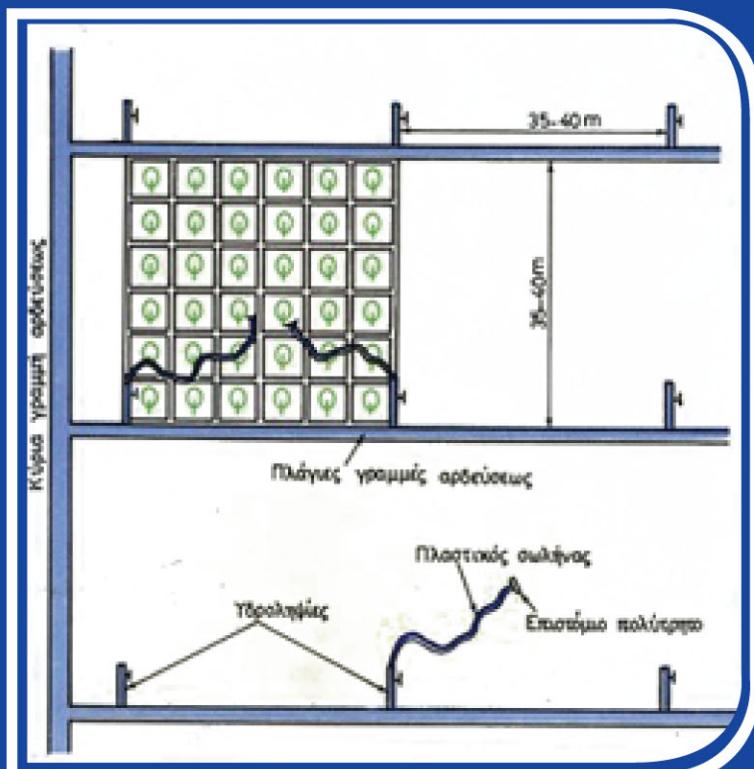




ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΔΑΦΩΝ

Παναγιώτου Γ. Καρακατσούλη

ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ
ΑΝΩΤΑΤΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΑΘΗΝΩΝ





1954



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς προέβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτις κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και σποφασιστικός παράγων για την πρόοδο του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγενίδης εκδήλωσε με τη γενναιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερνίκος - Ευγενίδης.

Από το 1956 έως σήμερα η συμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Σχολών και Λυκείων.

Μέχρι σήμερα, με τη συνεργασία με τα Υπουργεία Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και Εμπορικής Ναυτιλίας, εκδόθηκαν εκατοντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια αντίτυπα. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η συγγραφή και έκδοση βιβλίων ποιότητας, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και ως προς την εμφάνιση, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους μαθητές.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική αρτιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση συμπληρούμενα καταλλήλως.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στη γλωσσική διατύπωση των βιβλίων, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα σωστή και ομοιόμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλωσσική κατάρτιση των μαθητών.

Έτσι, με απόφαση που ίσχυσε ήδη από το 1956, όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις τότε Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική, με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσεως. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθε-

ται σε φιλολόγους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Η ποιότητα του χαρτιού, το είδος των τυπογραφικών στοιχείων, τα σωστά σχήματα, η καλαίσθητη σελιδοποίηση, το εξώφυλλο και το μέγεθος του βιβλίου, περιλαμβάνονται και αυτά στις φροντίδες του Ιδρύματος και συμβάλλουν στη σωστή «λειτουργικότητα» των βιβλίων.

Το Ίδρυμα θεώρησε ότι είναι υποχρέωσή του, σύμφωνα με το πνεύμα του ιδρυτή του, να θέση στη διάθεση του Κράτους όλη αυτή την πείρα του των 20 ετών, αναλαμβάνοντας το 1978 και την έκδοση των βιβλίων για τις νέες Τεχνικές Επαγγελματικές Σχολές και τα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα πάντοτε με τα εγκεκριμένα Αναλυτικά Προγράμματα του Π.Ι. και του ΥΠΕΠΘ.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Σταμάτης Παλαιοκρασάς, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

Χρήστος Σιγάλας, Δ/ντής Σ. Δευτ. Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του Ιδρύματος **Κ. Α. Μανάφης**, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρεάκος**.

Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, Άγγελος Καλογεράς (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιας (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, **Μιχαήλ Σπετσιέρης** (1956-1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960-1967), Θεόδωρος Κουζέλης (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Παναγιώτης Χατζηιωάννου** (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Αλέξανδρος Ι. Παππάς** (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, **Χριστόστομος Καβουνίδης** (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Γεώργιος Ρούσσος** (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, Δρ. Θεοδόσιος **Παπαθεοδοσίου** (1982-1984) Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου** (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Γεώργιος Σταμάτου** (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Σωτ. Γκλαβάς** (1989-1993) Φιλόλογος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ.



**ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ
ΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ
ΚΑΙ
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΔΑΦΩΝ**

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ Γ. ΚΑΡΑΚΑΤΣΟΥΛΗ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ
ΑΝΩΤΑΤΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΑΘΗΝΑ
1997**



Α' ΕΚΔΟΣΗ 1981

Β' ΕΚΔΟΣΗ 1985



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό προορίζεται για τους μαθητές της Γ' Τάξεως των Επαγγελματικών Λυκείων Γεωργικού Τομέα. Σκοπός του είναι να δώσει στους μαθητές μερικές βασικές γνώσεις που αφορούν στις αρδεύσεις και στις στραγγίσεις των γεωργικών εδαφών, τις οποίες γνώσεις θα εφαρμόσουν αργότερα κατά την εξάσκησή του επαγγέλματός τους.

Η δημιουργία τέτοιων στελεχών στην ελληνική αγροτική ύπαιθρο θέλομε να πιστεύομε ότι θα συμβάλλει σημαντικά στην ορθολογιστική χρήση του νερού κατά τις αρδεύσεις. Το σημαντικό αποτέλεσμα θα είναι ο περιορισμός της σπατάλης αυτού του πολύτιμου αγαθού, του οποίου η αξία γίνεται κάθε ημέρα και μεγαλύτερη. Αν μάλιστα λάβομε υπόψη μας ότι στις αρδεύσεις ξοδεύεται η μεγαλύτερη ποσότητα νερού από όλες τις άλλες χρήσεις, η ορθολογικότερη χρήση του αποκτά εντελώς ιδιαίτερη σημασία για την εθνική μας οικονομία. Η μέριμνα για σωστή χρήση, προστασία και διαφύλαξη του νερού για μελλοντικές ανάγκες αποτελεί χρέος ολων μας προς τις επόμενες γενιές.

Το βιβλίο διαιρείται σε τρία μέρη και ένα παράρτημα:

Το Α' Μέρος αναφέρεται στις Αρδεύσεις και περιλαμβάνει τρία κεφάλαια.

Στο πρώτο περιλαμβάνονται οι βασικοί παράγοντες, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη μελέτη αρδεύσεως μιας περιοχής. Οι παράγοντες αυτοί είναι: το έδαφος, το νερό και το φυτό.

Στο κεφάλαιο αναλύονται ειδικότερα τα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους, οι διάφορες μορφές του νερού και η συμπεριφορά του μέσα στο έδαφος. Επίσης η ποιότητα του νερού, οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό, οι μέθοδοι προσδιορισμού της ποιότητας του νερού που απαιτεί κάθε καλλιέργεια και η ποσότητα του νερού που πρέπει να δίνεται σε κάθε άρδευση για κάθε στρέμμα καλλιέργειας. Ακόμα η διάρκεια της αρδεύσεως καθώς και ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών αρδεύσεων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται με απλό τρόπο τα κύρια συστήματα εφαρμογής του νερού στον αγρό. Περιγράφεται δηλαδή η επιφανειακή άρδευση (άρδευση με φυσική ροή), η άρδευση με τεχνητή βροχή και η άρδευση με σταγόνες.

Γίνεται ακόμη λόγος για τα βασικά κριτήρια επιλογής του καταλληλότερου για κάθε περίπτωση συστήματος αρδεύσεως. Παράλληλα αναφέρονται οι σημερινές τάσεις και προοπτικές αυτών των συστημάτων για το εγγύς μέλλον. Περιγράφονται ειδικότερα η άρδευση με αυλάκια, η άρδευση με λωρίδες μεταξύ παραλλήλων αναχωμάτων, η άρδευση με κατάκλιση, οι τρόποι αρδεύσεως με τεχνητή βροχή ή με σταγόνες, τα κύρια στοιχεία και ο τρόπος λειτουργίας και συντηρήσεως των συστημάτων καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που το καθένα παρουσιάζει.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιέχονται οι γενικές αρχές χαράξεως των αρδευτικών δικτύων και ειδικότερα η χάραξη δικτύων επιφανειακής αρδεύσεως, τεχνητής βροχής και αρδεύσεως με σταγόνες. Η χάραξη αναφέρεται σε τυπικές μορφές δικτύων αρδεύσεως, γιατί αποβλέπει στη διασαφήνιση ορισμένων βασικών αρχών που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν σχεδιάζεται η χάραξη ενός αρδευτικού δικτύου.

Το Β' Μέρος αναφέρεται γενικά στις Στραγγίσεις και διαιρείται σε τέσσερα κεφάλαια.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα σπουδαιότερα μειονεκτήματα των υγρών εδαφών, οι επιπτώσεις από ανεπιθύμητη πληθωριστική υγρασία του εδάφους στις καλλιέργειες και τέλος η αναγκαιότητα εφαρμογής των στραγγίσεων για την επίτευξη υψηλών γεωργικών αποδόσεων.

Στο πέμπτο και έκτο κεφάλαιο εξηγούνται βασικές έννοιες για την κίνηση του νερού μέσα στο έδαφος και τη μέτρηση της στάθμης του υπόγειου νερού με φρεάτια παρατηρήσεως ή πιεζόμετρα.

Αναλυτικότερα στα κεφάλαια αυτά περιγράφονται με απλό τρόπο η υδατοπεριτότητα των εδαφών, οι τρόποι μετρήσεώς της, ο Νόμος του Darcy, καθώς και η σημασία που έχει η γνώση της διαπερατότητας και ο τρόπος κινήσεως του νερού μέσα στο έδαφος για τη χάραξη και διαστασιολόγηση του κατάλληλου στραγγιστικού δικτύου σε μια αγροτική περιοχή.

Το έβδομο κεφάλαιο αναφέρεται στα στραγγιστικά δίκτυα και αναλυτικότερα στην περιγραφή και λειτουργία των σπουδαιοτέρων στοιχείων των δικτύων, όπως είναι τα αναχώματα, οι τάφροι, τα δραίνα και το αντλιοστάσιο. Αναφέρεται επίσης στα τυπικά σχήματα των στραγγιστικών δικτύων, στο βάθος και την ισαποχή των αγωγών στραγγίσεως και στη χάραξη, κατασκευή και συντήρηση των τάφρων και των δραίνων.

Το Γ' Μέρος περιλαμβάνει τρία κεφάλαια. Το πρώτο αναφέρεται στη συστηματοποίηση πεδινών εδαφών προκειμένου να αρδευθούν, με επιφανειακή άρδευση (ισοπεδώσεις) καθώς και στη συστηματοποίηση επικλινών εδαφών (με αναβαθμίδες) προκειμένου να καταστούν καλλιεργήσιμα και να προστατευθούν από τη διάβρωση. Το δεύτερο αναφέρεται στην περιγραφή των παθογενών, λόγω αλάτων, εδαφών και στη βελτίωσή τους και το τρίτο γενικά, στην υδατική και αιολική διάβρωση των εδαφών και στην προστασία τους από τη διαβρωτική ενέργεια του νερού και του ανέμου.

Τέλος, το παράρτημα περιέχει βασικές γνώσεις γενικής υδραυλικής ως προς την υδροστατική και τη ροή του νερού μέσα σε ανοικτούς αγωγούς ή σε αγωγούς υπό πίεση. Επίσης αναφέρεται στις απώλειες ενέργειας και στους τρόπους υπολογισμού τους καθώς και στον υπολογισμό παροχών και διαμέτρων αγωγών μεταφοράς και διανομής του νερού με τη βοήθεια ειδικών νομογραφημάτων ή διαγραμμάτων. Παράλληλα δίνονται οι σχέσεις μεταξύ των διαφόρων υδραυλικών παραμέτρων στην περίπτωση της οικονομικής διατομής αγωγών ορθογωνικής και τραπεζοειδούς διατομής. Στο παράρτημα περιγράφονται και οι πιο ενδιαφέροντες τύποι εκχειλιστών.

Θεωρώ υποχρέωσή μου και από τη θέση αυτή να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στο Εκδοτικό Τμήμα του Ευγενίδεου Ιδρύματος για τις προσπάθειες που κατέβαλε για την όσο το δυνατόν αρτιότερη έκδοση του βιβλίου.

Ο συγγραφέας



ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΕΩΣ

1.1 Έδαφος – Νερό – Φυτό – Βασικές σχέσεις.

1.1.1 Φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους.

α) Σύσταση και δομή του εδάφους.

Η **σύσταση** ή **υφή** του εδάφους χαρακτηρίζεται από το μέγεθος και τη διανομή των διαφόρων στοιχείων αυτού. Προσδιορίζεται ύστερα από αναλύσεις δειγμάτων του εδάφους, αφού πρώτα με τη βοήθεια κοσκίνων κονιοποιηθούν και απαλλαγούν από άμμους και χαλίκια που έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από δύο χιλιοστά ($d > 2 \text{ mm}$). Τα δομικά στοιχεία του εδάφους, ανάλογα με τη διάμετρό τους, διακρίνονται ως εξής:

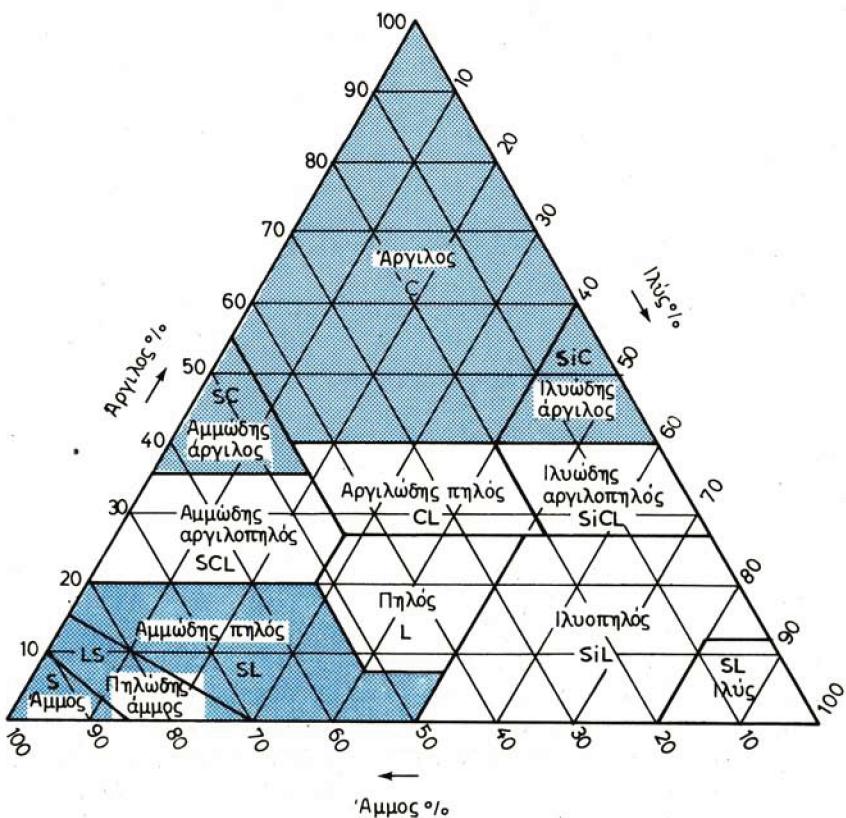
- Χονδρή άμμος με διάμετρο από 2 ως 0,2 mm.
- Λεπτή άμμος με διάμετρο από 0,2 ως 0,05 mm.
- Ιλύς με διάμετρο από 0,05 ως 0,002 mm.
- Άργιλος με διάμετρο μικρότερη από 0,002 mm.

Η αναλογία με την οποία τα δομικά αυτά στοιχεία συνυπάρχουν μέσα σ' ένα δείγμα εδάφους καθορίζει τη λεγόμενη **μηχανική σύσταση** του εδάφους, η οποία εύκολα προσδιορίζεται με τη βοήθεια του τριγωνικού συστήματος, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1a.

Στο τρίγωνο βλέπουμε ότι υπάρχουν 12 τύποι εδαφών, ανάλογα με τα δομικά στοιχεία που επικρατούν κάθε φορά στο εξεταζόμενο δείγμα. Τα λατινικά στοιχεία, που αναγράφονται σε κάθε τύπο εδάφους, παριστάνουν το διεθνή συμβολισμό του.

Η προηγούμενη διάκριση των βασικών τύπων του εδάφους γίνεται εργαστηριακώς. Πολύ συχνά όμως από πλευράς αρδεύσεως, θεωρείται σκόπιμος και πρακτικός ο διαχωρισμός των εδαφών σε ευρύτερες κατηγορίες. Π.χ. σε:

- **Άργιλώδης:** άργιλος (C), ιλιώδης άργιλος (SiC), αμμώδης άργιλος (SC).
- **Πηλώδη:** αμμώδης πηλός (SL), πηλός (L), ιλιοπηλός (SiL), ιλύς (Si), αμμώδης αργιλοπηλός (SCL), αργιλώδης πηλός (CL), ιλιώδης αργιλοπηλός (SiCL).
- **Αμμώδη:** άμμος (S), πηλώδης άμμος (LS), αμμώδης πηλός (SL).



Σχ. 1.1α.

Τριγωνικό σύστημα για την κατάταξη των εδαφών ανάλογα με τη μηχανική σύσταση.

Για τις παραπάνω κατηγορίες πολύ συχνά, επίσης, γίνεται χρήση των χαρακτηρισμών: **λεπτόκοκκα, μέσης συστάσεως και χονδρόκοκκα ή αδρομερή εδάφη** ή αντιστοίχως **βαριά, μέσα και ελαφρά εδάφη**.

Το μέγεθος των δομικών στοιχείων του εδάφους έχει ιδιαίτερη σημασία για τις αρδεύσεις, γιατί επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την κίνηση του νερού μέσα σ' αυτό, την αποθήκευσή του καθώς και τη διαθέσιμη ποσότητα νερού για την ανάπτυξη των φυτών.

Η **δομή** του εδάφους εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο διατάξεως των δομικών στοιχείων του και από την περιεκτικότητά του σε άργιλο, οργανικές ουσίες και χούμο. Έτσι, εδάφη με την ίδια μηχανική σύσταση συμβαίνει να έχουν διαφορετική δομή και συνεπώς διαφορετικές ιδιότητες. Τα εδάφη που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε **χούμο** επιτρέπουν καλύτερη κυκλοφορία του νερού και του αέρα.

β) Φυσικές παράμετροι του εδάφους.

1) Πραγματικό ειδικό βάρος (ϵ_{π}) = το βάρος των στερεών υλικών του εδάφους αναφερόμενο στη μονάδα του όγκου.

$$\epsilon_{\pi} = \frac{B_{\sigma}}{O_{\sigma}} \quad (1)$$

όπου: B_{σ} = βάρος στερεών υλικών εδάφους.

O_{σ} = στερεός όγκος εδάφους (χωρίς πόρους).

$\epsilon_{\pi} = 2,60 - 2,70 \text{ (gr/cm}^3)$ για τα συνήθη εδάφη.

1,50 (gr/cm³) για τις οργανικές ουσίες και

1,37 (gr/cm³) για το χούμο.

2) **Φαινόμενο ειδικό βάρος (ϵ_{ϕ})** = ο λόγος του βάρους ξηρού εδάφους προς το συνολικό του όγκο (στερεά και κενά) στη φυσική του κατάσταση.

$$\epsilon_{\phi} = \frac{B_{\xi\epsilon}}{O_{\sigma}} \quad (2)$$

όπου: $B_{\xi\epsilon}$ = βάρος ξηρού εδάφους.

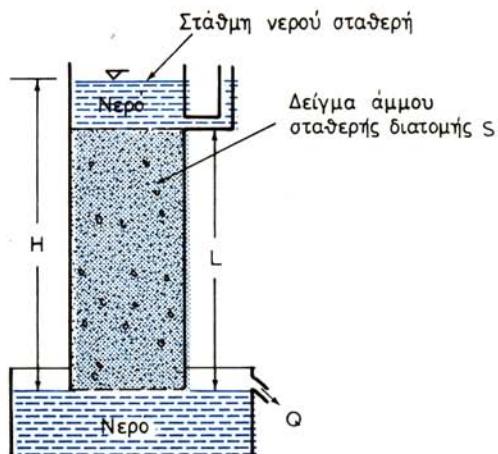
O_{σ} = συνολικός όγκος εδάφους και πόρων.

$\epsilon_{\phi} = 0,90 - 1,70$ ανάλογα με τον τύπο του εδάφους.

3) **Πορώδες (%)**. Τόσο το φαινόμενο όσο και το πραγματικό ειδικό βάρος αποτελούν σταθερές του εδάφους και επιτρέπουν τον έμμεσο προσδιορισμό του πορώδους (%) του εδάφους επί τόις εκατόν, με τη βοήθεια της σχέσεως:

$$\Pi\% = \frac{\epsilon_{\pi} - \epsilon_{\phi}}{\epsilon_{\pi}} \cdot 100 = \left(1 - \frac{\epsilon_{\phi}}{\epsilon_{\pi}}\right) \cdot 100 \quad \text{ή} \quad \Pi\% = \left(1 - \frac{\rho_{\phi}}{\rho_{\pi}}\right) 100 \quad (3)$$

4) **Υδατοπερατότητα (K) – Διηθητικότητα (I)**. Εάν πάρομε ένα δείγμα εδάφους και το κατακλύσουμε με νερό διατηρώντας, σταθερό το ύψος του νερού πάνω από αυτό, θα παρατηρήσουμε ότι το νερό, όταν εισέλθει στο έδαφος, γεμίζει σιγά σιγά τους πόρους του διώχνοντας τον αέρα που ήταν μέσα σ' αυτούς. Όταν όλοι οι πόροι του εδάφους γεμίσουν με νερό, τότε λέμε ότι το έδαφος βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού ή απλά ότι είναι κορεσμένο σε νερό. Η εκδίωξη του αέρα είναι τελειότερη όταν το δείγμα διατρέχεται από τα κάτω προς τα πάνω, γιατί έτσι αποφεύγεται ο εγκλωβισμός αέρα μέσα σε θύλακες, πράγμα που μπορεί να συμβή όταν η διαβροχή γίνεται από τα πάνω προς τα κάτω. Την ιδιότητα του εδάφους η οποία χαρακτηρίζει την ευκολία ή τη δυσκολία εκκινήσεως του νερού μέσα από τη μάζα του λέμε **υδατοπερατότητα**. Παρατηρώντας την εξέλιξη του παραπάνω φαινομένου στο χρόνο διαπιστώνομε ότι η διείσδυση του νερού στο έδαφος γίνεται στην αρχή με σχετικά πολύ μεγάλη ταχύτητα, η οποία μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, για να αποκτήσει, στην πράξη, σε κάποια χρονική στιγμή, σταθερή τιμή. Το φαινόμενο της διεισδύσεως του νερού στο έδαφος μέσα από την επιφάνειά του το ονομάζουμε **διηθηση**. Η σταθερή τιμή που αποκτά τελικά η ταχύτητα διηθήσεως λέγεται **βασική ή τελική διηθητικότητα (I)** και εκφράζεται συνήθως σε χιλιοστά νερού ανά ώρα (mm/h).



Σχ. 1.1β.

Απλουστευμένη συσκευή για επαλήθευση του νόμου του Darcy.

Την κίνηση του νερού μέσα σε πορώδη μέσα, όπως είναι το έδαφος, μελέτησε ο Darcy (1856) στην πόλη Dijon της Γαλλίας χρησιμοποιώντας μια κατακόρυφη στήλη από άμμο κορεσμένη με νερό (σχ. 1.1β). Τα αποτελέσματα των πειραμάτων του διατυπώνονται στην παρακάτω σχέση (4), η οποία είναι γνωστή ως «νόμος του Darcy».

$$Q = KS \frac{H}{L} \quad (4)$$

όπου: Q = η παροχή της ροής διαμέσου του εδάφους.

S = η συνολική διατομή ιστών και κόκκων του δείγματος του εδάφους.

H = το υδραυλικό φορτίο.

L = το μήκος του δείγματος.

$\frac{H}{L}$ = κλίση του υδραυλικού φορτίου.

K = **συντελεστής υδατοπερατότητας** ή **υδραυλική αγωγιμότητα** η οποία εκφράζεται, κατά κανόνα, σε εκατοστόμετρα ύψους νερού ανά ώρα (cm/h) και ορίζεται ως ταχύτητα ροής (φαινομενική) με κλίση υδραυλικού φορτίου ίση με τη μονάδα ($H/L = 1$).

Παραλληλίζοντας τη σχέση (4) με τη σχέση που δίνει την παροχή σ' έναν κλειστό αγωγό ($Q = S \cdot V$) και διαιρώντας την παροχή που εκρέει από την επιφάνεια του δείγματος του εδάφους με τήν επιφάνεια S αυτού, βρίσκομε μια «φαινομενική ταχύτητα». Η ταχύτητα αυτή είναι μικρότερη από το μέσο όρο των πραγματικών ταχυτήτων μέσα στο δείγμα, αν λάβομε υπόψη ότι η διατομή S δε συμμετέχει ολόκληρη στη ροή λόγω της παρουσίας των κόκκων του εδάφους.

Οι έννοιες «τελική διθητικότητα και συντελεστής υδατοπερατότητας» έχουν βασική σημασία στις αρδεύσεις και στις στραγγίσεις, γιατί επιτρέπουν την κατά-

ληλη εκλογή και διαστασιολόγηση του αρδευτικού ή του στραγγιστικού συστήματος, ώστε να περιορισθούν στο ελάχιστο οι απώλειες νερού. Οι απώλειες προέρχονται από απορροές που μπορεί να εμφανισθούν στην επιφάνεια του εδάφους όταν το νερό που εφαρμόζεται για την άρδευση του αγρού είναι περισσότερο από αυτό που μπορεί να απορροφήσει το έδαφος, ή από βαθιά διήθηση του νερού σε εδαφικά στρώματα που βρίσκονται σε μεγαλύτερο βάθος από το βάθος του κυρίου ριζικού συστήματος των φυτών με συνέπεια να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρακτικά απ' αυτό.

Ανάλογα με την τιμή της ταχύτητας διηθήσεως, που αυξάνεται όσο προχωρούμε από τα βαριά προς τα ελαφρά εδάφη, η διηθητικότητα σε cm/h διακρίνεται στις κατηγορίες που φαίνονται στον Πίνακα 1.1.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1.1.
Διάκριση διηθητικότητας σε cm/h.**

Κατηγορία	εκατοστ./ώρα (cm/h)
Πολύ αργή	0,12
Αργή	0,12 ως 0,50
Σχετικά αργή	0,50 ως 2,0
Μέτρια	2,0 ως 6,35
Σχετικά γρήγορη	6,35 ως 12,70
Γρήγορη	12,70 ως 25,0
Πολύ γρήγορη	25,0 και πάνω

1.1.2 Διάφορες καταστάσεις του νερού στο έδαφος.

Το νερό μέσα στο έδαφος, κάτω από την επίδραση ειδικών κλιματικών συνθηκών, μπορεί να βρίσκεται σε στερεή, υγρή ή αέρια κατάσταση. Περιορίζομενοι στην υγρή κατάσταση, ως την πλέον ενδιαφέρουσα για την άρδευση ή τη στράγγιση, σημειώνομε ότι στην προκείμενη περίπτωση, είναι χρήσιμη μια κατάταξη του νερού στο έδαφος σε βασικές κατηγορίες. Η κατάταξη αυτή, αν και αυθαίρετη, λόγω αντικειμενικών δυσκολιών, παρουσιάζει πρακτικό ενδιαφέρον, γιατί είναι καθιερωμένη και στην κλασσική διεθνή βιβλιογραφία.

Κατηγορίες εδαφικής υγρασίας.

a) Ελεύθερο νερό ή νερό βαρύτητας.

Έτσι χαρακτηρίζεται το νερό που γεμίζει προσωρινά τους μεγάλους πόρους ή τα κενά του εδάφους, και, κάτω από την επίδραση της βαρύτητας, διηθείται προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Το νερό αυτό χάνεται σχεδόν για τα φυτά. Βέβαια, αν κατά την εφαρμογή των αρδεύσεων ληφθεί μέριμνα, ώστε η δύση αρδεύσεως να είναι τέτοια που η κάθιδος αυτού του νερού να μην ξεπερνά το βάθος της **ενεργού ζώνης του ριζικού συστήματος** των φυτών (εδαφική ζώνη βάθους που περιλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό του ριζικού συστήματος που λαμβάνεται υπόψη για την άρδευση), τότε περιορίζονται στο μέγιστο οι απώλειες λόγω βαθιάς διηθήσεως. Δυστυχώς όμως στην πράξη, λόγω ατελειών των κλασσικών συστημάτων αρδεύσεως, αυτό δεν είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί, με αποτέλεσμα

ένα ποσοστό του αρδευτικού νερού να χάνεται για τα φυτά.

β) Υγροσκοπικό νερό.

Έτσι χαρακτηρίζεται το νερό που συγκρατείται με τη μορφή λεπτοτάτων μεμβρανών γύρω από την επιφάνεια των κόκκων του εδάφους λόγω ισχυρών συνεκτικών δυνάμεων και, πρακτικά, δεν μπορεί να απορροφηθεί από το ριζικό σύστημα των φυτών, γιατί η απαιτούμενη αρνητική τάση (μύζηση) που πρέπει να ασκηθεί από αυτό είναι πολύ μεγάλη.

γ) Τριχοειδές νερό.

Έτσι χαρακτηρίζεται το νερό που συγκρατείται στους τριχοειδείς πόρους του εδάφους και γύρω από τους κόκκους του εδάφους κάτω από την επίδραση δυνάμεων επιφανειακής τάσεως και μοριακής έλξεως. Το τμήμα αυτό της εδαφικής υγρασίας είναι ουσιαστικά η κύρια πηγή τροφοδοσίας των φυτών σε νερό, γιατί και εύκολα προσφέρεται, αλλά και εύκολα απορροφάται από το ριζικό σύστημα των φυτών.

1.1.3 Συμπεριφορά του νερού μέσα στο έδαφος.

α) Υγρασία κορεσμού, υδατοϊκανότητας, μαράνσεως.

Όταν όλοι οι πόροι ενός εδάφους είναι γεμάτοι με νερό, τότε λέμε ότι το έδαφος αυτό από πλευράς υγρασίας βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού (**υγρασία κορεσμού**).

Αν διαβρέξουμε ένα έδαφος μέχρι κορεσμού και στη συνέχεια το αφήσουμε να στραγγίσει, θα παρατηρήσουμε ότι μετά από ένα χρονικό διάστημα, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, η στράγγιση, πρακτικά, σταματά. Τη στιγμή αυτή, δηλαδή αμέσως μετά την απομάκρυνση του νερού βαρύτητας, το έδαφος από πλευράς υγρασίας, λέμε ότι βρίσκεται στην **υδατοϊκανότητά του**. Στην κατάσταση αυτή τα φυτά παίρνουν τις αναγκαίες γι' αυτά ποσότητες νερού καταβάλλοντας την ελάχιστη αρνητική πίεση (μύζηση), που είναι το 1/3 της ατμοσφαιρικής πίεσεως.

Όταν η παραπάνω αρνητική πίεση φθάσει, λόγω μειώσεως της υγρασίας, τις 15 ατμόσφαιρες, τότε λέμε ότι το έδαφος από πλευράς υγρασίας βρίσκεται στη **ζώνη μαράνσεως** και το πότισμα είναι απαραίτητο, γιατί διαφορετικά τα φυτά θα μαραθούν μέσα σε λίγες ημέρες, ανάλογα με την αντοχή τους, και δεν θα ξαναβρούν τη θαλερότητά τους, έστω και αν στη συνέχεια ποτιστούν κανονικά. Η διαφορά της υγρασίας μαράνσεως από την υγρασία υδατοϊκανότητας αποτελεί τη **διαθέσιμη υγρασία ή ωφέλιμη υγρασία** για τα φυτά.

β) Παράσταση, έκφραση και μέθοδοι μετρήσεως της εδαφικής υγρασίας.

1) Γενική παράσταση (σχ. 1.1γ).

Επεξηγηματικό κείμενο.

Το έδαφος μπορούμε να το παρομοιάσουμε με μια απλή υδατοδεξαμενή (σχ. 1.1γ). Μετά από μια πλήρη άρδευση το έδαφος βρίσκεται, μέχρι κάποιο βάθος, σε κατάσταση κορεσμού. Η υδατοδεξαμενή δηλαδή είναι γεμάτη [σχ. 1.1δ (α)].

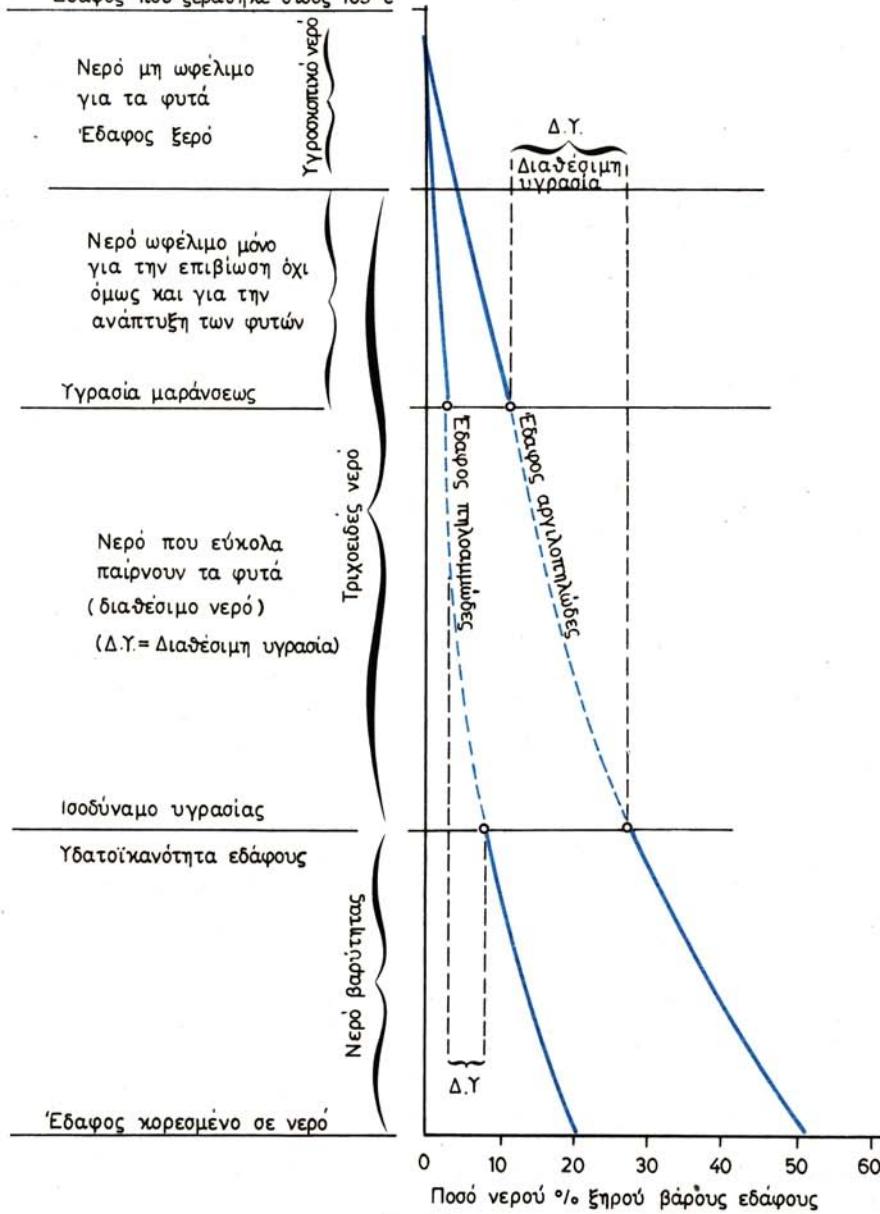
μο συγρασίας και πλησιάζει πολύ την συγρασία υδατοϊκανότητας, κυρίως σε εδάφη μέσης συστάσεως. Γενικά το ισοδύναμο απαιτεί διόρθωση σε λεπτόκοκκα ή χονδρόκοκκα εδάφη. Η διόρθωση αυτή αποτελεί αντικείμενο ερευνών.

3) Παράσταση σε συγκεκριμένα εδάφη (σχ. 1.1στ).

Επεξηγηματικό κείμενο.

Από τα πειράματα που έγιναν για την εδαφική συγρασία των συγκεκριμένων ε-

Έδαφος που ξεράθηκε στους 105 °C



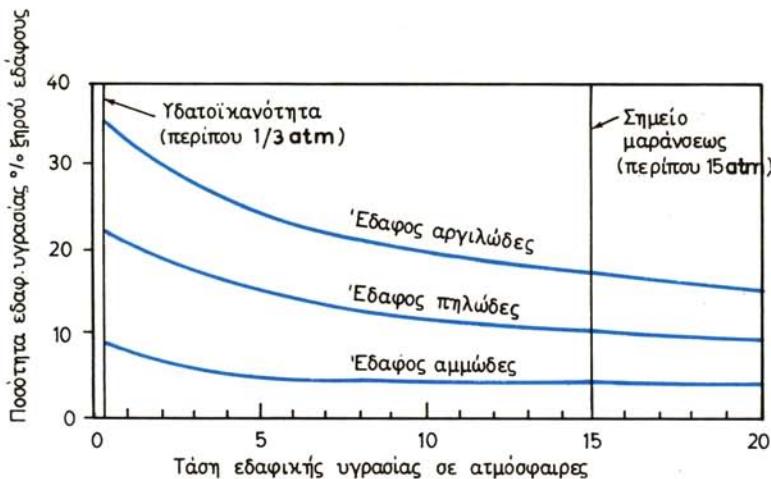
Παράσταση εδαφικής συγρασίας σε συγκεκριμένα εδάφη (πειράματα Σταθμών Ερεύνης Εγγείων Βελτιώσεων Θεσσαλονίκης).

δαφών, διαπιστώθηκε ότι στο περισσότερο λεπτόκοκκο έδαφος η υγρασία κορεσμού, η υδατοϊκανότητα, η διαθέσιμη καθώς και η μη διαθέσιμη υγρασία είναι μεγαλύτερες. Η παρατήρηση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για τον υπολογισμό της δόσεως αρδεύσεως (ποσότητα νερού σε κάθε άρδευση) και του **εύρους αρδεύσεως** (χρόνος που μεσολαβεί μεταξεί δύο διαδοχικών αρδεύσεων).

4) Σχέσεις εδαφικής υγρασίας και τάσεως της υγρασίας για διάφορα εδάφη (σχ. 1.1ζ).

Επεξηγηματικό κείμενο.

Στις καμπύλες αυτές διαπιστώνεται σαφέστερα ότι στην υδατοϊκανότητα (τάση ίση με 1/3 atm) και στην περιοχή μαράνσεως (τάση ≥ 15 atm) η υγρασία αρχίζοντας από τα λεπτής και προχωρώντας στα μέσης και αδρομερούς συστάσεως εδάφη συνεχώς μειώνεται. Επίσης η μη διαθέσιμη υγρασία ακολουθεί ανάλογη εξέλιξη.



Σχ. 1.1ζ.

Σχέσεις εδαφικής υγρασίας και τάσεως της υγρασίας για διάφορα εδάφη.

5) Ποσοτική έκφραση της εδαφικής υγρασίας.

Σε βάρος, ως ποσοστό επί τοις εκατόν ξηρού βάρους εδάφους από τη σχέση:

$$\text{Υγρασία σε βάρος } (\mu_\beta) = \frac{\text{Βάρος νερού}}{\text{βάρος ξηρού εδάφους}} \times 100 = \frac{\beta_u}{\beta_{\xi e}} \times 100 \quad (5)$$

Επεξηγηματικό κείμενο.

Για τον παραπάνω προσδιορισμό παίρνομε, χρησιμοποιώντας εδαφολογικό τρυπάνι δείγμα εδάφους, το οποίο βάζομε μέσα σε ειδικό και καλά καλυμμένο δοχείο για να αποφευχθεί κάθε πιθανή απώλεια υγρασίας λόγω εξατμίσεως. Το δό-

σταματήσει πρακτικά, το έδαφος βρίσκεται στην υδατοϊκανότητά του [σχ. 1.1δ (β)].

Τα φυτά αντλούν συνεχώς νερό με τις ρίζες τους (ωφέλιμη ή διαθέσιμη υγρασία = υγρασία υδατοϊκανότητας – υγρασία μαράνσεως), ενώ ένα άλλο, μικρό σχετικά ποσοστό υγρασίας, εξατμίζεται.

Σε κάποια στιγμή τα φυτά δεν μπορούν πλέον να πάρουν εύκολα νερό από το έδαφος (μύζηση ≥ 15 atm). Το νερό που συγκρατεί τό έδαφος σ' αυτή την κατάσταση, δεν είναι διαθέσιμο για τα φυτά. Βρισκόμαστε στην περιοχή της υγρασίας μαράνσεως [σχ. 1.1δ (γ)].

2) Λεπτομερής παράσταση (σχ. 1.1ε).

Επεξηγηματικό κείμενο.

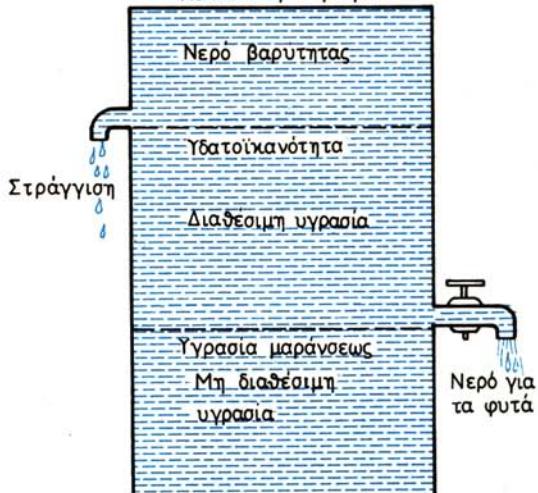
Στην παράσταση αυτή βλέπουμε ότι γίνεται επιμερισμός της υγρασίας υδατοϊκανότητας στις συνιστώσες της επί τοις εκατόν. Τα ποσοστά αυτά είναι ενδεικτικά και βρέθηκαν ύστερα από πειράματα στη Γαλλία, αφού πρώτα μετρήθηκε η υγρασία υδατοϊκανότητας που ορίσθηκε ως η υγρασία που παραμένει σε κορεσμένο αρχικά

ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΔΑΦ. ΥΓΡΑΣΙΑΣ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΦΥΤΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ	
ΚΟΡΕΣΜΟΣ ↑ ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ ↑	ΥΓΡΑΣΙΑ ΖΩΝΗΣ ΜΑΡΑΝΣΕΩΣ ↑ 50 ως 55%	Νερό υγροσκοπικό μη διαθέσιμο (μυζητική τάση > 15 atm)	ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΝΕΡΟ
↓ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ↓	20 ως 15%	Νερό, πρακτικά ελάχιστα χρησιμοποιούμενο μόνο σε επαφή με τα μυζητικά τριχίδια	ΤΡΙΧΟΕΙΔΕΣ ΝΕΡΟ
↓ 30%	20 ως 15%	Νερό που σχετικά δύσκολα παίρνουν τα φυτά	
		Νερό που εύκολα παίρνουν τα φυτά Κύρια πηγή τροφοδοσίας	
		Νερό βαρύτητας ελάχιστα και βοηθητικά χρησιμοποιούμενο από τα φυτά	ΝΕΡΟ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

Σχ. 1.1ε.
Λεπτομερής παράσταση εδαφικής υγρασίας.

δείγμα εδάφους, το οποίο υποβλήθηκε σε φυγοκέντριση επί μισή ώρα με δύναμη χιλιοπλάσια από τη βαρύτητα (1000 g). Η υγρασία αυτή είναι γνωστή ως **ισοδύνα-**

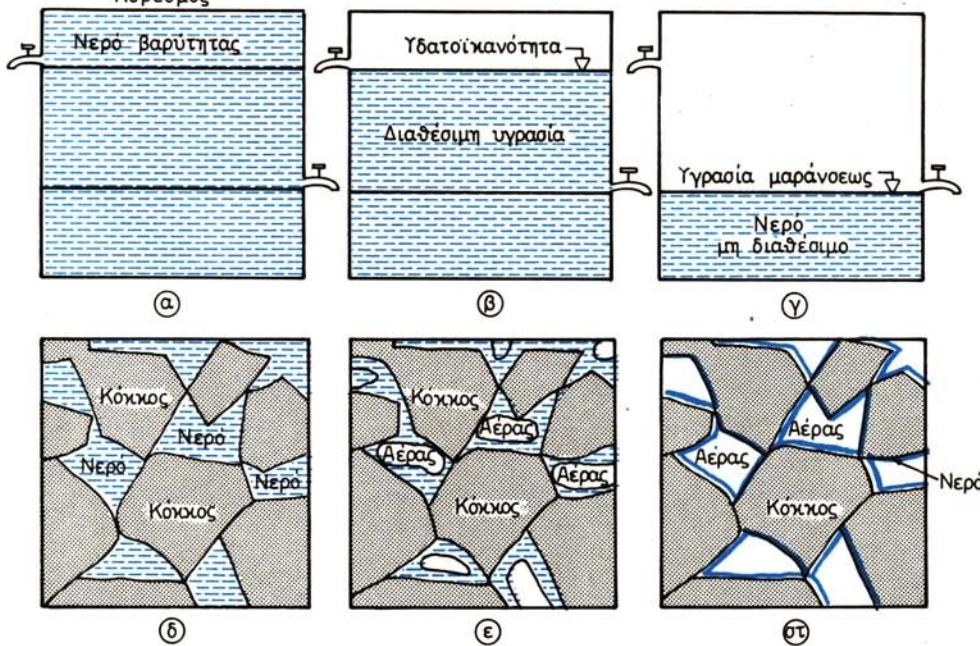
Κατάσταση κορεομού



Σχ. 1.1γ.

Παράσταση γενικής καταστάσεως της εδαφικής υγρασίας.

Κορεομός



Σχ. 1.1δ.

Έχηματική παράσταση εξελίξεως της υγρασίας στο έδαφος από τη φάση κορεομού μέχρι τη φάση ξηράνσεως (α.β.γ). Η υγρασιακή κατάσταση του έδαφους σε καθεμιά από τις παραπάνω φάσεις (δ.ε.στ).

χείο με το δείγμα το ζυγίζομε σε ζυγό ακριβείας και στη συνέχεια το τοποθετούμε μέσα σε κλίβανο, θερμοκρασίας 105 - 110°C, όπου παραμένει μέχρις ότου αποκτήσει σταθερό βάρος. Η διαφορά του βάρους πριν και μετά την ξήρανση μας δίνει το βάρος του νερού που περιείχε το δείγμα. Το τελευταίο, διαιρούμενο με το βάρος του ξηρού εδάφους και πολλαπλασιαζόμενο επί 100, μας δίνει την εκατοστιαία αναλογία της περιεχόμενης στο δείγμα υγρασίας προς το βάρος του ξηρού εδάφους.

Παράδειγμα.

Έστω:

- Βάρος υγρού εδάφους μαζί με το δοχείο = 180,5 gr
- Βάρος ξηρού εδάφους μαζί με το δοχείο = 162,3 gr
- Βάρος δοχείου = 20,2 gr

$$\text{Τότε: } u_{\beta} = \frac{180,5 - 162,3}{162,3 - 20,2} \times 100 = \frac{18,2}{142,1} \times 100 = 12,8 \text{ gr και}$$

συνεπώς η περιεχομένη στο δείγμα υγρασία είναι 12,8% του ξηρού βάρους εδάφους.

Σε δύκο, ως ποσοστό επί τοις εκατόν του συνολικού δύκου εδάφους και πόρων από τη σχέση:

$$\text{Υγρασία σε δύκο } (u_o) = \frac{\text{όγκος νερού}}{\text{συνολικός ογκός εδάφους και πόρων}} \times 100 \quad \text{rī (6)}$$

$$u_o = \frac{O_u}{O_{\sigma}} \times 100$$

- **Σχέση μεταξύ u_{β} και u_o .**

Επειδή το ειδικό βάρος του νερού είναι ίσο με τη μονάδα, από τη σχέση (6) θα προκύψει:

$$u_o = \frac{O_u}{O_{\sigma}} \times 100 = \frac{\beta_u}{O_{\sigma}} \times 100$$

Διαιρώντας κατά μέλη την παραπάνω σχέση με τη σχέση (5), θα έχομε:

$$\frac{u_o}{u_{\beta}} = \frac{\frac{\beta_u}{O_{\sigma}} \times 100}{\frac{\beta_u}{\beta_{\xi\epsilon}} \times 100} = \frac{\beta_{\xi\epsilon}}{O_{\sigma}} = \epsilon_{\phi} = \text{φαινόμενο ειδικό βάρος}$$

Άρα:

$$u_o = u_{\beta} \cdot \epsilon_{\phi} \quad (7)$$

Παράδειγμα.

Έστω ότι έδαφος με βάρος 120 gr στη φυσική του κατάσταση, έχασε, ξεραινόμενο μέχρι να αποκτήσει σταθερό βάρος, 20 gr και ότι το φαινόμενο ειδικό του βάρος είναι: $\epsilon_{\phi} = 1,30$ gr.

Εφαρμόζοντας τη σχέση (5), θα έχομε:

$$u_{\beta} = \frac{\beta_u}{\beta_{\xi}} \times 100 = \frac{20}{120 - 20} \times 100 = 2,0$$

Δηλαδή: $u_{\beta} = 20\%$ ξηρού βάρους εδάφους.

Εφαρμόζοντας τη σχέση (7), θα έχομε:

$$u_0 = u_{\beta} \cdot \epsilon_{\phi} = 20 \times 1,30 = 26$$

Δηλαδή 26% του όγκου του εδάφους.

6) Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας. Περιγραφή των κυριοτέρων μεθόδων.

— Μέτρηση της υγρασίας με δείγματα εδάφους.

Με τη μέθοδο αυτή, που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, μετρούμε απευθείας την υγρασία δειγμάτων εδάφους, τα οποία παίρνομε από διαφορετικά βάθη, ανάλογα με την κατανομή του ριζικού συστήματος των φυτών.

— Μέτρηση της υγρασίας με τη μέθοδο Bouyoucos.

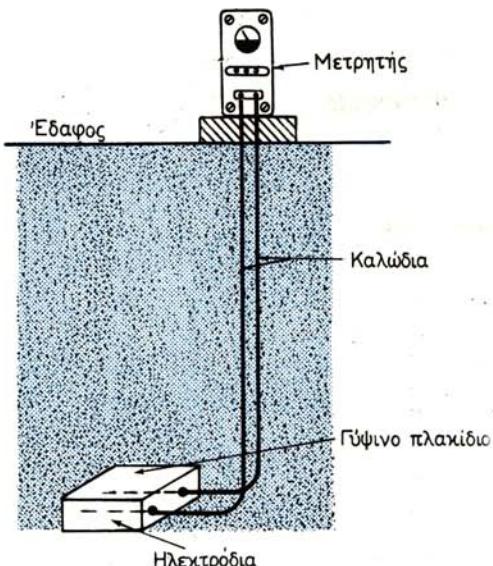
Η συσκευή **Bouyoucos** (σχ. 1.1η) αποτελείται από ένα γύψινο πλακίδιο, δύο ανοξείδωτα ηλεκτρόδια από χάλυβα και από το μετρητή με τον οποίο συνδέονται τα άκρα των καλωδίων που ξεκινούν από το γύψινο πλακίδιο. Η αρχή της μεθόδου συνίσταται στο γεγονός ότι το γύψινο πλακίδιο βρίσκεται με ικανοποιητική προσέγγιση στην ίδια υγρασία με το έδαφος που το περιβάλλει. Όσο πο υγρό είναι το πλακίδιο τόσο μικρότερη είναι η ηλεκτρική αντίσταση που παρουσιάζει. Το αντίθετο συμβαίνει όταν η υγρασία του εδάφους μειώνεται, οπότε η ηλεκτρική αντίσταση αυξάνεται.

Η μέτρηση αυτής της αντιστάσεως γίνεται από το μετρητή, ο οποίος λειτουργεί με πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος και έχει ρυθμισθεί έτσι, ώστε να δίνει απευθείας το ποσό της διαθέσιμης υγρασίας του εδάφους, δηλαδή της υγρασίας που μπορεί να προσληφθεί εύκολα από τα φυτά. Είναι φανερό ότι για μια μεγάλη καλλιεργούμενη και αρδευόμενη έκταση, τα γύψινα πλακίδια θα πρέπει να τοποθετούνται σε αντιπροσωπευτικές θέσεις και σε διάφορα βάθη, ανάλογα με την κατανομή του ριζικού συστήματος των καλλιεργουμένων φυτών. Επισημάνεται ότι μόλις παρατηρηθούν αλλοιώσεις στην επιφάνεια των πλακιδίων, τα πλακίδια θα πρέπει να αντικατασταθούν.

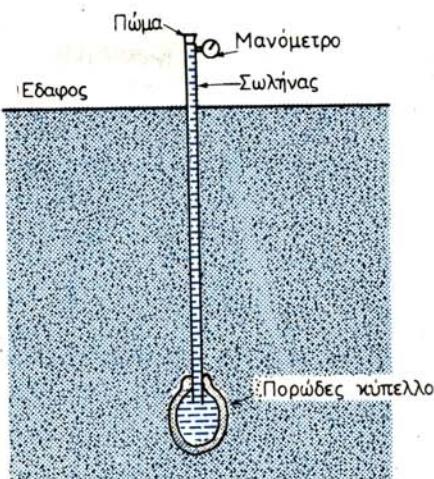
— Μέτρηση της υγρασίας με τη βοήθεια των τασιμέτρων.

Το **τασιμέτρο** (σχ. 1.1θ) είναι ένας απλός σωλήνας του οποίου το κάτω άκρο καταλήγει σε ένα πορώδες κύπελλο, ενώ το επάνω συνδέεται με ένα μανόμετρο βαθμολογημένο συνήθως σε cB (σεντιμπάρ) (1 Bar = 100 cB). Ο γεμάτος με νερό σωλήνας τοποθετείται μέσα στο έδαφος σε τρόπο, ώστε το πορώδες κύπελλο να βρίσκεται στο βάθος που θέλουμε να γνωρίζομε την υγρασία. Το κυρίως ενεργό μέρος του τασιμέτρου είναι το πορώδες κύπελλο διά μέσου του οποίου επικοινωνεί το νερό του σωλήνα με το νερό του εδάφους.

Όταν το έδαφος αρδεύεται, η τάση της εδαφικής υγρασίας ελαττώνεται και η



Σχ. 1.1η.
Συσκευή Βουγουκος.

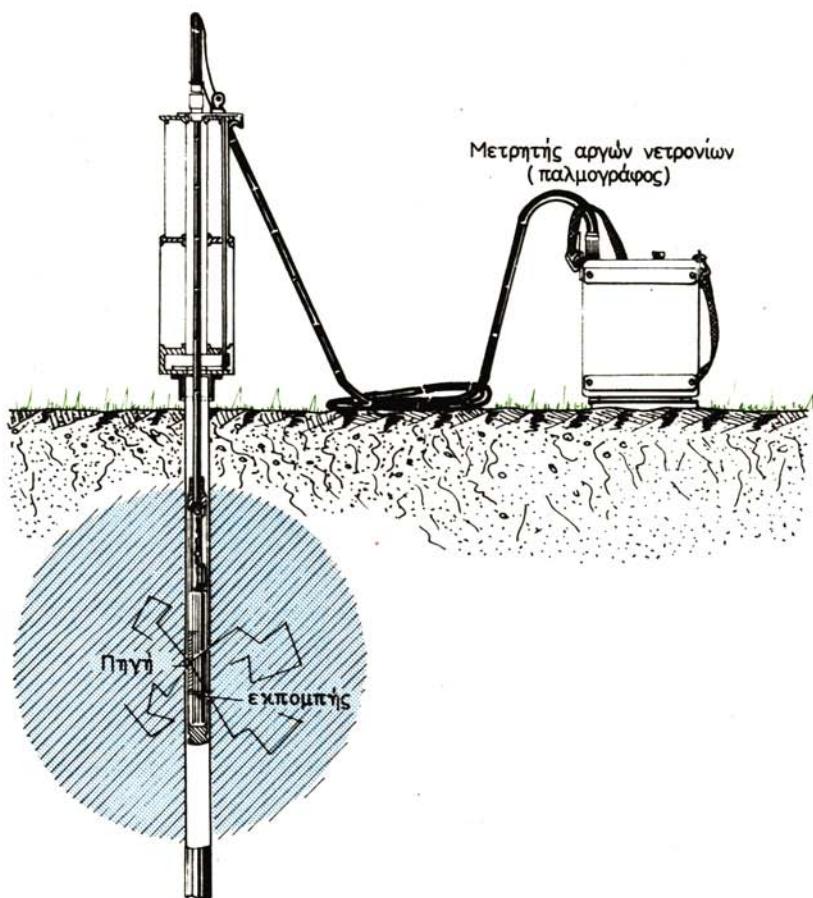


Σχ. 1.1θ.
Τασίμετρο.

ένδειξη του μανομέτρου πλησιάζει προς το μηδέν όσο η υγρασία πλησιάζει τον κορεσμό. Λόγω όμως της εξατμισοδιαπνοής, το έδαφος προοδευτικά ξεραίνεται και το ευρισκόμενο μέσα από σωλήνα νερό βγαίνει από τα τοιχώματα του πορώδους κυπέλλου, οπότε μέσα στο σωλήνα δημιουργείται ανάλογο κενό που προκαλεί τη μετακίνηση του δείκτη του οργάνου. Η ένδειξη του οργάνου δείχνει την επικρατούσα αρνητική τάση της εδαφικής υγρασίας. Όταν ο δείκτης βρίσκεται μεταξύ των ενδείξεων που έχουν προκαθορισθεί ανάλογα με την κατηγορία του εδάφους, τότε πρέπει να γίνει άρδευση για να ξαναφθάσει το έδαφος στην υδατοϊκανότητά του. Γενικά με μικρές αποκλίσεις, η ένδειξη του μανομέτρου στην υγρασία της υδατοϊκανότητας είναι περίπου 30 cB (σεντιμπάρ). Τα τασίμετρα τοποθετούνται σε διάφορα βάθη, ανάλογα με το βάθος του κύριου ριζοστρώματος. Τα συνήθη βάθη στα οποία τοποθετούνται τα τασίμετρα είναι 15 cm, 30 cm, 60 cm και 90 cm. Οι ενδείξεις τους είναι ικανοποιητικές για πιέσεις μικρότερες των 0,8 atm.

— Μέτρηση της υγρασίας με τη συσκευή νετρονίων (σχ. 1.1ι).

Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής διανοίγεται μία οπή στο έδαφος στην οποία εισάγεται μεταλλικός κυλινδρικός σωλήνας για τη συγκράτηση του εδάφους. Ο σωλήνας είναι κλειστός στο κάτω άκρο του για να εμποδίζεται η είσοδος του νερού μέσα σ' αυτόν. Στο βάθος που θέλουμε να μετρήσουμε την υγρασία, τοποθετείται η πηγή ταχέων νετρονίων της συσκευής (μίγμα Βηρυλλίου με Πολώνιο ή με Ράδιο ή με Αμερίκιο). Τα ταχέα νετρόνια συγκρουόμενα με πυρήνες υδρογόνου χάνουν ένα μεγάλο μέρος από την ταχύτητά τους και μετατρέπονται έτσι σε **αργά νετρόνια** που καταγράφονται από ειδικό ανιχνευτή με τον οποίο είναι εξοπλισμένη



Σχ. 1.1ι.
Συσκευή νετρονίων.

η συσκευή. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των αργών νετρονίων που φθάνει στο μετρητή.

Η αρχή της μεθόδου συνίσταται στο γεγονός ότι το υδρογόνο είναι το κύριο στοιχείο που απορροφά τα ταχέα νετρόνια, ενώ το νερό είναι η κύρια πηγή υδρογόνου στο έδαφος. Έτσι υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ της υγρασίας του εδάφους και του αριθμού των αργών νετρονίων που φθάνουν στο μετρητή. Η μέθοδος είναι ακριβής και γρήγορη, γιατί μπορούμε μετακινώντας απλώς την πηγή νετρονίων μέσα στο σωλήνα να μετρήσουμε την υγρασία του εδάφους σε διάφορα βάθη. Το μεγάλο μειονέκτημα όμως της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος της συσκευής.

Είναι φανερό ότι αν οι μεταλλικοί σωλήνες, μένουν μόνιμα μέσα στο έδαφος, τότε η εφαρμογή της μεθόδου είναι πάρα πολύ γρήγορη, γιατί συνίσταται σε απλή μετακίνηση της συσκευής από θέση σε θέση.

γ) Γενικές παρατηρήσεις για τη συμπεριφορά της εδαφικής υγρασίας.

Είναι γνωστό ότι το έδαφος διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και από σπιθαμή

προς σπιθαμή, όπως συνηθίζεται να λέγεται. Επίσης το ριζικό σύστημα των φυτών για πολλούς λόγους δεν αναπτύσσεται συμμετρικά και ομοιόμορφα γύρω από κάποιο ριζικό άξονα. Έτσι η μέτρηση της υγρασίας, με οποιαδήποτε από τις μεθόδους που αναφέραμε, δεν έχει παρά περιορισμένη σε έκταση ισχύ. Πολλές φορές μάλιστα, δύο τασίμετρα τοποθετημένα κοντά στο ίδιο φυτό και στο ίδιο βάθος, συμβαίνει να δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα, αν τα πορώδη τους κύπελλα τύχει να βρεθούν σε διαφορετικής πυκνότητας ριζικό σύστημα. Προφανώς τα τασίμετρα που θα βρίσκεται σε πλουσιότερο ριζικό σύστημα, θα δείχνει μεγαλύτερο έλλειμμα υγρασίας, λόγω εντονότερης αντλήσεως νερού. Για να μετρηθεί λοιπόν σωστά η εδαφική υγρασία και να καθορισθεί ο σωστός τρόπος αρδεύσεως απαιτείται μεγάλος αριθμός μετρήσεων, τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφα, ανάλογα με το βάθος που αναπτύσσεται το κύριο ριζικό σύστημα των καλλιεργουμένων φυτών. Πράγμα το οποίο προϋποθέτει πρόσθετες δαπάνες και ειδικευμένο πρωτότυπο.

1.1.4 Ποιότητα του νερού για άρδευση.

α) Φυσική ποιότητα.

Από τις φυσικές ιδιότητες του νερού ιδιαίτερη σημασία έχει η θερμοκρασία του. Η άριστη θερμοκρασία του νερού για άρδευση είναι για τα περισσότερα φυτά περίπου 25°C όταν αυτά βρίσκονται σε φάση έντονης βλαστητικής δραστηριότητας. Νερό κρύο ή πολύ ζεστό μπορεί να προκαλέσει καταστροφές, κυρίως στα νεαρά φυτά. Ιδιαίτερη πρόσοχή χρειάζεται όταν τα νερά προέρχονται από πηγές ή πηγάδια, γιατί, συνήθως, τα νερά αυτά είναι πολύ κρύα. Η θερμοκρασία του νερού πρέπει πάντοτε να συσχετίζεται με τη θερμοκρασία που επικρατεί στην επιφάνεια του εδάφους κατά την περίοδο της αρδεύσεως. Ένα αποτελεσματικό μέτρο προστασίας των φυτών είναι ή προθέρμανση του νερού μέσα σε ειδικές δεξαμενές, πριν εφαρμοσθεί στον αγρό με την άρδευση.

Επίσης από πλευράς φυσικής συμπεριφοράς του νερού, πρέπει να εξετάζεται και η ποιότητα της ίλιος (λάσπης) που τυχόν μεταφέρει και η ποιότητα των αιωρουμένων φερτών υλών. Η μεταφερόμενη ίλιος μπορεί να είναι γόνιμη, όπως π.χ. συμβαίνει στην κοιλάδα του Νείλου ή μη γόνιμη. Μερικές φορές συμβαίνει όχι μόνο να μην είναι γόνιμη αλλά και επιζήμια, όταν π.χ. αποτελείται από κολλοειδή στοιχεία πλούσια σε κατιόντα νατρίου Na^+ που λόγω της μεγάλης τους διασποράς φράζουν τους πόρους του εδάφους και ελαττώνουν έτσι επικίνδυνα την υδατοπερατότητά του. Σε περιπτώσεις αρδεύσεως με τεχνητή βροχή ή με σταγόνες, όπου η περιεκτικότητα του νερού σε φερτές ύλες και ειδικότερα το μέγεθός τους, μπορεί να προκαλέσει έμφραξη στους εκτοξευτήρες ή στους σταλακτήρες ή ακόμα γρήγορη φθορά των εγκαταστάσεων, επιβάλλεται η απομάκρυνσή τους με διάφορες τεχνικές, όπως π.χ. είναι οι λεκάνες καθιζήσεως, ειδικά φίλτρα κ.α.

β) Χημική ποιότητα.

Η χημική ποιότητα του νερού για άρδευση εξαρτάται από την ποιότητα και ποσότητα των διαλυτών αλάτων που περιέχει. Από όλα τα διαλυτά άλατα εκείνο που συναντούμε συχνότερα είναι το χλωριούχο νάτριο, το οποίο πέρα από ορισμένα όρια (5 gr/l) κάνει το νερό ακατάλληλο για άρδευση στις περισσότερες καλλιέργειες.

Τα άλατα που συναντώνται συχνότερα είναι, από πλευράς κατιόντων, του ασβεστίου, του μαγνησίου και του νατρίου και, από πλευράς ανιόντων, διπανθρακικά, θειικά και χλωριούχα. Ολική περιεκτικότητα των αρδευτικών νερών σε άλατα από 100 μέχρι 1500 ppm είναι ανεκτή για τις περισσότερες καλλιέργειες, από 1500 μέχρι 5000 ppm για πολύ λίγες και πάνω από 5000 ppm για ελάχιστα ανθεκτικά σε άλατα φυτά (ppm = μέρη στο εκατομμύριο, και σαφέστερα: 1000 ppm αντιστοιχούν σε 1 gr αλάτων στο λίτρο).

Γενικά η άρδευση με αλατούχα νερά, εφόσον δε συνοδεύεται από ανάλογη έκπλυση του εδάφους, αυξάνει την περιεκτικότητα του εδάφους σε άλατα με άμεσο κίνδυνο επιβραδύνσεως της αυξήσεως των φυτών και μειώσεως των αποδόσεων, φθάνοντας, μέσα σε λίγα χρόνια, μέχρι τον εκμηδενισμό τους. Η περίσσεια νατρίου στο έδαφος μπορεί να προκαλέσει αλκαλίωση ή και υποβάθμιση της δομής του εδάφους.

Για τα όρια της καταλληλότητας των αρδευτικών νερών υπάρχουν πολλές απώψεις και πολλά πειράματα έγιναν και γίνονται, για να διαπιστωθεί η ανθεκτικότητα των καλλιέργειών σε αλατούχα νερά διαφόρων περιεκτικοτήτων. Η ποιοτική ταξινόμηση των αρδευτικών νερών μπορεί να εκφρασθεί με διάφορα συστήματα. Επικρατέστερο φαίνεται να είναι το σύστημα που χρησιμοποιείται στις Η.Π.Α., με το οποίο τα αρδευτικά νερά κατατάσσονται με βάση την περιεκτικότητά τους σε άλατα και την περιεκτικότητά τους σε νάτριο (σχ. 1.1α). Για το σκοπό αυτό είναι ανάγκη να προσδιορισθούν στο εργαστήριο η **ηλεκτρική αγωγιμότητα** (AC) του νερού θερμοκρασίας 25°C που εκφράζεται σε **micromhos/cm** και ο **λόγος προσροφήσεως νατρίου (S.A.R.)** (Sodium Absorption Ratio) που δίνεται από τη σχέση:

$$\text{S.A.R.} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}} \quad (8)$$

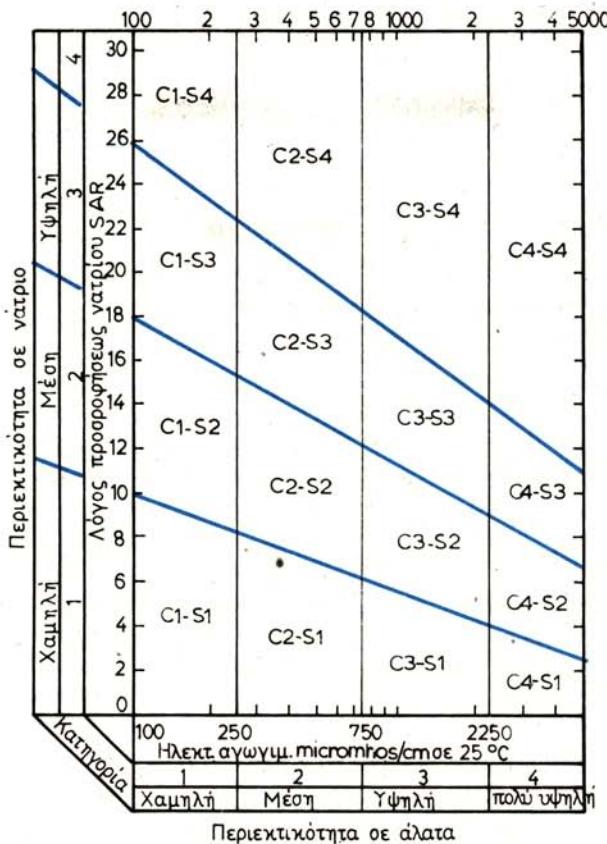
Στη σχέση αυτή η περιεκτικότητα σε ίόντα Na, Ca και Mg εκφράζεται σε χιλιοστοϊσοδύναμα ανά λίτρο (meq/l).

Επεξηγηματικό κείμενο για τις μονάδες.

Ο συμβολισμός mho που σημαίνει αγωγιμότητα, είναι το αντίθετο του οήμ που στον ηλεκτρισμό σημαίνει αντίσταση. Η ειδική αγωγιμότητα του νερού εκφράζεται σε micromhos = 10^{-6} mho ή σε millimhos = 10^{-3} mho.

Ο συμβολισμός meq/l σημαίνει χιλιοστοϊσοδύναμα ανά λίτρο και για να βρούμε τι σημαίνει σε γραμμάρια ανά λίτρο, πρέπει το χιλιοστοϊσοδύναμο του στοιχείου να εκφρασθεί σε γραμμάρια. Έστω π.χ. το νάτριο (Na). Το ισοδύναμό του είναι ίσο με το ατομικό του βάρος, διαιρεμένο με το σθένος του, δηλαδή $23:1 = 23$ και το χιλιοστοϊσοδύναμό του σε γραμμάρια είναι ίσο με $23:1000 = 0,023$ gr. Επομένως όταν λέμε π.χ. 5 χιλιοστοϊσοδύναμα Na ανά λίτρο (5 meq/l) σε γραμμάρια, σημαίνει $5 \times 0,023 = 0,115$ gr/l ή ακόμα 115 ppm.

Ακόμη, για τη μετατροπή της περιεκτικότητας σε άλατα, που δίνεται σε micromhos/cm ή millimhos/cm σε ppm, αρκεί να την πολλαπλασίασμε επί 0,7 ή 700 αντιστοίχως. Έτσι αγωγιμότητα 1000 micromhos/cm ισοδυναμεί με



Σχ. 1.1α.
Διάγραμμα ποιοτικής ταξινομήσεως των νερών αρδεύσεως.

$$1000 \times 0,7 = 700 \text{ ppm} \quad \text{ή ακόμα αγωγιμότητα 1 millimhos/cm ισοδυναμεί με}$$

$$1 \times 700 = 700 \text{ ppm.}$$

1) Διάγραμμα ποιοτικής ταξινομήσεως των νερών αρδεύσεως (σύστημα Υπουργείου Γεωργίας Η.Π.Α.).

Με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα και το λόγο προσροφήσεως νατρίου (S.A.R. = Sodium Absorption Ratio) συντάχθηκε το διάγραμμα του σχήματος 1.1α, το οποίο μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε την κατηγορία του νερού που προορίζεται για άρδευση. Συνολικά το διάγραμμα μας δίνει 16 κατηγορίες νερού.

Επεξηγηματικό κείμενο.

Η γνώση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και του λόγου προσροφήσεως νατρίου επιτρέπει το σχηματισμό ζευγών (C,S) που χαρακτηρίζουν την ποιότητα του εξεταζόμενου νερού για άρδευση. Τα διάφορα ζεύγη που καθορίζονται από το διάγραμμα του σχήματος 1.1α, μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής επτά γενικότερες κατηγορίες:

2) Κατηγορίες ποιότητας αρδευτικών νερών.

– C1 - S1.

Καλή ποιότητα για άρδευση. Επιφυλάξεις μόνο σε περίπτωση πολύ ευαίσθητων φυτών.

– C1 - S2, C2 - S1.

Μέση ποιότητα προς καλή. Τα νερά αυτής της ποιότητας χρησιμοποιούνται με επιφύλαξη στην περίπτωση εδαφών που δε στραγγίζουν καλά και φυτών που είναι ευαίσθητα στα άλατα (οπωροφόρα).

– C2 - S2, C1 - S3, C3 - S1.

Ποιότητα μέση προς μέτρια. Χρήση με επιφύλαξη. Ανάγκη στραγγίσεως με προσαυξημένες (για απόπλυση) δόσεις και προσθήκη ή όχι γύψου, ανάλογα με την περίπτωση.

– C1 - S4, C2 - S3, C3 - S2, C4 - C1.

Ποιότητα μέτρια προς κακή. Αποκλείονται τα ευαίσθητα φυτά και τα βαριά εδάφη. Χρήση με μεγάλη προσοχή σε περιπτώσεις ελαφρών εδαφών που στραγγίζουν καλά με προσαυξημένες (για απόπλυση) δόσεις και προσθήκη ή όχι γύψου, ανάλογα με την περίπτωση.

– C2 - S4, C4 - S2, C3 - S3.

Ποιότητα κακή. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί παρά με πολύ μεγάλη προσοχή στην περίπτωση ελαφρών εδαφών που στραγγίζουν καλά και για φυτά ανθεκτικά στα άλατα. Υπάρχει μεγάλος κίνδυνος αυξήσεως της αλατότητας του εδάφους και της περιεκτικότητας σε νάτριο. Απόπλυση και προσθήκη γύψου απαραίτητες.

– C3 - S4, C4 - S3.

Ποιότητα κακή. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί παρά μόνο κάτω από εξαιρετικές συνθήκες.

– C4 - S4.

Ποιότητα πολύ κακή. Απαγορεύεται η χρήση για άρδευση.

3) Ενδεικτική ανθεκτικότητα φυτών που αρδεύονται με νερό που περιέχει χλωριούχο νάτριο κατά M. Deloye και H. Rebou.

– Μέχρι 5 gr/l.

Λούπινα, Μηδική, Ζαχαρότευτλα, Βαμβάκι.

– Μέχρι 3 gr/l.

Βερυκοκιά, Αμυγδαλιά, Συκιά, Ελιά, Αγγινάρα, Λάχανα, Πιπεριά, Κρεμμύδια, Καρότα, Πατάτες, Κριθάρι, Ντομάτα, Αραβόσιτος.

— Μέχρι 2 gr/l.

Λεμονιά, Πορτοκαλιά, Μανταρινιά, Μηλιά, Ροδακινιά.

4) Δελτίο αναλύσεως δείγματος νερού.

Για ενημέρωση και εξοικείωση με τον τρόπο καταγραφής των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από μία χημική ανάλυση δείγματος νερού στη χώρα μας, δίνεται το παρακάτω δελτίο, όπως το χρησιμοποιούν τα αρμόδια όργανα του Υπουργείου Γεωργίας.

ΕΚΘΕΣΙΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΥΔΑΤΟΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΕΩΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ			
ΑΠΟΣΤΟΛΕΥΣ		Αριθ. Πρωτοκ.	
ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ Πόλις:		Χερίον:	
ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ	ΗΜΕΡΟΜ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΔ.	ΣΤΟΙΧΕΙΟΝ	
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΩΝ			
Ηλεκτρική αγωγιμότης	1050	μμhos/cm εις 25°C	Πικνότης: Ιόντων υδρογόνων PH
Ολικά άλατα τηλεκτρ.	p. p. m.		7,7
Κατιόντα	meq/l	mgr/l	Αντίδοτα
Ασβέστιον ως Ca ⁺⁺	8,6		Ουδετ. ανθρακικόν ως C0 ₃ ⁻
Μαγνήσιον ως Mg ⁺⁺	1,2		Τοξιν. ανθρακικόν ως HC0 ₃ ⁻
Νάτριον ως Na ⁺	1,2		Χλαρον ως Cl ⁻
Κάλιον ως K ⁺	—		Θειικόν ως SO ₄ ²⁻
Αμμάνιον ως NH ₄ ⁺	—		Νιτρικόν ως NO ₃ ⁻
Σίδηρος ως Fe ⁺⁺⁺	—		Νιτράδες ως NO ₂ ⁻
ΣΚΑΗΡΟΤΗΣ εις Γαλλ. Βαθμ.			
Μόνιμος	Υπολειπόμενον Na ₂ CO ₃		Διαύγεια
Παροδική	Αναλογία Na %		Οσμή
Ολική	S. A. R.	0,54	Γεύσης
	Χαρακτηρισμός	C ₃ S ₄	Ημερομ. αναλύσεως

ΓΝΩΜΑΤΕΥΣΙΣ: Νερό μικρής μέσης αλατότητας (μέση ποιότητα), κατάλληλο για άρδευση εδαφών με καλή στράγγιση ή έκπλυση.

Επεξηγηματικό κείμενο.

Η χρήση του νερού αυτού συνυπάγεται καλή στράγγιση ή έκπλυση. Αν προσδιορίσουμε την ηλεκτρική αγωγιμότητά του σε μμhos/cm στη θερμοκρασία 25°C, που βρέθηκε ίση με 1050 μμhos/cm και τὸ λόγο προσροφήσεως νατρίου από τη σχέση:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{8,6 + 1,2}{2}}} = 0,54$$

Θα βρούμε, χρησιμοποιώντας το διάγραμμα του σχήματος 1.1ι , ότι στο ζεύγος $C = 1050$ και $SAR = 0,54$ αντιστοιχεί έδαφος της κατηγορίας $C_3 - S_1$.

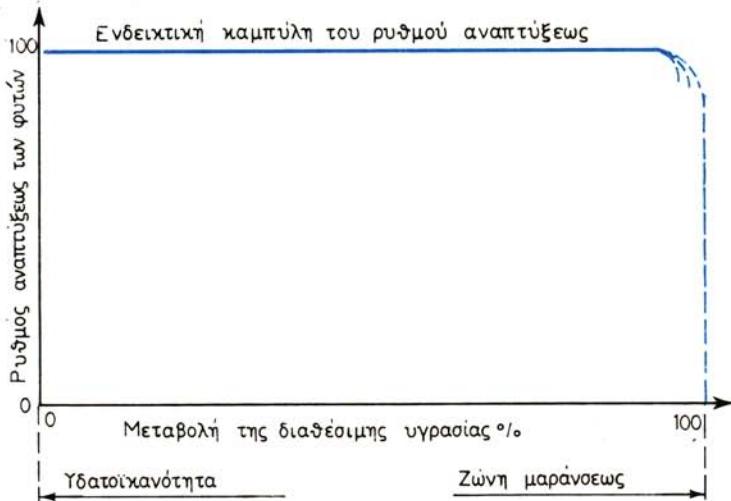
1.1.5 Σχέσεις εδαφικής υγρασίας και αναπτύξεως των φυτών.

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενη παράγραφο, η ευνοϊκότερη υγρασιακή κατάσταση του εδάφους για τα φυτά είναι εκείνη κατά την οποία η αρνητική τάση (ή πίεση) είναι ίση με το 1/3 της ατμοσφαιρικής πίεσεως. Δηλαδή, όπως επικράτησε να λέγεται, όταν το έδαφος βρίσκεται στην υδατοϊκανότητά του. Όσο μειώνεται στη συνέχεια η υγρασία του εδάφους λόγω της διαπνοής των φυτών και της εξατμίσεως, τα φυτά, για να αντλήσουν τις αναγκαίες ποσότητες νερού, αναγκάζονται να καταβάλλουν μεγαλύτερη προσπάθεια. Αυτό προκαλεί το εύλογο ερώτημα: «Επηρεάζεται ο ρυθμός αναπτύξεως των φυτών από τη μείωση της υγρασίας στο έδαφος και πώς;».

Για το θέμα αυτό υπάρχουν πολλές θεωρίες, τις σπουδαιότερες από τις οποίες θα αναφέρομε παρακάτω.

α) Θεωρία των Veihmeyer και Hendrikson.

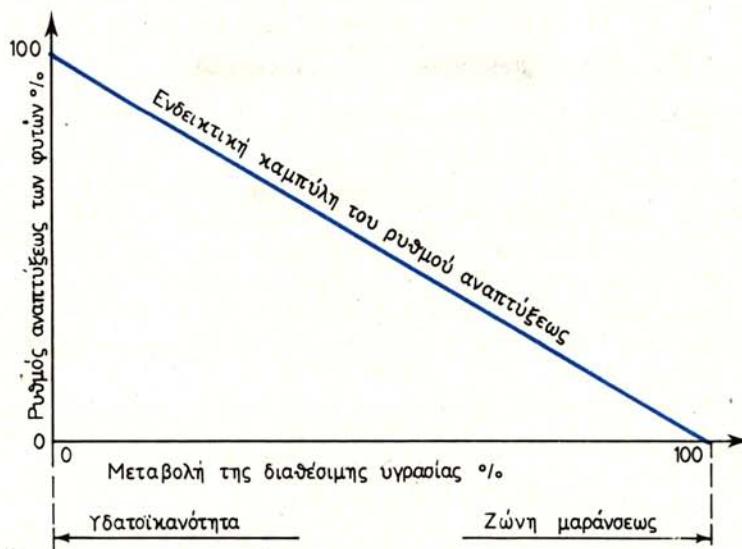
Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η ανάπτυξη των φυτών δεν επηρεάζεται, πρακτικά, από τη μείωση της υγρασίας στο έδαφος, γιατί τα φυτά παίρνουν τις αναγκαίες για την ανάπτυξή τους ποσότητες νερού με την ίδια ευχέρεια από την κατάσταση της υδατοϊκανότητας μέχρι τη ζώνη μαράνσεως, η οποία όμως είναι δύσκολο να προσδιορισθεί με ακρίβεια (σχ. 1.1ιβ).



Σχ. 1.1ιβ.
Σχηματική παράσταση της θεωρίας Veihmeyer-Hendrikson.

β) Θεωρία των Richards και Wadleigh.

Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, η ανάπτυξη των φυτών επιβραδύνεται ανάλογα με την προοδευτική μείωση της διαθέσιμης υγρασίας του εδάφους, για να σταματήσει τελείως όταν η υγρασία του εδάφους φθάσει στη ζώνη μαράνσεως (σχ. 1.1ιγ).



Σχ. 1.1γ.
Σχηματική παράσταση της θεωρίας Richards-Wadleigh.

γ) Κριτική.

Το θέμα των σχέσεων αναπτύξεως των φυτών και της περιεχομένης στο έδαφος διαθέσιμης υγρασίας είναι εξαιρετικά δύσκολο και πολύπλοκο, αν ληφθεί υπόψη ο μεγάλος αριθμός των ανεξελέγκτων σε πολλές περιπτώσεις φυτικών, κλιματικών και εδαφικών παραμέτρων που υπεισέρχονται στο πρόβλημα. Σε όλα αυτά θα πρέπει να προστεθούν και παράμετροι οφειλόμενες στις καλλιεργητικές φροντίδες που όσο και αν προσπαθήσει κανείς, είναι σχεδόν αδύνατο να είναι παντελώς ομοιόμορφες. Γι' αυτούς τους λόγους επιβάλλεται προβληματισμός και επιφυλακτικότητα. Πάντως, στην πράξη, ποτέ δεν μελετάται η άρδευση με βάση την εξάντληση όλης της διαθέσιμης υγρασίας του εδάφους, γιατί αυτό είναι επικίνδυνο για τις αρδευόμενες καλλιέργειες. Γιατί πρώτον δεν μπορούμε να είμαστε βέβαιοι για τον ακριβή προσδιορισμό της υγρασίας μαράνσεως στην καλλιεργούμενη έκταση και δεύτερον για λόγους ασφαλείας.

Το καλύτερο θα ήταν, με βάση ένα συγκεκριμένο έδαφος και καθορισμένες καλλιέργειες, η εγκατάσταση όσο το δυνατόν περισσοτέρων τασιμέτρων σε αντιπροσωπευτικά σημεία της αρδευόμενης εκτάσεως. Τα τασίμετρα αυτά θα χρησιμεύουν ως οδηγοί τόσο για το χρόνο της αρδεύσεως όσο και για τον καθορισμό της απαιτούμενης ποσότητας αρδευτικού νερού.

Με τον τρόπο αυτό θα περιορίζονταν η σπατάλη πολύτιμου νερού και θα αποφεύγονταν οι ελλειμματικές αρδεύσεις που ως συνέπεια έχουν τη μείωση της αποδοτικότητας των καλλιέργειών. Βέβαια και αυτός ο τρόπος έχει τις αδυναμίες, γιατί π.χ. είναι δυνατόν ορισμένα τασίμετρα να τύχουν σε πλούσιο ή πτωχό ριζόστρωμα και οι ενδείξεις τους, σωστές για το σημείο που βρίσκεται το πορώδες κύπελλο, να

μην ισχύουν για την ευρύτερη αρδευόμενη περιοχή. Ο κίνδυνος αυτός όμως περιορίζεται πολύ όταν η πυκνότητα των εγκαταστημένων τασιμέτρων είναι αρκετά ικανοποιητική.

1.2 Ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό.

1.2.1 Βασικά στοιχεία για προσδιορισμό.

Για να καθορισθεί η ποσότητα του νερού που χρειάζεται κάθε καλλιέργεια για έκταση ίση με τη μονάδα επιφάνειας που για τη χώρα μας είναι το στρέμμα (1 στρ. = 1000 m²), θα πρέπει να προσδιορισθούν:

- Οι απώλειες νερού κατά τη μεταφορά του από την πηγή μέχρι τον αγρό (εξάτμιση, διήθηση, διαρροές).
- Οι απώλειες νερού κατά την εφαρμογή του στον αγρό (εξάτμιση, βαθιά διήθηση, απορροή) και,
- οι απώλειες νερού που οφείλονται στην εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους και στη διαπνοή των φυτών, γνωστές με την κοινή ονομασία «εξατμισοδιαπνοή» (ΕΔ) ή ETP (Evapotranspiration).

Οι δύο πρώτες κατηγορίες απωλειών μπορούν, ανάλογα με το σύστημα μεταφοράς του νερού και το σύστημα εφαρμογής του στον αγρό (επιφανειακή άρδευση, τεχνητή βροχή, άρδευση με σταγόνες), να εκφρασθούν, προσεγγιστικά, ως ποσοστό του όγκου του νερού που εξατμισοδιαπνέεται και που εκφράζει τις καθαρές ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό.

Έτσι, προσδιορίζοντας την εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ) για όλη την περίοδο αρδεύσεως, που ορίζεται ως η περίοδος που μεσολαβεί από την πρώτη ως την τελευταία άρδευση και, γνωρίζοντας την έκταση που πρόκειται να αρδεύσομε, μπορούμε να υπολογίσουμε το συνολικό όγκο, τη συνολική ποσότητα του νερού που θα χρειασθεί για την άρδευση της συγκεκριμένης περιοχής για όλη την αρδευτική περίοδο και για κάθε συγκεκριμένη καλλιέργεια. Για να γίνει αυτό πρέπει, φυσικά, η ποσότητα του νερού, που θα καταλήξουμε ότι απαίτείται, να αυξηθεί τόσο, ώστε είναι οι απώλειες που θα έχομε κατά τη μεταφορά και εφαρμογή του αρδευτικού νερού στον αγρό.

1.2.2 Εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ) ή (ETP).

Όπως έχομε πει προηγουμένως, με τον όρο εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ) εννοούμε την απώλεια νερού στην ατμόσφαιρα λόγω εξατμίσεως απευθείας από την επιφάνεια του εδάφους και λόγω της διαπνοής των φυτών. Η συνολική ποσότητα νερού που τα φυτά αντλούν με το ριζικό τους σύστημα από το έδαφος για το σχηματισμό των ιστών τους με τη διαδικασία της διαπνοής καθώς και η ποσότητα που εξατμίζεται απευθείας από την επιφάνεια του εδάφους με τη διαδικασία της εξατμίσεως μπορούν να εκφρασθούν με ένα γενικότερο όρο, γνωστό ως **υδατοκατανάλωση**.

Η ακριβής γνώση των αναγκών που έχουν οι καλλιέργειες σε νερό για δεδομένες κλιματικές και εδαφολογικές συνθήκες αποτελεί, σε συνδυασμό με το είδος της καλλιέργειας, την απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή εκλογή και την καλύτερη διαστασιολόγηση του συστήματος αρδεύσεως. Καλύτερη διαστασιολόγηση σημαίνει οικονομία χρήματος κατά την κατασκευή του αρδευτικού συστήματος και σωστή άρδευση, γιατί, πολύ συχνά, κατασκευάζονται αρδευτικά έργα μεγαλύτε-

ρης παροχετευτικότητας νερού με συνέπεια τη σπατάλη του και τη δημιουργία πληθωριστικής υγρασιακής καταστάσεως στο έδαφος.

Για την εξατμισοδιαπνοή χρησιμοποιούνται δύο εκφράσεις από τις οποίες η πρώτη είναι: **δυνητική εξατμισοδιαπνοή** και αναφέρεται στην εξατμισοδιαπνοή που μπορεί να προέλθει από έδαφος με υψηλή υγρασία και πλήρως καλυπτόμενο από φυτική βλάστηση, και η δεύτερη: **πραγματική εξατμισοδιαπνοή** και αναφέρεται στην πραγματική ποσότητα υδρατμών που αποδίδεται στην ατμόσφαιρα από συγκεκριμένες καλλιέργειες κάτω από πραγματικές κλιματολογικές και υγρασιακές συνθήκες εδάφους. Είναι φυσικό η πραγματική εξατμισοδιαπνοή σαν άθροισμα εξατμίσεως και διαπνοής να είναι μικρότερη από τη δυνητική, ιδιαίτερα σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές.

Λέμε σαν άθροισμα, γιατί στις περιπτώσεις που για καλλιεργητικούς ή άλλους λόγους η καλλιεργούμενη έκταση δεν καλύπτεται ολόκληρη από τη φυλλική επιφάνεια των φυτών, η τιμή της εξατμίσεως είναι μεγαλύτερη από εκείνη που θα είχαμε αν η φυτοκάλυψη ήταν πλήρης. Τούτο είναι φυσικό, γιατί η φυτοκάλυψη δημιουργεί μεταξύ αυτής της ίδιας και του εδάφους υγρασιακή κατάσταση, η οποία περιορίζει την εξατμίση.

1.2.3 Μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής.

Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής υπάρχουν πολλές μέθοδοι, οι οποίες διακρίνονται σε **άμεσες** και σε **έμμεσες**. Οι άμεσες μέθοδοι στηρίζονται στην απευθείας μέτρηση της μεταβολής της υγρασίας του εδάφους, η οποία εκφράζει με τρόπο άμεσο την εξατμισοδιαπνεόμενη ποσότητα νερού με μορφή υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Οι έμμεσες μέθοδοι στηρίζονται στην εφαρμογή εμπειρικών σχέσεων ή τύπων που αναπτύχθηκαν κάτω από ορισμένες κλιματολογικές και άλλες συνθήκες, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη όταν, λόγω ελλείψεως πειραματικών δεδομένων από άμεσες μετρήσεις, προσφεύγει κανείς στην εφαρμογή τους. Η εφαρμογή των εμμέσων μεθόδων αποτελεί την εύκολη λύση όταν υπάρχουν τα απαιτούμενα μετεωρολογικά στοιχεία. Γενικά όμως η εφαρμογή ενός εμπειρικού τύπου από μία περιοχή σε αλλη, είναι επισφαλής και τα λάθη που μπορούν να γίνουν τεράστια. Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί εδώ ότι, πολύ συχνά, δεν υπάρχουν τα αναγκαία μετεωρολογικά στοιχεία αλλά και όταν υπάρχουν δεν θεωρούνται πάντα αξιόπιστα.

Παρόλα αυτά όμως, λόγω της μεγάλης ελλείψεως πειραματικών δεδομένων, είμαστε αναγκασμένοι να κάνομε χρήση αυτών των εμπειρικών σχέσεων και μέχρι τώρα ο τρόπος αυτός αποτελεί τον κανόνα υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής για τις περισσότερες χώρες του κόσμου, όπως και για την Ελλάδα.

Το καλύτερο που θα μπορούσε να γίνει, θα ήταν αυτοί οι εμπειρικοί τύποι να συγκριθούν με αποτελέσματα πειραματικά, να διορθωθούν ανάλογα με τις συνθήκες της περιοχής του πειράματος και στη συνέχεια να εφαρμοσθούν διορθωμένοι σε περιοχές που έχουν τα ίδια ή περίπου τα ίδια κλιματολογικά χαρακτηριστικά.

α) Άμεσες μέθοδοι προσδιορισμού της εξατμισοδιαπνοής.

Όπως έχομε αναφέρει, υπάρχουν πολλές μέθοδοι άμεσου προσδιορισμού της εξατμισοδιαπνοής. Από όλες αυτές θα αναπτυχθούν μόνο η μέθοδος προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας σε δείγματα εδάφους και η μέθοδος παρακολουθή-

σεως της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας απευθείας στον αγρό με τη βοήθεια των τασιμέτρων και των γύψινων πλακιδίων που βρίσκονται εύκολα στο εμπόριο και εύκολα μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

1) Διαδοχικές δειγματοληψίες εδάφους.

Μετά από κάθε άρδευση, παίρνομε με ειδικό όργανο (εδαφολήπτης) δείγματα εδάφους από διάφορα βάθη, συνήθως ανά 0,30 m, ανάλογα πάντα με το βάθος αναπτύξεως του ριζοστρώματος των φυτών. Τα δείγματα αυτά τα τοποθετούμε αμέσως σε ειδικά, καλά καλυμμένα, δοχεία, για να αποφευχθεί κάθε απώλεια υγρασίας κατά το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη λήψη των δειγμάτων μέχρι την τοποθέτησή τους, αφού βέβαια προηγηθεί ζύγιση τους, μέσα σε κλίβανο θερμοκρασίας $105^{\circ} - 110^{\circ}\text{C}$. Στον κλίβανο παραμένουν μέχρις ότου αποκτήσουν σταθερό βάρος.

Η διαφορά βάρους πριν και μετά την ξήρανση, αναφερόμενη επί τοις εκατόν ξηρού βάρους εδάφους, μας δίνει την εκατοστιαία αναλογία της υγρασίας που περιέχεται στο δείγμα προς το βάρος ξηρού εδάφους. Με επαναληπτικές δειγματοληψίες και συγκρίσεις της περιεχόμενης κάθε φορά υγρασίας στο δείγμα, διαπιστώνομε τη μεταβολή της υγρασίας στο συγκεκριμένο σημείο του εδάφους και καθορίζομε τη στιγμή που θα πρέπει να επαναληφθεί η άρδευση. Εδώ πάλι πρέπει να επισημανθεί ότι δεν θα πρέπει να περιμένει κανείς να φθάσει η υγρασία του εδάφους στην περιοχή μαράνσεως για να επαναλάβει την άρδευση, αλλά αρκετά ενωτέρα.

Η μέθοδος αυτή μας δίνει καλά αποτελέσματα σε έδαφος αρκετά βαθύ, ώστε να επιτρέπει πλήρη και κανονική ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών, με ομοιόμορφη κατά το δυνατόν σύσταση και δομή. Επίσης η στάθμη του νερού μέσα στο έδαφος (στάθμη υπόγειου νερού) πρέπει να βρίσκεται κάτω από το κύριο ριζικό σύστημα των φυτών.

2) Μέτρηση μεταβολής της υγρασίας στον αγρό με τασίμετρα ή γύψινα πλακίδια [σχ. 1.2α και 1.2β(α),(β)].

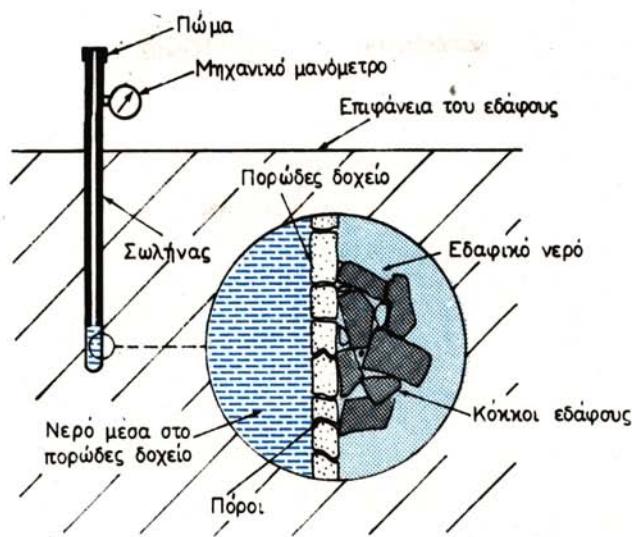
Γενικά και οι μέθοδοι αυτές απαιτούν αρκετό αριθμό μετρήσεων, ο οποίος πρέπει να γίνεται μεγαλύτερος στις περιπτώσεις που το έδαφος είναι ανομοιογενές. Ας σημειωθεί ότι τα τασίμετρα μας δίνουν καλά αποτελέσματα, όταν η υγρασιακή κατάσταση του εδάφους βρίσκεται στην περιοχή της υδατοϊκανότητας ενώ για μεγαλύτερες αρνητικές πιέσεις ενδείκνυται η χρήση των γύψινων πλακιδίων.

3) Άλλες άμεσες μέθοδοι.

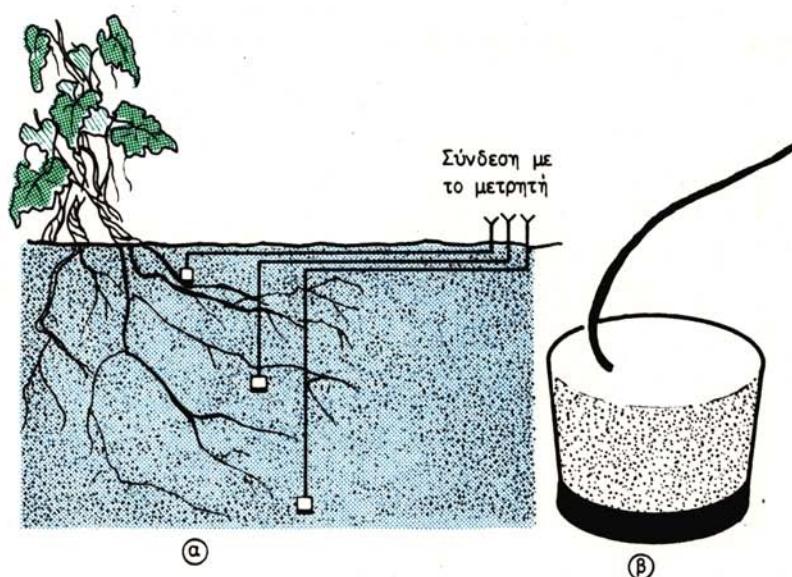
Εντελώς πληροφοριακά αναφέρονται οι μέθοδοι των λυσιμέτρων, του ισοζυγίου υδατος, του ισοζυγίου ενέργειας και η μέθοδος παρακολουθήσεως της διακυμάνσεως της υπόγειας στάθμης του νερού.

β) Έμμεσες μέθοδοι προσδιορισμού της εξατμισοδιαπνοής.

Από τις μεθόδους αυτές θα αναπτυχθεί μόνο η μέθοδος των Blaney - Criddle, γιατί χρησιμοποιείται πάρα πολύ και γιατί είναι αυτή που κατά κανόνα χρησιμοποιείται στη χώρα μας. Η μέθοδος βασίζεται σε στοιχεία θερμοκρασίας και διάρ-



Σχ. 1.2α.
Λεπτομέρεια τασιμέτρου.



Σχ. 1.2β.

α) Γύψινα πλακίδια τοποθετημένα σε επιθυμητά βάθη μέσα στο έδαφος. β) Γύψινο πλακίδιο σε μεγέθυνση.

κειας της ημέρας σε μηνιαίο ποσοστό αναφερόμενο σε ετήσιο χρονικό διάστημα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2.1.
Βάρετο ημισφαίριο: Μηνιαίο ποσασθό διάρκειας ημέρας σε επίπεδο διάστημα για γεωγρ. πλάτη από θ° ως 59°

ΜΗΝΑΣ	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	8,49	8,42	8,35	8,27	8,21	8,13	8,05	7,98	7,90	7,83	7,75	7,66	7,57
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	7,73	7,69	7,65	7,61	7,57	7,53	7,49	7,44	7,40	7,35	7,31	7,26	7,21
ΜΑΡΤΙΟΣ	8,49	8,48	8,47	8,46	8,45	8,44	8,43	8,43	8,42	8,41	8,40	8,39	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8,21	8,24	8,27	8,30	8,33	8,36	8,39	8,42	8,45	8,48	8,52	8,55	8,59
ΜΑΪΟΣ	8,49	8,55	8,61	8,67	8,74	8,81	8,88	8,95	9,02	9,09	9,16	9,24	9,32
ΙΟΥΝΙΟΣ	8,21	8,28	8,36	8,44	8,52	8,60	8,68	8,76	8,84	8,92	9,01	9,10	9,19
ΙΟΥΛΙΟΣ	8,49	8,56	8,63	8,70	8,77	8,84	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	8,49	8,53	8,57	8,61	8,66	8,71	8,75	8,79	8,84	8,89	8,94	8,99	9,04
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	8,21	8,21	8,22	8,23	8,24	8,25	8,25	8,26	8,27	8,28	8,29	8,30	8,31
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	8,49	8,46	8,43	8,40	8,37	8,33	8,30	8,27	8,24	8,21	8,17	8,14	8,11
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	8,21	8,16	8,10	8,04	7,98	7,92	7,85	7,78	7,71	7,64	7,57	7,50	7,43
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	8,49	8,41	8,33	8,24	8,15	8,06	7,98	7,89	7,80	7,71	7,62	7,53	7,43
	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	59°
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7,48	7,38	7,29	7,18	7,08	6,97	6,86	6,76	6,60	6,43	6,27	6,10	5,94
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	7,15	7,10	7,05	6,99	6,93	6,87	6,81	6,75	6,67	6,59	6,51	6,43	6,35
ΜΑΡΤΙΟΣ	8,39	8,38	8,37	8,36	8,35	8,34	8,33	8,32	8,31	8,29	8,27	8,25	8,23
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8,63	8,67	8,71	8,75	8,79	8,83	8,88	8,93	8,98	9,04	9,10	9,16	9,22
ΜΑΪΟΣ	9,40	9,48	9,56	9,65	9,74	9,81	9,92	10,01	10,14	10,28	10,42	10,56	10,70
ΙΟΥΝΙΟΣ	9,29	9,39	9,49	9,60	9,71	9,83	9,95	10,07	10,24	10,41	10,58	10,75	10,93
ΙΟΥΛΙΟΣ	9,49	9,57	9,66	9,77	9,88	9,99	10,10	10,21	10,36	10,51	10,66	10,81	10,97
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	9,09	9,15	9,21	9,27	9,33	9,40	9,47	9,54	9,63	9,73	9,83	9,93	10,03
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	8,32	8,33	8,34	8,35	8,36	8,37	8,38	8,39	8,40	8,41	8,42	8,44	8,46
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	8,07	8,03	7,99	7,95	7,91	7,86	7,81	7,76	7,70	7,64	7,58	7,52	7,45
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7,36	7,28	7,20	7,11	7,02	6,93	6,83	6,73	6,60	6,47	6,34	6,21	6,08
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7,33	7,23	7,13	7,01	6,89	6,77	6,65	6,53	6,36	6,18	6,00	5,82	5,64

1) Μέθοδος των Blaney - Criddle.

Η μέθοδος αυτή, όπως είπαμε παραπάνω, χρησιμοποιείται πάρα πολύ, γιατί στηρίζεται σε κλιματικά στοιχεία τα οποία είναι εύκολο να βρεθούν. Ο τύπος, απλός και εύχρηστος, είναι της μορφής:

$$\Delta E\Delta = K (8,13 + 0,46 t) P \quad (9)$$

όπου: $\Delta E\Delta$ = δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm.

K = συντελεστής που εξαρτάται από το είδος του φυτού.

t = μέση θερμοκρασία του θεωρηθέντος μηνός σε 0°C .

P = ποσοστό διάρκειας ημέρας του θεωρηθέντος μηνός σε ετήσια βάση (Πίνακας 1.2.1).

Οι τιμές του P είναι συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής που μας ενδιαφέρει. Για το βόρειο ημισφαίριο οι τιμές του δίνονται στον Πίνακα 1.2.1.

Οι τιμές του συντελεστή K , που συχνά λέγεται και συντελεστής υδατοκατανάλωσεως, δίνονται, για μερικές καλλιέργειες, στον Πίνακα 1.2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2.2.
Τιμές του συντελεστή «K» κατά Blaney - Criddle

Καλλιέργεια	Βλαστική περίοδος	Συντελεστής K
Ρύζι	3 - 5 μήνες	1,00 - 1,20
Μηδική	όλο το χρόνο	0,80 - 0,85
Καλαμπόκι	4 μήνες	0,70 - 0,85
Φυσικοί λειμώνες	όλο το χρόνο	0,75
Πατάτα	3 - 5 μήνες	0,65 - 0,75
Ντομάτα	4 μήνες	0,70
Φασόλια	3 μήνες	0,60 - 0,70
Βαμβάκι	7 μήνες	0,60 - 0,65
Ζαχαρότευτλα	6 μηνες	0,65 - 0,75
Εσπεριδοειδή	7 μήνες	0,50 - 0,65
Σιτάρι	3 μήνες (άνοιξη)	0,75 - 0,85
Οπωροφόρα	όλο το χρόνο	0,50 - 0,65
Λινάρι	7 - 8 μήνες	0,80
Λαχανικά	3 - 4 μήνες	0,70

Οι ποσότητες σε αρδευτικό νερό που προσδιορίζονται με τον τύπο των Blaney - Criddle, μας δίνουν τη $\Delta E\Delta$ σε χιλιοστά (mm) νερου. Αν στο μήνα που γίνεται ο προσδιορισμός αυτός βρέχει, τότε τα χιλιοστά της βροχής αφαιρούνται από την τιμή της $\Delta E\Delta$. Όμως απαιτείται πολύ μεγάλη προσοχή, γιατί πολλές βροχές είναι τόσο ασθενείς που, πρακτικά, το νερό που πέφτει στο έδαφος, δε φθάνει στο ριζικό σύστημα των φυτών.

Παράδειγμα.

Να υπολογισθούν σύμφωνα με τη μέθοδο των Blaney - Criddle, οι αρδευτικές ανάγκες της μηδικής σε αγρό που βρίσκεται κοντά στη Δράμα για την περίοδο από Μάιο μέχρι και Σεπτέμβριο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2.3.

Προσδιορισμός αναγκών σε νερό της μηδικής στο Γεωγρ. Πλάτος της Δράμας κατά Blaney-Criddle

Περίοδος αναπτύξεως	Μέση μηνιαία θερμοκρασία t σε °C	Παράγοντας P	Συντελεστής K	Αποτέλεσμα K(8,13+0,46t)P σε mm	Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής σε mm	Διαφορά (5) - (6) σε mm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Μάιος	19,60	10,08	0,85	146,2	41,0	105,2
Ιούνιος	24,20	10,15	0,85	165,5	50,9	114,6
Ιούλιος	27,40	10,28	0,85	180,2	39,0	141,2
Αυγουστος	26,60	9,58	0,85	165,0	23,0	142,0
Σεπτέμβριος	22,80	8,39	0,85	132,1	21,6	110,5
Σύνολο						613,5

Σειρά υπολογισμών.

Για τη γρηγορότερη εφαρμογή και τη συστηματική καταγραφή στοιχείων του τύπου των Blaney - Criddle, κατασκευάζομε τον Πίνακα 1.2.3, τις γραμμές και στήλες του οποίου στη συνέχεια συμπληρώνομε ως εξής:

Στήλη (1): Γράφομε τους μήνες της περιόδου που μας ενδιαφέρει.

Στήλη (2): Γράφομε τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες t°C του αέρα.

Στήλη (3): Γράφομε τις τιμές του παράγοντα P για κάθε μήνα για το Γ.Π. (Γεωγραφικό Πλάτος) της Δράμας που είναι περίπου 41°, από τον Πίνακα 1.2.1. Επειδή το Γ.Π. 41° δεν περιέχεται στον πίνακα, πάρνομε το μέσο όρο των τιμών Γ.Π. 40° και Γ.Π. 42°.

Στήλη (4): Γράφομε την τιμή του συντελεστή K από τον Πίνακα 1.2.2.

Στήλη (5): Γράφομε το αποτέλεσμα K (8,13 + 0,46) P που δίνεται σε mm.

Στήλη (6): Γράφομε το μέσο μηνιαίο ύψος βροχής σε mm.

Στήλη (7): Γράφομε τη διαφορά των στηλών (5) - (6) που μας δίνει σε mm τη δυνητική εξατμισοδιάτονη, δηλαδή την ποσότητα του νερού που απομακρύνθηκε από το έδαφος με τη μορφή υδρατμών, για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου.

Προσθέτοντας τις μηνιαίες ανάγκες σε αρδευτικό νερό, βρίσκομε τη συνολική ποσότητα νερού για όλη την αρδευτική περίοδο για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια, που είναι ίση με 613,5 mm ή στρογγυλεύοντας 614 mm νερού. Ας σημειωθεί ότι ύψος νερού ίσο με 1 mm στην επιφάνεια 1 στρέμματος αντιστοιχεί με όγκο νερού ίσο με 1 m³.

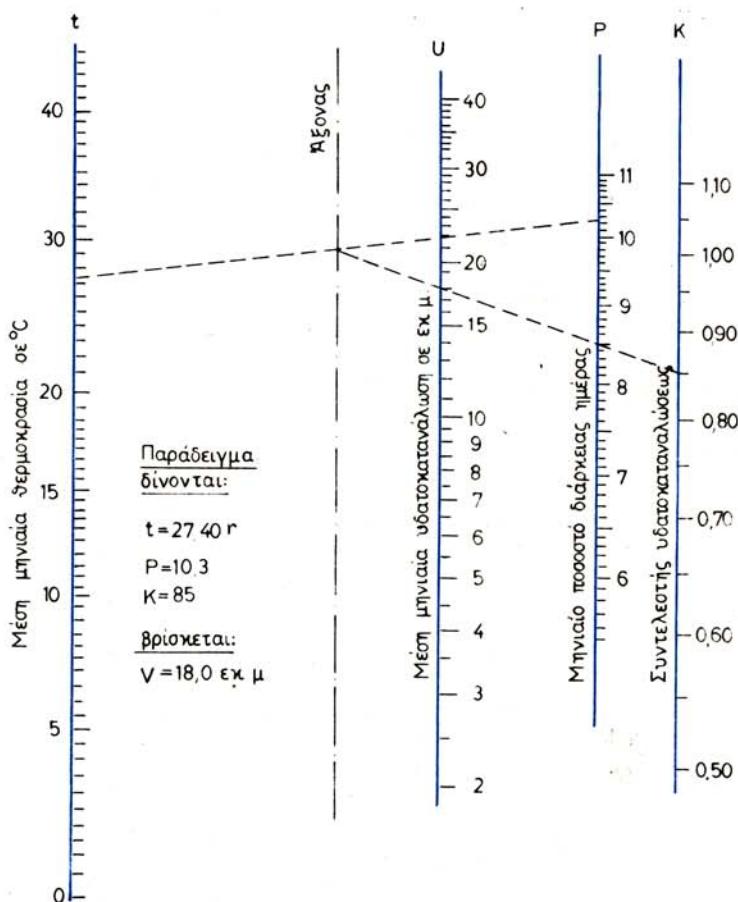
Για την εφαρμογή του τύπου των Blaney - Criddle στη χώρα μας είναι απαραίτητη η γνώση του γεωγραφικού πλάτους κάθε περιοχής και αυτό το σκοπό εξυπηρετεί ο Πίνακας 1.2.4.

Για τον ευκολότερο υπολογισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό, ο τύπος των Blaney - Criddle εκφράσθηκε με τη μορφή νομογραφήματος, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2γ.

Γενικά μπορεί να ειπωθεί ότι ο τύπος των Blaney - Criddle δεν είναι ο καλύτε-

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2.4.
Γεωγραφικό Πλάτος περιοχών της χώρας

Περιοχή	Γ.Π.	Περιοχή	Γ.Π.	Περιοχή	Γ.Π.
Αθήνα	38°.00'	Δράμα	41°.00'	Πάτρα	38°.15'
Χαλκίδα	38°.30'	Ξάνθη	41°.00'	Καλαμάτα	37°.00'
Λαμία	39°.00'	Κομοτινή	41°.00'	Τρίπολις	37°.30'
Λάρισα	39°.45'	Ιωάννινα	39°.30'	Σπάρτη	37°.00'
Τρίκαλα	39°.45'	Κέρκυρα	39°.30'	Ναύπλιο	37°.30'
Θεσσ/νίκη	40°.45'	Άρτα	39°.00	Αίγιο	38°.00
Σέρρες	41°.00'	Μεσολόγγι	38°.30'	Χανιά	35°.30'

**Σχ. 1.2γ.**

Νομογράφημα για τον υπολογισμό των αρδευτικών αναγκών των καλλιεργειών κατά Blaney - Criddle.

ρος τρόπος υπολογισμού των αναγκών των καλλιέργειών σε νερό, όμως λόγω της απλότητάς του και της ευκολίας με την οποία βρίσκομε τα στοιχεία θερμοκρασίας, χρησιμοποιείται πάρα πολύ. Έχει παρατηρηθεί ότι στους μήνες που οι καλλιέργειες έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις σε νερό (κρίσιμοι μήνες), και που για τη χώρα μας είναι οι μήνες Ιούλιος και Αύγουστος, ο τύπος αυτός μας δίνει, συνήθως, μικρότερες τιμές από τις πραγματικές και γι' αυτό συνιστάται η διόρθωση των τιμών του πολλαπλασιάζοντάς τες με το συντελεστή 1,20. Βέβαια, το καλύτερο θα ήταν να γίνει συστηματικά ένα πείραμα στη συγκεκριμένη περιοχή και συγκρίνοντας τα πειραματικά με τα υπολογιστικά αποτελέσματα να καθορισθεί ο διορθωτικός συντελεστής.

2) Άλλες έμμεσες μέθοδοι.

Εκτός από τη μέθοδο Blaney-Criddle που αναπτύχθηκε λεπτομερώς, γιατί αυτή χρησιμοποιείται κατά κανόνα από τις αρμόδιες υπηρεσίες του Υπουργείου Γεωργίας, υπάρχουν και άλλες αξιόλογες μέθοδοι άλλων ερευνητών, οι οποίες έχουν ανάγκη και άλλων μετεωρολογικών στοιχείων για να εφαρμοσθούν. Εντελώς πληροφοριακά θα αναφέρομε τις εξής:

Penman: (Θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου, σχετική υγρασία).

Turc: (Θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία, σχετική υγρασία, βροχόπτωση).

Jensen-Haise:... (Θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία).

Thornthaite:.... (Θερμοκρασία, διάρκεια ηλιόφωτος, γεωγραφικό πλάτος).

Παπαδάκη:.... (Θερμοκρασία, σχετική υγρασία).

1.3 Ποσότητα και συχνότητα των αρδεύσεων.

1.3.1 Αρδευτική περίοδος.

Με τον όρο αυτό εννοούμε το χρονικό διάστημα από την πρώτη μέχρι και την τελευταία άρδευση της καλλιέργειας. Η εφαρμογή αρδεύσεως σημαίνει ότι το έλλειμμα της εδαφικής υγρασίας δεν μπορεί να καλυφθεί με τις βροχές. Ως έλλειμμα εδαφικής υγρασίας χαρακτηρίζεται το νερό που θα πρέπει να προστεθεί στο έδαφος για να φθάσει η υγρασία του στην υδατοϊκανότητά του ή καλύτερα για να πάρει η μυζητική τάση (ή πίεση) την τιμή του 1/3 της ατμοσφαιρικής πιέσεως.

Η αρδευτική περίοδος εξαρτάται από φυτικούς, κλιματολογικούς και εδαφολογικούς παράγοντες. Έτσι, διαφέρει από καλλιέργεια σε καλλιέργεια, από έδαφος σε έδαφος και από κλίμα σε κλίμα. Τα ίδια φυτά οταν καλλιεργηθούν σε διαφορετικές κλιματικές συνθήκες παρουσιάζουν διαφορετική αρδευτική περίοδο. Επίσης, φυτά που καλλιεργούνται σε έδαφος με μικρό βάθος έχουν ανάγκη αρδεύσεως ενωρίτερα απ' ο,τι αν τα ίδια φυτά καλλιεργούνταν σε εδάφη με μεγαλύτερο βάθος. Είναι αυτονότητο ότι για την ίδια καλλιέργεια, άλλη θα είναι η αρδευτική περίοδος της στη Βόρεια Ελλάδα και άλλη στην Ιεράπετρα της Κρήτης.

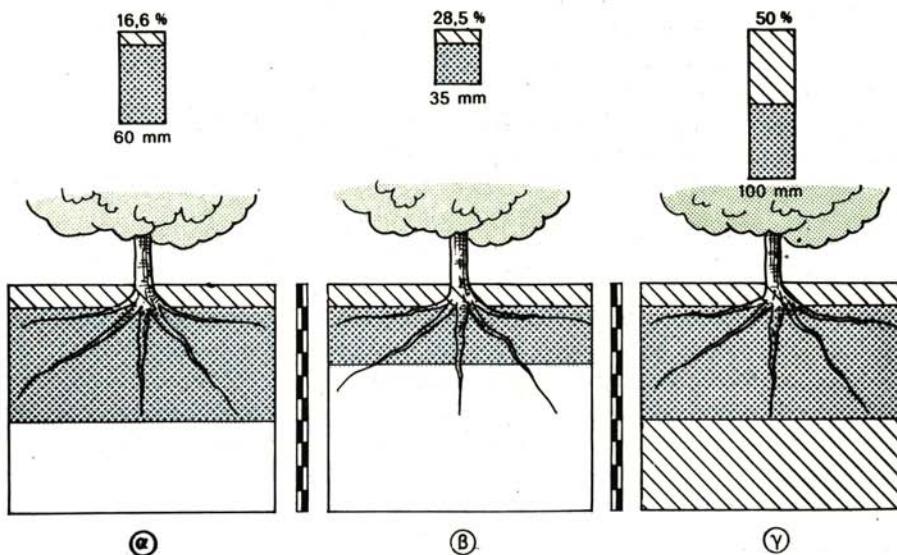
Αν τώρα σκεφθεί κανείς τους συνδυασμούς των παραπάνω παραγόντων και την αστάθμητη συμπεριφορά των ατμοσφαιρικών συνθηκών, καταλαβαίνει εύκολα την αδυναμία επακριβούς προσδιορισμού της αρδευτικής περιόδου κάθε καλλιέργειας. Βέβαια, γνωρίζοντας το χρονικό διάστημα από τη σπορά μέχρι τη συγ-

κομιδή για μονοετείς καλλιέργειες, τα κρίσιμα στάδια αναπτύξεως των φυτών, τη συχνότητα και την ένταση των βροχοπτώσεων κ.ά. μπορούμε με ικανοποιητική προσέγγιση να εκτιμήσουμε τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου. Γενικά για τη χώρα μας θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι η αρδευτική περιόδος για τα περισσότερα διαμερίσματα και τις περισσότερες καλλιέργειες αρχίζει το Μάιο και τελειώνει το Σεπτέμβριο ή στις αρχές Οκτωβρίου.

1.3.2 Δόση, εύρος και διάρκεια αρδεύσεως.

α) Δόση αρδεύσεως.

Με τον όρο **δόση αρδεύσεως** εννοούμε την ποσότητα ή τον όγκο του νερού που εφαρμόζεται στον αγρό σε κάθε άρδευση. Επιδιώκεται η δόση αρδεύσεως να είναι κανονική [σχ. 1.3α(α)], γιατί αλλιώς υπάρχει κίνδυνος ελλειμματικής [σχ. 1.3α(β)] ή πληθωριστικής αρδεύσεως [σχ. 1.3α(γ)]. Όταν η δόση αρδεύσεως είναι ανεπαρκής το έδαφος διαβρέχεται επιφανειακά, το νερό προσφέρεται ευκολότερα για εξάτμιση και κατά συνέπεια εξαντλείται γρήγορα. Το αποτέλεσμα είναι σπατάλη νερού και ημερομισθίων λόγω της ανάγκης συχνών αρδεύσεων [σχ. 1.3α(γ) και 1.3β].



Σχ. 1.3α.

Απώλειες νερού σε σχέση με το μέγεθος της δόσεως αρδεύσεως.

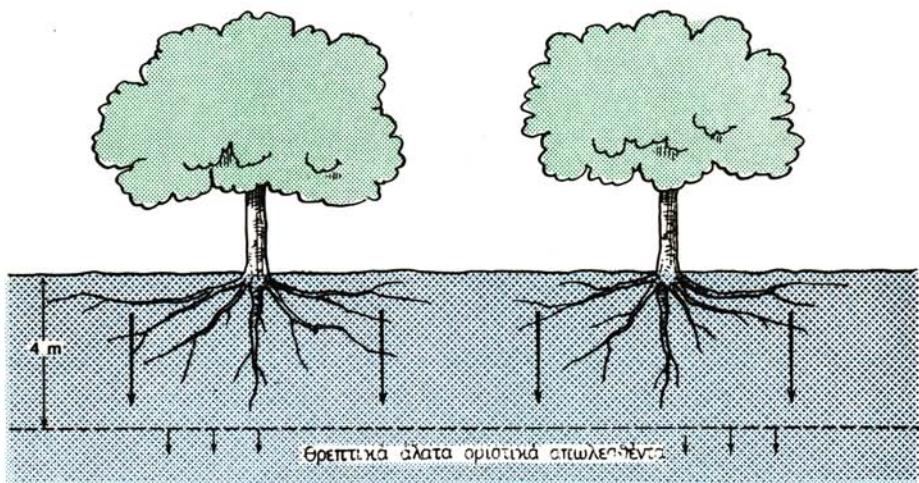
α) Κανονική δόση αρδεύσεως, β) Ελλειμματική δόση αρδεύσεως, γ) Πληθωρική δόση αρδεύσεως.

= νερό που χάνεται.

Επεξηγηματικό κείμενο.

Δεδομένα:

- Έδαφος με ωφέλιμη υδατοχωρητικότητα σε όγκο 10%.



Σχ. 1.3β.

Απομάκρυνση θρεπτικών ουσιών λόγω πληθωριστικής δόσεως αρδεύσεως. Κίνδυνος μεγάλος σε περατά εδάφη.

- Βάθος κύριου ριζοστρώματος = 0,60 m.
- Απώλειες εξατμίσεως σε βάθος 10 cm.

α) Κανονική δόση ύψους 60 mm, διήθηση μέχρι 0,60 m, απώλειες λόγω εξατμίσεως 16,6% [σχ. 1.3α(α)].

β) Δόση ελλειμματική ύψους 35 mm, διήθηση μέχρι 0,35 m. Στα φυτά δίνεται η μισή (κατά προσέγγιση) ποσότητα νερού από την περίπτωση (α). Για το ίδιο αποτέλεσμα θα πρέπει να γίνουν δύο αρδεύσεις των 35 mm, δηλαδή συνολικά 70 mm από 60 mm που ήταν αναγκαία. Απώλειες 28,5% [σχ. 1.3α(β)].

γ) Δόση πληθωριστική ύψους 100 mm, διήθηση μέχρι 1 m. Απώλειες: από εξάτμιση 10%, από βαθιά διήθηση 40%. Συνολικά χάνεται το 50% [σχ. 1.3α(γ)].

Όταν η δόση αρδεύσεως είναι πληθωριστική, εκτός από τις απώλειες νερού λόγω βαθιάς διήθησεως [σχ. 1.3α(γ) και 1.3β] διαλύονται και απομακρύνονται προς τα βαθύτερα στρώματα πολύτιμες θρεπτικές ουσίες, όπως τα νιτρικά, των οποίων ο ρόλος στην αύξηση της φυτικής παραγωγής είναι σημαντικός. Έχει εκτιμηθεί ότι 1 m³ νερού στραγγίσεως απομακρύνει 50 gr αζώτου, πράγμα που σημαίνει ότι 10 m³ πλεονάζοντος νερού ανά στρέμμα απομακρύνουν σε κάθε άρδευση μισό κιλό αζώτου και αυτό είναι πολύ σοβαρό.

Υπολογισμός της αρδευτικής δόσεως.

Δεδομένα:

- Ωφέλιμη υδατοχωρητικότητα του εδάφους σε όγκο = 10%.
- Έκταση = 1 στρέμμα.
- Βάθος αρδευόμενου εδάφους = 0,60 m.
- Φυτά, που αναπτύσσονται κανονικά μέχρις ότου εξαντληθεί το 70% της ωφέλιμης υδατοχωρητικότητας.

Από τα δεδομένα αυτά προκύπτει ότι ο όγκος του εδάφους που θα πρέπει να αρδευθεί είναι $0,60 \text{ m} \times 1000 \text{ m}^2 = 600 \text{ m}^3$.

