

**ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
« Η ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ »**



ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΤΜΗΜΑ  
ΕΚΔΟΣΕΩΝ & ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: Καραθανάση Αγγελική  
ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: Λιναρδόπουλος Χρήστος  
Δημητρακόπουλος Άγγελος**

**ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2005**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Στο σημείο αυτό αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τους κυρίους, Δημητρακόπουλο Άγγελο, εργαστηριακό συνεργάτη της Σχολής Τεχνολόγων Γεωπόνων του ΤΕΙ Καλαμάτας, για την σημαντική καθοδήγησή του και Χάφεζ Αδάμ για την παροχή πολύτιμων πληροφοριών.

Τέλος ευχαριστώ θερμά όλους όσους με οποιονδήποτε τρόπο, συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με αυτή την πτυχιακή εργασία, θα προσπαθήσουμε να αναφερθούμε στην ιστορική εξέλιξη των αρδεύσεων από τον 6<sup>ο</sup> Π.Χ. αιώνα.

Με τον όρο άρδευση εννοούμε την τεχνική προσθήκη νερού στο έδαφος. Η άρδευση αποβλέπει στο να διατηρήσει στην ανώτερη εδαφική στρώση, όπου αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών, συνθήκες υγρασίας τέτοιες ώστε να εξασφαλίζεται η βέλτιστη ανάπτυξη και παραγωγικότητα των φυτών σε μόνιμη βάση. Τέτοιες συνθήκες εδαφικής υγρασίας σπάνια εξασφαλίζονται από τη φύση. Έτσι για τη διατήρησή τους απαιτείται η προσθήκη νερού στο έδαφος. Η ανθρώπινη αυτή παρέμβαση είναι συνυφασμένη με την άσκηση της παραγωγικής γεωργίας από τους προϊστορικούς ακόμη χρόνους. Η εισαγωγή της στη γεωργική πράξη επέτρεψε τον πολλαπλασιασμό της απόδοσης των καλλιεργούμενων φυτών.

Σήμερα οι αρδεύσεις αποτελούν ιδιαίτερο κλάδο της γεωργικής επιστήμης και τεχνολογίας με αντικείμενο τη μελέτη και επίλυση διαφόρων προβλημάτων που σχετίζονται με την διατήρηση βέλτιστων συνθηκών για ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργούμενων φυτών, με την προστασία και βελτίωση των υδάτινων πόρων ώστε να εξασφαλίζεται η καταλληλότητά τους για μόνιμη γεωργική χρήση και με την ελαχιστοποίηση της οικονομικής επιβάρυνσης της εφαρμογής της διαδικασίας άρδευσης επάνω στη γεωργική παραγωγή.

Η σκοπιμότητα εφαρμογής της άρδευσης εντοπίζεται στην ικανοποίηση των αναγκών των φυτών σε νερό. Για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες αυτές, απαιτείται περιοδική και ελεγχόμενη προσθήκη νερού στο ριζόστρωμα, και αυτό γιατί μόνο η προσθήκη νερού από τις βροχοπτώσεις σπάνια εξασφαλίζει βέλτιστες συνθήκες εδαφικής υγρασίας.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

## ΣΧΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ-ΝΕΡΟΥ

### 1.1 ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Το έδαφος βρίσκεται παντού και πάντα συνυπήρξε με τον άνθρωπο σε όλες του τις δραστηριότητες, γι' αυτό δεν του προξενούσε καμία εντύπωση, ούτε περιέργεια να το μελετήσει. Ακόμα και στις μέρες μας ο καθένας μας αντιλαμβάνεται το έδαφος με το δικό του τρόπο. Για το γεωργό είναι το μέσο που καλλιεργεί, για τον μηχανικό είναι το μέσο όπου στερεώνει τα σπίτια ενώ για τον κοινό άνθρωπο, είναι απλά το επιφανειακό στρώμα της γης.

Στην πραγματικότητα όμως το έδαφος είναι το απαραίτητο υπόστρωμα, το οποίο ο άνθρωπος καλλιεργεί και χρησιμοποιεί για την παραγωγή φυτών και καρπών απαραίτητων για την επιβίωσή του, για την παραγωγή ζωοτροφών με σκοπό να καλύψει τις ανάγκες των ζώων που εκτρέφει και τέλος παράγει φυτά και άνθη για καλλωπιστικούς αλλά και διακοσμητικούς σκοπούς. Μολονότι σήμερα μπορούμε να παράγουμε και χωρίς τη χρήση του εδάφους, αλλά με τη μέθοδο της υδροπονίας ή την παραγωγή πάνω σε αδρανή υλικά, το έδαφος παραμένει το βασικό μέσο για την παραγωγή, ενώ οι άλλοι τρόποι χρησιμοποιούνται μόνο σε περιορισμένη κλίμακα και σε πολύ αναπτυγμένες χώρες.

Με βάση τα παραπάνω, αποδεικνύεται ότι το έδαφος είναι βασικό για την επιβίωση του ανθρώπου, γι' αυτό χρειάζεται προστασία από τη διάβρωση, από την έκπλυση των υδατοδιαλυτών συστατικών του έτσι ώστε να διατηρείται η γονιμότητα και η παραγωγικότητά του σε υψηλά επίπεδα.

Αν θα θέλαμε να ορίσουμε το έδαφος θα μπορούσαμε να πούμε ότι έδαφος είναι το ανώτερο στρώμα του εξωτερικού χαλαρού μανδύα της γης, το οποίο προήλθε από την αποσάθρωση υλικού, συνέπεια ατμοσφαιρικών και βιολογικών επιδράσεων, και το οποίο διακρίνεται από τα υλικά που βρίσκονται κάτω από αυτό επειδή έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, αφθονία ριζών, και πολλούς μικροοργανισμούς. Είναι το μοναδικό



μέσο για την παραγωγή και ανάπτυξη φυτών, γι' αυτό χρειάζεται προστασία από τη διάβρωση και διατήρηση της γονιμότητας και παραγωγικότητας του.

## 1.2 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το έδαφος είναι αποτέλεσμα δύο διεργασιών. Αρχικά της αποσάθρωσης των αρχικών πετρωμάτων του φλοιού της γης (πυριγενή, ιζηματογενή, μεταμορφωσιγενή) τα οποία κάτω από την επίδραση κάποιων παραγόντων όπως, θερμότητα, ψύχος, άνεμοι, παγετώνες, νερό, μας έδωσαν το μητρικό υλικό το οποίο είναι θρυμματισμένα υλικά, χαλίκια, άμμος.

Στην δεύτερη διεργασία περιλαμβάνεται η επίδραση πάνω στο μητρικό υλικό των παραγόντων εδαφογένεσης οι οποίοι είναι το κλίμα, ο χρόνος, οι βιολογικοί παράγοντες και η τοπογραφία του.

## 1.3 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Το έδαφος εξασφαλίζει στα φυτά στερέωση, θρεπτικά συστατικά και στήριξη. Αρκετές φορές στο παρελθόν έχει συμβεί ισχυροί άνεμοι να ξεριζώνουν τεράστια δέντρα. Τα φυτά είναι έρμαια των καιρικών συνθηκών και χωρίς να έχουν αναπτύξει ένα βαθύ ριζικό σύστημα που θα τους εξασφάλιζε καλή στήριξη, κινδυνεύουν να ξεριζωθούν. Έτσι είναι απαραίτητη η στήριξη νεοφυτευμένων δένδρων, μέχρι να αναπτύξουν το δικό τους ριζικό σύστημα. Υπολογίζεται ότι το βάρος των ριζών είναι το μισό του ολικού βάρους του φυτού και καταλαμβάνει τόσο όγκο μέσα στο έδαφος, όσος είναι και ο όγκος του υπέργειου μέρους του φυτού.

Άλλη μία χρησιμότητα του εδάφους για τα φυτά είναι η παροχή θρεπτικών συστατικών. Μία χημική ανάλυση των ιστών του φυτού έδειξε ότι στους ιστούς των φυτών υπάρχουν πάνω από 40 διαφορετικά στοιχεία. Καλλιέργεια όμως φυτών σε εργαστήρια με τη χρήση θρεπτικών διαλυμάτων, έχει αποδείξει ότι μόνο 16 από αυτά είναι απαραίτητα για την καλή ανάπτυξη τους. Τα υπόλοιπα θεωρούνται ως ευεργετικά, όπως το Na το οποίο δεν είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη του σέλινου, αλλά όταν υπάρχει βελτιώνει την γευστικότητα και το άρωμά του.

Όσον αφορά στο νερό, αυτό είναι το κύριο συστατικό του κυτταρικού χυμού και αποτελεί το 90% του όγκου του φυτού. Κύρια πηγή του νερού για τα φυτά είναι το έδαφος.

## 1.4 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το έδαφος είναι ένα πολύπλοκο σύστημα που αποτελείται από στερεά συστατικά (ανόργανα, οργανικά), υγρά συστατικά (εδαφικό νερό) και αέρια συστατικά (εδαφικός αέρας).

### 1.4.1 Ανόργανα συστατικά

Τα ανόργανα συστατικά ενός εδάφους προήλθαν από την αποσάθρωση του μητρικού υλικού ή με την μεταφορά τους από άλλες περιοχές, με το νερό της βροχής ή με τον άνεμο. Έχουν διαφορετικό σχήμα, μέγεθος και χημική σύνθεση και κατατάσσονται σε διάφορες κλάσεις ανάλογα με το μέγεθός τους. Σαν βάση για να ορίσουμε το μέγεθός τους παίρνουμε τη διάμετρό τους. Έτσι με βάση το διεθνές σύστημα (ISSS) κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

- Λίθοι με διάμετρο  $>$  από 2 mm.
- Χονδρή άμμος με διάμετρο από 2 - 0,2 mm.
- Λεπτή άμμος με διάμετρο από 0,2 - 0,02 mm.
- Ιλύς με διάμετρο από 0,02 - 0,002 mm.
- Άργιλος με διάμετρο  $<$  0,002 mm.

### 1.4.2 Οργανικά συστατικά

Τα οργανικά συστατικά προέρχονται από την αποσάθρωση των φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων και ως εκ τούτου είναι περισσότερα στην επιφάνεια και λιγότερα στο υπέδαφος. Αποτελούν την οργανική ουσία του εδάφους, η σημασία της οποίας είναι τεράστια στην διατήρηση της γονιμότητάς του, επηρεάζοντας σε μεγάλο βαθμό τις φυσικές και χημικές ιδιότητές του. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία σε ένα έδαφος θα πρέπει

να κυμαίνεται γύρω στο 5 %. Τα Ελληνικά εδάφη χαρακτηρίζονται πτωχά σε οργανική ουσία και η περιεκτικότητά τους κυμαίνεται από 2 - 3 %. Θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για τη διατήρηση της οργανικής ουσίας σε ένα έδαφος και αν είναι δυνατόν για την αύξησή της. Αυτό μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους: α) επιστροφή στο έδαφος όλων των υπολειμμάτων των καλλιεργειών και όχι καύση β) περιορισμός του βάθους και του αριθμού των οργωμάτων γ) προσθήκη όππου είναι δυνατόν κόπρου και άλλων οργανικών υπολειμμάτων δ) επαρκή αζωτούχο λίπανση, για την αποφυγή του ανταγωνισμού του N με τους μικροοργανισμούς.

#### 1.4.2 Εδαφικό νερό

Το έδαφος δεν είναι συμπαγές. Ανάμεσα στα συσσωματώματά του υπάρχει ένα δίκτυο πόρων οι οποίοι είναι κορεσμένοι με νερό ή αέρα. Μετά από μία άρδευση ή μία βροχή όλοι οι πόροι είναι κατακλύζονται με νερό και δεν υπάρχει καθόλου αέρας. Το έδαφος σε αυτή την περίπτωση λέμε ότι είναι κορεσμένο. Μετά την παρέλευση κάποιου χρόνου από την άρδευση, μία ποσότητα νερού κάτω από την επίδραση της βαρύτητας αρχίζει να απομακρύνεται. Η απομάκρυνσή του αυτή γίνεται σε βαθύτερα στρώματα και έξω από την περιοχή του ριζοστρώματος. Αυτό ονομάζεται νερό βαρύτητας και δεν είναι διαθέσιμο στα φυτά λόγω της γρήγορης απομάκρυνσής του από το έδαφος. Το έδαφος τώρα βρίσκεται στην υδατοϊκανότητά του.

Οι μικρότεροι πόροι τώρα συγκρατούν το νερό με δυνάμεις που ονομάζονται τριχοειδείς και γι' αυτό το νερό λέγεται τριχοειδές νερό. Αυτό είναι το διαθέσιμο νερό στα φυτά, το οποίο το προσλαμβάνουν μέσω του ριζικού τους συστήματος. Καθώς η ποσότητα του νερού ελαττώνεται συνεχώς, οι δυνάμεις που το συγκρατούν αυξάνονται. Από ένα σημείο και μετά αν και υπάρχει αρκετό νερό στο έδαφος, αυτό φαίνεται ξερό. Οι ρίζες αδυνατούν να νικήσουν τις δυνάμεις αυτές και δεν μπορούν να προσλάβουν άλλο νερό. Το νερό αυτό ονομάζεται υγροσκοπικό και συγκρατείται σαν λεπτό φιλμ στο έδαφος. Το έδαφος τότε βρίσκεται σε σημείο μάρανσης.

### 1.4.3 Εδαφικός αέρας

Οι ρίζες των φυτών αναπνέουν και χρειάζονται οξυγόνο για την κανονική τους ανάπτυξη. Έτσι λοιπόν η ύπαρξη αέρα μέσα στο έδαφος είναι απαραίτητη. Η ποσότητα αέρα που υπάρχει μέσα στο έδαφος εξαρτάται από το πορώδες του εδάφους και μάλιστα από το ποσοστό των μεγάλων πόρων. Η σύσταση του εδαφικού αέρα είναι διαφορετική από αυτή του ατμοσφαιρικού. Περιέχει μεγαλύτερα ποσοστά CO<sub>2</sub> και λιγότερο O<sub>2</sub>. Καθώς η ρίζα αναπνέει και παίρνει οξυγόνο η ποσότητά του ελαττώνεται ενώ αυξάνεται αυτή του CO<sub>2</sub>. Έτσι αν ο εδαφικός αέρας δεν ανανεωθεί, τότε το CO<sub>2</sub> θα αυξηθεί σε σημείο που να προκαλέσει ζημιές στα φυτά αλλά και σε άλλους μικροοργανισμούς του εδάφους. Η ανανέωση του εδαφικού αέρα γίνεται με τους παρακάτω μηχανισμούς.

Το νερό της βροχής ή της άρδευσης καθώς εισέρχεται μέσα στο έδαφος γεμίζει τους πόρους, με αποτέλεσμα την απομάκρυνση του εδαφικού αέρα. Όταν το νερό θα αρχίσει να απομακρύνεται, λόγω εξάτμισης ή απορρόφησης από τα φυτά, θα εισχωρήσει στους πόρους του εδάφους νέος αέρας από την ατμόσφαιρα.

Άλλος τρόπος ανανέωσης του εδαφικού αέρα είναι με διάχυση. Επειδή υπάρχει διαφορά στην περιεκτικότητά του, τόσο σε CO<sub>2</sub> όσο και σε O<sub>2</sub>, όταν το CO<sub>2</sub> αυξάνεται μέσα στο έδαφος τότε παρατηρείται μία ροή μορίων CO<sub>2</sub> από το έδαφος προς τον αέρα και αντίστροφα, ροή μορίων O<sub>2</sub> από τον αέρα στο έδαφος μέχρι οι περιεκτικότητες του ατμοσφαιρικού αέρα και αυτές του εδαφικού να εξισωθούν.

Άλλοι παράγοντες που συντελούν στην ανανέωση του εδαφικού αέρα είναι οι μεταβολές της θερμοκρασίας και της βαρομετρικής πίεσης και οι καλλιεργητικές εργασίες, όπως το όργωμα και το φρεζάρισμα.

## 1.5 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Με τον όρο φυσικές ιδιότητες εννοούμε ένα σύνολο ιδιοτήτων οι οποίες επηρεάζουν και καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την καταλληλότητα ή μη του εδάφους για γεωργική χρήση και έχουν άμεση σχέση με τη φυσική του

σύσταση. Αυτές οι ιδιότητες είναι η υφή, η δομή, το πορώδες και το ειδικό βάρος. Από αυτές εξαρτάται η ικανότητα στράγγισης, ο καλός αερισμός, η συγκράτηση και η διάθεση θρεπτικών συστατικών, υγρασίας και οξυγόνου στα φυτά, η ευκολία διείσδυσης νερού, αέρα και ριζών στο έδαφος.

### 1.5.1 Υφή

Με τον όρο υφή εννοούμε την επί % περιεκτικότητα του εδάφους σε άμμο, ιλύ και άργιλο. Έτσι τα εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε άμμο θα εκδηλώνουν τις ιδιότητες της άμμου, ενώ εκείνα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άργιλο θα εκδηλώνουν τις ιδιότητες της αργίλου. Η υφή προσδιορίζεται με την μηχανική ανάλυση του εδάφους. Ίσως είναι η σπουδαιότερη ιδιότητα του εδάφους γιατί σχετίζεται άμεσα με την διαπερατότητα, την πλαστικότητα, την ευκολία κατεργασίας των εδαφών, καθώς και την γονιμότητα και παραγωγικότητα.

### 1.5.2 Δομή

Τα τρία βασικά συστατικά του εδάφους δεν είναι ξεχωριστά μέσα στο έδαφος, αλλά ενωμένα με την οργανική ουσία σε μεγαλύτερα τεμαχίδια, τα συσσωματώματα. Το σχήμα, το μέγεθος και η σταθερότητα των συσσωματωμάτων θα καθορίζουν και τον τύπο της δομής του εδάφους, η οποία με την σειρά της θα καθορίσει την ταχύτητα στράγγισης και την περατότητα του εδάφους.

### 1.5.3 Πορώδες

Πορώδες ονομάζεται ο όγκος που καταλαμβάνουν οι μικροί και οι μεγάλοι πόροι του εδάφους. Από αυτούς εξαρτάται η ποσότητα του οξυγόνου και του νερού που αποθηκεύεται μέσα στο έδαφος και κατά συνέπεια η καλή ανάπτυξη των φυτών.



#### 1.5.4 Ειδικό βάρος

Όπως όλα τα φυσικά σώματα έτσι και το έδαφος έχει ειδικό βάρος. Στο έδαφος διακρίνουμε δύο ειδικά βάρη, το πραγματικό ειδικό βάρος και το φαινόμενο ειδικό βάρος.

Σαν πραγματικό ειδικό βάρος λαμβάνουμε το ειδικό βάρος χωρίς τους πόρους του εδάφους και είναι ίσο με  $2,6 - 2,75 \text{ gr/cm}^3$ .

Σαν φαινόμενο ειδικό βάρος ορίζεται το βάρος της μονάδας του όγκου του εδάφους μαζί με τους πόρους και είναι περίπου ίσο με  $1,3 \text{ gr/cm}^3$ .

### 1.6 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΝΕΡΩΝ

Η εκτίμηση της ποιότητας νερού και η επίδρασή της στο φυτό και στο έδαφος καθίσταται δύσκολη υπόθεση, γιατί δεν θα πρέπει να στηρίζεται μόνο στην ποιοτική κατάταξή του με βάση διάφορες μεθόδους ποιοτικής κατάταξης, αλλά να συνδυάζεται και με άλλους παράγοντες, όπως το κλίμα της περιοχής, το προς άρδευση έδαφος, το είδος της καλλιέργειας, τον τρόπο άρδευσης.

Η ποιότητα του αρδευτικού νερού διακρίνεται σε φυσική και χημική ποιότητα.

#### 1.6.1 Φυσική ποιότητα

Η φυσική ποιότητα του νερού εξαρτάται από την θερμοκρασία και από την ποιότητα των φερτών υλών που περιέχει. Η θερμοκρασία δεν αποτελεί πρόβλημα για την άρδευση των καλλιεργειών στις δικές μας συνθήκες, επειδή οι θερμοκρασίες που επικρατούν κατά την αρδευτική περίοδο είναι υψηλές και συνεπώς η θερμοκρασία του νερού είναι ικανοποιητική.

Πρόβλημα όμως υπάρχει και κυρίως παρατηρείται στις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης από τις φερτές ύλες, οι οποίες σε μεγάλες ποσότητες είναι δυνατό να σχηματίσουν μία κρούστα στην επιφάνεια του εδάφους, η οποία θα επηρεάσει δυσμενώς τις φυσικές ιδιότητές του (διηθητικότητα,

αερισμός) και πρέπει να σπάσει με κάποια καλλιεργητικά μέτρα όπως το σκάλισμα, για τα οποία απαιτείται κάποιο κόστος. Στην περίπτωση που η ποσότητα των φερτών υλών είναι μεγάλη, καλό είναι να διακόπτεται η άρδευση, για να αποφευχθεί η δημιουργία προβλημάτων.

### 1.6.2 Χημική ποιότητα

Η χημική ποιότητα μπορούμε να πούμε ότι προσδιορίζεται από την ύπαρξη διαλυμένων αλάτων, από την ύπαρξη Na και από την ύπαρξη αλάτων που μπορούν να προκαλέσουν τοξικές συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα για τα φυτά.

Όσον αφορά στην ύπαρξη διαλυμένων αλάτων, πρέπει να αναφέρουμε ότι αυτά περιέχονται στο αρδευτικό νερό, ακόμη και αν αυτό είναι εξαιρετικής ποιότητας. Αυτά αν δεν απομακρυνθούν ή αν δεν μετακινηθούν σε βαθύτερα στρώματα κάτω από το ριζικό σύστημα των φυτών, η αλάτωση των εδαφών θεωρείται βέβαιη.

Η ύπαρξη διαλυμένων αλάτων στο εδαφικό διάλυμα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της οσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος, με αποτέλεσμα ακόμη και αν υπάρχει στο έδαφος νερό και εμείς ποτίζουμε κανονικά, τα φυτά να μην μπορούν να προσλάβουν τις απαραίτητες ποσότητες νερού, εμφανίζοντας έτσι μειωμένη ανάπτυξη και απόδοση. Σε περίπτωση μεγάλων συγκεντρώσεων, παρατηρείται το φαινόμενο της πλασμόλυσης κατά το οποίο αντί να έχουμε είσοδο του νερού από το έδαφος στην ρίζα, να έχουμε έξοδο αυτού από τα κύτταρα της ρίζας.

Στην περίπτωση του Νατρίου, όταν αυτό βρίσκεται σε μεγάλη αναλογία στο αρδευτικό νερό, τότε είναι δυνατό να μας προκαλέσει προβλήματα στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους και ειδικά στην περατότητά του. Η δυσμενής επίδραση του Na έχει αναγνωρισθεί από πολλά χρόνια. Η δυσμενής αυτή επίδραση όμως θα πρέπει να συνεκτιμάται μαζί με τους υπόλοιπους παράγοντες, οι οποίοι είναι η ποσότητα του Na σε σχέση με το Ca, τα CO<sub>3</sub> και HCO<sub>3</sub> και τέλος η συνολική συγκέντρωση του νερού σε άλατα.

