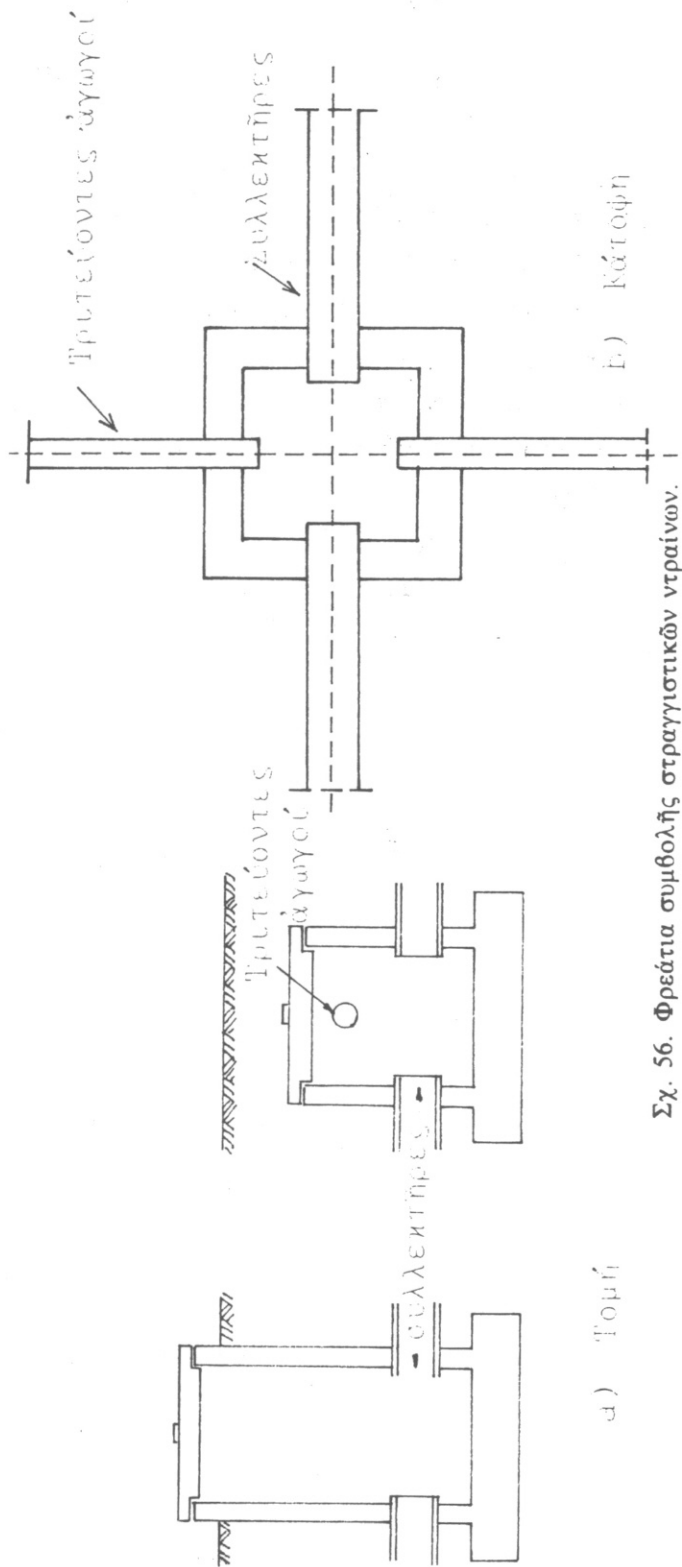


Σχ. 54. Παράδειγμα χρησιμοποίησης των κριτηρίων του *U.S.B.R.*

σκιασμένη επιφάνεια του σχ. 54 είναι ο χώρος καταλληλότητας των άμμοχαλικών, που η κοκκομετρική καμπύλη τους βρίσκεται στο χώρο αυτό.



Σχ. 55. Έξοδος στραγγιστικού ντράινου σε παρακείμενη τάφρο.



α) Τομή

β) Κάτοψη

Σχ. 56. Φρεάτια συμβολής στραγγιστικών ντράινων.