Η αφέλιμη δύμας υδατοχωρητικότητά του είναι 10% αυτού του όγκου.

$$\text{Δηλαδή: } \frac{10 \times 600 \text{ m}^3}{100} = 60 \text{ m}^3$$

Αυτό σημαίνει ότι ο αφέλιμος όγκος νερού (όγκος νερού στην υδατοϊκανότητα μείον όγκος νερού στη μάρανση) ο οποίος μπορεί να απορροφάται εύκολα από το φυτό και ο οποίος εκφράζεται σε όγκο με τον ίδιο αριθμό που εκφράζεται και η αφέλιμη υδατοχωρητικότητα, είναι 60 m^3 για κάθε στρέμμα και για βάθος εδάφους ίσο με 0,60 m.

Ο αριθμός αυτός των 60 m^3 εκφράζει τη δόση αρδεύσεως, δηλαδή τον όγκο του νερού που εύκολα μπορεί να απορροφηθεί από τα φυτά, με την προϋπόθεση ότι αφήνομε να εξαντληθεί λόγω της εξατμισοδιαπνοής ολόκληρη η διαθέσιμη ποσότητα (100%). Στην πράξη δύμας, για πολλούς λόγους, ποτέ δεν αφήνεται να εξαντληθεί η διαθέσιμη υγρασία κατά 100% και σύμφωνα με τα δεδομένα του παρείγματος, δε θα πρέπει να ξεπεραστεί το 70%, που σημαίνει ότι η εφαρμοζόμενη δόση αρδεύσεως D γίνεται:

$$D = 60 \frac{\text{m}^3}{\text{στρ}} \times \frac{70}{100} = 42 \text{ m}^3/\text{στρ. ή 42 mm ύψους νερού}$$

Η δόση αυτή πρέπει να αυξάνεται λόγω εξατμίσεως και βαθιάς διηθήσεως, ενώ σε περιπτώσεις αλατούχων εδαφών αυξάνεται και κατά το ποσό που κρίνεται αναγκαίο για την έκπλυση των εδαφών.

Όπως είδαμε, η δόση αρδεύσεως είναι συνάρτηση του εδάφους και των καλλιεργούμενων σ' αυτό φυτών, των οποίων το ριζικό σύστημα παίζει σπουδαίο ρόλο, γιατί καθορίζει το βάθος του εδάφους στο οποίο θα πρέπει να αρδεύονται κάθε φορά οι καλλιέργειες. Βέβαια δεν πρέπει να ξεχονούμε ποτέ το ποσοστό της διαθέσιμης υγρασίας, πέρα από το οποίο η άρδευση είναι υποχρεωτική.

β) Εύρος αρδεύσεως.

Με τον όρο **εύρος αρδεύσεως** εννοείται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών αρδεύσεων. Για τον υπολογισμό του εύρους αρδεύσεως είναι ανάγκη να γνωρίζουμε για κάθε ημέρα αυτού του χρονικού διαστήματος την υδατοκατανάλωση. Αυτό δύμας είναι δύσκολο στην πράξη και γι' αυτό διαιρούμε τη μηνιαία υδατοκατανάλωση με τον αριθμό των ημερών του μηνός και έτσι έχουμε μία μέση τιμή ημερήσιας υδατοκατανάλωσεως, που συνήθως εκφράζεται σε χιλιοστά ύψους νερού ανά ημέρα.

Έτσι, αν στο προηγούμενο παράδειγμα, που η αρδευτική δόση βρέθηκε ίση με 42 mm, θεωρήσομε ότι η ημερήσια υδατοκατανάλωση είναι για τη συγκεκριμένη περίπτωση 7 mm, το εύρος αρδεύσεως (E) θα δοθεί από τη σχέση:

$$\text{Εύρος αρδεύσεως} = \frac{\text{Δόση αρδεύσεως σε mm}}{\text{ημερήσια υδατοκατανάλωση σε mm/ημ}}$$

$$\text{ή } E = \frac{42 \text{ mm}}{7 \text{ mm/ημ}} = 6 \text{ ημέρες}$$

Αυτό σημαίνει ότι κάθε 6 ημέρες θα πρέπει να γίνεται άρδευση και το ύψος του νερού που θα δίνεται σε κάθε άρδευση (αρδευτική δόση) θα είναι ίσο με 42 mm, που αντιστοιχεί σε όγκο 42 m^3 νερό ανά στρέμμα.

Στο ίδιο παράδειγμα είχε βρεθεί ότι ο ωφέλιμος όγκος νερού, που ευκόλα μπορεί να προσληφθεί από τα φυτά είναι ίσος με 60 m^3 που αντιστοιχεί σε ύψος νερού ίσο με 60 mm. Ο ωφέλιμος όγκος νερού μπορεί να βρεθεί αν από τον όγκο νερού που είναι αποθηκευμένο στο έδαφος, δύταν η μυζητική τάση είναι ίση με $\frac{1}{3}$ atm (υγρασία υδατοϊκανότητας), αφαιρεθεί ο όγκος νερού που αντιστοιχεί σε μυζητική τάση ίση με 15 atm (υγρασία μαράνσεως).

Με βάση τα 60 mm, δηλαδή τη μέγιστη ποσότητα που μπορεί να διατεθεί στο φυτό το οποίο υποθέσαμε ότι καταναλώνει 7 mm ανά ημέρα, βρίσκεται η μέγιστη

δυνατή τιμή του εύρους αρδεύσεως από το λόγο: $\frac{60 \text{ mm}}{7 \text{ mm/ημερ.}}$ = 8,57 ημέρες. Αυτό δύμας σημαίνει εξάντληση της διαθέσιμης υγρασίας κατά 100%, πράγμα που δε συνιστάται. Δεχόμενοι ως ποσοστό εξαντλήσεως 50% ως 75%, βρίσκομε μικρότερα εύρη που συνεπάγονται συχνότερες αρδεύσεις με μικρότερες δόσεις.

Γενικά η ωφέλιμη υδατοχωρητικότητα βαίνει αυξανόμενη από τα χονδρόκοκκα προς τα λεπτόκοκκα αργιλώδη εδάφη, με συνέπεια, για την ίδια ημερήσια υδατοκατανάλωση, το εύρος αρδεύσεως να αυξάνει αντίστοιχα.

Το εύρος αρδεύσεως έχει ιδιάιτερη σημασία για τους γεωργούς, οι οποίοι επιθυμούν να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερο, γιατί έτσι κάνουν λιγότερα ποτίσματα και κερδίζουν χρόνο για άλλες αγροτικές δουλειές. Η επιθυμία αυτή δύμας θα πρέπει να συνεξετάζεται με την αύξηση του κόστους του δικτύου διανομής και εφαρμογής του νερού στον αγρό, γιατί λόγω της μεγαλύτερης παροχετευτικότητάς του, οι αγωγοί πρέπει να έχουν μεγαλύτερες διαμέτρους.

Επιθυμία των γεωργών επίσης είναι το αρδευτικό δίκτυο να είναι όσο γίνεται οικονομικότερο. Αυτό θα συνέβαινε αν το πότισμα γινόταν σε μικρές δόσεις, οπότε θα χρειαζόταν αγωγό με μικρότερες διαμέτρους, αλλά περισσότερη απασχόληση του γεωργού. Έτσι προκύπτει η ανάγκη να γίνει μια σχετική μελέτη, ώστε να βρεθεί η καλύτερη λύση.

Πάντως, επειδή δεν είναι και εύκολος ο προσδιορισμός του ποσοστού υγρασίας του εδάφους που θα πρέπει να καταναλώνεται, ώστε να επαναλαμβάνεται στη συνέχεια η άρδευση, προτιμότερο θα ήταν να υπήρχαν τασίμετρα σε διάφορα σημεία και βάθη του αρδευόμενου αγρού. Ανάλογα τώρα με την ένδειξη των τασίμετρων

Θα εφαρμοζόταν τόσο νερό, ώστε η αρνητική πίεση (μυζητική τάση) να γίνεται ίση με το $1/3$ της ατμοσφαιρικής πίεσεως.

γ) Διάρκεια αρδεύσεως.

Με τον όρο **διάρκεια αρδεύσεως** εννοούμε το χρόνο που μεσολαβεί από την έναρξη μέχρι τη λήξη της αρδεύσεως. Είναι φανερό ότι η διάρκεια αρδεύσεως πρέπει να είναι μικρότερη ή το πολύ ίση με το εύρος αρδεύσεως. Στην πράξη δύμας είναι πάντα μικρότερη, γιατί, όπως είπαμε προηγουμένως, οι γεωργοί πρέπει να έχουν ελεύθερο χρόνο και για άλλες αγροτικές δουλειές, αλλά και για να προετοιμάσουν την επόμενη άρδευση. Με τη σκέψη αυτή θα μπορούσε κανείς να προτείνει τήν ελαχιστοπόίηση της διάρκειας αρδεύσεως. Αυτό δύμας προσκρούει σε δύο σοβαρά εμπόδια: Το ένα είναι οικονομικό, λόγω της ανάγκης αυξήσεως των παροχών

και κατά συνέπεια των διαμέτρων των αγωγών. Το άλλο είναι τεχνικό, λόγω του ότι δεν μπορούμε να υπερβούμε την ταχύτητα διηθήσεως του εδάφους, γιατί τότε θα προκληθεί επιφανειακή απορροή και θα αυξηθούν οι απώλειες πολύτιμου νερού με κίνδυνο προκλήσεως διαβρώσεως και απομακρύνσεως των λεπτόκοκκων στοιχείων από την επιφάνεια του εδάφους.

Άλλος παράγοντας που επιδρά στη διάρκεια της αρδεύσεως, είναι ο τρόπος οργανώσεως της αρδεύσεως μιας περιοχής. Έτσι π.χ. στην περίπτωση που πολλοί γεωργοί χρησιμοποιούν το ίδιο κινητό υλικό (άρδευση με τεχνητή βροχή), λαμβάνονται υπόψη και πρόσθετες καθυστερήσεις για μεταφορά και αλλαγή του κινητού υλικού από γεωργό σε γεωργό. Επισημαίνεται εδώ ότι δε θα πρέπει να γίνεται σύγχυση ανάμεσα στη διάρκεια αρδεύσεως μιας περιοχής με τη διάρκεια παραμονής του σωλήνα με τους εκτοξευτήρες στην ίδια θέση.

Είναι φανερό ότι εδάφη με μεγάλη ταχύτητα διηθήσεως παρέχουν περισσότερες δυνατότητες ευελιξίας ως προς τη διάρκεια της αρδεύσεως. Αυτό πάλι σε καμιά περίπτωση δε θα πρέπει να ερμηνευθεί ως δυνατότητα εξαντλήσεως της ταχύτητας διηθήσεως, γιατί υπάρχει μεγάλος κίνδυνος απώλειας μεγάλων ποσοτήτων νερού λόγω βαθιάς διηθήσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ

2.1 Επιφανειακή άρδευση.

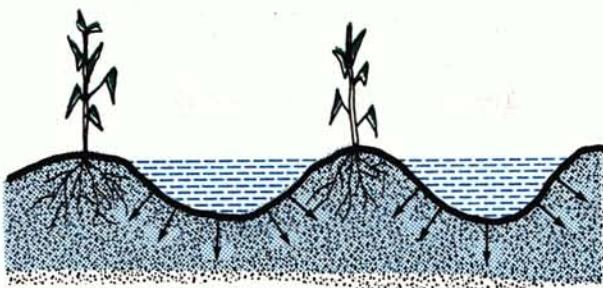
Με τη μέθοδο αυτή το αρδευτικό νερό εφαρμόζεται στον αγρό μ' ένα σύστημα ανοικτών αγωγών διαφόρων μορφών. Το νερό κινείται στους αγωγούς υπό την επίδραση της βαρύτητας. Η μεταφορά του αρδευτικού νερού μέχρι την **κεφαλή** του αγρού, δηλαδή μέχρι το σημείο που εξασφαλίζει την καλύτερη διανομή του νερού, γίνεται επίσης με ανοικτούς αγωγούς, αλλά αυτό δεν αποκλείει και τη δυνατότητα χρησιμοποιήσεως και κλειστών αγωγών, αν ειδικές συνθήκες το απαιτούν. Οι ανοικτοί αγωγοί μεταφοράς του αρδευτικού νερου είναι γνωστοί με το όνομα **διώρυγες**. Οι διώρυγες ανάλογα με τη σημασία τους σ' ένα αρδευτικό δίκτυο, στην πιο πλήρη μορφή του, χαρακτηρίζονται ως **τριτεύουσες**, **δευτερεύουσες** και **πρωτεύουσες**, ενώ η διώρυγα από την οποία τροφοδοτούνται οι πρωτεύουσες λέγεται **κύρια προσαγωγής διώρυγα**. Περισσότερα για τις διώρυγες θα πούμε στο κεφάλαιο 4, που αναφέρεται στη χάραξη αρδευτικών δικτύων.

Οι τριτεύουσες αρδευτικές διώρυγες τροφοδοτούν με νερό τα αυλάκια και τις λωρίδες μεταξύ παραλλήλων αναχωμάτων, όπου το νερό διηθείται κατά τη διαδρομή του ή τις λεκάνες, όπου το νερό κατακλύζει την επιφάνειά τους και σιγά - σιγά διηθείται μέσα στο έδαφος.

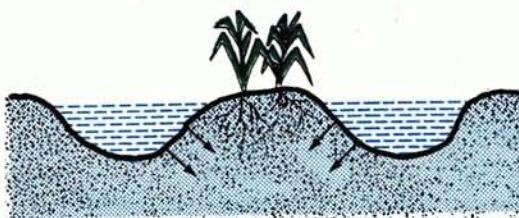
Εκτός από τους παραπάνω τρόπους επιφανειακής αρδεύσεως τους οποίους θα αναπτύξουμε λεπτομερώς γιατί είναι οι βασικότεροι, υπάρχουν και άλλοι που διαφέρουν από αυτούς ή αποτελούν απλές παραλλαγές τους.

2.1.1 Επιφανειακή άρδευση με αυλάκια.

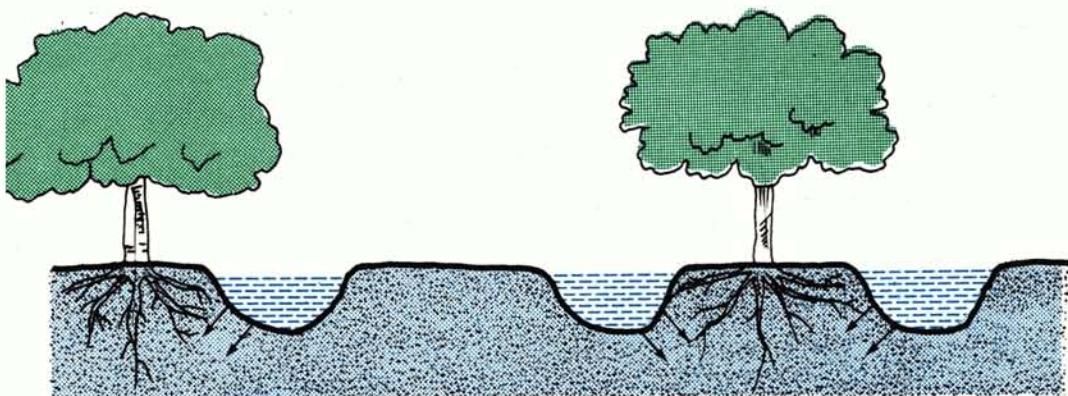
Με τη μέθοδο αυτή το αρδευτικό νερό σε μικρές κατά κανόνα παροχές, ρέει μέσα σε αυλάκια που κατασκευάζονται μεταξύ των γραμμών των καλλιεργουμένων φυτών. Τα αρδευτικά αυλάκια μπορούν να κατασκευασθούν ακολουθώντας την κλίση του εδάφους ή τις ισοϋψείς του εδάφους με κάποια μικρή κλίση φυσικά, για να μπορεί το νερό να ρέει μέσα σ' αυτά έτσι, ώστε να μην προκαλείται διάβρωσή τους. Παράλληλα επιδιώκεται η ομοιόμορφη διήθηση του νερού και η μείωση των απωλειών λόγω βαθιάς διηθήσεως και απορροής. Μια ποικιλία αρδευτικών αυλακιών φαίνεται στα σχήματα 2.1α, 2.1β, 2.1γ, 2.1δ, 2.1ε, 2.1στ, 2.1ζ, 2.1η, 2.1θ και 2.1ι.



Σχ. 2.1α.
Ένα αυλάκι για κάθε σειρά φυτών.



Σχ. 2.1β.
Ένα αυλάκι για κάθε δύο σειρές φυτών.

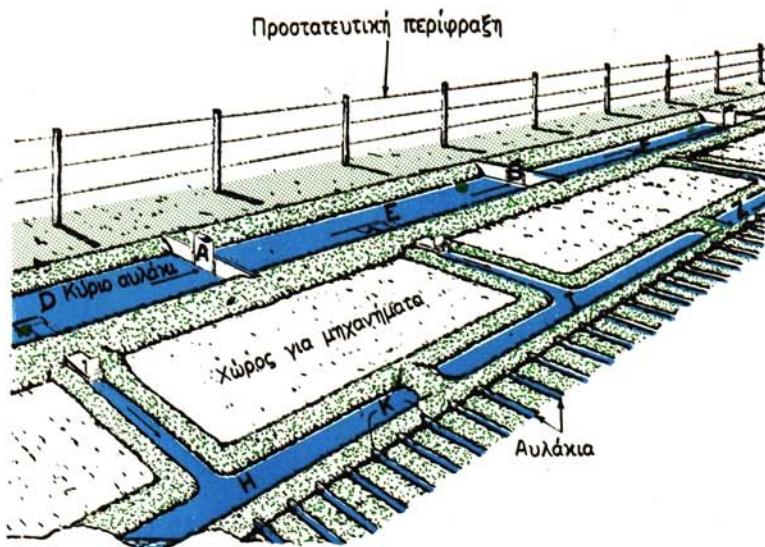


Σχ. 2.1γ.
Δύο αυλάκια για κάθε σειρά φυτών.

Επεξηγηματικό κείμενο.

Στην περίπτωση του σχήματος 2.1δ υπάρχει η δυνατότητα, χάρη στις βάννες D,E,F, ρυθμίσεως της στάθμης του νερού μέσα στα βοηθητικά αυλάκια H,I,J έτσι, ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη τροφοδοσία των αρδευτικών αυλακιών. Εξάλλου προβλέπεται χώρος και για τα γεωργικά μηχανήματα. Εκτός από το κύριο αυλάκι τα υπόλοιπα μετά από κάθε αρδευτική περίοδο κατασκευάζονται από την αρχή.

Στην περίπτωση του σχήματος 2.1ε έχομε την ίδια περίπτωση με λεπτομέρεια του στομίου υδροληψίας με μόνη διαφορά ότι δεν προβλέπεται χώρος για τα μηχα-

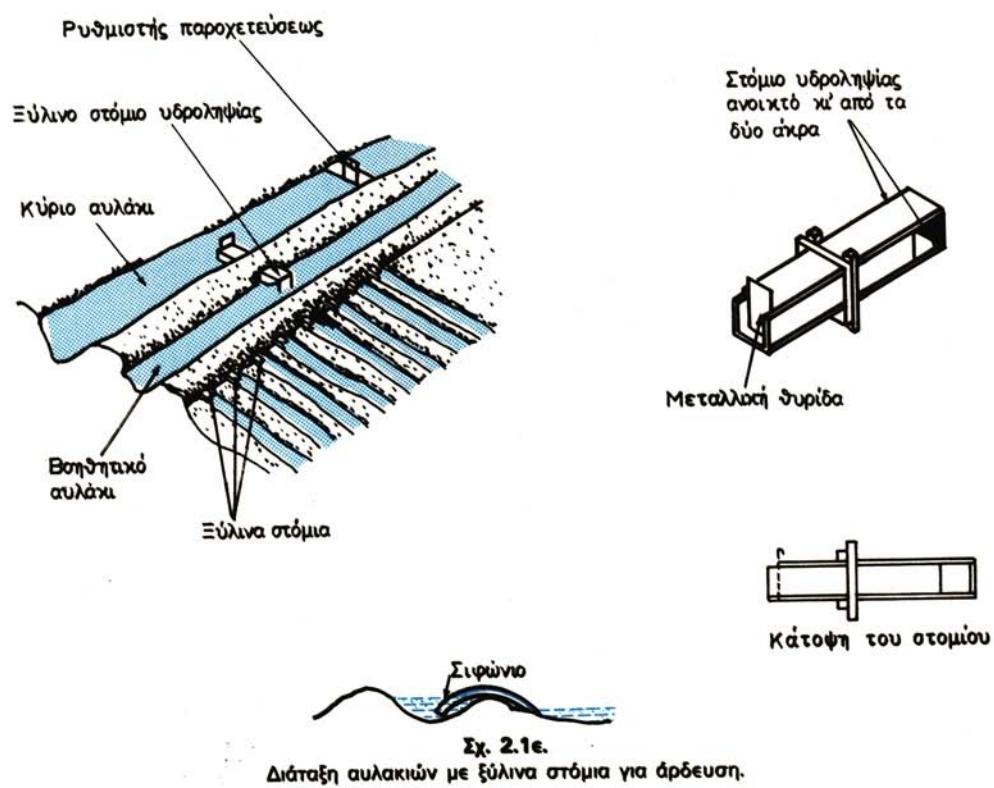


Σχ. 2.1δ.

Διάταξη αυλακιών με βάννες για άρδευση: D,E,F = θυρίδες που επιτρέπουν τη ρύθμιση της στάθμης του νερού στα βοηθητικά αυλάκια H,I,Z.

K = στόμια από τα οποία το νερό μπαίνει στα αυλάκια.

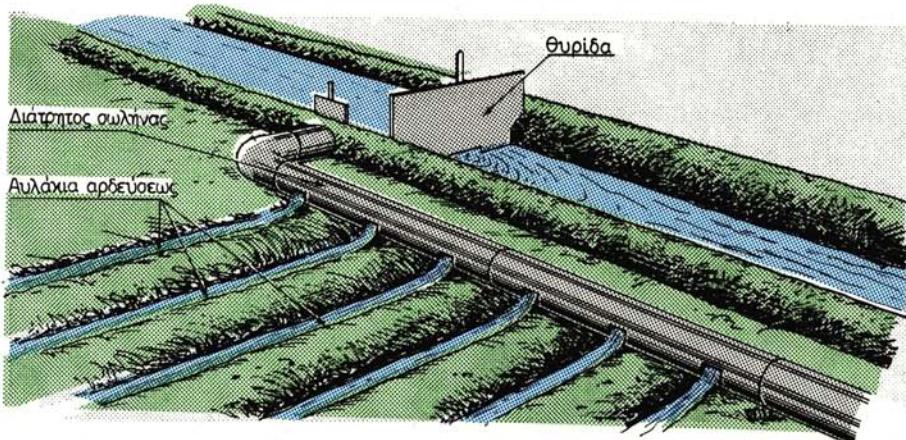
A,B,G = θυρίδες ρυθμίσεως της παροχής μέσα στο κύριο αυλάκι.



Σχ. 2.1ε.

Διάταξη αυλακιών με ξύλινα στόμια για άρδευση.

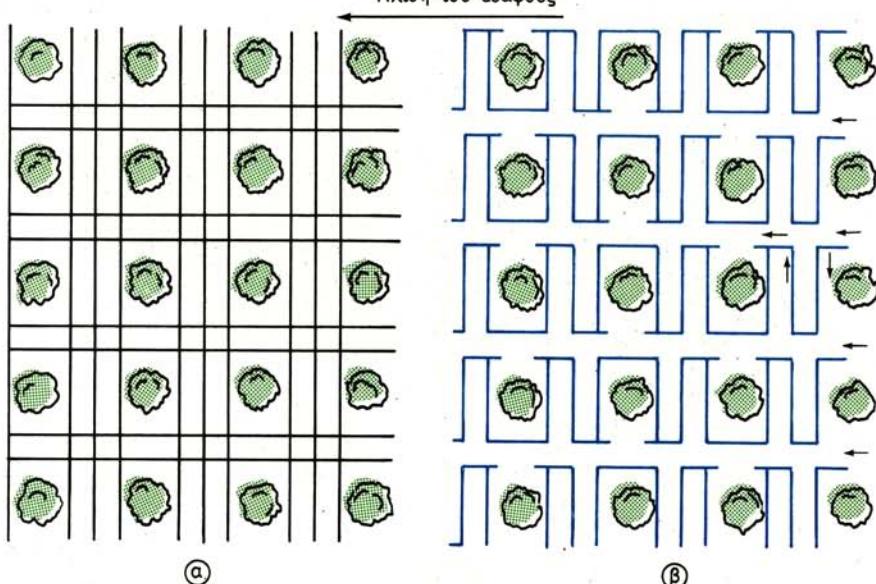
νήματα. Η τροφοδοσία των αυλακιών μπορεί να γίνει και με σιφώνια. Το βοηθητικό αυλάκι και στις δύο περιπτώσεις είναι πολύ χρήσιμο, γιατί έτσι δεν καταστρέφεται το κύριο αυλάκι και εξασφαλίζεται ομοιόμορφη τροφοδοσία των αρδευτικών αυλακιών.



Σχ. 2.1στ.

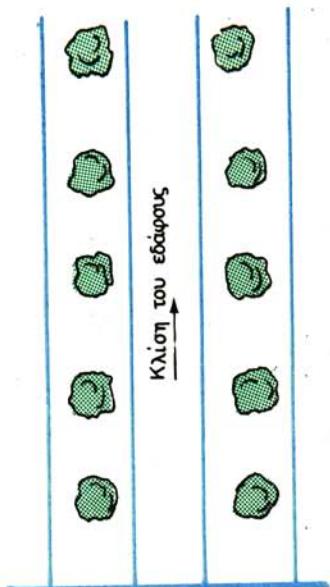
Τροφοδοσία αυλακιών σε νερό από σωλήνα με ανοίγματα στις θέσεις των αυλακιών.

Κλίση του εδάφους

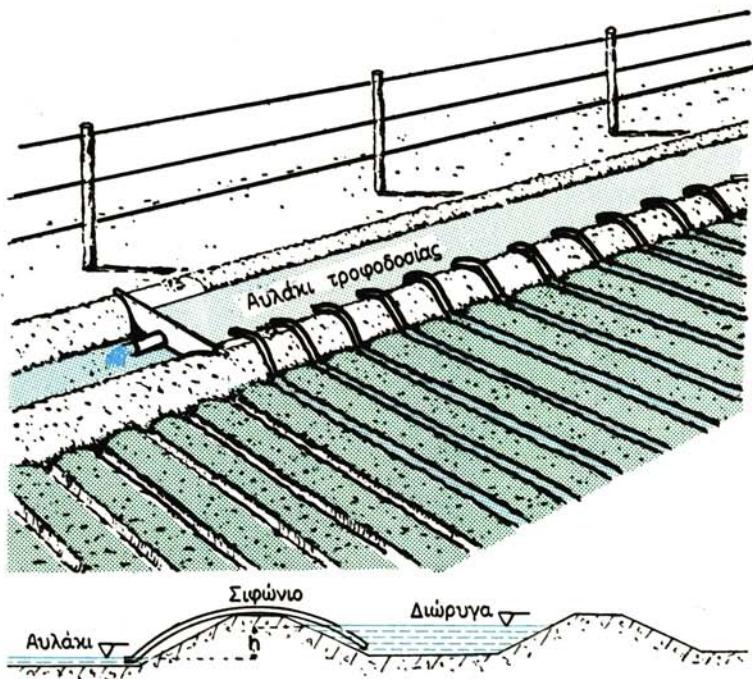


Σχ. 2.1ζ.

α) Χάραξη των αυλακιών. β) Άρδευση με αυλάκια ζιγκ - ζαγκ.'



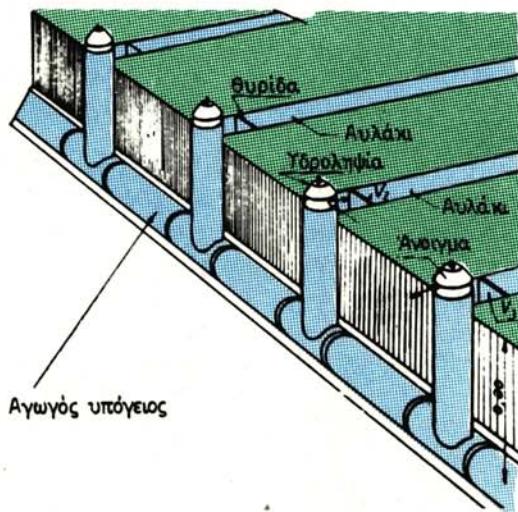
Σχ. 2.1η.
Άρδευση με αυλάκια ένθυγραμμα.



Σχ. 2.1θ.
Άρδευση με τη βοήθεια σιφωνίων: προοπτικά και σε τομή. [Το υδραυλικό φορτίο h είναι η διαφορά της στάθμης της επιφάνειας του νερού μέσα στο αυλάκι τροφοδοσίας (ή διώρυγα) και της στάθμης του νερού μέσα στο αρδευτικό αυλάκι].

a) Απόσταση μεταξύ των αυλακιών.

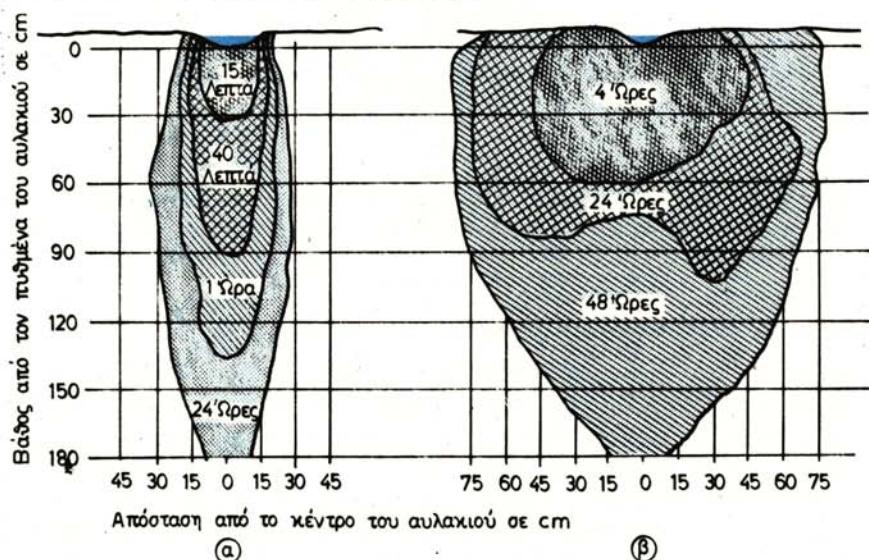
Η απόσταση μεταξύ των αυλακιών είναι κυρίως συνάρτηση της κοκκομετρικής συστάσεως του εδάφους, που επηρεάζει άμεσα την πλάγια και κατακόρυφη διήθη-



Σχ. 2.1i.

Τροφοδοσία αυλακιών από υπόγειο αγωγό υπό χαμηλή πίεση, γνωστή σαν μέθοδος Καλιφόρνιας.

ση του νερού. Γενικά, στα αμμώδη εδάφη παρατηρείται μικρή πλάγια και μεγάλη κατακόρυφη διήθηση ενώ στα αργιλώδη παρατηρείται μεγαλύτερη πλάγια και μικρότερη (βραδύτερη) κατακόρυφη. Τα σχ. 2.1ia και 2.1ib βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση αυτού του φαινομένου.



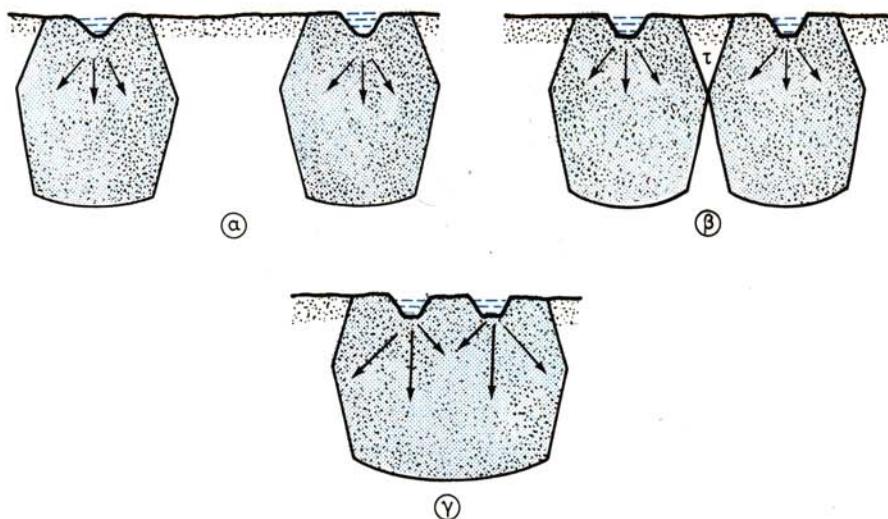
Σχ. 2.1ia.

Εξέλιξη της διηθήσεως του αρδευτικού νερού, σε αμμοπηλώδες και σε αργιλοπηλώδες έδαφος.

α) Έδαφος αμμώδες. β) Έδαφος αργιλώδες.

Από το σχήμα 2.1ια προκύπτει ότι η απόσταση μεταξύ των αυλακιών σε αμμώδη εδάφη πρέπει να είναι μικρότερη από ό,τι σε αργιλώδη ενώ η κατακόρυφη διήθηση είναι μεγαλύτερη στα αμμώδη από ό,τι στα αργιλώδη. Γενικά η απόσταση μεταξύ των αρδευτικών αυλακιών κυμαίνεται, συνήθως, μεταξύ 0,60 m και 1,50 m. Γι' αυτό στα αμμώδη εδάφη ενδείκνυνται ελαφριές και συχνές αρδεύσεις. Ο κίνδυνος απωλειών νερού από βαθιά διήθηση σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι μεγάλος. Βέβαια μαζί με τα παραπάνω θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας και τη μορφή και το βάθος του ριζοστρώματος των καλλιεργουμένων φυτών, καθώς και τον τρόπο εκτελέσεως των καλλιεργητικών φροντίδων.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ο πιο σίγουρος τρόπος για να βρεθεί η σωστή απόσταση μεταξύ των αυλακιών σε δεδομένο έδαφος, είναι η πραγματοποίηση δειγματοληψιών στο μέσο της αποστάσεώς τους, οπότε αν το έδαφος είναι ξηρό, σημαίνει ότι η απόστασή τους είναι μεγάλη και πρέπει να τη μικρύνομε μέχρις ότου έχουμε ικανοποιητική υγρασία (σχ. 2.1ιβ).



Σχ. 2.1ιβ.

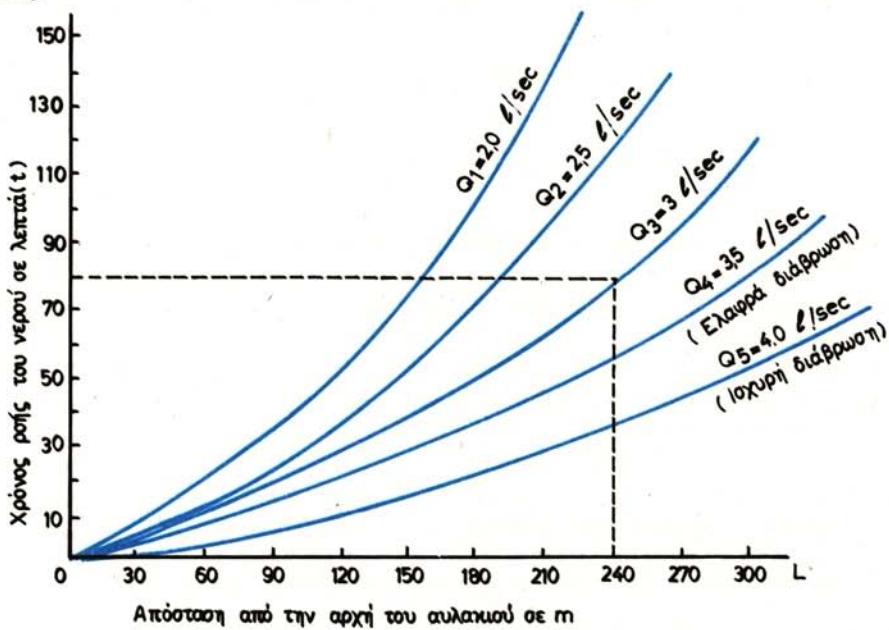
Αποστάσεις μεταξύ αρδευτικών αυλακιών. α) Αυλάκια πολύ μακριά το ένα από το άλλο. Ανάμεσά τους παραμένει ζώνη εδάφους που δεν διαβρέχεται. β) Αυλάκια σε κανονική τοποθέτηση. Χάρη στην τριχοειδή ανύψωση το τρίγωνο (τ) διαβρέχεται και αυτό. γ) Αυλάκια πολύ κοντά. Επικάλυψη με συνέπεια τη σπατάλη νερού.

β) Μήκος των αρδευτικών αυλακιών.

Το μήκος των αυλακιών βρίσκεται σε άμεση σχέση με την ταχύτητα διηθήσεως του εδάφους. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα διηθήσεως τόσο μικρότερο πρέπει να είναι το μήκος των αυλακιών και αντίστροφα, όσο μικρότερη είναι η ταχύτητα διηθήσεως τόσο μεγαλύτερο μπορεί να είναι το μήκος των αυλακιών. Έτσι, στην περίπτωση π.χ. αμμωδών εδαφών τα επιτρεπόμενα μήκη αυλακιών πρέπει να είναι μικρά, γιατί αλλιώς έχουμε μεγάλες απώλειες νερού λόγω βαθιάς διηθήσεως του στο έδαφος, ενώ αντίθετα στην περίπτωση αργιλωδών εδαφών τα μήκη μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερα. Ο ρόλος του μήκους των αυλακιών είναι σημαντικός

για την επιλογή του συστήματος αρδεύσεως. Μήκη αυλακιών μικρότερα από 60 m, δεν επιτρέπουν την επιφανειακή άρδευση με αυλάκια, γιατί θα έχομε μεγάλη απώλεια καλλιεργήσιμης γης που καταλαμβάνεται από αυτά. Επίσης το μικρό μήκος των αυλακιών, μικραίνει την απόσταση μεταξύ των τριτευουσών διωρύγων, που, όπως έχομε αναφέρει, αποτελούν την τελευταία τάξη των αρδευτικών διωρύγων, οι οποίες τροφοδοτούν τα αυλάκια με νερό. Έτσι, καταλήγομε σ' ένα πυκνό δίκτυο αυλακιών και διωρύγων που κάνει τη μεθόδο αντιοκονομική.

Για να βρεθεί το ιδανικό μήκος των αυλακιών, έγιναν κατά καιρούς πολλές προσπάθειες. Ως παράδειγμα αναφέρομε τον Griddle. Ο Griddle με βάση το χρόνο T που απαιτείται για να διηθηθεί η αναγκαία ποσότητα νερού στο βάθος που καθορίζεται από το βάθος του κύριου ριζοστρώματος των φυτών, καθόρισε ότι ο χρόνος διαδρομής t του νερού για να φθάσει από την αρχή (κεφαλή) ως το τέλος του αυλακιού, είναι ίσος με το $1/4$ του T . Στη συνέχεια, με τη βοήθεια ειδικού διαγράμματος για κάθε περίπτωση της μορφής του σχήματος 2.1γ γκαθόρισε το μήκος του αυλακιού για διάφορες παροχές μικρότερες από τη μέγιστη επιτρεπτή που ορίζεται ως η παροχή πέρα από την οποία εμφανίζεται το φαινόμενο της διαβρώσεως.

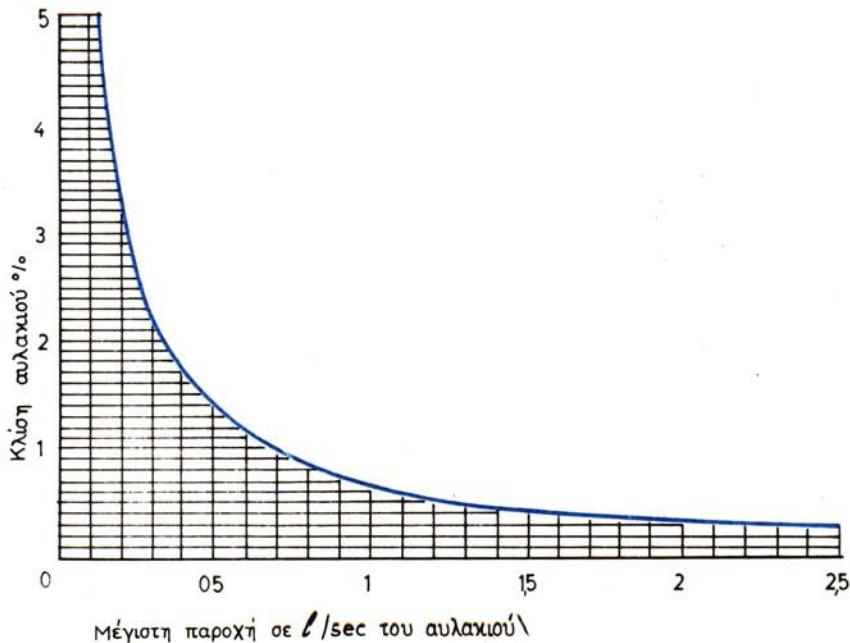


Σχ. 2.1γ.

Διάγραμμα προσδιορισμού του μήκους L των αρδευτικών αυλακιών σε συνάρτηση με το χρόνο t σε λεπτά και των πειραματικών καμπυλών της παροχής Q σε λίτρα ανά δευτερόλεπτο (l/sec).

Η παροχή Q είναι φανερό ότι μεταβάλλεται με την κλίση του αυλακιού. Το διάγραμμα του σχήματος 2.1ιδ μας δίνει μια παραστατική εικόνα μεταξύ μέγιστης παροχής και κλίσεως για εδάφη μέσης συστάσεως.

Από το διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι όσο μικραίνει η κλίση τόσο μπορεί να μεγαλώνει η παροχή.



Σχ. 2.16.

Διάγραμμα μέγιστης παροχής και κλίσεως αρδευτικού αυλακιού.

Πάντως, για τον καθορισμό της επιτρεπόμενης παροχής, της διάρκειας αρδεύσεως T , του χρόνου διαδρομής t και του επιτρεπτού μήκους l των αρδευτικών αυλακιών, είναι απαραίτητη η εκτέλεση πειραματικών δοκιμών σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

Ενδεικτικά, για τις τρεις βασικές κατηγορίες εδαφών, δηλαδή ελαφριάς, μέσης και βαριάς συστάσεως, τα αντίστοιχα συνήθη μήκη αυλακιών είναι 60 - 120 m, 120 - 180 m και 180 - 240 m ανάλογα και με την κλίση των αυλακιών.

Ενδεικτικά επίσης δίνεται ο Πίνακας 2.1.1 που συνδυάζει το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος των αυλακιών με το ύψος του εφαρμοζόμενου νερού και της κλίσεως του εδάφους για περισσότερο εξειδικευμένες κατηγορίες εδαφών.

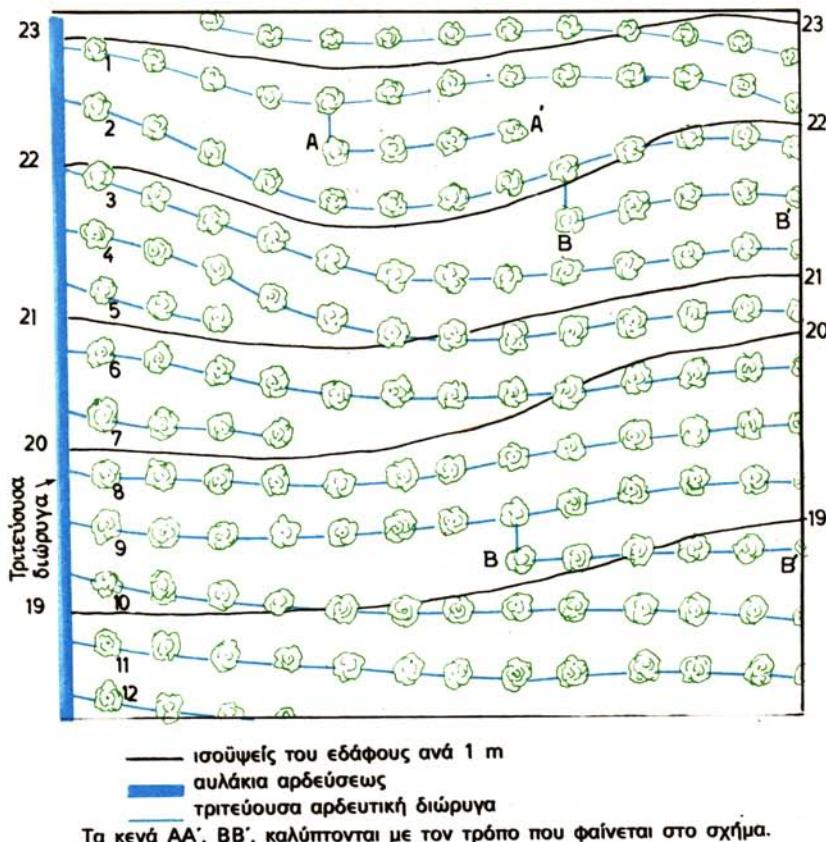
1) Αρδευση με αυλάκια ακολουθώντας τις ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή τα αυλάκια χαράζονται με βάση της ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους. Αυτό επιτρέπει τον προσδιορισμό της κατάλληλης κλίσεως, ώστε να γίνεται κατά το δυνατόν ομοιόμορφη η διάθηση του νερού στο έδαφος, να αποφεύγεται το φαινόμενο της διαβρώσεως, να γίνεται καλύτερος ο έλεγχος της ροής του νερού και να περιορίζονται στο ελάχιστο οι απώλειες νερού. Η μέθοδος γενικά επιτρέπει την άρδευση επικλινών εδαφών, χωρίς να απαιτείται λεπτομερής ισοπέδωσή τους. Ένα από τα βασικά αλλά όχι ανυπέρβλητα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι εφόσον τα αυλάκια χαράζονται σύμφωνα με τις ισοϋψείς, οι τριτεύουσες διώρυγες που τα τροφοδοτούν, πρέπει να χαραχθούν σύμφωνα με την κλίση του εδάφους. Αν ληφθεί υπόψη ότι οι παροχές μέσα στις τριτεύουσες διώ-

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1.1.
Μέγιστα επιτρεπόμενα μήκη αρδευτικών αιματικών σε αυνάρτηση με το έδαφος, την κλίση του και το μήφος νερού που πρέπει να εφαρμοσθεί στον αγρό.

Κλίση %	Υψος εφαρμοζόμενου υδατος, σε εκ.μ.										Μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος αρδευτικών αιματικών σε μέτρα							
	10	7,5	5	10	7,5	5	10	7,5	-	5	10	7,5	5	10	7,5	5	10	7,5
0,25	450	383	315	390	345	285	345	293	248	278	240	195	210	180	150	98	83	58
0,50	300	263	218	270	240	195	233	203	165	188	165	135	143	120	98	68	53	45
0,75	240	210	173	210	180	150	188	158	128	150	128	105	113	98	83	53	45	38
1,00	203	180	143	180	158	128	158	135	113	128	105	90	98	83	68	45	38	30
1,50	165	143	113	150	128	105	128	113	90	105	90	75	75	68	53	38	30	-
2,00	143	120	98	120	105	90	105	90	75	90	75	60	68	60	45	30	30	-
2,50	128	105	90	113	90	75	98	83	68	75	68	53	60	53	38	30	-	-
3,00	113	98	83	105	83	68	90	75	60	68	60	45	53	45	38	30	-	-
4,00	98	83	68	90	75	60	75	60	53	60	53	45	45	38	30	-	-	-
5,00	83	75	60	75	68	53	68	53	45	53	45	38	38	30	-	-	-	-

ρυγες είναι σχετικά μεγάλες, αφού πρέπει να μεταφέρουν νερό για πολλά αυλάκια, γίνεται φανερός ο κίνδυνος διαβρώσεως του εδάφους όσο η κλίση αυτή του εδάφους είναι πιο μεγάλη. Για να αποφύγομε τον κίνδυνο αυτό κάνομε χρήση επενδυμένων διωρύγων ή και κλειστών αγωγών, αν χρειασθεί. Μια τυπική διάταξη αρδεύσεως σύμφωνα με τις ισούψεις, φαίνεται στο σχήμα 2.1ie.



Σχ. 2.1ie.

Τυπική διάταξη αρδεύσεως σύμφωνα με τις ισούψεις

2) Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου.

α) Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου αρδεύσεως με αυλάκια θα μπορούσαν να συνοψισθούν στα εξής:

- Μικρές δαπάνες προετοιμασίας του εδάφους.
- Δυνατότητα εκτελέσεως αγροτικών εργασιών στο χώρο μεταξύ των αυλακών.
- Αποφυγή σχηματισμού επιφανειακής κρούστας και αποφυγή διαβρώσεως.
- Αποφυγή διαβροχής του φυλλώματος των φυτών, πράγμα που θα ευνοούσε την παρουσία ορισμένων ασθενειών.

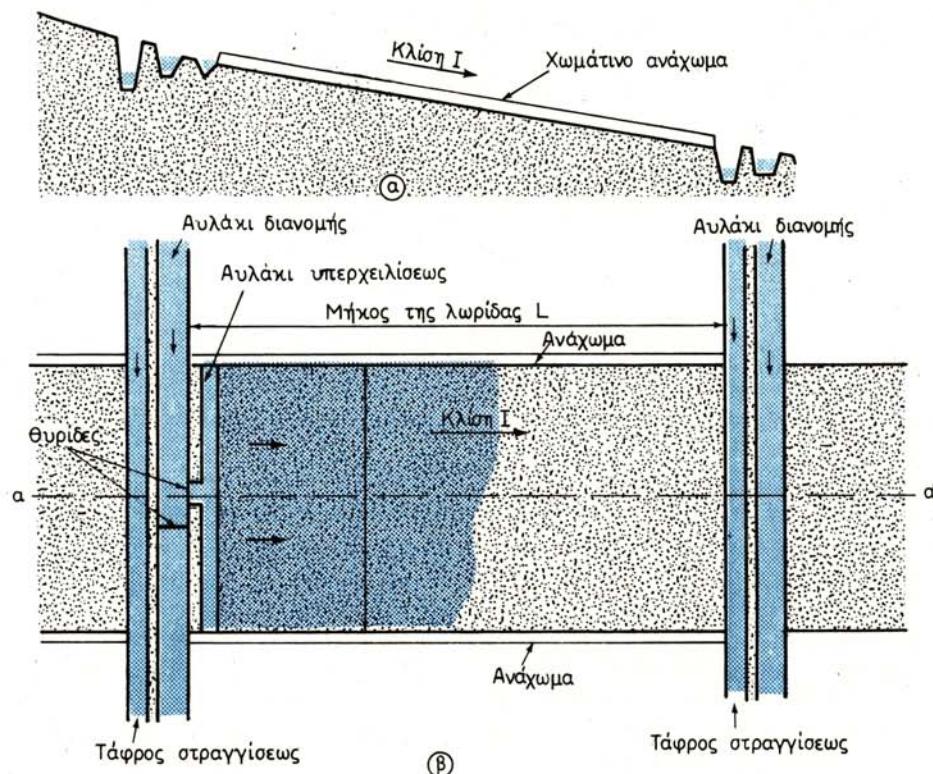
- Δυνατότητα αρδεύσεως φυτών που καλλιεργούνται σε πυκνές σειρές.
- Δυνατότητα αρδεύσεως επικλινών εδαφών (αυλάκια κατά τις ισοϋψείς).

β) Τα σπουδαιότερα μειονεκτήματα είναι:

- Βραδύτητα αρδεύσεως.
- Δύσκολη, αν όχι αδύνατη χωρίς συνέπειες, η μετακίνηση καθέτως προς τα αυλάκια.
- Απαίτηση πολλών αγροτικών χεριών και σκληρής εργασίας.
- Αυξημένες απώλειες νερού λόγω βαθιάς διηθήσεως, κυρίως όταν τα αυλάκια έχουν μεγάλο μήκος.
- Σχετικά μεγάλες ποσότητες διαθέσιμου νερού.
- Ανάγκη υπάρξεως στραγγιστικού δικτύου για τα πλεονάζοντα νερά.

2.1.2 Επιφανειακή άρδευση σε λωρίδες μεταξύ παραλλήλων αναχωμάτων.

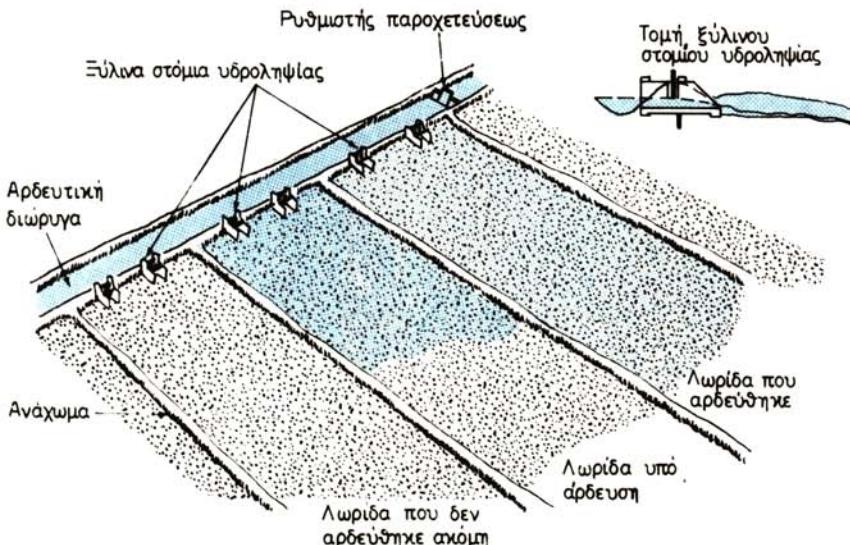
Με τη μέθοδο αυτή το αρδευτικό νερό ρέει σαν ένα λεπτό στρώμα στην επιφάνεια της λωρίδας, ακολουθώντας την κλίση του εδάφους, ενώ ταυτόχρονα διηθείται. Μια τυπική διάταξη αρδεύσεως σε λωρίδες φαίνεται στο σχήμα 2.1ιστ.



Σχ. 2.1ιστ.

Λωρίδα. α) Σε τομή α - α' και β) κάτοψη.

Το νερό με τη βοήθεια των θυρίδων οδηγείται από το αυλάκι διανομής σ' ένα βοηθητικό αυλάκι από το οποίο όταν γεμίσει, το νερό ξεχύνεται στη λωρίδα με υπερχείλιση και γι' αυτό λέγεται και αυλάκι υπερχειλίσεως. Το νερό ρέει στη λωρίδα κατά την κλίση I του εδάφους καλύπτοντας ολόκληρη την επιφάνεια της λωρίδας από την κεφαλή μέχρι το τέρμα της. Για την απομάκρυνση των νερών που πλεονάζουν, προβλέπεται στραγγιστική τάφρος, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1ιστ. Βέβαια ο παραπάνω τρόπος δεν είναι ο μοναδικός, αλλά είναι ο πλήρης κλασσικός τρόπος διατάξεως αρδεύσεως σε λωρίδες. Στο σχήμα 2.1ιζ φαίνεται παραστατικά η ροή του νερού στη λωρίδα.



Σχ. 2.1ιζ.

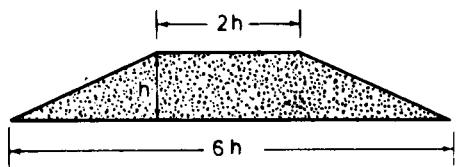
Άρδευση με λωρίδες μεταξύ παραλλήλων αναχωμάτων.

Η ανώτερη πλευρά της λωρίδας είναι πρακτικά οριζόντια, ενώ το έδαφος έχει προετοιμασθεί κατάλληλα, ώστε η κλίση του να είναι ομοιόμορφη σε όλο το μήκος της λωρίδας.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κυρίως για άρδευση λειμώνων, μηδικής, τριφυλλιών και γενικά για πυκνά αναπτυσσόμενες καλλιέργειες. Για τη μηδική, η ιδανική κλίση εδάφους είναι 0,2 ως 0,3%, ενώ για τους λειμώνες μπορεί να φθάνει και μέχρι 4%, οπότε η άρδευση πρέπει να γίνεται με μικρότερες παροχές.

Είναι φανερό ότι, όπως και στην περίπτωση των αρδευτικών αυλακιών, το ύψος του νερού στην αρχή της λωρίδας είναι μεγαλύτερο απ' ό,τι στο τέρμα της και ότι το βάθος του αρδευόμενου εδάφους συνεχώς μειώνεται προς το τέρμα της λωρίδας. Έτσι, είναι φυσικό, αν θέλομε να διαβραχεί το τέρμα της λωρίδας στο κανονικό βάθος που καθορίσθηκε από τη μελέτη, να έχομε στην αρχή της λωρίδας μια απώλεια νερού λόγω βαθιάς διηθήσεως που όσο απομακρυνόμασθε συνεχώς μειώνεται, για να μηδενισθεί στο τέρμα της λωρίδας.

Τα αναχώματα κατά μήκος των λωρίδων προβλέπονται έτσι, ώστε να μην καταστρέφονται από την κυκλοφορία των γεωργικών μηχανημάτων πάνω από αυτά.



Σχ. 2.1η.
Αναλογίες διαστάσεως αναχώματος.

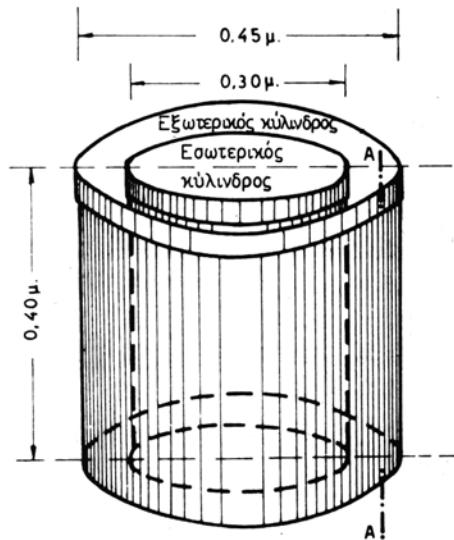
Κατά κανόνα έχουν τραπεζοειδή μορφή με τις αναλογίες διαστάσεων που αναγράφονται στο σχήμα 2.1η.

Οι διαστάσεις της λωρίδας είναι συνάρτηση της μηχανικής συστάσεως του εδάφους, της κλίσεως της υπό άρδευση επιφάνειας, του ύψους του νερού που πρέπει να εφαρμοσθεί στον αγρό, της αρδευτικής παροχής και της τελικής διηθητικότητας του εδάφους, που προσδιορίζεται συνήθως με τη μέθοδο των ομοκέντρων κυλινδρων (σχ. 2.1θ). Μια ενδεικτική συσχέτιση των παραπάνω δίνεται στον Πίνακα 2.1.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1.2.

Σχέσεις μεταξύ μηχανικής συστάσεως του εδάφους, της κλίσεως του αγρού, του ύψους του εφαρμοζόμενου νερού και του μεγέθους των λωρίδων

Μηχανική σύσταση του εδάφους	Κλίση του αγρού %	Υψος εφαρμοζόμενου νερού σε cm	Προτεινόμενο εμβαδόν λωρίδων		Αρδευτική παροχή σε lt/sec
			Πλάτος σε m	Μήκος σε m	
Χονδρό-κοκκος	0,25	5,0	15	150	225
		10,0	15	240	200
		15,0	15	396	170
		1,00	12	90	78
		10,0	12	150	70
	2,00	15,0	12	270	70
		5,0	9	60	35
		10,0	9	90	28
		15,0	9	180	28
		2,00	5,0	240	200
Μέση	0,25	10,0	15	396	170
		15,0	15	396	100
		1,00	12	150	70
		10,0	12	300	70
		15,0	12	396	70
	2,00	5,0	9	90	28
		10,0	9	180	28
		15,0	9	300	28
		2,00	5,0	396	115
		10,0	15	396	70
Λεπτό-κοκκος	0,25	15,0	15	396	43
		5,0	12	396	70
		10,0	12	396	35
		15,0	12	396	20
		1,00	5,0	198	28
	2,00	10,0	9	396	28
		15,0	9	396	20



Σχ. 2.1ιθ.

Σχηματική παράσταση ομοκέντρων κυλίνδρων για τη μέτρηση της διηθητικότητας του εδάφους με σχετική φωτογραφία εκτελέσεως της μετρήσεως.

Η **τελική ή βασική διηθητικότητα** προσδιορίζεται με τη μέθοδο των ομοκέντρων κυλίνδρων (σχ. 2.1ιθ) και έχει ως εξής:

Πρώτα βυθίζεται στο έδαφος ο εσωτερικός κύλινδρος και στη συνέχεια ο εξωτερικός στο ίδιο βάθος που για τα ελαφρά έδαφη κυμαίνεται γύρω στα 18 cm και για τα συνεκτικά γύρω στα 28 cm. Ο εξωτερικός κύλινδρος ελαχιστοποιεί την πλάγια διηθηση του νερού από το κάτω άκρο του εσωτερικού κυλίνδρου.

Στη συνέχεια γεμίζομε και τους δύο κυλίνδρους με νερό στο ίδιο ύψος, που αντιστοιχεί στο πιθανό ύψος του νερού που πρέπει να εφαρμοσθεί στον αγρό κατά την άρδευση. Η στάθμη του νερού αρχίζει να κατεβαίνει λόγω της διηθήσεώς του μέσα στο έδαφος με μεταβαλλόμενη ταχύτητα. Ξαναγεμίζομε τους δύο κυλίνδρους και μετρούμε την πτώση της στάθμης στον εσωτερικό σωλήνα όπως φαίνεται στη σχετική φωτογραφία του σχήματος 2.1ιθ. Το πείραμα επαναλαμβάνεται μέχρις ότου η ταχύτητα πτώσεως της στάθμης του νερού μείνει σταθερή. Τότε λέμε ότι έχομε την τελική ή βασική διηθητικότητα που εκφράζεται συνήθως σε εκατοστά ανά ώρα (cm/h). Ο χρόνος που γίνονται οι μετρήσεις εξαρτάται κυρίως από τη μηχανική σύσταση του εδάφους. Συνήθως γίνονται ανά 10 λεπτά.

Η παροχή Q για την επιφάνεια της λωρίδας S ($S = L \cdot \lambda$) βρίσκεται με τη βοήθεια της **μοναδιαίας παροχής q** , η οποία ορίζεται ως η παροχή που απαιτείται για την άρδευση μιας λωρίδας με μήκος $l = 30$ m και πλάτος $b = 0,30$ m. Η λωρίδα αυτή λαμβάνεται ως μονάδα και έτσι, αν n είναι ο αριθμός των μονάδων, τότε η συνολική παροχή Q δίνεται από το γινόμενο $n \cdot q$.

Δηλαδή:

$$Q = n \cdot q, \quad \text{αλλά} \quad n = \frac{L \cdot \lambda}{l \cdot b}, \quad \text{οπότε:}$$

$$Q = q \cdot \frac{L \cdot \lambda}{l \cdot b} \quad \text{και διά} \quad l = 30 \text{ m} \quad \text{και} \quad b = 0,30 \text{ m}$$

Άρα έχομε:

$$Q = q \frac{L \cdot \lambda}{g} \quad (10)$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο όγγωστος q . Η τιμή του q για κλίση εδάφους 0,5% δίνεται από το νομογράφημα του σχήματος 2.1κ σε συνάρτηση με τη βασική διηθητικότητα και το ύψος του εφαρμοζόμενου σε κάθε άρδευση νερού. Η τιμή αυτή του q ισχύει για κλίση εδάφους ίση με 0,5%. Συνεπώς, αν η κλίση της προς άρδευση λωρίδας είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη, τότε, πριν η σχέση (10) χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει η τιμή του q να διορθωθεί με κάποιο συντελεστή που είναι εύκολο να βρεθεί με τη βοήθεια του Πίνακα 2.1.3. Η διορθωμένη αυτή τιμή του q πρέπει να συγκριθεί με τη μέγιστη, για τη συγκεκριμένη κλίση, επιτρεπόμενη παροχή, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος διαβρώσεως του εδάφους. Αυτή η μέγιστη παροχή πρέπει να προσδιορισθεί πειραματικά επιτόπου. Συχνά όμως χρησιμοποιούνται πειραματικά δεδομένα, που έγιναν σε άλλες περιοχές με παρεμφερή εδάφη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1.3.

Συντελεστές χρησιμοποιούμενοι για την προσαρμογή των παροχών του σχήματος 2.1κ για κλίσεις διαφόρους του 0,5%

Κλίση %	Συντελεστής κλίσεως	Κλίση %	Συντελεστής κλίσεως
0,0	2,00	2,0	0,74
0,1	1,43	2,5	0,70
0,2	1,23	3,0	0,67
0,3	1,13	4,0	0,63
0,4	1,04	5,0	0,60
0,5	1,00	6,0	0,58
0,6	0,96	7,0	0,56
0,7	0,93	8,0	0,54
0,8	0,90	9,0	0,53
0,9	0,88	10,0	0,52
1,0	0,86	11,0	0,51
1,5	0,78	12,0	0,50

Η εύρεση του απαιτούμενου χρόνου αρδεύσεως είναι απλή και γίνεται με βάση τη μοναδιαία παροχή q και τη μονάδα λωρίδας. Έστω ότι:

$l \cdot b =$ η επιφάνεια της μονάδας λωρίδας σε m^2 ,

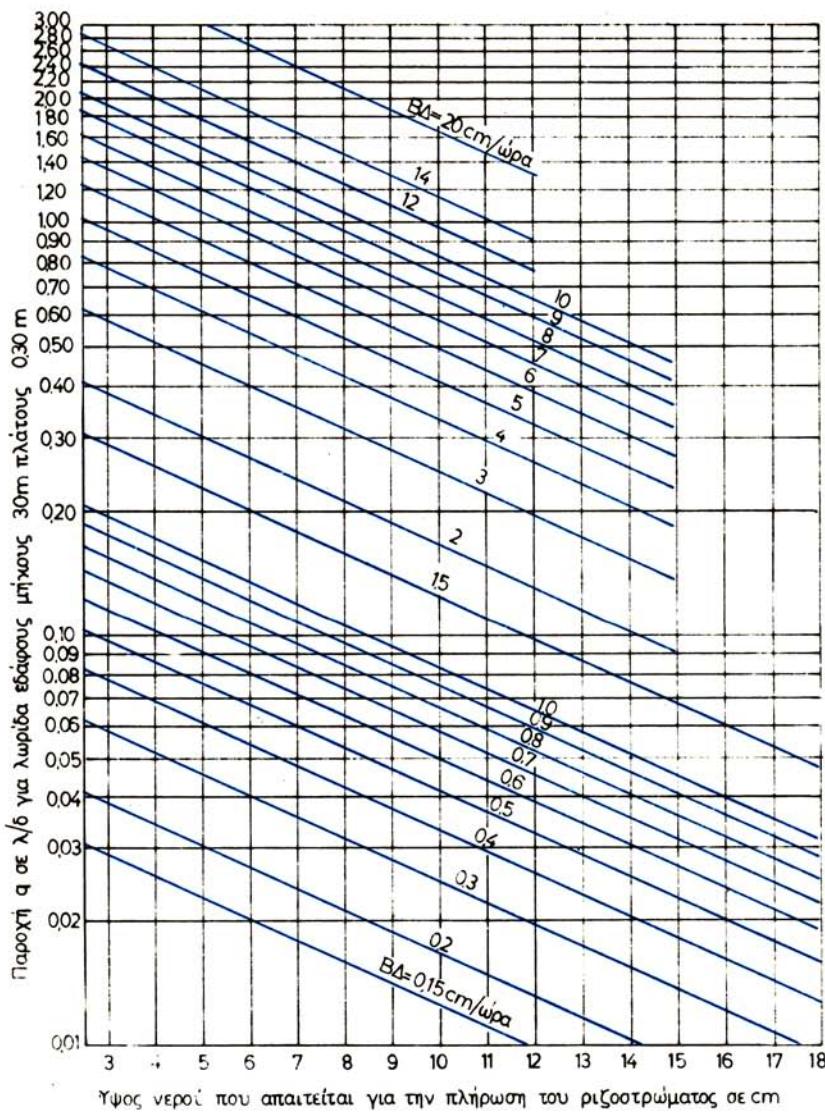
$h =$ το ύψος του νερού πίου πρέπει να αποθηκευθεί στο έδαφος σε m ,

$V =$ ο όγκος του νερού σε m^3 για τη μονάδα λωρίδας,

$q =$ η μοναδιαία παροχή σε l/sec ,

$T =$ ο απαιτούμενος χρόνος αρδεύσεως σε πρώτα λεπτά (min).

Άρα ο συνολικός όγκος του νερού που πρέπει να αποθηκευθεί στο έδαφος μπορεί να εκφρασθεί με δύο τρόπους.



Σχ. 2.1κ.
Διάγραμμα για τον προσδιορισμό της απαιτούμενης παροχής σε συνάρτηση με τη βασική διηθητικότητα (Β.Δ.) και το απαιτούμενο ύψος νερού για κλίση 0,5%.

Δηλαδή:

- $V = lbh \text{ m}^3$
- $V = (\text{παροχή}) \times (\text{χρόνο})$

$$\text{Παροχή} = q \left(\frac{l}{\text{sec}} \right) = \frac{q}{1000} \text{ m}^3/\text{sec} = \frac{60 q}{1000} \text{ m}^3/\text{min}$$

Χρόνος = T min

$$\text{Άρα } V = \frac{60 q}{1000} \cdot \left(\frac{m^3}{\text{min}} \right) \cdot T (\text{min}) = \frac{60 qT}{1000} m^3$$

Εξισώνοντας τις δύο εκφράσεις του όγκου, έχουμε:

$$Ibh = \frac{60 qT}{1000} \quad \text{και} \quad T = 1000 \frac{Ibh}{60 q} \quad (11)$$

Εφόσον η μονάδα λωρίδας ληφθεί με διαστάσεις $I = 30 \text{ m}$ και $b = 0,30 \text{ m}$, τότε η σχέση (11) διά $I \cdot b = 9$, γίνεται:

$$T = 150 \frac{h}{q} \quad (12)$$

Στον υπολογισμό αυτό δε λάβαμε υπόψη καθόλου τις απώλειες νερού και κατά συνέπεια ο συντελεστής αποδόσεως της αρδεύσεως (Σαρδ.) υπονοήθηκε ίσος με τη μονάδα. Στην πράξη δύναται, ο συντελεστής αυτός είναι πάντα μικρότερος από τη μονάδα και συνεπώς ο όγκος του νερού που θα χρειασθεί για μια άρδευση, θα είναι μεγαλύτερος από τον όγκο V καθώς και ο χρόνος αρδεύσεως T . Έτσι, έχοντας υπόψη και το συντελεστή αυτό, ο τύπος (12) γράφεται ως εξής:

$$T = 150 \frac{h}{q \cdot \text{Σαρδ.}} \quad (13)$$

Σημείωση.

Στον τύπο (12) ο αριθμός 150 προέκυψε, όπως είδαμε, από τις μετατροπές μονάδων των διαφόρων μεγεθών, ώστε θέτοντας το h σε (m) και το q σε (l/sec) να δίνεται απευθείας ο χρόνος T σε πρώτα λεπτά (min).

2.1.3 Επιφανειακή άρδευση με κατάκλυση.

a) Ορισμός.

Το σύστημα αρδεύσεως με κατάκλυση συνίσταται στην κάλυψη του εδάφους με ένα στρώμα νερού ποικίλου πάχους ανάλογα με την ειδική περίπτωση (είδος καλλιέργειας, έδαφος κλπ.) που εξετάζεται κάθε φορά. Τό νερό, ήρεμα, αφήνεται να διηθείται για όσο χρόνο χρειάζεται, ώστε να φθάσει μέχρι το επιθυμητό βάθος του εδάφους, ανάλογα με το ριζικό σύστημα των φυτών, το οποίο έχει εκ των προτέρων καθορισθεί. Η αποθήκευμένη αυτή υγρασία στο έδαφος αποτελεί την πηγή τροφοδοσίας νερού των φυτών.

Η μέθοδος αυτή είναι εντελώς διαφορετική από τη μέθοδο σε λωρίδες, οπου το νερό ρέει στην επιφάνειά τους σε όλη τη διάρκεια της αρδεύσεως με μία παροχή που έχει υπολογισθεί με βάση τη διηθητικότητα και την κλίση του εδάφους. Το νερό δηλαδή κατά την άρδευση με λωρίδες δε λιμνάζει σχεδόν καθόλου.

Όταν η κλίση του εδάφους είναι πολύ μικρή ($i < 2\%$), η ροή γίνεται ακανόνιστη και το πάχος του νερού ανομοιόμορφο. Έτσι προκύπτει η ανάγκη χρησιμοποιήσεως μεγαλυτέρων παροχών από εκείνες που μπορεί το έδαφος να απορροφήσει, γεγονός που σημαίνει ότι το νερό πρέπει να «λιμνάζει» στην επιφάνεια του εδάφους κατά τη διάρκεια της διηθήσεώς του.

Όταν τα νερά περιέχουν λιπαντικά στοιχεία, ενδείκνυται η προσαγωγή τους κα τά μεγαλύτερες ποσότητες (υδρολίπανση), ώστε μετά από κάθε άρδευση μια με γάλη ποσότητα από αυτά να παραμένει στο έδαφος. Στην περίπτωση του ρυζιού, που αποτελεί το αντιπροσωπευτικό φυτό αρδεύσεως με κατάκλυση, το νερό χρησιμεύει ακόμη και για τη συγκράτηση και προστασία των νεαρών φυταρίων.

β) Αρχές διευθετήσεως του εδάφους.

Για να γίνει δυνατή η κατάκλυση μιας επιφάνειας εδάφους, πρέπει η επιφάνεια να περικλεισθεί με αναχώματα, με αποτέλεσμα το σχηματισμό λεκανών μέσα στις οποίες θα οδηγηθεί το νερό. Η επιφάνεια των λεκανών πρέπει να είναι κατά το δυνατόν οριζόντια και το νερό να παραμένει μέσα σ' αυτές μέχρις ότου απορροφηθεί πλήρως από το έδαφος. Πολλές φορές όμως, όταν π.χ. μεσολαβούν βροχές, το νερό πρέπει να απομακρυνθεί ενωρίτερα από ό,τι προβλεπόταν, εφόσον η ποσότητα του νερού που αποθηκεύθηκε στο έδαφος κρίνεται ικανοποιητική για τις καλλιέργειες. Η κατάκλυση πρέπει να είναι προσωρινή, για να μπορεί να στραγγίσει το πλεονάζον νερό και να αεριστεί το έδαφος τουλάχιστον στο βάθος του ενεργουριζοστρώματος των φυτών. Αν το έδαφος είναι ελάχιστα υδατοπερατό και δεν μπορεί να εξασφαλισθεί επαρκής στράγγιση, είναι προτιμότερο η κατάκλυση να αποφεύγεται.

γ) Στοιχεία των λεκανών κατακλύσεως.

Το είδος των καλλιεργειών και οι ανάγκες τους σε νερό καθορίζουν το ύψος ή τον όγκο του νερού που θα πρέπει να εφαρμοσθεί στη λεκάνη. Σ' αυτόν τον όγκο θα πρέπει επίσης να προστεθούν και οι απώλειες που οφείλονται στη βαθιά διήθηση και στην εξάτμιση.

Έστω π.χ. ότι:

- S (m^2) η επιφάνεια της λεκάνης,
 - h (m) το μέσο ύψος του νερού μέσα στη λεκάνη,
 - V_1 (m^3) ο αντίστοιχος όγκος = Sh,
 - q_r (m^3/s) η παροχή της διώρυγας τροφοδοσίας της λεκάνης,
 - K (m/s) η ταχύτητα διήθησεως,
 - E (m/s) η ταχύτητα εξατμίσεως (ελεύθερη υγρή επιφάνεια),
 - T_r (s) ο χρόνος πληρώσεως της λεκάνης,
 - T_k (s) η διάρκεια κατακλύσεως της λεκάνης,
 - V_2 (m^3) ο όγκος που διηθείται κατά τη διάρκεια πληρώσεως της λεκάνης,
 - V_3 (m^3) ο όγκος που εξατμίζεται κατά τη διάρκεια πληρώσεως της λεκάνης.
- Τότε:

$$V_1 = Sh, \quad V_2 = KST_r, \quad V_3 = EST_r$$

Επομένως για την πλήρωση της λεκάνης και την αντιμετώπιση των απωλειών κατά τη διάρκεια πληρώσεως της T_r χρειάζεται όγκος νερού (V_r) ίσος με:

$$\begin{aligned} V_r &= V_1 + V_2 + V_3 = Sh + KST_r + EST_r \text{ ή} \\ V_r &= S (h + KT_r + ET_r) \text{ ή} \\ V_r &= S [h + T_r (K + E)] \end{aligned} \tag{14}$$

Η παροχή q_r (m^3/s) της διώρυγας κατά τη διάρκεια πληρώσεως της λεκάνης, δίνεται από τη σχέση:

$$q_r = \frac{V_r}{T_r} = \frac{S}{T_r} [h + T_r (K + E)] \quad (15)$$

Αν τώρα T_k είναι ο χρόνος κατακλύσεως, θα πρέπει να προστεθεί γι' αυτή τη χρονική διάρκεια ένας όγκος νερού V_k για αντιστάθμιση των απωλειών σε βαθιά διήθηση και εξάτμιση, ώστε το ύψος h του νερού να μένει σταθερό. Ο όγκος αυτός είναι ίσος με:

$$V_k = SKT_k + SET_k = S (K + E) T_k \quad (16)$$

Στην ίδια περίοδο η παροχή της διώρυγας q_k (m^3/s) βρίσκεται από τη σχέση:

$$q_k = \frac{V_k}{T_k} = \frac{S (K + E) T_k}{T_k} = S (K + E) \quad (17)$$

Παράδειγμα εφαρμογής.

Έστω: $S = 10.000 m^2$

$h = 0,40 m$

$T_r = 48$ ώρες

$K = 0,00001 m/s$

$E = 0,0000002 m/s$

Τότε:

$$q_r = \frac{10.000}{48 \times 3600} [0,40 + 48 \times 3600 (0,00001 + 0,0000002)] = 0,125 m^3/s$$

Δηλαδή: $q_r = 0,125 m^3/s$

$$q_k = 10.000 (0,00001 + 0,0000002) = 0,102 m^3/s$$

$$\text{ήτοι } q_k = 0,102 m^3/s$$

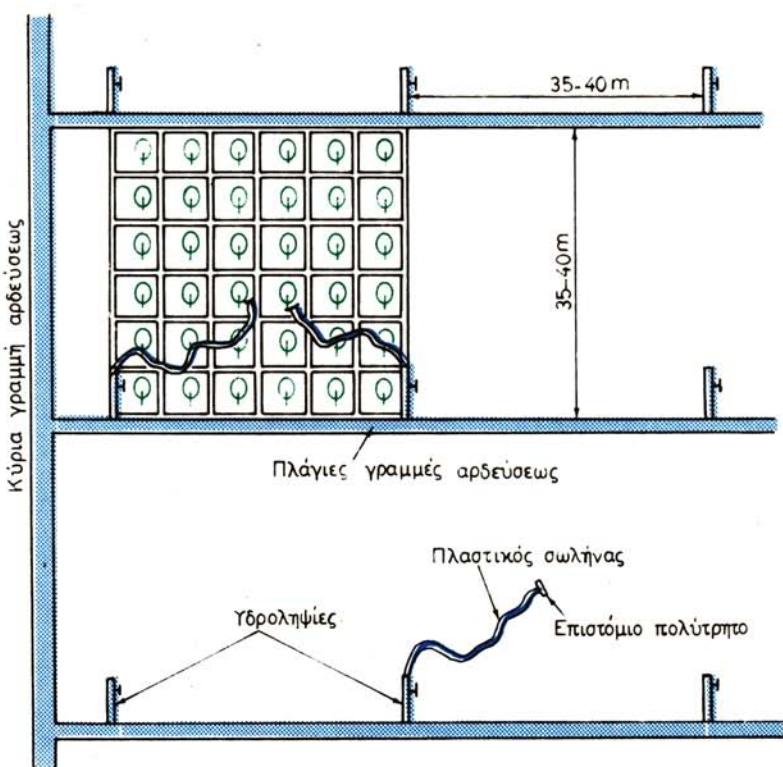
Το μέγεθος των λεκανών κατακλύσεως μπορεί να κυμαίνεται από λίγα τετραγωνικά μέτρα σε πολύ υδατοπερατά εδάφη μέχρι και 10 στρέμματα ή και περισσότερο σε εδάφη λιγότερο υδατοπερατά. Τα μεγάλα μεγέθη αφορούν καλλιέργειες ρυζιού. Το σχήμα των λεκανών για εδάφη με ικανοποιητική οριζοντιότητα μπορεί να είναι τετράγωνο ή ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, ενώ για κλίσεις εδάφους γύρω στο 3% είναι προτιμότερο το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Το πλάτος καθορίζεται κυρίως από την κλίση του εδάφους, αν ληφθεί υπόψη ότι η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δυο παραλήλων αναχωμάτων κυμαίνεται μεταξύ 5 ως 10 cm. Είναι φανερό ότι σε επικλινή εδάφη οι λεκάνες χαράζονται και κατασκευάζονται σύμφωνα με τις ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους.

Μια ιδέα των συνήθων μεγεθών λεκανών κατακλύσεως για τις βασικές κατηγορίες των εδαφών σε συνδυασμό με τη διαθέσιμη ποσότητα νερού, δίνεται στον Πίνακα 2.1.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1.4.
Συνήθη μεγέθη λεκανών

Διαθέσιμη παροχή	Μηχανική σύσταση εδάφους			
	Ελαφρά	Μέση	Βαριά	
l/s	m ³ /h	Μέγεθος λεκάνης σε m ²		
28	100	100 – 170	200 – 400	500 – 1000
56	200	100 – 170	400 – 800	1000 – 2000
111	400	100 – 170	400 – 800	3000 – 4000

Πολύ συχνά η άρδευση με κατάκλυση σε οπώρωνες συνίσταται στην κατασκευή ανά δένδρο μιας λεκάνης τετραγωνικού σχήματος, όπου το νερό λιμνάζει μέχρι της πλήρους διηθίσεως του στο έδαφος. Το αρδευτικό νερό παρέχεται με τη βοήθεια αρδευτικών αυλακιών ή ακόμα και με σωλήνες υπό πίεση πάνω στους οποίους, σε ειδικές θέσεις, υπάρχουν τοποθετημένες υδροληψίες. Με τις υδροληψίες συνδέονται πλαστικοί σωλήνες οι οποίοι μεταφέρουν το νερό διαδοχικά μέσα σε κάθε λεκάνη (σχ. 2.1κα).



Σχ. 2.1κα.

Μέθοδος αρδεύσεως δένδρων με ατομικές λεκάνες τροφοδοτούμενες με νερό υπό πίεση.

δ) Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Η κατάκλυση μπορεί να εφαρμοσθεί σε πολλές καλλιέργειες. Το κυριότερο πλεονέκτημα είναι ότι οι δαπάνες πρώτης εγκαταστάσεως και η συντήρηση των κατασκευών είναι μικρές με τον όρο ότι το εδαφος είναι αρκετά επίπεδο, γιατί αλλιώς θα πρέπει να κατασκευασθούν περισσότερα αναχώματα και μάλιστα με μεγαλύτερο ύψος. Άλλο πλεονέκτημα είναι ότι σε πολλές περιπτώσεις, όπως αυτή του σχήματος 2.1κα, μειώνει κατά πολύ τις απώλειες νερού και επιπλέον δεν έχει ανάγκη αυστηρής επιβλέψεως. Αν τα νερά περιέχουν ιλύ, που είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη σε εδάφη αμμώδη ή χαλικώδη, το σύστημα επιτρέπει την εναπόθεσή της στην επιφάνεια του εδάφους. Μερικές φορές μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προστασία των μικρών φυταρίων από τις παγωνιές της ανοίξεως.

Επιτρέπει την καλλιέργεια του ρυζιού, το οποίο δεν αναπτύσσεται παρά μέσα στο νερό, ενώ εφαρμόζεται και για χειμερινές αρδεύσεις των αμπελώνων.

Η περιεκτικότητα των νερών κατακλύσεως σε ιλύ μερικές φορές αποτελεί μειονέκτημα, γιατί μπορεί, φράζοντας τους πάρους του εδάφους, να έχει δυσμενή επίδραση στο πορώδες και τη διηθητικότητά του. Έτσι μπορεί να μεταβληθούν οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους και εδάφη με μικρή υδατοπερατότητα να βρεθούν στη συνέχεια με πολύ μικρότερη. Αυτό εμποδίζει τον αερισμό του εδάφους, την ισορροπία του αζώτου μέσα σ' αυτό, ενώ είναι δυνατόν να αναπτυχθούν μη επιθυμητά φυτά.

Δεν ενδείκνυται η εφαρμογή της σε εδάφη με πολύ μικρή διηθητικότητα γιατί η στράγγιση είναι πολύ δύσκολη.

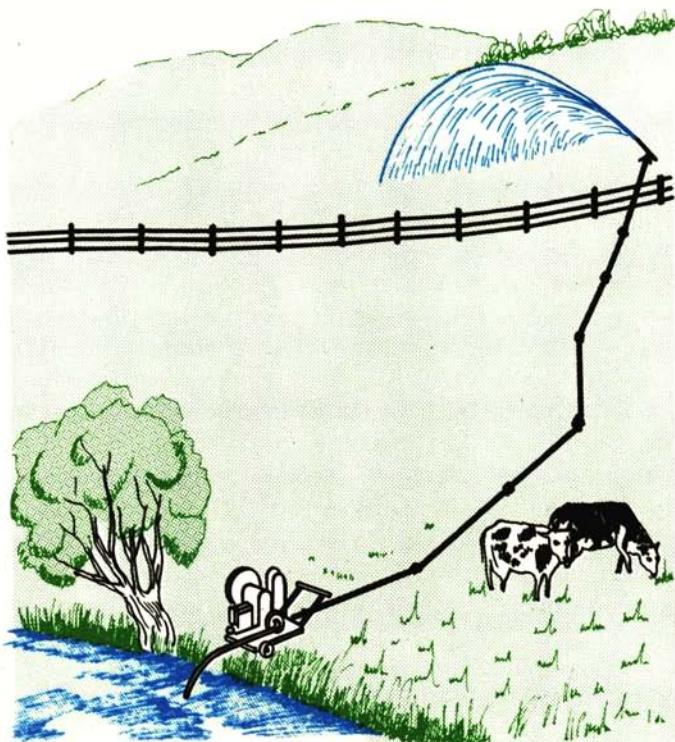
2.2 Τεχνητή βροχή.

2.2.1 Ορισμός.

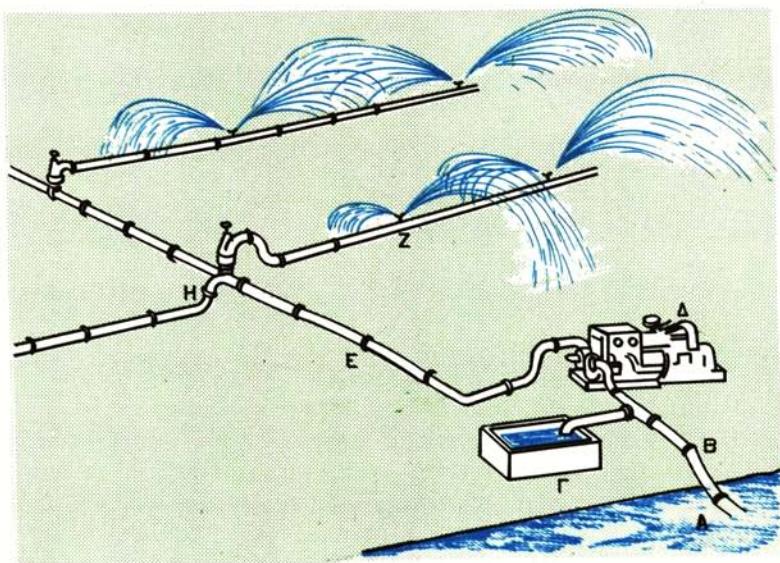
Η άρδευση με τεχνητή βροχή συνίσταται στην εφαρμογή του αρδευτικού νερού στον αγρό υπό μορφή βροχής. Το νερό διηθείται στο έδαφος περισσότερο ομοιόμορφα από ό,τι στην επιφανειακή άρδευση. Η διηθητικότητα του εδάφους αποτελεί βασικό παράγοντα για την εφαρμογή της τεχνητής βροχής. Η μέθοδος εφαρμόζεται από αρκετά χρόνια και πολλές χώρες διεκδικούν τα πρωτεία. Η διάδοσή της υπήρξε γρήγορη και καθημερινά εξαπλώνεται όλο και περισσότερο. Βασικά το όλο σύστημα, στην πιο απλή μορφή του, αποτελείται από τρία κύρια μέρη (σχ. 2.2α). Δηλαδή:

- **Τον εκτοξευτήρα** (ή **εκτοξευτήρες**) που χάρη στην κατασκευή του διασπείρει το νερό υπό μορφή σταγόνων βροχής.
- **Το σωλήνα** (ή **σωλήνες**) μεταφοράς του νερού υπό πίεση και
- **το αντλητικό συγκρότημα**, το οποίο αντλεί το νερό από κάποια πηγή (ποτάμι, πηγάδι κλπ.) και με πίεση το στέλνει μέχρι τον ή τους εκτοξευτήρες. Η πίεση αυτή σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να εξασφαλισθεί και με φυσική βαρύτητα (υδροστατική) κατασκευάζοντας μια δεξαμενή στο κατάλληλο υψόμετρο. Συχνά μπορεί να γίνεται συνδυασμός αντλίας, για την ανύψωση του νερου και δεξαμενής για τη διανομή του.

Το σύστημα της τεχνητής βροχής μπορεί παράλληλα να χρησιμοποιηθεί και για τη διανομή λιπασμάτων που διαλύονται εύκολα στο νερό (σχ. 2.2β).



Σχ. 2.2α.
Απλή διάταξη ατομικού συγκρότημας τεχνητής βροχής.



Σχ. 2.2β.
Λίπανση με το αρδευτικό συγκρότημα τεχνητής βροχής. Α. Πηγή νερού. Β. Αναρροφητικός σωλήνας. Γ. Δοχείο λιπασματοδιαλύματος. Δ. Αντλητικό συγκρότημα. Ε. Σωληνώσεις. Ζ. Βάννα ρυθμίσεως της ροής. Η. Λιπασματοδιανομείς.

2.2.2 Περιγραφή και λειτουργία των σπουδαιότερων στοιχείων, ενός απλού συστήματος τεχνητής βροχής.

a) Εκτοξευτήρες.

1) Γενική περιγραφή.

Οι εκτοξευτήρες αποτελούν το τελευταίο τμήμα του οποιουδήποτε συστήματος τεχνητής βροχής. Αποτελούνται από τρία κύρια μέρη (σχ. 2.2γ).

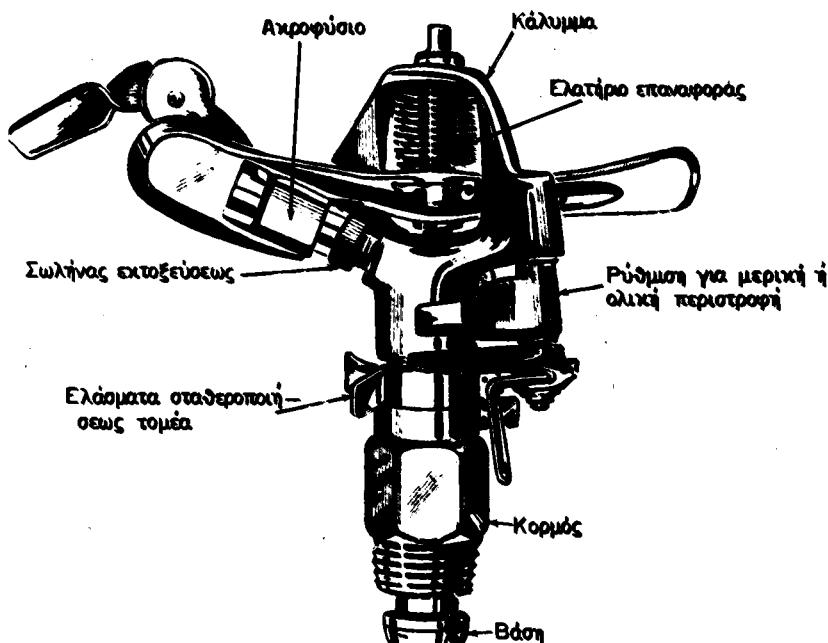
Τη βάση ή **τον κορμό** που συνδέεται με το σωλήνα με απλό τρόπο.

Το σωλήνα εκτοξεύσεως που περιστρέφεται ολικώς ή μερικώς πάνω στη βάση. στο άκρο του ο σωλήνας αυτός φέρει το ακροφύσιο από το οποίο εκτοξεύεται το νερό.

Το σύστημα περιστροφής που ανάλογα με το μηχανισμό του μπορεί να καλύπτει επιφάνεια κύκλου ή κυκλικού τομέα.

Ιδιαίτερη σημασία στους εκτοξευτήρες έχει το ακροφύσιο που αποτελείται από ένα κωνικό επιστόμιο κυκλικής ή τετραγωνικής διατομής. Το νερό βγαίνει από το ακροφύσιο με μεγάλη ταχύτητα και η σχηματιζόμενη υδάτινη φλέβα μπορεί να διασπάται με τεχνητό τρόπο σε σταγονίδια ή με φυσικό τρόπο κάτω από την επίδραση της αντιστάσεως του αέρα.

Για την περιστροφική κίνηση των εκτοξευτήρων χρησιμοποιείται, με τη βοήθεια απλών μηχανισμών, η ενέργεια του νερού που βγαίνει από το ακροφύσιο. Στο εμπόριο κυκλοφορούν πάρα πολλοί τύποι εκτοξευτήρων των οποίων τα κύρια χαρακτηριστικά αναφέρονται:



Σχ. 2.2γ.
Εκτοξευτήρας.

- Στη διάμετρο (D) του ακροφυσίου σε mm.
- Στην πίεση λειτουργίας (P) σε atm.
- Στην παροχή (q) σε m^3/h .
- Στην ακτίνα εκτοξεύσεως (R) του νερού σε m (απόσταση του εκτοξευτήρα από τις πιο απομακρυσμένες σταγόνες νερού).
- Στη μέση ένταση της παρεχόμενης τεχνητής βροχής (i) σε χιλιοστά ανά ώρα (mm/h).
- Στις μέγιστες αποστάσεις, για ομοιόμορφη άρδευση, μεταξύ των εκτοξευτήρων, ανάλογα με τη διάταξη τους (τετραγωνική, ορθογωνική, τριγωνική).

2) Κατηγορίες εκτοξευτήρων με βάση την πίεση λειτουργίας τους.

Ανάλογα με την πίεση λειτουργίας τους οι εκτοξευτήρες διακρίνονται σε:

- **Εκτοξευτήρες χαμηλής πίεσεως.**

Πίεση λειτουργίας P = 1-3 atm, παροχή q = 1-4 m^3/h , ακτίνα εκτοξεύσεως R = 6-20 m, ένταση βροχής i = 6-12 mm/h.

Οι εκτοξευτήρες αυτοί, λόγω της μικρής ακτίνας R, δεν επηρεάζονται πολύ από τον άνεμο και είναι κατάλληλοι για άρδευση κάτω από την κόμη των δένδρων και για εδάφη με μικρή διηθητικότητα. Χρησιμοποιούνται συνήθως για άρδευση οπωρώνων και λαχανικών.

- **Εκτοξευτήρες μέσης πίεσεως.**

P = 5-8 atm, q = 4-12 m^3/h , R = 20-40 m, i = 8-15 mm/h.

Οι εκτοξευτήρες αυτοί επηρεάζονται περισσότερο από την ταχύτητα του ανέμου και είναι κατάλληλοι για όλες σχεδόν τις κατηγορίες εδαφών καθώς και για τις περισσότερες καλλιέργειες. Όταν χρησιμοποιούνται για άρδευση οπωρώνων, αυτή γίνεται πάνω από την κόμη των δένδρων και τότε οι εκτοξεύτηρες τοποθετούνται επάνω σε ειδικές συσκευές σε ύψος, συνήθως, 60-80 cm από την επιφάνεια του εδάφους ή και περισσότερο.

- **Εκτοξευτήρες υψηλής πίεσεως.**

P = 5-8 atm, q = 12-80 m^3/h , R = 40-60 m, i = 12-45 mm/h.

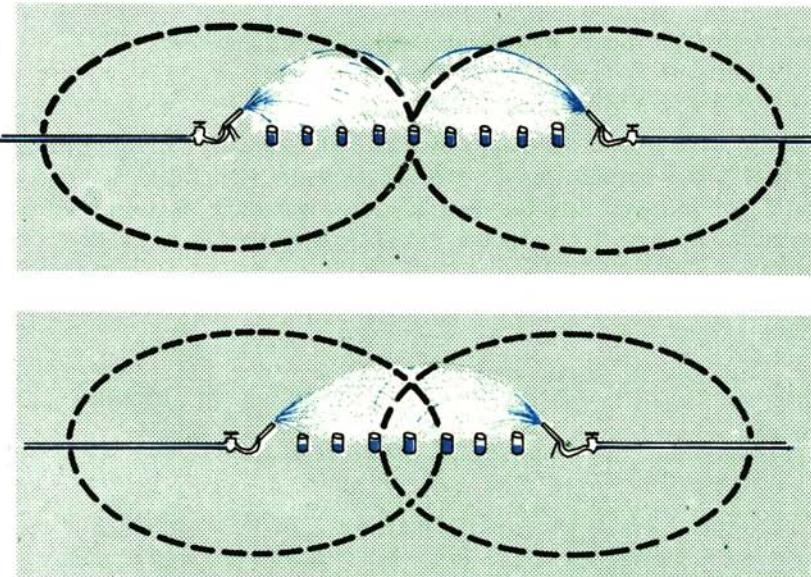
Κατάλληλοι για ελαφριά εδάφη και για όλα σχεδόν τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας με ιδιάιτερη επιτυχία στη μηδική, το τριφύλλι και γενικά στους λειμώνες και βοσκές. Λόγω των μεγάλων παροχών είναι φανερό ότι η χρησιμοποίησή τους προϋποθέτει εδάφη με μεγάλη διηθητικότητα. Η μεγάλη ακτίνα εκτοξεύσεως κάνει τη χρήση τους προβληματική σε περιοχές που επικρατούν ισχυροί άνεμοι, γιατί οι ανεμοί επιδρούν δυσμενώς στην ομοιόμορφη κατανομή της βροχής γύρω από τον εκτοξευτήρα.

3) Διάταξη των εκτοξευτήρων.

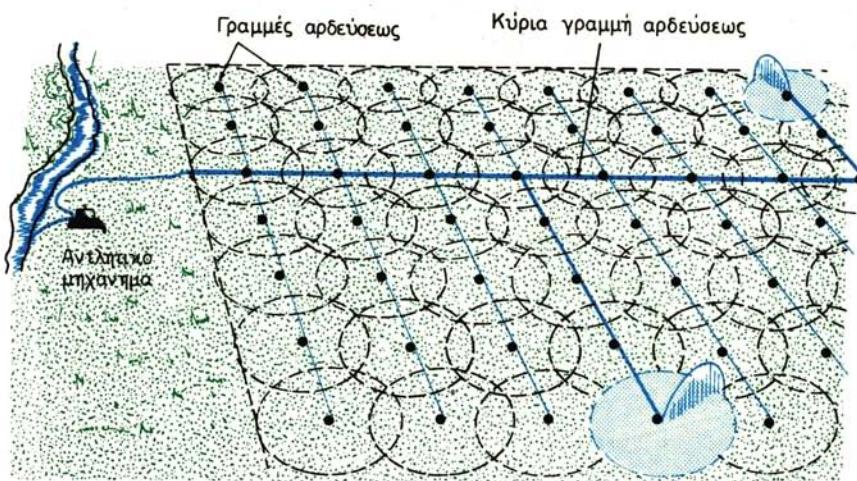
Είναι δεδομένο ότι το ύψος της βροχής που προέρχεται από τον εκτοξευτήρα δεν είναι ομοιόμορφο και μειώνεται προς την περιφέρεια που διαγράφεται με κέντρο τον εκτοξευτήρα και ακτίνα την ακτίνα εκτοξεύσεως R. Η αρδευόμενη επιφάνεια είναι κύκλος και αν οι κύκλοι ήταν εφαπτόμενοι, τότε μία έκταση θα έμενε απότοιστη. Για τον παραπάνω ακριβώς λόγο, αλλά και για την ομοιόμορφη άρδευση

της εκτάσεως επιβάλλεται επικάλυψη των κύκλων, ενώ ένα περιθώριο επικαλύψεως μετριάζει τη δυσμενή επίδραση των ελαφρών ανέμων (σχ. 2.2δ και 2.2ε).

Οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται επάνω σε σωληνώσεις και αποτελούν έτσι τις καλούμενες **γραμμές αρδεύσεως** (σχ. 2.2ε).



Σχ. 2.2δ.
Επικάλυψη για ομοιόμορφη άρδευση.



Σχ. 2.2ε.
Πληρέστερη εποπτική παράσταση της επικαλύψεως των κύκλων.

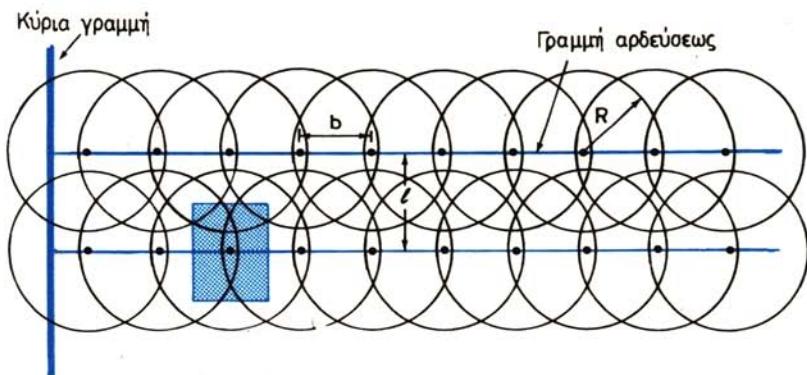
Οι σωληνώσεις τροφοδοτούνται με νερό από μία κεντρική σωλήνωση που λέγεται **κύρια γραμμή αρδεύσεως**. Οι αποστάσεις των εκτοξευτήρων πάνω στις

γραμμές καθώς και οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών αρδεύσεως ποικίλουν. Οι πρώτες επιλέγονται από μία σειρά μηκών σωληνώσεων των 6 ή 9 m και τα πολλαπλάσιά τους, δηλαδή 6,9,12,18,24,36,42,63,81, ενώ οι δεύτερες είναι συνάρτηση των πρώτων και του βαθμού επικαλύψεως των κύκλων. Βέβαια, κατά την επιλογή λαμβάνονται υπόψη το είδος της καλλιέργειας, το έδαφος, η ταχύτητα του ανέμου και οι καλλιεργητικές φροντίδες.

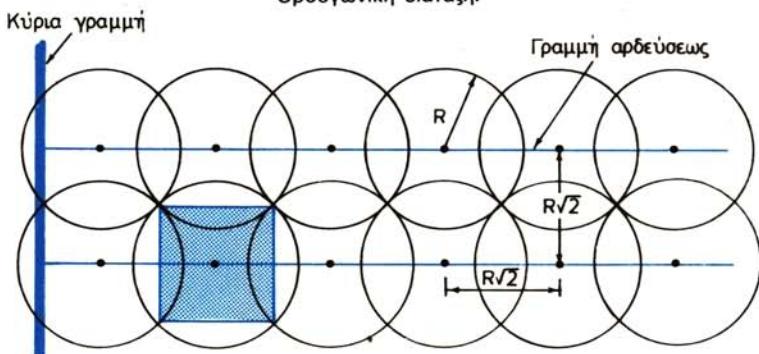
Οι συνηθέστεροι τρόποι διατάξεως των εκτοξευτήρων είναι:

— **Ορθογωνική διάταξη** (σχ. 2.2στ).

Η διάταξη αυτή είναι η πιο συχνή και παρουσιάζει ικανοποιητική ομοιομορφία. Η απόσταση b των εκτοξευτήρων πάνω στις γραμμές είναι μικρότερη από την απόσταση l των γραμμών μεταξύ τους. Συνήθως η απόσταση b είναι κατά τι μικρότερη από την ακτίνα R , ενώ η απόσταση l είναι ίση περίπου με $1,33 R$ ή και περισσότερο.



Σχ. 2.2στ.
Ορθογωνική διάταξη.

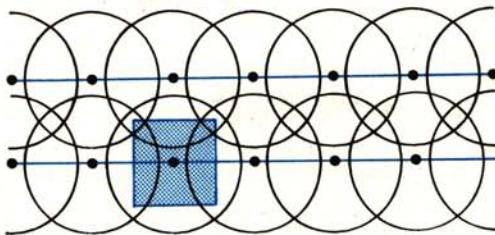


Σχ. 2.2ζ.
Τετραγωνική διάταξη $b = l = R\sqrt{2}$.

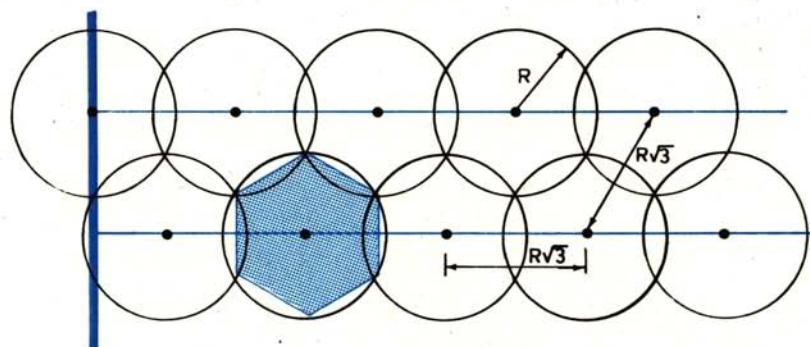
— **Τετραγωνική διάταξη** (σχ. 2.2ζ και 2.2η).

Στη διάταξη αυτή η απόσταση b είναι ίση με την l , ήτοι $b = l$. ικανοποιητική ο-

μοιομορφία έχομε για $b = l = R\sqrt{2}$, δηλαδή ίση με την πλευρά τετραγώνου εγγεγραμμένου σε κύκλο με ακτίνα R , χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι πρέπει πάντοτε έστι να συμβαίνει (σχ. 2.2η). Συχνά επίσης λαμβάνεται $b = l = R$.



Σχ. 2.2η.
Τετραγωνική διάταξη $b = l$.



Σχ. 2.2θ.
Τριγωνική διάταξη.

— *Τριγωνική διάταξη* (σχ. 2.2θ).

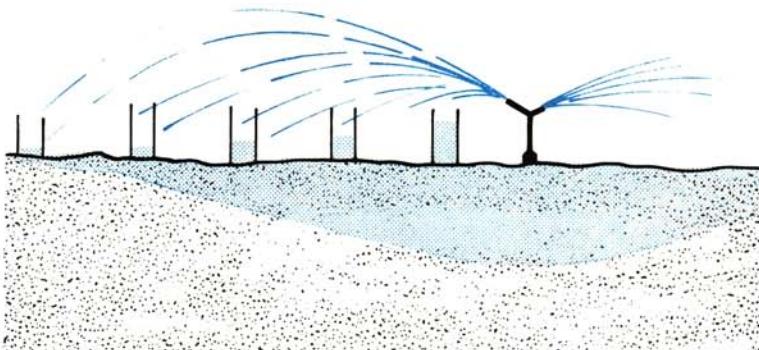
Στην περίπτωση αυτή οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται στις κορυφές ισοπλεύρων τριγώνων, οπότε: $b = R\sqrt{3}$ και $l = 1,52 R$. Η διάταξη αυτή εξασφαλίζει την καλύτερη ομοιομορφία και ενδείκνυται στην περίπτωση που οι εκτοξευτήρες είναι μόνιμα τοποθετημένοι στις σωληνώσεις. Όταν όμως μετακινούνται, η εφαρμογή της παρουσιάζει δυσκολίες ως προς την ταχύτητα εγκαταστάσεως των σωληνώσεων.

4) *Ομοιομορφία της τεχνητής βροχής του εκτοξευτήρα.*

Με τη έκφραση αυτή εννοούμε την ομοιόμορφη κατανομή της τεχνητής βροχής σε ίσες αποστάσεις από τον εκτοξευτήρα. Θεωρητικά αυτό σημαίνει ότι στις περιφέρειες ομοκέντρων κύκλων με ακτίνες μικρότερες από την ακτίνα εκτοξεύσεως R , το ύψος της τεχνητής βροχής θα πρέπει να είναι το ίδιο για την ίδια περιφέρεια. Ομοιόμορφη τεχνητή βροχή γύρω από τον εκτοξευτήρα δε σημαίνει και ομοιόμορφη άρδευση της κυκλικής επιφάνειας γύρω από αυτόν, γιατί εκ κατασκευής το ύψος της τεχνητής βροχής παίρνει τη μέγιστη τιμή του κοντά στον εκτοξευτήρα και

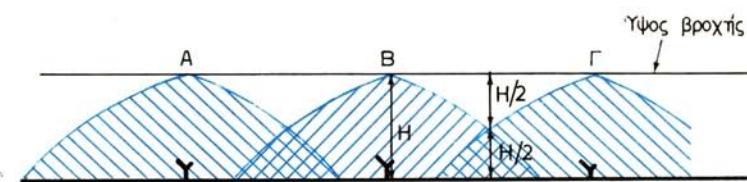
στη συνέχεια μειώνεται προοδευτικά για να μηδενισθεί στην περιφέρεια ακτίνας R (σχ. 2.2i).

Για να έχουμε ομοιόμορφο ύψος βροχής σε όλο το μήκος της ακτίνας R, είναι αναγκαία η επικάλυψη των κύκλων, όπως τονίσθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο (σχ. 2.2ia).



Σχ. 2.2i.

Παράσταση κατανομής της βροχής εκτοξευτήρα κατά μήκος της ακτίνας R.



Σχ. 2.2ia.

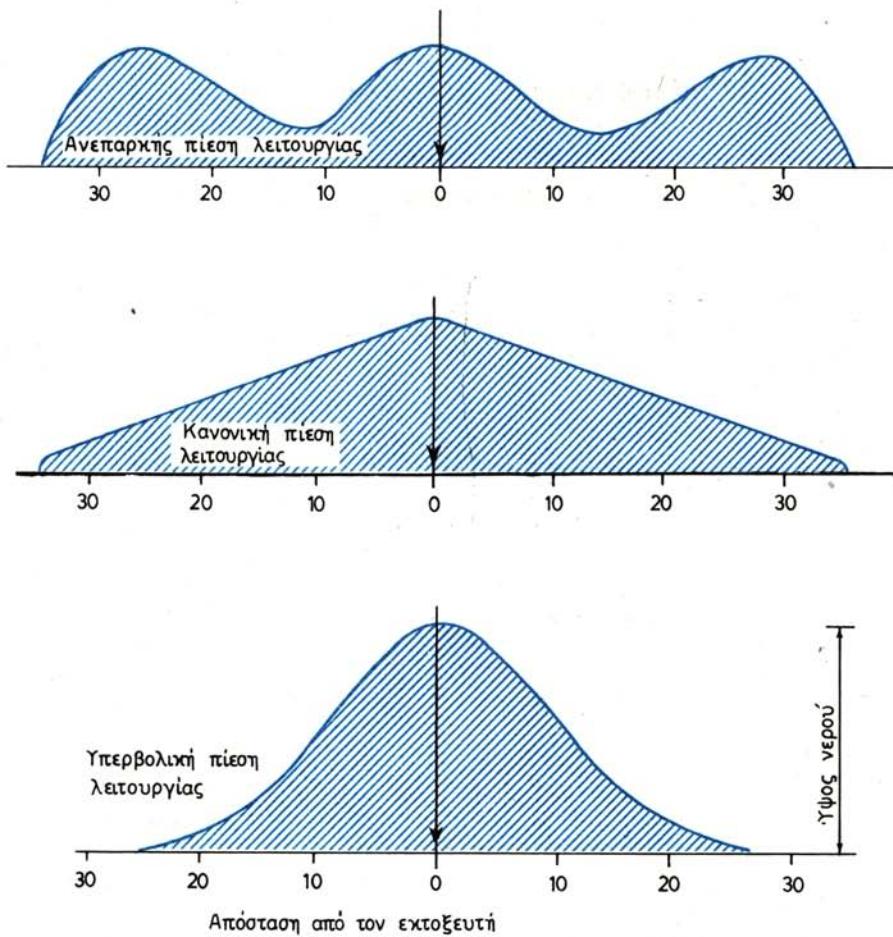
Κανονική επικάλυψη. Το ύψος της βροχής H στις κορυφές A,B,Γ είναι σχεδόν το ίδιο για όλη την ευθεία ΑΓ.

Η κανονική κατανομή της βροχής του εκτοξευτήρα εξαρτάται από την πίεση λειτουργίας του. Πίεση μικρότερη ή μεγαλύτερη από την κανονική μας δίνει κατανομή μη ικανοποιητική, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2iβ. Πίεση μικρότερη από την κανονική μας δίνει μέγεθος σταγόνων μεγάλο με δυσμενή επίπτωση στη δομή του εδάφους (σχηματισμός κρούστας με συνέπεια τη μείωση του αερισμού και της διηθητικότητος του εδάφους), ενώ πίεση μεγαλύτερη από την κανονική μας δίνει μέγεθος σταγόνων πολύ μικρό με συνέπεια οι σταγόνες να παρασύρονται εύκολα και από ασθενείς ακόμη ανέμους (σχ. 2.2iγ). Στην τελευταία αυτή περίπτωση παρουσιάζεται και σημαντική αύξηση απωλειών νερού λόγω εξατμίσεως.

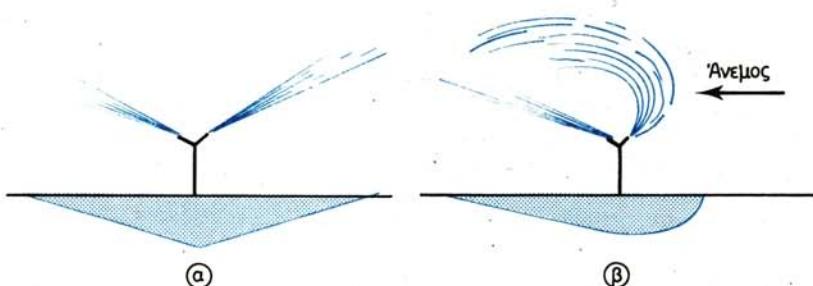
5) Διάφοροι τύποι εκτοξευτήρων σε φωτογραφίες και ενδεικτικός πίνακας χαρακτηριστικών αυτών [σχ. 2.2ιδ (α), (β), (γ) και (δ)].

β) Σωληνώσεις.

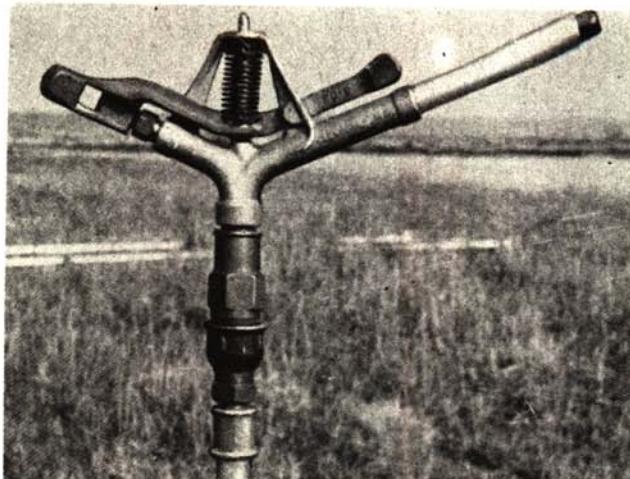
Οι σωληνώσεις διανομής του αρδευτικού νερού στο σύστημα αρδεύσεως με



Σχ. 2.2ιβ.
Επίδραση της πιέσεως στην κατανομή της βροχής.



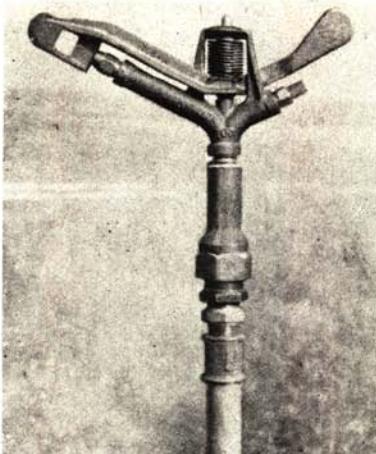
Σχ. 2.2ιγ.
Επίδραση του ανέμου στην κατανομή της βροχής του εκτοξευτήρα.
α) Χωρίς αισθητό άνεμο.
β) Με αισθητό άνεμο.



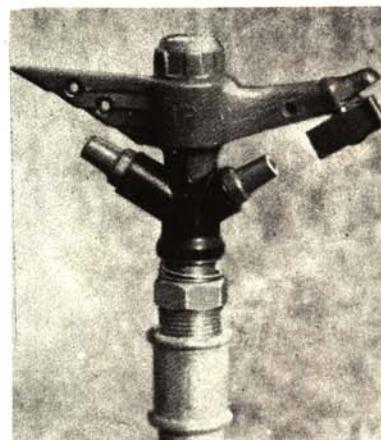
@



@



@



@

Σχ. 2.2ιδ.

Διάφοροι τύποι εκτοξευτήρων.

- α) Τύπος «μικρό κανόνι». β) Τύπος μονίμης εκτοξεύσεως μέσης πιέσεως λειτουργίας. γ) Τύπος διπλής εκτοξεύσεως, μέσης πιέσεως λειτουργίας. δ) Τυπικός εκτοξευτήρας χαμηλής πιέσεως.

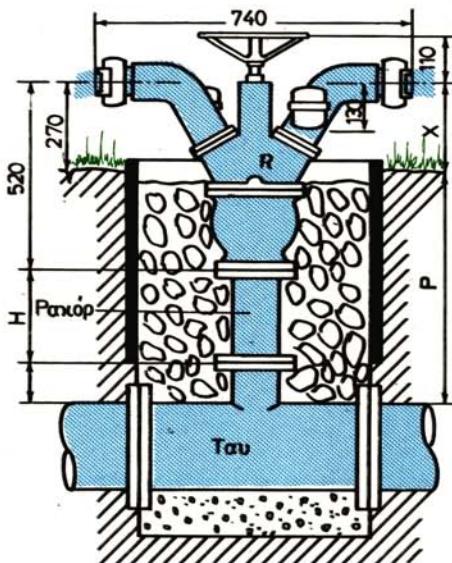
τεχνητή βροχή διακρίνονται σε **μόνιμες, κινητές ή μικτές**, ενώ ειδικά τεμάχια **(συνδεσμοί)** χρησιμοποιούνται για τη σύνδεσή τους.

1) Μόνιμες σωληνώσεις.

Οι σωληνώσεις αυτές μπορεί να είναι ή μεταλλικές ή από αμιαντοσιμέντο ή και πλαστικές μέχρις ενός διαμετρήματος. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να κατα-

σκευασθούν και από οπλισμένο σκυρόδεμα (μπετόν αρμέ).

Το βάθος τοποθετήσεώς τους στο έδαφος ποικίλλει ανάλογα με τη διάμετρο του σωλήνα, τη φύση του εδάφους και τα φορτία που θα εφαρμοσθούν στην επιφάνεια του εδάφους (τρακτέρ και άλλα γεωργικά μηχανήματα). Ειδικοί πίνακες δίνουν την αντοχή των σωληνώσεων και τα βάθη στα οποία πρέπει να τοποθετούνται. Οι πίνακες αυτοί συντάσσονται από τις κατασκευαστικές εταιρίες που είναι υπεύθυνες για την ποιότητα και την αντοχή των σωληνώσεων. Για τις περισσότερες σωληνώσεις το συνηθισμένο βάθος είναι γύρω στα 70 με 80 cm. Επάνω σ' αυτές τις σωληνώσεις τοποθετούνται οι **υδροληψίες** από τις οποίες τροφοδοτούνται στη συνέχεια οι σωληνώσεις που φέρουν τους εκτοξευτήρες. Για το λόγο αυτό στις θέσεις των υδροληψιών τοποθετούνται, κατά μήκος της σωληνώσεως, ειδικά τεμάχια σχήματος T (ταυ) που χρησιμεύουν για τη σύνδεση των υδροληψιών με τις σωληνώσεις (σχ. 2.2Ιε, 2.2Ιστ). Ειδικά μέτρα λαμβάνονται κατά τη μεταφορά και τοποθέτηση των σωληνώσεων μέσα στο έδαφος. Κάθε υδροληψία μπορεί να φέρει 1, 2, 3 ή και 4 υδροστόμια, στα οποία προσαρμόζονται οι σωληνώσεις (κύρια γραμμή και πτέρυγες αρδεύσεως) που φέρουν τους εκτοξευτήρες.

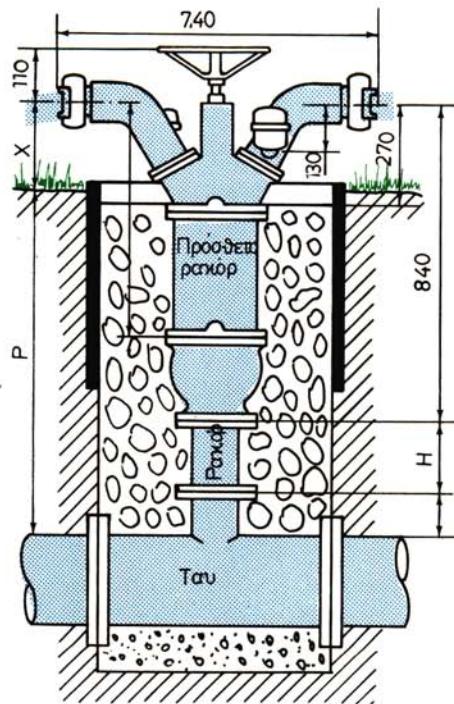


Σχ. 2.1Ιε.

Κανονική υδροληψία από υπόγειο αγωγό (κλασική περίπτωση).

Τα μέτρα αυτά περιγράφονται λεπτομερώς στα ειδικά φυλλάδια των εταιριών που τις κατασκευάζουν.

Η επιλογή των σωληνώσεων στηρίζεται σε τεχνικά και οικονομικά κριτήρια με βάση τα οποία γίνεται ειδική μελέτη για να διαπιστωθούν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα κάθε σωληνώσεως για τη συγκεκριμένη περίπτωση ώστε να γίνει η καλύτερη επιλογή.

**Σχ. 2.1ιστ.**

Υδροληψία με πρόσθετο ρακόρ λόγω του βάθους του υπόγειου αγωγού.

H σε mm	P σε mm		
	750	1000	1250
0	x = 230	—	—
180	—	x = 160	—
500	—	—	x = 230

H σε mm	P σε mm		
	500	750	1000
0	x = 160	—	—
180	—	x = 90	—
500	—	—	x = 160

Πίνακες με τις τιμές του «x» σε σχέση με το βάθος «P» και το χρησιμοποιούμενο ή χρησιμοποιούμενα «ρακόρ» σε mm.

2) Κινητές σωληνώσεις.

Οι κινητές σωληνώσεις τοποθετούνται πάνω στην επιφάνεια του αγρού και χρησιμεύουν για τη μεταφορά του νερού από την υδροληψία ή το στόμιο της υδροληψίας στις σωληνώσεις που φέρουν τους εκτοξευτήρες. Είναι κατά κανόνα πλαστικές ή από αλουμίνιο με καθημερινή αύξηση των πλαστικών λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν. Μεταξύ αυτών επισημαίνεται το μικρό βάρος τους και η ευκολή μετακίνησή τους.

Επειδή αυτές οι σωληνώσεις πρέπει γρήγορα να αποσυνδέονται και να μεταφέρονται σε άλλη θέση για να ξανασυνδεθούν πρέπει να είναι ελαφριές και εύκολης

συνδέσεως και αποσυνδέσεως. Το σύνηθες μήκος των σωλήνων που τις αποτελούν είναι 6 m.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΕΚΤΟΞΕΥΤΗΡΩΝ

Διάμετρος ακροφυσίου σε mm ΚΩΔΙΚΟΣ	Πίεση σε kg/cm ² atm	Παροχή m ³ /h	Καλυπτόμενη διάμετρος (m)	i = Ένταση βροχής (mm/h) αποστάσεις (m)								Μέγιστη από- σταση σε τρι- γωνική διάταξη	
				30 × 30	30 × 36	36 × 36	36 × 42	42 × 42	42 × 48	48 × 48	48 × 48		
11.0 × 6.3 A	4.0	12.0	56	13.3	11.1	9.3	7.9	6.8				42 × 42	6.8
	5.0	13.4	58	14.9	12.4	10.3	8.9	7.6				42 × 42	7.6
	6.0	14.7	61	16.4	13.6	11.3	9.7	8.3				48 × 48	6.4
	7.0	16.0	63	17.8	14.8	12.4	11.6	9.1				48 × 54	6.2
13.0 × 6.3 — B	4.0	15.0	59	16.7	13.9	11.5	9.9	8.5	7.4			42 × 42	8.5
	5.0	17.0	62	18.9	15.7	13.1	11.2	9.6	8.4			48 × 48	7.4
	6.0	19.0	64	21.1	17.6	14.7	12.6	10.8	9.4			48 × 54	7.3
	7.0	20.3	66	22.5	18.8	15.7	13.4	11.5	10.0			48 × 54	7.8
14.5 × 6.3 — Γ	4.0	17.0	63	18.9	15.7	13.1	11.2	9.6	8.4	7.4		48 × 54	6.6
	5.0	19.1	65	21.2	17.7	14.7	12.6	10.8	9.5	8.3		48 × 54	7.4
	6.0	20.8	67	23.1	19.3	16.0	13.7	11.8	10.3	9.0		54 × 54	7.1
	7.0	22.3	69	24.8	20.3	17.2	14.7	12.6	11.0	9.8		54 × 54	7.6

Επεξηγηματικό κείμενο.