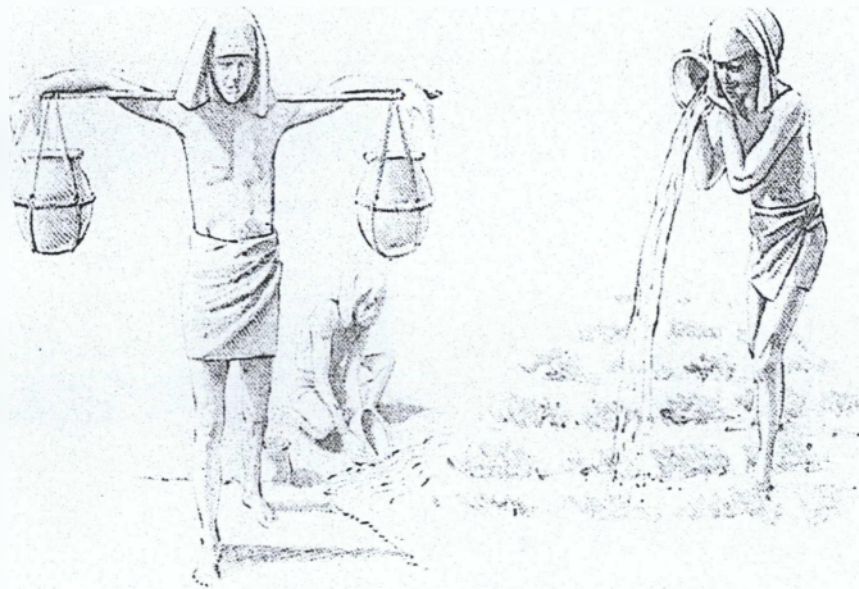
Όσον αφορά στα άλατα που μπορούν να προκαλέσουν τοξικές συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα για τα φυτά αυτά είναι τα, B, Na Cl, HCO<sub>3</sub>.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ - ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

#### 2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ

Οι αρδεύσεις πρωτοεμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια της 6<sup>ης</sup> π.Χ. χιλιετίας στη βόρεια και κεντρική Μεσοποταμία, όπου αναπτύχθηκαν οι πολιτισμοί της Hassuna και της Samarra και όπου η ανάπτυξη των γεωργικών φυτών ήταν και είναι αδύνατη χωρίς την τεχνική προσθήκη νερού στο έδαφος.



Εικόνα 1. Μέθοδος άρδευσης στην αρχαία Αίγυπτο

Η επινόηση της τεχνικής των αρδεύσεων, θα πρέπει να βασίστηκε στην παρατήρηση της καλής ανάπτυξης των φυτών σε εδάφη που περιοδικά κατακλύζονταν από νερά του Τίγρη, του Ευφράτη και των παραποτάμων τους.

Από την άλλη μεριά, η μεγάλη καινοτομία της αιγυπτιακής γεωργίας, που είχε ήδη αρχίσει να αναπτύσσεται στα τέλη της 6<sup>ης</sup> π.Χ. χιλιετίας, ήταν η

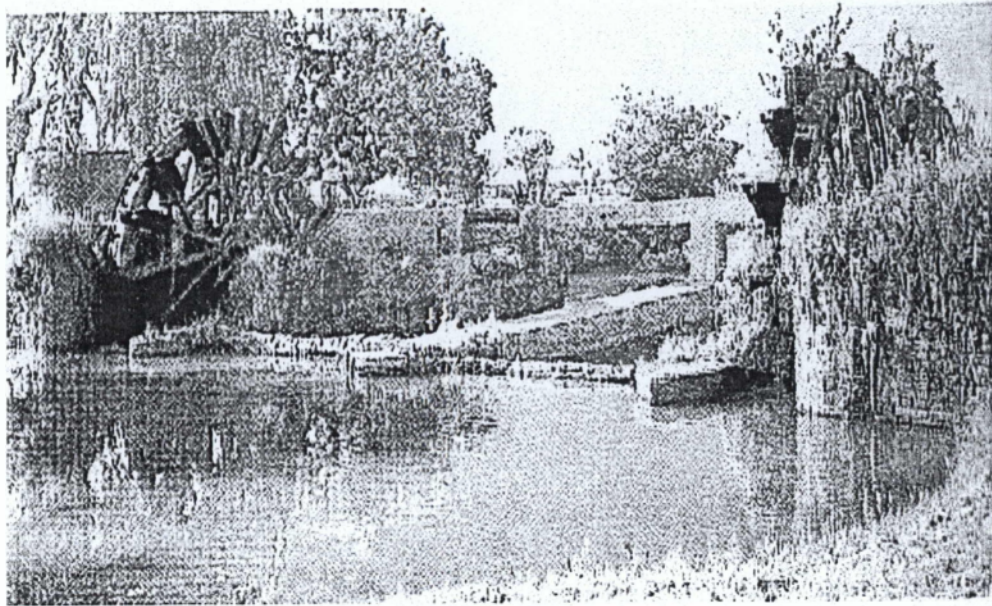
προσαρμογή της καλλιέργειας των γεωργικών φυτών στα πλημμυρικά χαρακτηριστικά του Νείλου. Οι πρώτοι Αιγύπτιοι γεωργοί δεν είχαν παρά να σκορπίσουν το σπόρο στα εδάφη των περιοχών που προηγουμένως είχαν κατακλύσει τα νερά του Νείλου. Στη συνέχεια η αύξηση των πληθυσμών των ανθρώπων και των οικόσιτων ζώων με μεγαλύτερες ανάγκες, δημιούργησε την ανάγκη ελέγχου των πλημμύρων του Νείλου και διανομής των νερών και των φερτών υλικών σε μεγαλύτερες εδαφικές επιφάνειες. Η διευθέτηση, η άρδευση και η στράγγιση των νέων γεωργικών εκτάσεων, μπορούσαν να πραγματοποιηθούν μόνο με συλλογική προσπάθεια, γεγονός που οδηγούσε τελικά στην ένωση ολόκληρης της χώρας κάτω από μία κεντρική κυβέρνηση.

Τα έργα της κοιλάδας του Νείλου κατέχουν αναμφισβήτητα μία ξεχωριστή θέση, τόσο για την έκτασή τους, όσο και γιατί κατάφεραν να διατηρήσουν στην περιοχή μία παραγωγική γεωργία για τέσσερις χιλιετίες. Η παράδοση, όπως μεταβιβάστηκε στον Ηρόδοτο από ιερείς της Μέμφιδας, θεωρεί ότι η κατασκευή των πρώτων αρδευτικών έργων της περιοχής οφείλονται στο βασιλιά Μήνη. Τα έργα αυτά απέβλεπαν στον έλεγχο και στην κατανομή των πλημμυρικών νερών του Νείλου με τη διαμόρφωση λεκανών και τη διάνοιξη διωρύγων εκτροπής.

Οι λεκάνες κατάκλυσης διαμορφώθηκαν με ένα προστατευτικό ανάχωμα κατά μήκος της δυτικής όχθης και με κάθετα προς αυτό αναχώματα, που έφταναν μέχρι τις λοφώδεις παρυφές της ερήμου. Είχαν μία μέση επιφάνεια γύρω στις 35.000 στρέμματα και κατακλύζονταν με τα νερά που οδηγούσαν σε αυτές οι διώρυγες εκτροπής. Αργότερα, γύρω στο 2000 π.Χ. επί βασιλιά Σέσωστρι, αποδόθηκε στη γεωργία και η ανατολική πλευρά του ποταμού, με την κατασκευή προστατευτικών αναχωμάτων και την διαμόρφωση λεκανών κατάκλυσης.

Συγχρόνως το βύθισμα της Φαγιούμ, δυτικά του ποταμού μετατράπηκε σε ρυθμιστική λίμνη που δεχόταν το περίσσειμα των πλημμυρικών νερών και προστάτευε έτσι τη χαμηλή περιοχή του δέλτα. Με τη μορφή αυτή το αρδευτικό σύστημα της περιοχής κάλυψε 4.600.000 στρέμματα με 140 λεκάνες στη δυτική πλευρά και άλλα 1.000.000 με 71 λεκάνες στην ανατολική πλευρά.





Εικόνα 2. Αρδευτικό σύστημα Αλ-Φαγιούμ. Μεγαλύτερη φυσική όαση της Αιγύπτου, 103 Km ΝΔ του Καΐρου και έχει μια λίμνη έκτασης 200 Km<sup>2</sup>

Διατηρήθηκε μέχρι τα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα, αλλά μετά την κατάληψη της χώρας από τους Άραβες, τον 7<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. η συντήρηση των έργων παραμελήθηκε και τελικά ένα μεγάλο μέρος τους εγκαταλείφθηκε. Κατά τον 19<sup>ο</sup> αιώνα άρχισε η αναγέννηση της γεωργίας της Αιγύπτου και η άρδευσή της άρχισε να βασίζεται σε σειρά φραγμάτων εκτροπής και αποθήκευσης των νερών του Νείλου, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή της όλο τον χρόνο.

Στη Μεσοποταμία οι δύο μεγάλοι ποταμοί, ο Τίγρης και ο Ευφράτης, χαρακτηρίζονται από χειμναρική συμπεριφορά και οι πλημμυρικές παροχές τους φθάνουν το μέγιστό τους κατά τους μήνες της άνοιξης, με το λιώσιμο των χιονιών. Η άφιξη όμως των νερών μέσα στην περίοδο ανάπτυξης των καλλιεργούμενων φυτών έκανε αδύνατη την εφαρμογή της άρδευσης με ένα σύστημα γενικευμένης κατάκλυσης, όπως εκείνο των Αιγυπτίων. Έτσι οι αρχαίοι Μεσοποτάμιοι υποχρεώθηκαν να προστατεύσουν με αναχώματα τις καλλιέργειές τους από τα πλημμυρικά νερά, να ανοίξουν διώρυγες προσαγωγής αρδευτικού νερού και να εφαρμόσουν μία περιοδική και ελεγχόμενη προσθήκη νερού στους αγρούς τους, σε σχετικά μικρές ποσότητες.

Η τεχνική αυτή δεν περιλάμβανε στράγγιση όπως εκείνη της αρχαίας Αιγύπτου, ενώ η μεταφορά και η κατανομή του νερού στις αρδευόμενες περιοχές γινόταν με διώρυγες εκτροπής που τροφοδοτούσαν ένα δίκτυο διωρύγων δεύτερης και τρίτης τάξης. Στα αρδευτικά έργα της Μεσοποταμίας, που όπως παρατηρεί ο Ηρόδοτος δεν έμοιαζαν με εκείνα της Αιγύπτου, το νερό ανυψωνόταν από τις διώρυγες με περιστρεφόμενους μοχλούς με κάδο, τα σαντούφ, για να οδηγηθεί στη συνέχεια στους αγρούς με αυλάκια. Το σαντούφ εικονίζεται σε ανάγλυφες σφραγίδες της 3<sup>ης</sup> π.Χ. χιλιετίας και φαίνεται ότι η χρήση του ήταν γενικευμένη από τότε.

Μετά τους Σουμέριους, που κατά την 3<sup>η</sup> π.Χ. χιλιετία ανέπτυξαν ένα εκτεταμένο δίκτυο διωρύγων στη Νότια Μεσοποταμία, αρδευτικές διώρυγες αναπτύχθηκαν και στην Κεντρική Μεσοποταμία από τις οποίες, μερικές ξεκινούσαν από τον Ευφράτη για να καταλήξουν στον Τίγρη. Πολλές από αυτές φαίνεται να ήταν κατασκευασμένες πάνω σε αναχώματα και η τροφοδότησή τους με νερό γινόταν με μικρά φράγματα. Από τις αρχές της πρώτης π.Χ. χιλιετίας, που στην περιοχή κυριάρχησαν οι Ασσύριοι, κατασκευάστηκαν μεγάλα αρδευτικά έργα στη Βόρεια Μεσοποταμία, και ιδιαίτερα στο τρίγωνο που σχηματίζεται μεταξύ των ποταμών Τίγρη και Ζαμπ.

Κατά την περίοδο του βασιλιά Σενναχηρείμ κατασκευάστηκε και η επενδυμένη διώρυγα, που ξεκινούσε από τον ποταμό Ζαμπ για να μεταφέρει αρδευτικό νερό για τους δενδρόκηπους της Νινευή, που ήταν τότε πρωτεύουσα της Ασσυρίας. Το μήκος της ήταν γύρω στα 80 χιλιόμετρα. Για να περάσει η διώρυγα επάνω από χαράδρα κοντά στο Γιερβάν, κατασκευάστηκε γέφυρα μήκους 280 μέτρων που είναι η παλαιότερη στο είδος της.

Ένα άλλο σημαντικό αρδευτικό έργο της αρχαιότητας, στο χώρο της Μέσης Ανατολής, είναι οι υδρομαστευτικές στοές (kanats) της Περσίας. Οι στοές αυτές ανοίγονται μέσα στους πρόποδες βουνών και λόφων για να συγκεντρώνουν το νερό που έτρεχε υπόγεια στις πλαγιές τους. Το μήκος τους έφτανε πολλές φορές στα 20 χιλιόμετρα και οδηγούσαν το νερό που συγκέντρωναν, στις αρδευόμενες περιοχές. Γύρω στις 20.000 τέτοιες υδρομαστευτικές στοές λειτουργούν ακόμη και σήμερα στην Περσία. Στη Μέση Ανατολή κατασκευάστηκαν επίσης και τα πρώτα φράγματα αποθήκευσης. Το παλαιότερο από αυτά βρίσκεται στην Ανατολική Αιγυπτιακή

έρημο, ενώ το φράγμα του Ορόντη, το οποίο σχημάτισε τη λίμνη Χομς στη Συρία, εξακολουθεί να τροφοδοτεί τις αρδευτικές διώρυγες της περιοχής.

Στο χώρο της Νότιας και Ανατολικής Ασίας η τεχνική των αρδεύσεων διαδόθηκε γύρω στο τέλος της 4<sup>ης</sup> π.Χ. χιλιετίας, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη του πολιτισμού της κοιλάδας του Ινδού. Στην Κίνα οι αρδεύσεις είχαν αρχίσει να εφαρμόζονται από την 3<sup>η</sup> π.Χ. χιλιετία. Ανάμεσα στα αρδευτικά έργα περιλαμβάνονται το φράγμα Tu-Kiang, που κατασκευάστηκε γύρω στο 200 μ.Χ. και συγκρατούσε νερό άρδευσης για 2.000.000 στρέμματα περίπου. Η προσπάθεια στον τομέα των αρδεύσεων στη χώρα αυτή κορυφώθηκε με την κατασκευή της Μεγάλης Διώρυγας γύρω στο 700 μ.Χ. Το μήκος της είναι 1.100 χιλιόμετρα και εξυπηρετεί την άρδευση αλλά και την ναυσιπλοΐα.

Η επινόηση της τεχνικής των αρδεύσεων φαίνεται να έγινε ανεξάρτητα και λίγο καθυστερημένα στο Δυτικό Ημισφαίριο. Κατά τη διάρκεια όμως της 1<sup>ης</sup> π.Χ. χιλιετίας, φαίνεται ότι οι αρδεύσεις εφαρμόζονταν τόσο στη Νότια όσο και στη Βόρεια Αμερική. Εκτεταμένα αρδευτικά έργα έχουν εντοπιστεί στο Περού, στο Μεξικό και στην Αριζόνα που φαίνεται να είχαν κατασκευαστεί προς το τέλος της 1<sup>ης</sup> π.Χ. χιλιετίας.

## 2.2 Ο ΝΕΙΛΟΣ

Ο Νείλος είναι ο μεγαλύτερος ποταμός σε μήκος στην Αφρική, αλλά και σε όλο τον κόσμο. Πηγάζει νότια του Ισημερινού και ρέοντας προς Βορρά δια μέσου της βορειοανατολικής Αφρικής, εκβάλλει στη Μεσόγειο Θάλασσα. Έχει μήκος 6.648 περίπου χιλιόμετρα και η λεκάνη του ποταμού καταλαμβάνει το 1/10 περίπου της εκτάσεως της Αφρικανικής Ηπείρου. Η λεκάνη του καταλαμβάνει τμήματα της Τανζανίας, του Μπουρούντι, της Ρουάντα, του Ζαΐρ, της Κένυα, της Ουγκάντα, της Αιθιοπίας, το μεγαλύτερο τμήμα του Σουδάν και το καλλιεργούμενο τμήμα της Αιγύπτου.





Εικόνα 3. Ο ποταμός Νείλος

Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι λάτρευαν το Νείλο με το όνομα Χαπί και τον θεωρούσαν σαν αγαθό σταλμένο από το Θεό. Το καταφύγιό του, το τοποθετούσαν αρχικά σε μία σπηλιά στο μέσο του πρώτου καταρράκτη. Η απόδοση αυτή βέβαια είναι ένα μύθευμα, αφού οι Αιγύπτιοι γνώριζαν πολύ καλά ότι οι πηγές του Νείλου βρίσκονταν πολύ μακρύτερα.

Ο Νείλος σχηματίζεται από τρία κύρια υδάτινα ρεύματα, τον Κυανό Νείλο και τον Αμπάρα, που ρέουν από τα υψίπεδα της Αιθιοπίας και τον Λευκό Νείλο, ο οποίος πηγάζει από τις λίμνες Βικτώρια, Ταγκανίκα και Αλβέρτου. Το πλέον απομακρυσμένο αρχικό ρεύμα, εξέρχεται από τη λίμνη Ταγκανίκα και είναι ο ποταμός Καργκέρα στο Μπουρούντι, ο οποίος ρέοντας προς το Βορρά διασχίζει τμήματα των συνόρων της Τανζανίας, της Ρουάντα και της Ουγκάντα, πριν καταλήξει στη δυτική όχθη της λίμνης Βικτώρια. Ο Νείλος από την λίμνη Βικτώρια συνεχίζει τη ροή του με το όνομα Νείλος της Βικτώρια, διασχίζει τις λίμνες Κυόγκα και Αλβέρτου και εξέρχεται από την τελευταία με την ονομασία Νείλος του Αλβέρτου.

Αφού εισέλθει στο νότιο Σουδάν επονομάζεται Ορεινός Νείλος, το διασχίζει με κατεύθυνση προς Βορρά μέχρι τη συμβολή με τους ποταμούς Σόμπατ και Μπαρχ Αλ-Γκάζαλ. Μετά και από αυτή την συμβολή, το κύριο υδάτινο ρεύμα ονομάζεται Λευκός Νείλος.

Ο Λευκός Νείλος, εξακολουθεί να διασχίζει το Σουδάν ρέοντας προς Βορρά, μέχρι τη συμβολή του με τον Κυανό Νείλο, ο οποίος πηγάζει από τα υψίπεδα της κεντρικής Αιθιοπίας, στην λίμνη Τάνα. Στη συνέχεια ο Νείλος δέχεται τα ύδατα του τελευταίου παραποτάμου του, του Ατμπάρα, στο Χαρτούμ το οποίο βρίσκεται βορειοανατολικά του Σουδάν.

Έπειτα, διαγράφει μία καμπύλη σχήματος «S», προς τα βορειοδυτικά και σχηματίζει τρεις καταρράκτες πριν καταλήξει στην τεχνητή λίμνη Νάσσερ, η οποία δημιουργήθηκε από το Μεγάλο Φράγμα του Ασσουάν.



Εικόνα 4. Δορυφορική φωτογραφία σχηματιζόμενου «S» στον Νείλο.

Μετά την λίμνη Νάσσερ ο ποταμός συνεχίζει την προς Βορρά ροή του διασχίζοντας την Αίγυπτο ως την κορυφή του Δέλτα του Νείλου, πλησίον του Καΐρου, όπου χωρίζεται σε δύο κύριες διακλαδώσεις, την Ροζέττα δυτικά και την Νταμιέτα ανατολικά. Τέλος ο Νείλος εκβάλλει στο ανατολικό άκρο της Μεσογείου.

Η ετήσια ροή του είναι περίπου 84 δισεκατομμύρια  $m^3$  από τα οποία το 14% προέρχεται από τον Λευκό Νείλο, το 14% από το Σόμπατ, το 59% από τον Κυανό Νείλο και το 13% από τον ποταμό Ατμπάρα.

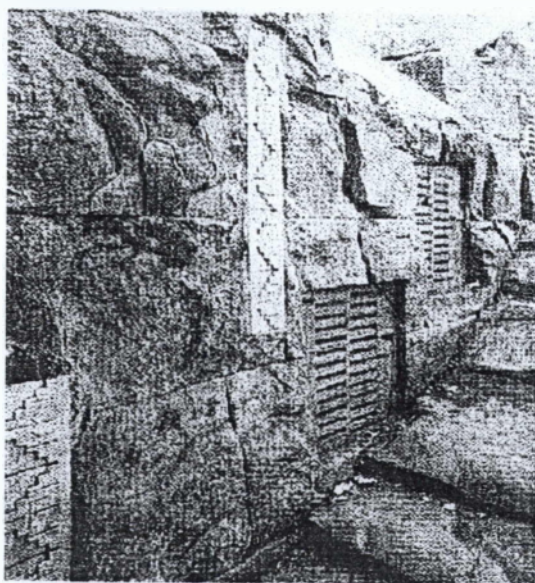


Το γεγονός ότι ο Νείλος σε αντίθεση με άλλους μεγάλους γνωστούς ποταμούς ρέει από το νότο προς το βορρά, υπήρξε ένα άλυτο μυστήριο τόσο για τους αρχαίους Αιγυπτίους όσο και για τους αρχαίους Έλληνες. Ο λόγος για τον οποίο η νότιος Αίγυπτος ονομάζεται πάνω Αίγυπτος και βόρεια ονομάζεται κάτω Αίγυπτος, οφείλεται στην ροή του Νείλου. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι ονόμαζαν τον Νείλο «Αρ» ή «Αούρ» ή «Μαύρο» από το χρώμα των μεταφερόμενων από αυτόν ιζημάτων κατά τις πλημμύρες. Η ιλύς του Νείλου είναι αρκετά σκουρόχρωμη, ώστε να δώσει στην χέρσα περιοχή της κοιλάδας του Νείλου την ονομασία «Κεμ» ή «Κέμι» η οποία σημαίνει μαύρη.

Στην Οδύσσεια, το έπος του Ομήρου, ο Νείλος αναφέρεται με το όνομα «ο Αίγυπτος», δηλαδή αρσενικό, και η χώρα δια μέσου της οποίας ρέει «η Αίγυπτος», δηλαδή θηλυκό. Σήμερα στην Αίγυπτο και στο βόρειο Σουδάν ο Νείλος ονομάζεται «αν-Νιλ», «αλ-Μπαρ» και «Μπαρ αν-Νιλ».

Όσον αφορά στη στάθμη του Νείλου, η μέτρηση και καταγραφή αυτής στην αρχαία Αίγυπτο, όπου δεν υπήρχε λεπτομερής γνώση για την υδρολογία του Νείλου, γινόταν με τη βοήθεια των νειλόμετρων, μερικά από τα οποία διατηρούνται μέχρι της μέρες μας.

Το νειλόμετρο ήταν ένα φρεάτιο το οποίο συγκοινωνούσε υπογείως με τον ποταμό Νείλο και χρησίμευε για τον έλεγχο της στάθμης.