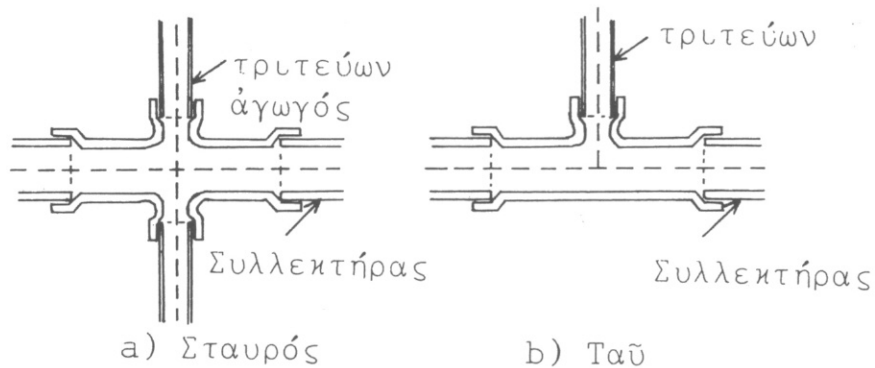
6.1.5. Τεχνικά έργα

Τά διάφορα τεχνικά έργα πού κατασκευάζονται σ' ένα στραγγιστικό δίκτυο είναι :

α) Έξοδοι τῶν στραγγιστικῶν ἀγωγῶν σέ παρακείμενες τάφρους. Γιά τήν προστασία τῶν πραινῶν τῆς τάφρου δημιουργεῖται ἕνα τεχνικό ἔργο προστασίας ἀπό σκυρόδεμα ἄοπλο ἢ ὄπλισμένο. (Σχ. 55)

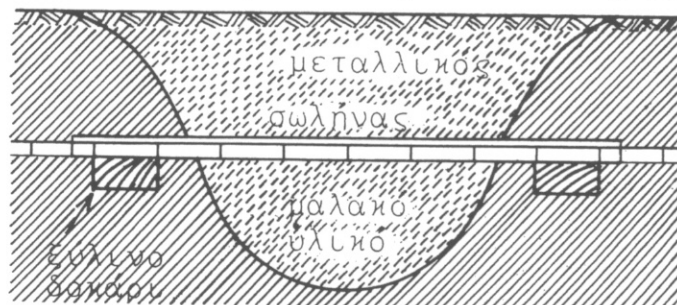
β) Φρεάτια συμβολῆς τῶν τριτευόντων στραγγιστικῶν ντραίνων μέ συλλεκτῆρες. Τό κάλυμα τῶν φρεατίων μπορεῖ νά εἶναι ὑπέργειο ἢ ὑπόγειο. Οἱ συλλεκτῆρες τοποθετοῦνται 0.30 m πάνω ἀπό τόν πυθμένα τοῦ φρεατίου καί τό κενό αὐτό χρησιμεύει γιά νά μαζεύεται ἡ λάσπη καί στή συνέχεια ν' ἀπομακρύνεται.

γ) Σύνδεσμοι. Πολλές φορές οἱ τριτευόντες στραγγιστικοί σωλήνες συμβάλλουν κατευθείαν στούς συλλεκτῆρες χωρίς νά παρεμβληθοῦν φρεάτια συλλογῆς (Σχ. 57).



Σχ. 57. Συνδεσμολογία τριτευόντων ἀγωγῶν καί συλλεκτῆρων.

δ) Γέφυρες στραγγιστηρίων. Σέ πολλές περιπτώσεις ὅταν συναντήσουμε χαλαρά ἐδάφη (π.χ. μιά τάφρο πού πληρώθηκε πρόσφατα μέ ξένο ὑλικό), πραγματοποιοῦμε μιά γεφύρωση τῶν ντραίνων μέ ἕνα μεταλλικό σωλήνα πού ἐδράζεται ἐκατέρωθεν σέ ξύλινα ὑποστηρίγματα (Σχ. 58)