Κάθε βιομηχανία κατασκευάζει και προσφέρει στην αγορά μία σειρά από εκτοξευτήρες. Κάθε τύπος εκτοξευτήρα συνοδεύεται από ένα πίνακα, όπως τον παραπάνω, με τα χαρακτηριστικά του. Η μελέτη των χαρακτηριστικών αυτών οδηγεί στην επιλογή του πιο κατάλληλου. Ο τύπος του παραδείγματος έχει επινοηθή για φυτά μεγάλης καλλιέργειας (αραβόσιτος, τεύτλα, βαμβάκι κ.α.). Στην πρώτη στήλη του πίνακα δίδονται η διάμετρος του ακροφυσίου σε χιλιοστά (mm) και ο αντίστοιχος κωδικός του (Α, Β, Γ). Στη δεύτερη, τρίτη και τέταρτη στήλη δίνονται κατά σειρά η πίεση λειτουργίας σε kg/cm², η παροχή σε m³/h και η διάμετρος της διαβρεχόμενης κυκλικής επιφάνειας σε m. Στη συνέχεια δίνεται η ένταση (i) της τεχνητής βροχής σε χιλιοστά ανά ώρα (mm/h) για διάφορες αποστάσεις μεταξύ γραμμών και μεταξύ εκτοξευτήρων της ίδιας γραμμής, εκφρασμένες σε μέτρα (m). (Οι τιμές της εντάσεως που περιλαμβάνονται στη χρωματισμένη περιοχή πρέπει να αποφεύγονται γιατί δεν εξασφαλίζουν ικανοποιητική ομοιομορφία βροχοπτώσεως). Η αρδευόμενη επιφάνεια δίνεται ως γινόμενο των παραπάνω δύο αποστάσεων, από τις οποίες η πρώτη αναφέρεται στις γραμμές και η δεύτερη στους εκτοξευτήρες πάνω στην ίδια γραμμή.

Αν προτιμηθή η τριγωνική διάταξη, ο κατασκευαστής δίνει τις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα από τις οποίες στην πρώτη έχομε την καλυπτόμενη επιφάνεια και στη δεύτερη την ένταση της βροχής. Με τη βοήθεια του πίνακα αυτού είναι εύ-

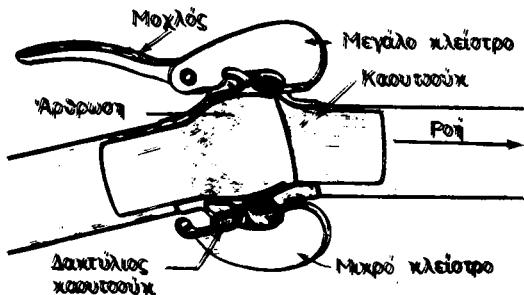
κολη η εκλογή του καταλληλότερου εκτοξευτήρα, ανάλογα βέβαια με τα δεδομένα στην κάθε περίπτωση. Αν για παράδειγμα βρέθηκε ότι, για διάταξη 36×36 και ένταση (i) ίση με $12,4 \text{ mm/h}$, απαιτείται πίεση ίση με 7 kg/cm^2 και η πίεση που διατίθεται είναι μόλις 5 kg/cm^2 , τότε είναι δυνατή η χρησιμοποίηση του ίδιου τύπου εκτοξευτήρα ($11,0 \times 6,3$, ΚΩΔ. A), αλλά με νέα διάταξη, δηλαδή 30×36 αντί της 36×36 .

Επειδή συχνά επικρατεί η έκφραση της παροχής σε m^3/h , είναι χρήσιμη η γνώση της παρακάτω σχέσεως, που για κάθε συνδυασμό αποστάσεων μεταξύ γραμμών αρδεύσεως και εκτοξευτήρων, δίνει απ' ευθείας την ένταση της τεχνητής βροχής σε χιλιοστά ανά ώρα, δηλαδή:

$$i_{(\text{mm/h})} = \frac{\text{παροχή } (\text{m}^3/\text{h}) \times 100}{\text{απόσταση μεταξύ γραμμών} \times \text{απόσταση μεταξύ εκτοξευτήρα}}$$

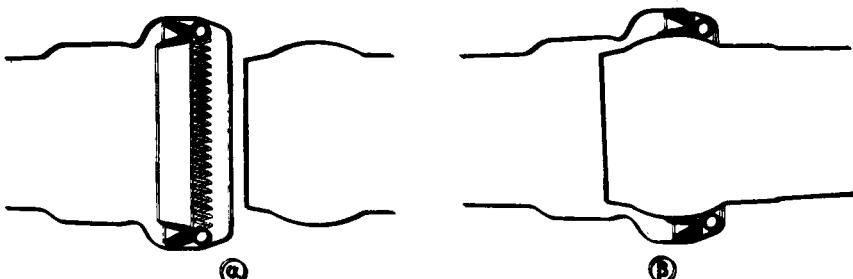
3) Ταχυσύνδεσμοι.

Οι ταχυσύνδεσμοι είναι ειδικά τεμάχια από αλουμίνιο ή και πλαστικό, τώρα τελευταία, που επιτρέπουν τη γρήγορη σύνδεση και αποσύνδεση των σωλήνων. Υπάρχουν πολλοί τύποι ταχυσύνδεσμων από τους οποίους οι κλασσικότεροι φ�νονται στα σχήματα 2.2i_c, 2.2i_η, 2.2i_θ, 2.2k, 2.2ka και 2.2kb. Στο σχήμα 2.2i_c ο ελαστικός (καουτσούκ) δακτύλιος συμπέζεται και εφαρμόζει με τη βοήθεια χειροκίνητου μηχανισμού, ώστε να έχουμε στεγανή σύνδεση των δύο διαδοχικών σωλήνων. Στο σχήμα 2.2i_η, το καουτσούκ βρίσκεται στο εσωτερικό του αριστερού σωλήνα και εφαρμόζει γύρω από το δεξιό σωλήνα, όταν ο τελευταίος τοποθετηθεί μέσα στον πρώτο με μόνη την πίεση του νερού που κυκλοφορεί μέσα σ' αυτούς.



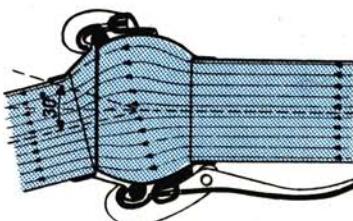
Σχ. 2.2i_c.

Λεπτομέρειες ενός ταχυσύνδεσμου κλασσικού τύπου.

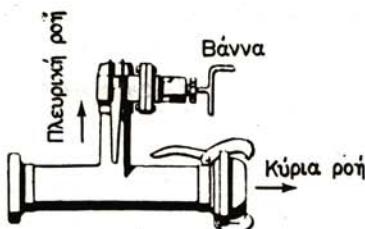


Σχ. 2.2i_η.

Λεπτομέρειες ενός ταχυσύνδεσμου που συνδέεται και αποσυνδέεται με τη βοήθεια της πέσεως του νερού. α) Σωλήνες απομινδεμένοι. β) Σωλήνες συνδεμένοι.



Σχ. 2.2ιθ.
Απόκλιση 30°



Σχ. 2.2κ.
Ταυ με κλασσική βάννα.

Η ελαστικότητα της αρθρώσεως επιτρέπει αποκλίσεις από την ευθεία για γωνίες μικρότερες από 30° (σχ. 2.2ιθ.).

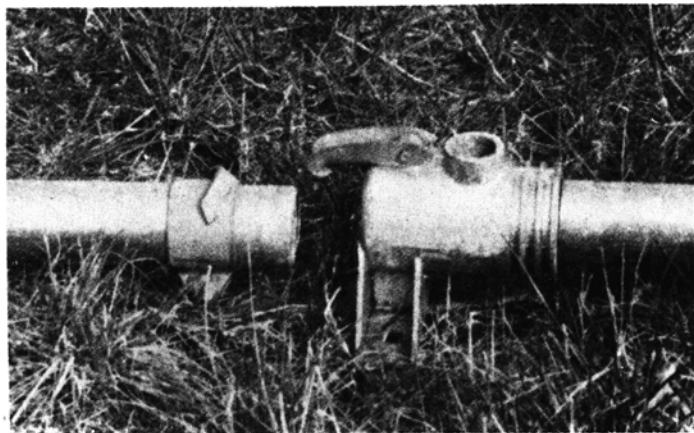
Επίσης για την τροφοδοσία άλλων πλευρικών σωληνώσεων υπάρχουν ειδικά Τ (σχ. 2.2κ) εξοπλισμένα με μια βάννα που επιτρέπει την πλευρική σύνδεση, χωρίς να διακόπτεται η μεταφορά νερού στον κύριο αγωγό.



Σχ. 2.2κα.
Ταχυσύνδεσμος μηχανικός.



Σχ. 2.2κβ.
Κλείσιμο μηχανικού ταχυσυνδέσμου.



Σχ. 2.2κγ.
Υδραυλικός αυτόματος ταχυσύνδεσμος.

4) Σύνδεση των σωληνώσεων με την υδροληψία.

Αυτή η σύνδεση γίνεται με ελαστικούς σωλήνες - συνδέσμους από καουτσούκ, αλλά τελευταία και με πλαστικούς συνδέσμους που προστατεύονται εξωτερικά με μία μεταλλική περιέλιξη.

γ) Αντλητικό συγκρότημα.

Το αντλητικό συγκρότημα μπορεί να είναι μόνιμο ή κινητό και αποτελείται από τρία βασικά μέρη: **την αντλία, το σωλήνα αναρροφήσεως και τον κινητήρα** (σχ. 2.2δ).

1) Αντλία.

Η εκλογή της αντλίας είναι συνάρτηση της πηγής τροφοδοσίας σε νερό (ταμιευτήρας, πηγάδι, ποτάμι κλπ.), της αντλούμενης παροχής και της πιέσεως λειτουργίας του συστήματος. Η εκλογή του κινητήρα (ηλεκτρικού ή θερμικού) είναι συνάρτηση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας και της τιμής του πετρελαίου ή της βενζίνας. Η αντλία πρέπει να έχει όσο το δυνατόν υψηλότερο συντελεστή αποδόσεως. Η ισχύς απορροφήσεως της αντλίας εξαρτάται από την παροχή, την πίεση και το συντελεστή αποδόσεώς της.

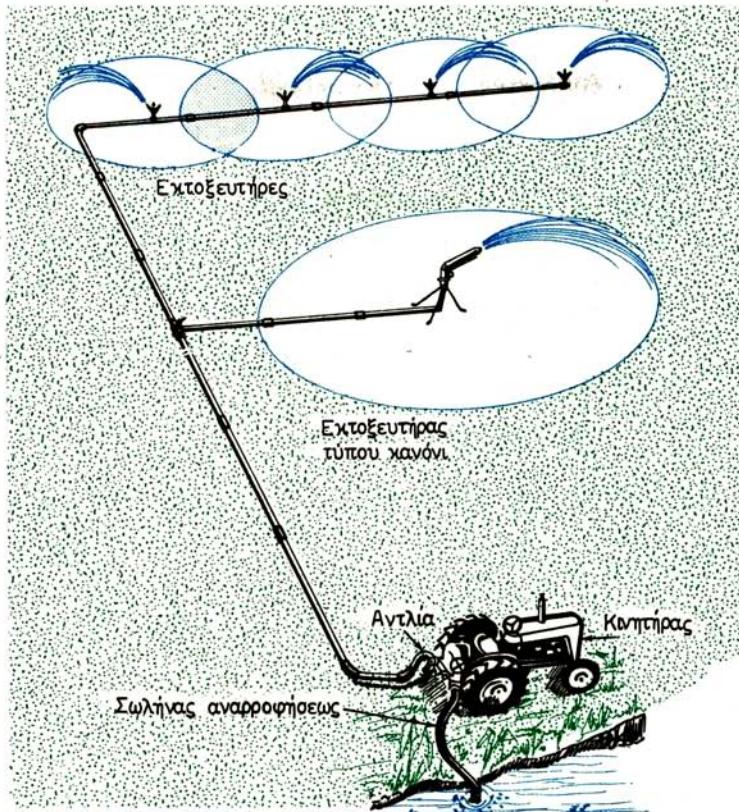
— Παροχή.

Η παροχή, την οποία πρέπει να εξασφαλίζει η αντλία, εξαρτάται από τη μέγιστη τιμή της ζητήσεως αιχμής ελαφρώς προσαυξημένης, για να υπάρχει ένα κάποιο περιθώριο ασφάλειας. Εκφράζεται, γενικά, σε λίτρα ανά δευτερόλεπτο (l/s) ή σε κυβικά μέτρα ανά ώρα (m^3/h) και υπολογίζεται με τη βοήθεια των παρακάτω τύπων:

$$\alpha_1: \quad \text{σε } m^3/h: Q_h = \frac{V}{N \times J} \quad \text{και} \quad \alpha_2: \quad \text{σε } l/s: Q_s = \frac{V \times 1000}{N \times J \times 3600}$$

όπου: Q_h = παροχή σε κυβικά μέτρα ανά ώρα (m^3/h).

V = ανάγκες μηνός αιχμής σε m^3 .



Σχ. 2.2κδ.

Τυπικό αντλητικό συγκρότημα.

N = αριθμός των ημερών αρδεύσεως κατά μήνα.

J = αριθμός ωρών λειτουργίας ανά ημέρα.

Παράδειγμα.

Με $V = 25.000 \text{ m}^3$, $N = 25$ και $J = 20$ έχομε:

$$Q_h = \frac{25.000}{25 \times 20} = 50 \text{ m}^3/\text{h} \quad \text{ή απ' ευθείας σε l/s}$$

$$Q_s = \frac{V \times 1000}{N \times J \times 3600} = \frac{25.000 \times 1000}{25 \times 20 \times 3600} = 13,88 \text{ l/s}$$

— Μανομετρικό ύψος (H_m) — Πίεση λειτουργίας.

Το μανομετρικό ύψος προσδιορίζεται προσθέτοντας τις απώλειες ενέργειας σε μέτρα μέσα στους σωλήνες, την πίεση λειτουργίας των εκτοξευτήρων, το ύψος αναρροφήσεως και το ύψος καταθλίψεως. Η πίεση εκφράζεται σε kg/cm^2 που αντι-

στοιχεί σε πίεση στήλης νερού με ύψος 10 m. Δηλαδή $1 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ m}$ ύψους νερού. Σπανιότερα εκφράζεται και σε bars (1 bar = $1,02 \text{ kg/cm}^2$). Το μανομετρικό ύψος δίνεται από τη σχέση:

$$H_m = h_{av} + h_{f_1} + h_{f_2} + h_{f_3} + h_{k\alpha t} + P + \Sigma h_T \quad (19)$$

όπου: H_m = μανομετρικό ύψος σε (m).

h_{av} = υψομετρική διαφορά σε (m) μεταξύ άξονα της αντλίας και στάθμης του νερού απ' όπου γίνεται η άντληση (ύψος αναρροφήσεως).

h_{f_1} = απώλειες ενέργειας σε (m) στον αγωγό αναρροφήσεως.

h_{f_2} = απώλειες ενέργειας σε (m) στον κύριο αγωγό.

h_{f_3} = απώλειες ενέργειας σε (m) στη γραμμή αρδεύσεως.

Σh_T = άθροισμα δλων των τοπικών απωλειών ενέργειας σε (m).

P = η πίεση λειτουργίας του τελευταίου εκτοξευτήρα σε (m).

$h_{k\alpha t}$ = ύψος καταθλίψεως σε (m).

— Ισχύς της αντλίας.

Η ισχύς της αντλίας για άντληση και ανύψωση του νερού (ειδικό βάρος νερού ίσο με τη μονάδα) δίνεται από τη σχέση:

$$N = \frac{Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta} \cdot 1000$$

όπου: N = ισχύς σε μετρικούς ίππους (PS).

Q = Παροχή σε (m^3/s).

H_m = μανομετρικό ύψος σε (m).

η = συντελεστής αποδόσεως της αντλίας.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και τη βοήθεια ειδικών καταλόγων, πινάκων και διαγραμμάτων που παρέχονται από τους κατασκευαστές, γίνεται η εκλογή της καταλληλότερης για κάθε περίπτωση αντλίας.

— Τύποι αντλιών.

Υπάρχουν πολλοί τύποι αντλιών με ικανοποιητική απόδοση. Διαφέρουν ως προς την θέση τους σε σχέση με την ελεύθερη επιφάνεια του αντλούμενου νερού και τον τρόπο λήψεως της κινήσεώς τους. Οι κυριότεροι τύποι αντλιών είναι:

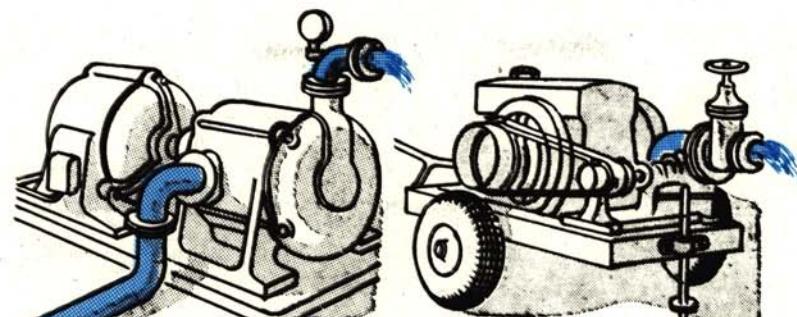
Φυγόκεντρες με:

- Αντλία και κινητήρα στην επιφάνεια του εδάφους (σχ. 2.2κε).
- Αντλία μέσα στο νερό και κινητήρα στην επιφάνεια του εδάφους (αντλίες με κατακόρυφο άξονα) (σχ. 2.2κστ).
- Αντλία και κινητήρα μέσα στο νερό (βυθισμένες) (2.2κζ).

Εμβολοφόρες, ελεύθερες ή βυθισμένες (2.2κη).

Ελικοφόρες, βυθισμένες υποχρεωτικά (2.2κθ).

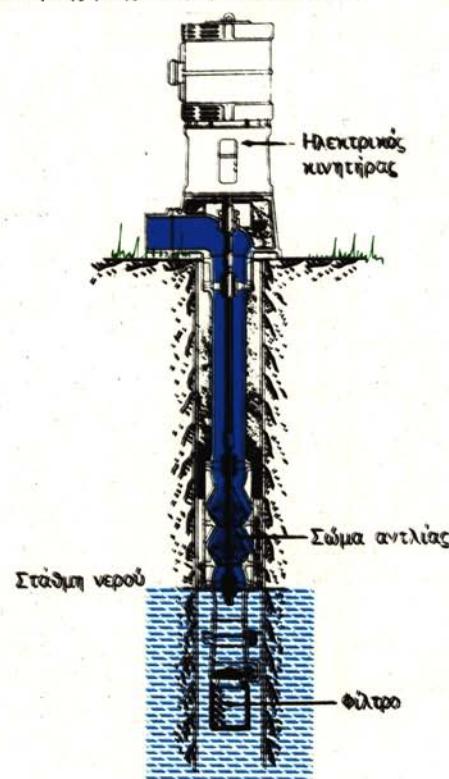
Από τις παραπάνω αντλίες συνηθέστερες είναι οι φυγόκεντρες λόγω των πολλών, συγκριτικά με τις άλλες, πλεονεκτημάτων που συγκεντρώνουν (είναι ελαφρές, ευμετακίνητες, απλές, έχουν μικρές απώλειες τριβών, ρυθμίζεται η παροχή τους, παρουσιάζουν προσαρμοστικότητα στη ζήτηση νερού και απαιτούν μικρές δαπάνες συντηρήσεως).



Σχ. 2.2κε.

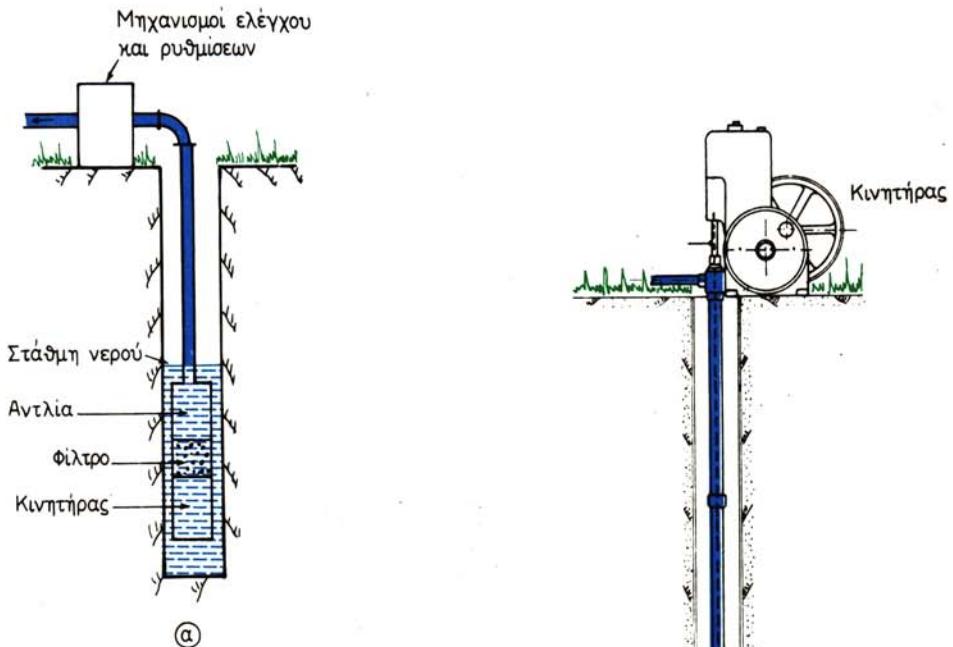
Φυγόκεντρη αντλία επιφάνειας.

α) Μόνιμη. β) Κινητή. γ) Παράσταση της ροής σε φυγόκεντρη αντλία.

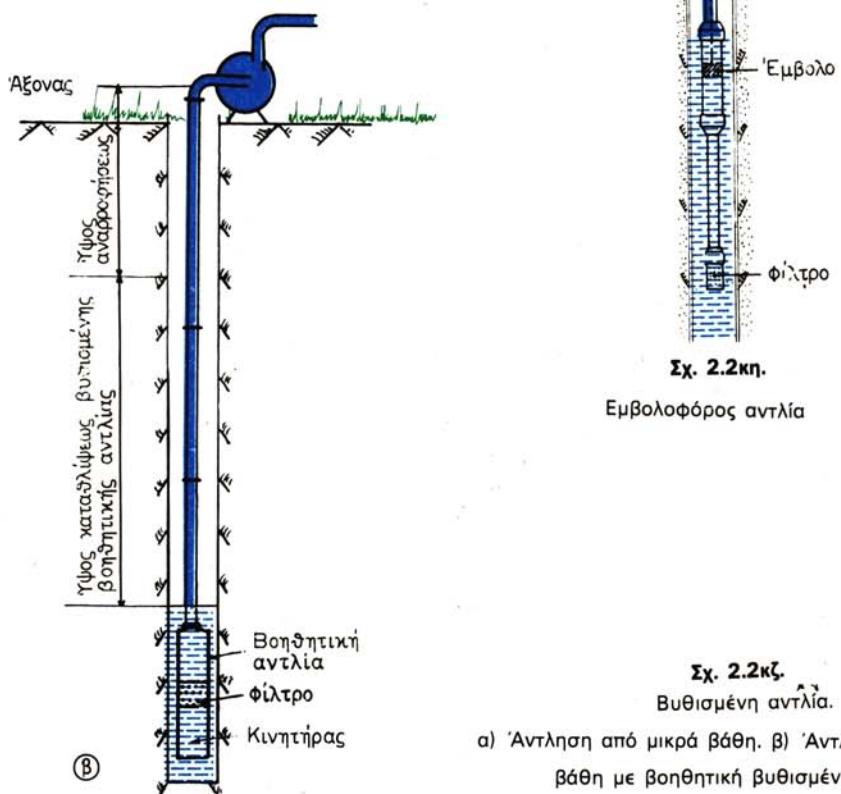


Σχ. 2.2κστ.

Αντλία με κατακόρυφο δύοντα.



(a)

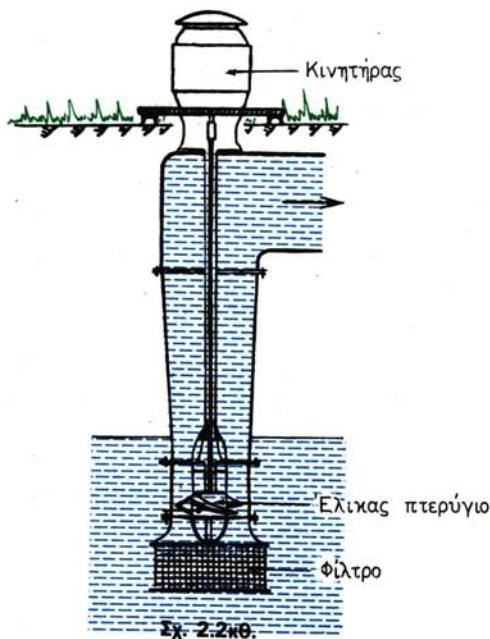


(b)

Σχ. 2.2κζ.

Βυθισμένη αντλία.

a) Άντληση από μικρά βάθη. b) Άντληση από μεγάλα βάθη με βοηθητική βυθισμένη αντλία.



Ελικοφόρος αντλία.

2) Κινητήρας.

Οι κινητήρες, όπως είδαμε, χρησιμεύουν για να μεταδίδουν την κίνηση στις αντίες. Διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: **στους θερμικούς** και **στους ηλεκτρικούς**. Ας σημειωθεί ότι άντληση νερου μπορεί να γίνει και με τη βοήθεια της αιολικής ενέργειας.

— Θερμικοί κινητήρες.

Οι θερμικοί κινητήρες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, στους **βενζινοκινητήρες** και τους **πετρελαιοκινητήρες**. Οι πρώτοι είναι πολύ φθηνότεροι από τους δεύτερους, αλλά η υψηλή τιμή της βενζίνας συγκριτικά με το πετρέλαιο, τους κάνει αντιοκονομικούς και γι' αυτό ο χρήση τους είναι περιορισμένη. Οι πετρελαιοκινητήρες είναι άλλωστε και πολύ ανθεκτικοί. Η ψύξη των θερμικών κινητήρων εξασφαλίζεται με κυκλοφορία αέρα ή νερού. Οι πετρελαιοκινητήρες γενικά χαρακτηρίζονται ως κινητήρες μικρής ταχύτητας από 800 ως 1500 στροφές το λεπτό, που χάρη στην τεχνική πρόσδο θφάνουν και μέχρι 3500 στροφές το λεπτό. Για αρδευτική χρήση είναι προτιμότεροι οι κινητήρες 1500 - 2000 στροφών.

Τα χαρακτηριστικά των θερμικών κινητήρων δίνονται σε ειδικά διαγράμματα και ειδικές καμπύλες που παρέχονται από τον κατασκευαστή.

Η ισχύς του κινητήρα πρέπει να έχει ενα περιθώριο 20% ως 25% πάνω από την απαιτούμενη. Ο κινητήρας δεν πρέπει να λειτουργεί για πολύ χρόνο στην τιμή της μέγιστης ισχύος του. Πρέπει να είναι εφοδιασμένος με καλό φίλτρο αέρα, να λιπαίνεται κανονικά και να είναι αδιάβροχος. Επίσης πρέπει να φέρει τα απαραίτητα όργανα ασφάλειας.

— Ηλεκτρικοί κινητήρες.

Αυτοί οι κινητήρες είναι πιο πρακτικοί από τους θερμικούς και η χρησιμοποίησή τους εξαρτάται κυρίως από την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι απλοί, ανθεκτικοί, με συντελεστή αποδόσεως 90 - 92%. Δεν έχουν, πρακτικά, ανάγκη συντηρήσεως και η διάρκεια λειτουργίας τους μπορεί να φθάσει στις 40.000 ώρες, ενώ η σύνδεσή τους με τον άξονα της αντλίας είναι εύκολη και μπορεί να γίνει και οριζόντια και κατακόρυφα, χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία τους. Το ηλεκτρικό ρεύμα πρέπει να είναι τριφασικό.

Γενικά οι κινητήρες πρέπει να ανέχονται, χωρίς ανωμαλία στη λειτουργία τους, πιώσεις τάσεως της τάξεως των 10 - 15%. Η σύνδεση του κινητήρα με την αντλία, αν συμπίπτουν οι στροφές τους, μπορεί να γίνει απευθείας πάνω στον ίδιο άξονα. Στην περίπτωση που οι στροφές δε συμπίπουν, τότε η σύνδεση εξασφαλίζεται με ιμάντες μέσω τροχαλιών. Εάν η φορά της περιστροφικής κινήσεως είναι η ίδια, τότε η σύνδεση των ιμάντων είναι ανοικτή, εάν είναι αντίθετη, τότε η σύνδεση είναι σταυρωτή. Πάντως, πρέπει να αποφεύγεται η μεγάλη διαφορά των τροχαλιών, γιατί είναι πρόξενος ολισθήσεως του ιμάντα και αποσυνδέσεως των τροχαλιών. Κατά τη μεταβίβαση της κινήσεως, η απώλεια εκτιμάται σε 5% περίπου από τη χρησιμοποιούμενη ιπποδύναμη.

Συχνά οι γεωργοί χρησιμοποιούν για κινητήρα το γεωργικό τους ελκυστήρα και έτσι εκμεταλλεύονται την κατοχή του σε εποχές που δεν τον χρησιμοποιούν για άλλες αγροτικές εργασίες.

3/ Σωλήνας αναρροφήσεως.

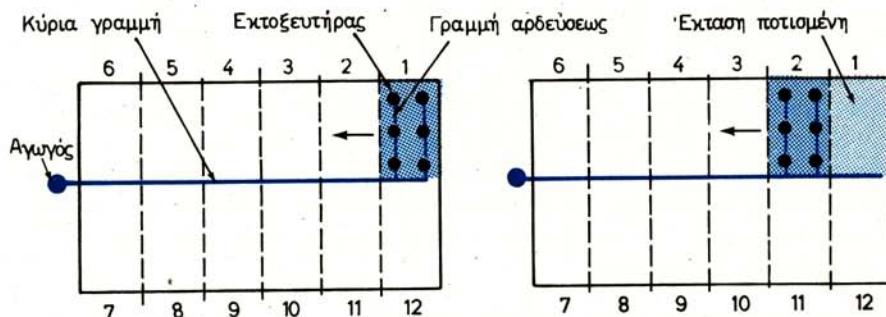
Ο σωλήνας αναρροφήσεως συνδέει την αντλία με την πηγή νερού. Στα μόνιμα δίκτυα είναι μεταλλικός, ενώ στα κινητά μπορεί να είναι και πλαστικός. Στο άκρο του φέρει ειδική διάτρητη συσκευή, το γνωστό φίλτρο και έτσι παρεμποδίζεται η είσοδος ανεπιθυμήτων στερεών υλικών που μειώνουν την απόδοση της αντλίας και επιταχύνουν τη φθορά της. Το φίλτρο, για τους παραπάνω λόγους, δεν πρέπει να τοποθετείται στον πυθμένα της πηγής νερού, αλλά πάντοτε λίγο πάνω από αυτόν. Η ταχύτητα του νερού μέσα στο σωλήνα αναρροφήσεως είναι μικρή και γι' αυτό η διατομή του είναι συγκριτικά μεγάλη. Το νερό μπαίνει και ανεβαίνει μέσα στο σωλήνα με τη βοήθεια της ατμοσφαιρικής πέσεως. Θεωρητικά, το ύψος αναρροφήσεως θα μπορούσε να φθάσει μέχρι τα 8-9 π., αλλά λόγω των τριβών αυτό δεν είναι δυνατό, αλλά ούτε και πρέπει να επιδιώκεται, γιατί είναι επισφαλές. Γενικά αυτό το ύψος πρέπει να μην υπερβαίνει τα 6,5 π.

Για να ανέβει το νερό μέσα στο σωλήνα χρειάζεται να φύγει ο αέρας που υπάρχει μέσα σ' αυτόν. Γι' αυτό πρώτα τον γεμίζουμε με νερό από ειδική οπή που βρίσκεται πάνω στην αντλία. Ο σωλήνας έχει στο τέρμα του βαλβίδα αντεπιστροφής που, ενώ επιτρέπει την είσοδο του νερού κατά τη λειτουργία της αντλίας, αντίθετα δεν επιτρέπει την έξοδο και έτσι γεμίζει ο σωλήνας αναρροφήσεως. Η απομάκρυνση του αέρα μέσα από το σωλήνα αναρροφήσεως, ώστε να δημιουργηθεί κενό και έτσι να προκληθεί η άνοδος του νερού μέσα σ' αυτόν, μπορεί να γίνει και με άλλους τρόπους, π.χ. με τη χρησιμοποίηση μικρής βοηθητικής αντλίας, η οποία προσαρμόζεται κατάλληλα στο αντλητικό συγκρότημα.

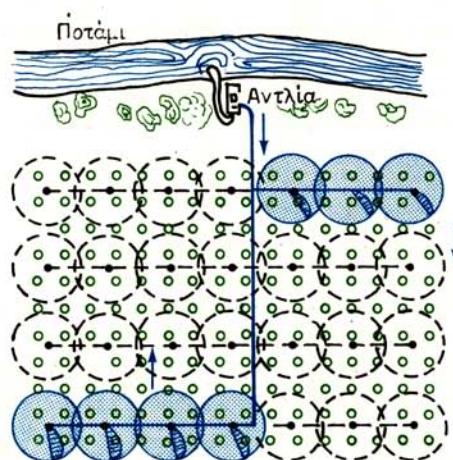
δ) Κύριοι τρόποι διατάξεως των κυρίων γραμμών και των γραμμών αρδεύσεως για άρδευση με τεχνητή βροχή.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι. Οι γενικές αρχές που διέπουν κάθε διάταξη είτε πρόκειται για ατομικό αγρόκτημα είτε για αγρό που περιέχεται μέσα σε συλλογικό δίκτυο τεχνητής βροχής, είναι βασικά οι ίδιες. Η διάταξη του σχήματος 2.2κθ επιτρέπει τη διατύπωση ορισμένων ορισμών σχετικών με αυτό το είδος των εγκαταστάσεων.

Το υπό πίεση νερό εξασφαλίζεται στην κεφαλή της κύριας γραμμής είτε από συλλογικό δίκτυο με υπόγειους αγωγούς (σχ. 2.2λ) είτε από ατομική άντληση (σχ. 2.2λα).



Σχ. 2.2λ.
Εξοπλισμός αρδεύσεως τυπικού αγροτεμαχίου.



Σχ. 2.2λα.
Τυπική ατομική διάταξη αρδεύσεως.

Το δίκτυο επιφάνειας περιλαμβάνει μια κύρια γραμμή και μια ή περισσότερες γραμμές αρδεύσεως που φέρουν κατά μήκος υποδοχές για την τοποθέτηση εκτο-

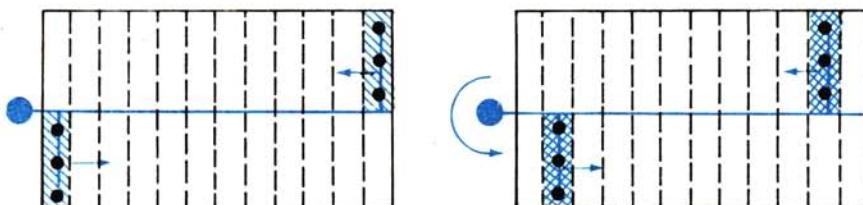
ξευτήρων. Όπως έχομε αναφέρει, ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του εκτοξευτήρα είναι η ένταση της τεχνητής βροχής που προκαλεί γύρω του και η οποία εκφράζεται σε χιλιοστά βροχής ανά ώρα (mm/h). Χάρη στις επικαλύψεις των κύκλων βροχής επιτυγχάνεται ομοιόμορφο ύψος βροχής στην αρδευόμενη έκταση.

Έχοντας την αρδευτική δόση σε χιλιοστά νερού και διαιρώντας την με την ένταση βροχής του εκτοξευτήρα, βρίσκομε το χρόνο παραμονής της γραμμής αρδεύσεως στην ίδια θέση. Μόλις καλυφθεί η αρδευτική δόση, κλείνεται η βάννα και μετά από ένα χρονικό διάστημα αναμονής που εξαρτάται από τη σύσταση του εδάφους (ελαφρό ή βαρύ), γίνεται η μεταφορά του νερού σε άλλη γραμμή αρδεύσεως. Είναι φανερό ότι στα βαριά εδάφη ο χρόνος αναμονής είναι μεγαλύτερος από ό,τι στα ελαφρά, όπου το νερό διεισδύει πιο γρήγορα στα βαθύτερα στρώματα, ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση εργασιών στην επιφάνεια του εδάφους.

Για την άρδευση του τυπικού αγροτεμαχίου του σχήματος 2.2λ χρειάζονται 12 μετακινήσεις των γραμμών αρδεύσεως. Η συνολική διάρκεια αρδεύσεως ολόκληρου του αγροτεμαχίου πρέπει να είναι πάντα ποσοστό του έρους αρδεύσεως.

Ανάλογα με τη μονιμότητα ή μη του εξοπλισμού αρδεύσεως, το σύστημα χαρακτηρίζεται ως **μόνιμο**, όταν γραμμές αρδεύσεως και κύριες γραμμές είναι μόνιμα τοποθετημένες στο έδαφος, ως **ημιμόνιμο** όταν μετακινούνται μόνο οι γραμμές αρδεύσεως και **κινητό** όταν μετακινούνται και οι κύριες γραμμές, αλλά και αυτό ακόμα το αντλητικό συγκρότημα.

1) Σχηματική παρουσίαση συνήθων διατάξεων [σχ. 2.2λβ(α) ως 2.2λβ(ζ)].

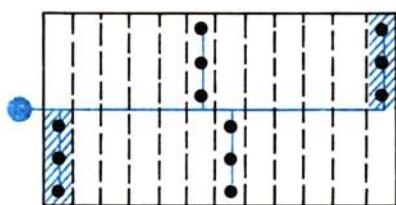


Θέση No 1

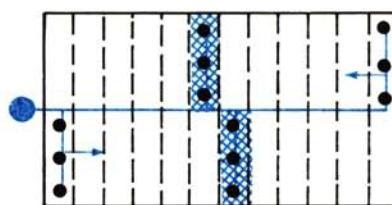
Θέση No 2

Σχ. 2.2λβ(α).

Άρδευση με μία γραμμή αρδεύσεως που μετακινείται διαδοχικά από θέση σε θέση μέχρι πλήρους καλύψεως του αγροτεμαχίου.



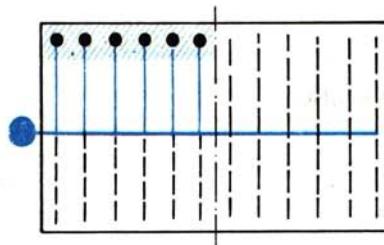
Θέση No 1



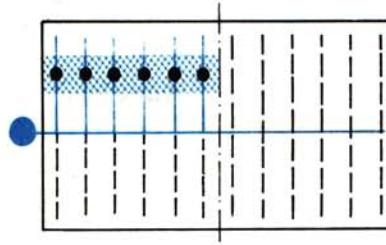
Θέση No 2

Σχ. 2.2λβ(β).

Άρδευση με ταυτόχρονη λειτουργία δύο γραμμών αρδεύσεως. Περιορισμός του συνολικού χρόνου στο μισό με προσαύξηση των δαπανών εξοπλισμού για αγορά της δεύτερης γραμμής και αύξηση της διαμέτρου της κύριας γραμμής για διπλή παροχή.



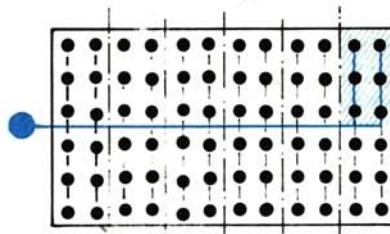
θέση No 1



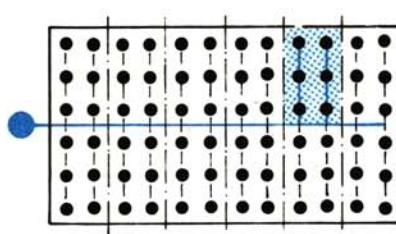
θέση No 2

Σχ. 2.2Λβ(γ).

Άρδευση με μόνιμες τις γραμμές αρδεύσεως που φέρουν ανά διαστήματα υποδοχές για την τοποθέτηση των εκτοξευτήρων. Κάθε γραμμή φέρει μόνο έναν εκτοξευτήρα. Στην περίπτωση αυτή μετακινούνται μόνο οι εκτοξευτήρες (προσαύξηση δαπανών για αγορά των γραμμών αρδεύσεως).



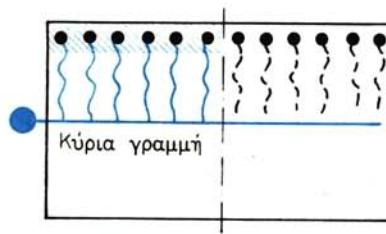
θέση No 1



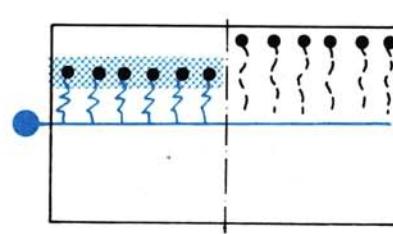
θέση No 2

Σχ. 2.2Λβ(δ).

Άρδευση σε πλήρη μόνιμη μορφή. Κύρια γραμμή, γραμμές αρδεύσεως και εκτοξευτήρες σε μόνιμη θέση. Μόνος χειρισμός το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαννών τροφοδοσίας των γραμμών αρδεύσεως (Μεγάλο το κόστος της εγκαταστάσεως. Εφαρμογή μόνο σε πολύ αποδοτικές καλλιέργειες).



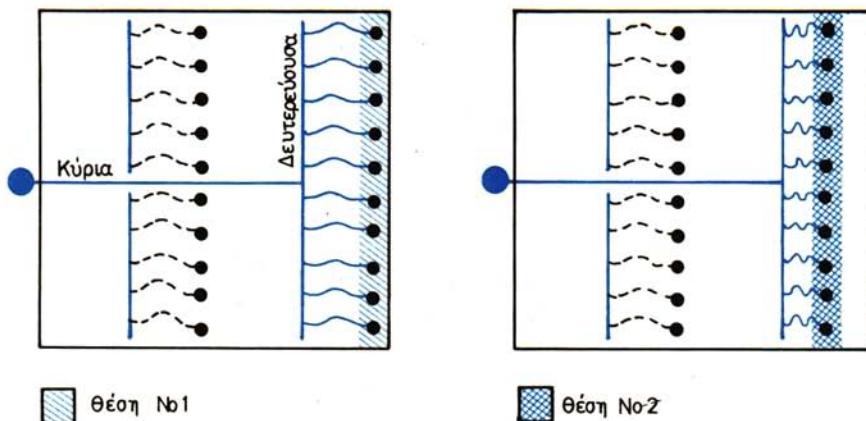
θέση No 1



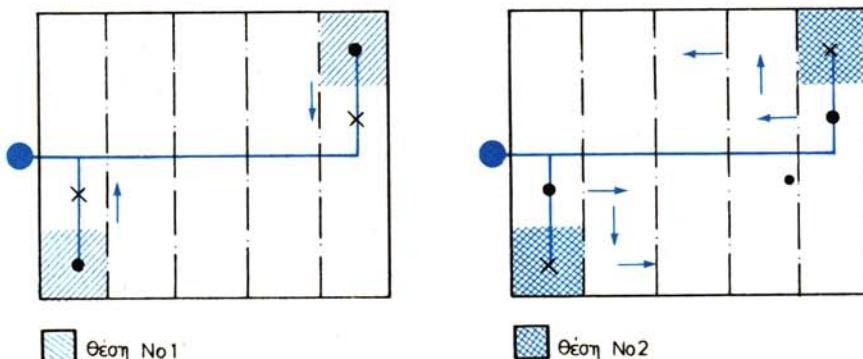
θέση No 2

Σχ. 2.2Λβ(ε).

Εκτοξευτήρες στο άκρο ευκάμπτων γραμμών αρδεύσεως (πλαστικών). Οι γραμμές σύρονται από τη μια θέση στην άλλη, όπως φαίνεται στο σχήμα. Μήκος γραμμών αρδεύσεως περίπου 100 m.

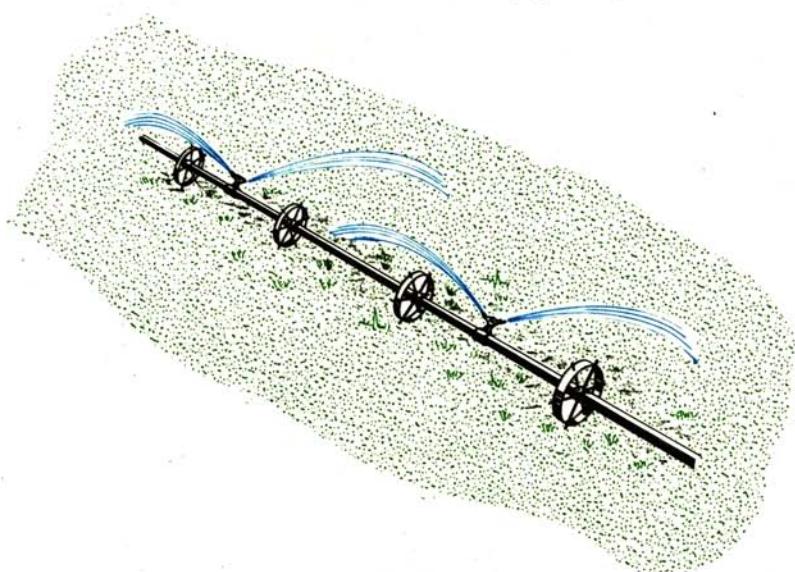
**Σχ. 2.2Λβ(στ).**

Για μήκη μεγαλύτερα από 100 m χρησιμοποιείται η παραπάνω διάταξη όπου οι κύριες γραμμές γίνονται δευτερεύουσες, γιατί τροφοδοτούνται από άλλη γραμμή, μεγαλυτέρων διαστάσεων και παροχής που παίρνει θέση κύριας γραμμής.

**Σχ. 2.2Λβ(ζ).**

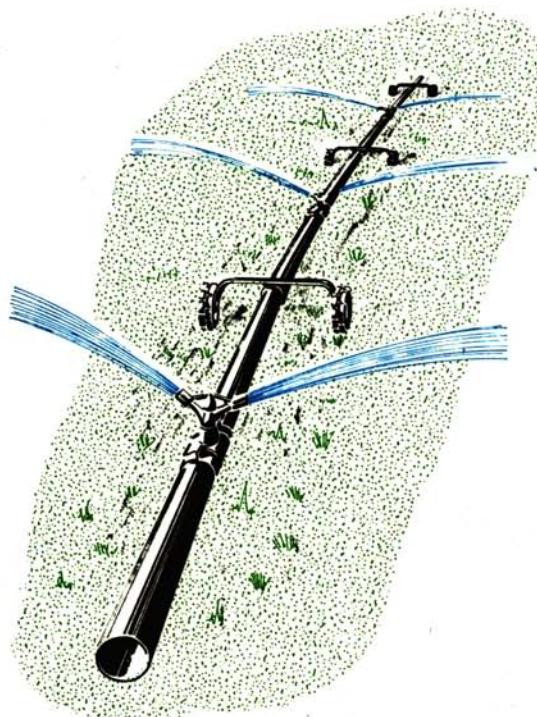
Άρδευση με εκτοξευτήρα τύπου «κανόνι». Μεγάλη παροχή και ακτίνα εκτοξεύσεως. Σε κάθε γραμμή ένας μόνο εκτοξευτήρας.

2) Σχηματική παράσταση ειδικών περιπτώσεων [σχ. 2.2λγ(α) ως 2.2λγ (ε)].



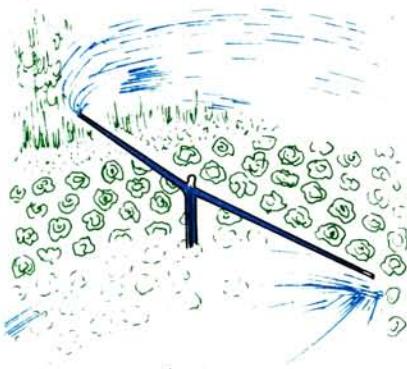
Σχ. 2.2λγ(α).

Γραμμή αρδεύσεως μετακινούμενη με τη βοήθεια τροχών.

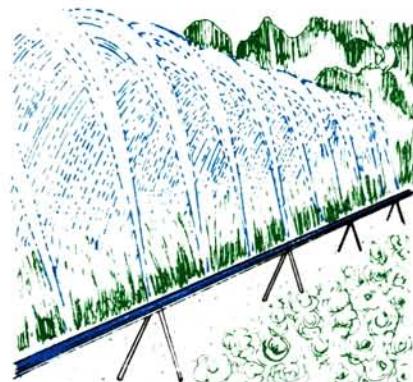


Σχ. 2.2λγ(β).

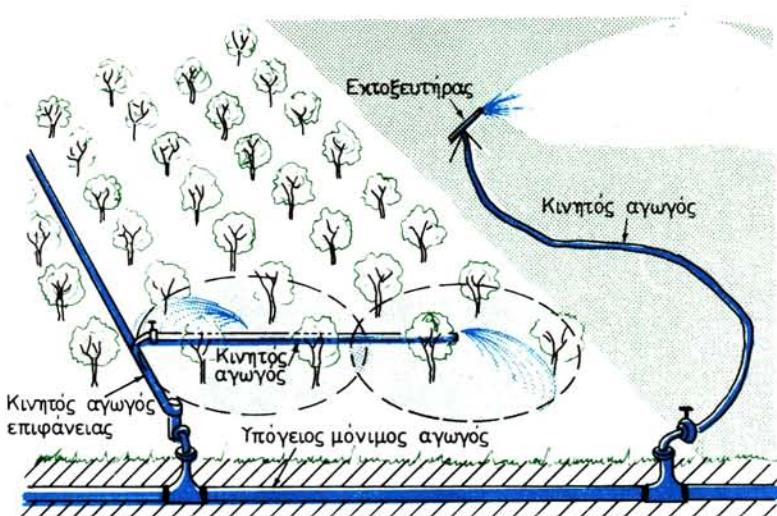
Γραμμή αρδεύσεως μετακινούμενη με τη βοήθεια τροχών.



Σχ. 2.2λγ(γ).
Εκτοξευτήρας με μεγάλο βραχίονα.



Σχ. 2.2λγ(δ).
Σωλήνας με οπές ανά διαστηματα από οπου εκτοξεύεται το νερό υπό μορφή βροχής.



Σχ. 2.2λγ(ε).
Δυνατότητες αρδεύσεως, από τον ίδιο αγωγό.

3) Εκλογή της εγκαταστάσεως.

Για την εκλογή της κατάλληλης εγκαταστάσεως πρέπει να εξετάζονται οι παράκατω περιοριστικοί παράγοντες:

a) Τεχνικοί.

— Η διαθέσιμη πίεση.

Για κάθε απόσταση των εκτοξευτήρων απαιτείται μία ελάχιστη πίεση που διασφαλίζει μια κανονική άρδευση, όπως δείχνει και ο Πίνακας 2.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.1.

Απόσταση εκτοξευτήρων σε m	Ελάχιστη πίεση στον εκτοξευτήρα σε bars
6 x 6	1,5
12 x 12	2,0
18 x 18	2,5
24 x 24	3,0
42 x 42	4,0
63 x 63	5,5

— Ο άνεμος.

Ισχυροί και συχνοί άνεμοι επιβάλλουν τη μείωση των αποστάσεων μεταξύ των εκτοξευτήρων.

— Η ταχύτητα διηθήσεως του νερού στο έδαφος.

Σε βαριά εδάφη με μικρή διηθητικότητα απαγορεύεται η χρήση εκτοξευτήρων μεγάλης εντάσεως βροχής προς αποφυγή σχηματισμού επιφανειακής απορροής.

— Οι διαστάσεις του αγροτεμαχίου.

Οι διαστάσεις του αγροτεμαχίου επηρεάζουν τον τύπο και τη διάταξη των εκτοξευτήρων.

β) Φυτικοί.

- **Η ευπάθεια ορισμένων καλλιεργειών** επιβάλλει π.χ. την άρδευση κάτω από την κόμη των δένδρων με συνέπεια τη χρήση εκτοξευτήρων χαμηλής πιέσεως, ενώ άλλες φορές επηρεάζει το μέγεθος των σταγόνων της βροχής.
- **Οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό στην περίοδο της αιχμής** επιβάλλουν την ανάγκη να δοθεί στα φυτά, μέσα σε ορισμένη χρονική περίοδο, η αναγκαία ποσότητα νερού. Αυτό επηρεάζει άμεσα τα χαρακτηριστικά του εκτοξευτήρα.

γ) Πρακτικοί.

— Αριθμός των ημερών του μήνα αιχμής που είναι δυνατή η άρδευση.

Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να αφαιρεθούν από το μήνα αυτό (Ιούλιος ή Αύγουστος στη χώρα μας) οι ημέρες αργίας και οι ημέρες που λόγω ισχυρών ανέμων ή υψηλών θερμοκρασιών κάνουν αδύνατη την άρδευση με τεχνητή βροχή.

— Αριθμός των αλλαγών της γραμμής αρδεύσεως.

Κατά την περίοδο της αιχμής δύο αλλαγές την ημέρα, μια το πρωί και μία το απόγευμα κρίνονται απαραίτητες.

— Αριθμός των ωρών λειτουργίας την ημέρα.

Όταν λείπουν τα εργατικά χέρια, ο γεωργός επιβαρύνεται με την αγορά μεγα-

λύτερου μηχανικού εξοπλισμού (π.χ. περισσότερες γραμμές αρδεύσεως). Πάντως 16 - 18 ώρες λειτουργίας την ημέρα κρίνονται ικανοποιητικές, αλλά υπάρχουν και δίκτυα που λειτουργούν 20 ώρες το εικοσιτετράωρο.

- Κόστος του εξοπλισμού.

Όσο το σύστημα απαιτεί λιγότερα ημερομίσθια τόσο ο εξοπλισμός είναι μεγαλύτερος και κατά συνέπεια τόσο μεγαλύτερες γίνονται και οι δαπάνες κόστους και συντηρήσεως.

2.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αρδεύσεως με τεχνητή βροχή.

α) Πλεονεκτήματα.

1) Δεν απαιτούνται ισοπεδώσεις για την εφαρμογή της.

Όπως έχομε αναφέρει στην επιφανειακή άρδευση, οι ισοπεδώσεις είναι δαπανηρές και χρονοβόρες, με κίνδυνο σε ορισμένα τμήματα της αρδευόμενης εκτάσεως να έλθει στην επιφάνεια μη γόνιμο έδαφος και να δημιουργηθούν έτσι άγονες κηλίδες με αποτέλεσμα την ανομοιόμορφη ανάπτυξη των καλλιεργειών.

2) Μπορεί να εφαρμοσθεί και σε οριζόντιες και σε επικλίνεις εκτάσεις.

Δίνει έτσι τη δυνατότητα να αρδευθούν εκτάσεις που η κλίση τους είναι απαγορευτική για την επιφανειακή άρδευση (μέχρι 2% για τη συνηθισμένη και μέχρι 8 - 10% για την άρδευση με αυλάκια κατά τις ισοϋψεις).

3) Δεν μειώνεται η καλλιεργήσιμη έκταση για την εφαρμογή της.

Αυτό συμβαίνει με την επιφανειακή άρδευση, όπου έκταση ίση περίπου με το 12 - 14% της συνολικής καταλαμβάνεται από διώρυγες, αυλάκια και τάφρους. Επίσης, διευκολύνεται η κυκλοφορία των γεωργικών μηχανημάτων και κατά συνέπεια όλες οι σχετικές με αυτά καλλιεργητικές φροντίδες.

4) Έχουμε οικονομία νερού που οφείλεται:

- Στη μείωση των απωλειών κατά τη μεταφορά του νερού, γιατί γίνεται μέσα σε κλειστούς αγωγούς υπό πίεση, ενώ η μεταφορά με ανοικτούς αγωγούς έχει περισσότερες απώλειες λόγω διαρροών και εξατμίσεων.
- Στον καλύτερο έλεγχο του παρεχόμενου αρδευτικού νερού, ώστε να παρέχεται κάθε φορά με ακρίβεια η καθορισμένη ποσότητα (υδροληψίες εφοδιασμένες με ειδικό μετρητή) και να αποφεύγεται η παρατηρούμενη στην επιφανειακή άρδευση σπατάλη πολύτιμου νερού που χάνεται ως επιφανειακή απορροή ή βαθιά διήθηση.
- Στην προσοχή του γεωργού να μην υπερβεί την καθορισμένη δόση, γιατί θα πρέπει να πληρώσει περισσότερα χρήματα.

5) Μπορεί να εφαρμοσθεί σε όλες τις καπηγορίες εδαφών.

Αυτό δίνει τη δυνατότητα να αρδευθούν εδάφη με μεγάλη υδατοπερατότητα. Π.χ. τα αμμώδη (ελαφρά) που η επιφανειακή άρδευση δε θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ορθολογική, γιατί τόσο το υποχρεωτικά μικρό μήκος όσο και η μεγάλη πυ-

κνότητα των αυλακιών κρίνονται ως αντιοκονομικά, ενώ οι απώλειες νερού λόγω βαθιάς διηθήσεως είναι πολύ μεγάλες. Επίσης εδάφη αργιλώδη (πολύ βαριά) με πολύ μικρή διαπερατότητα κάνουν προβληματική, αν όχι αδύνατη, την άρδευση με επιφανειακή άρδευση, γιατί, λόγω της πρακτικής αδυναμίας του συστήματος να παρέχει το νερό σε πολύ μικρές δόσεις, οι απώλειες απορροής θα ήταν τεράστιες. Στις περιπτώσεις αυτές η τεχνητή βροχή με μικρές παραλλαγές, μπορεί να αποτελέσει τη λύση.

6) Επιτρέπει την αξιοποίηση πηγών μικρών παροχών.

Αυτό γίνεται γιατί το σύστημα επιτρέπει τη δυνατότητα ελέγχου και ρυθμίσεως της παροχής. Η χρησιμοποίηση τέτοιων πηγών με την επιφανειακή άρδευση είναι αδύνατη λόγω του τρόπου λειτουργίας της (π.χ. απαραίτητο υδραυλικό φόρτιο για να τροφοδοτηθούν τα βιοθητικά αυλάκια και από τα αρδευτικά αυλάκια στη συνέχεια τα σιφώνια κλπ.).

7) Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προστασία των καλλιεργειών από τους παγετούς.

Η άρδευση γίνεται τη νύκτα και τις πρωινές ώρες της παγωνιάς. Ένα λεπτό στρώμα πάγου καλύπτει τα φυτά το οποίο στρώμα, επειδή βρίσκεται σε συνεχή επαφή μέ τό νερό της τεχνητής βροχής, προφανώς υψηλότερης θερμοκρασίας, δεν ακολουθεί τη χαμηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος και έτσι μετατρέπεται σε προστατευτικό κάλυμμα της κόμης των δένδρων από την παγωνιά.

Διευκρινίζεται ότι η παραπάνω εφαρμογή της τεχνητής βροχής σπανίζει στην πράξη, γιατί προϋποθέτει την ύπαρξη μόνιμου δικτύου, που να καλύπτει ολόκληρη την παγόπληκτη περιοχή (δίκτυο υπέρογκα δαπανηρό), καθώς και τη διάθεση μεγάλων ποσοτήτων νερού για την ταυτόχρονη διαβροχή όλης της περιοχής. Αυτό πραγματικά σπάνια συμβαίνει σε μεγάλη κλίμακα. Επί πλέον, υπάρχει και ένας τεχνικός παράγοντας που είναι το γέμισμα του δικτύου με νερό. Όπως έχει λεχθή και αλλού, μετά το τέλος της αρδευτικής περίοδου, το δίκτυο αδειάζεται, για να προφυλαχθούν οι σωληνώσεις από σπασίματα που θα συνέβαιναν, αν σε χαμηλές θερμοκρασίες, το νερό πάγωνε μέσα σ' αυτούς. Στην πράξη αυτός ο παράγοντας είναι σχεδόν απαγορευτικός για τις περισσότερες περιπτώσεις, γιατί απαιτεί χρόνο, ενώ ο παγετός εμφανίζεται πολύ γρήγορα και τα χρονικά περιθώρια για αντιμετώπισή του με αυτό τον τρόπο είναι, κατά κανόνα, ανεπαρκή.

8) Απαιτεί λιγότερα εργατικά χέρια απ' ό, πι η επιφανειακή άρδευση και η ποιότητα της απαιτούμενης εργασίας είναι καλύτερη.

Παράλληλα επιτρέπει στο γεωργό κατά τη διάρκεια της αρδεύσεως να ασχολείται με άλλες αγροτικές εργασίες.

β) Μειονεκτήματα.

1) Υψηλότερες δαπάνες αρχικής εγκαταστάσεως συγκριτικά με την επιφανειακή άρδευση.

Η διαφορά αυτή, μεγάλη στην αρχή λόγω του τρόπου κατασκευής των επιφα-

νειακών δικτύων (χωμάτινες διώρυγες κλπ.) και του υψηλού κόστους των υλικών των δικτύων τεχνητής βροχής, μειώνεται συνεχώς, αν ληφθεί υπόψη ότι οι διώρυγες πλέον είναι επενδυμένες (αύξηση του κόστους), ενώ η βιομηχανική παραγωγή των υλικών τεχνητής βροχής και ο ανταγωνισμός είχαν ως συνέπεια τη μείωση της τιμής τους (μείωση του κόστους).

2) Υψηλότερες δαπάνες λειτουργίας σε σύγκριση με την επιφανειακή άρδευση.

Στην επιφανειακή άρδευση το νερό κινείται κάτω από την επίδραση μόνο της βαρύτητας, ενώ στην τεχνητή βροχή, κατά κανόνα, η ροή εξασφαλίζεται με τη λειτουργία αντλητικών συγκροτημάτων που καταναλώνουν ακριβή ενέργεια. Μπορεί όμως το δίκτυο τεχνητής βροχής να λειτουργεί και με βαρύτητα οπότε δεν υπάρχει αυτό το συγκριτικό για την επιφανειακή άρδευση πλεονέκτημα. Πάντως, με τα σημερινά δεδομένα το κάστος της ενέργειας αποτελεί το σημαντικότερο ποσό στις δαπάνες λειτουργίας των δικτύων τεχνητής βροχής.

3) Μηχανικές βλάβες – Δαπάνες συντηρήσεως.

Λόγω των ποικίλων μηχανικών εγκαταστάσεων ελέγχου, καθαρισμού, ασφάλειας και ρυθμίσεως της ροής που διαθέτει το δίκτυο διαπιστώνονται συχνά μηχανικές βλάβες που αυξάνουν πολύ τις δαπάνες συντηρήσεως.

4) Αδυναμία εξασφαλίσεως ομοιόμορφης αρδεύσεως με ανέμους.

Όταν πνέουν άνεμοι είναι αδύνατο να επιτευχθεί ομοιομορφία στην άρδευση. Για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από 4 - 5 m/sec η εφαρμογή της μεθόδου δεν συνιστάται. Όσο μικραίνουν οι ταχύτητες τόσο βελτιώνεται η ομοιομορφία.

5) Κίνδυνος αναπτύξεως λόγω διαβροχής του φυλλώματος διαφόρων ασθενειών σε ευπαθείς καλλιέργειες καθώς και ζησανίων μεταξύ των καλλιεργειών.

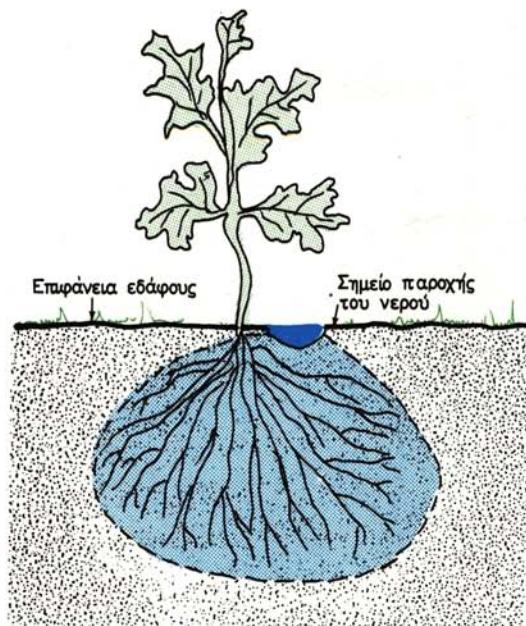
6) Κίνδυνος καταστροφής από την πτώση των σταγόνων της δομής της επιφάνειας του εδάφους.

Όταν δεν δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο μέγεθος των σταγόνων, το έδαφος, κατά την πτώση τους, λασποποιείται και ξεραινόμενο δίνει τη γνωστή κρούστα που δεν είναι επιθυμητή για πολλούς λόγους (κακός αερισμός του εδάφους κ.ά.). Κρούστα, όπως αναφέραμε, σχηματίζεται και στην επιφανειακή άρδευση με κατάκλυση, οπότε επιβάλλεται, ανάλογα με την περίπτωση, ένα ελαφρό σκάλισμα μετά από κάθε άρδευση. Από την πλευρά αυτή, η άρδευση με αυλάκια είναι η περισσότερο ευνοϊκή. Πάντως το μειονέκτημα αυτό, χάρη στη δυνατότητα ρυθμίσεως που παρέχει το σύστημα της τεχνητής βροχής, μπορεί να περιορισθεί σημαντικά.

2.3 Άρδευση με σταγόνες.

2.3.1 Γενικά.

Με τη μέθοδο αυτή, γνωστή και ως **στάγδην άρδευση**, το αρδευτικό νερό χορηγείται κατά σταγόνες στην περιοχή του κύριου ριζοστρώματος των φυτών και μόνο σ' αυτή με τη βοήθεια ειδικών συσκευών, γνωστών ως **σταλακτήρων**. Η ικανο-



Σχ. 2.3α.
Ενδεικτική παράσταση της υγρασίας κοντά στο ριζόστρωμα του φυτού.

ποίηση δηλαδή των αναγκών των φυτών σε νερό γίνεται με μικρές και συχνές δόσεις. Οι σταλακτήρες τοποθετούνται κατά μήκος πλαστικών σωλήνων με μικρή διάμετρο.

Το νερό μέσα στους σωλήνες κυκλοφορεί υπό πίεση που εξασφαλίζεται κατά κανόνα, από κάποια φυγόκεντρη αντλία ή, σπανιότερα, από κάποια υπερυψωμένη δεξαμενή τοποθετημένη στο υψηλότερο τμήμα του αγρού.

Με τη στάγδην άρδευση, η κίνηση του νερού μέσα στο έδαφος είναι τρισδιάστατη, ενώ με την άρδευση με αυλάκια είναι δυσδιάστατη (κίνηση κατακόρυφη και πλευρική) και με την άρδευση με κατάκλυση μονοδιάστατη (κατακόρυφη). Το νερό παρέχεται πάντα στο ίδιο σημείο του εδάφους και από εκεί κινείται κατά μήκος, πλάτος και βάθος για να καλύψει τη ζώνη του κύριου ριζοστρώματος των φυτών. Μια σχηματική ενδεικτική παράσταση της υγρασίας μέσα στο έδαφος φαίνεται σε κατακόρυφη τομή στο σχήμα 2.3α, ενώ μία εικόνα αγρού που αρδεύεται με σταγόνες φαίνεται στο σχήμα 2.3β.

Γενικά, η μέθοδος αποσκοπεί στο να δώσει το νερό εκεί που κυρίως χρειάζεται (ριζόστρωμα) περιορίζοντας στο ελάχιστο τις απώλειες από εξάτμιση, απορροή και βαθιά διήθηση. Με κατάλληλο εξοπλισμό του συστήματος, είναι δυνατή η χορήγηση και των λιπασμάτων, ενώ η εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί τα λιγότερα εργατικά χέρια από όλες τις μέχρι τώρα γνωστές μεθόδους. Το τελευταίο έχει ως συνέπεια την αύξηση του κόστους πρώτης εγκαταστάσεως.

2.3.2 Κύρια στοιχεία του συστήματος.

Το σύστημα, βασικά, αποτελείται από τέσσερα κύρια μέρη που είναι η **κεφαλή**, οι **σωληνώσεις**, οι **σταλακτήρες** και το **αντλητικό συγκρότημα**.



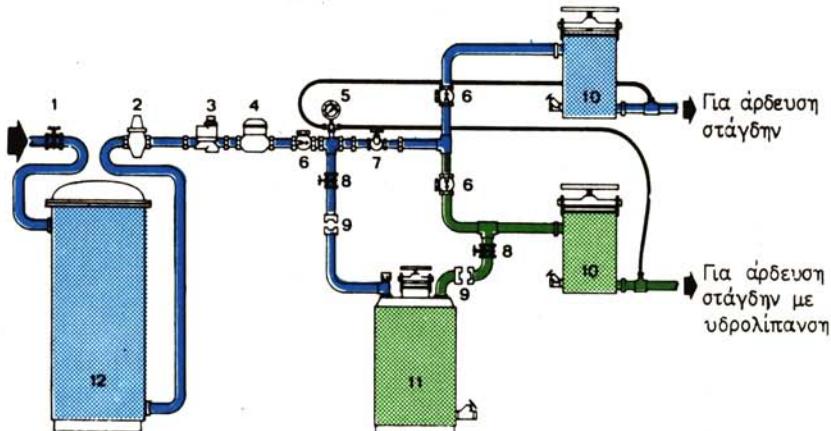
Σχ. 2.3β.

Γενική όψη αμπελώνα που αρδεύεται με σταγόνες. Χαρακτηριστικές υγρές κηλίδες στην επιφάνεια του εδάφους.

a) Κεφαλή.

Με το χαρακτηρισμό **κεφαλή** εννοούμε το σύνολο των οργάνων και μηχανισμών ελέγχου, ρυθμίσεως και ασφάλειας που παρεμβάλλονται μεταξύ της πηγής προελεύσεως του νερού και του σημείου εξόδου του νερού προς την υπό άρδευση έκταση.

Στο σχήμα 2.3γ φαίνονται συγκεντρωμένα τα συνηθισμένα όργανα και οι μηχα-



Σχ. 2.3γ.

Σχηματική παράσταση των μηχανισμών μιας τυπικής κεφαλής.

- 1) Γενική βάννα. 2) Μειωτής πιέσεως. 3) Αυτόματος ογκομετρικός διακόπτης. 4) Υδρόμετρο. 5) Μανόμετρο για παρακολούθηση της πιέσεως. 6) Βαλβίδα αντεπιστροφής. 7) Βάννα Venturi. 8) Βάννα μικρή. 9) Ταχυσύνδεσμος. 10) Φίλτρο με θέση επικοινωνίας μανομέτρου στην έξοδο. 11) Υδρολίπαντήρας. 12) Φίλτρο άρμου.

νισμοί που περιλαμβάνει μία κεφαλή.

Ανάλογα με την περίπτωση οι παραπάνω μηχανισμοί μπορεί να περιλαμβάνονται όλοι, μερικοί ή και περισσότεροι όταν ειδικές συνθήκες το απαιτούν.

Συνοπτική περιγραφή των στοιχείων της κεφαλής.

— Βάννες.

Όλες οι βάννες που μπορεί να υπάρχουν, έχουν ως αποστολή τη ρύθμιση της παροχής, το στραγγαλισμό της ροής για αύξηση των απωλειών ενέργειας σε περιπτώσεις υψηλών πιέσεων, την αλλαγή κατευθύνσεως της ροής ή ακόμα και τη διακοπή της για την εκτέλεση εργασιών επισκευής ή συντηρήσεως.

— Υδρόμετρο.

Το όργανο αυτό μετρά τον όγκο του νερού που διοχετεύεται στον αγρό μέσω της κεφαλής ή μέσω μιας σωληνώσεως.

— Αυτόματος ογκομετρικός διακόπτης.

Το όργανο αυτό έχει ως σκοπό την αυτόματη διακοπή της παροχής, όταν περάσει μέσω αυτού η ποσότητα νερού στην οποία έχει ρυθμισθεί το όργανο με τη βοήθεια ειδικού δίσκου.

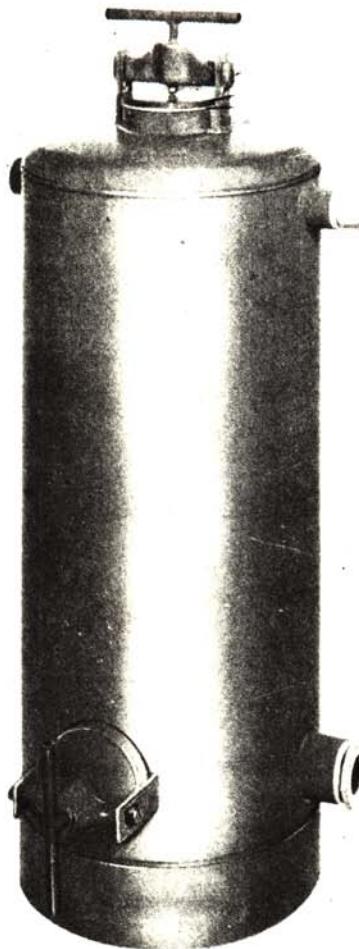
— Μανόμετρα.

Τα όργανα αυτά, όπως είναι γνωστό από τη Φυσική, μας δείχνουν την πίεση του νερού στις θέσεις που θέλουμε να τη γνωρίζομε. Ιδιαίτερη σημασία έχει το μανόμετρο που τοποθετείται στην έξοδο του νερού από το φίλτρο γιατί μας επιτρέπει να καταλάβομε αν το φίλτρο θέλει καθάρισμα ή όχι. Χαμηλή ενδειξη του μανομέτρου σημαίνει ότι οι πόροι του φίλτρου έχουν φράξει από τις στερεές ύλες που περιέχει το νερό, με συνέπεια την αύξηση των απωλειών ενέργειας μέσα στο φίλτρο. Γι' αυτό και απαιτείται καθάρισμα.

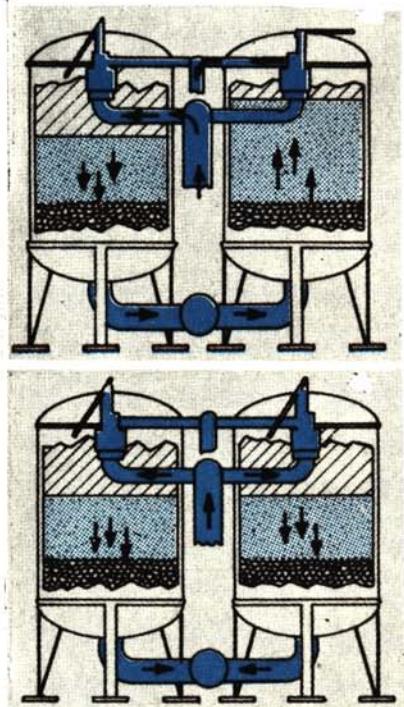
— Φίλτρα.

Τα φίλτρα είναι ειδικές συσκευές που έχουν ως αποστολή την απαλλαγή του νερού από τις ξένες ύλες που σχεδόν πάντα περιέχει και που, αν δεν απομακρυνθούν, θα προκαλέσουν εμφράξεις στους σταλακτήρες και θα παρεμποδίσουν έτσι την ομαλή λειτουργία του δικτύου. Γενικότερα, οι ξένες ύλες επιταχύνουν τη φθορά των οργάνων και συσκευών της εγκαταστάσεως. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι φίλτρων είναι τα **φίλτρα άμμου** και τα **φίλτρα σίτας**.

Τα **φίλτρα άμμου** είναι συνήθως ογκώδη συγκριτικά με τα άλλα όργανα της κεφαλής, και αποτελούνται από κυλινδρικά δοχεία με μεταλλικό εξωτερικό περίβλημα (σχ. 2.3δ και 2.3ε). Στο εσωτερικό τους εναλλάσσονται στρώματα άμμου και χαλικιών διαφόρων μεγεθών τα οποία συγκρατούν τα διάφορα στερεά σώματα (άμμοι, μικροοργανισμοί, χόρτα κλπ.) που περιέχονται στο νερό καθώς αυτό αντλείται από διάφορα βάθη. Ειδικότερα, για την απομάκρυνση της άμμου, που σχεδόν πάντα περιέχουν τα αντλούμενα νερά, χρησιμοποιείται συχνά και μία άλλη συσκευή κωνικής μορφής, γνωστή με το όνομα γνωστή με το όνομα **υδροκυκλώνας** (σχ. 2.3στ). Η αρχή λειτουργίας του υδροκυκλώνα (σχ. 2.3ζ) στηρίζεται στην περιστροφική κίνηση που παίρνει το νερό μέσα σ' αυτόν, με αποτέλεσμα τη συγκέν-



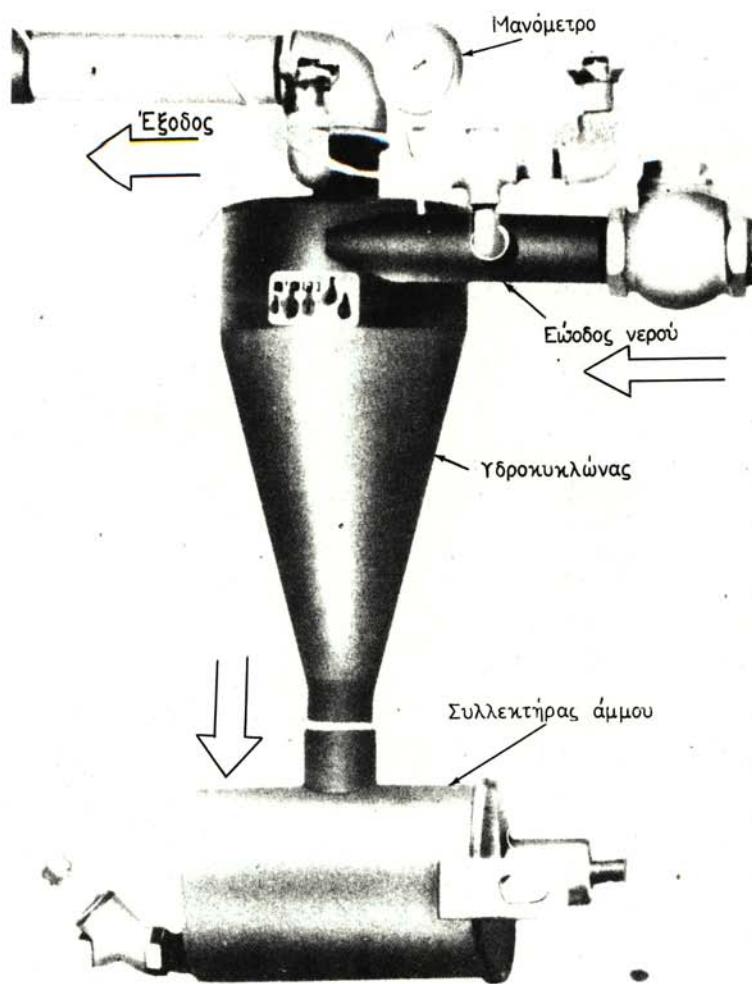
Σχ. 2.3δ.
Φίλτρο άμμου.



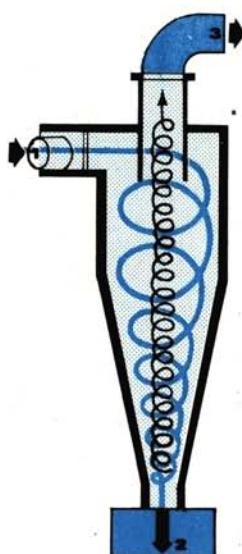
Σχ. 2.3ε.
Φίλτρα άμμου κατά τη λειτουργία και τον καθαρισμό τους με αντίστροφη ροή.

τρωση της άμμου, λόγω της φυγόκεντρης δυνάμεως, στη βάση της συσκευής. Εκεί συλλέγεται σε ειδικό συλλεκτήρα, ο οποίος κατά διαστήματα καθαρίζεται, ανάλογα με την περιεκτικότητα του νερού σε άμμο. Από το πάνω μέρος της συσκευής, το νερό, σχετικά καθαρό, οδηγείται προς τα άλλα όργανα της κεφαλής, για να φθάσει τελικά στην έξοδο, αφού περάσει ξανά από άλλο φίλτρο τύπου «σίτας».

Τα **φίλτρα σίτας** αποτελούνται από ένα λεπτό και πυκνό πλέγμα κατασκευασμένο από μεταλλικά ή πλαστικά νήματα. Η σίτα αυτή κατακρατεί τα στερεά υλικά που έχουν διαστάσεις μεγαλύτερες από τις διαστάσεις των ανοιγμάτων τους. Οι διαστάσεις αυτές πρέπει να είναι οπωσδήποτε μικρότερες από το άνοιγμα των σταλακτήρων, γιατί διαφορετικά ιιπάρχει κίνδυνος εμφράξεως των τελευταίων και κα-



Σχ. 2.3στ.
Υδροκυκλώνας.



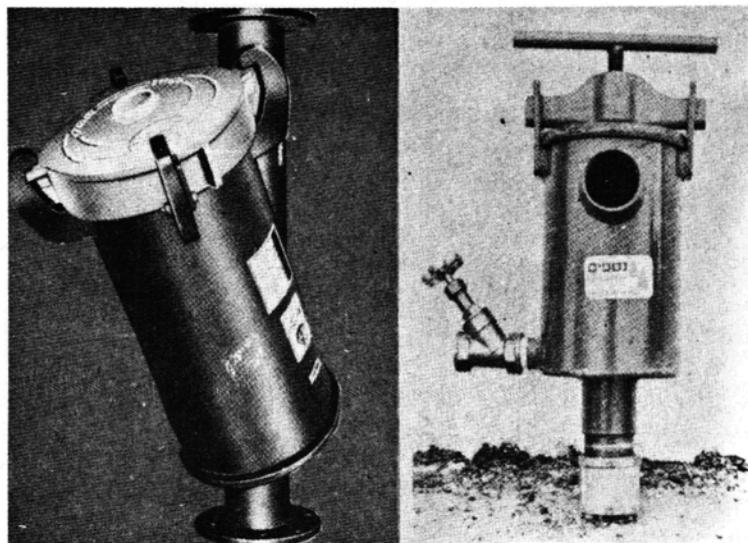
Σχ. 2.3ζ.

Σχηματική παράσταση της κινήσεως του νερού μέσα στον υδροκυκλώνα.

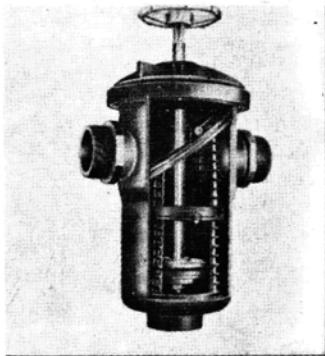
- 1) Είσοδος.
- 2) Συλλογή της άμμου.
- 3) Έξοδος καθαρού νερού.

τά συνέπεια κίνδυνος μη καλής λειτουργίας του συστήματος.

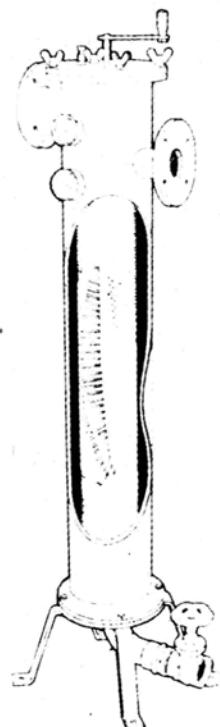
Τα **φίλτρα σίτας**, ανάλογα με τον τρόπο καθαρισμού τους, διακρίνονται σε **απλά** (σχ. 2.3η), στα οποία το πλέγμα ανασύρεται έξω από τη συσκευή και πλένεται με καθαρό νερό, σε **ημιαυτόματα** (σχ. 2.3θ), τα οποία καθαρίζονται επιτόπου χωρίς να αποσυναρμολογηθούν με τη βοήθεια ειδικής βούρτσας που υπάρχει στο εσω-

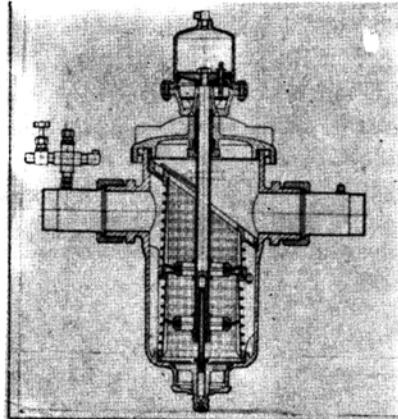


Σχ. 2.3η.
Φίλτρα σίτας απλά.



Σχ. 2.3θ.
Φίλτρα σίτας ημιαυτόματα.





Σχ. 2.3ι.
Φίλτρο σίτας αυτόματο.

τερικό του φίλτρου και κινείται κατακόρυφα ή περιστροφικά μέσω εξωτερικού μοχλού, και σε **αυτόματα** (σχ. 2.3ι). Τα τελευταία καθαρίζονται με καθαρό νερό που εκτοξεύεται υπό πίεση στο εσωτερικό τους ή μέσω υδραυλικής εγκαταστάσεως η οποία θέτει σε κίνηση ειδική βούρτσα στο εσωτερικό της συσκευής, όταν η πίεση στην έξοδο του φίλτρου κατέβει κάτω από ορισμένο όριο, ενδεικτικό της προχωρημένης εμφράξεως των φίλτρων.

Εκτός από τα παραπάνω φίλτρα που τοποθετούνται στην κεφαλή του δικτύου, υπάρχουν και άλλα **μικρά φίλτρα** που μπορούν να τοποθετηθούν στην αρχή των γραμμών αρδεύσεως. Πρέπει όμως να επιδιώκεται ο καλός καθαρισμός τους στην κεφαλή του δικτύου, για να μην υπάρχει ανάγκη τοποθετήσεως και άλλων φίλτρων που ανεβάζουν το κόστος της εγκαταστάσεως.

β) Σωληνώσεις.

Σ' ένα δίκτυο αρδεύσεως με σταγόνες, οι σωληνώσεις διακρίνονται σ' εκείνες που κατά μήκος και κατά ορισμένα διαστήματα φέρουν σταλακτήρες ή υποδοχές σταλακτήρων και λέγονται **γραμμές αρδεύσεως** και σ' εκείνες που τροφοδοτούν με νερό τις γραμμές αρδεύσεως και λέγονται **κύριες γραμμές αρδεύσεως** [σχ. 2.3ι(α) και (β)].

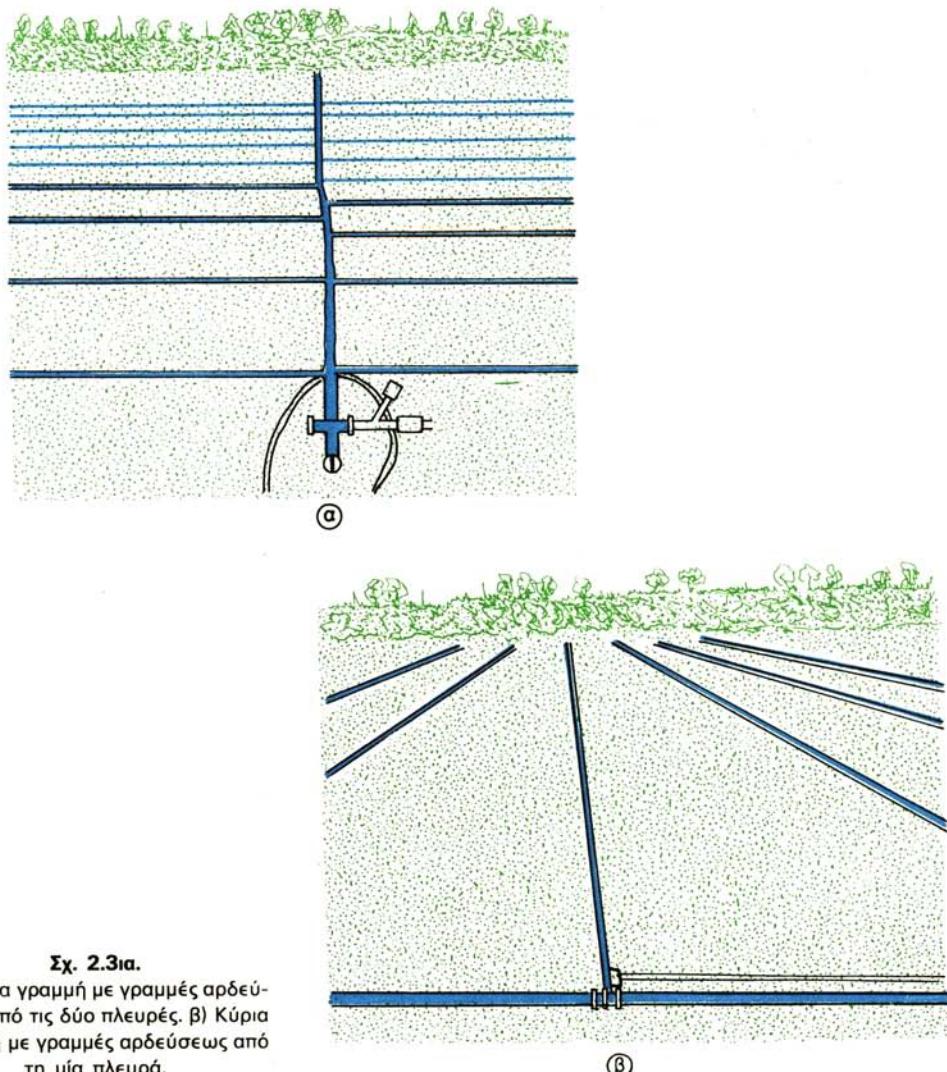
Σε μεγαλύτερα δίκτυα υπάρχει και κεντρική σωλήνωση που τροφοδοτεί τις κύριες σωληνώσεις. Για τις απαραίτητες διακλαδώσεις και συνδέσεις υπάρχουν όλα τα ειδικά εξαρτήματα, δηλαδή ενώσεις ταφ, λαιμοί, φίλτρα, διακόπτες κ.ά., κατασκευασμένα, συνήθως, από προπυλένιο [σχ. 2.3ιβ(α), (β)].

Η κεντρική σωλήνωση, όταν υπάρχει, μπορεί να είναι από γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα ή από πλαστικό ή αλουμίνιο κ.ά. Ο σωλήνας αυτός τοποθετείται μέσα στο έδαφος. Οι κύριες γραμμές αρδεύσεως κατασκευάζονται, συνήθως, από πολυαιθυλένιο, πλαστικό PVC, αλουμίνιο ή από γαλβανισμένο σίδηρο και τοποθετούνται κατά κανόνα στην επιφάνεια του έδαφους. Τέλος, οι γραμμές αρδεύσεως, οι οποίες τοποθετούνται στην επιφάνεια του έδαφους, είναι, συνήθως, εύκαμπτοι πλαστικοί σωλήνες από μαύρο πολυαιθυλένιο με εξωτερική διάμετρο από 12 μέχρι 40 mm, ανάλογα με την παροχή και τη διαθέσιμη πίεση. Η αντοχή τους σε πίεση

κυμαίνεται μεταξύ 4 και 6 atm, ενώ η συνηθισμένη πίεση λειτουργίας τους είναι γύρω στη 1,5 atm. Η διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 10 χρόνια για τις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας.

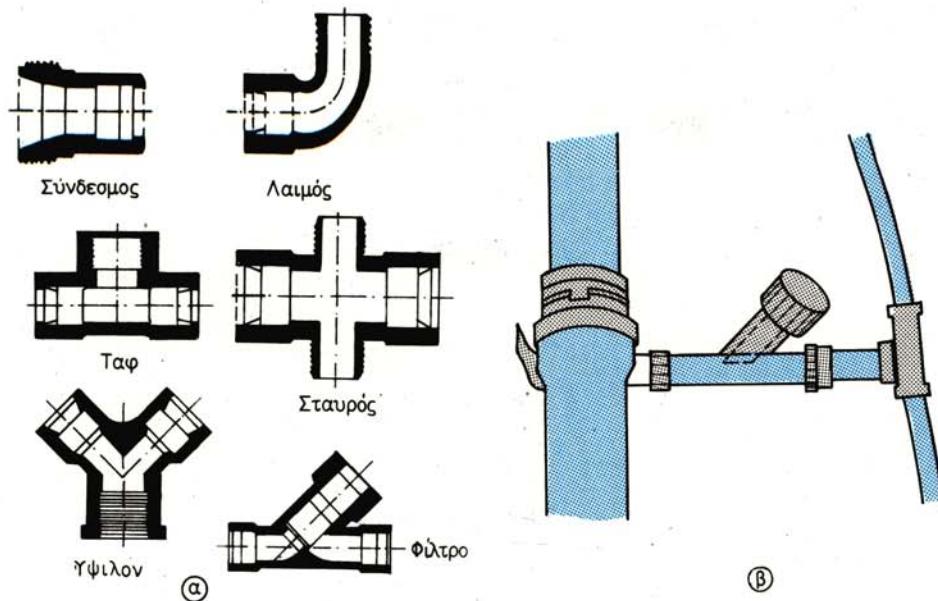
Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών αρδεύσεως ποικίλλουν ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και τις αποστάσεις των γραμμών φυτεύσεως από 45 cm για ορισμένα λαχανικά μέχρι 3 ως 6 m για δενδροφυτείες.

Το μαύρο χρώμα επιβλήθηκε, γιατί είναι αδιαπέρατο στο φως και εμποδίζει την ανάπτυξη στο εσωτερικό των σωληνώσεων διαφόρων μικροοργανισμών που μπορεί να προκαλέσουν έμφραξη των σταλακτήρων και ανωμαλία στο ρυθμό της αρδεύσεως.



Σχ. 2.3ια.

α) Κύρια γραμμή με γραμμές αρδεύσεως από τις δύο πλευρές. β) Κύρια γραμμή με γραμμές αρδεύσεως από τη μία πλευρά.



Σχ. 2.3ιβ.

α) Διάφορα εξαρτήματα. β) Κύρια γραμμή με διακλάδωση προς γραμμή αρδεύσεως με διακόπτη και φίλτρο.

Κατά μήκος των γραμμών αρδεύσεως και κατά διαστήματα, ανάλογα με το είδος της φυτείας που πρόκειται να αρδευθεί, τοποθετούνται σταλακτήρες ή υποδοχές σταλακτήρων, οι οποίοι είναι διαφόρων τύπων και τρόπων λειτουργίας, όπως περιγράφεται παρακάτω.

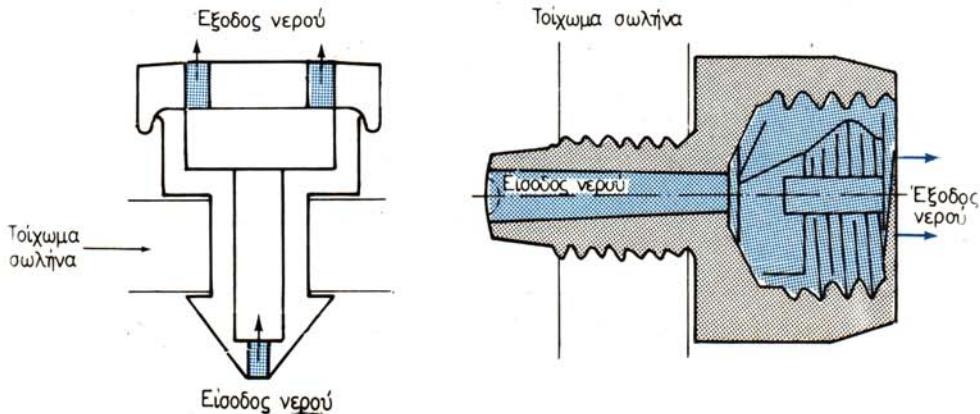
Στο τέρμα κάθε γραμμής αρδεύσεως προβλέπεται η τοποθέτηση ειδικών βαλβίδων, οι οποίες όταν δε λειτουργεί το σύστημα παραμένουν ανοικτές. Κλείνουν με την πίεση του νερού, μέχρι που η πίεση του νερού μέσα στις σωληνώσεις, πάρει τιμή τέτοια, ώστε να είναι ικανή να προκαλέσει το κλείσιμο της βαλβίδας, μερικά δηλαδή λεπτά της ώρας, η βαλβίδα συνεχίζει να παραμένει ανοικτή, οπότε το νερό που εκρέει ελεύθερα, παρασύρει τις διάφορες ακαθαρσίες που είχαν συγκεντρωθεί στο σωλήνα, και έτσι ο σωλήνας καθαρίζεται.

γ) Σταλακτήρες.

Οι σταλακτήρες κατασκευάζονται από σκληρή πλαστική ύλη, συνήθως από πολυπροπυλένιο. Το μέγεθος και το σχήμα τους ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο και την πραέλευσή τους. Πάντως το συνηθισμένο σχήμα τους είναι το κυλινδρικό. Το κοινό χαρακτηριστικό τους είναι η ειδική κατασκευή τους με την οποία επιτυχάνεται η έκροιή του νερού στον αγρό με τη μορφή ελεύθερων σταγόνων. Βέβαια, το νερό μέσα στη γραμμή αρδεύσεως έχει κάποια πίεση, αλλά κατά τη διέλευσή του από το σταλακτήρα η πίεση αυτή μηδενίζεται λόγω των απωλειών ενέργειας μέσα σ' αυτόν.

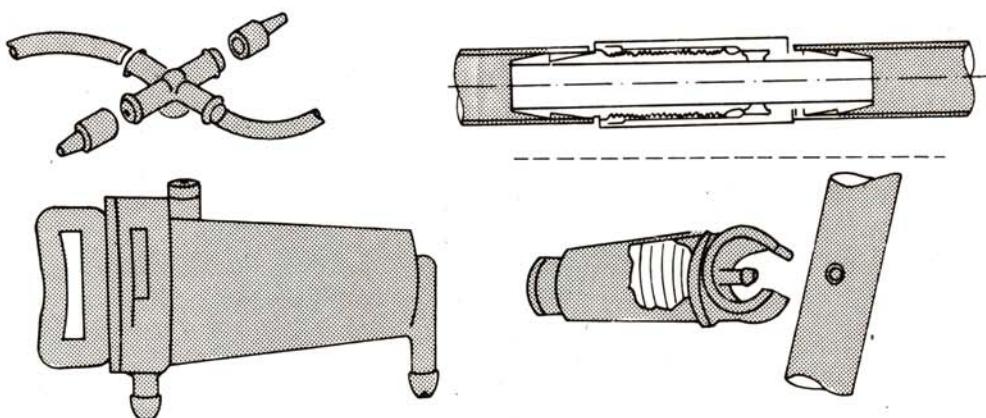
Ο μηχανισμός των σταλακτήρων, παρόλες τις τροποποιήσεις και τελειωποιήσεις

των διαφόρων κατασκευαστικών εταιριών, παραμένει βασικά ο ίδιος και χωρίζεται σε δύο τύπους, ανάλογα με την αρχή λειτουργίας του, δηλαδή στο **μηχανισμό της στενής οπής** (σχ. 2.3ιγ) και στο μηχανισμό **μεγάλης διαδρομής του νερού** (σχ. 2.3ιδ).



Σχ. 2.3ιγ.

Σταλακτήρες μηχανισμού στενής οπής.



Σχ. 2.3ιδ.

Σταλακτήρες μηχανισμού μακριάς διαδρομής (ελικοειδής).

Αντικειμενικός στόχος και των δύο τύπων είναι η δημιουργία συνθηκών πτώσεως της πίεσεως του νερού, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή για κάθε περίπτωση παροχή με τη μορφή ελεύθερων σταγόνων.

Οι σταλακτήρες στενής οπής έχουν χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό. Όμως, λόγω του αναγκαστικά μικρού μήκους τους, ο κίνδυνος εμφράξεώς τους από στερεά σώματα, που μπορεί να περιέχει το νερό, είναι πάρα πολύ μεγάλος.

Ο μηχανισμός της ροής μεγάλης διαδρομής αποδείχθηκε στην πράξη καλύτερος σε σύγκριση με τον προηγούμενο, για την ομαλή λειτουργία των σταλακτήρων. Άλλωστε, δεν μπορεί να θεωρηθεί ως τυχαίο το γεγονός ότι τα περισσότερα μον-

τέλα σταλακτήρων που κατασκευάζονται σήμερα είναι αυτου του τύπου. Το νερό, αναγκασμένο να κάνει μεγάλη διαδρομή είτε μέσα σε ελικοειδείς ή λαβυρινθώδεις αυλακώσεις είτε μέσα σε σωληνίσκους (γνωστοί ως σωλήνες τύπου *σπαγγέτι*) με ανάλογο μήκος, χάνει την πίεσή του και εκρέει με τη μορφή σταγόνων. Η προσδευτική μείωση της πιέσεως επιτρέπει μεγαλύτερα διαμετρήματα των αυλακώσεων ή των σωληνίσκων και κατά συνέπεια μείωση των κινδύνων εμφράξεως από στερεά σώματα.

Η δυνατότητα δε αυξομειώσεως του μήκους της διαδρομής επιτρέπει τη ρύθμιση της πιέσεως λειτουργίας και τη ρύθμιση της παροχής του σταλακτήρα.

Ως παράδειγμα συγκρίσεως των δύο μηχανισμών αναφέρεται ότι μία στενή οπή διαμέτρου 1 mm δίνει, υπό πίεση 1 atm, παροχή ίση με 25 l/h, ενώ ένας αγώγος με την ίδια διάμετρο και με μήκος 1 m, δίνει, με την ίδια πίεση, παροχή ίση με 5 l/h.

Από το παράδειγμα αυτό φαίνεται καθαρά ότι αυξομειώνοντας το μήκος του σωληνίσκου μπορούμε να ρυθμίσουμε την παροχή σε όποια τιμή θέλομε μεταξύ 5 και 25 l/h.

Για όλους τους τύπους σταλακτήρων θα μπορούσε να πει κανείς ότι η πίεση λειτουργίας τους κυμαίνεται συνήθως από 1 ως 1,5 atm και η παροχή τους από 2 ως 10 l/h. Ο φριθμός και οι αποστάσεις μεταξύ τους επάνω στη γραμμή αρδεύσεως μεταβάλλονται ανάλογα με το είδος των φυτών και τις αποστάσεις φυτεύσεώς τους.

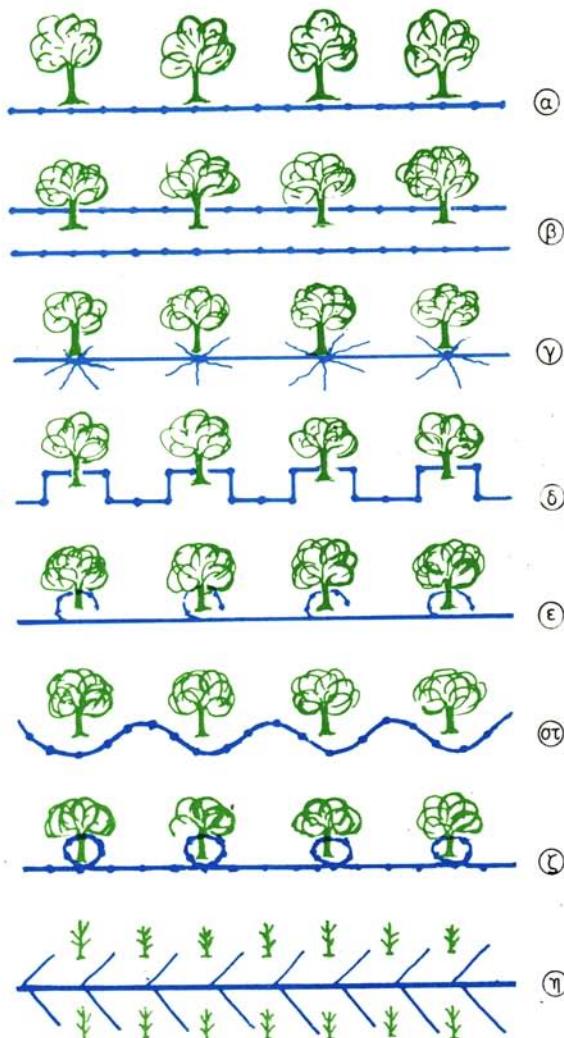
Οι σταλακτήρες, οποιουδήποτε τύπου και αν είναι, πρέπει να παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Να εξασφαλίζουν σταθερή και ομοιόμορφη παροχή για δεδομένη πίεση.
- Να μην εμφράζονται εύκολα από στερεά σώματα ή χημικά κατάλοιπα που περιέχονται συνήθως στο νερό.
- Να έχουν χαμηλό κόστος.
- Να τοποθετούνται εύκολα στις γραμμές αρδεύσεως.
- Να επιτρέπουν την εύκολη προετοιμασία των γραμμών αρδεύσεως για μεταφορά τους σε άλλη θέση, αν χρειασθεί.

Η διάταξη των σταλακτήρων ακολουθεί κατά κανόνα τη διάταξη των γραμμών αρδεύσεως (σχ. 2.3ιε) επάνω στις οποίες τοποθετούνται. Βέβαια μία απόκλιση από τη διάταξη των γραμμών αρδεύσεως είναι δυνατή με τη χρησιμοποίηση σταλακτήρων μεγάλης διαδρομής, με μορφή σωληνίσκου (*σπαγγέτι*). Στόχος πάντως κάθε διατάξεως είναι η κατά το δυνατόν ομοιόμορφη διαβροχή του εδάφους στο βάθος του κυρίου ριζοστρώματος των φυτών.

δ) Αντλητικό συγκρότημα.

Η πίεση λειτουργίας του συστήματος που περιγράψαμε παραπάνω, μπορεί να εξασφαλίζεται ή από μία δεξαμενή η οποία πρέπει να βρίσκεται σε αρκετό ύψος, ώστε να καλύπτεται ολόκληρο το αγρόκτημα από πλευράς απαιτούμενης πιέσεως ή συνηθέστερα από μία αντλία, μια και στις περισσότερες περιπτώσεις το νερό αντλείται από πηγή νερού (πηγάδι, γεώτρηση, λίμνη, ποτάμι κ.ά.) και στη συνέχεια μέσω της κεφαλής διοχετεύεται στον αγρό με την ανάλογη πίεση. Για το αντλητικό συγκρότημα και τον υπολογισμό των διαφόρων μεγεθών του ισχύουν δύο ανα-



Σχ. 2.3ιε.

Ενδεικτικές διατάξεις γραμμών αρδεύσεως με σταλακτήρες.

α) Ευθεία διάταξη, μία γραμμή για κάθε σειρά φυτών. β) Ευθεία διάταξη, δύο γραμμές για κάθε σειρά φυτών. γ) Ευθεία διάταξη με σταλακτήρες πολλαπλής εξόδου. δ) Διάταξη ζιγκ - ζαγκ. ε) Κυκλική διάταξη, χωρίς σταλακτήρες πάνω στη γραμμή. στ) Κυματοειδής διάταξη. ζ) Κυκλική διάταξη με σταλακτήρες και πάνω στη γραμμή. η) Διάταξη ψαροκόκκαλο.

Φέρθηκαν ήδη στο Δεύτερο Κεφάλαιο και στην παράγραφο 2.2 για την τεχνητή βροχή, με μόνη τη διαφορά ότι στην προκειμένη περίπτωση τα μεγέθη της ισχύος και παροχής της φυγόκεντρης αντλίας είναι πάρα πολύ μικρότερα, λόγω του μικρού μεγέθους των αρδευτικών μονάδων που εξυπηρετούνται από ένα τέτοιο συγκρότημα.

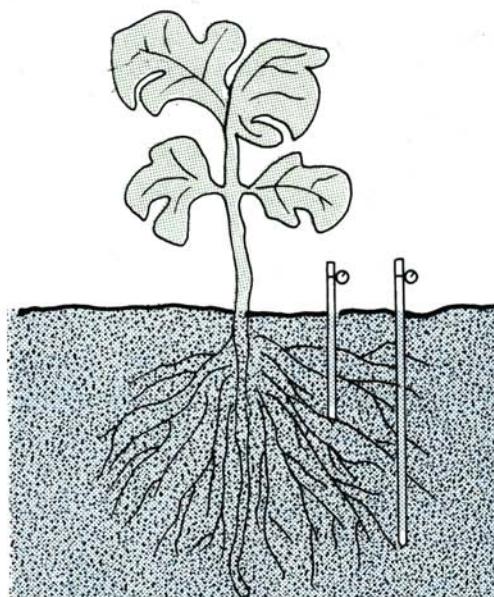
Τα μικρά αντλητικά συγκροτήματα, εκτός από το μικρό τους κόστος παρουσιάζουν και ένα σοβαρό πλεονέκτημα, γιατί λειτουργούν και κατά τη διάρκεια της νύκτας που η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος είναι χαμηλή.

2.3.3 Χαρακτηριστικά λειτουργίας του συστήματος.

Τα κύρια χαρακτηριστικά λειτουργίας ενός συστήματος αρδεύσεως με σταγόνες θα μπορούσαν να συνοψισθούν στα εξής:

- α) Χαμηλή πίεση λειτουργίας που συνήθως κυμαίνεται από 1 - 1,5 atm.
 β) Χαμηλή παροχή, συνήθως 2 - 15 l/h.
 γ) Περιορισμένη επιφάνεια διαβρεχόμενου εδάφους, ανάλογα με τις αποστάσεις των φυτών, του σταδίου αναπτύξεώς τους και του τρόπου αναπτύξεως του ριζικού τους συστήματος σε κάθε στάδιο.
 δ) Υψηλή συχνότητα αρδεύσεως, εφόσον η παροχή του συστήματος είναι μικρή και οι ανάγκες των φυτών περίπου σταθερές. Έτσι όσο μικραίνει η παροχή τόσο μεγαλώνει η διάρκεια αρδεύσεως, η οποία μπορεί να γίνει και συνεχής, αν ειδικές συνθήκες το επιβάλλουν. Στην περίπτωση αυτή είναι φανερό ότι η παροχή πρέπει να καλύπτει τις ημερήσιες ανάγκες των καλλιεργειών προσαυξημένες με τις αναπόφευκτες απώλειες.

- ε) Μονιμότητα του συστήματος σε όλη την αρδευτική περίοδο.
 ζ) Εξασφάλιση συνεχούς και μεγάλης διαθέσιμης υγρασίας στο έδαφος δεδομένου ότι η μυζητική τάση βρίσκεται πολύ κοντά στο 1/3 της ατμοσφαιρικής πίεσεως, δηλαδή το έδαφος βρίσκεται στην περιοχή της υδατοϊκανότητάς του. Βέβαια η παρακολούθηση της υγρασίας απαιτεί την εγκατάσταση τασιμέτρων στο έδαφος (σχ. 2.3ιστ).



Σχ. 2.3ιστ.

Ενδεικτική τοποθέτηση τασιμέτρων στο έδαφος για την παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους.

2.3.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της στάγδην αρδεύσεως.

a) Πλεονεκτήματα.

1) Περιορισμός στο ελάχιστο του αριθμού των εργατικών χεριών.

Το σύστημα, εγκαταστημένο μόνιμα στο έδαφος, δεν έχει ανάγκη από εργατικά

χέρια μετά την εγκατάστασή του παρά μόνο για μια σχετική παρακολούθηση καλής λειτουργίας και για ένα περιοδικό καθαρισμό των φίλτρων.

2) Οικονομία νερού.

Το σύστημα παρουσιάζει το μικρότερο βαθμό απωλειών νερού από κάθε άλλο σύστημα αρδεύσεως τόσο κατά τη μεταφορά του νερού δύσο και κατά την εφαρμογή του στον αγρό. Η εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους είναι σημαντικά μειωμένη, αφού δε διαβρέχεται όλη η επιφάνεια του εδάφους. Επίσης, οι απώλειες λόγω βαθιάς διηθήσεως είναι αμελητέες, όταν το σύστημα μελετηθεί προσεκτικά.

3) Περιορισμός αναπτύξεως των ζιζανίων.

Επειδή ακριβώς δε διαβρέχεται όλη η επιφάνεια του εδάφους, τα ζιζάνια αναπτύσσονται γύρω από τους σταλακτήρες και τα εργατικά για το βοτάνισμα ή τα έξοδα για τη χρήση ζιζανιοκτόνων είναι πολύ λίγα.

4) Εκτέλεση εργασιών κατά τη διάρκεια της αρδεύσεως.

Στη διάρκεια ~~πάς~~ αρδεύσεως μπορούν να γίνονται παράλληλα και άλλες καλλιεργητικές εργασίες, όπως π.χ. η καταπολέμηση ασθενειών, το κλάδεμα, η συλλογή καρπών κ.ά.

5) Εφαρμογή ανεπηρέαστη από τον άνεμο.

Η άρδευση με σταγόνες δεν επηρεάζεται από τον άνεμο, γιατί το νερό χορηγείται με τη μορφή σταγόνων πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους.

6) Δυνατότητα εφαρμογής σε επικλινή εδάφη, χωρίς να απαιτείται συστηματική ισοπέδωση.

7) Δυνατότητα διανομής λιπασμάτων με την κατάλληλη προσθήκη στην κεφαλή του δικτύου ειδικού δοχείου, γνωστού ως **λιπαντήρα**, όπου διαλύεται το λίπασμα και στη συνέχεια διανέμεται στον αγρό με το ίδιο σύστημα διοχετεύσεως του αρδευτικού νερού (σχήμα 2.3γ).

8) Δε διαβρέχει το φύλλωμα των φυτών και έτσι δεν ευνοεί την ανάπτυξη διαφόρων ασθενειών.

9) Επιτρέπει την αξιοποίηση πολύ μικρών παροχών. Με κανένα άλλο από τα κλασσικά συστήματα αρδεύσεως δεν μπορεί να αξιοποιηθούν πολύ μικρές παροχές νερού.

β) Μειονεκτήματα.

1) Υψηλός κόστος πρώτης εγκαταστάσεως.

Σε σύγκριση με τα άλλα γνωστά συστήματα αρδεύσεως, το κόστος εγκαταστάσεως δικτύου αρδεύσεως με σταγόνες, για τα σημερινά δεδομένα, είναι μεγαλύτερο. Βέβαια, αυτό είναι σχετικό, γιατί εξαρτάται από την αποδοτικότητα της καλλιέργειας, καθώς και από τη διαθεσιμότητα και το κόστος των εργατικών χεριών.

2) Εμφράξεις.

Οι παραπρούμενες εμφράξεις των σταλακτήρων μπορούν να καταταγούν στις ξήσις τρεις βασικές κατηγορίες, ανάλογα με το αίτιο που τις προκαλεί. Δηλαδή:

– Εμφράξεις μηχανικές.

Οι εμφράξεις αυτές οφείλονται στην παρουσία στερεών σωματιδίων, συνήθως κόκκων λεπτής άμμου. Η προστασία του συστήματος από αυτές συνίσταται στη χρησιμοποίηση των καταλλήλων για κάθε περίπτωση φίλτρων.

– Εμφράξεις χημικές.

Οι εμφράξεις αυτές οφείλονται σε χημικά ιζήματα που φράζουν μερικώς ή ολικώς τις οπές των σταλακτήρων. Τα ιζήματα αυτά είναι του σιδήρου (σπανιότερα) και του ασβεστίου (συνηθέστερα). Για την απομάκρυνση των τελευταίων φαίνεται ότι η διοχέτευση μέσω του δικτύου διαλύματος υδροχλωρικού οξέος (36%) για 10 λεπτά της ώρας και σε ποσότητα ίση με 0,5 ως 2,0% του δύκου του αρδευτικού νερού, δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα στις περισσότερες περιπτώσεις. Γενικά επειδή οι εμφράξεις από χημικές ουσίες είναι λίγες σε σύγκριση μ' εκείνες που έχουν ως αιτία τη χρήση λιπασμάτων, συνιστάται επιφυλακτικότητα ως προς τη διανομή τους με το σύστημα αρδεύσεως με σταγόνες.

– Εμφράξεις βιολογικές ή οργανικές.

Οι εμφράξεις αυτές οφείλονται στην ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών μέσα στις σωληνώσεις του δικτύου (βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα, άλγες κ.ά.), οι οποίοι υπό μορφή αποικιών φράζουν μερικώς ή ολικώς την οπή του σταλακτήρα και έτσι κάνουν αδύνατη την ομαλή λειτουργία του δικτύου. Η καταπολέμησή τους είναι δύσκολη και κατά κανόνα ανεπιτυχής, με τα σημειρινά δεδομένα. Πάντως εφόσον το νερό είναι καθαρό, ο κίνδυνος οργανικής εμφράξεως είναι αμελητέος.

3) Συνεχής έλεγχος της καλής λειτουργίας των σταλακτήρων και των φίλτρων, τα οποία μετά από κάθε άρδευση πρέπει να πλένονται καλά με καθαρό νερό.

4) Έλεγχος της περιεκτικότητας του εδάφους σε άλατα και εφόσον οι συνήθεις βροχές δεν επαρκούν για την απομάκρυνσή τους, τότε επιβάλλεται να γίνει έκπλυση με πρόσθετες αρδεύσεις.

2.4 Τάσεις και προοπτικές των συστημάτων αρδεύσεως.

2.4.1 Επιφανειακή άρδευση.

Η επιφανειακή άρδευση αποτέλεσε την πρώτη μορφή αρδεύσεως αρχίζοντας με την κατάκλυση μεγάλων εκτάσεων (π.χ. πεδιάδα του Νείλου) όπου παράλληλα με την αποθήκευση νερού στο έδαφος πραγματοποιούνταν και η εναπόθεση γόνιμης γης που καθιστούσε τα εδάφη εύφορα και παραγωγικά.

Σιγά - σιγά η επιφανειακή άρδευση διαμορφώθηκε στα γνωστά συστήματα που αναπτύχθηκαν σύντομα στις προηγούμενες παραγράφους. Παρόλο που όλα τα συστήματα επιφανειακής αρδεύσεως δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, εφόσον εφαρμόζονται σωστά, η επιφανειακή άρδευση τείνει να περιορισθεί μόνο στις περι-

πτώσεις που για τεχνικούς λόγους είναι επιβεβλημένη. Βασική αιτία γι' αυτό είναι η έλλειψη εργατικών χεριών για αγροτικές εργασίες και η άνοδος του βιοτικού επιπέδου του γεωργού, ο οποίος αναζητά άλλα συστήματα λιγότερο επίπονα τα οποία του επιτρέπουν παράλληλα να απασχολείται και με άλλες γεωργικές εργασίες.

Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις, ακόμα και στη χώρα μας, όπου οι γεωργοί αγόρασαν μόνοι τους ατομικά αντλητικά συγκροτήματα και αντί να αρδεύουν με επιφανειακή άρδευση, όπως προέβλεπε το δίκτυο, αντλούν το νερό από τις διώρυγες και ποτίζουν με τεχνητή βροχή. Σήμερα σε όλες τις προηγμένες χώρες, η επιφανειακή άρδευση, εφόσον το κόστος της ενέργειας δεν είναι απαγορευτικό, παραχωρεί τη θέση της σε πιο μοντέρνα συστήματα και περιορίζεται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, όπου φαίνεται η πλέον ενδεδειγμένη.

Ένας άλλος περιοριστικός παράγοντας για τη χρήση επιφανειακής αρδεύσεως είναι, όπως έχουμε πει, ότι οι απώλειες νερού από διαρροές και βαθιά διήθηση είναι μεγάλες και αυτό σημαίνει ότι η επιφανειακή άρδευση έχει ανάγκη μεγάλων παροχών. Η επιφανειακή άρδευση δεν μπορεί να αξιοποιήσει μικρές παροχές νερού.

Γενικά, ο ρυθμός εφαρμογής της επιφανειακής αρδεύσεως κατά την τελευταία εικοσαετία μειώθηκε κατά πολύ προς όφελος της τεχνητής βροχής και ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες χώρες. Θα πρέπει να σημειωθεί όμως ότι η συνεχής αύξηση των υγρων καυσίμων που παρατηρείται τον τελευταίο καιρό τείνει να καταστήσει οριακή από οικονομικής πλευράς την εφαρμογή της τεχνητής βροχής.

2.4.2 Τεχνητή βροχή.

Η μέθοδος της τεχνητής βροχής εμφανίσθηκε από την αρχή με τη μόνιμη μορφή της, αλλά ήταν πολύ δαπανηρή λόγω του υψηλού κόστους των σιδηροσωλήνων. Γ' αυτό περιορίσθηκε στην άρδευση κήπων και σπανιότερα σε περιπτώσεις πολύ παραγωγικών καλλιεργειών.

Η βιομηχανική πρόοδος και η μείωση του κόστους της εγκαταστάσεως αρδευτικών δικτύων, ιδιαίτερα μετά τα επιτεύγματα στον τομέα των πλαστικών, βοήθησαν στη γρήγορη εξάπλωση του συστήματος αρδεύσεως με τεχνητή βροχή σε ατομική ή σε συλλογική βάση. Η ίδια της συλλογικής αρδεύσεως μειώνει ακόμα περισσότερο το κόστος των δικτύων και κάνει τη μέθοδο προσιτή στις ευρύτερες μάζες των γεωργών. Το γεγονός ότι η τεχνητή βροχή εφαρμόζεται στις περισσότερες κατηγορίες εδαφών και καλλιεργειών, της δίνει ένα ακόμα πλεονέκτημα σε σύγκριση με την επιφανειακή άρδευση.

Επιπλέον από την άποψη ποιότητας εργασίας, η τεχνητή βροχή παρέχει πολλά πλεονεκτήματα, γιατί η εργασία του γεωργού περιορίζεται στην τοποθέτηση της γραμμής αρδεύσεως η οποία παραμένει στην ίδια θέση 8 και 10 ώρες, γεγονός που του δίνει την ελευθερία να κάνει και άλλες εργασίες και αυτό μετρά πολύ στην επιλογή του συστήματος. Άλλωστε τα συλλογικά δίκτυα είναι έτσι μελετημένα, ώστε ο γεωργός να είναι ελεύθερος να αρδεύσει όποτε αυτός θέλει χωρίς κανένα περιορισμό. Το σύστημα όμως της ελεύθερης ζητήσεως, όπως συχνά χαρακτηρίζονται τα συλλογικά δίκτυα τεχνητής βροχής, περνά στις ημέρες μας μεγάλη κρίση, όχι γιατί δεν είναι καλό, αλλά κυρίως γιατί οι γεωργοί δεν συνειδητοποίησαν ότι το δίκτυο, για να είναι αποδοτικό, πρέπει να λειτουργεί 18 και 20 ώρες το 24ωρο, που σημαίνει ότι ένας αριθμός γεωργών θα πρέπει να κάνει τις αλλαγές των γραμμών αρδεύσεως στις 8 ή 10 η ώρα το βράδυ και στις 4 ή 6 το πρωί. Δυ-

στυχώς δόμως οι γεωργοί προτιμούν τις κανονικές ώρες της ημέρας με συνέπεια η ζήτηση να παρουσιάζεται συγκεντρωμένη και αυτό μειώνει την αποδοτικότητα του δικτύου και καταπονεί υπέρμετρα τα αντλητικά συγκροτήματα. Έτσι, το αυξημένο κόστος πρώτης εγκαταστάσεως του δικτύου με ανεξέλεγκτο βαθμό ελευθερίας, αποδείχθηκε σε πολλές περιπτώσεις άσκοπο και ανώφελο.

Για το λόγο αυτό σήμερα παρουσιάζεται η τάση η τεχνητή βροχή να εφαρμόζεται με πρόγραμμα, που σημαίνει ότι κάθε γεωργός μπορεί να αρδεύσει σε ορισμένη ημερομηνία και ώρα. Η λύση αυτή φαίνεται ότι θα επικρατήσει για τα προσεχή χρόνια, γιατί τα δίκτυα γίνονται έτσι πιο οικονομικά και ο έλεγχος του αρδευτικού νερού πιο αποτελεσματικός, με συνέπεια τον περιορισμό της σπατάλης πολύτιμου αρδευτικού νερού.

Σε περιπτώσεις μικρού και διεσπαρμένου αγροτικού κλήρου (αν δεν έχει προχωρήσει η εφαρμογή του αναγκαίου αναδασμού) όπως συμβαίνει στη χώρα μας η από κοινού χρήση του κινητού υλικού (σωληνώσεις και εκτοξευτήρες) συχνά δημιουργεί προβλήματα προστριβών μεταξύ των παραγωγών, ενώ η εξυπηρέτηση πολλών αγροτών μαζί, μέχρι και 5 ή 6 μερικές φορές, προκαλεί πρόσθετες δυσκολίες. Έτσι, εκτός από την εφαρμογή του συστήματος, τεχνητής βροχής με πρόγραμμα, θα πρέπει να καταβάλλεται και ιδιάίτερη προσπάθεια κατά τη φάση της μελέτης, ώστε να περιορίζεται στο ελάχιστο ο αριθμός των εξυπηρετούμενων αγροτών από κοινή υδροληψία, έστω και αν η εφαρμογή ενός τέτοιου σχεδίου είναι δαπανηρότερη. Με τον τρόπο αυτό αξιοποιείται οπωσδήποτε καλύτερα το δίκτυο και επιμηκύνεται η οικονομική ζωή του κινητού υλικού.

2.4.3 Άρδευση με σταγόνες.

