

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ
ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΤΡΟΠΟΙ
ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΩΝ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΜΙΧΑΗΛ
ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ : ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ
ΠΑΡΘΕΝΑ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ ΜΑΙΟΣ 1998

Θα ήθελα να ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφεραν για την εργασία μου τον κύριο Αντωνόπουλο Μιχαήλ, καθηγητή γεωλογίας στο Τ.Ε.Ι Καλαμάτας, τον κύριο Π. Σαμπατακάκη, ερευνητή γεωλόγο στο Ι.Γ.Μ.Ε. της Αθήνας τον κύριο Παρασκευόπουλο, γεωπόνο από την Διεύθυνση γεωργίας της Κυπριασσίας, την Υπηρεσία Εγγειοβελτιώσεων της Καλαμάτας και όλους αυτούς που μου συμπαραστάθηκαν για τη δημιουργία αυτής της εργασίας.

**ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ ΥΠΟΓΓΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΟ
ΝΟΜΟ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΩΝ**

Παπαδοπούλου Ι. Παρθένα

Αντωνόπουλος Μιχαήλ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετώνται τα προβλήματα της υφαλμύρωσης των υπογείων υδάτων στο Ν. Μεσσηνίας και πιο συγκεκριμένα στην επαρχία Τριφυλίας και στην περιοχή της Μαντίνειας όπου εντοπίζεται αυτό το πρόβλημα.

Στις περιοχές αυτές και κυρίως στην επαρχία Τριφυλίας το πρόβλημα της υφαλμύρωσης έχει πάρει μεγάλη έκταση, με αποτέλεσμα να τιμές χλωριώντων να φτάνει τα 2500 p.p.m. Εντοπίζεται μια περιοχή 46 τ. χ. διαταραγμένης ποιότητας υπόγειου νερού λόγω υφαλμύρωσης. Ένα νερό μέτριας ποιότητας περιέχει μέχρι 200p.p.m. χλωριώντων ενώ πάνω από 230 p.p.m. θεωρείται ακατάλληλο για άρδευση. Στις περιοχές της Μαντίνειας, του Μπουρνιά και Μεθώνης το μέτωπο της υφαλμύρωσης είναι πολύ μικρό και εντοπίζονται υψηλές τιμές χλωριώντων σε μεμονωμένες περιπτώσεις και για το λόγο αυτό δεν αναφέρονται λεπτομερή στοιχεία για τις περιοχές αυτές. Σκοπός της εργασίας είναι να αναλύσει τον όρο υφαλμύρωση, να προσεγγίσει το πρόβλημα της υφαλμύρωσης στο Νομό Μεσσηνίας καθώς και τα προβλήματα που δημιουργούνται με τα υφαλμυρωμένα νερά στις καλλιέργειες. Στην εργασία γίνεται μια αναφορά στις επιπτώσεις που μπορεί να παρουσιαστούν στις καλλιέργειες που υπάρχουν στις πιο πάνω περιοχές και η ανθεκτικότητα των καλλιεργειών στα υφάλμυρα νερά.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**ΣΕΛ**

1.0	ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ	1
1.1	Κύκλος νερού	1
1.2	Ανάγκες των φυτών σε νερό	4
1.3	Διάκριση του νερού	5
1.3.1	Επιφανειακό νερό	5
1.3.2	Υπόγειο νερό	6
1.3.2.1	Φρεάτια παρατηρήσεως της στάθμης του υπόγειου νερού	8
1.3.2.2	Πιεζόμετρα	9
1.3.2.3	Διαγράμματα ισοσταθμικών και ισοβαθών καμπυλών	11
1.4	Μελέτη της ποιότητας των υπόγειων υδάτων	14
2.0	ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	22
2.1	Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης	22
2.2	Λόγοι υφαλμύρωσης	27
2.3	Περιοχές εξάπλωσης του φαινομένου	28
2.3.1	Οι καλλιέργειες στην επαρχία Τριφυλίας και στην περιοχή της Μαντίνειας	33
2.4	Προβλήματα υφαλμύρωσης	34
3.0	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ	43
3.1	Επιπτώσεις επί του εδαφικού καλύμματος	43
3.1.1	Είδη αλάτων και η κατανομή τους στα εδάφη	44
3.1.2	Ταξινόμηση αλατούχων εδαφών	44
3.2	Επιπτώσεις στις καλλιέργειες	46
3.2.1	Προβλήματα στην καλλιέργεια ελαιοδένδρων λόγω υφαλμύρωσης	48
3.2.2	Προβλήματα στην καλλιέργεια αμπελιού λόγω υφαλμύρωσης	50
3.2.3	Προβλήματα στα εσπεριδοειδή λόγω υφαλμύρωσης	50
3.2.4	Προβλήματα στην καλλιέργεια των κηπευτικών λόγω υφαλμύρωσης	52
3.2.4.1	Επιπτώσεις στο αγγούρι	53

