

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ) ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

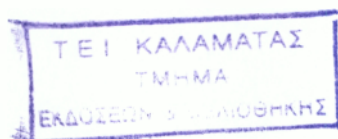
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : « *Τα εδαφοϋδατικά προβλήματα του Αγ. Γεωργίου πεδίου
& τρόποι αντιμετώπισης τους.* »

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ : κ. Κώτσιρας Αναστάσιος
κ. Πασχαλίδης Χρήστος

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Λέκκας Γεώργιος

ΕΞΑΜΗΝΟ : ΠΤΥΧΙΟ



ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2002-2003

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΑΛΑΤΟΥΧΑ ΕΔΑΦΗ

1.1 Γενικά

1.2 Η αλάτωση των εδαφών λόγω της γεωγραφικής ή τοπογραφικής τους θέσεως

1.3 Αλάτωση των εδαφών με το νερό άρδευσης

1.3.1 Γενικά

1.3.2 Προβλήματα που έχουν σχέση με την ποιότητα του αρδευτικού νερού

1.4 Επίδραση της αλατότητας του εδάφους στα φυτά

2. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΑΛΚΑΛΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

2.1 Εκτίμηση του βαθμού αλκαλίωσης(βαθμού μείωσης της διηθητικότητας)

2.2 Αντιμετώπιση του προβλήματος της αλκαλίωσης από τα υφάλμυρα νερά

3. ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ

3.1 Αντιμετώπιση των προβλημάτων της τοξικότητας

4. ΤΑ ΕΔΑΦΗ ΤΟΥ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

4.1 Εδαφικοί τύποι

4.1.2 Καλλιεργητικές ομάδες των εδαφών

4.1.3 Εναπόθεση και έκπλυση των αλάτων

5. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

5.1 Χρήση βελτιωτικών εδάφους

5.2 Συχνότερες αρδεύσεις

5.3 Επιφανειακή καλλιέργεια και βαθύ όργωμα

5.4 Αύξηση του χρόνου εφαρμογής του νερού

5.5 Αλλαγή της διεύθυνσης ροής προς την μικρότερη κλίση

5.6 Προσαρμογή του ύψους βροχής των καταιονηστήρων με τη διηθητικότητα του εδάφους

5.7 Χρήση οργανικών υπολειμμάτων

6. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

6.1 Μέθοδοι εκτίμησης της ποιότητας του αρδευτικού νερού

6.2 Συνθήκες που επηρεάζουν την καταλληλότητα του αρδευτικού νερού

6.2.1 Κλίμα

6.2.2 Έδαφος

6.2.3 Καλλιέργειες

6.2.4 Μέθοδος άρδευσης

6.2.5 Στράγγιση

6.2.6 Διαχείριση εφαρμογής του αρδευτικού νερού

6.3 Επίδραση της ποιότητας του αρδευτικού νερού στο φυτό και στο έδαφος

6.3.1 Η ανάπτυξη των φυτών σε σχέση με τη συγκέντρωση διαλυτών αλάτων στο έδαφος

6.3.2 Η επίδραση της περίσσειας διαλυτών αλάτων πάνω στα φυτά

6.3.2.1 Συμπτώματα

6.3.2.2 Αντιμετώπιση

7. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ-ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

7.1 Χαρακτηριστικά των υδρολογικών λεκανών

7.2 Υδατικό ισοζύγιο λεκανών

7.2.1 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

7.2.2 Πραγματική εξατμισοδιαπνοή

7.2.3 Επιφανειακή απορροή

7.2.4 Κατείσδυση

7.3 Πηγαία ύδατα

7.3.1 Πηγή Κεφαλαρίου

7.3.2 Πηγή Λέρνη

7.3.3 Πηγή Κρόης (Αμυμώνη)

7.3.4 Οι πηγές του Κιβερίου

7.4 Υδροφόροι ορίζοντες

8. ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

9. ΜΕΤΡΑ ΑΜΒΛΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

9.1 Τεχνητός εμπλουτισμός

9.1.1 Διαχρονική εξέλιξη

9.1.2 Τεχνική εφαρμογής του εμπλουτισμού

9.2 Αντιμετώπιση της αλατότητας

9.2.1 Συχνές αρδεύσεις

9.2.2 Εκλογή καλλιέργειας

9.2.3 Ανάγκες σε νερό για έκπλυση

9.3 Αλατότητα και μέθοδος άρδευσης

9.3.1 Τεχνητή βροχή (sprinkling-σπρέι)

9.3.2 Άρδευση με σταγόνες (drip ή trickle)

9.4 Αλλαγή καλλιεργητικών πρακτικών

9.4.1 Προάρδευση

9.4.2 Τοποθέτηση του σπόρου

9.4.3 Λίπανση

9.4.4 Ισοπέδωση

9.4.5 Διαφοροποίηση του εδαφικού προφίλ

9.4.6 Εγκατάσταση στραγγιστικού δικτύου

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο Νομός Αργολίδας είναι ένας από τους σημαντικότερους γεωργικούς νομούς της χώρας και την τελευταία 30ετία χαρακτηρίζεται από την έντονη εκμετάλλευση των υδατικών και εδαφικών του πόρων με συνέπεια την υποβάθμιση τους. Η ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση των υδατικών πόρων αποτελεί πλέον το μείζον πρόβλημα στο νομό.

Σκοπός της εργασίας μου είναι να παρουσιασθεί το πρόβλημα της ποιοτικής και ποσοτικής υποβάθμισης των υδατικών και εδαφικών πόρων του νομού, οι αιτίες που το προκάλεσαν, καθώς και οι επιπτώσεις του στην εφαρμογή της γεωργίας. Θα γίνει αναφορά επίσης στην αντιμετώπιση του προβλήματος, στις προσπάθειες που ήδη έχουν γίνει, και σε προτεινόμενα μέτρα που η λήψη τους θα επιφέρει την οριστική λύση του προβλήματος στο μέλλον.

Σημαντικές ερευνητικές εργασίες για το Αργολικό πεδίο έχουν γίνει από επιστημονική ομάδα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών με επικεφαλής τον καθηγητή της Γεωργικής Υδραυλικής κ. Αλ. Πουλοβασίλη. Πρωτοποριακές επίσης μέθοδοι διαχείρισης των υδατικών πόρων εφαρμόζονται από τους φορείς της περιοχής με βάση τα παραπάνω. Τα στοιχεία που ακολουθούν πάρθηκαν από τις υφιστάμενες μελέτες.

Θερμές ευχαριστίες αξίζουν στους καθηγητές μου κ. Κώτσιρα Αναστάσιο και κ. Πασχαλίδη Χρήστο που με βοήθησαν στην ολοκλήρωση και διόρθωση της εργασίας μου. Επίσης την Νομαρχία Αργολίδος και την Αγροτική Τράπεζα Άργους για την παραχώρηση αρκετών στοιχείων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο νομός Αργολίδας είναι γεωργικός νομός και η γεωργία του στηρίζεται στις αρδευόμενες καλλιέργειες, κυρίως δεντροκαλλιέργειες. Οι γεωργικές εκτάσεις και η κατανομή των καλλιεργειών φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί. Σημαντική θέση κατέχει η καλλιέργεια των εσπεριδοειδών με πρώτη την ποικιλία Merlin.

Είδος καλλιέργειας	Έκταση(στρέμματα)	Αρδευόμενη έκταση (στρέμματα)
Εσπεριδοειδή	120000	120000
Ελαιώνες	257000	29500
Λοιπές δενδρώδεις	13500	15000
Λαχανικά	35000	35000
Αμπελώνες	8000	1500
Αροτριάεις	268000	17500
ΣΥΝΟΛΟ	703000	218500

Η οικονομική ανάπτυξη του νομού ακολούθησε την εντατικοποίηση της γεωργίας του, με την αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων, που άρχισε πριν τον πόλεμο και συνεχίστηκε μετά το 1950 με ιδιαίτερα αυξανόμενους ρυθμούς. Η εντατικοποίηση όμως αυτή εφαρμόστηκε χωρίς κανένα σχεδιασμό, χωρίς καμία προοπτική για το μέλλον με αποτέλεσμα την αλόγιστη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων του νομού και ιδιαίτερα των υδατικών πόρων.

Η αλόγιστη αυτή εκμετάλλευση των φυσικών πόρων επέφερε πρόσκαιρη μόνο ευμάρεια για τους κατοίκους και τη γενικότερη οικονομία του νομού. Στο πέρασμα της τελευταίας 35 ετίας τα υπόγεια νερά του νομού υπερεκμεταλλεύθηκαν, εξαντλήθηκαν, υφαλμυρώθηκαν και μολύνθηκαν. Ταυτόχρονα όμως τα πηγαία νερά έμεναν ανεκμετάλλευτα σε σοβαρό βαθμό και χάνονταν στη θάλασσα. Έτσι λοιπόν η πλούσια σε πηγές περιοχή ταυτίστηκε με το στίγμα της λειψυδρίας. Το υδατικό πρόβλημα δεν περιορίζεται μόνο στην εξασφάλιση νερού για τη διατήρηση και επέκταση της αρδευόμενης γεωργίας, αλλά εκτείνεται στις ανάγκες ύδρευσης και βιομηχανίας του νομού, είναι σύνθετο και πολύπλοκο και από την άποψη μιας γενικής υποβάθμισης των φυσικών πόρων που μπορεί να απειλήσει το οικοσύστημα της ευρύτερης περιοχής και θέτει σε κίνδυνο τη διατήρηση της γεωργίας και κάθε δραστηριότητας στην περιοχή.

Οι ανάγκες σε νερό άρδευσης καλύπτονται με την χρησιμοποίηση των πηγαίων νερών, με την κατασκευή και την ανάπτυξη συλλογικών έργων, και των υπόγειων νερών, με συλλογικά και ατομικά έργα απόληψης νερού δηλαδή γεωτρήσεις. Από τα πηγαία νερά χρησιμοποιούνται μόνο 25 εκατομμύρια κυβικά μέτρα και από τα υπόγεια νερά 95 έως 125 εκατομμύρια κυβικά μέτρα το χρόνο.

1. ΤΑ ΑΛΑΤΟΥΧΑ ΕΔΑΦΗ

1.1 Γενικά

Αλατούχα εδάφη χαρακτηρίζονται εκείνα στα οποία η συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών αλάτων στη ριζόσφαιρα των φυτών είναι τόσο μεγάλη, ώστε να οδηγεί στη μείωση της απόδοσης τους. Η συγκέντρωση αυτή εκτιμάται με μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο εκχύλισμα κορεσμού του εδάφους. Η αντοχή των φυτών στην αλατότητα του εδάφους δεν είναι η ίδια με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατός ο καθορισμός μιας συγκεκριμένης τιμής πάνω από την οποία ένα έδαφος θα χαρακτηρίζεται ως αλατούχο. Για το σκοπό αυτό έχει καθιερωθεί ως συμβατική τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο εκχύλισμα κορεσμού E_{ce} τα 2ms/cm , όμως είναι γνωστό ότι πολλά φυτικά είδη αντέχουν και σε μεγαλύτερες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενώ άλλα που χαρακτηρίζονται και ως ευαίσθητα ζημιώνονται ακόμα και με τιμές $1,5\text{ms/cm}$.

Η εμφάνιση και η εξάπλωση των αλατούχων εδαφών δεν είναι τυχαία, αλλά σχετίζεται με συγκεκριμένες συνθήκες και περιοχές όπως με ξηρό κλίμα, στα δέλτα των ποταμών, στα χαμηλότερα σημεία λεκανών απορροής και σε περιοχές, συνήθως παραθαλάσσιες όπου τα εδάφη, είτε κατακλύζονται εποχιακά από θάλασσα, είτε αρδεύονται με κακής ποιότητας νερό. Η δημιουργία αλατούχων εδαφών σχετίζεται με τη γεωγραφική ή τοπογραφική τους θέση και με τη μη ορθολογική διαχείριση του αρδευτικού νερού ή τη χρησιμοποίηση κακής ποιότητας νερού.

1.2 Η αλάτωση των εδαφών λόγω της γεωγραφικής ή τοπογραφικής τους θέσεως.

Εδώ υπάγονται τα εδάφη των ξηρών περιοχών, τα δέλτα των ποταμών, και οι παραθαλάσσιες περιοχές που κατακλύζονται εποχιακά από θάλασσα, εδάφη που βρίσκονται στα χαμηλότερα σημεία λεκανών απορροής και περιοχές με εδάφη μικρής υδατοπερατότητας.

1. Από τα αλκαλιμέταλλα και τις αλκαλικές γαίες του μητρικού υλικού. Τα πετρώματα, περιέχουν αλκαλιμέταλλα και αλκαλικές γαίες, τα οποία όταν ελευθερώνονται δίνουν με τα αντίστοιχα ανιόντα τα άλατα των αλατούχων εδαφών.
2. *Εδάφη περιοχών με ξηρό κλίμα.* Σε περιοχές με ξηρό και θερμό κλίμα ένα μεγάλο μέρος του εδαφικού νερού εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα τη συσσώρευση αλάτων στην επιφάνεια ή κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, το οποίο πολλές φορές αποκτά λευκό απάνθισμα.
3. *Δέλτα ποταμών ή παραθαλάσσιες περιοχές.* Τα εδάφη των περιοχών αυτών λόγω της συνεχούς επαφής τους με το θαλασσινό νερό γίνονται βαθμιαία αλατούχα. Ως γνωστό το θαλασσινό νερό περιέχει κατά μέσο όρο 600me/l άλατα στα οποία επικρατεί το Na . Ο λόγος $\text{Na}/\text{Ca}+\text{Mg}$ στο θαλασσινό νερό είναι μεγαλύτερος από 3 με αποτέλεσμα τα εδάφη που δέχονται την επίδραση του θαλασσινού νερού. Βαθμιαία εκτός από αλατούχα γίνονται και νατριωμένα.
4. *Εδάφη χαμηλών περιοχών λεκανών απορροής.* Στα χαμηλότερα σημεία λεκανών απορροής συγκεντρώνονται τα απορρέοντα ή διηθούμενα νερά της λεκάνης που

περιβάλλει τη χαμηλή περιοχή. Αυτό συνεπάγεται την άνοδο της υπόγειας στάθμης του νερού γεγονός που επιδεινώνεται όταν η περιοχή δεν έχει διέξοδο σε ποταμό ή θάλασσα. Η συσσώρευση του νερού στα σημεία αυτά και η ακόλουθη εξάτμιση του συμβάλλει στη συσσώρευση αλάτων με αποτέλεσμα τα εδάφη να γίνονται αρχικά αλατούχα και στη συνέχεια νατριωμένα.

5. *Περιοχές με εδάφη μικρής διαπερατότητας.* Σε εδάφη τέτοιων περιοχών ή σε εδάφη που στην κατατομή τους εμφανίζουν ένα αδιαπέραστο ορίζοντα, το νερό διηθείται πολύ αργά ή συσσωρεύεται στον αδιαπέραστο ορίζοντα, ανεβάζοντας την υπεδάφεια στάθμη με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η εξάτμιση του και η συσσώρευση των αλάτων. Η αλάτωση των δύο τελευταίων περιπτώσεων επιταχύνεται όταν τα εδάφη αυτά βρίσκονται σε περιοχές με ξηρό ή ημίξηρο κλίμα.

1.3 Αλάτωση των εδαφών με το νερό άρδευσης

1.3.1 Γενικά

Το πέρασμα της ελληνικής γεωργίας από τις παραδοσιακές μορφές εκμετάλλευσης στις εντατικές με την ανάπτυξη νέων ποικιλιών και καλλιεργητικών μεθόδων και στόχο τη μεγιστοποίηση της γεωργικής παραγωγής, έχει οδηγήσει στην ανάγκη εφαρμογής υψηλών δόσεων χημικών λιπασμάτων και νερού άρδευσης.

Επίσης η προτίμηση της διεθνούς αγοράς σε προϊόντα εκτός εποχής με χαμηλό κόστος οδηγεί στην ανάγκη ανάπτυξης θερμοκηπιακών καλλιεργειών στις παραθαλάσσιες ζώνες όπου είναι το κλίμα ήπιο, αλλά το διαθέσιμο νερό πολλές φορές είναι κακής ποιότητας.

Η χρήση υψηλών δόσεων χημικών λιπασμάτων και νερού αρχικά οδηγεί στην υλοποίηση των στόχων της εντατικής γεωργίας. Πολύ γρήγορα όμως ειδικά στην περίπτωση των παραθαλάσσιων θερμοκηπιακών καλλιεργειών αρχίζουν να συσσωρεύονται προβλήματα στα εδάφη, εξαιτίας της κακής ποιότητας του νερού ένα από τα οποία είναι και η δημιουργία αλατότητας. Το νερό άρδευσης περιέχει σε διάλυση, η αιώρηση ευδιάλυτα η δυσδιάλυτα άλατα, η ποσότητα και το είδος των οποίων εξαρτάται κυρίως από την ορυκτολογική σύσταση των γεωλογικών στρωμάτων από τα οποία διέρχεται. Συνήθως στα νερά άρδευσης επικρατούν τα άλατα του ασβεστίου σε μικρότερο ποσοστό και ανάλογα με την προέλευση τους περιέχουν άλατα του μαγνησίου, του καλίου, του νατρίου και ενδεχόμενα άλατα ορισμένων στοιχείων τοξικών, όπως το χλώριο.

Στις παραθαλάσσιες περιοχές όμως όπου παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της εξάντλησης του υδροφόρου ορίζοντα κατά τους θερινούς μήνες πράγμα που συνεπάγεται τη μετατόπιση της υφάλμυρης ζώνης, τα νερά άρδευσης περιέχουν κυρίως άλατα του νατρίου και μάλιστα σε υψηλές συγκεντρώσεις $EC > 5 \text{ms/cm}$. Σε περιοχές με γύψο, τα νερά άρδευσης περιέχουν άλατα του ασβεστίου σε μεγάλη συγκέντρωση λόγω της υψηλής διαλυτότητας της γύψου. (Η συγκέντρωση αλάτων στο νερό άρδευσης, όσο υψηλή και αν είναι δεν είναι απαγορευτική για την ανάπτυξη των καλλιεργειών, πλην ορισμένων εξαιρέσεων). Η συμπύκνωση όμως που υφίσταται το νερό άρδευσης στο έδαφος, λόγω κυρίως της εξατμισοδιαπνοής, οδηγεί στην αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων στο

εδαφοδιάλυμα, η οποία μπορεί να γίνει πολλαπλάσια, εκείνης του νερού άρδευσης. Η αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων στο εδαφοδιάλυμα οδηγεί στην εναλάτωση των εδαφών με συνέπεια τη μερική ή πλήρη υποβάθμιση τους. Σύμφωνα με στοιχεία των Ηνωμένων Εθνών σε παγκόσμια κλίμακα τα αρδευόμενα εδάφη σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% έχουν υποστεί δευτερογενή αλάτωση και νατρίωση. Η αλάτωση αυτή έχει αφορμή μια ή περισσότερες από τις παρακάτω αιτίες:

A. Κακή ποιότητα αρδευτικού νερού.

B. Ανύψωση της υπεδάφειας στάθμης νερού.

Γ. Κακές συνθήκες στράγγισης με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της έκπλυσης των αλάτων.

Η αλάτωση των αρδευόμενων εδαφών είναι δυνατόν να επηρεασθεί και από παράγοντες που σχετίζονται με το κλίμα (θερμοκρασία, βροχοπτώσεις, εξάτμιση, κλπ.) με υδρογεωλογικά στοιχεία της περιοχής (φυσική στράγγιση, βάθος του υπεδάφειου ορίζοντα και περιεκτικότητα του σε άλατα) με ιδιότητες του εδάφους (μηχανική σύσταση, δομή, υδατοδιαλυτά άλατα, ανταλλάξιμα, ΡΗ) με αγρονομικά στοιχεία (χρήση γης, είδος και μέθοδος καλλιέργειας) και τέλος από την εφαρμοζόμενη τακτική διαχείρισης του νερού (μέθοδος άρδευσης, εφαρμοζόμενη δόση νερού, περιεκτικότητα του νερού σε άλατα).

1.3.2 Προβλήματα που έχουν σχέση με την ποιότητα του αρδευτικού νερού

Η ποιότητα του αρδευτικού νερού παραλλάσσει πολύ και καθορίζεται από το είδος και τη συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων. Τα προβλήματα που σχετίζονται με την ποιότητα του αρδευτικού νερού ενισχύονται ή όχι και από τις κλιματικές συνθήκες και αφορούν την αλάτωση του εδάφους, τη διηθητικότητα του εδάφους και την τοξική συγκέντρωση ορισμένων ιόντων.

A. Η αλάτωση του εδάφους

Τα άλατα που συμβάλλουν στην αλατότητα του εδάφους είναι ευδιάλυτα και μεταφέρονται στο έδαφος με το νερό. Όταν η συγκέντρωσή τους αυξηθεί σημαντικά στο ύψος της ριζόσφαιρας, παρατηρείται μείωση της παραγωγής των φυτών. Η μείωση αυτή της παραγωγής οφείλεται στην αδυναμία των φυτών να πάρουν νερό από το εδαφοδιάλυμα, εξαιτίας του ότι η αυξημένη συγκέντρωση αλάτων επηρεάζει το οσμωτικό δυναμικό του εδαφικού νερού, είναι δυνατό να συνοδεύεται ή όχι και από άλλα συμπτώματα. Τέτοια συμπτώματα είναι η μάρανση, το σκούρο κυανοπράσινο χρώμα και η πάχυνση των φύλλων στα οποία δημιουργούν κηρώδεις επιφάνειες. Τα συμπτώματα αυτά είναι ποιο εμφανή στα φυτά στο πρώτο στάδιο της ανάπτυξης τους. Η κατανομή των αλάτων σε σχέση με το βάθος του εδάφους και την συγκέντρωσή τους αποκτά τη μόνιμη τιμή της στην περιοχή του ριζοστρώματος εξαιτίας της συμπύκνωσης του εδαφοδιαλύματος και την πρόσληψη από τα φυτά.

Το κλειδί για τον έλεγχο της αλατότητας του εδάφους είναι η έκπλυση που συνεπάγεται η προσφορά νερού κατά την άρδευση σε ποσότητα που υπερβαίνει την υδατοχωρητικότητα των εδαφών. Η ποσότητα των αλάτων που εκπλύνονται δεν πρέπει να

είναι μεγαλύτερη από εκείνη που προστίθεται με το νερό άρδευσης κατά την διάρκεια μια καλλιεργητικής περιόδου.

B. Η διηθητικότητα του εδάφους

Η διηθητικότητα του εδάφους αναφέρεται στην ευκολία με την οποία το νερό εισέρχεται από την επιφάνεια του εδάφους και διηθείται προς τα κάτω και μετράται συνήθως με τη ταχύτητα διήθησης. Μια ταχύτητα διήθησης 2,5 χιλστ./ώρα θεωρείται χαμηλή ενώ 12 χιλστ/ώρα είναι σχετικά υψηλή.

Η διηθητικότητα του εδάφους μπορεί να επηρεασθεί από πολλούς παράγοντες εκτός από τα νατριούχα αρδευτικά νερά. Τέτοιοι παράγοντες είναι η δομή του εδάφους, η ύπαρξη αδιαπέραστου στρώματος στο προφίλ, το συμπαγές υπέδαφος και διάφορα χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους.

Όταν το νάτριο κυριαρχεί στο εδαφικό διάλυμα τα κολλοειδή του εδάφους διογκώνονται και διασκορπίζονται (σπάνε τα συσσωματώματα), ιδιαίτερα όταν η άργιλος είναι του τύπου μοντμοριλονίτης, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι πόροι του εδάφους γιατί γεμίζουν με τα λεπτότερα τεμαχίδια του εδάφους (άργιλο, ιλύ).

Γ. Η τοξικότητα των ιόντων

Τα περισσότερα από τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται στο νερό άρδευσης σε συγκέντρωση που δεν δημιουργούν προβλήματα τοξικότητας για τα καλλιεργούμενα φυτά. Ορισμένα όμως ιόντα όπως το χλώριο, το νάτριο και το βόριο πολλές φορές βρίσκονται στο νερό άρδευσης σε υψηλές συγκεντρώσεις με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα τοξικότητας, προς τα οποία εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία οι δενδρώδεις καλλιέργειες.

1.4 Επίδραση της αλατότητας του εδάφους στα φυτά

Η διαθεσιμότητα του εδαφικού νερού για τα φυτά καθορίζεται από το δυναμικό του, που είναι ένα μέτρο της δύναμης, που το νερό συγκρατείται από το έδαφος και της δύναμης που φυτά πρέπει να υπερνικήσουν για να απορροφήσουν νερό. Στο αλατούχο έδαφος μειώνεται η διαθεσιμότητα του νερού για τα φυτά ανάλογα με την περιεκτικότητα του σε άλατα. Αυτό οφείλεται στο δυναμικό όσμωσης και τα φυτά πρέπει να το υπερνικήσουν για να απορροφήσουν νερό. Το δυναμικό όσμωσης υπολογίζεται από τον τύπο:

$$O.\Delta = -0,36 \times EC$$

Όπου $O.\Delta$ = οσμωτικό δυναμικό σε bars

EC = ηλεκτρική αγωγιμότητα σε mmhos/cm

-0,36 = παράγοντας μετατροπής, το αρνητικό πρόσημο δηλώνει ότι η δύναμη του δυναμικού ενεργεί προς την κατεύθυνση της μείωσης του συνολικού δυναμικού του εδαφικού νερού.