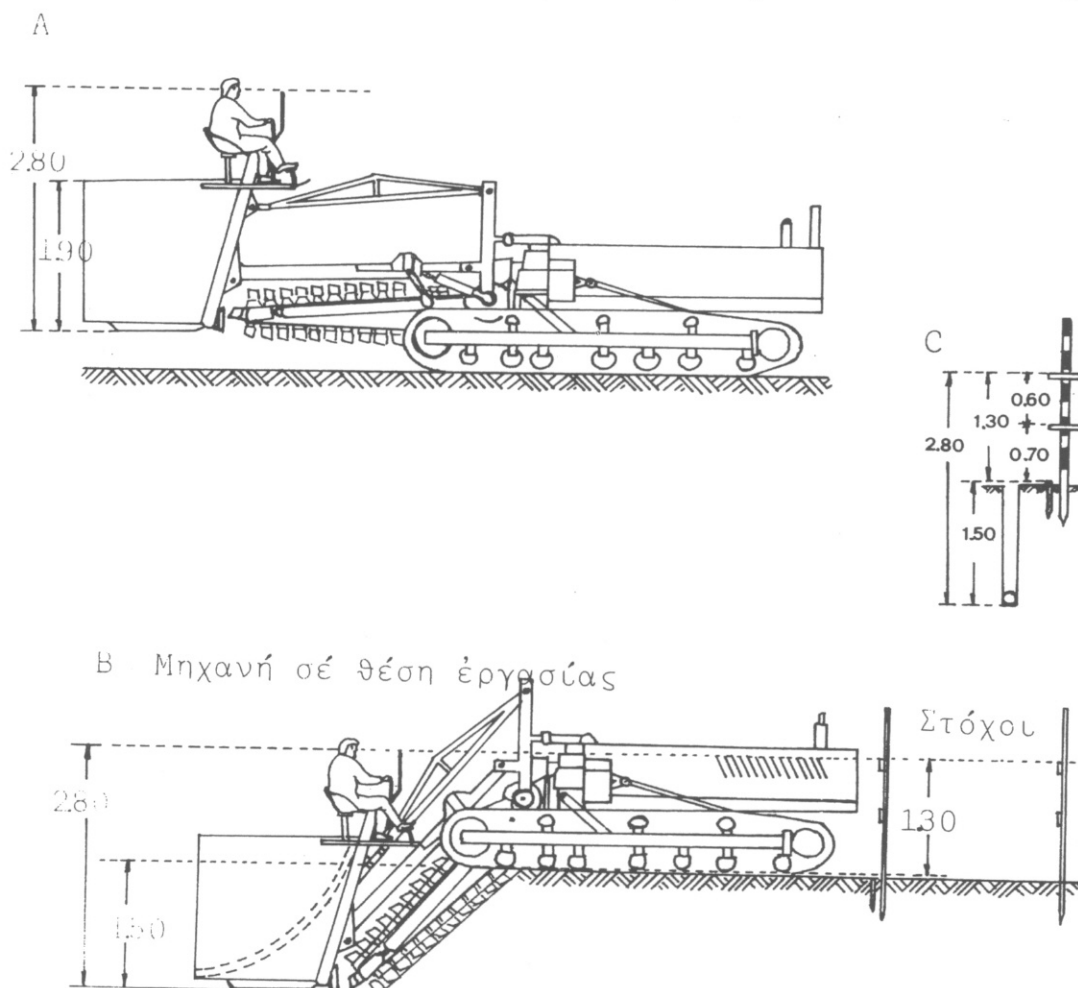


Σχ. 58. Γεφύρωση ντραίνων.

6.1.6 Τοποθέτηση τῶν ντραίνων

Ἡ τοποθέτηση τῶν ντραίνων μπορεῖ νά γίνει εἴτε μέ τὰ χέρια εἴτε μέ ειδικές μηχανές. Στήν πρώτη περίπτωση ἀνοίγονται τάφροι μέ μικρό πλάτος καί στή συνέχεια τοποθετοῦνται προσεκτικά μέ τὰ χέρια τὰ ντραίνα, ἀφοῦ προηγηθεῖ ἡ τοποθέτηση φίλτρου στήν κάτω ἐπιφάνεια. Μετά τοποθετεῖται τό φίλτρο καί στό πλάϊ, καθῶς καί στό ἐπάνω μέρος καί τελικά τό ὑπόλοιπο μέρος τῆς τάφρου ἐπικαλύπτεται μέ τό ὑλικό ἐκσκαφῆς.

Ἰδιαίτερη προσοχή πρέπει νά δειχνεται γιά τήν τοποθέτηση τῶν ντραίνων στά ἀκριβή ὑψόμετρά τους καί στήν ἐξασφάλιση τῶν ἐλάχιστων ἀπαιτουμένων κλίσεων. Εἰδικά γιά τίς κλίσεις θά πρέπει νά τονιστεῖ ὅτι ἐφαρμόζεται κατά μέσον ὄρο κλίση 0.1% ἐνῶ ὁ *Frevert et al* [10]



59. Μηχανή τοποθετήσεως ντραίνων A. Σέ ὄρθια θέση B. Σέ θέση ἐργασίας C. Τομή τῆς τάφρου μέ τό ντραίνο τοποθετημένο.