3.2.4.1	Επιπτώσεις στο αγγούρι	53
3.2.4.2	Επιπτώσεις στη τομάτα	53
3.2.4.3	Επιπτώσεις στη πατάτα	55
3.2.4.4	Επιπτώσεις στη μελιτζάνα	56
4.0	ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ	56
4.1	Μοντέλα προσομοίωσης	59

<u>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ</u>	<u>ΣΕΛ.</u>
ΠΙΝ.1 Ποιότητα νερού ανάλογα με τις συγκεντρώσεις ορισμένων στοιχείων	15
ΠΙΝ.2 Ποιοτική κατάταξη αρδευτικών νερών με βάση την περιεκτικότητα σε βόριο	18
ΠΙΝ.3 Οριακές συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στα ύδατα	19
ΠΙΝ.4 Αντοχή των φυτών στα άλατα και προβλεπόμενη απόδοση ορισμένων καλλιεργειών όπως επηρεάζονται από την εδαφική αλατότητα (EC _{εδ}) και από την ποιότητα του νερού (EC νερ)	48
ΠΙΝ.5 Καταλληλότητα αρδευτικού νερού (Waters et al. 1972)	55

ΣΧ. 1 Ο Κύκλος του νερού	3
ΣΧ.2 Σχηματική παράσταση φρεατίου και αρτεσιανού υδροφόρου ορίζοντα	7
ΣΧ. 3 Φρεάτιο παρατηρήσεως	8
ΣΧ. 4 Διάγραμμα ισοσταθμικών και ισοβαθών καμπυλών	13
ΣΧ. 5 Διάγραμμα για την ταξινόμηση του νερού αρδεύσεως σε κατηγορίες κατά το U. S. Salinity Laboratory (Διάγραμμα του Richards)	21
ΣΧ.6 Φαινόμενο υφαλμύρωσης	24
ΣΧ.7 Φαινόμενο υφαλμύρωσης	25
ΣΧ.8 Σχηματική αναπαράσταση της εισόδου του θαλασσινού νερού	27
ΣΧ. 9 Σχηματική αναπαράσταση της εισόδου του θαλασσινού νερού	27
ΣΧ. 10 Περιοχές υφαλμυρωμένες	30
ΣΧ. 11 Περιοχές υφαλμυρωμένες στο Ν. Μεσσηνίας	31
ΣΧ. 12 Χάρτης υφαλμύρωσης	32
ΣΧ.13 Χάρτης γαιών στην περιοχή της Τριφυλίας	36
ΣΧ.14 Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Φιλιατρών - Γαργαλιάνων	39
ΣΧ.15 Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Μαντίνειας	42
ΣΧ. 16 Σχηματική παράσταση ενός Finite-difference mondel	62

1.0 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ

Το νερό είναι η ανόργανη ένωση που βρίσκεται στη μεγαλύτερη αναλογία μέσα στη ζωντανή ύλη. Το ποσοστό του νερού κυμαίνεται από περίπου 10 % στους σπόρους των φυτών μέχρι 98% σε μερικά υδρόβια ζώα.

Το νερό βρίσκεται στη φύση σε τρεις φάσεις στην υγρή, στην στέρεα και στην αέρια φάση. Η υγρή φάση καλύπτει το 71,7% της γης και αποτελεί τις θάλασσες, τα ποτάμια, τις λίμνες και τα έλη. Σε στερεά μορφή βρίσκεται με τη μορφή πάγου, χιονιού και χαλαζιού, ενώ σε αέρια φάση βρίσκεται με μορφή υδρατμών.