Σε δύο όμοια εδάφη, που έχουν τον ίδιο βαθμό ενυδάτωσης και καλλιεργείται το ίδιο φυτό αλλά το ένα αλατούχο και το άλλο όχι, τα φυτά που καλλιεργούνται στο έδαφος, που

Αντοχή των φυτών στα αλάτα και προβλεπόμενη απόδοση ορισμένων καλλιεργειών
 όπως επηρεάζονται από την ποιότητα του νερού αδευσώς (E_w)
 και την εδαφική αλατότητα (EC_e) (Maas και Holttan, 1977, Maas 1984)

Εκτατικές καλλιεργείες	Προβλεπόμενη Απόδοση									
	10% E_e		30% E_e		50% E_e		75% E_e		90% E_e	
	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w
Κριθάρι (<i>Hordeum vulgare</i>)	5.0	5.5	10	6.7	12	3.7	18	12	28	19
Βαμβάκι (<i>Gossypium hirsutum</i>)	7.7	5.1	3.8	3.4	10	3.4	17	12	27	16
Σαχarroτεύλα (<i>Beta vulgaris</i>)	7.2	4.7	3.7	3.8	11	7.8	18	12	24	16
Σόργο (<i>Sorghum bicolor</i>)	3.8	4.8	7.4	3.0	3.4	3.8	3.8	3.7	12	3.7
Σίταρι (<i>Triticum aestivum</i>)	3.0	4.0	7.4	3.8	3.8	3.8	12	3.7	20	12
Σίταρι σκληρό (<i>T. durum</i>)	3.7	3.8	7.8	3.2	12	3.8	18	12	24	18
Σόνια (<i>Glycine max</i>)	3.0	3.2	3.8	3.7	3.3	4.2	7.8	3.2	10	3.7
Κτην. Μπιζέλη (<i>Vicia</i> <i>cracca</i>)	4.3	3.5	3.7	3.8	7.2	4.7	3.1	3.2	13	3.3
Φαστίκια (<i>Azadirachta indica</i>)	3.2	3.1	3.8	3.4	4.1	2.7	4.9	3.3	3.8	4.4
Ρύζι (<i>Oryza sativa</i>)	3.0	3.0	3.5	3.5	3.1	3.4	7.2	4.3	11	7.5
Καλαμπόκι (<i>Zea mays</i>)	1.7	1.1	3.5	1.7	3.3	2.5	3.9	3.9	10	3.7
Λινάρι (<i>Linum usitatissimum</i>)	1.7	1.1	3.5	1.7	3.3	2.5	3.9	3.9	10	3.7
Φακή (<i>Vicia faba</i>)	1.5	1.1	2.5	1.8	4.2	2.0	3.3	4.5	12	8.0
Φασόλι (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.5	2.4	6.3	4.2
Λαχανοκομικά										
Κολοκυθακία (<i>Cucurbita pepo</i> <i>melonacea</i>)	4.7	3.1	3.5	3.3	7.4	4.9	10	6.7	15	10
Τεுτλα (<i>Beta vulgaris</i>)	4.0	2.7	3.1	3.4	3.3	4.5	3.8	6.4	15	10
Κολοκυθί (<i>Cucurbita pepo</i> <i>(melonacea)</i>)	3.2	2.1	3.6	2.6	4.3	3.2	6.3	4.2	9.4	6.3
Μπρόκολα (<i>Brassica oleracea</i> <i>botrytis</i>)	2.8	1.9	3.3	2.6	3.5	3.7	3.2	3.5	14	9.1
Ντομάτα (<i>Lycopersicon</i> <i>esculentum</i>)	2.5	1.7	3.5	2.3	3.0	3.4	7.6	5.0	13	8.4
Αγγούρι (<i>Cucumis sativus</i>)	2.5	1.7	3.3	2.2	4.4	2.9	6.3	4.2	10	6.8
Σπανάκι (<i>Spinacea oleracea</i>)	2.0	1.3	3.3	2.2	3.3	3.5	8.6	3.7	15	10
Σέλινό (<i>Arium graveoliens</i>)	1.8	1.2	3.4	2.3	3.8	3.9	9.9	6.6	18	12
Λάχανο (<i>Brassica oleracea</i> <i>capitata</i>)	1.8	1.2	2.8	1.9	4.4	2.9	7.0	4.6	12	8.7
Πατάτα (<i>Solanum tuberosum</i>)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	3.9	3.9	10	6.7
Γλυκοπατάτα (<i>Ipomoea</i> <i>sativa</i>)	1.5	1.0	2.4	1.6	3.8	2.5	6.0	4.0	11	6.7
Πιπερία (<i>Capsicum annuum</i>)	1.5	1.0	2.2	1.5	3.3	2.2	5.1	3.4	8.6	5.8
Μαρούλι (<i>Lactuca sativa</i>)	1.3	0.9	2.1	1.4	3.2	2.1	5.1	3.4	9.0	6.0
Ρεπάνι (<i>Raphanus sativus</i>)	1.2	0.8	2.0	1.3	3.1	2.1	5.0	3.4	8.9	5.9
Κρεμμύδι (<i>Allium cepa</i>)	1.2	0.8	1.8	1.2	2.8	1.8	4.3	2.9	7.4	5.0
Καρότο (<i>Daucus carota</i>)	1.0	0.7	1.7	1.1	2.8	1.9	4.6	3.0	8.1	5.0
Φασόλι (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.5	2.4	6.3	4.2
Γογγυλί (<i>Brassica rapa</i>)	0.9	0.6	2.0	1.3	3.7	2.5	6.5	4.3	12	8.0

ΕΚΤΑΤΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	Προβλεπόμενη Απόδοση									
	100%		90%		75%		50%		0%	
	ΕΟ _φ	ΕΟ _ω	ΕΟ _φ	ΕΟ _ω	ΕΟ _φ	ΕΟ _ω	ΕΟ _φ	ΕΟ _ω	ΕΟ _φ	ΕΟ _ω
Φοινίκας (Phoenix dactylifera)	4.0	2.7	6.6	4.5	11	7.2	16	12	32	21
Ελιά (Olea europaea)	-	1.6	-	2.6	-	3.6	-	13.4	-	26
Κορωνέικη	-	1.6	-	3.0	-	3.6	-	11.2	-	23
Αμύγδα	-	1.6	-	3.0	-	3.6	-	10.2	-	20
Μεγαριτική	-	1.6	-	3.0	-	3.6	-	10.2	-	20
Χονδρόλια Χαλκιδικής	-	1.6	-	3.0	-	3.6	-	8.4	-	18
Υποκειμένα Μηλιάς	-	<0.7	-	0.7	-	1.7	-	3.7	-	7.6
M-9	-	<0.8	-	0.8	-	1.8	-	3.3	-	6.6
M-106	-	<0.6	-	0.6	-	1.6	-	3.0	-	6.0
Μ-26	-	<0.6	-	0.6	-	1.6	-	3.0	-	6.0
Γκραπ Φρούτ (Citrus Paradisi)	1.8	1.2	2.4	1.6	3.4	2.2	4.8	3.6	8.1	5.4
Πορτοκάλια (Citrus sinensis)	1.8	1.2	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	3.6	8.1	5.4
Ροδάκινα (Prunus persica)	1.8	1.2	2.2	1.6	3.2	1.9	4.7	3.5	8.0	5.3
Ξερυκοκία (Prunus amygdala)	1.8	1.2	2.2	1.6	3.2	1.9	4.7	3.5	8.0	5.3
Αμπέλι (Vitis sp.)	1.6	1.0	2.2	1.7	4.1	2.7	5.7	4.6	12	7.9
Αμυγδαλιά (Prunus dulcis)	1.6	1.0	2.2	1.7	3.8	1.9	4.1	2.8	6.8	4.6
Δαμασκηλιά (Prunus domestica)	1.6	1.0	2.1	1.4	2.9	1.9	4.3	2.9	7.1	4.7
Φράουλα (Fragaria sp.)	1.0	0.7	1.3	0.9	1.8	1.2	2.5	1.7	4.0	2.7
Χορτοδοτικά φυτά										
Agropyron elongatum	7.5	5.0	9.9	6.6	13	9.0	19	13	31	21
Agropyron cristatum	7.5	5.0	9.0	6.0	11	7.4	15	9.8	22	15
Cynodon dactylon (αγριαδα)	6.9	4.6	8.5	5.6	11	7.2	15	9.8	23	15
Hordeum vulgare (κριθάρι)	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.4	13	8.7	20	13
Lolium perene	5.6	3.7	6.9	4.6	8.9	6.9	12	8.1	19	13
Lotus corniculatus tenuifolium	5.0	3.3	6.0	4.0	7.5	6.0	10	6.7	15	10
Phalaris tuberosa	4.6	3.1	5.9	3.9	7.9	6.3	11	7.4	18	12
Festuca elatior	3.9	2.6	5.5	3.6	7.8	6.2	12	7.9	20	13
Agropyron sibiricum	3.5	2.3	6.0	4.0	9.8	6.5	16	11	28	19
Vicia angustifolia	3.0	2.0	3.9	2.6	5.3	3.5	7.6	5.0	12	8.1
Sorghum sudanense	2.6	1.9	5.1	3.4	8.6	5.7	14	9.6	26	17
Elymus triticoides	2.7	1.8	4.4	2.9	6.9	4.6	11	7.4	19	13
Vigna unguiculata	2.5	1.7	3.4	2.3	4.8	3.2	7.1	4.8	12	7.9
Lotus uliginosus	2.3	1.5	2.8	1.9	3.6	2.4	4.9	3.3	7.6	5.0
Sesbania exaltata	2.3	1.5	3.7	2.5	5.9	3.9	9.4	6.3	17	11
Sphaerophysa salsua	2.2	1.5	3.6	2.4	5.8	3.8	9.3	6.2	16	11
Medicago sativa (μηδική)	2.0	1.3	3.4	2.2	5.4	3.6	8.8	5.9	16	10
Eragrostis sp.	2.0	1.3	3.2	2.1	5.0	3.3	8.0	5.3	14	9.3
Zea mays (καλαμπόκι)	1.8	1.2	3.2	2.1	5.2	3.5	8.6	5.7	15	10
Trifolium alexandrinum	1.5	1.0	3.2	2.2	5.9	3.9	10	6.8	19	13
Dactylis glomerata	1.5	1.0	3.1	2.1	5.5	3.7	9.6	6.4	12	12
Alopecurus pratensis	1.5	1.0	2.5	1.7	4.1	2.7	6.7	4.5	12	7.9
Trifolium pratense	1.5	1.0	2.3	1.6	3.6	2.4	5.7	3.8	9.8	6.6
Trifolium hybridum	1.5	1.0	2.3	1.6	3.6	2.4	5.7	3.8	9.8	6.6
Trifolium repens	1.5	1.0	2.3	1.6	3.6	2.4	5.7	3.8	9.8	6.6
Trifolium fragiferum	1.5	1.0	2.3	1.6	3.6	2.4	5.7	3.8	9.8	6.6

δεν έχει άλατα θα απορροφήσουν και χρησιμοποιήσουν περισσότερο νερό. Αυτό οφείλεται στο ότι τα φυτά που καλλιεργούνται στο αλατούχο έδαφος, έχουν να υπερνικήσουν εκτός από το δυναμικό του εδαφικού νερού και το οσμωτικό δυναμικό. Τα δύο δυναμικά θεωρείται, ότι ενεργούν προσθετικά για όλους τους πρακτικούς υπολογισμούς. Τα φυτά επομένως πρέπει να καταναλώσουν παραπάνω ενέργεια στα αλατούχα εδάφη.

Για να γίνει κατανοητή η επίδραση της αλατότητας του εδάφους στην διαθεσιμότητα του εδαφικού νερού για τα φυτά, δίνεται το παρακάτω παράδειγμα.

Ένα έδαφος που έχει μέση αλατότητα εδαφικού νερού $E_{cen} = 3$ mmhos/cm, έχει διαθέσιμο για τα φυτά νερό 16,5 εκατ. νερού ανά μέτρο εδάφους, όταν η $E_{cen} = 15$ mmhos/cm, το διαθέσιμο νερό μειώνεται σε 12 εκατ. και όταν $E_{cen} = 30$ mmhos/cm, το διαθέσιμο νερό πέφτει στα 6 εκατ. ανά μέτρο εδάφους. Σ' αυτό το θεωρητικό παράδειγμα εάν η καλλιέργεια έχει σταθερές απαιτήσεις για νερό 6 χιλιοστά την ημέρα τότε για $E_{cen} = 3$ mmhos/cm, το έδαφος μπορεί να εφοδιάζει το φυτό επί 27,5 ημέρες για $E_{cen} = 15$ mmhos/cm, επί 20 ημέρες και για $E_{cen} = 30$ mmhos/cm επί 10 ημέρες. Απ' αυτό το παράδειγμα φαίνεται καθαρά γιατί οι αρδεύσεις πρέπει να γίνονται πιο συχνά, όταν χρησιμοποιείται νερό κακής ποιότητας.

Επειδή τα άλατα και το εδαφικό νερό δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα σε όλο το βάθος του ριζοστρώματος οι ρίζες των φυτών συναντούν διαφορετικές ποσότητες διαθέσιμου νερού ανάλογα με το βάθος που βρίσκονται. Έτσι εκλέγουν και απορροφούν περισσότερο νερό από εκείνο το τμήμα, που υπάρχει περισσότερο διαθέσιμο νερό. Αυτό γενικά είναι το ανώτερο τμήμα του ριζοστρώματος, όπου η επίδραση της όσμωσης είναι μικρότερη.

Όμως η συγκέντρωση των αλάτων στα διάφορα τμήματα του ριζοστρώματος δεν είναι σταθερή στο χρόνο. Αμέσως μετά την άρδευση η συγκέντρωση των αλάτων ευρίσκεται στην ελάχιστη τιμή και η ποσότητα του νερού στη μέγιστη. Οι τιμές των παραμέτρων αυτών αλλάζουν συνεχώς καθώς το νερό καταναλώνεται από τα φυτά και λαμβάνουν την μέγιστη και ελάχιστη τιμή αντίστοιχα λίγο πριν την επόμενη άρδευση. Σε περιόδους μεγάλης εξατμισοδιαπνοής η ταχύτητα του νερού προς τις ρίζες δεν είναι γρήγορη αρκετά για να ικανοποιήσει τις αυξημένες ανάγκες των φυτών, με συνέπεια τα φυτά να υφίστανται τις δυσμενείς συνέπειες σοβαρής υδατικής καταπόνησης. Η επίδραση των αλάτων μαζί με την έλλειψη διαθέσιμου νερού, εάν διατηρηθούν για αρκετό χρονικό διάστημα θα μειώσουν τις αποδόσεις σημαντικά .

2.ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΑΛΚΑΛΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Αλκαλίωση του εδάφους είναι ο προοδευτικός κορεσμός των κολλοειδών του εδάφους με νάτριο.

Οι δυσμενείς επιδράσεις του νατρίου στο έδαφος και τα φυτά αποδίδονται :

A. Στην καταστροφή των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους και ιδιαίτερα στην εναλάττωση της διηθητικότητας του (καταστροφή της δομής) .

B. Στην παρεμπόδιση της απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων (κατιόντα από τα φυτά και ιδιαίτερα του ασβεστίου επειδή το κυρίαρχο ιόν στο εδαφικό διάλυμα και τα κολλοειδή είναι το νάτριο ανταγωνισμός).

Γ. Στην τοξική δράση του νατρίου στους ιστούς των φυτών, όταν απορροφάται σε μεγάλες ποσότητες (τοξικότητα).

2.1 Εκτίμηση του βαθμού αλκαλίωσης (βαθμού μείωσης της διηθητικότητας)

Το SAR του νερού χρησιμοποιείται πολύ συχνά στο χαρακτηρισμό της ποιότητας των αρδευτικών νερών για τη πρόβλεψη, κατά προσέγγιση του ποσοστού του ανταλλάξιμου νατρίου σε σχέση προς τα υπόλοιπα κατιόντα, που είναι προσροφημένο στα κολλοειδή του εδάφους (ESP). Η πρόβλεψη στηρίζεται στην υπόθεση ότι μετά από συνεχή άρδευση με το ίδιο νερό η σύσταση του εδαφικού διαλύματος θα είναι ίδια με εκείνη του νερού.

Τιμές του SAR στο αρδευτικό νερό μεγαλύτερες από 6 έως 9 αναμένεται να δημιουργήσουν προβλήματα στη διηθητικότητα του εδάφους που έχει τύπο αργίλου μοντμοριλονίτη επειδή διογκώνεται και συρρικνώνεται εύκολα .

Η τελική τιμή του SAR επιτυγχάνεται γρηγορότερα με μεγαλύτερη συγκέντρωση διαλυτών αλάτων στο αρδευτικό νερό (Ecn μεγάλο) παρά με μικρότερη. Αντίθετα τα δυσμενή αποτελέσματα μιας υψηλής τιμής ESP θα παρουσιάσουν έντονα σε χαμηλές συγκεντρώσεις ολικών διαλυτών αλάτων (Ecn χαμηλό) και ιδιαίτερα όταν το έδαφος περιέχει μεγάλο ποσοστό αργίλου. Αυτό αποδεικνύει ότι η διογκωση και η διασπορά των κολλοειδών του εδάφους συμβαίνει έντονα, όταν αρδευτικό νερό με μεγάλη συγκέντρωση αλάτων και υψηλή τιμή SAR ακολουθείται από νερό με μικρή συγκέντρωση αλάτων. Στην πράξη αυτό μπορεί να συμβεί, όταν αλατούχο νερό χρησιμοποιείται για συμπληρωματική άρδευση σε μια περιοχή όπου όμως υπάρχει και περίοδος βροχών. Τα δυσμενή αποτελέσματα εκδηλώνονται τότε κατά τη περίοδο των βροχοπτώσεων. Παρόμοια περίπτωση συναντάται σε παραλιακά εδάφη που ήταν πλημμυρισμένα από θαλασσινό νερό, που έχει $EC=60-100\text{mmhos/cm}$ και SAR περίπου 150 και στη συνέχεια γίνεται έκπλυση με βρόχινο νερό.

Ο κίνδυνος αλκαλίωσης και επομένως ο κίνδυνος μείωσης της διηθητικότητας του εδάφους συνδέεται επίσης με την περιεκτικότητα του αρδευτικού νερού σε ανθρακικά και όξινα ανθρακικά ανιόντα που δεν περιλαμβάνονται στο SAR . Εάν οι συγκεντρώσεις των ανιόντων αυτών είναι σημαντικές μπορούν να οδηγήσουν στην απομάκρυνση του ασβεστίου και μαγνησίου αυξάνεται η αναλογία του νατρίου στο εδαφικό διάλυμα και μαζί ο κίνδυνος αλκαλίωσης του εδάφους. Στο εδαφικό διάλυμα κυριαρχούν το ανθρακικό νάτριο και το όξινο ανθρακικό νάτριο και η αλκαλικότητα του εδάφους (ύψωση του σε PH σε αλκαλικές τιμές) είναι μεγάλη $PH= 9-10$. Στην περίπτωση αυτή η τιμή του SAR μας δίνει, παραπλανητικά πολύ ευνοϊκή εικόνα της κατάστασης.

Στο αμερικάνικο σύστημα ταξινόμησης η επίδραση των ανθρακικών και όξινων ανθρακικών ιόντων στη διηθητικότητα του εδάφους εκτιμάται ξεχωριστά με το <υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο> (RSC).

Οι δύο παράγοντες SAR και RSC χρησιμοποιούνται ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο για το προσδιορισμό του κινδύνου της μείωσης της διηθητικότητας του εδάφους αν και συμβαίνουν σπουδαίες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ιόντων που χρησιμοποιούν. Ο τρόπος που αναπτύχθηκε παραπάνω χρησιμοποιείται σε πολλά μέρη του κόσμου όπως και στην Ελλάδα παρά τα αδύνατα σημεία που έχει με διάφορους βαθμούς επιτυχίας.

Πρόσφατες, έρευνες προτείνουν νέες μεθόδους για την εκτίμηση του βαθμού μείωσης της περατότητας του εδάφους από τα αρδευτικά νερά. Οι μέθοδοι αυτοί λαμβάνουν υπόψη και τις πιθανές αλλαγές της σύστασης του αρδευτικού νερού, που αναμένεται να γίνουν στο έδαφος από ορισμένους συνδυασμούς αλάτων όπως η διάλυση ανθρακικού ασβεστίου από το έδαφος ή η καθίζηση του ανθρακικού ασβεστίου του νερού.

Πρέπει να αναφερθεί ότι και η πολύ μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού ($E_{cv} < 0,2-0,5 \text{ mmhos/cm}$) συχνά οδηγεί σε μείωση της διηθητικότητας του εδάφους, επειδή όλο το ασβέστιο των επιφανειακών εδαφικών στρωμάτων διαλύεται εύκολα και απομακρύνεται προς τα κατώτερα στρώματα με αποτέλεσμα την διασπορά των κολλοειδών του εδάφους. Το ασβέστιο είναι σπουδαίος συνδετικός παράγοντας των κολλοειδών του εδάφους.

2.2 Αντιμετώπιση του προβλήματος της αλκαλίωσης από τα υφάλμυρα νερά

Τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την αποφυγή ή βελτίωση των αλκαλιωμένων εδαφών από τα κακής ποιότητας αρδευτικά νερά και για την μεταβολή ή αποφυγή των δυσμενών επιπτώσεων στη διηθητική ικανότητα του εδάφους είναι χημικά και φυσικά.

Οι προτεινόμενες μέθοδοι που διατηρούν ή επιφέρουν ευνοϊκές χημικές αλλαγές στο έδαφος ή το αρδευτικό νερό είναι:

- Η χρησιμοποίηση βελτιωτικών ουσιών του εδάφους και του νερού (κυρίως γύψο).
- Η χρησιμοποίηση καλύτερης ποιότητας νερού, εάν είναι διαθέσιμο (ανάμειξη αρδευτικών νερών).

Οι φυσικές μέθοδοι περιλαμβάνουν διάφορες καλλιεργητικές τεχνικές που συμβάλλουν στην αύξηση της διηθητικότητας ή τη μείωση της απορροής του νερού από την επιφάνεια του εδάφους και παρέχουν έτσι περισσότερο χρόνο στο νερό για να εισχωρήσει και αποθηκευτεί στο έδαφος. Αυτές είναι:

- Οι αρδεύσεις να γίνονται κατά συχνότερα διαστήματα.
- Η αύξηση της διάρκειας άρδευσης.
- Η άρδευση κατά τη χαμηλότερη κλίση του εδάφους.
- Η συλλογή και ξαναχρησιμοποίηση του νερού που απορρέει.
- Ο συντονισμός του ύψους βροχής και της ταχύτητας διήθησης του νερού στο έδαφος στη μέθοδο του καταιονισμού.
- Η χρησιμοποίηση οργανικών υπολειμμάτων.
- Χρησιμοποίηση υπεδαφοκαλλιεργητή.

3. ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ

Τοξικότητα παρουσιάζεται όταν τα καλλιεργούμενα φυτά απορροφούν και συσσωρεύουν ορισμένα ιόντα στους ιστούς τους (κυρίως φύλλα) σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες από εκείνες που απαιτούνται για τη φυσιολογική λειτουργία του φυτού. Τοξικότητα μπορεί να παρουσιασθεί ανεξάρτητα από την αλατότητα ή αλκαλίωση του εδάφους. Τα στοιχεία του αρδευτικού νερού που ενδιαφέρουν όσον αφορά στις

τοξικότητες είναι το νάτριο, το χλώριο, και το βόριο. Η τοξικότητα βορίου παρουσιάζει περιορισμένο ενδιαφέρον για της Ελληνικές συνθήκες.

3.1 Αντιμετώπιση των προβλημάτων της τοξικότητας.

Όπως αναφέρθηκε τοξικότητες συμβαίνουν ακόμη και όταν το αρδευτικό νερό έχει σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις στα επιβλαβή ιόντα. Εάν πρόκειται να καλλιεργηθούν ευαίσθητα φυτά πρέπει να λαμβάνονται ορισμένα μέτρα που είτε ελαττώνουν τη τοξική συγκέντρωση των ιόντων είτε εξουδετερώνουν μερικά τις υπάρχουσες συγκεντρώσεις. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα παρακάτω μέτρα:

- Οι αρδεύσεις να γίνονται πιο συχνά.
- Να χρησιμοποιείται επαρκής ποσότητα νερού για έκπλυση.
- Στη περίπτωση τοξικότητας νατρίου να χρησιμοποιείται καλύτερη γύψος.
- Εάν υπάρχει δυνατότητα, πρέπει να χρησιμοποιείται καλύτερη ποιότητα νερού, ή να γίνεται ανάμειξη του υφάλμυρου με καλό νερό.

Στην δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται:

- Η χρησιμοποίηση φυτών, ποικιλιών ή υποκειμένων λιγότερο ευαίσθητων στη δεδομένη τοξικότητα του νατρίου ή χλωρίου.
- Η χρησιμοποίηση περισσότερο αζώτου για την αύξηση των αποδόσεων ιδιαίτερα στα εσπεριδοειδή.
- Η καλύτερη χρησιμοποίηση του αρδευτικού νερού που υπάρχει με την αύξηση του βαθμού έκπλυσης, τη περιοδική έκπλυση, την ισοπέδωση και τη τεχνητή στράγγιση.
- Ειδική μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται όταν η άρδευση γίνεται με τεχνητή βροχή.

4. ΤΑ ΕΔΑΦΗ ΤΟΥ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Σύμφωνα με μελέτη του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών γίνεται η παρακάτω γενική κατάταξη των εδαφών του Αργολικού πεδίου:

1. Αυτόχθονα εδάφη. Στις πλαγιές των ασβεστολιθικών όγκων λόγω αποσάθρωσης αναπτύχθηκαν εδάφη που καταλαμβάνουν σημαντικές εκτάσεις στο ΒΔ τμήμα της πεδιάδας.
2. Αλλουβιακά εδάφη. Τα εδάφη που αναπτύχθηκαν πάνω στις αποθέσεις χειμάρρων που διαρρέουν την πεδιάδα. Οι αποθέσεις αυτές παρουσιάζονται αδρομερείς κοντά στις εισβολές των χειμάρρων στην πεδιάδα, συνίστανται κυρίως από κροκάλες, χαλίκια και άμμους και γίνονται πιο λεπτόκοκκες στο κέντρο της πεδιάδας.
3. Κολλουβιακά εδάφη. Τα εδάφη αυτά έχουν έντονο ερυθρό χρώμα, περιέχουν σημαντικό ποσοστό λατύπων από ασβεστόλιθους και αργίλους ενώ συμπαγής

ασβεστόλιθος συναντάται σε μικρό βάθος. Είναι προϊόντα της δράσης των κατερχόμενων από τα όρη μικρών χειμάρρων. Καταλαμβάνουν μικρή σχετικά έκταση του Αργολικού πεδίου.

4.1 Εδαφικοί τύποι

Τα εδάφη της Αργολικής πεδιάδας διαχωρίζονται στους ακόλουθους εδαφικούς τύπους:

1. Αργιλώδη εδάφη (C-SIC)	85575 στρ.
2. Αργιλοπηλώδη εδάφη (CL)	63025 στρ.
3. Πηλώδη (L)	43825 στρ.
4. Κονιορτώδη (SIL-SICL)	42850 στρ.
5. Αμμοπηλώδη (SL)	57550 στρ.

Στο χάρτη φαίνονται οι εδαφικοί τύποι του Αργολικού πεδίου.

4.1.2 Καλλιεργητικές ομάδες των εδαφών

Όσον αφορά τις καλλιεργητικές δυνατότητες των εδαφών του Αργολικού πεδίου, πραγματοποιήθηκε εδαφολογική μελέτη του Υπουργείου Γεωργίας και της Γεωπονικής Σχολής από την οποία προέκυψε ομαδοποίηση των εδαφών κατά τρόπο που η συμπεριφορά τους σε καλλιεργητική μεταχείριση και πρακτική να είναι όμοια..

Ομάδα Α₁Ε. Εδάφη με μέση κοκκομετρική σύσταση, πολύ καλά αποστραγγιζόμενα (Α), Entisols. Εδώ ανήκουν τα περισσότερο χονδρόκοκα εδάφη της περιοχής και χαρακτηρίζονται από εδαφοτομή που εμφανίζει συνθήκες πολύ καλής στράγγισης και έχει μέση μηχανική σύσταση πηλώδη (L) μέχρι και αργιλοπηλώδη (CL). Η δομή είναι γενικά ευνοϊκή, χωρίς να παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα για την απρόσκοπτη ανάπτυξη των φυτών. Είναι εδάφη κατάλληλα για όλα τα καλλιεργούμενα φυτά που ευδοκιμούν στην περιοχή χωρίς κανένα άλλο περιορισμό εκτός από την ποιότητα του νερού, προκειμένου για άρδευση και την ανάγκη κανονικού προγράμματος λίπανσης. Η έκταση που καταλαμβάνουν είναι σχετικά μικρή (5306 στρ.) και είναι διάσπαρτα ανάμεσα σε άλλες κατηγορίες εδαφών.

Ομάδα Α₂Ε. Εδάφη μετρίως λεπτόκοκα, πολύ καλά ως καλά αποστραγγιζόμενα (Α-β), Entisols. Χαρακτηρίζονται από εδαφοτομή που εμφανίζει συνθήκες πολύ καλής στράγγισης και έχει κοκκομετρική σύσταση κυρίως αργιλοπηλώδη (CL) και αμμοαργιλοπηλώδη (SCL). Με την εφαρμογή ενός κανονικού προγράμματος λίπανσης δεν υπάρχει κανείς περιορισμός για την γεωργική ανάπτυξη της περιοχής εκτός από την ποιότητα του νερού. Η έκταση που καταλαμβάνουν είναι σημαντική (19.202 στρέμματα) περίπου το 12% των πεδινών.

Ομάδα Α₃Ε. Εδάφη μετρίως λεπτόκοκα και ατελώς αποστραγγιζόμενα (C,D), Entisols. Είναι λεπτόκοκα με εδαφοτομή που εμφανίζει συνθήκες ατελούς ή κακής στράγγισης. Τα εδάφη αυτά παρουσιάζουν σοβαρούς περιορισμούς στην καλλιέργεια φυτών που είναι ευαίσθητα στην υγρασία. Η έκταση που καταλαμβάνουν είναι (17.078 στρέμματα) περίπου 10% των πεδινών περιοχών και γενικά εντοπίζονται στα χαμηλότερα σημεία του πεδίου και ειδικότερα στην περιοχή της Νέας Κίου.