συνιστά κλίση 0.15% για σωλήνες μέχρι 4 *inch*, 0.05% για σωλήνες 12 *inch*. Η ελάχιστη ταχύτητα που συνιστάται είναι 30-45 *cm/s*, για να αποφεύγονται καθιζήσεις υλικών στους σωλήνες.

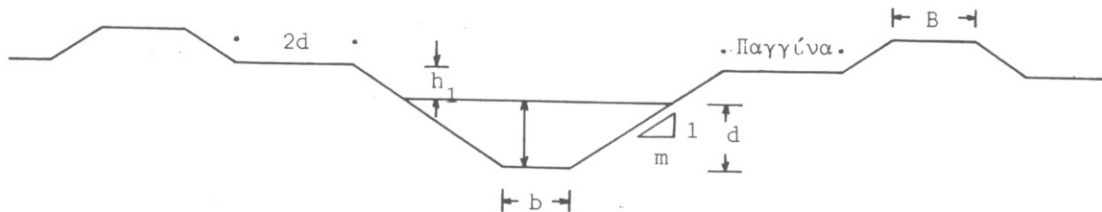
Στήν δεύτερη περίπτωση της μηχανικής τοποθετήσεως, ή ίδια εκσκαπτική μηχανή έχει την δυνατότητα της τοποθετήσεως των ντραίνων και του φίλτρου (Σχ. 59).

Έκτός από τη μηχανή του σχ. 59 υπάρχουν και άλλοι τύποι μηχανών τόσο για ντραίνα μικρού μήκους, που τα τοποθετούν τό ένα δίπλα στο άλλο, όσο και για ντραίνα μεγάλου μήκους ($L > 100 \text{ m}$) δηλαδή πλαστικούς κυματοειδείς σωλήνες και με δυνατότητα τοποθετήσεως από 450 μέχρι 800 *m/h* και μέχρι βάθους 1.80 *m*.

6.2. Στραγγιστικές τάφροι

6.2.1. Υδραυλικοί υπολογισμοί

Οί στραγγιστικές τάφροι χρησιμοποιούνται τόσο για ν' αποστραγγίζουν μία περιοχή όσο και για την αποχέτευση των πλεοναζόντων επιφανειακών νερών. Σέ πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται μικτό σύστημα στραγγίσεως με τριτεύοντες αγωγούς σωληνωτά ντραίνα και συλλεκτήρες και πρωτεύοντες αγωγούς ανοικτές τάφρους. Η διατομή μιᾶς ανοικτής τάφρου έχει την μορφή του σχ. 60, όπου b είναι τό πλάτος



Σχ. 60. Τυπική διατομή τάφρου.

του πυθμένα τάφρου, d είναι τό βάθος υπολογισμού του νερού, B είναι τό πλάτος του αναχώματος και m είναι ή κλίση των πρανών. Μεταξύ της τάφρου και του αναχώματος αφήνεται ένα πλάτος ίσο μέ $2d$ για λόγους ευσταθείας των πρανών της τάφρου, μέ ελάχιστο πλάτος 3.50 *m* και μέγιστο πλάτος 7.00 *m*. Τό πλάτος B έχει σάν ελάχιστη τιμή 1.50 *m*. Μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του νερού και της επιφάνειας του εδάφους αφήνεται για λόγους ασφαλείας ένα ελεύθερο ύψος h_1 , που δίνεται στό σχ. 61. σάν συνάρτηση της παροχής Q από τό *U. S. Bureau*

of Reclamation. Ἡ διεστιγμένη καμπύλη δίνεται γιά τίς περιπτώσεις ἐκεῖνες πού τά πρανή τῆς τάφρου εἶναι προστατευμένα ἀπό διάφορα ὑλικά (Λιθορριπή, χαλίκια, σαραζανέτι κ.λπ.)

Ἡ κλίση τῶν πρανῶν τῆς τάφρου καί ἡ μέγιστη ἀναπτυσσόμενη ταχύτητα ἐξαρτιοῦνται ἀποκλειστικά ἀπό τή φύση τοῦ ἐδάφους καί στόν παρακάτω πίνακα δίνονται οἱ τιμές πού συνιστοῦνται ἀπό τό *Int. Inst. Land Reclamation*.