1.1 ΚΥΚΛΟΣ ΝΕΡΟΥ

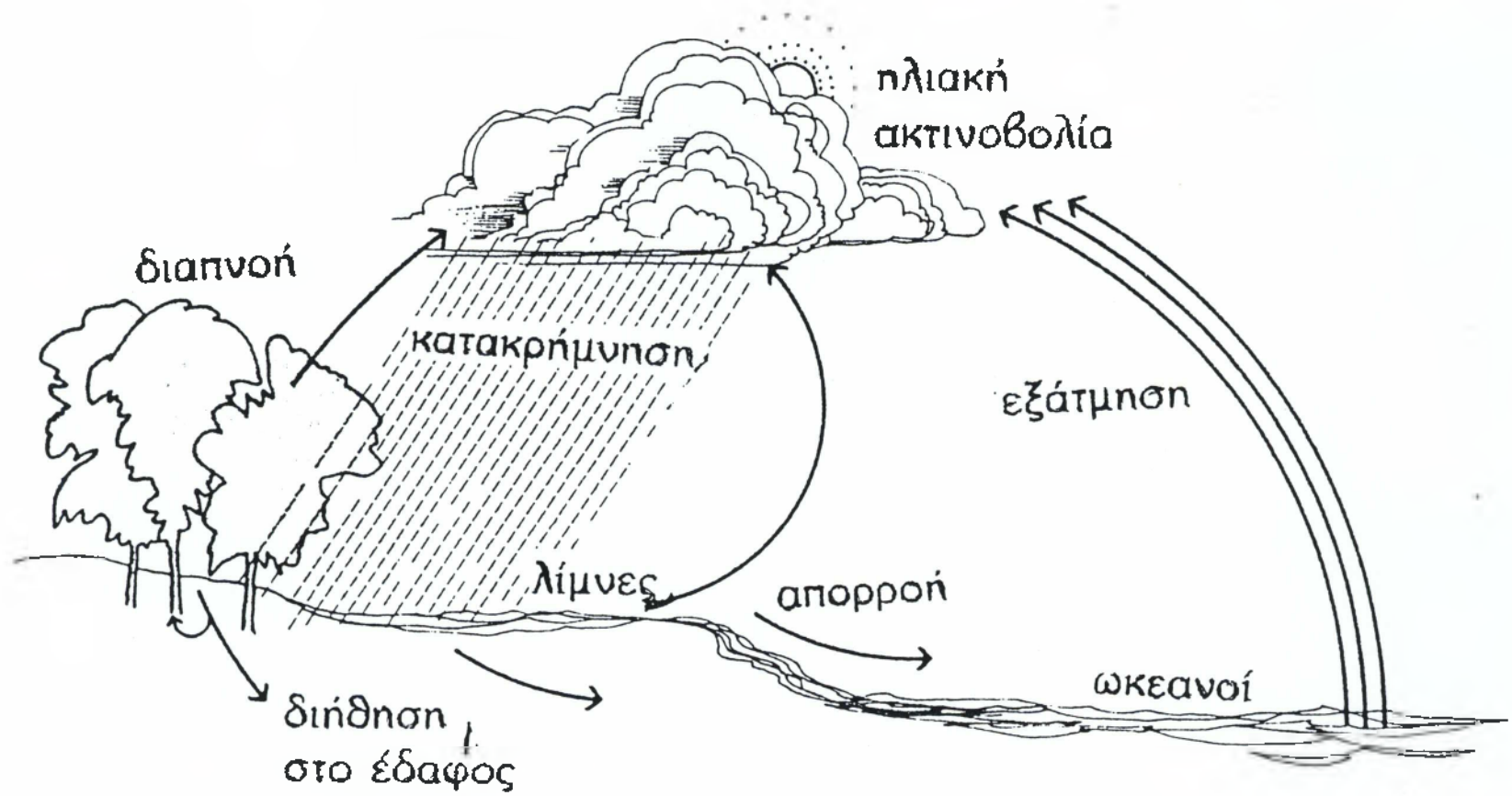
Ένα μεγάλο μέρος του κύκλου του νερού πραγματοποιείται ανάμεσα στη θάλασσα και την ατμόσφαιρα.(Σχ. 1)

Οι υδρατμοί που προέρχονται από την εξάτμιση των νερών των θαλασσών, των λιμνών και των ποταμών υγροποιούνται με κατάλληλες συνθήκες στα σύννεφα και η κάθοδος στην επιφάνεια της γης γίνεται με τη μορφή βροχής, χιονιού, χαλαζιού, δροσιάς ή πάχνης.

Το νερό που φτάνει στην επιφάνεια της στεριάς μπορεί να ακολουθήσει τρεις δρόμους: τη διείσδυση στο έδαφος, την εξατμισοδιαπνοή ή την επιφανειακή ροή. Στην πρώτη περίπτωση εξασφαλίζεται η συγκράτηση και αποθήκευση του νερού στο έδαφος σχηματίζοντας επιφανειακές πηγές με πλευρική απορροή του νερού στην επιφάνεια του εδάφους και το υπόγειο νερό με τη διήθηση σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Στην δεύτερη περίπτωση το νερό επιστρέφει γρήγορα στην ατμόσφαιρα είτε με την κατευθείαν εξάτμιση είτε μέσω της διαπνοής των φυτών. Τα

φυτά επιτυγχάνουν αυτή τη διεργασία της διαπνοής απορροφώντας σημαντικές ποσότητες νερού με τις ρίζες τους και αποβάλλοντας τους υδρατμούς από τα φύλλα τους στην ατμόσφαιρα. Η τρίτη περίπτωση ευνοείται ιδιαίτερα από την καταστροφή της φυσικής βλάστησης και αποτελεί το κυριότερο παράγοντα διάβρωσης των εδαφών.

Τελικά ένα μεγάλο μέρος των νερών της στεριάς καταλήγει στη θάλασσα με επιφανειακή ή υπόγεια ροή. Η εξάτμιση από την επιφάνεια του παγκόσμιου ωκεανού αποτελεί τη σπουδαιότερη οδό επιστροφής του νερού στην ατμόσφαιρα.