Εικόνα 5. Νειλόμετρο

Η εσωτερική επιφάνεια του νειλομέτρου ήταν βαθμονομημένη μέχρι ύψους 10 μέτρων και η εκάστοτε μετρούμενη στάθμη αποτελούσε τη βάση υπολογισμού της φορολογίας του αγροτικού εισοδήματος. Το παλαιότερο νειλόμετρο ήταν πιθανότατα αυτό του Χελουάν, κοντά στο σημερινό Κάιρο, το οποίο χρονολογείται από τις μοναρχίες του προϊστορικού βασιλείου της πόλεως του Βουσίριδος, στο κέντρο του Δέλτα. Το νειλόμετρο που διατηρείται ακόμη και σήμερα βρίσκεται στη νήσο Ελεφαντίνη και λέγεται νειλόμετρο του Ασσουάν.

Στις μέρες μας όμως, το υδρολογικό καθεστώς του Νείλου είναι τόσο γνωστό, όσο κανενός άλλου μεγάλου ποταμού. Έτσι η παροχή του κυρίου ρεύματος, καθώς και των παραποτάμων του, μετριέται σε τακτά χρονικά διαστήματα σε όλα τα σημεία που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για άρδευση.

Ο Νείλος φουσκώνει το καλοκαίρι και η ανύψωση της στάθμης του είναι αποτέλεσμα των έντονων τροπικών βροχοπτώσεων στη Λεκάνη του Άνω Νείλου, στην Αιθιοπία, αλλά και στο Οροπέδιο της Ανατολικής Αφρικής. Στο νότιο Σουδάν η υπερχειλίση γίνεται τον Απρίλιο, αλλά ουσιαστικά δε γίνεται αισθητή στο Ασσουάν παρά μόνο τον Ιούλιο. Η στάθμη του νερού ανεβαίνει σταδιακά μέχρι τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο. Στο Κάιρο η ανύψωση της στάθμης παρατηρείται αργότερα, κατά τον Οκτώβριο.

Η στάθμη του ποταμού πέφτει απότομα κατά τον Νοέμβριο και Δεκέμβριο και ακόμη ταχύτερα τους επόμενους μήνες. Μεταξύ Μαρτίου και Μαΐου, η ποτάμια στάθμη βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο της. Παρότι η υπερχειλίση του Νείλου είναι αρκετά κανονικό φαινόμενο, ποικίλλει περιστασιακά σε όγκο και χρόνο εκδήλωσης.

### 2.3 ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Η πρώτη χρήση του Νείλου για άρδευση στην Αίγυπτο, άρχισε όταν σπόροι σπάρθηκαν στην ιλύ μετά την υποχώρηση της ετήσιας πλημμύρας. Με το πέρασμα του χρόνου οι πρακτικές αυτές τελειοποιήθηκαν ως την εμφάνιση μίας παραδοσιακής μεθόδου, η οποία στηρίχτηκε στη δημιουργία λεκανών αρδεύσεως. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται μέχρι σήμερα στην άνω Αίγυπτο. Κατά αυτή, οι λεκάνες έπρεπε να έχουν επίπεδη επιφάνεια και όσο

το δυνατόν πιο οριζόντια. Τα γεμάτα λάσπη νερά της πλημμύρας παροχετεύονταν προς τις λεκάνες, οι οποίες μετά την απομάκρυνση του νερού ήταν έτοιμες να καλλιεργηθούν. Η σπορά στη λάσπη γινόταν μόνο όταν η στάθμη των νερών του Νείλου χαμήλωνε αρκετά, και αυτό για να μην υπάρχει η πιθανότητα νέας πλημμύρας. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου ήταν ότι επέτρεπε μία μόνο συγκομιδή ανά έτος.

Λόγω των παραπάνω περιορισμών, οι οποίοι προέρχονται από τη μέθοδο των λεκανών άρδευσης, άρχισε να επεκτείνεται η μόνιμη άρδευση, η οποία ελέγχει τη ροή των νερών, έτσι ώστε αυτά να διοχετεύονται στον αγρό σε τακτά χρονικά διαστήματα καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Η μόνιμη άρδευση, πραγματοποιήθηκε με την κατασκευή κάποιων φραγμάτων και έργων αρδεύσεως πριν από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα.

Ο έλεγχος της πλημμύρας του ποταμού με την κατασκευή φραγμάτων, έδωσε τη δυνατότητα της οργανώσεως ενός συστήματος συνεχούς αρδεύσεως, από διώρυγες με σταθερή στάθμη νερού. Η διανομή του νερού στους αγρούς γίνεται πάντα με διώρυγες, των οποίων η τροφοδοσία είναι συνεχής, εξ αιτίας του γενικού ελέγχου του νερού.

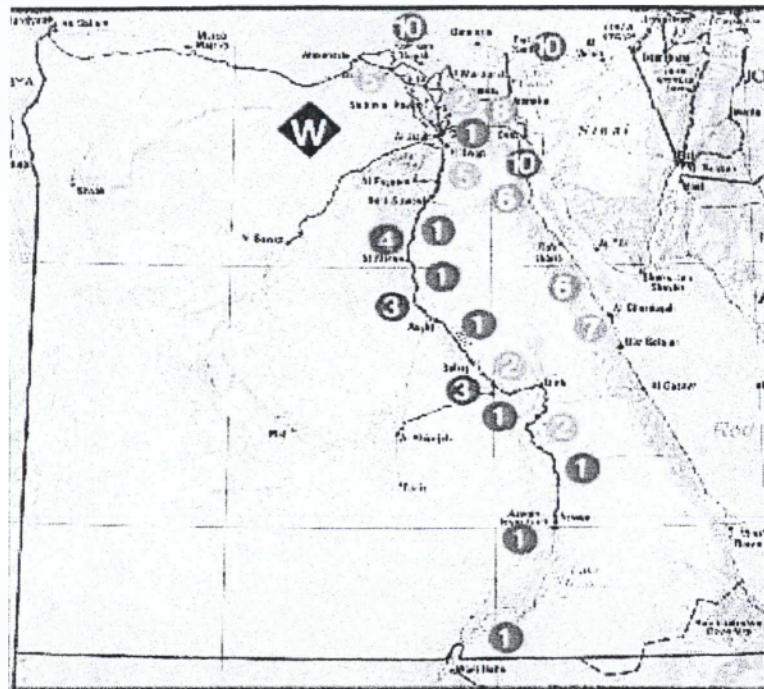
Δύο τύποι φραγμάτων επιτρέπουν αυτό τον έλεγχο. Τα φράγματα ανυψώσεως και τα φράγματα συγκρατήσεως των νερών. Ο προορισμός των φραγμάτων ανυψώσεως, είναι η διατήρηση μίας στάθμης νερού σε αρκετό ύψος, στην αφετηρία των αρδευτικών διωρύγων. Όσον αφορά στα φράγματα συγκρατήσεως, δημιουργήθηκαν για τον έλεγχο των πλημμύρων, οι οποίες δημιουργούνται κατά τη διάρκεια του θέρους και οφείλονται στις καταρρακτώδης βροχές στα υψίπεδα της Αιθιοπίας.

### 2.3.1 Αιτίες σχεδιασμού νέων αρδευτικών έργων

Σήμερα στην Αίγυπτο η άρδευση είναι ελεγχόμενη. Το 95% της καλλιεργήσιμης γης αρδεύεται από τα νερά του Νείλου, ενώ το υπόλοιπο 5% αρδεύεται από υπόγεια νερά.

Η συνολική καλλιεργήσιμη γη, είναι περίπου 32 εκατομμύρια στρέμματα, δηλαδή το 3,5% της συνολικής έκτασης της Αιγύπτου και βρίσκεται κυρίως κατά μήκος της κοιλάδας του Νείλου.

Η κοιλάδα του Νείλου, καταλαμβάνει το 4% της συνολικής έκτασης της Αιγύπτου, ενώ η έρημος το 96%. Σχεδόν το σύνολο του Αιγυπτιακού λαού, ζει κατά μήκος της κοιλάδας του Νείλου.



Εικόνα 6. Τα παραγωγικά σημεία της Αιγύπτου. 1)βαμβάκι 2)ζάχαρη 3)σιτάρι 4)καλαμπόκι 5)υφαντουργία 6)πετρέλαιο 7)μεταλλουργία 8)ρύζι 9)φρούτα 10)ναυτιλία

Τις τελευταίες δεκαετίες όμως, η πληθυσμιακή πυκνότητα στην κοιλάδα του Νείλου, έχει φτάσει σε μέγιστα επίπεδα, με αποτέλεσμα την μείωση του κατά κεφαλήν μεριδίου καλλιεργήσιμης γης που αντιστοιχεί σε κάθε άτομο.

Συνεπώς είναι φανερό ότι η Αίγυπτος πρέπει να απαγκιστρωθεί από την παλαιά κοιλάδα του Νείλου και να επεκταθεί σε μία νέα. Αυτό βέβαια μπορεί να πραγματοποιηθεί εφόσον γίνεται σαφές, ότι η έκταση της παλαιάς κοιλάδας, δεν επιτρέπει άλλες παραγωγικές επεκτάσεις.

Οι πόλεις και η καλλιεργήσιμη γη που βρίσκονται κατά μήκος της κοιλάδας του Νείλου, αδυνατούν να απορροφήσουν άλλες βιομηχανικές δραστηριότητες, αλλά και την αναμενόμενη αύξηση του πληθυσμού.

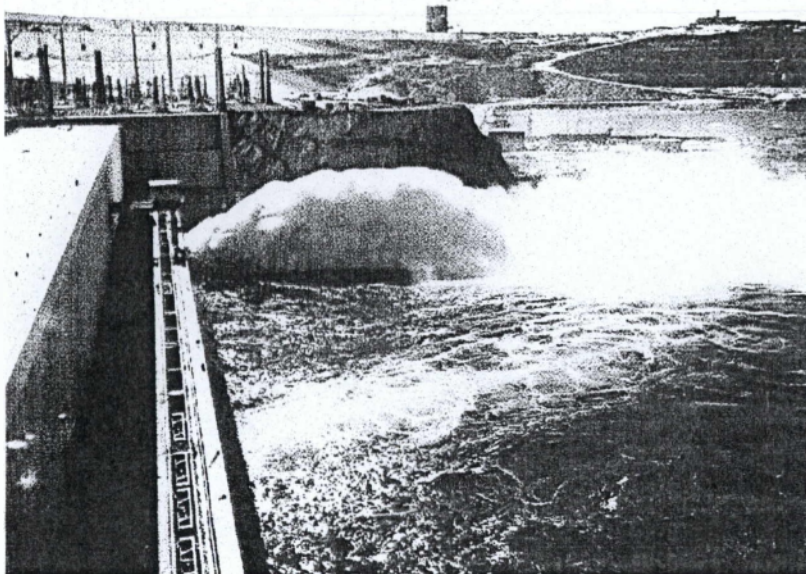
Γι' αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία αγροτικών επεκτάσεων τόσο δυτικά του Νείλου προς τη δυτική έρημο, όσο και ανατολικά



αυτού προς το Σινά. Απαραίτητη προϋπόθεση γι' αυτές τις επεκτάσεις είναι αναμφισβήτητα το νερό.

### 2.3.2 Το Μεγάλο Φράγμα του Ασσουάν

Το Μεγάλο Φράγμα του Ασσουάν είναι ένα φράγμα συγκρατήσεως. Είναι από τα μεγαλύτερα φράγματα του κόσμου, αφού μπορεί να συγκρατήσει 42.500.000 κυβικά μέτρα διαφόρων δομικών υλών. Το φράγμα αυτό λόγω του μεγέθους του ονομάστηκε πυραμίδα του 20<sup>ου</sup> αιώνα.



Εικόνα 7. Το Μεγάλο Φράγμα του Ασσουάν

Τα νερά του Μεγάλου Φράγματος αρδεύουν 5.000.000 στρέμματα, που αξιοποιήθηκαν και έγιναν καλλιεργήσιμα στην περιοχή της ερήμου μεταξύ Μίνια και Σοχάγκ, και εδάφη ίσης έκτασης στην περιοχή του Φαγιούμ.

Η έκταση της καλλιεργήσιμης γης, που ήταν 24.200.000 στρέμματα το 1960, αυξήθηκε χάρη στο φράγμα σε 35.000.000 στρέμματα.

Τα αναμφισβήτητα πλεονεκτήματα από την κατασκευή του φράγματος, οι τεράστιες δηλαδή δυνατότητες άρδευσης και παραγωγής ενέργειας,



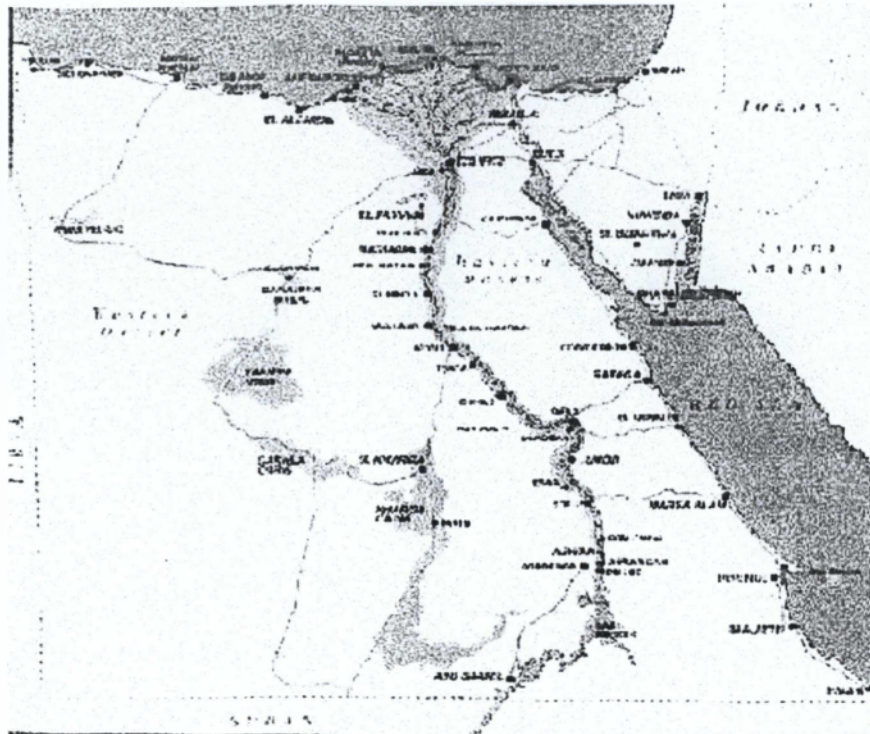
συνοδεύτηκαν από μερικές δυσάρεστες συνέπειες. Η κατασκευή του Φράγματος του Ασσουάν, ανάγκασε πολλούς ανθρώπους να εγκαταλείψουν τα χωριά τους, τα οποία καλύφθηκαν κάτω από τα νερά της Λίμνης Νάσσερ.

Από την άλλη πλευρά, είναι ακόμη δύσκολο να προβλέψει κανείς τις κλιματολογικές μεταβολές που θα προκύψουν από τη δημιουργία μιας λίμνης, μήκους 200 χιλιομέτρων και πλάτους ακόμη περισσότερων. Είναι πιθανό η συγκράτηση της ιλύος από το σύστημα αυτό, να στερεί τα αρδευτικά νερά από ένα μεγάλο ποσοστό της λιπαντικής ικανότητάς τους. Τα διάφορα φράγματα στο Νείλο έχουν προκαλέσει σοβαρές μεταβολές στην κατανομή της υδρόβιας πανίδας. Το Μεγάλο Φράγμα εξαφάνισε τα ψάρια του ποταμού, και χρειάστηκε η προσφυγή στην ιχθυοκαλλιέργεια για να ξαναγεμίσει ο Νείλος με ψάρια.

### 2.3.3 Η Νέα Κοιλιάδα

Το 1958, όλες εκείνες οι περιοχές οι οποίες ονομάζονταν επαρχία της δυτικής ερήμου, μετονομάστηκαν σε επαρχία της Νέας Κοιλιάδας. Η περιοχή της Νέας Κοιλιάδας βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της Αιγύπτου, εκτείνεται κατά μήκος της κοιλάδας του Νείλου στην δυτική έρημο και έχει επιφάνεια 376.000 Km<sup>3</sup>, η οποία αποτελεί το 37,6% της αιγυπτιακής εκτάσεως.

Οι κύριες περιοχές της Νέας Κοιλιάδας είναι η άσση Αλ-Χάργκα, η οποία αποτελεί την πρωτεύουσα της περιοχής, η άσση Αλ-Ντάχλα και η άσση Αλ-Φαράφρα. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών είναι τα ασβεστολιθικά πετρώματα, οι αμμόλοφοι, οι οάσεις με τα πλούσια υπόγεια νερά, η καλλιεργήσιμη γη και τα βυθίσματα της ερήμου. Η επαρχία της Νέας Κοιλιάδας, αν και είναι η μεγαλύτερη σε έκταση κοιλάδα της Αιγύπτου, έχει μόνο 150.000 κατοίκους και την μικρότερη πληθυσμιακή πυκνότητα.



Εικόνα 8. Οι περιοχές της Νέας Κοιλάδας. Αλ-Χάργκα, όαση Αλ-Ντάχλα, και όαση Αλ-Φαράφα.

Η περιοχή της Νέας Κοιλάδας, άρχισε να προσελκύει την προσοχή των μελετητών από τα μέσα του 1950 και οι πρώτες μελέτες άρχισαν να δημοσιεύονται για το ενδεχόμενο της επεκτάσεως προς την έρημο. Το 1963, παρουσιάστηκε μια έρευνα, κατά την οποία, η καλλιέργεια κάποιων σημείων της ερήμου ήταν εφικτή, εφόσον θα εξασφαλιζόταν η παροχέτευση νερού. Για να μπορέσει να επιτευχθεί η παροχέτευση νερού, έγιναν διάφορες μελέτες και προτάθηκαν πολλές εναλλακτικές πορείες για μια μελλοντική διώρυγα, η οποία θα μετέφερε το πολυπόθητο νερό του Νείλου στην έρημο.

#### 2.3.4 Σχεδιασμός αρχικών εναλλακτικών δικτύων

Σε πολλές μελέτες και ιδιαίτερω σε εκείνες που έγιναν μετά την κατασκευή του Μεγάλου Φράγματος του Ασσουάν, προτάθηκαν δυο επιλογές για την παροχέτευση νερού από τον Νείλο, στην περιοχή της Νέας Κοιλάδας. Κατά την πρώτη επιλογή, η παροχέτευση του νερού θα γινόταν από την ροή του Νείλου πίσω από το Μεγάλο Φράγμα. Κατά την δεύτερη επιλογή, η

παροχέτευση του νερού θα γινόταν μπροστά από το Μεγάλο Φράγμα, δηλαδή από την λίμνη Νάσσερ.

Όσον αφορά στην πρώτη επιλογή, σύμφωνα με τοπογραφικές και γεωγραφικές μελέτες, καθώς και με απαιτήσεις ενέργειας για την μεταφορά του νερού, εξετάστηκαν τέσσερις εναλλακτικές πορείες.

Η πρώτη πορεία είχε ως αφετηρία την πόλη Ασιούτ και κατέληγε στην όαση Αλ-Χάργκα. Αν και η πορεία αυτή ήταν η μικρότερη, ωστόσο είχε υψηλό κόστος άντλησης νερού, λόγω του ύψους του δυτικού υψιπέδου, παράλληλα της κοιλάδας.

Η δεύτερη πορεία ξεκινούσε από την πόλη Κένα και κατέληγε στην όαση Αλ-Χάργκα. Αυτή η πορεία είχε μεγάλο μήκος οπότε και εγκαταλείφθηκε, αφού η δαπάνη θα ήταν τεράστια.

Η τρίτη πορεία ξεκινούσε από την πόλη Έσσα και κατέληγε και αυτή στην όαση Αλ-Χάργκα. Όμως και αυτή η μελέτη εγκαταλείφθηκε επειδή η πορεία παρεμποδιζόταν από οροσειρές και από αμμόλοφους με ύψη, τα οποία για να υπερβληθούν, απαιτούσαν εργασίες υψηλού κόστους.

Η τέταρτη και τελευταία πορεία ξεκινούσε από το Ασσουάν και κατέληγε στην πόλη Μπαρίς, νότια της όασης Αλ-Χάργκα. Όμως λόγω του μεγάλου μήκους, εγκαταλείφθηκε και αυτή.

Όσον αφορά στην δεύτερη επιλογή, υπήρχαν σκέψεις, η κύρια διώρυγα για την μεταφορά νερού στην Νέα Κοιλάδα, να είναι η διώρυγα εκχειλίσεως Τόσκα, η οποία είχε κατασκευαστεί το 1978 για την μεταφορά νερού από την λίμνη Νάσσερ προς το Βύθισμα Τόσκα, όταν το νερό υπερέβαινε τα 178 m, ώστε να προστατεύεται το σώμα του φράγματος.

Παρόλο που το σχέδιο αυτό εγκαταλείφθηκε, παρουσίαζε δυο σημαντικά πλεονεκτήματα. Αυτά ήταν ότι το επίπεδο του νερού μπροστά από το φράγμα, μειώνει την ενέργεια ανύψωσής του και ότι η φυσική κλίση της γης προς βορρά, μειώνει την απαιτούμενη ενέργεια για να μεταφερθεί το νερό στις καλλιεργούμενες περιοχές. Έτσι λοιπόν, μετά από συνεχής μελέτες, αποφασίστηκε να γίνει εκτροπή του Νείλου μπροστά από το Φράγμα του Ασσουάν και σε απόσταση 200 Km νότια του φράγματος. Το σχέδιο αυτό, το οποίο θα οδηγούσε τα νερά του Νείλου στην Νέα Κοιλάδα, ονομάστηκε Αναπτυξιακό Σχέδιο Νοτίου Κοιλάδας.

### 2.3.5 Το Σχέδιο Τόσκα

Το σχέδιο Τόσκα θεωρείται ένα από τα πιο φιλόδοξα αρδευτικά έργα παγκοσμίως και έχει προσελκύσει την προσοχή όλων όσων ασχολούνται με τις αρδεύσεις. Το Μεγάλο Φράγμα του Ασσουάν, θεωρήθηκε ως η πυραμίδα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, αλλά το σχέδιο Τόσκα θεωρείται η πυραμίδα του 21<sup>ου</sup> αιώνα για την Αίγυπτο.

Το σχέδιο αυτό έχει σαν σκοπό την μεταφορά 5,5 δισεκατομμυρίων m<sup>3</sup>/χρόνο από την λίμνη Νάσσερ στη Νέα Κοιλιάδα, μέσω μιας διώρυγας. Η πρώτη φάση της διώρυγας έχει ως αφετηρία την λίμνη Νάσσερ και οδεύει βορειοδυτικά μέχρι το βύθισμα Τόσκα. Η κύρια διώρυγα σε αυτή την φάση θα έχει μήκος 70 Km και θα έχει τέσσερις κλάδους.

