

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
&
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

**Η ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ
ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΣΤΙΣ ΧΩΡΕΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΟΛΥΧΡΟΝΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΛΥΒΑ – ΤΩΜΑΔΑΚΗ ΜΑΡΙΑ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2003

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
Α. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ	6
Β. ΟΙ ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ	13
1. Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΑΙΓΥΠΤΟ	13
2. Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΜΕΣΟΠΟΤΑΜΙΑ	18
3. Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΡΩΜΗ	26
4. ΑΡΧΑΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ	32
Γ. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ ΑΡΧΑΙΑΣ ΜΕΣΟΠΟΤΑΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΙΓΥΠΤΟΥ	39
Δ. ΟΙ ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ	47
1. Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΚΙΝΑ	47
2. Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΟ ΜΕΞΙΚΟ	48
Ε. ΕΠΙΛΟΓΟΣ	50
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	51

Η εργασία μου

***είναι αφιερωμένη στους γονείς μου, για την υλική και ηθική
τους συμπαράσταση όλα αυτά τα χρόνια.***

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το νερό αποτελούσε πάντα ένα από τους πιο σημαντικούς παράγοντες της ζωής μας και επηρέαζε την εξέλιξη της ανθρωπότητας. Δυστυχώς αν και πολλοί μελετητές ερεύνησαν την ιστορία της άρδευσης δεν βρέθηκαν συγγράμματα που να αναφέρονται εξ' ολοκλήρου στο θέμα αυτό.

Σε αυτή τη πτυχιακή προσπάθησα να τονίσω τα σημαντικότερα στοιχεία και επιτεύγματα των αρχαίων τεχνικών άρδευσης. Το έργο αυτό ήταν δύσκολο και αρκετά επίπονο λόγω των περιορισμένων πηγών. Παρ' όλα αυτά γίνεται μια σφαιρική προσέγγιση του θέματος, αναφέρονται στοιχεία για όλους τους αρχαίους πολιτισμούς που ανέπτυξαν διάφορα συστήματα αποθήκευσης του νερού αλλά και άρδευσης – ύδρευσης.

Φυσικά αυτό δεν θα ήταν εφικτό χωρίς την καθοδήγηση κάποιων ανθρώπων τους οποίους από την θέση αυτή ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια τους. Θα ήθελα λοιπόν κατ' αρχήν να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου κ. Μ. Καλύβα-Τωμάδακη , επίσης τον καθηγητή μου από το 3^ο Τ.Ε.Ε Ηρακλείου κ. Θ. Αντωνίου. Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω τις συναδέλφους κ. Ε. Τζαγκαράκη και κ. Μ. Σμυρνωτάκη καθώς επίσης και τον κ. Α. Νταουτζιά που βοήθησαν να ολοκληρωθεί η συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Πολυχρονάκης Γεώργιος

Ηράκλειο, Απρίλιος 2003

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημασία των αρδεύσεων για την εξασφάλιση της παραγωγής από τις καλλιέργειες ήταν γνωστή από τους αρχαίους χρόνους. Οι άνθρωποι πριν από χιλιάδες χρόνια είχαν κατανοήσει την αξία των αρδεύσεων, ιδιαίτερα στις περιοχές όπου το ύψος και η κατανομή των βροχοπτώσεων δεν ήταν αρκετές για την ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών και αναγκάστηκαν να πάρουν τα αναγκαία μέτρα. Να αναπτύξουν τεχνικές και μεθοδολογίες για αποθήκευση του νερού αλλά και για διάθεση του στις καλλιέργειες

Η καλλιέργεια και η ομαλή ανάπτυξη οποιουδήποτε φυτού είναι αδύνατη χωρίς την απαραίτητη, για τις δικές του ανάγκες, εδαφική υγρασία η οποία προέρχεται είτε από το νερό των βροχοπτώσεων είτε και από τις αρδεύσεις. Η προσθήκη νερού στο έδαφος αυξάνει τις αποδόσεις των φυτών, αλλά συγχρόνως δίνει και τη δυνατότητα να ευδοκιμήσουν (καλλιεργηθούν) φυτά που οι ανάγκες τους σε νερό υπερβαίνουν αυτές που μπορούν να ικανοποιηθούν με τη βροχή. Η άρδευση συνεπώς είναι μια από τις παρεμβάσεις του ανθρώπου στο φυσικό περιβάλλον, που επέδρασε σε δύο κυρίως τομείς: στην επάρκεια τροφής και στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη του ανθρώπου.

Εικόνα 1. Ασκός από δέρμα ζώου, από τις πρώτες μεθόδους μεταφοράς νερού σε καλλιεργούμενα φυτά.



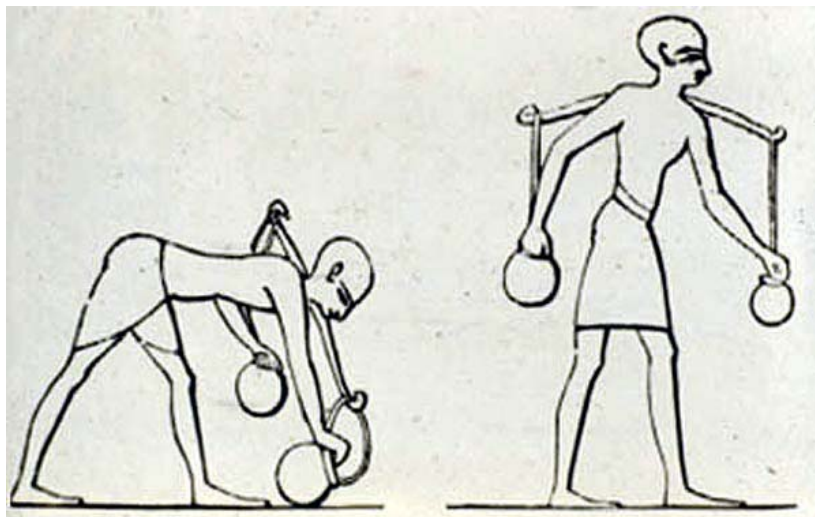
Η εξέλιξη της άρδευσης ακολουθεί την ανάπτυξη της γεωργίας και των καλλιεργητικών τεχνικών που την συνοδεύουν ως φυσικό επακόλουθο της. Ειδικότερα στην κηποτεχνία, η άρδευση είναι άμεσα συνδεδεμένη με αυτήν και εξελίσσεται μαζί της έτσι ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της και να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της δίδοντας το καλύτερο δυνατό αισθητικό αποτέλεσμα.

A. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ

Σε όλες τις περιπτώσεις τα διάφορα σχέδια διάχυσης των τεχνολογιών των αρδεύσεων είναι τα ίδια, ή σχεδόν τα ίδια και μπορούν να συνοψιστούν στο ακόλουθο σχήμα συναρτήσεως του χρόνου:

- 1) Τόπος της εφεύρεσης ήταν η αρχαία Ανατολή, ειδικότερα η Περσία.
- 2) Μετά ακολούθησε ένα στάδιο περιορισμένης διάχυσης μέσω της Μεσογείου στους κλασσικούς χρόνους, κάτω από τη αιγίδα την Ρωμαϊκή έπαιτα.
- 3) Ακολούθησε μια ενδυνάμωση της εφεύρεσης όσον αφορά την χρήση και τελειοποίηση της τεχνικής από τους Μουσουλμάνους.
- 4) Δημιουργήθηκε ένα νέο κέντρο της διάχυσης των τεχνολογιών των αρδεύσεων στην Βόρεια Αφρική.
- 5) Τελικά αυτές εξαπλώθηκαν σε όλο τον υπόλοιπο νέο κόσμο (νέους πολιτισμούς).

Αυτές οι νέες τεχνολογίες των αρδεύσεων μπόρεσαν και ενσωματώθηκαν στις παλαιότερες αλλά λιγότερο καλά τεκμηριωμένες πτυχές της γεωργικής πρακτικής των αρδεύσεων.

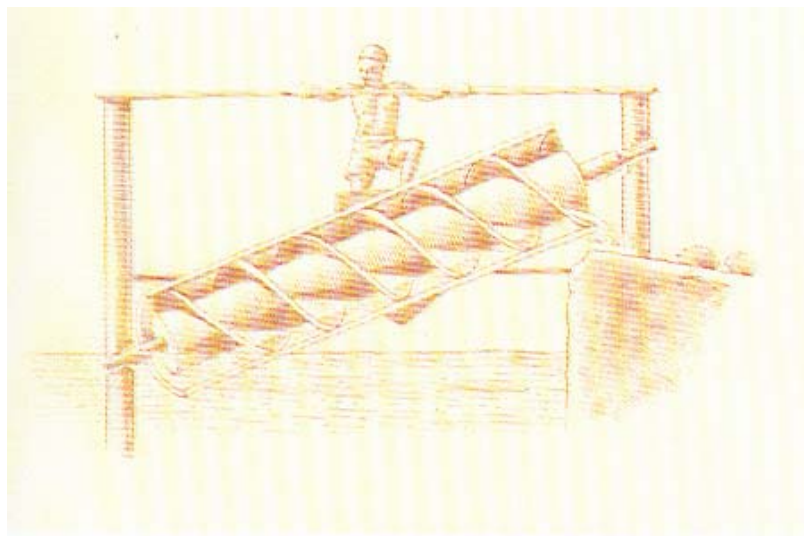


Εικόνα 2. Μεταφορά νερού στην αρχαιότητα με αυτοσχέδιες κατασκευές.

Μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο η συστηματική διάδοση της καλλιέργειας των φυτών λόγω της εφαρμογής ανεπτυγμένων μεθόδων άρδευσης υπήρξε ταχύτατη. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα μια πολύ μεγάλη ανάπτυξη των συστημάτων άρδευσης καθώς και την επέκταση του εύρους εφαρμογών τους. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας ήταν αποφασιστικής σημασίας στην εξέλιξη αυτή. Η κηποτεχνία εξελισσόμενη και αυτή γρήγορα και αποκτώντας ποικιλία και πολυπλοκότητα έχει ανάγκη από συνθετότερα και πιο εξελιγμένα συστήματα άρδευσης, τα οποία να ανταποκρίνονται πλήρως στις απαιτήσεις της.

Δεν πρέπει να μας διαφεύγει ότι η ζωή και ο πολιτισμός γεννήθηκαν και εξελίχθηκαν εκεί όπου υπήρχε νερό. Δεν υπάρχει καμία ανθρώπινη δραστηριότητα που να μην εξαρτάται άμεσα ή έμμεσα από το νερό. Η διαθέσιμη όμως ποσότητα, για να καλύψει τις συνολικές μας ανάγκες, δεν υπερβαίνει το 1 % της υπάρχουσας ποσότητας πάνω στον πλανήτη. Η κακή διαχείρισή του και η ανεξέλεγκτη σπατάλη του αποτελούν τις βασικές αιτίες που προκαλούν μια συνεχή μείωση του ποσοστού αυτού. Επίσης ένα σημαντικό μέρος του καθίσταται ακατάλληλο για χρήση λόγω της ρύπανσής του.

Τελικά, ίσως να είναι πολλοί αυτοί που θα ισχυριστούν ότι το νερό δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε δραστηριότητες "δευτερεύουσας σημασίας" για τον άνθρωπο, προκειμένου να διαφυλαχτούν κάποιες ποσότητες από αυτό, αναφερόμενοι, για παράδειγμα, στην άρδευση των κήπων, των πάρκων και των χώρων πρασίνου.



Εικόνα 3α. Κοχλίας του Αρχιμήδη, (Ελλάδα 300 π.Χ.)



Εικόνα 3β. Κοχλίας του Αρχιμήδη, (Ελλάδα 300 π.Χ.)

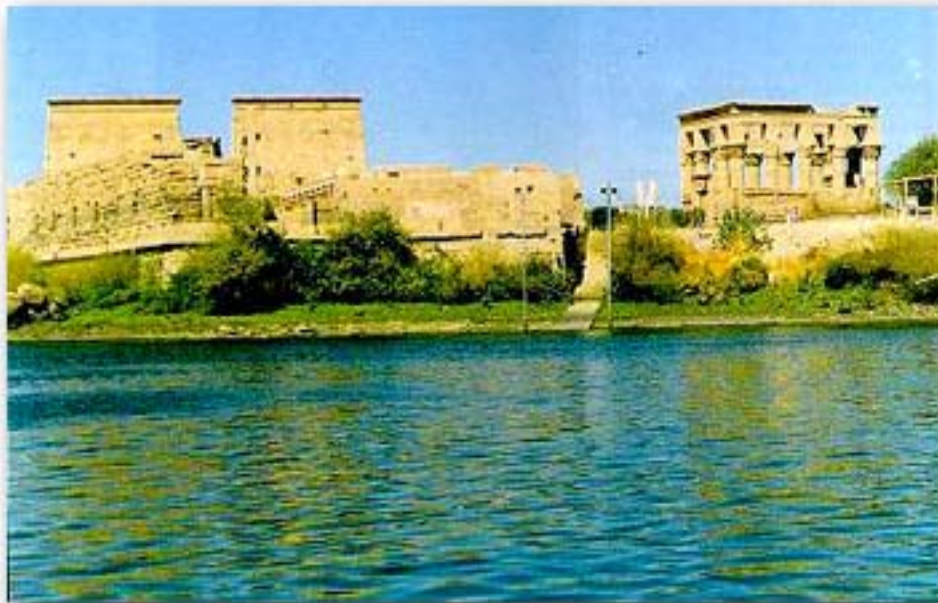
(Το υδραυλικό αυτό όργανο εφευρέθηκε από τον Αρχιμήδη κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του στην Αίγυπτο. Χρησίμευε στην άντληση ύδατος από ένα χαμηλό επίπεδο σ' ένα άλλο υψηλότερο. Οι χρήσεις του από την αρχαιότητα έως σήμερα είναι πολλές, όπως άρδευση αγροτικών καλλιεργειών αλλά και άντληση υδάτων από τα αμπάρια των πλοίων).

Αν και είναι άγνωστο πότε και πού πρωτοεφαρμόστηκαν οι αρδεύσεις, φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια της 6ης π.Χ. χιλιετίας η εφαρμογή τους είχε αρχίσει στη βόρεια και κεντρική Μεσοποταμία, όπου αναπτύχθηκαν σημαντικοί πολιτισμοί και ακόμη η ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών ήταν και είναι αδύνατη χωρίς την τεχνητή προσθήκη νερού στο έδαφος. Οι πρώτες κοινωνίες βασίστηκαν στην άρδευση των τεσσάρων μεγάλων ποτάμιων κοιλάδων: του *Νείλου* στην *Αίγυπτο* (6000 π.Χ.), του *Τίγρη* και του *Ευφράτη* στη *Μεσοποταμία* (4000 π.Χ.), του *Κίτρινου Ποταμού* στην *Κίνα* (3000 π.Χ.) και του *Ινδού* στην *Ινδία* (2500 π.Χ.).

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

παραποτάμων τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η άρδευση γινόταν κατακλύζοντας με νερό περιοχές, οι οποίες περιβάλλονταν με φράγματα κατασκευασμένα από χώμα.

Τα νερά των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη, του Νείλου, του Γιάνγκ-τσε, του Ινδού και του Γάγγη χρησίμευσαν ως υπόβαθρο καθοριστικής σημασίας για την ανάπτυξη των πρώτων πολιτισμών. Από τους Αιγυπτίους, τους Ασύριους και τους Βαβυλώνιους, η άρδευση των καλλιεργειών διαδόθηκε στους Έλληνες, τους Ρωμαίους και τους Άραβες. Οι Ισπανοί διδάχθηκαν την τεχνική των αρδεύσεων από τους Άραβες και την διέδωσαν στην υπόλοιπη Ευρώπη στην Αμερική.



Εικόνα 4. Φράγμα Ασσουάν στην Αρχαία Αίγυπτο.

Καινοτομία της Αιγυπτιακής γεωργίας, που είχε ήδη αρχίσει να αναπτύσσεται στα τέλη της 6ης π.Χ. χιλιετίας, ήταν η προσαρμογή της καλλιέργειας των γεωργικών φυτών σε εδάφη που είχαν δεχθεί περίσσεια νερού από την υπερχειλίση του Νείλου που αποτελούσε ένα από τα χαρακτηριστικά του.

Ειδικότερα οι πρώτοι Αιγύπτιοι γεωργοί δεν είχαν παρά να διασκορπίζουν τον σπόρο των καλλιεργούμενων φυτών στα εδάφη των περιοχών που προηγούμενα είχαν κατακλυσθεί από τα νερά του

Νείλου. Η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών ήταν εξασφαλισμένη τις περισσότερες φορές, οι αποδόσεις όμως των πολυετών καλλιεργειών μειώνονταν λόγω της υψηλής αγωγιμότητας των εδαφών. Από την άλλη πλευρά η συνεχής αύξηση των πληθυσμών ανθρώπων και οικόσιτων ζώων αύξησαν την ζήτηση νερού, οι ανάγκες πολλαπλασιάστηκαν και ανέκυψε το πρόβλημα ελέγχου των πλημμύρων του Νείλου και διανομής των νερών και των φερτών υλικών του σε μεγαλύτερες εδαφικές επιφάνειες. Οι διάφορες μέθοδοι και οι προς πολλές κατευθύνσεις που έπρεπε να εφαρμοσθούν, όπως η διευθέτηση των όχθων του ποταμού, η άρδευση και η στράγγιση των γεωργικών εκτάσεων, μπορούσαν να πραγματοποιηθούν μόνο με συλλογική προσπάθεια. γεγονός που οδήγησε τελικά στην ένωση ολόκληρης της χώρας κάτω από μια ενιαία κεντρική κυβέρνηση. Γίνεται φανερό από αυτό ότι η τεχνολογία των αρδεύσεων έπαιξε ένα σημαντικό ρόλο και σε άλλα επίπεδα, πολιτικό, ιστορικό, κοινωνικοοικονομικό, κατά την αρχαιότητα. Στην Κίνα, ο επιτυχημένος βασιλέας κρινόταν από τη σοφία με την οποία διαχειριζόταν τα νερά, ενώ στην Ινδία, η ιστορία των αρδεύσεων είναι τόσο αρχαία, όσο και η ιστορία της χώρας. Μάλιστα, υπάρχουν στοιχεία ότι κατά το έτος 300 π.Χ. ολόκληρη η χώρα αρδεύονταν πραγματοποιώντας δύο σοδειές κάθε έτος.