Σχ. 1 Σχηματική παράσταση του κύκλου του νερού

1.2 ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ

Το πόσο σπουδαίο ρόλο παίζει το νερό είναι προφανές. Αρκεί να αναφέρουμε ότι αποτελεί το 75 -85 % του βάρους των φυτών. Τα φυτά πρέπει να προσλαμβάνουν ορισμένες πρώτες ύλες που είναι απαραίτητες για τη διατήρηση των κυττάρων καθώς και την αύξηση των φυτών. Επίσης εκτός από το φως και ορισμένα χημικά στοιχεία, τα φυτά χρειάζονται και το νερό για το μεταβολισμό και την αύξηση αυτών.

Το νερό ρυθμίζει την εσωτερική θερμοκρασία των φυτών με τη διαπνοή, ενώ ταυτόχρονα μεταφέρει από τις ρίζες μέσω του ρεύματος αυτού τα θρεπτικά στοιχεία στα φύλλα, όπου συντελείται η φωτοσύνθεση. Και μετά, πάλι διαμέσου του νερού μεταφέρονται όλα τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης στους υπόλοιπους ιστούς των φυτών.

Η συνολική ποσότητα νερού που απορροφάται από κάθε φυτό είναι πολύ μεγάλη διότι το 90% περίπου του νερού αυτού απελευθερώνεται με μορφή υδρατμών. Η διαδικασία αυτή καλείται διαπνοή [transpiration] .

Η διαπνοή των φυτών γίνεται με ρυθμό που επιβάλλει η αποξηραντική ικανότητα της ατμόσφαιρας που τα περιβάλλει, με αποτέλεσμα να είναι ισχυρότερη όσο το κλίμα γίνεται ξηρότερο και θερμότερο. Η εξάτμιση του νερού από τις φυλλικές επιφάνειες θα οδηγούσε σε απώλεια νερού από τους ιστούς των φύλλων, δηλαδή σε μάρανση των φυτών και τελικά σε αποξήρανση του φυτού, αν οι απώλειες αυτές δεν επαναπληρώνονται, δηλαδή αν δεν επιτυγχάνεται η συνεχή μεταφορά νερού από το έδαφος στις φυλλικές επιφάνειες του φυτού.

Όταν ο ρυθμός εξάτμισης (διαπνοή) πλησιάζει το ρυθμό πρόσληψης του εδαφικού νερού τότε τα φυτά αναπτύσσονται

κανονικά και μπορούν να δώσουν τη μέγιστη παραγωγή αν δεν συντρέξουν άλλοι δυσμενείς παράγοντες.

Ο ρυθμός της διαπνοής εξαρτάται από το άνοιγμα και το κλείσιμο των στομάτων, από τη θερμοκρασία (με άνοδο της θερμοκρασίας κατά 10°C περίπου διπλασιάζεται ο ρυθμός εξάτμισης του νερού), από την υγρασία (το νερό χάνεται με πολύ αργότερο ρυθμό από ότι σε αέρα ήδη φορτωμένο με υδρατμούς) και τέλος από τα ρεύματα αέρος τα οποία απομακρύνουν τους υδρατμούς από τις φυλλικές επιφάνειες και αυξάνει ο ρυθμός εξάτμισης.

1.3 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό που χρησιμοποιείται στην άρδευση διακρίνεται σε δύο κατηγορίες σε επιφανειακό και σε υπόγειο νερό.

1.3.1 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ ΝΕΡΟ

Το επιφανειακό νερό αποτελεί μια σημαντική πηγή αρδευτικού νερού και είναι εκείνο το μέρος του νερού που κινείται επιφανειακά και σχηματίζει τους ποταμούς και τις λίμνες. Το νερό αυτό περιέχει ικανή ποσότητα διαλυμένων αλάτων κυρίως καλίου, νατρίου, γαιώδεις υλικά, πλήθος οργανικών ενώσεων φυτικών και ζωικών προϊόντων και αφθονία μικροοργανισμών.