Ο πρώτος κλάδος θα αρχίζει από το τριακοστό χιλιόμετρο της κύριας διώρυγας, θα είναι μήκους 57 Km και θα αρδεύει 580.000 στρέμματα. Ο δεύτερος κλάδος θα αρχίζει από το πεντηκοστό δεύτερο χιλιόμετρο της κύριας διώρυγας, θα είναι μήκους 60 Km και θα αρδεύει 560.000 στρέμματα. Ο τρίτος κλάδος θα ξεκινάει από το εβδομηκοστό χιλιόμετρο της κύριας διώρυγας, θα έχει μήκος 22 Km και θα αρδεύει 400.000 στρέμματα. Τέλος, ο τέταρτος κλάδος θα ξεκινάει επίσης από το εβδομηκοστό χιλιόμετρο, αλλά θα έχει μήκος 60 Km και θα αρδεύει 620.000 στρέμματα.

Στην δεύτερη φάση του σχεδίου, η κύρια διώρυγα θα έχει πορεία προς το βορρά, κατά μήκος του Νταρμπ Ελ-Αρμπαϊν μέχρι να καταλήξει στην όαση Μπάρις, διανύοντας μια απόσταση 310 Km.

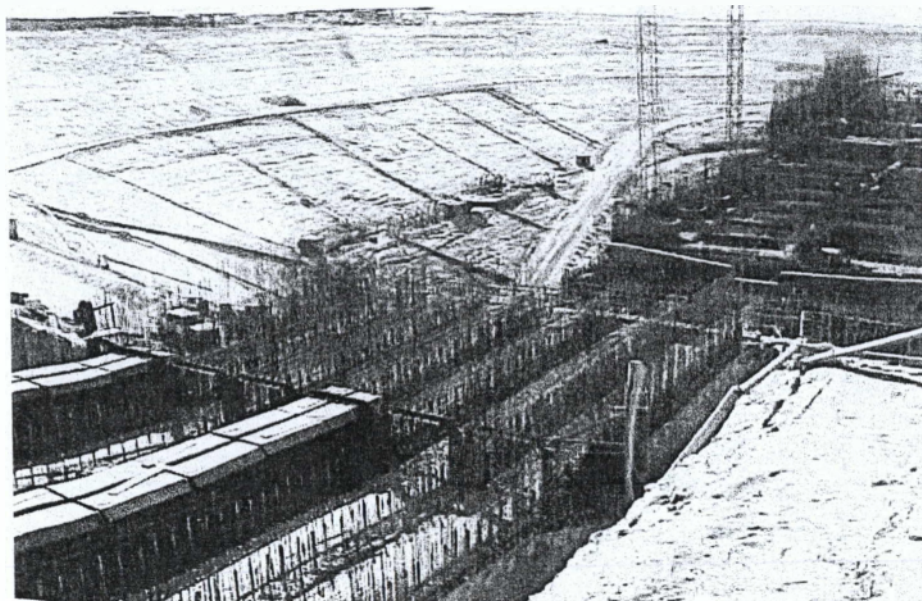
Η τρίτη και τελευταία φάση του σχεδίου Τόσκα, έχει ως σκοπό την μεταφορά νερού στις οάσεις Αλ-Χάργκα, Αλ-Ντάχλα, Αλ-Φαράφα και Αλ-Μπαχαρέϊα. Στην ολοκλήρωση και της τρίτης φάσης του σχεδίου, το συνολικό μήκος της διώρυγας θα έχει φτάσει τα 850 Km.

### 2.3.6 Το αντλιοστάσιο

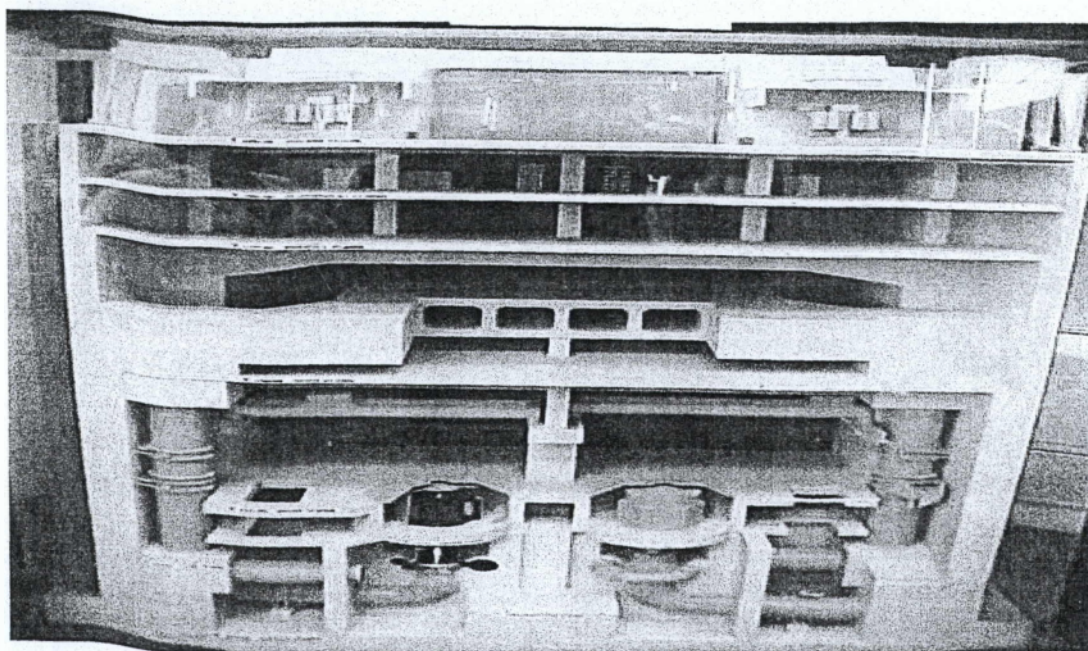
Η εκτροπή του Νείλου στην Νέα Κοιλιάδα θα πραγματοποιηθεί μέσω ενός αντλιοστασίου, το οποίο άρχισε να κατασκευάζεται το 1997. όταν θα



ολοκληρωθούν οι κατασκευαστικές εργασίες το αντλιοστάσιο αυτό θα είναι το μεγαλύτερο στον κόσμο.



Εικόνα 9. Το υπό κατασκευή αντλιοστάσιο



Εικόνα 10. Μακέτα η οποία απεικονίζει το εσωτερικό του αντλιοστασίου



Η ανάγκη για την δημιουργία του φανερώθηκε όταν παρατηρήθηκε, σύμφωνα με μελέτες, ότι το επίπεδο του αποθηκευμένου νερού στην λίμνη Νάσσερ, βρίσκεται πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Το αντλιοστάσιο θα αναρροφά το νερό από την λίμνη Νάσσερ, δια μέσου 6 υπόγειων σηράγγων, από τις οποίες κάθε μια θα έχει μήκος 1,5 Km. Ο λόγος ο οποίος οδήγησε τους κατασκευαστές να χρησιμοποιήσουν υπόγειες σήραγγες, οφείλεται στο επίπεδο της λίμνης Νάσσερ. Αυτό δεν είναι ποτέ σταθερό, αλλά εξαρτάται από την ένταση βροχών στα υψίπεδα της Αιθιοπίας.

Το αντλιοστάσιο θα έχει 30 αντλίες, οι οποίες θα έχουν ισχύ 375 Mw και η παροχή τους θα είναι 300 m<sup>3</sup>/s. Έτσι θα αναρροφά και θα εναποθέτει στην κύρια διώρυγα 25 εκατομμύρια m<sup>3</sup> την ημέρα. Το νερό, θα οδηγείται στην κύρια διώρυγα δια μέσου αγωγών.

Η τοποθεσία του αντλιοστασίου βασίστηκε σε πολλές υδρογραφικές μελέτες, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στην λίμνη Νάσσερ, με σκοπό να επιλεγεί η πιο κατάλληλη θέση για άντληση του νερού. Επίσης έγιναν μελέτες που αφορούσαν στις ενδεχόμενες απώλειες νερού από τις σήραγγες, καθώς και στην λειτουργία του αντλιοστασίου στα διάφορα επίπεδα της λίμνης Νάσσερ, πριν και μετά την ετήσια πλημμύρα.

### 2.3.7 Η κύρια προσαγωγός διώρυγα

Η κύρια προσαγωγός διώρυγα ονομάζεται διώρυγα της Νέα Κοιλάδας ή διώρυγα του Σεχ-Ζάϊεντ, προς τιμήν του προέδρου των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων για την βοήθειά του στα αναπτυξιακά σχέδια της Αιγύπτου.

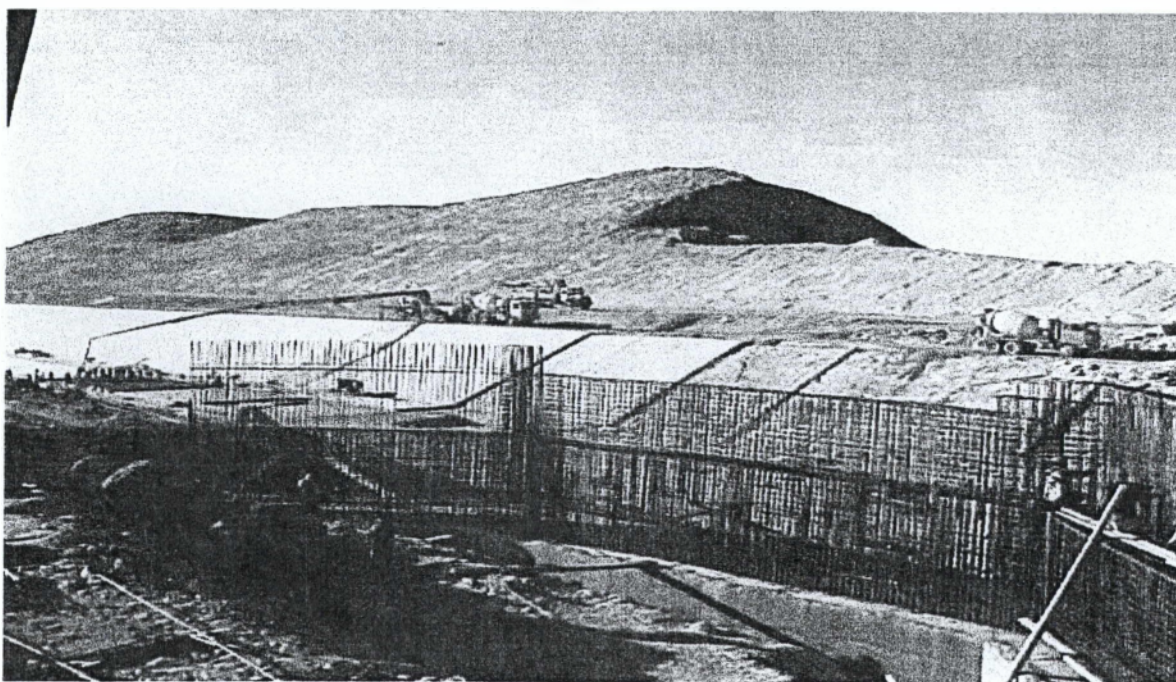
Η επενδυμένη από σκυρόδεμα διώρυγα, τραπεζοειδούς διατομής, θα έχει συνολικό μήκος 310 Km. Το πλάτος της στον πυθμένα θα είναι 30 m, το πλάτος στην επιφάνεια θα είναι 58 m, ενώ το βάθος της διώρυγας θα είναι 6 m.

Από όλες τις τεχνικές μελέτες για την κατασκευή της διώρυγας, οι γεωτεχνικές ήταν οι πλέον σημαντικές. Καθόρισαν τους τύπους και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των βράχων και των αμμόλοφων, οι οποίοι υπάρχουν στην πορεία της διώρυγας, τα γεωλογικά ρήγματα για τους

σεισμούς, καθώς και ενδεχόμενες καταρρεύσεις. Όλα αυτά μελετήθηκαν αφού συντάχθηκαν γεωλογικοί χάρτες βάση φωτογραφιών από δορυφόρο, σε μια περιοχή που κάλυπτε 600.000 Km<sup>2</sup>.

Επίσης γεωλογικές μελέτες έγιναν με σκοπό να καθορίσουν την σύσταση, την γεωλογική ηλικία και το βάθος των πετρωμάτων. Ακόμη έπρεπε να καθοριστούν οι μηχανικές, οι γεωφυσικές και οι γεωχημικές ιδιότητες του εδάφους και των πετρωμάτων.

Γεωτρήσεις σε βάθος 300 m έγιναν σε όλο το μήκος της διώρυγας και στο σημείο του αντλιοστασίου, για να γίνουν οι απαραίτητες εδαφομηχανικές μελέτες του σχεδίου. Ένα πλήρως εξοπλισμένο εργαστήριο, δημιουργήθηκε στο Άμπου-Σίμπελ με σκοπό να διασφαλίσει τον συνεχή έλεγχο του εδάφους και των ιδιοτήτων των υλικών, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του έργου.



Εικόνα 11. Η υπό κατασκευή διώρυγα

### 2.3.8 Αναπτυξιακό σχέδιο Ανατολικού Οουενάτ

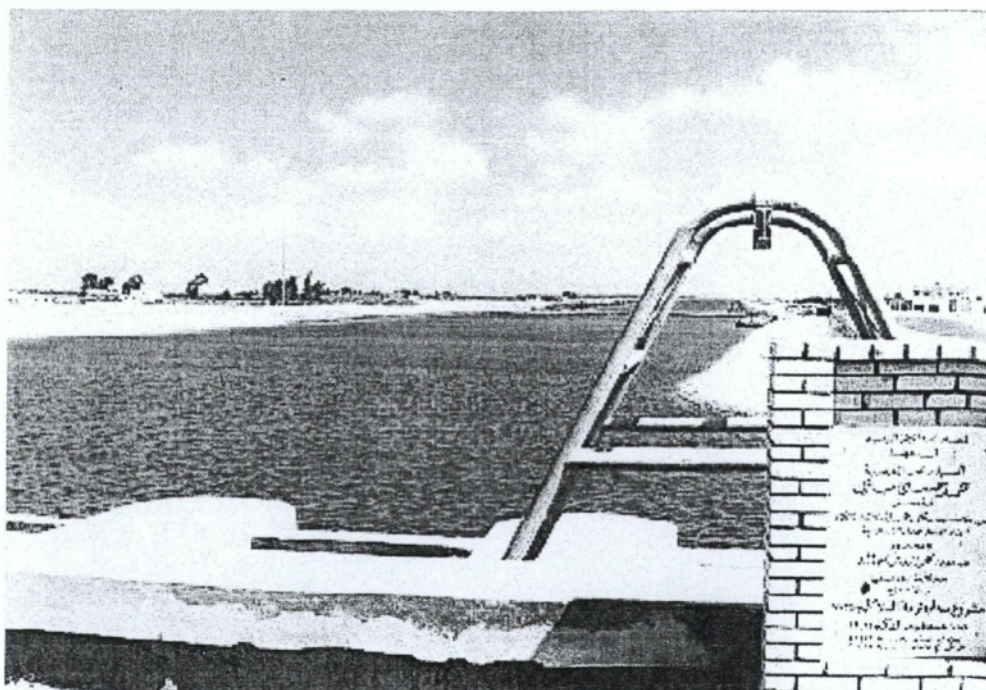
Ένα ακόμη έργο που έλαβε χώρα, είναι το αναπτυξιακό σχέδιο του Οουενάτ, το οποίο συμπεριλαμβάνετε στο σχέδιο της Νέας Κοιλάδας. Κατά το

σχέδιο αυτό δεν εκμεταλλεύονται τα νερά του Νείλου, αλλά αξιοποιούνται τα πλούσια υπόγεια νερά που έχει.

Το Ανατολικό Οουενάτ βρίσκεται στα νοτιοδυτικά της Αιγύπτου, στην δυτική έρημο και καλύπτει μια επιφάνεια 2.000.000 στρεμμάτων. Το σχέδιο καλύπτει τα 880.000 στρέμματα, τα οποία αναγνωρίστηκαν ως καλλιεργήσιμα, μετά από δοκιμές που έγιναν στο έδαφος της περιοχής. Όσον αφορά στο υπόγειο νερό, αυτό είχε μέτρια αλατότητα και ήταν κατάλληλο για άρδευση. Για να μπορέσει να εκμεταλλευτεί το υπόγειο νερό, ανοίχτηκαν γεωτρήσεις και έτσι εφαρμόστηκε άρδευση με τεχνητή βροχή και στάγδην.

### 2.3.9 Αναπτυξιακό σχέδια Βορείου Σινά

Ακόμη ένα μεγάλο αρδευτικό έργο, είναι αυτό του Βορείου Σινά. Πρόκειται για ένα σχέδιο το οποίο θα εκμεταλλευτεί νερά από τον Νείλο και νερά τα οποία προέρχονται από στραγγίσεις. Το νερό αυτό θα μεταφέρεται μέσω της διώρυγας Αλ-Σαλάμ, στο Σινά.

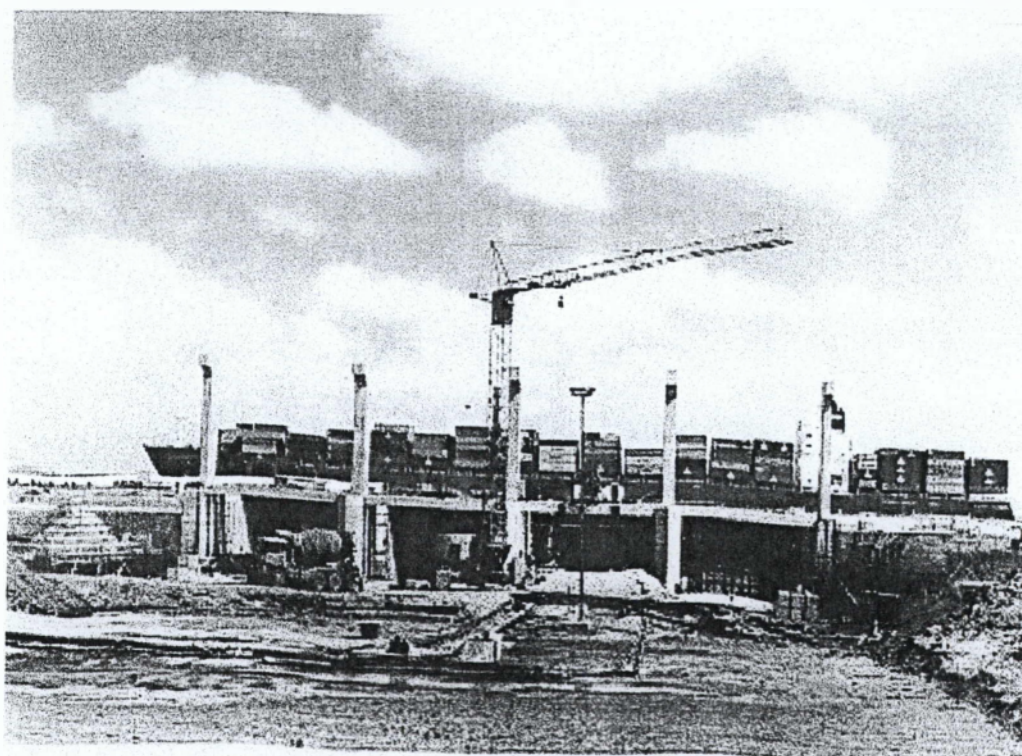


Εικόνα 12. Η διώρυγα Αλ-Σαλάμ



Η πορεία της διώρυγας Αλ-Σαλάμ, αρχίζει από μια είσοδο στην διακλάδωση Νταμμιέτα του Νείλου. Μετά από μια πορεία περίπου 18 Km, διασταυρώνεται με την στραγγιστική τάφρο Σεργ. Σ' αυτό το σημείο τα νερά που ρέουν μέσω της διώρυγας, αναμιγνύονται με τα νερά που προέρχονται από τις στραγγίσεις στην κοιλάδα του Νείλου. Έπειτα αυτή, συνεχίζει την πορεία της νοτιοανατολικά και στο 51 Km συναντά την στραγγιστική τάφρο Μπαρχ-Χάντους, όπου γίνεται μια δεύτερη ανάμιξη. Από το σημείο αυτό η διώρυγα συνεχίζει την πορεία της, δια μέσου της λίμνης Μανζάλα και λίγο πριν την διώρυγα Σουέζ, διασταυρώνεται με την στραγγιστική τάφρο Αλ-Μπακάρ.

Σε αυτό το σημείο κρίθηκε σκόπιμη η κατασκευή μιας υπόγειας σήραγγας, με σκοπό να υπερβεί η διώρυγα το εμπόδιο της τάφρου. Ύστερα συνεχίζεται η πορεία της και διανύοντας μια απόσταση 82 Km, φτάνει στην διώρυγα Σουέζ, η οποία αποτελεί άλλο ένα εμπόδιο. Αυτό αντιμετωπίζεται με την κατασκευή ενός σιφώνιου.



Εικόνα 13. Το σιφώνιο

Το σιφώνιο αποτελείται από τέσσερις σήραγγες κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα, μήκους 750 m και εσωτερικής διαμέτρου 5,1 m. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι θα βρίσκεται 45 m κάτω από την διώρυγα του Σουέζ.

Στην συνέχεια της πορείας της η διώρυγα προς το βόρειο Σινά, διασχίζει πέντε περιοχές. Την πεδιάδα Τίνα, την νοτιοανατολική Καντάρα, την περιοχή Ράμπσα, την περιοχή Μπερ Αλ-Αμπντ και τέλος την περιοχή Αλ-Σιρ.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

#### 3.1 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ

Οι μέθοδοι επιφανειακής άρδευσης χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, την άρδευση με ροή και την άρδευση με κατάκλυση. Στην πρώτη κατηγορία, όπου περιλαμβάνει άρδευση με αυλάκια και με λωρίδες, το νερό ενώ ρέει στην επιφάνεια του εδάφους, διηθείται μέσα σε αυτό.

Στην δεύτερη κατηγορία, όπου περιλαμβάνεται η μέθοδος με λεκάνες, το νερό παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους ακίνητο και εισχωρεί σιγά-σιγά μέσα στο έδαφος.

Για να εφαρμόσουμε μία από τις παραπάνω μεθόδους θα πρέπει να έχουμε μεγάλη παροχή νερού, το έδαφος να μην είναι πολύ υδατοπερατό και να μην έχει απότομες κλίσεις.

##### 3.1.1 Μεταφορά και παροχέτευση αρδευτικού νερού

Το νερό μεταφέρεται από την πηγή στο χωράφι μέσα από ανοιχτούς αγωγούς, τις διώρυγες, με ελεύθερη ροή.

Ο αριθμός των διωρύγων που χρειάζονται για να φτάσει το νερό στα αυλάκια ή στις λεκάνες ή στις λωρίδες άρδευσης, ποικίλει και εξαρτάται από την απόσταση της πηγής από το χωράφι, το μέγεθος του χωραφιού και την ποσότητα του νερού.

Οι διώρυγες είναι μόνιμες κατασκευές από τσιμέντο ή από χώμα, ανοιχτοί, τραπεζοειδούς ή ορθογωνικής διατομής. Επίσης ανάλογα με τη χρήση και τη θέση τους μέσα στο δίκτυο έχουν διαφορετικές ονομασίες.