Στα 7.000 χρόνια που πέρασαν από την πρωτοεφαρμογή της άρδευσης στη Μεσοποταμία παρατηρήθηκε μια συνεχής εξάπλωσή της σε νέες περιοχές. Κατά τη διάρκεια της Ελληνιστικής περιόδου και αργότερα στην περίοδο των Σασσανιδών κατασκευάστηκαν αρδευτικά δίκτυα σημαντικής τεχνολογίας όπως φράγματα εκτροπής και αρδευτικές διώρυγες.

Οι αρδεύσεις των καλλιεργειών σε όλες τις χώρες εφαρμόστηκαν για σχετικά μακρόχρονα διαστήματα, κάτω από τις ιδιαίτερες περιβαλλοντολογικές συνθήκες (εδαφολογικές, υδρογεωλογικές και κλιματικές) κάθε περιοχής, οι οποίες και επέβαλαν την ανάπτυξη μιας ιδιαίτερης κάθε φορά τακτικής αρδεύσεων. Όμως με την εφαρμογή των αρδεύσεων δημιουργήθηκαν και προβλήματα εναλάτωσης εδαφών εξαιτίας της μη ορθολογικής χρήσης του νερού, υπήρχε έλλειμμα πληροφόρησης για τις απαιτήσεις των φυτών σε νερό αλλά και για τις ποσότητες νερού που μπορεί να δεχθεί ένα συγκεκριμένο έδαφος. Επιπλέον δεν ήταν γνωστές μεθοδολογίες αποκατάστασης

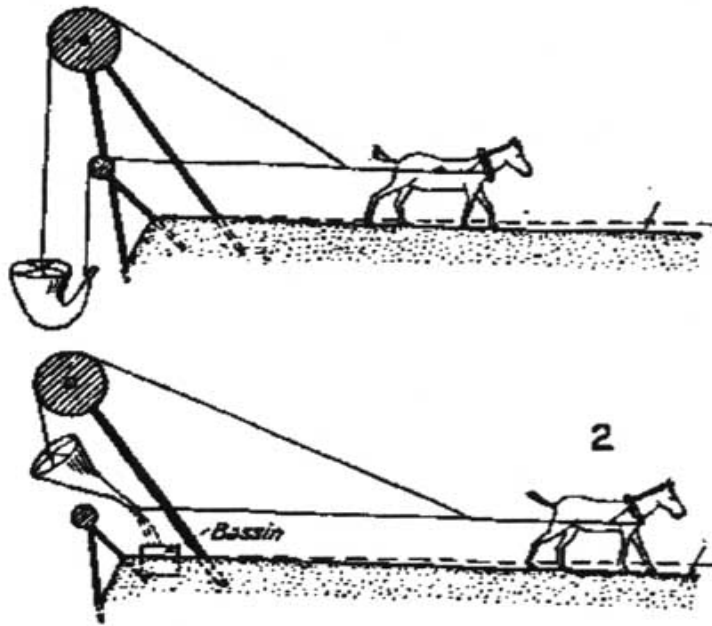
των αλατούχων εδαφών για να δοθούν στην συνέχεια και πάλι για καλλιέργεια φυτών. Έτσι στην **Κοιλάδα του Ινδού** υπάρχει σήμερα η μεγαλύτερη έκταση αλατούχων εδαφών, γύρω στα 4.000.000 στρέμματα, ενώ αλατούχα εδάφη σε μεγάλη έκταση έχουν δημιουργηθεί στην επαρχία του Χουζιστάν της Περσίας. Εναλάτωση εδαφών παρατηρήθηκε και στις αρδευόμενες περιοχές του Νέου Κόσμου, που οδήγησε τελικά στην εγκατάλειψή τους για γεωργική χρήση.



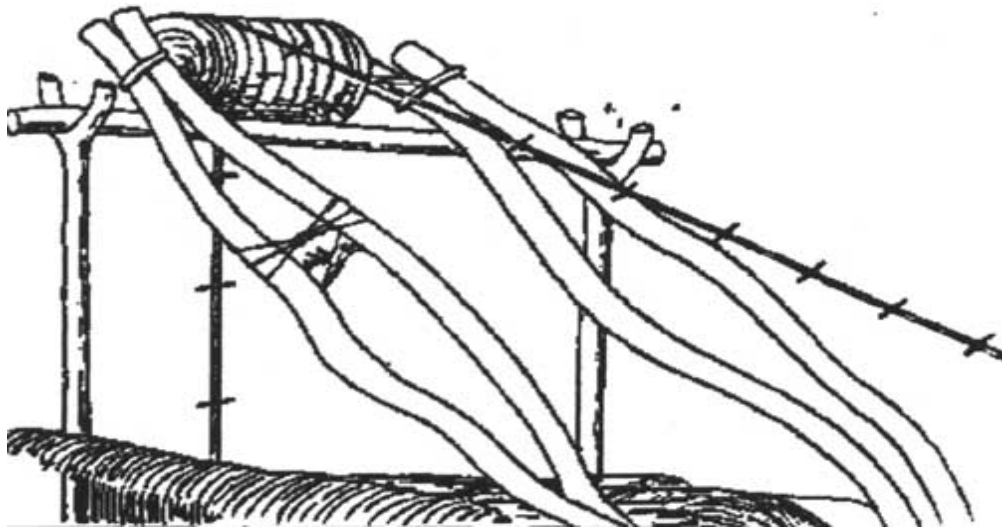
Εικόνα 5. Μηχανισμός άντλησης νερού από Lattaquie ποταμό (Weulersse 1940).

Οι δυσμενείς αυτές επιδράσεις της άρδευσης δεν παρατηρήθηκαν μόνο στις περιοχές που η άρδευσή τους είχε αρχίσει από τους χρόνους της αρχαιότητας, αλλά και σε περιοχές όπου σχετικά πρόσφατα αναπτύχθηκε η σύγχρονη γεωργία που θεωρεί απαραίτητο συστατικό για την ανάπτυξη της το νερό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι Δυτικές πολιτείες των ΗΠΑ, όπου η εφαρμογή της άρδευσης για ένα μεγάλο σχετικά χρονικό διάστημα προκάλεσε την ανύψωση της στάθμης του υπόγειου νερού και τη δημιουργία αλατούχων εδαφών σε μεγάλη κλίμακα. Υπολογίζεται ότι σήμερα στις πολιτείες αυτές υπάρχουν γύρω στα 30.000.000 στρέμματα γης που χρειάζονται βελτίωση-εξυγίανση. Στη σύγχρονη Αιγυπτο, από τις αρχές του 20ού αιώνα όπου εφαρμόσθηκε η μεθοδολογία (φιλοσοφία) άρδευσης της Μεσοποταμίας που υιοθετούσε τη συγκράτηση των νερών του Νείλου σε φράγματα αποθήκευσης και την περιοδική εφαρμογή της άρδευσης στη διάρκεια όλου σχεδόν του έτους, δημιουργήθηκαν σοβαρά προβλήματα υποβάθμισης των εδαφών που ήταν άγνωστα

στους αρχαίους Αιγυπτίους.



Εικόνα 6. Αυτοσχέδιος μηχανισμός άντλησης νερού από Ευφράτη ποταμό, με την βοήθεια ζώων, (Charles 1936).



Εικόνα 7. Αυτοσχέδιος μηχανισμός άντλησης νερού από Ευφράτη ποταμό, (Charles 1936).

B. ΟΙ ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

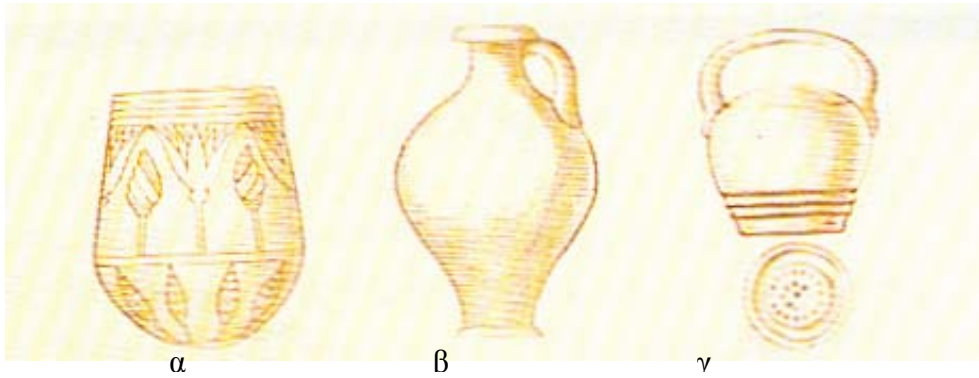
1. Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΑΙΓΥΠΤΟ

Ο **Ηρόδοτος** έγραψε πριν από 2000 έτη περίπου, «η Αίγυπτος είναι το δώρο του ποταμού». Υποστήριζε ότι οι Αιγύπτιοι «παίρνουν τις συγκομιδές τους με τη λιγότερη εργασία από οποιοδήποτε άλλο λαό στον κόσμο».

Αυτό δεν θεωρείται υπερβολή. Είναι γνωστό ότι ανεπτυγμένη γεωργία υπάρχει όπου υπάρχει διαθέσιμο και καλής ποιότητας νερό. Ο Αιγυπτιακός πολιτισμός επομένως εξαρτήθηκε κατά ένα μεγάλο μέρος από την άσκηση της γεωργίας που στηρίζονταν στον Νείλο ποταμό αλλά και στις αυξημένες χειμερινές βροχοπτώσεις που εξαιτίας τους η παραγωγή των χειμωνιάτικων φυτών ήταν αυξημένη.

Αρχικά πρέπει να πούμε ότι γενικά δεν υπήρξε καμία σημαντική προσπάθεια στην αποθήκευση νερού. Επομένως τα διάφορα συστήματα άρδευσής τους ήταν παθητικά. Ενδεικτικά αναφέρουμε, ότι αφότου γίνονταν η συγκομιδή την άνοιξη, το έδαφος περνούσε σε κατάσταση αγρανάπαυσης μέχρι την επόμενη υπερχειλίση του Νείλου ποταμού. Μόνο σε μερικές περιοχές που είχαν εδάφη με μεγάλη υδατοικανότητα υπήρχε πιθανότητα μιας δεύτερης συγκομιδής, μεταξύ αυτών ήταν οι *Abydos*, *Μέμφιδα* και *Thebes*, τα γνωστά μεγάλα κέντρα του αρχαίου Αιγυπτιακού πολιτισμού.

Οι διάφορες μορφές της άρδευσης που αναπτύχθηκαν εξαρτήθηκαν σε μεγάλο βαθμό από τη φυσική γεωγραφία και τη γεωλογία της περιοχής, αλλά και τις γνώσεις - δεξιότητες της εφαρμοσμένης μηχανικής που ήταν διαθέσιμες. Τα έργα της κοιλάδας του Νείλου κατέχουν αναμφίβολα μια ξεχωριστή θέση τόσο για την έκτασή τους όσο και επειδή κατάφεραν να διατηρήσουν στην περιοχή μια παραγωγική γεωργία για τέσσερις και πλέον χιλιετίες. Πιστεύεται ότι η κατασκευή των πρώτων αρδευτικών έργων της ευρύτερης περιοχής οφείλονταν στον βασιλιά Μήνη, περίπου στο 3200 π.Χ. Η συνέχιση των προσπαθειών που σχετίζονταν με τεχνολογίες σχετικές με την άρδευση των καλλιεργειών μεταβιβάστηκε στον Ηρόδοτο από τους ιερείς της Μέμφιδας, Τα έργα αυτά απέβλεπαν στον έλεγχο και στην κατανομή των υπερχειλίζοντων νερών του Νείλου. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζονταν διάφορα τεχνικά έργα, όπως διαμόρφωση λεκανών κατάκλισης και διάνοιξη διώρυγων εκτροπής.

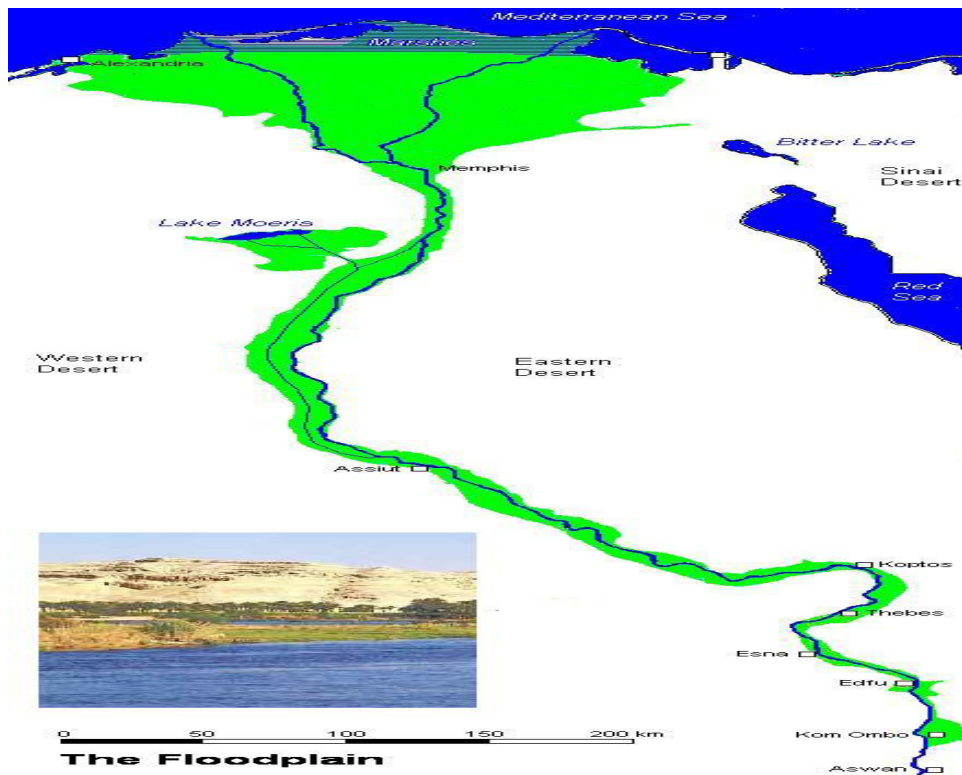


Εικόνα 8. Αγγεία μεταφοράς νερού στην αρχαιότητα. α. Αιγυπτιακό αγγείο (2000 π.Χ.), β. Ελληνική υδρία (500 π.Χ.), γ. Ευρωπαϊκό αγγείο σαν ποτιστήριο.

Οι λεκάνες κατάκλυσης διαμορφώνονταν με ένα προστατευτικό ανάχωμα κατά μήκος της δυτικής όχθης του ποταμού και με κάθετα αναχώματα προς αυτό που έφθαναν μέχρι τις λοφώδεις παρυφές της ερήμου. Είχαν μια μέση επιφάνεια γύρω στις 35.000 στρέμματα και κατακλύζονταν με τα νερά που οδηγούσαν σ' αυτές οι διώρυγες εκτροπής. Αργότερα, γύρω στο 2000 π.Χ., επί βασιλείας Σέσωστρι αποδόθηκε για γεωργική χρήση και η ανατολική όχθη του ποταμού με την κατασκευή προστατευτικών αναχωμάτων και τη διαμόρφωση λεκανών κατάκλυσης.

Συγχρόνως η αξιοποίηση της φυσικής λεκάνης **Φαγιούμ** (*Faiyum*) δυτικά του ποταμού, μετατράπηκε σε τεχνητή λίμνη όπου δέχονταν το υπερχειλίζον νερό και συγχρόνως προστάτευε την χαμηλότερη περιοχή του Δέλτα του Νείλου λόγω υψομετρικής διαφοράς. Με τη μορφή αυτή το όλο αρδευτικό σύστημα της περιοχής κάλυπτε 4.600.000 στρέμματα με 140 λεκάνες στη δυτική πλευρά και άλλα 1.000.000 με 71 λεκάνες στην ανατολική πλευρά. Διατηρήθηκε μέχρι τα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Με την κατάληψη της χώρας από τους Άραβες τον 7^ο μ.Χ. αιώνα, η συντήρηση των έργων παραμελήθηκε και τελικά ένα μεγάλο μέρος τους εγκαταλείφθηκε. Κατά τον 19^ο αιώνα άρχισε η ουσιαστική αναγέννηση της γεωργίας της Αιγύπτου, η άρδευση βασίζεται σε σειρά σύγχρονων τεχνικά φραγμάτων εκτροπής και αποθήκευσης των νερών του Νείλου, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή του νερού όλο τον χρόνο με όλα τα ευνοϊκά αποτελέσματα.