| Ἔδαφος | Μέγιστες ταχύτητες | | Κλίση πρανῶν |
|--------------------------------------|--------------------|------------|--------------|
| | <i>m/s</i> | <i>fps</i> | |
| Ἄργιλος, πηλός | 0.6 ≈ 0.8 | 2 ≈ 2.7 | 0.75 ≈ 2 |
| Συνεκτικά ἀμμώδη ἐδάφη καί ἀμμοῖλεῖς | 0.3 ≈ 0.6 | 1 ≈ 2 | 1.5 ≈ 2.5 |
| Λεπτή ἄμμος | 0.15 ≈ 0.3 | 0.5 ≈ 1 | 2 ≈ 4 |
| Χονδρή ἄμμος | 0.2 ≈ 0.5 | 0.7 ≈ 1.7 | 1.5 ≈ 3 |
| Σκληρή τύρφη | 0.3 ≈ 0.6 | 1 ≈ 2 | 1 ≈ 2 |
| Μαλακή τύρφη | 0.15 ≈ 0.3 | 0.5 ≈ 1 | 2 ≈ 4 |

Ὁ ὑπολογισμός τῆς ὑγρῆς διατομῆς γίνεται μέ τόν τύπο τῶν *Manning-Strickler*

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (6.14)$$

ὅπου

V = ἡ μέση ταχύτητα τῆς διατομῆς σέ *m/s*

R = ἡ ὑδραυλική ἀκτίνα σέ *m*

S = ἡ ὑδραυλική κλίση

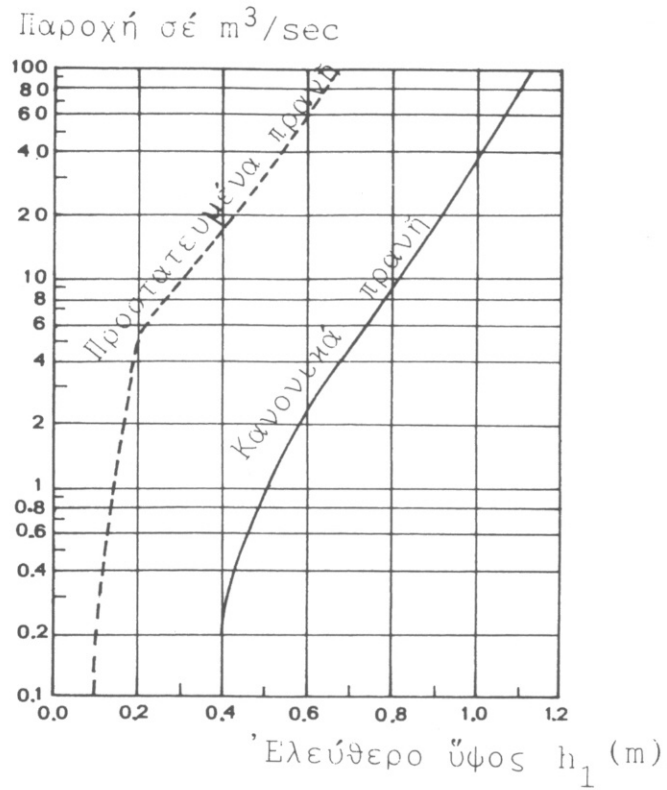
K = ὁ συντελεστής τραχύτητας τῶν *Manning-Strickler* = $1/n$

Μερικές τιμές τοῦ K δίνονται στόν παρακάτω πίνακα ἀπό τό *Int. Inst. Land Reclamation*.