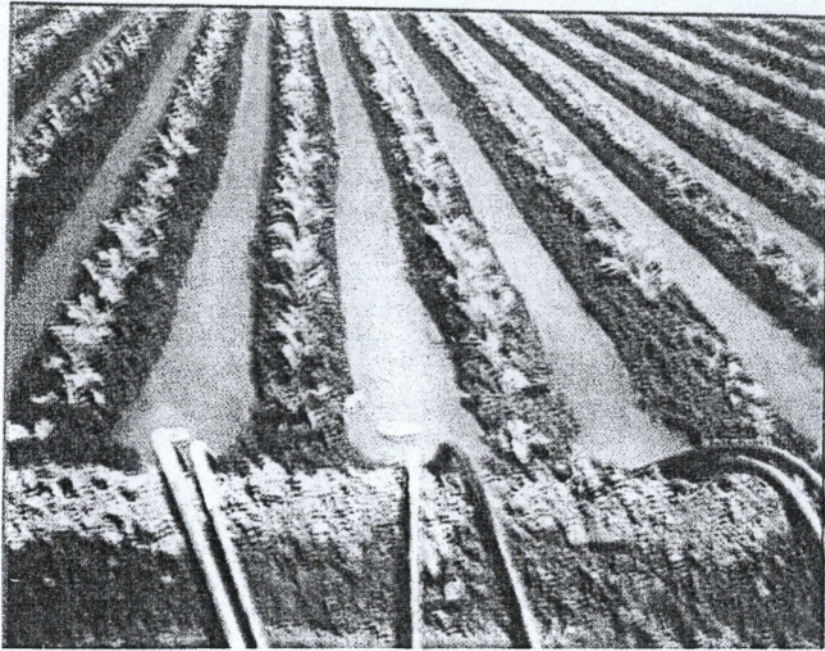


Εικόνα 14 . Διώρυγα για μεταφορά νερού

Προσαγωγός διώρυγα είναι εκείνη η οποία μεταφέρει το νερό από την πηγή στην περιοχή που θέλουμε να αρδεύσουμε. Στη συνέχεια ακολουθεί η πρωτεύουσα διώρυγα η οποία δέχεται νερό από την προσαγωγό και δίνει νερό στην δευτερεύουσα. Τέλος ακολουθεί η τριτεύουσα διώρυγα η οποία ονομάζεται και διώρυγα εφαρμογής και τροφοδοτεί τα αυλάκια, τις λεκάνες ή τις λωρίδες. Η διώρυγα αυτή πρέπει να βρίσκεται πάντοτε στο ψηλότερο μέρος του χωραφιού.

### 3.1.2 Άρδευση με αυλάκια

Αυτή η μέθοδος είναι η πιο γνωστή από τις επιφανειακές μεθόδους με ροή. Μπορούμε να αρδεύσουμε τόσο γραμμικές καλλιέργειες, όσο και σπωρώνες. Το νερό κατά τη μέθοδο αυτή κυλάει μέσα στα αυλάκια και ταυτόχρονα, μέχρι να φτάσει στο τέλος του αυλακιού, διηθείται μέσα στο χώμα με κατακόρυφη και πλευρική διήθηση.



Εικόνα 15. Άρδευση με αυλάκια

Ο χρόνος παραμονής του νερού στο αυλάκι θα πρέπει να είναι τόσο, όσος χρειάζεται για να φτάσει το έδαφος στην υδατοϊκανότητα του και σε βάθος τόσο, όσο είναι το βάθος του ριζοστρώματος της αρδευόμενης καλλιέργειας.

Τα αυλάκια κατασκευάζονται σε αποστάσεις 80-100 cm, βάθος 15-20 cm και μήκος 80-400 m ανάλογα με τη διαθέσιμη παροχή και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Ανοίγονται με αυλακωτήρες, το ένα δίπλα στο άλλο και κατά την μεγαλύτερη κλίση του εδάφους. Η κλίση αυτή δεν πρέπει να είναι πάνω από 1%. Σε περίπτωση που είναι μεγαλύτερη αλλά όχι πάνω από 6-8%, τότε τα αυλάκια πρέπει να κατασκευάζονται παράλληλα προς τις ισοϋψείς.

Τα αυλάκια δέχονται το νερό από την τριτεύουσα διώρυγα, με τη βοήθεια ειδικών σιφωνίων από αλουμίνιο ή πλαστικό. Προς αποφυγή μεγάλων απωλειών λόγω απορροής στο τέλος του αυλακιού και για να έχουμε ομοιόμορφη άρδευση, μπορούμε να εφαρμόσουμε μεταβαλλόμενη παροχή. Στην αρχή εφαρμόζουμε μεγάλη παροχή μέχρι το τέλος του αυλακιού και έπειτα μειώνουμε την παροχή, έτσι ώστε το νερό να διηθείται στο έδαφος μέχρι να φτάσει στο τέλος και να μην απορρέει.



### 3.1.3 Άρδευση με λωρίδες

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την άρδευση πυκνών καλλιεργειών όπως αυτή της μηδικής και του τριφυλλιού. Και εδώ θα πρέπει να έχουμε μεγάλες παροχές νερού και μικρές κλίσεις.



Εικόνα 16. Άρδευση με λωρίδες

Κατά την μέθοδο αυτή το χωράφι χωρίζεται σε λωρίδες με παράλληλα αναχώματα, τα οποία μπορεί να είναι μόνιμα ή προσωρινά, ανάλογα με την προς άρδευση καλλιέργεια. Το μήκος και το πλάτος των λωρίδων καθορίζεται με βάση την παροχή, την κλίση του εδάφους, το είδος της καλλιέργειας και την διηθητικότητα του εδάφους.

Το νερό κατά την μέθοδο αυτή διοχετεύεται στο ανώτερο άκρο της λωρίδας και ρέει σαν λεπτό στρώμα σε ολόκληρο το πλάτος της λωρίδας, περιοριζόμενο από τα αναχώματα να μη φεύγει δεξιά και αριστερά. Στο κάτω άκρο της λωρίδας υπάρχει ένα ανάχωμα ή μια τάφος για να εμποδίζει την απορροή του νερού. Εάν το νερό λιμνάζει στο κάτω άκρο της λωρίδας, τότε



διακόπτουμε τα παράλληλα αναχώματα και το νερό εισέρχεται στις διπλανές λωρίδες.

Για να έχουμε μια ομοιόμορφη άρδευση και λίγες απώλειες νερού λόγω απορροής, θα πρέπει να εφαρμόσουμε περιορισμό της παροχής, μετά από κάποιο χρόνο, κατά την άρδευση ή και την πλήρη διακοπή της. Έτσι για ελαφρά εδάφη, διακοπή της άρδευσης πρέπει να γίνεται αφού το νερό έχει καλύψει το 90% του μήκους της λωρίδας και για συνεκτικά εδάφη το 70% του μήκους της.

Τα συνηθισμένα πλάτη των λωρίδων είναι 8-12 m και τα μήκη τους, στα ελαφρά αμμώδη εδάφη μέχρι 40 m, στα μέσης σύστασης 140-180 m, και στα συνεκτικά από 180-250 m.

### 3.1.4 Άρδευση με λεκάνες

Η μέθοδος αυτή έχει βρει εφαρμογή στην καλλιέργεια του ρυζιού. Γενικά βρίσκει περιορισμένη εφαρμογή γιατί απαιτεί μεγάλη παροχή νερού, πολλά εργατικά και πολύπλοκο σύστημα διανομής νερού, στην περίπτωση που πρόκειται να αρδεύσουμε διαπερατά εδάφη.

Κατά την μέθοδο αυτή, χωρίζουμε την προς άρδευση έκταση σε ορθογώνιες ή τετράγωνες λεκάνες με αναχώματα, τα οποία κατασκευάζονται με χώμα που παίρνουμε από την έκταση της λεκάνης. Μέλημά μας είναι οι λεκάνες να μην έχουν καμία κλίση. Το νερό διοχετεύεται μέσα σε αυτές και αφήνεται σε ηρεμία να διηθηθεί μέσα στο έδαφος.



Εικόνα17 . Άρδευση με λεκάνες

Το εμβαδόν της λεκάνης ποικίλει και εξαρτάται από την παροχή και από την σύσταση του εδάφους. Συνήθως κυμαίνεται από 100-5000 m<sup>2</sup>.

Μια παραλλαγή της μεθόδου, είναι η άρδευση με ατομικές λεκάνες για κάθε δέντρο. Κατά την μέθοδο αυτή κατασκευάζουμε μικρές μόνιμες λεκάνες για κάθε δέντρο και το νερό διοχετεύεται με πλαστικούς ή αλουμινένιους σωλήνες σε κάθε λεκάνη ξεχωριστά.

Με αυτό τον τρόπο δεν έχουμε απώλεια λόγω απορροής και αν έχουμε υπολογίσει την ποσότητα του απαιτούμενου κάθε φορά νερού, που χρειάζεται για να φτάνει το έδαφος στην υδατοϊκανότητά του, δεν έχουμε ούτε απώλειες από βαθιά διήθηση.

### 3.2 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΤΕΧΝΗΤΗ ΒΡΟΧΗ

Η άρδευση με τεχνητή βροχή ή με καταιονισμό άρχισε να εφαρμόζεται σε κάποια από τις προηγμένες χώρες, όπως την Αμερική, την Γερμανία και την Γαλλία. Η εξάπλωση της μεθόδου αυτής και στις υπόλοιπες χώρες, έγινε με ραγδαία ταχύτητα.

Στη χώρα μας το πρώτο συγκρότημα άρδευσης με τεχνητή βροχή, αγοράστηκε από την Γερμανία και χρησιμοποιήθηκε για την άρδευση αγροτικών εκτάσεων στην Μακεδονία. Η συστηματική όμως εφαρμογή της

μεθόδου, συμπίπτει με το τέλος της δεκαετίας του '60, μετά την επίσκεψη των Γάλλων τεχνικών, οι οποίοι ενημέρωσαν τα υπουργεία δημοσίων έργων και γεωργίας για τα πλεονεκτήματα της μεθόδου.

Η μέθοδος αυτή, όπως άλλωστε αναφέρει και το όνομά της, είναι μια τεχνητή απομίμηση της φυσικής βροχής, που με τη βοήθεια ενός μηχανικού εξαρτήματος, τον εκτοξευτήρα, διασπείρει το νερό άρδευσης ομοιόμορφα και σε όλη την επιφάνεια του εδάφους. Από εκεί το νερό κινείται κατακόρυφα προς το ριζικό σύστημα των φυτών, τα οποία το χρησιμοποιούν για να καλύψουν τις ανάγκες τους.



Εικόνα 18. Άρδευση με τεχνητή βροχή

Είναι απαραίτητο, το νερό να κινείται με τέτοιες ταχύτητες στην επιφάνεια του εδάφους έτσι ώστε να μην λιμνάζει για αρκετό καιρό, αλλά και να μην έχουμε μεγάλη απορροή σε επικλινή εδάφη. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η σπατάλη νερού και το φυτό παίρνει την ποσότητα που του χρειάζεται στον κατάλληλο χρόνο.

Τα πλεονεκτήματα της άρδευσης με τεχνητή βροχή σε σχέση με τα συστήματα επιφανειακής άρδευσης είναι:

- Οικονομία νερού. Ελέγχεται η ποσότητα του νερού λόγω καθορισμένης παροχής στο χωράφι, ενώ η μεταφορά και η διανομή του, γίνεται κυρίως με κλειστό και σωληνωτό δίκτυο.
- Εφαρμογή σε όλους τους τύπους των εδαφών. Όταν δεν είναι δυνατή η άρδευση με τις επιφανειακές μεθόδους, όπως σε εδάφη επικλινή ή με ανώμαλο ανάγλυφο, εφαρμόζεται η μέθοδος της τεχνητής βροχής.
- Αξιοποίηση μικρών παροχών. Στην επιφανειακή άρδευση, οι μικρές παροχές είναι αδύνατο να αξιοποιηθούν, ενώ με την τεχνητή βροχή είναι εφικτό.
- Διατήρηση της καλλιεργήσιμης έκτασης. Δεν κατασκευάζονται μεγάλες διώρυγες προσαγωγής και μεταφοράς νερού, αλλά το δίκτυο μεταφοράς και διανομής αρδευτικού νερού είναι υπόγειο σωληνωτό. Έτσι η επιφάνεια του χωραφιού παραμένει ελεύθερη.
- Δυνατότητα χορήγησης λιπασμάτων μαζί με την άρδευση. Με την προσθήκη κατάλληλου εξοπλισμού στην κεφαλή του δικτύου, είναι δυνατή η ταυτόχρονη χορήγηση λιπασμάτων και νερού άρδευσης.
- Προστασία των καλλιεργειών από τους παγετούς. Σε περιπτώσεις όψιμων παγετών και σε ευαίσθητες καλλιέργειες, είναι δυνατό να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα, εκμεταλλευόμενοι την θερμότητα που αποδίδει το νερό όταν παγώσει.

Όσον αφορά στα μειονεκτήματα που παρουσιάζει η τεχνητή βροχή, αυτά εντοπίζονται στις αυξημένες δαπάνες κατασκευής και λειτουργίας, καθώς και στις μηχανικές βλάβες και δαπάνες συντήρησης.

### 3.2.1 Περιγραφή και λειτουργία του συστήματος άρδευσης με τεχνητή βροχή

Το σύστημα από την πιο απλή μορφή του, μέχρι την πιο πολύπλοκη, αποτελείται βασικά από την πηγή του νερού, με παράλληλη εξασφάλιση πίεσης. Αυτό γίνεται για να φτάνει το νερό στον εκτοξευτήρα και να βγαίνει από αυτόν με μορφή σταγόνας.

Η εξασφάλιση αυτής της πίεσης επιτυγχάνεται είτε με τη βαρύτητα, όταν η πηγή του νερού βρίσκεται σε αρκετά υψηλότερο σημείο από εκείνο του



εκτοξευτήρα και η επιφάνεια του εδάφους. Άλλος τρόπος εξασφάλισης της πίεσης είναι η χρήση αντλητικού συγκροτήματος που αποτελείται από την αντλία, τον σωλήνα αναρρόφησης και τον κινητήρα.

Άλλο τμήμα του συστήματος αυτού, είναι το σύνολο των σωλήνων που μεταφέρουν, διανέμουν και εφαρμόζουν το νερό από την πηγή μέχρι το χωράφι. Οι σωλήνες αυτοί μπορεί να είναι από ανοιχτοί, χωμάτινοι ή επενδυμένοι αγωγοί, μέχρι υπόγειοι και σωληνωτοί αγωγοί από αμίαντο, χυτοσίδηρο, ορείχαλκο, αλουμίνιο και πλαστικό.

Τελευταίο κομμάτι του συστήματος αυτού, είναι οι εκτοξευτήρες οι οποίοι αποτελούν ουσιαστικά την καρδιά του συστήματος, αφού αυτοί στέλνουν το νερό στο έδαφος για να χρησιμοποιηθεί ακολούθως από τα φυτά.

Παρακάτω ακολουθεί ανάλυση του κάθε τμήματος του συστήματος άρδευσης με τεχνητή βροχή.

### **3.2.1.1 Το αντλητικό συγκρότημα**

Το αντλητικό συγκρότημα αποτελείται από την αντλία, το σωλήνα αναρρόφησης και τον κινητήρα. Έχει σαν προορισμό να ανυψώνει το νερό αρκετές δεκάδες μέτρα, από το σημείο που βρίσκεται η ελεύθερη επιφάνειά του στο ποτάμι, στη λίμνη, στο πηγάδι, μέχρι το σημείο εισόδου του στον εκτοξευτήρα.

Επίσης θα πρέπει να διαθέτει και το κατάλληλο φορτίο πίεσης, έτσι ώστε να βγει από το σημείο εξόδου του εκτοξευτήρα με τη μορφή σταγόνας. Ακόμα πρέπει να καλύπτει τις απώλειες του νερού, που προκαλούνται κατά την κίνησή του στα διάφορα είδη των σωλήνων, καθώς και στα εξαρτήματα του δικτύου.

Σε αυτό το σημείο, μπορούμε να ορίσουμε τα ακόλουθα μεγέθη τα οποία είναι πολύ χρήσιμα για την επιλογή του κατάλληλου τύπου της αντλίας και του κινητήρα που θα την συνοδεύει.

Αρχικά έχουμε το γεωμετρικό ύψος, το οποίο ορίζεται ως η υψομετρική διαφορά ανάμεσα στην επιφάνεια του νερού που θέλουμε να αντλήσουμε και στο σημείο που εκρέει το νερό. Το μέγεθος αυτό μετριέται σε μέτρα.

Το δεύτερο μέγεθος είναι οι γραμμικές και οι τοπικές απώλειες. Αυτές είναι απώλειες ενέργειας που εμφανίζονται όταν το νερό κινείται μέσα σε κλειστούς σωλήνες και στα διάφορα είδη εξαρτημάτων τους. Οι απώλειες αυτές εξαρτώνται από την παροχή του νερού, τη διάμετρο και το είδος του σωλήνα.

Το μέγεθος των γραμμικών απωλειών υπολογίζεται με τη βοήθεια σχετικών τύπων και νομογραφημάτων και δίδεται σε  $m / 100 m$  σωλήνα, όπου πολλαπλασιαζόμενο με το συνολικό μήκος του σωλήνα, δίνει τελικά μέτρα. Το μέγεθος των τοπικών απωλειών, υπολογίζεται από ειδικούς πίνακες, οι οποίοι ανάγουν τα ειδικά τεμαχίδια, όπως μούφες, ρακόρ, ταυ, σε ισοδύναμο μήκος σωλήνα όπου είναι συνδεδεμένα.

Όσον αφορά στην πίεση λειτουργίας του εκτοξευτήρα, θα πρέπει να πούμε ότι για την κανονική διασπορά και κατανομή του νερού με δίκτυο τεχνητής βροχής, χρειάζεται το νερό που μπαίνει στον εκτοξευτήρα, να διαθέτει μια πίεση που χαρακτηρίζει και το είδος του εκτοξευτήρα.

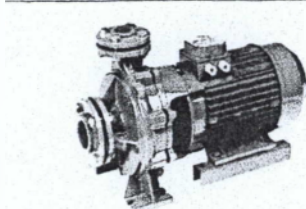
Αυτή η πίεση εξαρτάται κυρίως από τη διάμετρο του ακροφυσίου και την παροχή του νερού. Η πίεση μετριέται συνήθως σε ατμόσφαιρες (Atm.ή Bar) με αντιστοιχία  $1\text{Atm.} = 10 m$  περίπου και ονομάζεται κανονική πίεση λειτουργίας του εκτοξευτήρα.

Τέλος έχουμε το μανομετρικό ύψος, το οποίο είναι άθροισμα των τριών προηγούμενων μεγεθών. Μετριέται σε μέτρα και αποτελεί το κρίσιμο στοιχείο επιλογής του είδους και του συνδυασμού της αντλίας και του κινητήρα που θα συνοδεύει.

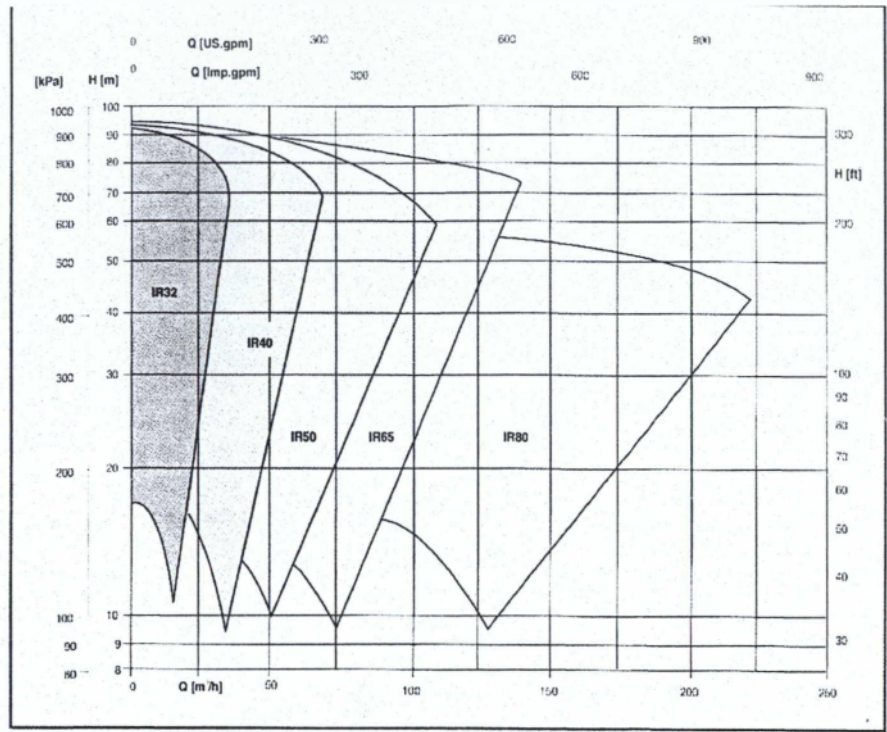
Παρακάτω ακολουθεί ανάλυση των μερών του αντλητικού συγκροτήματος.

## **Η αντλία**

Αντλία ονομάζουμε εκείνο το μηχάνημα με το οποίο καταφέρνουμε να μεταφέρουμε γενικά υγρά, σε σημείο υψηλότερο από εκείνο που βρισκόταν η αρχική τους στάθμη. Επίσης με την αντλία μπορούμε να δίνουμε ένα φορτίο πίεσης στο σημείο εξόδου του υγρού.



Q = 4 - 225 m<sup>3</sup>/h  
H = 15 - 97 m  
P = 10 bar  
t° = -15°C +120°C



Εικόνα 19. Αντλία μαζί με την καμπύλη της

Ανάλογα με την θέση που τοποθετούνται σε σχέση με την ελεύθερη επιφάνεια του νερού και με τον τρόπο που παίρνουν κίνηση οι αντλίες, διακρίνονται σε εμβολοφόρες και σε φυγοκεντρικές.

Οι εμβολοφόρες αντλίες ονομάζονται και αντλίες στατικού τύπου ή παλινδρομικές. Αυτές αντλούν νερό με τη βοήθεια ενός εμβόλου με παλινδρομική κίνηση. Οι αντλίες αυτές πρέπει απαραίτητα να είναι εξοπλισμένες με βαλβίδα εισαγωγής και εξαγωγής.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες οι οποίες ονομάζονται και περιστροφικές ή δυναμικού τύπου, είναι οι πιο συνηθισμένες αντλίες που χρησιμοποιούνται σε αρδευτικά συστήματα τεχνητής βροχής.

Το αντλητικό τους στοιχείο αποτελείται από μια φτερωτή, που περιστρέφεται μέσα σε ένα περίβλημα, το οποίο ονομάζεται σάλπιγγα ή σαλίγκαρος. Η περιστροφική κίνηση μεταδίδεται και στο νερό που βρίσκεται μέσα στο περίβλημα, οπότε αυτό εκτοξεύεται έξω από την αντλία και δημιουργείται έτσι ένα κενό στο κέντρο της φτερωτής.