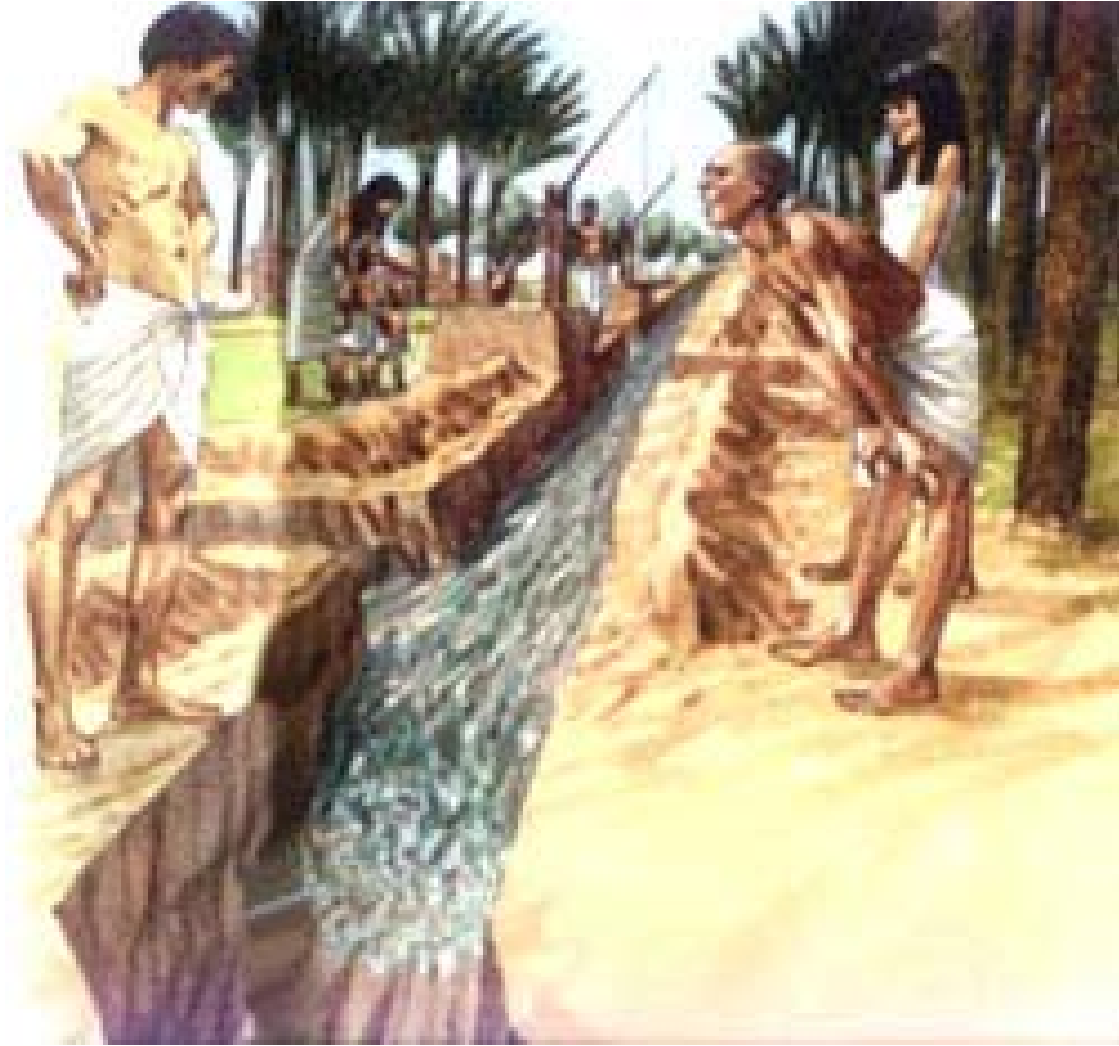
Κάθε έτος στα μέσα Ιουνίου και για δυο περίπου μήνες στην περιοχή του Νείλου δημιουργείτο μια κοίτη πλημμύρων λόγω των βροχών. Εάν η στάθμη του Νείλου μειώνονταν περισσότερο από τα αναμενόμενα είκοσι επτά πόδια, υπήρχε πείνα λόγω μείωσης της γεωργικής παραγωγής αλλά και του ζωικού κεφαλαίου. Εάν όμως η στάθμη του αυξανόταν περισσότερο από τα αναμενόμενα είκοσι επτά πόδια, προκαλούνταν ζημιές στις γεωργικές καλλιέργειες απώλειες ζωικού κεφαλαίου καθώς και ανθρώπινων ζωών. Οι υπερχειλίσεις ήταν προβλέψιμες στον ερχομό τους, από τις έντονες βροχοπτώσεις που προηγούνταν, όμως επειδή τα τεχνικά έργα δεν ήταν επαρκή συχνά προκαλούσαν το χάος και οι επιπτώσεις τους ήταν πάρα πολύ έντονες.



Εικόνα 9. Ο Νείλος ποταμός

Στους αρχαίους Αιγυπτίους ήταν γνωστό ότι θα μπορούσαν να βελτιώσουν τα διάφορα σχέδια των συστημάτων άρδευσης αν γνώριζαν εκ των προτέρων το ύψος της ετήσιας πλημμύρας. Για το σκοπό αυτό ανέπτυξαν το σύστημα "**Nilometers**" σε διάφορα σημεία κατά μήκος της κοιλάδας. Γεγονός που είχε σαν αποτέλεσμα την

έγκαιρη προειδοποίηση του ύψους της πλημμύρας καθώς το νερό κυλούσε από το βορρά προς το νότο. Με την κατασκευή τεχνικών έργων οι καλλιέργειες δεν κατακλύζονταν και η απόδοση των καλλιεργειών ήταν σε υψηλό επίπεδο.



Εικόνα 10. Αρδευτικό κανάλι ελεύθερης φυσικής ροής.

Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι έχτισαν μεγάλες λεκάνες κατά μήκος της όχθης του ποταμού Νείλου, και απλούς φράχτες που εξέτρεπαν το νερό σύμφωνα με την φορά του υπερχειλίζοντος νερού. Οι τάφροι και τα κανάλια ήταν ρηχά. Το χαρακτηριστικό αυτό σχέδιο άρδευσης ήταν πολύ τοπικό, όχι εκτεταμένο. Ήταν περίοδοι ευημερίας στην Αιγυπτιακή ιστορία όπου άκμασε η ισχυρή κεντρική κυβέρνηση, ακολούθησαν περίοδοι στασιμότητας στην οικονομία και πληθυσμού, που συνοδεύθηκαν συχνά από την κοινωνική, στρατιωτική, και καλλιτεχνική πτώση. Δεν είναι όμως σαφές από ιστορικές πηγές ότι σε

περιόδους παρουσίας ισχυρής κεντρικής κυβέρνησης είχαμε αποτελεσματική ανάπτυξη των αρδεύσεων που θα είχε ως αποτέλεσμα και την αυξημένη παραγωγή των καλλιεργειών.

Σχετικά ήταν εύκολο σύμφωνα με τους κανόνες της εφαρμοσμένης μηχανικής αλλά και στην χειρωνακτική εργασία, να τακτοποιήσει - διευθετήσει την ομαλή ροή του νερού μέσω διάφορων λεκανών, που ελέγχονταν από απλές εισόδους του νερού.

Οι φερτές ύλες πλούσιες σε θρεπτικά στοιχεία αύξαναν την γονιμότητα του εδάφους. Η ροή στα κανάλια και τις τάφρους ήταν αρκετά ισχυρή με αποτέλεσμα να μην μπορεί να πραγματοποιηθεί καθίζηση τους μέσα σε αυτά. Τα φερτά υλικά που εγκαθιστούνταν στις λεκάνες ήταν ευεργετικά με δύο τρόπους: καθιστούσαν τους πυθμένες των λεκανών ομοιόμορφα επίπεδες και τις εμπλούτιζαν ταυτόχρονα με πολλά θρεπτικά συστατικά.

2. Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΜΕΣΟΠΟΤΑΜΙΑ

Η εφαρμογή των αρδεύσεων εμφανίζεται στην παραδοσιακή γεωργική τεχνολογία για περισσότερο από έξι χιλιετίες. Τα ιστορικά επιβεβαιωμένα συστήματα της άρδευσης στη Μεσοποταμία μπορούν να ομαδοποιηθούν σε διάφορες αντιπαραβαλλόμενες κατηγορίες. Μεγάλες διαφορές παρατηρούνται στις διαμορφώσεις των τεχνικών έργων και τη πολυπλοκότητα τους που συνδέονται με αντίστοιχες παραλλαγές στη κοινωνική διαστρωμάτωση αλλά και τις ρυθμίσεις που καθιερώθηκαν στα πλαίσια άσκησης της γεωργίας. Διαμορφωμένη από πολιτικές και άλλες μεταβλητές, η ιστορική έκβαση της έχει συμπεριλάβει εναλλαγή πολλών σχεδίων καθώς επίσης και μια ρύθμιση στη διαδοχή των αναπτυξιακών σταδίων. Όσον αφορά την προφανή διάδοση των πρακτικών άρδευσης θα ήταν ενδιαφέρον να διευκρινιστεί από τους ειδικούς μέχρι ποιο σημείο αυτό οφείλονταν στο κλίμα που ήταν υγρότερο σε σχέση με σήμερα αλλά και στο γεγονός ότι η εντατική γεωργία ασκήθηκε στη Μέση Ανατολή όπου οι Μεσοποτάμιοι πολιτισμοί είχαν κάνει ήδη τα μεγάλα επιτεύγματα στην τεχνολογία υδραυλικής-άρδευσης. Μέχρι τους πρόσφατους χρόνους, δεν είχε δοθεί έμφαση στις αντλίες ή σε άλλα κανάλια ανυψωτικών κατασκευών, αλλά στην δύναμη της βαρύτητας ροής του νερού.

Οι πιο αρχαίες πόλεις κράτη της Μεσοποταμίας βρίσκονται σε χαμηλότερα επίπεδα, ενώ οι περισσότερες πλούσιες περιοχές σε νερό είναι αυτές που σήμερα αποτελούν το νότιο Ιράκ. Η άρδευση θα μπορούσε να είναι αρκετά απλή σε αυτήν την περιοχή (νότιο Ιράκ), με τη δημιουργία σε κάθε πόλη κράτος πιθανώς ενός συστήματος άρδευσης. Οι πόλεις ήταν διοικητικά, εμπορικά, και αμυντικά κέντρα και λόγω της παρουσίας τοπικών αρδευτικών έργων – συστημάτων αποκαλούνταν "πόλεις άρδευσης".

Στα αρδευτικά έργα της Μεσοποταμίας, όπως παρατηρεί ο Ηρόδοτος δεν έμοιαζαν μ' εκείνα της Αιγύπτου, το νερό ανυψωνόταν από τις διώρυγες με περιστρεφόμενους μοχλούς με κάδο (σαντούφ) για να οδηγηθεί στη συνέχεια στους αγρούς με αυλάκια. Το σαντούφ εικονίζεται σε ανάγλυφες σφραγίδες της 3ης π.Χ. χιλιετίας και φαίνεται ότι η χρήση του ήταν γενικευμένη από τότε. Μετά τους Σουμέριους, που κατά την 3η π.Χ. χιλιετία ανέπτυξαν ένα εκτεταμένο δίκτυο

διωρύγων στη Νότια Μεσοποταμία. Αρδευτικές διώρυγες αναπτύχθηκαν στην Κεντρική Μεσοποταμία (2000 π.Χ.) μερικές από τις οποίες ξεκινούσαν από τον Ευφράτη για να καταλήξουν στον Τίγρη. Πολλές από αυτές φαίνεται να ήταν κατασκευασμένες επάνω σε αναχώματα και η τροφοδότησή τους με νερό να γινόταν με μικρά φράγματα.

Από τις αρχές της πρώτης π.Χ. χιλιετίας, καθώς στην περιοχή κυριάρχησαν οι Ασσύριοι, κατασκευάστηκαν μεγάλα αρδευτικά έργα στη Βόρεια Μεσοποταμία, και ιδιαίτερα στο τρίγωνο που σχηματίζεται μεταξύ του Τίγρη και του ποταμού Ζαμπ. Στην περίοδο του βασιλιά Σενναχηρείμ (705-685 π.Χ.) κατασκευάστηκε και η επενδυμένη διώρυγα που ξεκινούσε από τον ποταμό Ζαμπ για να μεταφέρει αρδευτικό νερό για τους δένδρoκηπους, της πρωτεύουσας της Ασσυρίας την Νινευή. Το μήκος της διώρυγας ήταν γύρω στα 80 χιλιόμετρα. Για να περάσει επάνω από χαράδρα κοντά στο Γιερβάν κατασκευάστηκε γέφυρα μήκους 280 μέτρων, που είναι μια από τις αρχαιότερες στην κατηγορία της.

Στη *Μέση Ανατολή* κατασκευάστηκαν επίσης και τα πρώτα φράγματα αποθήκευσης του νερού. Το παλαιότερο απ' αυτά βρίσκεται στην Ανατολική Αιγυπτιακή έρημο, ενώ το φράγμα του Ορόντη που σχημάτιζε τη λίμνη Χομς στη Συρία εξακολουθεί να τροφοδοτεί τις αρδευτικές διώρυγες της περιοχής.

Όσον αφορά το *Ιράν*, έχουν υπάρξει γενικά τέσσερις μέθοδοι άρδευσης. Αυτές οι τέσσερις μέθοδοι παρατίθενται σε ιστορικά κείμενα ως δεξαμενές, υδραγωγεία, κανάλια, και φράγματα.

Στη Μεσοποταμία κυριαρχούσαν οι δύο μεγάλοι ποταμοί ο Τίγρης κι ο Ευφράτης. Ο χαρακτήρας τους ήταν διαφορετικός, ο Τίγρης είχε τραχιά και γρήγορη ροή σε σχέση με τον Ευφράτη, εξού και το ελληνικό όνομα του που σημαίνει "*γρήγορα ως βέλος*". Οι βαθιές διακλαδώσεις των ποταμών στο περιβάλλον έδαφος και η έντονη ροή του νερού, καθιστούσαν δύσκολη την χρησιμοποίηση του για άρδευση. Όμως συγκριτικά τα νερά του Ευφράτη χρησιμοποιούνταν ευκολότερα με την βοήθεια διάφορων κατασκευών.

Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι χαρακτηρίζονται από χειμαρρώδη συμπεριφορά και οι υπερβολικές παροχές τους φθάνουν το μέγιστό τους κατά τους μήνες της άνοιξης. Σ' αυτό βοηθά το λιώσιμο των χιονιών. Η άφιξη των νερών μέσα στην περίοδο ανάπτυξης των

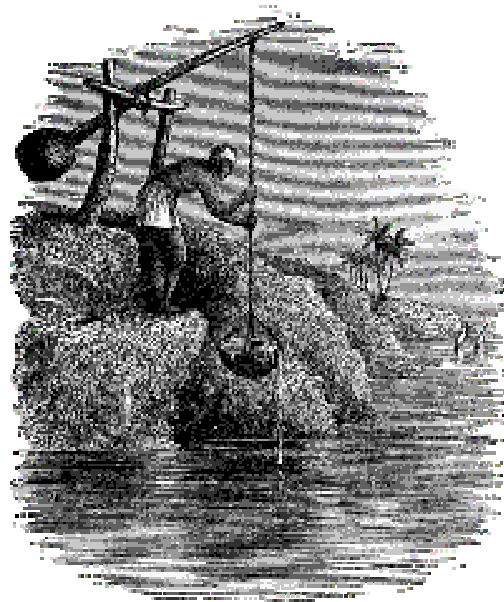
καλλιεργούμενων φυτών έκανε αδύνατη την εφαρμογή της άρδευσης με ένα σύστημα γενικευμένης κατάκλυσης, όπως εκείνο των Αιγυπτίων, που οι ετήσιες υπερχειλίσεις των ποταμών είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία εύφορου εδάφους.

Οι στάθμες των ποταμών όταν ήταν χαμηλές, ήταν κατάλληλες για την άρδευση γιατί δεν υπήρχαν υπερχειλίσεις που δυσκόλευαν την δημιουργία αρδευτικών δικτύων και άλλων κατασκευών. Η πτώση των νερών από τα βουνά του Βορρά ήταν σχετικά ομαλή αλλά παράλληλα και μεγάλη με αποτέλεσμα την άσκηση της γεωργίας. Στα χαμηλότερης υψομετρικής διαφοράς εδάφη της **Βαβυλωνίας** η πτώση του νερού ήταν μικρή και επιπλέον οι βροχοπτώσεις συγκεντρώνονταν σε μόνιμες κατασκευές κατά τη χειμερινή περίοδο Δεκεμβρίου - Φεβρουάριου. Η ροή ποταμών άλλαζε συνεχώς κατά τη διάρκεια του χρόνου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι καταστροφές πολλών διάσημων αρχαίων πόλεων, όπως των *Eridu, Ur, Nippur* και *Kish* που στις μέρες μας είναι οροθετημένες μακρύτερα από τους ποταμούς, ενώ ήταν στο παρελθόν δίπλα στις όχθες ποταμού. Η πόλη *Eridu* (σπίτι του Θεού ύδατος) ήταν στο παρελθόν σε μια λιμνοθάλασσα κοντά στη θάλασσα και είχε έναν φημισμένο λιμένα. Το δέλτα των ποταμών έχει συγκρατήσει πιθανώς το έδαφος σε περιοχές πέρα από τον Περσικό Κόλπο.