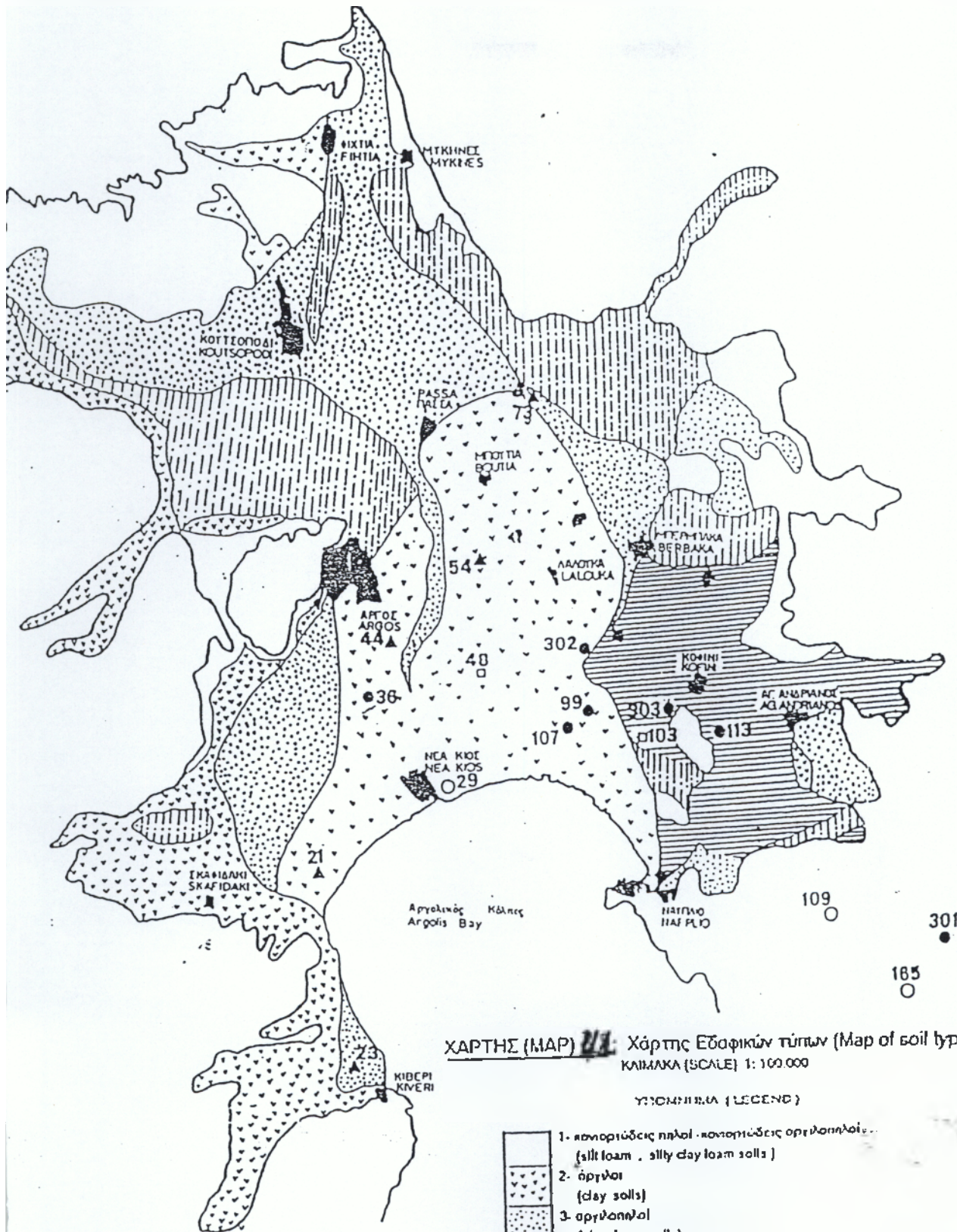
Διαγραμματική κατανομή των εδαφών του Αργολικού πεδίου

11-3

- I₁ = Incerptsols, alluvium (αλλουβιακά), S₂
- I₂ = Incerptsols, indigenious (αυτόχθονα), N₂
- A = Alfisols, alluvium (αλλουβιακά), S₁
- E₁ = Entisols, alluvium (αλλουβιακά), S₁
- E₂ = Entisols, poorly drained (κακώς αποστραγγιζόμενα), S₂
- E₃ = Entisols residual (αυτόχθονα), N₂

Για Εσπεριδοειδή

- S₁ : Πολύ κατάλληλα
- S₂ : Μέτρια κατάλληλα
- S₃ : Λίγα κατάλληλα
- S₄ : Τελείως ακατάλληλα



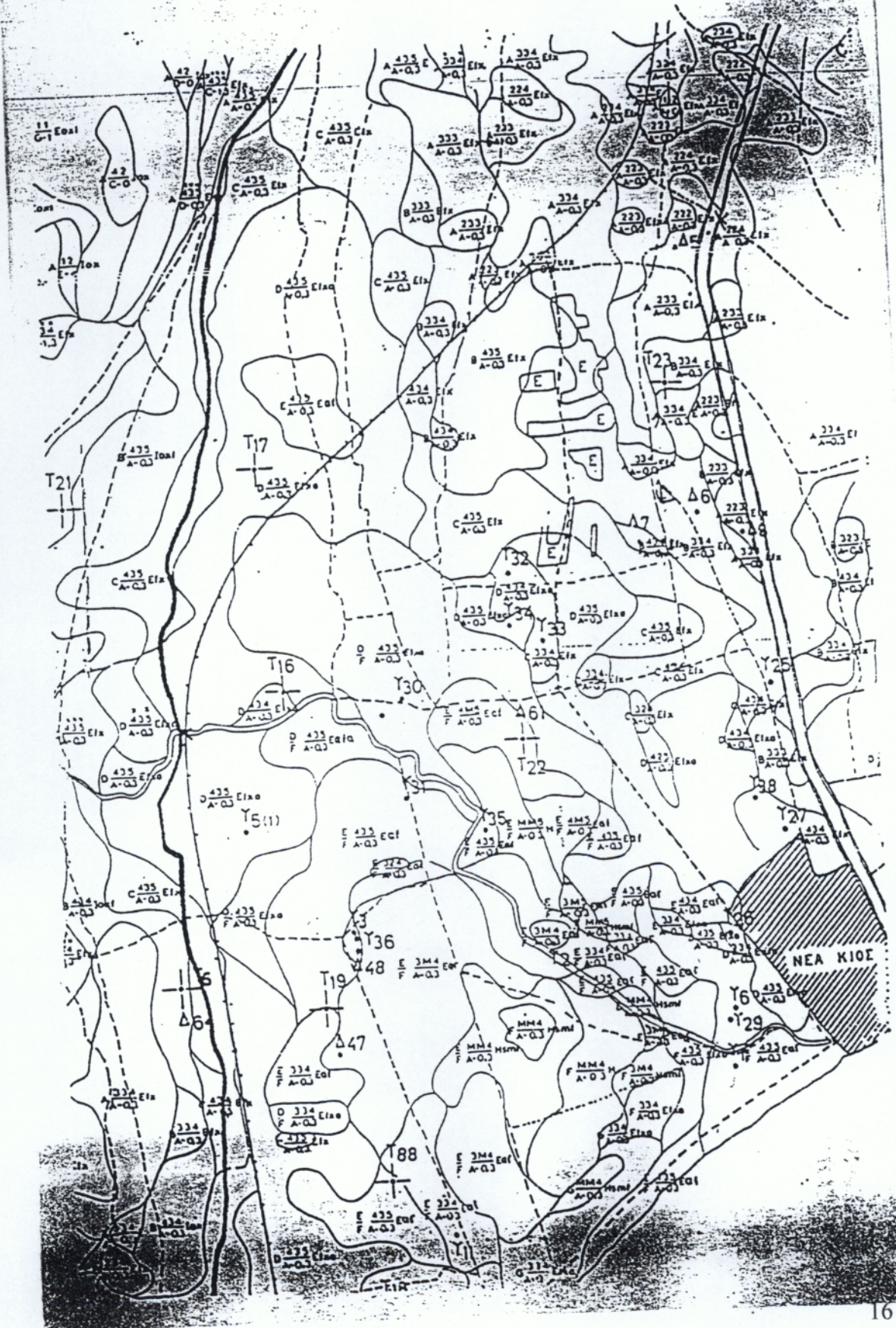
ΧΑΡΤΗΣ (MAP) 111 Χάρτης Εδαφικών τύπων (Map of soil types)
ΚΑΙΜΑΚΑ (SCALE) 1:100.000

ΥΠΟΜΝΗΜΑ (LEGEND)

- | | |
|--|--|
| | 1. αμμοριώδεις ηλλοί - κοκκοριώδεις αργιλοηλλοί
(silt loam - silty clay loam soils) |
| | 2. ήργλοι
(clay soils) |
| | 3. αργιλοηλλοί
(clay loam soils) |
| | 4. ηλλοί
(loam soils) |
| | 5. αμμοηλλοί
(sandy loam soils) |

○ ▲ □ ● : Θέσεις δειγματοληψίας εδαφών
(Soil sampling sites)

ΤΜΗΜΑ ΛΕΠΤΟΜΕΡΟΥΣ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΤΟΥ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ



Ομάδα A₄ E. Εδάφη λεπτόκοκκα, κακώς αποστραγγιζόμενα, με μόνιμη στάθμη ύδατος σε μικρό βάθος (E, E/F, F, G), που εμφανίζει συνθήκες κακής στράγγισης καθώς και μόνιμη στάθμη ύδατος αρκετά ρηχά 50-80 cm από την επιφάνεια. Σαν αποτέλεσμα τα εδάφη αυτά παρουσιάζουν έντονα χαρακτηριστικά αλατούχων –αλκαλικών εδαφών που επιτείνονται από την γειτνίαση τους με τη θάλασσα. Έχουν όπως όλα τα αλατούχα, καλή δομή και ικανοποιητική υδραυλική αγωγιμότητα οπότε αν λυθεί το πρόβλημα της στάθμης του ύδατος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εντατική γεωργική εκμετάλλευση. Πάντως ακόμα και σ'αυτήν την κατάσταση τα λιγότερο επηρεασμένα χρησιμοποιούνται για καλλιέργεια επιπολαιόριζων λαχανικών, σχετικά ανθεκτικών στα άλατα και ιδιαίτερα αγκινάρας που σημειώνει ικανοποιητικές αποδόσεις. Η έκταση που καταλαμβάνουν είναι 8.063 στρέμματα περίπου το 5% των πεδινών.

Ομάδα A₅E. Εδάφη μετρίως λεπτόκοκκα και λεπτόκοκκα, πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα με χαλίκια, entisols.

Εδώ ανήκουν εδάφη που έχουν χαλίκια στην επιφάνεια και σε βαθύτερους ορίζοντες. Γενικά παρουσιάζουν τα ίδια χαρακτηριστικά με εκείνα των εδαφών άλλων ομάδων (π.χ. A₂E) εκτός από το κύριο χαρακτηριστικό τους, την ύπαρξη χαλικιών. Η ιδιότητα τους α είναι πολύ σημαντική, γιατί τα χαλίκια, έχοντας μικρότερη θερμοχωρητικότητα από τα άλλα συστατικά του εδάφους, θερμαινόμενα από την ηλιακή ενέργεια χάνουν τη θερμότητά τους σχετικά βραδύτερα με αποτέλεσμα τη δημιουργία συνθηκών που ευνοούν την πρωιμότητα. Τα χαλίκια επίσης δημιουργούν συνθήκες που ευνοούν μεγαλύτερες ταχύτητες διηθήσεως του ύδατος μετριάζοντας έτσι τις δυσμενείς επιπτώσεις της λεπτής κοκκομετρικής σύστασης, όπου υπάρχει

Ομάδα A₆ EI. Εδάφη λεπτόκοκκα, πολύ καλώς (A) ή καλώς (B) αποστραγγιζόμενα, Entisols ή Inceptisols.

Είναι εδάφη με κοκκομετρική σύσταση αργιλλοπηλώδη (CL) και αργιλώδη (C). Η δομή παρουσιάζει μεγάλη παραλλακτικότητα και είναι γενικά ευνοϊκή με εξαίρεση τις περιπτώσεις που υπάρχει συμπαγής στρώση. Το χαρακτηριστικό αυτό σε συνδυασμό με την αργιλώδη κοκκομετρική σύσταση αποτελούν περιοριστικούς παράγοντες που επιβάλλουν ιδιαίτερη προσοχή στο σύστημα άρδευσης και το ρυθμό εφαρμογής του νερού ιδίως στις φυτείες των εσπεριδοειδών. Καταλαμβάνουν συνολικά 59.176 στρέμματα περίπου το 36% των πεδινών εκτάσεων.

Ομάδα A₇A. Εδάφη λεπτόκοκκα πολύ καλά αποστραγγιζόμενα, Alfisols. Αποτελούν ποσοστό 7,5% περίπου των πεδινών εδαφών (12291 στρ.). Είναι εδάφη με επιφάνεια αργιλλοπηλώδη (CL) ή αμμοαργιλλοπηλώδη (SCL) και κατώτερα στρώματα αμμοαργιλώδη (SC) ή αργιλώδη 9C στους αργιλικούς ορίζοντες). Ο αργιλικός ορίζοντας έχει σχηματιστεί αρκετά ψηλά 30-60 cm από την επιφάνεια, αλλά στη μεγαλύτερη έκταση των Alfisols η διάβρωση έχει φέρει τον ορίζοντα αυτόν στην επιφάνεια. Η συνεκτικότητα αυτού του ορίζοντα είτε είναι στην επιφάνεια είτε βαθύτερα, προκαλεί ορισμένες δυσχέρειες στην καλλιέργεια.

Ομάδα A₈H. Ορεινά-λοφώδη εδάφη. Τα εδάφη αυτά καταλαμβάνουν τα λοφώδη τμήματα γύρω από το Αργολικό πεδίο. Χαρακτηριστικό αυτών των εδαφών είναι το σχετικά μικρό βάθος εδάφους, η έντονη διάβρωση και το συμπαγές μητρικό υλικό. Τα χαρακτηριστικά αυτά σε συνδυασμό με το ξηρό κλίμα και τη δυσμενή τοπογραφία

αποτελούν σοβαρούς περιοριστικούς παράγοντες για την ανάπτυξη των διαφόρων καλλιεργειών.

4.1.3 Εναπόθεση και έκπλυση των αλάτων

Τα τελευταία 30 χρόνια χρησιμοποιήθηκαν για άρδευση, τουλάχιστον σποραδικά, υπόγεια νερά βεβαρημένα με άλατα καθώς επίσης από το 1979 και μετά, και νερό των πηγών Κιβερίου με περιεκτικότητα σε NaCl που όπως διαπιστώθηκε μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 5-15 meq/l.

Στο εγγύς μέλλον προγραμματίζεται η χρησιμοποίηση των θερινών παροχών των πηγών Κιβερίου (γύρω στα $150 \times 10^6 \text{ m}^3$) για την άρδευση του Αργολικού πεδίου πράγμα που θα πολλαπλασιάσει την πιθανότητα υποβάθμισης των εδαφών του λόγω αλάτωσης τους. Για τους παραπάνω λόγους διαμορφώθηκε το πρόγραμμα «Βελτίωσης και προστασίας των εδαφών του Αργολικού πεδίου», στα πλαίσια του οποίου περιλαμβάνονται ο προσδιορισμός των σημερινών χαρακτηριστικών των εδαφών, ιδιαίτερα προς την αλατότητα και την αλκαλικότητα τους και ο καθορισμός του ισοζυγίου των αλάτων των εδαφών που αρδεύονται με νερό των πηγών Κιβερίου. Από το πρόγραμμα αυτό προκύπτουν τα ακόλουθα :

- Τα εδάφη του Αργολικού πεδίου όπως προέκυψε από τις αναλύσεις των δειγμάτων τους δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως αλατούχα. Εξαιρεση αποτελούν ορισμένα παραλιακά εδάφη όπου η στάθμη του υπόγειου νερού είναι υψηλή και η περιεκτικότητά τους σε άλατα κυμαίνεται από πολύ μικρή μέχρι μέση και αυξάνεται καθώς η ποιότητα του νερού άρδευσης χειροτερεύει. Έτσι στα εδάφη που ποτίζονται με καλής ποιότητας νερό και νερό του Αναβάλου η περιεκτικότητά τους σε άλατα μπορεί να χαρακτηριστεί πολύ μικρή ως μικρή, ενώ στα εδάφη που χρησιμοποιείται νερό με μέση η υψηλή περιεκτικότητα σε χλώριο η συγκέντρωση των αλάτων είναι μικρή ως μέση. Τα ο γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι πολύ σπάνια οι γεωργοί της Αργολίδας χρησιμοποιούσαν νερό ιδιαίτερα βεβαρημένο με άλατα και επίσης στο ότι συνήθως το ύψος άρδευσης ήταν τόσο μεγάλο ώστε να εξασφαλίζει κάποια σχετική έκπλυση των εδαφών. Από τη σύγκριση των προσδιορισμών της περιεκτικότητας σε διαλυτά άλατα που είχαν γίνει το 1963 με τους σημερινούς μπορούμε να πούμε ότι γενικά υπάρχει κάποια αύξηση όσον αφορά την περιεκτικότητα των εδαφών σε άλατα.

- Παρατηρείται μια μικρή επιβάρυνση των εδαφών σε άλατα αν συγκρίνει κανείς την περιεκτικότητά τους αμέσως πριν την έναρξη των αρδεύσεων και αμέσως μετά το πέρας των αρδεύσεων. Όμως η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ δύο διαδοχικών Ανοιξέων ή δύο διαδοχικών Φθινοπώρων εμφανίζει τόσο μικρές διαφορές ώστε να μην μπορεί κανείς να βγάλει το συμπέρασμα ότι παρατηρείται σταδιακή αύξηση της περιεκτικότητας σε άλατα. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι η συσσώρευση αλάτων κατά την αρδευτική περίοδο είναι σχετικά μικρή, εξαιτίας της έκπλυσής τους από το νερό άρδευσης. Κατά συνέπεια οι βροχοπτώσεις που ακολουθούν είναι σε θέση να εξαφανίσουν τις διαφορές όσον αφορά την περιεκτικότητα των εδαφών σε άλατα στη διάρκεια των ετών.

- Από τους προσδιορισμούς των υδατοδιαλυτών Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ φαίνεται ότι τα εδάφη του Αργολικού πεδίου δεν διατρέχουν κινδύνους αλκαλίωσης και αυτό είναι αναμενόμενο

δεδομένου ότι τα εδάφη είναι ως επί το πλείστον πλούσια σε ασβέστιο και η επιβάρυνση τους σε νάτριο είναι περιορισμένη.

5. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

Για να προλάβουμε τη μείωση της εδαφικής περατότητας από τη χρήση νερού κακής ποιότητας ή να αποκαταστήσουμε αυτή, μπορούμε να εφαρμόσουμε χημικές και φυσικές μεθόδους. Οι χημικές μέθοδοι προκαλούν μια χρήσιμη αλλαγή στη χημεία εδάφους και νερού. Οι φυσικές μέθοδοι περιλαμβάνουν ένα σύνολο καλλιεργητικών πρακτικών που σκοπό έχουν την αύξηση της διηθητικότητας.

5.1 Χρήση βελτιωτικών εδάφους

Αν το Na στο αρδευτικό νερό μειωθεί ή το Ca και το Mg αυξηθούν τότε θα έχουμε βελτίωση της εδαφικής περατότητας. Σήμερα δεν υπάρχει τρόπος χαμηλού κόστους μετακίνησης των αλάτων Na από το αρδευτικό νερό. Μπορούμε όμως να προσθέσουμε χημικές ενώσεις τόσο στο έδαφος όσο και στο νερό για να αυξηθεί το Ca και να βελτιωθεί η αναλογία Na προς Ca.

Κοκκώδης γύψος εφαρμόζεται επιφανειακά στα εδάφη σε τιμές 0,2-4 t/στρ. Όπου τα προβλήματα Na είναι σοβαρά μπορούν να χρησιμοποιηθούν 4 t/στρ. Αν το πρόβλημα περατότητας είναι κύρια στην επιφάνεια του εδάφους ή αναμειχθεί με το έδαφος σε μικρό βάθος.

Η εφαρμογή του γύψου στο νερό απαιτεί μικρότερες ποσότητες από εκείνες του εδάφους. Οι γυψώσεις νερού είναι ιδιαίτερα αποδοτικές με νερό χαμηλής αλατότητας ($EC < 0,5$ mmhos/cm) ενώ είναι λιγότερο αποδοτικές με νερό μεγάλης αλατότητας λόγω της χαμηλής διαλυτότητας του γύψου. Η εφαρμοζόμενη γύψος στο νερό είναι λεπτή (25 mm ή λεπτότερη) και προστίθεται σε σταθερή τιμή κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, εμπλουτίζεται δε το νερό με 1-4 meq/l Ca.

Η εκλογή ενός βελτιωτικού πρέπει να στηριχθεί στην αποδοτικότητα, το κόστος και την ασφάλεια χρήσης του. Ο παρακάτω πίνακας δίνει ορισμένα κοινά βελτιωτικά καθώς και την ισοδυναμία τους με ένα τόνο γύψου καθαρότητας 100%. Τα χημικά εδαφοβελτιωτικά πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο όταν χρειάζονται και τα αποτελέσματα να δικαιολογούν τη χρήση τους και όχι απλώς να ελπίζουμε για κάτι καλό. Τα βελτιωτικά αυτά κοστίζουν αρκετά. Ίσως είναι χρήσιμη η εφαρμογή τους εκεί που η εδαφοπερατότητα είναι μικρή λόγω χαμηλής αλατότητας, υπερβολικού Na ή CO_3 στο νερό. Δεν είναι όμως χρήσιμα αν η μικρή περατότητα οφείλεται σε πρόβλημα υφής ή συμπίεσης του εδάφους σε αδιαπέραστες στρώσεις ή υψηλή υπόγεια στάθμη νερού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 : Βελτιωτικά εδάφους και νερού και η σχετική τους αποτελεσματικότητα στην παροχή Ca

**Βελτιωτικό
με 1 τόνο Ca**

Ισοδύναμοι τόνοι βελτιωτικού

Γύψος ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	1,00
Θείο (S)**	0.19
Θεικό οξύ ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)*	0.61
Χλωριούχο ασβέστιο ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)*	0.86
Νιτρικό ασβέστιο ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)*	1,06

* κατάλληλο για χρήση σε έδαφος και νερό

** κατάλληλο για χρήση στο έδαφος

5.2 Συχνότερες αρδεύσεις

Οι συχνότερες αρδεύσεις έχουν σαν αποτέλεσμα υψηλή υγρασία. Η υγρασία αυτή θα διατηρήσει μια χαμηλότερη τιμή προσρόφησης Na επειδή η διάλυση ευνοεί την προσρόφηση του Ca και Mg σε σχέση με το Na και οι απώλειες λόγω καθίζησης θα είναι ελάχιστες. Οι καθιζήσεις συμβαίνουν ιδιαίτερα στο χρονικό διάστημα μεταξύ των αρδεύσεων όταν έχουμε νερό με πολύ HCO_3 και υψηλή τιμή προσρόφησης Na, οπότε έντονες πτώσεις υγρασίας πιστεύεται ότι κατακρημνίζουν αξιόλογες ποσότητες Ca.

5.3 Επιφανειακή καλλιέργεια και βαθύ όργωμα

Μια άλλη αποτελεσματική αλλά προσωρινή λύση του προβλήματος περατότητας είναι η καλλιέργεια και το βαθύ όργωμα του εδάφους. Καλλιεργώντας το έδαφος αυξάνεται η τραχύτητα του και βελτιώνεται η διείσδυση του νερού εντός αυτού έστω και για μικρό χρονικό διάστημα. Το βαθύ όργωμα μπορεί να βελτιώσει τη διεισδυτικότητα για μια-δύο αρδεύσεις μόνο, επειδή τα περισσότερα προβλήματα περατότητας εμφανίζονται στην επιφάνεια του εδάφους ή κοντά σε αυτήν οπότε γρήγορα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση ύστερα από λίγες αρδεύσεις. Ακόμη όμως κι αν δεν έχει μόνιμα αποτελέσματα θα βελτιώσει την κατάσταση αρκετά για να δημιουργήσει μια αξιόλογη διαφορά στην απόδοση.

Το βαθύ όργωμα σε οπωρώνες γίνεται πριν από τη φύτευση ή κατά τη διάρκεια του λήθαργου όταν το κόψιμο των ριζών είναι λιγότερο επιζήμιο. Επίσης πρέπει να γίνεται όταν τα εδάφη είναι αρκετά ξερά για να θρυμματιστούν και να ρηγματωθούν. Αν γίνει σε βρεγμένο έδαφος αυξάνεται η συμπίεση και αναμένονται προβλήματα αερισμού και περατότητας.

Με νερά χαμηλής αλατότητας ($\text{EC} < 0,5 \text{ mmhos/cm}$) το πρόβλημα περατότητας εμφανίζεται συνήθως στα λίγα επιφανειακά εκατοστά. Μια επιφανειακή κρούστα ή ένα σχεδόν

αδιαπέραστο επιφανειακό έδαφος είναι το τυπικό χαρακτηριστικό. Η καλλιέργεια μπορεί να σπάσει την επιφανειακή κρούστα να τραχύνει το έδαφος και να ανοίξει ρωγμές που θα διευκολύνουν τη διήθηση του νερού.

5.4 Αύξηση του χρόνου εφαρμογής του νερού

Η αύξηση του χρόνου άρδευσης για να επιτύχουμε την επιθυμητή διείσδυση έχει ορισμένα όρια, επειδή μπορούν να προκληθούν προβλήματα κορεσμού, αερισμού, υπερβολικής απορροής και στράγγισης. Εφαρμόζοντας όμως παράλληλα και τεχνικές όπως μείωση της αρδευτικής παροχής και ελάττωση της κλίσης του χωραφιού ίσως κατορθώσουμε να δώσουμε αρκετό νερό στο έδαφος. Μια προάρδευση μπορεί να διαρκέσει αρκετά, ώστε να φέρουμε την υγρασία στην υδατοικανότητα χωρίς κίνδυνο για την καλλιέργεια και ίσως είναι μερικές φορές η μόνη ευκαιρία για να βρέξουμε το βαθύτερο τμήμα της ριζικής ζώνης.

5.5 Αλλαγή της διεύθυνσης ροής προς την μικρότερη κλίση

Αυτό υιοθετείται ιδιαίτερα στις αρδεύσεις με αυλάκια και λωρίδες όπου η διεύθυνση ροής μπορεί να αλλάξει σ'εκείνη με τη μικρότερη κλίση. Η αλλαγή αυτή αυξάνει το χρόνο άρδευσης και συνεπώς το χρόνο διήθησης του νερού.

5.6 Προσαρμογή του ύψους βροχής των καταιονιστήρων σύμφωνα με τη διηθητικότητα του εδάφους

Σχεδιάζοντας ένα δίκτυο άρδευσης με καταιονισμό θα πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερο βάρος στην ένταση βροχής των εκτοξευτήρων σε σχέση με τη διηθητικότητα του εδάφους, έτσι ώστε να αποφύγουμε το λίμνασμα ή την απορροή του νερού. Αν όμως διαπιστωθεί κάτι τέτοιο φαινόμενο θα πρέπει να επέμβουμε διορθωτικά. Μια εναλλακτική λύση είναι το σταμάτημα της άρδευσης όταν αρχίζει η απορροή και η συνέχιση της αργότερα έως ότου δώσουμε το νερό που πρέπει στην καλλιέργεια.