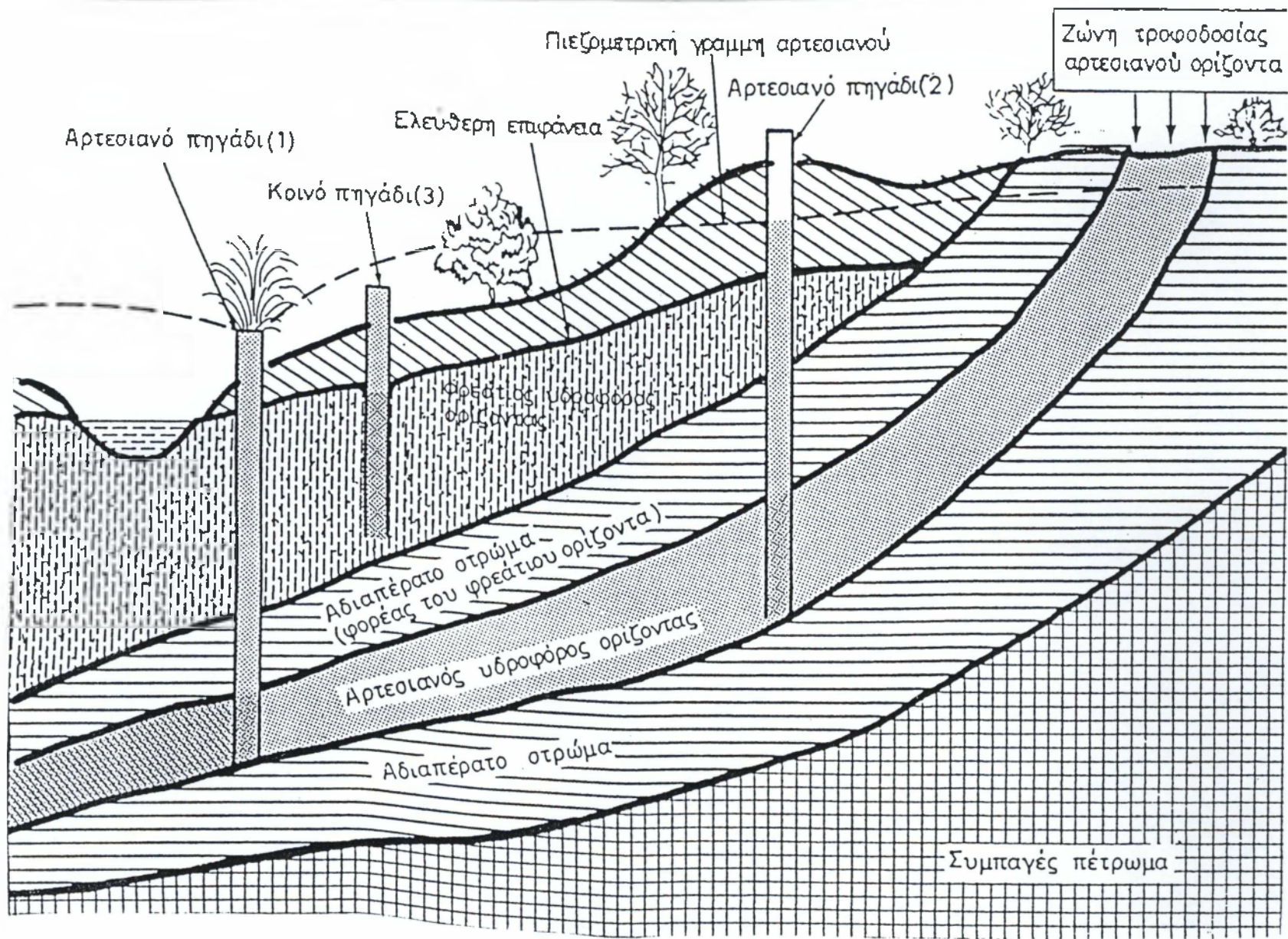
1.3.2 ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ

Το υπόγειο νερό προέρχεται από τη διήθηση σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους του εδαφικού νερού και μόλις συναντήσει αδιαπέρατο στρώμα εδάφους αποθηκεύεται. Οι γεωλογικοί

σχηματισμοί που περιέχουν και διακινούν το υπόγειο νερό ονομάζονται υδροφόρα στρώματα.(Σχ. 2)

Τα υδροφόρα στρώματα διακρίνονται σε ελεύθερα όπου έχουν το πάνω όριο τους στην υπόγεια στάθμη και υπό πίεση υδροφόρα στρώματα όπου είναι εγκλωβισμένα ανάμεσα σε αδιαπέρατες στρώσεις. Αν γίνει διάτρηση της πρώτης αδιαπέρατης διάστρωσης, το νερό ανεβαίνει πάνω από την ελεύθερη πιεζομετρική στάθμη και πολλές φορές ξεπηδάει πάνω από την επιφάνεια του εδάφους και τότε τα υδροφόρα αυτά λέγονται αρτεσιανά. Οι φρεάτιοι υδροφόροι ορίζοντες παρουσιάζουν ελεύθερη επιφάνεια, η οποία βρίσκεται σε επαφή με την ατμόσφαιρα διαμέσου των οποιασδήποτε φύσεως πόρων του εδάφους. Η επιφάνεια αυτή, γνωστή ως στάθμη του υπόγειου νερού, μπορεί να εξετασθεί είτε με βάση το βάθος στο οποίο βρίσκεται, με αφετηρία την επιφάνεια του εδάφους, είτε με βάση το απόλυτο υψόμετρο της από την επιφάνεια της θάλασσας. Αυτό καταλήγει όπως θα δούμε αργότερα στον χάρτη ισοσταθμικών και ισοβαθών καμπυλών.