Οι καλλιέργειες των δημητριακών κυρίως σιταριού και κριθαριού, απαιτούσαν τέσσερις ή περισσότερες ελεύθερες εφαρμογές νερού κατά τη διάρκεια της χειμερινής εποχής όπου αυξάνονταν με γρήγορο ρυθμό. Ακολουθούσαν έτη αγρανάπαυσης προκειμένου οι αποδόσεις των καλλιεργειών να διατηρούνται σταθερές και να μην παρουσιάζουν πτωτική τάση. Το σύστημα αγραναπαύσεων, που θεωρείται από τους ειδικούς στην εντατική γεωργία ως σπάταλη, στην πραγματικότητα εξυπηρετεί ζωτικής σημασίας λειτουργίες ξεχωριστά. Τα βαθύρριζα απαιτητικά σε άζωτο ζιζάνια επιζούν στις συνθήκες του παραδοσιακά ρηχού οργώματος και παρέχουν μια φυσική πηγή λιπάσματος. Εξίσου σημαντική, είναι η αύξησή τους κατά τη διάρκεια των ετών με έντονες βροχοπτώσεις με τη μείωση του αλατούχου ορίζοντα των υπόγειων νερών. Οι τομείς αγραναπαύσεων όπως, οι καλαμιές, τα εποχιακά έλη, και η ημιάγωνα στέππα παρείχαν τις μόνιμες πηγές χορτονομής για τα κοπάδια των προβάτων, των αιγών, των βοοειδών και των άλλων

ζώων. Παρόμοια συμπληρωματική των σχέσεων μπορεί να επισημανθεί μεταξύ των συνεισφορών των καλλιεργειών και των προϊόντων της κτηνοτροφικής παραγωγής σε μια ισορροπημένη διατροφή των κατοίκων αλλά και των ζώων. Στις περιοχές αυτές όπου οι φυσικοί πόροι ήταν διαθέσιμοι, επιβάλλονταν εκ των πραγμάτων τα εκτατικά παρά τα εντατικά συστήματα άρδευσης της γεωργίας. Στα πλαίσια αυτά τοποθετούνται θεσμικές ρυθμίσεις καταβολής ασφαλίστρου για να αυξηθεί η προσφορά της γεωργικής εργασίας, είτε μέσω της συνεργασίας, της αμοιβαιότητας, είτε και της αγγαρείας. Ευνοούνταν έτσι έντονα όχι η μονοκαλλιέργεια αλλά η ισορροπία μεταξύ της φυτικής και της κτηνοτροφικής παραγωγής μέσω της πολυκαλλιέργειας.

Όταν οι στάθμες νερού στους ποταμούς ήταν χαμηλές αυτές συνέβαλλαν στην μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών σε συνδυασμό με τα θερμά και ξηρά καλοκαίρια. Επίσης περιορίζονταν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις για την επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Οι υψηλές στάθμες νερού, που συνοδεύονταν συχνά με καταστρεπτικές πλημμύρες, δεν ήταν επαρκώς χρονολογημένες, είχαν όμως ως αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση των αποδόσεων των καλλιεργειών και εμφανίζονταν κυρίως μόνο στο τέλος της άνοιξης (Wirth, 1962).



Εικόνα 11. Αντληση νερού με αυτοσχέδιο μηχανισμό στην Αρχαιότητα.

Έτσι, οι αρχαίοι Μεσοποτάμιοι υποχρεώθηκαν να προστατεύσουν με αναχώματα τις καλλιέργειές τους από τα πλεονάζοντα νερά, ν' ανοίξουν διώρυγες προσαγωγής του αρδευτικού νερού και να εφαρμόσουν μια 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 γίνονταν με διώρυγες εκτροπής που τροφοδοτούσαν ένα δίκτυο διωρύγων δεύτερης και τρίτης τάξης.

Η κατασκευή **cuniculi** που ήταν στην ουσία ένα κανάλι που είχε ανασκαφθεί ακόμη και σε βάθος είκοσι μέτρων, όπου η στάθμη του νερού παρεμποδίζονταν να ανυψωθεί. Υπήρχε σε πολλές περιοχές του Ιράν, του Ιράκ, της Αραβίας, του Μαρόκου, κ.λ.π. Τέτοιο cuniculi, που δημιουργούνταν στο κατώτατο σημείο των απέραντων κοιλάδων, διαμόρφωνε συχνά καλά οργανωμένα συστήματα διοχέτευσης του νερού προκειμένου να αρδεύει τις οάσεις και άλλες γεωργικές εγκαταστάσεις. Μια χαρακτηριστική κατασκευή cuniculi ήταν αυτό που κατασκευάστηκε κατά μήκος της κοιλάδας Tafilalet στο Μαρόκο.

Συγκριτικά το **Ιταλικό cuniculi** εμφανίστηκε να εξυπηρετεί μικρές ανεξάρτητες κοινότητες, περιόρισε την επέκτασή τους και ανασκάφθηκε σε ένα σχετικά ρηχό βάθος, σπάνια περισσότερο από πέντε μέτρα. Το εν λόγω cuniculi δεν ανασκάφθηκε στο κατώτατο σημείο της κοιλάδας αλλά σύμφωνα με τη γραμμή περιγράμματος των βουνοπλαγιών σε μια μικρή κλίση προκειμένου να επιτραπεί η ροή του νερού που είχε διεισδύσει στο cuniculi. Μετά από την κατασκευή του παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση της ξηρότητας του κλίματος στην ευρύτερη περιοχή.

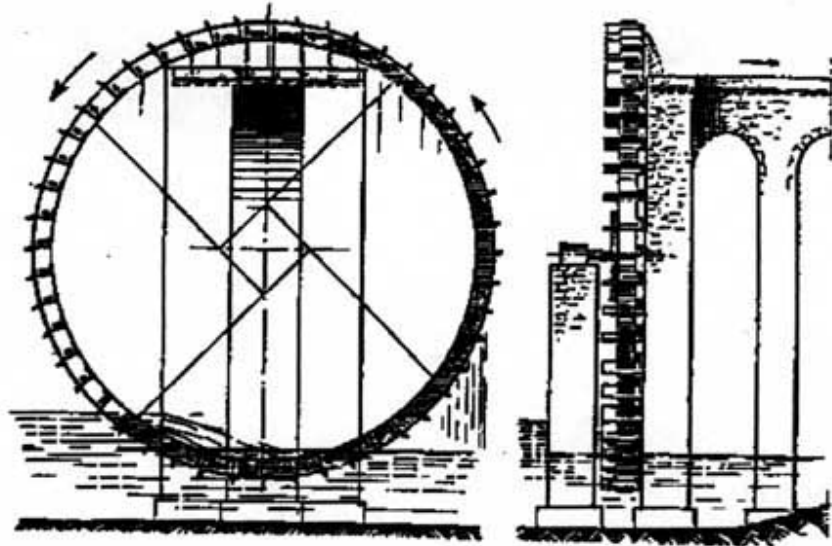
Το **Ετρουσκικό cuniculi** ήταν ανασκαμμένο, με σκοπό τη συλλογή του καθαρού νερού. Η θέση και η περίοδος στις οποίες το cuniculi ανασκάφθηκε επιτρέπουν την καταγραφή διαφόρων εκτιμήσεων. Οι εκτιμήσεις αυτές για τις λειτουργίες και τα δομικά χαρακτηριστικά του cuniculi οδήγησαν τους ιστορικούς να συμπεράνουν ότι το cuniculi ανασκάφθηκε στην Ιταλία μεταξύ του 8^{ου} και 4^{ου} αιώνα για τη συλλογή μόνο του πόσιμου νερού και δευτερευόντως για την αποξήρανση των περιορισμένων περιοχών (μια τεκμηριωμένη θέση - άποψη) και για την άρδευση των καλλιεργούμενων εδαφών (μια ατεκμηρίωτη θέση - άποψη). Άλλη

μελέτη εκφράζει την άποψη μέρους μελετητών οι οποίοι απέδωσαν την κατασκευή του cuniculi στην ύπαρξη ελωδών περιοχών με σκοπό την αποξήρανση τους και παράλληλα προστάτευαν την υγεία των κατοίκων ενάντια στην ελονοσία. Οι ιστορικοί-μελετητές προχώρησαν στην επανεξέταση των εργασιών των πρώτων Ρωμαίων συγγραφέων που έδιναν ιδιαίτερη προσοχή στην μεταφορά του νερού σε σχέση με τη γεωργία. Εάν όμως το cuniculi ήταν αποκλειστική δημιουργία των Ρωμαίων, θα ανάμενε κανείς να βρεθεί σχετική αναφορά στις εργασίες των πρώτων Ρωμαίων συγγραφέων. Ειδικότερα οι Λατίνοι γεωργοί, για τους οποίους η σχέση μεταξύ του νερού και των συνθηκών διαβίωσης ήταν αρκετά στενή όσον αφορά στις υγειονομικές πτυχές της αλλά και τις αγρονομικές τεχνικές για την προστασία έναντι της έλλειψης και περίσσειας νερού στα πλαίσια του υδρολογικού του κύκλου.

Παρακάτω παρατίθενται μερικές πληροφορίες σχετικά με τις σπουδαιότερες τεχνικές άρδευσης, τα **norias**, τα **quanats** και τα **Chadoufs**:

Norias

Το *noria* είναι ένας τροχός που χρησιμεύει στην ανύψωση του νερού με πιθανή αρχική χώρα δημιουργίας την Περσία, όπως δείχνει και ο γενικός όρος "περσική ρόδα". Η περσική ρόδα ήταν γνωστή στη Μεσόγειο κατά την αρχαιότητα. Η διανομή και ανύψωση του νερού με τις συγκεκριμένες κατασκευές (*norias*), καθώς επίσης και με άλλες τέτοιες υδραυλικές κατασκευές (*quanats*, *Chadoufs*), εξαρτούνταν άμεσα από την οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Η ρόδα που κινούνταν από τη ροή του νερού ήταν μεγάλη και ακριβή. Η παρουσία της περιορίστηκε στη ζώνη μεταξύ των εικοστών και τεσσαρακοστών παραλλήλων.



Εικόνα 12. *Noria*, αριστερά όψη, δεξιά τομή.

Σχεδόν πλήρως συνδέθηκε - ταυτίστηκε η κατασκευή της με την άρδευση των καλλιεργείων. Τα υψηλά έσοδα που απέφεραν οι αρδευόμενες καλλιέργειες με παράλληλη αξιοποίηση των ξηρών και άγονων εδαφών αρκούσαν για να αντισταθμίσουν την αρχική υψηλή επένδυση.

Ο τροχός που κινούνταν από τα ζώα ή τα άτομα εφευρέθηκε πιθανώς αργότερα από τον γνωστό τροχό, για τον οποίο δεν ισχύει το ίδιο όσον αφορά τον τρόπο κίνησης του. Εντούτοις απολάμβανε μια πολύ ευρύτερης αποδοχής, διαχεόμενος όχι κατά μήκος της Μεσογειακής ακτής από την Ελλάδα στην Ισπανία αλλά και βορειότερα όπως στη Γαλλία όπου εφαρμόζεται σε μη γεωργικές χρήσεις.

Η διάχυση του *noria* συνδέεται χαρακτηριστικά με τους Άραβες που λειτουργούσαν ως διαφημιστές της συγκεκριμένης κατασκευής. Στη Βόρεια Αφρική το *noria* βρίσκονταν πυκνά καταμεμημένο στις παράκτιες ζώνες του Μαρόκου, αλλά με λιγότερο πυκνή συγκέντρωση κατά μήκος της βόρειας άκρης της Σαχάρας από την περιοχή Tafilalet έως την Tripolitania, όμως όχι μακρύτερα προς τον Νότο. Η χρήση του εν λόγω τροχού στην Ιβηρική χερσόνησο προσαρμόστηκε ανάλογα και με την θρησκεία του Ισλάμ. Στην Ισπανία οι μεγάλοι τροχοί είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστικοί στην Ανδαλουσία όπου

χρησιμοποιήθηκαν για να αξιοποιήσουν τα μεγάλα ρεύματα του νερού κυρίως του ποταμού Γκουανταλκιβίρ και των παραπόταμων του.

Quanats

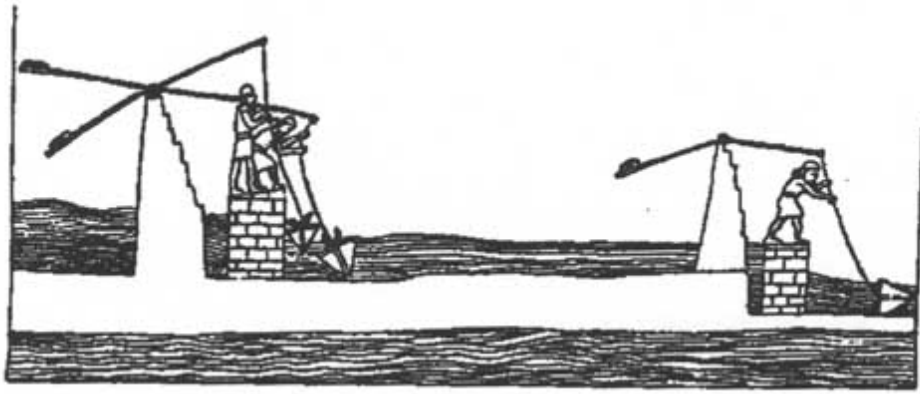
Οι υδροταμιευτικές *στοές* (quanats) της Περσίας είναι ένα άλλο σημαντικό αρδευτικό έργο της αρχαιότητας στον χώρο της Μέσης Ανατολής. Οι *στοές* αυτές ανοίγονταν μέσα στους πρόποδες βουνών και των λόφων για να συγκεντρώνουν νερό που έτρεχε υπόγεια στις πλαγιές τους. Το μήκος τους έφθανε πολλές φορές τα 20 χιλιόμετρα και οδηγούσαν το νερό που συγκέντρωναν στις αρδευόμενες περιοχές. Γύρω στις 20.000 τέτοιες υδροταμιευτικές *στοές* λειτουργούν και σήμερα ακόμη στην Περσία.

Το *quanat* ήταν ένας πολλαπλός υπόγειος αγωγός αξιοποίησης των υπόγειων νερών που δημιουργόνταν με τη κατασκευή μιας σειράς φρεατίων και τη σύνδεση τους υπόγεια και ως εκ τούτου ονομάζονταν μερικές φορές "αλυσίδα-φρεάτια". Η ιστορία του *quanat* παραλληλίζεται πολύ με αυτήν του *norja*. Χρησιμοποιήθηκε αρχικά στη Δυτική Περσία, τη Βόρεια Μεσοποταμία, και την Ανατολική Τουρκία.

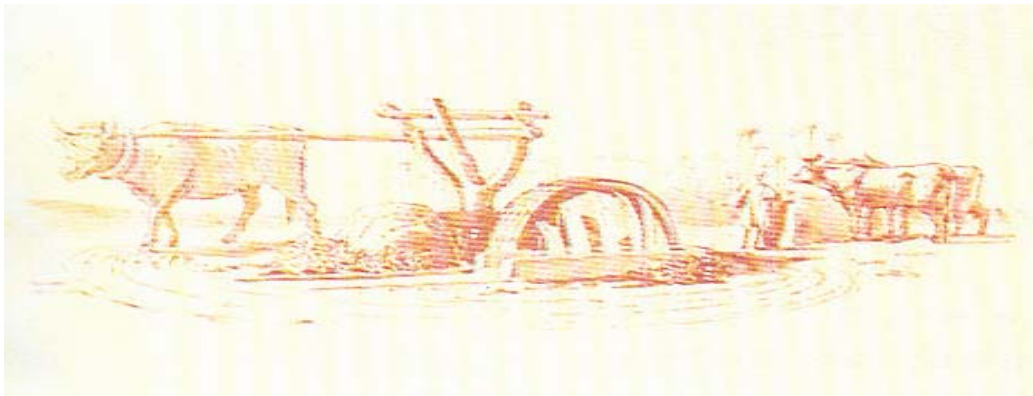
Η τεχνική για τη χρήση του απλώθηκε ευρέως πέρα από τις αυτοκρατορίες των Achaemenian και Assyrian, σύμφωνα με τα αρχαιολογικά ευρήματα και τις λογοτεχνικές αναφορές που ο Ηρόδοτος περιέγραφε. Το *quanat* είχε τα πλεονεκτήματα της μικρότερης κλίσης από τα επιφανειακά κανάλια, την μείωση της εξάτμισης αλλά και την αποφυγή της κατασκευής των ανυψωμένων κατασκευών.

Chadoufs

Ανέξοδη και απλή αυτή κατασκευή. Το *Chadouf* αποτελούνταν από ένα κάδο για άντληση του νερού και ένα αντίβαρο (λατινικό στις *ετυμολογίες* Ισίδωρου της Σεβίλλης καστιλιανικό *sigueral*) είχε μια εξαιρετικά ευρεία διάδοση, ακόμη και στις Βόρειες περιοχές (Σκανδιναβία, Πολωνία, Καναδάς) όπου τα *norias* δεν υπήρχαν. Χρησιμοποιούνταν για την άντληση του νερού κυρίως και την διοχέτευση του σε κανάλια για γεωργική χρήση.