5.7 Χρήση οργανικών υπολειμμάτων

Υπολείμματα των καλλιεργειών ενσωματωμένα στο έδαφος βελτιώνουν συχνά τη διείσδυση. Τα ινώδη υπολείμματα των σιτηρών βελτιώνουν τη διεισδυτικότητα ενώ τα υπολείμματα των οσπρίων όχι. Γενικά η επιστροφή των οργανικών υπολειμμάτων στο έδαφος θεωρείται ευεργετική γιατί βοηθάει στη διατήρηση της δομής και επιστρέφει ορισμένα συστατικά στο έδαφος.

6. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

6.1 Μέθοδοι εκτίμησης της ποιότητας του αρδευτικού νερού

Για να εκτιμήσει κανείς την ποιότητα του αρδευτικού νερού χρειάζεται μια πλήρης χημική ανάλυση όπως δείχνεται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1

Εργαστηριακός Προσδιορισμός	Συμβολισμός	Μονάδες
Ασβέστιο	Ca	meq/l
Μαγνήσιο	Mg	meq/l
Νάτριο	Na	meq/l
Ανθρακικά	CO ₃	meq/l
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	EC	mmhos/cm
Δισανθρακικά	HCO ₃	meq/l
Χλώριο	CL	meq/l
Θειικά	SO ₄	meq/l
Βόριο	B	mg/l
Νιτρικό άζωτο	NO ₃ -N	mg/l
Οξύτητα-Αλκαλικότητα	PH	

Η αλατότητα του νερού δηλαδή η συνολική συγκέντρωση διαλυτών αλάτων αποτελεί σπουδαίο κριτήριο καταλληλότητας του νερού για άρδευση. Η αλατότητα εκφράζεται σε mmhos/cm στους 25 c (ηλεκτρική αγωγιμότητα) ή σαν συγκέντρωση αλάτων σε mg/l ή ppm.

Με βάση το κριτήριο της αλατότητας τα αρδευτικά νερά ταξινομούνται σε 5 κατηγορίες καταλληλότητας.

1.Κατηγορία C1. Νερά χαμηλής αλατότητας, με ηλεκτρική αγωγιμότητα EC<250 mmhos/cm στους 25 c.

2.Κατηγορία C2. Νερά μέτριας αλατότητας, με ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 250-750 mmhos/cm ή 200-500 ppm

3.Κατηγορία C3. Νερά μέσης αλατότητας, με ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 750-2250mmhos/cm ή 500-1500 ppm.

4.Κατηγορία C4. Νερά υψηλής αλατότητας, με ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 2250-4000 mmhos/cm ή 1500-2500 ppm.

5.Κατηγορία C5. Νερά πολύ υψηλής αλατότητας, με ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 4000-6000 mmhos/cm ή 2500-4000 ppm.

6.2 Συνθήκες που επηρεάζουν την καταλληλότητα του αρδευτικού νερού

Η εκτίμηση της καταλληλότητας ενός αρδευτικού νερού δεν στηρίζεται απλά και μόνο σε κάποια μέθοδο εκτίμησης της ποιότητας του. Αντίθετα είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες χρησιμοποιείται. Οι συνθήκες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την τελική εκτίμηση είναι:

6.2.1 Κλίμα

Το ύψος της βροχόπτωσης είναι σημαντικός παράγοντας για την έκπλυση των εδαφών από τα άλατα που συσσωρεύτηκαν κατά την περίοδο. Σε υγρές περιοχές όπου η άρδευση γίνεται συμπληρωματικά είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί νερό κακής ποιότητας χωρίς κανένα κίνδυνο για το έδαφος και τις καλλιέργειες. Αντίθετα σε περιοχές όπου επικρατούν άνεμοι και υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με χαμηλή ετήσια βροχόπτωση, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού.

Το κλίμα του νομού Αργολίδας είναι ξηροθερμικό μεσογειακό. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι η άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων με μεγάλο σχετικά ύψος βροχής τους χειμερινούς μήνες και ελάχιστο έως ανύπαρκτο τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό να αρχίζουν πολύ νωρίς την Άνοιξη και να δημιουργούν οξύ πρόβλημα το καλοκαίρι όπου συνεχίζεται έως αργά το φθινόπωρο. Οι θερμοκρασίες που παρατηρούνται στην περιοχή ευνοούν την ανάπτυξη των αρδευόμενων καλλιεργειών και αυξάνουν συνεχώς τις απαραίτητες ποσότητες αρδευτικού νερού.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα και στις αρχές της Άνοιξης παρουσιάζονται συχνά παγετοί, προκαλώντας ζημιές στα εσπεριδοειδή και τις άλλες καλλιέργειες. Έτσι πολλές φορές καθίσταται αναγκαία η χρησιμοποίηση αρδευτικού νερού για την αντιπαγετική προστασία των καλλιεργειών και ιδιαίτερα των εσπεριδοειδών. Η χαλαζόπτωση είναι ένα φαινόμενο κατά τις αρχές του καλοκαιριού και προκαλεί σοβαρές ζημιές στα κηπευτικά και τις βερικοκιές. Οι άνεμοι γενικά έχουν μεγάλη ένταση. Το καλοκαίρι όμως τα μελέμια αυξάνουν τις ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό λόγω μεγάλης εξατμισοδιαπνοής που παρατηρείται.

6.2.2 ΕΔΑΦΟΣ

Οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους παίζουν σημαίνοντα ρόλο στην αξιολόγηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού, αλλά πάντοτε θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας τόσο τη στράγγιση όσο και τη μέθοδο άρδευσης. Σε γενικές γραμμές εδάφη χαρακτηριζόμενα σαν βαριά έχουν μεγάλο μικροπορώδες, μικρό μακροπορώδες και μικρή τιμή διηθητικότητας πράγμα που αποτελεί πρόβλημα στη χρήση όχι μόνο του ποιοτικά υποβαθμισμένου αρδευτικού νερού, αλλά και του άριστα ποιοτικά νερού. Το αντίθετο βέβαια συμβαίνει με τα ελαφρά εδάφη.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών του Αργολικού κάμπου είναι αλλουβιακά. Η διηθητικότητα τους είναι ικανοποιητική και στη μεγαλύτερη έκταση μπορεί να εφαρμοστεί οποιοδήποτε σύστημα άρδευσης. Μόνο τα εδάφη τα οποία βρίσκονται στις περιοχές μεταξύ Νέας Κίου και Μύλων αντιμετωπίζουν οξύ πρόβλημα γιατί το υπάρχον δίκτυο αποστράγγισης είναι υποτυπώδες.

6.2.3 Καλλιέργειες

Οι καλλιέργειες ποικίλουν όσον αφορά το όριο αντοχής τους στα άλατα και ορισμένες μπορούν να αντέξουν πολύ περισσότερο την αλατότητα απ'ότι άλλες χωρίς να έχουμε υπερβολική μείωση της παραγωγής. Η αντοχή των καλλιεργειών αλλάζει με τη διαχείριση του νερού, με το στάδιο ανάπτυξης, με το ριζόστρωμα, με τις ποικιλίες και με το κλίμα.

6.2.4 Μέθοδος άρδευσης

Η μέθοδος άρδευσης με κατάκλιση είναι η πλέον κατάλληλη για νερά υψηλής αλατότητας. Με αυλάκια, έχουμε υψηλή συγκέντρωση αλάτων στα πρηνή μεταξύ των αυλακίων. Με καταιόνηση, η συμπύκνωση των αλάτων στο φύλλωμα ίσως είναι αρκετά επιζήμια για ορισμένες καλλιέργειες, προσφέρει όμως ένα αποδοτικό τρόπο μείωσης της συγκέντρωσης των αλάτων στο επιφανειακό έδαφος. Η μέθοδος άρδευσης με σταγόνες εφαρμόστηκε με επιτυχία χρησιμοποιώντας νερά με υψηλότερα επίπεδα αλατότητας απ'ότι στις άλλες μεθόδους. Στην περίπτωση αυτή είναι πολύ σημαντικό να έχουμε ποσοτικά επαρκείς εποχιακές βροχοπτώσεις, που θα διηθήσουν τα αλάτια κάτω από τη ζώνη του ριζοστρώματος

6.2.5 Στράγγιση

Λίγοι μελετητές δίνουν έμφαση στις συνθήκες πλήρους στράγγισης αν και έχει την πιο μεγάλη σπουδαιότητα. Μπορούν να αναφερθούν πολλά παραδείγματα χρήσης νερών υψηλής αλατότητας εκεί που οι συνθήκες στράγγισης δεν είναι καθοριστικός παράγοντας π.χ. όπου η υπόγεια στάθμη του νερού βρίσκεται σε ένα ικανοποιητικό βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους είτε με φυσική στράγγιση είτε με άντληση. Αντίθετα εκεί που η στράγγιση δεν είναι πλήρης δηλαδή εκεί που ο υπόγειος ορίζοντας είναι εντός του 1m από

την επιφάνεια του εδάφους το νερό που εφαρμόζουμε με τις αρδεύσεις δεν μπορεί να φύγει και να παρασύρει τα άλατα του εδάφους και έτσι δημιουργούνται αλατούχα και αλκαλικά εδάφη.

6.2.6 Διαχείριση εφαρμογής του αρδευτικού νερού

Ο τελευταίος αυτός παράγοντας είναι πολύ σημαντικός και η σωστή διαχείριση του αρδευτικού νερού μπορεί να εξουδετερώσει πολλά μειονεκτήματα ενός νερού κακής ποιότητας. Οι διάφορες εκτιμήσεις δείχνουν τη δυνατότητα ενός νερού για άρδευση, αλλά η πραγματική καταλληλότητα του συγκεκριμένου νερού εξαρτάται από την ικανότητα του αρδευτή για σωστή διαχείριση του. Εφαρμόζοντας π.χ. περίσσεια νερού σε σχετικά μικρά διαστήματα είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί νερό αρκετά αλατούχο χωρίς συσσώρευση υψηλών συγκεντρώσεων αλάτων στο εδαφικό προφίλ, αρκεί να εξασφαλιστεί καλή στράγγιση. Εδάφη με μικρή διαπερατότητα μέχρι το βάθος των ριζών δύσκολα μπορούν να αρδευτούν με αλατούχο νερό.

6.3 Επίδραση της ποιότητας του αρδευτικού νερού στο φυτό και στο έδαφος

Το αρδευτικό νερό περιέχει διαλυμένα άλατα. Η συγκέντρωση των αλάτων αυτών και η σύσταση τους ποικίλει ανάλογα με την πηγή νερού και την εποχή του έτους. Νερό υψηλής αλατότητας μπορεί να προκύψει είτε με τη δίοδο του μέσα από γεωλογικούς σχηματισμούς πλούσιους σε διαλυτά άλατα, είτε με τη μετακίνηση του μέσα από ένα υπερβολικά αλατούχο υπόγειο ορίζοντα. Το καλοκαίρι οι συγκεντρώσεις των αλάτων είναι συνήθως μεγαλύτερες από εκείνες του χειμώνα.

Με την άρδευση των καλλιεργειών το έδαφος εμπλουτίζεται σε άλατα πολλά ή λίγα, ανάλογα με την ποιότητα του νερού. Η εξάτμιση της υγρασίας από την επιφάνεια του εδάφους δεν αφαιρεί τα άλατα αντίθετα τα μετακινεί προς τις ανώτερες εδαφικές στρώσεις. Επίσης με το φαινόμενο της διαπνοής, μικρό ποσοστό αλάτων απορροφάται από τις ρίζες των φυτών.

Η εδαφική αλατότητα επηρεάζει την ανάπτυξη των καλλιεργειών κατά δύο τρόπους: Πρώτα αυξάνει την οσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος, με αποτέλεσμα το φυτό να προσλάβει την απαραίτητη ποσότητα νερού, παρά την ύπαρξη επαρκούς εδαφικής υγρασίας. Η μείωση τόσο της ανάπτυξης όσο και της απόδοσης των καλλιεργειών είναι περίπου ανάλογη με τη συγκέντρωση των αλάτων στο εδαφικό διάλυμα στη ζώνη του ριζοστρώματος και είναι ανεξάρτητη κατά μεγάλο μέρος από το είδος των αλάτων.

Δεύτερον μερικά άλατα ή ιόντα που είναι επωφελή σε μικρές συγκεντρώσεις, μπορεί να συγκεντρωθούν στο εδαφικό διάλυμα σε τέτοιες ποσότητες ώστε να προκαλέσουν τοξικές επιδράσεις στα φυτά.

6.3.1 Η ανάπτυξη των φυτών σε σχέση με τη συγκέντρωση διαλυτών αλάτων στο έδαφος.

Τα φυτά που έχουν προσαρμοστεί στις χερσαίες συνθήκες ζωής εξαρτώνται από τις υδατικές διαλύσεις που υπάρχουν στο έδαφος για την πρόσληψη του νερού και των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων που χρειάζονται για να ζήσουν και να αναπτυχθούν κανονικά. Ωστόσο οι εδαφικές αυτές διαλύσεις πρέπει να ανταποκρίνονται στις ιδιαίτερες φυσιολογικές ανάγκες των φυτών όχι μόνο σε ότι αφορά την ποιοτική αλλά και την ποσοτική τους σύσταση. Γιατί όταν η πυκνότητα αυτών υπερβαίνει ορισμένα όρια, τα φυτά υποφέρουν και μπορεί να καταστραφούν, ανεξάρτητα από τη φύση των αλάτων που περιέχουν.

Γενικά τα καλλιεργούμενα φυτά ζημιώνονται εύκολα από την περίσσεια διαλυτών αλάτων και γι' αυτό η αλατότητα συνιστά μια βασική παράμετρο της γονιμότητας του εδάφους. Τα επίπεδα αυτά εξαρτώνται από το είδος ή την ποικιλία του φυτού καθώς επίσης από εδαφοκλιματικούς και καλλιεργητικούς παράγοντες. Η ποσότητα των διαλυτών αλάτων που περιέχει ένα κανονικό γόνιμο έδαφος κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 0,1-0,15 % του ξηρού βάρους του. Όμως για λόγους πρακτικούς έχει επικρατήσει να ελέγχεται η περιεκτικότητα του εδάφους σε ολικά διαλυτά άλατα με μετρήσεις της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκχυλίσματος κορεσμού. Έτσι, συγκεντρώσεις αλάτων στο έδαφος που αντιστοιχούν σε τιμές ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας μικρότερες από 2 mmhos/cm σε 25 C, δεν δημιουργούν υπολογίσιμο κίνδυνο, ακόμα και για ευαίσθητες καλλιέργειες. Σημαντική μείωση των αποδόσεων των περισσότερων καλλιεργειών παρατηρείται όταν οι τιμές αυτές υπερβαίνουν τα 4 mmhos/cm.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2 : Αντοχή καλλιεργειών στα άλατα

Ποσοστά μείωσης παραγωγής λόγω αλατότητας νερού ή εδάφους

Α. φυτά μεγάλης καλλιέργειας										
	0%		10%		25%		50%		100%	
	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w
Κριθάρι	8	5,3	10	6,7	13	8,7	18	12	28	19
Βαμβάκι	7,7	5,1	9,6	6,4	13	8,4	17	12	27	18
Τεύτλα	7	4,7	8,7	5,8	11	7,5	15	10	24	16
Σιτάρι	6	4	7,4	4,9	9,5	6,4	13	8,7	20	13
Σόγια	5	3,3	5,5	3,7	6,2	4,2	7,5	5	10	6,7
Σόργο	4	2,7	5,1	3,4	7,2	4,8	11	7,2	18	8,7
Ρύζι	3	2	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	11,5	7,6
Καλαμπόκι	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Λινάρι	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Φακή	1,5	1,1	2,6	1,8	4,2	2	6,8	4,5	12	8
Φασόλια	1	0,7	1,5	1	2,3	1,5	3,6	2,4	6,3	4,2
Φισικιά	3,2	2,1	3,5	2,4	4,1	2,7	4,9	3,3	6,6	4,4

Β. οπωρόνες										
	0%		10%		25%		50%		100%	
	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w
Χουρμαδιά	4	2,7	6,8	4,5	11	7,3	18	12	32	21,1
Συκιά-Ελιά-Ροδιά	2,7	1,8	3,8	2,6	5,5	3,7	8,4	5,6	14	5,3
Γκρέιπ φρούτ	1,8	1,2	2,4	1,6	3,4	2,2	4,9	3,3	8	5,3
Πορτοκαλιά	1,7	1,1	2,3	1,6	3,2	2,2	4,8	3,2	8	5,3
Λεμονιά	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8	5,3
Μηλιά-Αχλαδιά	1,7	1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8	5,2
Καρυδιά	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8	5,3
Ροδακινιά	1,7	1,1	2,3	1,4	2,9	1,9	4,1	2,7	6,5	4
Βερικοκιά	1,6	1,1	2,2	1,3	2,6	1,8	3,7	2,5	6	3,8
Αμπέλι	1,5	1	2	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5	12	8
Αμυγδαλιά	1,5	1	2,5	1,4	2,8	1,9	4,1	2,7	7	4,5
Δαμασκηνιά	1,5	1	2,1	1,4	2,9	1,9	4,3	2,8	7	4,7
Φράουλα	1	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	4	2,7
Βατόμουρο	1,5	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	4	2,7

Γ. λαχανικά										
	0%		10%		25%		50%		100%	
	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w
Παντζάρια	4	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4	15	10
Μπρόκολα	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7	8,2	5,5	13,5	9,1
Τομάτα	2,5	1,7	3,5	2,3	5	3,4	7,6	5	12,5	8,4
Αγγουριά	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10	6,8
Πεπονιά	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8	9,1	6,1	16	9,8
Σπανάκι	2	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7	15	10
Λάχανο	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7	4,6	12	8,1
Πατάτα	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Γλυκοπατάτα	1,5	1	2,4	1,6	3,8	2,5	6	4	10,5	7,1
Πιπεριά	1,5	1	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4	8,5	5,8
Μαρούλι	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,2	3,4	9	6
Ραπάνι	1,2	0,8	2	1,3	3,1	2,1	5	3,4	9	5,9
Κρεμμύδι	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	7,5	5
Καρότο	1	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,1	8	5,4
Σέλινο	1,8	1,2	3,4	2,3	5,8	3,9	9,9	6,6	18	12
Κολοκύθι	3,2	2,1	3,8	2,6	4,8	3,2	6,3	4,2	9,4	6,3
Γογγύλι	0,9	0,6	2	1,3	3,7	2,5	6,5	4,3	12	8

Δ. κτηνοτροφικά φυτά										
	0%		10%		25%		50%		100%	
	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w
Αγριάδα	7,5	5	9,9	6,6	13	9	19	13	31,5	21
Κριθάρι	6	4	7,4	4,9	9,5	6,3	13	8,7	20	13
Γκαζόν	5	3,3	6	4	7,5	5	10	6,7	15	13
Δακτυλίσ	1,5	1	3,1	2,1	5,5	3,7	9,6	6,4	17,5	12
Τριφύλλι	1,5	1	2,3	1,6	3,6	2,4	5,7	3,8	10	6,5
Φάλαρις	4,6	3,1	5,9	3,9	7,9	5,3	11	7,4	18	12
Κουκιά	3	2	3,9	2,6	5,3	3,5	7,6	5	12	8
Βέλιουρας	1,5	1	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5	12	12

EC_e είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού του εδάφους και εκφράζεται σε mmhos/cm στους 25 c.

EC_w είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του αρδευτικού νερού σε mmhos/cm στους 25⁰C.

6.3.2 Η επίδραση της περίσσειας διαλυτών αλάτων πάνω στα φυτά

Η συσσώρευση διαλυτών αλάτων στην περιοχή των ριζών υποβάλλει τα φυτά σε οσμωτικό και ιοντικό στρές, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της βλάστησης και καρποφορίας, και σε πιο σοβαρές καταστάσεις, την αποξήρανση τους.

Το οσμωτικό στρές προέρχεται από τον περιορισμό της διαθέσιμης υγρασίας εξαιτίας της υψηλής πυκνότητας του εδαφικού διαλύματος, δεδομένου ότι η ικανότητα του φυτού για αντίστοιχη ρύθμιση της πυκνότητας του κυτταρικού του χυμού δεν είναι απεριόριστη. Έτσι, όταν η εξωτερική συγκέντρωση γίνει πολύ υψηλή ή επικρατούν συνθήκες ταχείας απώλειας υγρασίας, το φυτό δεν κατορθώνει να διατηρήσει το ισοζύγιο ύδατος, χάνει περισσότερο νερό απ' όσο προσλαμβάνει και περιέχεται σε κατάσταση δίψας, ακόμα και σε επίπεδα εδαφικής υγρασίας που θα ήταν επαρκή, αν δεν υπήρχαν τα άλατα.

Το ιοντικό στρές οφείλεται σε αλλοιώσεις του μεταβολισμού από τη δράση των ιόντων των αλάτων μέσα στα κύτταρα, και έχει ως αποτέλεσμα την εκδήλωση τροφωπενιών και τοξικοτήτων. Οι επιδράσεις του οσμωτικού και ιοντικού στρές ασκούνται ταυτοχρόνως και είναι αδύνατο στην πράξη να ξεχωρίσει το αποτέλεσμα του καθενός πάνω στα φυτά. Γενικά όμως, μπορούμε να πούμε ότι η έκθεση σε περίσσεια αλάτων για μικρό χρονικό διάστημα προκαλεί βλάβες από φυσιολογική δίψα, ενώ για μεγαλύτερο διάστημα, προκαλεί επιπλέον και διαταραχές θρεπτικής και τοξικής φύσεως.

Στον Πίνακα 6.3 αναφέρονται μερικές βλάβες που προκαλεί η περίσσεια αλάτων σε βασικές λειτουργίες του φυτού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3 Βλάβες από την περίσσεια αλάτων σε βασικές λειτουργίες του φυτού.

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΒΛΑΒΗ	ΑΙΤΙΑ
Φωτοσύνθεση	Μείωση	Ελάττωση φυλλικής επιφάνειας Περιορισμένη δέσμευση CO ₂ Αύξηση αναπνοής Καταστροφή χλωροφυλλόκοκκων
Αναπνοή	Αύξηση	Μεγαλύτερες συνθήκες μεταβολικής Ενέργειας αποκλεισμός Na ⁺ Συσσώρευση ιόντων, Αποκατάσταση κυτταρικών βλαβών
Σύνθεση πρωτεϊνών	Μείωση	Έλλειψη νερού. Τοξική δράση Cl Ανισορροπία Na-Ca Τροφωπένια K

Απορρόφηση ιόντων

Τροφοπενίες

Ανταγωνισμός Na
Χαμηλή ριζική πίεση
Κατακρήμνιση Ca
Αλκαλική αντίδραση (pH)
Συσσωρευση Cl,Na,B

Ανάπτυξη

Πρόωρη γήρανση

Ορμονικές διαταραχές
Αλλοίωση πλασματικών μεμβρανών
Μειωμένη πρωτεινοσύνθεση
Αποδόμηση χλωροφύλλης

6.3.2.1 Συμπτώματα

Οι βλάβες του φυτού στο κυτταρικό και υποκυτταρικό επίπεδο από τα άλατα εκδηλώνονται τελικά με τη μορφή ορατών συμπτωμάτων. Τα συμπτώματα αυτά δεν είναι πολύ χαρακτηριστικά και συνίστανται σε υποχώρηση του πράσινου και νέκρωση των φύλλων, αποφύλλωση και νέκρωση κλαδίσκων και σε σοβαρές καταστάσεις, νέκρωση ολόκληρου του φυτού. Στις περιπτώσεις που παρατηρείται ανεπαρκής εφοδιασμός σε Ca των νεαρών καρπών και φύλλων, εμφανίζονται μελιτζάνας και καρπουζιού, κάψιμο των φύλλων του μαρουλιού και του λάχανου, νέκρωση της κορυφής των φύλλων της φράουλας. Η απόδοση των καλλιεργειών μειώνεται ή εκμηδενίζεται.

Τα εσπεριδοειδή, που αποτελούν την κύρια καλλιέργεια στην περιοχή, είναι ευπαθή στα άλατα και η συμπτωματολογική εικόνα που παρουσιάζουν μεταβάλλεται με την εποχή και την ιδιαίτερη ευαισθησία των διαφόρων ειδών. Μια πολύ συνηθισμένη αντίδραση των δέντρων είναι η έντονη αποφύλλωση που παρουσιάζουν κατά το τέλος του Χειμώνα και της αρχές της Άνοιξης. Έτσι, λίγο πριν την έναρξη της νέας βλάστησης, οι κλαδίσκοι είναι τελείως απογυμνωμένοι ή φέρουν μικρό αριθμό παλιών κίτρινων και νεκρωτικών φύλλων. Αργότερα, σχηματίζονται νέοι βλαστοί μικρού μήκους και τα δέντρα αποκτούν φύλλωμα που διατηρείται πράσινο μέχρι το φθινόπωρο. Με την έναρξη του ψυχρού καιρού τα φύλλα αρχίζουν να παίρνουν χροιά μπρούτζου και να παρουσιάζουν νεκρώσεις. Ως το τέλος του Χειμώνα ή τις αρχές της Άνοιξης τα συμπτώματα των φύλλων γενικεύονται σε όλη την κόμη, η οποία παρουσιάζει επίσης αποφύλλωση και νέκρωση κλαδίσκων. Ακολούθως εκπτύσσετε νέα βλάστηση, και ο κύκλος των συμπτωμάτων επαναλαμβάνεται.

Η κατάσταση αυτή οδηγεί με τα χρόνια, σε εξασθένηση των δέντρων και σε σχηματισμό αραιής και με πληθώρα κλαδίσκων κόμης. Μάλιστα, αν ο οπωρώνας δεν ποτίζεται κανονικά ή υποστεί την επίδραση αντίξοων καιρικών συνθηκών (ψύχος, άνεμοι), είναι δυνατόν να ξεραθούν ολόκληρα δέντρα.

Ο μεταχρωματισμός του φυλλώματος αρχίζει συνήθως στη ΝΑ πλευρά της κόμης, που μπορεί να εκληφθεί ως σύμπτωμα τροφοπενίας αζώτου ή μαγνησίου. Εντούτοις η παρουσία συμπτωμάτων τροφοπενιών σιδήρου, μαγγανίου και ψευδαργύρου είναι συχνή. Η ένταση των συμπτωμάτων κυμαίνεται πάνω στο ίδιο το δέντρο και από δέντρο σε δέντρο μέσα στον οπωρώνα. Η κιτριά και η λεμονιά παρουσιάζουν την πιο σοβαρή βλάβη και ακολουθούν κατά σειρά, η μανταρινιά, η νεραντζιά και η πορτοκαλιά.

6.3.2.2 Αντιμετώπιση

Δεδομένου ότι η αλατότητα που παρατηρείται στην περιοχή στην Αργολίδα έχει ως γενεσιουργό αίτιο την εναλάτωση των υδροφόρων στρωμάτων του υπεδάφους, κάθε επέμβαση που συντελεί στον εμπλουτισμό τους με νερό καλύτερης ποιότητας συμβάλει στην πιο ορθολογική αντιμετώπιση του προβλήματος.