Το κενό αυτό μεταφέρεται, λόγω υδραυλικής συνέχειας και στο σωλήνα αναρρόφησης της αντλίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, μια νέα ποσότητα νερού

να μπαίνει στην αντλία και να εκτοξεύεται στην συνέχεια έξω καθιστώντας έτσι συνεχή την άντληση νερού.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες έχουν επικρατήσει στην πρακτική των αρδεύσεων γιατί συγκεντρώνουν κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τις άλλες αντλίες.

Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι ότι, μετακινούνται αρκετά εύκολα λόγω του μικρού βάρους, ότι είναι σχετικά απλές στην κατασκευή και επομένως οικονομικότερες και με μικρές δαπάνες συντήρησης. Άλλο πλεονέκτημα είναι ότι εμφανίζουν μικρές μηχανικές τριβές, με αποτέλεσμα να αποδίδουν σε υψηλές ταχύτητες περιστροφής. Τέλος, ανάλογα με τον αριθμό των στροφών τους, ρυθμίζεται η παροχή και το μανομετρικό τους.

Άλλες αντλίες περιστροφικού τύπου είναι οι γριναζωτές και οι στροβιλαντλίες. Οι φτερωτές αντλίες ανάλογα με τον αριθμό των φτερωτών που χρησιμοποιούν, χαρακτηρίζονται μονοβάθμιες ή πολυβάθμιες, με οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα, με απλή ή διπλή αναρρόφηση, υποβρύχιες, βαθιών φρεατίων και αντλίες με εγχυτήρα.

Όπως είναι ευνόητο, η επιλογή της αντλίας και του κινητήρα που θα την συνοδέψει είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων. Οι σπουδαιότεροι από αυτούς είναι:

- το βάθος άντλησης
- το ολικό μανομετρικό ύψος
- η απαιτούμενη παροχή του νερού άρδευσης σε  $m^3$ /ώρα
- η καθαρότητα και η θερμοκρασία του νερού που αντλείται
- η ειδική απαίτηση για αυτοματισμό της λειτουργίας του αντλητικού συγκροτήματος
- οι ειδικές συνθήκες που επικρατούν κατά περίπτωση.

### **Ο σωλήνας απορρόφησης**

Ουσιαστικά είναι ένα κομμάτι σωλήνα, μεταλλικό ή πλαστικό, από την στάθμη του νερού μέχρι την είσοδο της αντλίας. Στο κάτω άκρο του είναι εφοδιασμένος με φίλτρο, για να αποφεύγεται η είσοδος στο σώμα της αντλίας



ξένων υλών, όπως χώματα και κλαδιά, τα οποία μπορούν να προξενήσουν φθορά και βλάβη στην αντλία.

Το νερό μπαίνει και ανεβαίνει στο σωλήνα αναρρόφησης με την βοήθεια της ατμοσφαιρικής πίεσης. Η κίνησή του γίνεται με μικρές ταχύτητες και με το κενό που δημιουργείται λόγω της κίνησης του νερού από την αντλία, διαρκώς ανεβαίνει στο σωλήνα αναρρόφησης. Η διάμετρος του σωλήνα αναρρόφησης είναι αρκετά μεγάλη, αφού το νερό κινείται με μικρή ταχύτητα, ενώ το μήκος του δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 6-7 m, αν και θεωρητικά θα μπορούσε να φτάσει τα 10 m.

Όταν θα ξεκινήσει η λειτουργία της αντλίας, θα πρέπει ο σωλήνας αναρρόφησης να είναι γεμάτος με νερό από πριν. Για το γέμισμά του, υπάρχει ειδική οπή στο πάνω μέρος της αντλίας, ή χρησιμοποιείται μικρή βοηθητική αντλία που προσαρμόζεται κατάλληλα. Προκειμένου ο σωλήνας να παραμείνει γεμάτος με νερό και μετά τη διακοπή της λειτουργίας της αντλίας, στο κάτω άκρο του προσαρμόζεται βαλβίδα αντεπιστροφής (κλαπέτο). Αυτό επιτρέπει μεν την είσοδο του νερού, εμποδίζει όμως το άδειασμά του. Η βαλβίδα αυτή, τις περισσότερες φορές, βρίσκεται μέσα στο φίλτρο για να αποφεύγεται η είσοδος ξένων σωμάτων στην αντλία.

## **Ο κινητήρας**

Ο κινητήρας, όπως καταλαβαίνουμε και από την ονομασία του, χρησιμεύει για τη μετάδοση κίνησης στις αντλίες. Ανάλογα με το είδος της ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του, οι κινητήρες διακρίνονται σε θερμικούς και σε ηλεκτρικούς. Τελευταία με την ανάπτυξη ήπιων ή εναλλακτικών μορφών ενέργειας, για την κίνησή τους οι κινητήρες χρησιμοποιούν αιολική ενέργεια, γεωθερμικό ρευστό και βιοαέριο, το οποίο προέρχεται από την καύση της βιομάζας. Από τους πιο διαδεδομένους όμως για χρήση σε αρδευτικά δίκτυα είναι οι θερμικοί, οι οποίοι χωρίζονται σε βενζινοκινητήρες και σε πετρελαιοκινητήρες και οι ηλεκτροκινητήρες.

Από τους θερμικούς κινητήρες οι βενζινοκινητήρες είναι φτηνοί στην αγορά και στις επισκευές τους, αλλά ακριβοί στη λειτουργία τους λόγω της υψηλής τιμής της βενζίνης. Οι κινητήρες αυτοί χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρές ιπποδυνάμεις.

Οι πετρελαιοκινητήρες είναι φτηνοί στη λειτουργία τους, αλλά ακριβοί στην αγορά και στις επισκευές τους. Οι κινητήρες αυτοί βρίσκουν εφαρμογή όταν το αντλητικό συγκρότημα χρειάζεται μεγάλη ιπποδύναμη.

Τελευταία κατηγορία είναι οι ηλεκτροκινητήρες οι οποίοι είναι απλοί, εύχρηστοι και με τη χρήση ειδικού τιμολογίου ηλεκτρικής κατανάλωσης για γεωργικές χρήσεις, σε αρκετές περιπτώσεις οικονομικότεροι.

Οι θερμικοί κινητήρες, με ρύθμιση της παροχής του καυσίμου τους, ρυθμίζονται σε τέτοιο αριθμό στροφών του αντλητικού ζεύγους τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της αντλίας, παροχή και μανομετρικό, έτσι ώστε να προσαρμόζεται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες λειτουργίας του αρδευτικού συγκροτήματος. Οι θερμικοί κινητήρες επίσης έχουν κάποιες απώλειες της ιπποδύναμής τους, λόγω φθοράς σε συνδυασμό με τη μεταβολή του μανομετρικού ύψους του αντλητικού συγκροτήματος. Αυτό απαιτεί ένα ποσοστό 20-25% προσαύξησης της ιπποδύναμης του κινητήρα. Τέλος αυτοί οι κινητήρες θα πρέπει να διαθέτουν καλό σύστημα ψύξης και λίπανσης, να είναι αδιάβροχοι και να είναι εξοπλισμένοι με τα κατάλληλα όργανα για την σωστή και ασφαλή λειτουργία τους.

Οι ηλεκτροκινητήρες σε σχέση με τους θερμικούς κινητήρες, είναι πιο απλοί και πιο εύχρηστοι. Το ποσοστό προσαύξησης της ιπποδύναμής τους είναι 10-15%, η συντήρησή τους πρακτικά είναι ασήμαντη, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, συνδέονται εύκολα με τον άξονα της αντλίας οριζόντια ή κατακόρυφα και χρειάζονται τριφασικό ρεύμα για τη λειτουργία τους.

### **3.2.1.2 Οι σωληνώσεις**

Ακόμα και στην πιο απλή περίπτωση ενός αντλητικού συγκροτήματος άρδευσης με τεχνητή βροχή, είναι απαραίτητο το νερό, μετά από το αντλητικό συγκρότημα, να κινηθεί μέσα σε σωλήνες για να φτάσει σε συγκεκριμένο σημείο του εδάφους. Εκεί με τη βοήθεια των εκτοξευτήρων θα διασκορπιστεί για να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια από τα φυτά.

Από αυτό εύκολα καταλαβαίνουμε ότι θα χρειαστούμε ένα σωλήνα για να μεταφέρει νερό, από το σώμα της αντλίας μέχρι τα όρια του χωραφιού που

πρόκειται να ποτιστεί. Επίσης θα χρειαστεί ένας ακόμη τουλάχιστον σωλήνας, στον οποίο θα βιδωθούν οι εκτοξευτήρες για να ποτιστεί η έκτασή μας.

Ξεκινώντας από αυτή την πιο απλή περίπτωση, μπορούμε να αντιμετωπίσουμε και τις πιο πολύπλοκες. Αυτό θα επιτευχθεί με τη χρήση και το συνδυασμό πολλών σωλήνων και εκτοξευτήρων, από διάφορα υλικά κατασκευής και σε διάφορες διατάξεις με ποικιλία μεγεθών και λειτουργικών χαρακτηριστικών.

Οι αγωγοί μεταφοράς και διανομής νερού, ονομάζονται και μόνιμες σωληνώσεις. Αυτές μεταφέρουν το νερό άρδευσης από την πηγή του και μετά το αντλητικό συγκρότημα είναι συνήθως θαμμένοι στο έδαφος. Το βάθος που είναι θαμμένοι ποικίλει ανάλογα με το είδος του εδάφους, την διάμετρο του σωλήνα και το είδος των μηχανημάτων που θα κυκλοφορούν στο έδαφος, πάνω από αυτούς.

Η κατασκευή τους γίνεται από διάφορα υλικά όπως, αμιαντοτσιμέντο, οπλισμένο σκυρόδεμα, ταινιοχάλυβα, χυτοσίδηρο ή σκληρό πλαστικό (PVC). Τα εργοστάσια κατασκευής, τους κατασκευάζει σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς σε μήκος 6 m και με αντοχή τοιχωμάτων σε πίεση 6,10 και 16 Atm. Η διάμετρός τους ποικίλει από 65 μέχρι 800 mm. Η επιλογή της κατάλληλης διαμέτρου για το εκάστοτε δίκτυο άρδευσης γίνεται με βάση ειδική συγκριτική μελέτη, λαμβάνοντας υπόψη της τεχνικά και οικονομικά κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά είναι το μέγεθος των γραμμικών απωλειών, η ταχύτητα ροής του νερού στους σωλήνες, το βάθος εγκατάστασής τους, η δαπάνη αγοράς και εγκατάστασής τους.

Οι αγωγοί εφαρμογής ονομάζονται και κινητές σωληνώσεις ή ταχυσύνδετοι σωλήνες ή γραμμές άρδευσης. Αυτοί οι σωλήνες πάνω στους οποίους συναρμολογούνται οι εκτοξευτήρες, είναι συνήθως μετακινούμενοι, κατασκευάζονται από ελαφρύ υλικό, ταινιοχάλυβα και τα τελευταία χρόνια από αλουμίνιο ή πλαστικό. Επίσης κατασκευάζονται με γερμανικές προδιαγραφές, μήκους 6 m και αντοχή τοιχωμάτων σε πίεση 6,10 και 16 Atm. Η διάμετρός τους ποικίλει από 50 μέχρι 216 mm και η επιλογή της κατάλληλης διαμέτρου γίνεται με βάση ειδικά οικονομικά και τεχνικά κριτήρια. Αυτά τα κριτήρια είναι το μέγεθος των γραμμικών απωλειών, η ταχύτητα ροής του νερού στους σωλήνες, η δαπάνη αγοράς και μετακίνησής τους.

Οι σωλήνες αυτοί, που θα πρέπει να μετακινούνται και να συναρμολογούνται εύκολα, συνδέονται από μια πληθώρα ειδικών τεμαχίων, με διάφορες ονομασίες και διαστάσεις που εξαρτώνται από το υλικό κατασκευής τους και τη διάμετρό τους.

Εκείνα όμως που έχουν ιδιαίτερη σημασία για τη λειτουργικότητα και την οικονομικότητα των δικτύων άρδευσης με τεχνητή βροχή, είναι οι καλούμενοι ταχυσύνδεσμοι. Αυτοί αποτελούνται συνήθως από δυο διαφορετικά κομμάτια, το αρσενικό και το θηλυκό, που τοποθετούνται στο τέλος του πρώτου σωλήνα και στην αρχή του επόμενου, αντίστοιχα, ώστε να εφαρμόζουν απόλυτα μεταξύ τους. Όσον αφορά στη στεγανότητα, αυτή εξασφαλίζεται με ελαστικό δακτύλιο που βρίσκεται στο θηλυκό τμήμα.

Σε παλαιότερου τύπου ταχυσυνδέσμους, για σωλήνες αλουμινίου, υπάρχει και μηχανισμός σε σχήμα λαβίδας με νύχια και μοχλό στο ένα τμήμα του, που σύρει και συμπιέζει το άλλο άκρο του ώστε να κλείσει στεγανά. Σε πιο εξελιγμένους όμως ταχυσυνδέσμους, αυτός ο μηχανισμός σύνδεσης δεν είναι απαραίτητος. Αυτό γίνεται γιατί η στεγανοποίηση επιτυγχάνεται μόλις έρθουν σε επαφή τα δυο άκρα και το νερό περάσει με πίεση από μέσα τους.

### **3.2.1.3 Οι εκτοξευτήρες**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το σπουδαιότερο εξάρτημα σε ένα συγκρότημα τεχνητής βροχής είναι οι εκτοξευτήρες. Σήμερα στο εμπόριο κυκλοφορεί πληθώρα εκτοξευτήρων από διάφορα υλικά κατασκευής. Τα υλικά αυτά μπορεί να είναι από ελαφρό αλουμίνιο μέχρι και σκληρό πλαστικό και μπορούν να καλύψουν και τις πιο εξειδικευμένες απαιτήσεις λειτουργίας και αυτοματισμού.

Ο κλασικός τύπος εκτοξευτήρα που κυριάρχησε για αρκετές δεκαετίες και λειτουργεί ακόμη και σήμερα, αποτελείται βασικά από τρία μέρη. Αρχικά είναι η βάση ή ο κορμός που συνδέεται με την γραμμή άρδευσης, είτε με ειδικό τεμάχιο είτε απευθείας βιδωτά.

Έπειτα ακολουθεί ο σωλήνας ανύψωσης ή ανόρθωσης ή εκτόξευσης. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα κομμάτι σωλήνα που συνδέει τη βάση του εκτοξευτήρα με το ακροφύσιο, απ' όπου εκτοξεύεται με πίεση με τη μορφή



βροχής. Το μήκος των σωλήνων αυτών κυμαίνεται από 0,1-2,5 m ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και το ύψος των φυτών που θα ποτιστούν.

Στη συνέχεια έχουμε το μηχανισμό κίνησης ή περιστροφής. Ουσιαστικά η ενέργεια που χρειάζεται για την περιστροφική κίνηση του εκτοξευτήρα προέρχεται από το νερό που βγαίνει από αυτούς. Η ενέργεια αυτή κινεί τους εκτοξευτήρες με διάφορα συστήματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι εκτοξευτήρες να διακρίνονται με βάση το σύστημα κίνησής τους σε εκτοξευτήρες με παλινδρομικό μοχλό, με υδροστρόβιλο, με αντίβαρο, με αντίστροφη λειτουργία προς τη ροή του νερού, με κενό αέρα και τέλος εκτοξευτήρες ειδικής λειτουργίας.

Κύριο χαρακτηριστικό του εκτοξευτήρα είναι το ακροφύσιο. Στην πραγματικότητα πρόκειται για μια στένωση του σωλήνα εκτόξευσης, που σχηματίζει μια πολύ μικρή οπή απ' όπου βγαίνει το νερό. Αρχικά βγαίνει με τη μορφή υδάτινης δέσμης και στη συνέχεια κάτω από την αυξανόμενη αντίσταση του αέρα, διασκορπίζεται και πέφτει με μορφή σταγόνας στο έδαφος. Καθώς το νερό πέφτει στο έδαφος, διαβρέχει μια επιφάνεια κύκλου με κέντρο τον εκτοξευτήρα και η ακτίνα ονομάζεται ακτίνα εκτόξευσης.

Σήμερα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας στην κατασκευή συγκροτημάτων τεχνητής βροχής, σε κάθε τύπο εκτοξευτήρα αντιστοιχεί μια μεγάλη σειρά ακροφυσίων που αντικαθίστανται εύκολα και προσαρμόζονται στις εκάστοτε απαιτήσεις άρδευσης.

Παρακάτω αναφέρονται τα υδραυλικά χαρακτηριστικά των εκτοξευτήρων. Αρχικά πρέπει να πούμε ότι η καλή λειτουργία του εκτοξευτήρα συνίσταται στο να κατανέμει κανονικά και ομοιόμορφα τη βροχή, να εργάζεται με ασφάλεια και αδιάκοπα, να δίνει την παροχή του νερού που απαιτείται και να έχει όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακτίνα εκτόξευσης.

Συνήθως οι δυο πρώτες παράμετροι εξασφαλίζονται από τον τρόπο κατασκευής του εκτοξευτήρα, ενώ οι δυο τελευταίες εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους.

Η παροχή των εκτοξευτήρων εξαρτάται από τη διάμετρο του ακροφυσίου και από την πίεση λειτουργίας του. Με βάση μάλιστα μια μαθηματική σχέση που έχει διατυπωθεί, προκύπτει ότι αν διπλασιαστεί η διάμετρος του ακροφυσίου, τετραπλασιάζεται η παροχή του, ενώ αν αυξηθεί η πίεση, η παροχή αυξάνει κατά ένα τέταρτο μόνο. Στις περιπτώσεις βέβαια

που ο εκτοξευτήρας διαθέτει δυο ακροφύσια, η παροχή του είναι το άθροισμα και των δυο ακροφυσίων.

Οι εκτοξευτήρες ανάλογα με την πίεση λειτουργίας τους κατατάσσονται ως εξής:

- εκτοξευτήρες χαμηλής πίεσης. Χρησιμοποιούνται για άρδευση λαχανικών και οπωροφόρων δένδρων.
- εκτοξευτήρες μέσης πίεσης. Είναι κατάλληλοι για άρδευση σχεδόν σε όλα τα είδη εδαφών και για τις περισσότερες καλλιέργειες. Όταν χρησιμοποιούνται για άρδευση οπωροφόρων δένδρων, τοποθετούνται πάνω σε σωλήνες ανόρθωσης προκειμένου τα δένδρα να ποτίζονται πάνω από το φύλλωμά τους.
- εκτοξευτήρες υψηλής πίεσης. Χρησιμοποιούνται για άρδευση φυτών μεγάλης καλλιέργειας, όπως καλαμπόκι, μηδική, τριφύλλι και σε εδάφη με ελαφρά μηχανική σύσταση, που έχουν μεγάλο βαθμό διηθητικότητας. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι σε περιοχές με ισχυρούς ανέμους, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τέτοιοι εκτοξευτήρες, λόγω του ότι η κατανομή του νερού γύρω από αυτόν θα είναι ανομοιόμορφη.

Με τον όρο ακτίνα εκτόξευσης, εννοούμε την οριζόντια απόσταση, από τη βάση του εκτοξευτήρα μέχρι εκεί που φτάνουν οι τελευταίες σταγόνες, στην περιφέρεια του κύκλου που διαβρέχεται στο έδαφος. Το μέγεθος αυτής της ακτίνας εξαρτάται από τη μορφή του ακροφυσίου, την πίεση λειτουργίας, την ταχύτητα περιστροφής, την ταχύτητα και διεύθυνση των ανέμων και τη γωνία που εκτοξεύεται το νερό από το ακροφύσιο. Η γωνία αυτή συνήθως είναι 30°. Όμως σε ειδικές περιπτώσεις, όπως άρδευση σε οπωρώνα, που τα δένδρα ποτίζονται κάτω από το φύλλωμά τους, η γωνία αυτή κυμαίνεται από 40°-70°.

Σε πειράματα που έχουν γίνει για τα υδραυλικά λειτουργικά χαρακτηριστικά των εκτοξευτήρων, έχει διαπιστωθεί ότι η μεγαλύτερη ακτίνα εκτόξευσης επιτυγχάνεται σε γωνία 30°. Αντίθετα, με μικρότερη γωνία εκτόξευσης μειώνεται σημαντικά και η ακτίνα εκτόξευσης.

Τα διάφορα εργοστάσια κατασκευής εκτοξευτήρων, κυκλοφορούν φυλλάδια με πληροφορίες κατασκευής και λειτουργίας των εκτοξευτήρων. Μέσα σε αυτά δίνεται επίσης η διάταξη που θα τοποθετηθούν οι εκτοξευτήρες

πάνω στη γραμμή άρδευσης. Ακόμη δίνεται ο τύπος των ακροφυσίων που τον συνοδεύουν, η πίεση λειτουργίας, η παροχή και η ακτίνα εκτόξευσης. Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για την μελέτη και την καλή λειτουργία συγκροτημάτων άρδευσης με τεχνητή βροχή.

### 3.2.2 Χαρακτηριστικά άρδευσης τεχνητής βροχής με κανόνια, καρούλια και ράμπες.

Τα τελευταία χρόνια, με την πρόοδο της τεχνολογίας και τον ανταγωνισμό των εταιρειών, κυκλοφόρησαν προϊόντα που υπόσχονταν πολύ περισσότερα από εκείνα που μπορούσαν να προσφέρουν. Από την άλλη, η ανάγκη των παραγωγών να μειώσουν το χρόνο απασχόλησης σε αγροτικές εργασίες, τους έκανε να αγοράζουν μηχανήματα και προϊόντα που θα μείωναν το χρόνο παραμονής τους στο χωράφι.