Εικόνα 13. Chadouf, στις όχθες ποταμού Ευφράτη, Moussly, 1951



Εικόνα 14. Ζωκίνητη άντληση νερού με τροχό (νερόμυλος, Ελλάδα 500 π.Χ.)

3. Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΡΩΜΗ

Παρά το γεγονός ότι η άρδευση ήταν ευρέως γνωστή στην κλασσική Ευρώπη, δεν ήταν ουσιαστική (αποτελεσματική) στη γεωργική πρακτική. Στον κλασσικό κόσμο, "η άρδευση ήταν μάλλον ένα συμπλήρωμα της καλλιέργειας."

Προκειμένου να αξιολογηθεί ο ρόλος των Αράβων, και αργότερα των Ισπανών, στη μετάδοση των τεχνολογιών άρδευσης, οι τεχνικές πρέπει να μελετηθούν χωριστά. Στην παρούσα μελέτη, αναλύεται η μετάδοση πέντε σχετικών επιμέρους κατασκευών που συνδέονται με την άρδευση:

1) το **φράγμα** ως κατασκευή για την εκτροπή του ύδατος στα κανάλια άρδευσης.

2) το **noria**, ο Περσικός τροχός, που ήταν μια κατασκευή για το νερό.

3) το **quanat**, μια μέθοδος που αποσκοπούσε να φέρει στην επιφάνεια τα συγκεντρωμένα υπόγεια νερά.

4) το **chadouf**, για την άντληση του νερού κυρίως αλλά και για την διοχέτευση του νερού στα κανάλια.

5) το **cuniculi** κανάλι μεγάλου βάθους.

Ο Λατίνος συγγραφέας **Varro** αναφέρει για τη γεωργία, στο βιβλίο του με θέμα **Liber de agricultura**, σειρά εμπειριών από τη ζωή και την εργασία των αγροτών. Καταγράφει την ανάγκη για την αποξήρανση και περιγράφει τις τεχνικές αποξηράνσεων με ανοικτές ή κλειστές τάφρους. Δεν κάνει όμως καμία αναφορά στην κατασκευή cuniculi. Στο θέμα της άρδευσης και της αποξήρανσης ο Varro αναφέρει εν συντομία την ανάγκη στράγγισης της περίσσιας νερού. Η άρδευση δεν φαίνεται να είναι ένα σημαντικό θέμα τόσο για τον παραπάνω ιστορικό όσο και για άλλους της εποχής εκείνης.

Η "υδραυλική" προσέγγιση της άρδευσης εξαρτούνταν από την συγκεντρωτική διοίκηση που κατηύθυνε τις υδραυλικές εργασίες. Ακόμα εάν εξετάζονται από μια άλλη άποψη, τα συστήματα άρδευσης όχι μόνο στην αρχαία ανατολή αλλά στους κλασσικούς και μετακλασσικούς μεσογειακούς κόσμους, αποκαλύπτουν θεσμικά σχέδια τοπικής φύσης.

Ρυθμίσεις που υπαγορεύονταν από την ανάγκη για δίκαιη διανομή του νερού και την αποφυγή των πολεμικών συγκρούσεων είχαν διαμορφωθεί σε διάφορους πολιτισμούς. Οι Μεσογειακοί λαοί είχαν υιοθετήσει με συνέπεια ορισμένες αρχές που απεικόνιζαν την ανάγκη για συνεργασία μεταξύ των αγροτών. Αυτές οι αρχές βρίσκονται όχι μόνο στον κώδικα **Χαμουραμπί** (νόμοι Συρίας), αλλά ήταν επίσης χαρακτηριστικές του μεσαιωνικού συστήματος από τη **Βαλέντσια**.

Στην γεωργική οικονομία της Ελλάδας αλλά και της Ιταλίας η χρήση του νερού ήταν η κεντρική ιδέα της γεωργικής παραγωγής. Επί παραδείγματι οργώνοντας διαγώνια αλλά και με άλλες τεχνικές είχαν σκοπό να συγκρατήσουν το νερό των χειμερινών ως επί τω πλείστων βροχοπτώσεων με απλό και οικονομικό τρόπο.

Ο Ρωμαϊκός νόμος του νερού ήταν ένα κείμενο που βασίστηκε στην υποχρέωση καταβολής φόρων πολλών λαών εντός της αυτοκρατορίας οι οποίοι ήθελαν να ποτίζουν. Το βασικό δόγμα του, "**παρόχθιου δικαιώματος**," κατοχύρωνε το δικαίωμα του ατόμου που κατοικούσε σε περιοχές που διασχίζονται από ρεύμα, να εκτρέπει το νερό για ίδια χρήση του, εφ' όσον δεν προκαλούσε ζημία στην ευρύτερη περιοχή. Πολλές αρχές του Ρωμαϊκού νόμου νερού ήταν καταγεγραμμένες ως στοιχεία στη μεσαιωνική Βαλέντσια.

Ειδικότερα συγκεκριμένες αρχές που περιέχονταν στο νόμο Βαλέντσια, σύστημα των στροφών, είχαν ως εξής:

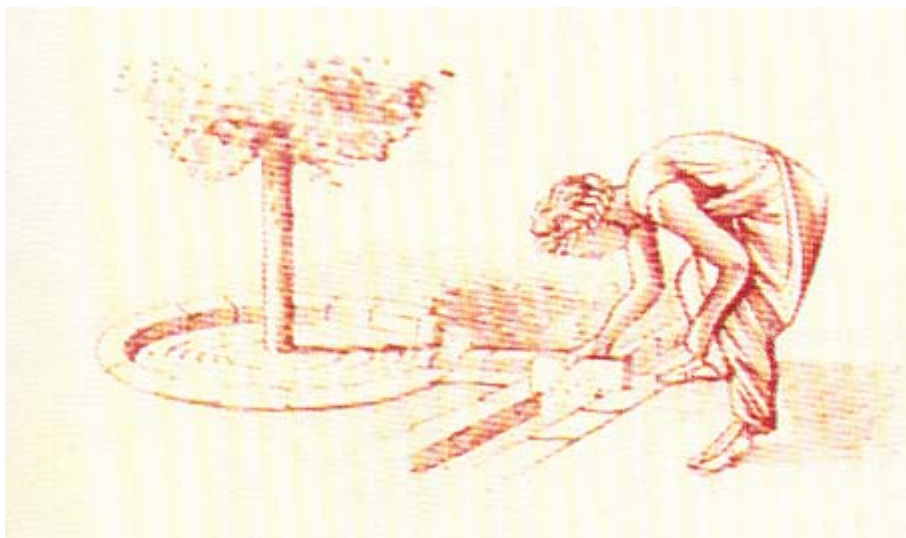
1) η αναγνώριση της αποτελεσματικότητας της άρδευσης συναρτήσει της μεταβλητότητας της θερμοκρασίας και της παροχής νερού.

2) η αρχή της προτεραιότητας στη χρήση.

3) η αρχή ότι τα δικαιώματα έπρεπε συχνά να διανεμηθούν για περιορισμένες χρονικές περιόδους προκειμένου να επιτευχθούν και η δικαιοσύνη και η αποδοτικότητα στη διανομή του περιορισμένου νερού.

Τα παραπάνω ήταν βασικά στο Ρωμαϊκό νόμο της διανομής του νερού, πράγμα που αποδεικνύεται από τις αναφορές στο δικαίωμα να χρησιμοποιείται το νερό καθημερινά, κάθε δεύτερη ημέρα, κάθε τρίτη ημέρα, και ούτω καθ'εξής. Ο νόμος αναγνώριζε ότι τα δικαιώματα θα μπορούσαν να χορηγηθούν για τις διαφορετικές ποσότητες νερού όπως εκφράζονταν στις συγκεκριμένες χρονικές μονάδες. Με τον τρόπο αυτό ήταν δυνατός ο έλεγχος των περιορισμένων υδατικών πόρων. Η βασική αρχή της κατανομής νερού μεταξύ των παραγωγών ήταν ότι κάθε αγρότης είχε το δικαίωμα στο νερό αναλογικά προς το μέγεθος της γεωργικής του εκμετάλλευσης. Είχε όμως προτεραιότητα ανάλογα με τη χρήση η οποία μπορούσε να προηγηθεί από αυτήν του μεγέθους της γεωργικής εκμετάλλευσης.

Ιστορικές λογοτεχνικές αναφορές καθώς επίσης και επιγραφές επιβεβαιώνουν ότι οι αρχές του νόμου αντιπροσώπευαν την πραγματική πρακτική των αρδεύσεων. Σε μια από αυτές περιγράφεται ο τρόπος διανομής του νερού από ποταμό κοντά στη Ρώμη «διοχετεύεται σταθερές ημέρες και σε καθορισμένες ποσότητες». "Ο Πλίνιος, στη φυσική ιστορία, περιγράφει την άρδευση των καλλιεργειών στη βόρεια Αφρική: "Υπήρχε μια πόλη κράτος αποκαλούμενου η Αφρική Tacape, στη μέση της ερήμου στη διαδρομή Syrtes και μεγάλου Leptis, το οποίο (κράτος) είχε ένα εξαιρετικά καλά-αρδευόμενο έδαφος. Ένα σύστημα μορφής ελατήριου διένειμε το νερό σε απόσταση περίπου πέρα των τριών μιλίων σε κάθε κατεύθυνση. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλιζόταν πλούσιος ανεφοδιασμός. Η διανομή του νερού μεταξύ των κατοίκων ελάμβανε χώρα μόνο στις ειδικές σταθερές περιόδους της ημέρας.



Εικόνα 15. Επιφανειακή άρδευση με κανάλι σε Ρωμαϊκό κήπο (100 μ.Χ.)

Η τελειότερη περιγραφή ενός Ρωμαϊκού συστήματος άρδευσης, που διατηρείται έως σήμερα, βρίσκεται σε μια μεγάλη επιγραφή στη **Lamasba**, στη νότιο **Numidia** (σημερινή Αλγερία). Η επιγραφή αυτή τεκμηριώνει λεπτομερώς τη διανομή του νερού, με την βοήθεια των στροφών, μεταξύ μιας ομάδας πενήντα δύο ιδιοκτητών αγροτεμαχίων που άρδευαν κατά τη διάρκεια βασιλείας του αυτοκράτορα **Elagabalus** (μ.Χ. 200-222). Η ρύθμιση των στροφών καθοριζόταν από ένα ελατήριο αποκαλούμενο **Claudiana** και έδιδε την δυνατότητα στο νερό να ρέει μεταξύ των αποίκων. Καθιερώθηκε με διάταγμα της τοπικής Συγκλήτου. Οι ίδιοι οι ιδιοκτήτες δηλαδή καθόρισαν τους κανονισμούς βάσει των οποίων εγίνετο η χρήση του νερού. Το νερό έρεε κάτω από την πηγή του σε ένα κύριο κανάλι που ονομάζονταν «**matriceriganda**». Τα αναχώματα διευθετούνταν σε σειρές, πιθανά κατά μήκος των διακλαδιζόμενων καναλιών. Μερικά από τα οποία ήταν ανώτερα και μερικά κατώτερα από τα επίπεδα του κύριου καναλιού. Το νερό διέρχονταν από την αυτοσχέδια κατασκευή – ελατήριο **Claudiana** έρεε κάτω από το κύριο κανάλι. Εντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι η στροφή αυτή έπρεπε να δοθεί σε συγκεκριμένες ημερομηνίες, παρόλο που ήταν μεταβλητές, ο κύκλος αυτός άρχιζε πάλι σε άλλο χρόνο με αποτέλεσμα ο καθένας να είχε διαθέσιμο νερό για τις δικές του ανάγκες.

Η σημασία της ημερομηνίας έναρξης των αρδεύσεων, το μήνα Σεπτέμβριο, ήταν αναμφίβολα μια κατάλληλη ημερομηνία για να ορίζεται η συνήθης αρχή για τη σπορά των χειμερινών σιτηρών. Υπήρχε περαιτέρω μια σημασία στην αρχή της στροφής και στην ανατολή. Οι Ρωμαίοι υπολόγιζαν συνήθως την ημέρα από τα μεσάνυχτα έως τα επόμενα μεσάνυχτα, στην περίπτωση όμως αυτή άλλαξαν τον τρόπο υπολογισμού και η ημέρα υπολογίζονταν από την μια ανατολή του ηλίου έως στην άλλη ανατολή. Μια αλλαγή που υπαγορεύονταν από την πρακτική των ιδιοκτητών των αγροτεμαχίων, βάση της οποίας πότιζαν από " ήλιο σε ήλιο".

Σε κάθε ιδιοκτήτη καταχωρούνταν το δικαίωμα μιας συγκεκριμένης ποσότητας νερού. Αυτό είχε νόημα επειδή το νερό

χορηγούνταν αναλογικά προς το ποσό εδάφους που ποτιζόνταν όμως η αναλογία των ωρών ήταν σταθερή. Το **Mattius Fortis** είχε έναν τομέα 308 μονάδων, και ελάμβανε το νερό από την αυγή, ("πρώην prima hora") στις 24 Σεπτεμβρίου ("diei VII Kal Οκτώβριος.") μέχρι την πέμπτη ώρα και ένα δεύτερο της ίδιας μέρας ("semis, to diei horam : δηλαδή για το μερίδιό του, "υπέρ sua parte," τέσσερις και μισή ώρες.

Το **Flavius Adiutor**, παλαιότερο, που ήταν επόμενο στην εντολή, είχε 350 μονάδες. Αυτό ήταν 42 περισσότερες μονάδες σε σχέση με Mattius Fortis με χρονική διάρκεια λήψης νερού πέντε ώρες, από την στιγμή τέλους της στροφής Mattius την πέμπτη ώρα και ένα μισό μέχρι τη δέκατη ώρα και μισή. Η στροφή συνεχίζονταν μέχρι το μήνα Δεκέμβριο. Κατά τη διάρκεια του συγκεκριμένου χρόνου μόνο τέσσερα ονόματα επαναλαμβάνονταν, αλλά πιθανώς σε σχέση με τους διαφορετικούς κλήρους.

Κάθε ανάχωμα - λεκάνη ελάμβανε νερό προφανώς μόνο του ποτιζόμενο κατά τη διάρκεια της εποχής του φθινοπώρου (αν και οι περισσότεροι είχαν λάβει την αναλογούσα ποσότητα νερού μετά από την σπορά).

Τα πολλά προβλήματα ερμηνείας αυτής της συναρπαστικής επιγραφής, καθιστούν σαφές ότι οι κοινότητες των ιδιοκτητών αγροτεμαχίων (Heitland "νερό-ποτίζει" του *aqua Claudiana*). Ρύθμιζαν την επιβολή ενός συστήματος των στροφών που ήταν πιθανώς ένας μέτριος ανεφοδιασμός (παροχή) του νερού σε μια εντατικά καλλιεργούμενη περιοχή.

Τα περισσότερα από τα βασικά στοιχεία άρδευσης του νόμου της Βαλέντιας ήταν καταγεγραμμένα στους Ρωμαϊκούς νόμους αλλά και εφαρμόζονταν στην γεωργική πρακτική. Τα σημαντικότερα στοιχεία του προέρχονταν από τη βόρεια Αφρική, και οποιαδήποτε θεσμική συνοχή μεταξύ της ρωμαϊκής και μεσαιωνικής Ισπανίας θα ήταν μια υπόθεση για παραπέρα διερεύνηση.

Ένα κανάλι που έρεε από έναν ποταμό, κοντά στη γέφυρα που αποκαλούνταν **Kantarat Ashkbo**, άρδευε τα εδάφη στο νότιο τμήμα της αρχαίας Ρώμης. Επιπλέον από αρχαιολογικά ευρήματα φαίνεται ότι είχαν διανοίξει μια άλλη σήραγγα πέρα από το βουνό που συναντούσε το προηγούμενο κανάλι, σε μια απόσταση περίπου δύο μιλίων, για τη μεταφορά του νερού. Με την βοήθεια αυτού του έργου ποτιζόνταν τα εδάφη στο βόρειο τμήμα. Και τα δύο υπόγεια κανάλια

(*jadwalain*) ήταν εξοπλισμένα με φρεάτια αέρα (*manbfis*), τα οποία επικοινωνούσαν με το λόφο του βουνού, και με τα αναχώματα (*manbhid*) που διέκοπταν την κατεύθυνση ροής του ποταμού. Αν και οι Ρωμαίοι θεωρούνταν ικανότατοι οικοδόμοι και κατασκευαστές υδραγωγείων του αρχαίου κόσμου, οι τεχνικές άρδευσης *quanats* είχαν βρει εφαρμογή στην αρχαία Περσία, την Ινδία, την Αίγυπτο, και άλλες ανατολικές χώρες νωρίτερα από ότι στη Ρώμη.

Η περιγραφή ενός συστήματος *quanat*, που έχει εξαφανιστεί από τότε, είναι επεξηγηματική της συνοχής - σύνδεσης Αραβικής και Ρωμαϊκής άρδευσης. Αποτελεί τη βάση στην οποία στηρίχτηκαν και επεκτάθηκαν τα περισσότερα γεωργικά εδάφη της Μεσογείου.