Η άρδευση με σταγόνες είναι νέα μέθοδος αρδεύσεως η οποία εμφανίσθηκε την τελευταία 10ετία. Παρόλο που η μέθοδος χρειάζεται ακόμη διερεύνηση σε πολλά σημεία της, εφαρμόζεται πάρα πολύ και αυτό δείχνει ότι οι γεωργοί αδιαφορούν για την ορθολογική χρησιμοποίησή της ή για τους κινδύνους που εγκυμονεί για το έδαφος η χρήση τυχόν αλατούχων νερών. Αν οι συνθήκες εδάφους, νερού και καλλιεργειών είναι καλές, η εφαρμογή της μεθόδου είναι θέμα αποκλειστικά και μόνο οικονομικό. Έτσι, εφαρμοζόμενη στην αρχή σε θερμοκήπια ή σε εξαιρετικά αποδοτικές καλλιέργειες, άρχισε σιγά - σιγά χάρη στη μείωση του κόστους, λόγω της βιομηχανικής παραγωγής των σωληνώσεων και των διαφόρων εξαρτημάτων, να εφαρμόζεται και σε άλλες καλλιέργειες όπως σε αμπέλια, εσπεριδοειδή, ελαιώνες, λαχανικά κ.ά. Οι παρατηρούμενες υψηλές αποδόσεις των καλλιεργειών σε συνδυασμό με την κατακόρυφη άνοδο αμοιβής των εργατικών ημερομισθίων τείνουν να καλύψουν το υψηλό κόστος της πρώτης εγκαταστάσεως και συνηγορούν στην εξάπλωση του συστήματος. Εξάλλου η αξιοποίηση πηγών μικρών παροχών, όπως π.χ. ένα πηγάδι μέσα στο κτήμα, διευκολύνει το γεωργό και είναι και αυτός ένας λόγος διαδόσεως του συστήματος.

Στη χώρα μας η μέθοδος εφαρμόζεται, σε όλα σχεδόν τα διαμερίσματά της και ιδιαίτερα στην Κρήτη. Πάντως για να αποφευχθούν δυσάρεστες καταστάσεις, απαιτείται πριν από την εφαρμογή της μεθόδου ιδιαίτερη προσοχή στην ποιότητα του αρδευτικού νερού. Από την ποιότητα του νερού εξαρτάται η καλή λειτουργία των σταλακτήρων και η προστασία των εδαφών από τον κίνδυνο αλατώσεώς τους.

Παρά τις παραπάνω επιφυλάξεις, η μέθοδος επεκτείνεται συνεχώς και είναι ά-

ξιον παρατηρήσεως στην προκειμένη περίπτωση ότι η εφαρμογή του συστήματος προτρέχει των πορισμάτων που προκύπτουν από την έρευνα.

Η μέθοδος είναι φανερό ότι κερδίζει έδαφος σε βάρος της τεχνητής βροχής και της επιφανειακής αρδεύσεως, η οποία έτσι περιορίζεται ακόμα περισσότερο.

2.5 Κριτήρια επιλογής του κατάλληλου συστήματος αρδεύσεως.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος αρδεύσεως εντάσσεται μέσα στη γενικότερη προσπάθεια του ανθρώπου για ορθολογική χρήση του νερού σε κάθε τομέα χρήσεώς του (ύδρευση, βιομηχανία, άρδευση κλπ.), ώστε να αποφεύγεται η σπατάλη του και ταυτόχρονα να επιτυγχάνονται και τα καλύτερα δυνατά αποτέλεσματα.

Μεταξύ των τομέων καταναλώσεως νερού, την πρώτη θέση κατέχει με τις αρδεύσεις η γεωργία και γι' αυτό κάθε βελτίωση^θ στον τομέα αυτό ερμηνεύεται σε όφελος μεγάλων ποσοτήτων νερού. Εδώ θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι τα φυτά, για να αναπτυχθούν φυσιολογικά, έχουν ανάγκη από ορισμένη ποσότητα νερού, η οποία πρέπει να τους δοθεί ανεξάρτητα από το σύστημα αρδεύσεως που θα εφαρμοσθεί. Επομένως όταν μιλούμε για όφελος σε καμιά περίπτωση δεν εννοούμε περιορισμό των αναγκών των φυτών σε νερό. Το όφελος συνδέεται άμεσα με τον καλύτερο τρόπο μεταφοράς και διανομής του νερού, ώστε να περιορίζονται στο ελάχιστο δυνατόν οι αναπόφευκτες απώλειες νερού (εξάτμιση, βαθιά διήθηση κ.ά.). Αυτό σημαίνει κατάλληλη εκλογή και σωστή λειτουργία του συστήματος αρδεύσεως.

Βέβαια, δε θα πρέπει να λησμονηθεί ότι όπως όλες οι άλλες επιχειρήσεις έτσι και οι γεωργικές έχουν ως τελικό σκοπό το κέρδος και γι' αυτό το κόστος του συστήματος παίζει σοβαρό ρόλο στην τελική απόφαση της επιλογής του συστήματος.

Με σκοπό τη διευκόλυνση στην εκλογή του συστήματος αρδεύσεως γίνεται μία συνοπτική αναφορά στους βασικούς παράγοντες - κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, όπως π.χ. το κλίμα, το έδαφος, τα φυτά και ο τρόπος καλλιέργειάς τους, οι διαθέσιμες ποσότητες νερού, το διαθέσιμο εργατικό και τεχνικό δυναμικό, το επίπεδο αναπτύξεως του αγροτή και το κόστος των έργων.

2.5.1 Κλίμα.

Όπως είναι ήδη γνωστό, το κλίμα προσδιορίζει κατά βάση την ποσότητα του νερού που εξατμίζεται από την επιφάνεια του εδάφους και την ποσότητα που καταλήγει στην ατμόσφαιρα με το μηχανισμό της διαπνοής των φυτών. Από τους παράγοντες του κλίματος ιδιαίτερη σημασία έχουν οι άνεμοι και η θερμοκρασία. Έτσι, αν στην περιοχή φυσούν συχνά άνεμοι με ταχύτητα μεγαλύτερη από 4 - 5 m/s, τότε απαγορεύεται η εφαρμογή του συστήματος της τεχνητής βροχής, γιατί είναι αδύνατη η εξασφάλιση ομοιόμορφης αρδεύσεως, με αποτέλεσμα την εμφάνιση στο έδαφος κηλίδων με περίσσεια νερού και κηλίδων με ανεπάρκεια νερού. Επίσης, η επικράτηση γενικά υψηλών θερμοκρασιών κάνει προβληματική την εφαρμογή της τεχνητής βροχής, γιατί μεγάλες ποσότητες νερού χάνονται λόγω της έντονης εξατμίσεως του νερού. Για το λόγο αυτό, ακόμη και όταν για μια περιοχή η θερμοκρασία εγκαταστάσεως του συστήματος της τεχνητής βροχής δεν είναι απαγορευτική, δε συνιστάται η λειτουργία του δικτύου τις μεσημβρινές ώρες.

Έτσι στις παραπάνω περιπτώσεις ενδέίκνυται η επιφανειακή άρδευση, χωρίς να αποκλείεται και η άρδευση με σταγόνες ή παραλλαγές του συστήματος τεχνητής βροχής ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες της καλλιέργειας (μικροεκτοξευτήρες κ.ά.).

Στην περίπτωση σοβαρών ελλείψεων νερού, θα πρέπει να προτείνονται καλλιέργειες ανθεκτικές στην ξηρασία.

Κατά την άποψη πολλών αξιόλογων γενετιστών, θα πρέπει να αναζητηθεί η δημιουργία ποικιλιών ανθεκτικών στην ξηρασία, κυρίως για τις χώρες της Αφρικής και της Αραβικής Χερσονήσου, όπου η επέκταση των αρδεύσεων είναι αναγκαστικά περιορισμένη και κατά συνέπεια το πρόβλημα της διατροφής των ανησυχητικά αυξανόμενων πληθυσμών αυτών των περιοχών καθίσταται καθημερινά οξύτερο. Λύσεις αποστολής τροφίμων και άλλων εφοδίων δεν είναι δυνατό να επιλύσουν παρά εντελώς πρασωρινά και ευκαιριακά το πρόβλημα.

Αν η περιοχή πλήρεται από παγετούς, η τεχνητή βροχή, όπως έχουμε αναφέρει, αποτελεί ένα μέσο αντιπαγετικής προστασίας.

2.5.2 Έδαφος.

Εάν η προς άρδευση περιοχή είναι ανώμαλη και παρουσιάζει μεγάλες κλίσεις, τότε αποκλείεται η επιφανειακή άρδευση. Επίσης η επιφανειακή άρδευση αποκλείεται στην περίπτωση έδαφών με μεγάλη διηθητικότητα (π.χ. αμμώδη εδάφη με διηθητικότητα μεγαλύτερη από 20 cm/h), γιατί τα μήκη των αυλακιών πρέπει να είναι μικρά και η πυκνότητά τους μεγάλη. Αυτό κάνει ασύμφορη την εφαρμογή της μεθόδου γιατί η έκταση που καταλαμβάνει το δίκτυο είναι μεγάλη, τα έξοδα συντηρήσεως αυξημένα και η κυκλοφορία των μηχανημάτων προβληματική. Εδάφη αβαθή και με σχετικά μεγάλες κλίσεις αποφεύγεται να ισοπεδώνονται λόγω κινδύνου αποκαλύψεως αγόνων εδαφών. Συνεπώς σ' αυτά τα εδάφη είναι αδύνατη η εφαρμογή της επιφανειακής αρδεύσεως. Επίσης, αν η υπόγεια στάθμη του νερού βρίσκεται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, πάλι η επιφανειακή άρδευση δεν ενδέίκνυται, γιατί στην πράξη δεν είναι εύκολος ο έλεγχος των ποσοτήτων του εφαρμοζόμενου νερού και ο κίνδυνος ανυψώσεως της υπόγειας στάθμης στο βάθος του κύριου ριζοστρώματος των φυτών είναι μεγάλος. Στην μη εφαρμογή της επιφανειακής αρδεύσεως οδηγεί συχνά και η αδυναμία εκτελέσεως των απαραίτητων ισοπεδώσεων λόγω ελλείψεως σε πολλές περιπτώσεις, των αναγκαίων τεχνικών μέσων.

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις τη λύση προσφέρει το σύστημα της τεχνητής βροχής, το οποίο παρέχει επιπλέον τη δυνατότητα εφαρμογής μικρών αρδευτικών δόσεων, πράγμα που είναι δύσκολο να εφαρμοσθεί με την επιφανειακή άρδευση.

Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα εφαρμογής της αρδεύσεως με σταγόνες ή με άλλες παραλλαγές της τεχνητής βροχής (μικροεκτοξευτές κ.α.).

Στις περιπτώσεις εφαρμογής μεγάλων αρδευτικών δόσεων πάνω από 80 m³/στρ., η επιφανειακή άρδευση προσφέρεται καλύτερα. Επίσης η επιφανειακή άρδευση μπορεί να εφαρμοσθεί σε όλες τις άλλες περιπτώσεις που δε συμπεριλαμβάνονται σ' αυτές που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

2.5.3 Είδος φυτού και τρόπος καλλιέργειας.

Μια χαρακτηριστική περίπτωση που τα είδος της καλλιέργειας επιβάλλει με τρό-

πο σαφή το σύστημα αρδεύσεως, είναι η καλλιέργεια του ρυζιού, το οποίο υποχρεωτικά αρδεύεται με επιφανειακή άρδευση και μάλιστα με κατάκλυση.

Επιβάλλουν την επιφανειακή άρδευση και ορισμένες καλλιέργειες που το φύλλωμά τους δεν πρέπει να βρέχεται κατά την άρδευση, γιατί είναι ευαίσθητες σε φυτοασθένειες. Π.χ. το αμπέλι και ορισμένα από τα κηπευτικά (μαρούλι, τομάτα κ.ά.).

Εντατικές κηπευτικές καλλιέργειες (λαχανικά κ.ά.) καλλιεργούμενες σε σειρές αρδεύονται με τη μέθοδο των αυλακιών.

Επίσης η άρδευση λειμώνων, βοσκών, μηδικής, τριφυλλίου και άλλων συγγενών φυτών, που συχνά καλλιεργούνται κατά λωρίδες, γίνεται κατά κανόνα με το σύστημα επιφανειακής αρδεύσεως με λωρίδες, χωρίς να αποκλείεται και η τεχνητή βροχή με εκτοξευτήρες υψηλής πιέσεως (κανόνια κ.α.).

Φυτείες καπνού και τεύτλων προσφέρονται για επιφανειακή άρδευση. Ο αραβόσιτος, όταν καλλιεργείται σε βαριά εδάφη αλλά και σε συνήθη εδάφη, προσφέρεται καλύτερα για επιφανειακή άρδευση, γιατί ή άρδευση με τεχνητή βροχή παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες στη μετακίνηση των γραμμών αρδεύσεως από θέση σε θέση, ιδίως όταν τα φυτά αποκτούν μεγάλο ύψος.

Τελευταία, η δημιουργία υβριδίων αραβοσίτου υψηλής αποδόσεως δικαιολογεί την πρόσθετη δαπάνη για εγκαταστάσεις πτερύγων αρδεύσεως στη ίδια θέση σε όλη τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου. Έτσι, με τη χρησιμοποίηση από την αρχή υπερυψωμένων εκτοξευτήρων πάνω σε ειδικά στελέχη, κατάλληλα προσαρμοσμένα και στερεωμένα, τίνει να εκλείψει το σοβαρό πρόβλημα της μετακίνησεως των πτερύγων αρδεύσεως των υβριδίων αυτών, των οποίων το ύψος φθάνει συχνά και μερικές φορές ξεπερνάει τα 2,50 μέτρα.

Τα οπωροφόρα μπορούν να αρδεύονται με όλα τα συστήματα αρδεύσεως εκτός εάν άλλοι προσδιοριστικοί παράγοντες επιβάλλουν το ένα ή το άλλο σύστημα. Στην περίπτωση εφαρμογής επιφανειακής αρδεύσεως, η μέθοδος κατά λεκάνη είναι η επικρατέστερη, ενώ στην περίπτωση τεχνητής βροχής, η άρδευση μπορεί να γίνεται κάτω ή πάνω από την κόμη των δένδρων. Η άρδευση με σταγόνες είναι δυνατή σε όλα τα οπωροφόρα, αρκεί μόνο το νερό να είναι καλής ποιότητας, γιατί, όπως έχομε αναφέρει, αν περιέχει άλατα και δεν προβλεφθεί ικανοποιητική απόπλυση, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος αλατώσεως των εδαφών.

Σε καλλιέργειες σε θερμοκήπια μπορούν να εφαρμοσθούν επίσης δύλα τα συστήματα, αλλά τελευταία φαίνεται να κερδίζει έδαφος η αυτοματοποιημένη άρδευση με σταγόνες.

2.5.4 Η διαθέσιμη ποσότητα και η ποιότητα νερού.

Όταν η διαθέσιμη ποσότητα νερού είναι περιορισμένη (πηγές μικρών παροχών), το σύστημα της τεχνητής βροχής είναι το καλύτερο, γιατί επιτρέπει την καλύτερη εφαρμογή του νερού στον αγρό. Όταν η διαθέσιμη ποσότητα νερού είναι πολύ μικρή, τότε ενδείκνυται η στάγδην άρδευση. Η επιφανειακή άρδευση λόγω των αυξημένων απωλειών νερού από βαθιά διήθηση απαιτεί μεγαλύτερες παροχές, και από αυτή την άποψη, δε διαθέτει την προσαρμοστικότητα των άλλων συστημάτων αρδεύσεως.

Εκτός από τη διαθέσιμη ποσότητα, σημαντικό ρόλο στην επιλογή του κατάλληλου συστήματος αρδεύσεως παίζει και η ποιότητά του, για την οποία λεπτομερώς

αναφερθήκαμε στο πρηγούμενο κεφάλαιο.

Εδώ θα προσθέσουμε ότι όταν το νερό είναι κρύο και οι καλλιέργειες παρουσιάζουν σχετική ευπάθεια σ' αυτό, ή όταν το νερό περιέχει άλατα και προκαλεί εγκαύματα στο φύλλωμα των καλλιεργειών, τότε πρέπει να αποφεύγεται το σύστημα της τεχνητής βροχής για τις καλλιέργειες και να εφαρμόζεται η επιφανειακή άρδευση. Εφόσον υπάρχει η δυνατότητα, συνιστάται η προθέρμανση του νερού σε υπαίθριες δεξαμενές, για να αποκτήσει κατάλληλη θερμοκρασία, η οποία κυμαίνεται γύρω στους 25°C.

Ως προς την επιλογή του συστήματος άρδευσεως με αλατούχο νερό, θα μπορούσε κανείς να πει ότι η μέθοδος άρδευσεως με λεκάνες είναι η πιο καλή, γιατί επιτρέπει καλή απόπλυση. Σε δεύτερη σειρά τοποθετείται η άρδευση κατά λωρίδες, ενώ η τεχνητή βροχή δίνει επίσης καλά αποτελέσματα, αλλά σε καλλιέργειες των οποίων το φύλλωμα είναι ανθεκτικό στα άλατα. Η ανεπαρκής άρδευση λόγω του κινδύνου συγκεντρώσεως των αλάτων προς τη ζώνη του ριζικού συστήματος των φυτών, πρέπει να αποκλείεται παντελώς.

Η άρδευση με σταγόνες στην προκειμένη περίπτωση πρέπει να χρησιμοποιείται με μεγάλη προσοχή, γιατί, συνήθως με το σύστημα αυτό, λόγω μη κατά κανόνα συστηματικής αποπλύσεως, όταν οι βροχοπτώσεις στην περιοχή του έργου δεν είναι αρκετές για την απομάκρυνση των αλάτων, υπάρχει κίνδυνος σοβαρής αλατώσεως του εδάφους. Η εξυγείαση του απαιτεί την προσαγωγή μεγάλων ποσοτήτων νερού, που σημαίνει στην ουσία νέο αρδευτικό δίκτυο.

Πάντως, γενικός κανόνας στη χρήση αλατούχων νερών είναι η ενδεδειγμένη σε κάθε περίπτωση απόπλυση των εδαφών για την αποφυγή αλατώσεώς τους.

Επίσης τα αλατούχα νερά, όπως έχομε αναφέρει, προκαλούν σοβαρά προβλήματα εμφράξεων στους σταλακτήρες του συστήματος άρδευσεως με σταγόνες λόγω καθιζήσεως των διαλυμένων αλάτων στην έξοδο του νερού. Το πρόβλημα αυτό είναι μικρότερο στα άκροφύσια των εκτοξευτών του συστήματος της τεχνητής βροχής.

2.5.5 Διαθέσιμο εργατικό και τεχνικό δυναμικό.

Η έλλειψη εργατικού δυναμικού σε μια περιοχή ευνοεί την εφαρμογή των συστημάτων τεχνητής βροχής και άρδευσεως με σταγόνες. Με το πρώτο σύστημα ο αγρότης καλείται να επέμβει μόνο για τη μετακίνηση της γραμμής άρδευσεως εφόσον το δίκτυο είναι συλλογικό. Στο χρονικό διάστημα παραμονής της γραμμής στην ίδια θέση, μπορεί να επιδίδεται σε άλλες γεωργικές εργασίες. Στις περιπτώσεις μόνιμου δικτύου τεχνητής βροχής (σύστημα πολύ δαπανηρό), η απασχόληση του γεωργού περιορίζεται στο να θέσει σε λειτουργία το δίκτυο και μετά το τέλος της άρδευσεως να τη διακόψει.

Με το σύστημα της άρδευσεως με σταγόνες η απασχόληση του αγρότη περιορίζεται μόνο στην εκκίνηση και το σταμάτημα του συστήματος, ενώ μετά από κάθε άρδευση πρέπει να καθαρίζει τα φίλτρα από τις κάθε είδους στέρεες φερτές ύλες που κατακρατούνται σ' αυτά. Βέβαια μια γενικότερη εποπτεία και έλεγχος της καλής λειτουργίας των σταλακτήρων πρέπει να γίνεται συστηματικά.

Αντίθετα η ύπαρξη διαθέσιμου εργατικού δυναμικού ευνοεί την επιφανειακή άρδευση η οποία είναι κατά κανόνα οικονομικότερη.

Άλλος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την εκλογή του συ-

στήματος αρδεύσεως, είναι και το διαθέσιμο τεχνικό δυναμικό. Ανεπτυγμένο τεχνικό δυναμικό ευνοεί την εγκατάσταση δικτύων τεχνητής βροχής ή αρδεύσεως με σταγόνες, γιατί είναι δυνατή η επιτόπου επισκευή διαφόρων βλαβών που μπορεί να παρουσιασθούν κατά τη λειτουργία του δικτύου σε διάφορες ευαίσθητες εγκαταστάσεις του. Αντίθετα, η έλλειψη ανεπτυγμένου τεχνικού δυναμικού ευνοεί το παραδοσιακό σύστημα της επιφανειακής αρδεύσεως, για το οποίο υπάρχει πατροπαράδοτη εμπειρία και αυτό δεν πρέπει να λησμονείται στη διαδικασία της επιλογής του συστήματος.

2.5.6 Επίπεδο ανάπτυξεως των αγροτών.

Όπως και στην περίπτωση του τεχνικού δυναμικού έτσι και εδώ η ύπαρξη ανεπτυγμένου αγροτικού δυναμικού ευνοεί την εφαρμογή των νεωτέρων συστημάτων αρδεύσεως. Όταν το επίπεδο των αγροτών είναι ανεπτυγμένο, οι αγρότες πείθονται και συνεργάζονται εύκολα δημιουργώντας έτσι ευνοϊκές οικονομικά προϋποθέσεις για την εφαρμογή αυτών των συστημάτων που σε ατομική βάση θα ήταν αντιοικονομικά (π.χ. συλλογικά δίκτυα τεχνητής βροχής).

Προσπάθειες που έγιναν σε υπανάπτυκτες χώρες να εγκαταστήσουν σύγχρονα και αυτοματοποιημένα συστήματα αρδεύσεως, απέτυχαν κατά το μεγαλύτερο ποσοστό, με συνέπεια οι χώρες αυτές να βρεθούν στη δυσάρεστη θέση να πληρώνουν δάνεια για έργα, που δεν τους απέδωσαν τα αναμενόμενα οφέλη.

Στην περίπτωση αυτή επιβάλλεται η εκπαίδευση του ιθαγενούς στοιχείου σε όλα τα επίπεδα και σε ικανοποιητικό αριθμό, για να αναλάβουν τη διοίκηση, λειτουργία και συντήρηση αυτών των νέων συστημάτων αρδεύσεως. Παράλληλα πρέπει να προβλέπεται η ανάπτυξη του τεχνικού δυναμικού στις περιοχές των έργων για τις απαραίτητες επισκευές ή αντικαταστάσεις φθαρμένου υλικού.

2.5.7 Κόστος των διαφόρων συστημάτων αρδεύσεως.

Η ανάλυση της επιδράσεως του κόστους στην εκλογή του κατάλληλου συστήματος αρδεύσεως ξεφεύγει από το σκοπό του παρόντος βιβλίου. Απλώς, για τα σημερινά δεδομένα, μπορεί κανές να πει ότι σε περιπτώσεις που και τα τρία συστήματα που είδαμε (επιφανειακή άρδευση — τεχνητή βροχή — άρδευση με σταγόνες) είναι δυνατόν να εφαρμοσθούν, το μικρότερο κόστος έχει η επιφανειακή άρδευση, ακολουθεί η τεχνητή βροχή και τελευταία έρχεται η άρδευση με σταγόνες.

Πολύ συχνά όμως η έλλειψη εργατικών χεριών, η βελτίωση της ποιότητας της εργασίας και το αναμενόμενο υψηλό εισόδημα ανατρέπουν την παραπάνω σειρά. Έτσι π.χ. ενώ ένας οπωρώνας θα μπορούσε να αρδευθεί με τη μέθοδο επιφανειακής αρδεύσεως ή με τεχνητή βροχή, λόγω ελλείψεως εργατικών χεριών, αρδεύεται με το σύστημα των σταγόνων, αν και το κόστος εγκαταστάσεώς του είναι πολύ μεγαλύτερο. Επίσης σ' ένα θερμοκήπιο που αποφέρει υψηλό εισόδημα, το κόστος του συστήματος με σταγόνες, αν και μεγαλύτερο απ' ό,τι στα άλλα συστήματα, δεν απασχολεί τον παραγωγό, γιατί σχετικά με το εισόδημα, είναι πολύ μικρό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΧΑΡΑΞΕΩΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

3.1 Γενικά.

Τα αρδευτικά δίκτυα διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, δηλαδή **σε δίκτυα ελεύθερης ροής ή βαρύτητας**, όπου το νερό μεταφέρεται και διανέμεται στον αγρό από ένα σύστημα ανοικτών αγωγών που είναι γνωστοί ως διώρυγες και **σε δίκτυα υπό πίεση**, όπου το νερό μεταφέρεται και διανέμεται από ένα σύστημα κλειστών σωληνωτών αγωγών.

Τα δίκτυα της πρώτης κατηγορίας είναι γνωστά ως **επιφανειακά δίκτυα αρδεύσεως ή δίκτυα επιφανειακής αρδεύσεως** ή **δίκτυα βαρύτητας**. Στα δίκτυα της δεύτερης κατηγορίας περιλαμβάνονται όλα τα **δίκτυα τεχνητής βροχής** (χαμηλής ή υψηλής πίεσεως) καθώς και η **άρδευση με σταγόνες**, όπου το νερό εκρέει βέβαια από τους σταλακτήρες με τη μορφή ελεύθερων σταγόνων, κυκλοφορεί όμως μέχρι την έξοδό του υπό πίεση μέσα στις σωληνώσεις του δικτύου.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναπτύχθηκαν συνοπτικά τα κριτήρια επιλογής του καταλληλότερου συστήματος αρδεύσεως σε περιπτώσεις που τεχνικοί λόγοι επιβάλλουν τον ένα ή τον άλλο τύπο του συστήματος. Σε περιπτώσεις που όλα τα συστήματα αρδεύσεως είναι δυνατά, η επιλογή του καταλληλότερου συστήματος πρέπει να είναι αποτέλεσμα συγκριτικής τεχνικοοικονομικής μελέτης, πράγμα που ξεφεύγει από τα όρια του παρόντος βοηθήματος.

Για απλή ενημέρωση αναφέρεται ότι πριν από την τελική χάραξη του οριστικού αρδευτικού δικτύου, πρέπει να έχουν προηγηθεί η εδαφολογική μελέτη (καθορισμός της αρδευτικής περιμέτρου = επιφάνεια που πρόκειται να εξυπηρετήσει το δίκτυο, μηχανική σύσταση του εδάφους, φαινόμενο ειδικό βάρος, αφέλιμη υδατοχωρητικότητα, τελική διηθητικότητα, διαπερατότητα, περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο, χούμο και γύψο, προσδιορισμός του RH του εδάφους και του βαθμού αλατότητας ή αλκαλιώσεώς του, σύνταξη διαγραμμάτων για την υπόγεια στάθμη του νερού κ.ά.), η γεωργοτεχνική μελέτη (κλιμματικές συνθήκες της περιοχής, καλλιέργειες, ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό, εύρος και δύση αρδεύσεως, απαιτήσεις σε νερό για ενδεχόμενες αποπλύσεις, τύπος του αρδευτικού δικτύου κ.ά.) και τέλος η γεωργοοικονομική μελέτη που περιλαμβάνει όλα τα οικονομικά στοιχεία του έργου.

Ανάλογα με τον τύπο του συστήματος αρδεύσεως που θα εφαρμοσθεί, γίνεται και η τελική χάραξη του αρδευτικού δικτύου ελεύθερης ροής ή ροής υπό πίεση.

3.2 Χάραξη αρδευτικών δικτύων.

3.2.1 Χάραξη δικτύου επιφανειακής αρδεύσεως.

Τα δίκτυα επιφανειακής αρδεύσεως αποτελούνται από ένα σύστημα ανοικτών αγωγών (διωρύγων), συνήθως τραπεζοειδούς ή ορθογωνικής διατομής και σπανιότερα ημικυκλικής ή παραβολικής διατομής (καναλέτα), από τους οποίους αγωγούς το νερό μεταφέρεται και διανέμεται στην προς άρδευση έκταση με τη βοήθεια αυλακιών, λεκανών ή λωρίδων.

Οι παραπάνω διώρυγες, ανάλογα με τη σπουδαιότητα και τη θέση τους στο δίκτυο, διακρίνονται σε **κύριες, πρωτεύουσες, δευτερεύουσες και τριτεύουσες διώρυγες**. Μία αντιπροσωπευτική τυπική διάταξη φαίνεται στο σχήμα 3.2a.

α) **Η κύρια προσαγωγός διώρυγα**, κατά κανόνα τραπεζοειδούς διατομής, μεταφέρει το νερό από την πηγή τροφοδοσίας νερού στην προς άρδευση έκταση. Είναι φανερό ότι η προσαγωγός αυτή διώρυγα πρέπει να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες νερού, ανάλογα με τον αριθμό των πρωτευουσών διωρύγων που ταυτοχρόνως τροφοδοτεί. Δεδομένου ότι η ταχύτητα του νερού μέσα σ' αυτή πρέπει να είναι σχετικά μικρή, γίνεται αντιληπτό ότι η κλίση της πρέπει να είναι επίσης πολύ μικρή, γιατί αυτό επιτρέπει τον καλύτερο έλεγχο της ροής του νερού. Η χάραξη της κύριας διώρυγας μέσα στην αρδευτική περίμετρο του δικτύου, γίνεται κατά κανόνα κατά μήκος της κλίσεως του εδάφους και έτσι, ώστε να δεσπόζει του όλου δικτύου, για να μπορεί να τροφοδοτεί και από τις δύο μεριές τις πρωτεύουσες διώρυγες που ξεκινούν από αυτή.

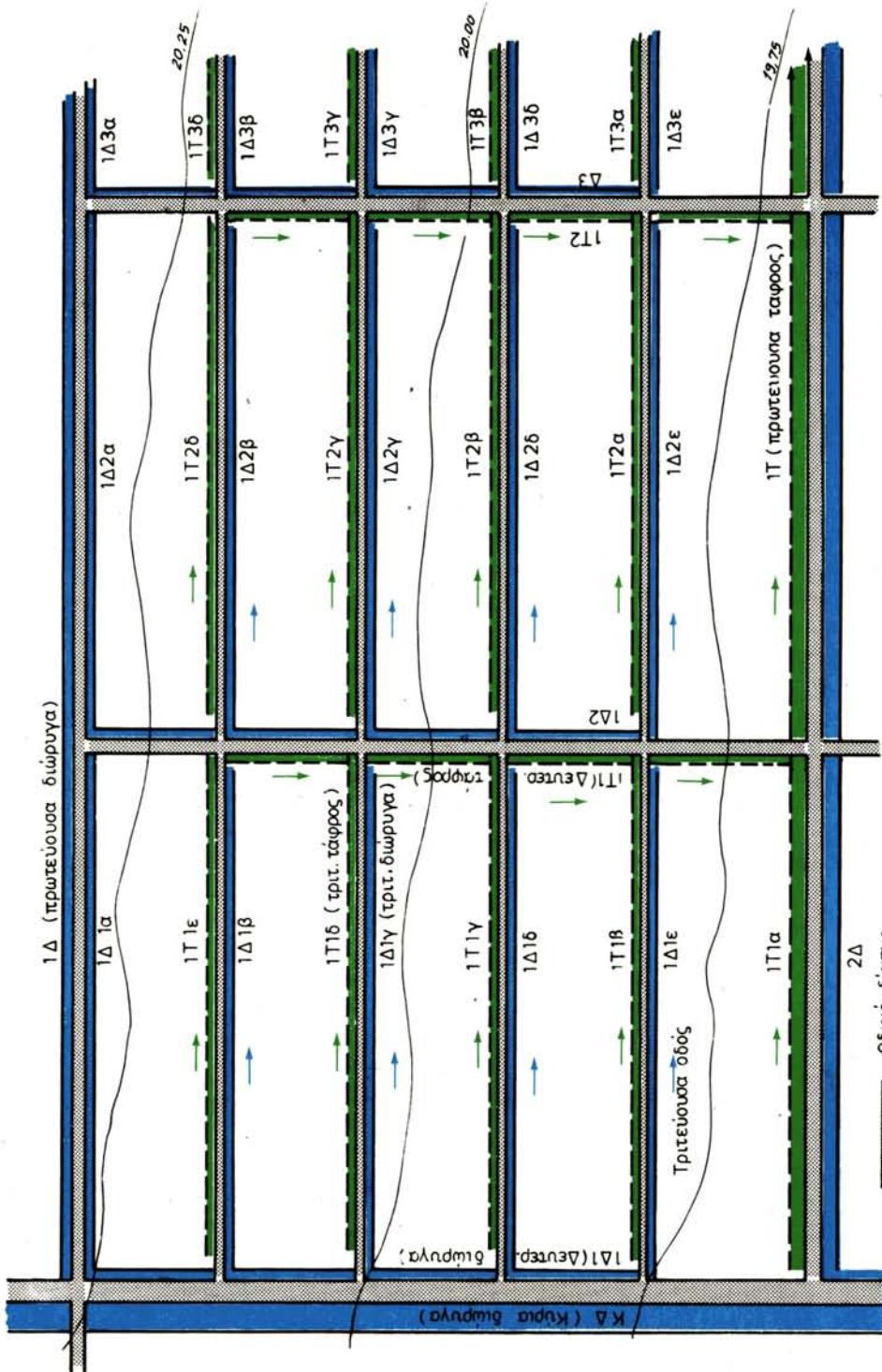
β) **Οι πρωτεύουσες διώρυγες** ξεκινούν από την κύρια προσαγωγό διώρυγα και χαράζονται ακολουθώντας τις ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους. Αυτή η χάραξη παρέχει τη δυνατότητα του αποτελεσματικού ελέγχου της ροής μέσα σ' αυτές και έτσι εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη τροφοδοσία των δευτερευουσών διωρύγων που ξεκινούν από αυτές.

γ) **Οι δευτερεύουσες διώρυγες** ξεκινούν από τις πρωτεύουσες διώρυγες ακολουθώντας την κλίση του εδάφους. Κατά τη χάραξη των δευτερευουσών διωρύγων πρέπει να επιδιώκεται, στο μέτρο που οι τοπογραφικές και εδαφικές συνθήκες το επιτρέπουν, η διαίρεση της αρδευόμενης επιφάνειας σε ομοιόμορφες εδαφικές ζώνες. Οι διώρυγες αυτές έχουν ως προορισμό την τροφοδότηση των τριτευουσών διωρύγων.

δ) **Οι τριτεύουσες διώρυγες** ξεκινούν από τις δευτερεύουσες και χαράζονται, κατά συνέπεια, ακολουθώντας τις ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους με μια επιθυμητή απόκλιση από αυτές, ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή ροή μέσα σ' αυτές, καθώς και η ομοιόμορφη τροφοδοσία των αυλακιών που γίνεται με έναν από τους τρόπους που αναπτύχθηκαν στο Δεύτερο Κεφάλαιο.

Οι τριτεύουσες διώρυγες διανέμονται σε ίσες αποστάσεις πάνω στις δευτερεύουσες. Η ισαποχή αυτή εξαρτάται από το μέγιστο μήκος διαδρομής του νερού μέσα στα αρδευτικά αυλάκια, τα οποία κατασκευάζονται, κατά συνέπεια, ακολουθώντας την κλίση του εδάφους. Το μέγιστο αυτό μήκος εξαρτάται κυρίως από τη μηχανική σύσταση, τη διηθητικότητα, το βάθος και την κλίση του εδάφους. Προσδιοριστικό επίσης ρόλο για το μέγεθος και την πυκνότητα των αυλακιών παίζουν οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό, το είδος και ο τρόπος καλλιέργειάς τους.

Έτσι, συνοψίζοντας τα παραπάνω, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι σ' ένα τυπικό



δίκτυο επιφανειακής αρδεύσεως, η σειρά των διωρύγων κατά σπουδαιότητα είναι: η κύρια προσαγωγός διώρυγα, οι πρωτεύουσες, οι δευτερεύουσες και οι τριτεύουσες διώρυγες. Οι παραπάνω διώρυγες, με τη σημερινή πρακτική αποτελούν μόνιμες κατασκευές του δικτύου και μόνο τα αυλάκια κατασκευάζονται κάθε χρόνο ή και συχνότερα, αν υπάρχει εναλλαγή καλλιεργειών.

Παράλληλα όμως με τη μελέτη, διαστασιολόγηση και χάραξη του συστήματος των αρδευτικών διωρύγων, θα πρέπει να προβλεφθεί και η χάραξη δύο ακόμα δικτύων, δηλαδή του αγροτικού οδικού δικτύου για την κυκλοφορία των γεωργικών μηχανημάτων. (καλλιέργειας, συγκομιδής, μεταφοράς) και του στραγγιστικού δικτύου, για την απομάκρυνση από το έδαφος των νερών που περισσεύουν. Τα νερά αυτά είναι δυνατόν να προέρχονται από μία ανεπιθύμητη βροχή ή και από την ίδια την άρδευση, που μπορούν να προκαλέσουν ανεπιθύμητη ανύψωση της στάθμης του υπόγειου ύδατος δεδομένου ότι είναι πρακτικά αδύνατο να ρυθμίσει κανείς επακριβώς την εφαρμογή της αναγκαίας ποσότητας αρδευτικού νερού στον αγρό, με αποτέλεσμα τον κορεσμό του εδάφους σε νερό. Και μια πληθωριστική υγρασιακή κατάσταση δεν ωφελεί βέβαια την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των καλλιεργειών.

Καταλαβαίνομε λοιπόν ότι τελικά πρόκειται για ένα πλέγμα δικτύων (αρδευτικού, στραγγιστικού, οδικού) που ενδεικτικά φαίνεται σε κάτωση στο σχήμα 3.2a.

Όπως τις διώρυμες έτσι και τις αγροτικές οδούς και στραγγιστικές τάφρους τις διακρίνομε σε πρωτεύουσες, δευτερεύουσες και τριτεύουσες. Μια τυπική διάταξή τους σε τομή φαίνεται στο σχήμα 3.2β.



Σχ. 3.2B.

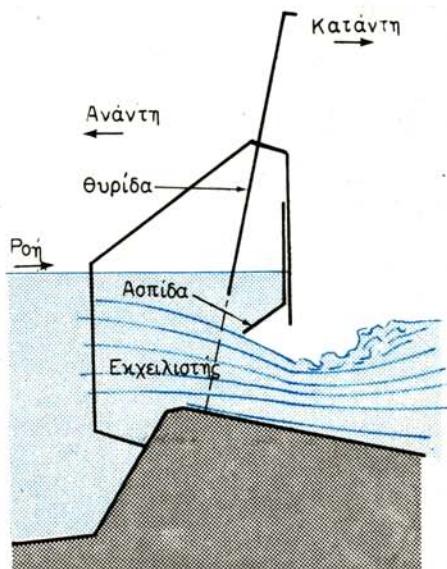
Τυπική ενδεικτική διάταξη σε τομή τριτεύουσας αγροτικής οδού, διώρυγας και τάφρου.

Είναι φανερό ότι μία επιτυχημένη χάραξη εξασφαλίζει ομοιόμορφη και ικανοποιητική άρδευση της εκτάσεως. Βέβαια το σύστημα των διωρύγων είναι εξοπλισμένο με τα απαραίτητα όργανα για την ομαλή ροή του αρδευτικού νερού μέσα σ' αυτές, την κανονική τροφοδοσία τους, καθώς και τον έλεγχο των ποσοτήτων νερού που καταναλώνονται, ώστε να είναι δυνατός ο καταμερισμός των δαπανών συντηρήσεως, λειτουργίας και διευθετήσεως του αρδευτικού δικτύου.

Για την απόκτηση μιας γενικής ιδέας αναφέρεται ότι ο συνηθισμένος εξοπλισμός ενός δικτύου επιφανειακής αρδεύσεως περιλαμβάνει μηχανισμούς διαχωρισμού και ρυθμίσεως των παροχών, ή καθώς και μηχανισμούς ρυθμίσεως της στάθμης του νερού μέσα στις διώρυγες, ώστε να εξασφαλίζεται η σταθερή τροφοδοσία με νερό των υδροληψιών που συναντώνται σε όλο το δίκτυο.

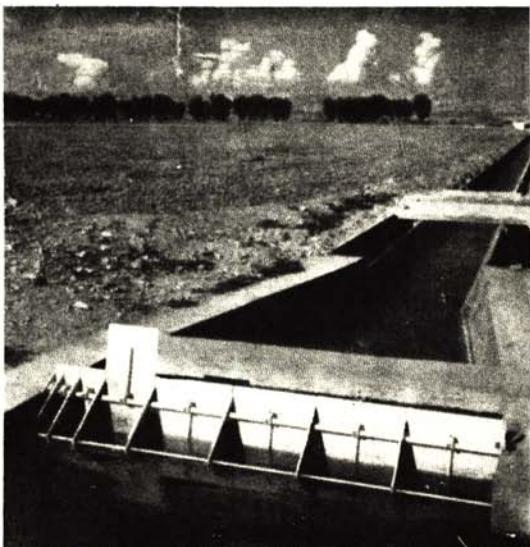
Από τους παραπάνω μηχανισμούς θα αναφέρομε τους εξής:

1) Ρυθμιστές υδροληψίας με ασπίδα για τη λήψη μιας καθορισμένης παροχής προς τροφοδότηση μιας διώρυγας. Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι η παροχή μένει πρακτικά σταθερή για τις συνήθεις διακυμάνσεις της στάθμης ανάντη της θυρίδας (σχ. 3.2γ). Παραλλαγές ή συνδιασμούς αυτών των ρυθμιστών είναι και οι ρυθμιστές των σχημάτων 3.2δ και 3.2ε.



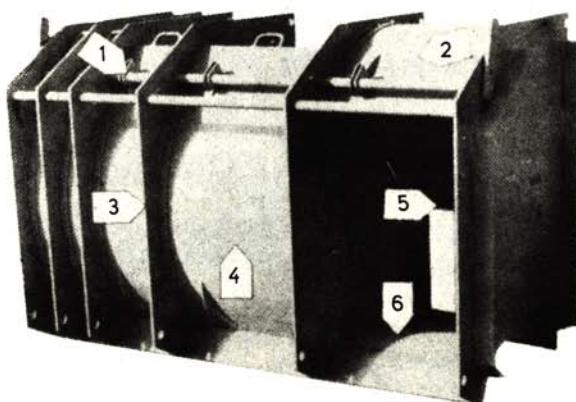
Σχ. 3.2δ.

Επίπεδοι ρυθμιστές υδροληψίας διαφόρων παροχών ανάλογα με το πλάτος της θυρίδας. Το διθροισμα των παροχών των ανοιγμένων θυρίδων μας δίνει την παροχή της διώρυγας.



Σχ. 3.2γ.

Υδροληψία με ασπίδα.

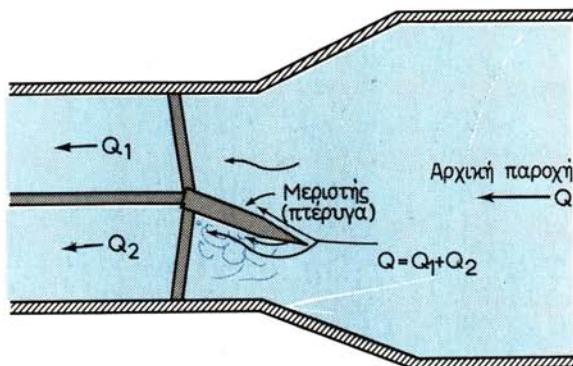


Σχ. 3.2ε.

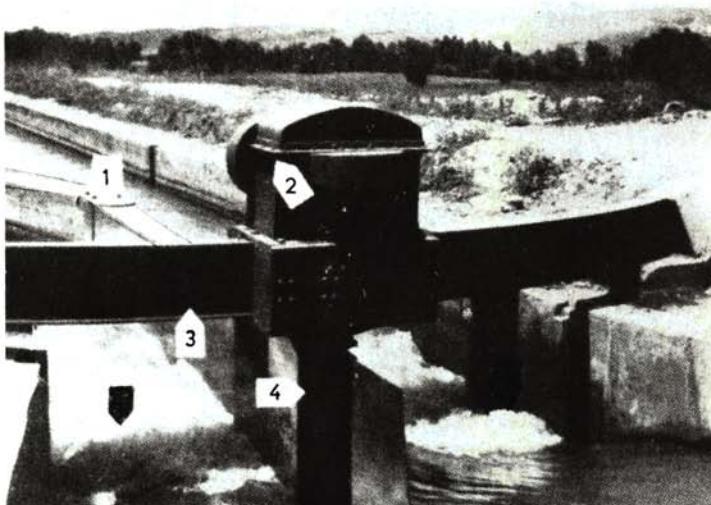
Κυλινδρικοί ρυθμιστές υδροληψίας αντίστοιχης λειτουργίας με τους επίπεδους. 1) Κλείστρο. 2) Θυρίδα ανοικτή. 3) Πλευρικά στηρίγματα. 4) Κλειστή θυρίδα. 5) Ασπίδα. 6) Εκχειλιστής.

2) **Μεριστές παροχής** που ως προορισμό έχουν να διανέμουν την παροχή μιας διώρυγας μεταξύ δύο διωρύγων, ώστε η καθεμιά από αυτές να δέχεται μία ορισμένη αναλογία από την αρχική παροχή (σχ. 3.2στ και 3.2ζ).

3) **Ρυθμιστές στάθμης** που ως προορισμό έχουν τη διατήρηση σταθερής στάθμης νερού ανάντη [ρυθμιστής Amil, σχ. 3.2η(α)(β)] ή κατάντη (ρυθμιστής Avis, σχ. 3.2θ) της διώρυγας.



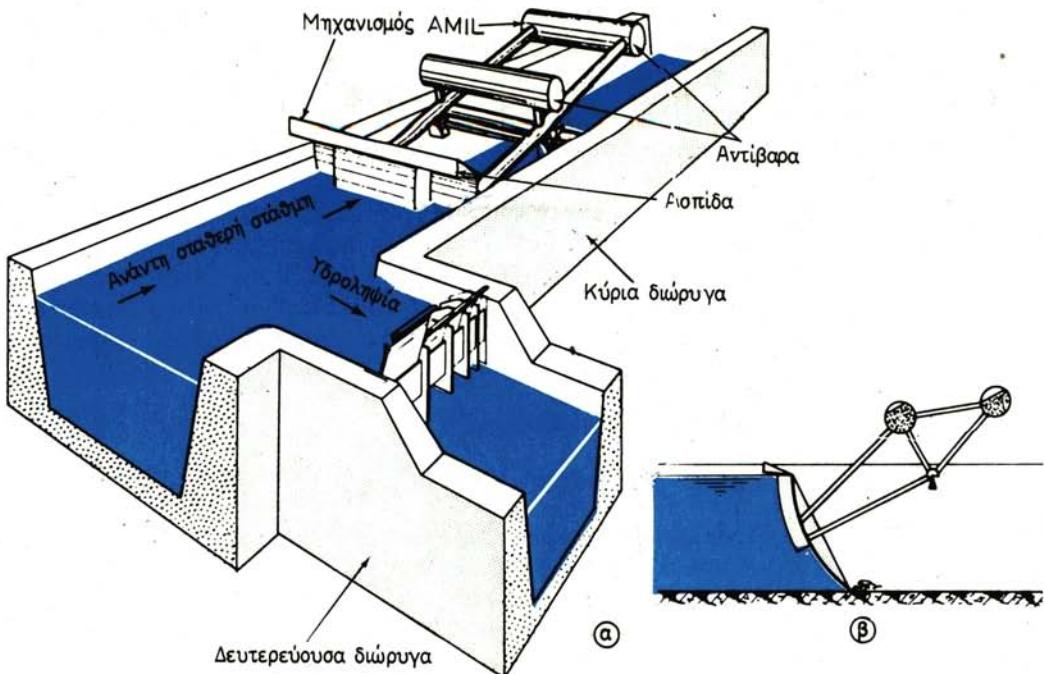
Σχ. 3.2στ.
Ενδεικτική παράσταση εκχειλιστή.



Σχ. 3.2ζ.
Φωτογραφία μεριστή.
1) Άρθρωση πτέρυγας. 2) Μηχανισμός χειρισμού. 3) Μηχανισμός προσανατολισμού πτέρυγας.
4) Κινητή πτέρυγα.

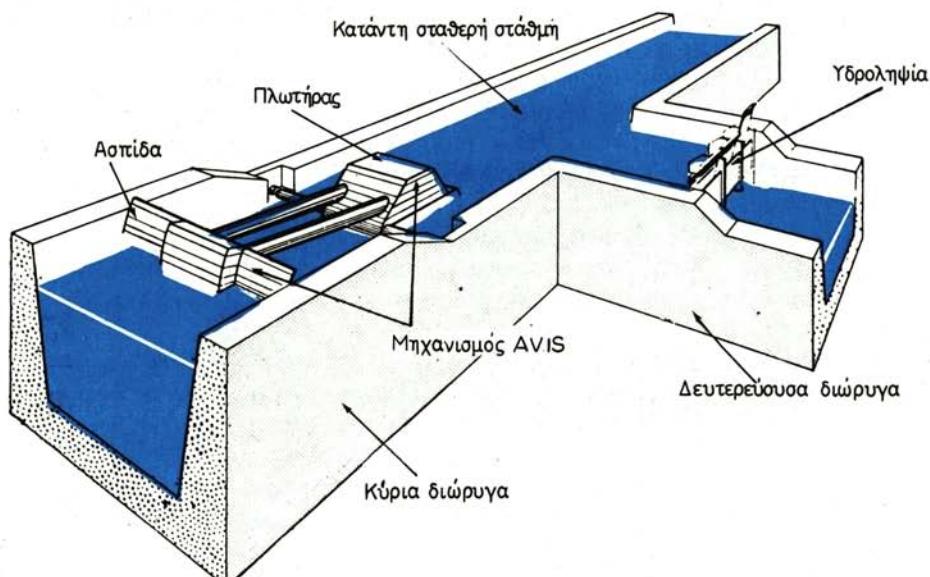
Επεξήγηση για τη λειτουργία των ρυθμιστών στάθμης Amil και Avis.

α) Στην περίπτωση του ρυθμιστή Amil, αν η ζήτηση νερού από τη δευτερεύου-



Σχ. 3.2η.

Ρυθμιστής Amil. Ο μηχανισμός αυτός διατηρεί τη στάθμη του νερού ανάντη της κύριας διώρυγας σταθερή, ώστε και η παροχή μέσα στη διώρυγα να παραμένει σταθερή, ανάλογα με τον αριθμό των ανοιγμένων θυρίδων. α) Γενική άποψη. β) Ρυθμιστής Amil σε τομή.



Σχ. 3.2θ.

Ρυθμιστής Avis. Ο μηχανισμός αυτός διατηρεί τη στάθμη του νερού σταθερή, κατάντη της κύριας διώρυγας.

σα διώρυγα αυξηθεί, τότε η ασπίδα κατεβαίνει με συνέπεια να μειώνεται η παροχή κατά μήκος της κύριας διώρυγας και να ανεβαίνει η στάθμη ανάντη του μηχανισμού στην καθορισμένη τιμή της. Το αντίθετο συμβαίνει αν μειωθεί η ζήτηση. Τότε η στάθμη του νερού τείνει να ανεβεί, αλλά ανεβαίνει και η ασπίδα και έτσι η παροχή κάτω από αυτή αυξάνεται, με αποτέλεσμα πάλι τη διατήρηση της στάθμης σε σταθερή τιμή.

β) Στην περίπτωση του ρυθμιστή Avis, αν η ζήτηση αυξηθεί, τότε ο πλωτήρας κατεβαίνει, ενώ αντίθετα η ασπίδα ανεβαίνει και επιτρέπει το πέρασμα μεγαλύτερης παροχής, με αποτέλεσμα την αποκατάσταση της στάθμης στην καθορισμένη τιμή της. Το αντίθετο συμβαίνει αν μειωθεί η ζήτηση. Τότε ανεβαίνει ο πλωτήρας και κατεβαίνει η ασπίδα, με αποτέλεσμα να περιορίζεται ανάλογα η διερχόμενη παροχή.

3.2.2 Χάραξη δικτύου τεχνητής βροχής.

Η χάραξη ενός συλλογικού δικτύου τεχνητής βροχής γίνεται σε γενικές γραμμές ως εξής:

Καταρχήν σε τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής σε κλίμακα 1:5000 ή 1:2000, ορίζεται η προς άρδευση έκταση. Από τη γεωργοτεχνική μελέτη έχει καθορισθεί ήδη η **αρδευτική μονάδα** ανά στόμιο υδροληψίας που ερμηνεύεται ως ο αριθμός των στρεμμάτων που θα αρδεύεται από κάθε υδροστόμιο. Με βάση λοιπόν την αρδευτική μονάδα και ανάλογα με την τοπογραφική διαμόρφωση των διαφόρων ζωνών της περιοχής τοποθετούνται υδροληψίες ενός, δύο, τριών ή και τεσσάρων υδροστομίων, οι οποίες εξυπηρετούν ανάλογη έκταση.

Στη συνέχεια ακολουθεί η χάραξη του δικτύου συνδέοντας τα υδροστόμια με αγωγούς των οποίων η διάμετρος ποικίλλει ανάλογα με τον αριθμό των υδροστομίων που εξυπηρετεί ταυτόχρονα ο καθένας από αυτούς. Ύστερα από αυτό γίνεται αντιληπτό ότι η διάμετρος των αγωγών συνεχώς μειώνεται όσο πλησιάζουμε προς την περιφέρεια του δικτύου, γιατί με τη μείωση του αριθμού των υδροστομίων μειώνεται αντίστοιχα και η παροχή του αγωγού.

Μετά την πρώτη αυτή χάραξη ακολουθεί μετάβαση του μελετητή στη συγκεκριμένη περιοχή όπου ελέγχεται επιτόπου κάθε θέση υδροληψίας και γίνονται οι απαραίτητες μετακινήσεις, ώστε μετά την επιτόπια εξέταση η θέση των υδροληψιών να είναι οριστική.

Με βάση πλέον αυτό το τοπογραφικό διάγραμμα γίνεται και η οριστική χάραξη του δικτύου των αγωγών που έχουν για προορισμό την τροφοδοσία των υδροστομίων με την καθορισμένη παροχή η οποία έχει υπολογισθεί από τη γεωργοτεχνική επίσης μελέτη.

Όπως στα δίκτυα επιφανειακής αρδεύσεως έτσι και στα δίκτυα τεχνητής βροχής, έχομε τον κύριο αγωγό από τον οποίο ξεκινούν οι δευτερεύοντες αγωγοί, οι οποίοι πάλι μπορεί να τροφοδοτούν τριτεύοντες αγωγούς.

Αν η απαραίτητη πίεση για τη λειτουργία του δικτύου μπορεί να εξασφαλισθεί με την κατασκευή μιας δεξαμενής στο αναγκαίο υψόμετρο, τότε το δίκτυο γίνεται πολύ οικονομικό, γιατί δεν υπάρχει κατανάλωση ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή ο κύριος αγωγός ξεκινά από τη δεξαμενή και στη συνέχεια διατρέχει, κατά κανόνα, δύλη την προς άρδευση έκταση αλλά με διάμετρο συνεχώς μειωμένη, ανάλογα με τα κατάντη από κάθε σημείο αυτού ταυτόχρονα λειτουργούντα υδροστόμια.

Αν η πηγή τροφοδοσίας γίνεται με άντληση, τότε η πίεση εξασφαλίζεται, συνήθως, με τη βοήθεια μιας φυγόκεντρης αντλίας. Η χάραξη του κυρίου αγωγού στην περίπτωση αυτή είναι συνάρτηση της θέσεως της γεωτρήσεως ως προς την όλη έκταση.

Πολλές φορές τα νερά για την άρδευση ανυψώνονται με άντληση σε κάποιο υψηλό σημείο, όπου κατασκευάζεται ανάλογης χωρητικότητας υδατοδεξαμενή. Η δεξαμενή αυτή λέγεται και **δεξαμενή αναρρυθμίσεως**, γιατί εκτός από το ότι εξασφαλίζει την αποράιτη για τη λειτουργία του δίκτυου πίεση, ρυθμίζει επίσης και τη λειτουργία του ή των αντλιοστασίων, ανάλογα με τη στάθμη του νερού μέσα σ' αυτή. Αν π.χ. για οποιοδήποτε λόγο μειωθεί η κατανάλωση, ενώ το δίκτυο λειτουργεί κανονικά, τα αντλιοστάσια δεν είναι δυνατό να σταματήσουν αμέσως. Θα συνεχίσουν να λειτουργούν, αλλά το νερό θα συγκεντρώνεται μέσα στη δεξαμενή αναρρυθμίσεως. Μαζί με τη στάθμη του νερού μέσα στη δεξαμενή θα ανέρχεται και ειδικός πλωτήρας-διακόπτης, ο οποίος σταματάει τη λειτουργία του αντλιοστασίου όταν η στάθμη φθάσει σε κάποιο προκαθορισμένο σημείο. Αντίθετα, όταν η ζήτηση νερού αυξηθεί, η στάθμη κατέρχεται και σε κάποια στιγμή ο πλωτήρας-διακόπτης ξανακλείνει το κύκλωμα, οπότε το αντλιοστάσιο τίθεται και πάλι σε λειτουργία.

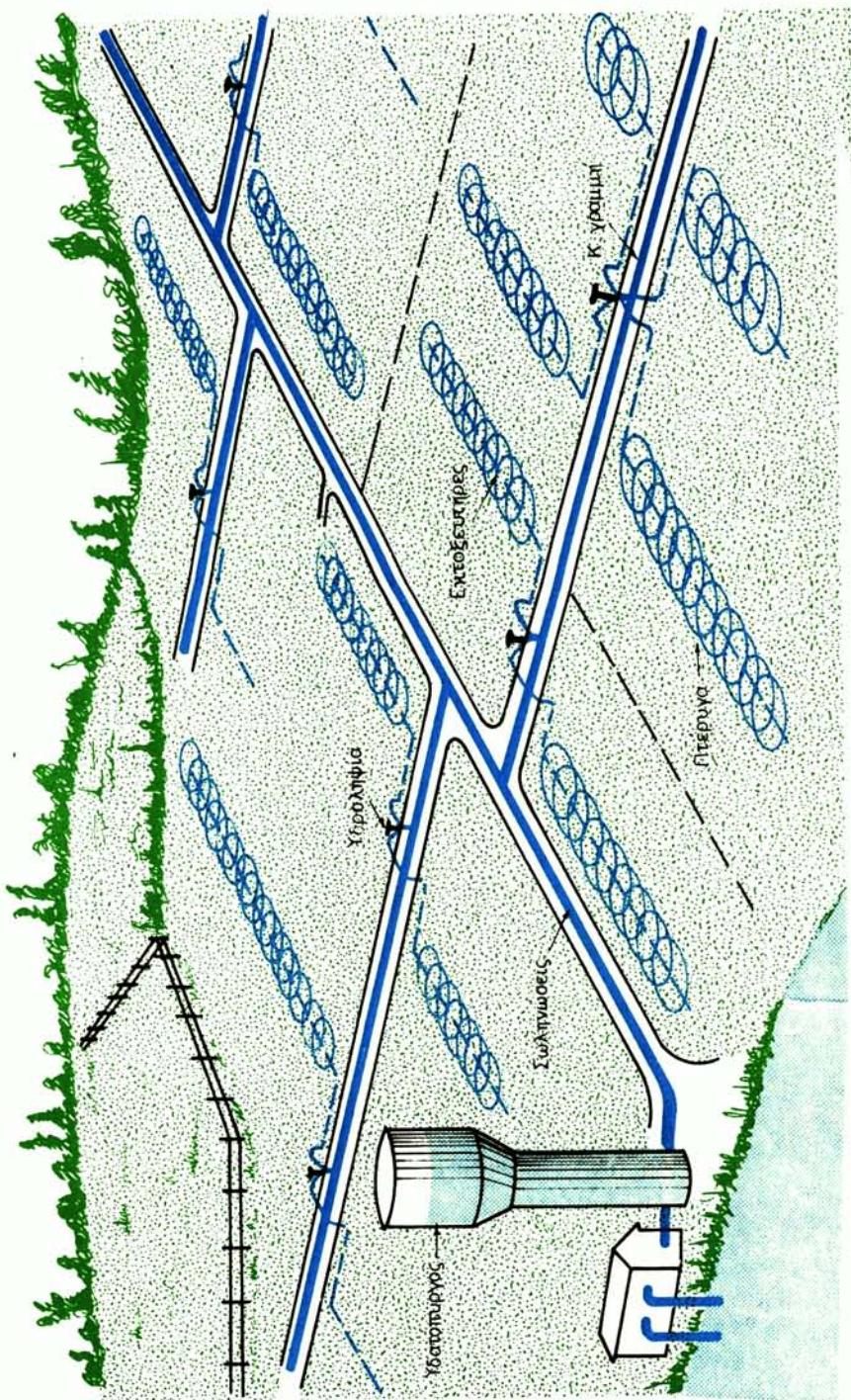
Κατά την τοποθέτηση των υδροληψιών και των αγωγών συνδέσεώς τους, πρέπει να καταβάλλεται κάθε προσπάθεια, ώστε να τοποθετούνται, κατά το δυνατόν, παράλληλα και κοντά στο αγροτικό οδικό δίκτυο, γιατί αυτό διευκολύνει τις μεταφορές των υλικών αλλά και τις απαραίτητες, μετά από ορισμένο χρόνο, επισκευές του δικτύου.

Μέριμνα επίσης πρέπει να λαμβάνεται για την τοποθέτηση των υδροληψιών στα όρια των ιδιοκτησιών. Έτσι περιορίζονται οι προστριβές που συχνά προκύπτουν μεταξύ των παραγωγών, όταν οι υδροληψίες τοποθετούνται μέσα στις ιδιοκτησίες, οπότε αναγκαστικά πρέπει να επιτρέπεται η διέλευση από τις ιδιοκτησίες αυτές και των άλλων αγροτών που εξυπηρετούνται από την ίδια υδροληψία.

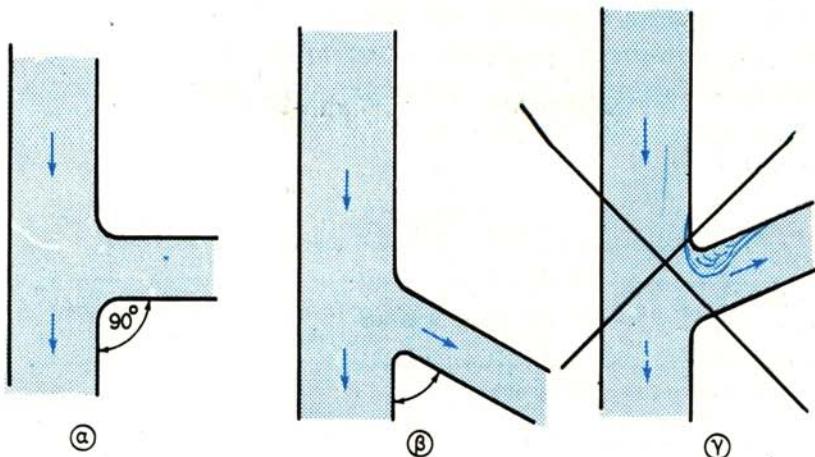
Η χάραξη των δικτύων τεχνητής βροχής είναι κατά κανόνα ακτινωτή. Δηλαδή οι διάφοροι κλάδοι του δικτύου ξεκινούν από τον κύριο αγωγό και καταλήγουν στην τελευταία υδροληψία σε τρόπο, ώστε να είναι εύκολη και δυνατή η πλήρης απομόνωσή τους από το υπόλοιπο δίκτυο όταν θα υπάρξει ανάγκη για κάτι τέτοιο. Μια ενδεικτική εικόνα ενός δικτύου τεχνητής βροχής φαίνεται στο σχήμα 3.2i.

Δεδομένου ότι το σύστημα της τεχνητής βροχής δεν επηρεάζεται πολύ από το ανάγλυφο του εδάφους, είναι φυσικό οι αγωγοί να ακολουθούν τις ανωμαλίες του και να παρουσιάζουν, κατά συνέπεια, υψηλά και χαμηλά σημεία. Στα πρώτα συσσωρεύεται ο εγκλεισμένος στο σωλήνα αέρας, στα δεύτερα οι περιεχόμενες στερεές ύλες. Και στις δύο περιπτώσεις παρεμποδίζεται η ομαλή λειτουργία του αγωγού και γι' αυτό επιβάλλεται στην περίπτωση του αέρα, η τοποθέτηση αεροξαγωγού βαλβίδας και στην περίπτωση των στερεών υλών, η πρόβλεψη δυνατότητας απότομης, κατά το δυνατόν, εκκενώσεως του αγωγού, ώστε το νερό κατά την έξοδό του να συμπαρασύρει τις ανεπιθύμητες φερτές ύλες. Πάντως κατά τη χάραξη πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε να περιορίζεται στο ελάχιστο ο αριθμός των σημείων που αναφέραμε.

Ιδιαίτερη επίσης προσοχή, κατά τη χάραξη ενός δικτύου τεχνητής βροχής, απαιτεί η διακλάδωση των αγωγών. Γενική αρχή είναι ότι οι αγωγοί που ξεκινούν από



Σχηματική διάταξη συλλογικού δικτύου αρδεύσεως με τεχνητή βροχή.
Fig. 3.21.



Σχ. 3.21α.

Σχηματική παράσταση διακλαδώσεως αγωγών. Περιπτώσεις (α) και (β) αποδεκτές. Η περίπτωση (γ) πρέπει να απορριφθεί, γιατί η υγρή φλέβα αποκολλάται από τον αγωγό και υπάρχει κίνδυνος να εμφανισθεί επικίνδυνη υποπίεση στη διακλάδωση η οποία προκαλεί ανωμαλίες στη ροή και καταπόνηση του αγωγού. Η περίπτωση (β) είναι η καλύτερη.

τον κεντρικό αγωγό, πρέπει να σχηματίζουν με αυτόν γωνία το πολύ 90° (σχ. 3.21α).

3.2.3 Χάραξη δικτύων αρδεύσεως με σταγόνες.

Στο Δεύτερο Κεφάλαιο παράγρ. 3 όπου αναπτύχθηκε το σύστημα αρδεύσεως με σταγόνες, αναφέρονται λεπτομερώς τα διάφορα στοιχεία που συνθέτουν τη μορφή αυτή του δικτύου, ώστε η σύλληψή του να είναι σχετικά αυτονόητη. Επίσης θα πρέπει να τονισθεί ότι, τουλάχιστον στη χώρα μας, η εξυπηρετούμενη έκταση από ένα τέτοιο δίκτυο είναι σχετικά μικρή και σε αντίθεση με τα συλλογικά δίκτυα τεχνητής βροχής, τα δίκτυα «σταγόνη» είναι ατομικά.

Η μορφή αυτή της αρδεύσεως εξαπλώνεται πάρα πολύ γρήγορα στα θερμοκήπια και σε ατομικούς οπωρώνες. Βασικός λόγος της εξαπλώσεως είναι η αυτοματοποίηση του συστήματος και κατά συνέπεια η αποδέσμευση από τα εργατικά χέρια.

Το δίκτυο ανήκει στα σωληνωτά δίκτυα υπό πίεση και αυτό παρέχει τη δυνατότητα αρδεύσεως επιπέδων και επικλινών εδαφών. Βέβαια πρόκειται για δίκτυα που λειτουργούν με χαμηλή πίεση και η χάραξή τους δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα.

Η απαραίτητη, για τη λειτουργία του δικτύου πίεση, όπως έχομε αναφέρει, εξασφαλίζεται ή με την τοποθέτηση μιας δεξαμενής στο πιο ψηλό σημείο της υπό όρδευση εκτάσεως ή με τη βοήθεια μιας φυγόκεντρης αντλίας. Στη συνέχεια η κύρια γραμμή τοποθετείται κατά την κλίση του εδάφους και οι δευτερεύουσες κατά τις ίσοις υψείς. Είναι φανερό ότι η παραπάνω αρχή στερείται ουσιαστικής σημασίας προκειμένου για θερμοκήπια ή σχετικά επίπεδες επιφάνειες.

Μετά τον καθορισμό του τύπου των σταλακτήρων, της παροχής τους και των αποστάσεων μεταξύ τους, που εξαρτώνται από το είδος της φυτείας (απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό, βάθος και πλάτος ενεργού ριζοστρώματος), τον τύπο του εδά-

φους (υδατοϊκανότητα, κατακόρυφη και πλάγια διήθηση), την ποιότητα του νερού και τον τρόπο φυτεύσεως των φυτών, ουσιαστικά έχει καθορισθεί και η χάραξη του δικτύου. Ο Πίνακας 3.2.1 μας δίνει ενδεικτικά τις αποστάσεις ορισμένων φυτών μεταξύ των γραμμών και πάνω στις γραμμές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2.1.

Ενδεικτικές αποστάσεις φυτεύσεως ορισμένων καλλιέργειών.

Είδος καλλιέργειας	Απόσταση πάνω στις γραμμές	Απόσταση μεταξύ γραμμών
1. Λαχανικά σε θερμοκήπια		
Ντομάτες	0,45	0,80
Αγγουράκια	0,45	0,80
Κολοκυθάκια	0,50	0,80
Πιπεριές	0,30	0,75
Μελιτζάνες	0,45	0,75
Φασολάκια	0,15	0,45
2. Λαχανικά, όχι σε θερμοκήπια		
Ντομάτες	0,75	1,00
Αγγουράκια	0,65	1,50
Κολοκυθάκια	0,60	1,20
Πιπεριές	0,45	0,75
Μελιτζάνες	0,50	0,80
Φασολάκια	0,15	0,60
Πεπονοειδή	1,00	2,00
Λεμονιές	7,00	7,00
Πορτοκαλιές	6,00	6,00
Γκρέιπφρούτ	7,00	7,00
Αβοκάντο	7,00	7,00
Αχλαδιές	6,00	6,00
Μηλιές	6,00	6,00
Ροδακινιές	6,00	6,00
Ελαιόδενδρα	6,00	6,00
Αμπέλια	2,00	3,00
Μπανάνες	3,00	3,00

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

4.1 Γενικά.

Με τον όρο **στράγγιση** εννοούμε την έγκαιρη και ομοιόμορφη απομάκρυνση των νερών που πλεονάζουν από μια γεωργική περιοχή, με σκοπό τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την κανονική ανάπτυξη των καλλιεργειών και την επίτευξη υψηλών γεωργικών αποδόσεων.

Έχουν ανάγκη στραγγίσεως εδάφη κορεσμένα με νερό ή καλυμμένα από λιμνάζοντα νερά. Τα αλατούχα επίσης εδάφη έχουν ανάγκη εκπλύσεων με άφθονο νερό για τη διάλυση και απομάκρυνση των αλάτων που περιέχουν. Για την απομάκρυνση αυτή απαιτείται η εφαρμογή συστηματικής στραγγίσεως.

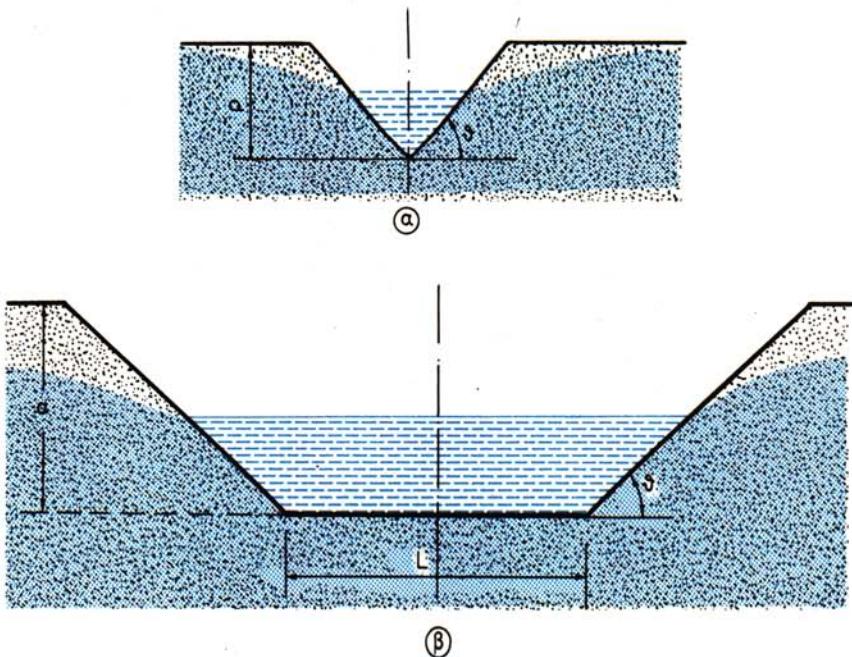
Η παρουσία των πλεοναζόντων νερών σε μία γεωργική περιοχή μπορεί να οφείλεται σε συγκέντρωση, επιφανειακώς ή υπογείως, νερών της βροχής ή ακόμα και νερών από υπερβολική άρδευση.

Η απομάκρυνση αυτών των νερών επιτυγχάνεται με την κατασκευή ενός συστήματος αγωγών και άλλων συμπληρωματικών τεχνικών έργων που αποτελούν το λεγόμενο **στραγγιστικό δίκτυο**.

Οι αγωγοί αυτοί είναι ελεύθερης ροής και μπορεί να είναι επιφανειακοί (σχ. 4.1α), γνωστοί ως **τάφροι**, ή υπόγειοι σωληνωτοί, γνωστοί ως **δραΐνα** (σχ. 4.1β). Ο συνδυασμός τους, η ισαποχή τους και το βάθος τοποθετήσεώς τους αποτελεί αντικείμενο μελέτης και έρευνας.

Οποιαδήποτε όμως τεχνική και αν εφαρμοσθεί για την απομάκρυνση των πλεοναζόντων νερών από μία γεωργική περιοχή, της οποίας έχει καθορισθεί η περίμετρος, η γενική μέθοδος που ακολουθείται, αποσκοπεί στο:

- Να εμποδίσει, μέσα στα μέτρα του δυνατού, την είσοδο, στην περιοχή, των εξωτερικών νερών που καθιστούν την περιοχή υγρή και που μπορεί να προέρχεται από επιφανειακή απορροή ή υπόγεια ροή.
- Να συλλέξει και να απομακρύνει τα βρόχινα νερά που πέφτουν απευθείας μέσα στην επιφάνεια, που ορίζει η περίμετρος της περιοχής, καθώς και τα νερά τα οποία εισήλθαν σ' αυτήν επιφανειακώς ή υπογείως και,
- να προκαλέσει πτώση της στάθμης των υπογείων υδάτων σε επιθυμητό βάθος.

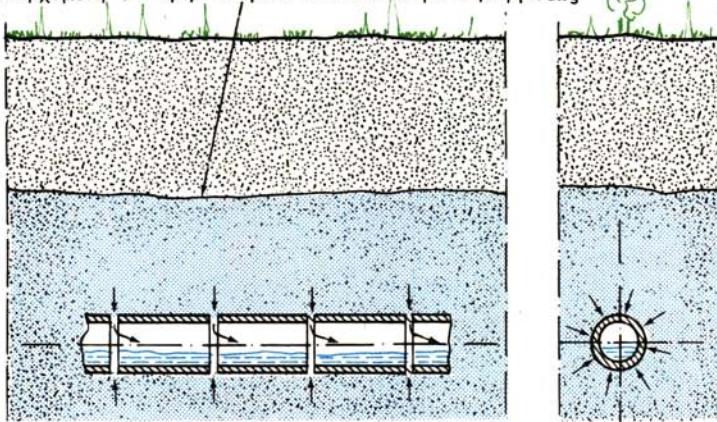


Σχ. 4.1α.

Διάφοροι τύποι τάφρων.

α) Τριγωνική τάφρος. β) Τραπεζοειδής τάφρος.

Κατερχόμενη στάθμη υπογείων υδάτων λόγω στραγγίσεως



Σχ. 4.1β.

Τύπος δραίνου.

4.2 Τα σπουδαιότερα μειονεκτήματα των υγρών εδαφών.

a) Παρεμποδίζεται η κυκλοφορία του αέρα.

Η κορεσμένη υγρασιακή κατάσταση του εδάφους, που σημαίνει ότι όλοι οι πόροι του είναι γεμάτοι με νερό, δεν επιτρέπει την κυκλοφορία του αέρα μέσα σ' αυτό και έτσι δημιουργείται ασφυκτικό περιβάλλον για το ριζικό σύστημα των φυτών,

με αποτέλεσμα την πλημμελή λειτουργία του και την παρεμπόδιση της σπουδαιότατης, για τα φυτά, λειτουργίας της αναπνοής. Επίσης, επιβραδύνονται ή και αναστέλλονται παντελώς τα διάφορα χημικά και βιοχημικά φαινόμενα που για να συμβιούν έχουν ανάγκη οξυγόνου. Παράταση της δυσμενούς αυτής υγρασιακής καταστάσεως στο έδαφος έχει σοβαρές επιπτώσεις στην παραγωγή, φθάνοντας και μέχρι το μηδενισμό της.

β) Τα υγρά εδάφη είναι ψυχρά.

Όταν το νερό πλεονάζει μέσα στο έδαφος, εξατμίζεται σε σημαντικές ποσότητες, με συνέπεια την πτώση της θερμοκρασίας του εδάφους αλλά και τη δύσκολη, με την ηλιακή ακτινοβολία, θέρμανσή του. Πτώση της θερμοκρασίας του εδάφους παρατηρείται επίσης όταν το νερό της επιφάνειας, έρχεται σε επαφή με ψυχρό ατμοσφαιρικό αέρα, οπότε αυξάνει η πυκνότητά του και υπό την επίδραση της βαρύτητος κατέρχεται σε βαθύτερα στρώματα με συνέπεια να προκαλεί την άνοδο θερμοτέρων μαζών νερού, οι οποίες ψύχονται με τη σειρά τους κ.ο.κ. Πάντως είναι δύσκολο να εκτιμήσει κανείς ακριβώς τη συμβολή των φαινομένων αυτών στην πτώση της θερμοκρασίας του εδάφους, η οποία εξαρτάται όχι μόνο, από τη φύση του εδάφους αλλά και από άλλους παράγοντες. Γενικά, υγρό και ψυχρό έδαφος σημαίνει καθυστέρηση της σποράς, καθυστέρηση της βλαστήσεως των σπόρων και ανομοιόμορφο φύτρωμα.

γ) Τα υγρά εδάφη δύσκολα καλλιεργούνται.

Έχει εκτιμήθει ότι το υγρό έδαφος απαιτεί διάθεση δυνάμεως ανώτερης κατά 25 ως 30% από εκείνη που θα χρειαζόταν αν το ίδιο έδαφος βρίσκονταν σε κανονική υγρασιακή κατάσταση, ενώ όλες οι εργασίες γίνονται βαρύτερες και περισσότερο επίπονες.

δ) Στα υγρά εδάφη υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να σαπίσουν οι ρίζες των φυτών.

Μπορεί ακόμα οι ρίζες να προσβληθούν από διάφορες παρασιτικές αισθένειες, με αποτέλεσμα πολλές φορές την ολοκληρωτική καταστροφή των καλλιεργειών.

4.3 Επιπτώσεις στις καλλιέργειες.

Όταν η στάθμη των υπογείων υδάτων (υδροφόρος ορίζοντας) δεν παραμένει στο άριστο, για το ριζικό σύστημα της καλλιέργειας, βάθος και ανεβαίνει προς τα ανώτερα στρώματα με συνέπεια το ριζικό σύστημα να βυθίζεται όλο και περισσότερο μέσα σ' αυτό ή ακόμα χειρότερα να φθάνει στην επιφάνεια και να κατακλύζει τα χαμηλά ευρισκόμενα υπέργεια φυτικά μέρη, τότε υπάρχει μεγάλος κίνδυνος σοβαρής μειώσεως της παραγωγής. Πολλές φορές μπορεί να φθάσει και μέχρι την ολοκληρωτική καταστροφή της, αν η διάρκεια της κατακλύσεως παραταθεί πέρα από ορισμένα όρια.

Βέβαια ο βαθμός των προκαλουμένων ζημιών ξαρτάται από την ευπάθεια που παρουσιάζει κάθε καλλιέργεια στην κατάλυση, από την εποχή που αυτή πραγματοποιείται, δεδομένου ότι η ευπάθεια των φυτών ποικίλλει ανάλογα με το στάδιο αναπτύξεώς τους, και, τέλος, από τη διάρκεια της κατακλύσεως. Διάρκεια κατακλύ-

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.1.
Ζημιές % της παραγωγής για διάφορες καλλιέργειες από κατάσκυση 3, 7, 11 και 15 ημερών

ΜΗΝΑΣ	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.
Ημέρες καταλύσεως	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15
ΦΥΓΑ	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Κτηνοτροφικό	- 5 10 - - 5 10 - - 5 10 - - 5 10 - - 5 10 - - 5 10 - - 5 10 - - 5 10 - - 5 10 - - 5 10 - - 5 10	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Βοσκές	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Λειψίας	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Ζαχαρόπευκλα	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Πατάτες	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Ηλιοτρόπιο	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Κανάθι	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Φθιν. σιτηρά	- 5 10 20 - 5 10 15 - 5 10 20	5 15 30 50	10 25 40 70	20 40 70 100	20 50 80 100	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Εαρ. σιτηρά	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- 10 20 40 100	15 40 75 100	20 80 75 100	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Καλαμπόκι	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- 20 80 100 100	10 50 80 100	10 40 75 100	- 10 50 80	- 10 40 60	- 10 20 30	- 10 10 - -

σεως 1 - 3 ημέρες επιφέρει μάλλον μια καθυστέρηση στην ανάπτυξη των φυτών, ενώ διάρκεια πάνω από 3 ημέρες αρχίζει να έχει φανερές επιπτώσεις στην παραγωγή. Διάρκεια κατακλύσεως 7 - 15 ημέρες προκαλεί μεγάλη μείωση της παραγωγής φθάνοντας μέχρι πλήρους καταστροφής, εφόσον η κατάκλυση γίνει σε κρίσιμη περίοδο αναπτύξεως των φυτών.

Για τους λειμώνες κατάκλυση διάρκειας μέχρι δύο μηνών, πριν από την έναρξη της βλαστήσεως, δεν επηρεάζει τις αποδόσεις, ενώ αντίθετα κατά την περίοδο της βλαστήσεως η κατάκλυση αρχίζει να προκαλεί μείωση των αποδόσεων όταν η διάρκεια της ξεπερνά τις 36 ώρες.

Τα σιτηρά φαίνεται οτι είναι ευαίσθητα στην κατάκλυση κατά την περίοδο της ανθήσεως και κατά την περίοδο της καρποδεσίας, ενώ δεν υποφέρουν πρακτικά κατά την περίοδο της ωριμάνσεως. Σχετικά πειράματα (Φινλανδία 1946) απέδειξαν ότι εαρινή κατάκλυση, λίγες ημέρες μετά τη βλάστηση, διάρκειας δύο ημερών, προκαλεί μείωση της παραγωγής κατά 50%, ενώ κατάκλυση διάρκειας πέντε ημερών μειώνει την παραγωγή μέχρι 75%.

Τα οπωροφόρα είναι αρκετά ευαίσθητα στην κατάκλυση και οι προκαλούμενες ζημιές ποικίλουν κατά πολύ, ανάλογα με το είδος του φυτού, την εποχή του έτους και τη διάρκεια της κατακλύσεως.

Πολλές προσπάθειες γίνονται για τον καθορισμό των ζημιών που προκαλούνται στις καλλιέργειες από την κατάκλυση. Μία συστηματική παρουσίαση δεδομένων σχετικών με την επίδραση της κατακλύσεως στην παραγωγή έγινε κατά τη διάρκεια του 3ου Διεθνούς Συνεδρίου Αρδεύσεων και Αποστραγγίσεων (Πίν. 4.3.1).

4.4 Αναγκαιότητα των στραγγίσεων – Πλεονεκτήματα.

Από τα προηγούμενα καταφαίνεται η αναγκαιότητα των στραγγίσεων προκειμένου να αποδοθούν στην παραγωγική καλλιέργεια: υγρές περιοχές που χωρίς συστηματική στράγγιση θα ήταν αδύνατο να αξιοποιηθούν, εδάφη στα οποία η στάθμη των υπογείων υδάτων είναι υψηλή ή ανέρχεται σε ανεπιθύμητα βάθη από την επιφάνεια του εδάφους, εδάφη που υπεραρδεύονται ή τέλος εδάφη που κατακλύζονται από έντονες βροχωπτώσεις.

Επίσης, οι στραγγίσεις είναι απαραίτητες γιατί επιτρέπουν την εξυγείανση παθογενών λόγω αλάτων εδαφών ή την έκπλυση αρδευομένων εδαφών με νερά που δεν είναι απαλλαγμένα διαλυτών αλάτων. Ιδιαίτερα αναγκαία είναι η στράγγιση των εδαφών των ξηρών, και ημίξηρων περιοχών που αρδεύονται με το σύστημα των σταγόνων, γιατί στην περίπτωση αυτή λόγω ανεπαρκών βροχοπτώσεων παρατηρείται συσσώρευση των αλάτων που περιέχονται στο αρδευτικό νερό στα ανώτερα στρώματα του εδάφους όπου βρίσκεται και το μεγαλύτερο μέρος του ριζικού συστήματος των φυτών.

Βασικά η εφαρμογή των στραγγίσεων συγκεντρώνει τα εξής βασικά πλεονεκτήματα:

α) Διευκολύνει τον αερισμό του εδάφους επιτρέποντας την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα στους πόρους του.

β) Διευκολύνει τη διείσδυση και ανάπτυξη των ριζών, οι οποίες μετά τη σήψη τους δημιουργούν ενα σύστημα αγωγών που αυξάνει τη διαπερατότητα του εδάφους και καθιστά γενικά το έδαφος πιο πρόσφορό στις καλλιέργειες.

γ) Ευνοεί την ανάπτυξη μικροοργανισμών, οι οποίοι αποσυνθέτουν την οργανική ουσία σε αφομοιώσιμη τροφή για τα φυτά (νιτροποίηση) υπό μορφή νιτρικών αλάτων.

δ) Βελτιώνει την αντοχή των αργιλωδών εδαφών στην ξηρασία.

ε) Ευνοεί την καλύτερη θέρμανση του εδάφους από την ηλιακή ενέργεια.

στ) Ευνοεί την εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών και συμβάλλει στην καταστροφή των ζιζανίων, ενώ δυσχεραίνει την ανάπτυξη των άλλων ασθενειών.

ζ) Επιτρέπει τη βελτίωση των παθογενών λόγω αλάτων εδαφών.

4.5 Αποτελέσματα.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η στράγγιση βελτιώνει την ποιότητα και αυξάνει την πιοσότητα της παραγωγής. Στο συμπέρασμα αυτό καταλήγουν όλοι οι γεωργοί και γεωπόνοι που την εφαρμόζουν. Τα αποτελέσματα ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, το είδος της καλλιέργειας και την ποιότητα του νερού που υπήρχε στο έδαφος πριν από την εκτέλεση των στραγγιστικών έργων. Παρόλα αυτά όμως είναι πάντα θετικά και συχνά πολύ εντυπωσιακά.

Σχετικά πειράματα και παρατηρήσεις κατέδειξαν ότι εφαρμογή στραγγίσεως με δραίνα, σε εδάφη καλλιεργούμενα με διάφορα φυτά μεγάλης καλλιέργειας, αύξησε την παραγωγή δημοσίως αναφέρεται κατωτέρω:

— Σε σιτάρι	57%
— Σε βρώμη	83%
— Σε κριθάρι	87%
— Σε βρίζα	119%
— Σε πατάτες	81%
— Σε λειμώνες	133%

Από τα στοιχεία αυτά φαίνεται η ιδιαίτερη σημασία των στραγγίσεων στην αύξηση της γεωργικής παραγωγής, η οποία μέσα σε λίγα χρόνια είναι σε θέση να καλύψει τις δαπάνες για την κατασκευή του αναγκαίου και κατάλληλου στραγγιστικού δικτύου.

Εδώ θα πρέπει να τονισθεί η έννοια του κατάλληλου δικτύου, γιατί πολύ συχνά οι γεωργοί δεν έχουν συνειδητοποιήσει τη σημασία του και επειδή το κόστος της κατασκευής είναι σχετικά σημαντικό, αρκούνται σε ημίμετρα, σε ατομική βάση, που συχνά είναι ελάχιστα αποτελεσματικά. Στις περιπτώσεις μικρού και διασπαρμένου κλήρου, επιβάλλεται η συνεργασία όλων των ενδιαφερομένων, ώστε το στραγγιστικό δίκτυο να καλύπτει δύσο το δυνατόν ευρύτερες περιοχές, γιατί τότε και η στράγγιση είναι αποτελεσματικότερη και το κόστος κατασκευής και συντηρήσεως, που πρώτιστα ενδιαφέρει τον παραγωγό, χαμηλότερο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

5.1 Γενικά.

'Όπως αναφέρθηκε στο Πρώτο Κεφάλαιο του Α' Μέρους αυτού του βοηθήματος το νερό που βρίσκεται μέσα στο έδαφος διακρίνεται σε τρεις βασικές κατηγορίες: στο ελεύθερο νερό ή νερό βαρύτητας, στο υγροσκοπικό και στο τριχοειδές. Από τις κατηγορίες αυτές εκείνη που ενδιαφέρει βασικά τις στραγγίσεις είναι το νερό βαρύτητας. Γενικά η κίνηση του νερού μέσα στο έδαφος, το οποίο έδαφος χαρακτηρίζεται ως ένα πορώδες μέσο, είναι πολύπλοκη και δε θα αναφερθουμε σ' αυτή λεπτομερώς, γιατί ξεπερνά τα δρια του προγράμματος σπουδών αυτού του κύκλου. Για την απόκτηση όμως μιας γενικής ιδέας αυτής της κινήσεως ροής αναφέρεται ότι η κίνηση αυτή μπορεί να θεωρηθεί, κατά απλουστευμένο τρόπο, σαν αποτέλεσμα συμβολής δύο βασικά δυνάμεων που οφείλονται στη βαρύτητα και στη διαφορά της υδροστατικής πίεσεως μεταξύ δύο σημείων της ρόης.

Οι παραπάνω δυνάμεις, για απλούστευση, θα λέγονται **υδραυλικό φορτίο** το οποίο μπορεί να είναι σταθερό (θεωρητικά) ή μεταβαλλόμενο. Έτσι, διανοίγοντας π.χ. μία τάφρο μέσα στο έδαφος για την απομάκρυνση του νερού που περισσεύει, η ροή του εδαφικού νερού σ' αυτή μπορεί να γίνεται με σταθερό υδραυλικό φορτίο (θεωρητική περίπτωση), οπότε και χαρακτηρίζεται ως **σταθερή** ή με μεταβαλλόμενο υδραυλικό φορτίο, οπότε η ροή χαρακτηρίζεται ως **ασταθής**.

Η κίνηση του νερού μέσα στο έδαφος γίνεται κατά τις τρεις διαστάσεις αλλά στη μελέτη ειδικών περιπτώσεων μπορεί να εξετάζεται κατά μία (μονοδιάστατη ροή), κατά δύο (επίπεδη ροή) ή κατά τις τρεις διαστάσεις (τριδιάστατη ροή).

Στη μελέτη της κινήσεως του νερου μέσα στο έδαφος σταθμό αποτέλεσαν τα πειράματα του Darcy (1856) στην πόλη Dizon της Γαλλίας. Ο Darcy κατέληξε στη διατύπωση της παρακάτω σχέσεως, γνωστής ως **Νόμος του Darcy** (σχ. 5.2a, 5.3a).

$$Q = K \cdot \frac{H}{L} \cdot S, \quad \text{η οποία διά} \quad \frac{H}{L} = I$$

γίνεται:

$$Q = KSI$$

όπου: Q = η παροχή.

K = συντελεστής υδατοπερατότητας ή υδραυλικής αγωγιμότητας.

I = κλίση υδραυλικού φορτίου.

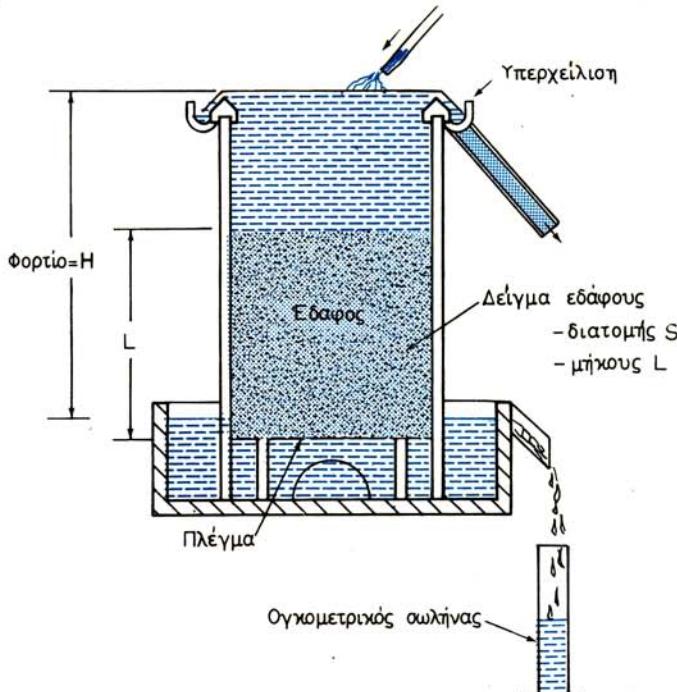
5.2 Υδατοπερατότητα.

Στην περίπτωση εδάφους σε κορεσμένη υγρασιακή κατάσταση, η κίνηση του νερού μέσα σ' αυτό γίνεται ουσιαστικά κάτω από την επίδραση της βαρύτητας. Ο όρος υδατοπερατότητα εκφράζει στην προκειμένη περίπτωση, την ιδιότητα του εδάφους να επιτρέπει την κίνηση του νερού διαμέσου των πόρων του.

Η υδατοπερατότητα ενός εδάφους εκφράζεται με το συντελεστή K της σχέσεως του Darcy (συντελεστής υδατοπερατότητας ή υδραυλικής αγωγιμότητας) που εχει διαστάσεις ταχύτητας και εκφράζεται, συνήθως, σε cm/h ή σε $\text{m}/\text{ημέρα}$. Λόγω της πολύ μικρής τιμής του, η έκφρασή του σε cm/sec δεν παρούσιαζει κανένα πρακτικό πλεονέκτημα κατά τους υπολογισμούς και γι' αυτό δεν χρησιμοποιείται.

Η γνώση της υδατοπερατότητας του εδάφους είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό των στραγγιστικών δικτύων. Η μέτρησή της μπορεί να γίνει στο εργαστήριο με τη βοήθεια ειδικών συσκευών ή και απευθείας στον αγρό.

Από τις εργαστηριακές μεθόδους περιγράφεται η μέθοδος μετρήσεως της υδατοπερατότητας με σταθερό ύψος φορτίου με τη βοήθεια της συσκευής του σχήματος 5.2a.



Σχ. 5.2a.

Συσκευή μετρήσεως της υδατοπερατότητας με σταθερό υδραυλικό φορτίο ($H = \text{σταθ.}$).

Το νερό που διαπερνά το εδαφικό δείγμα στη συσκευή, καταλήγει στον ογκομετρικό σωλήνα και γνωρίζοντας τα μεγέθη, όγκο νερού και χρόνο, υπολογίζεται η παροχή Q .

Εφαρμόζοντας το νόμο του Darcy που δίνεται από τη γνωστή σχέση:

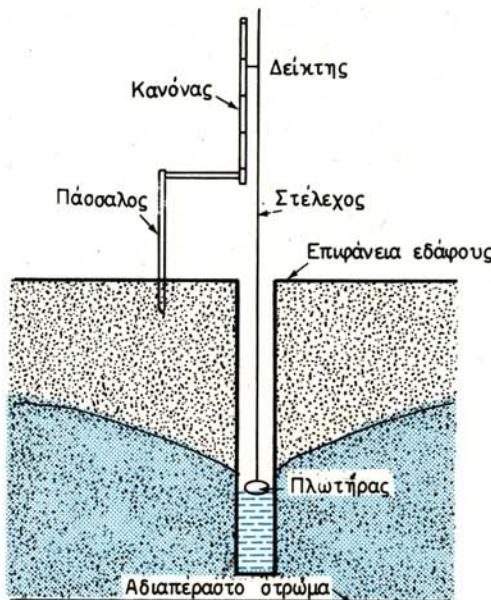
$$Q = K \frac{H}{L} S$$

όπου: Q , H/L και S είναι γνωστά, μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή του συντελεστή διαπερατότητας K .

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη λήψη του εδαφικού δείγματος. Το δείγμα πρέπει να παραμένει κατά το δυνατόν αδιατάρακτο.

Η συσκευή αυτή χρησιμοποιείται για εδάφη κανονικής και σχετικά μεγάλης διαπερατότητας. Για εδάφη μικρής διαπερατότητας χρησιμοποιείται άλλος τύπος συσκευής με μεταβλητό υδραυλικό φορτίο.

Από τις μεθόδους μετρήσεως της υδατοπερατότητας στον αγρό αναφέρεται αυτή που στηρίζεται στη διάνοιξη οπών με τη βοήθεια εδαφοτρυπάνου (σχ. 5.2β).



Σχ. 5.2β.

Εγκατάσταση εδαφοτρυπάνου για τη μέτρηση της υδατοπερατότητας στον αγρό.

Στην περίπτωση αυτή διανοίγεται με το εδαφοτρύπανο οπή στο έδαφος και παρακολουθείται η ταχύτητα ανυψώσεως του νερού μέσα στο σωλήνα με τη βοήθεια μετροτανίας με πλωτήρα ή με τη βοήθεια πήχη διαιρεμένου σε cm, επί του οποίου ολισθαίνει δείκτης που είναι μόνιμα προσαρμοσμένος στο σταθερό στέλεχος του πλωτήρα. Με ειδικά διαγράμματα στη συνέχεια υπολογίζουμε το συντελεστή διαπερατότητας K .

5.3 Νόμος του Darcy – Περιοχή ισχύος του νόμου.

Ο νόμος του Darcy αναφέρθηκε ήδη συνοπτικά στο Πρώτο Κεφάλαιο του Α'

Μέρους καθώς και στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου. Λόγω όμως της μεγάλης σημασίας του στις στραγγίσεις, είναι απαραίτητη μία πληρέστερη ανάλυσή του.

Ο Darcy με τα πειράματά του διευκόλυνε τη λύση του προβλήματος της ροής του νερού δια μέσου των πόρων του εδάφους εκφράζοντας όλους τους παράγοντες, που επηρεάζουν την κίνηση του νερού μέσα σ' αυτό, με ένα συντελεστή K που χαρακτηρίζει το πορώδες μέσο που χρησιμοποίησε στο πείραμα.

Πειραματιζόμενος λοιπόν με τη ροή του νερού διαμέσου κυλινδρικών στηλών γεμάτων με άμμο, κατέληξε στη γνωστή σχέση:

$$Q = K \frac{H}{L} S \quad (1)$$

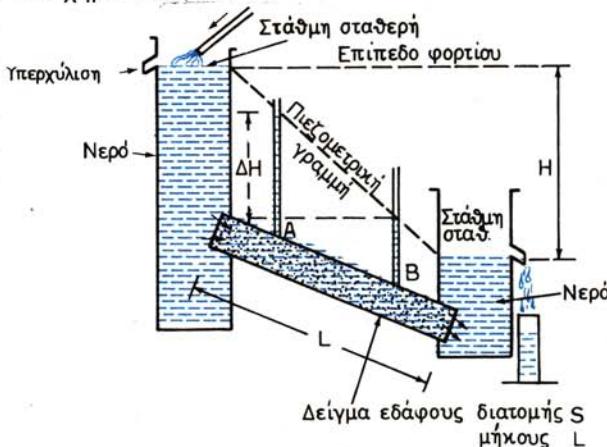
όπου: K = συντελεστής Darcy ή υδατοπερατότητας ή υδραυλικής αγωγιμότητας.

H/L = κλίση υδραυλικού φορτίου.

S = η διατομή του δείγματος του πορώδους μέσου που την εκφράζει η εσωτερική διάμετρος του κυλίνδρου.

Q = η παροχή.

Μία ενδεικτική συσκευή για την επαλήθευση του νόμου του Darcy φαίνεται στο σχήμα 5.3a. (Για να αντιληφθούμε τη λειτουργία του σχήματος, πρέπει να το συνδυάσουμε με το σχήμα 5.2a).



Σχ. 5.3α.

Όπως είναι γνωστό, η παροχή Q στ' έναν αγωγό διατομής S , μέσα στον οποίο κινείται νερό υπερ ταχύτητα V , δίνεται από τη σχέση:

$$\Omega \equiv V \cdot S \quad (2)$$

Η σχέση (1) μπορεί να πάρει τη μορφή της σχέσεως (2), αν αντικαταστήσομε με V την ποσότητα $K \cdot H/L$. Δηλαδή: διά $V = K \cdot H/L = KI$, η σχέση (1) γράφεται:

$$Q = KIS = VS \quad (3)$$

Στη σχέση (3) η ταχύτητα V χαρακτηρίζεται ως φαινόμενη ταχύτητα, γιατί, όπως είναι εκφρασμένη, δείχνει σαν η παροχή Q να προέρχεται από έναν αγωγό ενέργειας.

γού διατομής S. Αλλά, η διατομή S δε συμμετέχει ολόκληρη στην εκροή του νερού, γιατί ένα μέρος της καταλαμβάνεται από τους εδαφικούς κόκκους και επιπλέον ορισμένοι πόροι δεν είναι ενεργοί. Έτσι γίνεται φανερό ότι η φαινόμενη ταχύτητα είναι μικρότερη από την πραγματική ταχύτητα των υγρών μορίων μέσα στο ενεργό πορώδες του εδάφους.

Για τον προσδιορισμό των ορίων μέσα στα οποία ισχύει ο νόμος του Darcy, έγιναν πολλά πειράματα που αφορούσαν μεταβολές της ταχύτητας και των διαστάσεων των κόκκων του πορώδους μέσου.

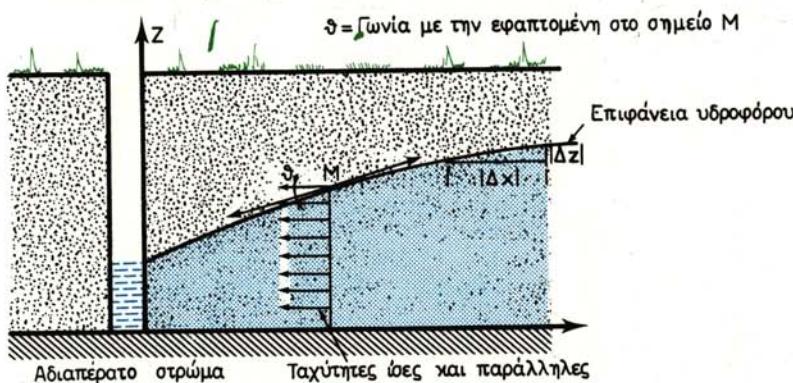
Γενικά, μπορεί να ειπωθεί ότι ο νόμος του Darcy ισχύει για πολύ μικρές ταχύτητες (μερικά cm/sec) με αριθμούς Reynolds μικρότερους ή ίσους με τη μονάδα ($Re \leq 1$). Κατά την άποψη μερικών ερευνητών, οι τιμές του αριθμού Reynolds μπορεί να είναι της τάξεως μερικών μονάδων. Πάντως, παρά τις πολυάριθμες κριτικές για την ισχύ του νόμου του Darcy, ο νόμος εξακολουθεί να αποτελεί τη βάση για τη μελέτη προβλημάτων κινήσεως του νερού σε πορώδη μέσα, στα οποία συμπεριλαμβάνεται και το έδαφος σχηματίζοντας τους καλούμενους υδροφόρους ορίζοντες.

Η κλασική θεωρία για τη μελέτη της ροής μέσα στους υδροφόρους αυτούς ορίζοντες βασίζεται στη θεωρία του νόμου του Darcy, πλαισιούμενου με την παραδοχή Dupuit. Σύμφωνα με αυτή, σε μια κατακόρυφη διατομή ενός υδροφόρου ορίζοντα, που κινείται επάνω σ' έναν οριζόντιο και αδιαπέρατο πυθμένα, δύος οι ταχύτητες ροής είναι παράλληλες και ίσες μεταξύ τους (σχ. 5.3β). Η παραδοχή αυτή εκφράζεται με τη σχέση:

$$V = -K \frac{\Delta z}{\Delta x} \quad (4)$$

όπου: $\Delta z / \Delta x$ = η κλίση υδραυλικού φορτίου που εξομοιώνεται με την εφαπτομένη της γωνίας θ και ισχύει για μικρές τιμές της γωνίας αυτής.

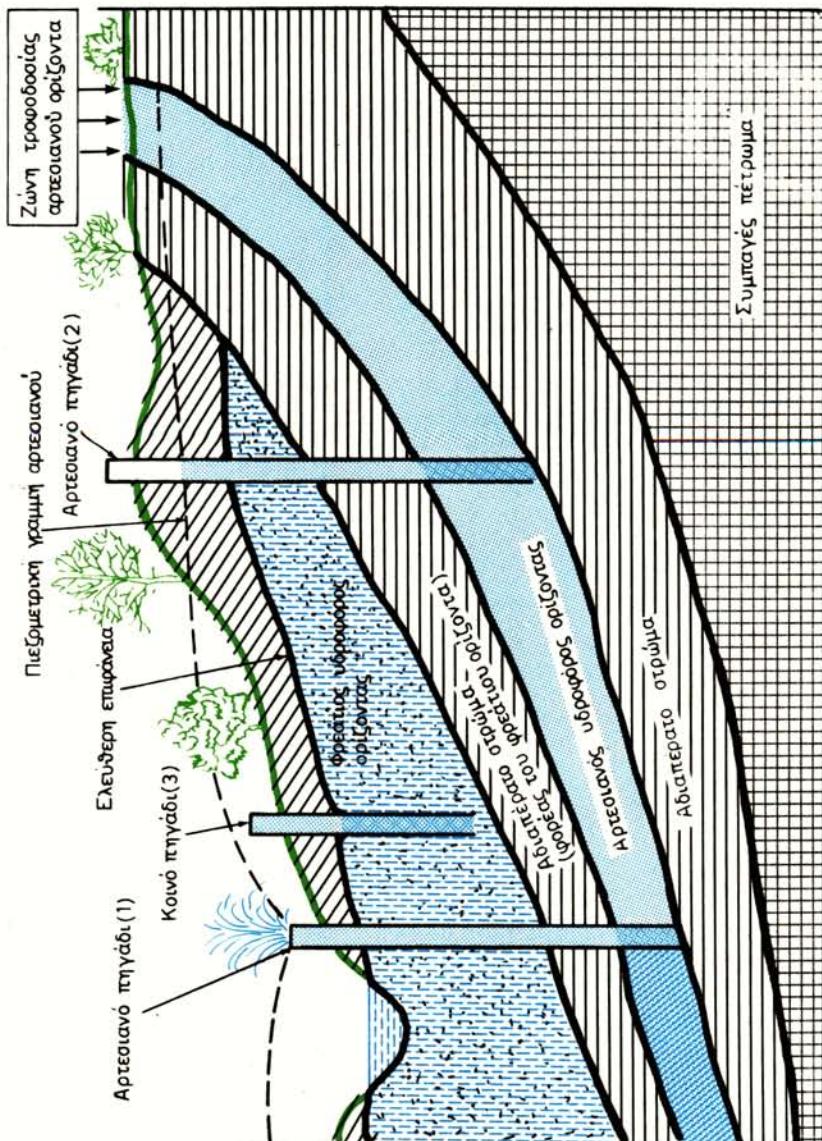
– K = ο συντελεστής Darcy.



Σχ. 5.3β.
Οπτική παράσταση της παραδοχής Dupuit.

5.4 Υδροφόροι ορίζοντες.

Τα νερά που πέφτουν στην επιφάνεια του εδάφους ρέουν ή λιμνάζουν επάνω σ'

**Σχ. 5.4.**

Σχηματική παράσταση φρεατίου και αρτεσιανού μεροφόρου ορίζοντα.

αυτήν και κάτω από την επίδραση της βαρύτητας, της υδροστατικής πιέσεως και αλλών δυνάμεων εισδύουν βραδέως μέσα στο έδαφος και σχηματίζουν τα λεγόμενα υπόγεια νερά. Η διείσδυση γίνεται διαμέσου των πόρων, των τριχοειδών σχισμών και αγγείων, των ρηγμάτων και, γενικά, των επιφανειών ασυνέχειας του έδαφους.

Τα υπόγεια νερά βρίσκονται μέσα σε γεωλογικούς σχηματισμούς, με τους οποίους, εφόσον αυτοί είναι πορώδεις και υδατοπερατοί, αποτελούν τους καλούμενους **υδροφόρους ορίζοντες** από τους οποίους μπορεί να γίνει απόληψη νερού.

Σχεδόν όλοι οι υδροφόροι ορίζοντες αποτελούνται από μη συμπαγή αδρομερή υλικά και ιζηματογενή πετρώματα, όπως οι ασβεστόλιθοι και οι διολομίτες με μεγάλο σχετικό πορώδες. Εδώ θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι το πορώδες γενικά ενός γεωλογικού σχηματισμού αποτελεί ένα δείκτη της ικανότητάς του για αποθήκευση νερού. Όμως ο όγκος του νερού που μπορεί να αποθηκευθεί δεν είναι όλος απολήψιμος. Γι' αυτό συχνά γίνεται χρήση του όρου **ωφέλιμο ή ενεργό πορώδες** που δείχνει τον όγκο του νερού που μπορεί να αποδώσει ο υδροφόρος ορίζοντας και που, φυσικά, αποτελεί ποσοστό του συνολικού όγκου.

Στην περίπτωση των στραγγίσεων που αποβλέπουν στη γεωργική αξιοποίηση μιας περιοχής, τα παραπάνω σημαίνουν ότι ένα αδρομερές έδαφος θα στραγγίσει νωρίτερα απ' ό,τι ένα έδαφος με λεπτόκοκκη δομή.

Οι υδροφόροι ορίζοντες βρίσκονται, συνήθως, μέσα σε συνεκτικούς γεωλογικούς σχηματισμούς, από τους οποίους οι **ψαμπικοί** (από κόκκους αμμού συνεκτικά συνδεμένους μεταξύ τους) παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη υδατοπερατότητα και προσφέρονται καλύτερα απ' ό,τι οι ασβεστόλιθοι ή οι αργιλικοί σχιστόλιθοι για το σχηματισμό τους.

Μπορεί, επίσης, να βρίσκονται μέσα σε αλλοιοβιακούς σχηματισμούς (προϊόν μεταφοράς και αποθέσεως υλικών που προέρχονται από διάβρωση διαφόρων πετρωμάτων) οπότε λέγονται **αλλοιοβιακοί υδροφόροι ορίζοντες**. Οι σχηματισμοί αυτοί συναντώνται κυρίως στις πεδιάδες και το δέλτα των ποταμών. Αποτελούνται από λεπτά και αδρομερή υλικά, διαστρωμένα σε εμφανείς στρώσεις που συχνά μοιάζουν μεταξύ τους. Διαφέρουν κυρίως ως προς το χρώμα και το πάχος, ανάλογα με τη φύση των μητρικών πετρωμάτων από τα οποία προέρχονται.

Οι υδροφόροι ορίζοντες χαρακτηρίζονται ως **φρεάτιοι ή ελεύθεροι**, εφόσον παρουσιάζουν ελεύθερη επιφάνεια, και ως **αρτεσιανοί**, εφόσον βρίσκονται υπό πίεση μεταξύ δύο αδιαπεράτων στρωμάτων. Στο σχήμα 5.4 φαίνονται παραστατικά οι δύο αυτοί τύποι των υδροφόρων ορίζοντων.

Όπως φαίνεται στο σχήμα, το νερό που βγαίνει από το πρώτο αρτεσιανό πηγάδι (1) σχηματίζει πίδακα, γιατί βρίσκεται πιο χαμηλά από την πιεζομετρική γραμμή, ενώ το νερό στο πηγάδι (2), επειδή το στόμιο του είναι πιο ψηλά από την πιεζομετρική γραμμή, δεν αναβλύζει από μόνο του. Θα χρειασθεί άντληση, όπως γίνεται με όλα τα πηγάδια που βρίσκονται μέσα σε ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα. Το αδιαπέρατο στρώμα πάνω στο οποίο βρίσκεται ο υδροφόρος ορίζοντας λέγεται **φορέας**. Είναι φανερό ότι η κάτω επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα ακολουθεί τη μορφή του φορέα επάνω στον οποίο βρίσκεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

6.1 Γενικά.

Όπως αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι φρεάτιοι υδροφόροι ορίζοντες παρουσιάζουν ελεύθερη επιφάνεια, η οποία βρίσκεται σ' επαφή με την ατμόσφαιρα διαμέσου των οποιασδήποτε φύσεως πόρων του εδάφους. Η επιφάνεια αυτή, γνωστή ως στάθμη του υπόγειου νερού, μπορεί να εξετασθεί είτε με βάση το βάθος στο οποίο βρίσκεται, με αφετηρία την επιφάνεια του εδάφους, είτε με βάση το απόλυτο υψόμετρό της από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η γνώση της διακυμάνσεως της υπόγειας στάθμης του νερού θα επιτρέψει τη μελέτη και την κατασκευή των αναγκαίων έργων έτσι, ώστε η στάθμη να διατηρείται σ' ένα τέτοιο επίπεδο από την επιφάνεια του εδάφους που να μην παρεμποδίζεται η κανονική ανάπτυξη και λειτουργία του ριζικού συστήματος των καλλιεργειών που αποτελεί προϋπόθεση για την απόληψη υψηλών αποδόσεων.

Η διαστασιολόγηση των στραγγιστικών έργων είναι κατά βάση συνάρτηση της μηχανικής συστάσεως του εδάφους, του όγκου των πλεοναζόντων νερών που πρέπει να απομακρυνθούν, του βάθους του κυρίου ριζοστρώματος των καλλιεργειών και φυσικά του βάθους στο οποίο είναι επιθυμητή η πτώση της στάθμης των υπογείων νερών.

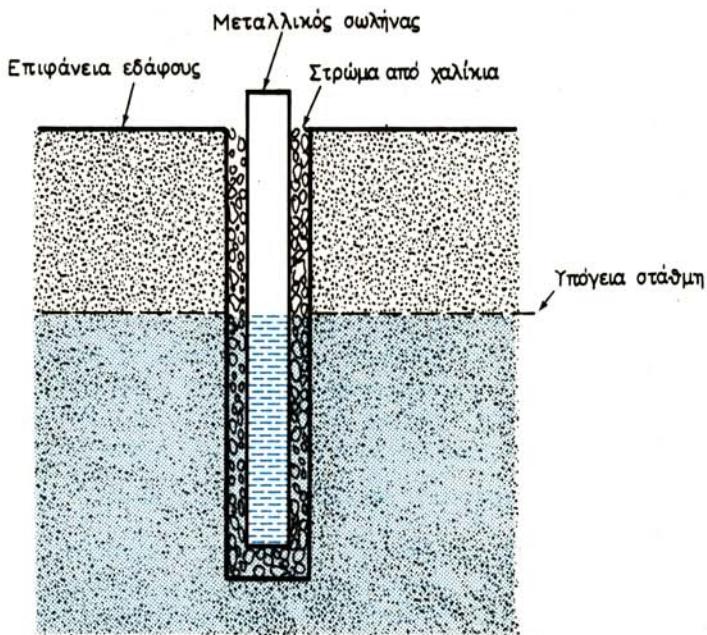
Στα παραπάνω θα πρέπει να προστεθεί και το κόστος των έργων, δεδομένου ότι κάθε καλλιέργεια αποβλέπει σε κάποιο οικονομικό όφελος. Γι' αυτό η γνώση της κατανομής του ριζικού συστήματος αποκτά ιδιαίτερη σημασία στο προκείμενο, γιατί θα οδηγήσει το μελετητή στον καθορισμό του βάθους των στραγγιστικών τάφρων. Έτσι, είναι φανέρο ότι αν σε μια δεδομένη καλλιέργεια το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται κατά το 85% σε βάθος 0,60 m και το υπόλοιπο 15% σε βάθος 1,20 m, τότε το οικονομικότερο βάθος των τάφρων θα ήταν το απαραίτητο για την πτώση της στάθμης στα 0,60 m. Πτώση της στάθμης σε μεγαλύτερα βάθη είναι θέμα οικονομικών υπολογισμών για κάθε περίπτωση και στην περίπτωση του παραδείγματος σαφώς δε συμφέρει, γιατί το ποσοστό του ριζικού συστήματος κάτω από 0,60 m είναι ουσιαστικά ασήμαντο και οι δαπάνες δυσανάλογα μεγαλύτερες.

6.2 Φρεάτια παρατηρήσεως της στάθμης του υπόγειου νερού.

Για την παρακολούθηση των διακυμάνσεων της στάθμης του υπόγειου νερού διανοίγονται στο έδαφος και στο αναγκαίο για κάθε περίπτωση βάθος, ειδικά φρεάτια, γνωστά ως **φρεάτια παρατηρήσεως**. Τέτοια φρεάτια διανοίγονται σε αντί-προσωπευτικά σημεία της αγροτικής περιοχής και σε αριθμό ή πυκνότητα που τα

λαμβανόμενα στοιχεία να επιτρέπουν το σχηματισμό σαφούς εικόνας, ως προς τη συμπεριφορά της στάθμης για ολόκληρο το έτος και για κάθε ζώνη της περιοχής.

Στο εσωτερικό των φρεατίων τοποθετείται διάτρητος μεταλλικός σωλήνας με διάμετρο, συνήθως, 5 cm. Ο σωλήνας έχει οπές από τις οποίες μπαίνει μέσα το νερό και ανεβαίνει, όπως είναι φυσικό, σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, μέχρι το ύψος της υπόγειας στάθμης του νερού. Για την προστασία των οπών από τυχόν εμφράξεις, ο σωλήνας περιβάλλεται από λεπτό στρώμα χαλικιών ή ακόμα από συρμάτινο ή πλαστικό πλέγμα με οπές με διάμετρο μικρότερη από 1 mm. Μια απλή παράσταση ενός φρεατίου παρατηρήσεως φαίνεται στο σχήμα 6.2. Η μέτρηση της στάθμης του νερού γίνεται με πολλούς τρόπους, π.χ. με τη βοήθεια πλωτήρα που φέρει αριθμημένο στέλεχος, με ειδική ηλεκτρική συσκευή, με αυτόματο σταθμηγράφο που καταγράφει όλες τις διακυμάνσεις της υπόγειας στάθμης ή ακόμη με πλήθος άλλων μηχανισμών που αποτελούν συνδυασμό ή παραλλαγές των παραπάνω.



Σχ. 6.2.
Φρεάτιο παρατηρήσεως.

Είναι φανερό ότι τα φρεάτια αυτά δίνουν άριστες μετρήσεις και αποτελέσματα στις περιπτώσεις των ελευθέρων ή φρεατίων υδροφόρων ορίζοντων, όπου δεν υπάρχει επίδραση από αρτεσιανό ορίζοντα και η στράγγισή τους δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες.

6.3 Πιεζόμετρα.

Τα πιεζόμετρα είναι μεταλλικοί σωλήνες, οι οποίοι είναι ανοικτοί και από τα δύο άκρα και έχουν διάμετρο περίπου 2 cm. Οι σωλήνες αυτοί βυθίζονται μέσα στο έ-

δαφος, ενώ με ειδικό τρύπανο αφαιρείται το χώμα που περικλείουν. Το νερό, που μπαίνει από το κάτω ανοικτό άκρο του σωλήνα ανεβαίνει μέσα σ' αυτόν μέχρι ένα ορισμένο ύψος. Το ύψος αυτό μετρά με ικανοποιητική ακρίβεια την πίεση στο κάτω άκρο του σωλήνα.

Ο αριθμός, η πυκνότητα και το βάθος των πιεζομέτρων εξαρτώνται από την ίδιομορφία των συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή. Από την παρακολούθηση της στάθμης του νερού μέσα σε γειτονικά αλλά σε διαφορετικά βάθη τοποθετημένα πιεζόμετρα διαπιστώνεται και η ύπαρξη αρτεσιανού υδροφόρου ορίζοντα εφόσον η στάθμη του νερού των πιεζομέτρων που είναι τοποθετημένη σε μεγάλο βάθος, υπερβαίνει τη στάθμη των πιεζομέτρων που βρίσκονται σε μικρότερο βάθος.

Η στράγγιση περιοχών, που υπόκεινται στην επίδραση αρτεσιανού υδροφόρου ορίζοντα, παρουσιάζει πολλά προβλήματα και είναι αρκετά δύσκολη. Πάντως, επιβάλλεται η συνδυασμένη αξιοποίηση των στοιχείων που θα προκύψουν από φρεάτια και πιεζόμετρα, εγκαταστημένα σε μια περιοχή για την πλήρη μελέτη της περιοχής και την εξεύρεση των καλυτέρων δυνατών λύσεων, με βάση την προέλευση των νερών και την κίνησή τους μέσα στο έδαφος.

Τόσο η προέλευση όσο και η κατεύθυνση της κινήσεως του νερού μέσα στο έδαφος είναι δυνατόν να προσδιορισθεί από τα στοιχεία των παρατηρήσεων σε φρεάτια και πιεζόμετρα, γιατί είναι φυσική συνέπεια η κίνηση να γίνεται από τα σημεία υψηλής στάθμης με μεγαλύτερο υδραυλικό φορτίο προς τα σημεία χαμηλότερης στάθμης με μικρότερο υδραυλικό φορτίο.

Οι παραπάνω μετρήσεις της στάθμης του υπόγειου νερού γίνονται συνήθως σε κανονικά (ανά δεκαπενθήμερο) χρονικά διαστήματα ή και εκτάκτως εφόσον ειδικά περιστατικά το επιβάλλουν.

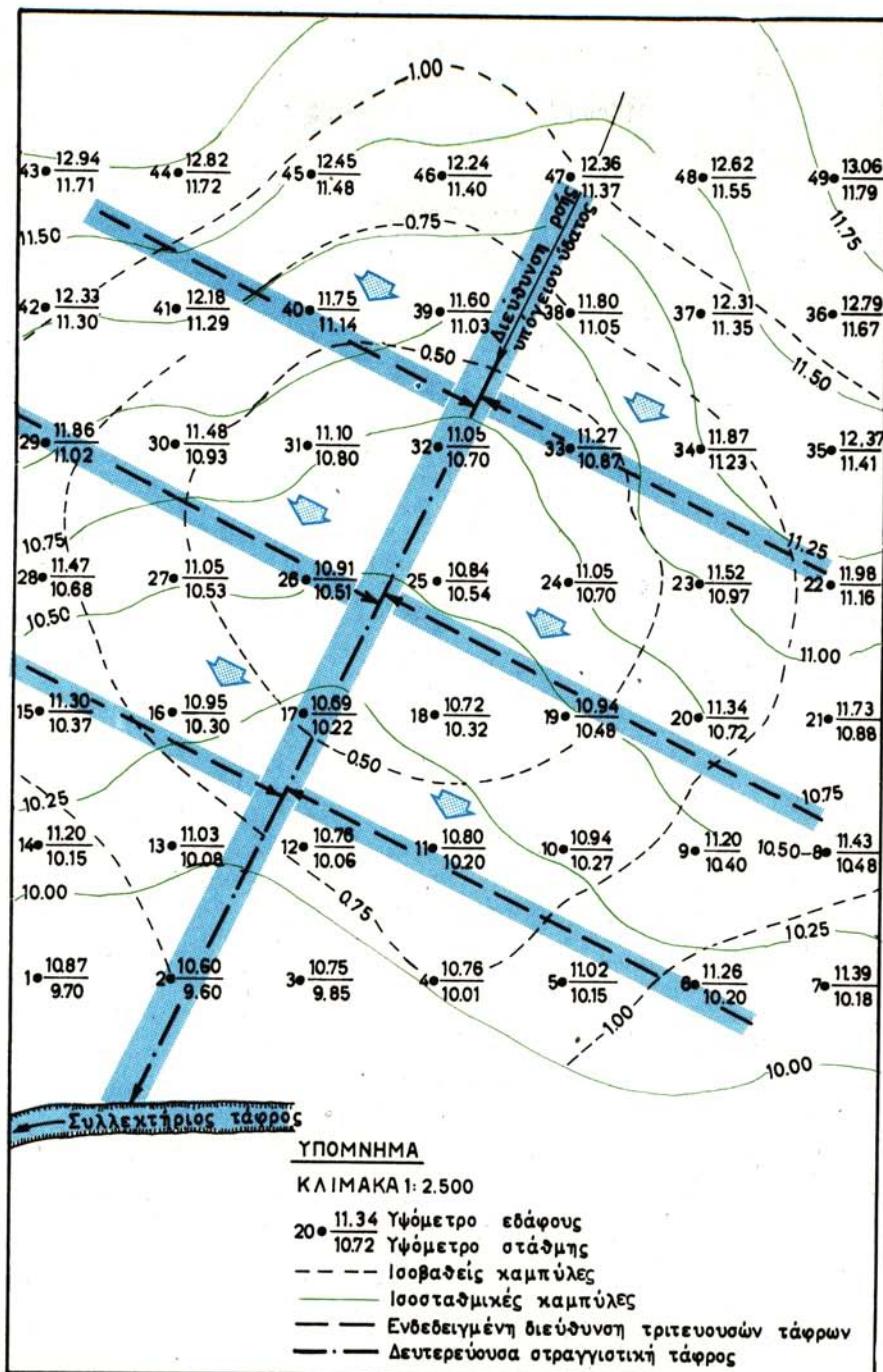
Τα αποτελέσματα των παραπάνω μετρήσεων ανάγονται σε απόλυτα υψόμετρα και στη συνέχεια χαράζονται ειδικά διαγράμματα, τα οποία οδηγούν στον καθορισμό των ζωνών προτεραιότητας για στράγγιση και στη σωστή χάραξη του αναγκαίου στραγγιστικού δικτύου που απαιτεί η συγκεκριμένη γεωργική περιοχή.

6.4 Διαγράμματα ισοσταθμικών και ισοβαθών καμπυλών.