Συνεπώς, παραμένει πάντοτε αναγκαία η λήψη συμπληρωματικών μέτρων που θα μειώνουν το ρυθμό συσσώρευσης αλάτων στο ριζόστρωμα και θα υποβοηθούν τις καλλιέργειες να αντεπεξέρχονται το φυσιολογικό στρές των αλάτων, με όσο το δυνατόν μικρότερες βλάβες. Τέτοια μέτρα είναι τα ακόλουθα :

1. Εξασφάλιση αποτελεσματικής στράγγισης εδάφους.
2. Άρδευση καλλιεργειών με επαρκείς ποσότητες για έκπλυση των αλάτων προς τα βαθύτερα εδαφικά στρώμα.
3. Αποφυγή διαβροχής του φυλλώματος των δέντρων με αλατούχο νερό, ιδίως κατά τις θερμές ώρες της ημέρας, όταν η άρδευση γίνεται με τεχνητή βροχή.
4. Χρησιμοποίηση λιπασμάτων με μικρή περιεκτικότητα σε Na και Cl.
5. Διατήρηση των φυτών σε καλή κατάσταση από πλευράς Ca και K, και γενικά αντιμετώπιση των τροφοπενιών.
6. Περιορισμός της επιφανειακής εξάτμισης του εδάφους.
7. Εξασφάλιση καλού αερισμού των ριζών. Η αλατότητα αυξάνει το διαμερισμό του αρχιλοχουμικού συμπλόκου και μειώνει το πορώδες του εδάφους . Η προσθήκη γύψου αποκαθιστά τη δομή και βελτιώνει τη σχέση Ca:Na.
8. Έκπλυση του εδάφους κατά διαστήματα για την διατήρηση των αλάτων κάτω από το όριο αντοχής των καλλιεργειών. Το μέτρο αυτό αφορά κυρίως θερμοκηπιακές καλλιέργειες και μπορεί να εφαρμοστεί όπου υπάρχει αποτελεσματική στράγγιση.
9. Οι καλλιέργειες είναι πολύ πιο ευπαθείς στα άλατα κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης και γι αυτό η τοποθέτηση των σπόρων στα αναχώματα σποράς πρέπει να γίνεται στις θέσεις εκείνες που παρατηρείται η μικρότερη απόθεση αλάτων από την επιφανειακή εξάτμιση. Έτσι, τα φυτάρια θα αντιμετωπίζουν λιγότερα άλατα..
10. Χρησιμοποίηση ανθεκτικών καλλιεργειών, όπου τούτο είναι δυνατό, και πάντοτε σε συνδυασμό με τα μέτρα που αναφέρθηκαν.

7. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ-ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

7.1 Χαρακτηριστικά των υδρολογικών λεκανών

Η ευρύτερη υδρολογική λεκάνη του Αργολικού πεδίου καταλαμβάνει σημαντική έκταση και αναπτύσσεται από τα Αρκαδικά οροπέδια δυτικά (όρη Κτενιάς, Αρτεμίσιο, Κυλλήνη), τα όρη των Δερβενακίων βόρεια μέχρι και την κύρια μάζα του Αραχναίου όρους ανατολικά. Η ευρύτερη υδρολογική λεκάνη αποστραγγίζεται από ένα σύνολο χειμάρρων που αναπτύσσονται σε επιμέρους υδρολογικές λεκάνες οι οποίες είναι και ομώνυμες με τους χειμάρρους που τις διασχίζουν. Οι λεκάνες αυτές παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.1

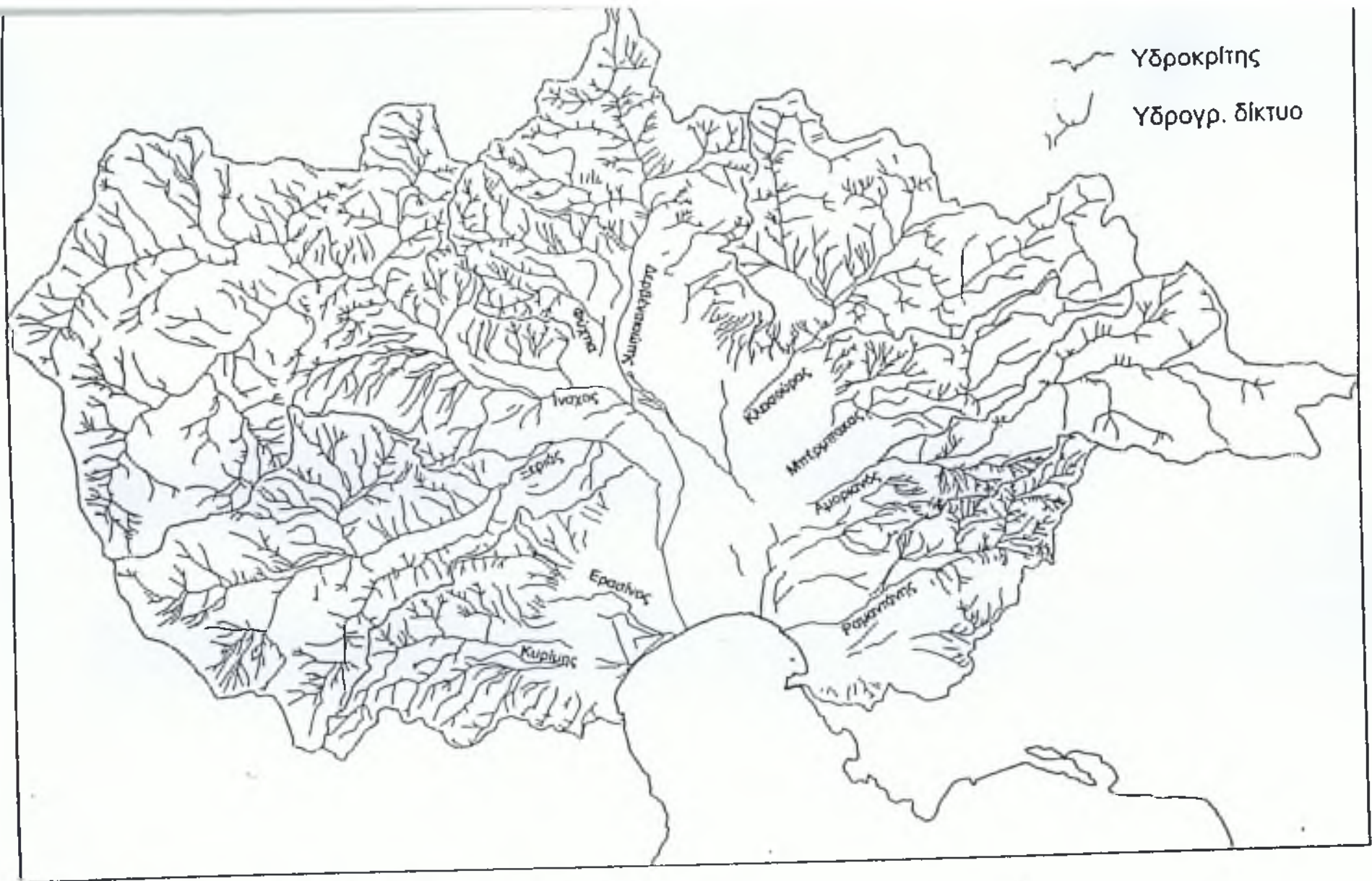
Στο Σχήμα 7.2 φαίνεται το πλήρες υδρογραφικό δίκτυο που αναπτύσσεται στην περιοχή. Το υδρογραφικό αυτό δίκτυο περιλαμβάνει ρεύματα (χειμάρρους) τα οποία είναι στο σύνολο τους παροδικής ροής. Από αυτούς οι χειμάρροι Ξεριάς, Ίναχος και Δερβενακιώτης ενώνονται στην πεδιάδα και εκβάλλουν κάποιες πλημμύριες κυρίως παροχές τους στη θάλασσα. Στη θάλασσα επίσης εκβάλλει και ο Ερασίνοσ ο οποίος πηγάζει από την πηγή Κεφαλαρίου. Το γεγονός ότι κατά την διάρκεια καλοκαιριού η Πηγή Κεφαλαρίου συνήθως μηδενίζεται αλλά ο Ερασίνοσ συνεχίζει να διατηρεί κάποια βασική ροή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αυτός αποστραγγίζει μερικώς και νερά του βάλτου της Νέας Κίου. Πολλοί άλλοι χειμάρροι δεν παρουσιάζουν διαμορφωμένη κοίτη μέχρι τη θάλασσα χάρη στις ανθρωπογενείς επεμβάσεις. Διαμορφωμένη κοίτη παρουσιάζει μόνο ο Ραμαντάνης αλλά και αυτός διηθεί τα νερά του στα ανατολικά και σπάνια οι πλημμύριες παροχές του φτάνουν στη θάλασσα. Οι σημαντικότεροι χειμάρροι από άποψη παροχής και μεγέθους λεκάνης απορροής είναι ο Ξεριάς και Ίναχος.

Οι υδρολογικές λεκάνες που έχουν οριοθετηθεί (Σχ. 7.1) είναι αυτές του Κυριμή, Ξεριά, Φιχτίων, Δερβενακιώτη, της Κλεισούρας, του Μέρμπακα, του Αμοργιανού και του Ραμαντάνη και το συνολικό εμβαδόν της υδρολογικής λεκάνης του Αργολικού πεδίου ανέρχεται σε 930.87 km².

7.2 Υδατικό ισοζύγιο λεκανών

7.2.1 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (p)

Οι διάφοροι υπολογισμοί που αφορούν το υδρολογικό ισοζύγιο έγιναν για την περίοδο 1963-1985 ώστε να συμπεριληφθούν όσο το δυνατό περισσότεροι μετεωρολογικοί σταθμοί. Στο διάστημα αυτό υπολογίστηκαν οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις για κάθε υδρολογική λεκάνη και συνοψίζονται στον Πίνακα 7.1.



Σχήμα 72 Υδρογραφικό δίκτυο των λεκανών του Αργολικού Πεδίου



Σχήμα 71 Υδρολογικές λεκάνες και μετεωρολογικοί σταθμοί στο Αργολικό Πεδίο

7.2.2 Πραγματική εξατμισοδιαπνοή (AE)

Στον Πίνακα 7.1 παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις της εξατμισοδιαπνοής για τις υδρολογικές λεκάνες του νομού (Πουλοβασίλης, Κερκίδης και Λιάκατας 1982)

7.2.3 Επιφανειακή απορροή (Ro)

Η εκτίμηση της επιφανειακής απορροής προϋποθέτει λεπτομερείς μετρήσεις της παροχής των ποταμών ή χειμάρρων και στη συνέχεια κατάλληλη επεξεργασία τους. Τέτοιες μετρήσεις όμως δεν υπάρχουν για την περιοχή. Υπάρχουν όμως μεμονωμένες μετρήσεις για το 1996 (σχετικά βροχερό έτος) στους χειμάρρους. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν σε περιοχές όπου οι χειμάρροι εισβάλλουν στην πεδιάδα και συνεπώς αντιπροσωπεύουν την απορροή των ρευμάτων που εισέρχεται στις παρυφές της πεδιάδας και όχι αυτή που καταλήγει στη θάλασσα.. Έτσι για διάστημα 80 περίπου ημερών στο οποίο οι παρακάτω χειμάρροι παρουσιάζουν επιφανειακή απορροή, οι συνολικές αντίστοιχες απορροές εκτιμάται ότι δεν αποκλίνουν αρκετά από αυτές που δίνονται στον Πίνακα 7.1.

7.2.4 Κατείδυση (RCH)

Ένα άλλο μέγεθος που ενδιαφέρει στον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου σε λεκάνες απορροής είναι η κατείδυση, δηλαδή το νερό της βροχής που διηθείται μέσα στα πετρώματα και τροφοδοτεί τους υδροφόρους ορίζοντες. Το μέγεθος αυτό είναι αρκετά δύσκολο να υπολογιστεί για μεγάλες λεκάνες απορροής γιατί στον υπολογισμό του υπεισέρχονται αρκετοί παράγοντες όπως το κλίμα, η βλάστηση, η μορφολογία, η λιθολογία κλπ. και επιπλέον χρειάζονται μακροχρόνια και λεπτομερή δεδομένα. Έτσι μόνο εκτιμήσεις ή προσεγγίσεις μπορούν να γίνουν. Η κατείδυση σε ετήσια βάση συνήθως υπολογίζονται από την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου.

$$RCH=P-AE-RO$$

Όπου,

RCH, η κατείδυση

P, η μέση ετήσια βροχόπτωση

AE, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή

RO, η επιφανειακή απορροή

Σύμφωνα λοιπόν με αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω, προκύπτουν οι ακόλουθες εκτιμήσεις σε ότι αφορά τις συνιστώσες του υδατικού ισοζυγίου (πίνακας 7.1)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1 : Εκτιμήσεις του υδατικού ισοζυγίου

Λεκάνη	Μέση ετήσια Βροχόπτωση P(mm) 1969-1998	Πραγματική εξατμισοδιαπνοή ΑΕ (mm)	Επιφανειακή Απορροή RO (mm)	Κατείδουση RCH (mm)
Κυρίμης	619	420	61	139
Ξεριάς	763	500	76	124
Ίναχος	782	580	102	98
Φίχτια	506	350	25	125
Δερβενακιώτης	499	350	9	141
Κλεισούρας	558	400	12	138
Μέρμπακας	622	470	8	142
Αμοργιανός	600	450	4	146
Ραμαντάνης	496	350	38	112
Πεδιάδα	495	350	0	150

Λεκάνη	P (m ³)	ΑΕ (m ³)	RO (m ³)	RCH (m ³)
Κυρίμης	29.427.000	19.967.189	2.900.000	6.608.185
Ξεριάς	88.635.747	65.053.759	8.800.000	14.433.485
Ίναχος	175.193.888	129.939.201	22.800.000	22.006.621
Φίχτια	12.221.623	8.453.692	600.000	3.023.011
Δερβενακιώτης	34.342.066	24.087.622	600.000	9.723.266
Κλεισούρας	52.080.529	37.333.712	1.100.000	12.900.142
Μέρμπακας	22.207.733	16.780.763	300.000	5.055.563
Αμοργιανός	47.213.730	35.410.298	300.000	11.503.433
Ραμαντάνης	14.497.047	10.229.771	1.100.000	3.284.188
Πεδιάδα	105.536.699	74.621.909	0	31.980.818

7.3 Πηγαία ύδατα

Στην ευρύτερη περιοχή της πεδινής Αργολίδας εμφανίζεται μια πληθώρα πηγών στη δυτική πλευρά οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι το Κεφαλάρι, η Λέρνη, η Κρόη ή Αμυμώνη και οι πηγές του κιβερίου. Άλλες μικρότερης σημασίας όπως η Δούκα βρύση, η Φλέβα Ανδρίτσας, η πηγή Κεφαλόβρυσου, οι πηγές Ινάχου Νεοχωρίου, οι πηγές Γκούρα Καπαρελίου και Σκοτεινής υπάρχουν στα ορεινά. Πολλές από αυτές είναι τοπικού ενδιαφέροντος γιατί τα νερά τους χρησιμοποιούνται για υδρευτικούς και αρδευτικούς σκοπούς από τις διάφορες κοινότητες που γειτονεύουν. Οι πηγές όμως που αποτελούν βασικές συνιστώσες του υδατικού δυναμικού του Αργολικού Πεδίου από πλευράς παροχής, ποιότητας και θέσης είναι αυτές του Κεφαλαρίου, της Λέρνης, της Κρόης και του Κιβερίου.

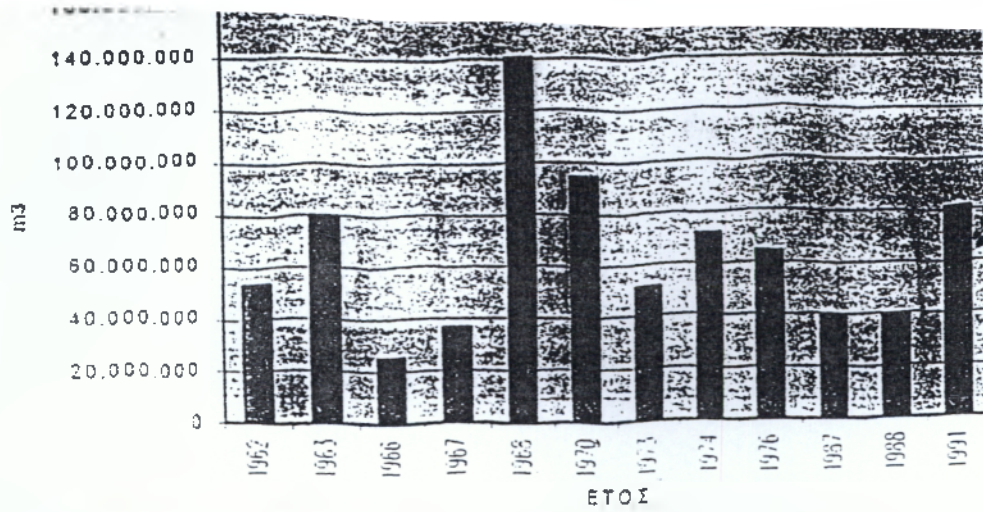
Από τις μετρήσεις που έγιναν στους διάφορους μήνες κατά τη διάρκεια των ετών προέκυψαν οι μέσες μηνιαίες τιμές παροχής, καθώς και οι συνολικές ετήσιες παροχές των πηγών που συνοψίζονται στους παρακάτω πίνακες. Οι μέσες μηνιαίες παροχές απεικονίζονται και σε διαγράμματα ενώ οι συνολικές ετήσιες παροχές για τα έτη που υπάρχουν μετρήσεις σε ραβδογράμματα.

7.3.1 Πηγή Κεφαλαρίου

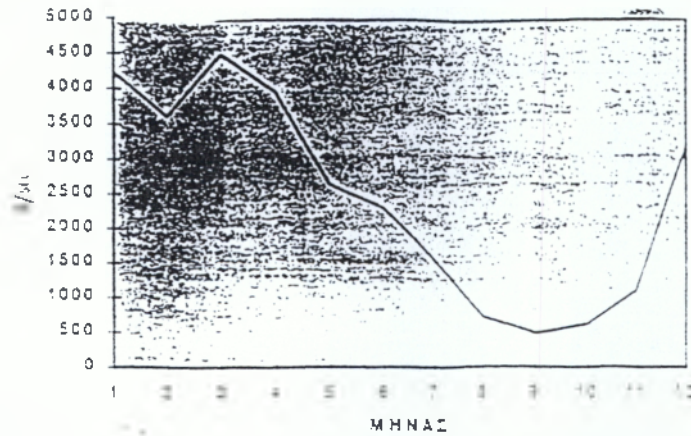
Οι εαρινές παροχές της πηγής Κεφαλαρίου εξυπηρετούσαν την άρδευση της περιοχής από Μύλους μέχρι Άργος (13000 στρ.) μέσω ενός συλλογικού αρδευτικού έργου που έχει κατασκευαστεί από το 1960. Από το 1994 μέρος των χειμερινών-εαρινών παροχών χρησιμοποιείται για την εξυγίανση των υπόγειων νερών του Αργολικού πεδίου (τεχνητός εμπλουτισμός) όπως θα αναφερθεί παρακάτω.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2 : Παροχές πηγής Κεφαλαρίου

Μήνας	Μέσης μηνιαίας Παροχής lt/sec	Έτος	Παροχή (m ³)
Ιανουάριος	4.227	1962	53.720.000
Φεβρουάριος	3.618	1963	80.060.000
Μάρτιος	4.502	1966	25.100.000
Απρίλιος	3.972	1967	36.700.000
Μάιος	2.658	1968	140.820.000
Ιούνιος	2.306	1970	94.800.000
Ιούλιος	1.567	1973	51.650.000
Αύγουστος	726	1974	71.920.000
Σεπτέμβριος	493	1976	64.390.000
Οκτώβριος	631	1987	39.100.000
Νοέμβριος	1.105	1988	39.650.000
Δεκέμβριος	3.183	1991	81.330.000



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.1 : Ετήσιες παροχές πηγής Κεφαλαρίου



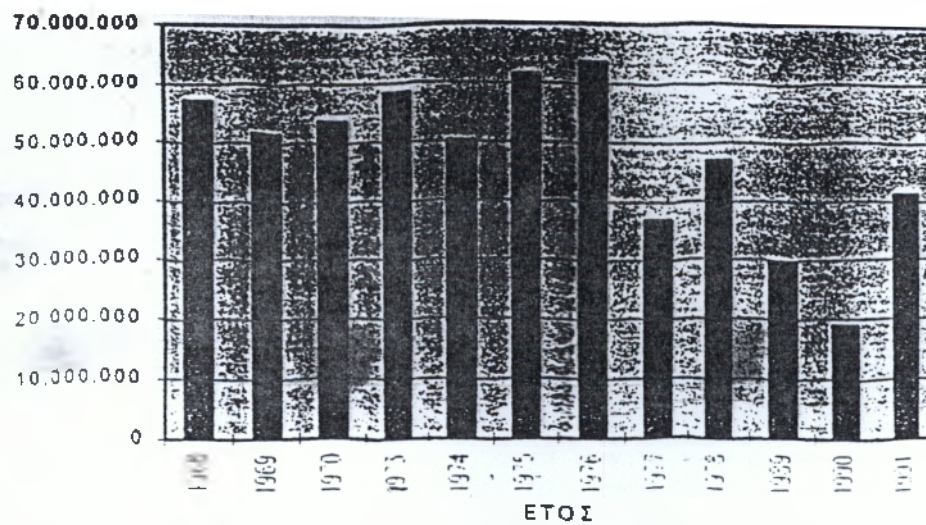
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.2 : Μέσες μηνιαίες παροχές πηγής Κεφαλαρίου

7.3.2 Πηγή Λέρνη

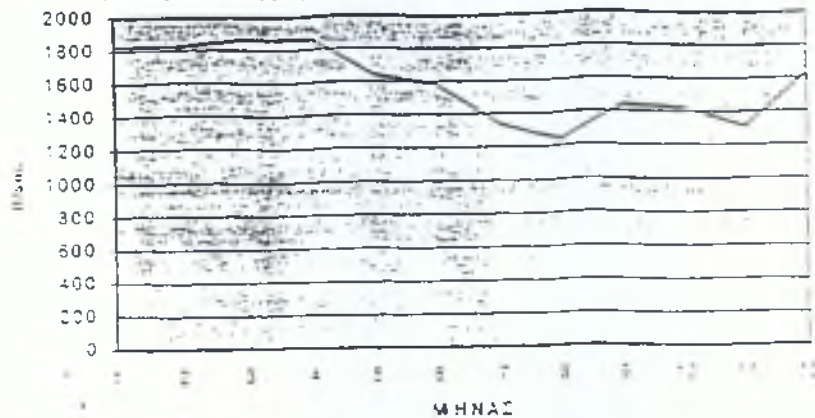
Συμπληρώνει την άρδευση της περιοχής Κεφαλαρίου όταν το Κεφαλάρι στερεύει. Μικρή παροχή (περίπου 300 m³/h) τους καλοκαιρινούς μήνες συμπληρώνει τις ανάγκες του Δήμου Ναυπλιέων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3 : Παροχές πηγής Λέρνης

Μήνας	Μέση μηνιαία Παροχή lt/sec	Έτος	Παροχή (m ³)
Ιανουάριος	1.826	1968	57.240.000
Φεβρουάριος	1.826	1969	51.736.000
Μάρτιος	1.865	1970	53.738.000
Απρίλιος	1.860	1973	58.410.000
Μάιος	1.644	1974	50.298.000
Ιούνιος	1.582	1975	61.532.000
Ιούλιος	1.335	1976	63.694.000
Αύγουστος	1.241	1977	37.069.000
Σεπτέμβριος	1.441	1978	47.059.000
Οκτώβριος	1.424	1989	29.828.000
Νοέμβριος	1.313	1990	18.997.500
Δεκέμβριος	1.634	1991	41.295.000



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.3 : Ετήσιες παροχές πηγής Λέρνης



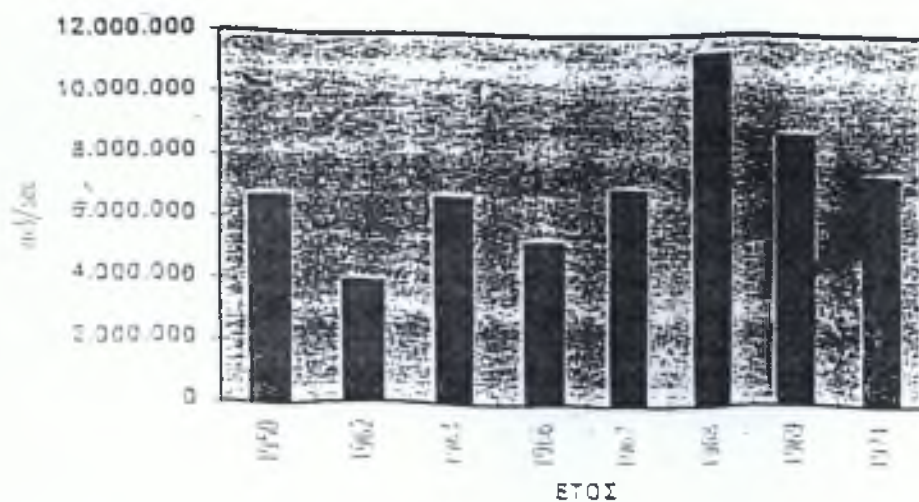
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.4 : Μέσες μηνιαίες παροχές πηγής Λέρνης

7.3.3 Πηγή Κρόης (Αμυμώνη)

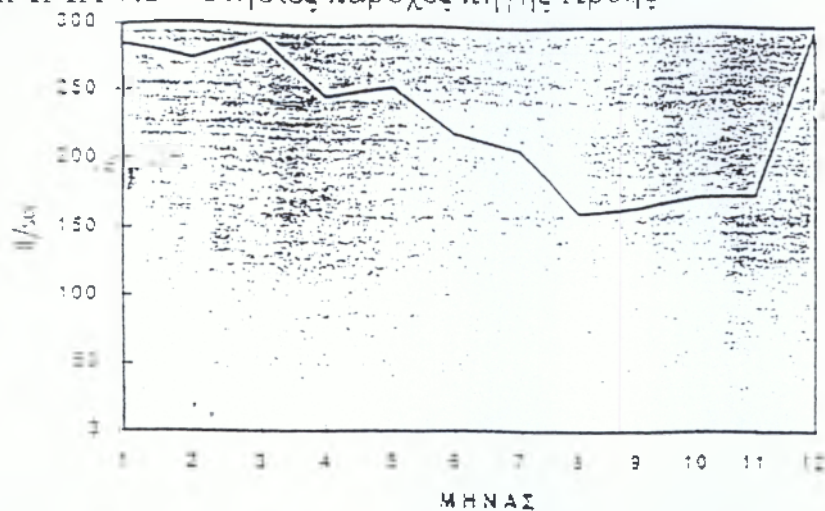
Η πηγή αυτή έχει περιορισμένη παροχή που κατά μέσο όρο κυμαίνεται γύρω στα 0,2 m³/sec. Υδροδοτεί του δύο μεγάλους Δήμους Άργους και Ναυπλίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4: Παροχές πηγής Κρόης

Μήνας	Μέση μηνιαία Παροχή lt/sec	Έτος	Παροχή (m ³)
Ιανουάριος	285	1950	6.667.000
Φεβρουάριος	274	1962	3.869.000
Μάρτιος	290	1963	6.641.000
Απρίλιος	248	1966	5.212.000
Μάιος	254	1967	6.970.000
Ιούνιος	219	1968	11.368.000
Ιούλιος	207	1969	8.767.000
Αύγουστος	162	1974	7.379.000
Σεπτέμβριος	166		
Οκτώβριος	174		
Νοέμβριος	175		
Δεκέμβριος	298		



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.5 : Ετήσιες παροχές πηγής Κρόης



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.6 : Μέσες μηνιαίες παροχές πηγής κρόης

7.3.4 Οι πηγές του Κιβερρίου

Είναι μια ομάδα πηγών που εκβάλλουν σε απόλυτο υψόμετρο μεταξύ 0,25 και -7,5 m και χαρακτηρίζονται στο σύνολο τους ως υποθαλάσσιες πηγές. Μέχρι το 1970 οι πηγές αυτές έρεαν ελεύθερα στη θάλασσα. Από το 1970 και μετά ρέουν μέσα σε ημικυκλικό φράγμα. Η κατασκευή του φράγματος αυτού αποσκοπούσε στην απομόνωση του γλυκού νερού από το θαλασσινό νερό και σε πιθανή βελτίωση της ποιότητας τους με τη διατήρηση μιας σχετικά υψηλής στάθμης μέσα στο χώρο του φράγματος.