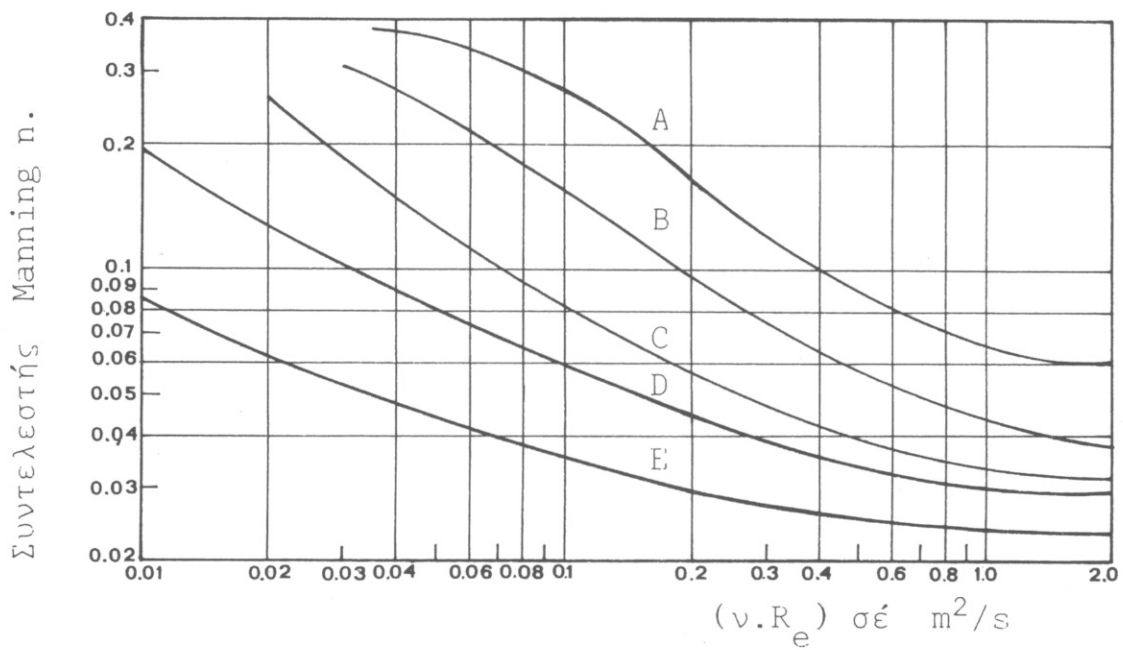
Θά πρέπει νά σημειωθεῖ ὅτι σέ πολλές τάφρους ὑπάρχει μεγάλη ἀνάπτυξη ὑδροχαρῶν φυτῶν καί πρασίνου καί ἡ ροή τοῦ νεροῦ γίνεται σέ πολύ χαμηλές ταχύτητες, ὅποτε ὁ συντελεστής $n=(1/K)$ ἐξαρτιέται ἀπό τόν ἀριθμό *Reynolds*

$$Re = \frac{V \cdot R}{\nu}$$

ὅπου V = ἡ μέση ταχύτητα, R = ἡ ὑδραυλική ἀκτίνα καί ν = τό κινηματικό ἰξῶδες



Σχ. 61. Σχέση ελεύθερου ύψους h_1 και παροχής Q .



Σχ. 62. Μεταβολή του συντελεστή Manning n ως προς τό $v R_e$.

Τιμές του συντελεστή K ή n

| | Χειμώνας | | Καλοκαίρι | |
|--|----------|-------------|-----------|-------------|
| | K | $n = 1/K$ | K | n |
| I. Μικρές διατομές (βάρος $< 0.8 m$) | | | | |
| α. Έλαφρό έδαφος | 35 | 0.03 | 20 | 0.05 |
| β. Βαρύ έδαφος | 25 | 0.04 | 15 | 0.06 |
| II. Μέσες διατομές (βάθος νερού $0.7 - 1.7 m$) | | | | |
| α. Έλαφρό έδαφος | 40 | 0.025 | 30 | 0.03 |
| β. Βαρύ έδαφος | 30 | 0.03 | 20 | 0.05 |
| III. Μεγάλες διατομές (νερό $> 1.5 m$) | (40≈50) | (0.02≈0.25) | (40≈50) | (0.02≈0.25) |

Στό σχ. 62 δίνεται ή μεταβολή του συντελεστή *Manning* n ως προς τό γινόμενο ($v R_c$) για διάφορες καμπύλες A, B, C, D και E πού προσδιορίζονται από τόν έπόμενο πίνακα.

Προσδιορισμός τών καμπυλών A, B, C, D, E

| Μέσο μήκος του πρασίνου | Φυσική κατάσταση τής ανάπτυξεως | |
|-------------------------|---------------------------------|-------------|
| | Καλή | Άρκετά καλή |
| $> 0.75 m$ | A | B |
| $0.30 \approx 0.60 m$ | B | C |
| $0.15 \approx 0.25 m$ | C | D |
| $0.05 \approx 0.15 m$ | D | D |
| $< 0.05 m$ | E | E |