Με βάση τα στοιχεία που δίνουν οι μετρήσεις της στάθμης των υπογείων νερών, είναι δυνατή η χάραξη δύο ιδιαίτερης σημασίας διαγραμμάτων. Δηλαδή των διαγραμμάτων των **ισοσταθμικών** και των **ισοβαθών καμπυλών**. Για τη χάραξή τους χρησιμοποιούνται τα δεδομένα μετρήσεων της ίδιας ημέρας.

To διάγραμμα των ισοσταθμικών καμπυλών γίνεται με τη συνένωση όλων των σημείων της υπόγειας στάθμης που έχουν το ίδιο απόλυτο υψόμετρο. Οι καμπύλες αυτές έχουν ιδιαίτερη σημασία, γιατί δίνουν την κατεύθυνση της ροής μέσα στο έδαφος η οποία, όπως είναι φυσικό, γίνεται από τα μεγαλύτερα προς τα μικρότερα ύψη υδραυλικού φορτίου ή, απλούστερα, από τις καμπύλες με το μεγαλύτερο απόλυτο υψόμετρο προς τις καμπύλες με μικρότερο υψόμετρο.

Δεδομένου ότι η ροή γίνεται κάθετα προς τις ισοσταθμικές καμπύλες είναι φανερό ότι κατά τη χάραξη του στραγγιστικού δικτύου, οι τριτεύουσες τάφροι πρέπει να χαράζονται παράλληλα προς αυτές, γιατί έστι τέμνουν κάθετα τη διεύθυνση της ροής και η αποδοτικότητά τους είναι αποτελεσματική. Τοποθέτηση των τριτεύουσών τάφρων κατά τη διεύθυνση της ροής, δηλαδή κάθετα προς τις ισοϋψεις, είναι



Σχ. 6.4.
Διάγραμμα ισοσταθμικών και ισοβαθών καμπυλών.

λαθεμένη γιατί η στράγγιση είναι πλημμελής.

Το διάγραμμα των ισοβαθών καμπυλών γίνεται με τη συνένωση όλων των σημείων της υπόγειας στάθμης που βρίσκονται στο ίδιο βάθος από την επιφάνεια του εδάφους. Οι καμπύλες αυτές επιτρέπουν τον καθορισμό των ζωνών με υψηλή ή χαμηλή στάθμη των υπογείων νερών, οι οποίες έχουν μεγαλύτερη ή μικρότερη ανάγκη στραγγίσεως. Έτσι καθορίζονται μέσα σε μία συγκεκριμένη περιοχή οι ζώνες προτεραιότητας στις οποίες πρέπει να γίνει στράγγιση.

Στο σχήμα 6.4 φαίνεται η μορφή ενός διαγράμματος στο οποίο παρουσιάζονται μαζί οι ισοσταθμικές και ισοβαθείς καμπύλες.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

7.1 Γενικά.

Τα βασικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπισθούν με την κατασκευή ενός στραγγιστικού δικτύου είναι:

α) Η παρεμπόδιση των εξωτερικών νερών να μπαίνουν στην περιοχή η οποία πρόκειται να στραγγισθεί.

β) Η συγκέντρωση των νερών που πέφτουν απευθείας στην επιφάνεια της περιοχής και λιμνάζουν σ' αυτήν προκαλώντας ανεπιθύμητη άνοδο της υπόγειας στάθμης του νερού του εδάφους.

γ) Η απομάκρυνση δύλων αυτών των νερών με τη βοήθεια ενός συστήματος συλλεκτηρίων αγωγών που θα καταλήγουν σε μία κεντρική απαγωγό τάφρο. Η τάφρος αυτή θα τα οδηγήσει έξω από την περίμετρο της περιοχής.

Βασικός στόχος ενός στραγγιστικού δικτύου είναι η δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών αναπτύξεως του ριζικού συστήματος των φυτών. Αυτός επιτυγχάνεται με την απομάκρυνση των πλεοναζόντων νερών και τη διατήρηση της υπόγειας στάθμης των νερών σε επίπεδα ακίνδυνα για την απρόσκοπη ανάπτυξη των φυτών.

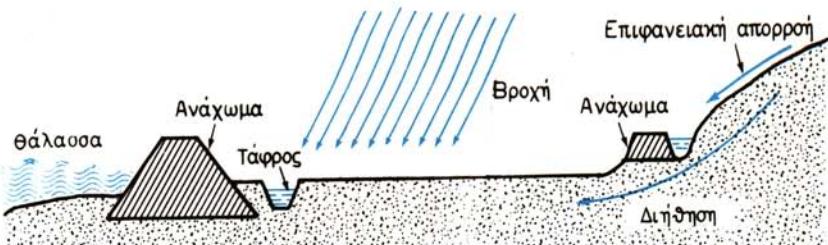
Τα δεδομένα για τη μελέτη ενός στραγγιστικού δικτύου είναι σχετικά λίγα και ο ακριβής προσδιορισμός τους αρκετά δύσκολος (διάρκεια αντοχής των καλλιεργειών σε κορεσμένο υγρασιακό περιβάλλον, άριστο βάθος υπόγειας στάθμης, βροχοπτώσεις). Με βάση αυτά τα δεδομένα πρέπει να υπολογισθούν οι παροχές που τα στραγγιστικά έργα θα πρέπει να απομακρύνουν από την περιοχή (παροχές αγροτεμαχίων, τριτευουσών, δευτερευουσών και πρωτευουσών τάφρων, καθώς και της κεντρικής συλλεκτήριας τάφρου στην οποία καταλήγουν όλα τα νερά της στραγγίσεως από ολόκληρη την περιοχή).

Τα βασικά στοιχεία ενός στραγγιστικού δικτύου είναι τα εξής: **αναχώματα, περιφερειακή προστατευτική τάφρος, τάφροι κάθε κατηγορίας, τα δραίνα κάθε μορφής και το αυτλιοστάσιο.** Βέβαια δεν είναι απαραίτητο όλα αυτά τα στοιχεία να συνυπάρχουν σ' ένα στραγγιστικό δίκτυο.

7.2 Περιγραφή και λειτουργία των σπουδαιοτέρων στοιχείων των δικτύων.

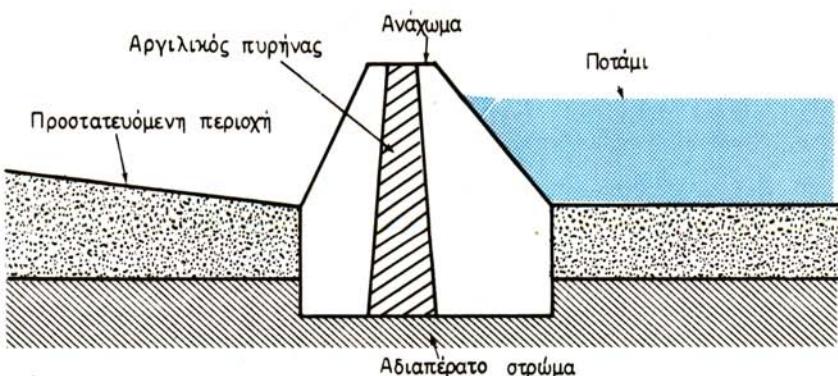
7.2.1 Τα αναχώματα.

Όταν υπάρχει πρόβλημα προστασίας μιας γεωργικής περιοχής από νερά που θα μπορούσαν να την κατακλύσουν λόγω επιφανειακής απορροής ή γειτονίας της με



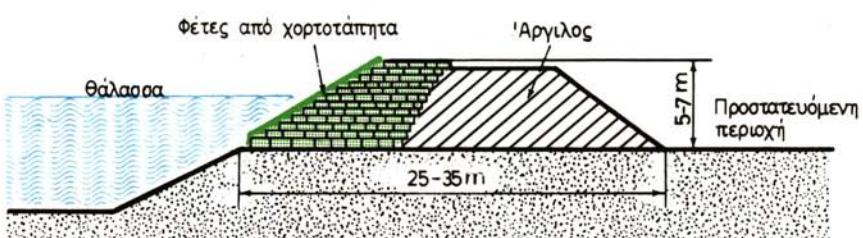
Σχ. 7.2α.

Σχηματική παράσταση αναχώματος για προστασία από θάλασσα ή ποτάμι και από νερά απορροής. Η περίπτωση του σχήματος απαιτεί την εγκατάσταση αντλιοστασίου για την απομάκρυνση των νερών (γνωστή ως περίπτωση Polders).



Σχ. 7.2β.

Ανάχωμα σε τομή για προστασία από ποτάμι.



Σχ. 7.2γ.

Ανάχωμα σε τομή για προστασία από θάλασσα.

ποτάμι ή θάλασσα, τότε η λύση αφορά στην κατασκευή, κατά κανόνα, ενός αναχώματος (σχ. 7.2α). Η λύση αυτή προτιμάται ιδιάτερα, γιατί έχει χαμηλό κόστος και μπορεί να γίνει με υλικά που βρίσκονται μέσα ή κοντά στην περιοχή.

Το ύψος των αναχωμάτων πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε να παρεμποδίζεται αποτελεσματικά η περιοχή από την είσοδο ανεπιθυμήτων εξωτερικών νερών.

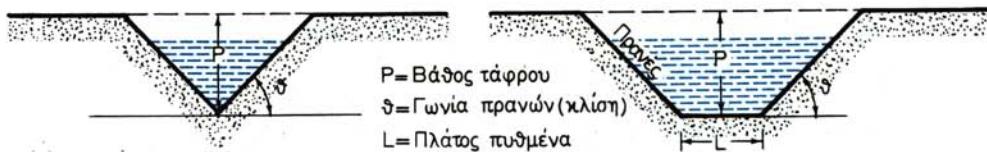
Τα σχήματα 7.2β και 7.2γ παρουσιάζουν σε τομή αναχώματα για προστασία από ποτάμι και θάλασσα.

Τα κύρια ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός αναχώματος είναι το αδιαπέρατο και η σταθερότητά του.

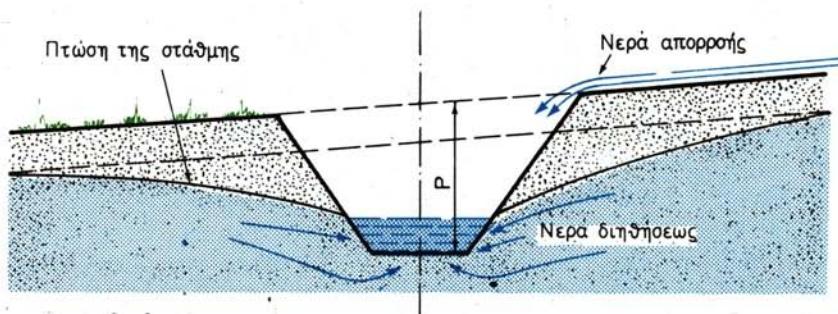
7.2.2 Οι τάφροι.

Στο σχήμα 7.2δ φαίνονται διάφοροι τύποι διατομών τάφρων, οι οποίες χαρακτηρίζονται από το βάθος τους P και την κλίση των πρανών που καθορίζεται από τη γωνία θ .

Για τον πλήρη γεωμετρικό καθορισμό της τάφρου είναι απαραίτητη η γνώση της κατά μήκος κλίσεώς της (I), της διαπερατότητας K του εδάφους και της μηχανικής συστάσεως του εδάφους.



Σχ. 7.2δ.
Τριγωνική και τραπεζοειδής τάφρος.



Σχ. 7.2ε.
Σχηματική παράσταση λειτουργίας τάφρου.

Για την καλύτερη κατανόηση του ρόλου της τάφρου στη συλλογή και απομάκρυνση των νερών βλέπε με προσοχή το σχήμα 7.2ε.

Η τάφρος του σχήματος:

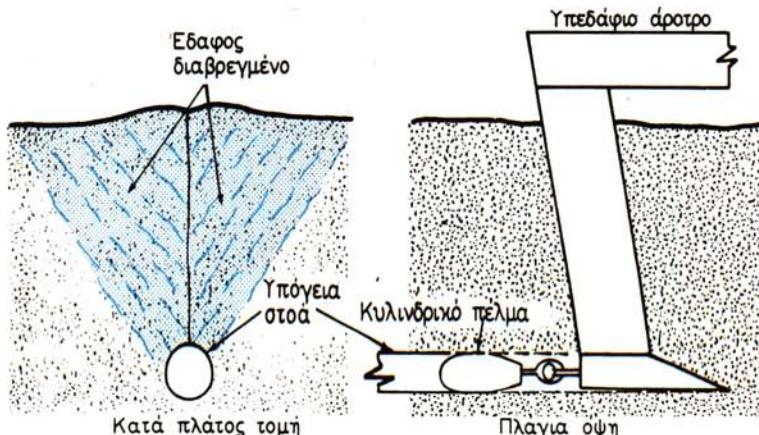
- Δέχεται τα νερά που απορρέουν στην επιφάνεια του εδάφους και διακόπτει την κίνησή τους.
- Λειτουργεί ως κοινό πηγάδι δεχόμενο τα νερά διηθήσεως που προέρχονται από το φρεάτιο ορίζοντα.
- Μεταφέρει τα νερά που συγκεντρώνονται σ' αυτή σε άλλες τάφρους μεγαλύτερης τάξεως από αυτήν, με τελικό σκοπό την απομάκρυνσή τους από την περιοχή.
- Μπορεί σε περιόδους ξηρασίας να συλλάβει και να κατακρατήσει, εφόσον είναι κατάλληλα εξοπλισμένη με θυρίδες, νερά των τελευταίων εαρινών βροχών, τα οποία διηθούμενα συμβάλλουν στη βελτίωση των συνθηκών υγρασίας του εδάφους. Τα νερά αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για άρδευση ύστερα από άντληση.

7.2.3 Τα δραίνα.

Οι δραίνα χαρακτηρίζονται σωληνωτοί αγωγοί στραγγίσεως κατασκευασμένοι

από πηλό, τσιμέντο, αμιαντοτσιμέντο ή και πλαστικό οι οποίοι τοποθετούνται μέσα στο έδαφος σε βάθος ανάλογο με την ειδική περίπτωση. Τα νερά της στραγγίσεως εισέρχονται μέσα σ' αυτούς από τα κενά μεσοδιαστήματα μεταξύ δύο διαδοχικών αγωγών, από ειδικές σχισμές ή ακόμη και από τους πόρους του ίδιου του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένοι. Στη συνέχεια κατευθύνονται προς συλλεκτήριες τάφρους και από εκεί προς την κεντρική συλλεκτήρια τάφρο αποστραγγίσεως.

Ως δραίνα μπορούν να χαρακτηρισθούν επίσης υπόγειες στοές που διανοίγονται μέσα στο έδαφος με ειδικό μηχάνημα χωρίς καμιά άλλη φροντίδα (σχ. 7.2στ.).



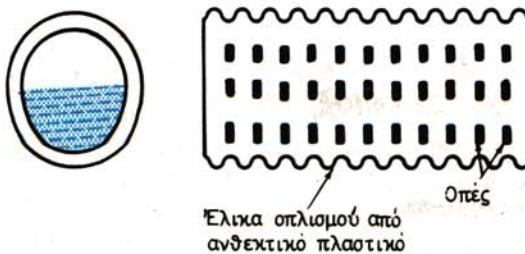
Σχ. 7.2στ.
Διάνοιξη υπόγειας στοάς με υπεδάφιο άροτρο.

Οι πηλοσωλήνες έχουν συνήθως μήκος 30 - 33 cm και εσωτερική διάμετρο 5, 6, 8, 10 cm ή και περισσότερα και τοποθετούνται μέσα σε τάφρους που διανοίγονται με ειδικά μηχανήματα. Ο πυθμένας τους επικαλύπτεται με αδρομερή υλικά (άμμος, μικρά χαλίκια), ώστε να μπορεί το νερό να μπαίνει εύκολα μέσα σ' αυτούς (σχ. 4.1β). Μεταξύ των σωλήνων αφήνεται κενό μεσοδιάστημα 3 ως 6 mm ανάλογα με τη σταθερότητα του εδάφους.

Οι σωλήνες στραγγίσεως από τσιμέντο, σε σύγκριση με τους πηλοσωλήνες, έχουν το πλεονέκτημα ότι έχουν μεγαλύτερη αντοχή στα φορτία που βρίσκονται πάνω από αυτούς καθώς και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Επίσης είναι δυνατή η κατασκευή τους στον τόπο των έργων. Ως προς τις διαστάσεις τους, την τοποθέτησή τους μέσα στο έδαφος και τη λειτουργία τους ισχύουν όσα και για τους πηλοσωλήνες.

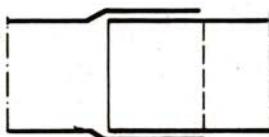
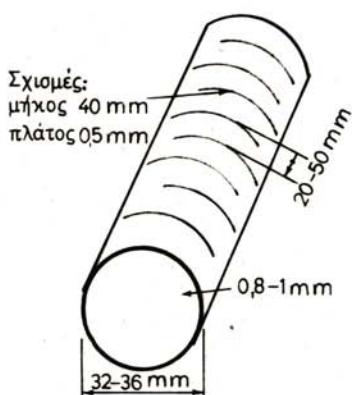
Οι σωλήνες από πλαστικό έκαναν την εμφάνισή τους κατά τα τελευταία χρόνια και η εξάπλωσή τους επεκτείνεται συνεχώς, γιατί είναι οικονομικότεροι τελικά, λόγω μειωμένου κόστους μεταφοράς και τοποθετήσεως αν και το κόστος βέβαια αγοράς τους είναι μεγαλύτερο από εκείνο των πηλοσωλήνων. Οι σωλήνες αυτοί είναι κατασκευασμένοι από άκαμπτο χλωριούχο πολυβινύλιο (P.V.C.) ή είναι εύκαμπτοι πλαστικοί τύπου «σπιράλ» με οπές (σχ. 7.2ζ). Παρουσιάζουν, σε σύγκριση με τα άλλα είδη σωλήνων, πλεονεκτήματα όπως μικρό βάρος, εύκολη μεταφορά, γρήγορη τοποθέτηση, δυνατότητα ικανοποιητικής ευθυγραμμίσεως, ανθεκτικότητα στην επίδραση οξέων, αλάτων, μικροοργανισμών κ.ά.

Οι άκαμπτοι πλαστικοί σωλήνες φέρουν στην επιφάνειά τους οπές ή σχισμές για



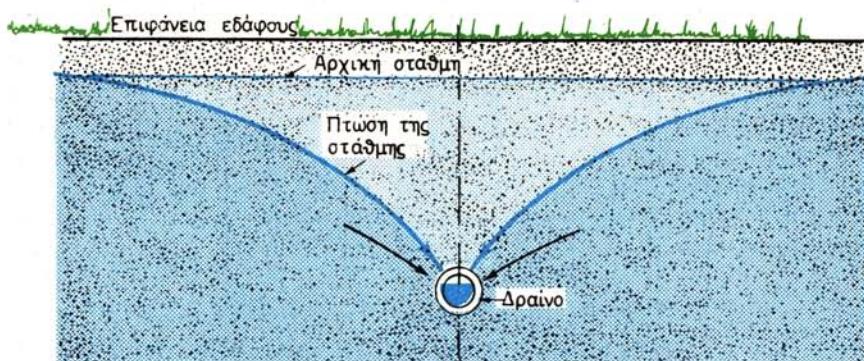
Σχ. 7.2ζ.

Εύκαμπτος πλαστικός σωλήνας τύπου «σπιράλ» με οπές.



Σχ. 7.2η.

Άκαμπτος πλαστικός σωλήνας με σχισμές κάθετες προς τον δίξονα του σωλήνα. Παραπλεύρως τρόπος συνδέσεως δύο διαδοχικών σωλήνων.



Σχ. 7.2θ.

Παράσταση πτώσεως της υπόγειας στάθμης από την παρουσία του δραίνου.

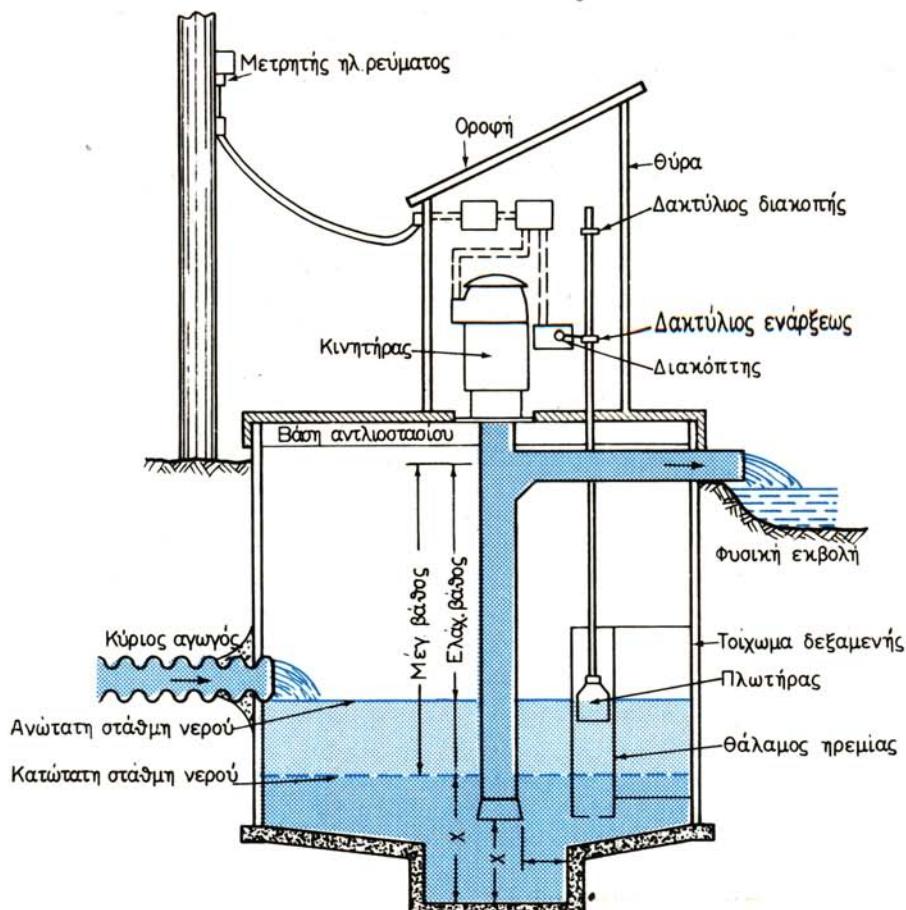
την είσοδο του νερού. Οι σχισμές αυτές μπορεί να είναι κάθετες ή παράλληλες προς τον άξονα του σωλήνα. Γενικά έχουν πλάτος γύρω στα 0,8 mm και μήκος γύρω στα 40 mm (σχ. 7.2η).

Για την προστασία από τον κίνδυνο εμφράξεως των σχισμών των σωλήνων στραγγίσεως από την ιλύ του εδάφους, τους περιβάλλουν κατά την τοποθέτησή τους με μίγμα από χονδρόκοκκο υλικό ορισμένης κοκκομετρικής συνθέσεως που λειτουργεί ως προστατευτικό φίλτρο με αποτέλεσμα την αύξηση διάρκειας ζωής τους.

Τέλος, μία ενδεικτική παράσταση πτώσεως της υπόγειας στάθμης νερού από την παρουσία δραίνου φαίνεται στο σχήμα 7.2θ.

7.2.4 Το αντλιοστάσιο.

Σε ειδικές περιπτώσεις, όταν π.χ. τα νερά της στραγγίσεως δεν μπορούν να απομακρυνθούν με φυσική ροή λόγω ελλείψεως διεξόδου ή μικρής κλίσεως του εδάφους ή ακόμη, γιατί η ελεύθερη επιφάνεια του νερού μέσα στη συλλεκτήρια τάφρο βρίσκεται χαμηλότερα από την επιφάνεια της θάλασσας, όπως π.χ. στο Polder Μεσολογγίου, τότε είναι απαραίτητη η εγκατάσταση αντλιοστασίου. Με το αντλιοστάσιο τα νερά της στραγγίσεως αντλούνται και στη συνέχεια απορρίπτονται στη θάλασσα ή σε άλλο σημείο που υπάρχει διέξοδος (σχ. 7.2i).

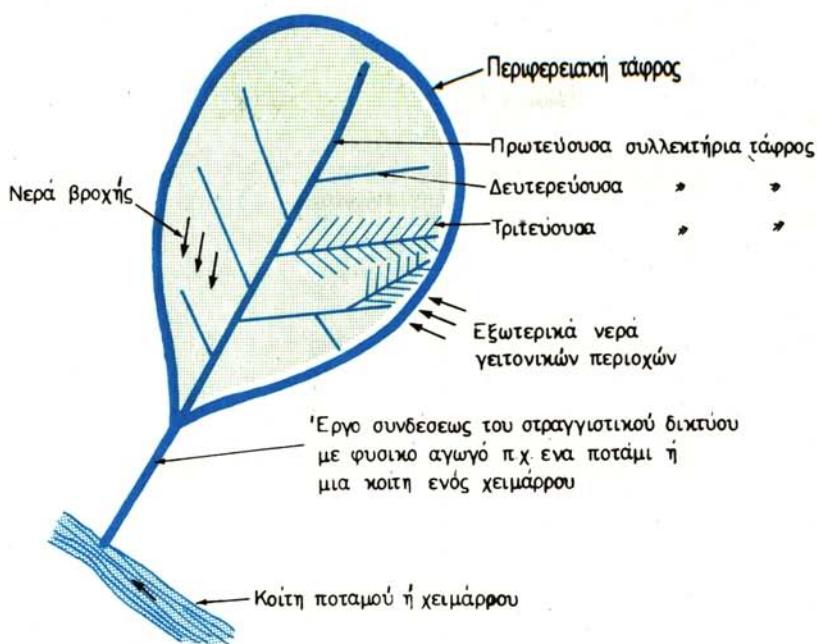


Σχ. 7.2i.
Τυπική διάταξη εκβολής με άντληση.

7.3 Τυπικά σχήματα στραγγιστικών δίκτυων.

7.3.1 Γενικό σχήμα στραγγιστικού δίκτυου (σχ. 7.3a).

Ο γεωπόνος ή ο μηχανικός οφείλει, με βάση τα στοιχεία που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα, να σχεδιάσει στην υπό στράγγιση περιοχή ένα αποτελεσματικό στραγγιστικό δίκτυο επιλέγοντας και προσαρμόζοντας κατάλληλα τα στοιχεία που



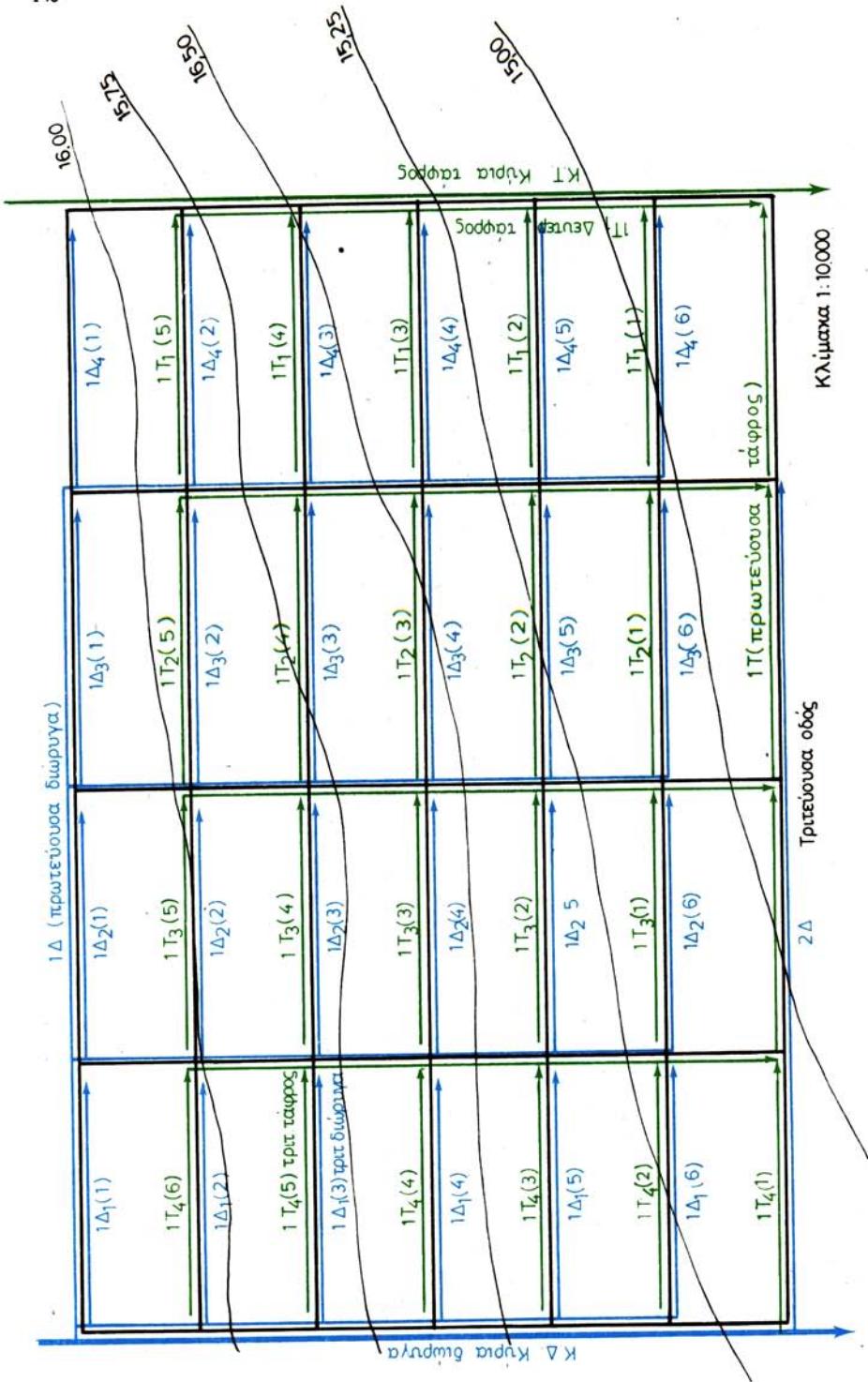
Σχ. 7.3α.
Γενικό σχήμα στραγγιστικού δίκτυου.

το συνθέτουν έτσι, ώστε να επιτυγχάνεται με τον οικονομικότερο τρόπο, η εξυγίανση της περιοχής από κάθε ανεπιθύμητη πληθωριστική υγρασία.

Εξετάζοντας το θεωρητικό δίκτυο του σχήματος 7.3α, το οποίο προορίζεται να προστατεύσει μία δεδομένη περιοχή από κάθε ανεπιθύμητη υγρασία, βλέπομε ότι περιλαμβάνει:

- Την περιφερειακή τάφρο, η οποία, όπως έχει ήδη αναφερθεί, έχει ως αποστολή να παρεμποδίζει την είσοδο των προερχομένων από γειτονικές περιοχές επιφανειακών ή διηθουμένων νερών στην υπό στράγγιση περιοχή.
- Την πρωτεύουσα συλλεκτήρια τάφρο που συγκεντρώνει τα νερά των δευτερεύουσών τάφρων. Στην περίπτωση του σχήματος 7.3α η πρωτεύουσα τάφρος μπορεί να χαρακτηρισθεί και ως κύρια συλλεκτήρια τάφρος, γιατί δέν υπάρχει άλλη σημαντικότερη από αυτήν.
- Τις δευτερεύουσες τάφρους που συγκεντρώνουν τα νερά των τριτεύουσών τάφρων.
- Τις τριτεύουσες τάφρους που, ανάλογα με την περίπτωση, συγκεντρώνουν τα νερά από την υπό στράγγιση περιοχή απευθείας ή μέσω άλλων μικροτέρων τάφρων ή δραίνων σε τρόπο, ώστε η στάθμη του υπόγειου νερού να παραμένει σε τέτοιο επίπεδο, ώστε να μην προκαλείται ζημιά στη γεωργική παραγωγή.
- Τον αγωγό συνδέσεως της κύριας συλλεκτήριας τάφρου με την κοίτη ενός φυσικού αποδέκτη, που θα οδηγήσει τα νερά της στράγγισεως μακριά από τη στραγγιζόμενη περιοχή ή στη θάλασσα.

Γενικά, ένα στραγγιστικό δίκτυο μπορεί να αποτελείται μόνο από ανοικτούς αγωγούς (τάφρους) ή, το συνηθέστερο, να αποτελείται από ένα συνδυασμό τάφρων



Σχ. 7.3β.

Τυπικό σχήμα στραγγιστικού δικτύου από τάφρους μιας αρδευόμενης περιοχής.

και υπογείων αγωγών στραγγίσεως (δραίνων). Στη δεύτερη περίπτωση είναι φανέρο ότι οι υπόγειοι αγωγοί στραγγίσεως είναι η τελευταία υποδιαίρεση του στραγγιστικού δικτύου που ρυθμίζει τη στάθμη του νερού μέσα στο έδαφος.

7.3.2 Τυπικό σχήμα στραγγιστικού δικτύου με τάφρους.

Το στραγγιστικό δίκτυο του σχήματος 7.3β παριστάνει ένα πλήρες τυπικό δίκτυο στραγγίσεως με τάφρους μιας περιοχής ενσωματωμένο με το αρδευτικό δίκτυο της. Οι τάφροι διακρίνονται σε κύριες, δευτερεύουσες και τριτεύουσες και χαράζονται παράλληλα προς τις αντιστοιχες διώρυγες του αρδευτικού δικτύου. Συμβολίζονται με το γράμμα Τ, ενώ οι διώρυγες με το γράμμα Δ. Ο μηχανισμός μιας ονοματολογίας των τάφρων και κατ' αντιστοιχία και των διωρύγων θα μπορούσε να συνοψισθεί ως εξής:

1Τ, 2Τ... = η 1η, η 2η..... πρωτεύουσα τάφρος.

1Τ₁, 1Τ₂... = η 1η, η 2η..... δευτερεύουσα τάφρος που καταλήγουν στην πρώτη πρωτεύουσα τάφρο (1Τ).

1Τ₁₁, 1Τ₁₂... = η 1η, η 2η..... τριτεύουσα τάφρος που καταλήγουν στην πρώτη δευτερεύουσα τάφρο (1Τ₁) της πρώτης πρωτεύουσας τάφρου (1Τ)

Η μορφή του σχήματος 7.3β μπορεί να χαρακτηρισθεί ιδανική περίπτωση από πλευράς κλίσεως εδάφους και λοιπών συνθηκών. Συχνά όμως, στην πράξη, το ανάγλυφο και η σύσταση του εδάφους, η υγρότητα των διαφόρων ζωνών της υπό στράγγιση περιοχής, η στάθμη του υπόγειου νερού κλπ. επιβάλλουν τις αναγκαίες τροποποιήσεις και προσαρμογές στην τελική μορφή του στραγγιστικού δικτύου που παύει πλέον να παρουσιάζει κανονικό γεωμετρικό σχήμα.

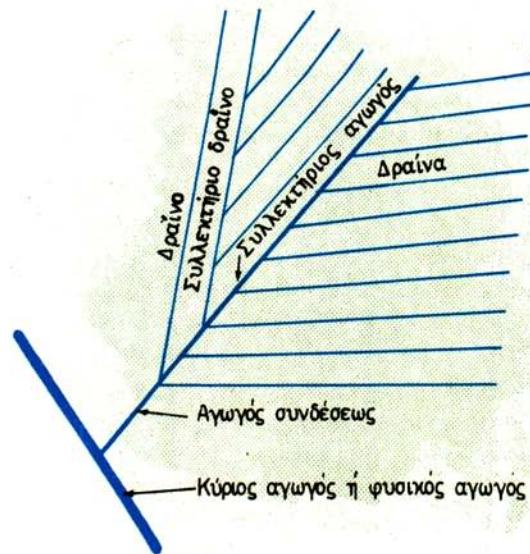
7.3.3 Τυπικά σχήματα στραγγιστικών δικτύων με υπόγειους σωληνωτούς αγωγούς.

Η μέθοδος αυτή στραγγίσεως συνίσταται στην τοποθέτηση μέσα στο έδαφος, σε ορισμένο βάθος και ισαποχή ανάλογα με την περίπτωση, σωληνωτών αγωγών από πηλό, πλαστικό, μπετόν κ.ά. που ως σκοπό έχουν τη στράγγιση και τον αερισμό του εδάφους στο επιθυμητό βάθος. Αυτοί οι σωληνωτοί αγωγοί οδηγούν τα νερά της στραγγίσεως ή μέσα σε συλλεκτήριους υπόγειους σωληνωτούς αγωγούς με μεγαλύτερη διάμετρο ή, το συνηθέστερο, μέσα σε δευτερεύουσες τάφρους.

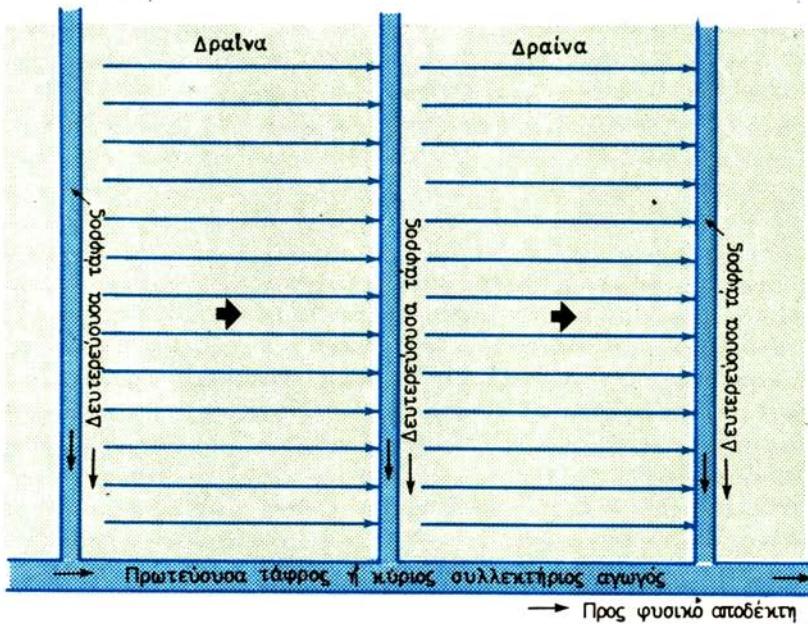
Οι μικροί σωληνωτοί αγωγοί (δραίνα) τοποθετούνται, συνήθως, σε παράλληλες γραμμές (σχ. 7.3γ), η ισαποχή και το βάθος των οποίων καθορίζονται στη μελέτη του δικτύου. Το στόμιο εκροής των δραίνων στις δευτερεύουσες τάφρους πρέπει να βρίσκεται 15 ως 20 cm πάνω από τη μέση στάθμη του νερού μέσα σ' αυτές.

Στην περίπτωση αποστραγγίσεως εδαφών όπου το προς απομάκρυνση νερό αντί να κατανέμεται ομοιόμορφα μέσα στο έδαφος βρίσκεται σε περίσσεια συγκεντρωμένο σε ορισμένες ζώνες, η τοποθέτηση των δραίνων είναι ακανόνιστη και όχι παράλληλη, όπως στην προηγούμενη περίπτωση.

Μία άλλη τυπική διάταξη δικτύου με δραίνα φαίνεται στο σχήμα 7.3δ όπου τα δραίνα εκβάλλουν σε δευτερεύουσες συλλεκτήριες τάφρους, οι οποίες με τη σειρά τους εκβάλλουν σε πρωτεύουσα τάφρο. Η τάφρος αυτή μπορεί να χαρακτηρισθεί



Σχ. 7.3γ.
Στράγγιση με παράλληλα δραίνα.



Σχ. 7.3δ.
Στράγγιση με παράλληλα δραίνα σε κανονικό στραγγιστικό δίκτυο.

και ως κύριος συλλεκτήριος αγωγός αν δεν υπάρχει άλλος σημαντικότερος από αυτόν μέσα στο δίκτυο.

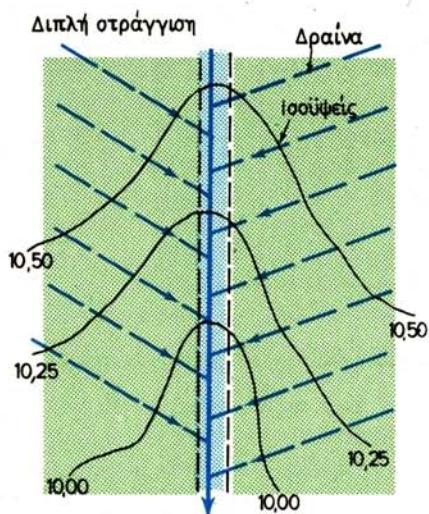
Στην περίπτωση αυτή η τάφρος εκβάλλει κατευθείαν στο φυσικό αποδέκτη απομακρύνσεως των νερών της στραγγίσεως από την περιοχή.

Άλλες τυπικές διατάξεις σωληνωτών υπογείων αγωγών είναι:

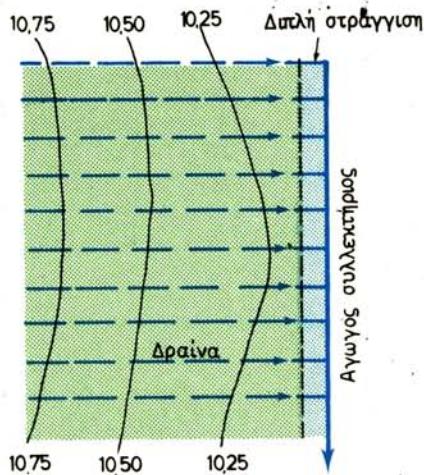
α) Διάταξη ψαροκόκκαλο (σχ. 7.3ε). Η διάταξη αυτή χρησιμοποιείται για μικρές εκτάσεις που βρίσκονται εκατέρωθεν μιας φυσικής μισγάγκειας. Για μεγάλες εκτάσεις δεν ενδείκνυται, γιατί οδηγεί σε μεγάλο μήκος αγωγών ανά μονάδα επιφάνειας με συνέπεια την αύξηση του κόστους της στραγγίσεως. Επίσης μια ζώνη του συλλεκτήριου αγωγού, που περιλαμβάνεται μεταξύ των στικτών γραμμών στο σχήμα, υπόκειται, υποχρεωτικά, σε διπλή στράγγιση (δραίνα και συλλεκτήριος αγωγός).

β) Διάταξη σχάρας (σχ. 7.3στ). Στην περίπτωση αυτή η στράγγιση γίνεται από τη μία μόνο πλευρά. Βέβαια, είναι πάλι αναπόφευκτη η διπλή στράγγιση σε μία μικρή ζώνη παράλληλη προς το συλλεκτήριο αγωγό, αλλά αρκετά μικρότερη από την προηγούμενη περίπτωση. Ήταν η διάταξη προτιμάται από την προηγούμενη του ψαροκόκκαλου όταν βέβαια και οι συνθήκες του εδάφους το επιτρέπουν.

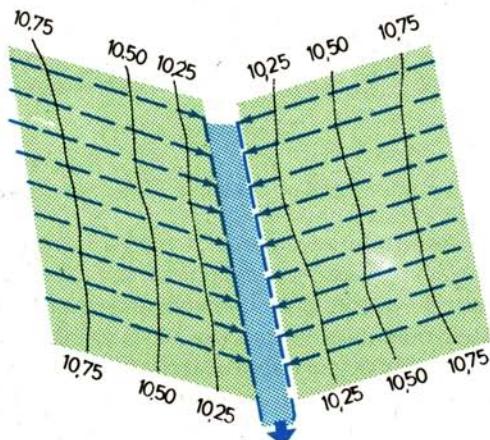
γ) Διάταξη σχάρας με διπλό συλλεκτήριο αγωγό (σχ. 7.3ζ). Η διάταξη αυτή χρη-



Σχ. 7.3ε.
Διάταξη «ψαροκόκκαλο».



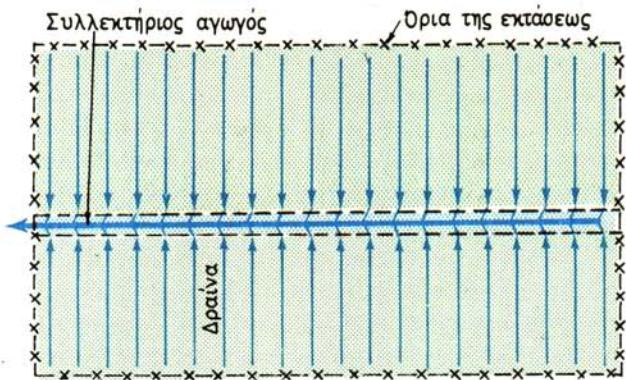
Σχ. 7.3στ.
Διάταξη σχάρας.



Σχ. 7.3ζ.
Διάταξη σχάρας με διπλό αγωγό.

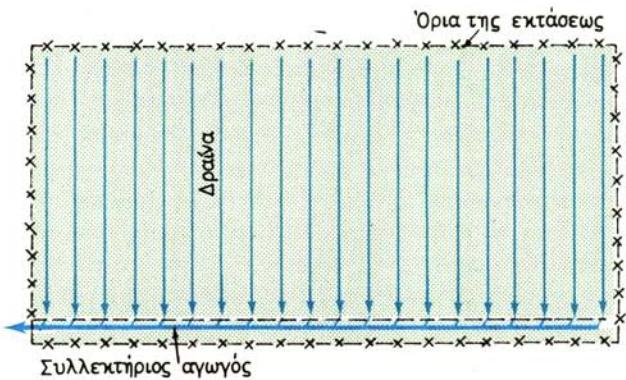
σιμοποιείται όταν τοποθετούνται δύο συλλεκτήριοι αγωγοί αντί για έναν στο κέντρο της μισγάγκειας. Η διάταξη όπως φαίνεται και στο σχήμα περιλαμβάνει σχαρωτά συστήματα της προηγούμενης μορφής.

Ως παράδειγμα συγκρίσεως των διαφόρων διατάξεων αναφέρεται η περίπτωση στραγγίσεως μιας εκτάσεως 80 στρεμμάτων διαστάσεων 400 m x 200 m της οποίας η μέγιστη κλίση συμπίπτει με τη μεγαλύτερη πλευρά του. Από τη μελέτη βρέθηκε ότι η ισαποχή των δραίνων είναι 20 m. Για τη στράγγιση αυτής της εκτάσεως εξετάζεται η εφαρμογή των παρακάτω τριών διατάξεων. Δηλαδή της διατάξεως σε σχήμα ψαροκόκκαλου με τον κύριο αγωγό στο μέσο του πλάτους του αγρού (σχ. 7.3η) της διατάξεως σε σχήμα σχάρας με τον κύριο αγωγό κατά μήκος του αγρού (σχ. 7.3θ) και τέλος της διατάξεως σε σχήμα πάλι σχάρας, αλλά με τον κύριο αγωγό κατά πλάτος του αγρού (σχ. 7.3ι).



Σχ. 7.3η:

Διάταξη «ψαροκόκκαλο» με τον κύριο αγωγό υποστραγγίσεως στο μέσο του αγρού.



Σχ. 7.3θ.

Διάταξη σχάρας με τον κύριο αγωγό κατά μήκος της μεγαλύτερης πλευράς του αγρού.

Από τα προηγούμενα συγκριτικά στοιχεία προκύπτει ότι η διάταξη του σχήματος 7.3ι, δηλαδή της σχάρας με τον κύριο αγωγό κατά μήκος της μικρότερης πλευράς του αγρού, είναι οικονομικότερη από τις άλλες διατάξεις γιατί παρουσιάζει το μικρότερο μήκος κύριου αγωγού, το μικρότερο αριθμό συνδέσεων και τέλος τη μικρότερη έκταση που υπόκειται σε διπλή στράγγιση.

Με τη διάταξη του σχήματος 7.3η έχομε:

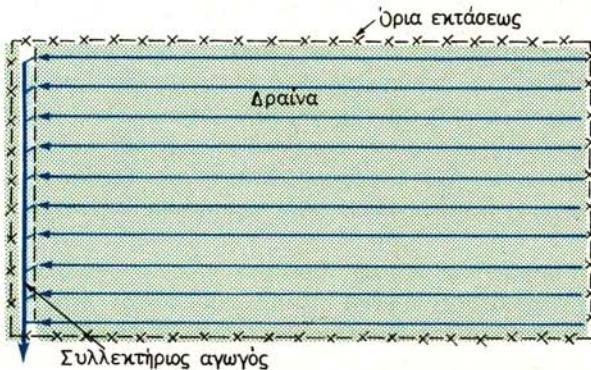
- Μήκος κύριου αγωγού... 400 m
- Συνολικό μήκος δραίνων 4000 m
- Αριθμός συνδέσεων 40
- Έκταση διπλής στραγγίσεως σε στρεμμ. 6

Με τη διάταξη του σχήματος 7.3θ, έχομε:

- Μήκος κύριου αγωγού... 400 m
- Συνολικό μήκος δραίνων 4000 m
- Αριθμός συνδέσεων 20
- Έκταση διπλής στραγγίσεως σε στρεμμ. 3

Με τη διάταξη του σχήματος 7.3ι έχομε:

- Μήκος κύριου αγωγού... 200 m
- Συνολικό μήκος δραίνων 4000 m
- Αριθμός συνδέσεων 10
- Έκταση διπλής στραγγίσεως σε στρεμμ. 1,5



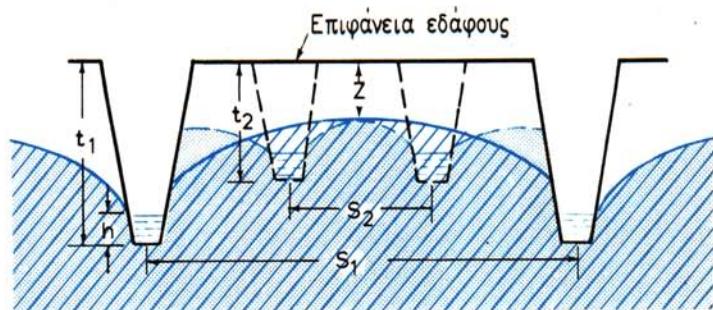
Σχ. 7.3ι.

Διάταξη σχάρας με τον κύριο αγωγό κατά μήκος της μικρότερης πλευράς του αγρού.

7.4 Βάθος και ισαποχή αγωγών στραγγίσεως.

Το βάθος και η ισαποχή των αγωγών στραγγίσεως είτε πρόκειται για τάφρους είτε, συνηθέστερα, για υπόγειους σωληνωτούς αγωγούς (δραίνα) αποτελούν μεγέθη στενά συνδεμένα μεταξύ τους. Η πράξη και το πείραμα κατέδειξαν ότι η πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού εξαρτάται από τον αριθμό αγωγών στραγγίσεως σε συνδυασμό με το μικρότερο ή μεγαλύτερο βάθος που έχουν τοποθετηθεί οι αγωγοί μέσα στο έδαφος. Δηλαδή όσο μεγαλώνει το βάθος, τόσο μεγαλώνει και η ισαποχή και, κατά συνέπεια, απαιτείται μικρότερος αριθμός αγωγών στραγγίσεως, ενώ αντίθετα όσο μικραίνει το βάθος τόσο μικραίνει η ισαποχή και κατά συνέπεια απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός αγωγών (σχ. 7.4).

Η καθεμιά από τις προηγούμενες περιπτώσεις έχει τα θετικά και αρνητικά της σημεία. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι όσο μεγαλώνει η ισαποχή τόσο η στράγγιση γίνεται βραδύτερη και πιο ανομοιόμορφη, ενώ η συντήρηση των τάφρων με μεγάλο



Σχ. 7.4.

Ενδεικτική παράσταση πτώσεως της στάθμης του υπόγειου νερού που δείχνει τη σχέση βάθους και ισποχής (t_1S_1 , t_2S_2).

βάθος είναι δυσκολότερη και δαπανηρότερη. Είναι φανερό εξάλλου ότι στην περίπτωση αυτή η έκταση που καταλαμβάνει το δίκτυο των τάφρων και η δαπάνη κατασκευής του είναι μικρότερες, ενώ η κυκλοφορία των γεωργικών μηχανημάτων ευκολότερη.

Δίκτυο με μικρότερη ισποχή σημαίνει μικρότερο βάθος και μεγαλύτερο αριθμό τάφρων στραγγίσεως. Στην περίπτωση αυτή επιτυγχάνεται γρηγορότερη και πιο ομοιόμορφη στράγγιση, ενώ η συντήρηση των τάφρων είναι βέβαια ευκολότερη, αλλά και οικονομικότερη αν και το συνολικό μήκος τους αυξάνεται πολύ.

Στην περίπτωση αυτή χάνεται μεγάλη έκταση γης εξαιτίας του μεγάλου αριθμού των τάφρων ενώ η κυκλοφορία των γεωργικών μηχανημάτων γίνεται δυσκολότερη.

Πολλά από τα παραπάνω μειονεκτήματα παύουν να υπάρχουν όταν χρησιμοποιούνται για τη στράγγιση υπόγειοι σωληνωτοί αγωγοί. Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει θέμα απώλειας καλλιεργήσιμης γης ούτε θέμα κυκλοφορίας γεωργικών μηχανημάτων εφόσον βέβαια, για το τελευταίο, ληφθούν υπόψη κατά τους υπολογισμούς η αντοχή των αγωγών και τα κινητά φορτία στην επιφάνεια του εδάφους.

Εξακολουθούν να υπάρχουν όμως τα θέματα της ομοιομορφίας και της διάρκειας της στραγγίσεως και επί πλέον ο κίνδυνος του παγώματος του νερού μέσα στους αγωγούς όταν οι τελευταίοι βρίσκονται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους.

7.4.1 Βάθος αγωγών στραγγίσεως.

Για κάθε καλλιέργεια και έδαφος υπάρχει ένα άριστο βάθος στραγγίσεως που επιτρέπει την καλή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών και ταυτόχρονα εξασφαλίζει τον καλό αερισμό του εδάφους. Ο ασφαλέστερος τρόπος καθορισμού αυτού του βάθους είναι το πείραμα και η παρατήρηση στην πράξη. Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι το βάθος αυτό για τις συνήθεις καλλιέργειες και κατηγορίες εδαφών κυμαίνεται μεταξύ 0,70 και 1,50 m. Οι απώψεις των είδικων ερευνητών που ασχολήθηκαν με το πρόβλημα αυτό παρουσιάζουν αποκλίσεις μεταξύ τους οι οποίες όμως στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι σημαντικές.

Από τις σχετικές εργασίες διαφόρων επιστημόνων για το ενδεδειγμένο βάθος στραγγίσεως, αναφέρονται τα αποτελέσματα των εργασιών του Ρώσου Tcherkas-

σον προϊόν μακροχρόνιας πείρας και παρατηρήσεων σε μεγάλο αριθμό στραγγιστικών έργων της Ρωσίας (βλέπε Πίνακα 7.4.1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4.1.
Ενδεδειγμένο βάθος στραγγίσεως σε m.

Καλλιέργειες	Εδάφη			
	Τυρφώδη	Αμμώδη και ιλυοαμμώδη	Πηλώδη	Αργιλώδη
Μίγμα βίκου, βρώμης για χόρτο, λίνου, μονοετή χορτοδοτικά φυτά	0,50–0,60	0,40–0,50	0,45–0,60	0,50–0,55
Πολυετή χορτοδοτικά φυτά για παραγωγή ξηρής τροφής	0,60–0,70	0,45–0,60	0,55–0,70	0,50–0,65
Πολυετή χορτοδοτικά φυτά για βοσκή	0,80–0,90	0,50–0,70	0,70–0,90	0,80–0,85
Σιτηρά	0,70–0,90	0,50–0,65	0,60–0,80	0,70–0,75
Πατάτες, κονδυλόριζα	0,80–0,90	0,55–0,80	0,70–1,00	0,80–0,90
Πάρα πολλά κηπευτικά	0,75–0,85	0,50–0,75	0,70–0,90	0,70–0,85
Καννάβι, μποστανικά	0,80–1,00	0,60–0,85	0,80–1,00	0,85–0,95
Οπωροφόρα δένδρα	1,00–1,25	0,80–0,95	0,90–1,20	1,00–1,10

Ως γενική παρατήρηση στα δεδομένα του πίνακα αυτού αναφέρεται ότι άλλοι ερευνητές βρήκαν μεγαλύτερα βάθη για τα οπωροφόρα (Lewis και Work) και μικρότερα για ορισμένες κηπευτικές καλλιέργειες (Nicholson και First).

Εξαιτίας αυτών των διαφορών επικράτησαν προσεγγιστικές τιμές για μεγάλες κατηγορίες φυτών, δηλαδή βάθος 1,00 - 1,50 m για τα οπωροφόρα και 0,40 - 0,50 m για τις κηπευτικές καλλιέργειες.

Άλλωστε η προσφυγή στην εμπειρία της πράξεως είναι κατά κάποιο τρόπο αναπόφευκτη μια και στην ουσία ελάχιστες σχέσεις (τύποι) έχουν διατυπωθεί μεταξύ των οπίων, η σπουδαιότερη είναι γνωστή ως «τύπος του Neal», που προέκυψε υστερα από στατιστική ανάλυση αγρού στη Minnesota των H.P.A. Η εμπειρική αυτή σχέση έχει ως βάση το μέσο ισοδύναμο υγρασίας (I_{σ}), αναφερόμενο επί τοις εκατόν (%) βάρους ξερού εδάφους, και είναι γνωστή με την εξής μορφή:

$$t = \frac{5,337}{\sqrt{I_{\sigma}}}$$

όπου: t = το βάθος των δραίνων σε μέτρα και

I_{σ} = το μέσο ισοδύναμο υγρασίας επί τοις % ξ.β. εδάφους.

Η παραπάνω σχέση αναφέρεται σε επίπεδα εδάφη υγρών περιοχών και σαν εμπειρική που είναι δεν μπορεί παρά να ισχύει για παρόμοιες περιπτώσεις.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι σε περίπτωση που δίνονται δύο τιμές βάθους, είναι προτιμότερο να λαμβάνεται η μεγαλύτερη τιμή, γιατί τα μεγαλύτερα βάθη συγ-

κεντρώουν ορισμένα χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα όπως αερισμός και δυνατότητα καλλιέργειας σε μεγαλύτερο βάθος, δυνατότητα αναπτύξεως του ριζικού συστήματος σε παχύτερο στρώμα εδάφους, οικονομικότερη και ποιοτικά καλύτερη στράγγιση γιατί στραγγίζει σε μεγαλύτερο βάθος, ασήμαντο ποσοστό εμφράξεων από διεισδύσεις των ριζών, και καλύτερη προστασία από τους παγετούς.

Για να καταδείξουμε το πλεονέκτημα της οικονομικότερης στράγγισεως παίρνομε το παράδειγμα στραγγίσεως σε ομοιογενές αργιλώδες έδαφος με δραίνα. Τα δραίνα τοποθετήθηκαν σε βάθος $t_1 = 1,05 \text{ m}$ και ισαποχή $S_1 = 9 \text{ m}$ με αποτέλεσμα πολύ πιο ικανοποιητική στράγγιση απ' ό,τι με στράγγιση σε ίδιο έδαφος με δραίνα που τοποθετήθηκαν σε βάθος $t_2 = 0,90 \text{ m}$ και ισαποχή $S_2 = 5 \text{ m}$.

Στο παράδειγμα αυτό χρειάσθηκαν ανά εκτάριο ($1 \text{ ha} = 10 \text{ στρέμμα}$)

- Στην πρώτη περίπτωση,

$$100 \times \frac{100}{9} \simeq 1111 \text{ m σωληνώσεων και}$$

- στη δεύτερη περίπτωση,

$$100 \times \frac{100}{5} = 2000 \text{ m σωληνώσεων.}$$

· Αυτό μεταφράζεται σε μια σημαντική οικονομία στην αγορά και μεταφορά των δραίνων.

Στο ίδιο παράδειγμα, ο συνολικός όγκος των εκσκαφών, για συνηθισμένες διαστάσεις χαντακιών τραπεζοειδούς μορφής ήταν:

- Στην πρώτη περίπτωση,

$$\frac{0,35 + 0,09}{2} \times 1,05 \times 1111 = 256 \text{ m}^3 \text{ και}$$

- στη δεύτερη περίπτωση,

$$\frac{0,35 + 0,09}{2} \times 0,90 \times 2000 = 396 \text{ m}^3$$

που σημαίνει μεγάλη οικονομία σε όγκο εκσκαφών και ξαναγέμισμα των χαντακιών.

Βέβαια στο προηγούμενο παράδειγμα τα βάθη δεν διαφέρουν ουσιαστικά πάρα πολύ. Για μεγάλες διαφορές ο όγκος των εκσκαφών γίνεται πολύ μεγάλος και το κόστος αυξάνει πολύ, ώστε να ξεπερνιέται γρήγορα η οικονομία από τη μείωση του συνολικού μήκους των απαιτουμένων δραίνων.

Όλα τα παραπάνω ισχύουν μέχρις ορισμένων ορίων βέβαια εφόσον το έδαφος είναι ομοιογενές. Αν το υπέδαφος π.χ. είναι σκληρό, συμπαγές ή και βραχώδες, η βαθιά στράγγιση χάνει τα πλεονεκτήματά της.

Σε ειδικές περιπτώσεις όπως π.χ.:

- 'Όταν το έδαφος είναι σχεδόν οριζόντιο, είναι απαραίτητο να δοθεί η ελάχιστη επιτρεπτή κλίση στα δραίνα ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία τους.'
- 'Όταν το έδαφος είναι υδατοπερατό και το υπέδαφος αδιαπέρατο και, εφόσον το υπέδαφος δε βρίσκεται πολύ βαθιά, συνιστάται η τοποθέτηση των

δραίνων να γίνεται πάνω στο υπέδαφος. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά την τοποθέτηση των δραίνων ώστε να μην ξεπερασθεί το παραπάνω οριακό βάθος, γιατί τότε τα δραίνα δεν εκπληρούν την αποστολή τους.

- Όταν το έδαφος είναι τυρφώδες, πρέπει να αναζητείται κάποια στερεή ζώνη πάνω στην οποία θα τοποθετηθούν τα δραίνα. Έτσι περιορίζεται ο κίνδυνος αποσυνδέσεως ή υποχωρήσεως τους δεδομένου ότι τα τυρφώδη εδάφη όταν ξεραίνονται υφίστανται **συνίζηση** που φθάνει το 1/5 ή 1/6 του βάθους στραγγίσεως που δεν πρέπει στις περισσότερες περιπτώσεις να υπερβαίνει τα 1,20 μέτρα. Τα δραίνα στην προκείμενη περίπτωση πρέπει να συνδέονται με ειδικούς συνδετήρες που να παρέχουν μια κάποια ευκαμψία στις σωληνώσεις.

7.4.2 Ισαποχή των αγωγών στραγγίσεως.

Για τον προσδιορισμό της ισαποχής των αγωγών στραγγίσεως έχουν διατυπωθεί πολλές σχέσεις και τύποι που στηρίζονται, κατά βάση, στη μαθηματική ανάλυση της κινήσεως του νερού διαμέσου του εδάφους προς τους αγωγούς στραγγίσεως. Η κίνηση αυτή μπορεί να γίνεται με σταθερό ή με μεταβλητό υδραυλικό φορτίο.

Η πρώτη περίπτωση χαρακτηρίζεται ως **σταθερή ροή** και σημαίνει ότι η στάθμη του υπόγειου νερού μένει σταθερή στο χρόνο ή ότι υπάρχει μία κατάσταση ισορροπίας μεταξύ του νερού που εφαρμόζεται φυσικά ή τεχνητά στον αγρό και του νερού που απομακρύνεται με τους αγωγούς στραγγίσεως.

Η δεύτερη περίπτωση χαρακτηρίζεται ως **ασταθής ροή** και σημαίνει ότι η στάθμη του υπόγειου νερού μεταβάλλεται στο χρόνο και κατά συνέπεια μεταβάλλεται και η ροή του νερού προς τους αγωγούς στραγγίσεως. Η ασταθής ροή αποτελεί τον κανόνα στα αρδευόμενα εδάφη καθώς και σε περιοχές όπου επικρατούν βροχές μικρής διάρκειας και μεγάλης εντάσεως.

Τόσο για την πρώτη όσο και για τη δεύτερη περίπτωση πολλοί αξιόλογοι ερευνητές προσπάθησαν να δώσουν λύσεις και κατέληξαν σε σχέσεις, των οποίων η ανάπτυξη ξεφεύγει από τους στόχους του παρόντος βιοθήματος. Απλώς για ενημέρωση αναφέρονται οι **Hooghout, Ernst και Kirkman** για τη στράγγιση με σταθερή ροή και οι **Gloverdumm και Van Schilfgaarde** για τη στράγγιση με ασταθή ροή. Οι ερευνητές διετύπωσαν τα αποτελέσματα των εργασιών τους σε τύπους που φέρουν τα ονόματά τους. Οι τύποι αυτοί, κατά κανόνα σύνθετοι, απαιτούν για τη λύση τους ειδικά διαγράμματα και πίνακες που η έκτασή τους και οι εξηγήσεις για τη χρήση τους δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στο βιβλίο αυτό.

Πάντως για το σχηματισμό μιας ίδιας του μεγέθους της ισαποχής των δραίνων, για τις κυριότερες κατηγορίες εδαφών, δίνεται ο Πίνακας 7.4.2. Ο πίνακας αυτός, κατά **Gerhardt**, αναφέρεται μόνο σε στράγγιση που γίνεται με δραίνα, τοποθετημένα σε κανονικό βάθος και κάθετα προς τη μέγιστη κλίση του εδάφους. Ο ίδιος επιστήμονας έδωσε, για τις ίδιες κατηγορίες εδαφών την ισαποχή των δραίνων και για τοποθέτησή τους παράλληλα προς την κλίση του εδάφους. Όμως η θεωρία και η πράξη κατέδειξαν ότι η πιο αποτελεσματική στράγγιση γίνεται με την κάθετη τοποθέτηση των δραίνων προς την κλίση του εδάφους για τους εξής δύο σημαντικούς λόγους: Πρώτον, γιατί επιτρέπουν την ταχεία εκκένωση των νερών που μεταφέρουν λόγω της μεγάλης παροχετευτικότητας του συλλεκτήριου αγωγού, ο οποίος τοποθετείται κατά την έννοια της μέγιστης κλίσεως του εδάφους με αποτέ-

Πίνακας 7.4.2.
Ενδεικτική ισαποχή των δραίνων σε εδάφη με κλίση $i > 0,0033$ (m/m)

Κατηγορία εδάφους	Ισαποχή σε (m)	Παρατηρήσεις
1. Αργιλώδη συμπιεσμένα εδάφη που περιέχουν πάνω από 75% στοιχεία αργύλου που κατά τη μηχανική ανάλυση του εδάφους παραμένουν αιωρούμενα μέσα στο νερό	10 – 15	Οι ισαποχές αυτές αυξάνουν με τη διαπερατότητα καθώς και με την κλίση του εδάφους.
2. Συνήθη αργιλώδη εδάφη με 75 - 50% στοιχείων αργύλου	10 – 15	
3. Συμπιεσμένα εδάφη με 50 - 40% στοιχείων αργύλου	12 – 18	Πάντως, πολύ σπάνια, παρατηρείται ίσα ποχή μικρότερη των 10 μέτρων.
4. Συνήθη εδάφη με 40 - 30% στοιχείων αργύλου	14 – 21	
5. Αμμώδη εδάφη με 30 – 20% στοιχείων αργύλου	17 – 25	
6. Αμμώδη εδάφη με λίγη άργιλο, περιέχοντα 20 - 10% στοιχείων αργύλου	21 – 30	
7. Συνήθη αμμώδη εδάφη, με λιγότερα από 10% σε στοιχεία αργύλου	25 – 35	

λεσμα τη συντόμευση της διάρκειας απομακρύνσεως των νερών από το έδαφος και τη μείωση του κινδύνου εμφράξεως των εκβολών των δραίνων κατά μήκος του συλλεκτήριου αγωγού. Δεύτερον, γιατί η ακτίνα δράσεως των δραίνων είναι μεγαλύτερη και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του αριθμού των δραίνων και κατά συνέπεια τη μείωση του συνολικού μήκους τους ανά στρέμμα, δεδομένου ότι μπορούν να εξυπηρετήσουν μεγαλύτερες επιφάνειες.

Άλλωστε η διάταξη αυτή τέμνει κάθετα τις γραμμές ροής και αυτό σημαίνει πλήρη αποδοτικότητα των τριτευουσών διωρύγων που μπορεί να είναι υπόγειοι σωληνωτοί αγωγοί (δραίνα) ή επιφανειακοί αγωγοί (τάφροι).

Παλαιότερα εφαρμοζόταν και το σύστημα της τοποθετήσεως των δραίνων παράλληλα πρός την κλίση του εδάφους, κυρίως σε εδάφη με κλίση μικρότερη από 0,0033 (m/m), δύμως η στράγγιση αυτή αποδείχθηκε πλημμελής και δαπανηρότερη.

Οι τιμές που δίνονται γενικά στον Πίνακα 7.4.2 βασίζονται στην ταξινόμηση των αναφερόμενων εδαφών ανάλογα με τη μετρηθείσα διαπερατότητά τους, της οποίας το μέγεθος επηρεάζεται, ως γνωστό, από την ποσότητα των στοιχείων αργύλου και άμμου που περιέχεται στο έδαφος καθώς και από τη λεπτότητα αυτών των στοιχείων. Πάντως, οι τιμές αυτές, φαίνεται να δίνουν ικανοποίηση στο πρόβλημα της ισαποχής των αγωγών στραγγίσεως.

Συμπερασματικά θα μπορούσε να λεχθεί ότι για βάθος αγωγών κυμαινόμενο από 0,80 - 1,20 m η ισαποχή των υπογείων αγωγών στραγγίσεως μπορεί ανάλογα με την ειδική περίπτωση να κυμαίνεται από 8 - 12 m για συμπιεσμένα εδάφη, από 12 - 16 m για συνήθη εδάφη, από 16 ως 20 m για αμμώδη εδάφη με λίγη άργιλο και πάνω από 20 ως 30 m (ή και περισσότερο) για τα τυρφώδη εδάφη.

7.5 Γενικές αρχές χαράξεως στραγγιστικών δικτύων.

7.5.1 Χάραξη τάφρων.

α) Περιφερειακή ή περιμετρική τάφρος.

Η χάραξη αυτής της τάφρου, που μπορεί να είναι συνεχής ή διακεκομμένη ανίλογα με τον κίνδυνο κατακλύσεως της περιοχής από επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα γειτονικών περιοχών, ακολουθεί, με κάποια κλίση, τα όρια της περιοχής και η θέση της είναι καθορισμένη. Τα νερά ορισμένων τμημάτων της περιφερειακής αυτής τάφρου μπορεί να διοχετεύονται στον κύριο συλλεκτήριο αγωγό του δικτύου, ενώ άλλων να καταλήγουν απευθείας στον αγωγό συνδέσεως του κυρίου αγωγού του δικτύου με το φυσικό αποδέκτη. Στην περίπτωση χαμηλών περιοχών που γειτνιάζουν με τη θάλασσα, η περιφερειακή τάφρος χαράζεται παράλληλα προς το προστατευτικό ανάχωμα με κλίση που καταλήγει στο πιο χαμηλό σημείο, όπου συγκεντρώνονται τα νερά, για να αντληθούν στη συνέχεια και να καταλήξουν στη θάλασσα.

β) Τριτεύουσες τάφροι.

Οι τριτεύουσες τάφροι χαράζονται κάθετα προς την κλίση του εδάφους με μία ελαφριά κλίση από τις ισοϋψείς καμπύλες του. Η διάταξη αυτή των τάφρων είναι η ενδεδειγμένη και δικαιολογείται γιατί τέμνουν σε όλο το μήκος τους τις γραμμές ροής γεγονός που τις καθιστά καθ' ολοκληρών ενεργές. Ύστερα, γιατί δέχονται τα νερά που απορρέουν πάνω στην επιφάνεια του εδάφους, μετά από βροχή της οποίας η ένταση είναι μεγαλύτερη από τη διηθητικότητα του εδάφους, ή λόγω της τυχόν μεγάλης κλίσεως του εδάφους που, ως γνωστό, ευνοεί το σχηματισμό απορροής.

γ) Δευτερεύουσες τάφροι.

Η τοποθέτηση των δευτερεύουσών τάφρων, που αποτελούν τον αποδέκτη των νερών των τριτεύουσών τάφρων, είναι επόμενο, ύστερα από τη διάταξη των τελευταίων κατά τις ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους να γίνει κατά την κλίση του εδάφους.

δ) Πρωτεύουσες τάφροι.

Οι πρωτεύουσες τάφροι, που έχουν ως προορισμό τη συγκέντρωση των νερών των δευτερεύουσών τάφρων, τοποθετούνται συνεπώς κατά τις ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους με κάποια κλίση από αυτές, ώστε να είναι σε θέση να διοχετεύουν τα νερά προς τον κύριο συλλεκτήριο αγωγό.

ε) Κύριος συλλεκτήριος αγωγός.

Ο αγωγός αυτός ακολουθεί την κλίση του εδάφους και τοποθετείται στη μισγάγκεια της περιοχής, ώστε να συγκεντρώνει τα νερά και από τις δύο πλευρές της. Όταν δεν υπάρχει στην περιοχή σαφώς σχηματισμένη μισγάγκεια, ο κύριος αγωγός χαράζεται πάλι κατά την κλίση του εδάφους και τοποθετείται συνήθως στο κέντρο της περιοχής, ώστε τα μήκη των εκατέρωθεν αυτού πρωτεύουσών τάφρων να μην είναι μεγάλα και δυσανάλογα.

στ) Αγωγός συνδέσεως του κυρίου αγωγού με το φυσικό αποδέκτη.

Ο αγωγός αυτός αποτελεί στις περισσότερες περιπτώσεις συνέχεια του κυρίου αγωγού και καταλήγει στο φυσικό αποδέκτη που μπορεί να είναι η κοίτη ενός χειμάρρου ή ενός ποταμιού.

Παρατήρηση.

Η χάραξη που αναπτύχθηκε στην παράγραφο αυτή αφορά ένα πλήρες στραγγιστικό δίκτυο και σε καμιά περίπτωση δε θα πρέπει να θεωρηθεί ότι σε όλα τα στραγγιστικά δίκτυα υπάρχουν, υποχρεωτικά, δλες οι κατηγορίες των τάφρων.

7.5.2 Χάραξη υπογείων αγωγών.

α) Δραίνα.

Η χάραξη των δραίνων γίνεται, όπως και των τριτεουουσών τάφρων, εγκάρσια προς την κλίση του εδάφους για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν στις τριτεύουσες τάφρους. Βέβαια στην περίπτωση αυτή δεν μπορεί να παρεμποδισθεί η επιφανειακή απορροή μια και τα δραίνα βρίσκονται μέσα στο έδαφος. Η κλίση των δραίνων πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να επιτρέπει την απρόσκοπη διοχέτευση των νερών που στραγγίζονται προς το συλλεκτήριο αγωγό, με τον οποίο πρέπει να σχηματίζουν γωνία μεταξύ 30° και 60° . Συχνά όμως τα δραίνα εκβάλλουν απευθείας σε στραγγιστική τάφρο. Η μέριμνα που λαμβάνεται στην προκειμένη περίπτωση είναι τα στόμια των δραίνων να βρίσκονται 15 - 20 cm πάνω από τη μέση στάθμη του νερού μέσα στην τάφρο.

β) Συλλεκτήριοι αγωγοί.

Οι συλλεκτήριοι σωληνωτοί αγωγοί, που αντιστοιχούν στις δευτερεύουσες τάφρους και έχουν, συνήθως, διάμετρο τρεις φορές μεγαλύτερη από τη διάμετρο των δραίνων, τοποθετούνται κατά την έννοια της κλίσεως του εδάφους. Τα νερά αυτών των αγωγών καταλήγουν σε κάποια στραγγιστική τάφρο, η οποία μπορεί να μεταφέρει τα νερά αυτά μακριά από την υπό στράγγιση περιοχή.

Παρατήρηση.

Η στράγγιση με υπόγειους σωληνωτούς αγωγούς ποτέ δεν είναι αμιγής. Είναι συνδυασμένη πάντοτε με δίκτυο τάφρων. Συχνά, για λόγους οικονομικούς περισσότερο παρά τεχνικούς, περιορίζεται στο τριτεύον δίκτυο, ενώ σπανιότερα περιλαμβάνει και συλλεκτήριους σωληνωτούς αγωγούς. Βέβαια, αν υπάρχουν αγωγοί σε προσιτές τιμές το θέμα αυτό πρέπει να εξετάζεται σε συνδυασμό με τις δαπάνες συντηρήσεως των τάφρων που αποτελούν σοβαρό πρόβλημα.

Πάντως είτε πρόκειται για στραγγιστικό δίκτυο τάφρων, είτε τάφρων και δραίνων, εκείνο που πρέπει ιδιαίτερα να ληφθεί υπόψη κατά τη χάραξη του δικτύου και αποτελεί γενικό κανόνα, είναι η επιδίωξη των ελαχίστων δυνατών κλίσεων σε δλες τις κατηγορίες των αγωγών, γιατί επιτυγχάνονται μικρότερα βάθη και κατά συνέπεια οικονομικότερο στραγγιστικό δίκτυο. Μεγάλες σχετικά κλίσεις στο τριτεύον δίκτυο, ναι μεν εξασφαλίζουν γρηγορότερη στράγγιση του εδάφους στο επιθυμητό βάθος, ταυτόχρονα όμως συνεπάγονται βαθύτερο δευτερεύον δίκτυο μεγάλου κόστους. Με τον όρο «ελάχιστη κλίση» εννοείται, φυσικά, εκείνη που επιτρέπει

την απομάκρυνση των πληθωρικών νερών μέσα σε μια χρονική διάρκεια που εξαρτάται από την αντοχή των φυτών σε κατάκλυση.

7.6 Στοίχεια τάφρων και δραίνων.

Το δίκτυο των τάφρων και των δραίνων έχει ως αποστολή τήν απομάκρυνση των πλεοναζόντων νερών που σχηματίζονται στην υπό στράγγιση περιοχή μέσα σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, μικρότερο ή ίσο με τον επιτρεπτό χρόνο κατακλύσεως των φυτών. Τα πλεονάζοντα αυτά νερά, αποτέλεσμα π.χ. μιας ισχυρής βροχοπτώσεως, μπορούν να εκφρασθούν ως ύψος υδάτινου στρώματος (σε cm ή mm) επάνω στην επιφάνεια της υπό στράγγιση περιοχής. Το ύψος του υδάτινου στρώματος, που μπορεί να απομακρυνθεί από το δίκτυο σ' ένα 24ωρο, ονομάζεται και **συντελεστής στραγγίσεως**.

Είναι φανερό ότι, αν το δίκτυο των τάφρων έχει ως σκοπό την απομάκρυνση μόνο των απορρέοντων νερών, τότε για την εύρεση του ύψους του ανωτέρω υδάτινου στρώματος, θα πρέπει από το ύψος της βροχής να αφαιρεθούν τα ύψη εξατμίσεως και διηθήσεως. Ένα μέρος από τα διηθούμενα νερά απομακρύνεται με το δίκτυο των δραίνων, τα οποία μπορεί να εκβάλλουν σε τάφρο ή σωληνωτό αγωγό, και ένα μέρος απομακρύνεται μόνο του ως βαθιά διήθηση. Έτσι, βασικά, μια τάφρος αποσκοπεί στην απομάκρυνση και των επιφανειακών νερών (αποστράγγιση) και των νερών της διηθήσεως που καταλήγουν σ' αυτήν με τα δραίνα (υποστράγγιση). Στην περίπτωση αυτή οι αντίστοιχοι συντελεστές χαρακτηρίζονται ως συντελεστές **αποστραγγίσεως** ή **υποστραγγίσεως**.

Για πληρέστερη κατανόηση αυτών των συντελεστών δίνεται το ακόλουθο παράδειγμα:

Έστω:

- Ύψος βροχής = 13 cm.
- Επιτρεπτή διάρκεια κατακλύσεως = 4 ημέρες.
- Ημερήσια υδατοκατανάλωση φυτών = 0,5 cm/ημέρα, δηλαδή συνολικά 4 ημ. x 0,5 cm/ ημ. = 2 cm.
- Συνολικό ύψος υποστραγγίσεως = 2,4 cm.
- Ύψος βαθιάς διηθήσεως = 0,6 cm.

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, το ύψος του επιφανειακού νερού που πρέπει να απομακρυνθεί από την τάφρο είναι ίσο με $13 - (2 + 2,4 + 0,6) = 8$ cm που σημαίνει ότι ο μέσος συντελεστής αποστραγγίσεως είναι 8 cm: 4 ημ. = 2 cm ανά 24ωρο, ενώ ο αντίστοιχος συντελεστής υποστραγγίσεως είναι 2,4 cm: 4 ημ. = 0,6 cm το 24ωρο.

Οι συντελεστές αποστραγγίσεως εξαρτώνται κυρίως από την ένταση και τη διάρκεια της βροχής, την εποχή του έτους, τις εδαφικές συνθήκες και γενικά από την τοπογραφία του εδάφους, ενώ η τιμή τους κυμαίνεται μέσα σε μεγάλα όρια, δηλαδή από 0,5 cm - 3,0 cm.

Οι συντελεστές υποστραγγίσεως εξαρτώνται κυρίως από το ύψος της βροχής, τη φύση του εδάφους, την ισαποχή και το βάθος των αγωγών στραγγίσεως, ενώ η τιμή τους κυμαίνεται από 0,3 - 2,5 cm. Στις περισσότερες περιπτώσεις η τιμή αυτή κυμαίνεται μεταξύ 0,6 - 0,9 cm.

Γενικά οι παραπάνω συντελεστές στραγγίσεως εκφράζονται ως παροχή (q) σε λίτρα (l) ανά δευτερόλεπτο (sec) και ανά εκτάριο (ha) όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.6.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6.1.

Αντίστοιχα συντελεστών στραγγίσεως σε mm/24ωρο και παροχής q σε l/sec ha

Συντελεστής (mm/24ωρο)	q (l/sec ha)	Συντελεστής (mm/24ωρο)	q (l/sec ha)
1	0,0116	10	0,1160
2	0,0232	11	0,1276
3	0,0348	12	0,1392
4	0,0464	13	0,1508
5	0,0508	14	0,1624
6	0,0696	15	0,1740
7	0,0812	20	0,2320
8	0,0928	25	0,2900
9	0,1044	30	0,3480

7.6.1 Κλίσεις τάφρων και δραίνων και οριακές ταχύτητες της ροής του νερού που ρέει μέσα σ' αυτές.

Οι κλίσεις του πυθμένα των τάφρων είναι κατά κανόνα μικρές και κυμαίνονται, συνήθως μεταξύ 0,15 και 1m/km χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορούν να είναι και μεγαλύτερες αν ειδικές συνθήκες το επιτρέπουν και το απαιτούν. Οπωσδήποτε όμως καθοριστικό ρόλο για την κλίση των τάφρων έχουν οι μέγιστες επιτρεπτές ταχύτητες του νερού μέσα σ' αυτές σε τρόπο, ώστε να μην προκαλείται διάβρωση τόσο του πυθμένα όσο και των πρανών τους. Πάντως οι ταχύτητες αυτές δεν πρέπει να είναι και πολύ μικρές, γιατί υπάρχει κίνδυνος προσχώσεων και εμφράξεως των εκβολών των δραίνων με βαριές οικονομικές συνέπειες τόσο για τη γεωργική παραγωγή, λόγω πλημμελούς λειτουργίας του στραγγιστικού δικτύου, όσο και για τον καθαρισμό τους.

Ενδεικτικά κατά τους Γάλλους M. Poiréε και C. Ollier, οι επιτρεπτές αυτές ταχύτητες, ανάλογα με τη σύσταση του εδάφους είναι για τις συνήθεις βασικές κατηγορίες εδαφών αυτές του Πίνακα 7.6.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6.2.

Επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής του νερού μέσα σε τάφρους

Σύσταση εδάφους	Ταχύτητες (m/sec)		
	στην επιφάνεια	στον πυθμένα	μέση ταχύτητα
Άργιλοι μαλακοί	0,30	0,16	0,23
Άιμμος	0,60	0,31	0,46
Χαλίκια	1,22	0,70	0,96

Οι κλίσεις των δραίνων κυμαίνονται επίσης μεταξύ ορισμένων ορίων, ώστε οι ταχύτητες ροής μέσα σ' αυτά να μην επιτρέπουν την εναπόθεση φερτών υλών. Υπάρχει ένα ανώτερο δρίο για τις κλίσεις πέρα από το οποίο δεν είναι επιτρεπτή η αύξησή τους, γιατί έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του βάθους τοποθετήσεως των αγωγών, αλλά και ολόκληρου του στραγγιστικού δικτύου με δυσανάλογη αύξηση του κόστους του έργου.

Για οριακές ταχύτητες 1 m/sec και 1,58 m/sec που είναι παραδεκτές από πολλούς ερευνητές, δίνεται ο Πίνακας 7.6.3 στον οποίο αναφέρονται οι αντίστοιχες ε-

λάχιστες και μέγιστες επιτρεπόμενες κλίσεις για δραίνα διαφόρων διαμέτρων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6.3.

Μέγιστες και ελάχιστες επιτρεπόμενες κλίσεις για δραίνα διαφόρων διαμέτρων.

Διάμετρος δραίνου	Μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση επί τοις εκατόν		Ελάχιστη επιτρεπόμενη κλίση επί τοις εκατόν	
σε m	V = 1,58m/sec	V = 1,58m/sec	V = 0,16m/sec	V = 0,20m/sec
0,05	5,68	14	0,14	0,23
0,06	4,50	10,3	0,12	0,19
0,08	3,50	8	0,08	0,13
0,10	2,40	6	0,06	0,09
0,12	1,94	4,9	0,05	0,06
0,16	1,36	3,4	0,034	0,05
0,18	1,08	2,7	0,028	0,046
0,20	1,02	2,5	0,025	0,042

7.6.2 Κλίσεις των πρανών των τάφρων.

Οι κλίσεις των πρανών μιας τάφρου αποτελούν ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα γιατί επηρεάζει άμεσα το κόστος του έργου. Η κλίση των πρανών βαίνει αυξανόμενη από τα αδρομερή προς τα συνεκτικά λεπτόκοκκα εδάφη. Οι συνήθεις τιμές της κλίσεως των πρανών για τις βασικές κατηγορίες εδαφών δίνονται στον Πίνακα 7.6.4. Μεγάλο πρόβλημα κατά την κατασκευή των τάφρων είναι η μεταφορά και διάστρωση των υλικών της εκσκαφής, τα οποία επειδή για λόγους οικονομικούς δεν είναι δυνατό να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις, διαστρώνονται εκατέρωθεν της τάφρου με συνέπεια τη μερική μείωση της γονιμότητας των εδαφών στη ζώνη αυτή για 2 - 3 χρόνια, ανάλογα βέβαια με την καλλιέργεια και τη λίπανση που θα εφαρμοσθούν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6.4.

Κλίσεις πρανών για βασικές κατηγορίες εδαφών

Κατηγορία εδάφους	Ενδεικτική κλίση πρανών βάση: ύψος
Αμμώδη	2 ή 2,5 : 1
Πηλώδη	1,5 ή 1,75 : 1
Αργιλώδη	1 ή 1,25 : 1

7.6.3 Σχήμα και διαστάσεις των τάφρων.

Το σχήμα της διατομής των τάφρων είναι, κατά κανόνα ισοσκελές τραπέζιο και σπανιότερα, κυρίως σε μικρές τάφρους, τριγωνικό. Στην περίπτωση αυτή, εφόσον είναι γνωστή η ποσότητα του νερού που πρόκειται να απομακρύνει η τάφρος, μπορούν να εφαρμοσθούν οι σχέσεις της οικονομικής διατομής που αναπτύσσονται στο Παράρτημα που ακολουθεί με συντελεστές τραχύτητας που δίνονται από ειδικούς πίνακες. Και αυτό μεν από τη θεωρητική αντιμετώπιση του προβλήματος, γιατί στήν πράξη η λύση υπόκειται σε υποχρεωτικές καταστάσεις που δεν προέρχονται από τους νόμους της υδραυλικής. Έτσι, αν π.χ. η καλλιέργεια σε μια συγκεκρι-

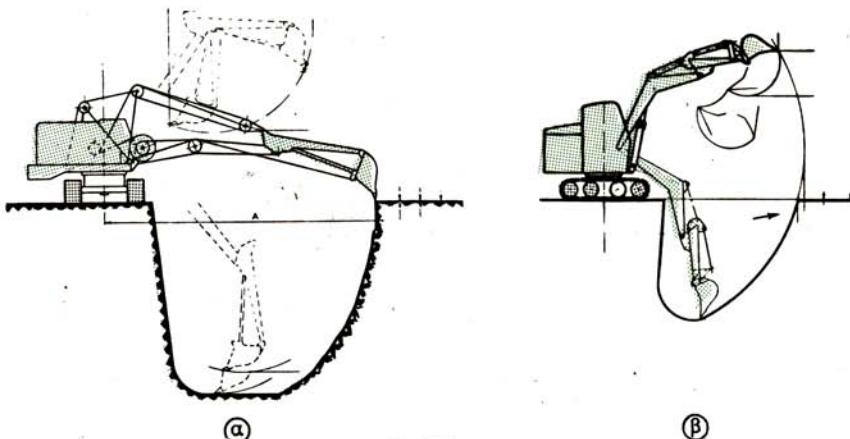
μένη περιοχή επιβάλλει την τοποθέτηση του επάνω άκρου των δραίνων σε βάθος 0,80 μ, τότε για μήκος δραίνων ίσο με 200 μ και με κλίση ίση με 0,035% η εκβολή στο κάτω άκρο τους θα βρίσκεται σε βάθος 0,87 μ. Αν τώρα για λόγους ασφάλειας η εκβολή αυτή πρέπει να βρίσκεται έστω 0,13 μ πάνω από τη μέση στάθμη των νερών μέσα στην τάφρο, αυτό σημαίνει, χωρίς κανένα άλλο υπολογισμό, ότι το βάθος της επιφάνειας του νερού μέσα στην τάφρο από την επιφάνεια του εδάφους πρέπει στο σημείο αυτό να είναι ίσο με 1,00 μ. Άλλη παράμετρος που δεν ελέγχεται από τη θεωρητική λύση της οικονομικής διατομής, είναι η μηχανική σύσταση των εδαφών που επιβάλλει με τη σειρά της την κλίση των πρανών. Έτσι, το πρόβλημα ανάγεται στην προσαρμογή του προβλήματος στις ειδικές συνθήκες κάθε περιπτώσεως ανάμεσα στις οποίες ο έμπειρος μελετητής θα αναζητήσει την οικονομικότερη λύση.

7.7 Κατασκευή και συντήρηση στραγγιστικών δικτύων.

7.7.1 Κατασκευή τάφρων.

Η κατασκευή των στραγγιστικών δικτύων, εκτός από ειδικές περιπτώσεις, γίνεται με μηχανικά μέσα. Χρησιμοποιούνται εκσκαφείς διαφόρων τύπων γιατί η εργασία γίνεται πιο εύκολη, το έργο κατασκευάζεται σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα και το κυριότερο, επιτυγχάνεται σημαντική οικονομία.

Ορισμένοι τύποι σκαπτικών μηχανημάτων φαίνονται στα σχήματα 7.7α(α)(β), 7.7β, 7.7γ, 7.7δ, 7.7ε ενώ στα σχήματα 7.7στ και 7.7ζ φαίνονται διάφοροι τύποι κάδων που προσαρμόζονται σ' αυτά.

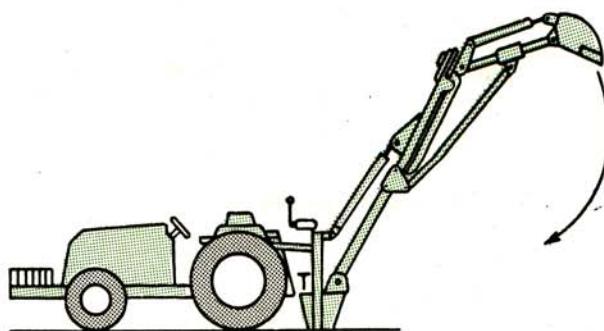


Σχ. 7.7α.

- a) Εκσκαφέας με κάδο κατευθυνόμενο με καλώδια. β) Εκσκαφέας με κάδο κατευθυνόμενο με υδραυλικό σύστημα.

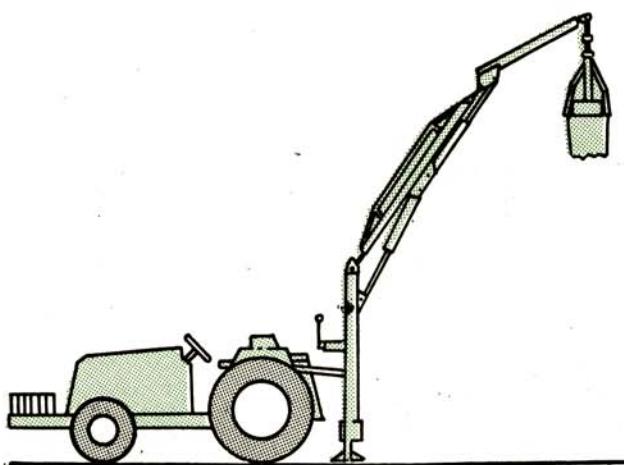
Οι τύποι αυτοί των εκσκαφέων προσφέρουν τρία βασικά πλεονεκτήματα:

- Έχουν μεγάλη αντοχή και σταθερότητα.
- Επιτρέπουν εκσκαφές σε μεγάλα βάθη και τέλος
- μπορούν να τοποθετούνται δίπλα ή και επάνω στο σκάμμα. Το μειονέκτημα



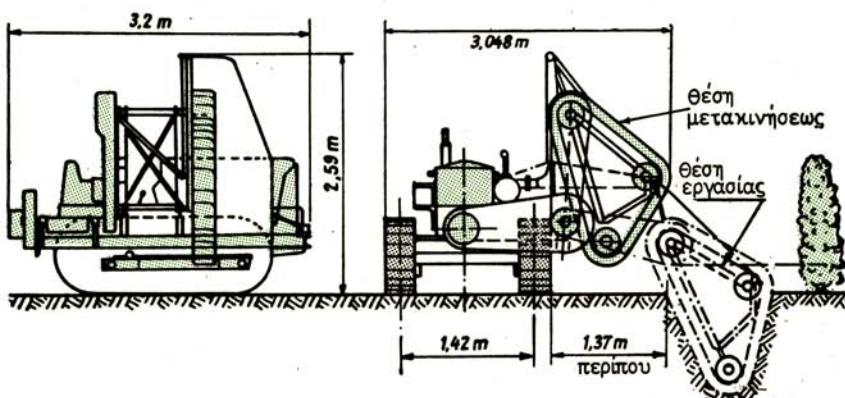
Σχ. 7.7β.

Αγροτικό τρακτέρ, με μεταφερόμενο κάδο, κατευθυνόμενο με υδραυλικό σύστημα.



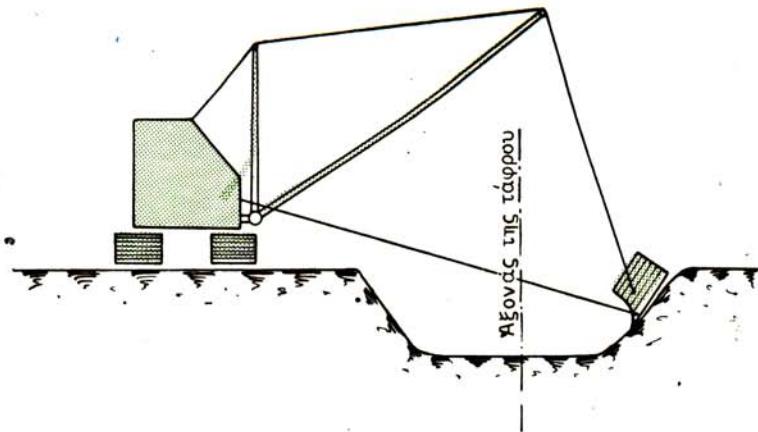
Σχ. 7.7γ.

Υδραυλικός γερανός προσαρμοσμένος σε τρακτέρ.



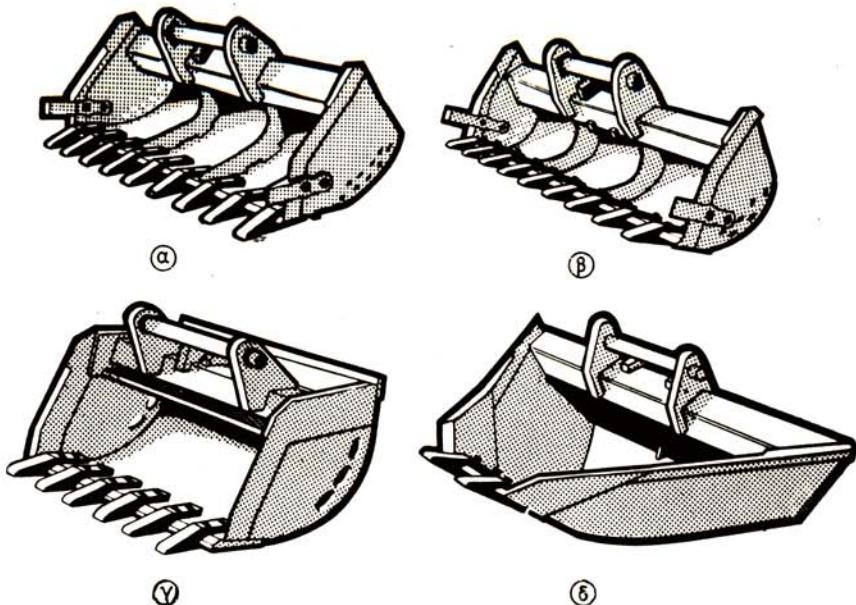
Σχ. 7.7δ.

Σκαπτικό συνεχούς εργασίας (μηχανή Lincoln).



Σχ. 7.7ε.

Εκσκαφέας με κάδο «drag line». Στην περίπτωση αυτή ο κάδος δεν είναι μόνιμα συνδεμένος με το μηχάνημα, αλλά κρέμεται από ένα καλώδιο.



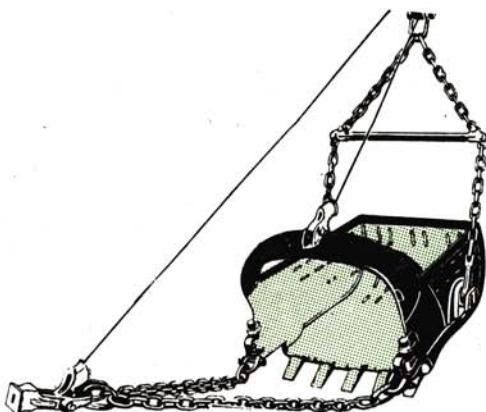
Σχ. 7.7στ.

Κάδοι διαφόρων τύπων.

- α) Κάδος για πλατιές τάφρους.
- β) Κάδος για στενές τάφρους.
- γ) Κάδος για εργασίες συντηρήσεως.
- δ) Κάδος για τάφρους τραπεζοειδείς.

των εκσκαφέων του τύπου αυτού είναι ότι δεν προσφέρονται για εκσκαφέας που βρίσκονται μακριά σχετικά από το κύριο μηχάνημα λόγω του μικρού τους αναπτύγματος.

Ο συνδυασμός αγροτικού τρακτέρ με μεταφερόμενο κάδο δε στοιχίζει ακριβά και παρουσιάζει την ευκολία της συνδέσεως και αποσυνδέσεως του συστήματος ανάλογα με τις ανάγκες της ατιγμής. Το μειονέκτημά του είναι ότι δεν παρουσιάζει



Σχ. 7.7ζ.
Κάδος «drag line».

ευελιξία στα δρια των κτημάτων και έτσι η ποιότητα της εργασίας του σ' αυτά τα σημεία δεν είναι ικανοποιητική.

Με τους εκσκαφείς με κάδους Drag-Line είναι δυνατή η εκτέλεση εργασιών σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις από το κυρίως μηχάνημα. Οι εκσκαφείς αυτοί, γενικά, δεν μπορούν να σύρουν και να οδηγήσουν τον κάδο τους κατά μήκος μιας βαθιάς και στενής τάφρου και ενδείκνυνται, κυρίως, για εργασίες σύντηρήσεως μεγάλων τάφρων ή για τη διάνοιξη νέων μετακινούμενες κατά μήκος αυτών.

Ο γερανός του σχήματος 7.7γ είναι προσαρμοσμένος σε τρακτέρ και χρησιμοποιείται για την κατασκευή μικρών τάφρων. Η χρήση του είναι περιορισμένη.

Όλα όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα αφορούν την κατασκευή τάφρων κυρίως ή τη διάνοιξη χαντακιών για την τοποθέτηση σωληνωτών αγωγών με μεγάλη διάμετρο.

Ειδικότερα όμως για την τοποθέτηση των δραίνων απαιτείται πολύ μεγάλη απασχόληση χειρωνακτικής εργασίας και μάλιστα εμπείρων εργατών, γιατί η τοποθέτηση πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή. Πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη οι μικρές κλίσεις των δραίνων, η προετοιμασία του πυθμένα της τάφρου για την τοποθέτηση των δραίνων, ώστε να παρουσιάζουν σταθερότητα και να μην καταπονούνται λόγω κακής τοποθετήσεως. Εμπειρία επίσης απαιτείται για την τοποθέτηση κάτω και γύρω από τα δραίνα λεπτόκοκκου και λεπτοχαλικώδους υλικού. Τα υλικά αυτά ενεργούν ως φίλτρα και προφυλάσσουν τις πλευρικές οπές ή σχισμές των δραίνων από τις εμφράξεις που κανόνα προέρχονται από την εναπόθεση ιλύος ή αργίλου.

7.7.2 Συντήρηση τάφρων και δραίνων.

a) Επαναφορά των τάφρων στο αρχικό τους σχήμα.

Η τάφρος πρέπει να ανταποκρίνεται πλήρως στην αποστολή της όχι μόνο αμέσως μετά την κατασκευή της αλλά και μετά από πολλά χρόνια. Δυστυχώς όμως με την πάροδο του χρόνου, λόγω πλημμελούς συντηρήσεως, η αρχική μορφή των τάφρων αλλοιώνεται σημαντικά λόγω προσχώσεων, καταπτώσεων χωμάτινων όγ-

κων από τα πρανή, απορρίψεως κάθε είδους απορριμμάτων, αναπτύξεως έντονης βλαστήσεως κ.ά.

Για όλους αυτούς τους λόγους επιβάλλεται η θεραπεία αυτής της ανεπιθύμητης καταστάσεως με τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων που δυστυχώς στοιχίζουν πολύ ακριβά. Είναι φανερό ότι ο κανόνας «καλύτερα να προλαμβάνεις παρά να θεραπεύεις» ισχύει απόλυτα στην προκειμένη περίπτωση, γιατί η θεραπεία απαιτεί βαρύ εξοπλισμό που δεν θα χρειαζόταν αν κάθε 2 - 3 χρόνια γινόταν συστηματική συντήρηση.

Το σημείο αυτό αξίζει να τονισθεί ιδιαίτερα, γιατί πολύ συχνά η κατασκευή των μεγάλων έργων διαρκεί πολλά χρόνια και η παράδοσή τους γίνεται σταδιακά. Έτσι, πριν καλά καλά αρχίσει η αξιοποίηση του έργου επιβάλλεται οπωσδήποτε να γίνει συντήρηση των τάφρων. Και αν για οποιοδήποτε λόγο η συντήρηση καθυστερήσει, το πρόβλημα καθίσταται ακόμα πιο σοβαρό, αφού θα μπορούσε στην αρχή να πραγματοποιηθεί αυτή με πολύ ελαφρύ μηχανικό εξοπλισμό, ενώ τότε, με την αυτοφυή βλάστηση που αναπτύσσεται ταχύτατα χρειάζεται βαρύτερος. Ο εξοπλισμός αυτός απαιτεί βαριές δαπάνες, τις οποίες οι αγρότες συνήθως δεν μπορούν να επωμισθούν και οι διαδικασίες για τη χορήγηση δανείων κλπ. είναι χρονοβόρες. Έτσι η κατάσταση χειροτερεύει. Για να αποφεύγονται τέτοιες δυσμενείς συνέπειες, συνιστάται η συστηματική κάθε χρόνο συντήρηση των τάφρων, γιατί έτσι εξασφαλίζεται κατά τον οικονομικότερο και αποτελεσματικότερο τρόπο η καλή λειτουργία του στραγγιστικού δικτύου.

β) Απαλλαγή των τάφρων από τη βλάστηση.

Κατά κανόνα η απλή κοπή της υδροχαρούς βλαστήσεως, από τον πυθμένα και τα πρανή των τάφρων με μηχανικό τρόπο, θεωρείται ως ίκανοποιητική συντήρηση. Η δλη εργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί με τεχνικά μέσα από τα πιο απλά, που μπορεί να είναι και χειροκίνητα, μέχρι τα πιο σύγχρονα χορτοκοπτικά μηχανήματα επάνω σε ειδικές λέμβους. Η απομάκρυνση της βλαστήσεως που κόπηκε, αποτελεί σοβαρό πρόβλημα, γιατί πρόκειται περί τεραστίων όγκων, κυρίως, όταν για πολλά χρόνια δεν έχει γίνει παρόμοια συντήρηση. Αρκεί να αναφερθεί ότι αναπτύσσονται όχι μόνο καλάμια που φθάνουν συχνά σε ύψος 6 m και παραπάνω, αλλά και ολόκληρα δένδρα ή θάμνοι κυρίως σε κεντρικές συλλεκτήριες τάφρους.

Ένας άλλος τρόπος απαλλαγής των τάφρων από τη βλάστηση είναι η έγκαιρη καταστροφή της βλαστήσεως με χημικά μέσα. Η μέθοδος αυτή δεν αποδείχθηκε αποτελεσματική. Επιπλέον υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να καταστραφεί, λόγω της τοξικότητας αυτών των ουσιών, η χλωρίδα και η πανίδα του τεχνητού ή του φυσικού υδατορεύματος, που χρησιμεύει σαν αποδέκτης ενώ οι άμμεσες επιπτώσεις για γενικότερη ρύπανση των νερών δεν έχουν πλήρως διερευνηθεί.

Εξάλλου, η σχετική δαπάνη εφαρμογής της χημικής μεθόδου δε φαίνεται να είναι μικρότερη από την εφαρμογή μηχανικών μέσων. Γενικά όταν γίνεται χρήση χημικών ουσιών, θα πρέπει να λαμβάνονται αυστηρά μέτρα, ώστε οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες να μην αποτελούν σοβαρό κίνδυνο μολύνσεως των νερών, δεδομένου μάλιστα ότι οι παραγωγοί πολλές φορές αντλούν από αυτά τα νερά για να ποτίσουν τα χωράφια τους.

Πάντως, η καλύτερη συμβουλή είναι να εφαρμόζεται έγκαιρη καταστροφή της

βλαστήσεως, οπότε μπορεί να γίνει με ελαφρύ μηχανικό εξοπλισμό και κατά συνέπεια με μικρότερες δαπάνες.

γ) Τρόπος εκτελέσεως της συντηρήσεως.

1) Συχνότητα επεμβάσεων.

Όπως αναφέρθηκε, ο αποτελεσματικότερος και οικονομικότερος τρόπος καταστροφής της ανεπιθύμητης υδροχαρούς βλαστήσεως είναι η έγκαιρη επέμβαση. Αυτή η επέμβαση πρέπει να γίνεται σε τακτικά χρονικά διαστήματα, ανάλογα με τη φύση της εργασίας και τα ειδικά χαρακτηριστικά των τάφρων. Η έκταση κοπής πρέπει να αναφέρεται σε μεγάλα τμήματα της τάφρου, αν για πολλούς λόγους δεν μπορεί να γίνει σε όλο το μήκος της. Σ' αυτή την περίπτωση επεμβαίνομε κάθε ένα ή δύο χρόνια.

Όσον αφορά την επαναφορά της κοίτης στην αρχική της μορφή, η εργασία αυτή πρέπει να γίνεται κάθε 3 ως 7 χρόνια, ανάλογα με την περίπτωση.

2) Τεχνικά μέσα.

Τα περισσότερα από τα μηχανήματα που περιγράφθηκαν στα προηγούμενα για την κατασκευή των τάφρων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τη συντήρησή τους. Επισημαίνονται πάντως ορισμένα από αυτά που φαίνεται ότι συγκεντρώνουν, συγκριτικά με τα υπόλοιπα, περισσότερα πλεονεκτήματα. Π.χ. τα μηχανήματα με κάρο Drag-Line καθώς και οι χορτοκοπτικές λέμβοι, ενώ για την επαναφορά της κοίτης στην αρχική της μορφή πλεονεκτούν αυτά που οι κάροι τους είναι εξοπλισμένοι με ειδικά οδοντωτά φτυάρια.

Πάντως, για κάθε περίπτωση και πριν από την έναρξη των εργασιών με τον ένα ή άλλο τρόπο, επιβάλλεται πάντα να προηγείται συγκριτικός οικονομικός υπολογισμός.

δ) Εμφράξεις των δραίνων.

Γενικά.

Ο χρόνος λειτουργίας ενός καλά κατασκευασμένου δικτύου με δραίνα πρέπει να υπολογίζεται για πολλά χρόνια χωρίς να παρουσιάζεται ανάγκη συντηρήσεως. Δυστυχώς όμως στην πράξη δε συμβαίνει πάντοτε έτσι και παρατηρούνται εμφράξεις που εμποδίζουν την κανονική λειτουργία του δικτύου και κατά συνέπεια και την καλή στράγγιση.

Αυτές οι εμφράξεις, παρά το γεγονός ότι η προέλευσή τους μπορεί να οφείλεται σε πολλά αίτια, μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Δηλαδή σε:

- Εμφράξεις που οφείλονται σε κακοτεχνίες κατά τη διάρκεια της κατασκευής και
- εμφράξεις που οφείλονται σε φυσικά αίτια (ρίζες, αρουραίοι κ.ά.).

1) Εμφράξεις οφειλόμενες σε κακοτεχνίες κατά την κατασκευή.

Αυτές οι εμφράξεις των δραίνων οφείλονται κυρίως στις εξής αιτίες:

- Ανεπαρκής διατομή.
- Ανεπαρκής κλίση.
- Κακή ποιότητα του υλικού.
- Κακή τοποθέτηση.

Η ανεπάρκεια στη διατομή των δραίνων οφείλεται συνήθως στην απειρία του μελετητή και στην τάση των παραγωγών να αποκτήσουν οικονομικότερο δίκτυο αφού η τιμή των δραίνων αυξάνει με την αύξηση της διαμέτρου.

Η ανεπάρκεια στην κλίση των δραίνων παρατηρείται, μερικές φορές, στις χαμηλές ζώνες της υπό στράγγιση περιοχής, οπότε η ταχύτητα ροής μέσα στα δραίνα γίνεται μικρότερη από την ελάχιστη επιτρεπτή. Έτσι, προκαλείται καθίζηση της μεταφερόμενης με το νερό ιλύος ή της άμμου με αποτέλεσμα την έμφραξη των δραίνων. Το είδος αυτό της εμφράξεως οφείλεται σχεδόν πάντα σε λαθημένο υπολογισμό ή σε κακή εκτέλεση της κατασκευής και σπανιότερα σε τοπικές καθιζήσεις ή υποχωρήσεις του εδάφους.

Εάν χρησιμοποιηθούν δραίνα κακής ποιότητας, π.χ. δραίνα που σπάζουν εύκολα, η ροή εξαίτιας αυτής της ρήξεως του σωλήνα διακόπτεται ή εξακολουθεί κατά τρόπο μη ικανοποιητικό. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνεται αυστηρή προηγούμενη επιλογή ως προς την ποιότητα και τα σχετικά με αυτή χαρακτηριστικά του δραίνου.

Εμφράξεις προκαλούνται επίσης από κακό χειρισμό των δραίνων και κακή τοποθέτησή τους κατά την κατασκευή του δικτύου. Επίσης από πλημμελή σύνδεση και μη ομοιόμορφη κάλυψη από αμμοχάλικες. Για τους λόγους αυτούς επιβάλλεται αυστηρή επιβλεψη κατά την εκτέλεση των παραπάνω εργασιών.

Όταν τα άκρα των δραίνων δε βρίσκονται σε τέλεια επαφή ή όταν το δραίνο τοποθετείται σε μαλακό υπέδαφος, το άκρο του ανεβαίνει ή κατεβαίνει όταν γεμίζεται η τάφρος με χώμα, με συνέπεια να διευκολύνεται η είσοδος στερεών υλών για να επακολουθήσει στη συνέχεια η έμφραξη του δραίνου.

Για όλες τις προηγούμενες περιπτώσεις εμφράξεως εκείνο που πρέπει να συνιστάται είναι η μεγάλη προσοχή στους σχετικούς υπολογισμούς κατά τη φάση της μελέτης και η αυστηρή επιβλεψη κατά τη φάση της κατασκευής.

2) Εμφράξεις οφειλόμενες σε φυσικά αίτια.

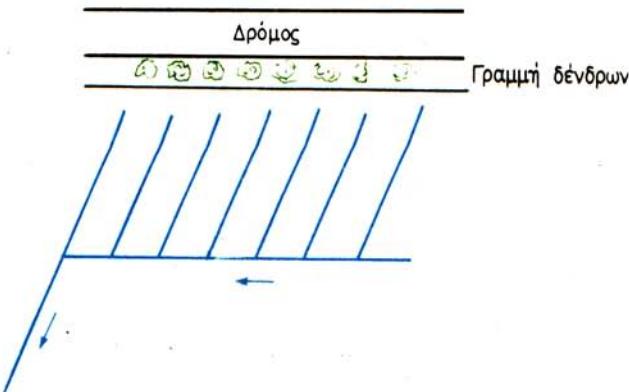
Το είδος αυτό των εμφράξεων οφείλεται κυρίως στα εξής αίτια:

- Διείσδυση μέσα στα δραίνα μικρών ζώνων.
- Διείσδυση μέσα στα δραίνα ριζών διαφόρων φυτών.
- Εναπόθεση διαφόρων στερεών υλών.
- Ανάπτυξη ειδικών βλαστήσεων.

Συχνά μέσα στα δραίνα μπαίνουν διάφορα μικρά ζώα όπως π.χ. ποντίκια, αρουραίοι, βατράχια κ.ά. με αποτέλεσμα την έμφραξή τους. Για την αποφυγή αυτών των εμφράξεων, θα πρέπει να τοποθετούνται στα πιθανά σημεία τέτοιων εισόδων ειδικές προστατευτικές σχάρες.

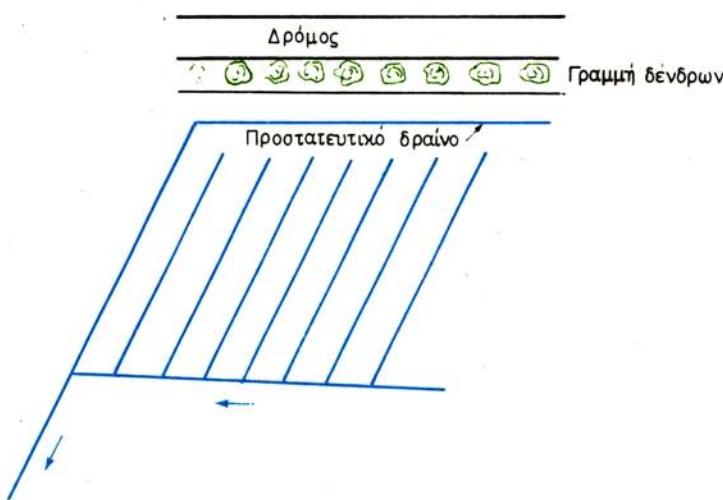
Για την περίπτωση προστασίας των δραίνων από εμφράξεις που μπορούν να συμβούν λόγω εισόδου των ριζών διαφόρων γειτονικών δένδρων, προτείνονται οι διατάξεις που φαίνονται στα σχήματα 7.7η και 7.7θ.

Εμφράξεις μπορεί να προέλθουν και από την ανάπτυξη μέσα στα δραίνα διαφόρων αιλγών που έχουν την ικανότητα να αναπτύσσονται χωρίς φως και να σχηματίζουν ογκώδεις μάζες γνωστές ως «ουρές της αλεπούς». Αυτές οι άλγες αναπτύσσονται κυρίως σε όξινα εδάφη ή σε περιπτώσεις οριζοντίων εδαφών όπου το νερό κινείται με πολύ μικρές ταχύτητες. Η υπόδειξη στην προκειμένη περίπτωση είναι η χρήση δραίνων μεγαλύτερης διαμέτρου και λείων εσωτερικά.



Σχ. 7.7η.

Οι ρίζες των δένδρων μόνο τα ανώτερα άκρα των δραίνων μπορούν να επηρεάσουν.



Σχ. 7.7θ.

Στην περίπτωση αυτή έχει τοποθετηθεί ένα πρόσθετο προστατευτικό δράινο παράλληλα προς τη γραμμή των δένδρων.

Άλλη αιτία που μειώνει την αποδοτικότητα στραγγίσεως των δραίνων είναι η προοδευτική τσιμεντοποίηση γύρω από τα δραίνα των λεπτών υλών που περιορίζουν τα ανοίγματα των οπών ή των σχισμών και έτσι παρεμποδίζεται η κανονική είσοδος σ' αυτά των νερών της υποστραγγίσεως. Η κατάσταση αυτή δυστυχώς δε θεραπεύεται, ενώ με την πάροδο του χρόνου αυτά τα υλικά σχηματίζουν μία ζώνη γύρω από τα δραίνα που περιορίζει τη διαπερατότητα σ' αυτή την περιοχή. Η παροχή μειώνεται συνεχώς ενώ τα νερά που εισέρχονται στα δραίνα είναι πολύ καθαρά από το γεγονός ότι φιλτράρονται σε μεγάλο βαθμό κατά τη διοδό τους από την τσιμεντοποιημένη αυτή ζώνη. Στην περίπτωση αυτή η μόνη λύση είναι να ξανακατασκευασθεί το δίκτυο από την αρχή και να ληφθεί ιδιαίτερη μέριμνα, ώστε τα δραίνα να περιβληθούν από ζώνη φιλτραρίσματος από κατάλληλα υλικά (άμμοι, λεπτά χαλίκια κ.ά.).

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΔΑΦΩΝ

8.1 Γενικά.

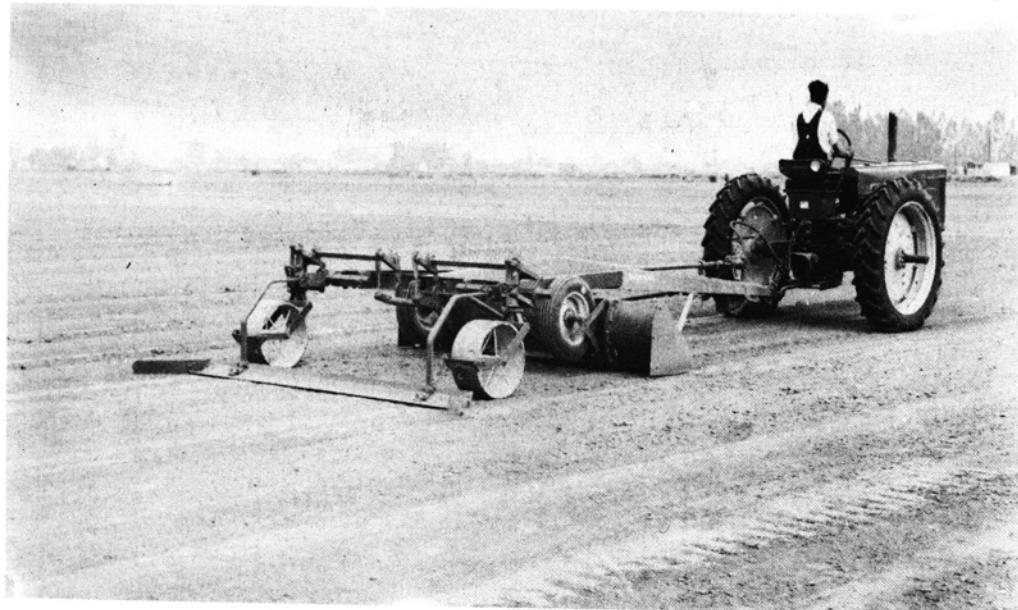
Ο όρος **συστηματοποίηση εδαφών** είναι αρκετά ξερύς και θα μπορούσε να λεχθεί ότι περιλαμβάνει κάθε είδους επεμβάσεις που γίνονται με σκοπό στην προετοιμασία των εδαφών, είτε για καλλιέργεια γενικά, είτε για άρδευση, ή ακόμα για την προστασία της από τη διάτρηση ή και τη συντήρησή της. Στις παραγράφους που θα επακολουθήσουν θ' αναπτυχθούν, σε γενικές γραμμές, η προετοιμασία των γεωργικών εδαφών για άρδευση και η προστασία τους από την υδατική διάβρωση. Τα θέματα αυτά παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη χώρα μας, γιατί αφορούν άμεσα τις πεδινές εκτάσεις που προβλέπεται να άρδευθούν με επιφανειακή άρδευση, καθώς και τις επικλινείς εκτάσεις που κινδυνεύουν από τη διαβρωτική ενέργεια των απορροών.

8.2 Συστηματοποίηση - Ισοπέδωση αρδευόμενων εδαφών.

8.2.1 Γενικά.

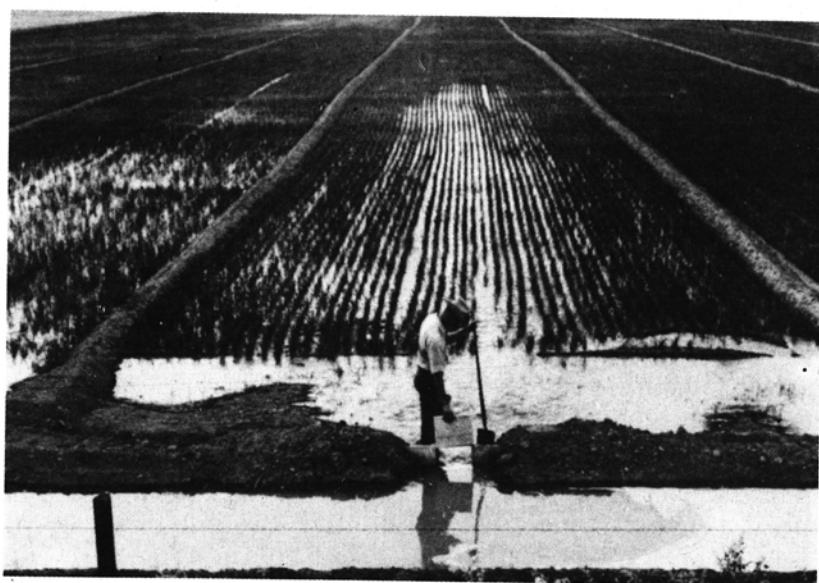
Ο όρος **συστηματοποίηση** αναφέρεται, κυρίως, στην ισοπέδωση εδαφών που πρόκειται να άρδευθούν με επιφανειακή άρδευση (άρδευση βαρύτητας) με σκοπό τη δημιουργία **επιπέδων επιφανειών**, με επιθυμητές κλίσεις, ώστε να εξασφαλίζονται στα εδάφη αυτά, η διανομή και η ομοιόμορφη εφαρμογή του αρδευτικού νερού κατά τον οικονομικώτερο τρόπο (σχ. 8.2α, 8.2β, 8.2γ και 8.2δ).

Είναι φανερό ότι σχετικά ανώμαλα εδάφη δεν μπορούν να άρδευθούν κατά τρόπο ομοιόμορφο με επιφανειακή άρδευση, αν δεν προηγηθεί η ισοπέδωσή τους. Λέμε **σχετικά ανώμαλα εδάφη**, για να τονισθεί ότι μιλάμε κυρίως για πεδινές εκτάσεις με μικρές επιφανειακές ανωμαλίες και όχι για εκτάσεις μεγάλων κλίσεων και ανωμαλιών γενικότερα. Η εφαρμογή των ισοπεδώσεων, πέρα από την ομοιόμορφη κατανομή του αρδευτικού νερού στον αγρό, επιτρέπει επίσης την ευχερέστερη εφαρμογή της αρδεύσεως με σημαντική μείωση της απαιτούμενης εργασίας, τον περιορισμό της σπατάλης αρδευτικού νερού, την καλύτερη συντήρηση του εδάφους και τέλος την επίτευξη μεγαλύτερης φυτικής παραγωγής, η οποία και επηρεάζει άμεσα το εισόδημα του αγρότη..



Σχ. 8.2α.

Αγρός κατά την τελική φάση της ισοπεδώσεως. Ο κάδος αποξέει τις τελευταίες μικροανωμαλίες του εδάφους, συλλέγοντας ταυτόχρονα και τα χώματά τους. Μια μεταλλική λάμα που ακολουθεί, καθιστά την επιφάνεια τελείως επίπεδη, για να δεχθεί την επιφανειακή άρδευση.



Σχ. 8.2β.

Αγρός που έχει ήδη υποστεί την κατεργασία της ισοπεδώσεως και έχει διαμορφωθεί το δίκτυο επιφανειακής αρδεύσεως. Το νερό από την αρδευτική διώρυγα, με ειδική θυρίδα που χειρίζεται ο αγρότης, εισέρχεται στη λεκάνη μεταξύ διώρυγας και αρδευτικών αυλακιών και στη συνέχεια στα αρδευ-

**Σχ. 8.2γ.**

Η στραγγιστική τάφρος συλλέγει νερά που πλεονάζουν στον αγρό. Το στραγγιστικό δίκτυο χαράσσεται και κατασκευάζεται συγχρόνως με το αρδευτικό και το απαραίτητο αγροτικό οδικό δίκτυο.

**Σχ. 8.2δ.**

Στον αγρό αυτό, μετά την ισοπέδωσή του εφαρμόζεται άρδευση με αυλάκια. Και στην περίπτωση αυτή μεταξύ της διώρυγας τροφοδοσίας και των αρδευτικών αυλακιών, παρεμβάλλεται βιοθητική διώρυγα, από την οποία το νερό μέσα από ειδικές θυρίδες εισέρχεται στα αυλάκια.