Το *quanat* βοήθησε επίσης στη χρήση των υδραγωγείων και συνδέθηκε με την ανάπτυξή τους. Προτιμούσαν συχνά *quanats* – φρεάτια και αντικαθιστούσαν τις μεγάλες και δαπανηρές ανυψωτικές κατασκευές για υπόγεια νερά που προέρχονταν από πηγή. Ένα τέτοιο σύστημα κατασκευάστηκε κοντά στην Τυνησία στην πεδιάδα του Λα Σούκρα. Τα υπόγεια μέρη των υδραγωγείων είχαν συχνά φρεάτια αναπνοής - χαρακτηριστικά των *quanats*. Τα Ρωμαϊκά υδραγωγεία στην Τυνησία και στη Λυών της Γαλλίας είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα τα οποία διατηρούνται στις μέρες μας.

Στη σύγχρονη εφαρμοσμένη μηχανική "το **Segovia υδραγωγείο**" αναφέρεται ως ένα σύστημα των σωλήνων, τάφρων, καναλιών, σηράγγων, και ενισχυτικών δομών που χρησιμοποιούνταν για να μεταφέρουν το νερό από την πηγή του στο κύριο σημείο διανομής του (κύρια υδροληψία).

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούσαν σήραγγες που διανοίγονταν στις βουνοπλαγιές και μετέφεραν το νερό για άρδευση στις χαμηλότερες υψομετρικά πεδιάδες. Χρονολογικά κοντά περίπου το 691 π.Χ. στην κλασική Ρωμαϊκή εποχή χτίστηκε υδραγωγείο ασβεστόλιθων για να μεταφέρει το γλυκό νερό στην πόλη *Nineveh*. Περίπου 2.000.000 μεγάλα αναχώματα χρησιμοποιήθηκαν για να διοχετευθεί 30 πόδια (περίπου 10 μέτρα) υψηλά και σε μήκος 900 πόδια.

Το επιμελημένο αυτό σύστημα που εξυπηρετούσε τη Ρωμαϊκή αυτοκρατορία, παραμένει και σήμερα ένα σημαντικό επίτευγμα της

εφαρμοσμένης μηχανικής. Για μία περίοδο 500 ετών - από το 312 π.Χ. χτίστηκαν υδραγωγεία για να μεταφέρουν το νερό στη Ρώμη από μια απόσταση 92 χιλιομέτρων. Μερικά από αυτά τα υδραγωγεία είναι ακόμα και σήμερα σε χρήση.

Το νερό έρεε στην πόλη με τη δύναμη της βαρύτητας μόνο και περνούσε από μια σειρά δεξαμενών διανομής μέσα στην πόλη.

3. ΑΡΧΑΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

Η ιστορική ανασκόπηση της εφεύρεσης των φραγμάτων εκτροπής ήταν δύσκολη. Πιθανότατα ήταν μια περίπτωση ανεξάρτητης εφεύρεσης αλλά και ομόλογης ανάπτυξης στις διάφορες περιοχές του αρχαίου κόσμου. Ο **Henri Goblot** εντούτοις διαπιστώνει μια συγκεκριμένη ιρανική επιρροή σε αυτήν την υδραυλική κατασκευή. Την γνώμη αυτή συμμερίζονται και άλλοι ερευνητές, οι οποίοι τα χρονολογούν κατά την εποχή των Ασσουμέριων.

Η διάκριση φραγμάτων, στην ιστορική τους εξέλιξη, αναφέρεται στα φράγματα αποθήκευσης, σχετικά μιας πρόσφατης εφεύρεσης, και στα φράγματα εκτροπής, τα οποία έχουν μια μακρόχρονη ιστορία στην αρχαιότητα.

Το αρχαιότερο ιστορικά διαπιστωμένο φράγμα πιστεύεται ότι δημιουργήθηκε στον ποταμό Νείλο στο Κοσείς, όπου κατασκευάστηκε γύρω στο 2900 π.Χ. λιθόδητο έργο ύψους 15 μέτρων για την υδροδότηση της πρωτεύουσας τού βασιλιά *Μήνη* στην Μέμφιδα. Υπάρχουν ιστορικά στοιχεία που επιβεβαιώνουν την ύπαρξη ενός επενδεδυμένου με λιθοδομή γαιοφράγματος που κατασκευάστηκε περί το 2700 π.Χ. στο Σαντ-ελ-Καφάρα, 30 χιλιόμετρα νοτίως τού Καΐρου. Το φράγμα αυτό καταστράφηκε λίγο μετά την αποπεράτωσή του, λόγω τής έλλειψης υπερχειλιστήρα υπερκαλύφθηκε από υπερχειλίζοντα νερά. Το αρχαιότερο εν χρήσει σήμερα φράγμα είναι ένα έργο ύψους περίπου 6 μέτρων επί του ποταμού Ορόντη στην Συρία, που κατασκευάστηκε περί το 1300 π.Χ. Στην Αίγυπτο

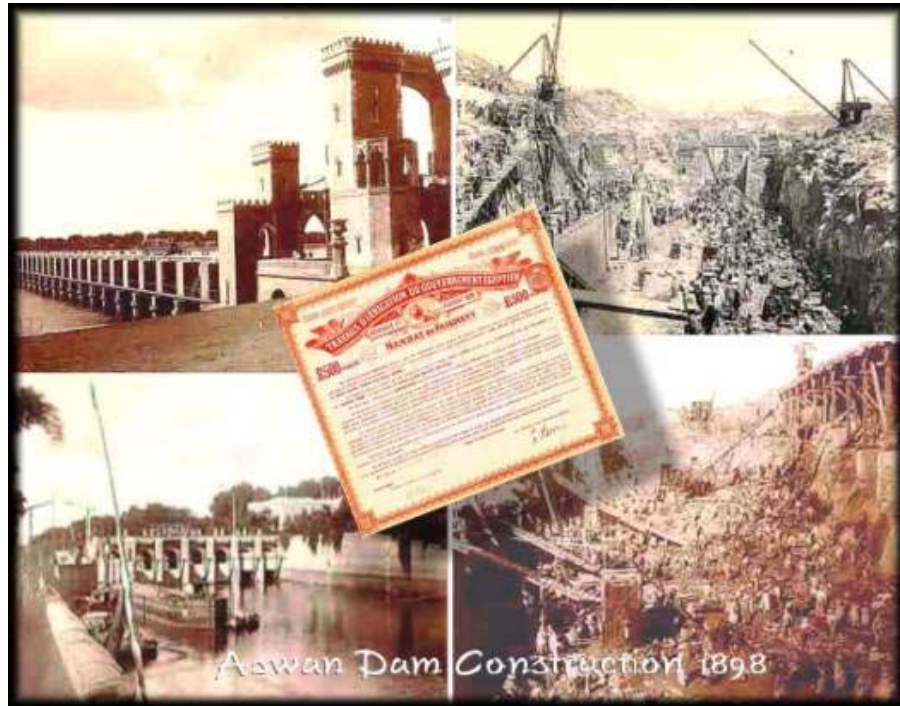
κατασκευάστηκε το αρχαιότερο φράγμα του κόσμου, μήκους 107 m και ύψους 12m, το οποίο αποθήκευε νερό για άρδευση των καλλιεργειών και ύδρευση των κατοίκων.



Εικόνα 16. φράγμα στην Αρχαία Μεσοποταμία (σημερινό Ιράκ)

Στη Μέση Ανατολή κατασκευάστηκαν τα πρώτα φράγματα αποθήκευσης. Το παλαιότερο απ' αυτά βρίσκεται στην Ανατολική Αιγυπτιακή έρημο, ενώ το φράγμα του Ορόντη που σχημάτισε τη λίμνη Χομς στη Συρία εξακολουθεί να τροφοδοτεί τις αρδευτικές διώρυγες της περιοχής.

Οι Ασσύριοι, οι Βαβυλώνιοι και οι Πέρσες κατασκεύασαν φράγματα μεταξύ του 700 και του 250 π.Χ., για ύδρευση και άρδευση. Παράλληλα με τα ανωτέρω υπήρξε το γαιόφραγμα Μααρίμπ στην Σαουδική Αραβία, ύψους 14 μέτρων και μήκους περίπου 600 μέτρων. Το φράγμα αυτό διέθετε πλευρικούς υπερχειλιστήρες, όπου διοχετευόταν το νερό σε ένα σύστημα αρδευτικών διωρύγων για περισσότερα από 1.000 χρόνια. Άλλα φράγματα κατασκευάστηκαν την περίοδο αυτή στην Κεϋλάνη (σημερινή Σρι Λάνκα) , την Ινδία και την Κίνα.



Εικόνα 17. Στάδια κατασκευής φράγματος Ασσουάν στην Αίγυπτο.

Οι Ρωμαίοι παρά την αναμφισβήτητη επιδεξιότητα τους σε τεχνικά έργα, ιδιαίτερα στον τομέα της ύδρευσης, δεν έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των φραγμάτων ούτε ως προς το μήκος ούτε ως προς το ύψος τους. Η δεξιότητα τους συνίστατο στην ολοκληρωμένη συλλογή και αποθήκευση τού νερού, όπως και στην μεταφορά και διανομή του μέσω υδραγωγείων. Αξιοσημείωτο είναι ότι τουλάχιστον δύο Ρωμαϊκά φράγματα στην νοτιοδυτική Ισπανία, τα **Προζερπίνα** και **Κορνάλμπο**, εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται έως σήμερα, ενώ ένα τρίτο φράγμα, το Φράγμα **Αλκανταρίλα**, κατέρρευσε. Επίσης οι ταμειυτήρες άλλων Ρωμαϊκών φραγμάτων καλύφθηκαν από φερτά υλικά.

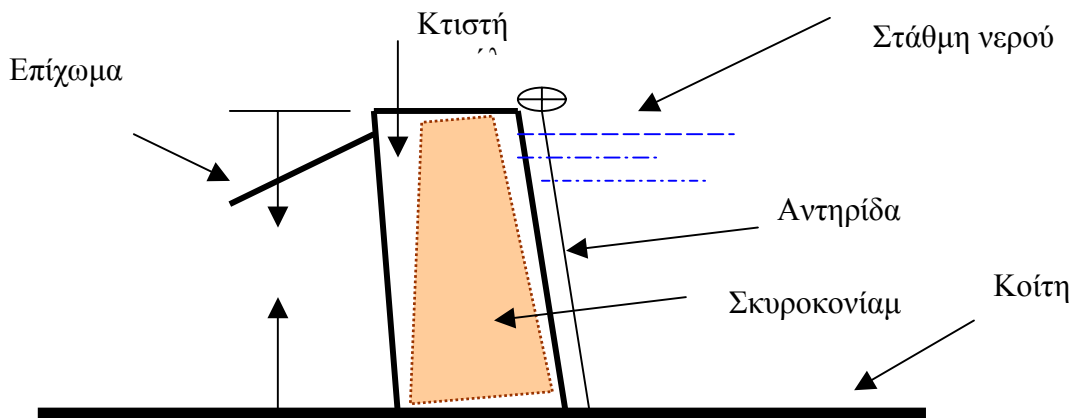


Εικόνα 18. Φράγμα στην Αρχαία Ρώμη

Το φράγμα *Προζερπίνα*, ύψους 12 μέτρων, συνίσταται από τοίχο σκυροκονιάματος επενδεδυμένου με λιθοδομή και υποστηριζόμενου από επίχωμα, μπορεί να θεωρηθεί πρόδρομος τού συγχρόνου γαιοφράγματος. Το Φράγμα Προζερπίνα ενισχύεται στην προς τα ανάντη πλευρά του μέσω αντηρίδων. Ανάλογης κατασκευής, με ύψος 14 μέτρα και μήκος 550 μέτρα, το Φράγμα *Αλκανταρίλα* στηρίζονταν από μεγάλη μάζα επιχωματώσεων, τα οποία τελικά προκάλεσαν την κατάρρευση του.

Το *Κορνάλμπο* αντιπροσώπευε περαιτέρω σχεδιαστική πρόοδο. Ο λιθόδημητος τοίχος ήταν κατασκευασμένος από αναχώματα, τα οποία γεμίζονταν με λίθους ή άργιλο, και επενδύονταν με κονίαμα. Το Κορνάλμπο διαφέρει από τα Προζερπίνα και Αλκανταρίλα καθώς η προς τα ανάντη πλευρά του ήταν επικλινή και η κάτοψη του ευθύγραμμη, ενώ τα Προζερπίνα και Αλκανταρίλα είχαν πολυγωνική κάτοψη. Προφανώς, τα πλεονεκτήματα τού κυρτού κατά τα ανάντη φράγματος δεν είχαν γίνει πλήρως κατανοητά από τους Ρωμαίους. Μέχρι που ένα τέτοιο κυρτό έργο, πρόδρομος τού συγχρόνου τοξωτού φράγματος βαρύτητας, κατασκευάστηκε το 550 μ.Χ. στην Ντάρα (σημερινά Τουρκοσυριακά σύνορα) από Βυζαντινούς

μηχανικούς.

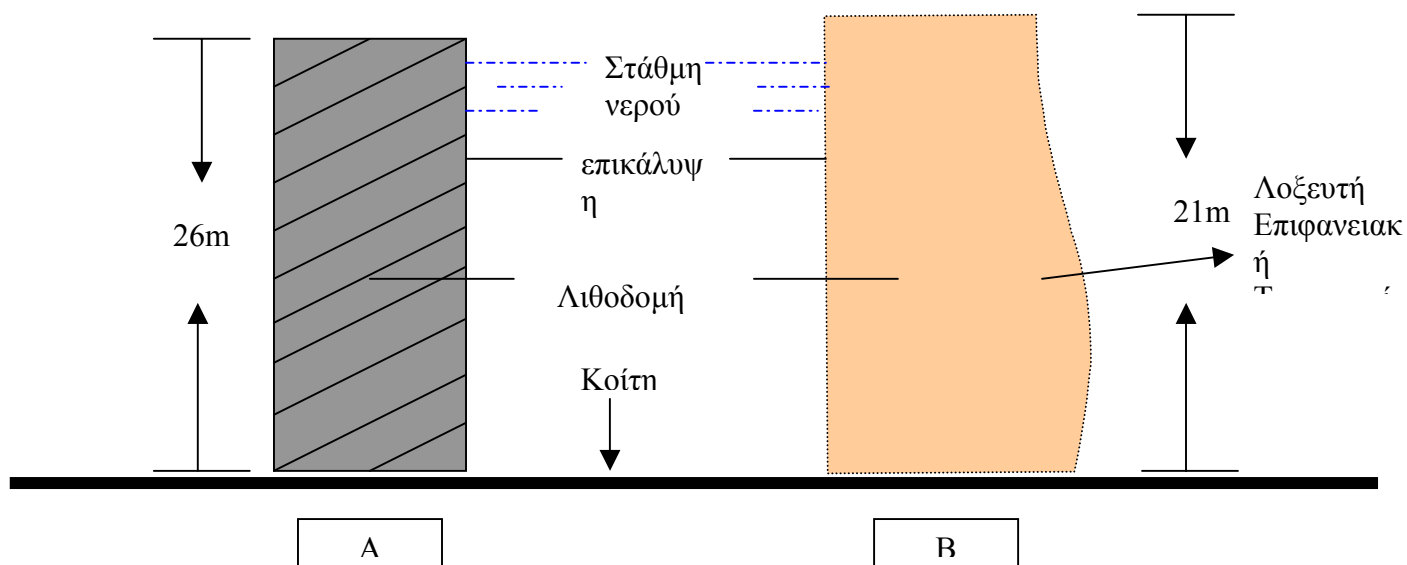


Σχήμα 1. Τομή Αρχαίου φράγματος Προζερπίνα

Η κατασκευή φραγμάτων εξελίχθηκε εντελώς ανεξάρτητα στον Ανατολικό κόσμο. Το 240 π.Χ., λιθόδητο φράγμα κατασκευάστηκε κατά πλάτος τού ποταμού Γκούκου στην Κίνα. Το έργο αυτό είχε ύψος 30 μέτρα και μήκος περίπου 300 μέτρα. Πολλά γαιοφράγματα μετρίου ύψους (σε ορισμένες περιπτώσεις μεγάλου μήκους) κατασκευάστηκαν από τους Σιναλέζους στην *Κεϋλάνη* μετά τον 5 αιώνα π.Χ. προκειμένου να σχηματίσουν ταμειυτήρες ή λιμνοδεξαμενές για εκτεταμένα αρδευτικά έργα. Η Δεξαμενή Καλαμπαλάλα χτισμένη από γαιοφράγμα (χωμάτινο φράγμα) ύψους 24 μέτρων και μήκος περίπου έξι χιλιομέτρων) είχε περίμετρο 60 χιλιομέτρων και συνέβαλλε στην αποθήκευση βροχοπτώσεων για την άρδευση της παλιάς πρωτεύουσας Ανουρανχτ της ευρύτερης περιοχής.

Πολλές από αυτές τις δεξαμενές στην Κεϋλάνη εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται και σήμερα.

Στην *Ιαπωνία*, το Φράγμα Ντιαμ ανεγέρθηκε σε ύψος 32 μέτρα το 1128 μ.Χ. Πολυάριθμα φράγμα κατασκευάστηκαν επίσης στην *Ινδία* και στο *Πακιστάν*. Στην *Ινδία* αναπτύχθηκε σύστημα επένδυσης των επικλινών γαιοφραγμάτων με πελεκημένες πέτρες, αποκορύφωμα τού οποίου αποτέλεσε το μήκους 16 χιλιομέτρων Φράγμα Βεερανάμ, στο Τάμιλ Νάν που κατασκευάστηκε μεταξύ 1011 έως 1037 μ.Χ.