Μετρήσεις παροχών στην πηγή αυτή είναι δύσκολο να γίνουν όμως έχει βγει το συμπέρασμα ότι οι πηγές αυτές διατηρούν μια σταθερή παροχή πάνω από 12 m³/sec. Δεδομένα ποιότητας του νερού της πηγής παρουσιάζονται στους πίνακες 7.5 και 7.6. Ο πίνακας 7.5 παρουσιάζει τις χημικές αναλύσεις σε κύρια ανιόντα και κατιόντα που έγιναν στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του ΓΠΑ ενώ ο πίνακας 7.6 παρουσιάζει την παρακολούθηση του νερού αυτού σε el που έγιναν από την ΥΕΒ Αργολίδας μετά το 1989 που ήταν ιδιαίτερα άνομβρο έτος με σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας του νερού. Οι προσδιορισμοί el συγκεντρώνονται στην πλειοψηφία τους την περίοδο 1990-95 κατά την οποία η παρακολούθηση της ποιότητας του νερού ήταν συστηματική, για την περίοδο

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.5. Χημικές αναλύσεις πηγών Κιβερίου

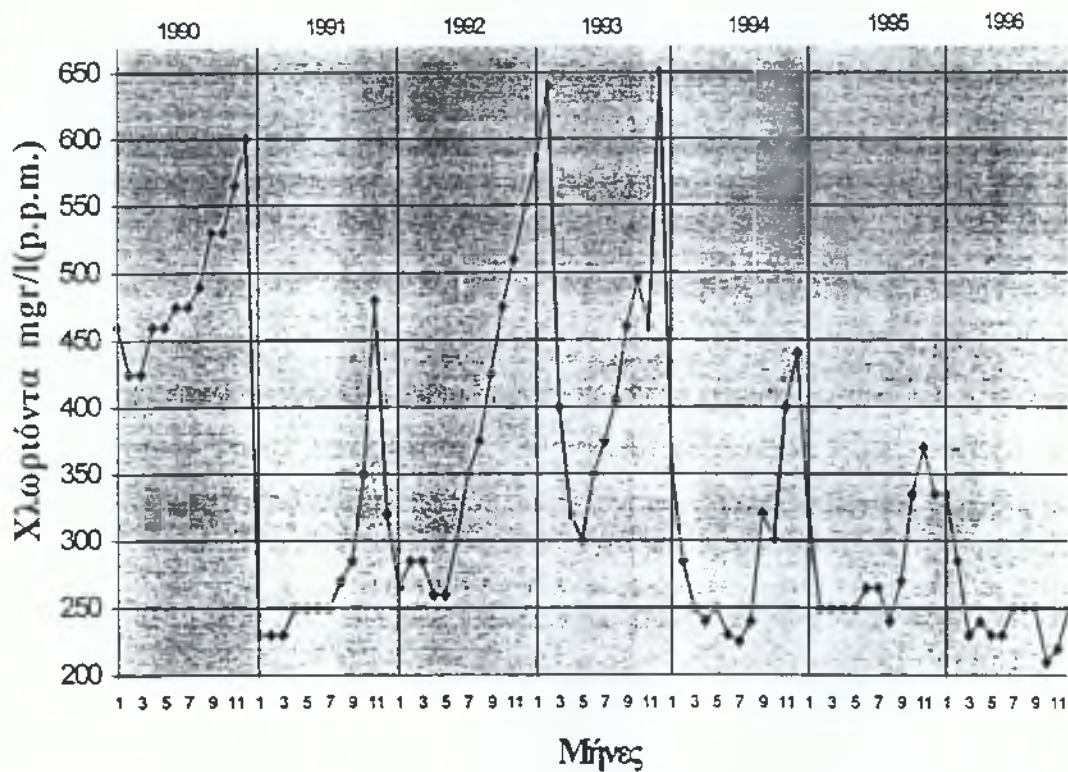
Ημ/νια	E.C μS/cm	pH meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l	K meq/l	CO ₃ meq/l	HCO ₃ meq/l	Cl meq/l	SO ₄ meq/l	NO ₃ meq/l
Δεκ-91	1390	7.9	6	1.2	4.97	0.05	0	3	8.87	1.13	1.66
Ιαν-92	1450	7.8	5.6	1.4	6.32	0.05	0	4.8	9	1.05	1.63
Φεβ-92	1410	7.25	5.6	1.28	6.8	0.17	0	4.4	7.9	2.4	0.1
Μαρ-92	1370	7.6	5.2	3.6	6.5	0.16	0	4.8	8.2	2.18	0
Ιουν-92	1380	8.15	4.28	2.72	8.6	0.16	0	4.3	8.9	1.66	0.11
Ιουλ-92	1470	7.57	4	2.8	7.72	0.17	0	4.12	8.3	1.87	0.39
Αυγ-92	1700	7.84	4.8	3.2	9.57	0.2	0	4	12	1.04	0.02
Σεπ-92	1940	7.8	8.8	4	6.27	0.22	0	3	14.8	1.8	0.02
Οκτ-92	2030	7.4	8.2	4.1	6.7	0.21	0	3.4	14.2	1.2	0.03
Δεκ-92	2370	7.44	8.2	3.7	12.72	0.35	0	4.48	15.8	0.55	0.13
Ιαν-93	2400	7.4	7.9	1.36	14.36	0.36	0	4.44	16.2	2.58	0.04
Φεβ-93	2450	8.11	7.3	3.3	13.32	0.35	0	4.44	16.8	2.88	0.04
Μαρ-93	2610	7.38	4.8	3.4	16.8	0.31	0	4.2	19	2.69	0.05
Απρ-93	1480	7.5	6	1.22	7.6	0.18	0	4.36	8.6	1.98	0.04
Μάι-93	1460	7.79	4.68	2.72	6.9	0.16	0	4.2	8.2	1.98	0.03
Ιουν-93	1550	8.25	4.6	2.6	8.1	0.15	0	4.24	9.15	2.1	0
Ιουλ-93	1600	7.84	5.8	1.96	7.8	0.2	0	4.36	9.2	1.97	0.03
Αυγ-93	1880	7.26	4.4	4.2	10.56	0.23	0	4.28	12.2	2.14	0
Σεπ-93	2100	7.74	5.6	3.4	11.3	0.38	0	4.32	12.6	3.48	0.5
Οκτ-93	2010	8.17	4.8	4.8	1.14	0.28	0	4.8	14	4	0.14
Νοε-93	2300	7.31	7.4	1.8	11.6	0.23	0	3.9	14.2	3.16	0.05
Δεκ-93	2900	7.26	5.6	5.6	16.78	0.4	0	4.8	22	4.65	0.04

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6. Περιεκτικότητα σε Cl του νερού των πηγών Κιβερίου

Ημερ/νια	Cl (ppm)	Ημερ/νια	Cl (ppm)	Ημερ/νια	Cl (ppm)	Ημερ/νια	Cl (ppm)
1/6/1982	149	1/8/1990	490	1/3/1991	230	1/9/1992	524
1/7/1982	163	1/9/1990	490	30/3/1991	230	1/10/1992	503
1/8/1982	186	1/10/1990	530	17/4/1991	210	6/11/1992	510
1/10/1982	222	1/11/1990	530	1/5/1991	210	1/12/1992	560
1/11/1982	204	13/11/1990	570	11/5/1991	230	12/1/1993	575
1/5/1983	167	16/11/1990	495	19/5/1991	250	15/1/1993	585
1/7/1983	163	17/11/1990	480	1/6/1991	250	29/1/1993	600
1/8/1983	163	18/11/1990	285	1/7/1991	250	2/2/1993	596
1/11/1983	177	19/11/1990	330	1/8/1991	250	9/2/1993	611
1/5/1984	167	20/11/1990	350	17/9/1991	285	16/2/1993	667
1/7/1984	167	21/11/1990	390	1/10/1991	319	5/3/1993	675
1/8/1984	167	23/11/1990	425	21/10/1991	320	9/3/1993	400
1/5/1985	145	24/11/1990	460	22/10/1991	330	11/3/1993	476

1/7/1985	163	26/11/1990	490	26/10/1991	355	19/3/1993	291
1/8/1985	156	27/11/1990	520	6/11/1991	355	19/4/1993	305
1/11/1985	163	28/11/1990	530	6/11/1991	365	7/5/1993	291
1/1/1986	174	29/11/1990	565	9/11/1991	355	28/5/1993	280
1/5/1986	163	30/11/1990	600	12/11/1991	370	20/6/1993	325
1/7/1986	167	1/12/1990	600	13/11/1991	390	24/6/1993	327
1/9/1986	152	2/12/1990	675	16/11/1991	400	15/7/1993	326
1/6/1987	152	7/12/1990	600	17/11/1991	425	11/8/1993	405
1/10/1989	485	10/12/1990	460	18/11/1991	460	27/8/1993	432
25/1/1990	460	11/12/1990	425	19/11/1991	480	2/9/1993	489
12/2/1990	320	12/12/1990	390	1/12/1991	314	14/9/1993	460
14/2/1990	350	13/12/1990	350	10/12/1991	320	16/9/1993	447
16/2/1990	390	14/12/1990	330	25/12/1991	250	4/10/1993	495
24/2/1990	425	15/12/1990	320	1/1/1992	319	4/11/1993	503
1/3/1990	425	18/12/1990	285	14/1/1992	250	8/11/1993	460
30/1/1990	425	20/12/1990	210	1/2/1992	280	10/11/1993	532
6/4/1990	440	21/12/1990	230	21/2/1992	260	16/11/1993	638
15/4/1990	450	22/12/1990	210	1/3/1992	291	26/11/1993	546
22/4/1990	460	23/12/1990	230	8/3/1992	285	10/12/1993	779
1/5/1990	440	25/12/1990	250	28/3/1992	260	14/12/1993	650
23/5/1990	460	1/1/1991	225	14/4/1992	260	17/12/1993	638
1/6/1990	525	8/1/1991	210	11/5/1992	260	23/12/1993	567
6/6/1990	475	13/1/1991	230	1/7/1992	294	7/1/1994	545
1/7/1990	475	1/2/1991	230	1/8/1992	425	28/1/1994	355
1/2/1994	291	15/6/1994	230	11/11/1994	375	1/3/1995	250
15/2/1994	241	15/9/1994	298	25/11/1994	400	13/4/1995	277
1/3/1994	227	27/9/1994	320	1/12/1994	405	1/6/1995	247
21/3/1994	250	2/10/1994	312	27/12/1994	440	1/8/1995	312
15/4/1994	241	6/10/1994	302	25/1/1995	320	1/9/1995	312
13/5/1994	250	15/10/1994	327	7/2/1995	250	1/11/1995	341

ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΝΕΡΟΥ ΠΗΓΗΣ ΑΝΑΒΑΛΟΥ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.7

αυτή παραθέτω και διάγραμμα της διακύμανσης της ποιότητας του νερού Αναβάλου με βάση την περιεκτικότητα του σε χλωριόντα.

Στις πηγές Κιβερίου βασίστηκε το ομώνυμο αρδευτικό έργο που στοχεύει να αρδεύσει περίπου 200.000 στρ. Το έργο αυτό που περιλαμβάνει το αντλιοστάσιο ανύψωσης και σύστημα ανοικτών διωρύγων και κλειστών αγωγών δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί. Σ'αυτή τη φάση εξυπηρετεί περίπου 40.000 στρ. με εσπεριδοειδή και επί πλέον δίνει τη δυνατότητα εφαρμογής του τεχνητού εμπλουτισμού αφού η προσαγωγός διώρυγα Κιβερίου διέρχεται και από τις πηγές Κεφαλαρίου.

7.4 Υδροφόροι ορίζοντες

Οι υδροφόροι ορίζοντες του Αργολικού πεδίου διακρίνονται σε ελεύθερους, περιορισμένους και ημιπεριορισμένους. Οι υδροφόροι αυτοί ορίζοντες τροφοδοτούνται άμεσα από το νερό της βροχής που κατεισδύει στους ελεύθερους υδροφόρους σχηματισμούς, από τα νερά των χειμάρρων τα οποία διηθούνται στα αδρομερή υλικά των παρυφών της πεδιάδας, από πλευρικές τροφοδοσίες, στις περιοχές όπου οι υδροφόροι ορίζοντες έρχονται σε επαφή με υδροφορείς κλπ.

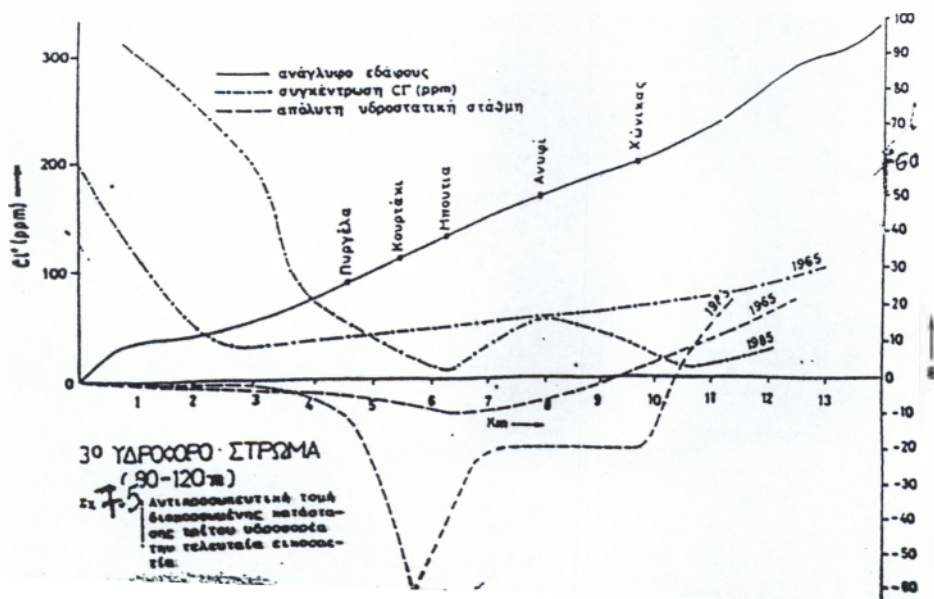
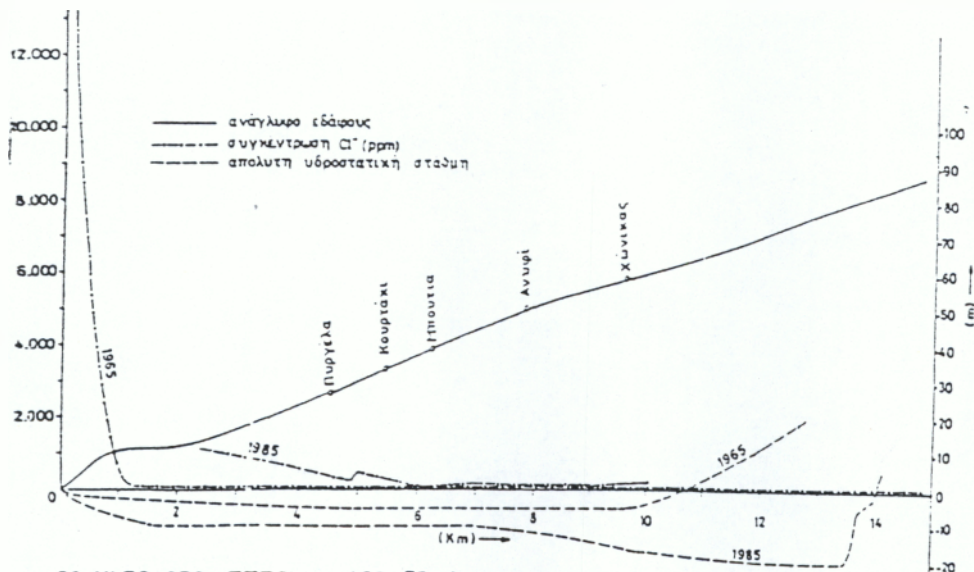
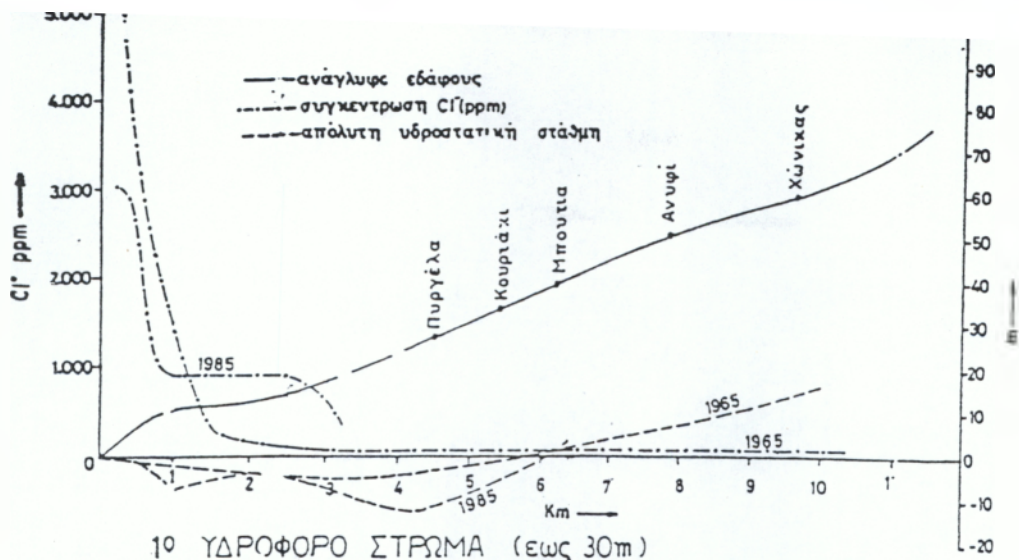
Κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας στον κόλπο της Αργολίδας αναπτύσσονται επιφάνειες επαφής των υπόγειων υδροφόρων σχηματισμών με τη θάλασσα δια μέσου των οποίων παρατηρείται έξοδος του υπόγειου νερού ή είσοδος προς αυτούς του θαλασσινού νερού ανάλογα με την κατεύθυνση της κλίσης του υδραυλικού φορτίου των υπόγειων νερών.

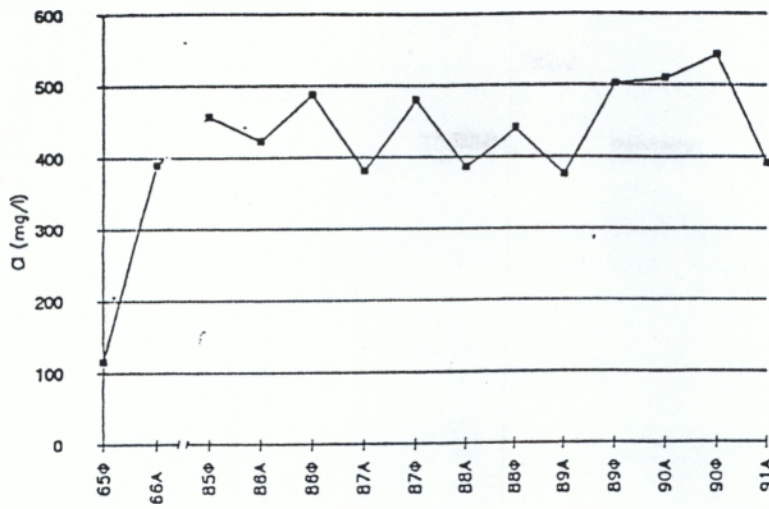
Με την αλματώδη ανάπτυξη της αρδευόμενης γεωργίας τα υπόγεια νερά, με άντληση από τις γεωτρήσεις, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των αρδευτικών αναγκών. Μέχρι το 1960 τα υπόγεια νερά βρίσκονταν σε κάποια ισορροπία δηλαδή όσο νερό αντλούνταν, τόσο αντικαθίσταντο με φυσικό εμπλουτισμό. Σήμερα που οι αρδευόμενες εκτάσεις έχουν ξεπεράσει τα 200.000 στρέμματα, η υπεράντληση νερού από τους υπόγειους υδροφόρους έχει οδηγήσει στην πτώση της στάθμης τους κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, με αποτέλεσμα την έντονη εισβολή της θάλασσας, όπου υπάρχουν περατοί σχηματισμοί.

Στα έξι σχήματα που παρατίθενται και που αφορούν τους τρεις πρώτους υδροφορείς του Αργολικού πεδίου, φαίνονται τόσο η υφαλμύρωση τους, όσο και η πτώση της υδροστατικής στάθμης για το χρονικό διάστημα 1965-1985.

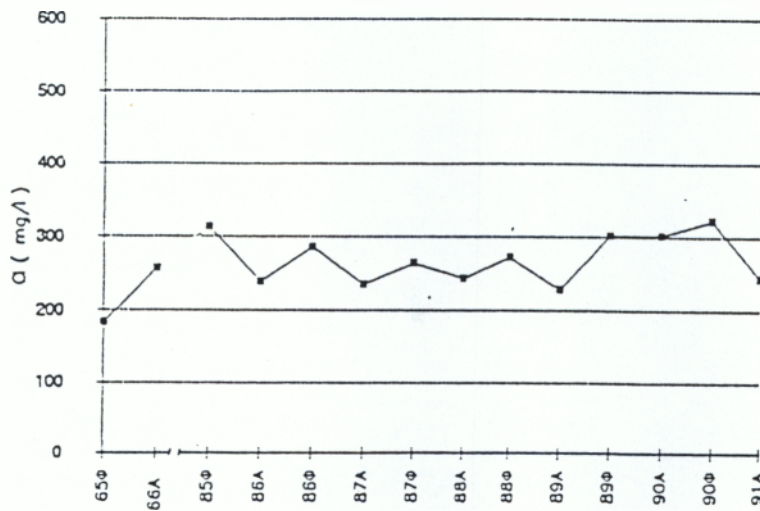
Η ρύπανση των υπογείων νερών από το νερό της θάλασσας παρακολουθείται με τους προσδιορισμούς της περιεκτικότητας τους σε χλωριόντα. Οι προσδιορισμοί αυτοί γίνονται δύο φορές το χρόνο (Άνοιξη-φθινόπωρο) και παρουσιάζονται για τις χρονιές που εφαρμόστηκε τεχνητός εμπλουτισμός, στα διαγράμματα που παραθέτω. Τα διαγράμματα αυτά δείχνουν τις διαφορές της περιεκτικότητας σε χλώριο ανάμεσα στα δείγματα άνοιξης και φθινοπώρου, και τη βελτίωση της ποιότητας των υπόγειων νερών που προκαλεί ο εμπλουτισμός των υδροφόρων σχηματισμών. Εξάιρεση αποτελεί η περίοδος 89-90, γεγονός που αποδίδεται στις μειωμένες βροχοπτώσεις.

Ο πρώτος υδροφόρος παρουσιάζεται βεβαρημένος σε χλώρια με μέση περιεκτικότητα που κυμάνθηκε κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών (1985-1991) από 370-500 ppm. Η μέση περιεκτικότητα του δεύτερου υδροφόρου κυμάνθηκε την ίδια περίοδο από 230-320

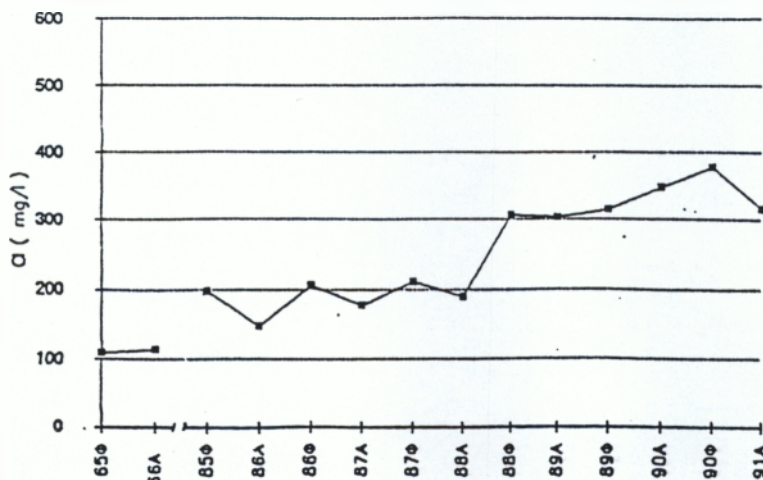




ΣΧΗΜΑ 7. Μέση διακύμανση χλωριόντων Ζου Υδροφόρου περιόδου από Φθινόπωρο 1965 - Άνοιξη 1990



ΣΧΗΜΑ 8. Μέση διακύμανση χλωριόντων Ζου Υδροφόρου περιόδου από Φθινόπωρο 1965 - Άνοιξη 1990



ppm. Η επιβάρυνση σε χλώριο του τρίτου υδροφόρου φαίνεται να ακολουθεί μια ανοδική πορεία, γεγονός που οφείλεται στην έντονη εκμετάλλευση του υδροφόρου κατά τα τελευταία χρόνια. Στη χαμηλότερη περιοχή του Αργολικού πεδίου που είναι υφαλμυρωμένη (περίπου 70.000) οι γεωτρυπανιστές με διάφορες μεθόδους απομονώνουν τους δύο πρώτους υδροφορείς και αντλείται νερό από τον τρίτο που είναι καλύτερης ποιότητας.

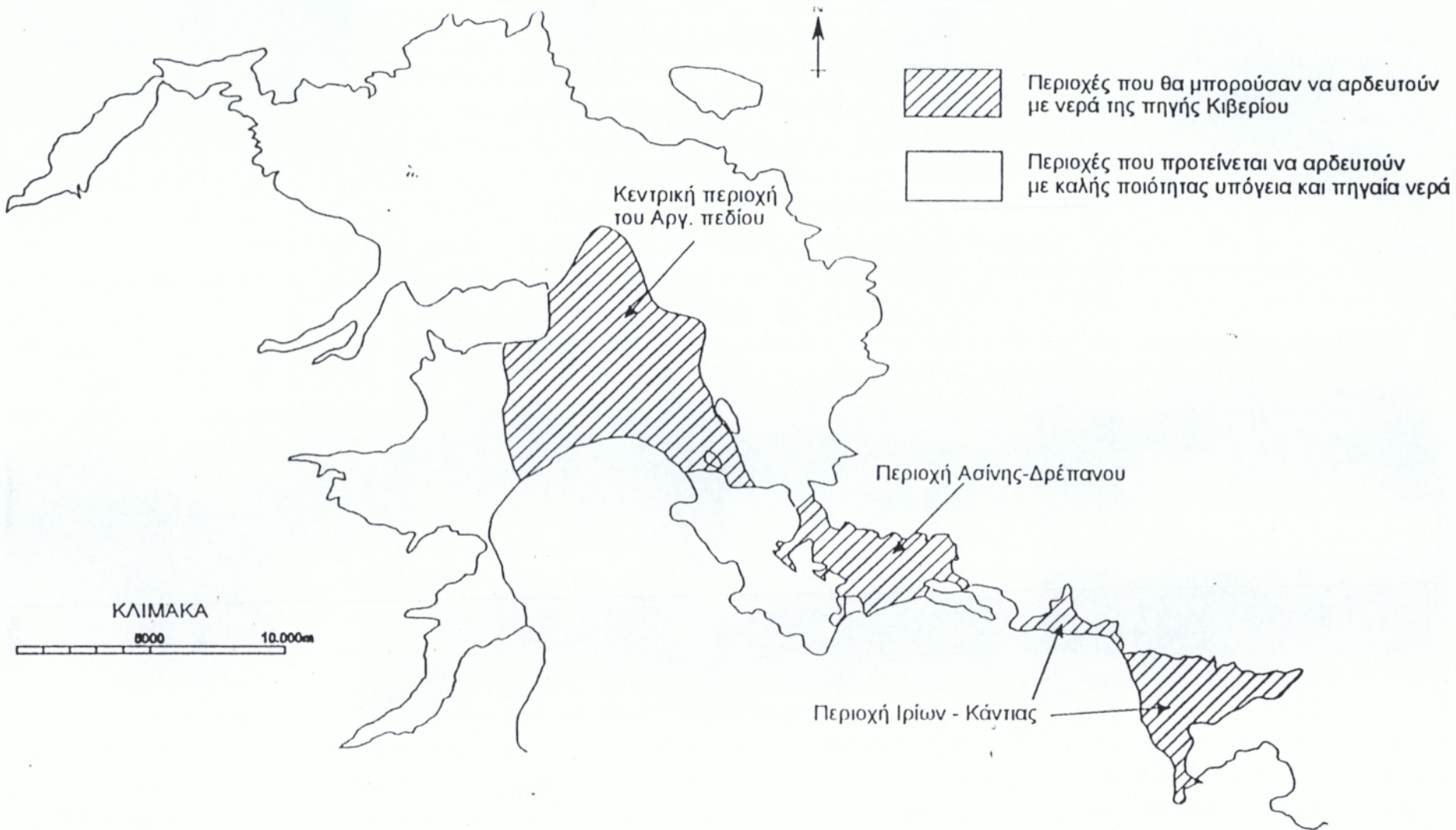
8. ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Ο Νομός Αργολίδας χαρακτηρίζεται από την εντατική εκμετάλλευση των φυσικών πόρων (έδαφος-νερό) και από το μικρό ύψος των βροχοπτώσεων (περίπου 400 mm το χρόνο) που σε περιόδους ξηρασίας (π.χ. 1989-1990) είναι πολύ μικρότερο.