8.2.2 Παράγοντες που πρέπει να μελετηθούν πριν από την ισοπέδωση.

α) Ο δύκος των εκχωμάτων.

Όγκοι εκχωμάτων μεγαλύτεροι από 150 m^3 εδάφους κατά στρέμμα καθιστούν την ισοπέδωση ιδιαίτερα προβληματική ως προς το κόστος για τις συνήθεις καλλιέργειες.

β) Το βάθος του εδάφους.

Εδάφη αιβαθή δεν προσφέρονται για ισοπέδωση, γιατί υπάρχει κίνδυνος να έλθει στην επιφάνεια άγονο έδαφος. Αυτό θα έχει ως συνέπεια τη μείωση της γονιμότητας των εδαφών αυτών, για αρκετά χρόνια, μέχρις ότου, με τις καλλιεργητικές φροντίδες και τις κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες, μετατραπούν σε γόνιμα γεωργικά εδάφη. Το επιτρεπόμενο λοιπόν βάθος εκχωμάτων εξαρτάται άμεσα από το βάθος του γόνιμου επιφανειακού στρώματος εδάφους και, στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 30 cm.

γ) Ο βαθμός διηθητικότητας του εδάφους.

Είναι ήδη γνωστό ότι εδάφη με **μεγάλο βαθμό τελικής ή βασικής διηθητικότητας** δεν προσφέρονται για επιφανειακή άρδευση και επομένως δεν χρειάζεται οποιαδήποτε ισοπέδωσή τους, όπως εκτίθεται στο κεφάλαιο αυτό. Σε παρόμοια εδάφη χρειάζεται να εφαρμοσθούν άλλες τεχνικές αρδεύσεως όπως είναι η τεχνητή βροχή και οι παραλλαγές της, η άρδευση με μικροεκτοξευτήρες, με σταγόνες κ.α. Αποκλείεται η επιφανειακή άρδευσή της, γιατί συνεπάγεται μικρά μήκη αυλακών ή λωρίδων, πυκνό δίκτυο αρδευτικών διωρύγων, σπατάλη νερού, αυξημένη απώλεια γεωργικής γης και τέλος δυσχέρεια στην κυκλοφορία των γεωργικών μηχανημάτων.

δ) Η σταθερότητα της επιφάνειας του εδάφους.

Εδάφη με **ασταθή επιφάνεια**, όπως είναι τα τυρφώδη, ή τα πολύ συνεκτικά εδάφη που παρουσιάζουν μεγάλες ρωγμές στην επιφάνειά τους, δεν προσφέρονται, κατά κανόνα, για ισοπέδωση, γιατί πέρα από την αστάθεια, συνεπάγονται και μεγάλες απώλειες νερού, αν εφαρμοσθεί σ' αυτά η επιφανειακή άρδευση. Επι πλέον, στα τυρφώδη εδάφη, ο δύκος των εκχωμάτων είναι σχεδόν διπλάσιος από εκείνο των επιχωμάτων.

ε) Το κόστος της ισοπεδώσεως.

Ο παράγοντας κόστος είναι σχετικός και πρέπει πάντα να εξετάζεται μαζί με το αναμενόμενό όφελος από την ισοπέδωση. Εξάλλου το κόστος της ισοπεδώσεως μεταβάλλεται οπωσδήποτε με την τεχνολογική πρόοδο και με τον συνεχώς ανανεούμενο μηχανικό εξοπλισμό. Έτσι δεν χρειάζεται να γίνει εδώ λεπτομερέστερη ανάλυση του παράγοντα αυτού. Στοιχεία μειώσεως του κόστους αναφέρονται στην παράγραφο 8.2.4(a).

στ) Το μέγεθος του αγροτικού κλήρου.

Είναι φανερό ότι με την ισοπέδωση επιδιώκεται η άρδευση των αγρών με φυσι-

κή ροή του αρδευτικού νερού και επομένως επιβάλλεται η αξιοποίηση του μέγιστου μήκους διαδρομής του. Ο όρος αυτός συνεπάγεται μεγάλους κλήρους και μάλιστα σε παράλληλη διάταξη προς την κλίση της ισοπεδωμένης επιφάνειας, πράγμα που στη χώρα μας σπάνια εμφανίζεται στην πράξη, λόγω του μικρού και κατακερματισμένου κλήρου. Για το λόγο αυτό, όταν μελετάται η ισοπέδωση τέτοιων εκτάσεων, η συγκέντρωση των μικρών κλήρων του αγρότη σε ένα μεγάλο κλήρο και η αναδιανομή των αρδεύμενων γαιών, αποτελούν προϋποθέσεις αναγκαίες και απαραίτητες για την ορθή, οικονομική και εύχρηστη χάραξη του αρδευτικού δικτύου. Το πρόβλημα της ισοπεδώσεως εμφανίζεται πολλές φορές και μεμονωμένα, δηλαδή για συγκεκριμένους αγρούς που βρίσκονται μέσα στα όρια της αρδευτικής περιμέτρου. Για τη σωστή αντιμετώπιση και τέτοιων περιπτώσεων, χρειάζεται να συνταχθούν σχετικές μελέτες.

8.2.3 Κύρια στοιχεία μελέτης ισοπεδώσεως.

- Η μελέτη ισοπεδώσεως ενός συγκεκριμένου αγρού πρέπει να περιλαμβάνει:
- **Τον προσδιορισμό της κλίσεως** της νέας επιφάνειας του αγρού που θα δημιουργηθεί μετά την ισοπέδωση, η οποία πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις για τη μέθοδο της επιφανειακής αρδεύσεως που προβλέπεται να εφαρμοσθεί.
 - **Τον προσδιορισμό του άριστου βάθους** των εκχωμάτων και των ύψους των επιχωμάτων, ώστε η επιθυμητή κλίση της ισοπεδωμένης επιφάνειας να επιτυγχάνεται με τον ελάχιστο δυνατό όγκο μετακινουμένου εδάφους.
 - **Την εκτίμηση του κεστούς** της ισοπεδώσεως, ώστε να γνωρίζει ο ενδιαφερόμενος αγρότης το ύψος της συνολικής δαπάνης, για να μπορεί να εκτιμηθεί το αναμενόμενο δύνεις.
 - **Τον τρόπο οργανώσεως** και εκτελέσεως της ισοπεδώσεως με περιγραφή σε γενικές γραμμές του απαιτούμενου για το σκοπό αυτό μηχανικού εξοπλισμού και τέλος,
 - **τον τρόπο συντήρησεως** της ισοπεδώσεως που αποτελεί και τη βασικότερη προϋπόθεση για την αξιοποίηση της δύλης προσπάθειας και των συναφών δαπανών.

Η εκπόνηση μελέτης ισοπεδώσεως μπορεί να γίνει με πολλές μεθόδους, η ανάπτυξη των οποίων ξεφεύγει από το σκοπό του βιβλίου αυτού. Για απλή ενημέρωση αναφέρεται εδώ μόνο **η μέθοδος των ελαχιστων τετραγώνων** που φαίνεται να είναι η επικρατέστερη, γιατί με την εφαρμογή της επιτυγχάνεται μικρότερος όγκος μετακινούμενου εδάφους (**ικόφιρο - γέμισμα**) και παρέχεται η δυνατότητα προσδιορισμού ενός **άριστου επιπέδου κοπής του εδάφους** του αγρού που πρόκειται να ισοπεδωθεί. Η οικονομία σε μετακινούμενο όγκο εδάφους μπορεί να φθάσει μέχρι και 25% σε σύγκριση με όσο επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των άλλων μεθόδων. Η μέθοδος των ελαχιστων τετραγώνων είναι η μόνη που εφαρμόζεται από πολλά χρόνια στη χώρα μας.

8.2.4 Εκτέλεση και συντήρηση των ισοπεδώσεων.

a) Εκτέλεση.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η μελέτη προσδιορίζει τον όγκο των αναγκαίων

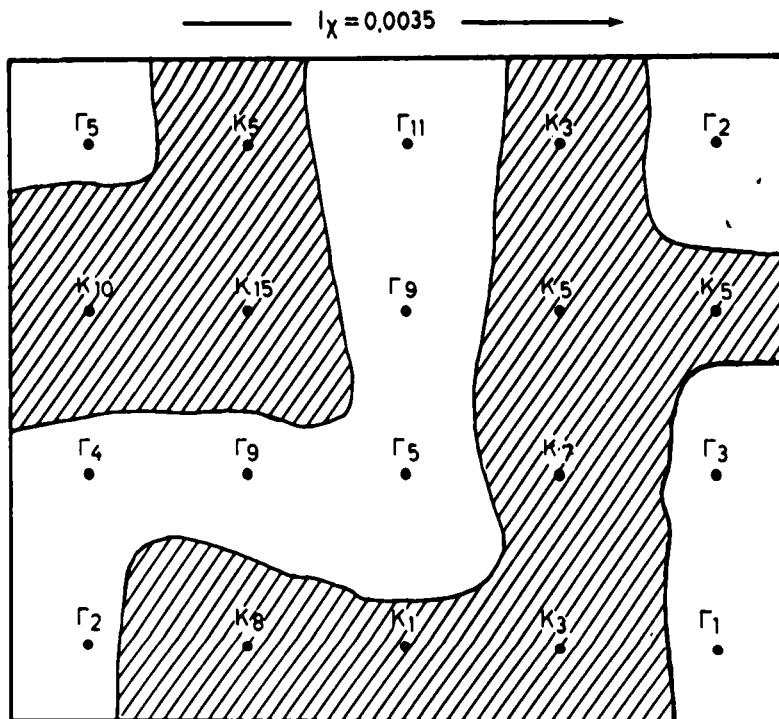
εκχωμάτων και επιχωμάτων για την επίτευξη μιας νέας επίπεδης επιφάνειας του αγρού, με την επιθυμητή κλίση. Γίνεται φανερό ότι το τμήμα του αγρού που βρίσκεται πιο ψηλά από τη νέα αυτή τελική επίπεδη επιφάνεια (υπέρκειται), πρέπει να κοπεί (**εκχωμάτωση**), ενώ εκείνο που βρίσκεται πιο χαμηλά από αυτή (υπόκειται), πρέπει να γεμισθεί (**επχωμάτωση**).

Τα τμήματα του αγρού που έχουν επιφάνεια με την ίδια κλίση με εκείνη της ισοπεδωμένης επιφάνειας, δε θα πειραχθούν καθόλου. Οι αποστάσεις σε cm της ελεύθερης επιφάνειας του αγρού από το επίπεδο ισοπεδώσεως (θετικές αν υπέρκεινται και αρνητικές αν υπόκεινται), καθορίζουν αντίστοιχα τα βάθη κοπής (K) και γεμίσματος (Γ) (σχ. 8.2ε και 8.2στ). Για τη διευκόλυνση της εκτελέσεως αυτής της εργασίας με μηχανικά μέσα, γίνεται σήμανση με ειδικούς πασσάλους των τμημάτων που θα εκχωματισθούν και εκείνων που θα επιχωσθούν. Οι πάσσαλοι αυτοί

$I_X = 0,0035$				
Γ 0,06 9,56 • 9,50	K 0,05 9,49 • 9,54	Γ 0,12 9,42 • 9,30	K 0,03 9,35 • 9,38	Γ 0,02 9,28 • 9,26
K 0,09 9,51 • 9,60	K 0,14 9,44 • 9,58	Γ 0,09 9,37 • 9,28	K 0,04 9,30 • 9,34	K 0,05 9,23 • 9,28
Γ 0,04 9,46 • 9,42	Γ 0,09 9,39 • 9,30	Γ 0,06 9,32 • 9,26	K 0,07 9,25 • 9,32	Γ 0,04 9,18 • 9,14
Γ 0,03 9,41 • 9,38	K 0,08 9,34 • 9,42	0,00 9,27 • 9,27	K 0,02 9,20 • 9,22	Γ 0,01 9,13 • 9,12

Σχ. 8.2ε.

Το σχήμα αυτό παριστάνει μια επιφάνεια αγρού που πρόκειται να ισοπεδωθεί. Στην αρχή της εργασίας σημειώνονται τα αρχικά υψόμετρα, τα οποία χαρακτηρίζονται από τη μικρή κουκίδα που βρίσκεται μπροστά από αυτά. Στη συνέχεια, πάνω από κάθε αρχικό υψόμετρο, τοποθετούνται τα υψόμετρα που προσδιορίζονται με βάση τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, τα οποία βρίσκονται όλα στο επίπεδο ισοπεδώσεως. Με την ίδια μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, έχουν προσδιορισθεί και οι κλίσεις I_X και I_Y κατά την έννοια των αξόνων X και Y αντίστοιχα. Τα σημεία κατά τους άξονες X και Y, στα οποία σημειώνονται τα αρχικά υψόμετρα κατά τη χωροστάθμιση, στην τοπογραφική ορολογία λέγονται και στάσεις. Αυτά βρίσκονται στις κορυφές ίσων τετραγώνων. Τέλος, οι διαφορές μεταξύ των αρχικών και των υψόμετρών που έχουν προσδιορισθεί, σημειώνονται πάνω από τα δύο αυτά υψόμετρα κάθε στάσεως με τα χαρακτηριστικά γράμματα K αν πρόκειται για «κάψιμο» ή Γ αν πρόκειται για «γέμισμα».



Σχ. 8.2στ.

Το σχήμα αυτό αποτελεί μια απλή οριζοντιογραφία της εκτάσεως που πρόκειται να ισοπεδωθεί, η οποία φέρει μόνο τα σημεία Κ ή Γ του σχήματος 8.2ε. Αυτά συνοδεύονται από ένα δείκτη, που δηλώνει πόσα εκατοστά εδάφους πρέπει να κοπούν και πόσα πρέπει να γεμισθούν. Οι δείκτες αυτοί παρουσιάζουν πολλά κονίματα συχνά κατά 1 cm και λίγα γεμίσματα, μειωμένα κατά 1 cm, γιατί λόγω της κυκλοφορίας των μηχανημάτων της ισοπεδώσεως, τα επιχώματα συμπίεζονται και έτσι απαιτούνται μεγαλύτεροι όγκοι εκχωμάτων. Άλλωστε, σε εργασίες αυτού του είδους, αποκλίσεις του 1 cm δεν είναι σημαντικές. Έχοντας λοιπόν τα σημεία Κ και Γ και τις κλίσεις Ιχ και Ιψ, μπορούμε εύκολα να σκιαγραφήσουμε τις επιφάνειες που πρέπει να κοπούν και εκείνες που πρέπει να γεμισθούν (σχ. 8.2στ). Με βάση τα δεδομένα αυτά, τοποθετούνται σε κάθε στάση έγχρωμοι, κατά κανόνα, πάσσαλοι που οδηγούν τους χειριστές των μηχανημάτων για καλύτερη και ταχύτερη εκτέλεση των εργασιών της ισοπεδώσεως. Στο σχήμα, οι λευκές επιφάνειες θα κοπούν και οι διαγραμμισμένες θα γεμισθούν.

χρωματίζονται με διαφορετικά χρώματα για κάθε τμήμα και γράφεται πάνω τους το βάθος κοπής ή γεμίσματος σε cm. Αυτό διευκολύνει πάρα πολύ τους χειριστές των μηχανημάτων ισοπεδώσεως (αποξεστήρες και ισοπεδωτήρες που έλκονται από κοινούς ή από ερπυστριοφόρους σε δυσκολότερες περιπτώσεις ελκυστήρες (σχ. 8.2α, 8.2ζ, 8.2η, 8.2θ, 8.2ι). Ως προς το χρόνο εκτελέσεως της ισοπεδώσεως, αυτός εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους, η οποία, κατά τη στιγμή της ισοπεδώσεως, πρέπει να βρίσκεται γύρω από τη ζώνη μαράνσεως, οπότε διευκολύνεται πολύ η εκτέλεση των σχετικών εργασιών. Οι συνθήκες αυτές για τις περισσότερες περιπτώσεις στη χώρα μας, συμπίπτουν με την περίοδο Ιουνίου - Σεπτεμβρίου. Σ' όλη τη διάρκεια της ισοπεδώσεως πρέπει να γίνεται συνεχώς χωροσταθμικός



Σχ. 8.2ζ.

Αποξεστήρας μεταφορικού τύπου.

Οι αποξεστήρες αυτού του τύπου έχουν χωρητικότητα που κυμαίνεται από 11 έως 17 m³. Μπροστά από τον κάδο (ή κύπελλο) που φορτώνεται το χώμα από την απόξεση υπάρχει αποξεστική λεπίδα, καθώς και προστατευτικό εξάρτημα για την περισυλλογή και συγκράτηση του φορτίου. Ο ελκυστήρας πρέπει να είναι αναλόγου τύπου με τη χωρητικότητα του αποξεστήρα.

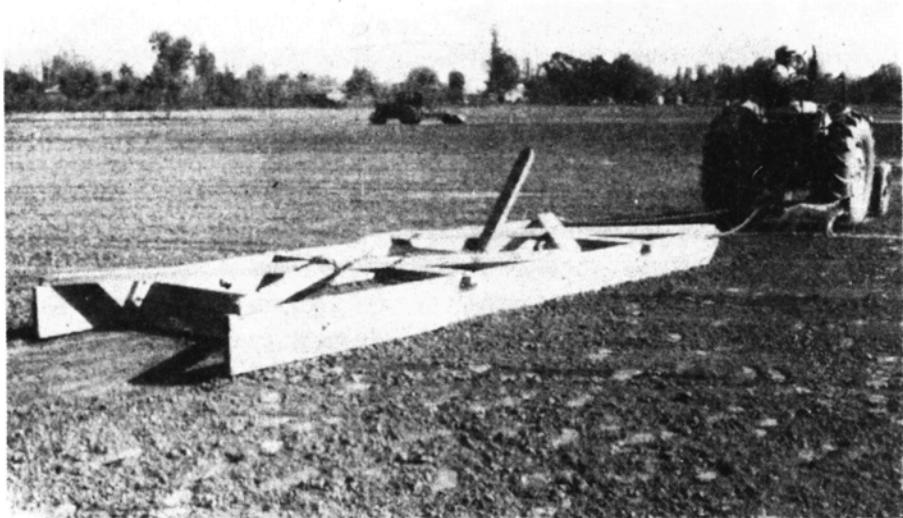


Σχ. 8.2η.

Αποξεστήρας χωρίς πυθμένα.

Οι αποξεστήρες του τύπου αυτού χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση σχετικά μικρών ανωμαλιών της επιφάνειας του εδάφους και σύρονται από ερυπιστριοφόρους ελκυστήρες. Ο κάδος φέρει ελάχιστο πυθμένα ή και καθόλου. Λόγω του μικρού σχετικά μεγέθους τους (πλάτος που κυμαίνεται από 3,60 έως 5,40 m) οι αποξεστήρες αυτοί χρησιμοποιούνται άνετα και οικονομικά για ελαφρές ισοπεδώσεις.

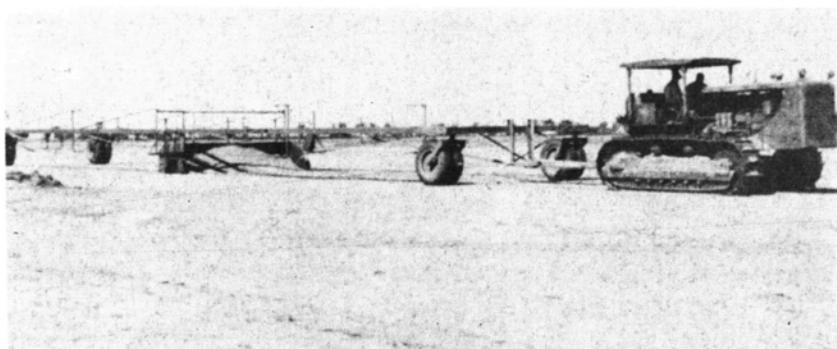
Έλεγχος, για να προλαμβάνονται έγκαιρα ανεπιθύμητες καταστάσεις από τυχόν λανθασμένες ενέργειες των χειριστών. Γενικά, η καλή και οικονομική εκτέλεση των ισοπεδώσεων, εξαρτάται κυρίως από: το βαθμό ακρίβειας της μελέτης, από το είδος, το μέγεθος των μηχανημάτων και την καλή κατάσταση των μηχανημάτων, από την εμπειρία των χειριστών και τέλος από την άρτια επίβλεψη και έλεγχο όλων των εργασιών κατά τη διάρκεια της εκτελέσεως της ισοπεδώσεως.



Σχ. 8.20.

Ξύλινος ισοπεδωτήρας.

Ο ισοπεδωτήρας αυτός, είναι ελαφράς κατασκευής και μπορεί να χρησιμοποιείται από τους γεωργούς εύκολα, με τη βοήθεια ακόμα και των πιο μικρών ελκυστήρων. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του για ελαφρές ισοπεδώσεις, υπήρξαν ικανοποιητικά.



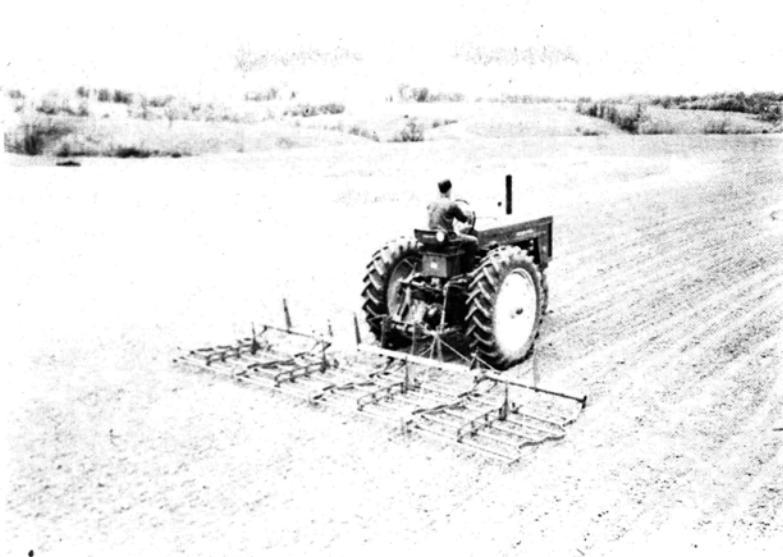
Σχ. 8.21.

Τετράτροχος ισοπεδωτήρας.

Ο ισοπεδωτήρας του τύπου αυτού, μπορεί με κατάλληλη ρύθμιση να κόβει αυτόματα τις ανωμαλίες του εδάφους και να γεμίζει τις κοιλότητές του. Οι διαστάσεις του μπορούν να είναι μέχρι και 25 m για το μήκος και 4,5 m για το πλάτος (συνήθως είναι 18 και 3,6 m αντίστοιχα). Η αποξεστική λεπίδα του ισοπεδωτήρα αυτού τοποθετείται στο μέσο του μήκους του και σε ρυθμισμένο ύψος.

β) Συντήρηση των ισοπεδώσεων.

Ο γενικός αυτός όρος περιλαμβάνει κάθε μέριμνα από μέρους του αγρότη για τη διατήρηση της ισοπεδώσεως σε καλή κατάσταση. Έτσι, κατά τον πρώτο χρόνο



Σχ. 8.2ια.

Με την οδοντωτή αυτή μεταλλική σβάρνα γίνεται μηχανική επικάλυψη των σπόρων, αλλά ταυτόχρονα επιτυγχάνεται και ο θρυμματισμός των χωμάτινων σβώλων καθώς και η συντήρηση της ισοπεδώσεως.



Σχ. 8.2ιβ.

Αγρός που ισοπεδώθηκε και διαμορφώθηκε για καλλιέργεια ριζιού που, όπως είναι γνωστό, αρδεύεται με κατάκλιση.

τουλάχιστον, επιβάλλεται να γίνεται μονοετής σκαλιστική καλλιέργεια, γιατί μετά τη συγκομιδή της, παρέχεται η δυνατότητα εκτελέσεως διαφόρων συμπληρωματικών εργασιών, για την εξομάλυνση τυχόν νέων ανωμαλιών της επιφάνειας του αγρού που συνήθως εμφανίζονται μετά τις αρόσεις. Οι συμπληρωματικές αυτές εργασίες, μπορούν να γίνουν με τη βοήθεια μικρών ξύλινων ισοπεδωτήρων (σχ. 8.2ζ) ή σβαρνών (σχ. 8.2ια και 8.2ιβ), που έλκονται από συνηθισμένους γεωργι-

κούς ελκυστήρες. Εξάλλου η καθολική εκ νέου αναμόχλευση του εδάφους, δημιουργεί τις απαραίτητες συνθήκες για την ανάπτυξη της ωφέλιμης για το έδαφος βακτηριολογικής δράσεως. Για τις περιπτώσεις που η γονιμότητα των εκχωμάτων δεν είναι ικανοποιητική, πράγμα που συνήθως συμβαίνει όταν το βάθος της υπερβαίνει τα 15 cm, συνιστάται η προσθήκη φυσικών ή χημικών λιπασμάτων για τη βελτίωσή της. Διαφορετικά οι αποδόσεις θα είναι μειωμένες για όσα χρόνια χρειασθεί να περάσουν, ώσπου να ωριμάσουν και να καταστούν γόνιμα. Οι αρόσεις που θα επακολουθήσουν συνιστάται να γίνονται με αναστρεφόμενα άροτρα και να συγκλίνουν ή να αποκλίνουν διαδοχικά σε σχέση με τη διεύθυνση της αρδεύσεως.

8.3 Συστηματοποίηση επικλινών εδαφών.

8.3.1 Γενικά.

Επικλινή εδάφη λέγονται τα εδάφη που η επιφανεία τους παρουσιάζει μεγάλες κλίσεις. Γενικά εδάφη με κλίση μικρότερη από 2% χαρακτηρίζονται ως **πεδινές εκτάσεις** και αν πρόκειται να αρδευθούν με επιφανειακή άρδευση, το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με ελαφρά μόνο ισοπέδωση. Εδάφη με κλίσεις από 2 μέχρι και 3% μπορούν να διευθετηθούν με ανάλογες, κλιμακώτες, ισοπεδώσεις, χωρίς σοβαρές δυσκολίες. Αν οι κλίσεις είναι μεγαλύτερες από 3%, τα εδάφη θεωρούνται ως **επικλινή** και η αξιοποίησή τους απαιτεί ειδικές μεταχειρίσεις, για την αντιμετωπιση της διαβρώσεως τους από τη ροή του νερού στην εδαφική επιφάνεια. Ως ειδικές μεταχειρίσεις χαρακτηρίζονται, οι **αρόσεις κατά τις ισοϋψεις του εδάφους** (δηλαδή κάθετα προς την κλίση του, η καλλιέργεια κατά ζώνες, η αμειψισπορά με ψυχανθή πυκνής βλαστήσεως, καθώς και η κατασκευή αναβαθμίδων, δηλαδή η δημιουργία οριζοντίων ή κεκλιμένων εδαφικών ζωνών, κάθετων προς την κλίση του εδάφους, οι οποίες μπορούν να καλλιεργηθούν ενώ παράλληλα προστατεύουν τα επικλινή εδάφη από την υδατική διάβρωση και συμβάλλουν στη συγκράτηση περισσότερης υγρασίας στο έδαφος (σχ. 8.3a ώς 8.3st).

8.3.2 Συστηματοποίηση χωρίς αναβαθμίδες.

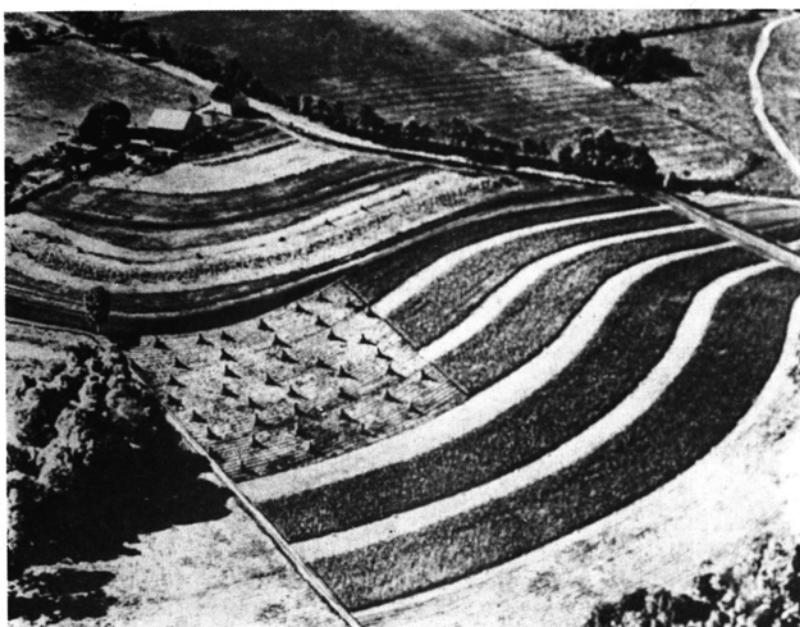
Γενικά.

Σε εδάφη με κλίσεις μέχρι και 8%, η συστηματοποίηση περιορίζεται στην άρση κατά τις ισοϋψεις, στην κατά διαστήματα κατασκευή τάφρων, στην καλλιέργεια κατά ζώνες και τέλος στην εφαρμογή αμειψισποράς που να περιλαμβάνει και ψυχανθή πυκνής βλαστήσεως. Η άρση κατά τις ισοϋψεις προστατεύει το έδαφος από την **υδατική διάβρωση** γιατί παρεμποδίζει τη ροή του νερού κατά τη διεύθυνση της κλίσεως του εδάφους και συμβάλλει στη συγκράτηση της μεγαλύτερης **δυνατής ποσότητας νερού**, γιατί η κλίση των αυλακιών μπορεί, σε σχέση με τις ισοϋψεις καμπύλες του εδάφους, να είναι πολύ μικρή. Επίσης διευκολύνει την απορρόφηση του συγκρατούμενου νερού από το έδαφος. Για κλίσεις εδαφών μέχρι 5%, η άρση κατά τις ισοϋψεις είναι κατά κανόνα αρκετή, ενώ για εδάφη με κλίση από 5 έως 8% πρέπει να συνδυάζεται με καλλιέργειες πυκνής βλαστήσεως και μερικές φορές με την κατασκευή **αναβαθμίδων-τάφρων** με ελαφρά κλίση από τις ισοϋψεις για την



Σχ. 8.3α.

Η κατεργασία του εδάφους (άροση ή αυλάκωση) κατά τις ισούψεις, όπως δείχνει η φωτογραφία αυτή, προστατεύει τον αγρό από την υδατική διάβρωση εμποδίζοντας το σχηματισμό επιφανειακής απορροής και συγκρατεί τα νερά της βροχής που σιγά σιγά διηθούνται στο έδαφος, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της υγρασίας σ' αυτό.



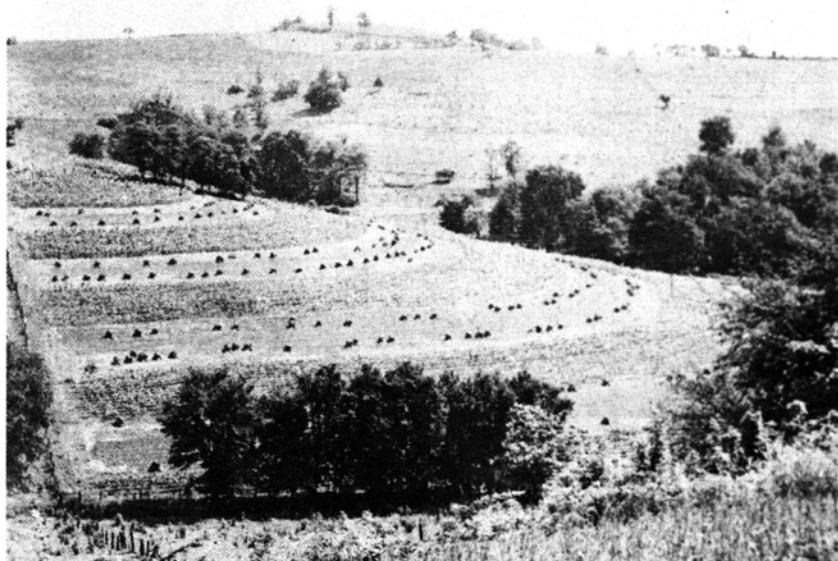
Σχ. 8.3β.

Καλλιέργεια επικλινών εδαφών κατά ζώνες κάθετες προς την κλίση του εδάφους ή όπως συνήθως λέγεται με ζώνες ή λωρίδες κατά τις ισούψεις. Ένα τμήμα του αγρού (κάτω αριστερά) που μάλλον παρουσιάζει μικρότερη κλίση καλλιέργειται με άροση κατά τις ισούψεις. Στον εφαρμοζόμενο κύκλο αμειψισποράς θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται και ψυχανθή.



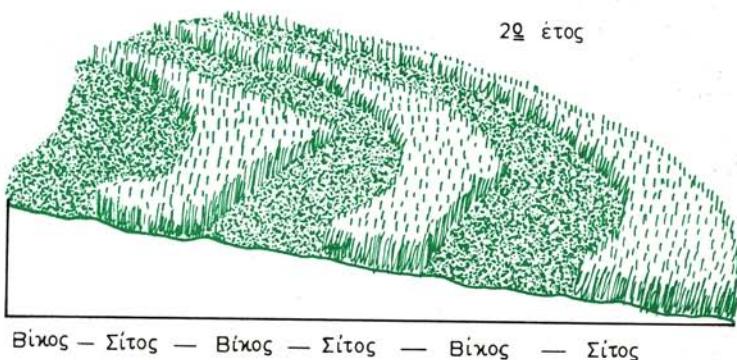
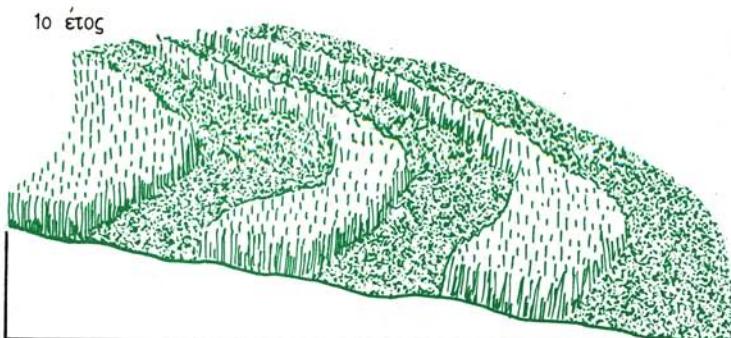
Σχ. 8.3γ.

Άγρος που καλλιεργείται κατά λωρίδες οι οποίες ακολουθούν τις ισούψεις. Οι καλλιέργειες ακολουθούν κάποιο σύστημα αμειψισποράς. Συνιστάται η αμειψισπορά να περιλαμβάνει και ψυχανθή.



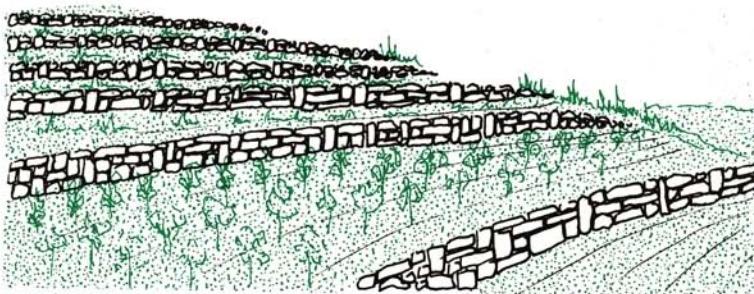
Σχ. 8.3δ.

Επικλινής έκταση που καλλιεργείται κατά ζώνες με εναλλασσόμενες καλλιέργειες στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και ψυχανθή πυκνής βλαστήσεως. Η προστασία από την υδατική διάβρωση είναι ικανοποιητική.



Σχ. 8.3δ.

Σχηματική παράσταση διετούς αμειψισποράς κατά ζώνες διαμορφωμένες κατά την έννοια των ισούψών καμπυλών του εδάφους.



Σχ. 8.3ε.

Επίπεδες αναβαθμίδες, με τοίχους αντιστρηζεως από ξερολιθία. Καλλιεργούνται με ετήσιες καλλιέργειες.

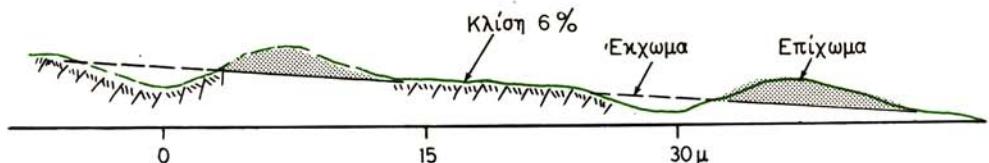
απομάκρυνση των νερών απορροής, που διαφορετικά θα υπήρχε κίνδυνος να προκαλέσουν διάβρωση (σχ. 8.3ζ).

Η **καλλιέργεια** φυτών πυκνής βλαστήσεως μπορεί να γίνεται **κατά ζώνες** εναλ-



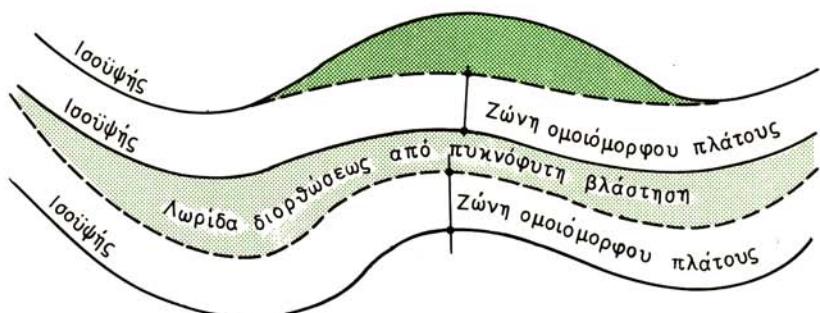
Σχ. 8.3στ.

Επίπεδες αναβαθμίδες χωρίς τοίχους αντιστρέψεως που καλλιεργούνται με δενδρώδη καλλιέργεια (ελιές ή άλλα δένδρα) που βρίσκεται στις πρώτες φάσεις της αναπτύξεώς της.



Σχ. 8.3ζ.

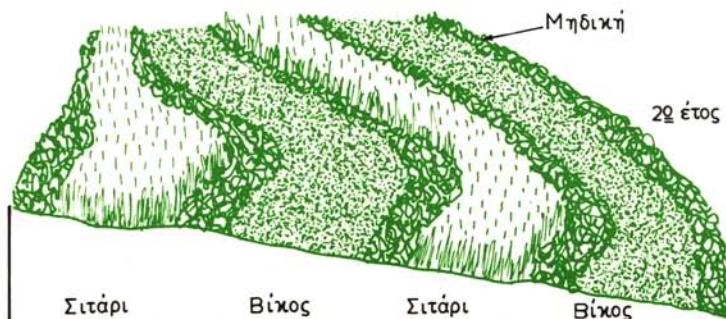
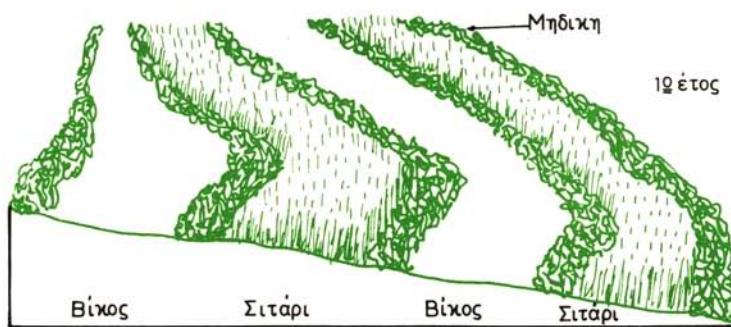
Σχηματική παράσταση αναβαθμίδας-τάφρου για προστασία από τη διάβρωση και συγκράτηση ή απομάκρυνση των νερών της απορροής.



Σχ. 8.3η.

Σχηματική παράσταση διαμορφώσεως ζωνών κατά τις ισοϋψείς με ομοιόμορφο πλάτος, χάρη στη δημιουργία ειδικών λωρίδων (διορθωτικών) με πυκνή βλάστηση.

λασσόμενες με ζώνες φυτών αραιάς βλαστήσεως. Οι ζώνες αυτές δημιουργούνται κατά τις ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους οι δε καλλιέργειες μπορεί να εναλλάσσονται με μια ορισμένη περίοδο αμειψισποράς. Εφ' όσον οι τοπογραφικές συνθήκες το επιτρέπουν, οι καλλιέργούμενες ζώνες είναι **ομοιόμορφου πλάτους**. Μερικές φορές, λόγω της μεταβολής της κλίσεως του εδάφους, δημιουργούνται ζώνες με μεγαλύτερο πλάτος από το αρχικά καθορισμένο. Επειδή όμως για λόγους τελειότερης, ταχύτερης και αποδοτικότερης εκτελέσεως των καλλιεργητικών φροντίδων το πλάτος της ζώνης επιβάλλεται να είναι ομοιόμορφο, εγκαθίστανται **διορθωτικές λωρίδες** με φυτά πυκνής βλαστήσεως όπως είναι τα ψυχανθή, που καταλαμβάνουν τις μεταξύ των ζωνών εδαφικές επιφάνειες (σχ. 8.3η). Η παρουσία λωρίδων ανασχέσεως με πολυετή φυτά πυκνής βλαστήσεως (σχ. 8.3θ) και η καλλιέργεια ζωνών με ψυχανθή εναλλασσόμενα με σιτηρά ή σκαλιστικές καλλιέργειες δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.



Σχ. 8.3θ.

Σχηματική παράσταση καλλιέργειας επικλινών εδαφών με αμειψισπορά Βίκος-Σιτάρι σε διπλή επανάληψη και παρεμβολή λωρίδων ανασχέσεως με πολυετή συνήθως ψυχανθή. Η δενδρώδης μηδική είναι ένα από τα καταληλότερα φυτά για λωρίδες ανασχέσεως.

8.3.3 Συστηματοποίηση με αναβαθμίδες (σχ. 8.3ε ως 8.3στ και 8.3ι ως 8.3γ).

Σε εδάφη με κλίση μεγαλύτερη από 8%, η κατασκευή αναβαθμίδων είναι απα-



Σχ. 8.3ι.

Αναβαθμίδες με αντίθετη κλίση για συγκράτηση των υδάτων της απορροής και για αποφυγή της υπερχειλίσεως που θα είχε διαβρωτικές συνέπειες για το έδαφος. Οι αναβαθμίδες του τύπου αυτού λέγονται και αναβαθμίδες-χάνδακες.



Σχ. 8.3ια.

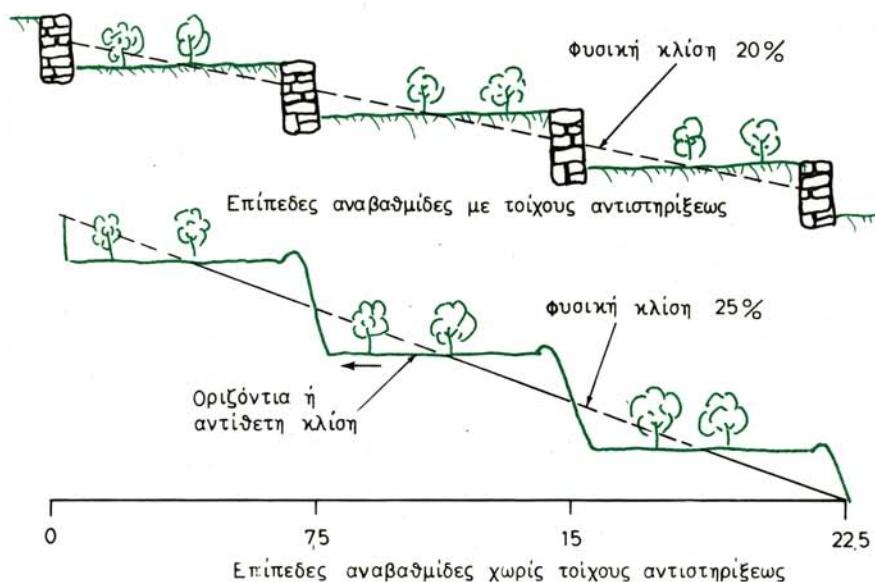
Αναβαθμίδες με αντίθετη κλίση προοριζόμενες για αμπελοκαλλιέργεια. Οι διαδοχικές φάσεις κατασκευής αυτών των αναβαθμίδων παρουσιάζονται στο σχήμα 8.3ιθ.

ραίτητη. Οι **αναβαθμίδες**, είναι οριζόντιες ή επικλινείς ζώνες εδάφους που δημιουργούνται τεχνητά, με τοίχο ή χωρίς **τοίχο αντιστηρίζεως** (σχ. 8.3ιγ), με σκοπό την **προστασία** του εδάφους από την υδατική διάβρωση, τη **συγκράτηση** υγρασίας στο έδαφος και τη **δημιουργία** συνθηκών καλλιέργειας των επικλινών εδαφών. Κατά κανόνα, οι αναβαθμίδες στη χώρα μας φυτεύονται με δενδρώδεις καλλιέργειες (συνήθως ελιές, αμυγδαλιές, μηλιές κ.α, ανάλογα με τις εδαφολογικές και κλιματικές συνθήκες) ή με αμέλια ή τέλος με σιτηρά και ψυχανθή.

Εδάφη με κλίση από 15 μέχρι και 25% που δεν προσφέρονται για ετήσιες καλ-

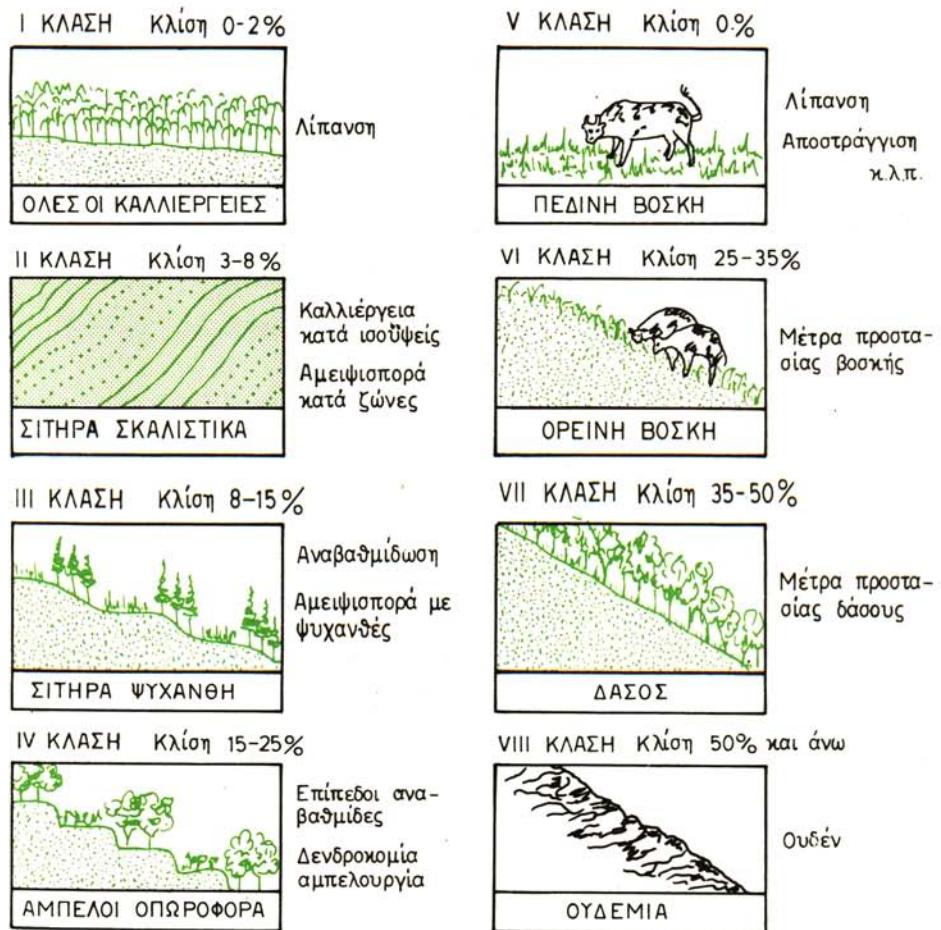
**Σχ. 8.3ιβ.**

Σχηματική παράσταση επίπεδων αναβαθμίδων χωρίς τοίχους αντιστηρίξεως. Η προστασία των πρανών μπορεί να εξασφαλισθεί με κατάλληλη φυτοκάλυψη.

**Σχ. 8.3ιγ.**

Σχηματική παράσταση επίπεδων αναβαθμίδων με τοίχους και χωρίς τοίχους αντιστηρίξεως.

λιέργειες, συνιστάται να παραμένουν ως βοσκές χωρίς όμως και να αποκλείεται η περιοδική καλλιεργεία τους με σιτηρά ανά 4ετία ή 5ετία. Στα εδάφη αυτά το φαινόμενο της διαβρώσεως είναι έντονο και, εφ' όσον πρέπει να αξιοποιηθούν γεωργικά, επιβάλλεται η κατασκευή σ' αυτά αναβαθμίδων και η φύτευση δενδρώδων καλλιεργειών. Τέλος, εδάφη με κλίση από 25% μέχρι και 50% δεν προσφέρονται παρά μόνο για βοσκές ή για δάση. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις και εφ' όσον οι λοιπές κλιματικές συνθήκες το επιτρέπουν, είναι μερικώς δυνατή η φύτευση δένδρων αλλά στις περιπτώσεις αυτές η δυνατότητα κατασκευής αναβαθμίδων είναι προβληματική από τεχνική άποψη και μάλλον απαγορευτική από οικονομική. Οι παρ-



Σχ. 8.3ιδ.

Στο σχήμα αυτό παρουσιάζεται κατά συνοπτικό τρόπο η ταξινόμηση των εδαφών σε κλάσεις ανάλογα με την κλίση τους ενώ παραπλεύρως σημειώνονται οι επεμβάσεις που πρέπει να γίνουν και κάτω οι ενδεδειγμένες χρήσεις.

πάνω κατηγορίες εδαφών με βάση την κλίση της επιφάνειάς τους είναι ενδεικτικές και είναι δυνατό στην πράξη να παρατηρούνται διακυμάνσεις προς τα άνω ή προς τα κάτω. Μία εποπτική εικόνα όλων των κατηγοριών (κλάσεων) εδαφών δίνεται στα σχήματα 8.3ιδ, 8.3ιε. Η ταξινόμηση αυτή ισχύει στις Η.Π.Α.

Τύποι αναβαθμίδων.

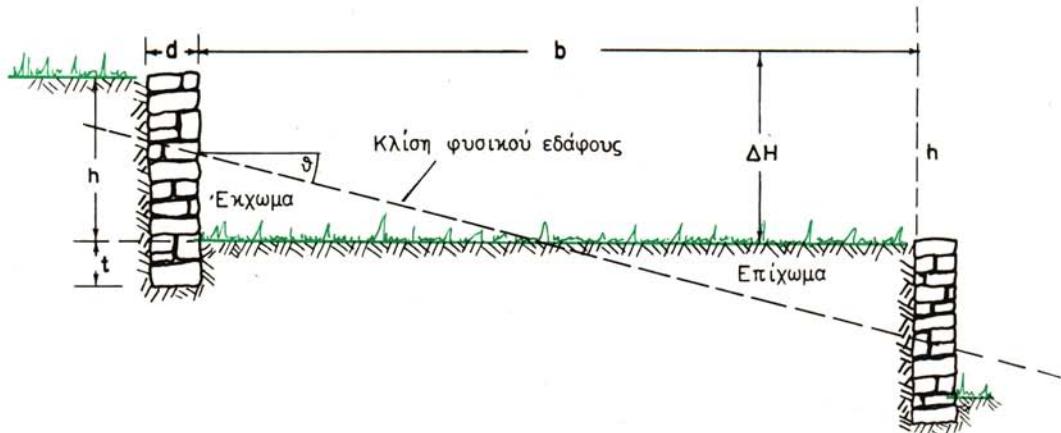
Βασικά οι **αναβαθμίδες** διακρίνονται σε **οριζόντιες και επικλινείς**. Οριζόντιες είναι εκείνες που έχουν μηδενική κλίση και επικλινείς εκείνες που έχουν κάποια κλίση. Το μέγεθος της κλίσεως αυτής συνήθως κυμαίνεται από 0,35 έως 2% σε εδάφη μη ανθεκτικά στη διάτρηση (εδάφη αμμοπηλώδη) και από 0,50 έως 2,5% σε εδάφη ανθεκτικά στη διάβρωση (εδάφη χαλικώδη). Η κλιμάκωση αυτή του μεγέθους της κλίσεως των αναβαθμίδων αυξάνεται όσο το μήκος τους μειώνεται, κι αυ-



Σχ. 8.3ιε.

Σχηματική παράσταση εδαφών μιάς περιοχής που ταξινομήθηκαν σε οκτώ κλάσεις.

τό γιατί μεγάλα μήκη αναβαθμίδων συνεπάγονται και μεγάλα μήκη αποχετευτικών τάφρων με συνεχώς αυξανόμενη διατομή, για να χωρέσουν όλα τα απορρέοντα νερά στην επιφάνεια της αναβαθμίδας με συνέπεια, το μεγάλο κόστος κατασκευής τους, το δύσκολο έλεγχο της στάθμης του νερού που συχνά μπορεί να υπερχειλίζει και τέλος την πρόκληση ανεπιθύμητων διαβρώσεως ή προσχώσεων. Βέβαια, αν σε μια περιοχή οι βροχοπτώσεις είναι μικρές, δικαιολογείται ο σχεδιασμός αναβαθμίδων μεγαλύτερου μήκους. Ενδεικτικά, **το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος** στις επικλινείς αναβαθμίδες κυμαίνεται από 300 έως 500 m και στις οριζόντιες από 700 ως 1000 m ανάλογα με τις εδαφικές, κλιματικές και τοπογραφικές συνθήκες της περιοχής. Τα μήκη αυτά είναι βέβαια μικρότερα όταν το μέγεθος του κλήρου είναι μικρό και ο αγρότης επιθυμεί τη συστηματοποίησή του για να τον καλλιεργήσει. Ένα άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος των αναβαθμίδων είναι το **πλάτος** τους, το οποίο μειώνεται όσο η κλίση του εδάφους αυξάνεται. Έτσι, ανάλογα και με τις λοιπές συνθήκες που αναφέρθηκαν παραπάνω μπορεί να συναντήσει κανείς αναβαθμίδες με πλάτος από 2m μέχρι 10 m ή και περισσότερο μερικές φορές. Συχνά ή έννοια του πλάτους της αναβαθμίδας συγχέεται με την έννοια της αποστάσεως μεταξύ των αναβαθμίδων και γι' αυτό το λόγο διευκρινίζεται ότι με τον όρο «**απόσταση**» νοείται η υψομετρική διαφορά (ΔH) μεταξύ δύο διαδοχικών αναβαθμίδων (σχ. 8.3ιστ). Τέλος, βασικό συμπληρωματικό στοιχείο των αναβαθμίδων είναι η κατασκευή **τοίχων αντιστηρίζεως** που κατά κανόνα είναι απαραίτητος στις οριζόντιες αναβαθμίδες για τη συγκράτηση των επιχωμάτων. Οι τοίχοι αυτοί κατασκευάζον-

**Σχ. 8.3ιστ.**

Σχηματική παράσταση μιάς τυπικής οριζόντιας αναβαθμίδας ιδανικών γεωμετρικών διαστάσεων με τοίχους αντιστηρίζεως από ξερολθία.

**Σχ. 8.3ιζ.**

Επίπεδες αναβαθμίδες με ξερολιθιά στην Κύπρο, φυτεμένες με δενδρώδη καλλιέργεια. Αξιοσημείωτη είναι η επιμονή των αγροτών να υποβληθούν σε κόπους σκληρούς προκειμένου να εξασφαλίσουν λίγο έδαφος για καλλιέργεια.

ται από ξερολιθιά (σχ. 8.3ιγ, 8.3ιστ και 8.3ιζ). Το ύψος (h) των τοίχων αντιστηρίζεως δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$h = b \cdot \epsilon \theta$$

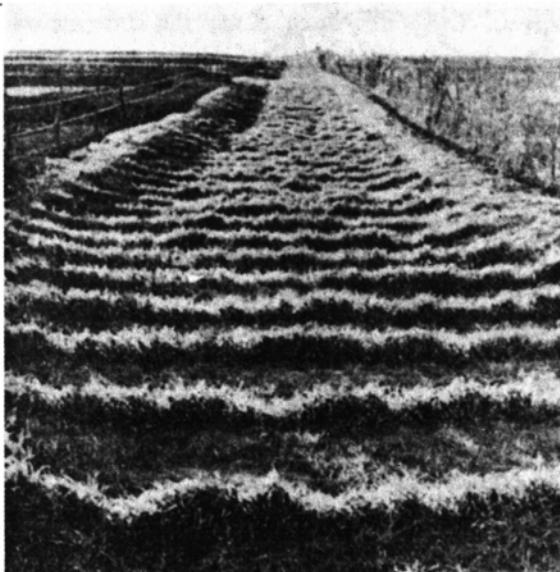
όπου:

h = το ύψος του τοίχου ξηρολιθοδομής

b = το πλάτος των αναβαθμίδων

θ = η γωνία της κλίσεως του φυσικού εδάφους πριν από την κατασκευή των αναβαθμίδων.

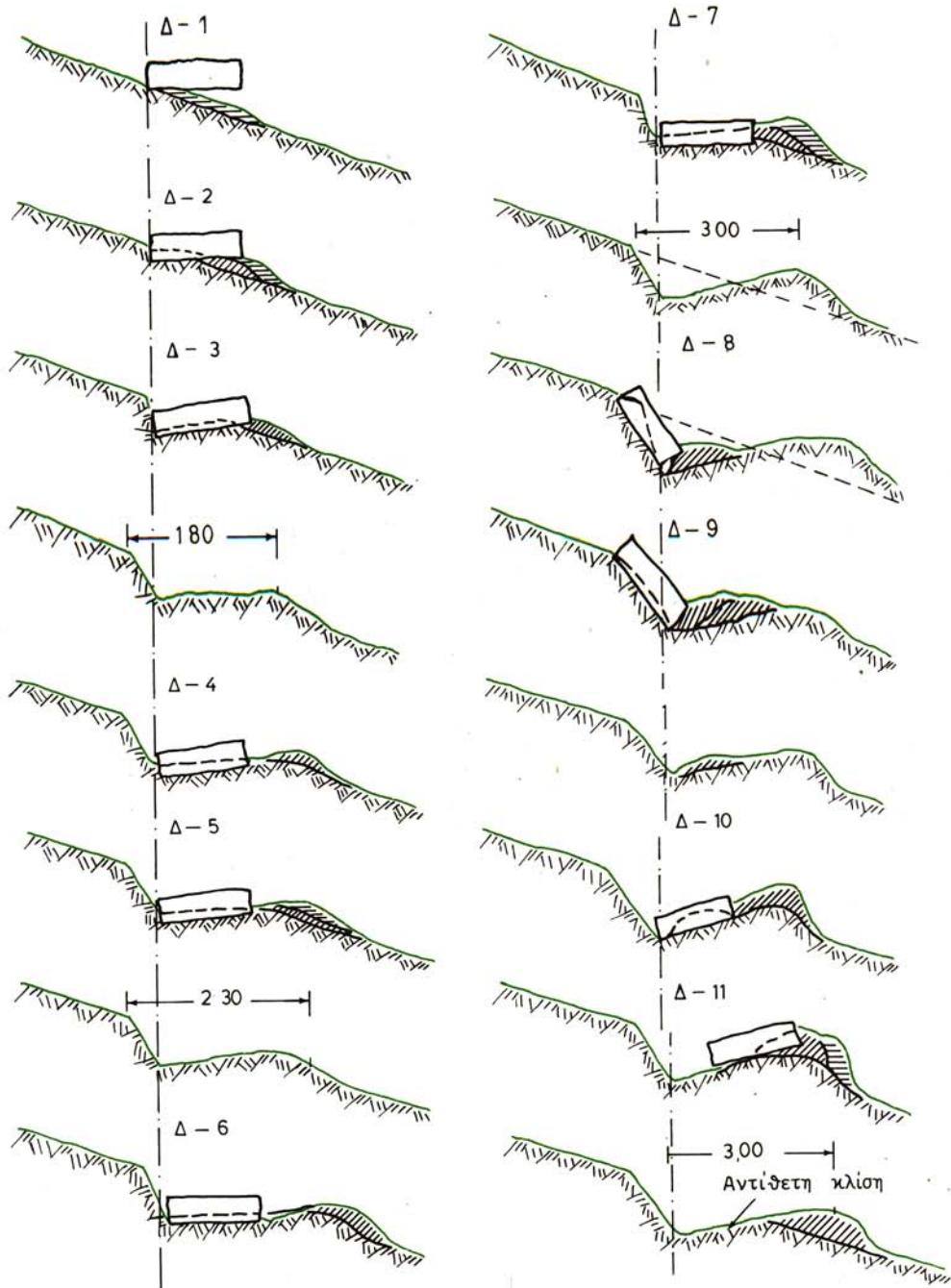
Το πλάτος (d) του τοίχου κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 0,4 h και 0,5 h και το βάθος θεμελιώσεως (t) είναι συνήθως 0,30 m (σχ. 8.3ιστ).



Σχ. 8.3ιη.

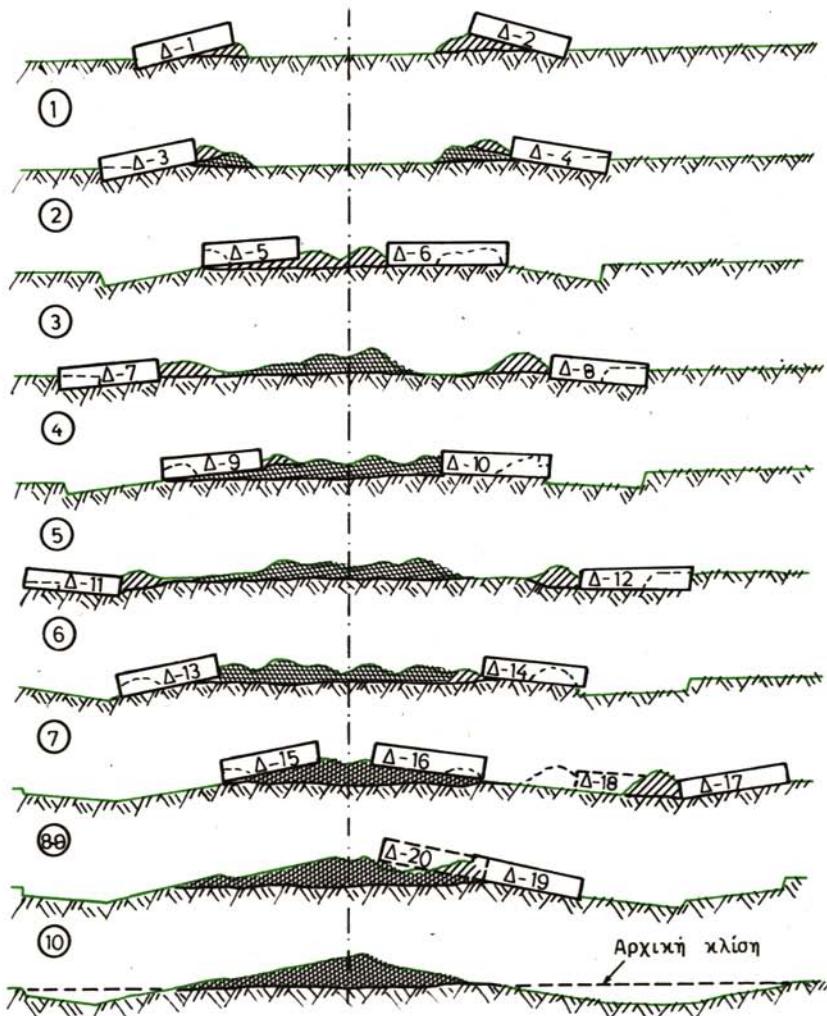
Αποδέκτης των νερών απορροής των αναβαθμίδων με κλιμακωτή αναχλόση για να σπάει η ορμή του νερού και να μειώνεται έτσι η διαβρωτική του ενέργεια στον πυθμένα του αποδέκτη.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου, αντί τοίχων αντιστρηίξεως γίνεται μία διευθέτηση των γαιών με μηχανικά μέσα, ώστε μεταξύ των αναβαθμίδων να δημιουργούνται επικλινή πρανή, η κλίση των οποίων είναι συνάρτηση της μηχανικής συστάσεως του εδάφους. Η συγκράτηση των πρανών υποβοηθείται πολύ ικανοποιητικά με τη φύτευση φυτών με πλούσιο ριζικό σύστημα και με μόνιμη πυκνή βλάστηση (σχ. 8.3θ). Ως προς την απομάκρυνση των υδάτων της απορροής, κατά τη μελέτη του συστήματος αναβαθμιώσεως μιάς περιοχής καθορίζεται αρχικά ο αποδέκτης συλλογής αυτών των νερών και στη συνέχεια τα σημεία εκβολής των σχετικών τάφρων (σχ. 8.3ιη). Είναι φανερό ότι στις οριζόντιες αναβαθμίδες δεν απαιτούνται εκβολές. Κατά τη χάραξη των αναβαθμίδων, ιδιαίτερη σημασία έχει η πρώτη που συνήθως είναι και η υψηλότερα ευρισκομένη, γιατί αν δεν χαραχθεί σωστά και δεν κατασκευασθεί με ακρίβεια, υπάρχει κίνδυνος υπερχειλίσεώς της και κατά συνέπεια να προκαλούνται ζημιές στις χαμηλότερες αναβαθμίδες και όλη η προσπάθεια να οδηγηθεί σε αποτυχία. Η κατασκευή των αναβαθμίδων (σχ. 8.3ιθ, 8.3κ) μπορεί



Σχ. 8.3ιθ.

Διαδοχικές φάσεις, σε κάθετη διατομή, κατασκευής αναβαθμίδων-χαντάκων με τη βοήθεια προωθητήρα. Τα Δ-1, Δ-2 κ.τ.λ. δηλώνουν τις διαδοχικές διαδρομές του προωθητήρα μέχρι την τελική διατήρα. Μόρφωση μιάς αναβαθμίδας με αντίθετη κλίση πλάτους 3 m.



Σχ. 8.3κ.

Κατασκευή αναβαθμίδων (ανάχωμα) σε διαδοχικές φάσεις. Τα σύμβολα Δ-1, Δ-2 κ.τ.λ. δηλώνουν τις διαδοχικές διαδρομές του κατασκευαστικού μηχανήματος μέχρι την τελική διαμόρφωσή της.

να γίνει με ελαφρά μηχανικά μέσα, όπως το αναστρεφόμενο άροτρο και το δισκάροτρο ή με βαρύτερα μηχανήματα όπως οι προωθητήρες διαφόρων τύπων και μεγεθών, οι αποξεστήρες, οι διαμορφωτές αναβαθμίδων κ.α. Βασικά κριτήρια επιλογής του καταλληλότερου μηχανήματος αποτελούν η προσαρμοστικότητά τους στις εδαφικές συνθήκες της συγκεκριμένης εκτάσεως και η αποδοτικότητά τους. Γενικότερα, θα μπορούσε να λεχθεί ότι για μικρές κλίσεις επιβάλλεται η χρήση των ελαφρών μηχανημάτων και για κλίσεις μεγαλύτερες από 10 ή 12% η χρήση βαρύτερων μηχανικών μέσων. Τέλος, μία κατατοπιστική ιδέα των φάσεων κατασκευής αναβαθμίδων δίνεται στα σχήματα 8.3ιθ και 8.3κ. Από αυτές η αναβαθμίδα του σχήματος 8.3ιθ λόγω αρνητικής κλίσεως, χαρακτηρίζεται ως αναβαθμίδα-χάνδακας, ενώ εκείνη του σχήματος 8.3η ως αναβαθμίδα-ανάχωμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

ΑΛΑΤΟΥΧΑ ΚΑΙ ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥΣ

9.1 Αλατούχα και αλκαλιωμένα εδάφη.

9.1.1 Γενικά - Ορισμοί.

Μέσα στο έδαφος υπάρχουν διάφορα διαλυτά άλατα καθώς και ιόντα διαφόρων στοιχείων, προσροφημένα στην επιφάνεια των κολλοειδών του εδάφους. Τα κολλοειδή είναι εδαφικά τεμαχίδια που προέρχονται από ανόργανα συστατικά του εδάφους και από πλευράς κοκκομετρικής συνθέσεως αποτελούν λεπτότατα κλάσματα κυρίως της **αργίλου (ανδρίγανα κολλοειδή)** του εδάφους, με διάμετρο μικρότερη από 2 μικρά ($d \leq 2 \mu$) ή προέρχονται από οργανικά συστατικά, δηλαδή από **χούμο (οργανικά κολλοειδή)**. Τα κολλοειδή φέρουν, κατά κανόνα, αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο, πράγμα που τους δίνει την ιδιότητα να έλκουν και να συγκρατούν ή αλλιώς να προσροφούν στην επιφάνειά του ιόντα με θετικό φορτίο, γνωστά ως κατιόντα. Όταν τα κολλοειδή περιέχουν το ανώτατο ποσοστό κατιόντων που μπορούν να συγκρατήσουν, τότε το έδαφος χαρακτηρίζεται ως **κορεσμένο σε κατιόντα** και η ανώτατη αυτή περιεκτικότητα σε κατιόντα που μπορούν να υποκατασταθούν ή αλλιώς να ανταλλαγούν με άλλα κατιόντα ονομάζεται **ολική προσροφητικότητα η ολική ικανότητα προσροφήσεως**. Τα εδάφη, ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε διαλυτά άλατα και σε κατιόντα προσροφημένου-ανταλλάξιμου νατρίου (Na^+) κυρίως, χωριστά ή συνδυασμένα και σε ποσότητες επιβλαβείς για την ανάπτυξη των φυτών, χαρακτηρίζονται ως **αλατούχα, μη αλατούχα-αλκαλιωμένα και αλατούχα-αλκαλιωμένα**.

Είναι γνωστό ότι η περιεκτικότητα σε άλατα ενός διαλύματος μπορεί να εκφράζεται με την μετρούμενη **ηλεκτρική του σγωγιμότητα**, αφού αυτή μεταβάλλεται ανάλογα με την ποσότητα των διαλυμένων στο διάλυμα αλάτων. Με βάση το γεγονός αυτό λαμβάνεται δείγμα του εδάφους, του οποίου αναζητείται η περιεκτικότητα σε άλατα. Το δείγμα αυτό αναδεύεται ενώ συγχρόνως προστίθεται νερό μέχρι κορεσμού. Τελικά σχηματίζεται η λεγομένη **πάστα κορεσμού** (η πτώση γλύστριμα του μίγματος έδαφος – νερό από ένα κουτάλι αποτελεί ένδειξη ότι το μίγμα βρίσκεται σε φάση κορεσμού). Η πάστα αυτή τοποθετείται σε ειδική συσκευή και με την εφαρμογή μιάς τεχνικής δημιουργίας υποπίεσεως λαμβάνεται το λεγόμενο **εκχύλισμα της πάστας κορεσμού**, δηλαδή το νερό κορεσμού με τα διαλυμένα σ' αυτό άλατα του εδάφους, του οποίου μετριέται στη συνέχεια η ηλεκτρι-

κή αγωγιμότητα, με τη βοήθεια της γέφυρας Wheatstone. Εκτός από την τεχνική της δημιουργίας υποπίεσεως για τη λήψη του εκχυλίσματος της πάστας κορεσμού, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι εκχυλίσεως, που είναι όμως μικρότερης χρήσεως ή βρίσκονται σε στάδιο πειραματισμού. Επίσης, υπάρχουν τεχνικές μέθοδοι με τις οποίες μετριέται η ηλεκτρική αγωγιμότητα απ' ευθείας στο έδαφος. Πάντως, η συχνότερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος εκχυλίσεως είναι εκείνη της υποπίεσεως. Για τον προσδιορισμό του ανταλλαξίμου νατρίου χρησιμοποιούνται διάφορες χημικές μέθοδοι, η ανάπτυξη των οποίων δεν περιέχεται στους σκοπούς του κεφαλαίου αυτού.

Η δυσμενής επίδραση των υδατοδιαλυτών αλάτων στην ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των καλλιεργειών οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι αυτά αυξάνουν τη συγκέντρωση αλάτων στο **εδαφικό διάλυμα**, (δηλαδή το νερό που υπάρχει στο έδαφος με τα άλατα που είναι διαλυμένα σ' αυτό). Με την αύξηση της συγκέντρωσεως αλάτων, το εδαφικό διάλυμα καθίσταται πιο πυκνό με άμεση συνέπεια να δυσχεραίνεται η πρόσληψη του νερού από το ριζικό σύστημα, λόγω αυξήσεως της **ωσμητικής πέσεως**. Μερικές φορές, όταν το εδαφικό διάλυμα γίνεται πολύ πυκνό, παρατηρείται και το φαινόμενο της **πλασμολύσεως** των κυττάρων των φυτών (στην περίπτωση αυτή έχομε έξodo νερού από το ριζικό κύτταρο προς στον περιβάλλοντα χώρο).

Επίσης, δεν θα πρέπει να παραλειφθούν και οι **τοξικές επιδράσεις** των αλάτων στις διάφορες καλλιέργειες, η ευπάθεια των οποίων ποικίλλει ανάλογα με το είδος των καλλιεργούμενων φυτών. Τα περιεχόμενα στα αλατούχα και στα αλατούχα-αλκαλιωμένα εδάφη διαλυτά άλατα αποτελούνται στην πλειονότητά τους από κατιόντα νατρίου (Na^+), ασβεστίου (Ca^{++}) και μαγνησίου (Mg^{++}) και από ανιόντα χλωρίου (Cl^-) και θείου (SO_4^{2-} = Θεική ρίζα). Σε μικρότερες ποσότητες εμφανίζονται κατιόντα καλίου (K^+) και ανιόντα HCO_3^- , SO_3^{2-} και NO_3^- . Από τα παραπάνω κατιόντα ιδιαίτερη σημασία έχουν τα κατιόντα Na^+ και K^+ , γιατί προσδιορίζουν το **βαθμό αλκαλιώσεως** του εδάφους ως την εκατοστιαία αναλογία των ανταλλάξιμων αλκαλίων νατρίου και καλίου σε σχέση προς την ολική ικανότητα προσροφήσεώς του. Από τα κατιόντα Na^+ και K^+ το νάτριο απαντάται σε σαφώς μεγαλύτερες ποσότητες από ό,τι το κάλιο στις περισσότερες περιπτώσεις και για το λόγο αυτό λαμβάνεται ως βάση για το χαρακτηρισμό των εδαφών ως αλκαλιωμένων ή ως μη αλκαλιωμένων. Όταν η άργιλος του εδάφους είναι κορεσμένη σε αλκάλια και μάλιστα Na^+ , δεν είναι δυνατός ο σχηματισμός ανθεκτικής και μόνιμης συσσωματώδους δομής, δηλαδή σταθερών **συσσωματώματων** (= θρόμβων ή κοινώς γρουμπουλιών από κόκκους άμμου συγκολλημένους με αργιλικές και χουμικές ουσίες) που θα είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ικανοποιητικού πορώδους για την κυκλοφορία του νερού και του αέρα. Τέτοια εδάφη με την πρώτη βροχή μετατρέπονται σε λάσπη και τα συσσωματώματα που τυχόν σχηματίσθηκαν ύστερα από επανειλημμένες αρδσεις καταστρέφονται.

Σήμερα, στη χώρα μας, η έκταση που καταλαμβάνουν εδάφη των παραπάνω κατηγοριών που με μια λέξη θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως **παθογενή εδάφη** είναι περίπου 1×10^6 στρέμματα, από τα οποία τα περισσότερα είναι αλατουχοαλκαλιωμένα. Ακολουθούν τα αλατούχα σε αναλογία προς τα προηγούμενα περίπου 4:1 και τέλος τα αλκαλιωμένα σε πολύ μικρό ποσοστό (περίπου το 3% του συνόλου των παθογενών εδαφών). Πέρα από αυτές τις εκτάσεις υπάρχουν και άλλες,

τα εδάφη των οποίων για πολλούς λόγους (κλιματικοί, γεωλογικοί, τοπογραφικοί, αρδευτικοί, στραγγιστικοί κ.α) είναι **επρρεπή** προς παθογένεια. Για τις εκτάσεις αυτές δεν διατίθενται, δυστυχώς ακριβή συγκεντρωτικά στοιχεία, για να αντιμετωπισθεί συστηματικά και αποτελεσματικά το πρόβλημα στο συνολό του. Πάντως, η συνολική έκταση των αλατούχων γενικά εδαφών της χώρας αντιπροσωπεύει τουλάχιστον 6 με 7% της καλλιεργούμενης εκτάσεως και η σημασία της για τη φυτική παραγωγή είναι ακόμα μεγαλύτερη, αν ληφθεί υπ' όψη ότι τα εδάφη αυτά συνήθως είναι ή καθίστανται αρδευόμενα.

9.1.2 Αλατούχα εδάφη.

Ως αλατούχα εδάφη χαρακτηρίζονται εκείνα, των οποίων το εκχύλισμα της πάστας κορεσμού παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα μεγαλύτερη από 4 mhos/cm σε θερμοκρασία 25°C και η εκατοσταία αναλογία ανταλλάξιμου νατρίου σε σχέση προς το σύνολο των ανταλλάξιμων κατιόντων είναι μικρότερη από 15. Το pH των εδαφών αυτών είναι κατώτερο από 8,5 και αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι τα άλατα είναι στην πλειονότητά τους ουδέτερα.

Η προέλευση των αλάτων μπορεί να οφείλεται:

- 1) Στα πρωτογενή ορυκτά του στερεού φλοιού της γης απ' τα οποία απελευθερώνονται κατιόντα με το μηχανισμό της αποσαθρώσεως.
- 2) Στη μεταφορά αλάτων από ύδατα υψηλότερης στάθμης πλούσια σε διαλυτά άλατα.
- 3) Στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που είναι ιδιαίτερα ενεργό και μπορεί να απελευθερώσει από τα ορυκτά μεγάλες ποσότητες κατιόντων υπό μορφή όξινων ανθρακικών αλάτων.
- 4) Στην παρουσία παλαιών θαλάσσιων αποθεμάτων πλούσιων, όπως είναι φυσικό σε διαλυτά άλατα.
- 5) Στην ύπαρξη υπόγειων νερών υψηλής στάθμης πλούσιων σε διαλυτά άλατα, σε συνδυασμό με ελλειπή στράγγιση του εδάφους.
- 6) Στη χρησιμοποίηση αρδευτικού νερού κακής ποιότητας από πλευράς αλάτων, σε συνδυασμό με ελλειπή στράγγιση του εδάφους.
- 7) Στην έλλειψη επαρκούς στραγγίσεως κατά γενικό κανόνα και στην παρουσία εδαφών με χαμηλή υδατοπερατότητα.

Γενικά, η ύπαρξη **ξηρού** ή **ημίξηρου κλίματος** και **αλατούχων υπογείων υδάτων υψηλής στάθμης** αποτελούν συνθήκες ευνοϊκότατες για φυσικό σχηματισμό αλατούχων εδαφών. Στις περιπτώσεις αυτές, το νερό, κατά την ανοδική του πορεία προς την επιφάνεια του εδάφους, από όπου εξατμίζεται, εγκαταλείπει στα ανώτερα στρώματα τα άλατα που περιείχε εν διαλύσει. Δεδομένου ότι η έξατμιση στα ξηρά και ημίξηρα κλίματα είναι μεγάλη, γίνεται φανερό ότι και οι ποσότητες αλάτων που συγκεντρώνονται στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους είναι μεγάλες. Κατά συνέπεια, η απαλλαγή του εδάφους από την ανεπιθύμητη παρουσία αυτών των αλάτων απαιτεί εξίσου μεγάλες ποσότητες βρόχινου νερού που θα διέλυαν και θα παρέσυραν τα άλατα προς βαθύτερους εδαφικούς ορίζοντες (έκπλυση). Δυστυχώς όμως, σε περιοχές με ξηρό ή ημίξηρο κλίμα και με υψηλή στάθμη αλατούχων υπόγειων νερών, ούτε οι βροχοπτώσεις είναι επαρκείς για τη διάλυση των αλάτων ούτε η διήθησή τους προς βαθύτερα εδαφικά στρώματα είναι δυνατή, λόγω ακριβώς

της παρουσίας υψηλού υπόγειου υδατικού ορίζοντα. Έτσι οι συνθήκες αυτές είναι ιδανικές για το σχηματισμό παθογενών, λόγω αλάτων, εδαφών και αν συμφέρει η αξιοποίησή τους, η επέμβαση του ανθρώπου είναι σε τέτοιες περιπτώσεις απαραίτητη. Η ανθρώπινη αυτή επέμβαση συνίσταται κυρίως στην προσαγωγή των αναγκαίων για την **έκπλυση** των αλάτων ποσοτήτων νερού καλής ποιότητας και στην κατασκευή του κατάλληλου **στραγγιστικού δίκτυου** τόσο για την απομάκρυνση των νερών της εκπλύσεως όσο και για την υποβάθμιση της υπόγειας στάθμης των νερών σε τέτοιο βάθος που να εξασφαλίζονται ευνοϊκές εδαφικές συνθήκες, για την ανάπτυξη του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών.

Στις υγρές περιοχές τα διαλυτά άλατα του εδάφους παρασύρονται από το νερό της βροχής προς βαθύτερα εδαφικά στρώματα για να καταλήξουν τις περισσότερες φορές στη θάλασσα. Αν η υδατοπερατότητα του εδάφους είναι ικανοποιητική, η στράγγιση εξασφαλίζεται υπό φυσικές συνθήκες χωρίς σοβαρά προβλήματα στις περισσότερες των περιπτώσεων, ενώ σε άλλες επιβάλλεται η κατασκευή στραγγιστικού δίκτυου. Γενικά, πρέπει να τονισθεί ότι η **ανεπαρκής στράγγιση αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους** παράγοντες για τη δημιουργία αλατούχων εδαφών. Μερικές φορές συμβαίνει το υπάρχον στραγγιστικό δίκτυο να είναι επαρκές για την απομάκρυνση των νερών της βροχής, αλλά να μην είναι επαρκές για την απομάκρυνση των αρδευτικών νερών που πλεονάζουν, οπότε είναι δυνατό να παρατηρηθεί ανύψωση της στάθμης του υπόγειου νερού και ταυτόχρονα και των διαλυμένων σ' αυτό αλάτων. Σε συνδυασμό μάλιστα με την **εξάτμιση**, μπορεί ακόμα, να προκληθεί συγκέντρωση αλάτων στα επιφανειακά εδαφικά στρώματα και, σε λίγα χρόνια, τα αρχικά καλά εδάφη να μετατραπούν σε αλατούχα. Εξάλλου, το πρόβλημα γίνεται ακόμα οξύτερο όταν το αρδευτικό νερό που εφαρμόζεται είναι εμπλουτισμένο σε άλατα. Στις περιπτώσεις αυτές επιβάλλεται οπωσδήποτε η κατασκευή ενός πλήρους στραγγιστικού δίκτυου. Η ισαποχή, το βάθος και οι διαστάσεις των αγωγών στραγγίσεως είναι, κυρίως, συνάρτηση του όγκου των νερών που πρέπει να απομακρυνθούν σε ορισμένο χρόνο, της υδατοπερατότητας του εδάφους, καθώς και του βάθους του ενεργού ριζοστρώματος των καλλιεργειών. Γενικά, τα αλατούχα εδάφη λόγω της περίσειας των αλάτων και της μη υπάρξεως σημαντικών ποσοτήτων ανταλλάξιμου νατρίου, είναι κατά κανόνα συσσωματωμένα. Αυτό τους εξασφαλίζει αυξημένη υδατοπερατότητα σε σχέση με τα κανονικά εδάφη.

Τέλος τα αλατούχα εδάφη αναγνωρίζονται μακροσκοπικά από την παρουσία σ' αυτά **λευκής κρούστας** και γι' αυτό λέγονται και **λευκά αλκαλικά εδάφη**. Τα εδάφη αυτά δεν είναι κατάλληλα για γεωργική εκμετάλλευση, παρά μόνο μετά την απομάκρυνση των αλάτων τους, ύστερα από σειρά διαδοχικών εκπλύσεων.

9.1.3 Μη αλατούχα-αλκαλιωμένα εδάφη.

Ως μη αλατούχα-αλκαλιωμένα χαρακτηρίζονται τα εδάφη, των οποίων το εκχύλισμα της πάστας κορεσμού παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα μικρότερη από 4 mhos/cm σε θερμοκρασία 25°C και η εκατοστιαία αναλογία του ανταλλάξιμου νατρίου σε σχέση προς το σύνολο των ανταλλάξιμων κατιόντων είναι μεγαλύτερη από 15. Τα εδάφη αυτά έχουν pH που κυμαίνεται μεταξύ 8,5 και 10 και αντιστοιχούν στα **μαύρα αλκαλιωμένα εδάφη**. Εμφανίζονται συνήθως σε ξηρές ή υπόξηρες περιοχές με μορφή μικρών και ακανόνιστων εκτάσεων και μπορούν να προέλθουν

από αλατούχα-αλκαλιωμένα εδάφη που δεν περιέχουν γύψο, ύστερα από σειρά διαδοχικών εκπλύσεων, οπότε απομακρύνονται τα υδροδιαλυτά άλατα και έτσι μεταβάλλονται σε μη αλατούχα-αλκαλιωμένα εδάφη. Στα εδάφη αυτά η διαλυόμενη, λόγω του υψηλού pH, οργανική ουσία μεταφέρεται με το μηχανισμό της ανοδικής, εξαιτίας της εξατμίσεως, κινήσεως του νερού προς τα ανώτερα επιφανειακά στρώματα του εδάφους προσδίδοντας, κυρίως στην επιφάνειά του, χρώμα μαύρο. Αυτός είναι και ο λόγος που τα εδάφη αυτά αναφέρονται ως **μαύρα αλκαλιωμένα εδάφη**. Εξ άλλου, η παρουσία υψηλής εκατοστιαίας αναλογίας νατρίου στα εδάφη αυτά ευνοεί τη **διασπορά** των αργιλικών κολλοειδών, τα οποία μεταφέρονται από τους ανώτερους εδαφικούς ορίζοντες, που γίνονται έτσι πιο ψαθυροί και αδρομερείς, προς άλλους βαθύτερους. Αυτούς τους τελευταίους εμπλουτίζουν με άργιλο και τους καθιστούν ελάχιστα υδατοδιαπερατούς (ορίζοντες πολύ χαμηλής υδατοπερατότητας). Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω γίνεται φανερή η επίδραση της περίσσειας ανταλλάξιμου νατρίου στις φυσικές και χημικές ιδιότητες αυτών των εδαφών.

9.1.4 Αλατούχα - αλκαλιωμένα εδάφη.

Ως αλατούχα αλκαλιωμένα εδάφη χαρακτηρίζονται τα εδάφη των οποίων το εκχύλισμα της πάστας κορεσμού παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα μεγαλύτερη από 4 mmhos/cm σε θερμοκρασία 25°C και η εκατοστιαία αναλογία του ανταλλάξιμου νατρίου σε σχέση προς το σύνολο των ανταλλάξιμων κατιόντων είναι μεγαλύτερη από 15. Τα εδάφη αυτά, που είναι ταυτόχρονα και αλατούχα και αλκαλιωμένα, έχουν ιδιότητες που εκφράζουν τη συνδυασμένη δράση της αλατότητας και της αλκαλιώσεως. Η μορφή και οι ιδιότητες των εδαφών με περίσσεια διαλυτών αλάτων δεν διαφέρουν από εκείνες των αλατούχων εδαφών και οι τιμές του pH σ' αυτά σπάνια είναι μεγαλύτερες από 8,5. Όσο περισσότερο μειώνεται, με διαδοχικές εκπλύσεις, η περιεκτικότητά τους σε διαλυτά άλατα, τόσο οι ιδιότητές τους πλησιάζουν προς εκείνες των μη αλατούχων - αλκαλιωμένων εδαφών και τόσο μεγαλύτερη ποσοτήτα ανταλλάξιμου νατρίου απομακρύνεται από το **κολλοειδές σύμπλοκο του εδάφους** (σχ. 9.1) που είναι συνδυασμός κολλοειδών αργίλου (ανόργανα κολλοειδή) και χούμου (οργανικά κολλοειδή). Τελικά, με την παρουσία και του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που αφθονεί στην ατμόσφαιρα, σχηματίζεται ανθρακικό νάτριο (Na_2CO_3) που είναι διαλυτό στο νερό, πράγμα που καθιστά την αντίδραση των εδαφών έντονα αλκαλική ($\text{pH} > 8,5$). Κάτω από αυτές τις συνθήκες τα λεπτά εδαφικά τεμαχίδια διασπείρονται, με αποτέλεσμα να μειώνεται πολύ το πορώδες του εδάφους και έτσι να δημιουργούνται τελικά εξαιρετικά δυσμενείς συνθήκες τόσο για την κίνηση του νερού και του αέρα μέσα σ' αυτό όσο και για την καλλιέργειά του. Όταν η περιεκτικότητα των εδαφών σε ανταλλάξιμο νάτριο περιορισθεί, εμφανίζεται η δράση των ανταλλάξιμων κατιόντων του ασβεστίου (Ca^{++}) και του μαγνησίου (Mg^{++}) που περιέχονται σ' αυτά. Το έδαφος τότε **θρομβώνεται** (γρουμπουλιάζει) και η κυκλοφορία του νερού και του αέρα σ' αυτό βελτιώνεται σημαντικά. Όταν τα αλατούχα-αλκαλιωμένα εδάφη περιέχουν γύψο και τα διαλυτά άλατα εκπλυθούν, το ασβέστιο (Ca^{++}) της γύψου διαλύεται και ανταλλάσσεται με το περιεχόμενο στα έδαφη ανταλλάξιμο νάτριο (Na^+), το οποίο και μετατρέπει σε θειικό νάτριο (Na_2SO_4). Το Na_2SO_4 είναι διαλυτό άλας και μπορεί με εκπλύσεις να απομακρυνθεί από τα εδάφη, με τελικό αποτέλεσμα τη βελτιωσή τους.



Σχ. 9.1.

Κολλοειδές σύμπλοκο έδαφους. Πλούσιο σε πηλό με υψηλή αναλογία λεπτότατων τεμαχιδίων αργίλου, οργανικής ύλης και οξειδίων.

9.1.5 Τα αλατούχα και αλκαλιωμένα εδάφη και η βλάστηση.

Τα εδάφη της κατηγορίας αυτής, λόγω της υψηλής συγκεντρώσεως διαλυτών αλάτων στο εδαφικό διάλυμα, χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές ωσμωτικής πιέσεως. Οι πιέσεις αυτές δυσχεραίνουν την απορρόφηση του αερίου μαζί με τα διαλυμένα σ' αυτό θρεπτικά συστατικά από το ριζικό σύστημα των φυτών, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να προκληθεί και πλασμόλυση των κυττάρων των ριζών. Η αντοχή των διαφόρων φυτικών ειδών ποικίλει από φυτό σε φυτό. Με βάση την **ανθεκτικότητά** τους στα υδατοδιαλυτά άλατα, τα φυτά ταξινομούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες, δηλαδή σε **πολύ ανθεκτικά**, σε **ανθεκτικά** και σε **ευπαθή**. Παρακάτω δίνεται, για ενημέρωση σχετικός πίνακας (πίνακας 9.1) ανθεκτικότητας ορισμένων βασικών καλλιεργειών (σύμφωνα με τις παρατηρήσεις του Εργαστηρίου Αλατούχων Εδαφών των ΗΠΑ).

Ανάλογοι πίνακες ως προς την αντοχή των διαφόρων φυτικών ειδών, υδατοδιαλυτά άλατα καταρτίζονται είτε με βάση το χλώριο είτε με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδαφικού εκχυλίσματος. Φυτικά είδη ανθεκτικά στα άλατα είναι γνωστά ως **αλόφιλα** και η παρουσία τους συχνά φανερώνει και το βαθμό αλατότητας των εδαφών στα οποία φύοντα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.1.
Ανθεκτικότητας σε υδροδιαλυτά άλατα διαφόρων φυτών.

Λίαν ανθεκτικά	Μετρίως ανθεκτικά	Ευπαθή
Φοινικόδενδρο	Ροδιά	Grapefruit
Σακχαρότευτλα	Συκιά	Απιδιά
Κηπευτικά τεύτλα	Αμπέλι	Αμυγδαλιά
Βαμβάκι	Ελιά	Βερικοκκιά
	Μηδική	Ροδακινιά
	Τομάτα	Δαμασκηνιά
	Ασπάραγος	Μηλιά
	Σόργο (καρπός)	Εσπεριδοειδή
	Κριθάρι (καρπός)	Βίκος
	Σίκαλη (καρπός)	Πιζέλια
	Βρώμη (καρπός)	Λάχανο
	Ρύζι	Αγκινάρα
	Πεπόνι	Μελιτζάνα
	Μαρούλι	Γλυκοπατάτα
	Καρότο	Πατάτες
	Σπανάκι	Φασόλια
	Κρεμμύδια	
	Πιπεριά	
	Σιτάρι	
	Τριφύλλι Αλεξανδρίνο	
	Τριφύλλι ερυθρό	

9.2 Βελτίωση των αλατούχων και αλκαλιωμένων εδαφών.

9.2.1 Γενικά.

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην αρχή αυτού του κεφαλαίου, τα παθογενή εδάφη στη χώρα μας καλύπτουν περίπου 1×10^6 στρέμματα, χωρίς να υπολογίζονται τα επιρρεπή προς παθογένεια εδάφη. Η στενότητα της καλλιεργήσιμης γης και η ανάγκη της αποκτήσεως με την καλλιέργεια μεγαλύτερων εκτάσεων για μεγαλύτερη παραγωγή, τονίζουν τη σημασία της βελτιώσεως των παθογενών εδαφών και της λήψεως όλων των αναγκαίων μέτρων τόσο για την πρόληψη της αλατώσεως καλών εδαφών όσο και για τη διατήρηση της ποιότητας εκείνων που έχουν βελτιωθή με οποιοδήποτε τρόπο. Όπως επίσης αναπτύχθηκε ήδη, οι **βασικές απίες** που προκαλούν τον περιορισμό και σε μερικές περιπτώσεις το μηδενισμό της παραγωγικότητας των εδαφών είναι η **περίσσεια των διαλυτών άλατων** και το **ανταλλακτικό νάτριο**, το οποίο εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό της ολικής προσροφητικότητας του έδαφους. Βασικός στόχος λοιπόν κάθε βελτιώσεως είναι ή η απομάκρυνση της περίσσειας των υδροδιαλυτών αλάτων ή η μείωση του ανταλλακτικού νατρίου ή και τα δύο. Τέλος, εφ' όσον πρόκειται για καλά ή επιρρεπή προς παθογένεια εδάφη, **τα μέτρα** που πρέπει να λαμβάνονται θα αποσκοπούν κυρίως στην **πρόληψη** της αλατώσεώς τους, και για εδάφη που έχουν ήδη βελτιωθή και

αποδοθεί στην καλλιέργεια, στη **διατήρηση** της ποιότητάς τους.

Γενικά, θα μπορούσε συνοπτικά να αναφερθεί ότι η βελτίωση των παθογενών εδαφών, με βάση όσα αναπτύχθηκαν παραπάνω, πρέπει να αποσκοπεί:

- **Στην απομάκρυνση** της περίσσειας των υδατοδιαλυτών αλάτων με διαδοχικές εκπλύσεις, ώστε το ριζικό σύστημα των φυτών να αναπύσσεται σε υγιείς έδαφος.
- **Στην αντικατόσταση** του ανταλλάξιμου νατρίου του εδαφικού συμπλόκου από άλλα κατιόντα συνήθως του ασβεστίου.
- **Στον υποβιβασμό** της υπόγειας στάθμης των υδάτων σε ικανοποιητικό βάθος.
- **Στη δημιουργία** καλύτερης δομής του εδάφους και τέλος,
- **στον έλεγχο** δλων των παραγόντων που μπορούν να μετατρέψουν ένα αρχικά υγιές έδαφος ή ένα έδαφος που έχει υποστεί βελτίωση σε παθογενές.

9.2.2 Συνήθεις τεχνικές βελτίωσεως παθογενών, λόγω αλάτων, εδαφών.

α) Έκπλυση και στράγγιση.

Ο συνδυασμός **Έκπλυση-στράγγιση** σημαίνει προσαγωγή στο παθογενές έδαφος νερού καλής ποιότητας για τη διάλυση των αλάτων του και απαγωγή, με τη βοήθεια στραγγιστικού δικτύου, των πλουσίων σε άλατα νερών της στραγγίσεως. Η μέθοδος προσδιορισμού του όγκου του νερού της εκπλύσεως ξεφεύγει από τους στόχους αυτού του βιβλίου. Για απλή ενημέρωση όμως αναφέρεται ότι, από τη στιγμή που η περιεκτικότητα ενός εδάφους σε άλατα βρίσκεται σε ανεκτά επίπεδα μη επιβλαβή για τα καλλιεργούμενα σ' αυτό φυτά, θα πρέπει, για να διατηρείται σταθερή η περιεκτικότητα αυτή, οι προστιθεμένες σε ορισμένο βάθος του εδάφους ποσότητες αλάτων να απομακρύνονται με τα νερά της εκπλύσεως. Από τα νερά αυτά ένα μέρος οδεύει προς βαθύτερους εδαφικούς ορίζοντες, εφ' όσον αυτοί είναι υδατοπερατοί (σπάνια περίπτωση), και ένα μέρος, το σημαντικότερο, προς τους αγωγούς του στραγγιστικού δικτύου. Η διατήρηση της ισορροπίας αυτής των αλάτων στο έδαφος είναι γνωστή ως **ισοζύγιο νερού και άλατων**. Η παρουσία αδιαπεράτων ή χαμηλής υδατοπερατότητας εδαφικών ορίζοντων ή η παρουσία υπόγειων νερών υψηλής στάθμης επιβάλλουν κατά κάποιο τρόπο την άρδευση των υδάτων της εκπλύσεως αποκλειστικά προς τις στραγγιστικές τάφρους. Έτσι, η κατασκευή του κατάλληλου σε κάθε περίπτωση στραγγιστικού δικτύου είναι απαραίτητη προϋπόθεση. Κατά κανόνα, το στραγγιστικό δίκτυο πρέπει να εξασφαλίζει τη διατήρηση της στάθμης των υπόγειων νερών σε βάθος όχι μικρότερο από 2,5 m και την απομάκρυνση τόσο των νερών της βροχής όσο και εκείνων της εκπλύσεως, για απομάκρυνση της περίσσειας των διαλυτών αλάτων σε βάθος συνήθως 1,5m, **των πληθωριστικών αρδεύσεων, της ανοδικής ανυψώσεως** και τέλος **του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα** που βρίσκονται πιο ψηλά από την προβλεπόμενη στάθμη.

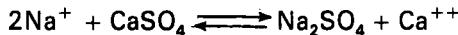
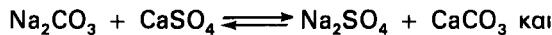
β) Προσθήκη χημικών ουσιών.

Η προσθήκη χημικών ουσιών στα αλκαλιωμένα εδάφη, αλατούχα ή όχι, έχει σκοπό την αντικατάσταση του επιβλαβούς ανταλλάξιμου νατρίου με επιθυμητά κατιόντα, κυρίως του Ca^{++} .

Σημειώνεται ότι όταν το ποσοστό στο έδαφος του προσροφημένου νατρίου κυμαίνεται γύρω στο 10% της ολικής προσροφητικότητας, δεν είναι επιβλαβές για τα καλλιεργούμενα φυτά και επομένως, για οικονομικούς λόγους, δεν επιδιώκεται η πλήρης αντικατάστασή του.

Το είδος και οι ποσότητες των χημικών ουσιών που απαιτούνται για τη μείωση του προσροφημένου νατρίου, ώστε αυτό να φθάσει σε επίπεδα όχι επιβλαβή για τα καλλιεργούμενα φυτά, καθορίζεται από τη γνώση του ακριβούς ποσοστού του που υπάρχει στο δεδομένο έδαφος σε ορισμένο βάθος, ύστερα από σειρά χημικών αναλύσεων. Οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι:

— **Η γύψος ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).** Είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη χημική ουσία για τη βελτίωση των αλκαλιωμένων εδαφών, κυρίως γιατί το **κόστος** της είναι **χαμηλός**. Σε ποσότητες ανάλογες με την επιθυμητή μείωση του προσροφημένου νατρίου μέσα στο έδαφος δρα επίσης (και σαν βελτιωτικό της υδατοδιαπερατότητας των εδαφών, σε συνδυασμό με τη χρησιμοποίηση οργανικών ουσιών, όπως η κόπρος, η χλωρή λίπανση κ.α. Η γύψος αντιδρά με το ανθρακικό νάτριο (Na_2CO_3), οπότε σχηματίζεται θειικό νάτριο (Na_2SO_4), το οποίο είναι λιγότερο τοξικό από το Na_2CO_3 για τα φυτά και, ως υδατοδιαλυτό άλας, απομακρύνεται με την έκπλυση που η εφαρμογή της αποτελεί οπωσδήποτε αναγκαία προϋπόθεση. Επίσης, κατά την αντικατάσταση των προσροφημένων κατιόντων του Na^+ στην επιφάνεια των κολλοειδών συμπλόκων του εδάφους από κατιόντα Ca^{++} , σχηματίζεται πάλι Na_2SO_4 , το οποίο απομακρύνεται όπως και προηγουμένως με την έκπλυση. Οι σχετικές χημικές αντιδράσεις είναι:



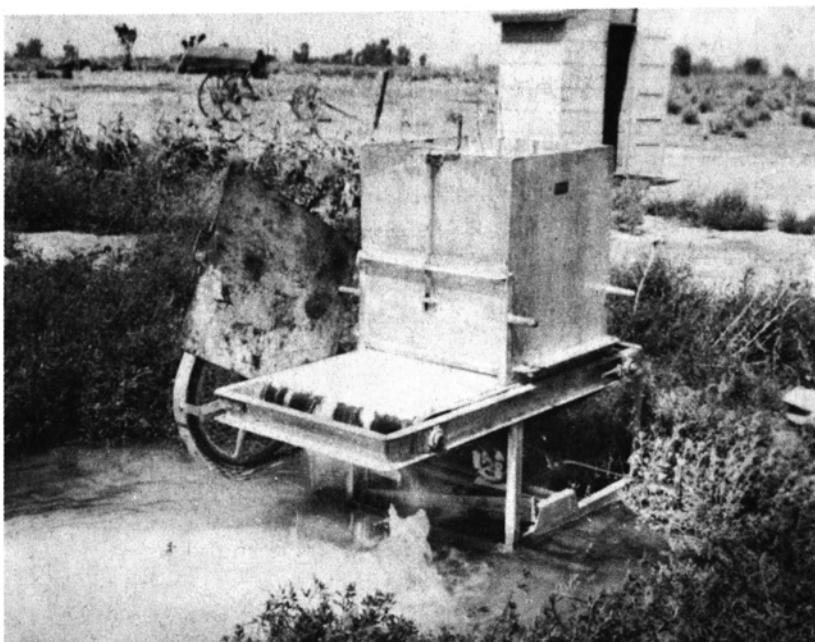
Τα σχήματα 9.2α και 9.2β δείχνουν τρόπους προσθήκης γύψου στο έδαφος.

— **To Θείο (S).**

Πολλές φορές, για τη βελτίωση των αλκαλιωμένων εδαφών χρησιμοποιείται και θείο υπό στοιχειακή μορφή (θειάφι). Η δράση του μοιάζει με εκείνη της γύψου γιατί, μέσα στο έδαφος, ύστερα από σειρά χημικών αντιδράσεων δίνει θειικές ρίζες (SO_4^{2-}), καθώς επίσης και θειικό ασβέστιο (CaSO_4). Έτσι συμβάλλει στη μετατροπή των τοξικών για τα φυτά ανθρακικών (Na_2CO_3) και διπτανθρακικών (NaHCO_3) αλάτων του νατρίου σε διαλυτό Na_2SO_4 και υποβοηθεί την αντικατάσταση ανταλλάξιμων κατιόντων Na^+ με δισθενή κατιόντα του Ca^{++} . Ο διασπορέας του σχήματος 9.2β μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσθήκη θείου στο έδαφος.

— **To ανθρακικό ασβέστιο ή ασβεστόλιθος (CaCO_3).**

Η ενέργεια του ασβεστολίθου ως εδαφοβελτιωτικής ουσίας είναι βραδεία, λόγω της μικρής διαλυτότητάς του. Η αποτελεσματικότητά του όμως είναι μεγαλύτερη, όταν συνδυάζεται με χλωρή λίπανση, γιατί το διοξείδιο του άνθρακας (CO_2) που ελευθερώνεται κατά την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας, αντιδρά με τον ασβεστόλιθο και σχηματίζεται διπτανθρακικό ασβέστιο ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$). Η παρουσία επαρκών ποσοτήτων ενεργού ασβεστίου στο εδαφικό διάλυμα συμβάλλει στη



Σχ. 9.2α.

Εδώ η γύψος προστίθεται στο νερό της αρδεύσεως και διαλυμένη πια μεταφέρεται και κατανέμεται ομοιόμορφα στον αγρό με το αρδευτικό νερό. Ο τρόπος αυτός, όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν, είναι ο καλύτερος και πρέπει να συνιστάται.



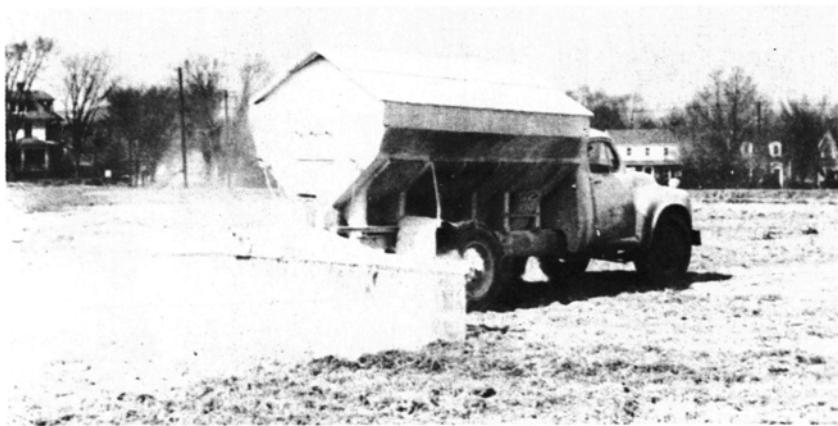
Σχ. 9.2β.

Η φωτογραφία δείχνει έναν τύπο διασπορέα βελτιωτικών ουσιών στο έδαφος, όπως π.χ. γύψου, θείου και ασβεστολίθου σε σκόνη. Η μορφή της συσκευής διασποράς μειώνει την επίδραση του ανέμου να παρασύρει το εδαφοβελτιωτικό. Ο ίδιος διασπορέας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για διασπορά λιπασμάτων.



Σχ. 9.2γ.

Διασπορά του ασβεστολίθου στο έδαφος. Οι εργάτες με απλά φτιάρια ρίχνουν τον ασβεστόλιθο στον κάδο που είναι εξοπλισμένος με ειδικό περιστροφικό μηχανισμό που διασπείρει τον κονιοποιημένο ασβεστόλιθο σε μια αρκετά πλατιά εδαφική λωρίδα, ενώ συμπληρωματικά υποβοηθεί την κονιοποίηση.



Σχ. 9.2δ.

Διασπορέας κονιοποιημένου ασβεστολίθου. Ο τρόπος αυτός εξασφαλίζει ομοιόμορφη ασβέστωση του εδάφους. Η νηνεμία αποτελεί προϋπόθεση εφαρμογής της μεθόδου.

βελτίωση και στη διατήρηση της δομής του εδάφους και σ' αυτό έγκειται κυρίως η εδαφοβελτιωτική του αξία με ταυτόχρονη βελτίωση της υδατοπερατότητας του εδάφους. Τα σχήματα 9.2γ και 9.2δ δείχνουν τρόπους προσθήκης ασβεστίου στο έδαφος.

Δίνοντας στο γύψο συντελεστή ίσο με τη μονάδα, οι ισοδύναμες ποσότητες άλλων εδαφοβελτιωτικών ουσιών εμφανίζονται στον πίνακα 9.2. Ενδεικτικά πάντως αναφέρεται ότι η συνήθης τιμή της απαιτούμενης ποσότητας γύψου κυμαίνεται μεταξύ 500 kg μέχρι 3.000 kg ανά στρέμμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.2.

Ισοδύναμες ποσότητες εδαφοβελτιωτικών ουσιών με βάση τη γύψο

Εδαφοβελτιωτικό	Τόννοι
Γύψος ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	1,00
Χλωριούχο ασβέστιο ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	0,85
Ασβεστόλιθος (CaCO_3)	0,88
Θειό	0,19
Θειικό οξύ	0,57
Θειικάς σίδηρος ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	1,62

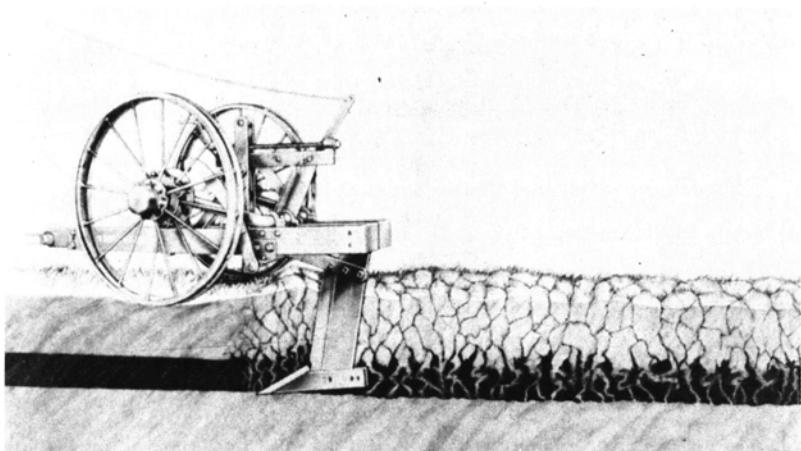
γ) Μηχανική κατεργασία.

Η βελτίωση αυτή επιτυγχάνεται με διάφορους μηχανικούς τρόπους από τους οποίους οι συνηθέστεροι είναι **η βαθιά άροση** (σχ. 9.2ε), **η υπεδαφοκαλλιέργεια** (σχ. 9.2στ), **η προσθήκη άρμου** και **η αναστροφή του εδάφους** με κοινό άροτρο



Σχ. 9.2ε.

Εκτέλεση βαθιά αρόσεως βάθους 40 - 50 cm. Κατά την επιστροφή θα χρησιμοποιηθεί το ανασηκωμένο άροτρο για να ρίχνονται τα χώματα προς την ίδια πλευρά.



Σχ. 9.2στ.

Χαρακτηριστική εικόνα υπεδαφοκαλλιέργειας. Ο υπεδαφοκαλλιεργητής στο πέρασμά του θρυμματίζει τον συμπαγή ορίζοντα καθώς και το υπερκείμενο έδαφος, διευκολύνοντας την κυκλοφορία του νερού και του αέρα στο έδαφος.



Σχ. 9.2ζ.

Η εικόνα αυτή δείχνει μια ελαφρά αναστροφή έδαφους. Για αναστροφή μεγαλύτερου βάθους, λόγω της μεγάλης αντιστάσεως χρησιμοποιούνται ελκυστήρες με 2 ή το πολύ 3 υνία, χωρίς βέβαια αυτό να είναι απαραίτητος κανόνας.

(σχ. 9.2ζ). Με τους τρεις πρώτους τρόπους επιδιώκεται η αύξηση της υδατοπερατότητας και η δημιουργία περισσότερο ομοιόμορφου εδάφους και με τον τέταρτο η αντικατάσταση ενός επιφανειακού εδαφικού ορίζοντα κακής ποιότητας με έναν άλλο υποκείμενο, καλύτερης. Σημειώνεται εδώ ότι η ύπαρξη αλκαλιωμένου εδαφικού ορίζοντα καθιστά τη βαθιά άροση και την αναστροφή απαγορευτικές. Η προσθήκη άμμου σε βαριά αργιλικά εδάφη ευνοεί την αύξηση της υδατοπερατότητας, γιατί στους κόκκους της συγκολλούνται αργιλικές και χουμικές ουσίες, με αποτέλεσμα το σχηματισμό συσσωματωμάτων που όπως είναι γνωστό αυξάνουν το πορώδες του εδάφους και συνεπώς και την υδατοπερατότητά του.

δ) Προσθήκη οργανικής ουσίας – Χλωρή λίπανση - Καλλιέργεια ανθεκτικών σε άλατα φυτών.

Η προσθήκη **οργανικής ουσίας** στο έδαφος πέρα από τα θρεπτικά συστατικά της, συμβάλλει και στη βελτίωση της δομής του εδάφους, στην αύξηση της υδατοδιαπερατότητας καθώς και στην έκλυση CO_2 , το οποίο διευκολύνει τη διαλυτοποίηση του CaCO_3 . Η **χλωρή λίπανση**, δηλαδή η καλλιέργεια κατάλληλων φυτών (συνήθως ψυχανθών) και παράχωσή τους στο έδαφος σε κάποια φάση της αναπτύξεώς τους (σχ. 9.2η) έχει ευνοϊκή επίδραση στη βελτίωση τόσο των αλατούχων όσο και των αλκαλιωμένων εδαφών και ιδιαίτερα των ασβεστούχων. Επίσης έχει διαπιστωθεί η ευεργετική επίδραση στη βελτίωση των αλατούχων εδαφών από την **καλλιέργεια φυτών ανθεκτικών στα άλατα**. Άλλα φυτά συμβάλλουν στη βελτίωση των αλατούχων εδαφών λόγω του τρόπου της καλλιέργειάς τους, όπως π.χ. το ρύζι, το οποίο αν και είναι μέτριας ανθεκτικότητας σε άλατα, αποδείχθηκε ότι αποτελεί πολύτιμο βελτιωτικό των αλατούχων εδαφών, λόγω των μεγάλων ποσοτήτων νερού που απαιτούνται για την άρδευσή τους. Αλατούχα εδάφη με σχετικά ικανοποιητική υδατοπερατότητα αφαλατώνονται σχεδόν πλήρως μετά από συνεχή καλλιέργειά τους με ρύζι για 3 ή 4 χρόνια.



Σχ. 9.2η.

Χλωρή λίπανση. Φυτά σε κάποιο στάδιο της αναπτύξεώς τους παραχώνονται στο έδαφος για να το εμπλουτίσουν σε οργανική ουσία.

ε) Επιλογή της κατάλληλης τεχνικής βελτιώσεως.

Πριν από την εφαρμογή οποιασδήποτε τεχνικής βελτιώσεως χρειάζεται πλήρης μελέτη όλων των τοπικών συνθηκών της υπό βελτίωση εκτάσεως, ώστε να προσδιορισθούν: η προέλευση της αλατώσεως ή της αλκαλιώσεως ή και των δύο, η αλατότητα ή και η αλκαλίωση χωριστά για κάθε εδαφικό ορίζοντα, οι συνθήκες φυσικής στραγγίσεως των εδαφών, η υδατοπερατότητα, η διηθητικότητα, η υδατοϊκανότητα, η υγρασία μαράνσεως κ.α και γενικά οι σχέσεις αλάτων και νερού. Η συνέξεταση των κλιματολογικών, γεωμορφολογικών, υδρογεωλογικών και εδαφολογικών συνθηκών είναι επίσης απαραίτητη. Η εδαφολογική έρευνα, ιδίως όταν συνδυάζεται με τη μελέτη της συμπεριφοράς της υπόγειας στάθμης του νερού, πρέπει να επεκτείνεται τουλάχιστον μέχρι βάθους 5 m ή και περισσότερο μερικές φορές. Η γνώση των παραπάνω συνθηκών και στοιχείων, στα οποία θα πρέπει να προστεθεί και η ποιότητα του εφαρμοζόμενου αρδευτικού νερού, αποτελεί την απαραίτητη προϋπόθεση για την επιλογή της κατάλληλης τεχνικής ή του κατάλληλου συνδυασμού τεχνικών για τη βελτίωση των παθογενών, από άλατα εδαφών. Έτσι, αν η παθογένεια μιάς εκτάσεως οφείλεται αποκλειστικά στην παρουσία μεγάλων ποσοτήτων διαλυτών αλάτων, τότε αμέσως επιλέγεται η τεχνική βελτιώσεως με στράγγιση. Αν η προέλευση των αλάτων προέρχεται από αλατούχα υπόγεια νερά υψηλής στάθμης, το στραγγιστικό δίκτυο θα πρέπει να είναι αρκετά βαθύ, γιατί θα πρέπει να υποβιβάσει και να διατηρεί στο επιθυμητό βάθος την υπόγεια στάθμη. Αν πάλι τα άλατα παρασύρονται από άλλες περιοχές, η κατασκευή μιάς περιμετρικής προστατευτικής στάθμης είναι οπωσδήποτε απαραίτητη. Προκειμένου για εκτάσεις που παλαιότερα ήταν σκεπασμένες από τη θάλασσα και στη συνέχεια αποκαλύφθηκαν με την κατασκευή στραγγιστικών έργων, τα νερά των εκπλύσεων ή των στραγγίσεων γενικότερα, συγκεντρώνονται σε κεντρική τάφρο κατά μήκος της θάλασσας και, επειδή το υψόμετρο αυτών των εκτάσεων και πολύ περισσότερο της τάφρου είναι χαμηλότερο από εκείνο της θάλασσας, είναι απαραίτητη τόσο η κατασκευή προστατευτικού αναχώματος μεταξύ τάφρου και θάλασσας όσο και η άντληση των νερών που στραγγίζονται για να απορριφθούν τελικά στη θάλασσα. Τέτοιες εκτάσεις είναι γνωστές ως **polders**. Αν οι χημικές αναλύσεις αποδεικνύουν αλάτωση και αλκαλίωση τότε θα γίνει συνδυασμός της χημικής τεχνικής με εκείνη της στραγγίσεως κ.ο.κ.

Γενικά μπορεί να πει κανείς ότι η βελτίωση των αλατουχαλκαλιωμένων και των αλκαλιωμένων εδαφών είναι περισσότερο δαπανηρή και πιο μακροχρόνια σε διάρκεια από ό,τι των απλών αλατούχων εδαφών. Το κόστος της εξυγειάνσεως αποτελεί βασικό κριτήριο για τη λήψη της τελικής αποφάσεως γιατί όλη η προσπάθεια αποσκοπεί στην αποδοτική γεωργική αξιοποίηση των παθογενών εδαφών με όσο το δυνατό μεγαλύτερο οικονομικό όφελος.

9.3 Πρόληψη της αλατώσεως των εδαφών.

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η χώρα μας χαρακτηρίζεται από στενότητα καλλιεργήσιμης γης. Η οριζόντια λοιπόν επέκταση των καλλιεργουμένων εκτάσεων είναι περιορισμένη και οι καλύτερες από αυτές έχουν ήδη αποδοθεί στην καλλιέργεια. Έτσι, η αύξηση της γεωργικής παραγωγής και επομένως και του γεωργικού εισο-

δήματος υπαγορεύουν την εντατικοποίηση της εκμεταλλεύσεως της γεωργικής γης. Οι κύριοι παράγοντες για εντατική εκμετάλλευση της γεωργικής γης είναι η **Α-πανση** και κυρίως η **ἀρδευσή** της.

Είναι επιθυμία κάθε γεωργού να μπορεί να αρδεύει τα χωράφια του, για να αυξήσει το γεωργικό του εισόδημα. Το νερό της αρδεύσεως όμως στις περισσότερες περιπτώσεις περιέχει σημαντικές ποσότητες διαλυτών αλάτων, τα οποία, αν οι βροχοπτώσεις δεν είναι αρκετές και αν το στραγγιστικό σύστημα δεν είναι επαρκές, συσσωρεύονται αθροιστικά στο έδαφος. Έτσι, μετά από λίγα ή περισσότερα χρόνια, ανάλογα με την περιεκτικότητα του αρδευτικού νερού σε άλατα, το έδαφος μεταβάλλεται σε αλατούχο με όλες τις ανεπιθύμητες συνέπειες. Γίνεται λοιπόν φανερό ότι το **αρδευτικό νερό πρέπει να είναι καλής ποιότητας** και για την ποιοτική ταξινόμησή του δόθηκε σχετικό διάγραμμα (σχ 1.1α) μαζί με επεξηγηματικό κείμενο. Από τη μελέτη της ταξινομήσεως των αρδευτικών νερών προκύπτει ότι σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις η έκπλυση, ελαφριά, μέτρια ή σημαντική είναι απαραίτητη. Αν τα καλλιεργούμενα εδάφη χαρακτηρίζονται από ικανοποιητική υδατοπερατότητα και οι βροχοπτώσεις είναι επίσης αρκετές, τότε η έκπλυση, εφ' όσον το αρδευτικό νερό είναι μικρής αλατότητας, διασφαλίζεται χωρίς να λαμβάνονται ειδικά μέτρα. Σε όλες όμως τις άλλες περιπτώσεις η κατασκευή στραγγιστικού δικτύου είναι απαραίτητη, για την απομάκρυνση των νερών της εκπλύσεως και της για οποιοδήποτε λόγο πληθωριστικής υγρασίας στο έδαφος που συνήθως είναι η άρδευση. Στο σημείο αυτό θα πρέπει ιδιαίτερα να τονισθεί η τάση των αγροτών να ρίχνουν στα χωράφια τους περισσότερο νερό από όσο πραγματικά χρειάζονται. Έτσι, εμπλουτίζουν όλο και περισσότερο το έδαφος σε άλατα, ενώ παράλληλα, για λίγες μέρες τουλάχιστον, ανάλογα με τη μηχανική σύσταση του εδάφους (λιγότερες π.χ. για τα αμμώδη και περισσότερες για τα αργιλώδη), δημιουργούν ασφυκτικό περιβάλλον στο ριζικό σύστημα των φυτών. Σε άλλες περιπτώσεις **ξαναχρησιμοποιούνται** τα νερά της στραγγίσεως, τα οποία βέβαια είναι πλουσιότερα σε άλατα, γιατί εκτός από τα άλατα του αρδευτικού νερού, περιέχουν και τα άλατα των νερών της εκπλύσεως. Εδάφη που κινδυνεύουν να καταστούν αλατούχα από τα άλατα που μεταφέρονται σ' αυτά από υψηλότερες περιοχές μπορούν να προστατευθούν με την κατασκευή **περιμετρικής στραγγιστικής τάφρου**, για την απομάκρυνση των αλάτων έως από την καλλιεργούμενη ζώνη, καθώς και ανάλογου στραγγιστικού δικτύου.

Τόσο τα αλατούχα όσο και τα αλκαλιωμένα εδάφη παρουσιάζουν και μετά τη βελτίωσή τους τάσεις να ξαναγίνουν παθογενή. Για το λόγο αυτό πέρα από τις στραγγίσεις, συνιστάται, κατά τη χημική λίπανσή τους, να χρησιμοποιούνται οξινοποιά λιπάσματα καθώς και υπερφωσφορικά, τα οποία περιέχουν μεγάλα ποσά γύψου, θειικής αμμωνίας κ.α. Σε αφαλατωμένα εδάφη συνιστάται, όπου αυτό είναι δυνατό, η καλλιέργεια ρυζιού κάθε τρία ή τέσσερα χρόνια, γιατί, όπως ήδη αναφέρθηκε, επιτυγχάνεται με τον τρόπο αυτό περιοδική αφαλάτωσή τους, λόγω των μεγάλων ποσοτήτων αρδευτικού νερού που απαιτεί η καλλιέργεια αυτή.

Μια άλλη περίπτωση που πρέπει επίσης να αναφερθεί εδώ είναι ο κίνδυνος που διατρέχουν πολλές εκτάσεις της χώρας μας να αλατωθούν από τη συχνά όχι ορθολογική εφαρμογή του συστήματος αρδεύσεως με σταγόνες που προτιμούν οι αγρότες μας, επειδή μεταξύ των άλλων πλεονεκτημάτων, απαιτεί, λόγω του αυτο-

ματισμού του, λίγα εργατικά χέρια. Ο κίνδυνος από το σύστημα αυτό συνίσταται στο ότι τα άλατα του αρδευτικού νερού συσσωρεύονται στο έδαφος. Έτσι, σε λίγα χρόνια τα έδαφη, αν οι βροχοπτώσεις δεν είναι αρκετές, θα καταστούν αλατούχα. Τα προληπτικά μέτρα στην περίπτωση αυτή είναι πρόβλεψη στραγγίσεως και αυστηρός περιορισμός των ποσοτήτων του εφαρμοζόμενου νερού στα όρια των πραγματικών αναγκών των καλλιεργειών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΙΟΛΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥΣ

10.1 Γενικά.

Με τον όρο **υδατική ή αιολική διάβρωση** εννοούμε το αποτέλεσμα της διαβρωτικής ενέργειας του νερού ή του ανέμου πάνω στο έδαφος, η οποία συνίσταται στο θρυμματισμό, την απόσπαση και τη μεταφορά των υλικών της επιφάνειάς του.