Σχήματα 2, 3 :

A τομή Αρχαίου φράγματος Κεμπάρ του Ιράν

B τομή Αρχαίου φράγματος Αλμάνσα της Ισπανίας

Στο Ιράν, το πρωτοποριακό τοξωτό φράγμα Κεμπάρ κτίστηκε στις αρχές του 14^{ου} αιώνα. Γεφύρωνε στενά τον ασβεστολιθικό αυχένα και έφθανε το ύψος 26 μέτρων με πάχος μικρότερο των πέντε μέτρων. Το κεντρικό κυρτό άνοιγμα, με μήκος και ακτίνα καμπυλότητας 38 μέτρα, στηριζόταν επί δύο ευθειών γραμμών αντρεισμάτων. Μερικά από τα πιο γνωστά αρχαία φράγματα στο Ιράν, είναι εκείνα που χτίστηκαν πριν από 1700 χρόνια κατά τον βασιλεία του Sharug καθώς επίσης και το φράγμα Εμιρών που κατασκευάστηκε από τη δυναστεία Buyids και είναι 1000 ετών. Το τελευταίο φράγμα εξυπηρετούσε τρεις σκοπούς: την άρδευση, την χρησιμότητα ως γέφυρα και μύλου. Κατά τα έτη 1501-1736 π.Χ. έγιναν σημαντικά επιτεύγματα καθώς κατασκευάστηκαν γέφυρες εκτροπής μερικές εκ των οποίων υπάρχουν ακόμα και σήμερα. Επιπρόσθετα έχει ανακαλυφθεί το φράγμα Bahman στην επαρχία Fars το οποίο υπολογίζεται ότι είναι 2000 ετών.

Ιρανοί επιστήμονες μελέτησαν στα αρχαία αυτά φράγματα. Ειδικότερα:

α. την επιλογή των περιοχών

- β. το σχέδιο
- γ. τις τεχνικές απαιτήσεις
- δ. την τοπογραφία
- ε. τις πιθανές παρεκτροπές των ποταμών
- ζ. τα δομικά υλικά.

Αποδείχτηκε ότι σχεδόν όλα ήταν τεκτονικού τύπου.

Αξιοσημείωτο είναι ότι διάφορες μελέτες δείχνουν ότι όλα τα κριτήρια σχεδιασμού, που εξετάστηκαν στο πρόσφατο σχέδιο των φραγμάτων βαρύτητας, έλαβαν υπόψη τους το σχέδιο των ιρανικών αρχαίων φραγμάτων. Τα φράγματα *saveh* και *sheshtaraz* που είναι ηλικίας πάνω από 700 και 900 ετών αντίστοιχα, είναι παραδείγματα αυτού του τύπου.

Ένα από τα εντυπωσιακότερα φράγματα των αρχαίων χρόνων βρίσκεται κοντά στο Marib, το αρχαίο κεφάλαιο Sabaeen της Υεμένης, χτίστηκε στο 600 π.Χ. Είναι 500 μέτρα μήκος και χτίστηκε με προσεκτική αρχιτεκτονική, που ενισχύεται από κατασκευές συγκράτησης χαλκού. Το φράγμα δεν προορίζονταν για δεξαμενή, αλλά ήταν για να συγκρατεί μερικά από τα ετήσια νερά των πλημμύρων που έρχονταν κάτω από την κοιλάδα αλλά και για να εκτρέπει μέρος της ποσότητας τους σε ένα σύστημα καναλιών. Το ίδιο είδος του συστήματος φραγμάτων εκτροπής εξελίχθηκε ανεξάρτητα στον πολιτισμό Hohokam της Αριζόνα.

Γ. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ ΑΡΧΑΙΑΣ ΜΕΣΟΠΟΤΑΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΙΓΥΠΤΟΥ

Γενικά μπορεί να διακρίνει κανείς δύο βασικές φιλοσοφίες - μεθοδολογίες άρδευσης. Μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην Αιγύπτο και μεθοδολογία της Μεσοποταμίας που τελικά επεκράτησε και εξελίχθηκε.



Εικόνα 19. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι μεταφέρουν το νερό από το Νείλο.

Η μεθοδολογία στην *Αίγυπτο* ήταν στην ουσία μια γενικευμένη κατάκλυση του εδάφους με νερό επί 3 έως 5 βδομάδες μια φορά τον χρόνο που την ακολουθούσε μια περίοδος στράγγισης και στη συνέχεια γίνονταν η σπορά των καλλιεργούμενων φυτών. Εξασφάλιζε τον κορεσμό της εδαφικής μάζας με νερό, την έκπλυση των αλάτων από το έδαφος και συνήθως επέτρεπε την ανάπτυξη μιας μόνο καλλιέργειας τον χρόνο.

Η μεθοδολογία της *Μεσοποταμίας* ήταν μια περιοδική προσθήκη νερού σε σχετικά μικρές ποσότητες ολόκληρο το έτος, αν

υπήρχαν διαθέσιμο νερό και ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες. Έτσι επιτρεπόταν η καλλιέργεια δύο ή τριών ειδών φυτών τον χρόνο στο ίδιο κομμάτι γης, γι' αυτό και η μέθοδος αυτή της Μεσοποταμίας επικράτησε. Δεν ήταν όμως αναγκαστικά συσχετισμένη με τη στράγγιση, με αποτέλεσμα να οδηγεί συχνά στη μείωση της παραγωγικότητας των εδαφών, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην παρακμή των ίδιων εκείνων πολιτισμών που είχαν αναπτυχθεί με τη βοήθειά της.

Αν και η πεδιάδα της Μεσοποταμίας ήταν πολύ επίπεδη, η στάθμη του Ευφράτη ήταν υψηλότερη στην πραγματικότητα από αυτή του Τίγρη. Οι μηχανικοί αξιοποίησαν αυτήν την κλίση μόλις τα σχέδια άρδευσης έγιναν αρκετά μεγάλα, χρησιμοποιώντας το νερό του Ευφράτη για ανεφοδιασμό, και το κανάλι του Τίγρη για αγωγό.

Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι οι πρώτοι κήποι εμφανίστηκαν στις περιοχές αυτές. Είναι γνωστοί οι κήποι στο Καρνάκ της Αιγύπτου, καθώς και οι κήποι που κοσμούσαν τους Ναούς του θεού Ήλιου. Κήπους επίσης δημιούργησαν οι Αιγύπτιοι και κατά μήκος των καναλιών του Νείλου με παραγωγικό αλλά και διακοσμητικό χαρακτήρα. Γνωστοί ήταν και οι κήποι της Μεσοποταμίας, καθώς και οι Περσικοί "παράδεισοι". Αποκορύφωμα των κήπων αυτών αποτελούν οι **Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας**, οι οποίοι δημιουργήθηκαν από το **Ναβουχοδονόσορα τον Β'** (605 π.Χ.) και αποτελούνταν από πολλές αναβαθμίδες, που καθεμιά είχε τη μορφή τεράστιας ζαρντινιέρας.

Η άρδευση ήταν μια σημαντική δραστηριότητα για τη γεωργία στη Μεσοποταμία για 6000 και πλέον έτη. Οι εδαφοκλιματικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής ήταν πολύ διαφορετικές από εκείνες της Αιγύπτου. Η Μεσοποταμία είχε μέτριες βροχοπτώσεις και το επιφανειακό νερό προερχόταν από τους δύο σημαντικούς ποταμούς, τον Τίγρη και τον Ευφράτη. Τα ποτάμια αυτά αν και ήταν πολύ μικρότερα από το Νείλο, είχαν τις πιο καταστροφικές πλημμύρες την περίοδο της Άνοιξης στις ορεινές περιοχές της Ανατολίας, και μετέφεραν περισσότερα φερτά υλικά. Επιπλέον, οι πεδιάδες της Μεσοποταμίας ήταν πολύ επίπεδες, και κακώς αποστραγγιζόμενες. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η περιοχή παρουσιάζει πάντα τα έμμονα προβλήματα με το φτωχό (άγονο)

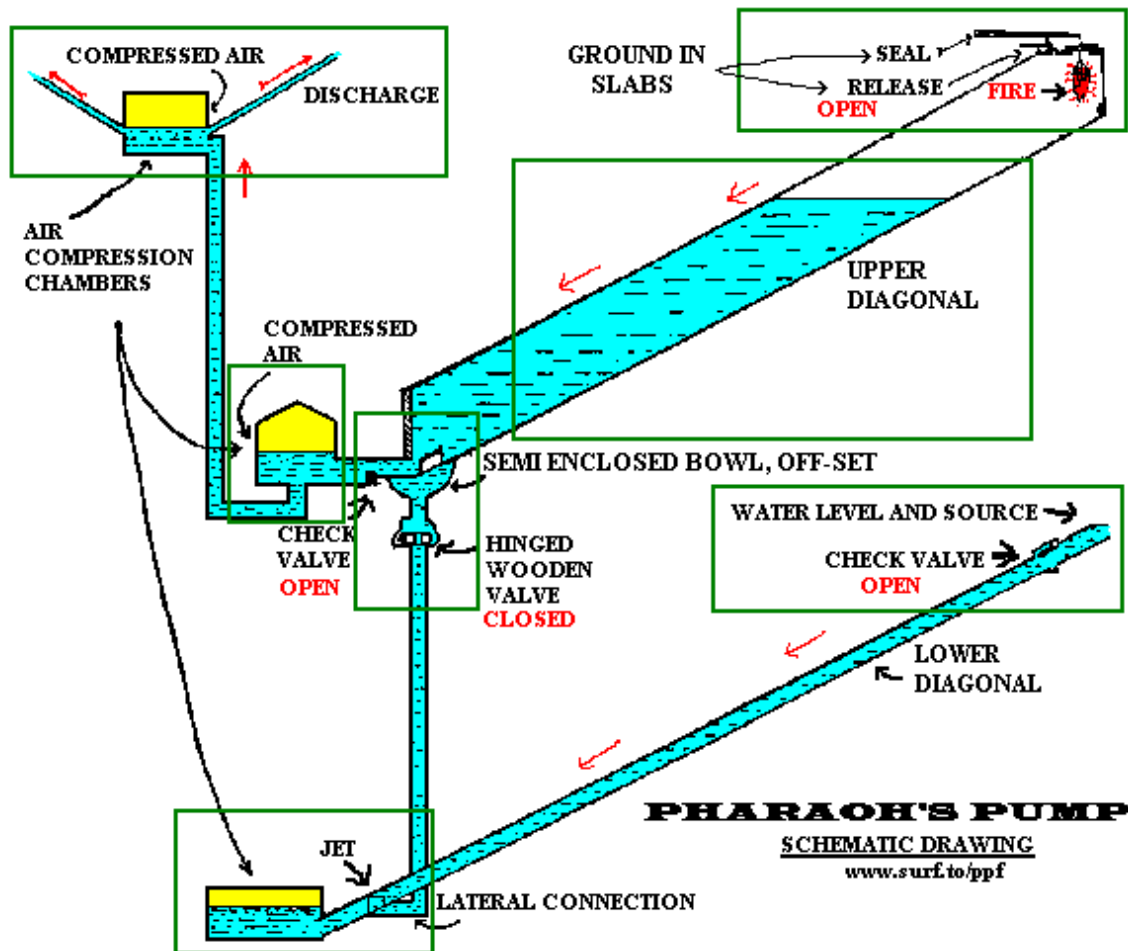
χώμα, την ξηρασία, την καταστροφική πλημμύρα, το φράξιμο των εδαφικών πόρων και την εδαφική αλατότητα.

Στον Ευφράτη ποταμό το νερό έφθανε στην υψηλότερη στάθμη του στο τέλος Μαρτίου αρχές Μάιου, ενώ εκείνη του Τίγρη μερικές εβδομάδες νωρίτερα. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις οι αποδόσεις των καλλιεργειών αυξάνονταν. Η υπερχειλίση των ποταμών μπορούσε να αξιοποιηθεί μόνο στη γεωργία, με την προϋπόθεση οι οριοθετημένοι τομείς (εκτάσεις) προστατεύονταν από ένα σύστημα φραγμάτων, αναχωμάτων των καναλιών.

Αυτό αντιπαραβάλλεται με τον ρόλο του Νείλου στην Αίγυπτο. Η υψηλή στάθμη του Νείλου ήταν αποτέλεσμα του θερινού μουσώνα στην κεντρική Αφρική. Η υψηλότερη στάθμη του νερού ελάμβανε χώρα κατά τους μήνες Σεπτέμβριο-Οκτώβριο. Ο Νείλος υδρολίπαινε το έδαφος το φθινόπωρο και οι αποδόσεις μπορούσαν να αυξηθούν νωρίς την άνοιξη με την προϋπόθεση ότι δεν εμφανίζονταν καμία υπερχειλίση του. Ο Νείλος είχε μια πιο σταθερή - στρωτή ροή σε σχέση με τους άλλους ποταμούς και μετέφερε τα διαλυτά άλατα και το ασβέστιο στην θάλασσα αν δεν αξιοποιούνταν για γεωργική χρήση. Σε αντίθεση με τον Ευφράτη που οδηγούσε συχνά στην εναλάτωση των εδαφών. Μέσω ενός συστήματος αναχωμάτων, αλλά και με την βοήθεια φραγμάτων και καναλιών η πώση του νερού στην ορεινή περιοχή του Βορρά είχε σαν αποτέλεσμα την αξιοποίηση του και στο Νότο. Αυτό απαιτήσε ένα υψηλό επίπεδο οργάνωσης της κοινωνίας και των συλλογικών προσπαθειών για την κατασκευή, τη συντήρηση, την επίβλεψη και τις ρυθμίσεις του δικτύου άρδευσης. Έτσι συγχρόνως με την μερική αλλαγή της ροής ποταμών, υποκινείται σε όλη τη Μεσοποτάμια η ίδρυση και η χωροθέτηση των νέων πόλεων. Η γνώση μας για την ιστορία των δικτύων άρδευσης περιορίζεται λόγω της δυσκολίας προσδιορισμού των περισσότερων εγκαταστάσεων παροχής ύδατος.

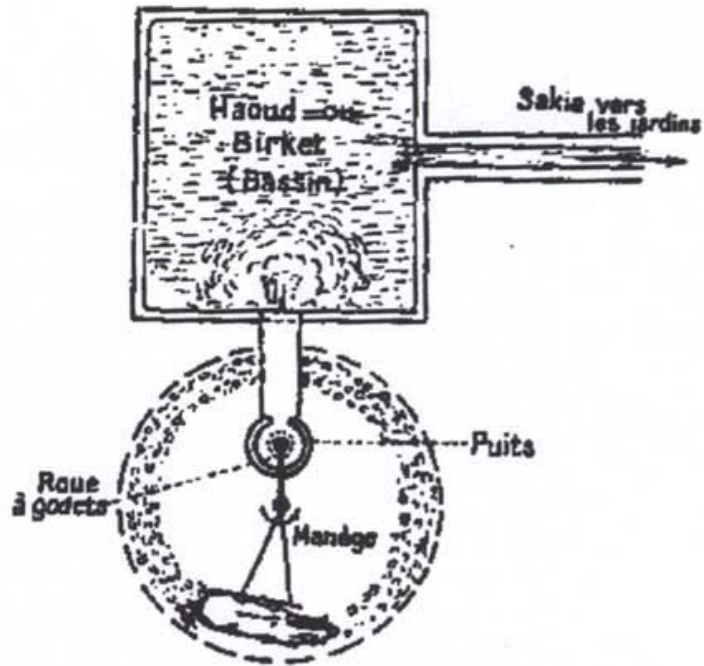
Οι Μεσοποτάμιοι μηχανικοί έπρεπε να προβληματισθούν για τον έλεγχο αποθήκευσης, διαχείρισης πλημμύρων καθώς επίσης και την χρήση του νερού στη γεωργία. Επίσης τα φαινόμενα ευτροφισμού που δημιουργούνταν σε σύντομο χρονικό διάστημα στα κανάλια απειλούσαν με καταστροφή όλη την υδρόβια ζωή. Αυτό θα μπορούσε να αντιμετωπισθεί με μια σταθερή εκβάθυνση αλλά και οξυγόνωση του νερού εφ' όσον η οργάνωση και το εργατικό δυναμικό ήταν

διαθέσιμα. Το πρόβλημα της αποστράγγισης ήταν πιο δύσκολο αντιμετώπισιμο και δεν μπορούσε να υπερνικηθεί από την διαθέσιμη εφαρμοσμένη μηχανική της εποχής. Ήταν δύσκολο να στραγγιστεί το νερό από τους ταμειυτήρες, και υπήρχε πάντα τάση εναλάτωσης των εδαφών.



Εικόνα 20. Διάγραμμα ροής νερού με την βοήθεια αντλίας των Φαραώ.