Ό λόγος πλάτους πυθμένα-βάθους γίνεται μέ άπλους έμπειρικούς τύπους. Έτσι τό *U. S. Reclamation Service* προτείνει :

$$\frac{d}{\sqrt{A}} = 0.50, \quad (6.16)$$

όπου d = τό βάθος του νερού είναι A είναι τό έμβαδό τής ύγρης διατομής

$$A = b d + m d^2. \quad (6.17)$$

Ό σχέση (6.16) για τήν περίπτωση τραπεζοειδούς διατομής γίνεται

$$(b/d) = 4 - m \quad (6.18)$$

ἐνῶ οἱ Πακιστανοὶ καὶ Ἰνδοὶ μηχανικοὶ προτείνουν

$$(b/d) = 3 - m. \quad (6.19)$$

Ὁ *Bauzil* [1] χρησιμοποιεῖ τὴ μέθοδο τοῦ ἐλάχιστου ἐμβαδοῦ τῆς βρεχόμενης διατομῆς καὶ καταλήγει στὸν τύπο

$$\frac{d}{\sqrt{A}} = \frac{1}{\sqrt{2\sqrt{1+m^2}-m}}$$

ἢ

$$\frac{b}{d} = 2 \{ \sqrt{1+m^2} - m \}$$

Στὸ παρακάτω πίνακα δίνουμε τίς τιμές τοῦ (b/d) γιὰ διάφορες τιμές τῆς κλίσεως m .

| m | Λόγος b/d |
|------|-------------|
| 0.5 | 1,236 |
| 0.75 | 1,000 |
| 1.00 | 0,828 |
| 1.25 | 0,701 |
| 1.50 | 0,605 |
| 2.00 | 0,472 |
| 3.00 | 0,324 |

Ἡ παραπάνω σχέση προκύπτει ἀπὸ τὴν ἐλαχιστοποίηση τοῦ ἐμβαδοῦ

$$dA = d (bd + md^2) = 0,$$

θεωρώντας συγχρόνως καὶ τὴν ἐλαχιστοποίηση τῆς βρεχομένης περιμέτρου

$$d\Pi = d (b + 2d \sqrt{1+m^2}) = 0.$$

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή

Στραγγιστικὴ τάφος πρόκειται νὰ μεταφέρει ποσότητα νεροῦ ἴση μὲ Q . Ἡ τάφος περνᾷ μέσα ἀπὸ ἔδαφος, πού χαρακτηρίζεται σάν λεπτὴ ἄμμος μὲ συντελεστὴ *Manning-Strickler* $K=35$ καὶ μέγιστη ἀνα-

πυκνόμενη ταχύτητα $V = 0,3 \text{ m/s}$. Ζητούνται τὰ κατασκευαστικά στοιχεία τῆς τάφρου, ὅταν ἡ κλίση τοῦ πυθμένα εἶναι $S_0 = 10^{-4}$ καί ἡ κλίση τῶν πρανῶν $m=2$. Ποιά ἡ τιμὴ τῆς Q .

Λύση :

Ἐφαρμόζουμε τὸν τύπο τῶν *Manning - Strickler*

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot S_0^{1/2} = 0,3 \text{ m/s}$$

$$R^{2/3} = \frac{0,3}{K \cdot S_0^{1/2}} = \frac{0,3}{35 \cdot 0,01} = 0,857 \Rightarrow R = 0,7935$$

Ἐφαρμόζουμε τὸν ἐμπειρικό τύπο (6.18)

$$\frac{b}{d} = 4 - m = 2$$

$$b = 2 d$$

Ἔχουμε λοιπὸν

$$R = \frac{b \cdot d + m \cdot d^2}{b + 2d \sqrt{1+m^2}} = \frac{2d^2 + 2d^2}{2d + 4,47 d} = 0,7935$$

ἢ

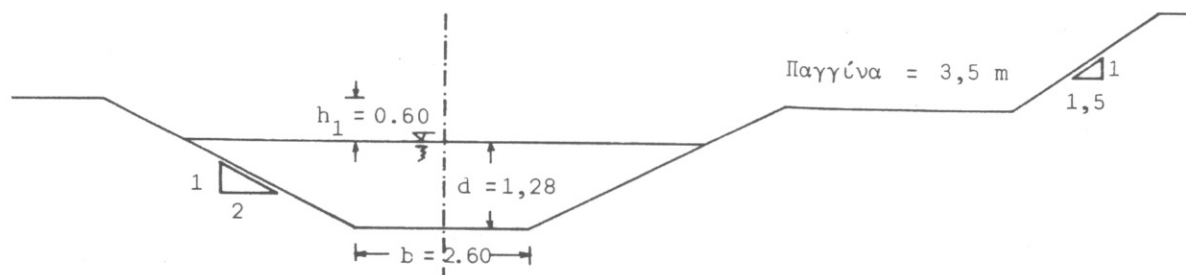
$$4d = 6,47 \times 0,7935 = 5,135 \Rightarrow d = 1,28 \text{ m}$$

$$b = 2,56 \text{ m} \quad A = bd + md^2 = 6,56 \text{ m}^2$$

Ἡ παροχὴ θὰ εἶναι ἴση πρὸς

$$Q = A \cdot V = 6,56 \times 0,3 = 1,97 \text{ m}^3/\text{S}$$

Τὰ κατασκευαστικά στοιχεία τῆς διατομῆς φαίνονται στὸ παραπάνω σχῆμα.