Η **διαβρωτική ενέργεια του νερού (υδατική)** είναι αποτέλεσμα της κινητικής ενέργειας των σταγόνων της βροχής, που προκαλούν την προσπτωσή τους, το θρυμματισμό των υλικών της επιφάνειας του εδάφους και της συρτικής δυνάμεως της σχηματιζόμενης απορροής, όταν η διηθητικότητα του εδάφους είναι μικρότερη από την ένταση της βροχής. Αποτέλεσμα της διαβρωτικής αυτής ενέργειας του νερού είναι η μεταφορά των υλικών αυτών σε πιο μακρινές αποστάσεις, για να καταλήξουν στη συνέχεια, τα λεπτότερα από αυτά, στη θάλασσα. Η μεταφορά των παραπάνω υλικών από ένα υδατικό ρεύμα (ρυάκι, χείμαρρος, ποταμός) γίνεται κατά τους εξής τρόπους: με κύλιση των εδαφικών κόκκων στον πυθμένα του υδατορεύματος, με άλματα και τέλος υπό μορφή αιωρήματος. Η διαβρωτική ενέργεια του νερού δεν περιορίζεται όμως μόνο στην επιφάνεια του εδάφους. Μερικές φορές επεκτείνεται σε βαθύτερα στρώματά του, οπότε προκαλεί κατολισθήσεις ή εδαφοπτώσεις. Επίσης, νερό εγκλωβισμένο μέσα σε κοιλότητες βράχου είναι δυνατό, όταν οι θερμοκρασίες πέσουν σε χαμηλά επίπεδα, να παγώσει και η αύξηση του όγκου του να προκαλέσει διεύρυνση των ρηγμάτων ή και απόσπαση τμημάτων τους λόγω των ασκούμενων πιέσεων. Είναι φανερό ότι σημαντικό ρόλο στις διαβρώσεις της επιφάνειας του εδάφους, παίζει η κλίση του εδάφους, η οποία είναι απαραίτητη για το σχηματισμό υδατορευμάτων που θα μεταφέρουν τα εδαφικά υλικά σε πιο μακρινές αποστάσεις. Αποτέλεσμα της διαβρωτικής ενέργειας των υδατορευμάτων είναι ο σχηματισμός αυλακώσεων (σχ. 10.1α) και χαραδρώσεων (σχ. 10.1β) διαφόρων διαστάσεων και μορφών, ανάλογα με τη φύση των πετρωμάτων σε κάθε περίπτωση. Η διάβρωση ως φυσικό φαινόμενο δεν θα έπρεπε να μας ανησυχεί, αν δεν επιταχυνόταν από διάφορες δραστηριότητες του ανθρώπου, γιατί το έδαφος που θα χανόταν λόγω της φυσικής διάβρωσεως, θα αναπληρωνόταν, φυσιολογικά με το μετασχηματισμό σε έδαφος άλλων συστατικών του εδάφους. Δυστυχώς όμως οι ανθρώπινες δραστηριότητες, σε ορισμένες τουλάχιστον περιοχές, επιταχύνουν τη διάβρωση κατά τρόπο που δεν είναι δυνατή πα τη φυσιολογική επαναποκατάσταση της αρχικής ισορροπίας. Και αυτό βέβαια συνεπάγεται απώλεια μεγάλων ποσοτήτων γόνιμης γης και μείωση της παραγωγικότητας των μητρικών εδαφών.



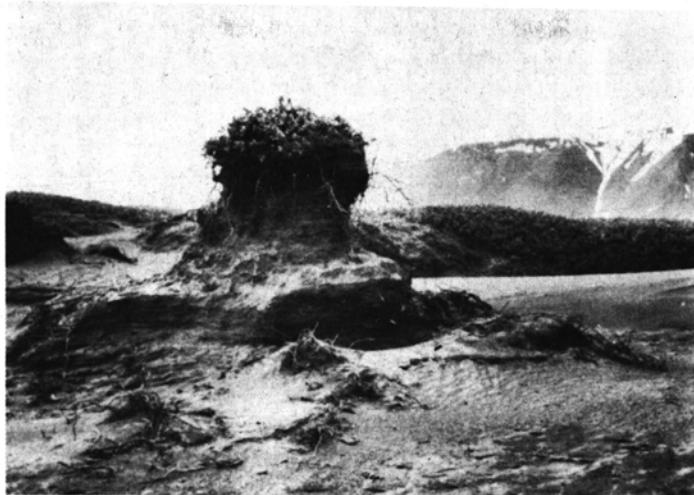
Σχ. 10.1α.

Τοπική αυλάκωση του εδάφους από υδατική διάβρωση.



Σχ. 10.1β.

Χαράδρωση του εδάφους από υδατική διάβρωση.



Σχ. 10.1γ.

Έντονη αιολική διάβρωση του εδάφους σε περιοχή με κικροθαμνώδη βλάστηση.

Η διαβρωτική ενέργεια του ανέμου (αιολική) είναι αποτέλεσμα της ταχύτητας του ανέμου κοντά στο έδαφος και συνίσταται κυρίως στη μεταφορά των λεπτότερων, και κατά κανόνα των γονιμότερων, υλικών του εδάφους σε πιο μακρινές αποστάσεις. Η αιολική διάβρωση, σε αντίθεση με την υδατική διάβρωση, για την οποία χρειάζεται να είναι επικλινή τα εδάφη, προσβάλλει τόσο τις επικλινείς όσο και τις πεδινές εκτάσεις, ενώ τα μεταφερόμενα υλικά δεν έχουν ορισμένη κατεύθυνση, ούτε και ορισμένο τόπο εναποθέσεώς τους, όπως συμβαίνει με την υδατική διάβρωση. Τα αποτελέσματα της αιολικής διάβρώσεως είναι περισσότερο έντονα και αντιληπτά σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές [σχ. 10.1γ]. Στη χώρα μας, εκτός από τα νησιά του Αιγαίου που είναι εκτεθειμένα σε ισχυρούς ανέμους, η αιολική διάβρωση δεν αποτελεί πρόβλημα. Έτσι στο κεφάλαιο αυτό θα περιορισθούμε στα απολύτως αναγκαία.

Στους παραπάνω μηχανισμούς απώλειας γόνιμης γης, και κατά συνέπεια μειώσεως της παραγωγικότητας των εδαφών, θα πρέπει να προστεθεί και η εξάντληση των καλλιεργούμενων εδαφών, όταν ο άνθρωπος δεν καταβάλλει καμιά ιδιαίτερη προσπάθεια για να αντισταθμίσει την απομάκρυνση γόνιμων υλικών του εδάφους λόγω εντατικής καλλιέργειας ή και διαβρώσεως. Η ιδέα ότι το έδαφος διατηρεί τη γονιμότητά του μόνο με την εφαρμογή κάποιων αμειψισπορών είναι πια ξεπερασμένη. Η επέμβαση του ανθρώπου, αν δεν είναι ορθολογική και δεν συνοδεύεται από τις κατάλληλες καλλιεργητικές φροντίδες, έχει καταστρεπτικές συνέπειες για το έδαφος (π.χ. υπερβόσκηση, καταστροφή δασών, υπεράρδευση, εκχερσώσεις κ.α.).

10.2 Υδατική διάβρωση.

Η υδατική διάβρωση επηρεάζει όλες τις περιοχές της γης, εκτός από τις πραγμα-

**Σχ. 10.16.**

Χαρακτηριστική φωτογραφία αιολικής διαβρώσεως σε περιοχή με δένδρα.

**Σχ. 10.1στ.**

Έντονη αιολική διάβρωση εδάφους σε μεγάλο βάθος, λόγω ισχυρών ανέμων.

τικές ερήμους και εκείνες των πόλων που βρίσκονται μόνιμα κάτω από πάγους. Ολόκληρη η Ευρώπη και επομένως και η χώρα μας, υφίσταται την επίδραση της υδατικής διαβρώσεως και γι' αυτό ενδιαφέρει η μελέτη των μηχανισμών και των παραγόντων, καθώς και των συνεπειών αυτού του φαινομένου, κατά συνοπτικό βέβαια τρόπο, λόγω του διδακτικού χαρακτήρα αυτού του βιβλίου.

10.2.1 Οι μηχανισμοί της υδατικής διαβρώσεως.

Το φαινόμενο της διαβρώσεως του εδάφους από το νερό εμφανίζεται υπό δύο ουσιαστικές μορφές, ο μηχανισμός των οποίων διαφέρει. Στη μια περίπτωση το νερό προσβάλλει την επιφάνεια του εδάφους, θρυμματίζει το έδαφος σε λεπτά στοιχεία που επιδέχονται μεταφορά και στη συνέχεια, με τη σχηματιζόμενη ροή, τα μεταφέρει σε πιο μακρυνές αποστάσεις. Συχνά, τα πιο λεπτά από αυτά παραμένουν αιωρούμενα στη θάλασσα. Στην άλλη περίπτωση, το νερό προσβάλλει το έδαφος όχι μόνο στην επιφάνειά του, αλλά και σε ορισμένο βάθος, οπότε υπάρχει το ενδεχόμενο να παρασυρθεί ολόκληρη η σχετική εδαφική μάζα. Οι μηχανισμοί αυτοί της διαβρώσεως του εδάφους αναλύονται περιληπτικά παρακάτω.

α) Προσβολή του εδάφους στην επιφάνεια.

Ο μηχανισμός αυτός της διαβρώσεως περιλαμβάνει σχεδόν πάντοτε δύο φάσεις: τη φάση σχηματισμού εδαφικών τεμαχιδίων που μπορούν να παρασυρθούν και τη φάση μεταφοράς αυτών των τεμαχιδίων σε πιο μακρυνές αποστάσεις. Στο μηχανισμό αυτό παρεμβαίνουν η δράση της βροχής, του παγώματος και του ξεπαγώματος του νερού και τέλος η δράση της απορροής. Οι δύο πρώτες αναφέρονται στο σχηματισμό των τεμαχιδίων και η τρίτη στη μεταφορά τους με ταυτόχρονη αυλάκωση ή χαράδρωση της επιφάνειας του εδάφους.

1. Η δράση της βροχής.

Είναι γνωστό ότι τα στερεά υλικά παρασύρονται ευκολότερα από το νερό όσο το μέγεθός τους είναι μικρότερο. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι το νερό δεν μπορεί να μεταφέρει στερεά υλικά μεγάλων διαστάσεων. Απλώς το ενδιαφέρον ως προς το φαινόμενο της υδατικής διαβρώσεως συγκεντρώνεται στα λεπτά εδαφικά τεμαχίδια. Τα εδάφη, γενικά, εμφανίζονται υπό μορφή συσσωματωμάτων (γρουμπούλια, σβώλοι) διαφόρων διαστάσεων, κατά κανόνα αρκετά μεγάλων, ώστε να μην παρασύρονται εύκολα ή και καθόλου από το νερό που ρέει στην επιφάνεια του εδάφους. Το θρυμμάτισμα αυτών των σβώλων γίνεται από τις σταγόνες της βροχής χάρη στην κινητική τους ενέργεια, την οποία αποκτούν κατά την πτώση τους (δράση μηχανική) και η οποία είναι ίση με το γινόμενο της μάζας (m) της σταγόνας επί το τετράγωνο της ταχύτητας (V^2) που έχει τη στιγμή που συναντά το έδαφος διαιρεμένο δια του 2, δηλαδή:

$$E_{KIV} = \frac{1}{2} mV^2.$$

Οι πρώτες σταγόνες της βροχής μόνο τα πολύ λεπτά και ελεύθερα εδαφικά τε-

μαχίδια μπορούν να σηκώσουν στον αέρα κατά την κρούση του στο έδαφος. Όσο συνεχίζεται η βροχή το νερό απορροφάται από τους σβώλους του εδάφους και χαλαρώνει τη συνοχή μεταξύ των στοιχείων αυτών (φυσικοχημική δράση), με αποτέλεσμα την κατάρρευσή τους και το σχηματισμό τελικά ενός μίγματος νερού και λεπτών τεμαχίδιων εδάφους, ετοίμων να παρασυρθούν από τα νερά της απορροής. Είναι φανερό ότι όλες οι βροχές δεν σχηματίζουν απορροή. Για να σχηματισθεί απορροή, η ένταση της βροχής πρέπει να είναι οπωσδήποτε μεγαλύτερη από τη διηθητικότητα του εδάφους, οπότε το νερό που περισσεύει απορρέει πάνω στην επιφάνεια του εδάφους ακολουθώντας το δρόμο της «ελάχιστης αντιστάσεως» δηλαδή των μεγαλύτερων κλίσεών του. Επίσης απορροή σχηματίζεται και από βροχές μικρής εντάσεως αλλά μεγάλης διάρκειας. Η ύπαρξη αδιαπέρατου εδαφικού ορίζοντα σε μικρό βάθος ή υψηλής στάθμης υπόγειων νερών συμβάλλουν στο σχετικά γρήγορο κορεσμό του εδάφους με νερό. Από τη στιγμή του κορεσμού και μετά τα νερά της βροχής μετατρέπονται σε απορροή, σχηματίζοντας μικρά ρυάκια στην αρχή, τα οποία συνενώνονται με άλλα και σχηματίζουν μεγαλύτερα, για να καταλήξουν τελικά στο σχηματισμό υδατορευμάτων που εξελίσσονται, αν υπάρχουν ισχυρές εδαφικές κλίσεις, σε χειμάρρους με μεγάλη διαβρωτική ενέργεια στον πυθμένα και τα πρανή της κοίτης τους.

Η ανάλυση της δράσεως της βροχής στην επιφάνεια του εδάφους οδηγεί στις παρακάτω διαπιστώσεις ως προς την υδατική διάβρωση:

- Η **ένταση** της βροχής αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα της διαβρωτικής ενέργειας των νερών.
- Η **ποσότητα** των μετακινούμένων εδαφικών υλικών δεν εξαρτάται μόνο από την ένταση της βροχής, αλλά και από το κατά πόσο το έδαφος ευκολότερα ή δυσκολότερα διασπάται (**βαθμός διασπάσεως**) υπό την επίδραση της κινητικής ενέργειας των σταγόνων της βροχής, σε μικρότερα εδαφικά τεμαχίδια που μπορούν να μεταφερθούν σε πιο μακρινές αποστάσεις. Στο σημείο αυτό τα εδάφη παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.
- Η **κλίση** του εδάφους παίζει πρωταρχικό ρόλο στην όλη σχέση μεταξύ βροχής και εδάφους. Αν είναι οριζόντιο, τα εδαφικά τεμαχίδια που αποσπώνται προς οποιαδήποτε κατεύθυνση αντισταθμίζονται αιμοιβαία χωρίς προβλήματα ως προς τη μεταφορά τους σε πιο μακρινές περιοχές. Αντίθετα, αν το έδαφος είναι επικλινές, τα νερά που απορρέουν στην εδαφική επιφάνεια υπό μορφή υδατικών στρώσεων ή υπό μορφή ρυακίων, ακολουθώντας την κλίση του, παρασύρουν τα εδαφικά τεμαχίδια που αποσπώνται και τα μεταφέρουν σε πιο μακρινές αποστάσεις.
- Η παρεμβολή της **βλαστήσεως** στη σχέση μεταξύ βροχής και εδάφους συντελεί στη θραύση της ορμής των σταγόνων της βροχής, οι οποίες ανασυγκροτούνται και πέφτουν στο έδαφος από πολύ μικρότερο ύψος και κατά συνέπεια με πάρα πολύ μικρή κινητική ενέργεια.

2. Η δράση του παγώματος και ξεπαγώματος.

Κατά τις ψυχρές περιόδους, το έδαφος σε κάποιο βάθος παγώνει. Τότε, νερό των εδαφικών συμπλόκων εξέρχεται από αυτά για να σχηματίσει γύρω τους παγοκρυστάλλους, ενώ νερό από μεγαλύτερα βάθη πλησιάζει την παγωμένη εδαφική

ζώνη. Οι παγοκρύσταλλοι κατά την ανάπτυξή τους προκαλούν χαλάρωση της συνοχής των υλικών του εδάφους, κατά το ξεπάγωμα πολλά από αυτά ευρίσκονται ελεύθερα και μπορούν να μετακινθούν. Το ξεπαγωμένο χώμα έχει την όψη λάσπης και μάλιστα εντονότερα όταν η ποσότητα του νερού από βαθύτερους ορίζοντες είναι μεγαλύτερη. Το υλικό αυτό, δηλαδή η λάσπη, είναι εύκολο να μεταφερθεί σε πιο μακρινές αποστάσεις με τα νερά της απορροής.

3. Η δράση της ροής των νερών.

Η δράση της βροχής και σε ορισμένες περιοχές η δράση του παγώματος - ξεπαγωμάτος καταλήγουν στο σχηματισμό εδαφικών τεμαχιδίων που μπορούν να μεταφερθούν με την απορροή. Τα νερά της απορροής, που τρέχουν όπως και εκείνα της βροχής, αποτελούν παράγοντα διαβρώσεως του εδάφους τόσο με τη συρτική δύναμη που ασκούν πάνω σ' αυτό, όσο και με τα στερεά υλικά που μεταφέρουν, τα οποία, προσκρούοντας επάνω στα εδαφικά συσσωματώματα, συμβάλλουν στην αποδόμησή τους αποσπώντας και παρασύροντας στη συνέχεια τα δομικά τους υλικά. Κάθε ροή χαρακτηρίζεται από μία συρτική δύναμη που προκαλεί διάβρωση στην κοίτη του υδατορεύματος (πυθμένα και πρανή) και από μια ισχύ μεταφοράς στερεών υλικών, οι οποίες μεταβάλλονται ανάλογα με την κλίση του πυθμένα και το βάθος του νερού. Η κίνηση του νερού είναι στροβιλώδης (βλ. παράρτημα) και χάρη σ' αυτήν τα εδαφικά τεμαχίδια τίθενται, διατηρούνται και μεταφέρονται **εν αιωρήσει** από τη ροή. Όσο περισσότερα υλικά εν αιωρήσει περιέχει το νερό τόσο η πυκνότητά του είναι μεγαλύτερη και κατά συνέπεια αυξάνεται και η συρτική δύναμη της ροής. Κατά τη μεταφορά των στερεών υλικών με **άλματα** παρατηρούμε ότι αυτά παραμένουν για πολύ λίγο χρόνο σε εντελώς χαλαρή επαφή με τον πυθμένα. Στη συνέχεια αποσπώνται από αυτόν κάτω από την επίδραση του στροβιλώδους και της συρτικής δυνάμεως της ροής και μεταφέρονται εν αιωρήσει σε σχετικά μικρή απόσταση από την αρχική τους θέση, για να ακουμπήσουν ξανά στον πυθμένα και να επακολουθήσει ύστερα από λίγο νέο άλμα κ.ο.κ. Τέλος κατά τη μεταφορά τους με **κύλιση**, τα στερεά υλικά υπό την επίδραση κυρίως της συρτικής δυνάμεως της ροής μετατοπίζονται κυλώντας στον πυθμένα της ροής εφ' όσον βέβαια η δύναμη αυτή είναι μεγαλύτερη από την αντιτιθέμενη στην κίνηση συνιστώσα του βάρους του κάθε στερεού υλικού. Η ισχύς μεταφοράς στερεών υλικών μιάς ροής μειώνεται όσο η κλίση του πυθμένα γίνεται μικρότερη, λόγω μειώσεως της ταχύτητας της ροής. Έτσι, γίνεται φανερό ότι, αν μια ροή είναι κορεσμένη από πλευράς φερτών υλών και μειωθεί η ταχύτητά της για οποιοδήποτε λόγο, θα παρατηρηθεί **εναπόθεση** στερεών ύλων στον πυθμένα. Το φαινόμενο αυτό είναι περισσότερο γνωστό ως **πρόσχωση**. Αντίθετα, αν συμβεί αύξηση της ταχύτητας της ροής λόγω π.χ. αυξήσεως της κλίσεως του πυθμένα της, αυξάνει και η ισχύς μεταφοράς σε στερεά υλικά. Η ροή καθίσταται τότε ακόρεστη και αυτό έχει ως συνέπεια τη **διάβρωση** της κοίτης της ροής. Οι τιμές των διαφόρων φυσικών μεγεθών στην κατάσταση ισαρροπίας, δηλαδή όταν δεν παρατηρείται ούτε διάβρωση ούτε πρόσχωση, χαρακτηρίζονται ως **κρίσμες**.

Η ανάλυση της δράσεως της ροής του νερού στην επιφάνεια του εδάφους οδηγεί στις παρακάτω διαπιστώσεις ως προς την υδατική διάβρωση:

- Η **ένταση** των βροχών, όταν είναι μεγαλύτερη από τη διηθητικότητα του

εδάφους, έχει ως συνέπεια την εμφάνιση περίσσειας νερού στην επιφάνειά του. Το νερό αυτό, ακολουθώντας τις διάφορες κλίσεις του εδάφους, σχηματίζει ένα **δίκτυο φυσικών αγωγών** που αρχίζει με πολύ μικρές ροές (νηματώδεις και μερικές φορές κατά πλάκες μικρού πάχους), που εξελίσσονται διαδοχικά σε ρυάκια, υδατορεύματα ή χειμάρρους, η διαβρωτική ενέργεια των οποίων αυξάνει με την ένταση των βροχών ως αποτέλεσμα της αυξήσεως του όγκου των νερών που απορρέουν.

- Η **διάρκεια** της βροχής, όταν είναι μεγάλη, επιφέρει τον κορεσμό του εδάφους σε νερό και στη συνέχεια όλη η βροχόπτωση γίνεται απορροή, για να τροφοδοτήσει το παραπάνω δίκτυο των φυσικών αγωγών με μεγάλες ποσότητες νερού και να αυξήσει έτσι τη διαβρωτική της ικανότητα.
- Η **συχνότητα** των βροχοπτώσεων, αν είναι μεγάλη, δεν παρέχει αρκετό χρόνο για τη στράγγιση των νερών της προηγούμενης βροχής. Έτσι η νέα βροχή βρίσκει το έδαφος με υψηλή εδαφική υγρασία, με συνέπεια το γρήγορο κορεσμό του και το σχηματισμό απορροής στην επιφάνειά του.
- Η **διηθητικότητα** του εδάφους αποτελεί σπουδαίο παράγοντα στο σχηματισμό της απορροής, γιατί έχει άμεση σχέση με την ένταση της βροχής. Εδάφη με μικρό συντελεστή διηθητικότητας διευκολύνουν το σχηματισμό απορροών και επομένως και το σχηματισμό φυσικών αγωγών που με την πάροδο του χρόνου δημιουργούν τις γνωστές αυλακώσεις ή χαραδρώσεις της επιφάνειάς του εδάφους.
- Η **διαπερατότητα** των βαθύτερων εδαφικών στρωμάτων, αν είναι μικρή, έχει ως συνέπεια την επιβράδυνση της καθοδικής κινήσεως του νερού. Το γεγονός αυτό δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για τον κορεσμό του ανώτερου εδαφικού στρώματος και το σχηματισμό απορροής.
- Η **κοκκομετρική σύνθεση** του εδάφους, ανάλογα με το αν σχηματίζει συσσωματώματα με ισχυρή ή χαλαρή συνοχή, ευνοεί λιγότερο ή περισσότερο το σχηματισμό αυλακώσεων ή χαραδρώσεων στην επιφάνεια του εδάφους. Μεγάλα συσσωματώματα με ισχυρή συνοχή διασπώνται δυσκολότερα και η μετακίνηση τους απαιτεί σχετικά μεγάλη συρτική δύναμη. Έτσι, η παρουσία τέτοιων συσσωματωμάτων επιβραδύνει και δυσχεράνει την υδατική διάβρωση, ενώ το αντίθετο συμβαίνει όταν αυτά είναι μικρά και η συνοχή τους χαλαρή.
- Τέλος η **βλάστηση**, ανακόπτοντας την ορμή των νερών που απορρέουν, μειώνει τη συρτική τους δύναμη και έτσι η παρουσία της δρα ανασταλτικά στην υδατική διάβρωση.

β) Προσβολή του εδάφους σε ορισμένο βάθος.

Εκτός από την προσβολή του εδάφους στην επιφάνεια, έχουμε κάτω από ορισμένες συνθήκες και εκείνη που εκδηλώνεται σε ένα ορισμένο πάχος εδάφους με αποτέλεσμα τη μαζική μετακίνηση σχετικά μεγάλων εδαφικών μαζών. Η αιτία αυτών των μετακινήσεων είναι κατά βάση το νερό, αλλά στο μηχανισμό της κινήσεως αυτών των μαζών σπουδαίο ρόλο παίζουν οι δυνάμεις βαρύτητας.

Μια πρώτη συνθήκη είναι η διάβρωση των κατώτερων εδαφικών στρωμάτων από τη ροή ή η δημιουργία στοών μέσα στο έδαφος. Και στις δύο περιπτώσεις δια-

ταράσσεται η εδαφική ισορροπία και στην πρώτη έχομε κατακρήμνιση των υπερκείμενων εδαφικών μαζών μέσα στην κοίτη της ροής ενώ στη δεύτερη κατακόρυφη πτώση τους με ταυτόχρονη δημιουργία μικρών ή μεγάλων εδαφικών κοιλοτήτων.

Μια δεύτερη συνθήκη είναι η ύπαρξη ισχυρά κεκλιμένου αδιαπέρατου εδαφικού ορίζοντα, πάνω από το οποίο υπάρχει κανονικό έδαφος. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει κίνδυνος κατολισθήσεως, όταν το υπερκείμενο έδαφος κορεσθεί σε νερό, πράγμα που συντίνει στην αύξηση του βάρους του και επομένως και της συνιστώσας της βαρύτητας που τείνει να το θέσει σε κίνηση (ολίσθηση), αλλά και προκαλεί επίσης μείωση των δυνάμεων συνοχής της κατώτερης επιφάνειας του εδάφους με το αδιαπέρατο στρώμα. Αποτέλεσμα αυτής της δράσεως του νερού είναι η κατολισθηση μεγάλων, πολλές φορές, εδαφικών μαζών με τεράστιες υλικές ζημιές ή και απώλειες ανθρώπινων ζωών.

Μια άλλη συνθήκη είναι η ύπαρξη ρωγμών στο έδαφος που συνήθως είναι αποτέλεσμα παρατεταμένης ξηρασίας. Το νερό, κατά την κυκλοφορία του μέσα από αυτές τις ρωγμές είναι δυνατό να διαταράξει την ισορροπία των εδαφικών μαζών και να γίνει η αιτία μικροκατακρημνίσεων ή και μετακινήσεων.

10.2.2 Ανθρώπινες δραστηριότητες και υδατική διάβρωση.

Ο άνθρωπος, στην προσπάθειά του να χρησιμοποιήσει το έδαφος για να παράγει τις απαραίτητες τροφές για την επιβίωσή του, προβαίνει στην εντατική εκμετάλλευσή του ή στην εκχέρσωση καλυμμένων με βλάστηση εδαφών προκειμένου να αιξήσει τις καλλιεργούμενες εκτάσεις. Με τους τρόπους αυτούς καθώς και με άλλους που θα αναπτυχθούν παρακάτω, ο άνθρωπος διαταράσσει τη φυσική ισορροπία του εδάφους και επιταχύνει έτσι την υδατική διάβρωσή του. Χωρίς την επέμβαση του ανθρώπου, πολλές περιοχές δεν θα διαβρώνονταν, γιατί τα υλικά του εδάφους που απομακρύνονται θα αναπληρώνονταν με τη συνεχιζόμενη φυσική εδαφογένεση, της οποίας μάλιστα ο ρυθμός σχηματισμού νέων εδαφικών υλικών είναι μεγαλύτερος από εκείνο της απομακρύνσεως τέτοιων υλικών από την επιφάνεια του εδάφους με τη διαδικασία της υδατικής διαβρώσεως. Από τις δραστηριότητες του ανθρώπου που ευνοούν την υδατική διάβρωση του εδάφους αναφέρονται η καταστροφή των δασών, η εκχέρσωση επικλινών εκτάσεων, η ληστρική εκμετάλλευση των βοσκών, η κακή αγροκαλλιέργεια κυρίως των επικλινών εδαφών και τέλος η κακή άμειψη πορά και λίπανση.

a) Η καταστροφή των δασών.

Η καταστροφή των δασών, λόγω κοπής των δένδρων για ξύλευση ή λόγω εμπρησμού ή λόγω μη ορθολογικής χρήσεώς τους, εκθέτει τα αντίστοιχα εδάφη στη διαβρωτική ενέργεια του νερού, γιατί αυτά υπόκεινται απ' ευθείας στη δράση των σταγόνων της βροχής, ενώ ταυτόχρονα προσφέρουν ευνοϊκές συνθήκες για το σχηματισμό απορροών με τελικό αποτέλεσμα την έντονη αυλάκωση και χαράδρωσή τους και τέλος τη δημιουργία χειμάρρων. Η ορθολογική λοιπόν εκμετάλλευση των δασών είναι οπωσδήποτε αναγκαία, ιδιαίτερα σε χώρες όπως τη δική μας. Ως παράδειγμα αναφέρεται ο χώρος της Β και ΒΔ Ευρώπης, όπου η εκδάσωση για δημιουργία γόνιμης καλλιεργήσιμης γης, εφαρμόζεται από πολλούς αιώνες πριν, χω-

ρίς να έχουν δημιουργηθεί ιδιαίτερα προβλήματα διαβρώσεως αυτών των εδαφών, χάρη στην εμπειρία που έχει στο μεταξύ αποκτηθεί, αλλά και χάρη στις ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες εδαφογενέσεως. Αντίθετα, συβαρά προβλήματα διαβρώσεως εμφανίζονται στις μεσογειακές χώρες, όπου αν και οι κλιματικές συνθήκες δεν ευνοούν γρήγορους ρυθμούς εδαφογενέσεως — και για το λόγο αυτό θα έπρεπε να τηρούνται αυστηροί κανόνες ορθολογικής εκμεταλλεύσεως των δασών — δυσανάλογα μεγάλες είναι οι εκτάσεις που έχουν εκδασωθεί ή αποψιλωθεί για να αποδοθούν στην καλλιέργεια ή τη βόσκηση. Από τις εκτάσεις αυτές μόλις το 2% διατηρούν τις αρχικές τους ιδιότητες, κυρίως λόγω μη εφαρμογής των καταλληλων μεθόδων καλλιέργειας και λόγω μη λήψεως των ενδεικνυόμενων σε κάθε περίπτωση προστατευτικών μέτρων. Δάση που έχουν καταστραφεί από πυρκαϊές δεν πρέπει να βόσκονται για μια σειρά ετών, για να τους δίνεται η ευκαιρία να αναγεννηθούν. Ιδιαίτερα αυστηρή πρέπει να είναι η απαγόρευση της βοσκήσεως αιγών μέσα σε αναγεννώμενα δάση, γιατί κατατρώγουν τους νεαρούς βλαστούς των θάμνων και των δένδρων και έτσι καθυστερούν την ανάπτυξη και αναδημιουργία του δάσους, ενώ ταυτόχρονα παρατείνουν την έκθεση τέτοιων εκτάσεων στον κίνδυνο της διαβρωτικής ενέργειας του νερού.

β) Η εκχέρσωση επικλινών εκτάσεων.

Η εκχέρσωση επικλινών, συνήθως λοφωδών εκτάσεων, που ήταν προηγουμένως καλυμμένες με θάμνους κυρίως, χωρίς τη λήψη των καταλλήλων αντιδιαβρωτικών μέτρων (καλλιέργεια κατά τις ισοϋψείς, κατασκευή χανδάκων, αναβαθμίδων κ.ά.), εκθέτει τα εδάφη αυτών των εκτάσεων στον κίνδυνο της υδατικής διαβρώσεως και της τελικής καταστροφής τους μέσα σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα.

γ) Η ληστρική εκμετάλλευση των βοσκών.

Η εκτροφή ζώων αποτελεί βασική πηγή όχι μόνο τροφής του ανθρώπου, αλλά και πρώτων υλών για πάρα πολλά χρήσιμα προϊόντα. Έτσι η ελεύθερη βόσκηση των φυσικών βοσκοτόπων είναι αναγκαία προϋπόθεση για την ανάπτυξη της κτηνοτροφίας κάθε χώρας. Πρέπει όμως να λαμβάνονται μέτρα, ώστε η βόσκηση αυτή να μην ξεπερνάει ορισμένα φυσιολογικά όρια, για να μην προξενούνται ζημιές στο έδαφος. Κάθε έκταση μπορεί να εκτρέφει έναν ορισμένο αριθμό ζώων, ανάλογα με τη σύνθεση της βλαστήσεως, με τη φύση του εδάφους και με το κλίμα που επικρατεί σ' αυτή. Αν η οριακή αυτή ικανότητα ξεπερασθεί με υπερβόσκηση, ή όπως λέγεται με ληστρική βόσκηση, τότε παρατηρείται καταστροφή του χλωροτάπητα και της δομής του επιφανειακού εδάφους, που οφείλονται κατά σημαντικό ποσοστό και στο υπέρμετρο πάτημα της χλόης και του εδάφους. Η βλάστηση μειώνεται και μεγάλα τμήματα των εκτάσεων αυτών, μένουν ακάλυπτα και κατά συνέπεια ευπρόσβλητα στη διαβρωτική ενέργεια των υδάτων. Έτσι, η υπερβόσκηση γίνεται πρόξενος διαβρώσεως, αλλά και υποβαθμίσεως του αντίστοιχου περιβάλλοντος. Οι επιπτώσεις αυτές είναι έντονα αισθητές στη ζώνη των μεσογειακών χωρών μαζί με εκείνες των εκδασώσεων και της κακής αγροτικής εκμεταλλεύσεώς τους. Η επέκταση των βοσκών στις ορεινές περιοχές σε βάρος των δασών που αντιστάθμιζαν τις μεγάλες κλίσεις, εξέθεσε επικίνδυνα τις νέες εκτάσεις

στη διάβρωση και την τελική υποβάθμισή τους. Στο χώρο της Μεσογείου θα μπορούσαν να αναφερθούν πολλά παραδείγματα. Η Ισπανία π.χ. σε πολύ παλαιότερη εποχή, καλυπτόταν σχεδόν ολόκληρη από δάση, ενώ σήμερα μόλις το ένα όγδοο της επιφάνειας της χώρας (12,5%) καλύπτεται από αυτά. Οι κτηνοτρόφοι στην Ισπανία είχαν ιδρύσει μια πολύ ισχυρή ομοσπονδία (La Mesta) και για πολλούς αιώνες επέβαλλαν το δικό τους νόμο, που τους παρέχει δικαίωμα να περνούν τα κοπάδια τους, κατά τις μετακινήσεις από τις πεδιάδες στα βουνά και αντίστροφα, ακόμα και μέσα από καλλιεργημένα χωράφια. Η ερημική όψη της περιοχής της Καστίλλης, οφείλεται ακριβώς στη ληστρική εκμετάλλευση των βοσκοτόπων. Η Βαλκανική χερσόνησος και τα Απέννινα στην Ιταλία αποτελούν επίσης τυπικά παραδείγματα των αποτελεσμάτων της υπερβοσκήσεως, κυρίως από αίγες. Γενικά η βόσκηση επικλινών εκτάσεων από αιγοπρόβατα, είναι περισσότερο εξαντλητική από εκείνη από μεγάλα ζώα, γιατί τα πρώτα «ξυρίζουν» όπως συχνά λέγεται το έδαφος από τη βλάστησή του.

δ) Η κακή αγροκαλλιέργεια.

Η διατήρηση της αντιστάσεως των εδαφών στη διάβρωση και της γονιμότητάς τους επιβάλλουν ορθολογικές μεθόδους κατεργασίας του εδάφους, μέριμνα αντικαταστάσεως των θρεπτικών υλικών που έχουν απομακρυνθεί, κατάλληλες αμειψιστορές και τέλος ο, τιδήποτε άλλο που θα μπορούσε να βοηθήσει για το σκοπό αυτό. Το αντίθετο οδηγεί στην εξάντληση των εδαφών και στην εμφάνιση διαβρώσεων. Η εφαρμογή εξαντλητικών καλλιεργειών και εντατικής εκμεταλλεύσεως του εδάφους, έχουν ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση των ιδιοτήτων του και την απώλεια οργανικής ουσίας και άλλων θρεπτικών συστατικών του. Η μη εφαρμογή συστηματικής λιπάνσεως για την αντικατάσταση των θρεπτικών στοιχείων που έχουν απομακρυνθεί, η μονοκαλλιέργεια και γενικά η εφαρμογή τεχνικών κατεργασίας του εδάφους που δεν είναι προσαρμοσμένες στις ιδιότητές του, οδηγούν στην υποβάθμιση και του εδάφους και της βλαστήσεως. Ως παράδειγμα κακής κατεργασίας θα μπορούσε να αναφερθεί η άροση του εδάφους όχι κατά τις ισοϋψεις καμπύλες του, όπως ενδείκνυται, αλλά κατά την κλίση του, πράγμα που ευνοεί την ανάπτυξη έντονης υδατικής διαβρώσεως.

ε) Η κακή αμειψιστορά και η κακή λίπανση.

Μια αμειψιστορά θεωρείται κακή, όταν στον κύκλο της δεν περιέχει καλλιέργειες που να παρεμποδίζουν τη διαβρωτική ενέργεια του νερού, λόγω της κλίσεως του εδάφους. Επίσης η ακατάλληλη πολλές φορές λίπανση, κυρίως λόγω άγνοιας των γεωργών, έχει δυσμενή επίδραση στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους. Αν εφαρμόζεται αγρανάπαυση και πρέπει να γίνει κατεργασία του εδάφους, αυτή θα πρέπει να γίνεται με γνώμονα τον περιορισμό της διαβρωτικής ενέργειας του νερού στην επιφάνεια του εδάφους.

10.2.3 Μορφές υδατικής διαβρώσεως του εδάφους.

Οι κυριότερες μορφές υδατικής διαβρώσεως του εδάφους με βάση τα όσα αναπύχθηκαν ήδη παραπάνω, είναι:

α) Διάβρωση κατά στρώσεις.

Κατά τη διάβρωση κατά στρώσεις ή κατά πλάκες, το μίγμα νερού και εδάφους ρέει ακολουθώντας τις κλίσεις της εδαφικής επιφάνειας αφαιρώντας διαδοχικά λεπτές στρώσεις ή πλάκες γόνιμου εδάφους. Κατά τη διάβρωση αυτή, λόγω μικρών κυρίων ταχυτήτων, δεν μπορούν να παρασυρθούν παρά μόνο τα λεπτά εδαφικά υλικά, που είναι κατά κανόνα και τα πιο γόνιμα. Η διάβρωση αυτή πτωχαίνει τα εδάφη σε θρεπτικά υλικά ή όπως λέγεται, τα έξαντλει, ενώ ταυτόχρονα επιφέρει και μείωση της υδατοϊκανότητάς τους, με όλες τις δυσμενείς συνέπειες επάνω στη βλάστηση γενικά.

Στα πρώτα στάδια, η γενική όψη των εδαφών που υφίστανται τη μορφή αυτή διαβρώσεως, δεν φαίνεται να αλλάζει. Με την πάροδο όμως του χρόνου και τη συνεχή απώλεια διαδοχικών εδαφικών στρώσεων, παρατηρούνται αλλαγές στο χρώμα του εδάφους (π.χ. όταν η οργανική ουσία που είναι μαύρου χρώματος απομακρυνθεί, το έδαφος παίρνει χρώμα πιο ανοιχτό, για να γίνει συχνά στο τέλος κόκκινο), αποκάλυψη ή συγκέντρωση χαλίκων στην επιφάνειά του ή ακόμα συγκέντρωση γης ανάντη οποιουδήποτε εμποδίου στην κίνηση της ροής.

β) Διάβρωση κατά αυλακώσεις.

Κατά τη διάβρωση κατά αυλακώσεις, μεταφέρονται εδαφικά τεμαχίδια από μικρές ροές που εξελίσσονται σε μικρά αυλάκια με κατεύθυνση κάθετη προς τις ισούψεις καμπύλες του εδάφους. Αυτό οφείλεται στη ροή του νερού και μάλιστα από τη στιγμή που οι μικροροές που συγκεντρώνονται υπό μορφή υγρών νημάτων, θα δημιουργήσουν μια άλλη, σημαντικότερη, η οποία μπορεί να αναπτύξει διαβρωτική δράση. Η γένεση των υγρών νημάτων οφείλεται οπωσδήποτε στο μικροανάγλυφο του εδάφους και θα πρέπει εδώ να τονισθεί ο ρόλος των μικρών εμποδίων στη ροή όπως είναι π.χ. οι πέτρες, μεμονωμένες τούφες φυτικής βλαστήσεως κ.ά. Τέτοια εμπόδια διαιρούν τη ροή και προκαλούν τη δημιουργία στροβίλων. Αυτοί με τη σειρά τους προκαλούν το σχηματισμό μικρών στοών, που διαταράσσουν τη σταθερότητα των εμποδίων, τα οποία σε κάποια στιγμή αποσπώνται από τη θέση τους και δημιουργούνται έτσι οι πρώτες ραβδώσεις. Αυτές μεγαλώνουν σε βάθος και πλάτος προς τα κατάντη της ροής, για να σχηματίσουν τελικά τις γνωστές σε όλους αυλακώσεις στην επιφάνεια του εδάφους, που είναι και το αποτέλεσμα αυτής της μορφής διαβρώσεως.

γ) Διάβρωση κατά χαραδρώσεις.

Η αυλακωτή διάβρωση, για την οποία μιλήσαμε παραπάνω, είναι μια μεταβατική μορφή στη διαδικασία σχηματισμού των χαραδρώσεων, υπό κανονικές συνθήκες. Είναι όμως δυνατός ο σχηματισμός μιας έντονης χαραδρώσεως σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, ως συνέπεια μιας έντονα καταρρακτώδους βροχής. Ο μηχανισμός σχηματισμού αυτών των φυσικών αγωγών είναι ο ίδιος και μόνο ο χρόνος δημιουργίας τους διαφέρει. Η μορφή της διατομής αυτών των αγωγών είναι σχήματος «V» εφ' όσον πρόκειται για εδαφικούς ορίζοντες που παρουσιάζουν από πλευράς αντοχής σχετική ομοιογένεια. Αν η ροή συναντήσει εδαφικούς ορίζοντες πιο ανθεκτικούς από τους υπερκείμενους, τότε το V διευρύνεται. Αντίθετα, αν συναντήσει εδαφικούς ορίζοντες μικρότερης αντιστάσεως από ό,τι οι υπερκείμενοι,

παρατηρείται υποσκάψιμό τους και ακολουθεί σε κάποια στιγμή κατακρήμνισή τους μέσα στην κοίτη του υδατορεύματος. Η μορφή της διατομής τότε είναι αυτή του «U». Το βάθος του αγωγού, ανάλογα με τη φύση των εδαφικών οριζόντων και των κλιματικών συνθηκών, γίνεται συνεχώς και πιο μεγάλο, μέχρι να συναντήσει το μητρικό πέτρωμα, το οποίο στη συνέχεια υπόκειται στη λεγόμενη **γεωλογική διάβρωση**.

Δ) Διάβρωση κατά εδαφικές μάζες.

Οι μετακινήσεις εδαφικών υλικών, όπως τις γνωρίσαμε παραπάνω, οφείλονται στη διαβρωτική ενέργεια του νερού και συμβαίνουν στην επιφάνεια του εδάφους. Είναι δυνατό όμως, υπό ορισμένες συνθήκες, η διαβρωτική ενέργεια του νερού να προσβάλλει ολόκληρες εδαφικές μάζες και να προκαλεί τη μετακίνησή τους. Οι κυριότερες μορφές μαζικής μετακινήσεως του εδάφους είναι:

1. Οι λάσπες.

Η πιο απλή μορφή δράσεως του νερού μέσα στο έδαφος είναι ο κορεσμός ενός ανώτερου εδαφικού στρώματος, λόγω μεγάλων και συχνών βροχοπτώσεων. Κάτω από ορισμένες συνθήκες (έλλειψη φυτοκαλύψεως κ.ά.), είναι δυνατό ο κορεσμός του εδάφους με νερό να το μετατρέψει σε πραγματική λάσπη και, εφ' όσον η κλίση του το επιτρέπει, να παρατηρηθεί ροή αυτής της λάσπης κατά την έννοια των κλίσεών του. Λασπώδη κατάσταση του εδάφους μπορεί να δημιουργήσει και ο μηχανισμός του παγώματος και του ξεπαγώματός του, όπως έχει ήδη αναφερθεί στα παραπάνω.

2. Οι κατολισθήσεις.

Ο μηχανισμός της κατολισθήσεως έχει αναπτυχθεί ήδη στα προηγούμενα.

3. Οι κατακρημνίσεις.

Ο μηχανισμός της κατακρημνίσεως συνίσταται κυρίως στην διατάραξη της ισορροπίας εδαφικών μαζών, λόγω διαβρώσεως της βάσεως τους από το νερό. Παρατηρούνται συνήθως στις ορεινές περιοχές, καθώς και στα πρανή των υδατορεύμάτων, όπως ήδη έχει αναφερθεί. Κατακρημνίσεις επίσης προκαλούνται, όταν το υπόγειο νερό δημιουργεί στοές ή δεξαμενές μέσα στο έδαφος. Αν για οποιοδήποτε λόγο αποσυρθεί το νερό που με την παρουσία του συνέβαλλε στην ισορροπία των υπερκείμενων εδαφών και η αντοχή των πετρωμάτων δεν είναι ικανή από μόνη της να συγκρατήσει το βάρος αυτών των εδαφών, τότε η κατακρημνίση τους είναι φυσική συνέπεια της διαταράξεως της ισορροπίας που μεταξύ τους προϋπήρχε.

10.2.4 Τάξη μεγέθους δύκων μεταφερόμενων στερεών υλικών.

Για να ληφθεί μια γενική ιδέα της σοβαρότητας του προβλήματος της υδατικής διαβρώσεως των εδαφών, δίνονται τα παρακάτω στοιχεία: Στην Kíva, ο ποταμός Hoang - Ho υπολογίζεται ότι μεταφέρει περίου 1890 εκατ. τόννους φερτών υλών το χρόνο, ενώ η μέγιστη τιμή που έχει μετρηθεί ανέρχεται στους 2643 τόνους. Οι τιμές αυτές αν αναχθούν στην έκταση της λεκάνης απορροής του ποταμού

αυτού (745.000 km^2), αντιστοιχούν σε 2530 και σε 3540 τόννους φερτών υλών ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (2530 έως 3540 t/ km^2). Στο χώρο της Ευρώπης οι μέσες τιμές των φερτών υλών κυμαίνονται από 2000 t/ km^2 έως 4000 t/ km^2 το χρόνο. Οι ποταμοί Marecchia στην Ιταλία και Samani στην Αλβανία, μεταφέρουν το χρόνο 4570 t και 4150 t ανά km^2 των αντίστοιχων λεκανών του απορροής. Ο ποταμός Νέστος στη χώρα μας, υπολογίζεται ότι μεταφέρει περίπου 5 εκατ. τόννους φερτών υλών από το τμήμα της υδρολογικής του λεκάνης που βρίσκεται στο βουλγαρικό έδαφος.

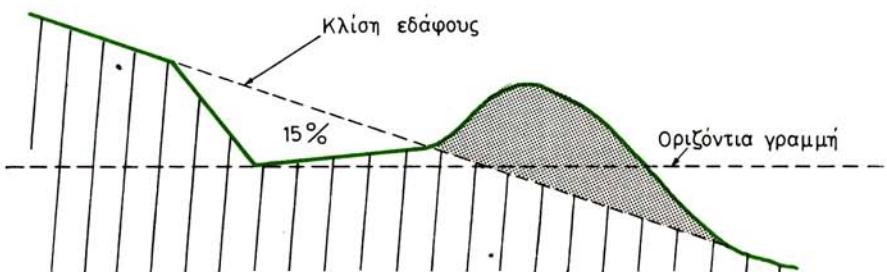
10.2.5 Μέτρα προστασίας από την υδατική διάβρωση.

α) Προστασία των καλλιεργούμενων επικλινών εδαφών.

Για την προστασία των καλλιεργούμενων επικλινών εδαφών από τη διάβρωση, μιλήσαμε ήδη στην παράγραφο 8.3 («Συστηματοποίηση επικλινών εδαφών»).

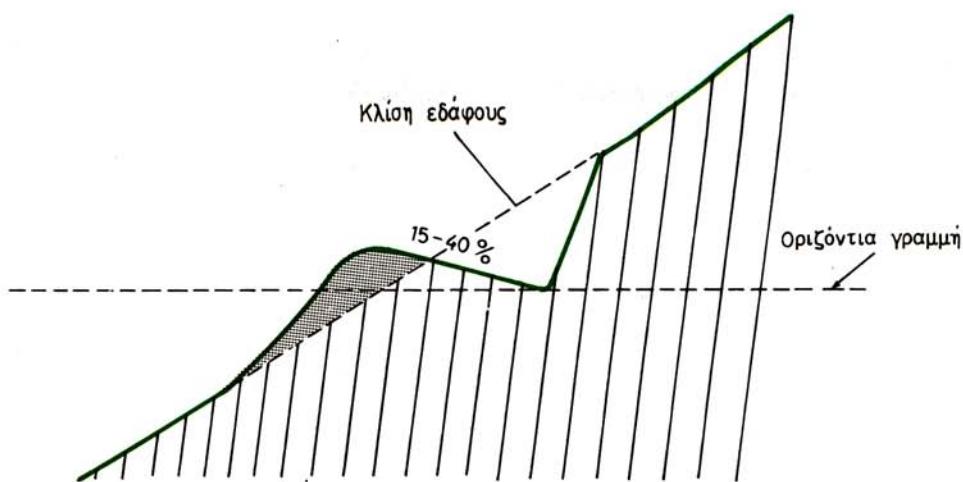
β) Προστασία πολύ επικλινών εδαφών.

Για την προστασία εδαφών με μεγάλες κλίσεις έχουν ήδη αναφερθεί αρχικά στην παράγραφο 8.3.3 («Συστηματοποίηση με αναβαθμίδες» σχ. 8.3α έως 8.3στ και 8.3ι έως 8.3ιγ). Εδώ δίνονται συμπληρωματικά, σε σχήματα, ορισμένοι τύποι αναβαθμίδων - χανδάκων που έχουν δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην πράξη και χαρακτηρίζονται γενικά ως κατασκευές μικρού κόστους (σχ. 10.2α ως 10.2γ). Ο σκοπός αυτών των κατασκευών είναι ήδη γνωστός από τα προηγούμενα και συνίσταται κυρίως στην παρεμπόδιση σχηματισμού μεγάλης απορροής, τη διήθηση μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού στο έδαφος, την εξασφάλιση ομαλής απομακρύνσεως των νερών της βροχής που δεν προλαβαίνουν να απορροφηθούν από το έδαφος και τέλος τη δυνατότητα φυτεύσεως δένδρων μικρών απαραίτησεων σε καλλιεργητικές φροντίδες ή απλώς δένδρων αναδασώσεως για την αντιμετώπιση της διαβρώσεως (σχ. 10.2δ).



Σχ. 10.2α.

Τοπική μορφή αναβαθμίδας - χάνδακα για κλίσεις από 25-40%. Ο πυθμένας του χάνδακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δενδροκαλλιέργεια ή και ως δρόμος. Για να σταθεροποιηθεί το επίχωμα, φυτεύεται συνήθως με θάμνους.



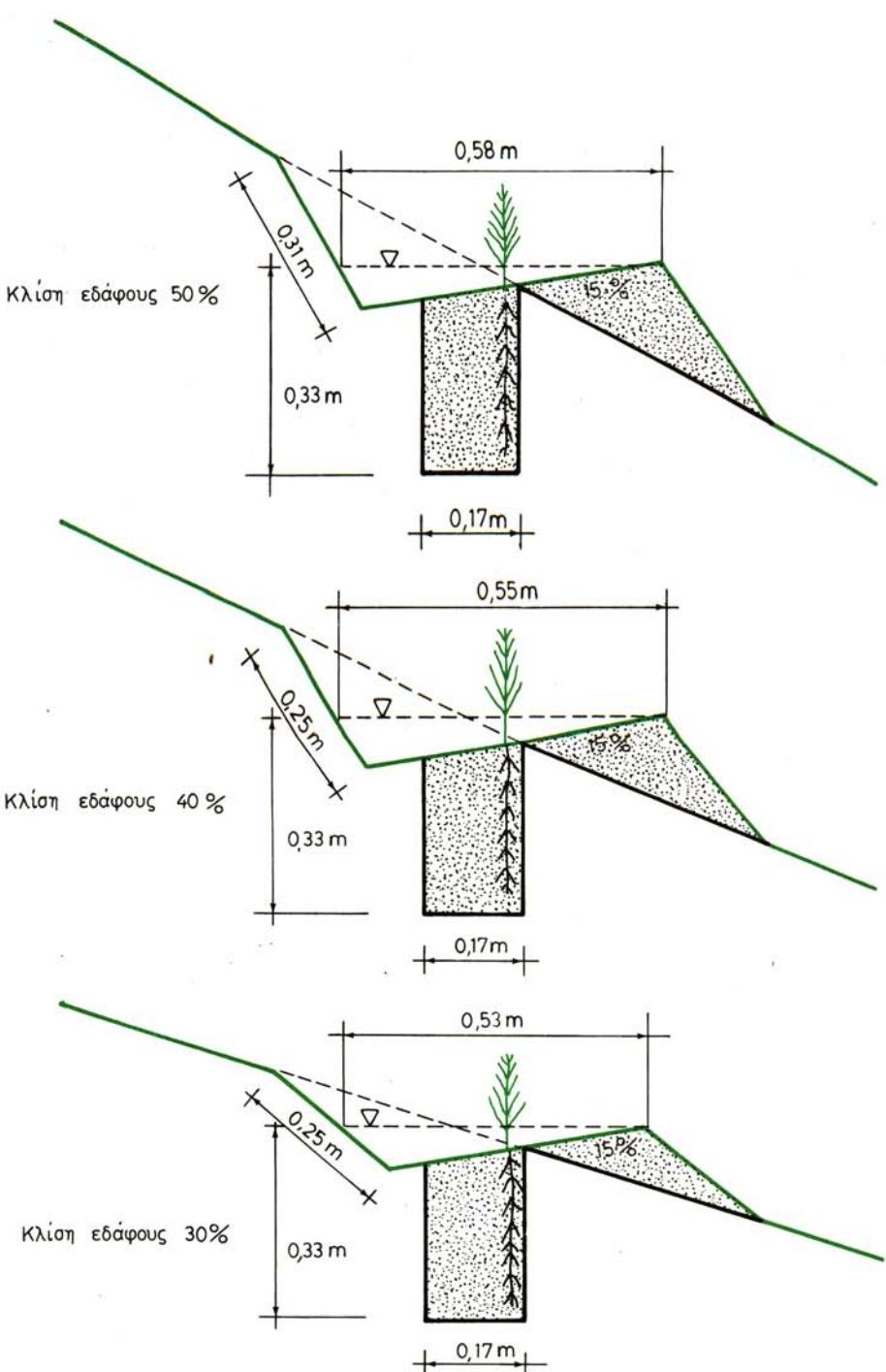
Σχ. 10.28.

Τυπική μορφή αναβαθμίδας - χάνδακα σε περιπτώσεις που τα εδάφη δεν παρουσιάζουν ικανοποιητική συνοχή ή το κλίμα της περιοχής είναι ξηρό και επιβραδύνει τη χλόαση στα επιχώματα.

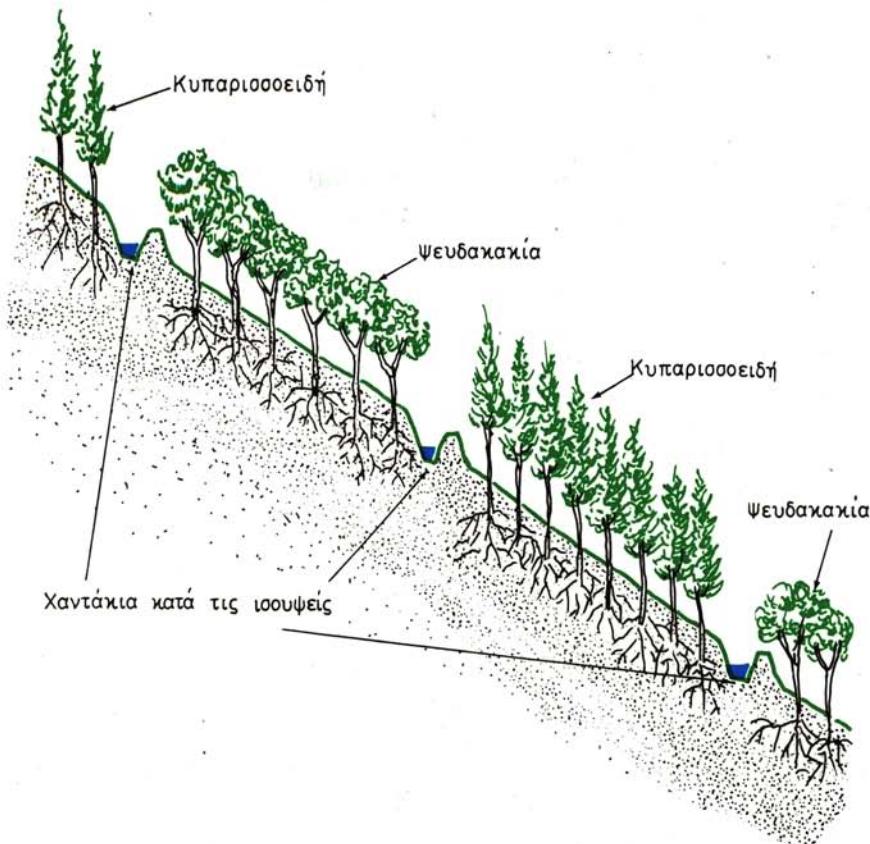
γ) Προστασία ορεινών περιοχών με έλεγχο των χειμάρρων.

1. Γενικά.

Χαρακτηριστικό αποτέλεσμα της διαβρώσεως του εδάφους αποτελεί ο σχηματισμός των χειμάρρων. Κάθε χειμάρρος χαρακτηρίζεται από το μέγεθος της λεκάνης απορροής, δηλαδή από την έκταση της επιφάνειας του εδάφους της οποίας τα νερά της απορροής συγκεντρώνονται σ' αυτόν, από τη χαραδρώδη κοίτη ροής των νερών του και τέλος από τον κώνο αποθέσεως ή την έκχυσή του. Τα νερά των χειμάρρων, όπως ρέουν ορμητικά, παρασύρουν τα εδαφικά υλικά και προκαλούν ταυτόχρονα εκβάθυνση ή διεύρυνση της κοίτης τους, ανάλογα με τη φύση των εδαφικών οριζόντων που συναντά η ροή. Όσο ο χειμάρρος κατεβαίνει προς χαμηλότερες περιοχές, τόσο η κλίση μικραίνει, με συνέπεια τη μείωση της ταχύτητας της ροής και αναγκαστικά και της συρτικής δυνάμεως του χειμάρρου, με τελικό αποτέλεσμα την απόθεση των φερτών υλικών και το σχηματισμό κώνου στο σημείο όπου αρχίζει ο χειμάρρος να εκχύνεται (σημείο εκχύσεως) στην πεδιάδα. Τα φερτά υλικά αλλά και το άπλωμα της κοίτης των χειμάρρων στις πεδινές εκτάσεις, δημιουργούν σοβαρά προβλήματα σε βασικά έργα υποδομής της κάθε περιοχής όπως είναι π.χ. το οδικό δίκτυο. Για όλες τις παραπάνω καταστροφικές ενέργειες των χειμάρρων επιβάλλεται οπωσδήποτε ο έλεγχός τους και παράλληλα η λήψη μέτρων για την αποφυγή δημιουργίας τους, για αποσβεσή τους ή τέλος για διευθέτησή τους.

**Σχ. 10.2γ.**

Τύποι αναβαθμίδων - χανδάκων με όσο γίνεται πιο μικρές διαστάσεις, για διάφορες κλίσεις εδαφών. Η μορφή αυτή των αναβαθμίδων διευκολύνει την ομοιόμορφη αναδάσωση, γιατί βρίσκονται η μία κοντά στην άλλη, ενώ μια συμπληρωματική κατεργασία του εδάφους στα 33 cm δημιουργεί καλύτερες συνθήκες υγρασίας με τα φυτά της αναδασώσεως.



Σχ. 10.26.

Ενδεικτική παρουσίαση τεχνητής αναδασώσεως με εναλλασσόμενες ζώνες ψευδακακίας και κυπαρισσοειδών. Τα νεαρά δενδρύλλια φυτεύονται κατά τις ισούψεις του εδάφους. Κατά διαστήματα κατασκευάζονται χάνδακες, επίσης κατά τις ισούψεις, για προστασία από την υδατική διάβρωση. Η κατασκευή τους είναι απαραίτητη, γιατί στα πρώτα χρόνια μετά τη δενδροφύτευση τα νεαρά δενδρύλλια δεν μπορούν να προστατεύσουν το έδαφος από τη διάβρωση. Συμπληρωματικά, σπέρνονται μερικές φορές μίγματα σπόρων φυτών πυκνής βλαστήσεως, με σκοπό τη δημιουργία πυκνού χλωροτάπητα. Στην περίπτωση αυτή, πρωτεύουσα θέση έχουν τα ψυχανθή και, φυσικά, πρέπει να απαγορεύεται αυστηρά η βόσκηση αυτού του χλωροτάπητα.

2. Έλεγχος των χειμάρρων.

– Πρόληψη δημιουργίας των χειμάρρων.

Σε εκτάσεις που επιδέχονται υδατική διάβρωση χωρίς εμφανή διαβρωτικά συμπτώματα, τα προστατευτικά μέτρα πρέπει να αποσκοπούν στην παρεμπόδιση σχηματισμού ακόμη και των λεπτότερων κλαδίσκων του χειμαρρικού κορμού. Στα μέτρα αυτά εντάσσονται όλα όσα αναφέρθηκαν ήδη στα προηγούμενα για την προστασία των εδαφών από την υδατική διάβρωση (αρόσεις κατά τις ισούψεις, αναβαθμίδες, αναχλόση, αναδάσωση, χάνδακες, αμειψισπορές κ.α.).

— Απόσβεση των χειμάρρων.

Με τον όρο απόσβεση χειμάρρων εννοούμε την εξάλειψη των λεπτότερων και λεπτών κλαδίσκων του χειμαρρικού κορμού που έχουν ήδη σχηματισθεί. Τα μέτρα που συνήθως λαμβάνονται στις περιπτώσεις αυτές είναι φυτοκάλυψη των κλιτύων ή η κατασκευή σ' αυτές μικρών αναβαθμίδων καθέτων προς τη χειμαρρική ροή για τους λεπτότερους κλαδίσκους και, για τους μεγαλύτερους, η φύτευση μέσα σ' αυτούς θάμνων ή δένδρων μονίμης και πυκνής βλαστήσεως.

— Διευθέτηση χειμάρρων.

Η διευθέτηση χειμάρρων αφορά τους κλάδους εκείνους του χειμαρρικού κορμού που δεν είναι δυνατό να αποσβεσθούν και σκοπό έχει να τους καταστήσει ικανούς να δέχονται τα νερά των απορροών και να τα οδηγούν ακίνδυνα στους μεγαλύτερους κλάδους και τελικά στον κεντρικό κοινό αποδέκτη με τελική κατάληξη σε μια πεδιάδα, σε ένα παραπόταμο ή στη θάλασσα, όπως συχνά συμβαίνει στη χώρα μας. Τα διάφορα μέτρα που λαμβάνονται τόσο στις κοίτες όσο και στα πρανή των διαφόρων κλάδων του χειμάρρου αποσκοπούν στη δημιουργία συνθηκών απρόσκοπτης ροής των νερών αυτών προς τον κεντρικό πεδινό αποδέκτη. Τέτοια μέτρα είναι κυρίως:

- Η κατασκευή έργων στην κοίτη και στα πρανή των χειμαρρικών κλάδων (φράγματα, τοίχοι αντιστρηγμένων κ.α) με στόχο τη σταθεροποίησή τους από διαβρώσεις και κατολισθήσεις (φράγματα, τοίχοι αντιστρηγμένων, τοίχοι προστασίας κ.α).
- Η δημιουργία της κατάλληλης βλαστήσεως για τους γνωστούς ήδη λόγους που αναφέρθηκαν ήδη στα προηγούμενα.

Η τοποθέτηση διαδοχικών φραγμάτων κατά μήκος της κοίτης των χειμάρρων έχει ως αποτέλεσμα τη θραύση της κινητικής ενέργειας της χειμαρρικής ροής και τη δημιουργία, ομαλού καθεστώτος ροής στα μεταξύ δύο φραγμάτων διαστήματα (μεσοδιαστήματα).

Τα φράγματα αυτά, επειδή μιλάμε για ορεινές περιοχές, κατασκευάζονται συνήθως με υλικά που μπορούν να βρεθούν εκεί κοντά. Έτσι έχουμε φράγματα από ξερολιθιές, από κορμούς δένδρων κ.α. Σε χαμηλότερες περιοχές, όπου τα συγκοινωνιακά μέσα επιτρέπουν μεταφορά δομικών υλικών, οι κατασκευές αυτές γίνονται καλύτερες, μονιμότερες και ισχυρότερες.

Για τη σταθεροποίηση των πρανών, επιδιώκεται κατ' αρχήν η δημιουργία κλίσεων που να μην υπόκειται σε διάβρωση. Στα σημεία εξόδου των νερών που προέρχονται από αναβαθμίδες ή άλλους αγωγούς, η φυτοκάλυψη με φυτά πυκνής βλαστήσεως και ισχυρό ριζόστρωμα (π.χ. αγριάδα), η χρησιμοποίηση καλάμων ή δενδρυλλίων ιτέας κ.α αποτελούν κατάλληλα μέσα για το σκοπό αυτό. Η χρήση ξύλινων πλεγμάτων ή ξερολιθιάς ενισχυμένης με ξύλινους πασάλλους είναι κατάλληλη και συνήθως αποτελεσματική για περισσότερο επικίνδυνα σημεία του χειμάρρου. Σχετικά με τον έλεγχο-ρύθμιση της χειμαρρικής ροής και τη σταθεροποίηση των πρανών αυτών είναι και τα σχήματα 10.2€, 10.2στ ως 10.2ιδ.

**Σχ. 10.2ε.**

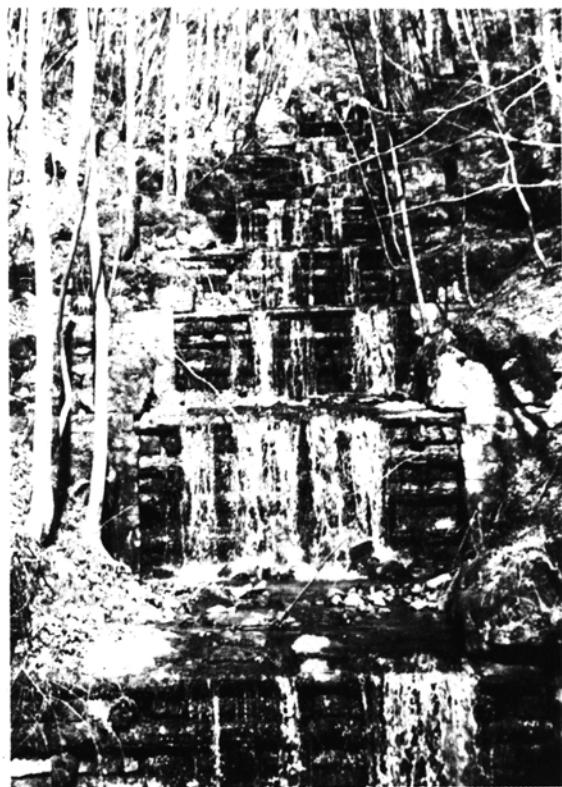
Φράγμα από ξερολιθιά. Κατασκευή κατά κανόνα βαριά και αρκετά δαπανηρή.

**Σχ. 10.2στ.**

Φράγματα διαδοχικά από κορμούς δένδρων τοποθετημένους κάθετα στη ροή μικρού χειμαρρικού ρεύματος.

10.3 Αιολική διάβρωση.

Η αιολική διάβρωση απειλεί τα εδάφη στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές. Μπορεί



Σχ. 10.2ζ.

Διαδοχικά φράγματα από συνδυασμό ξερολιθιάς και κορμών δένδρων κάθετων προς τη διεύθυνση της ροής. Πάρα πολύ αποτελεσματικά και ανθεκτικά.



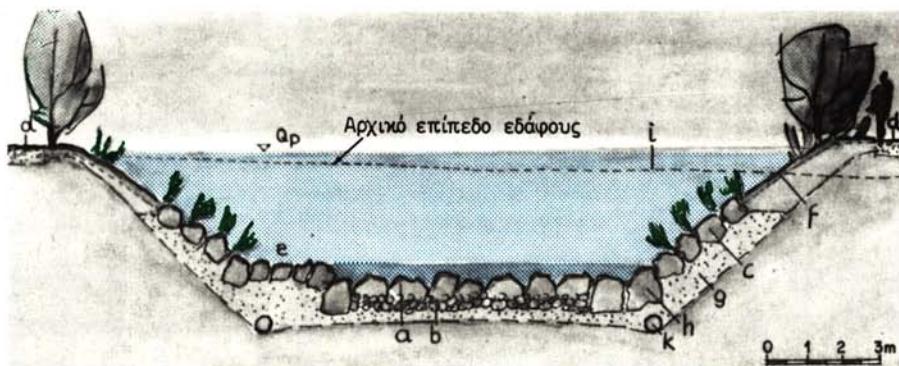
Σχ. 10.2η.

Φράγμα σχετικά υψηλό με κύριο σκοπό την κατακράτηση των φερτών υλικών και τη σταθεροποίηση των πρανών για αποτροπή των κατολισθήσεων.



Σχ. 10.2θ.

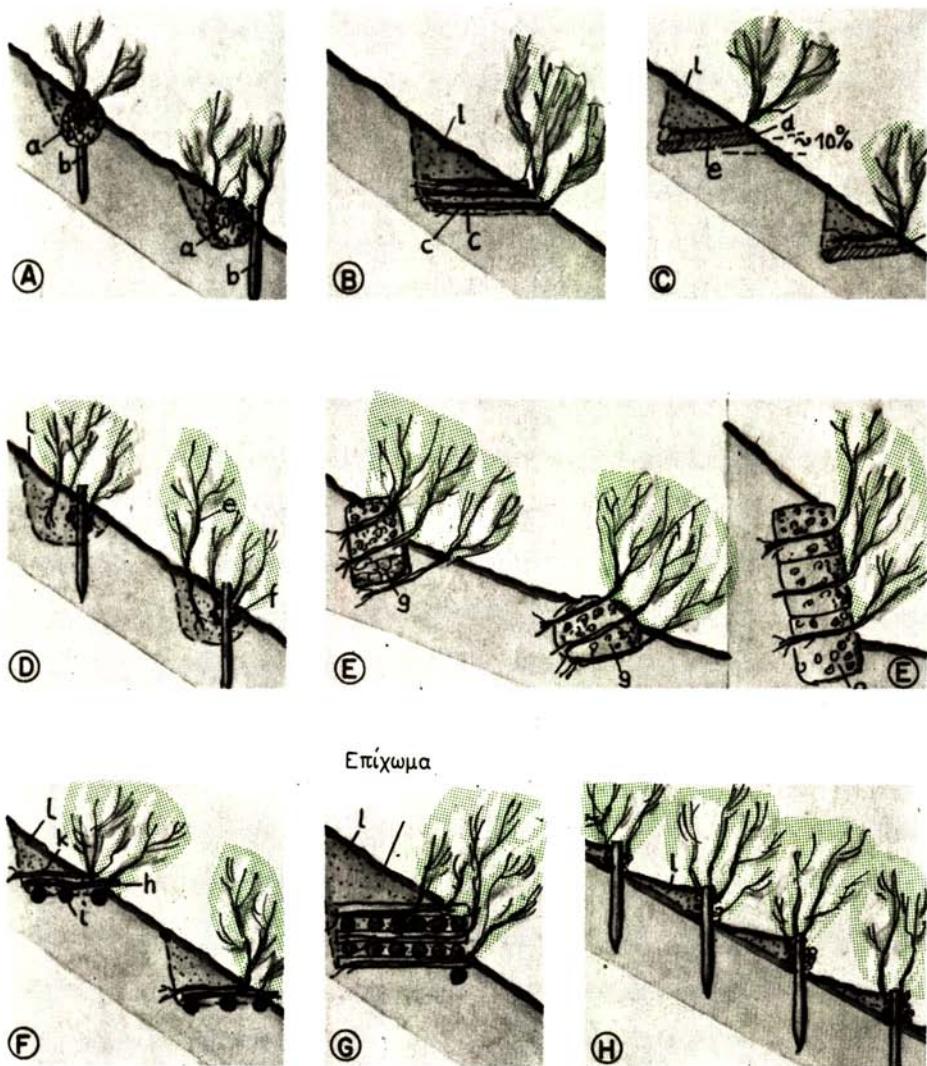
Φράγμα υψηλό (40 m) με κύριο σκοπό την κατακράτηση των φερτών υλικών.



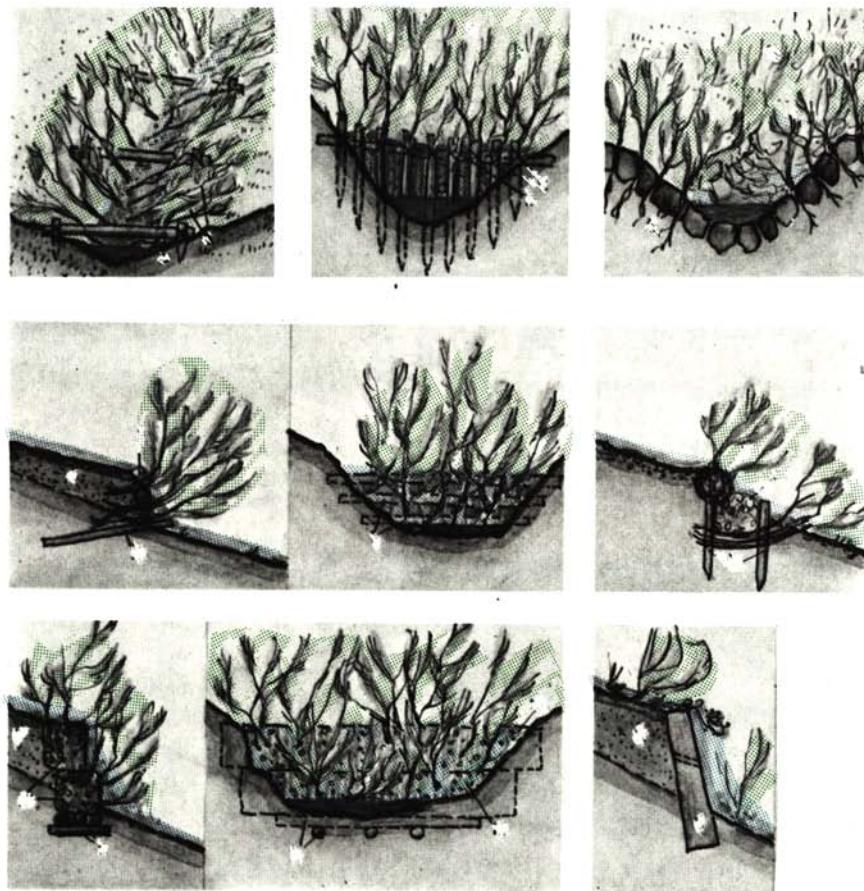
Σχ. 10.2ι .

Σταθεροποίηση κοίτης.

- (a) Μεγάλοι λίθοι, (b) επένδυση με μικρές πέτρες, (c) φυτά νάνα, (g) σκύρα και (f) χώμα για σπορά φυτών με πυκνή βλάστηση και πυκνό ριζικό σύστημα (π.χ. αγριάδα).

**Σχ. 10.2ια.**

Στην τεχνική αυτή συνδυάζονται μάτσα κλάδων δένδρων (a), ξύλινοι πάσσαλοι (b), τοποθετημένοι κάθετα και οριζόντια καθώς και κοφίνια (c) χωρίς πυθμένα γεμάτα με πέτρες και μάτσα κλάδων.

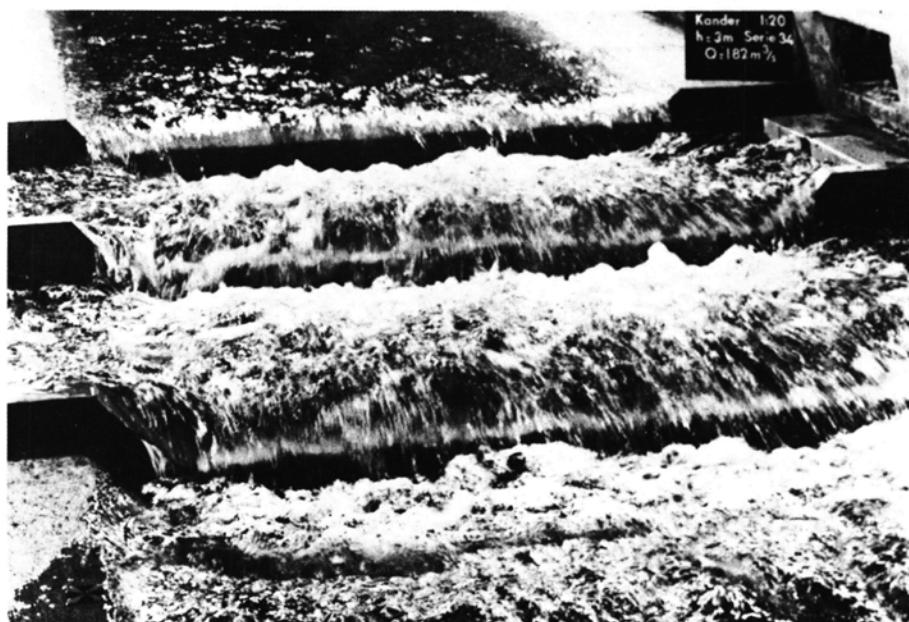


Σχ. 10.2ιβ.

Οι κοίτες των μικρών ρευμάτων, αν δεν προστατευθεί, εκβαθύνεται κάτω από τη διαβρωτική ενέργεια της ροής και εξελίσσονται με τον καιρό σε πραγματικά μεγάλες κοίτες. Στα παραδείγματα αυτά η σταθεροποίηση αυτή επιτυγχάνεται με διάφορα γνωστά υλικά, όπως είναι η τοποθέτηση ξύλινων μαδεριών κάθετα στη ροή, ξύλινων πασσάλων, επένδυση με πέτρες ή συνδυασμός ξύλου και πέτρα.

**Σχ. 10.2ιγ.**

Σταθεροποίηση κοίτης με διαδοχικές σταθερές αναβαθμίδες. Η εξουδετέρωση της κινητικής ενέργειας της ροής είναι εξασφαλισμένης.

**Σχ. 10.2ιδ.**

Χαρακτηριστική εξουδετέρωση της κινητικής ενέργειας της ροής σε πλήρη έξαρση του φαινομένου.

όμως να εμφανίζεται οπουδήποτε, αν συνυπάρχουν ορισμένες ευνοϊκές συνθήκες, δηλαδή:

- έδαφος ξηρό και θρυμματισμένο,
- εδαφική επιφάνεια επίπεδη, αρκετά εκτεταμένη και προσανατολισμένη κατά τη διεύθυνση του ανέμου,
- απουσία βλαστήσεως ή ύπαρξη βλαστήσεως πολύ αραιάς και τέλος,
- άνεμος ισχυρός, ώστε να μπορεί να θέτει σε κίνηση τα εδαφικά τεμαχίδια και να τα μεταφέρει σε πιο μακρινές αποστάσεις.

Οι συνθήκες αυτές συχνά συνυπάρχουν σε ξηρές και ημίξερες περιοχές, αλλά μπορούν επίσης να συνυπάρχουν και σε υγρές και σε ύφυγρες.

Στην Ευρώπη γενικά η αιολική διάβρωση εμφανίζεται κυρίως στις ακτές των θαλασσών ή στις όχθες μεγάλων ποταμών με πολύ διαπερατά εδάφη. Η επιφάνεια των εδαφών αυτών λόγω νέων αποθέσεων φερτών υλών, μεταβάλλεται συνεχώς, εμποδίζοντας έτσι την ανάπτυξη κάποιας αξίας λόγου βλαστήσεως. Επίσης, εμφανίζεται σε εκτεταμένες επίπεδες επιφάνειες, όταν αυτές αφήνονται ακάλυπτες από βλάστηση κατά την ξηρή περίοδο ή απροστάτευτες κατά την περίοδο του χειμώνα. Στην κεντρική Ανατολία για παράδειγμα η αιολική διάβρωση κατά τα τελευταία πενήντα χρόνια μετέτρεψε σε έρημο περισσότερα από 1.000.000 στρέμματα. Στη Γερμανία, μεγάλες ποσότητες από ιλύ χάνονται τη χειμερινή περίοδο λόγο ξεριζώματος των ανεμοφρακτών σε μεγάλη κλίμακα.

10.3.1 Οι μηχανισμοί της αιολικής διαβρώσεως.

Η αιολική διάβρωση, που, όπως είναι γνωστό, συνίσταται στη μεταφορά από τον άνεμο θρυμματισμένου εδάφους σε μακρινές αποστάσεις συνδέεται άμεσα με την ταχύτητα του ανέμου κοντά στο εδάφος. Το μικροανάγλυφο του εδάφους δημιουργεί στροβιλώδη ρεύματα διαφόρων ταχυτήτων προς όλες τις διευθύνσεις.

α) Η αρχική κίνηση των εδαφικών τεμαχιδίων.

Δεν θα αναπτυχθεί εδώ λεπτομερώς ο μηχανισμός της κινήσεως των εδαφικών τεμαχιδίων που βρίσκονται σε ηρεμία. Απλά όμως μπορεί να λεχθεί ότι επάνω στους κόκκους της επιφάνειας του εδάφους επενεργεί ένα σύστημα πιέσεων που καταλήγουν στη δημιουργία μιάς ανυψωτικής δυνάμεως. Αυτή, όταν υπερνικήσει τη δύναμη που πιέζει τον κόκκο προς τα κάτω, τον αποστά από τη θέση του και, ανάλογα με τις διαστάσεις του, τον μετακινεί με άλματα μικρότερου ή μεγαλύτερου μήκους ή με αιώρηση, εφ' όσον πρόκειται για τεμαχίδια πολύ μικρών διαστάσεων. Γενικά, σωματίδια διαμέτρου μεγαλύτερης του 0,1 mm που βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας δύσκολα ανυψώνονται και παρασύρονται από τον άνεμο με το μηχάνημα αυτό. Για τεμαχίδια διαμέτρου $d \geq 0,5$ mm απαιτούνται πολύ ισχυροί άνεμοι που κατά κανόνα στο χώρο της Ευρώπης είναι σπάνιοι.

β) Κίνηση και μεταφορά με άλματα.

Η κίνηση με άλματα συνίσταται στην ανύψωση των εδαφικών μορίων μέχρι κάποιο ύψος και πτώση τους στη συνέχεια στο έδαφος, αφού διανύσουν κάποια απόσταση. Το μήκος της αποστάσεως αυτής εξαρτάται από τον όγκο και το ειδικό τους

βάρος, καθώς και από την ταχύτητα του ανέμου. Η συνηθισμένη διάμετρος αυτών των εδαφικών υλικών έχει διάμετρο μεταξύ 0,1 και 0,5 mm. Η ανύψωσή τους δεν υπερβαίνει συνήθως το 1 m και υπό την επίδραση της βαρύτητας και της ταχύτητας του ανέμου ακολουθούν μία επικλινή πτώση, σχηματίζοντας με την οριζόντια διεύθυνση γωνία 6 έως 12°. Η κίνηση με άλματα προκαλεί μια ανακατανομή των παραπάνω στερεών υλικών και ταυτόχρονα τροφοδοτεί την ανύψωση και μεταφορά εν αιωρήσει άλλων μικρότερων υλικών, τα οποία αναπηδούν από τη θέση τους κατά την πτώση των πρώτων στο έδαφος.

γ) Κίνηση και μεταφορά εν αιωρήσει.

Οι κόκκοι του εδάφους που μεταφέρονται με άλματα, κατά την πτώση τους στο έδαφος ξεσκώνουν υπό μορφή κονιορτού λεπτότατα εδαφικά τεμαχίδια, τα οποία αιχμαλωτίζονται από στρωβιλώδη αέρια ρεύματα και υνυψώνονται σε πάρα πολύ μεγάλα ύψη που πολύ συχνά ξεπερνούν τις τρεις και μερικές φορές τις 4000 μέτρα, για να μεταφερθούν στη συνέχεια σε παρά πολύ μακρινές αποστάσεις που φθάνουν κάποτε μερικές χιλιάδες χιλιόμετρα. Η μεταφορά εν αιωρήσει είναι η πιο θεαματική μορφή της αιολικής διαβρώσεως και κατά βάση είναι αποτέλεσμα της κινήσεως των εδαφικών κόκκων με άλματα.

10.3.2 Οι παράγοντες της αιολικής διαβρώσεως.

Η ταχύτητα του ανέμου είναι η γενεσιούργος αιτία της αιολικής διαβρώσεως και έχει εκτιμηθεί ότι η οριακή ταχύτητα για την ανύψωση εδαφικών τεμαχιδίων διαμέτρου μεταξύ 0,1 και 0,15 mm σε απόσταση 15 cm από το έδαφος είναι περίπου 15 km/h.

Δύο παράγοντες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εκδήλωση του φαινομένου: η βλάστηση και η φύση του εδάφους.

Η βλάστηση, όταν υπάρχει, εμποδίζει την παρουσία του φαινομένου, γιατί, όπως και στην αρχή τονίσθηκε, μια από τις απαραίτητες συνθήκες για να υπάρξει αιολική διάβρωση είναι η παρουσία γυμνού εδάφους. Από αυτό συμπεραίνεται ότι ένα αργιλώδες έδαφος ή ακόμα και ένα έδαφος μέσης μηχανικής συστάσεως, στο οποίο όμως οι άμμοι συγκρατούνται από αργιλικά και χουμικά στοιχεία σχηματίζοντας σταθερούς σβώλους, επιδέχεται λιγότερο την αιολική διάβρωση από ότι ένα κονιοποιημένο επιφανειακά έδαφος. Έτσι, η αντίσταση των σβώλων του εδάφους στη δράση του νερού και το ότι δεν διαλύονται από αυτό αποτελούν δυσμενή παράγοντα για την εκδήλωση του φαινόμενου της αιολικής διαβρώσεως.

Στις εύκρατες ζώνες γενικά, τα εδάφη από πλευράς φθίνουσας ευαισθησίας ως προς την αιολική διάβρωση κατατάσσονται ως εξής: αμμώδη εδάφη, εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία πολύ αποσυντεθημένης και αργιλλικά εδάφη.

10.3.3 Επιπτώσεις και τύποι αιολικής διαβρώσεως.

Η αιολική διάβρωση μεταφράζεται ως απώλεια, μεταφορά και εναπόθεση στερεών υλικών. Ο άνεμος μεταφέρει σε πολύ μακρινές αποστάσεις τα πιο λεπτά στοιχεία του εδάφους, όπως είναι τα αργιλικά και χουμικά κολλοειδή και η ιλύς. Με την απομάκρυνση των στοιχείων αυτών το έδαφος χάνει σε σημαντικό βαθμό τα θρεπτικά υλικά του. Από ένα πείραμα που έγινε στη Νότια Αφρική έχει προκύψει

ότι το έδαφος που απομακρύνθηκε περιείχε σε σχέση με το αρχικό έδαφος σε εκατοστιαία αναλογία:

- τριπλάσια ποσότητα οργανικών συστατικών
- τριπλάσια ποσότητα αζώτου
- πενταπλάσια ποσότητα φωσφορικού όξεος
- 26πλάσια ποσότητα νατρίου.

Αργιλώδη έδαφη που διασχίζονται από ανέμους που μεταφέρουν στερεά υλικά και κυρίως άμμους εμφανίζουν στην επιφάνεια και κατά την έννοια της διευθύνσεως του ανέμου παράλληλες ραβδώσεις, ιδιαίτερα χαρακτηριστικές. Σε εδάφη με ετερογενή κοκκομετρική σύνθεση, μετά την απομάκρυνση των λεπτών τους υλικών, παρατηρείται στην επιφάνειά τους συγκέντρωση των χονδρών υλικών.

Αμμώδεις και ξηρές εδαφικές επιφάνειες κάτω από την επίδραση ανέμων με σχετικά μεγάλη ταχύτητα σχηματίζουν σειρά από ρυτίδες καθέτως περίπου προς τη διεύθυνση του ανέμου. Η απόσταση μεταξύ τους εξαρτάται από το μήκος του άλματος των μετακινούμενων κόκκων της άμμου. Αν η κοκκομετρική σύνθεση των άμμων είναι ομοιογενής, οι ρυτίδες είναι συμμετρικές, και αν είναι ετερογενής, ασύμμετρες.

Όταν η αμμώδης επιφάνεια είναι πολύ εκτεταμένη, σχηματίζονται οι γνωστοί θίνες. Αυτοί διακρίνονται σε εκείνους που σχηματίζονται λόγω κορεσμού και στη συνέχεια λόγω αποθέσεως στερεών υλικών εξ αιτίας περιοδικής αυξομειώσεως της ταχύτητας του ανέμου και σε εκείνους που σχηματίζονται λόγω παρουσίας συνεχούς φυτικής βλαστήσεως, η οποία σταματάει και προκαλεί συσσώρευση της άμμου, μειώνοντας έτσι την ταχύτητα του ανέμου και το μήκος του άλματος. Στο χώρο της Ευρώπης δημιουργούνται οι θίνες της δεύτερης περιπτώσεως. Θεαματική περίπτωση αιολικής διαβρώσεως είναι η διάβρωση γυμνών βράχων εκτεθειμένων σε ισχυρούς ανέμους που μεταφέρουν στερεά υλικά, τα οποία πέφτουν με ορμή στις εκτεθειμένες στη διεύθυνση του ανέμου επιφάνειες και τις καθιστούν τόσο λείες που υπό ορισμένη γωνία προσπτώσεως των ηλιακών ακτίνων παρέχουν την εντύπωση μεγάλων καθρεφτών (Πακιστάν).

10.3.4 Μέτρα προστασίας από την αιολική διάβρωση.

Τα μέτρα προστασίας από την αιολική διάβρωση αποσκοπούν κατ' αρχήν στη μείωση της ταχύτητας του ανέμου κοντά στο έδαφος, αφού ο άνεμος αποτελεί πρωταρχική αιτία της διαβρώσεως αυτού του είδους. Παράλληλα επιδιώκεται η σταθεροποίηση των εδαφών με τη δημιουργία και ανάπτυξη της φυτικής βλαστήσεως που ενδείκνυται για την κάθε περίπτωση. Επίσης για προστασία από την αιολική διάβρωση, συνιστάται, όπου αυτό είναι δυνατό, η διατήρηση του εδάφους υπό μορφή συσσωματωμάτων, γιατί, όπως αναφέρθηκε ήδη, αυτά αντιστέκονται αποτελεσματικότερα στη διάβρωση του είδους αυτού.

a) Οι ανεμοθραύστες με συστάδες δένδρων.

Οι ανεμοθραύστες, γενικά, είναι εμπόδια τα οποία αντιτίθενται στην κίνηση του αέρα, απορροφώντας κατά κάποιο τρόπο την κινητική του ενέργεια. Οι ανεμοθραύστες λέγονται **αδρανείς** όταν είναι φτιαγμένοι από αδρανή υλικά (π.χ. τοίχοι από πέτρες κ.α) και **ενεργοί**, όταν είναι φτιαγμένοι από συστάδες δένδρων. Για

τους δεύτερους που είναι οι συνηθέστεροι, θα μιλήσομε συνοπτικά παρακάτω.

Τα δένδρα, σε μία ή περισσότερες σειρές, τοποθετούνται κάθετα προς τη διεύθυνση των ανέμων που επικρατούν στην περιοχή. Οι άνεμοι προσκρούουν σ' αυτά και χάνουν έτσι ένα μέρος της κινητικής τους ενέργειας. Μετά την υπερπήδηση του ανεμοθραύστη ο άνεμος ξαναβρίσκει προοδευτικά την αρχική του ταχύτητα. Για να μην επανακτήσει λοιπόν η ταχύτητα του ανέμου τιμή τέτοια που να είναι δυνατό να προκαλεί διάβρωση, θα πρέπει σε κατάλληλη απόσταση και παράλληλα προς τον πρώτο ανεμοθραύστη να εγκατασταθεί ένας δεύτερος και στη συνέχεια ένας τρίτος κ.ο.κ. Έτσι, προστασία από τους ανέμους μιάς ολόκληρης περιοχής σημαίνει δημιουργία ενός ολόκληρου δικτύου ανεμοθραυστών, δηλαδή σειράς παράλληλων συστάδων δένδρων.

Ένα δίκτυο ανεμοθραυστών χαρακτηρίζεται κυρίως από:

- το ύψος των δένδρων της συστάδας
- την απόσταση μεταξύ των συστάδων
- το πλάτος της συστάδας
- την πυκνότητα των δένδρων της συστάδας

Για το **ύψος** των δένδρων της συστάδας έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι όσο πιο ψηλός είναι ο ανεμοθραύστης τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση της προστατευόμενης ζώνης πίσω από αυτόν.

Για την **απόσταση** μεταξύ παράλληλων ανεμοθραυστών μπορεί να λεχθεί ότι αυτή μεταβάλλεται ανάλογα με το ύψος του ανεμοθραύστη και αντιστρόφως ανάλογα με το επιθυμητό ποσοστό μειώσεως της ταχύτητας του ανέμου. Επομένως, όσο μεγαλύτερη επιδιώκεται να είναι η μείωση της ταχύτητας τόσο μικρότερη πρέπει να είναι η απόσταση μεταξύ των ανεμοθραυστών.

Ως προς το **πλάτος** του ανεμοθραύστη, μπορεί με βάση πειραματικά δεδομένα να λεχθεί ότι αυτό δεν ασκεί μεγάλη επίδραση στη μείωση της ταχύτητας του ανέμου, αλλά, βέβαια, μία μόνο σειρά δένδρων του ίδιου είδους και ύψους δεν είναι αρκετά αποτελεσματική. Το καλύτερο λοιπόν είναι να υπάρχουν περισσότερες σειρές δένδρων ή του ίδιου είδους και διαφόρων ηλικιών ή δύο ειδών, διαφόρου όμως ύψους, για να εξασφαλίζεται καλύτερη ανεμοπροστασία σε διάφορα ύψη από την επιφάνεια του εδάφους. Η ποικιλία υψών στα δένδρα μπορεί να επιτευχθεί και με περιοδική εκμετάλλευσή τους, εφ' όσον το ξύλο τους μπορεί να είναι κατάλληλο για άλλες χρήσεις.

Η **πυκνότητα** των δένδρων του ανεμοθραύστη εξαρτάται από τη μορφή της κώμης τους και από τον επιθυμητό βαθμό μειώσεως της ανεμοπερατότητας. Έχει πάντως αποδειχθεί πειραματικά ότι ο άνεμος αποκτά ξανά ανησυχητική ταχύτητα σε μεγαλύτερη απόσταση από ανεμοθραύστες με μικρή περατότητα παρά από ανεμοθραύστες ελάχιστα περατούς. Πρέπει επομένως να επιδιώκεται η δημιουργία ανεμοθραυστών με σχετική περατότητα και όχι πρακτικά αδιαπεράτων. Αντίθετα, λόγω της ανάγκης μειώσεως της αποσάσεως μεταξύ τους, θα χρειαζόταν να δημιουργηθούν περισσότεροι ανεμοθραύστες.

Από σχετικά πειράματα έχει διαπιστωθεί ότι ο ανεμοθραύστης αρχίζει να επηρεάζει τη ροή του ανέμου σε μια απόσταση μπροστά από αυτόν ίση με 8 φορές περίπου το ύψος του, ενώ η έκταση της ζώνης που προστατεύεται από αυτόν είναι 10 πλασία ή 12 πλασία του ύψους του.

Ο ανεμοθραύστης, εκτός απ' τη καθαρά μηχανική δράση του για προστασία των εδαφών από την αιολική διάβρωση, ασκεί επίσης και επίδραση στη διαμόρφωση ενός μικροκλίματος, περιορίζοντας την εξατμισοδιαπνοή (μέχρι 20% αναφέρεται σε σχετικά πειράματα που έγιναν στη Σοβιετική Ένωση) και ασκώντας ρυθμιστικό ρόλο στη θερμοκρασία, κυρίως στις ακραίες τιμές της.

Η ύπαρξη ανεμοθραύστη καθιστά ακόμα δυνατή την εφαρμογή του συστήματος αρδεύσεως με τεχνητή βροχή, γιατί εξασφαλίζει ομοιόμορφη διανομή του αρδευτικού νερού στον αγρό.

β) Η φυτοκάλυψη.

Η φυτοκάλυψη αποτελεί αποτελεσματική μέθοδο αντιμετωπίσεως της αιολικής διαβρώσεως. Φυτοκαλύμμενες εκτάσεις χρησιμοποιούνται κυρίως για βοσκές και γι' αυτό η βόσκηση πρέπει να γίνεται με τρόπο ορθολογικό και τα φυτά των βοσκοτόπων να είναι διάφορα. Έτσι θα παρεμποδίζεται η εμφάνιση κηλίδων γυμνού εδάφους, το οποίο κονιορτοποιείται από το περπάτημα των ζώων, προσφέροντας ευνοϊκές συνθήκες στην αιολική διάβρωση. Στις καλλιεργημένες εκτάσεις, εφ' όσον οι λοιπές συνθήκες το επιτρέπουν, οι καλλιέργειες πρέπει να γίνονται κάθετα προς τη διεύθυνση των ανέμων που επικρατούν στην περιοχή. Όταν είναι αναπόφευκτη η καλλιέργεια φυτών που αφήνουν το έδαφος γυμνό, θα πρέπει να εφαρμόζονται καλλιέργειες κατά εναλλασσόμενες ζώνες, ώστε μετά την συγκομιδή της μίας να υπάρχει η άλλη, η οποία κατά κάποιο τρόπο θα προστατεύει τις γυμνές ζώνες.

γ) Η κατεργασία του εδάφους.

Κάθε κατεργασία που θρυμματίζει ή κονιορτοποιεί την επιφάνεια του εδάφους θα πρέπει να αποφεύγεται, γιατί ευνοεί την αιολική διάβρωση. Αντίθετα, κάθε κατεργασία που εξασφαλίζει τη δημιουργία και διατήρηση των εδαφικών συσσωματωμάτων είναι επιθυμητή. Πάντως σε περιοχές όπου επικρατούν ισχυροί ανέμοι, κατά γενικό κανόνα θα πρέπει να αποφεύγεται η συχνή κατεργασία του εδάφους.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

1) Ορισμοί.

a) Υδροστατικής.

Υδροστατική πίεση ονομάζομε την πίεση που ασκεί το νερό, σε κατάσταση η-ρεμίας, στα τοιχώματα του δοχείου που το περιέχει. Η πίεση αυτή είναι κάθετη προς τα τοιχώματα.

1) **Η υδροστατική πίεση σε κάθε σημείο M μέσα στη μάζα του νερού**, είναι ίση με το βάρος στήλης νερού που έχει βάση τη μονάδα επιφάνειας (π.χ. το 1 cm^2 για το σύστημα C.G.S) και ύψος την απόσταση του σημείου M από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού. Δηλαδή:

$$p = \gamma \cdot h \quad (1)$$

όπου: P = η πίεση στο σημείο M ,

γ = το ειδικό βάρος του νερού,

h = η απόσταση του σημείου M από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού.

2) **Η ολική δύναμη (F) που ασκείται σε οριζόντιο πυθμένα επιφάνειας S δοχείου που περιέχει νερό**, βάθους h δίνεται από τη σχέση:

$$F = p \cdot S = \gamma \cdot S \cdot h \quad (2)$$

3) **Η ολική δύναμη (F) που ασκείται στην επιφάνεια (S) κατακόρυφου τοιχώματος δοχείου με νερό**, ισούται με το βάρος του νερού που περιέχεται σε όγκο που έχει ως βάση την επιφάνεια (S) και ύψος την απόσταση h_k του κέντρου βάρους της επιφάνειας (S) από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού.

Δηλαδή:

$$F = \gamma \cdot S \cdot h_k \quad (3)$$

4) **Η ολική δύναμη (F) που ασκείται σε κεκλιμένη επιφάνεια (S) δοχείου που περιέχει νερό και σχηματίζει γωνία (θ) με την ελεύθερη επιφάνεια του νερού**, δίνεται από τη σχέση:

$$F = \gamma \cdot S \cdot h_k \cdot \mu\theta \quad (4)$$

5) **To σημείο εφαρμογής (X_{π}) της δυνάμεως (F), γνωστό και ως κέντρο πιέσεως που ασκείται σε κεκλιμένη επιφάνεια (S) δοχείου με νερό (σχ. 1), δίνεται από τη σχέση:**

$$X_{\pi} = X_k + \frac{ly}{X_k \cdot S} \quad (5)$$

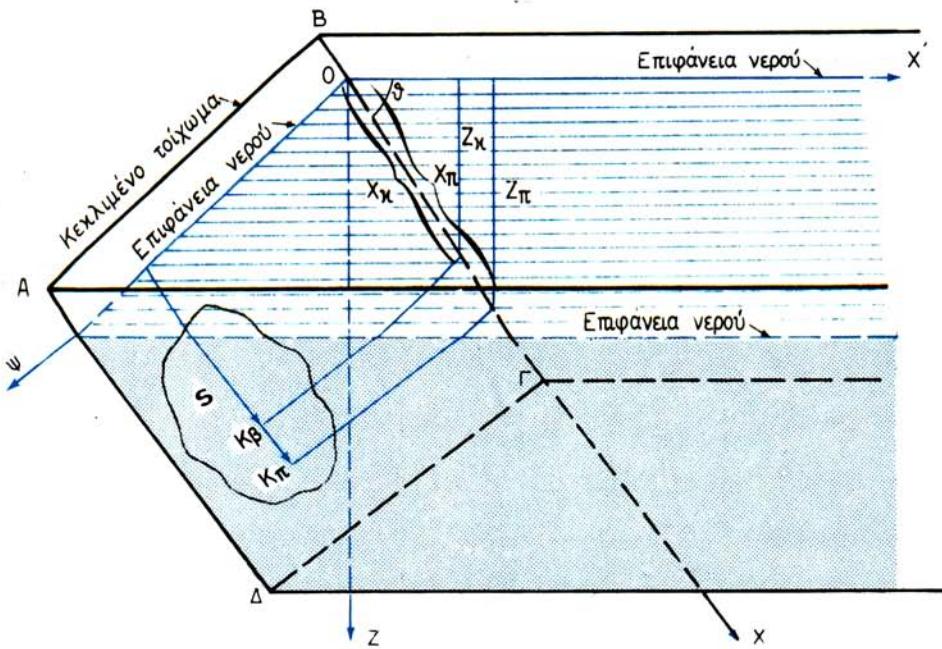
όπου: X_{π} = η απόσταση του κέντρου πιέσεως από τον άξονα ΟΨ,

X_k = η απόσταση του κέντρου βάρους της επιφάνειας (S) από τον άξονα ΟΨ,

S = η θεωρηθέσα επιφάνεια και

I_y = η ροπή αδράνειας της επιφάνειας S ως προς άξονα που περνά από το κέντρο βάρους της.

Για την καλύτερη κατανόηση υπολογισμού του κέντρου πιέσεως (κ.π.) ή σημίου εφαρμογής της δυνάμεως (F) σε κεκλιμένη επιφάνεια (S) που σχηματίζει γωνία (θ) με την ελεύθερη επιφάνεια του νερού, δίνεται το σχήμα 1.



Σχ. 1.

(S) = η κεκλιμένη επιφάνεια, X'ΟΨ = η ελεύθερη επιφάνεια του νερού, X_k και X_{π} οι αποστάσεις του κέντρου βάρους και του κέντρου πιέσεως από τον άξονα ΟΨ που είναι η τομή της επιφάνειας του νερού με το κεκλιμένο τοίχωμα του δοχείου ΑΒΓΔ, $Z_k = X_k$ ημθ και $Z_{\pi} = X_{\pi}$ ημθ παριστάνουν τις αποστάσεις (βάθη) του κ.β. και του κ.π. από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού.

Πρακτικές μονάδες εκφράσεως της πιέσεως.

Η πίεση μπορεί να εκφρασθεί σε μέτρα στήλης νερού (m), σε χιλιόγρ. βάρους ανά τετραγ. εκατοστό (kp/cm^2) ή και σε τόννους ανά τετραγωνικό μέτρο (t/m^2).

Μετατρεψιμότητα:

Πίεση 10 μέτρων αντιστοιχεί σε $1 kp/cm^2$ ή $10 t/m^2$.

β) Υδροδυναμικής.

1) **Τροχιά υγρού** σωματιδίου ονομάζομε το σύνολο των διαδοχικών θέσεων αυτού στο χώρο κατά τη διάρκεια της κινήσεώς του.

2) **Γραμμή ροής** ονομάζομε την τροχιά η οποία σε κάθε σημείο της και σε κάθε χρονική στιγμή δέχεται ως εφαπτόμενη τη διεύθυνση της ταχύτητας.

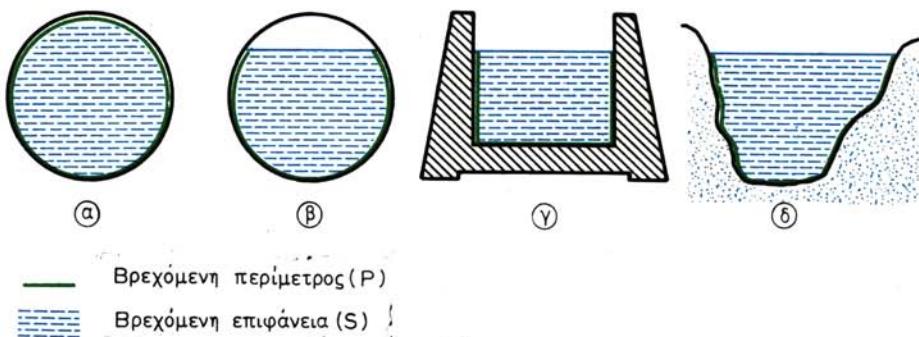
3) **Παράλληλη ροή** ονομάζομε τη ροή όπου οι γραμμές ροής είναι παράλληλες μεταξύ τους.

4) **Στροβιλώδη ροή** ονομάζομε τη ροή όπου οι γραμμές ροής δεν είναι παράλληλες και τα υγρά σωματίδια κινούνται ακανόνιστα και αλληλοσυγκρούονται.

5) **Ομοιόμορφη ροή** ονομάζομε τη ροή όπου τα ανύσματα των ταχυτήτων είναι παράλληλα μεταξύ τους και δε μεταβάλλονται κατά μήκος της κατεύθυνσεως της ροής. Κατά συνέπεια η καμπύλη κατανομής των ταχυτήτων (προφίλ) από διατομή σε διατομή παραμένει η ίδια.

6) **Βρεχόμενη επιφάνεια ή υγρή διατομή (S)** ονομάζομε την κάθετο προς την κατεύθυνση της ροής επιφάνεια, η οποία καταλαμβάνεται από το υγρό (σχ. 2).

7) **Βρεχόμενη περίμετρο (P)** ονομάζομε το μήκος της γραμμής επαφής του υγρού με τα τοιχώματα του αγωγού όπου πραγματοποιείται η ροή (σχ. 2).



Σχ. 2.

Σχηματική παράσταση των (P) και (S) στις παρακάτω περιπτώσεις:

- a) Κυκλικού αγωγού που είναι γεμάτος με νερό. β) Κυκλικού αγωγού που είναι μερικώς γεμάτος με νερό. γ) Ανοικτού αγωγού ορθογωνικής διατομής. δ) Ανοικτού αγωγού τυχαίας διατομής.

8) **Υδραυλική ακτίνα (R)** ονομάζομε το λόγο της βρεχόμενης επιφάνειας (S) προς τη βρεχόμενη περίμετρο (P). Δηλαδή:

$$R = \frac{S}{P} \quad (6)$$

9) **Παροχή Q** ονομάζομε τον όγκο του νερού που περνά από δεδομένη υγρή διατομή στη μονάδα του χρόνου (συνήθως m^3/sec ή l/sec).

10) **Μέση ταχύτητα (V ή V)** ονομάζομε το λόγο της παροχής (Q) προς τη βρεχόμενη επιφάνεια (S). Δηλαδή:

$$V = \frac{Q}{S} \quad (7)$$

Από τη σχέση (7) προκύπτει η σχέση $Q = S \cdot V$ από την οποία δια $Q = \text{σταθ.}$ κατά μήκος διθέντος αγωγού και για διάφορες διατομές, έχουμε την εξίσωση συνέχειας. Δηλαδή:

$$S_1 V_1 = S_2 V_2 = \dots S_n V_n \quad (8)$$

To Θεώρημα Bernoulli.

Ο Bernoulli απέδειξε ότι κατά μήκος διοθέντος αγωγού με σταθερή παροχή ($Q = \text{σταθ.}$) και χωρίς απώλειες ενέργειας, το άθροισμα της κινητικής ενέργειας, της ενέργειας πιέσεως και της δυναμικής ενέργειας παραμένει σταθερό. Δηλαδή αν S_1 και S_2 δύο τυχαίες διατομές του αγωγού, τότε ισχύει η σχέση:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 = \text{σταθ.} \quad (9)$$

όπου:

$$\left(\frac{V_1^2}{2g}, \frac{V_2^2}{2g} \right), \quad \left(\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma} \right) \text{ και } (Z_1, Z_2) = \text{τα αντίστοιχα ύψη κινητικής ενέργειας, ενέργειας πιέσεως και ενέργειας θέσεως στις διατομές } S_1 \text{ και } S_2 \text{ (} V = \text{ταχύτητα, } p = \text{πίεση, } Z = \text{απόσταση της διατομής από το επίπεδο αναφοράς και } g = \text{η επιτάχυνση της βαρύτητας).}$$

Αν μεταξύ των διατομών S_1 και S_2 έχομε απώλειες ενέργειας $h_{f(1,2)}$ λόγω τριβών, τότε η σχέση (9) γίνεται:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + h_{f(1,2)} \quad (10)$$

Αν στις σχέσεις (9) ή (10) θέσουμε τις διαστάσεις των διαφόρων μεγεθών, τότε διαπιστώνεται ότι όλοι οι όροι της εξισώσεως παριστάνουν διάσταση μήκους (L) και γι' αυτό μιλάμε για ύψος ενέργειας.

Σχηματική παράσταση του Θεωρήματος Bernoulli (σχ. 3).

Από το σχήμα προκύπτει ότι $(AB) = (\Gamma\Delta)$. Και πιο αναλυτικά:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + h_{f(1,2)}$$

Παρατήρηση.

Η πιεζομετρική γραμμή βρίσκεται κάτω από τη γραμμή ενέργειας κατά το ύψος $V^2/2g$.

Ο αγωγός λειτουργεί κανονικά όταν βρίσκεται κάτω από την πιεζομετρική γραμμή.

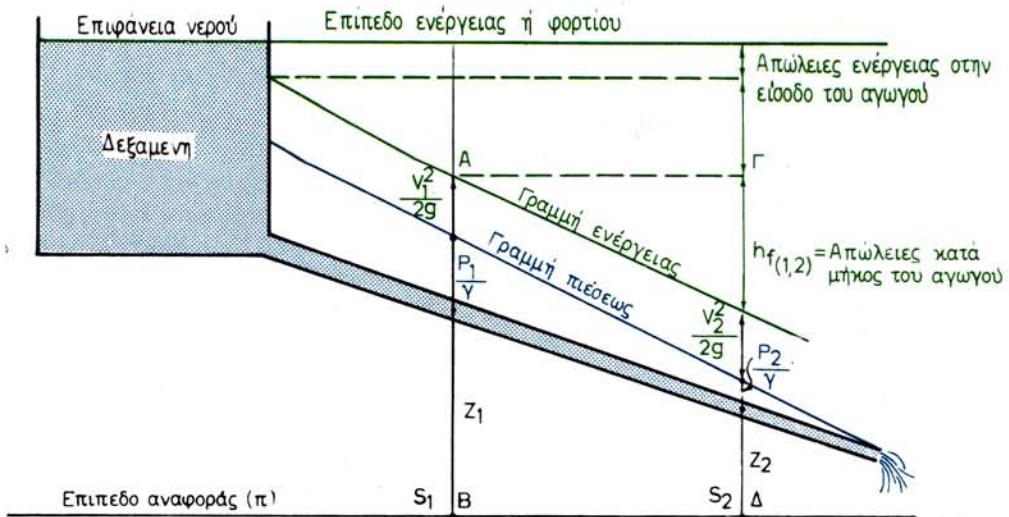
Εφαρμογές του Θεωρήματος του Bernoulli.

— Μετρητής Venturi.

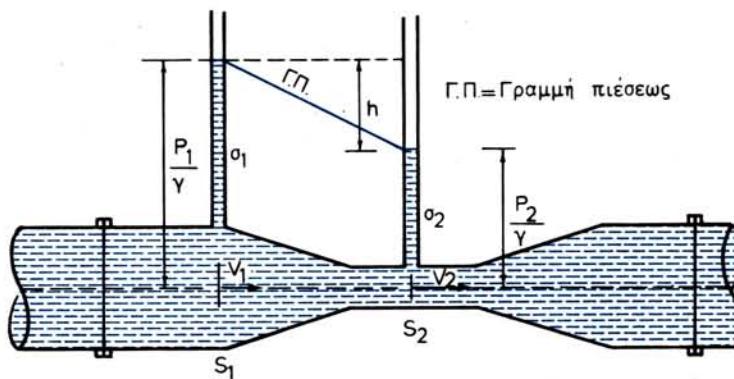
Το όργανο αυτό έχει τη μορφή του σχήματος 4 και χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της παροχής σε κλειστούς αγωγούς που δίνεται από τη σχέση:

$$Q = \frac{S_1 S_2}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}} \cdot \sqrt{2gh} = K \cdot \sqrt{2gh} \quad \text{ή} \quad Q = \lambda \cdot K \cdot \sqrt{2gh} \quad (11)$$

όπου: S_1, S_2 = οι διατομές, δημοσιεύονται στο σχήμα.



Σχ. 3.
Σχηματική παράσταση του Θεωρήματος Bernoulli.



Σχ. 4.
Σχηματική παράσταση μετρητή Venturi.

$$K = \frac{S_1 S_2}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}},$$

λ = διορθωτικός συντελεστής και
 h = η διαφορά:

$$\left(\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + Z_2 \right) = h$$

που δίνεται με απλή ανάγνωση από το ύψος της στήλης του νερού μέσα στους σωλήνες σ_1 και σ_2 .

Παρατήρηση.

Αν ο μετρητής τοποθετηθεί σε οριζόντια θέση, οπότε $Z_1 = Z_2$, τότε:

$$h = \frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma}$$

— Σωλήνας Pitot.

Το όργανο αυτό έχει τη μορφή του σχήματος 5 και αποτελείται από δύο ομόκεντρους κυλίνδρους από τους οποίους ο εξωτερικός σε μικρή απόσταση από το σημείο A, όπου η ταχύτητα μηδενίζεται, φέρει περιμετρικά οπές (θέση B) όπου η ταχύτητα, πρακτικά, είναι ίση με την ταχύτητα της ροής. Το όργανο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ταχύτητας και τοποθετείται κάθετα προς τη δεδομένη υγρή διατομή και αντίθετα προς την κατεύθυνση της ροής.

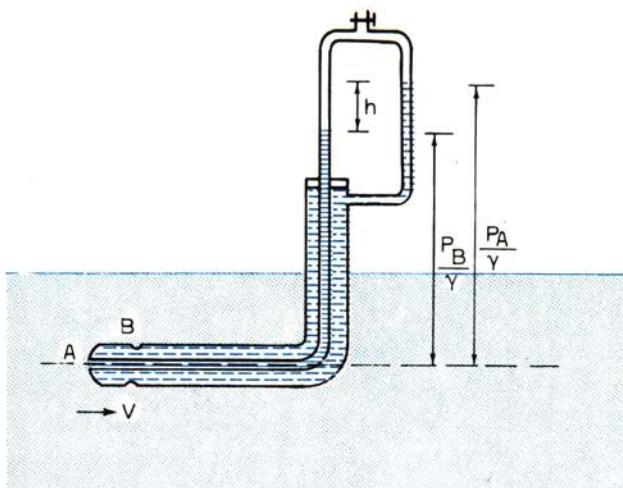
Η ταχύτητα τελικά δίνεται από τη σχέση:

$$V = V_B = \sqrt{2gh} \quad \text{ή} \quad V = \lambda \sqrt{2gh} \quad (12)$$

όπου: V = η ταχύτητα της ροής,

h = η διαφορά $P_A/\gamma - P_B/\gamma$ και

λ = διορθωτικός συντελεστής.



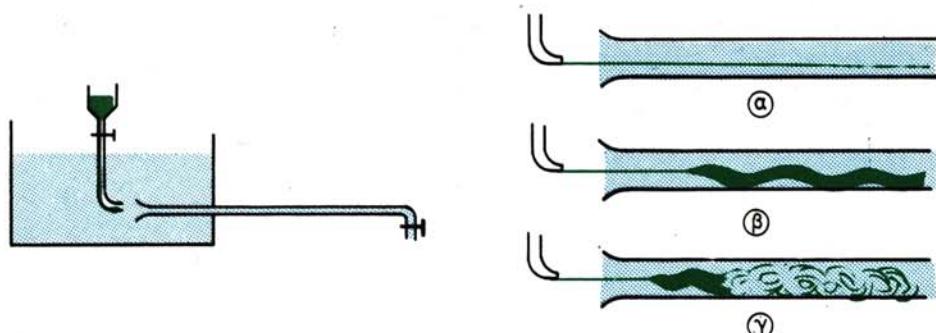
Σχ. 5.
Σχηματική παράσταση σωλήνα Pitot.

2) **Ροή σε κλειστούς αγωγούς — Απώλειες ενέργειας.**

a) **Ροή μέσα σε κλειστούς αγωγούς υπό πίεση.**

Όταν το νερό καταλαμβάνει ολόκληρη τη διατομή του κλειστού αγωγού, τότε λέμε ότι έχουμε ροή υπό πίεση. Αντίθετα, αν το νερό που ρέει μέσα στον κλειστό αγωγό δεν καταλαμβάνει ολόκληρη τη διατομή του αγωγού και κατά συνέπεια παρουσιάζει ελεύθερη επιφάνεια σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, τότε έχουμε ελεύθερη ροή και ο αγωγός ονομάζεται αγωγός ελεύθερης ροής. Η ροή μέσα στους κλειστούς αγωγούς μπορεί να είναι παράλληλη, οπότε η ροή γίνεται κατά παράλληλες στρώσεις (στρωτή ροή) χωρίς ανάμιξη των υγρών σωματιδίων, ή στροβιλώδης, οπότε η ροή γίνεται ακανόνιστα και υπάρχει έντονη ανάμιξη των υγρών σωματιδίων κατά την κίνησή τους.

Στη μελέτη της ροής μέσα σε αγωγούς υπό πίεση συνέβαλε ουσιαστικά ο Reynolds (1883). Ο Reynolds μελέτησε τη ροή μέσα σε αγωγούς χρησιμοποιώντας γυάλινους σωλήνες διαφόρων διαμέτρων μέσα στους οποίους έτρεχε νερό (σχ. 6). Στην είσοδο των σωλήνων άφηνε να τρέξει έγχρωμο υγρό, το οποίο για μικρές ταχύτητες ροής του νερού σχημάτιζε μία ευδιάκριτη ευθεία γραμμή σε όλο το μήκος του σωλήνα (στρωτή ροή). Αυξάνοντας συνεχώς την ταχύτητα ροής, με την αυξηση φυσικά της παροχής, η αρχικά έγχρωμη ευθεία γραμμή γινόταν κυματοειδής (μεταβατική ζώνη) και για ακόμη μεγαλύτερη ταχύτητα κατέληγε σε πλήρη διάσπαση σε τρόπο, ώστε ολόκληρη η ροή μέσα στο σωλήνα να γίνεται έγχρωμη (στροβιλώδης ροή).



Σχ. 6.

Συσκευή Reynolds.

α) Ευθύγραμμη - στρωτή ροή. β) Μεταβατική ροή και γ) στροβιλώδης ροή.

Σε κάθε περίπτωση ο Reynolds σχημάτιζε τον αδιάστατο λόγο της ταχύτητας (V) επί τη διάμετρο (D) του σωλήνα προς το συντελεστή του κινηματικού ιξώδους (v)*, δηλαδή το λόγο $\frac{V \cdot D}{v}$ που παριστάνει έναν αδιάστατο αριθμό που είναι γνωστός ως αριθμός Reynolds (Re).

$$\boxed{\text{Re} = \frac{V \cdot D}{v}} \quad (13)$$

Έτσι, χάρη στα πειράματα αυτά διαπιστώθηκε ότι για μικρές τιμές του αριθμού Re (Re < 2000), τα υγρά μόρια μετακινούνται κατά παράλληλα νήματα, χωρίς να αναμιγνύονται κατά μήκος της ροής (παράλληλη ή στρωτή ροή).

Για τιμές του αριθμού Re στην περιοχή του 2000 παρατηρείται η μεταβατική ροή η οποία είναι ασταθής ροή και δεν μπορεί κανείς να καθορίσει ευδιάκριτα όρια του αριθμού Re (2000 – 2300).

*Το κινηματικό ιξώδες (v) δίνεται από τη σχέση $v = \mu/\rho$.

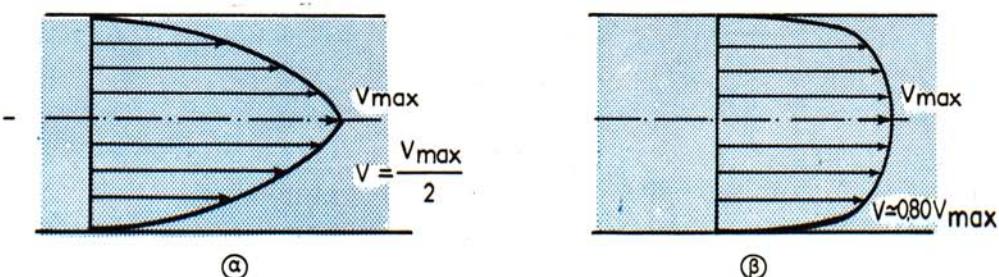
όπου: μ = το ιξώδες** του νερού και ρ = η πυκνότητά του.

Στο σύστημα C.G.S. το (v) εκφράζεται σε Stokes (1 St = 1 cm² · sec).

** Το ιξώδες (μ), που εκφράζει την αντίδραση των υγρού, λόγω της συνεκτικότητάς του σε κάθε κίνηση ή παραμόρφωσή του εκφράζεται στο σύστημα C.G.S. σε Poise (1 Po = 1 gr · cm⁻¹ · sec⁻¹). Μεγάλο ιξώδες έχουν τα παχύρευστα υγρά δύπως τα έλαια, το μέλι κ.ά.

Για τιμές $R > 2300$ η ροή γίνεται εντελώς έγχρωμη και αυτό σημαίνει ότι έχουμε πλήρη ανάμιξη των υγρών μορίων, τα οποία κινούνται ακανόνιστα. Το είδος αυτό της ροής, όπως το ορίσαμε ήδη, ονομάζεται στροβιλώδης ροή.

Η μορφή της κατανομής των ταχυτήτων μέσα στο σωλήνα για στρωτή και στροβιλώδη ροή, δίνεται ενδεικτικά στο σχήμα 7. Στην πρώτη περίπτωση η μέση ταχύτητα \bar{V} της ροής ισούται με το μισό της μέγιστης ταχύτητας, ήτοι $\bar{V} = \frac{V_{max}}{2}$ ή $\bar{V} = 0,5 V_{max}$ που λαμβάνει χώρα στο κέντρο του αγωγού, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ισούται από $0,80$ ως $0,85$ της V_{max} . Δηλαδή: $\bar{V} = 0,80 V_{max}$ ως $0,85 V_{max}$.



Σχ. 7.

Ενδεικτική παράσταση κατανομής των ταχυτήτων.

a) Στρωτή ροή. β) Στροβιλώδης ροή.

β) Απώλειες ενέργειας.

— Γραμμικές απώλειες ενέργειας.

Με τον όρο αυτό εννοούμε τις απώλειες που προκαλούνται κατά μήκος του σωλήνα και οφείλονται στις τριβές που αναπύσσονται τόσο μεταξύ του κινούμενου υγρού και των τοιχωμάτων του αγωγού όσο και μεταξύ των κινουμένων υγρών μορίων.

Αν j είναι οι απώλειες σε κάθε μέτρο του αγωγού και L το μήκος του αγωγού, τότε οι απώλειες ενέργειας h_f δίνονται από τη σχέση:

$$h_f = j \cdot L \quad (14)$$

Οι απώλειες j σε κάθε ένα μέτρο αγωγού δίνονται από την εξής γενική σχέση:

$$j = f \frac{1}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (15)$$

όπου: f = ο συντελεστής τριβών,

D = η διάμετρος του αγωγού και

V = η μέση ταχύτητα του νερού μέσα στον αγωγό.

Ο συντελεστής τριβών f είναι συνάρτηση του αριθμού Reynolds και της σχετικής τραχύτητας του αγωγού, που ορίζεται ως ο λόγος K_s/D , όπου K_s το απόλυτο ύψος της τραχύτητας και D η διάμετρος του αγωγού. Δηλαδή $f = \sigma(Re, K_s/D)$.

Για $Re < 2000$, οπότε η ροή είναι στρωτή, ο συντελεστής τριβών είναι συνάρτηση μόνο του αριθμού Re και δίνεται από τη σχέση:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (16)$$

Για αριθμούς Re από 2000 μέχρι 10^5 ισχύει η σχέση του Blasius, ήτοι $f = (100 Re)^{-1/4}$.

Για αριθμούς Reynolds στην περιοχή του 10^5 ο συντελεστής τριβών είναι συγχρόνως συνάρτηση του αριθμού Re και της σχετικής τραχύτητας K_s/D και μπορεί να υπολογισθεί με βάση τον τύπο των Colebrook και White. Δηλαδή:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{K_s}{3,71D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad (17)$$

Για ακόμα μεγαλύτερους αριθμούς Reynolds ($Re > 10^5$) ο συντελεστής τριβών f γίνεται συνάρτηση μόνο της σχετικής τραχύτητας K_s/D , αφού οι απώλειες λόγω αριθμού Re γίνονται αμελητέες σε σχέση με τις απώλειες λόγω τραχύτητας και πρακτικά παραλείπονται. Τελικά δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \frac{K_s}{3,71D} \quad (18)$$

Στην πράξη όμως, επειδή οι προηγούμενοι τύποι είναι δύσκολοι στην εφαρμογή τους, ο συντελεστής τριβών f δίνεται από σχετικό λογαριθμικό διάγραμμα που κατέστρωσε ο Moody από τον οποίο πήρε και το όνομά του ως συνάρτηση του αριθμού Re και της σχετικής τραχύτητας K_s/D (Νομογράφημα 1, Διάγραμμα Moody).