Οι αρδευόμενες καλλιέργειες (κύρια εσπεριδοειδή) ξεπερνούν σήμερα τα 220.000 στρ. χρησιμοποιούνται για άρδευση τα υπόγεια νερά και μόνο στα υπόλοιπα 40.000 στρ. χρησιμοποιούνται τα επιφανειακά νερά (πηγές Κεφαλαρίου, Λέρνης, Αναβάλου κλπ.). Η έντονη εκμετάλλευση των υπόγειων νερών για την άρδευση από τη μια και η περιορισμένη φυσική ανανέωση τους από την άλλη, είχαν σαν αποτέλεσμα την διατάραξη του υδατικού ισοζυγίου. Έτσι λοιπόν από πολύ νωρίς (1960) ξεκίνησε η ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση.

Αν υποθεθεί ότι η άρδευση θα επεκταθεί σε 240.000 στρ. και ότι η μέση απαιτούμενη παροχή για τους μήνες αιχμής θα είναι της τάξης του $0,07\text{m}^3/\text{sec}/\text{στρ.}$ τότε η παροχή αιχμής για την παραπάνω έκταση θα είναι γύρω στα $17\text{m}^3/\text{sec.}$ Αν επιπρόσθετα γίνει δεκτό ότι όγκος νερού άρδευσης κατά στρέμμα και έτος είναι κατά μέσο όρο 750m^3 τότε ο ολικός απαιτούμενος όγκος νερού για όλη την αρδευόμενη έκταση θα ανέρχεται σε $200 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος.}$ Η παροχή των πηγών Κιβερίου έχει εκτιμηθεί ότι είναι γύρω στα $12 \text{ m}^3/\text{sec}$ και ως ετούτου δεν μπορεί να καλύψει τις αρδευτικές ανάγκες και αν ακόμη χρησιμοποιηθεί εξ'ολοκλήρου. Στην τελευταία περίπτωση θα χρειαστεί μια πρόσθετη πηγή νερού δυναμικότητας γύρω στα $5\text{m}^3/\text{sec.}$ Η επιπλέον αυτή παροχή μπορεί να εξασφαλιστεί με άντληση από τους υπόγειους υδροφόρους σχηματισμούς αν βέβαια το νερό τους είναι καλής ποιότητας. Η χρήση των νερών Κιβερίου να περιοριστεί στις περιοχές εκείνες της Αργολικής πεδιάδας όπου αναπτύσσονται αργιλικές στρώσεις που καλύπτουν τους υδροφόρους σχηματισμούς και συνεπώς παρεμποδίζουν τη ρύπανση των υπόγειων νερών από προϊόντα έκπλυσης των εδαφών. Οι εκτάσεις αυτές ανέρχονται σε 90.000 στρ. περίπου με αρδευτικές ανάγκες γύρω στα $70 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος.}$ Στον χάρτη 8.1 φαίνονται οι περιοχές που θα πρέπει να αρδεύονται με καλής ποιότητας νερό και εκείνες που θα μπορούσαν να αρδευτούν με νερά των πηγών Κιβερίου.

Για τον τεχνητό εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφόρων σχηματισμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν γύρω στα $40 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ προερχόμενα από χειμερινές και εαρινές παροχές των πηγών Κεφαλαρίου ($28 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$) και Λέρνης ($14 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$). Με τη συστηματική εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού οι υπόγειοι υδροφόροι σχηματισμοί μπορούν να αποδώσουν γύρω στα $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού άριστης ποιότητας και μπορούν να καλυφθούν 150.000 στρ. Με τη χρήση αρδευτικού νερού καλής ποιότητας η



Χάρτης 8.1. Αρδεύσιμες εκτάσεις της ευρύτερης περιοχής του Αργολικού πεδίου και προτεινόμενες πηγές νερού άρδευσης

περιεκτικότητα των προϊόντων έκπλυσης των αρδευόμενων εδαφών σε άλατα θα είναι μικρή και συνεπώς ο ρυθμός ρύπανσης περιορισμένος.

9. ΜΕΤΡΑ ΑΜΒΛΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.

9.1 Τεχνητός εμπλουτισμός

9.1.1 Διαχρονική εξέλιξη

Η ιδέα του Τεχνητού Εμπλουτισμού των υπογείων υδροφόρων στον Αργολικό κάμπο γεννήθηκε πολύ νωρίς στην ΥΕΒ (1963-65) και άρχισαν τότε οι πρώτες πειραματικές εφαρμογές σε περιορισμένο αριθμό πηγαδιών με χρήση των νερών των πηγών Κεφαλαρίου και Λέρνης. Η έλλειψη όμως εκτεταμένου Δικτύου μεταφοράς του νερού και η εξέλιξη στην τεχνολογία των γεωτρήσεων που έδινε την δυνατότητα εκμετάλλευσης από μεγάλα βάθη δεν επέτρεψε, τη συστηματική εφαρμογή από τότε.

Το 1984 ανατέθηκε από το Υπ. Γεωργίας στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Γεωργικού Παν/μίου Αθηνών (καθηγητής κος Πουλοβασίλης) Ερευνητικό Πρόγραμμα με τον τίτλο "Παρακολούθηση και αντιμετώπιση της υπαλμύρωσης των υπογείων υδροφόρων οριζόντων του Αργολικού πεδίου".

Η βασική πρόταση, που διατυπώθηκε αμέσως για την εξυγίανση των υπόγειων νερών ήταν Τεχνητός Εμπλουτισμός τους με τα νερά των πηγών Κεφαλαρίου και Λέρνης, με στόχο την αναπλήρωσή τους, την ποιοτική αναβάθμισή τους και την εμπόδιση μόλυνσης από τη θάλασσα. Το έλλειμμα στα υπόγεια νερά εκτιμήθηκε σε 1 δισ. Κυβικά μέτρα και η δυνατότητα των πηγών για Εμπλουτισμό περί τα 50 εκ. κυβικά κάθε χρόνο κατά τους χειμερινούς μήνες.

Οι υπόγειοι υδροφορείς με αυτή την τεράστια χωρητικότητα αποτελούν τον καλύτερο, το φυσικό Ταμιευτήριο, που θα αξιοποιεί τα χειμερινά νερά των πηγών (που είναι άριστης ποιότητας) για να αναπληρώνονται τα υδάτινα αποθέματα και να εξυγιαίνονται ποιοτικά.

Το 1986-1987 κατασκευάστηκαν σε δύο χείμαρρους μεμονωμένα έργα εμπλουτισμού για εκμετάλλευση των χειμερινών ροών. Στη μία περίπτωση (χείμαρρος Ράδος Ιρίων) κατασκευάστηκαν λεκάνες διήθησης του νερού.

Στη δεύτερη περίπτωση (χείμαρρος Ξορβιός Κυβερίου) έγιναν δίπλα στο χείμαρρο 4-5 γεωτρήσεις που δέχονται τα νερά. Να σημειωθεί εδώ ότι οι ροές στους χείμαρρους αυτούς είναι περιορισμένες (μόνο το χειμώνα) ενώ υπάρχουν και χρονιές που δεν τρέχει νερό.

Η απειλητική ξηρασία το 1989-1990 είχε καταλυτική συνέπεια. Με την συνδυασμένη εκστρατεία της ΔΕΘ Αργολίδας, της Ομάδας Πουλοβασίλη, του ΓΟΕΒ Αργοναυπλίας και των φορέων των αγροτών (ΤΟΕΒ, Συνεταιρισμοί, Αγροτικοί Σύλλογοι κλπ.) πείστηκε η Νομαρχία να χρηματοδοτήσει την εφαρμογή Τεχνητού εμπλουτισμού σε μια έκταση 40.000 στρ. όπου υπήρχαν συλλογικά αρδευτικά δίκτυα για τη μεταφορά του νερού από τις πηγές. Καθοριστική υπήρξε επίσης και η συμβολή του Συλλόγου Γεωπόνων Αργολίδας αφού στην κρίσιμη εκείνη περίοδο διοργάνωσε επιστημονική ημερίδα στο Ναύπλιο για τι

Υδατικό Πρόβλημα όπου αναλύθηκαν και προβλήθηκαν όλες οι πτυχές του σύνθετου αυτού προβλήματος.

Το 1993 ολοκληρώθηκε η προσαγωγός Διώρυγα Αναβάλου στο τμήμα της Άργους-Αγ. Τριάδα-Ναύπλιο που πρόσθεσε αυτό που χρόνια προσδοκούσαμε: την δυνατότητα μεταφοράς του νερού των πηγών στην καρδιά του Αργολικού κάμπου. Η κινητοποίηση για εφαρμογή του Εμπλουτισμού ήταν άμεση. Μέσα σ' ένα μήνα "επιστατεύτηκαν" 75 γεωτρήσεις και πηγάδια κατά μήκος της Διώρυγας ενώ δρομολογήθηκε με πρωτοβουλία των φορέων των αγροτών η διάνοιξη ειδικών γεωτρήσεων με αυτοχρηματοδότηση και την επιστημονική στήριξη του κ. Πουλοβασίλη και της ΥΕΒ Αργολίδας.

9.1.2 Τεχνική εφαρμογής του Εμπλουτισμού

A. Επιφανειακή διάθεση του νερού.

Το νερό οδηγείται μέσα στο στραγγιστικό δίκτυο, τα κατώτερα τμήματα των κοιτών των χειμάρρων, σε υπάρχουσες λεκάνες (έχει αφαιρεθεί το χώμα για την κεραμοποιία) και σε χειμάρριες λεκάνες που κατασκευάστηκαν στο Ράδο. Το νερό κατεβαίνοντας συναντάει τους υδροφόρους ορίζοντες. Οι ποσότητες που διατίθενται είναι περιορισμένες.

B. Διάθεση μέσα από γεωτρήσεις και πηγάδια

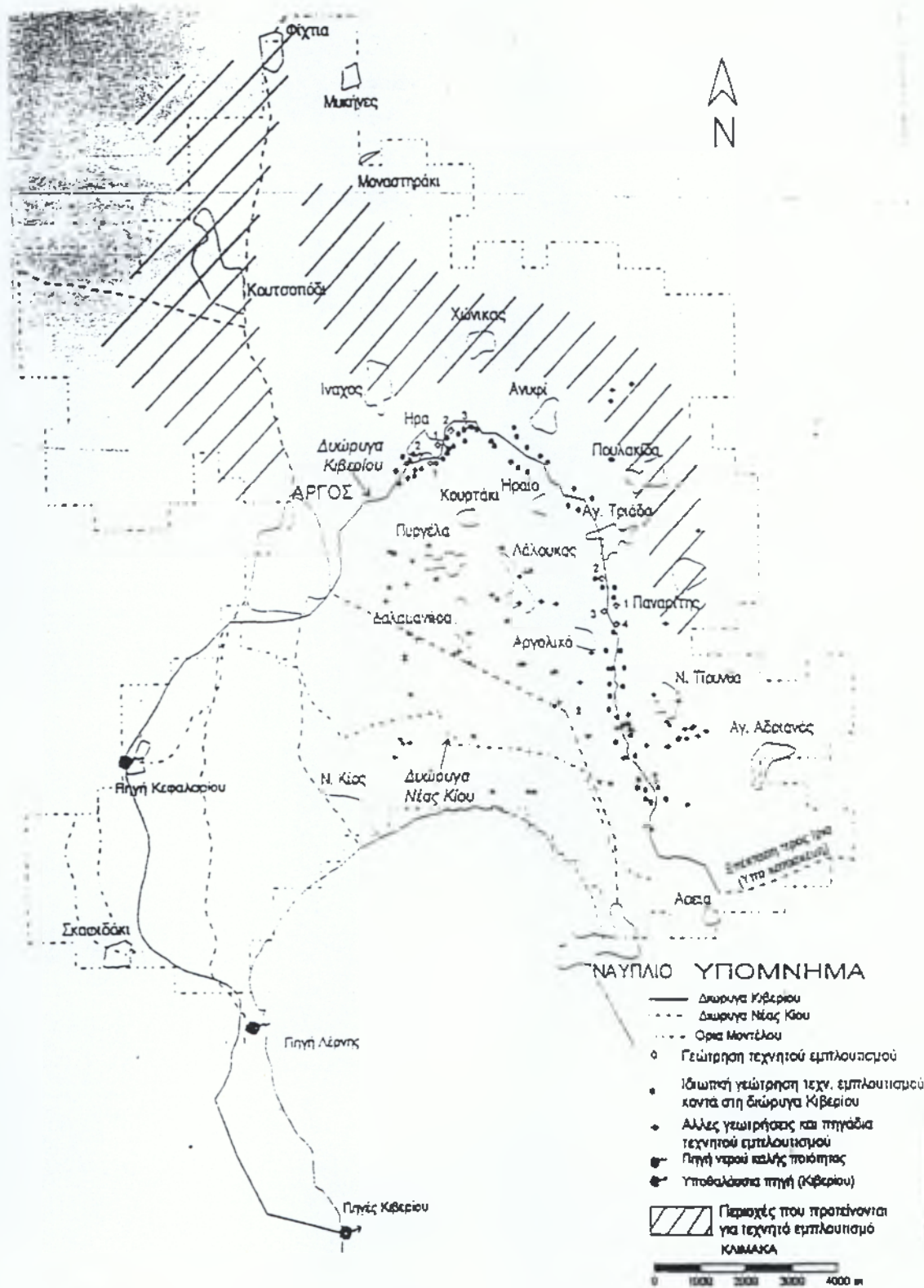
Το νερό οδηγείται στους υδροφόρους ορίζοντες μέσα από πηγάδια και γεωτρήσεις. Έχουμε τέσσερις περιπτώσεις εφαρμογής :

α) Με χρήση του συλλογικού αρδευτικού δικτύου το νερό το χειμώνα και την άνοιξη αντί να πηγαίνει για άρδευση οδηγείται σε παλιές γεωτρήσεις και πηγάδια που υπάρχουν στα αγροτεμάχια. Η εφαρμογή αυτή γίνεται σε μια έκταση 40.000 στρ. και χρησιμοποιούνται 80 γεωτρήσεις και πηγάδια. Επειδή μάλιστα υπάρχει μεγάλη προσφορά οι γεωτρήσεις και τα πηγάδια εναλλάσσονται κάθε 20-30 μέρες. Πολλές από τις υδροληψίες αυτές χρησιμοποιούνται το καλοκαίρι για άρδευση συμπληρώνοντας το νερό του συλλογικού δικτύου.

Κάθε χρόνο διατίθενται (ανάλογα και με τη δίαιτα των πηγών) 5-7 εκ. κυβικά μέτρα νερού με κόστος 30 εκ. δρχ. που αφορά την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και τα λοιπά λειτουργικά έξοδα αφού το νερό αντλείται από τη προσαγωγό Διώρυγα Ν. Χίου (από υψόμετρο 5-10 μ.) και μεταφέρεται μέχρι την υψομετρική των 100μ.

β) Στην εφαρμογή αυτή, που ξεκίνησε φέτος , το νερό με σιφωνισμό και με απλή υδραυλική σύνδεση οδηγείται από προσαγωγό Διώρυγα Αναβάλου είτε στο αντλητικό συγκρότημα είτε με ειδική σωλήνωση φτάνει μέχρι τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα.. Χρησιμοποιήθηκαν φέτος 75 παλιές γεωτρήσεις και πηγάδια σε μια ζώνη 200-300μ. μακριά από τη Διώρυγα. Η ωριαία απορρόφηση ήταν 25-40 κυβικά μέτρα νερού σε κάθε υδροληψία.

γ) Με χρήση γεωτρήσεων που έγιναν ειδικά για εμπλουτισμό. Φέτος έγιναν 11 γεωτρήσεις σε απόσταση 10-20 μ. από τη Διώρυγα Αναβάλου που υδροδοτήθηκαν με σιφωνισμό και αναρρόφηση 25-80 κυβικά μέτρα νερού ωριαία. Σε ορισμένες από τις γεωτρήσεις αυτές τοποθετήθηκαν παροχόμετρα για παρακολούθηση της παροχής.



Γεωτρήσεις στις οποίες έχει εφαρμοστεί τεχνητός εμπλουτισμός



Χάρτης του Αργολικού Πεδίου με τις ζώνες εμπλουτισμού

Το κόστος λειτουργίας των παραπάνω περιπτώσεων β και γ είναι μηδαμινό και αφορά τα οδοιοπορικά έξοδα του προσωπικού και μια στοιχειώδη επίβλεψη από 1-2 υδρονομείς. Στη πρώτη φετινή εφαρμογή διατέθηκαν στους υπόγειους υδροφορείς περίπου 4 εκ. κυβικά νερού.

δ) Με χρήση του νερού του χειμάρρου Ξοβρίου και 4-5 ειδικών γεωτρήσεων που έχουν γίνει για λογαριασμό της Κοινότητας Κυβερίου από Προγράμματα των δημοσίων Επενδύσεων. Η εφαρμογή είναι περιστασιακή όταν υπάρχει ροή νερού στο χειμάρρο. Κάθε γεώτρηση μπορεί να δεχθεί μέχρι 200 κυβικά μέτρα νερού ωριαία.

Κατά τη διάρκεια του εμπλουτισμού λαμβάνονται διάφορα υδραυλικά στοιχεία και γίνεται παρακολούθηση της ποιότητας του νερού. Κατά την διάρκεια των αρδεύσεων (περίοδος εκμετάλλευσης των υπόγειων νερών) παρακολουθείται η ποιότητα του νερού και διακύμανση της στάθμης αντιπροσωπευτικών γεωτρήσεων.

9.2 Αντιμετώπιση της αλατότητας

9.2.1 Συχνές αρδεύσεις

Με τις συχνές αρδεύσεις επιτυγχάνεται η διατήρηση του διαθέσιμου για φυτά νερού, σε υψηλά επίπεδα και ιδιαίτερα στο ανώτερο και πιο ενεργό τμήμα των ριζών. Με κάθε άρδευση το ανώτερο τμήμα του εδάφους ξεπλένεται από τα άλατα και έτσι μειώνεται η επίδραση της όσμωσης. Οι συχνές αρδεύσεις προϋποθέτουν τη γνώση των απαιτήσεων των καλλιεργούμενων φυτών σε νερό και τη χρονική ευχέρεια χρησιμοποίησης του νερού της περιοχής.

Καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με τις συχνές αρδεύσεις ιδιαίτερα, όταν η αρδευτική μέθοδος που εφαρμόζεται είναι ανεπαρκής για τη ρύθμιση του απαραίτητου ύψους νερού που χρειάζεται σε κάθε άρδευση.

9.2.2 Εκλογή καλλιέργειας

Υπάρχει ευχέρεια εκλογής καλλιέργειας ανθεκτικής στα άλατα, που περιέχει ένα δεδομένο έδαφος, γιατί η ανθεκτικότητα των διαφόρων φυτών στα άλατα διαφέρει σε μεγάλη έκταση λόγω της ικανότητας που έχουν να κάνουν τις απαραίτητες οσμωτικές προσαρμογές ώστε να απορροφούν νερό από περισσότερο ή λιγότερο αλατούχο εδαφικό νερό. Τα πιο ανθεκτικά καλλιεργούμενα φυτά αντέχουν σε αλατότητα εδάφους 8-10 φορές μεγαλύτερη από εκείνη που αναπτύσσονται τα πιο ευπαθή καλλιεργούμενα είδη.

Παράδειγμα της διαφορετικής αντοχής στα άλατα είναι ότι ένα αρδευτικό νερό με $E_{cen} = 2,0$ mmhos/cm, είναι ακατάλληλο για την άρδευση ευαίσθητων στα άλατα καλλιεργειών, όπως τα φασόλια, όμως μπορεί να είναι κατάλληλο για το καλαμπόκι, το βαμβάκι ή τα σακχαρότευτλα. Φασόλια θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν πλην όμως η απόδοση τους θα είναι το 50% αυτής που επιτυγχάνεται με καλής ποιότητας νερό.

Στον πίνακα 9 δίνεται η ανθεκτικότητα των σπουδαιότερων καλλιεργειών στα άλατα. Οι τιμές του πίνακα ισχύουν όταν υπάρχει στράγγιση στο χωράφι, οπότε η συγκέντρωση των αλάτων αυξάνει με το βάθος του προφίλ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9

Αντοχή καλλιεργειών στα άλατα και αναμενόμενο δυναμικό αποδόσεων από την αλατότητα του αρδευτικού νερού (EC_e) ή την αλατότητα του εδάφους (EC_e)

ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ

Φ Υ Τ Α ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	100%		90%		75%		50%		0%	
	EC_e	EC_v	EC_e	EC_v	EC_e	EC_v	EC_e	EC_v	EC_e	EC_v
ΚΡΙΘΑΡΙ (Hordeum vulgare)	8.0	5.3	10	6.7	13	8.7	18	12	28	19
ΒΑΜΒΑΚΙ (Cossypium hirsutum)	7.7	5.1	9.6	6.4	13	8.4	17	12	27	18
ΓΕΥΤΑΑ (Beta vulgaris)	7.0	4.7	8.7	5.8	11	7.3	15	10	24	16
ΙΟΡΓΟ (Sorghum bicolor)	6.8	4.5	7.4	5.0	8.4	5.6	9.9	6.7	13	8.7
ΣΙΤΑΡΙ (Triticum aestivum)	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.3	13	8.7	20	13
ΕΚΛΗΡΟ ΣΙΤΑΡΙ (Tritinum turgidum)	5.7	3.8	7.6	5.0	10	6.9	15	10	24	15
ΣΟΓΙΑ (Glycine max)	5.0	3.3	5.5	3.7	6.3	4.2	7.5	5.0	10	6.7
ΑΡΑΧΙΔΑ (Arachis hypogaea)	3.2	2.1	3.5	2.4	4.1	2.7	4.9	3.3	6.6	4.4
ΡΥΖΙ (Oriza sativa)	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8	11	7.6
ΣΑΚΧΑΡΟΚΑΛΑΜΟ (Saccharum officinarum)	1.7	1.1	2.4	2.3	5.9	4.0	10	6.9	19	12
ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ (Zea mays)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
ΛΙΝΑΡΙ (Linum usitatissimum)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
ΚΟΥΚΙΑ (Vicia faba)	1.5	1.1	2.6	1.8	4.2	2.0	6.8	4.5	12	8.0
ΦΑΣΟΛΙΑ (Phaseolus vulgaris)	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.3	4.2

Η αντοχή των φυτών στα άλατα αλλάζει ανάλογα με την καλλιεργητική τεχνική που εφαρμόζεται, το στάδιο ανάπτυξης, το υποκείμενο, την ποικιλία και το κλίμα.

Για τα περισσότερα ετήσια φυτά το πρώτο στάδιο μετά τη βλάστηση των σπόρων είναι το περισσότερο ευαίσθητο (σακχαρότευτλα, ρύζι, σιτάρι, βρώμη και πολλά λαχανικά) Εσε μεγαλύτερη από 4 mmhos/cm στο στάδιο της βλάστησης των σπόρων μπορεί να προκαλέσει καθυστέρηση ή παρεμπόδιση της βλάστησης τους . Οι τιμές του πίνακα αναφέρονται στα στάδια μετά την βλάστηση των σπόρων.

Τα υποκείμενα επηρεάζουν την αντοχή στα άλατα ορισμένων δένδρων όπως τα εσπεριδοειδή. Οι γενετιστές ασχολούνται εντατικά με την δημιουργία ανθεκτικών ποικιλιών και υποκειμένων.

Το κλίμα και η εποχή καλλιέργειας των φυτών παίζει σπουδαίο ρόλο στην αντοχή των στα άλατα.. Καλλιέργειες σε ψυχρότερα κλίματα ή όταν αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι πιο ανθεκτικές στις δυσμενείς επιδράσεις των αλάτων από τις ανοιξιάτικες και καλοκαιρινές καλλιέργειες, που η εξατμισοδιαπνοή είναι αυξημένη και η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας χαμηλή.

9.2.3. Ανάγκες σε νερό για έκπλυση

Όπως αναφέρθηκε τα άλατα του αρδευτικού νερού , που συσσωρεύονται στο έδαφος μετά την απορρόφηση του νερού από φυτά και την εξάτμιση πρέπει να ξεπλυθούν. Τα άλατα αυτά θα μετοπισθούν σε μεγαλύτερο βάθος με το νερό, αλλά το ερώτημα είναι πόσο νερό θα χρειαστεί να δοθεί για να επιτευχθεί το ξέπλυμα..

Οι ανάγκες σε νερό για έκπλυση (LR) καθορίζονται σαν το ποσοστό του νερού, που εισέρχεται στο έδαφος και πρέπει να διηθηθεί κάτω από το ριζόστρομα για να εμποδιστεί η αλατότητα του εδάφους (Ese) να υπερβεί μια καθορισμένη τιμή, που εξαρτάται από την αντοχή του καλλιεργούμενου φυτού στα άλατα .

Η απλούστερη και πιο διαδεδομένη μέθοδος για τον υπολογισμό του LR είναι η μέθοδος του U.S.D.A. (1954).

$$LR = \frac{D_s}{D_v} = \frac{E_{cv}}{E_{cs}}$$

Όπου D_s = ύψος νερού στράγγισης (mm)

D_v = ύψος νερού άρδευσης (mm)

E_{cs} = ηλεκτρική αγωγιμότητα νερού στράγγισης, που λαμβάνεται περίπου ίση με την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδαφικού νερού στο κατώτερο τμήμα του ριζοστρόματος (ms/cm)

E_{cv} = ηλεκτρική αγωγιμότητα αρδευτικού νερού (ms/cm)

9.3 Αλατότητα και μέθοδος άρδευσης

Είναι ευκολότερα να ελέγχεται η αλατότητα του εδάφους με τεχνητή βροχή και στάγδην άρδευση παρά με τις συμβατικές επιφανειακές μεθόδους. Όμως η τεχνητή βροχή και η στάγδην άρδευση δεν είναι κατάλληλες για όλες τις ποιότητες νερού, τις συνθήκες εδάφους, κλίματος και κυρίως για όλες τις καλλιέργειες. Πολλοί παράγοντες θα πρέπει να εξετασθούν πριν γίνει αλλαγή του τρόπου άρδευσης και κυρίως στις δεινδρώδεις καλλιέργειες (κόστος-επίδραση στο ριζικό σύστημα).