Σχῆμα 63

BIBΛIOΓPAΦIA

1. Bauzil V.: «Traité d' irrigation» Eyrolles, Paris 1952.
2. Bear J.: «Dynamic of fluids in porous media», Elsevier American Publishing Company Inc., N.Y., London, Amsterdam, 1972.
3. Boersma L.: «Field Measurement of Hydraulic Conductivity below a water table», Agronomy No 9, Amer. Soc. of Agronomy
4. Gastany G.: «Traité pratique des eaux souterraines», Dunod, Paris 1963, p. 238.
5. Collins R. E.: «Flow of fluids Through Porous Materials» Reinhold, N.Y., 1961.
6. C.I.G.R.: «Les bases scientifiques de l' assainissement des sols, les méthodes d' assainissement et leur efficacité», Paris et Lausanne 1972.
7. Comolet R.: «Mécanique expérimentale des fluides», Masson, Paris, N.Y., Barcelone, Milan, 2^{ème} edition, 1976.
8. Darcy H.: «Les fontaines publiques de la ville de Dijon», Paris 1856, p. 590.
9. Drainage Principles und Applications II, Theories of Field Drainage and Watershed Runoff, 16 Vol II, International Institute for Land Reclamation and Improvement, P. O. Box. 45, Wageningen, the Netherlands 1973.
10. Drainage Principles and Applications IV, Design and Management of Drainage Systems, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wegeningen, the Netherlands.
11. Dumm L. D.: «Validity and use of the transient flow concept in subsurface drainage», A.S.A.E. meeting, Memphis, Tenn, Dec. 4-7, 1960.
12. Dumm L. D.: «Subsurface Drainage by Transient - Flow Theory», Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proc. A.S.C.E. IR, Dec. 1968, p. 505-519.
13. Dupuit A. J.: «Etudes théoriques sur le mouvement des eaux», 2^{ème} édition, Paris 1863.
14. Ernst L. F.: «A new formula for the calculation of the permeability factor with T.N.O. Croningen, 1950
15. Forchheimer Ph.: «Über die Ergiebigkeit von Brunnenanlagen und Sickerschlitzten», Z. Arch. Ing. - Ver Hannover, 32, No 7, 1856, p. 545

16. Hillel D.: «L' eau et le sol», Vander edition, Paris 1974.
17. Kirkham-Powers: «Advanced soil Physics», Wiley-Interscience, 1972.
18. Methods of Soil Analysis. Agronomy No 9, Am. Soc. of Agronomy 1965.
19. Moody W.: «Nonlinear differential equation of drain spacing», Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proc. of A.S.C.E., June 1966, IR 2.
20. Pulobarinova-Kochina P. Ya.: «Theory of Ground Water Movement», Princeton University, Press, 1962, Princeton, New Jersey.
21. Terzidis G.: «Discussion: Falling water table between tile drains», Am. Soc. civil Eng. 94 (IR 1), 1968, p. 149
22. Τερζίδης Γ.: «ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ 1. Ύδρομηχανική», Θεσσαλονίκη, 1973.
23. Toksöz S. - Kirkham D.: «Graphical solution and interpretation of a new drainspacing formula», J. Geophys. Res 66, 1961, p. 509-516.
24. Toksöz S. - Kirkham D.: «Steady drainage of Layered soils: I Theory», Journal of Irrigation and Drainage Division, A.S.C.E. Proc. 97 (IR 1), 1971 a, p. 1-18.
25. Toksöz S. - Kirkham D.: «Steady drainage of Layered soils: II Nomographs», Journal of Irrigation and Drainage Division, A.S.C.E., Proc. 97 (IR 1), 1971 q, p. 19-37.
26. Van Beers W. J.: «Some nomographs for the calculation of drain spacings », Int. Inst. Land Reclam, Improve, Bull. Wageningen, Bull. No 8, 1965, p. 45.
27. Wesseling J.: «Drainage Principles and Applications», Volume II, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 1973.
28. Whorter Mc. D. - Sunada D.: «Ground Water Hydrology and Hydraulics», water Resources Publications 1977. U.S.A