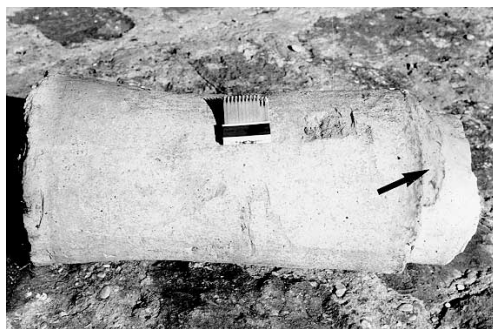
Σε οποιοδήποτε σύστημα άρδευσης, οι αγρότες ήταν οι τελικοί αποδέκτες ανεπαρκούς ή μολυσμένου νερού σε ένα ξηρό έτος. Στη Sumeria, η πόλη Lagash βρίσκονταν κτισμένη μακριά από τα συστήματα των καναλιών που είχαν δημιουργηθεί λόγω του Ευφράτη ποταμού. Προφανώς ο **Entemanna Lagash** αποφάσισε ότι η δημιουργία ενός καναλιού θα αξιοποιούσε το νερό και του Τίγρη, η υποβαθμισμένη όμως ποιότητα του οδήγησε στη γρήγορη εναλάτωση του εδάφους.



Εικόνα 21. Μηχάνημα άντλησης και διανομής νερού, Moussly, 1951.

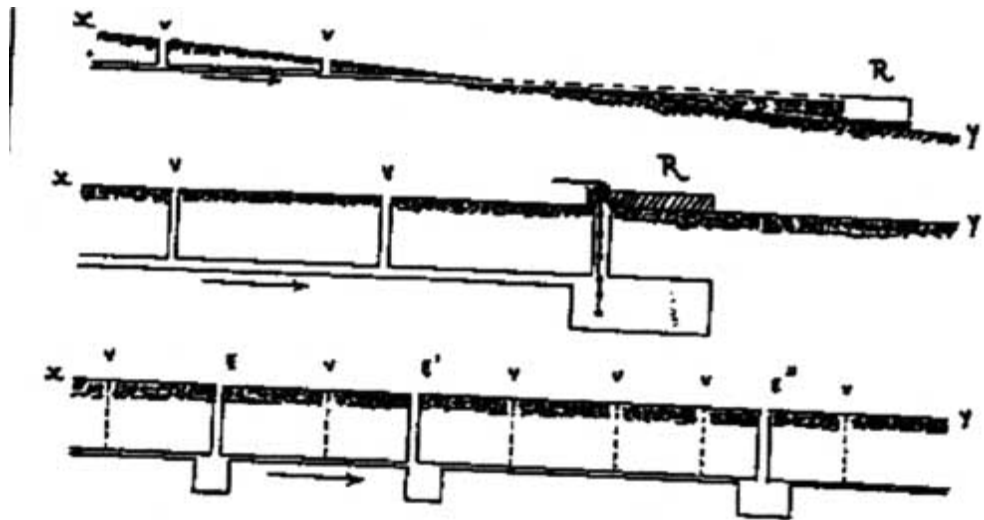
Στη Νότια Μεσοποταμία και στην περιοχή του ποταμού **Ντιγιάλα**, όπου οι Σουμέριοι εφάρμοζαν τις αρδεύσεις σε εκτεταμένη κλίμακα, η μείωση της παραγωγικότητας των εδαφών λόγω εναλάτωσης άρχισε να γίνεται αισθητή από το 2400 π.Χ. Η μείωση αυτή συνεχίστηκε επί αιώνες για να οδηγήσει τελικά γύρω στο 1700 στην ουσιαστική εγκατάλειψη των περιοχών αυτών. Σε επιγραμμένες πλάκες της περιόδου αυτής, που βρέθηκαν στην περιοχή της Λαγκάς, περιέχονται εξαιρετικά παραστατικές περιγραφές των αλατούχων εδαφών, αλλά και στοιχεία που αποδεικνύουν τη βαθμιαία μείωση της απόδοσης των καλλιεργούμενων φυτών. Η υποβάθμιση αυτή των εδαφών θεωρείται ως η βασική αιτία της κατάλυσης της αυτοκρατορίας των Σουμερίων, που ακολουθήθηκε από τη μετατόπιση της γεωργικής, πολιτιστικής και πολιτικής δραστηριότητας στην Κεντρική Μεσοποταμία, στη Βαβυλωνία, και αργότερα στις Ασσυριακές πρωτεύουσες της Βόρειας Μεσοποταμίας. Οι περιοχές αυτές δοκιμάστηκαν από την αλάτωση των εδαφών τους, που στην Κεντρική Μεσοποταμία άρχισε να γίνεται αισθητή από το 1300 π.Χ., ενώ στη Βόρεια Μεσοποταμία από το 1200 π.Χ.

Στην Κοιλιάδα του Ινδού υπάρχει έως και σήμερα η μεγαλύτερη κηλίδα αλατούχων εδαφών, γύρω στα 4.000.000 στρέμματα, ενώ αλατούχα εδάφη σε μεγάλη έκταση έχουν διαμορφωθεί στην επαρχία του Χουζιστάν της Περσίας, όπου κατά τη διάρκεια της Ελληνιστικής περιόδου και αργότερα στην περίοδο των Σασσανιδών είχαν κατασκευαστεί αρδευτικά δίκτυα αξιοσημείωτης τεχνολογίας με φράγματα εκτροπής και αρδευτικές διώρυγες. Εναλάτωση παρατηρήθηκε και στις αρδευόμενες περιοχές του Νέου Κόσμου, γεγονός που οδήγησε τελικά στην εγκατάλειψή τους. Ο Ηρόδοτος, που φαίνεται να επισκέφθηκε τη χώρα αυτή τον 5 π.Χ. αιώνα αναφέρεται στο παραπάνω πρόβλημα. Αργότερα, Ρωμαίοι συγγραφείς του 10 π.Χ. αιώνα, όπως ο Κάτων ο Πρεσβύτερος ο Βάρρων και ο Βεργίλιος αναφέρονται στην αναγκαιότητα της απομάκρυνσης των νερών από υγρές περιοχές με ανοικτούς αγωγούς. Ο Πλίνιος και ο Κολουμέλλας (10 μ.Χ. αιώνα) μνημονεύουν τη χρησιμοποίηση υπόγειων αγωγών για στράγγιση και δίνουν οδηγίες για τον τρόπο με τον οποίο μπορούσαν να διαμορφωθούν, μισογεμίζοντας μια ανοιχτή τάφρο με πέτρες, χαλίκια ή δέσμες από βέργες, και καλύπτοντας το υπόλοιπο μέρος της με το χώμα της εκκαφής της. Η μορφή των στραγγιστικών αγωγών άλλαξε ουσιαστικά με τη χρησιμοποίηση πηλοσωλήνων μικρού μήκους.



Εικόνα 22. Πηλοσωλήνας μικρού μήκους από ανασκαφή.

Η πρώτη προσπάθεια σ' αυτή την κατεύθυνση φαίνεται να έγινε στο **Maubeuse** της Γαλλίας το 1620, χωρίς όμως πλατύτερη υιοθέτηση της νέας τεχνικής. Έτσι, η ιστορία της στραγγίσης με πηλοσωλήνες ξεκινάει από το **Northumberland** της Αγγλίας, όπου το 1810 ο **James Graham** εγκατέστησε στο κτήμα του υπόγειο στραγγιστικό δίκτυο με πηλοσωλήνες. Στην ίδια χώρα λίγο νωρίτερα θα πρέπει να είχαν εγκατασταθεί στραγγιστικά δίκτυα με υπόγειες διαυλώσεις. Γύρω στο 1850, τέθηκαν από τον Γάλλο **Herny Darcy** τα θεμέλια της επιστήμης των στραγγίσεων και γενικότερα της κίνησης του νερού σε πορώδη υλικά - μέσα.



Εικόνα 23. Σύστημα δεξαμενών για προσωρινή αποθήκευση νερού κατά την διαδικασία άντλησης νερού (Thoumin, 1935)

Οι δυσμενείς αυτές επιδράσεις της άρδευσης δεν παρατηρήθηκαν μόνο στις περιοχές που η εφαρμογή του νερού είχε αρχίσει από τους χρόνους της αρχαιότητας, αλλά και σε περιοχές όπου σχετικά πρόσφατα αναπτύχθηκε η αρδευόμενη γεωργία. Σαν χαρακτηριστικό παράδειγμα μπορούν να αναφερθούν οι δυτικές πολιτείες των ΗΠΑ, όπου η εφαρμογή της άρδευσης για ένα βραχύ σχετικά χρονικό διάστημα προκάλεσε την ανύψωση της στάθμης του υπόγειου νερού και τη δημιουργία αλατούχων εδαφών σε μεγάλη κλίμακα. Υπολογίζεται ότι σήμερα στις πολιτείες αυτές υπάρχουν γύρω στα 30.000.000 στρέμματα γης που χρειάζονται βελτίωση.

Η σημασία της στράγγισης για τη διατήρηση της παραγωγικότητας των αρδευόμενων εδαφών κατανοήθηκε σχετικά πρόσφατα. Μια από τις πρώτες αναφορές στην αναγκαιότητα της εφαρμογής της στράγγισης για την προφύλαξη των αρδευόμενων, εδαφών από την αλάτωση έγινε στις αρχές του 20^ο αιώνα από τον Αμερικανό επιστήμονα **I.W. Hilgard**. Δεν είναι συνεπώς παράδοξο το γεγονός ότι οι αρχαίοι πολιτισμοί, που η ανάπτυξή τους βασίστηκε στην άρδευση, δεν εφάρμοσαν συστηματικά τη στράγγιση. Εξαίρεση στον κανόνα αυτό αποτελεί βέβαια η αρχαία Αίγυπτος, όπου η συστηματική εφαρμογή της στράγγισης ήταν υποχρεωτική για την απομάκρυνση των νερών μετά την περίοδο της κατάκλυσης.

Στη σύγχρονη όμως Αίγυπτο, όπου από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα υιοθετήθηκε η αρδευτική μεθοδολογία της Μεσοποταμίας με τη συγκράτηση των νερών του Νείλου σε φράγματα αποθήκευσης και την περιοδική εφαρμογή της άρδευσης στη διάρκεια όλου σχεδόν του έτους, δημιουργήθηκαν σοβαρά προβλήματα υποβάθμισης των εδαφών που ήταν άγνωστα στους αρχαίους Αιγυπτίους.

Δ. ΟΙ ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ

1. Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΚΙΝΑ

Στον χώρο της Νότιας και Ανατολικής Ασίας η τεχνική των αρδεύσεων εφαρμόσθηκε περί το τέλος της 4ης π.Χ. χιλιετίας, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη του πολιτισμού της περιοχής. Στην Κίνα η χρήση νερού για τη γεωργία παρατηρείται από την 3η π.Χ. χιλιετία. Ανάμεσα στα αρδευτικά έργα της εποχής είναι και το φράγμα **Tu-Kiang**, που κατασκευάστηκε γύρω στο 200 μ.Χ. και αποταμίευε νερό άρδευσης για 2.000.000 στρέμματα περίπου. Η προσπάθεια στον τομέα



*Εικόνα 24
Μεταφορά νερού με το
σύστημα οδοντωτού τροχαίου*

των αρδεύσεων κορυφώθηκε με την κατασκευή της Μεγάλης Διώρυγας γύρω στο 700 μ.Χ. Το μήκος της ήταν 1.100 χιλιόμετρα και εξυπηρετούσε τόσο την άρδευση όσο και τη ναυσιπλοΐα.

Ένα απλό, αρχαίο σύστημα άρδευσης που αναπτύχθηκε από τους Κινέζους πριν από 2.000 και πλέον χρόνια μπορούσε να είναι το ίδιο αποτελεσματικό όσο και τα σημερινά συστήματα στάγδην άρδευσης. Τα Κινεζικά θαμμένα πορώδη δοχεία ή οι στάμνες αργίλου στο έδαφος γεμισμένα με νερό μαρτυρούν τον προβληματισμό των κατοίκων γύρω από την άρδευση και την ύδρευση. Το νερό που διηθούνταν βαθμιαία στο έδαφος μέσω των πορωδών πλευρών των δοχείων διατηρούσε τις καλλιέργειες ποτισμένες με ελάχιστο μικροβιακό φορτίο.

2. Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΟ ΜΕΞΙΚΟ

Η επινόηση της τεχνικής των αρδεύσεων φαίνεται συντελέστηκε ανεξάρτητα και κάπως καθυστερημένα στο Δυτικό Ημισφαίριο. Κατά τη διάρκεια όμως της 1^{ης} π.Χ. χιλιετίας οι αρδεύσεις εφαρμόζονταν τόσο στην Νότια όσο και στη Βόρεια Αμερική. Εκτεταμένα αρδευτικά έργα έχουν εντοπιστεί στο Περού (**Pisoo**), στο Μεξικό και στην Αριζόνα (**Salt River Valley**).

Οι Αζτέκοι ήταν αληθινά «άνθρωποι του νερού». Οπουδήποτε και αν πήγαιναν κατά την περιπλάνησή τους, όπως προς τη τωρινή

Πόλη του Μεξικού, έχτιζαν τα σπίτια τους στη μέση των ελών. Αυτά τα έλη κατακτήθηκαν - αξιοποιήθηκαν με την οικοδόμηση των φραγμάτων και τη μετατροπή των ελών σε επιπλέοντες κήπους (**Chinampas**). Στις περιοχές που σήμερα είναι το Κασμίρ και η Βιρμανία, οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν τα έλη για να καλλιεργήσουν τόσο αποτελεσματικά και εκτενώς όσο οι Αζτέκοι. Στο Μεξικό και στη Νότια Αμερική η άρδευση αναπτύχθηκε από τους πολιτισμούς των **Μάγια** και των **Ίνκας**, πριν από 2000 χρόνια, και σε πολλές περιοχές συνεχίζεται η εφαρμογή του νερού, με τον ίδιο τρόπο, μέχρι σήμερα. Στην Αμερική οι Ινδιάνοι των νοτιοδυτικών περιοχών εφάρμοσαν την άρδευση γύρω στο 100 π.Χ. Οι Ισπανοί κατακτητές εκπαίδευσαν τους Ινδιάνους σε νέους τρόπους άρδευσης, επιτρέποντάς τους έτσι να δημιουργήσουν οικισμούς και να εξασφαλίσουν μια σίγουρη πηγή τροφής.



Εικόνα 25. Λεκάνες άρδευσης στο Μεξικό.

Ε. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ανακεφαλαιώνοντας τα προηγούμενα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο άνθρωπος από τα πρώτα βήματα της πορείας του διαπίστωσε πόσο σημαντικό ήταν το νερό για την επιβίωση του. Προσπάθησε λοιπόν να συγκρατήσει νερό για να αρδεύει τις καλλιέργειες του σε περιόδους ξηρασίας, αλλά και να τις προστατεύει από το νερό όταν αυτό είχε καταστροφικές συνέπειες. Αναγκάστηκε λοιπόν να εφεύρει τεχνικές - συστήματα άρδευσης όπως είναι για παράδειγμα τα φράγματα και τα αξιοσημείωτα ποίαια και *qanats* των οποίων η ανάλυση έγινε στα προαναφερθέντα κεφάλαια.

Ακόμα και πριν κατορθώσει ο άνθρωπος να διευκολύνει τη ζωή του με πιο έξυπνες εφευρέσεις, είχε κατανοήσει τον καταλυτικής σημασίας ρόλο του νερού για τον ίδιο και για το φυσικό βασίλειο. Αναφορές μαρτυρούν ότι οι πρόγονοι μας ήταν υποχρεωμένοι να μεταφέρουν το νερό σε ασκούς:πολύ συχνά σε μεγάλες αποστάσεις και για μεγάλες καλλιέργειες. Σήμερα το νερό αποτελεί συχνά περιοριστικό παράγοντα για την ευημερία των αγροτών και αποτελεί ζητούμενο στις μέρες μας. Είναι γενικά παραδεκτό ότι η λειψυδρία μαστίζει πολλές περιοχές της γης με αποτελέσματα τον υποσιτισμό, άλλοτε άμεσα και άλλοτε έμμεσα μεγάλου πληθυσμού του πλανήτη. Αρκετές προσπάθειες γίνονται για το λόγο αυτό επαναχρησιμοποίησης των διαφόρων λυμάτων για γεωργική κυρίως χρήση.

Για αυτούς τους λόγους, καλό θα ήταν να εκτιμήσουμε το ρόλο και την αξία του νερού στη ζωή μας και να βοηθήσουμε την επιστήμη των αρδεύσεων να αναπτυχθεί περισσότερο, ώστε να επιτύχουμε ένα πιο επιθυμητό αποτέλεσμα, όσο αφορά την εξοικονόμηση αλλά και την αποτελεσματική χρησιμοποίηση του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bagnall, R.S. Egypt in Late Antiquity. Princeton: Princeton University Press, 1993.
- Γανώση, Β.Γ. Αι Αρδεύσεις και η Γεωργία, Αθήναι, 1952.
- Διαδίκτυο: www.in.gr
www.spin.gr
www.google.com
www.flash.gr.
- Forbes, R.J. Studies in ancient technology. 2d rev. ed. Leiden: Brill, 1964.
- Oleson, J.P. Greek and Roman mechanical water-lifting devices: the history of a technology. Toronto; Buffalo: University of Toronto Press, c1984.
- Potts, D. T. Mesopotamian Civilization: The Material Foundations. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1997.
- White, K. D. Greek and Roman Technology. Ithaca: Cornell University, 1984.
- White, K. D. Agricultural implements of the Roman world. London: Cambridge University Press, 1967.