9.3.1 Τεχνητή βροχή (sprinkling-σπρέι)

Με την τεχνητή βροχή επιτυγχάνεται ομοιόμορφο και επαρκές ξέπλυμα των αλάτων, οι επιφανειακές απορροές περιορίζονται στο ελάχιστο και το βάθος του νερού ελέγχεται με το κατάλληλο προσδιορισμό του χρόνου άρδευσης.

Η τεχνητή βροχή είναι κατάλληλη για το φύτευμα των σπόρων γιατί τα νεαρά φυτάρια είναι ευαίσθητα στα άλατα. Αυτό φυσικά ισχύει, αν το διαθέσιμο αρδευτικό νερό έχει λιγότερη συγκέντρωση αλάτων από το ανώτερο όριο αντοχής των φυταρίων (ιδιαίτερα ριζών).

Με τη μέθοδο αυτή προβλήματα στράγγισης και ανύψωσης του υπόγειου ορίζοντα, εάν υπάρχουν, περιορίζονται στο ελάχιστο ή εκμηδενίζονται, ιδιαίτερα όταν το σύστημα σχεδιαστεί προσεκτικά.

Όμως η τεχνητή βροχή είναι επικίνδυνη για τα ευαίσθητα φυτά, όταν το αρδευτικό νερό είναι υφάλμυρο και βρέχονται τα πράσινα μέρη τους. Ιδιαίτερα τα αμπέλια και τα εσπεριδοειδή είναι ευαίσθητα σε μικρές σχετικά συγκεντρώσεις νατρίου, και χλωρίου (3me/l). Όταν η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας είναι χαμηλή οι θερμοκρασίες υψηλές και οι άνεμοι ισχυροί τα φύλλα των δεδομένων βρέχονται, μπορεί να απορροφηθούν υπερβολικά ποσά από τα στοιχεία αυτά και να παρουσιασθούν τοξικότητες. Το νερό, ή χειρότερο, όταν χρησιμοποιείται για επιφανειακή ή στάγδην άρδευση ή ακόμη για τεχνητή βροχή αλλά αποφεύγεται η διαβροχή των φύλλων, δεν δημιουργεί προβλήματα ή τουλάχιστον δημιουργεί ελάχιστα.

Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος προτείνονται:

- α) Άρδευση τις νυχτερινές ή πρωινές ώρες.
- β) Αποφυγή αρδεύσεων με αέρα δυνατό και ξηρό.
- γ) Αύξηση ταχύτητας περιστροφής του μπέκ ώστε να είναι διαρκώς υγρά τα φύλλα και να μην ξεραινούνται. Επιλογή μπέκ που δίνει μεγάλα σταγονίδια (στις ετήσιες καλλιέργειες).
- δ) Αλλαγή στο σύστημα άρδευσης ώστε να μην διαβρέχονται τα φύλλα..
- ε) Φύτευση και καλλιέργεια κατά τη διάρκεια δροσερών εποχών.

9.3.2 Άρδευση με σταγόνες (drip ή trickle)

Όταν υπάρχει καλής ποιότητας νερό με τη στάγδην οι αποδόσεις θα είναι ίσες ή λίγο καλύτερες από τις άλλες μεθόδους άρδευσης, όταν οι υπόλοιπες καλλιεργητικές συνθήκες είναι ίδιες. Με υφάλμυρα νερά οι αποδόσεις μπορεί να είναι καλύτερες με τη στάγδην άρδευση λόγω της διατήρησης της υγρασίας στο έδαφος συνεχώς με υψηλή τιμή και της καθημερινής αναπλήρωσης των απωλειών του νερού από την εξατμισοδιαπνοή με επακόλουθο την αραίωση των αλάτων. Η συχνή τεχνητή βροχή μπορεί να δώσει παρόμοια αποτελέσματα, αλλά με την άρδευση με σταγόνες αποφεύγονται τα τοξικά φαινόμενα στα ευαίσθητα φυτά, που παρουσιάζονται, όταν τα φύλλα τους βρέχονται. Με υφάλμυρα νερά, εάν με τις άλλες μεθόδους άρδευσης η ανθεκτικότητα των φυτών στα άλατα υπερβάλλετε, με τη στάγδην άρδευση μπορεί να επιτυγχάνονται καλύτερες αποδόσεις, αν και δεν είναι εκείνες, που αναμένονται από τη χρησιμοποίηση καλής ποιότητας νερού.

Ένας σπουδαίος παράγοντας που μετράει για τη χρησιμοποίηση της άρδευσης με σταγόνες στις παραλιακές περιοχές, όπου η εντατική εκμετάλλευση των υπογείων υδροφόρων προκαλεί εισβολή θαλασσινού νερού, είναι η οικονομία που επιτυγχάνεται στο νερό, που έχει σαν αποτέλεσμα την επιβράδυνση της πτώσης του υδροφόρου ορίζοντα. Η στάγδην άρδευση όμως έχει και σημαντικά αδύνατα σημεία. Τα άλατα συσσωρεύονται τόσο στην επιφάνεια του εδάφους μεταξύ των σταλακτήρων όσο και στο προφίλ εξωτερικό από τα όρια, που υγραίνεται το έδαφος από τους σταλακτήρες. Ο βαθμός της αλατότητας αυξάνεται ανάλογα με το βαθμό και την απόσταση από το σταλακτήρα. Η αύξηση της περιεκτικότητας των αλάτων στην επιφάνεια του εδάφους οφείλεται στην εξάτμιση του νερού από το έδαφος.

Πολλές φορές η συσσώρευση των αλάτων στην επιφάνεια του εδάφους μπορεί να γίνει επικίνδυνη, όταν με το νερό της βροχής μεταφερθούν μέσα στη ζώνη του ριζικού συστήματος ή προκειμένου για ετήσιες καλλιέργειες δεν γίνει έκπλυση πριν από την επόμενη καλλιέργεια. Αν το νερό της βροχής είναι αρκετό για να ξεπλύνει τα άλατα αυτά, που συσσωρεύτηκαν, δεν πρέπει να αναμένεται κανένα πρόβλημα. Όταν όμως οι βροχοπτώσεις είναι ανεπαρκείς μπορεί να δημιουργηθούν σοβαρά προβλήματα.

Σ'αυτές τις περιπτώσεις ξέπλυμα του εδάφους πριν από την επόμενη καλλιέργεια με κατάκλιση ή συμπληρωματική άρδευση μετά τη βροχή μέχρι τα 50-100 mm είναι αποτελεσματικά. Στις περιπτώσεις αυτές η τεχνητή βροχή ενδείκνυται. Αυτό όμως απαιτεί τη χρησιμοποίηση και δευτέρου συστήματος άρδευσης, που είναι αμφίβολο εάν συμφέρει οικονομικά. Όπου όμως είναι δυνατή η εφαρμογή αυτής της τεχνικής είναι δυνατή η συνεχής καλλιέργεια με τη χρησιμοποίηση σχετικά κακής ποιότητας νερού.

9.4 Αλλαγή καλλιεργητικών πρακτικών

9.4.1 Προάρδευση

Μια έντονη προάρδευση για την έκπλυση των επιφανειακών αλάτων βελτιώνει το φύτευμα και τη γρήγορη ανάπτυξη της καλλιέργειας. Αυτό γίνεται αρκετά νωρίτερα από τη σπορά, για να έχουμε χρόνο για τις απαραίτητες καλλιεργητικές φροντίδες.

Εφαρμόζουμε άρδευση πριν της χειμερινές βροχοπτώσεις και με το νερό της βροχής επιπλέον έχουμε έκπλυση, το νερό αυτό είναι καλής ποιότητας και κινεί τα αλάτια έξω από την περιοχή σποράς, έτσι δεν έχουμε προβλήματα φυτρώματος.

9.4.2 Τοποθέτηση του σπόρου

Τοποθετώντας τους σπόρους σε διπλή σειρά πάνω στο ανάχωμα και μακριά από το κέντρο αυτού, αποφεύγουμε τις μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων του κεντρικού τμήματος και έτσι μπορούν να γίνουν ανεκτές υψηλότερες συγκεντρώσεις αλάτων τόσο στο νερό όσο και στο έδαφος.

Μια άλλη τεχνική είναι η άρδευση αυλάκι παρ' αυλάκι , οπότε τα αλάτια συγκεντρώνονται προς τη μη αρδευόμενη πλευρά. Τοποθετώντας σε το σπόρο προς την αρδευόμενη πλευρά του αναχώματος εξασφαλίζουμε τη φύτευση και με εντονότερες αλατούχες συνθήκες. Με την εφαρμογή της τεχνικής αυτής αντενδείκνυται η σπορά σε δύο σειρές.

Ακόμα μπορούμε να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας κεκλιμένη πλευρά και λίγο πάνω από τη στάθμη του νερού. Η άρδευση συνεχίζεται έως ότου υγρανθεί το έδαφος αρκετά πάνω από το σπόρο.

9.4.3 Λίπανση

Τα χημικά λιπάσματα τοποθετούμενα πολύ κοντά στο αναπτυσσόμενο φυτό είναι πιθανό να προκαλέσουν προβλήματα αλατότητας και τοξικότητας. Αν αναμένεται να έχουμε προβλήματα αλατότητας και τοξικότητας. Αν αναμένεται να έχουμε πρόβλημα αλατότητας τότε θα πρέπει να δοθεί προσοχή στο χρόνο και τη θέση λίπανσης .Τα νεαρά φυτά είναι ευαίσθητα στα αλάτια και χρειάζονται λίγη λίπανση στην αρχή και αργότερα την κύρια ποσότητα. Η ανάλυση εδάφους για να γνωρίζουμε Ec,N,P,k πριν από τη φύτευση, είναι χρήσιμη για την εφαρμογή πρακτικών λίπανσης.

Η αντοχή των καλλιεργειών λίγο επηρεάζεται από την αύξηση της γονιμότητας. Αν όμως αλατότητα και χαμηλή γονιμότητα περιορίζουν τις αποδόσεις τότε διόρθωση του πλέον περιοριστικού παράγοντα θα αυξήσει την παραγωγή. Αν όμως η γονιμότητα είναι πλήρης και η αλατότητα περιορίζει την παραγωγή, περαιτέρω αύξηση της λίπανσης δε θα αυξήσει την παραγωγή ούτε θα βελτιώσει την αντοχή των καλλιεργειών στα άλατα.

9.4.4 Ισοπέδωση

Το θέμα της ισοπεδώσεις του χωραφιού αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιτυχία ομοιόμορφης άρδευσης είτε αρδεύουμε με νερό καλής ποιότητας είτε όχι. Βέβαια όταν αναμένεται αλατικό πρόβλημα ο παράγοντας αυτός έχει θεμελιώδη σημασία, γιατί οι συγκεντρώσεις αλάτων στα υπερυψωμένα σημεία είναι πλέον έντονες. Στην περίπτωση αυτή , ακόμη και στον καταιονισμό θα χρειαστεί ισοπέδωση του χωραφιού για να ελαχιστοποιήσουμε τις ανωμαλίες του εδάφους και έτσι να μειώσουμε τους κινδύνους συγκέντρωσης αλάτων έστω και καταθέσεις.

9.4.5 Διαφοροποίηση του εδαφικού προφίλ

Τα εδάφη πολλές φορές εμφανίζουν αδιαπέραστες στρώσεις που εμποδίζουν ή και αποκλείουν τη διείσδυση ριζών και νερού. Η διαχείριση του νερού και ο έλεγχος της αλατότητας μπορούν να απλοποιηθούν αν οι στρώσεις αυτές γίνουν περατές στο νερό και τις ρίζες. Το σχίσσιμο της στρώσης βελτιώνει την εσωτερική στράγγιση, αλλά τα αποτελέσματα είναι βραχύβια. Το βαθύ όργωμα θα δώσει καλύτερα αποτελέσματα, εφόσον μπορεί να γίνει, και πρέπει να εκτελείται μετά από την ισοπέδωση και πριν από την έκπλυση.

Αλατούχες εδαφικές στρώσεις συχνά ανεβαίνουν με το βαθύ όργωμα στη ριζική ζώνη, οπότε την πρώτη χρονιά πρέπει να καλλιεργηθεί μια ετήσια ανθεκτική καλλιέργεια στα αλάτια καλλιέργεια όπως το κριθάρι και να εφαρμοσθεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού έκπλυσης από την κανονική.

9.4.6 Εγκατάσταση στραγγιστικού δικτύου

Όπου έχουμε υψηλό υπόγειο ορίζοντα αλλά και γενικότερα όπου αναμένεται να εμφανιστεί πρόβλημα αλατότητας, είναι απαραίτητη η κατασκευή στραγγιστικού δικτύου. Αν δεν εξασφαλίζεται η στράγγιση της προβληματικής περιοχής τότε δεν μπορούμε να ελέγξουμε τα αλάτια με τη βοήθεια των εκπλύσεων.

Είναι γνωστό σε όλους τους αγρότες ότι μια περιοχή αρδεύεται κατασκευάζεται ένα αρδευτικό δίκτυο, το δίκτυο αυτό πρέπει πάντα να συνοδεύεται και από στραγγιστικό δίκτυο, που έχει στόχο :

- Να απομακρύνει τα επιφανειακά νερά που προκαλούνται από τις βροχές
- Να στραγγίζει τα εδάφη, να ελέγχει δηλαδή το επίπεδο του ελεύθερου εδαφικού νερού, έτσι ώστε να μην υπάρχει στην περιοχή του ριζοστρώματος.
- Να παρεμποδίζει τη μετακίνηση και εξάτμιση του υπεδάφιου νερού προς την επιφάνεια του εδάφους και την εναπόθεση των αλάτων.

Η στράγγιση δεν είναι πάντα εύκολη υπόθεση, ιδιαίτερα σε παράκτιες περιοχές, όπου επικρατούν μικρά υψόμετρα και πολύ μικρές, μέχρι μηδενικές, κλίσεις. Η χαμηλή περιοχή της Αργολίδας είναι μια τέτοια περίπτωση. Επιπρόσθετα τα εδάφη στις χαμηλές ζώνες δεν είναι περατά, που σημαίνει ότι το επιφανειακό νερό δεν έχει τρόπο να απομακρυνθεί παρά μόνο αν διοχετευθεί προς τη θάλασσα, αλλιώς θα παραμένει μέχρι να εξατμιστεί, οπότε θα έχουμε αλάτωση των εδαφών, από τα άλατα που εναπομένουν. Το πρόβλημα αυτό ήταν γνωστό από παλιά, μάλιστα υπήρχε στραγγιστικό δίκτυο σε όλη τη χαμηλή ζώνη, όπως αναφέρεται σε χάρτη του 1930. Αυτό το στραγγιστικό δίκτυο ήταν βαθιά χαντάκια που οδηγούσαν το νερό στη θάλασσα. Σήμερα και εδώ υπάρχουν ευθύνες τα χαντάκια έχουν επιχωματωθεί ή αφέθηκαν στην τύχη τους χωρίς καμία φροντίδα.

Ο δρόμος του Ναυπλίου-Άργους που έκοψε την περιοχή στα δύο πρέπει να επέτεινε το πρόβλημα μιας και δεν υπάρχουν διέξοδοι διαφυγής του νερού. Αν σε όλα αυτά προσθέσουμε και την ξηρασία που επικράτησε τα τελευταία 20 χρόνια και συνέβαλε στο να ξεχαστεί ότι η περιοχή έχει έντονο πρόβλημα στράγγισης, τότε έχουμε μια αρκετά ολοκληρωμένη εικόνα για το πώς και γιατί αντιμετωπίστηκε έτσι το ζήτημα.



Παλιότερο στραγγιστικό δίκτυο (Αufnahme abgeschlossen Mai 1930,
Kart. Zeichenburov. F.Bautz Berlin)

Πρέπει λοιπόν να ανοιχτούν χαντάκια και ενδεχόμενα να χρειαστούν και αντλιοστάσια που θα συγκεντρώνουν και θα απομακρύνουν το νερό προς τη θάλασσα. Παράλληλα πρέπει να απομακρύνεται το νερό μέσα από το έδαφος σε μια στάθμη περίπου 60 εκ. κάτω από το έδαφος, ώστε να μπορούν να αναπτυχθούν τα δέντρα που καλλιεργούνται και να μην σαπίζουν οι ρίζες τους. Μιλάμε δηλαδή για λειτουργία και αποχετευτικού που θα απομακρύνει τα επιφανειακά νερά και στραγγιστικού δικτύου που θα απομακρύνει το υπεδάφιο νερό.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα συμπεράσματα συνοψίζονται στις παρακάτω ενότητες :

- ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ
- ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
- ΛΙΠΑΝΣΕΙΣ
- ΣΥΜΠΑΓΗΣ ΕΔΑΦΙΚΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ
- ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ-ΕΡΗΜΩΣΗ
- ΣΤΡΑΓΓΙΣΗ

A. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Για την αναβάθμιση (ποσοτική και ποιοτική) των υπόγειων νερών πρέπει να συνεχιστεί και να ενταθεί ο τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφόρων οριζόντων με τα καλής ποιότητας πηγαία νερά που υπάρχουν στο νομό.

B. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Οι συνθήκες οι εδαφικές, οι κλιματικές και οι υδατικές δεν μπορούν να επιτρέψουν τη συνέχιση της μονοκαλλιέργειας των εσπεριδοειδών σ' όλη την έκταση. Στην περιοχή του Αργολικού πεδίου υπάρχουν 8 ομάδες εδαφών που ορισμένες είναι κατάλληλες για τα εσπεριδοειδή και άλλες όχι, άλλες κατάλληλες για καλλιέργειες. Θα πρέπει βαθμιαία να επιτευχθεί η σωστή χωροταξική κατανομή των καλλιεργειών. Ήδη έχει γίνει μια μεγάλη ζημιά στους εδαφικούς και υδατικούς πόρους από το καθεστώς της απόσυρσης των γεωργικών προϊόντων. Δηλαδή αποσύρονται προϊόντα τα οποία έχουν παραχθεί σε βάρος της ποιότητας των εδαφικών και υδατικών πόρων. Θα πρέπει να γίνει μια σωστή κατανομή των καλλιεργειών, χωροταξική, που θα βασιστεί στα επιστημονικά δεδομένα που υπάρχουν.

Γ. ΛΙΠΑΝΣΕΙΣ

Από ότι προέκυψε, το κύριο πρόβλημα είναι η υπερβολική λίπανση με άζωτο που έχει προκαλέσει σε ορισμένες περιοχές αύξηση των νιτρικών αλάτων στα υπόγεια νερά και η οποία πρέπει να σταματήσει. Οι αρμόδιες υπηρεσίες πρέπει να ασχοληθούν με το θέμα αυτό. Πρέπει να ελεγχθεί η αζωτούχος λίπανση με τα παρακάτω μέτρα :

- Μείωση του ποσού των αζωτούχων λιπασμάτων στα απολύτως απαραίτητα.
- Η χρονική κατανομή αυτών ώστε να μην έχουν απώλειες με τις βροχοπτώσεις και τις αρδεύσεις.
- Ένα μέρος των λιπασμάτων αυτών να δίδεται διαφυλλικά ούτως ώστε να μειωθεί η ρύπανση των υδροφόρων οριζόντων.

Δ. ΣΥΜΠΑΓΗΣ ΕΔΑΦΙΚΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ

Έχει σχηματιστεί στα εδάφη ένας συμπαγής οριζόντας που αποτελεί ένα πρόβλημα πολύ δύσκολο. Δεν έχει δοθεί μέχρι τώρα μεγάλη σημασία και είναι δύσκολο να το λύσουμε εκεί που υπάρχουν δενδροκαλλιέργειες. Όταν εξασφαλιστεί περίσσεια νερού θα πρέπει να συνδυαστεί στους οπωρώνες και η καλλιέργεια ενός υπόροφου με ψυχανθή.

Ε. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΕΡΗΜΩΣΗ

Για το περιβάλλον έχουμε 2 ρυπογόνους παράγοντες :

Ο πρώτος είναι τα αζωτούχα λιπάσματα όπως αναλύθηκε παραπάνω. Ο δεύτερος είναι τα φυτοφάρμακα που ρυπαίνουν το έδαφος και τα υπόγεια νερά.

Υπάρχουν αρκετές γνώσεις, αρκετά δεδομένα, υπάρχουν και μοντέλα μαθηματικά, που μπορούν να εφαρμοστούν για να περιοριστεί στο ελάχιστο η ρύπανση των υδροφόρων οριζόντων και των εδαφών από τα νιτρικά και τα φυτοφάρμακα.

Υπάρχει και ένα άλλο πρόβλημα και είναι η ερήμωση. Τα εδάφη των υψωμάτων που περιβάλλουν το Αργολικό Πεδίο και τα οποία διοχετεύουν μεγάλες ποσότητες νερού σε περιπτώσεις εντόνων βροχοπτώσεων τείνουν να ερημωθούν. Σχεδόν έχουν εντόνως διαβρωθεί. Έχουν μικρό βάθος εδάφους και φυσικά κάποια μέτρα πρέπει να ληφθούν ούτως ώστε να υπάρξει κάποια μορφή ανάπτυξης ή κάποια μορφή προστατευτικής βλάστησης σ' αυτές τις γυμνές περιοχές που περιβάλλουν το Αργολικό Πεδίο.

Αυτό θα δημιουργήσει και συνθήκες καλλίτερου τοπικού κλίματος, θα μειώσει κατά ένα ποσοστό τις πλημμύρες και επίσης θα δημιουργήσει τις προϋποθέσεις να αξιοποιηθούν ορισμένοι εδαφικοί πόροι που σήμερα είναι άχρηστοι (άγονα εδάφη).

ΣΤ. ΣΤΡΑΓΓΙΣΗ

Το πρόβλημα της στράγγισης είναι καθοριστικό σε συνδυασμό με την εκμετάλλευση των υδατικών πόρων. Δεν μπορούμε να συνεχίσουμε την εκμετάλλευση των υδατικών πόρων αρδεύοντας τις καλλιέργειες αν δεν έχουμε αντίστοιχα αποστραγγιστικό δίκτυο.

Ο εδαφολογικός χάρτης που έγινε από το συνεργείο 15-20 και κράτησε τρία χρόνια, έχει πολλά στοιχεία που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό του τύπου του δικτύου και το σχεδιασμό των αποστάσεων αυτού στο πεδινό τμήμα.

1. Νομός Αργολίδας είναι γεωργικός νομός με αναπτυγμένη την αρδευόμενη γεωργία. Στην πορεία αυτής της ανάπτυξης έγινε υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων του εδάφους και του νερού χωρίς ιδιαίτερο προγραμματισμό και προοπτική, με συνέπεια την ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των υπόγειων νερών.
2. Το υδατικό ισοζύγιο έχει διαταραχθεί αφού το νερό δεν φτάνει για πότισμα. Η υφαλμυρωμένη περιοχή είναι περίπου 70.000στρ. και τα υπόγεια νερά είναι ακατάλληλα για άρδευση. Η συχνή χρήση επιτείνει την υφαλμύρωση και συσσωρεύει άλατα στα εδάφη.
3. Η έστω και καθυστερημένη επέκταση των συλλογικών αρδευτικών έργων, έχει ανακουφίσει την γεωργική δραστηριότητα σε μέρος της παραπάνω έκτασης.
4. Για ασφαλή χρήση των υπόγειων νερών θα πρέπει να επεκταθούν οι τεχνικές που έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται για την βελτίωση τους.
5. Η επέκταση των αρδευόμενων καλλιεργειών και στη γύρω του Αργολικού πεδίου λοφώδη περιοχή, έχει δυσμενή επίδραση στην τροφοδοσία των υπόγειων νερών του πεδίου.
6. Η αξιοποίηση των πηγαίων νερών προκύπτει ότι εξακολουθεί να είναι μικρή.
7. Η εκτεταμένη χρήση του νερού των πηγών Κιβερίου στο μέλλον ενδέχεται να αυξήσει τα προβλήματα αλατότητας των υπόγειων νερών αφού η ποιότητα του ορισμένες περιόδους χειροτερεύει (650ppm cl). Η προσθήκη των αλάτων του νερού αυτού στο έδαφος στις βορειότερες περιοχές μέσα από τα αδρομερή συστατικά θα καταλήξει στα υπόγεια νερά που προοδευτικά θα χειροτερεύουν.
8. Οι χειμερινές ροές των χειμάρρων καθώς και οι πλημμυρικές παροχές τους εξακολουθούν να πηγαίνουν στη θάλασσα σε μια περιοχή που κατέχει το στίγμα της λειψυδρίας.
9. Σε άνομβρες χρονιές τα εσπεριδοειδή αρδεύτηκαν με νερά υψηλής αλατότητας και παρουσίασαν προβλήματα ποσοτικής και ποιοτικής υποβάθμισης, εξασθένηση φυτών, ευαισθησία στο παγετό.

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων προτείνεται η λήψη των εξής μέτρων:

1. Βασική προϋπόθεση: Η ολοκλήρωση του συλλογικού αρδευτικού έργου Αναβάλου και ειδικότερα της κεντρικής διώρυγας, που θα εξασφαλίσει αφενός μεν μεταφορά νερού για άρδευση στην αρδευτική περίοδο και αφετέρου μεταφορά νερού από τις πηγές για εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων του Αργολικού κάμπου.
2. Διερεύνηση των συνθηκών λειτουργίας του φράγματος Κυβερίου και εξασφάλιση των προϋποθέσεων απόληψης της καλύτερης δυνατής ποιότητας νερού.
3. Άμεση υλοποίηση των σχετικών προγραμμάτων του υπ.Γεωργίας για την αντιμετώπιση της υφαλμύρωσης των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων του Αργολικού πεδίου.
4. Μελέτη και εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού και εκμετάλλευσης όλων των επιφανειακών νερών (πηγές, απορροές, χειμάρροι κ.λ.π.) και για τις υπόλοιπες λεκάνες του Νομού (Ερμιονίδα, Ίρια, κ.ά), με κατασκευή έργων συγκράτησης και αποταμίευσης του νερού.

5. Για τις περιοχές εκτός Αργολικού κάμπου να ερευνηθεί η υπόγεια υδροφορία και να ανοιχτούν ομαδικές γεωτρήσεις, μετά από αυστηρή υδρογεωλογική μελέτη, για να καλυφθούν οι υπάρχουσες αρδευτικές ανάγκες.
6. Για την περιοχή Ιρίων , όπου τα νερά έχουν υφαλμυρωθεί πολύ επικίνδυνα εκτός από τα παραπάνω να διερευνηθεί η μεταφορά νερού από τη Διώρυγα Αναβάλου.
7. Να καθιερωθεί συστηματικός έλεγχος των υπόγειων νερών που προορίζονται για πόσιμα από τις Υγεινομικές υπηρεσίες.
8. Να γίνει ειδική μελέτη για την εξεύρεση των καλύτερων ποιοτικά νερών που θα προορίζονται για πόσιμο.
9. Να συσταθεί ένας τοπικός φορέας για την συνολική διαχείριση των υδάτων που θα λειτουργεί με βάση κάποιο μαθηματικό μοντέλο όπως γίνεται σε άλλες χώρες π.χ. Κύπρος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Ανώτατη Γεωπονική Σχολή Αθηνών.** (1989). *Το πρόβλημα του Αργολικού Πεδίου.*
2. **Πρακτικά 6^ο Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο.** *Πραγματοποιήθηκε στο Ναύπλιο από 29/5 έως 1/6/1996*
3. **Σύλλογος Γεωπόνων Αργολίδας.** (1990). *Το υδατικό πρόβλημα της Αργολίδας.*
4. **Υπουργείο Γεωργίας.**(1963) . *Εδαφολογική μελέτη της περιοχής του Αργολικού Πεδίου.*
5. **Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.** (1996). *Χρησιμοποίηση για άρδευση του νερού του φράγματος Κιβερίου Αργολίδας και παρακολούθηση και αντιμετώπιση της υφαλμύρωσης των υπόγειων νερών του Αργολικού Πεδίου.*
6. **Πουλοβασίλης Α.** (1980). *Μελέτη για την εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφόρων του Αργολικού Πεδίου.*