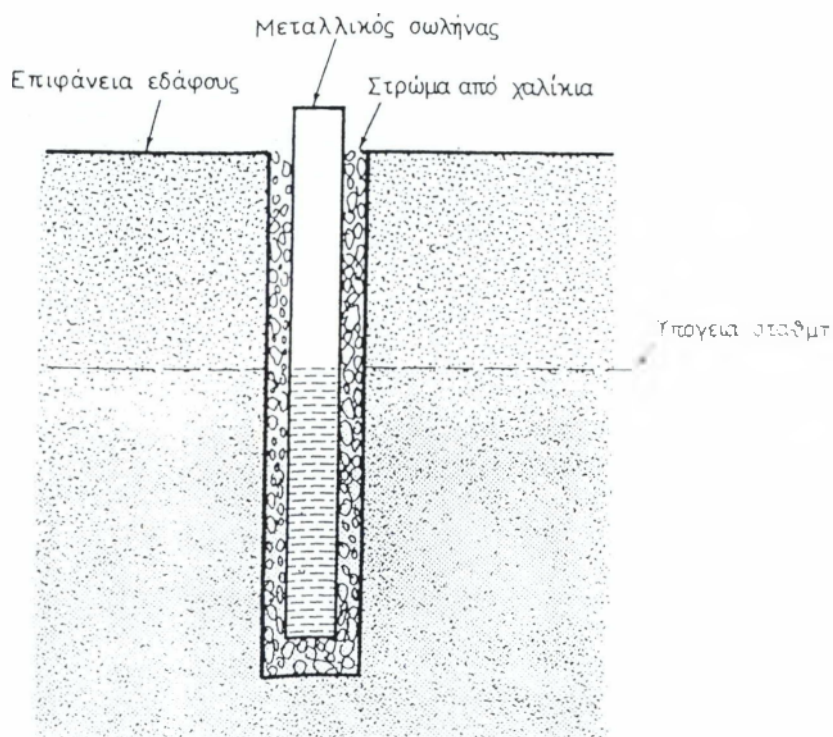
Η γνώση της διακυμάνσεως της υπόγειας στάθμης του νερού θα επιτρέψει τη μελέτη και την κατασκευή των αναγκαίων έργων, έτσι ώστε η στάθμη να διατηρείται σε ένα τέτοιο επίπεδο από την επιφάνεια του εδάφους που να μην παρεμποδίζεται η κανονική ανάπτυξη και λειτουργία του ριζικού συστήματος των καλλιεργειών.



Σχ .2 Σχηματική παράσταση φρεατίου και αρτεσιανού υδροφόρου οριζοντα

1.3.2.1 ΦΡΕΑΤΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

Για την παρακολούθηση των διακυμάνσεων της στάθμης του υπογείου νερού διανοίγονται στο έδαφος και στο αναγκαίο για κάθε περίπτωση βάθος, ειδικά φρεάτια, γνωστά ως φρεάτια παρατηρήσεως. Τέτοια φρεάτια διανοίγονται σε αντιπροσωπευτικά σημεία της αγροτικής περιοχής και σε αριθμό ή πυκνότητα που τα λαμβανόμενα στοιχεία να επιτρέπουν το σχηματισμό σαφούς εικόνας, ως προς τη συμπεριφορά της στάθμης για ολόκληρο το έτος και για κάθε ζώνη της περιοχής.



Σχ. 3 Φρεάτιο παρατηρήσεως

Στο εσωτερικό των φρεατίων τοποθετείται διάτρητος μεταλλικός σωλήνας με διάμετρο, συνήθως 2.5 - 5 cm. Ο σωλήνας έχει οπές από τις οποίες μπαίνει μέσα το νερό και ανεβαίνει, όπως είναι φυσικό σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, μέχρι το ύψος της υπόγειας στάθμης του νερού. Για την προστασία των οπών από τυχόν εμφράξεις, ο σωλήνας περιβάλλεται από λεπτό στρώμα χαλικιών ή ακόμα από συρμάτινο ή πλαστικό πλέγμα με οπές με διάμετρο μικρότερη από 1 mm. Μια απλή παράσταση ενός φρεατίου παρατηρήσεως φαίνεται στο σχήμα 3 . Η μέτρηση της στάθμης του νερού γίνεται με πολλούς τρόπους, π.χ. με τη βοήθεια πλωτήρα που φέρει αριθμημένο στέλεχος, με ειδική ηλεκτρική συσκευή, με αυτόματο σταθμήμετρο που καταγράφει όλες τις διακυμάνσεις της υπόγειας στάθμης ή ακόμα με πλήθος άλλων μηχανισμών που αποτελούν συνδυασμό ή παραλλαγές των παραπάνω.