Άλλοι ερευνητές, μετά από την εκτέλεση μεγάλου αριθμού πειραμάτων, κατέληξαν σε εμπειρικές σχέσεις - τύπους για τον υπολογισμό των απωλειών ενέργειας. Οι σπουδαιότεροι τύποι είναι οι εξής:

Τύπος του Chezy: $V = C_V \sqrt{Rj}$

Τύπος του Manning: $V = \frac{1}{n} R^{2/3} j^{1/2}$

Τύπος του Strickler: $V = K \cdot R^{2/3} j^{1/2}$

όπου: C = συντελεστής ο οποίος δίνεται από πίνακες ή νομογραφήματα,

R = υδραυλική ακτίνα,

j = απώλειες ενέργειας σε κάθε ένα μέτρο του αγωγού,

n = συντελεστής τραχύτητας κατά Manning,

K = συντελεστές τραχύτητας ($K = 1/n$ κατά Strickler).

- Τοπικές απώλειες ενέργειας.

Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζονται οι απώλειες ενέργειας που οφείλονται σε τοπικά αίτια, όπως π.χ. μία διεύρυνση, μια στένωση, μια κάμψη, μία διακλάδωση του αγωγού κ.ά.

Οι απώλειες αυτές, που είναι πάρα πολλών προελεύσεων, λόγω της ποικιλίας

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>$\frac{R_0}{D}$</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.9</td><td>0.90</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>0.45</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>1.5</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.20</td></tr> </tbody> </table>	$\frac{R_0}{D}$	K	0.9	0.90	0.75	0.45	1.0	0.25	1.5	0.25	2	0.20		<table border="1"> <thead> <tr> <th>α</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15°</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>30°</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>45°</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>60°</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>90°</td><td>1.3</td></tr> </tbody> </table>	α	K	15°	0.1	30°	0.2	45°	0.5	60°	0.7	90°	1.3
$\frac{R_0}{D}$	K																										
0.9	0.90																										
0.75	0.45																										
1.0	0.25																										
1.5	0.25																										
2	0.20																										
α	K																										
15°	0.1																										
30°	0.2																										
45°	0.5																										
60°	0.7																										
90°	1.3																										
	$K = 1.4$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>α</th> <th>K_2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15°</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>30°</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>45°</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>60°</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>90°</td><td>1.3</td></tr> </tbody> </table>	α	K_2	15°	0.1	30°	0.3	45°	0.5	60°	0.7	90°	1.3												
α	K_2																										
15°	0.1																										
30°	0.3																										
45°	0.5																										
60°	0.7																										
90°	1.3																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>$\frac{R_0}{D}$</th> <th>K_1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.5</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>1.5</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>2.0</td><td>0.2</td></tr> </tbody> </table>	$\frac{R_0}{D}$	K_1	0.5	1.2	0.75	0.6	1	0.4	1.5	0.25	2.0	0.2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>α</th> <th>K_1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15°</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>30°</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>45°</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>60°</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>90°</td><td>1.4</td></tr> </tbody> </table>	α	K_1	15°	0.1	30°	0.3	45°	0.7	60°	1.0	90°	1.4
$\frac{R_0}{D}$	K_1																										
0.5	1.2																										
0.75	0.6																										
1	0.4																										
1.5	0.25																										
2.0	0.2																										
α	K_1																										
15°	0.1																										
30°	0.3																										
45°	0.7																										
60°	1.0																										
90°	1.4																										
	$K = 0.9$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>$\frac{R}{D}$</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.2</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>0.8</td><td>0.05</td></tr> </tbody> </table>	$\frac{R}{D}$	K	0.2	0.2	0.5	0.1	0.8	0.05																
$\frac{R}{D}$	K																										
0.2	0.2																										
0.5	0.1																										
0.8	0.05																										
	$K = 1$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>$\frac{d}{D}$</th> <th>K_1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.1</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>0.4</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>0.6</td><td>2.3</td></tr> <tr><td>0.8</td><td>1.9</td></tr> <tr><td>0.9</td><td>1.5</td></tr> </tbody> </table>	$\frac{d}{D}$	K_1	0.1	2.5	0.2	2.5	0.4	2.5	0.6	2.3	0.8	1.9	0.9	1.5										
$\frac{d}{D}$	K_1																										
0.1	2.5																										
0.2	2.5																										
0.4	2.5																										
0.6	2.3																										
0.8	1.9																										
0.9	1.5																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>$\frac{D_1}{D_2}$</th> <th>K_1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.1</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>0.4</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>0.6</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>0.8</td><td>0.2</td></tr> </tbody> </table>	$\frac{D_1}{D_2}$	K_1	0.1	1.0	0.2	0.9	0.4	0.7	0.6	0.4	0.8	0.2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>$\frac{D_2}{D_1}$</th> <th>K_2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.1</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>0.4</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>0.6</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>0.8</td><td>0.2</td></tr> </tbody> </table>	$\frac{D_2}{D_1}$	K_2	0.1	0.6	0.2	0.5	0.4	0.4	0.6	0.3	0.8	0.2
$\frac{D_1}{D_2}$	K_1																										
0.1	1.0																										
0.2	0.9																										
0.4	0.7																										
0.6	0.4																										
0.8	0.2																										
$\frac{D_2}{D_1}$	K_2																										
0.1	0.6																										
0.2	0.5																										
0.4	0.4																										
0.6	0.3																										
0.8	0.2																										

Σχ. 8.

Συνηθισμένες περιπτώσεις τεχνικών απωλειών με την τιμή του συντελεστή K_1 .

των ειδικών τεμαχίων που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή ενός δικτύου αρδεύσεως, εκφράζονται με την παρακάτω γενική σχέση:

$$h_{fi} = K_i \frac{V^2}{2g} \quad (19)$$

όπου ο δείκτης i παριστάνει το πρώτο γράμμα της λέξεως του αιτίου που προκαλεί την τοπική απώλεια.

Όταν π.χ. πρόκειται για διεύρυνση του αγωγού, ο τύπος γίνεται:

$$h_{f\delta} = K_\delta \frac{V^2}{2g}$$

όπου: K_δ = ο συντελεστής που δίνεται για κάθε περίπτωση,

V = η ταχύτητα μέσα στον αγωγό που διευρύνθηκε.

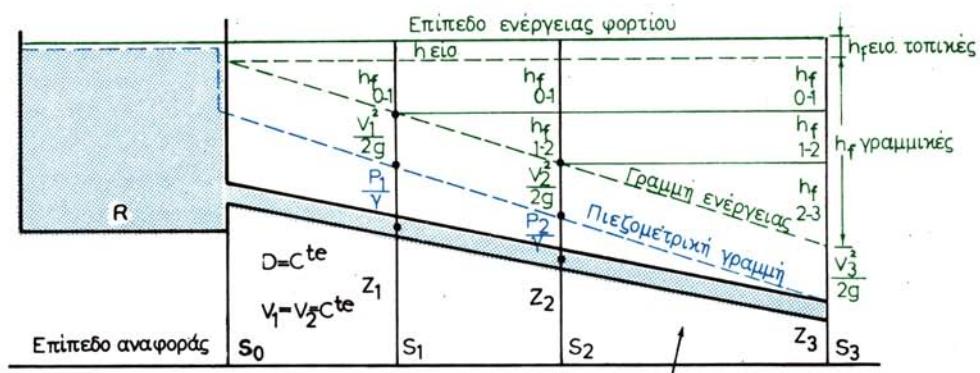
Οι τοπικές απώλειες, επειδή σε σχέση με τις γραμμικές είναι σχετικά μικρές, εκφράζονται συχνά κατά τη μελέτη των δικτύων μεταφοράς και διανομής του νερού ως ποσοστό των γραμμικών απωλειών, που κυμαίνεται γύρω στο 10%.

Για πληρέστερη αντίληψη υπολογισμού του συντελεστή K_i δίνεται ένας αριθμός συνήθων περιπτώσεων τοπικών απωλειών (σχ. 8), ενώ τα σχήματα 9, 10 και 11 δίνουν μιαν οπτική εικόνα των γραμμικών και τοπικών απωλειών ενέργειας στις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις.

3) Ροή σε ανοικτούς αγωγούς – Σχέσεις οικονομικής διατομής – Απώλειες ενέργειας.

a) Ροή μέσα σε ανοικτούς αγωγούς (ελεύθερη ροή).

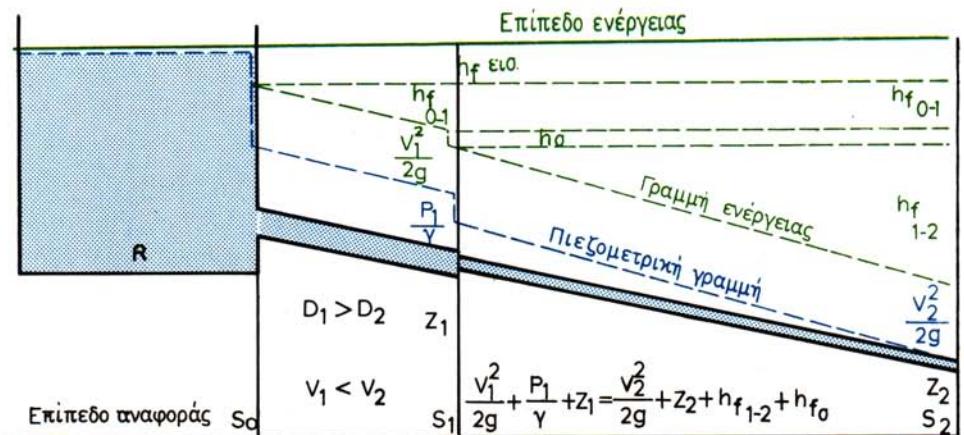
Ως ανοικτοί αγωγοί χαρακτηρίζονται οι αγωγοί μέσα στους οποίους η ροή πα-



$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{Y} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{Y} + Z_2 + h_f 1-2$$

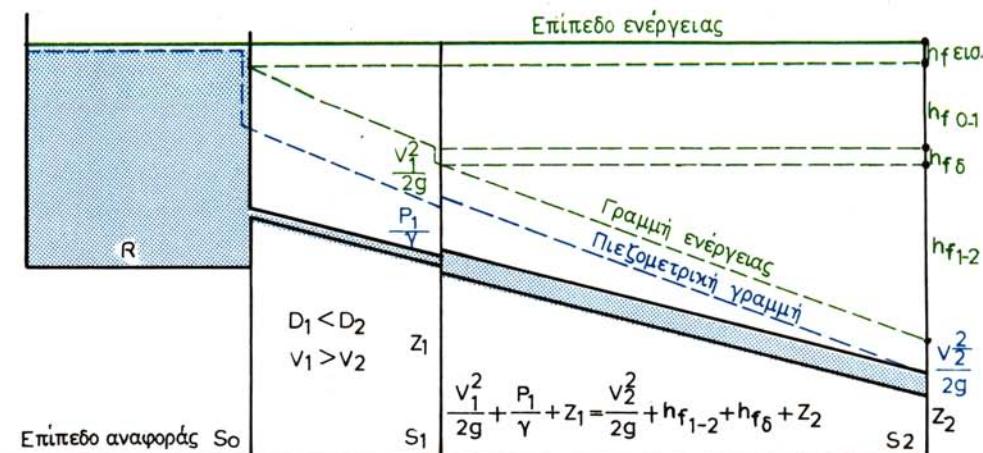
Σχ. 9.

Περίπτωση αγωγού σταθερής διατομής (παροχή Q = σταθ. $V_1 = V_2$).



Σχ. 10.

Περίπτωση αγωγού με απότομη στένωση ($Q = \text{σταθ. } D_1 > D_2, V_1 < V_2$).



Σχ. 11.

Περίπτωση αγωγού με απότομη διεύρυνση ($Q = \text{σταθ. } D_1 < D_2, V_1 > V_2$).

ρουσιάζει ελεύθερη επιφάνεια (ελεύθερη ροή) η οποία βρίσκεται σε επαφή με την ατμόσφαιρα. Διακρίνονται σε **φυσικούς** (κοίτη φυσικών υδατορευμάτων) και σε **τεχνητούς** (διώρυγες, τάφροι, καθώς και κάθε κλειστός γεωμετρικά αγωγός μέσα στον οποίο η ροή παρουσιάζει ελεύθερη επιφάνεια).

Η ροή μπορεί να χαρακτηρισθεί με τη βοήθεια του αριθμού Reynolds, όπως και στην περίπτωση των αγωγών υπό πίεση, με τη διαφορά ότι στη σχέση $\frac{VD}{\nu}$ η διάμετρος D αντικαθίσταται από την υδραυλική ακτίνα R . Δηλαδή:

$$Re = \frac{VR}{\nu} \quad (20)$$

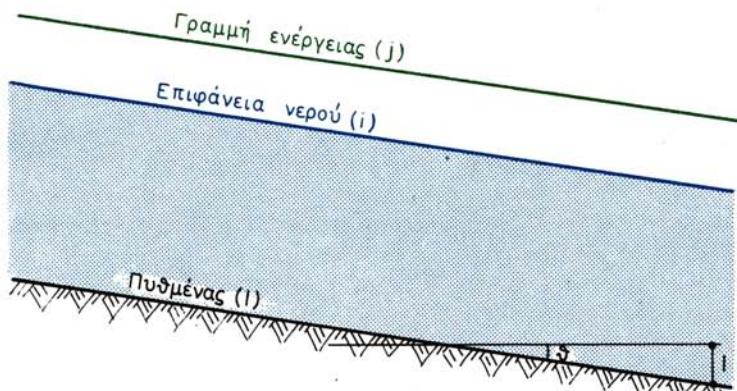
Για $Re < 500$, η ροή χαρακτηρίζεται ως **στρωτή**, ενώ για $Re > 500$, η ροή χαρακτηρίζεται ως **στροβιλώδης**.

Η ροή σε μια συγκεκριμένη εγκάρσια διατομή (διατομή κάθετη προς τη γεν-

διεύθυνση της ροής) χαρακτηρίζεται ως **μόνιμη**, όταν οι τιμές των υδραυλικών παραμέτρων (ύψος ροής, ταχύτητες, υδραυλική ακτίνα, βρεχόμενη επιφάνεια κλπ.) παραμένουν σταθερές στο χρόνο. Διαφορετικά η ροή χαρακτηρίζεται ως **μεταβαλλόμενη**.

Η ροή χαρακτηρίζεται **ομοιόμορφη** όταν οι υδραυλικές παράμετροι παραμένουν σταθερές και είναι οι ίδιες σε κάθε διατομή του αγωγού. Έτσι γίνεται φανερό ότι ομοιόμορφη ροή μόνο σε αγωγό ομοιόμορφης διατομής μπορεί να πραγματοποιηθεί. Στην περίπτωση αυτή, που είναι η πιο απλή, οι κλίσεις των γραμμών ενέργειας (j) και επιφάνειας (i) του νερού είναι παράλληλες προς την κλίση I του πυθμένα του αγωγού (σχ. 12). Δηλαδή:

$$j = i = I$$



Σχ. 12.

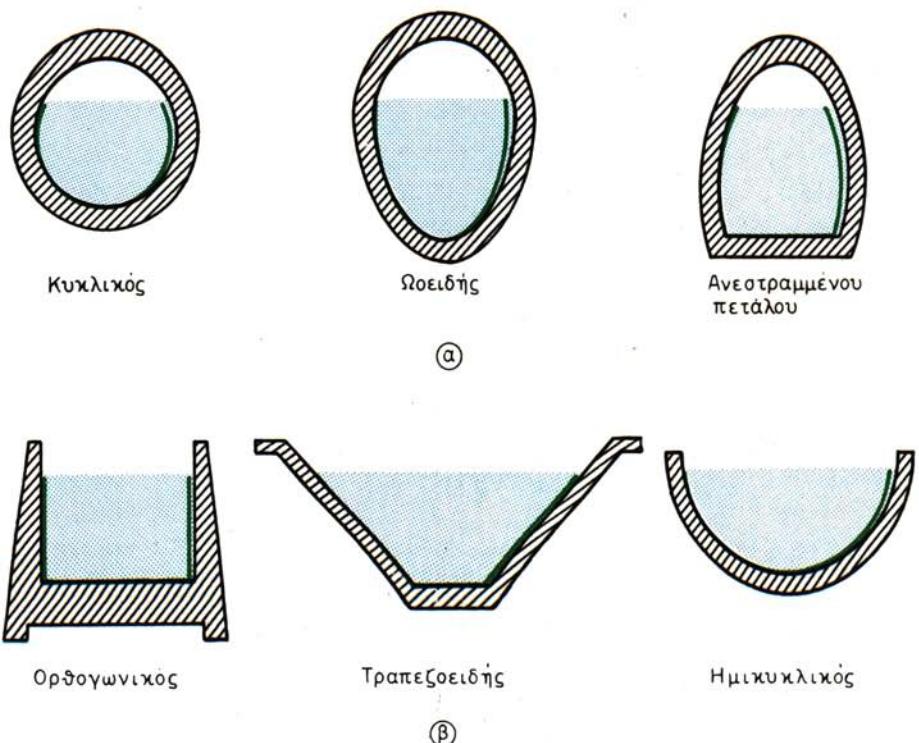
Ενδεικτική παράσταση της παραλληλίας των κλίσεων της γραμμής ενέργειας, της γραμμής επιφάνειας του νερού και της κλίσεως του πυθμένα (I) που ορίζεται ως το ημίτονο της γωνίας θ, δηλαδή $I = \text{ημ.}$ Επειδή η γωνία θ είναι πολύ μικρή, αντί για το ημίτονό της μπορεί να ληφθεί η εφαπτομένη της οπότε $I = \text{εφθ.}$

Οι συνήθεις ανοικτοί αγωγοί μεταφοράς και διανομής του νερού στα αρδευτικά δίκτυα μελετώνται για ομοιόμορφη ροή. Οι αγωγοί αυτοί μπορεί να είναι ανεπενδύτοι ή επενδεδυμένοι με οπλισμένο σκυρόδεμα ή ολόκληροι από οπλισμένο σκυρόδεμα (επιφανειακές διώρυγες).

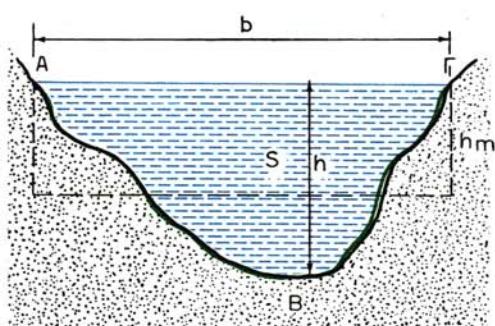
Στην περίπτωση των ανεπενδύτων αγωγών που έχουν τραπεζοειδή διατομή, με κλίση πρανών ανάλογη με τον τύπο του εδάφους, πρέπει να δίνεται ιδιάτερη προσοχή στην ταχύτητα του νερού μέσα σ' αυτούς, γιατί υπάρχει μεγάλος κίνδυνος διαβρώσεώς τους ή προσχώσεώς τους, με αποτέλεσμα να μην ανταποκρίνονται στις συνθήκες ροής για τις οποίες μελετήθηκαν. Για τους παραπάνω λόγους, αλλά και για αποφυγή μεγάλων απωλειών πολύτιμου αρδευτικού νερού, λόγω πλευρικής και κατακόρυφης διηθήσεως του νερού από τα πρανή και τον πυθμένα αντιστοίχως, οι αγωγοί μεταφοράς του νερού κατασκευάζονται επενδεδυμένοι.

Οι συνηθισμένες μορφές των διατομών των αγωγών αυτών είναι η ορθογωνική και η τραπεζοειδής. Στο σχήμα 13 δίνεται η μορφή αυτών των αγωγών αλλά και άλλων που μπορεί να συναντήσει κανείς σε διάφορες εφαρμογές.

Όπως και στους κλειστούς αγωγούς έτσι και στους ανοικτούς κάθε διατομή χα-



Σχ. 13.
Διατομές διαφόρων τύπων αγωγών ελεύθερης ροής. α) Αγωγοί κλειστών διατομών. β) Αγωγοί ανοικτών διατομών.



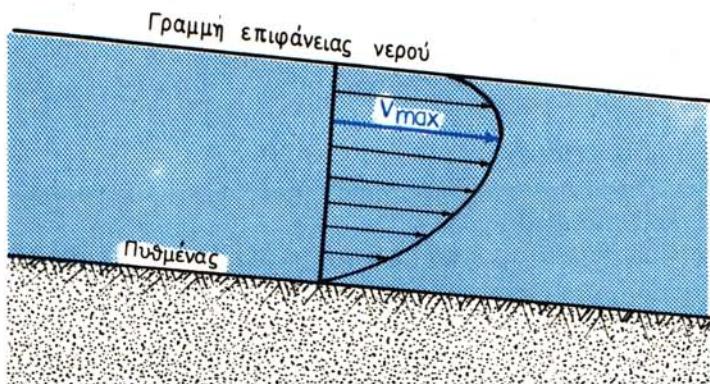
Σχ. 14.

Χαρακτηριστικά υγρής διατομής ανοικτού αγωγού τυχαίας διατομής.
Βρεχόμενη επιφάνεια S (ΑΒΓΑ).
Βρεχόμενη περίμετρος P (ΑΒΓ).
Πλάτος του αγωγού b (ευθεία ΑΓ).
Μέγιστο βάθος του αγωγού h .
Μέσο βάθος h_m του αγωγού ($h_m \cdot b = S$).
Υδραυλική ακτίνα $R = S/P$.

ρακτηρίζεται από τις εξής υδραυλικές παραμέτρους, που για καλύτερη κατανόηση δίνονται σε συνδυασμό με το σχήμα 14.

Η κατανομή των ταχυτήτων μέσα σ' έναν ανοικτό αγωγό, αρχίζοντας από τον πυθμένα και προχωρώντας προς την επιφάνεια του νερού, έχει τη μορφή του σχήματος 15.

Τα μόρια του νερού στον πυθμένα, λόγω των δυνάμεων συνάφειας με τα τοιχώματα του αγωγού, προσκολλώνται κατά κάποιο τρόπο σ' αυτά και έχουν ταχύτη-



Σχ. 15.

Σχηματική παράσταση κατανομής των ταχυτήτων σε ανοικτό αγωγό.

τα μηδενική. Στη συνέχεια οι ταχύτητες βαίνουν αυξανόμενες για να σημειωθεί η μέγιστη ταχύτητα λίγο πιο κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού και όχι επάνω σ' αυτή, εξαιτίας της επιφανειακής τάσεως, η οποία επιβραδύνει την κίνηση των επιφανειακών μορίων του υγρού.

Πάντως στους υπολογισμούς θεωρείται πάντα η μέση ταχύτητα V , η οποία για δεδομένη παροχή Q και δεδομένη υγρή διατομή S δίνεται από την εξίσωση συνέχειας. Δηλαδή:

$$V = \frac{Q}{S} \quad (21)$$

Συχνά η παροχή Q εκφράζεται ανά μονάδα πλάτους του αγωγού, οπότε λέγεται **ειδική παροχή**, που συμβολίζεται με το γράμμα q και δίνεται από τη σχέση:

$$q = \frac{Q}{b} \quad (22)$$

όπου: b = το πλάτος του αγωγού.

Η παροχή q εκφράζεται ειδικά στην περίπτωση αυτή σε m^2/sec .

β) Σχέσεις οικονομικής διατομής.

Το πρόβλημα της οικογραφικής διατομής ανάγεται στην αναζήτηση της μορφής της βρεχόμενης επιφάνειας S , ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη παροχή. Στην περίπτωση αυτή είναι γνωστά: η κλίση (I) του πυθμένα, η τραχύτητα (n) των τοιχωμάτων του αγωγού και το εμβαδόν (S) της υγρής διατομής.

Είναι γνωστό ότι $Q = V \cdot S$ αλλά' από τον τύπο του Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} j^{1/2} \quad \text{και} \quad j = I$$

γιατί η ροή είναι ομοιόμορφη, οπότε:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} S$$

όπου: n , I , S είναι δεδομένα.

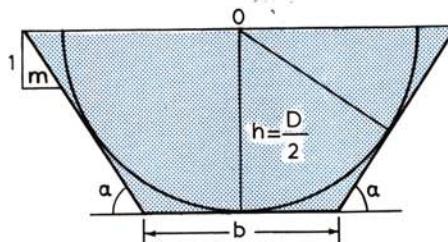
Επόμενως η παροχή Q είναι συνάρτηση της υδραυλικής ακτίνας R και μεταβάλλεται όπως αυτή. Δηλαδή:

Η Q γίνεται μέγιστη (Q_{max}), όταν η R γίνεται μέγιστη (R_{max}), αλλά $R = S/P$ και $S = \text{σταθ.}$

Επομένως η υδραυλική ακτίνα γίνεται μέγιστη (R_{max}) όταν η βρεχόμενη περίμετρος γίνεται ελάχιστη (P_{min}) και αυτό σημαίνει ότι η διατομή πρέπει να είναι κύκλος. Τότε όμως δεν έχουμε ελεύθερη ροή, όπως υπαγορεύει το πρόβλημα, για τον απλό λόγο ότι δεν υπάρχει ελεύθερη επιφάνεια νερού σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Έτσι καταλήγομε στην ημικυκλική επιφάνεια, η οποία όμως στην πράξη είναι πολυδάπανη, γιατί η κατασκευή της είναι δύσκολη. Γι' αυτό και καταφεύγομε στους αγωγούς τραπεζοειδούς ή ορθογωνικής διατομής.

Το νέο πρόβλημα συνίσταται στο να βρεθούν οι σχέσεις των διαφόρων γεωμετρικών στοιχείων του αγωγού και ορισμένων υδραυλικών παραμέτρων της ροής, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη παροχή. Στην περίπτωση αυτή (σχ. 16) δίνονται το εμβαδόν της υγρής διατομής (S), η κλίση των πρανών $m = \text{σφα.}$, η κλίση του πυθμένα I και η τραχύτητα (n).



Σχ. 16.
Διατομή ισοσκελούς τραπεζίου.

Οι σχετικοί υπολογισμοί απέδειξαν ότι η απαιτούμενη μορφή της υγρής διατομής είναι ισοσκελές τραπέζιο περιγεγραμμένο σε ημιπεριφέρεια που έχει διáμετρο D ίση με το διπλάσιο του βάθους h του νερού ($D = 2h$).

Μεταξύ δε των διαφόρων στοιχείων ισχύουν οι εξής σχέσεις:

— Υγρή διατομή:	$S = h^2 (2\sqrt{1+m^2} - m)$	}
— Βρεχόμενη περίμετρος:	$P = 2h (2\sqrt{1+m^2} - m)$	
— Υδραυλική ακτίνα:	$R = \frac{h}{2}$	
— Πλάτος πυθμένα:	$b = 2h (\sqrt{1+m^2} - m)$	

(23)

Στην περίπτωση που απαιτείται η υγρή διατομή να έχει ορθογωνική μορφή, οπότε $m = 1$, τότε από τις προηγούμενες σχέσεις προκύπτουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$\left. \begin{array}{l}
 - \text{Υγρή διατομή:} \quad S = 2h^2 \\
 - \text{Ξρεχόμενη περίμετρος:} \quad P = 4h \\
 - \text{Υδραυλική ακτίνα:} \quad R = \frac{h}{2} \\
 - \text{Πλάτος πυθμένα:} \quad b = 2h
 \end{array} \right\} \quad (24)$$

Οι παραπάνω περιπτώσεις της ορθογωνικής διατομής και της διατομής ισοσκελούς τραπεζίου αποτελούν τις συνηθισμένες μορφές αγωγών μεταφοράς και διανομής του νερού σε όλα τα δίκτυα επιφανειακής αρδεύσεως και γι' αυτό παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

γ) Απώλειες ενέργειας.

Κατά την κίνηση του νερού μέσα στους ανοικτούς αγωγούς έχουμε απώλειες ενέργειας που οφείλονται στις τριβές μεταξύ των μορίων του νερού και μεταξύ των μορίων και των τοιχωμάτων των αγωγών. Οι απώλειες αυτές μπορεί να είναι γραμμικές, δηλαδή να είναι σταθερές ανά κάθε ένα μέτρο του αγωγού ή και τοπικές. Εάν j είναι οι απώλειες σε κάθε ένα μέτρο του αγωγού, τότε οι συνολικές απώλειες για μήκος L αυτού, δίνονται από τη γνωστή σχέση:

$$h_f = j \cdot L \quad (25)$$

Το πρόβλημα ανάγεται στον υπολογισμό του (j), το οποίο για την περίπτωση της ομοιόμορφης ροής ισούται με την κλίση του πυθμένα (I) και μπορεί να βρεθεί από τις γνωστές σχέσεις της Chezy:

$$V = C \sqrt{RI}$$

ή του Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

Στους τύπους αυτούς:

V = η ταχύτητα.

n = η τραχύτητα.

R = η υδραυλική ακτίνα.

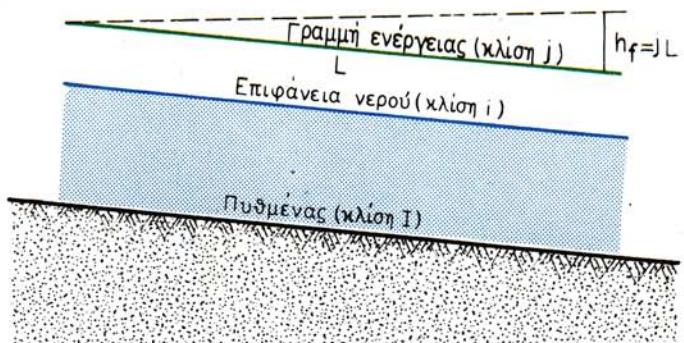
I = η κλίση του πυθμένα και

C = συντελεστής που δίνεται από πίνακες.

Για τον υπολογισμό του (j) υπάρχουν και άλλοι εμπειρικοί τύποι, που δεν κρίθηκε σκόπιμο να αναφερθούν. Πάντως, η κλίση του πυθμένα (I) αντισταθμίζει τις απώλειες (j) και έτσι διατηρείται η παραλληλία μεταξύ I και j σε όλο το μήκος του αγωγού (σχ. 17).

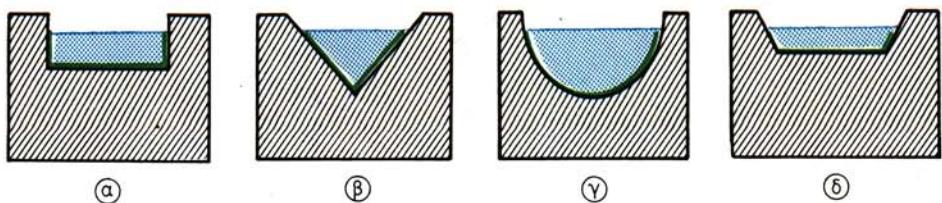
4) Εκχειλιστές.

Οι εκχειλιστές είναι ειδικές κατασκευές πάνω από τις οποίες η ροή γίνεται με υπερέχειλιση. Χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση της στάθμης του νερού σε μια τεχνητή λίμνη που σχηματίσθηκε ύστερα από την κατασκευή ενός φράγματος, για τη ρύθμιση της στάθμης του νερού στο σύστημα διωρύγων ενός επιφανειακού δι-



Σχ. 17.

Σχηματική παράσταση γραμμής απωλειών ενέργειας και πυθμένα στην περίπτωση ομοιόμορφης ροής.



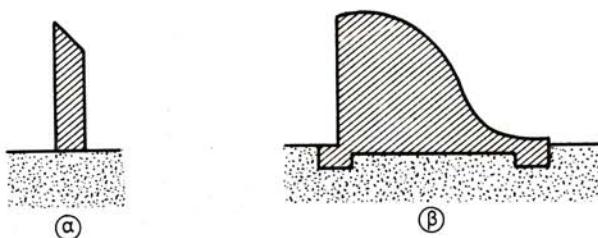
Σχ. 18.

Διάφοροι τύποι εκχειλιστών. α) Ορθογωνικός. β) Τριγωνικός. γ) Ημικυκλικός. δ) Τραπεζοειδής.

κτύου αρδεύσεως, για τη μέτρηση της παροχής μέσα σε διώρυγες κ.ά.

Οι εκχειλιστές, ανάλογα με το σχήμα τους, διακρίνονται σε **ορθογωνικούς, ημικυκλικούς, τριγωνικούς, τραπεζοειδείς, παραβολικούς** κ.ά. (σχ. 18).

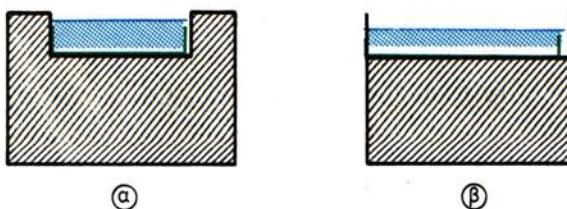
Ανάλογα με τη μορφή της στέψεως τους, οι εκχειλιστές διακρίνονται σε **εκχειλιστές αιχμηρής ή ευρείας στέψεως** (σχ. 19).



Σχ. 19.

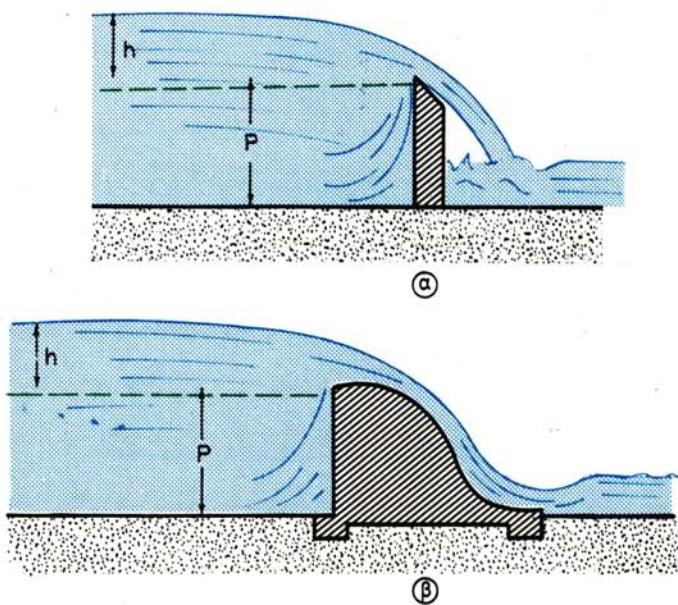
Τυπικοί εκχυλιστές. α) Αιχμηρής. β) Ευρείας στέψης.

Αν η υπερχείλιση γίνεται από όλο το πλάτος του εκχειλιστή, τότε ο εκχειλιστής ονομάζεται **καθολικός ή χωρίς πλευρική συστολή**. Αν η υπερχείλιση γίνεται από ένα τμήμα του πλάτους του εκχειλιστή, τότε ονομάζεται **εκχειλιστής με πλευρική συστολή** (σχ. 20).



Σχ. 20.

α) Εκχειλιστής με πλευρική συστολή. β) Εκχειλιστής χωρίς πλευρική συστολή ή καθολικός εκχειλιστής.



Σχ. 21.

α) Ροή πάνω από εκχειλιστή αιχμηρής στέψεως. β) Ροή πάνω από εκχειλιστή ευρείας στέψεως.
 P = ύψος του εκχειλιστή. h = φορτίο που προκαλεί τη ροή.

Η ροή πάνω από εκχειλιστές με αιχμηρή ή ευρεία στέψη φαίνεται ενδεικτικά στο σχήμα 21.

Το ύψος του φορτίου (h) λαμβάνεται αρκετά μακριά από τη στέψη του εκχειλιστή (συνήθως 4 - 5 φορές το P), για να μην επηρεάζεται από την πτώση της στάθμης που παρατηρείται λίγο πριν από τον εκχειλιστή.

Ειδικές περιπτώσεις.

α) Ορθογωνικός εκχειλιστής χωρίς πλευρική συστολή με αιχμηρή στέψη.

Στην περίπτωση αυτή η παροχή Q δίνεται από τη σχέση:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \quad (26)$$

όπου: $Q = \eta$ παροχή σε m^3/sec ή σε l/sec .

μ = συντελεστής παροχής που δίνεται από πίνακες.

b = το πλάτος του εκχειλιστή και

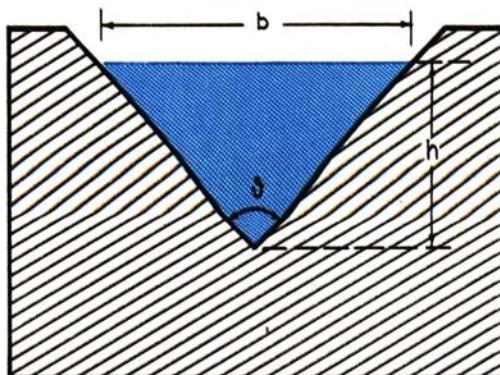
h = το φορτίο.

β) Τριγωνικός εκχειλιστής (σχ. 22).

Στην περίπτωση αυτή η παροχή δίνεται από τη σχέση:

$$Q = 1,40 \cdot \mu \frac{\theta}{2} h^{5/2} \quad \text{ή διά } \theta = 90^\circ \text{ οπότε } \mu \frac{\theta}{2} = 1$$

$$Q = 1,40 \cdot h^{5/2} \quad \text{Tύπος εκχειλιστή Thomson} \quad (27)$$



Σχ. 22.
Τριγωνικός εκχειλιστής.

γ) Τрапεζοειδής εκχειλιστής ή εκχειλιστής Cipolletti.

Με τον εκχειλιστή αυτό η παροχή Q δίνεται από τη σχέση:

$$Q = 0,415 b h \sqrt{2gh} = 1,84 b h^{3/2} \quad (28)$$

όπου: b = η κάτω (μικρή) βάση του ισοσκελούς τραπεζίου (m).

h = το φορτίο (m).

Q = η παροχή σε m^3/sec .

5) Πίνακες - Νομογραφήματα.

Η παράγραφος αυτή περιλαμβάνει έναν επιλεγμένο αριθμό πινάκων και νομογραφημάτων, χρησίμων για τη λύση βασικών προβλημάτων της ροής του νερού μέσα σε κλειστούς και ανοικτούς αγωγούς. Με τον όρο **νομογράφημα** εννοείται κάθε διάγραμμα που επιτρέπει, με ικανοποιητική προσέγγιση, τον υπολογισμό ορισμένων υδραυλικών παραμέτρων που υπεισέρχονται σε διάφορους τύπους ή σχέσεις των οποίων η επίλυση είναι συχνά επίπονη και χρονοβόρα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.
Ανταστοιχία παροχής σε l/sec, m³/h και m³/ημέρα.

<i>l/sec</i>	<i>m³/h</i>	<i>m³ ανά ημέρα</i>	<i>m³/h</i>	<i>m³ ανά ημέρα</i>	<i>l/sec</i>	<i>m³ ανά ημέρα</i>	<i>l/sec.</i>	<i>m³/h</i>
1	3,6	86	1	24	0,28	1	0,0115	0,042
2	7,2	173	2	48	0,56	2	0,0231	0,083
3	10,8	259	3	72	0,83	3	0,0347	0,125
4	14,4	346	4	96	1,11	4	0,0462	0,167
5	18,0	432	5	120	1,39	5	0,0578	0,208
6	21,6	518	6	144	1,67	6	0,0694	0,250
7	25,2	605	7	168	1,94	7	0,0810	0,292
8	28,8	691	8	192	2,22	8	0,0925	0,333
9	32,4	773	9	216	2,50	9	0,1041	0,375
10	36,0	864	10	240	2,78	10	0,1157	0,417
12	43,2	1.037	12	288	3,33	12	0,1388	0,500
14	50,4	1.210	14	336	3,89	14	0,1620	0,583
16	57,6	1.382	16	384	4,44	16	0,1851	0,667
18	64,8	1.555	18	432	5,00	18	0,2083	0,750
20	72,0	1.728	20	480	5,56	20	0,2314	0,333
25	90,0	2.160	25	600	6,94	25	0,2893	1,042
30	108,0	2.592	30	720	8,33	30	0,3472	1,250
35	126,0	3.024	35	840	9,72	35	0,4051	1,458
40	144,0	3.456	40	960	11,11	40	0,4629	1,667
45	162,0	3.888	45	1.080	12,50	45	0,5208	1,875
50	180,0	4.320	50	1.200	13,89	50	0,5787	2,083
55	198,0	4.752	55	1.320	15,28	55	0,6365	2,292
60	216,0	5.184	60	1.440	16,67	60	0,6944	2,500
65	234,0	5.616	65	1.560	18,06	65	0,7523	2,708
70	252,0	6.048	70	1.680	19,44	70	0,8101	2,917
75	270,0	6.480	75	1.800	20,83	75	0,8680	3,125
80	288,0	6.912	80	1.920	22,22	80	0,9269	3,333
85	306,0	7.344	85	2.040	23,61	85	0,9838	3,542
90	324,0	7.776	90	2.160	25,00	90	1,0416	3,750
95	342,0	8.208	95	2.280	26,39	95	1,0995	3,958
100	360,0	8.640	100	2.400	27,78	100	1,1574	4,167
110	396,0	9.504	110	2.640	30,56	110	1,2731	4,583
120	432,0	10.268	120	2.880	33,33	120	1,3888	5.000
130	468,0	11.232	130	3.120	36,11	130	1,5046	5,417
140	504,0	12.096	140	3.360	38,89	140	1,6203	5,839
150	540,0	12.960	150	3.600	41,67	150	1,7361	6,250
160	576,0	13.824	160	3.840	44,44	160	1,8518	6,667
170	612,0	14.688	170	4.080	47,22	170	1,9675	7,083
180	648,0	15.552	180	4.320	50,00	180	2,0833	7,500
190	684,0	16.416	190	4.560	52,78	190	2,1990	7,917
200	720,0	17.280	200	4.800	55,56	200	2,3148	8,333
300	1.080,0	25.920	300	7.200	83,33	300	3,4722	12,500
400	1.440,0	34.560	400	9.600	111,11	400	4,6296	16,667
500	1.800,0	43.200	500	12.000	138,89	500	5,7870	20,833
600	2.160,0	51.840	600	14.400	116,67	600	6,9444	25,000
700	2.520,0	60.480	700	16.800	194,44	700	8,1018	29,167
800	2.880,0	69.120	800	19.200	222,22	800	9,2592	33,333
900	3.240,0	77.760	900	21.600	250,00	900	10,4166	37,500
1.000	3.600,0	86.400	1.000	24.000	277,78	1.000	11,5740	41,667

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.

Αριθμητικές τιμές της σχέσεως $V = \sqrt{2gh}$, όπου: V σε m/s, $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ και h σε m από 0 ως 0,5 m.

h σε m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	0,000	0,140	0,198	0,243	0,280	0,313	0,343	0,371	0,396	0,420
01	443	464	485	505	524	543	560	577	594	610
02	626	642	657	671	686	700	714	728	741	654
03	767	778	792	805	817	828	840	852	863	875
04	886	897	908	918	929	939	950	960	970	981
0,05	0,990	1,000	1,009	1,020	1,029	1,039	1,048	1,057	1,067	1,076
06	1,085	094	103	112	121	129	138	146	155	163
07	172	180	188	197	205	213	221	229	237	245
08	253	260	268	276	284	291	299	306	314	321
09	329	336	343	350	358	365	372	379	386	393
0,10	1,401	1,408	1,415	1,421	1,428	1,435	1,442	1,449	1,455	1,462
11	468	476	482	489	495	502	508	515	521	528
12	534	541	547	553	559	566	572	578	585	591
13	597	603	609	615	621	627	633	639	45	651
14	657	663	669	675	681	687	692	698	704	710
0,15	1,715	1,721	1,727	1,733	1,738	1,744	1,749	1,755	1,760	1,766
16	772	777	783	788	794	799	804	810	815	821
17	826	821	837	842	847	853	858	863	869	874
18	879	884	889	895	900	905	910	915	920	925
19	931	935	941	946	951	956	961	966	971	976
0,20	1,981	1,986	1,990	1,996	2,000	2,005	2,010	2,015	2,020	2,025
21	2,030	2,034	2,039	2,044	049	054	059	063	068	073
22	078	082	087	091	096	100	106	110	115	119
23	124	129	133	138	142	147	152	156	161	165
24	170	174	179	183	188	192	197	201	206	210
0,25	2,215	2,219	2,223	2,228	2,232	2,237	2,241	2,246	2,249	2,254
26	259	263	267	271	276	280	284	288	293	297
27	301	306	310	314	319	323	327	331	335	339
28	344	348	352	356	360	365	369	373	377	381
29	385	389	393	397	401	405	410	414	418	422
0,30	2,426	2,430	2,434	2,438	2,442	2,446	2,450	2,454	2,458	2,162
31	466	470	474	478	482	486	490	494	498	501
32	506	509	513	517	521	525	529	533	536	540
33	544	548	552	556	560	564	567	571	575	579
34	582	587	590	594	598	602	605	609	613	617
0,35	2,620	2,624	2,628	2,631	2,635	2,639	2,643	2,646	2,650	2,654
36	658	661	665	668	672	676	679	683	687	691
37	694	698	701	705	709	712	716	719	723	726
38	730	734	738	741	745	748	752	755	759	762
39	766	769	773	777	780	784	787	791	794	798
0,40	2,801	2,804	2,808	2,812	2,815	2,819	2,822	2,826	2,829	2,832
41	836	839	843	846	850	853	857	860	863	867
42	870	874	877	880	881	887	891	894	897	901
43	904	908	911	914	918	921	924	928	931	935
44	938	941	944	948	951	954	958	961	964	968
0,45	2,971	2,975	2,978	2,981	2,984	2,987	2,991	2,994	2,997	3,001
46	3,005	3,007	3,010	3,013	3,017	3,020	3,023	3,027	3,030	033
47	037	040	043	046	049	052	056	059	062	065
48	069	072	075	078	081	084	087	091	094	097
49	100	103	106	110	113	116	119	122	126	129

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.

Αριθμητικές τιμές της σχέσεως $h = V^2/2g$, όπου: V σε m/sec, $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ και h σε m από 0 ως 5 m/sec.

V m/s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	001	001	001	001	001	001	001	001	001	002
2	002	002	002	003	003	003	003	004	004	004
3	005	005	005	006	006	006	007	007	007	008
4	008	009	009	009	010	010	011	011	012	012
0,5	0,013	0,013	0,014	0,014	0,015	0,015	0,016	0,017	0,017	0,018
6	018	019	020	020	021	022	022	023	024	024
7	025	026	026	027	028	029	030	030	031	032
8	033	033	034	035	036	037	038	039	040	040
9	041	042	043	044	045	046	047	048	049	050
1,0	0,051	0,052	0,054	0,054	0,055	0,056	0,057	0,058	0,060	0,061
1	062	063	064	065	066	067	069	070	071	072
2	073	075	076	077	078	080	081	082	084	085
3	086	088	089	090	092	093	094	096	097	098
4	100	101	103	104	106	107	109	110	112	113
1,5	0,115	0,116	0,118	0,119	0,121	0,123	0,124	0,126	0,127	0,129
6	131	132	134	135	137	139	141	142	144	146
7	147	149	151	153	154	156	158	160	162	163
8	165	167	169	171	173	175	176	178	180	182
9	184	186	188	190	192	194	196	198	200	202
2,0	0,204	0,206	0,208	0,210	0,212	0,214	0,216	0,218	0,221	0,223
1	225	227	229	231	233	236	238	240	242	244
2	247	249	251	254	256	258	260	263	265	267
3	270	272	274	277	279	282	284	286	289	291
4	294	296	299	301	303	306	309	311	314	316
2,5	0,319	0,321	0,324	0,326	0,329	0,332	0,334	0,337	0,339	0,342
6	345	347	350	353	355	358	360	363	366	369
7	372	374	377	380	383	386	388	391	394	397
8	400	403	405	408	411	414	417	420	423	426
9	429	432	435	438	441	444	447	450	453	456
3,0	0,459	0,462	0,465	0,468	0,471	0,474	0,477	0,480	0,484	0,487
1	490	493	496	499	503	506	509	512	516	519
2	522	525	529	532	535	538	542	545	548	551
3	555	559	562	565	569	572	576	579	582	586
4	589	593	596	600	603	607	610	614	617	621
3,5	0,624	0,628	0,632	0,635	0,639	0,642	0,646	0,650	0,653	0,656
6	661	664	668	672	675	679	683	687	690	694
7	698	702	705	709	713	717	721	725	728	732
8	736	740	744	748	752	756	760	763	767	771
9	775	779	783	787	791	795	799	803	807	812
1,0	0,816	0,820	0,824	0,828	0,832	0,836	0,840	0,844	0,849	0,853
1	857	861	865	870	874	878	882	886	891	895
2	899	904	908	912	916	921	925	929	934	938
3	943	947	951	956	960	965	969	973	978	982
4	987	991	996	1,000	1,005	1,009	014	1,019	1,023	1,028
4,5	1,032	1,037	1,041	1,046	1,051	1,055	1,060	1,065	1,069	1,074
8	079	083	088	093	097	102	107	112	116	121
7	126	131	136	140	145	150	155	160	165	170
8	174	179	184	189	194	199	204	209	214	219
9	224	229	234	239	244	249	254	259	264	269

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.

Αριθμητικές πιμές των δυνάμεων του αριθμού $N^{3/2}$ για πιμές του N από το 0 ως 0,5.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006	0,0007	0,0009
01	0010	0012	0013	0015	0017	0018	0020	0022	0024	0026
02	0028	0030	0033	0035	0037	0040	0042	0044	0047	0049
03	0052	0055	0057	0060	0063	0065	0068	0071	0074	0077
04	0080	0083	0086	0089	0092	0095	0099	0102	0105	0108
0,05	0,0112	0,0115	0,0119	0,0122	0,0125	0,0129	0,0132	0,0136	0,0140	0,0143
06	0147	0151	0154	0158	0162	0166	0170	0173	0177	0181
07	0185	0189	0193	0197	0201	0205	0210	0214	0218	0222
08	0226	0231	0235	0239	0243	0248	0252	0257	0261	0265
09	0270	0275	0279	0284	0288	0293	0297	0302	0307	0312
0,10	0,0316	0,0321	0,0326	0,0331	0,0335	0,0340	0,0345	0,0350	0,0355	0,0360
11	0365	0370	0375	0380	0385	0390	0395	0400	0405	0411
12	0416	0421	0426	0431	0436	0442	0447	0452	0458	0463
13	0469	0474	0480	0485	0491	0496	0502	0507	0513	0518
14	0524	0529	0535	0541	0546	0552	0558	0564	0569	0575
0,115	0,0581	0,0587	0,0593	0,0598	0,0604	0,0610	0,0616	0,0622	0,0628	0,0634
16	0640	0646	0652	0658	0664	0670	0678	0682	0688	0695
17	0701	0707	0713	0720	0726	0732	0738	0745	0751	0757
18	0764	0770	0776	0783	0789	0796	0802	0809	0815	0822
19	0828	0835	0841	0848	0854	0861	0868	0874	0881	0888
0,20	0,0894	0,0901	0,0908	0,0915	0,0921	0,0928	0,0935	0,0942	0,0949	0,0955
21	0962	0969	0976	0983	0990	0997	1004	1011	1018	1025
22	1032	1039	1046	1053	1060	1067	1074	1081	1089	1096
23	1103	1110	1118	1125	1132	1139	1146	1154	1161	1168
24	1176	1183	1191	1198	1205	1213	1220	1228	1235	1243
0,25	0,1250	0,1258	0,1265	0,1273	0,1280	0,1288	0,1295	0,1303	0,1311	0,1318
26	1326	1333	1341	1349	1356	1364	1372	1380	1387	1395
27	1403	1411	1419	1426	1434	1442	1450	1458	1466	1474
28	1482	1490	1498	1506	1514	1522	1530	1538	1546	1554
29	1562	1570	1578	1586	1594	1602	1611	1619	1627	1635
0,330	0,1643	0,1652	0,1660	0,1668	0,1676	0,1684	0,1693	0,1701	0,1709	0,1718
31	1726	1734	1743	1751	1760	1768	1776	1785	1793	1802
32	1810	1819	1827	1836	1844	1853	1861	1870	1879	1887
33	1896	1904	1913	1922	1930	1939	1948	1956	1965	1974
34	1983	1991	2000	2009	2018	2026	2035	2044	2053	2062
0,35	0,2071	0,2080	0,2089	0,2097	0,2106	0,2115	0,2124	0,2133	0,2142	0,2151
.36	2160	2169	2178	2187	2196	2205	2214	2223	2232	2242
37	2251	2260	2269	2278	2287	2296	2306	2315	2324	2333
38	2342	2352	2361	2370	2380	2389	2398	2408	2417	2426
39	2436	2445	2454	2464	2473	2483	2492	2501	2511	2520
0,40	0,2530	0,2539	0,2549	0,2558	0,2568	0,2578	0,2587	0,2597	0,2606	0,2616
41	2625	2635	2645	2654	2664	2674	2683	2693	2703	2712
42	2722	2732	2741	2751	2761	2771	2781	2790	2800	2810
43	2820	2830	2840	2849	2859	2869	2879	2889	2899	2909
44	2919	2929	2939	2949	2959	2969	2979	2989	2999	3009
0,45	0,3019	0,3029	0,3039	0,3049	0,3059	0,3069	0,3079	0,3089	0,3100	0,3110
46	3120	3130	3140	3150	3161	3171	3181	3191	3202	3212
47	3222	3232	3243	3253	3263	3274	3284	3294	3305	3315
48	3325	3336	3346	3357	3367	3378	3388	3399	3409	3420
49	3430	3441	3451	3462	3472	3483	3493	3504	3514	3525

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.

Αριθμητικές τιμές των δυνάμεων του αριθμού $N^{\delta/2}$ για τιμές του N από 0 ως 0,5.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
01	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
02	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001
03	0001	0001	0002	0002	0002	0002	0002	0003	0003	0003
04	0003	0003	0004	0004	0004	0004	0005	0005	0005	0005
0,05	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0007	0,0007	0,0007	0,0008	0,0008	0,0008
06	0009	0009	0010	0010	0010	0011	0011	0012	0012	0013
07	0013	0013	0014	0014	0015	0015	0016	0016	0017	0018
08	0018	0019	0019	0020	0020	0021	0022	0022	0023	0024
09	0024	0025	0026	0026	0027	0028	0029	0029	0030	0031
0,10	0,0032	0,0032	0,0033	0,0034	0,0035	0,0036	0,0037	0,0037	0,0038	0,0039
11	0040	0041	0042	0043	0044	0045	0046	0047	0048	0049
12	0050	0051	0052	0053	0054	0055	0056	0057	0059	0060
13	0061	0062	0063	0065	0066	0067	0068	0069	0071	0072
14	0073	0075	0076	0077	0079	0080	0081	0083	0084	0086
0,15	0,0087	0,0089	0,0090	0,0092	0,0093	0,0095	0,0096	0,0098	0,0099	0,0101
16	0102	0104	0106	0107	0109	0111	0112	0114	0116	0117
17	0119	0121	0123	0124	0126	0128	0130	0132	0134	0136
18	0137	0139	0141	0143	0145	0147	0149	0151	0153	0155
19	0157	0159	0162	0164	0166	0168	0170	0172	0174	0177
0,20	0,0179	0,0181	0,0183	0,0186	0,0188	0,0190	0,0193	0,0195	0,0197	0,0200
21	0202	0205	0207	0209	0212	0214	0217	0219	0222	0224
22	0227	0230	0232	0235	0237	0240	0243	0246	0248	0251
23	0254	0256	0259	0262	0265	0268	0271	0273	0276	0279
24	0282	0285	0288	0291	0294	0297	0300	0303	0306	0309
0,25	0,0312	0,0316	0,0319	0,0322	0,0325	0,0328	0,0332	0,0335	0,0338	0,0341
26	0345	0348	0351	0355	0358	0362	0365	0368	0372	0375
27	0379	0382	0386	0389	0393	0397	0.00	0404	0407	0411
28	0415	0419	0422	0426	0430	0434	0437	0441	0445	0449
29	0453	0457	0461	0465	0469	0473	0477	0481	0485	0489
030	0,0493	0,0497	0,051	0,0505	0,0510	0,0514	0,0518	0,0522	0,0526	0,0531
31	0535	0539	0544	0548	0552	0557	0561	0566	0570	0575
32	0579	0584	0588	0593	0598	0602	0607	0611	0616	0621
33	0626	0630	0635	0640	0645	0650	0654	0659	0664	0669
34	0674	0679	0684	0689	0694	0699	0704	0709	0714	0720
0,35	0,0752	0,0730	0,0735	0,0740	0,0746	0,0751	0,0756	0,0762	0,0767	0,0772
36	0778	0783	0788	0794	0799	0805	0810	0816	0822	0827
37	0833	0838	0844	0850	0855	0861	0867	0873	0878	0884
38	0890	0896	0902	0908	0914	0920	0926	0932	0938	0944
39	0950	0956	0962	0968	0974	0981	0987	0993	0999	1006
0,40	0,1012	0,1018	0,1025	0,1031	0,1037	0,1044	0,1050	0,1057	0,1063	0,1070
41	1076	1083	1090	1096	1103	1109	1116	1123	1130	1136
42	1143	1150	1157	1164	1171	1178	1184	1191	1198	1205
43	1212	1220	1227	1234	1241	1248	1255	1262	1270	1277
44	1284	1292	1299	1306	1314	1321	1328	1336	1343	1351
0,45	0,1358	0,1366	0,1374	0,1381	0,1389	0,1396	0,1404	0,1412	0,1420	0,1427
46	1435	1443	1451	1459	1467	1474	1482	1490	1498	1506
47	1514	1522	1531	1539	1547	1555	1563	1571	1580	1588
48	1596	1605	1613	1621	1630	1638	1647	1655	1664	1672
49	1681	1689	1698	1707	1715	1724	1733	1741	1750	1759

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.

Αριθμητικές πινές των δυνάμεων του αριθμού $N^{2/3}$ για τιμές του N από 0 ως 5.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,000	0,046	0,074	0,097	0,117	0,136	0,153	0,170	0,186	0,201
1	215	229	243	256	269	282	295	307	319	331
2	324	353	364	375	386	397	407	418	428	438
3	448	458	468	477	487	497	506	515	525	534
4	543	552	561	570	578	587	596	604	613	622
0,5	0,630	0,638	0,647	0,655	0,663	0,671	0,679	0,687	0,695	0,703
6	711	719	727	735	743	750	758	765	773	781
7	788	796	803	811	818	825	832	840	847	855
8	862	869	876	883	890	897	904	911	918	925
9	932	939	946	953	960	966	973	980	987	993
1,0	1.000	1.007	1.013	1.020	1.027	1.033	1.040	1.046	1.053	1.059
1	065	072	078	085	091	097	104	110	117	123
2	129	136	142	148	154	160	167	173	179	185
3	191	197	203	209	215	221	227	233	239	245
4	251	257	263	269	275	281	287	293	299	305
1,5	1.310	1.316	1.322	1.328	1.334	1.339	1.345	1.351	1.357	1.362
6	368	374	379	385	391	396	402	408	413	419
7	424	430	436	441	447	452	458	463	469	474
8	480	485	491	496	502	507	513	518	523	529
9	534	539	545	550	556	561	566	571	577	582
2,0	1.587	1.593	1.598	1.603	1.608	1.613	1.619	1.621	1.629	1.634
1	639	645	650	655	660	665	671	676	681	686
2	691	697	702	707	712	717	722	727	732	737
3	742	747	752	757	762	767	772	777	782	787
4	792	797	802	807	812	817	822	827	832	837
2,5	1.842	1.847	1.852	1.857	1.862	1.867	1.871	1.876	1.881	1.886
6	891	.896	900	905	910	915	920	925	929	934
7	939	944	949	953	958	963	968	972	977	982
8	987	992	996	2.001	2.006	2.010	2.015	2.020	2.024	2.029
9	3.034	2.038	2.043	048	052	057	062	066	071	075
3,0	2.080	2.085	2.089	2.094	2.099	2.103	2.108	2.112	2.117	2.122
1	126	131	135	140	144	149	153	158	163	167
2	172	176	180	185	190	194	199	203	208	212
3	217	221	226	230	234	239	243	248	252	257
4	261	265	270	274	279	283	288	292	296	301
3,5	2.305	2.310	2.314	2.318	2.323	2.327	2.331	2.336	2.340	2.345
6	349	353	358	362	366	371	375	379	384	388
7	392	397	401	405	409	414	418	422	427	431
8	435	439	444	448	452	457	461	465	469	474
9	478	482	486	490	495	499	503	507	511	516
4,0	2.520	2.524	2.528	2.532	2.537	2.541	2.545	2.549	2.553	2.558
1	562	566	570	574	579	583	587	591	595	599
2	603	607	611	616	620	624	628	632	636	640
3	644	648	653	657	661	665	669	673	677	681
4	685	689	693	698	702	706	710	714	718	722
4,5	2.726	2.730	2.734	2.738	2.742	2.746	2.750	2.754	2.758	2.762
6	766	770	774	778	782	786	790	794	798	802
7	806	810	814	818	822	826	830	834	838	842
8	846	850	854	858	862	865	869	873	877	881
9	885	889	893	897	901	904	908	912	916	920

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.
Επιφάνεια κύκλου διαμέτρου D.

$$E = \pi \frac{D^2}{4}$$

Διάμετρος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006
1	008	010	011	013	015	018	020	023	025	028
2	031	035	038	042	045	049	053	057	062	066
3	071	075	080	086	091	096	102	108	1134	119
4	126	132	139	145	152	139	166	173	181	189
0,5	0,196	0,204	0,212	0,221	0,229	0,238	0,246	0,233	0,264	0,273
6	283	292	302	312	322	332	342	353	363	374
7	385	396	407	419	430	442	454	466	478	490
8	503	515	528	541	554	567	581	594	608	622
9	636	650	665	679	694	709	724	739	754	770
1,0	0,785	0,801	0,817	0,833	0,849	0,866	0,882	0,899	0,916	0,933
1	0,950	0,968	0,985	1,003	1,021	1,039	1,057	1,075	1,094	1,112
2	1,131	1,150	1,169	1,188	1,208	1,227	1,247	1,267	1,287	1,307
3	1,327	1,348	1,368	1,389	1,410	1,431	1,453	1,474	1,496	1,517
4	1,539	1,561	1,584	1,666	1,629	1,651	1,674	1,697	1,720	1,744
1,5	1,767	1,791	1,815	1,839	1,863	1,887	1,911	1,936	1,961	1,986
6	2,011	2,036	2,061	2,087	2,112	2,138	2,164	2,190	2,217	2,243
7	2,270	2,297	2,324	2,351	2,378	2,405	3,433	2,461	2,488	2,516
8	2,545	2,573	2,602	2,630	2,659	2,688	3,717	2,746	2,776	2,806
9	2,835	2,865	2,895	2,926	2,956	2,986	3,017	3,048	3,079	3,110
2,0	3,142	3,173	3,205	3,237	3,269	3,301	3,333	3,365	3,398	3,431
1	3,464	3,497	3,530	3,563	3,597	3,631	3,664	3,698	3,733	3,767
2	3,801	3,836	3,871	3,900	3,941	3,976	4,011	4,047	4,083	4,119
3	4,155	4,191	4,227	4,264	4,301	4,337	4,374	4,412	4,449	4,486
4	4,524	4,562	4,600	4,638	4,676	4,714	4,753	4,792	4,831	4,870
2,5	4,909	4,948	4,988	5,027	5,067	5,107	5,147	5,187	5,228	5,269
6	5,309	5,350	5,391	5,433	5,474	5,515	5,557	5,599	5,641	5,683
7	5,726	5,768	5,811	5,853	5,896	5,940	5,983	6,026	6,070	6,114
8	6,158	6,202	6,246	6,290	6,335	6,379	6,424	6,469	6,514	6,560
9	6,605	6,651	6,697	6,743	6,789	6,835	6,881	6,928	6,975	7,022
3,0	7,069	7,116	7,163	7,211	7,258	7,306	7,354	7,402	7,451	7,499
1	7,548	7,596	7,645	7,694	7,744	7,793	7,843	7,892	7,942	7,992
2	8,042	8,093	8,143	8,194	8,245	8,296	8,347	8,398	8,450	8,501
3	8,553	8,605	8,657	8,709	8,762	8,814	8,867	8,920	8,973	9,026
4	9,079	9,133	9,186	9,240	9,294	9,348	9,402	9,457	9,511	9,566
3,5	9,62	9,68	9,73	9,79	9,84	9,90	9,95	10,01	10,07	10,12
6	10,18	10,24	10,29	10,35	10,41	10,46	10,52	10,58	10,64	10,69
7	10,75	10,81	10,87	10,93	10,99	11,04	11,10	11,16	11,22	11,28
8	11,34	11,40	11,46	11,52	11,58	11,64	11,70	11,76	11,82	11,88
9	11,95	12,01	12,07	12,13	12,19	12,25	12,32	12,38	12,44	12,50
4,0	12,57	12,63	12,69	12,76	12,82	12,88	12,95	13,01	13,07	13,14
1	13,20	13,27	13,33	13,40	13,46	13,53	13,59	13,66	13,72	13,79
2	13,85	13,92	13,99	14,05	14,12	14,19	14,25	14,32	14,39	14,45
3	14,52	14,59	14,66	14,73	14,79	14,86	14,93	15,00	15,07	15,14
4	15,21	15,27	15,34	15,41	15,48	15,35	15,62	15,69	15,76	15,83
4,5	15,90	15,98	16,05	16,12	16,19	16,26	16,33	16,40	16,47	16,55
6	16,62	16,69	16,76	16,84	16,91	16,98	17,06	17,13	17,20	17,28
7	17,35	17,42	17,50	17,57	17,65	17,72	17,80	17,87	17,95	18,02
8	18,10	18,17	18,25	18,32	18,40	18,47	18,55	18,63	18,70	18,78
9	18,86	18,93	19,01	19,09	19,17	19,24	19,32	19,40	19,48	19,56

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.

$$\frac{1}{C^2} \quad \text{πηκές των } C \text{ και } \frac{1}{C^2} \quad \text{που τίμου του Chazy.}$$

δισού: $V = \text{πολύτηρα}, C = \text{συντελεσθής Chazy}, R = \text{υδραυλική απότινα}, j = \text{κλίση γραμμής ενέργειας}.$

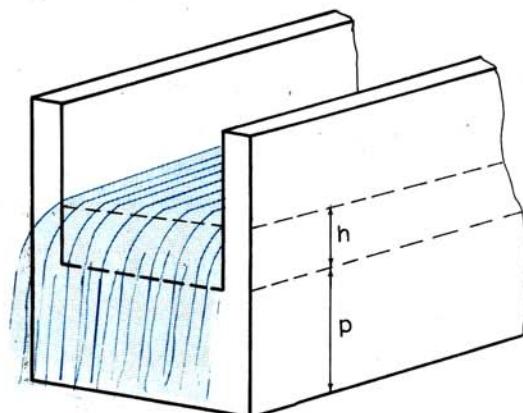
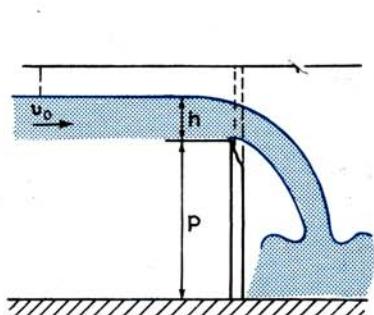
$$V = C \sqrt{Rj}, \quad j = \frac{V^2}{C^2 R}$$

C	1/C ²	C	1/C ²						
15	0,0044	30	0,00111	45	0,00049	60	0,00028	80	0,000156
16	0,0039	31	0,00104	46	0,00047	61	0,00027	82	0,000149
17	0,0035	32	0,00098	47	0,00045	62	0,00026	84	0,000142
18	0,0031	33	0,00092	48	0,00043	63	0,00025	86	0,000135
19	0,0028	34	0,00086	49	0,00042	64	0,00024	88	0,000129
20	0,0025	35	0,00081	50	0,00040	65	0,000240	90	0,000123
21	0,0023	36	0,00077	51	0,00039	66	0,000230	92	0,000118
22	0,0021	37	0,00073	52	0,00037	67	0,000223	94	0,000113
23	0,0019	38	0,00069	53	0,00036	68	0,000216	96	0,000108
24	0,0017	39	0,00066	54	0,00034	69	0,000209	98	0,000104
25	0,00160	40	0,00062	55	0,00033	70	0,000204	100	0,000100
26	0,00148	41	0,00059	56	0,00032	72	0,000193	110	0,000093
27	0,00137	42	0,00057	57	0,00031	74	0,000182	120	0,000090
28	0,00128	43	0,00054	58	0,00030	76	0,000172	130	0,000089
29	0,00119	44	0,00051	59	0,00029	78	0,000163	140	0,000081

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.

$$\text{Τιμές της ποσότητας } 2\mu/3 \text{ του τύπου } Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \text{ ορθογωνικού εκχειλιστή χωρίς πλευρική συμβολή κατά Rehbock συναρτήσει του ύψους } p \text{ του εκχειλιστή σε } m \text{ και του φορτίου } h \text{ σε } m.$$

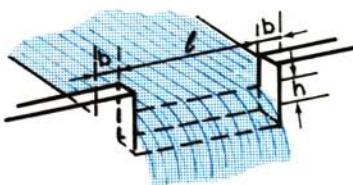
p_m/h_m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	3,0
0,02	0,451	0,448	0,446	0,445	0,444	0,444	0,443	0,443	0,443
0,04	443	432	428	427	425	424	423	422	422
0,06	447	430	426	423	420	419	418	417	416
0,08	455	433	426	423	422	417	416	414	413
0,10	464	437	428	424	419	417	416	413	412
0,12	0,472	0,441	0,430	0,425	0,419	0,417	0,415	0,412	0,411
14	483	445	433	427	420	417	416	413	411
16	493	450	436	429	422	418	416	412	410
18	504	456	440	431	423	419	417	412	410
20	513	460	442	433	425	420	416	412	410
0,22		0,466	0,447	0,436	0,426	0,421	0,417	0,412	0,410
24		470	449	439	427	422	419	413	410
26		475	452	439	429	421	420	413	410
28		481	456	443	431	425	421	414	411
30		486	459	446	432	426	422	414	411
0,32			0,462	0,448	0,434	0,427	0,422	0,414	0,411
34			466	451	435	428	423	414	411
36			467	453	437	429	424	415	412
38			473	456	439	430	425	415	412
40			476	458	441	432	426	416	412
0,45				0,464	0,445	0,435	0,429	0,417	0,413
50				471	449	438	431	418	414
55					454	442	434	419	414
60					458	444	436	420	415
65					462	447	439	421	415
0,70						0,466	0,451	0,442	0,423
75							454	444	424
80							457	447	425
									417-418



ΠΙΝΑΚΑΣ 10.

Παροχή σε l/sec με τον τύπο του Francis από ορθογωνικό εκχειλιστή με πλευρική συστολή
 $Q = 1,83 (l - 0,2h) h^{3/2}$, όπου: Q = παροχή σε m^3/sec , l = πλάτος του εκχειλιστή σε m , h = φορτίο στη στέψη του εκχειλιστή σε m , $b \approx 3h$.

h cm	$l = 0,5m$	$l = 1,0m$	$l = 1,5m$	Επί πλέον παροχή ανά μισό μέτρο πρόσθετου πλάτους	h cm	$l = 0,5m$	$l = 1,0m$	$l = 1,5m$	Επί πλέον παροχή ανά μισό μέτρο πρόσθετου πλάτους
2	2,5	5,1	7,6	2,5	26	108,7	230,1	351,4	121,3
3	4,7	9,4	14,2	4,8	27	114,5	242,8	371,2	128,4
4	7,2	14,5	21,8	7,3	28	120,7	256,0	391,6	135,6
5	10,0	20,3	30,5	10,2	29	126,3	269,2	412,1	144,9
6	13,1	26,6	40,0	13,4	30	132,3	282,7	433,0	150,3
7	16,5	33,4	50,4	17,0	31	138,4	296,3	454,3	158,0
8	20,0	40,7	61,4	20,7	32	144,4	310,0	475,6	165,6
9	23,8	48,5	73,2	24,7	33	150,6	324,1	497,6	173,5
10	27,7	56,6	85,5	28,9	34	156,8	338,2	519,7	181,5
11	31,9	65,3	98,7	33,4	35	163,0	352,5	542,0	189,5
12	36,2	74,3	112,3	38,0	36	169,2	366,8	564,5	197,7
13	40,7	83,0	126,5	42,9	37	175,5	381,4	587,4	200,0
14	45,3	93,2	141,2	48,0	38	181,7	396,0	610,3	214,3
15	50,0	103,1	156,3	53,2	39	188,1	411,0	633,9	222,9
16	54,8	113,4	171,9	58,5	40	194,5	426,0	657,5	231,5
17	59,8	123,9	188,1	64,2	41	200,8	441,0	681,2	240,2
18	64,9	134,8	204,7	69,9	42	207,2	456,3	705,3	249,0
19	70,0	145,7	221,5	75,8	43	213,7	471,7	929,8	258,1
20	75,3	157,1	238,9	81,8	44	220,1	487,2	754,3	207,1
21	80,6	168,6	256,6	88,0	45	226,5	502,8	779,0	276,2
22	86,1	180,6	275,0	94,4	46	233,0	518,5	804,0	285,5
23	91,6	192,5	293,4	100,9	47	239,4	534,2	829,0	293,8
24	97,3	204,9	312,5	107,6	48	245,8	550,1	854,3	304,2
25	103,0	217,4	331,8	114,4	49	252,3	566,0	879,8	313,8
					50	258,8	582,4	905,9	323,5



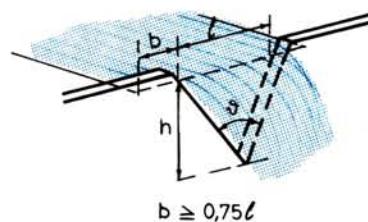
ΠΙΝΑΚΑΣ 11.

Παροχή σε l/sec με τον τύπο του Gorrie από τριγωνικό εκχειλιστή με πλευρική

$$\text{συστολή } Q = 1,32 \epsilon \phi \frac{\theta}{2} h^{2,47}$$

για $\theta = 90^\circ$ τότε $Q = 1,32 h^{2,47}$
 για $\theta = 60^\circ$ τότε $Q = 0,76 h^{2,47}$
 για $\theta = 45^\circ$ τότε $Q = 0,55 h^{2,47}$

Φορτίο hcm	Παροχή Q l/sec			Φορτίο hcm	Παροχή Q σε l/sec		
	$\theta = 90^\circ$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 45^\circ$		$\theta = 90^\circ$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 45^\circ$
2,0	0,08	0,05	0,04	20	24,8	14,3	10,3
2,5	0,15	0,08	0,06	21	28,0	16,1	11,7
3,0	0,23	0,13	0,10	22	31,4	18,1	13,1
3,5	0,33	0,19	0,14	23	35,0	20,2	14,6
4,0	0,47	0,27	0,19	24	38,9	22,4	16,2
4,5	0,62	0,36	0,26	25	43,0	24,8	17,9
5,0	0,81	0,46	0,34	26	47,4	27,3	19,7
5,5	1,02	0,59	0,43	27	52,0	29,9	21,7
6,0	1,27	0,73	0,53	28	56,9	32,7	23,7
6,5	1,54	0,89	0,64	29	62,1	35,7	25,9
7,0	1,86	1,07	0,77	30	67,5	38,9	28,1
7,5	2,20	1,27	0,92	32	79,1	45,6	33,0
8,0	2,56	1,49	1,07	34	91,9	52,9	38,3
8,5	3,00	1,73	1,25	36	105,8	60,9	44,1
9,0	3,45	1,98	1,44	38	120,9	69,6	50,4
10,0	4,48	2,58	1,86	40	137	79,0	57,2
11	5,66	3,26	2,37	42	155	89,2	64,5
12	7,02	4,04	2,92	44	173	100,0	72,4
13	8,55	4,92	3,56	46	194	112	80,7
14	10,28	5,92	4,28	48	215	124	89,8
15	12,18	7,24	5,07	50	238	137	99,3
16	14,28	8,22	5,95	52	262	151	109
17	16,58	9,55	6,91	54	288	166	120
18	19,10	11,00	7,96	56	315	181	131
19	21,85	12,58	9,10	58	343	198	143
				60	373	215	156



$$b \geq 0,75l$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.
Συντελεστές μετατροπής.

α. Μονάδων μήκους

Όνομασία	Σύμβολο	cm (1)	in (2)	ft (3)	yd (4)	m (5)	mi (6)	nmi (7)
Εκατοστά (1)	1	2,54	30,48	91,44	100	160,935	185,305	
Ίντσες (2)	0,3937	1	12	36	39,37	63,360	72,963	
Πόδες (3)	0,0328	0,08333	1	3	3,2803	5,280	6,080,2	
Γυάρδες (4)	0,01093	0,0278	0,3333	1	1,0936	1,760	2026,8	
Μέτρα (5)	0,01	0,0254	0,3048	0,9144	1	1609,3	1853,2	
Μίλια (6)	6,21 × 10 ⁻⁶	1,58 × 10 ⁻⁵	1,89 × 10 ⁻⁴	5,68 × 10 ⁻⁶	6,21 × 10 ⁻⁴	1	1,151	
Ναυτικά μίλια (7)	5,39 × 10 ⁻⁶	1,37 × 10 ⁻⁵	1,64 × 10 ⁻⁴	4,92 × 10 ⁻⁶	5,39 × 10 ⁻⁴	0,8684	1	

β. Μονάδων επιφάνειας

Όνομασία	Σύμβολο	in (1)	ft ² (2)	yd ² (3)	m ² (4)	ac (5)	ha (6)	mi ² (7)
Τετραγωνικές ίντσες (1)	1	144	1296	1550	6,272,640	155 × 10 ⁵	4014,489,600	
Τετραγωνικοί πόδες (2)	0,00694	1	9	10,76	43,560	107,639	27,878,400	
Τετραγωνικές γυάρδες (3)	7,716 × 10 ⁻⁴	0,1111	1	1,196	4840	11,960	3,097,600	
Τετραγωνικά μέτρα (4)	6,452 × 10 ⁻⁴	0,0929	0,8361	1	4047	10 ⁴	2,589,998	
Άκρ. (5)	1,594 × 10 ⁻⁷	2,296 × 10 ⁻⁵	2,066 × 10 ⁻⁴	2,471 × 10 ⁻⁴	1	2,471	640	
Εκτάρια (6)	6,452 × 10 ⁻⁸	9,29 × 10 ⁻⁶	8,361 × 10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	0,4047	1	259	
Τετραγωνικά μίλια (7)	2,491 × 10 ⁻¹⁰	2,587 × 10 ⁻⁸	3,228 × 10 ⁻⁷	3,861 × 10 ⁻⁷	1,563 × 10 ⁻³	3,861 × 10 ⁻³	X	

γ. Μονάδων σύκου

Όνομασία	Σύμβολο	in ³ (1)	l (2)	U.S.gal/ (3)	imp.gal/ (4)	ft ³ (5)
Κυβικές ίντσες (1)		1	61,0234	231	277,274	1728
Λίτρα (2)		0,016387	1	3,7854	4,5425	28,317
Αμερικανικά γαλόνια (3)		0,004329	0,26417	1	1,200	7,4805
Αυτοκρατορικά γαλόνια (4)		0,003607	0,22008	0,83311	1	6,2321
Κυβικοί πόδες (5)		$5,787 \times 10^{-4}$	0,03531	0,13368	0,16046	1

δ. Μονάδων παροχής σύκου

Όνομασία	Σύμβολο	l/sec (1)	U.S.gal/ sec (2)	imp.gal/ sec (3)	ac x ft/hrs. (4)	ft ³ /sec (5)
Λίτρα ανά δευτερόλεπτο (1)		1	3,785	4,542	14,276	28,317
Αμερ. γαλόνια ανά δευτ/πτο		0,2643	1	1,2	3,771	7,480
Αυτ. γαλόνια ανά δευτ/πτο (3)		0,2201	0,8333	1	3,142	6,232
Άκρ. x πόδας ανά ημέρα (4)		0,0700	0,2652	0,3183	1	1,99835
Κυβ. πόδες ανά δευτ/πτο (5)		0,0353	0,1337	0,1605	0,5042	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.
Φυσικές σταθερές του νερού (γυαλικού νερού).

Θερμοκρασία T °C	Ειδικό βάρος γ kp/m³	Πυκνότητα ρ kp.m⁻⁴.sec⁻²	Ιξώδες μ kp.m⁻².sec	Κινηματικό ίξωδες ν m²/sec		Επιφανειακή τάση σ kp/m	Τάση υδραγμών h _u m (νερό 4°C)
				Centostokes	(με τον αέρα)		
0	999,9	101,93	181 × 10⁻⁸	1,77 × 10⁻⁸	1,77	0,00771	0,062
4	1000,0	101,94	160 × 10⁻⁸	1,57 × 10⁻⁸	1,57	0,00763	0,083
10	999,7	101,91	134 × 10⁻⁸	1,31 × 10⁻⁸	1,31	0,00757	0,125
20	998,2	101,76	103 × 10⁻⁸	1,01 × 10⁻⁸	1,01	0,00743	0,239
30	995,7	101,50	84 × 10⁻⁸	0,83 × 10⁻⁸	0,82	0,00726	0,433
40	992,2	101,14	67 × 10⁻⁸	0,66 × 10⁻⁸	0,66	0,00710	0,753
50	988,1	100,72	56 × 10⁻⁸	0,55 × 10⁻⁸	0,55	0,00690	1,258
60	983,2	100,23	47 × 10⁻⁸	0,46 × 10⁻⁸	0,46	0,00676	2,033
80	971,8	99,06	37 × 10⁻⁸	0,37 × 10⁻⁸	0,37	0,00638	4,831
100	958,4	97,70	28 × 10⁻⁸	0,29 × 10⁻⁸	0,29	0,00600	10,333

Στους συνήθεις υδραυλικούς υπολογισμούς λαμβάνεται:
 $\gamma = \rho \cdot g = 1000 \text{ kp/m}^3, \rho = 102 \text{ kp m}^{-4} \text{ sec}, v = 1,01 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{sec}$.

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.
Μετατροπή μονάδων.

A = K₁B**B = K₂A**

Μονάδα Α	K ₁	K ₂	Μονάδα Β
Ταχύτητα	0,3048	3,2808	μέτρα ανά sec(m/sec)
μέτρα ανά min (m/min)	1,667	0,6	εκατοστά ανά sec (cm/sec)
χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h)	0,278	3,6	μέτρα ανά sec
μίλια ανά ώρα	1,609	0,621	χιλιόμετρα ανά ώρα
κόμβοι (ναυτ. μίλια ανά ώρα)	1,853	0,539	χιλιόμετρα ανά ώρα
Βάρος			
λίμπρα (lb)	0,45359	2,2046	kilopound (kp)
λίμπρα	32,174	$3,11 \times 10^{-2}$	poundals
λίμπρα	444820	$2,248 \times 10^{-2}$	δύνες
δύνη	$1,02 \times 10^{-3}$	981	pound
newton (10^6 dynes)	0,102	9,81	kilopound
μετρικός τόννος	1000	10^{-3}	kilopound
pound (p)	981	$1,02 \times 10^{-3}$	δύνες
Μάζα			
χιλιόγραμμο (kg)	0,102	9,81	μετρικές μονάδες μάζας
Ειδικό βάρος			
λίμπρα ανά κυβ. πόδα	15,710	$6,37 \times 10^{-2}$	δύνες ανά κυβ. εκατοστό
λίμπρα ανά κυβ. πόδα	16,02	$6,24 \times 10^{-2}$	kilopounds ανά κυβ. μέτρο
newton ανά κυβ. μέτρο	0,102	9,81	kilopounds ανά κυβ. μέτρο
Πυκνότητα			
χιλιόγραμμο ανά m ³	0,102	9,81	μετρικές μονάδες μάζας m ³
γραμμάριο ανά cm ³ (gr/cm ³)	1000	10^{-3}	χιλιόγραμμο ανά m ³
Πίεση			
bar, megabarye ή hectopieze	10^6	10^{-6}	δύνες/cm ²
millibar	10^{-3}	10^3	bar
bár	1,0197	0,9807	kilopounds/cm ²
ατμόσφαιρα	1,033	0,968	kp/cm ²
ατμόσφαιρα	10,33	0,0968	μέτρα νερού
ατμόσφαιρα	760	$1,316 \times 10^{-3}$	χιλιοστά υδραργύρου
χιλιοστά υδραργύρου	$13,6 \times 10^{-3}$	73,6	μέτρα νερού
μέτρα νερού	0,1	10	kp/cm ²
χιλιοστά υδραργύρου	$13,6 \times 10^{-4}$	735,6	kp/cm ²
λίμπρα ανά τετρ. πόδα	$0,488 \times 10^{-3}$	2049	kp/cm ²
λίμπρα ανά τετρ. ίντσα	0,0703	14,225	kp/cm ²

ΠΙΝΑΚΑΣ 14 [συνέχεια]
Μετατροπή μονάδων.

$$B = K_2 A$$

$$A = K_1 B$$

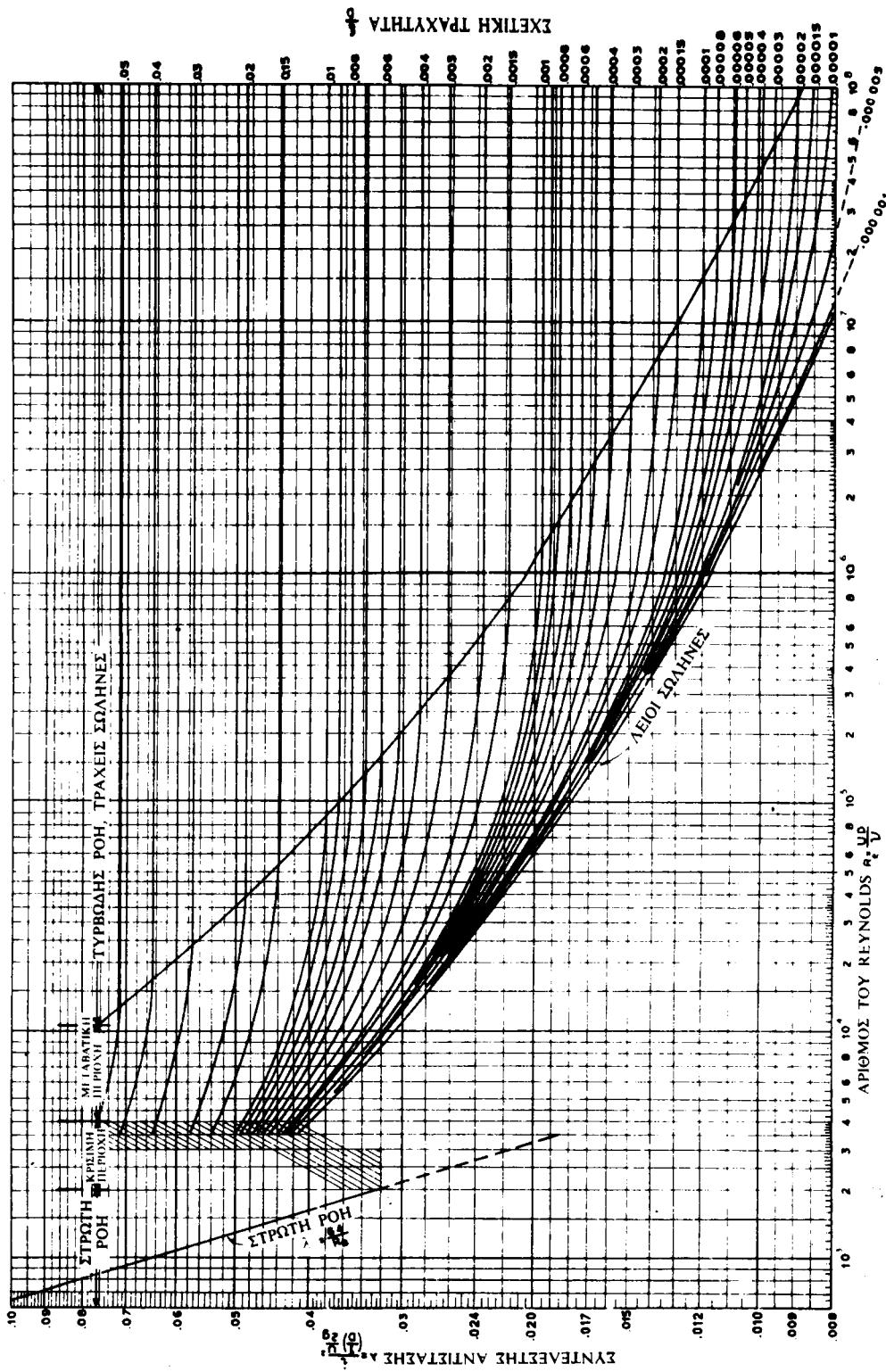
Μονάδα Α	K_1	K_2	Μονάδα Β
Ενέργεια			
χιλιογραμμόμετρο (kgm)	9,81	0,102	joule
χιλιογραμμόμετρο	$0,272 \times 10^{-6}$	$3,67 \times 10^8$	kwh
έργιο	10^{-7}	10^7	joule
calorie	0,102	2,342	χιλιογραμμόμετρα
Ισχύς			
HP	0,7456	1,341	kw
HP	1,014	0,986	CV
CV	0,736	1,36	kw
Mw	1000	0,001	kw
χιλιογραμμόμετρο/sec	0,0133	75	CV
έργιο ανά sec (erg/sec)	10^{-7}	10^7	watt (joule/sec)
watt (w)	0,102	9,81	kgm/sec
Δυναμική συνεκτικότητα			
lb. sec/ft ²	478,78	$2,09 \times 10^{-3}$	dyn. sec. cm ⁻² (poise)
lb. sec/ft ²	4,876	0,205	kp.sec.m ⁻²
poise	$1,02 \times 10^{-2}$	98	kp.sec.m ⁻²
Κινηματική συνεκτικότητα			
ft ² /sec	929,03	$1,08 \times 10^{-3}$	cm ² /sec (stokes)
ft ² /sec	0,0929	10,8	m ² /sec
Μέτρα γωνιών			
μοίρες (°)	1,1111	0,9	βαθμοί (grad)
λεπτά ('')	0,01852	54	grad
δευτερόλεπτα ('')	0,00031	3240	grad
μοίρες	0,01745	57296	ακτίνια (rad)
λεπτά	291×10^{-6}	3437,75	rad
δευτερόλεπτα	4848×10^{-8}	206264,8	rad
Γωνιακή ταχύτητα			
στροφές ανά ημέρα (t/ημ.)	$7,2722 \times 10^{-8}$	$1,375 \times 10^4$	rad/sec
στροφές ανά min (t/min)	$1,0472 \times 10^{-6}$	9,5493	rad/sec
στροφές ανά sec (t/sec)	6,2832	0,1592	rad/sec
μοίρες ανά sec (°/sec)	$1,7453 \times 10^{-2}$	57,2967	rad/sec
Γωνιακή επιτάχυνση			
t/sec ²	6,2832	0,1592	rad/sec ²
t/min ²	$1,7453 \times 10^{-3}$	572,967	rad/sec ²
t/min.sec	0,10472	9,5493	rad/sec ²
Χρόνος			
ημέρα	86400	$11,157 \times 10^{-6}$	sec
ημέρα	1440	$0,694 \times 10^{-3}$	min
χρόνος (365 ημέραι)	8760	$1,142 \times 10^{-4}$	ωρες

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.

**Χαρακτηριστικά αρδεύσεως εκτοξευτήρα σε συνάρτηση με τη διάμετρο του ακροφυσίου
και της πέσεως λειτουργίας
(Τύπος Σερρίς - σειρά 20A)**

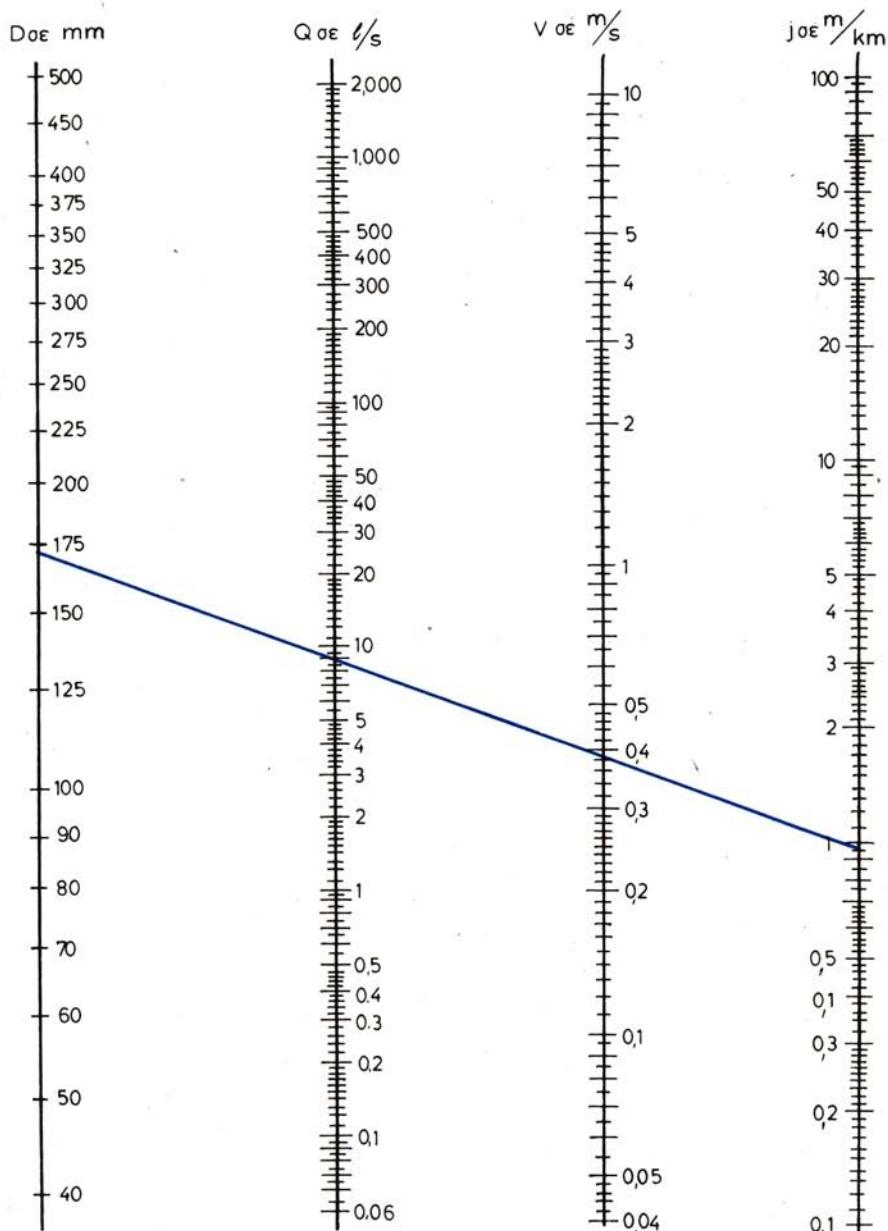
Διάμετρος του ακροφυσίου (mm)	Πίεση λειτουργίας kg/cm ²	Ακτίνα (m) για γωνία 7°	Παροχή για γωνία 20°	Παροχή m ³ /ώρα	'Ενταση βροχής για τις διατάξεις (m)	
					6 × 12	12 × 12
2,78	1,5	6,70	7,70	0,36	5,00	—
	2,0	7,00	8,20	0,42	5,85	—
	2,5	7,35	8,75	0,48	6,65	—
	3,0	7,70	9,15	0,52	7,20	—
	3,5	7,90	9,60	0,55	7,65	—
	1,5	6,80	7,80	0,46	6,40	3,20
3,17	2,0	7,20	8,45	0,54	7,50	3,75
	2,5	7,65	8,90	0,61	8,47	4,23
	3,0	8,10	9,30	0,67	9,05	4,52
	3,5	8,50	9,75	0,73	10,14	5,07
	1,5	7,10	8,00	0,59	8,19	4,05
	2,0	7,50	8,45	0,08	9,44	4,72
3,57	2,5	8,00	8,90	0,77	10,70	5,35
	3,0	8,40	9,35	0,85	11,80	5,90
	3,5	8,80	9,90	0,91	12,65	6,32
	1,5	7,40	8,20	0,72	10,00	5,00
	2,0	7,80	8,75	0,84	11,69	5,84
	2,5	8,30	9,20	0,94	13,05	6,53
3,96	3,0	8,70	9,60	1,03	14,30	7,15
	3,5	9,15	10,00	1,12	15,55	7,78
	1,5	7,70	8,40	0,87	12,10	6,85
	2,0	8,15	9,00	1,01	14,02	7,01
	2,5	8,60	9,50	1,14	15,84	7,92
	3,0	9,00	9,90	1,25	17,38	8,69
4,36	3,5	9,45	10,40	1,35	18,75	9,38
	1,5	8,00	8,70	1,02	14,19	7,09
	2,0	8,45	9,40	1,19	16,54	8,27
	2,5	8,90	9,80	1,31	18,20	9,10
	3,0	9,30	10,25	1,47	20,40	10,20
	3,5	9,75	10,70	1,60	22,20	11,10
4,76	1,5	8,30	9,00	1,20	16,70	8,35
	2,0	8,75	9,90	1,39	19,30	9,65
	2,5	9,20	10,40	1,56	21,64	10,82
	3,0	9,60	10,85	1,71	23,78	11,89
	3,5	10,00	11,30	1,86	25,82	12,91
	1,5	8,60	9,60	1,37	19,00	9,50
5,16	2,0	9,00	10,50	1,59	22,10	11,05
	2,5	9,50	11,00	1,78	24,73	12,36
	3,0	9,95	11,30	1,96	27,20	13,60
	3,5	10,40	11,60	2,13	29,60	14,80

ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ 1.
Διάγραμμα Moody



ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ 2.

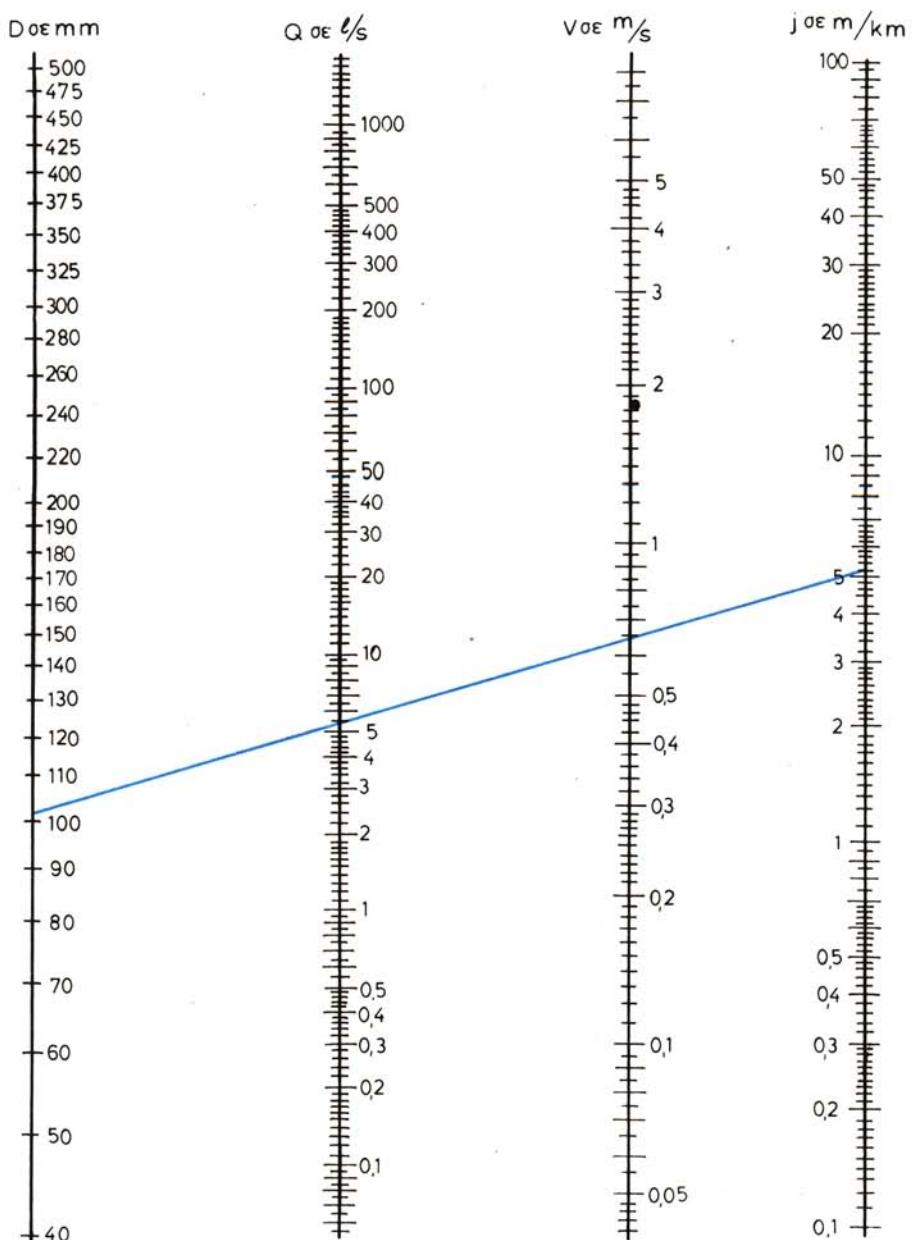
Αντιστοιχία μεταξύ διαμέτρου D , παροχής Q , ταχύτητας V και κλίσεως γραμμής ενέργειας j (απώλειες) μέσα σε αμιαντοσωλήνες κατά Scimemi.



Παράδειγμα: $D = 175 \text{ mm}$, $Q = 10 \text{ l/sec}$, $V = 0.41 \text{ m/sec}$ και $j = 1.0 \text{ m/km}$

ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ 3.

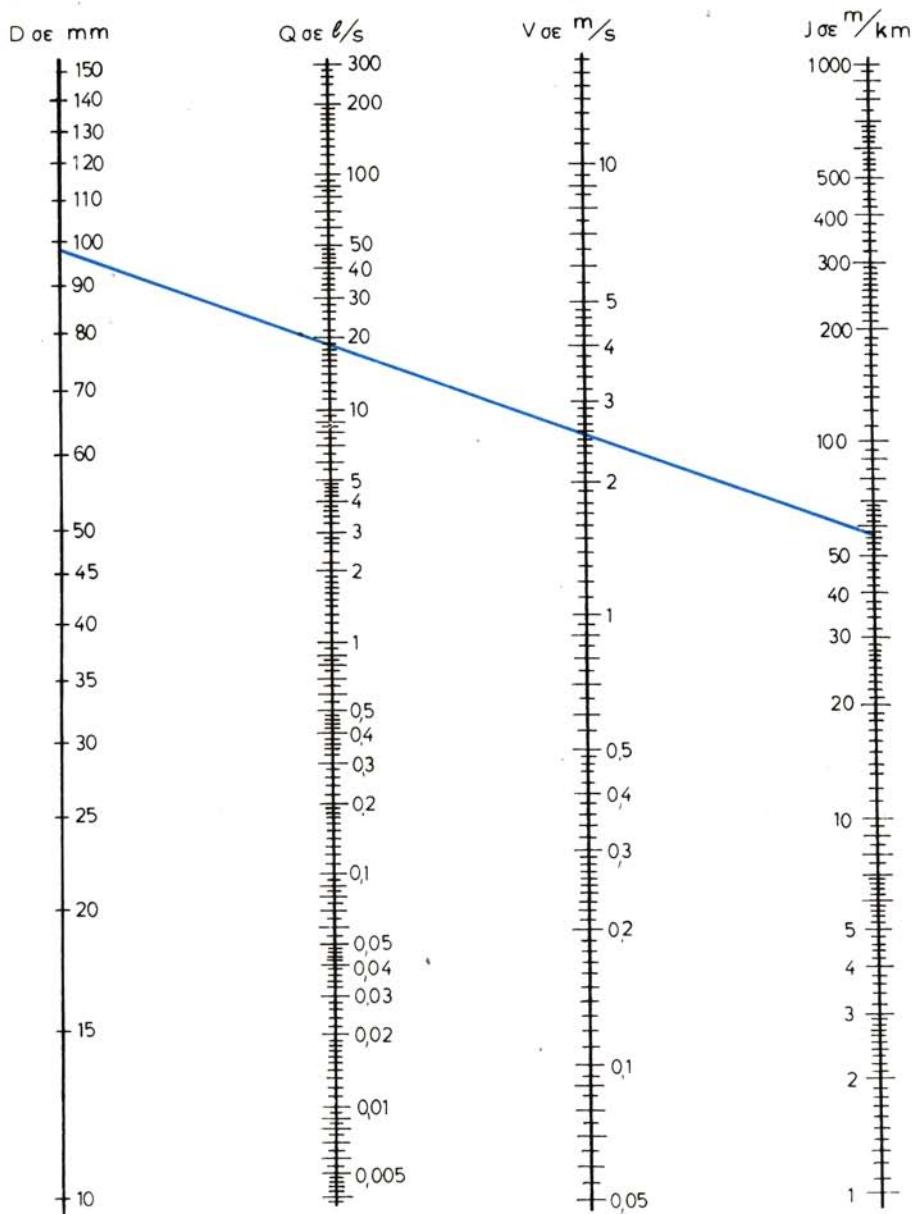
Αντιστοιχία μεταξύ διαμέτρου D , παροχής Q , ταχύτητας V και κλίσεως γραμμής ενέργειας j , (απώλειες σε καινούργιους σιδηροσαλήνες και συγκολλήσεις κατά Scimemi)



Παράδειγμα: $D = 100 \text{ mm}$, $Q = 5 \text{ l/sec}$, $V = 0.63 \text{ m/sec}$ και $j = 5 \text{ m/km}$.

ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ 4.

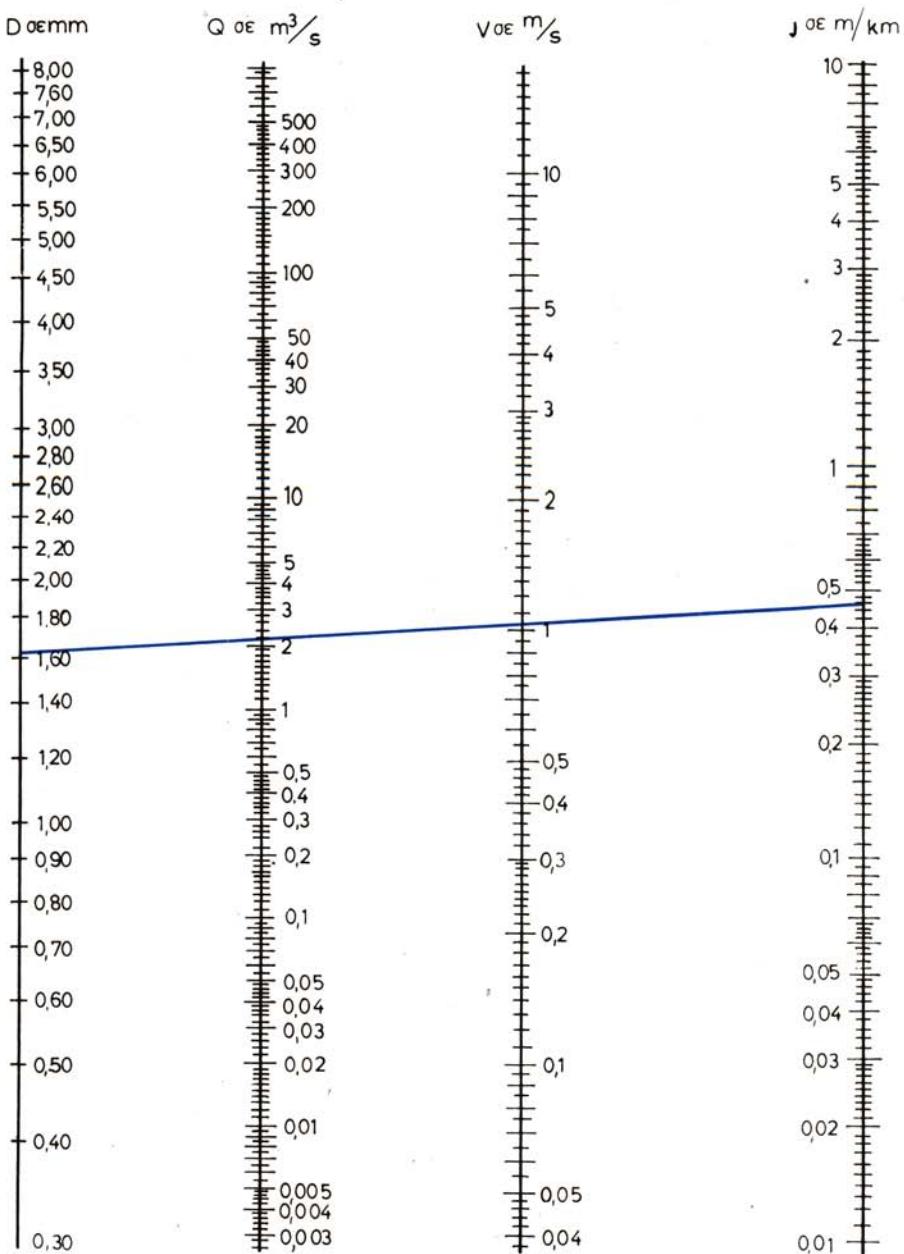
Αντιστοιχία μεταξύ διαμέτρου D , παροχής Q , ταχύτητας V και κλίσεως γραμμής ενέργειας j (απώλειες) μέσα σε σωλήνες από γαλβανοσιδηρο.



Παράδειγμα: $D = 100 \text{ mm}$, $Q = 20 \text{ l/sec}$, $V = 2.65 \text{ m/sec}$ και $j = 60 \text{ m/km}$

ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ 5.

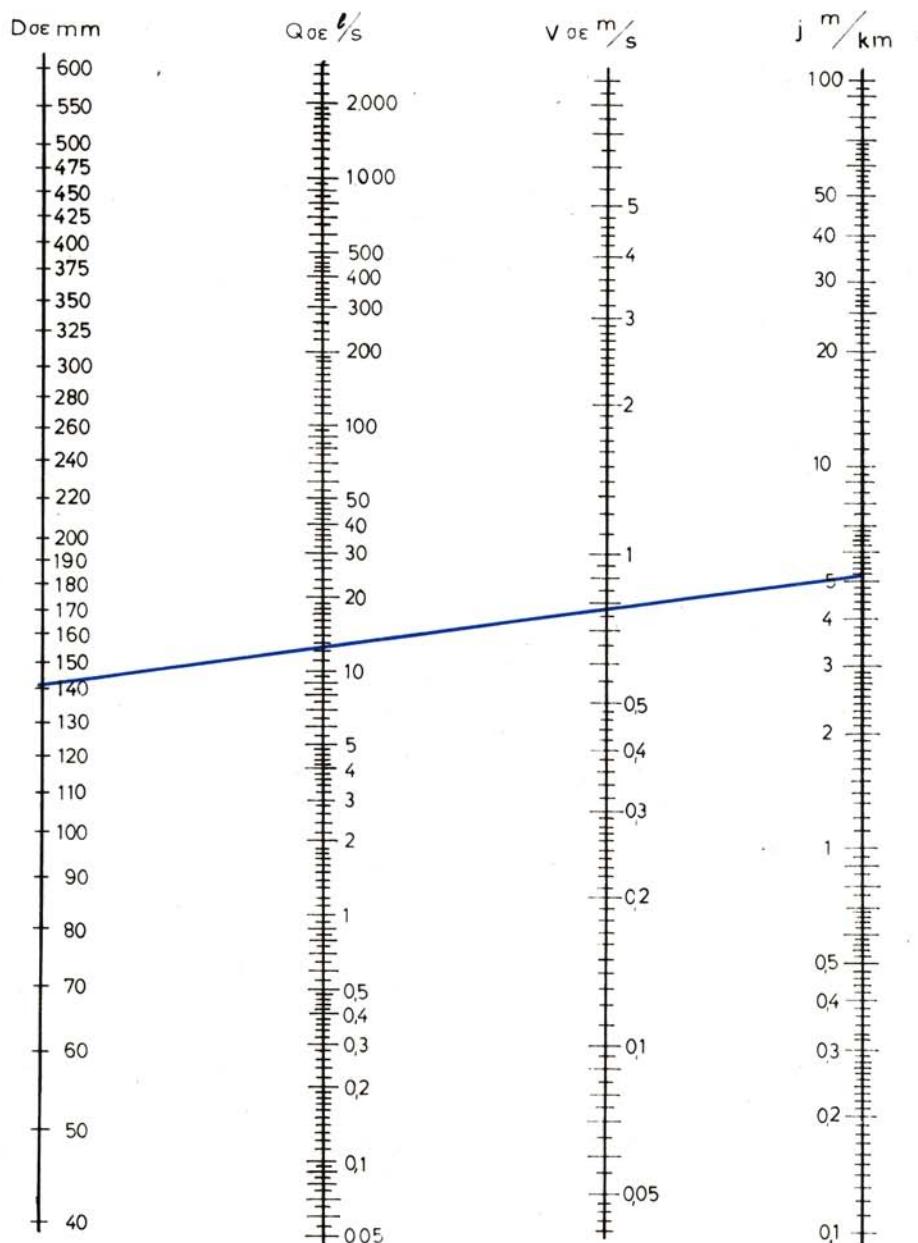
Αντιστοιχία μεταξύ διαμέτρου D , παροχής Q , ταχύτητας V και κλίσεως γραμμής ενέργειας j (απώλειες) μέσα σε σωλήνες από λειό μπετόν.



Παράδειγμα: $D = 1,6 \text{ m}$, $Q = 2 \text{ m}^3/\text{sec}$, $V = 1 \text{ m/sec}$ και $j = 0,42 \text{ m/km}$.

ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ 6.

Αντιστοιχία μεταξύ διαμέτρου D , παροχής Q , ταχύτητας V και κλίσεως γραμμής ενέργειας j (απώλειες μέσα σε καινούργιους σωλήνες από χυτοσίδηρο).

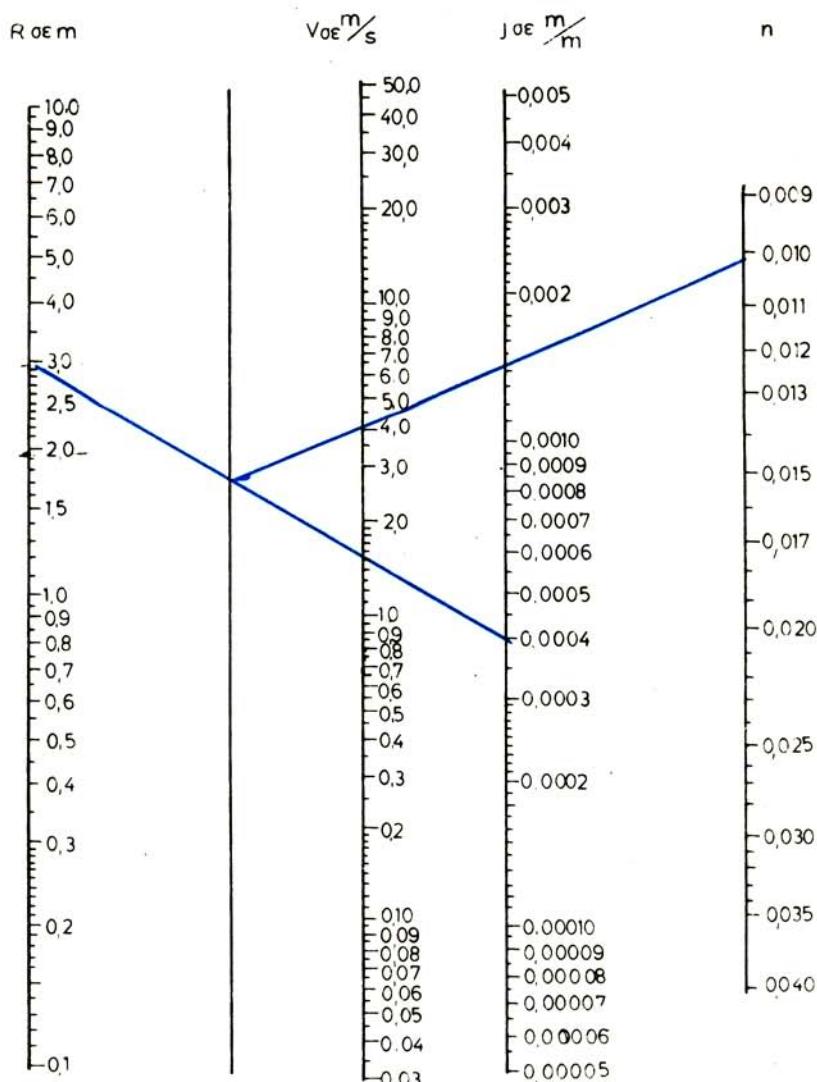


Παράδειγμα: $D = 1,40 \text{ mm}$, $Q = 12 \text{ l/sec}$, $V = 0,75 \text{ m/sec}$ και $j = 4,95 \text{ m/km}$.

ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ 7.

$$\text{Νομογράφημα εφαρμογής του τύπου Manning } V = \frac{1}{n} R^{2/3} j^{1/2} \text{ όπου: } V = \text{ταχύτητα, } n = \text{συν-}$$

τελεστής τραχύτητας κατά Manning και j = κλίση γραμμής ενέργειας.



Παράδειγμα: Δια $R = 3,0 \text{ m}$, $j = 0,0004$ και $n = 0,010$ έχουμε $V = 4,30 \text{ m/sec.}$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Βασικοί παράγοντες της αρδεύσεως

1.1	Έδαφος - Νερό - Φυτό - Βασικές σχέσεις	1
1.1.1	Φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους	1
1.1.2	Διάφορες καταστάσεις του νερού στο έδαφος	5
1.1.3	Συμπεριφορά του νερού μέσα στο έδαφος	6
1.1.4	Ποιότητα του νερού για άρδευση	15
1.1.5	Σχέσεις εδαφικής υγρασίας και αναπτύξεως των φυτών	20
1.2	Ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό	22
1.2.1	Βασικά στοιχεία για προσδιορισμό	22
1.2.2	Εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ) ή (ΕΤΡ)	22
1.2.3	Μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής	23
1.3	Ποσότητα και συχνότητα των αρδεύσεων	30
1.3.1	Αρδευτική περίοδος	30
1.3.2	Δόση, εύρος και διάρκεια αρδεύσεως	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Συστήματα εφαρμογής του αρδευτικού νεφρού στον αγρό

2.1	Επιφανειακή άρδευση	36
2.1.1	Επιφανειακή άρδευση με αυλάκια	36
2.1.2	Επιφανειακή άρδευση με λωρίδες μεταξύ παραλλήλων αναχωμάτων	47
2.1.3	Επιφανειακή άρδευση με κατάκλιση	53
2.2	Τεχνητή βροχή	57
2.2.1	Ορισμός	57
2.2.2	Περιγραφή και λειτουργία των σπουδαιοτέρων στοιχείων, ενός απλού στήματος τεχνητής βροχή	59
2.2.3	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αρδεύσεως με τεχνητή βροχή	86
2.3	Άρδευση με σταγόνες	88
2.3.1	Γενικά	88
2.3.2	Κύρια στοιχεία του συστήματος	89
2.3.3	Χαρακτηριστικά λειτουργίας του συστήματος	100
2.3.4	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της στάγην αρδεύσεως	101

2.4 Τάσεις και προοπτικές των συστημάτων αρδεύσεως	103
2.4.1 Επιφανειακή άρδευση	103
2.4.2 Τεχνητή βροχή	104
2.4.3 Άρδευση με σταγόνες	105
2.5 Κριτήρια επιλογής του κατάλληλου συστήματος αρδεύσεως	106
2.5.1 Κλίμα	106
2.5.2 Έδαφος	107
2.5.3 Είδος φυτού και τρόπος καλλιέργειας	107
2.5.4 Η διαθέσιμη ποσότητα και η ποιότητα νερού	108
2.5.5 Διαθέσιμο εργατικό και τεχνικό δυναμικό	109
2.5.6 Επίπεδο αναπτύξεως των αγροτών	110
2.5.7 Κόστος των διαφόρων συστημάτων αρδεύσεως	110

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Γενικές αρχές χαράξεως αρδευτικών δικτύων

3.1 Γενικά	111
3.2 Χάραξη αρδευτικών δικτύων	112
3.2.1 Χάραξη δικτύου επιφανειακής αρδεύσεως	112
3.2.2 Χάραξη δικτύου τεχνητής βροχής	118
3.2.3 Χάραξη δικτύων αρδεύσεως με σταγόνες	121

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Γενικές έννοιες

4.1 Γενικά	123
4.2 Τα σπουδαιότερα μειονεκτήματα των υγρών εδαφών	124
4.3 Επιπτώσεις στις καλλιέργειες	125
4.4 Αναγκαιότητα των στραγγίσεων - Πλεονεκτήματα	127
4.5 Αποτελέσματα	128

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Γενικές έννοιες για την κίνηση του νερού στο έδαφος

5.1 Γενικά	129
5.2 Υδατοπερατότητα	130
5.3 Νόμος του Darcy – Περιοχή ισχύος του Νόμου	131

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Μέτρηση της στάθμης του υπόγειου νερού

6.1 Γενικά	136
6.2 Φρεάτια παρατηρήσεως της στάθμης του υπόγειου νερού	136
6.3 Πιεζόμετρα	137
6.4 Διαγράμματα ισοσταθμικών και ισοβαθών καμπυλών	138

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Στραγγιστικά δίκτυα

7.1 Γενικά	141
7.2 Περιγραφή και λειτουργία των σπουδαιοτέρων στοιχείων των δικτύων	141
7.2.1 Τα αναχώματα	141
7.2.2 Οι τάφροι	143
7.2.3 Τα δραίνα	143
7.2.4 Το αντλιοστάσιο	146
7.3 Τυπικά σχήματα στραγγιστικών δικτύων	146
7.3.1 Γενικό σχήμα στραγγιστικού δικτύου	146
7.3.2 Τυπικό σχήμα στραγγιστικού δικτύου με τάφρους	149
7.3.3 Τυπικά σχήματα στραγγιστικών δικτύων με υπόγειους σωληνωτούς αγωγούς	149
7.4 Βάθος και ισαποχή αγωγών στραγγίσεως	153
7.4.1 Βάθος αγωγών στραγγίσεως	154
7.4.2 Ισαποχή των αγωγών στραγγίσεως	157
7.5 Γενικές αρχές χαράξεως στραγγιστικών δικτύων	159
7.5.1 Χάραξη τάφρων	159
7.5.2 Χάραξη υπογείων αγωγών	160
7.6 Στοιχεία τάφρων και δραίνων	161
7.6.1 Κλίσεις τάφρων και δραίνων και οριακές ταχύτητες της ροής του νερού που ρέει μέσα σ' αυτές	162
7.6.2 Κλίσεις των πρανών των τάφρων	163
7.6.3 Σχήμα και διαστάσεις των τάφρων	163
7.7 Κατασκευή και συντήρηση στραγγιστικών δικτύων	164
7.7.1 Κατασκευή τάφρων	164
7.7.2 Συντήρηση τάφρων και δραίνων	167

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

Συστηματοποίηση εδαφών

8.1 Γενικά	172
8.2 Συστηματοποίηση – Ισοπέδωση αρδευομένων εδαφών	172
8.2.1 Γενικά	172
8.2.2 Παράγοντες που πρέπει να μελετηθούν πριν από την ισοπέδωση	175
8.2.3 Κύρια στοιχεία μελέτης ισοπεδώσεως	176
8.3 Συστηματοποίηση επικλινών εδαφών	182
8.3.1 Γενικά	182
8.3.2 Συστηματοποίηση χωρίς αναβαθμίδες	182
8.3.3 Συστηματοποίηση με αναβαθμίδες	187

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Αλατούχα και αλκαλιωμένα εδάφη και βελτίωσή τους

9.1 Αλατούχα και αλκαλιωμένα εδάφη	196
9.1.1 Γενικά. Ορισμοί	196

9.1.2 Αλατούχα εδάφη	198
9.1.3 Μη αλατούχα - αλκαλιωμένα εδάφη	199
9.1.4 Αλατούχα - αλκαλιωμένα εδάφη	200
9.1.5 Τα αλατούχα και αλκαλιωμένα εδάφη και η βλάστηση	201
9.2 Βελτίωση των αλατούχων και αλκαλιωμένων εδαφών	202
9.2.1 Γενικά	202
9.2.2 Συνήθεις τεχνικές βελτίωσεις παθογενών, λόγω αλάτων εδαφών	203
9.3 Πρόληψη της αλατώσεως των εδαφών	210

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

·Υδατική και αιολική διάβρωση των εδαφών και μέτρα προστασίας

10.1 Γενικά	213
10.2 Υδατική διάβρωση	215
10.2.1 Οι μηχανισμοί της υδατικής διαβρώσεως	217
10.2.2 Ανθρώπινες δραστηριότητες και υδατική διάβρωση	221
10.2.3 Μορφές υδατικής διαβρώσεως του εδάφους	223
10.2.4 Τάξη μεγέθους όγκων μεταφερόμενων στερεών υλικών	225
10.2.5 Μέτρα προστασίας από την υδατική διάβρωση	226
10.3 Αιολική διάβρωση	231
10.3.1 Οι μηχανισμοί της αιολικής διαβρώσεως	237
10.3.2 Οι παράγοντες της αιολικής διαβρώσεως	238
10.3.3 Επιπτώσεις και τύποι αιολικής διαβρώσεως	238
10.3.4 Μέτρα προστασίας από την αιολική διάβρωση	239
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	
Βασικές γνώσεις γενικής υδραυλικής	243

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΤΕΝΙΔΟΥ