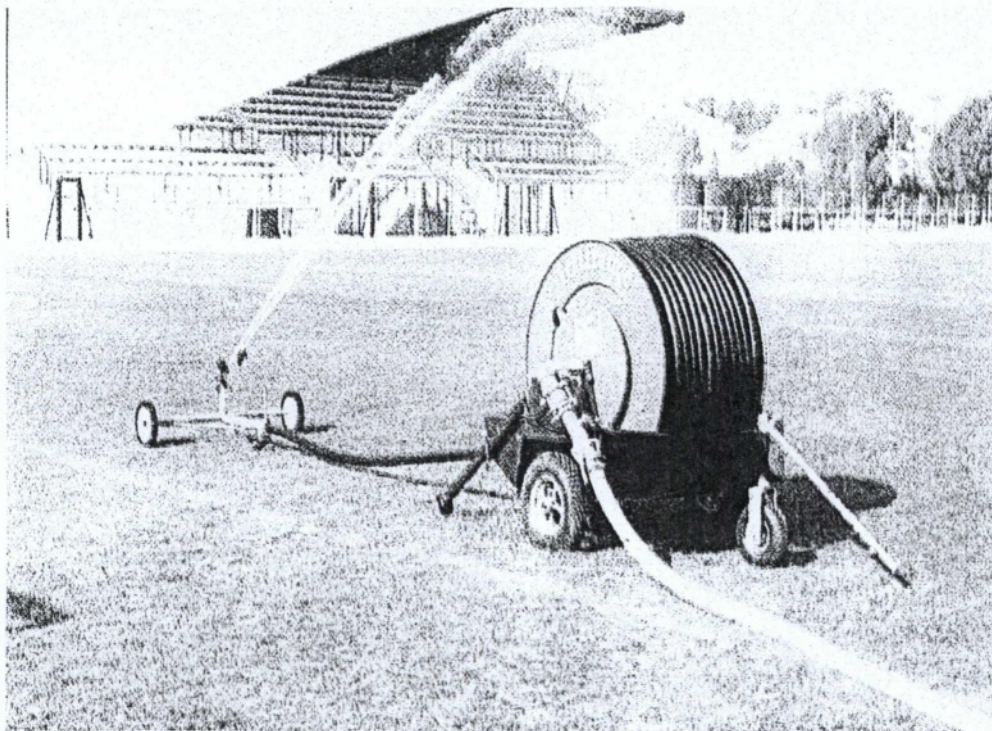
Σήμερα όμως με την εξάντληση των φυσικών πόρων, μεταξύ των οποίων το νερό κατέχει την πρώτη σχεδόν θέση, σε συνδυασμό με τα γνωστά δυσμενή καιρικά φαινόμενα (ξηρασίες, μείωση μέσου ετήσιου ύψους βροχής, άνοδο θερμοκρασίας, φαινόμενο θερμοκηπίου), το θέμα της άρδευσης θα πρέπει να αντιμετωπίζεται στα πλαίσια μιας λογικής και περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένης διάστασης. Η λογική αυτή πρέπει να βασίζεται στην αρχή η οποία λέει ότι χρησιμοποιούμε το νερό με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτουμε τις ανάγκες μας, έτσι ώστε να αφήνουμε ποιότητα και ποσότητα νερού, στις επόμενες γενιές, τουλάχιστο ίδια με εκείνη που εμείς τη βρήκαμε.

Η άρδευση με κανόνια και καρούλια επικράτησε σε μερικές περιοχές της χώρας μας που καλλιεργούνται κυρίως αμερικάνικες ποικιλίες καλαμποκιού, με μεγάλο ύψος φυτών και που οι συνηθισμένοι εκτοξευτήρες χαμηλής και μέσης πίεσης αδυνατούν να ποτίσουν. Έτσι πολλές εταιρείες του εσωτερικού και του εξωτερικού, κατασκεύασαν μηχανισμούς στήριξης και μετακίνησης μεγάλων εκτοξευτήρων, προκειμένου να ποτίσουν φυτά μεγάλου ύψους και μεγάλες επιφάνειες του εδάφους.

Τα κανόνια λοιπόν δεν είναι τίποτε άλλο παρά εκτοξευτήρες οι οποίοι δέχονται μια σειρά από ακροφύσια, διαμέτρου πάνω από 12 mm και



εκτοξεύουν το νερό με γωνία συνήθως  $20^{\circ}$ - $24^{\circ}$ . Ο εκτοξευτήρας συνδέεται με εύκαμπτο σωλήνα από πολυαιθυλένιο, υψηλής πίεσης. Το άλλο άκρο του συνδέεται στην υδροληψία ή στην αντλία παροχής νερού και με τη βοήθεια κάποιου μηχανισμού τυλίγεται και ξετυλίγεται σε ένα τύμπανο ή σε μια ανέμη ανάλογα με την κίνησή του. Το όλο σύστημα στηρίζεται πάνω σε φορείο που φέρει ρόδες και οδηγούς στερέωσης.



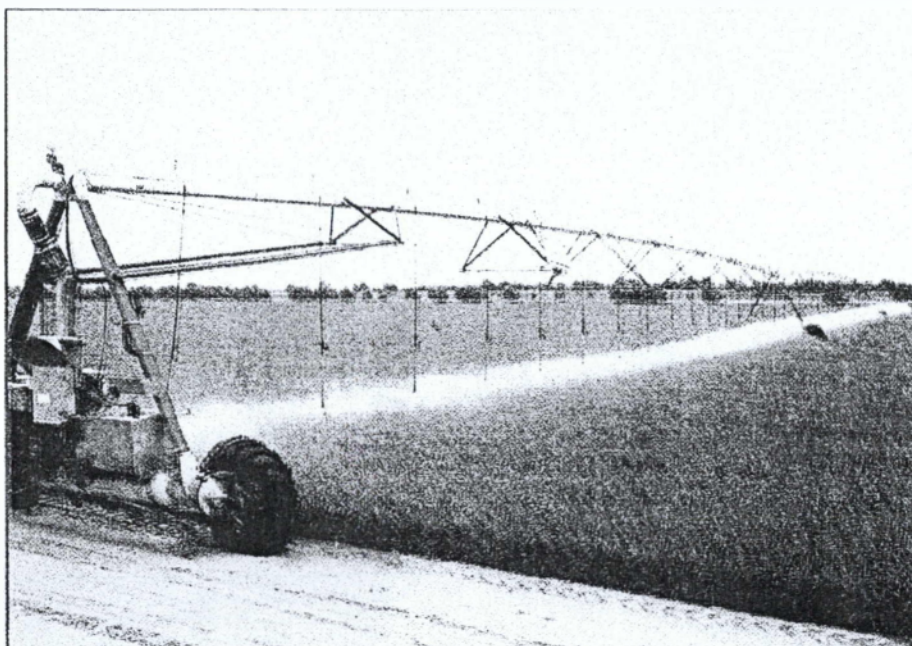
Εικόνα 20. Άρδευση με κανόνι

Ένα από τα χαρακτηριστικά των κανονιών είναι ότι η πίεση λειτουργίας τους κυμαίνεται σε ένα ευρύ πεδίο τιμών από 2,5 - 7,0 Atm. Τα κανόνια κατά την κίνησή τους διαγράφουν ένα πλήρη κύκλο ή κυκλικό τόξο ρυθμιζόμενο. Στη δεύτερη περίπτωση η επιστροφή στην αρχική θέση γίνεται σχεδόν στιγμιαία. Επίσης είναι γνωστό ότι η ακτίνα εκτόξευσης είναι συνάρτηση της διαμέτρου του ακροφυσίου και άρα της παροχής του. Έτσι λοιπόν όσο αυξάνεται η παροχή, τόσο αυξάνει και η πίεσης λειτουργίας του κανονιού.

Οι ράμπες, παρόλο που είναι σύστημα άρδευσης αρκετά διαδεδομένο στις Η.Π.Α. στη χώρα μας χρησιμοποιείται σπάνια και μόνο σε περιπτώσεις που υπάρχει μεγάλη επάρκεια νερού, μεγάλο μέγεθος αγροτικής ιδιοκτησίας,



ομοιομορφία καλλιεργειών χωρίς φυσικά ή τεχνητά εμπόδια. Ουσιαστικά χρησιμοποιούν μεγάλους εκτοξευτήρες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι ανά ίσια διαστήματα 10–15 m πάνω σε σωληνογραμμή μεγάλου ύψους.



Εικόνα 21. Άρδευση με ράμπα

Η σωληνογραμμή αυτή συγκρατείται σε μεγάλο ύψος από ρόδες ανά 50 m και κινούνται μετωπικά, κυκλικά ή σε ευθύγραμμη κίνηση. Στα πιο παλαιά συστήματα η κίνηση δίνεται από υδραυλικούς κινητήρες που ενεργοποιούνται με το νερό, το οποίο κινείται με πίεση. Στα σημερινά όμως συστήματα χρησιμοποιούνται ηλεκτροκινητήρες για την κίνησή τους.

Τελικά, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ο τρόπος άρδευσης με κανόνια ή καρούλια ή ράμπες, κοστίζει αρκετά χρήματα για την αγορά, την συντήρηση και την λειτουργία τους. Επίσης δεν θα πρέπει να εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που το έδαφος είναι συνεκτικό ή έχει μεγάλη κλίση με ανώμαλο ανάγλυφο και πνέουν ισχυροί άνεμοι στην περιοχή κατά την περίοδο της άρδευσης.

### 3.3 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΕΣ

Η εντοπισμένη άρδευση κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος. Η ιστορία της όμως έχει αρχίσει από πολύ παλιά, από το 1899, με τα πρώτα πειράματα να γίνονται στη Γερμανία, όπου με υπόγειους αγωγούς και με κενά στα σημεία σύνδεσης, προσπαθούσαν να πετύχουν άρδευση μαζί με στράγγιση. Ακολούθησαν και διάφορες άλλες χώρες, όπως η Αγγλία, η Γαλλία και η Ολλανδία, χωρίς όμως εντυπωσιακά αποτελέσματα στην πράξη.

Κατά την δεκαετία 1950-1960 στο Ισραήλ, έγιναν οι πρώτες προσπάθειες για άρδευση με σταγόνες. Οι λόγοι για τους οποίους έγιναν ήταν η έλλειψη νερού, η λίγη καλλιεργήσιμη έκταση και το άγονο κλίμα της ερήμου. Το 1971 πραγματοποιείται το πρώτο συνέδριο όπου ανακοινώνονται τα πρώτα εντυπωσιακά αποτελέσματα, τόσο στην αύξηση των αποδόσεων όσο και στην οικονομία κατανάλωσης νερού.

Από τότε η εξάπλωση του συστήματος είναι ραγδαία και σήμερα αρδεύονται καλλιέργειες, που μέχρι πρότινος κανείς δεν μπορούσε να διανοηθεί ότι ήταν δυνατόν τεχνικώς και οικονομικώς να αρδευτούν, π.χ καλλιέργειες αραβοσίτου και βαμβακιού.

#### 3.3.1 Συνοπτική περιγραφή του συστήματος

Η άρδευση με σταγόνες ή όπως αλλιώς λέγεται η στάγδην άρδευση, ανήκει στις μεθόδους τοπικής ή εντοπισμένης άρδευσης. Κατά αυτήν τη μέθοδο, το νερό και τα λιπάσματα χορηγούνται όχι σε ολόκληρη την επιφάνεια που εκτείνεται ή καλλιέργεια, αλλά μόνο σε τμήμα αυτής, δηλαδή αυτό που βρίσκεται γύρω από το ριζικό σύστημα των φυτών.

Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια σωλήνων από μαύρο PE (πολυαιθυλένιο) και ειδικών εξαρτημάτων, τα οποία ονομάζονται σταλάκτες ή μικροεκτοξευτήρες. Αυτά τα εξαρτήματα διοχετεύουν νερό δίπλα ακριβώς και στο μέρος εκείνο της καλλιεργούμενης έκτασης που καταλαμβάνουν οι ρίζες των φυτών. Το υπόλοιπο μέρος της έκτασης παραμένει ξερό.



Εικόνα 22. Άρδευση με σταγόνα

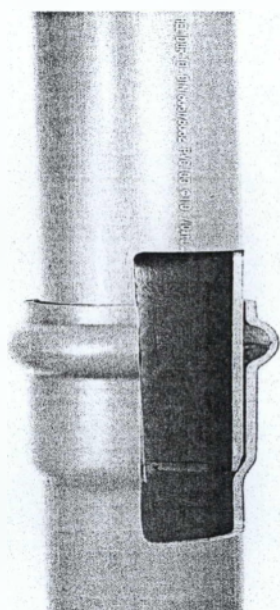
Το σύστημα αυτό αποτελείται από:

- σωληνώσεις για την μεταφορά και διανομή νερού
- διάφορα εξαρτήματα συνήθως από πλαστικό και μερικές φορές από μέταλλο, για την σύνδεση και την διακλάδωση των σωλήνων
- εξαρτήματα διανομής του νερού, σταλάκτες και μικροεκτοξευτήρες
- ένα σύνολο οργάνων που τοποθετούνται στην αρχή του συστήματος που ονομάζεται κεφαλή και χρησιμεύει για τον καθαρισμό του νερού, την προσθήκη λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, για να κρατά την πίεση σταθερή
- μία πηγή πίεσης, η οποία θα μας εξασφαλίζει και στον πιο απομακρυσμένο σταλάκτη την πίεση μιας ατμόσφαιρας, η οποία είναι απαραίτητη για την λειτουργία του.

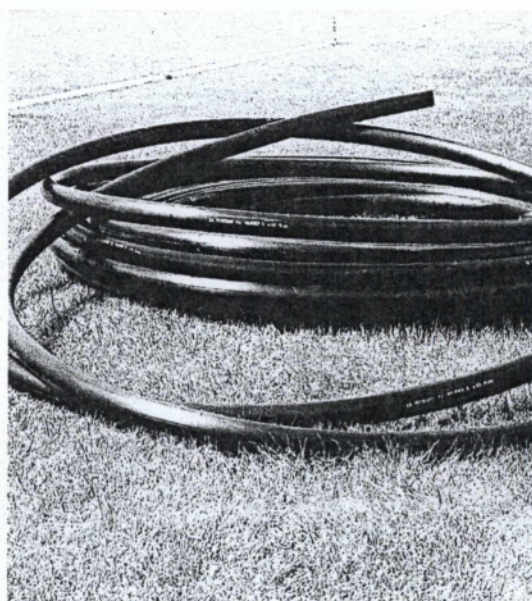


### 3.3.1.1 Σωληνώσεις

Οι σωληνώσεις διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία είναι αυτές που μεταφέρουν το νερό από την πηγή στην αρχή του χωραφιού. Οι σωληνώσεις που τις αποτελούν είναι κατασκευασμένες από PVC, αλουμίνιο, πολυαιθυλένιο, ή από γαλβανισμένο σίδηρο. είναι σκληροί ή με μικρή ευκαμψία, έχουν μήκος 6 m. Οι πλαστικοί έχουν χρώμα άσπρο ή γκρίζο, αντέχουν σε πιέσεις 6-16 At ή και 25 At, και συνδέονται μεταξύ τους με ειδικά εξαρτήματα γνωστά ως ταχυσύνδεσμοι.



Εικόνα 23. Σωλήνας σκληρού πλαστικού (PVC)



Εικόνα 24. Σωλήνας πολυαιθυλενίου PE

Η διάμετρος τους είναι σταθερή. Ξεκινάει από 40-50-63-75-90-110-125-140 μέχρι 160 mm. Η τάση η οποία υπάρχει σήμερα, είναι η κατάργηση σχεδόν όλων των ανώτερων τύπων και η επικράτηση σωλήνων από πολυαιθυλένιο, μαύρου χρώματος, με μεγάλη ευκαμψία η οποία εξαρτάται από τη διάμετρό τους. Κατασκευάζονται σε όλες τις παραπάνω διαμέτρους, φέρονται στο εμπόριο σε κουλούρες και τοποθετούνται υπογείως ή επιφανειακά.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν αυτές οι σωλήνες που είναι γνωστές και ως πλευρικές. Φέρουν πάνω τους, τους σταλάκτες ή τους μικροεκτοξευτές



(διανεμητές). Αυτοί είναι εύκαμπτοι, κατασκευασμένοι από PE και έχουν χρώμα μαύρο για να μην είναι δυνατή η είσοδος του φωτός, που ευνοεί την δημιουργία μυκήτων και μικροοργανισμών, οι οποίοι θα φράξουν τους διανεμητές. Η διάμετρός τους είναι σταθερή 12-16-20 και 25 mm και αντέχουν σε πιέσεις 4-6 At. Φέρονται στο εμπόριο σε κουλούρες των 100, των 200 και των 300 m με αρίθμηση, ώστε να είναι εύκολη η κοπή ενός κομματιού κάποιων μέτρων που χρειαζόμαστε.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε και τρεις νέες κατηγορίες σωληνώσεων. Αρχικά έχουμε τους σωλήνες με πορώδη τοιχώματα, από τους οποίους το νερό ρέει με τη μορφή ιδρώτα, όπως ρέει από τους πόρους του δέρματός μας. Στον τύπο αυτό δεν χρειάζονται διανεμητές. Στην συνέχεια έχουμε τους σωλήνες με διπλά τοιχώματα σε όλο το μήκος τους ή κατά διαστήματα και τέλος είναι οι σωλήνες με τους σταλάκτες όχι εξωτερικά, αλλά στο εσωτερικό του σωλήνα. Οι αποστάσεις που έχουν εσωτερικά οι σταλάκτες, είναι σταθερές ή μπορεί να γίνουν κατόπιν παραγγελίας στην εταιρεία που τους κατασκευάζει.

Τέλος υπάρχει μια άλλη κατηγορία σωληνών, με μορφή ταινίας με λεπτά τοιχώματα, μικρότερη διάρκεια ζωής και πολύ μικρού κόστους με αυτορυθμιζόμενους σταλάκτες. Συνδυάζει το πλεονέκτημα του μικρού κόστους με την δυνατότητα εύκολης αλλαγής, σε περίπτωση αλλαγής καλλιέργειας ή αν έρθει κάτι καινούριο στην αγορά.

### **3.3.1.2 Εξαρτήματα συνδεσμολογίας**

Είναι συνήθως πλαστικά ή και μεταλλικά μερικές φορές και μας δίνουν τη δυνατότητα να συνδέουμε σωλήνες μεταξύ τους και να διακλαδώσουμε τις σωληνώσεις προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Έχουν χρώμα μαύρο, είναι κατασκευασμένα από σκληρό πλαστικό και φέρονται στο εμπόριο στις ίδιες διατομές με τους σωλήνες, για να ταιριάζουν στην συνδεσμολογία, ανεξάρτητα από το ποια εταιρεία τα παράγει. Τα εξαρτήματα αυτά είναι γνωστά ως Ταυ, Μούφες, Σύνδεσμοι, Ρακόρ αρσενικό και θηλυκό, Σέλλες, Γωνίες, Μαστοί.

### 3.3.1.3 Εξαρτήματα διανομής νερού

Τα εξαρτήματα διανομής νερού χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τους σταλάκτες και τους μικροεκτοξευτήρες. Οι βασικές τους διαφορές είναι στην ποσότητα του νερού που βγάζουν, στην μορφή εισόδου του νερού, στην περιοχή που υγραίνουν και εν μέρει στον τρόπο σύνδεσής τους με τους πλαστικούς σωλήνες μεταφοράς του νερού.

Έτσι σε ότι αφορά την ποσότητα του νερού οι σταλάκτες έχουν σταθερή παροχή 2, 4, 6, 8, 10, 12 lt/h, η οποία είτε αναγράφεται πάνω τους, είτε έχουν διαφορετικό χρώμα για να διακρίνονται. Αυτοί λειτουργούν με πίεση 1At, ενώ οι μικροεκτοξευτήρες από 30-100 lt/h και με πίεση λειτουργίας 2-2,5 At. Όταν αυξάνεται η πίεση αυξάνεται και η παροχή.

Το νερό καθώς περνάει μέσα από τους σταλάκτες, λόγω της εσωτερικής τους κατασκευής, χάνει την πίεσή του και εξέρχεται με την μορφή σταγόνας. Οι μικροεκτοξευτήρες εκτοξεύουν μια δέσμη νερού σε 90, 180, 360 μοίρες και είναι σταθεροί ή φέρουν περιστρεφόμενα μέρη.

Η τοποθέτηση των σταλακτών γίνεται είτε πάνω στο σωλήνα αφού ανοίξουμε τρύπα με ειδικό εργαλείο που ονομάζεται «Σγρόμπια», το οποίο ανοίγει τρύπες σταθερής διαμέτρου. Οι μικροεκτοξευτήρες τροφοδοτούνται από τις σωληνώσεις 12 ή 16 mm, ή στηρίζονται πάνω σε ειδικά εξαρτήματα γνωστά ως «Λόγχες». Τα εξαρτήματα αυτά τοποθετούνται στο έδαφος σε κάποιο βάθος και τροφοδοτούνται με νερό από τους σωλήνες με σωληνίσκους διαμέτρου 6-8 mm. Πάντως είναι δυνατόν κάποιοι τύποι και από αυτούς να τοποθετηθούν πάνω στους σωλήνες.

Η περιοχή που υγραίνουν οι μικροεκτοξευτήρες είναι πολύ πιο μεγάλη από αυτήν των σταλακτών και συνήθως υγραίνουν μια περιοχή ακτίνας 1-3 m.

Τέλος θα πρέπει να αναφέρουμε δυο ακόμα τύπους σταλακτών, τους αυτορυθμιζόμενους και τους ρυθμιζόμενους. Στον πρώτο τύπο έχουμε αυτούς οι οποίοι μπορούν να είναι στο εσωτερικό του σωλήνα (ενσωματωμένοι) ή εξωτερικά (καρφωτοί), στους οποίους η παροχή διατηρείται σταθερή μέσα σε ένα μεγάλο εύρος πίεσης από 0,5-4 At. Αυτό επιτυγχάνεται με μια μεμβράνη στο εσωτερικό του σταλάκτη, η οποία όσο μεγαλώνει η πίεση φράζει την οπή εξόδου του νερού και όσο μικραίνει την απελευθερώνει. Έτσι μπορούμε να

### 3.3.1.3 Εξαρτήματα διανομής νερού

Τα εξαρτήματα διανομής νερού χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τους σταλάκτες και τους μικροεκτοξευτήρες. Οι βασικές τους διαφορές είναι στην ποσότητα του νερού που βγάζουν, στην μορφή εισόδου του νερού, στην περιοχή που υγραίνουν και εν μέρει στον τρόπο σύνδεσής τους με τους πλαστικούς σωλήνες μεταφοράς του νερού.

Έτσι σε ότι αφορά την ποσότητα του νερού οι σταλάκτες έχουν σταθερή παροχή 2, 4, 6, 8, 10, 12 lt/h, η οποία είτε αναγράφεται πάνω τους, είτε έχουν διαφορετικό χρώμα για να διακρίνονται. Αυτοί λειτουργούν με πίεση 1At, ενώ οι μικροεκτοξευτήρες από 30-100 lt/h και με πίεση λειτουργίας 2-2,5 At. Όταν αυξάνεται η πίεση αυξάνεται και η παροχή.

Το νερό καθώς περνάει μέσα από τους σταλάκτες, λόγω της εσωτερικής τους κατασκευής, χάνει την πίεσή του και εξέρχεται με την μορφή σταγόνας. Οι μικροεκτοξευτήρες εκτοξεύουν μια δέσμη νερού σε 90, 180, 360 μοίρες και είναι σταθεροί ή φέρουν περιστρεφόμενα μέρη.

Η τοποθέτηση των σταλακτών γίνεται είτε πάνω στο σωλήνα αφού ανοίξουμε τρύπα με ειδικό εργαλείο που ονομάζεται «Σγρόμπια», το οποίο ανοίγει τρύπες σταθερής διαμέτρου. Οι μικροεκτοξευτήρες τροφοδοτούνται από τις σωληνώσεις 12 ή 16 mm, ή στηρίζονται πάνω σε ειδικά εξαρτήματα γνωστά ως «Λόγγες». Τα εξαρτήματα αυτά τοποθετούνται στο έδαφος σε κάποιο βάθος και τροφοδοτούνται με νερό από τους σωλήνες με σωληνίσκους διαμέτρου 6-8 mm. Πάντως είναι δυνατόν κάποιοι τύποι και από αυτούς να τοποθετηθούν πάνω στους σωλήνες.

Η περιοχή που υγραίνουν οι μικροεκτοξευτήρες είναι πολύ πιο μεγάλη από αυτήν των σταλακτών και συνήθως υγραίνουν μια περιοχή ακτίνας 1-3 m.

Τέλος θα πρέπει να αναφέρουμε δυο ακόμα τύπους σταλακτών, τους αυτορυθμιζόμενους και τους ρυθμιζόμενους. Στον πρώτο τύπο έχουμε αυτούς οι οποίοι μπορούν να είναι στο εσωτερικό του σωλήνα (ενσωματωμένοι) ή εξωτερικά (καρφωτοί), στους οποίους η παροχή διατηρείται σταθερή μέσα σε ένα μεγάλο εύρος πίεσης από 0,5-4 At. Αυτό επιτυγχάνεται με μια μεμβράνη στο εσωτερικό του σταλάκτη, η οποία όσο μεγαλώνει η πίεση φράζει την οπή εξόδου του νερού και όσο μικραίνει την απελευθερώνει. Έτσι μπορούμε να

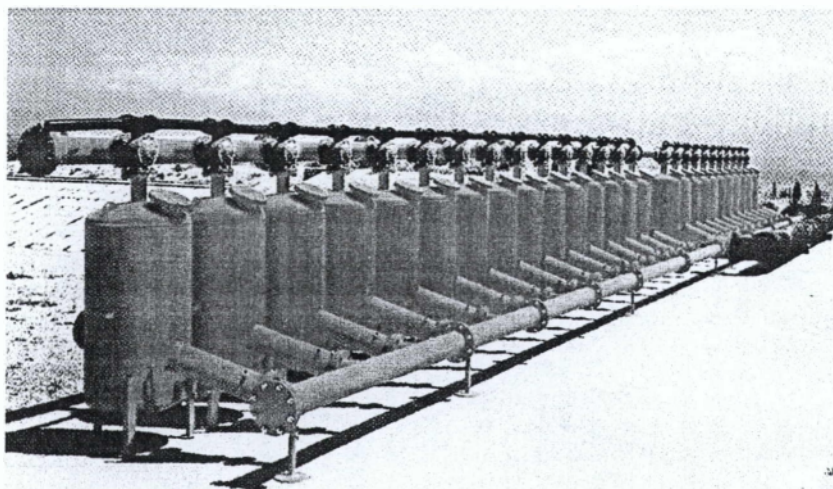
χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερες πιέσεις και να πετύχουμε μεγαλύτερα μήκη σταλακτοφόρων σωλήνων χωρίς να έχουμε ανομοιομορφία στην άρδευση, αφού και οι πρώτοι σταλάκτες και οι δεύτεροι βγάζουν την ίδια ποσότητα νερού.

Επίσης στην περίπτωση που το χωράφι μας έχει μεγάλες τοπογραφικές ανωμαλίες, όπως απότομες κλίσεις ή μεγάλες υψομετρικές διαφορές, οδηγούμαστε στην ανομοιόμορφη άρδευση. Συνεπώς εάν θα χρησιμοποιούσαμε κοινούς σταλάκτες, θα έπρεπε να χρησιμοποιήσουμε και μειωτές πίεσης για να μην έχουμε πρόβλημα στο δίκτυο μας.

Ο δεύτερος τύπος σταλακτών είναι οι ρυθμιζόμενοι σταλάκτες οι οποίοι έχουν μια παροχή από 0-30 l/h περίπου και αυξάνεται προοδευτικά όσο ξεβιδώνουμε ένα μικρό καπάκι. Το μειονέκτημά τους είναι ότι δεν μπορούμε να ξέρουμε ακριβώς ποια είναι η παροχή τους όταν ποτίζουν και έτσι να υπολογίσουμε την ποσότητα του νερού που πέφτει.

#### **3.3.1.4 Κεφαλή**

Η κεφαλή τοποθετείται αμέσως μετά την πηγή νερού, αν αυτή βρίσκεται μέσα στο χωράφι ή στην αρχή του χωραφιού και μάλιστα αν είναι δυνατόν στο υψηλότερο σημείο αν το νερό έρχεται με σωλήνες από μακριά. Μπορεί να έχει λίγα ή περισσότερα όργανα ανάλογα με το τι θέλουμε να πετύχουμε.



Εικόνα 25. Κεφαλή καθαρισμού πολλαπλών φίλτρων



Τα βασικά όργανα τα οποία μπορεί να έχει είναι τα ακόλουθα:

- φίλτρα
- βαλβίδα αντεπιστροφής (κλαπέτο)
- μετρητής πίεσης (μανόμετρο)
- υδρολιπαντήρας
- ρυθμιστές πίεσης
- όργανα μέτρησης ποσότητας νερού (υδρόμετρο, αυτόματες ογκομετρικές βαλβίδες)
- διακόπτες
- εξαεριστήρες
- υδροκυκλώνας.

Πολλές εταιρείες στον Ελληνικό χώρο ή και στο εξωτερικό, δραστηριοποιούνται και παρέχουν λύσεις για τα όργανα που θα έχει μια κεφαλή ανάλογα με τα προβλήματα που θέλουμε να λύσουμε, το μέγεθος αυτοματισμού που θέλουμε να πετύχουμε και βέβαια το κόστος.

Μπορούμε ακόμα και μόνοι μας να συνδυάσουμε τα όργανα διαφόρων εταιρειών, αρκεί να προσέχουμε κατά την συνδεσμολογία των οργάνων και να συμβουλευόμαστε τους ειδικούς καθώς και τις οδηγίες των κατασκευαστών, γιατί διαφορετικά μπορεί να προκαλέσουμε μεγάλη βλάβη στο σύστημα.

Στα όργανα όμως που πρέπει να δώσουμε μεγάλη σημασία και προσοχή είναι τα φίλτρα. Η έλλειψη ή κακή επιλογή τους λόγω απειρίας ή άγνοιας, θα μας δημιουργήσουν προβλήματα μικρά ή μεγάλα, ανάλογα με την ποιότητα νερού που χρησιμοποιούμε. Ακόμη και αν αρδεύσουμε ένα μικρό κήπο με νερό από την βρύση, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε φίλτρα.

### **3.3.1.5 Πηγή πίεσης**

Είναι απαραίτητη για να μας εξασφαλίζει ακόμη και στον πιο απομακρυσμένο σταλάκτη, την απαραίτητη πίεση που χρειάζεται για να λειτουργήσει, ανάλογα με τον τύπο που χρησιμοποιούμε. Η εξασφάλιση της πίεσης λειτουργίας όπως ονομάζεται, μπορεί να γίνει από μια υπερυψωμένη

δεξαμενή στο κατάλληλο ύψος, από μια φυγοκεντρική αντλία, από μια πομόνα και από μια υποβρύχια αντλία.

### 3.3.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συστήματος στάγδην άρδευσης

#### 3.3.2.1 Πλεονεκτήματα

Η επικράτηση του συστήματος φανερώνει ότι τα πλεονεκτήματά του είναι αναμφισβήτητα πάρα πολλά. Τα σπουδαιότερα από αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Οικονομία νερού. Η οικονομία νερού προέρχεται από την μείωση των απωλειών λόγω εξάτμισης, βαθιάς διήθησης, μεταφοράς από την πηγή στο χωράφι, στα άκρα του χωραφιού στις επιφανειακές αρδεύσεις, ζιζανίων και μη διαβροχής ολόκληρης της επιφάνειας του εδάφους. Η οικονομία νερού είναι της τάξης των 30-40%.
- Οικονομία εργατικών. Το όλο σύστημα χαρακτηρίζεται από την μονιμότητα σε μια μέση διάρκεια ζωής 15 περίπου χρόνια. Χρησιμοποιώντας δε τα πλέον κατάλληλα όργανα στην κεφαλή, μπορούμε να πετύχουμε τον πλήρη αυτοματισμό του ποτίσματος και την πλήρη εξάλειψη των εργατικών.
- Μείωση ζιζανίων. Επειδή δεν διαβρέχεται όλη η επιφάνεια του χωραφιού αλλά μόνο ένα μέρος του, ζιζάνια αναπτύσσονται μόνο στο μέρος αυτό και μπορούν εύκολα να ελεγχθούν ακόμη και με εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα μέσα στο νερό της άρδευσης.
- Εύκολη, οικονομική και πιο αποτελεσματική λίπανση.
- Άρδευση με νερά αλατούχα. Η χρήση αλατούχων νερών μερικές φορές είναι αναγκαία, λόγω έλλειψης άλλου διαθέσιμου νερού. Η στάγδην άρδευση προσφέρεται διότι δεν διαβρέχεται το φύλλωμα των δέντρων και έτσι αποφεύγονται οι ζημιές που μπορούν να προκληθούν στα φύλλα. Επίσης η συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, γιατί τα άλατα μετακινούνται στις άκρες της περιοχής

ποτίσματος και έξω από την περιοχή του ριζοστρώματος. Έτσι διατηρούνται ευνοϊκές συνθήκες στην περιοχή των ριζών.

- Δεν επηρεάζεται το σύστημα από τους ανέμους.
- Αξιοποίηση μικρών παροχών. Σε περίπτωση που η παροχή του νερού είναι μικρή, η άρδευση μπορεί να γίνει μόνο με αυτή τη μέθοδο, γιατί με τις άλλες μεθόδους είναι απαραίτητη η κατασκευή δεξαμενών, εργασία δαπανηρή και δύσκολη.
- Εξοικονόμηση ενέργειας. Εφόσον η πίεση λειτουργίας είναι μικρή 1At, αυτό σημαίνει μικρότερη ισχύ κινητήρα και εξοικονόμηση ενέργειας.
- Σωλήνες μικρότερης διαμέτρου. Αυτό είναι αποτέλεσμα της χρήσης μικρών παροχών.
- Καλύτερη ανάπτυξη, εμφάνιση φυτών και μεγαλύτερη παραγωγή. Αυτό οφείλεται στον καλύτερο εφοδιασμό των φυτών με θρεπτικά στοιχεία και νερό, στον περιορισμό των ζιζανίων, στην καλύτερη εκτέλεση των εργασιών και τέλος σε περιορισμό των ασθενειών, λόγω μη διαβροχής του φυλλώματος.
- Άρδευση επικλινών εδαφών. Η άρδευση σε εδάφη με κλίσεις από 5% και πάνω μπορεί να γίνει μόνο με το σύστημα αυτό, όπου το νερό δίνεται σταγόνα-σταγόνα και δεν απορρέει επιφανειακά.

### **3.3.2.2 Μειονεκτήματα**

Παρά τη μεγάλη πρόοδο στο σύστημα αυτό, παρουσιάζονται και κάποια μειονεκτήματα. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Υψηλό αρχικό κόστος
- Μηχανικές ζημιές. Αυτές μπορούν να προκληθούν στους διανεμητές, στις σωληνώσεις και στα όργανα της κεφαλής, είτε από ζώα, είτε από μηχανήματα, είτε από την απροσεξία του ανθρώπου.
- Πρόβλημα στο άπλωμα και στο μάζεμα των σωλήνων. Για τις δενδρώδεις καλλιέργειες οι παραγωγοί απλώνουν τους σωλήνες πάνω στα δέντρα ή τοποθετούν το δίκτυο υπόγεια. Έτσι δεν εμποδίζονται οι εργασίες πάνω στο έδαφος. Για τις ετήσιες καλλιέργειες έχουν

κατασκευαστεί ειδικές ανέμες που παίρνουν κίνηση από το τρακτέρ και μαζεύουν γρήγορα και εύκολα τους σωλήνες σε κουλούρες.

- Φραξίματα. Είναι το μεγαλύτερο πρόβλημα, γιατί εμποδίζουν την ροή του νερού στην καλλιέργεια, εμποδίζεται η ανάπτυξη και η παραγωγή της. Αν και η τεχνολογία έχει προχωρήσει πολύ, ιδανικός διανεμητής να μην φράζει δεν έχει βρεθεί. Τα φραξίματα χωρίζονται σε φυσικά, χημικά και βιολογικά. Τα φυσικά προκαλούνται από ανόργανα ή οργανικά στερεά υλικά όπως άμμο, έντομα, σπόροι ζιζανίων. Τα χημικά προκαλούνται από ιζήματα χημικών ενώσεων όπως ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου. Τέλος τα βιολογικά προκαλούνται από διάφορα βακτήρια, μύκητες ή άλλους μικροοργανισμούς, οι οποίοι αναπτύσσονται μέσα στο δίκτυο.

### 3.3.3 Σχεδιασμός αρδευτικού συστήματος στάγδην άρδευσης

Ο σωστός σχεδιασμός ενός συστήματος στάγδην άρδευσης, για να εκμεταλλευθούμε όλα τα πλεονεκτήματά του δεν είναι εύκολη υπόθεση. Απαιτούνται πληθώρα γνώσεων εδαφολογίας, κλιματολογίας, φυσιολογίας φυτού και χρειάζονται πολύπλοκοι μαθηματικοί τύποι και νομογραφήματα τα οποία είναι αρκετά εξειδικευμένα.

Έτσι λοιπόν για το σχεδιασμό μιας μελέτης για στάγδην άρδευση θα πρέπει να λάβουμε υπό όψιν, τα παρακάτω στοιχεία:

- Στοιχεία εδάφους: σύσταση εδάφους, υδατοϊκανότητα, διηθητικότητα, σημείο μόνιμης μάρανσης, φαινόμενο ειδικό βάρος και συνθήκες στράγγισης.
- Υδρολογικά στοιχεία: πηγή, βάθος άντλησης, παροχή, αποστάσεις από το κτήμα, υψομετρικές διαφορές πηγής-κτήματος.
- Μετεωρολογικά στοιχεία: μέση τιμή θερμοκρασίας για τον πιο ζεστό μήνα και μέσο μηνιαίο ύψος βροχής.
- Ανάγκες της καλλιέργειάς μας σε νερό.
- Επιλογή του τρόπου άρδευσης: με σταλάκτες ή μικροεκτοξευτήρες.
- Υπολογισμός της δόσης, εύρους και διάρκειας άρδευσης.
- Επιλογή των οργάνων της κεφαλής του συστήματος.



- Υπολογισμός των ολικών απωλειών μέσα στο σύστημα.
- Υπολογισμός των διατομών των σωληνώσεων.
- Εκλογή του κατάλληλου κινητήρα και αντλίας.
- Σχεδίαση όλων των παραπάνω σε σχέδιο υπό κλίμακα 1:500 ή 1:1000 ή 1:2000.
- Υπολογισμός συνολικού κόστους και αναλυτική περιγραφή των υλικών που θα χρειαστούν.

Τα παραπάνω στοιχεία τα παίρνουμε από διάφορους πίνακες ή τα υπολογίζουμε με τη χρήση μαθηματικών ή απλών εμπειρικών τύπων. Ακόμη θα χρειαστεί μια πλήρης χημική ανάλυση νερού για την ποιοτική του κατάσταση. Τέλος, περιγράφεται η αναμενόμενη αύξηση του καθαρού εισοδήματος, από την χρήση του συστήματος στάγδην άρδευσης και ότι άλλο είναι και κρίνεται χρήσιμο για την καλή συντήρησή του.

### 3.4 ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ

Η ιδέα της υπόγειας τοποθέτησης σταλακτοφόρων, είναι ένα αντικείμενο που έχει απασχολήσει διεθνώς για πάρα πολύ καιρό όλες τις εταιρείες παραγωγής σταλακτοφόρων σωλήνων.

Η ιδέα αυτή έγινε πραγματικότητα πριν από τρία χρόνια, μετά από προσπάθειες και δοκιμές πολλών ετών. Το σημαντικότερο πρόβλημα το οποίο αντιμετώπιζαν όλες οι εταιρείες, σχετικά με την τοποθέτηση σταλακτοφόρων σωλήνων, ήταν ότι οι ρίζες των φυτών ανίχνευαν τους σταλάκτες οι οποίοι μετά από λίγο καιρό έφραζαν. Η εταιρεία που πρώτη ασχολήθηκε με την υπόγεια άρδευση, ανέπτυξε και έκανε διεθνή πατέντα το φίλτρο TECH-FILTER, το οποίο περιέχει τυποποιημένη ποσότητα ριζοαπωθητικών σκευασμάτων (τριφλουραλίνης), που απελευθερώνονται προοδευτικά με το νερό της άρδευσης κρατώντας τις ρίζες μακριά από τον σταλάκτη, χωρίς όμως να τις καταστρέφει.



Εικόνα 26. Υπόγεια άρδευση

### 3.4.1 Πλεονεκτήματα υπόγειας άρδευσης

Τα πλεονεκτήματα της υπόγειας άρδευσης είναι τα ακόλουθα:

- Εξοικονόμηση νερού άρδευσης λόγω της μείωσης των απωλειών από εξάτμιση ή απορροή.
- Άρδευση οποιαδήποτε ώρα της μέρας χωρίς να παρενοχλούνται οι χρήστες της αρδευόμενης περιοχής.
- Δεν επηρεάζεται η άρδευση από τις καιρικές συνθήκες, όπως ισχυροί άνεμοι.
- Εκτέλεση εργασιών στο χώρο ακόμη και κατά την διάρκεια της άρδευσης.
- Υψηλός βαθμός ομοιομορφίας εφαρμογής του νερού σε κάθε είδος εδάφους.
- Περιορίζει τις ασθένειες που οφείλονται στο συνδυασμό υψηλής θερμοκρασίας και επιφανειακού νερού.
- Υπόγεια υδρολίπανση του φυτικού υλικού χωρίς την επαφή του ανθρώπου με χημικά σκευάσματα.

- Ταυτόχρονη άρδευση μεγάλης επιφάνειας.
- Επειδή το σύστημα δεν είναι ορατό, είναι 100% αντιβανδαλικό.
- Δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες στο έδαφος, με αποτέλεσμα την καλύτερη εκμετάλλευση του νερού από το ριζικό σύστημα των φυτών.
- Άρδευση του χλοοτάπητα των νησίδων που έχουν συνήθως, στενόμακρα τμήματα ή σε χώρους με ακανόνιστο γεωμετρικό σχήμα.
- Επιτρέπεται η χρήση βιολογικά επεξεργασμένου νερού.
- Εφαρμογή σε βραχώδες ή αμμώδες έδαφος όπου απαιτείται συχνό πότισμα.
- Εφαρμογή σε απόκρημνες, κατηφορικές ή ανηφορικές πλαγιές, όπου το νερό μπορεί να προκαλέσει διάβρωση.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Βιβλία**

- Γαβριηλίδης Σ., Μηχανική κατεργασία του Εδάφους και Σπορά
- Καρακατσούλης Παν., Αρδεύσεις-Στραγγίσεις και προστασία εδαφών
- Παπαζαφειρίου Ζαφ., Αρχές και Πρακτική των Αρδεύσεων
- Μπαμπίλης Δ., Αρδευτικά Δίκτυα Πρασίνου

### **Εγκυκλοπαίδειες**

- Πάπυρος Larousse Britannica, Τόμος 4
- Πάπυρος Larousse Britannica, Τόμος 10
- Πάπυρος Larousse Britannica, Τόμος 45

### **Internet**

- The New Valley  
[http:// www.gov.eg/public/valley/html](http://www.gov.eg/public/valley/html)
- Happy birthday to Toshka  
[http:// www.ecros.org/spain/happy/htm](http://www.ecros.org/spain/happy/htm)
- The river Nile  
[http:// www.com/eo/nile.htm](http://www.com/eo/nile.htm)
- <http://www.touregypt.net/magazine/mag050/2001/nag.htm>
- Agricultural Operations: Toshka project  
<http://www.cadizin.com/bs.htm>
- The Egyptian state information service. Al-Salam Canal  
<http://www.us.sis.gov.eg/online/html/.26106.htm>



## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ** σελ 1

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ**

#### **ΣΧΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ -ΝΕΡΟΥ-ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ**

1.1 ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ σελ 2

1.2 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ σελ 3

1.3 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ σελ 3

1.4 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ σελ 4

1.4.1 Ανόργανα συστατικά σελ 4

1.4.2 Οργανικά συστατικά σελ 4

1.4.3 Εδαφικό νερό σελ 5

1.4.4 Εδαφικός αέρας σελ 6

1.5 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ σελ 6

1.5.1 Υφή σελ 7

1.5.2 Δομή σελ 7

1.5.3 Πορώδες σελ 7

1.5.4 Ειδικό βάρος σελ 8

1.6 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΝΕΡΩΝ σελ 8

1.6.1 Φυσική ποιότητα σελ 8

1.6.2 Χημική ποιότητα σελ 9

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ**

#### **ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ-ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΕΡΓΑ**

2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ σελ 11

2.2 Ο ΝΕΙΛΟΣ σελ 15

2.3 ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ σελ 19

2.3.1 Αιτίες σχεδιασμού νέων αρδευτικών έργων σελ 20

2.3.2 Το Μεγάλο Φράγμα του Ασσουάν σελ 22

2.3.3 Η Νέα Κοιλάδα σελ 23

2.3.4 Σχεδιασμός αρχικών εναλλακτικών δικτύων σελ 24

2.3.5 Το Σχέδιο Τόσκα	σελ 26
2.3.6 Το αντλιοστάσιο	σελ 26
2.3.7 Η κύρια προσαγωγός διώρυγα	σελ 28
2.3.8 Αναπτυξιακό σχέδιο Ανατολικού Ουενάτ	σελ 29
2.3.9 Αναπτυξιακό σχέδιο Βορείου Σινά	σελ 30

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ**

### **ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ**

3.1 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	σελ 33
3.1.1 Μεταφορά και παροχέτευση αρδευτικού νερού	σελ 33
3.1.2 Άρδευση με αυλάκια	σελ 34
3.1.3 Άρδευση με λωρίδες	σελ 36
3.1.4 Άρδευση με λεκάνες	σελ 37
3.2 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΤΕΧΝΗΤΗ ΒΡΟΧΗ	σελ 38
3.2.1 περιγραφή και λειτουργία του συστήματος άρδευσης με τεχνητή βροχή	σελ 40
3.2.1.1 Το αντλιτικό συγκρότημα	σελ 41
3.2.1.2 Οι σωληνώσεις	σελ 46
3.2.1.3 Οι εκτοξευτήρες	σελ 48
3.2.2 Χαρακτηριστικά άρδευσης τεχνητής βροχής με κανόνια, καρούλια και ράμπες	σελ 51
3.3 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΕΣ	σελ 54
3.3.1 Συνοπτική περιγραφή του συστήματος	σελ 54
3.3.1.1 Σωληνώσεις	σελ 56
3.3.1.2 Εξαρτήματα συνδεσμολογίας	σελ 57
3.3.1.3 Εξαρτήματα διανομής νερού	σελ 58
3.3.1.4 Κεφαλή	σελ 59
3.3.1.5 Πίεση πηγής	σελ 60
3.3.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συστήματος στάγδην άρδευσης	σελ 61

<b>3.3.2.1 Πλεονεκτήματα</b>	<b>σελ 61</b>
<b>3.3.2.2 Μειονεκτήματα</b>	<b>σελ 62</b>
<b>3.3.3 Σχεδιασμός αρδευτικού συστήματος στάγδην     άρδευσης</b>	<b>σελ 63</b>
<b>3.4 ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ</b>	<b>σελ 64</b>
<b>3.4.1 Πλεονεκτήματα υπόγειας άρδευσης</b>	<b>σελ 65</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>σελ 67</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	<b>σελ 68</b>