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

1.3.2.2 ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΑ

Τα πιεζόμετρα είναι μεταλλικοί σωλήνες, οι οποίοι είναι ανοικτοί και από τα δύο άκρα και έχουν διάμετρο περίπου 2 - 2.5 cm. Οι σωλήνες αυτοί βυθίζονται μέσα στο έδαφος, ενώ με ειδικό εδαφοτρύπανο αφαιρείται το υλικό που περικλείουν. Το νερό, που μπαίνει από το κάτω ανοικτό άκρο του σωλήνα ανεβαίνει μέσα σ' αυτόν μέχρι ένα ορισμένο ύψος. Το ύψος αυτό μετρά με ικανοποιητική ακρίβεια την πίεση στο κάτω άκρο του σωλήνα.

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

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

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

Οι παραπάνω μετρήσεις της στάθμης του υπογείου νερού γίνονται συνήθως σε κανονικά (ανά δεκαπενθήμερο) χρονικά διαστήματα ή εκτάκτως εφόσον ειδικά περιστατικά το επιβάλλουν.

Το αποτέλεσμα των παραπάνω μετρήσεων ανάγονται σε απόλυτα υψόμετρα και στη συνέχεια χαράζονται ειδικά διαγράμματα, τα οποία οδηγούν στον καθορισμό των ζωνών προτεραιότητας για στράγγιση και στη σωστή χάραξη του αναγκαίου στραγγιστικού δικτύου που απαιτεί η συγκεκριμένη γεωργική περιοχή.

1.3.2.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΙΣΟΒΑΘΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

Με βάση τα στοιχεία που δίνουν οι μετρήσεις της στάθμης των υπογείων υδάτων, είναι δυνατή η χάραξη δύο ιδιαίτερης σημασίας διαγραμμάτων. Δηλαδή των διαγραμμάτων των ισοσταθμικών και των ισοβαθών καμπυλών. Για τη χάραξη τους χρησιμοποιούνται τα δεδομένα μετρήσεων της ίδιας ημέρας.

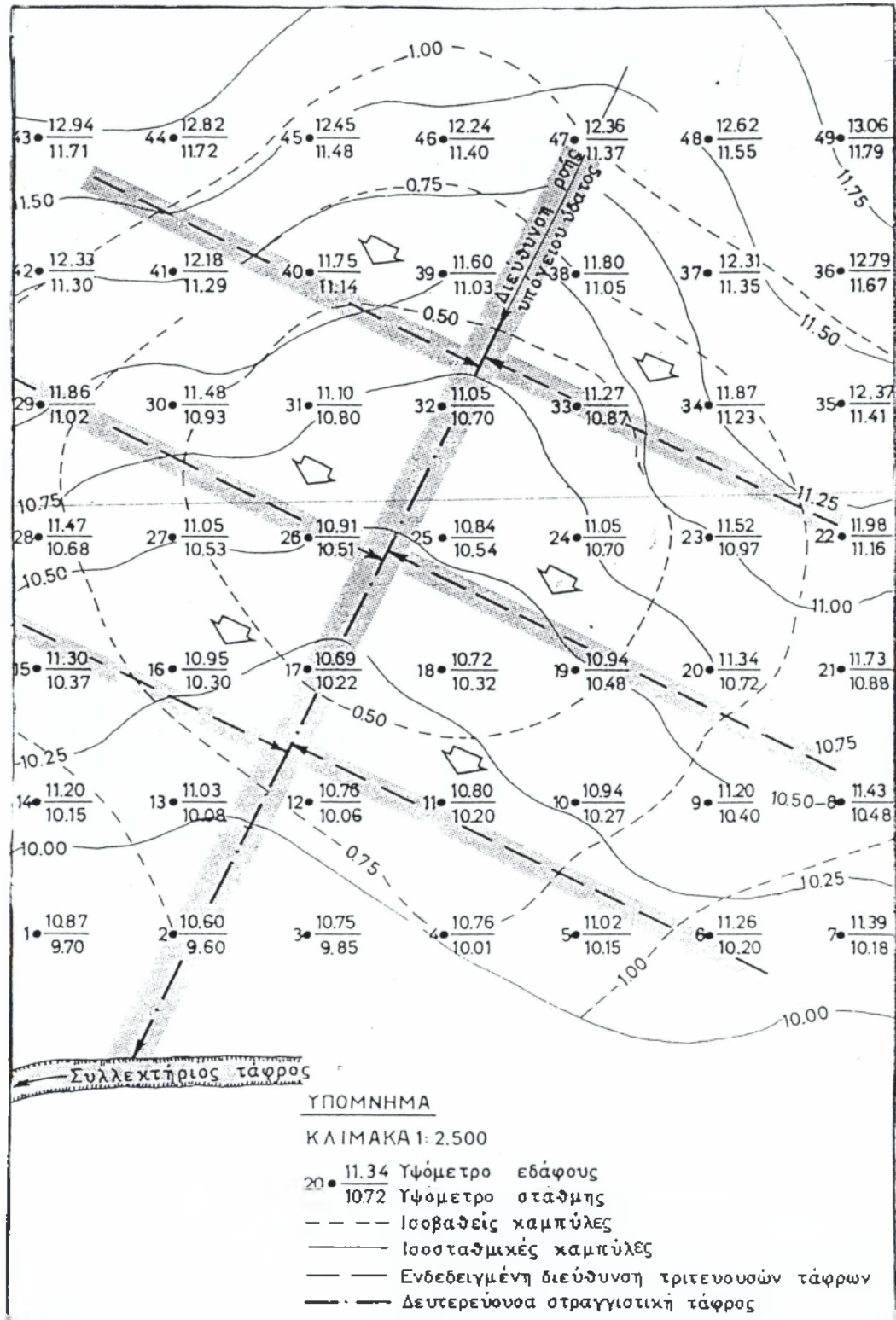
Το διάγραμμα των ισοσταθμικών καμπυλών γίνεται με τη συνένωση όλων των σημείων της υπόγειας στάθμης που έχουν το ίδιο απόλυτο υψόμετρο. Οι καμπύλες αυτές έχουν ιδιαίτερη σημασία, γιατί δίνουν την κατεύθυνση της ροής μέσα στο έδαφος η οποία, όπως είναι φυσικό, γίνεται από τα μεγαλύτερα προς τα μικρότερα ύψη υδραυλικού φορτίου ή απλούστερα, από τις καμπύλες με το μεγαλύτερο απόλυτο υψόμετρο προς τις καμπύλες με το μικρότερο υψόμετρο.

Δεδομένου ότι η ροή γίνεται κάθετα προς τις ισοσταθμικές καμπύλες είναι φανερό ότι η χάραξη του στραγγιστικού δικτύου, οι τριτεύουσες τάφροι πρέπει να χαράζονται παράλληλα προς αυτές, γιατί έτσι τέμνουν κάθετα τη διεύθυνση της ροής και η αποδοτικότητά τους είναι αποτελεσματική. Τοποθέτηση των τριτευουσών τάφρων κατά τη διεύθυνση της ροής, δηλαδή κάθετα προς τις ισοϋψείς, είναι λαθεμένη γιατί η στράγγιση είναι πλημμελής.

Το διάγραμμα των ισοβαθών καμπυλών γίνεται με τη συνένωση όλων των σημείων της υπόγειας στάθμης που βρίσκονται στο ίδιο βάθος από την επιφάνεια του εδάφους. Οι καμπύλες αυτές επιτρέπουν τον καθορισμό των ζωνών με υψηλή ή χαμηλή στάθμη των υπογείων υδάτων, οι οποίες έχουν μεγαλύτερη ή μικρότερη ανάγκη στραγγίσεως. Έτσι καθορίζονται μέσα σε μία

συγκεκριμένη περιοχή οι ζώνες προτεραιότητας στις οποίες πρέπει να γίνεται στράγγιση.

Στο σχήμα 4 φαίνεται η μορφή ενός διαγράμματος στο οποίο παρουσιάζονται μαζί οι ισοσταθμικές και οι ισοβαθείς καμπύλες.



Σχ . 4 Διάγραμμα ισοσταθμικών και ισοβαθών καμπυλών

1.4 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Η καταλληλότητα των υπογείων υδάτων για άρδευση πρέπει να εξεταστεί προσδιορίζοντας όχι μόνο την ποιότητα του νερού που υπάρχει στην τωρινή κατάσταση, αλλά και τις διακυμάνσεις στην ποιότητα του νερού, τους λόγους γιατί υπάρχουν αυτές οι διακυμάνσεις και πως μπορούν να αλλάξουν όταν εκτελεστεί ένα έργο (άρδευτικό, στραγγιστικό).

Για τη διάγνωση και ταξινόμηση του υπογείου νερού, χρησιμοποιείται η ολική περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτά άλατα που εκφράζεται ικανοποιητικά με την ηλεκτρική αγωγιμότητα EC και μετριέται εύκολα με φορητή συσκευή. Η αλατότητα του νερού αποτελεί σπουδαίο κριτήριο καταλληλότητας του νερού για άρδευση. Η αλατότητα εκφράζεται σε μhos/cm στους 25° C ή σαν συγκέντρωση αλάτων σε mg/l ή p.p.m.. Διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες:

I. Κατηγορία C1: Νερά με ηλεκτρική αγωγιμότητα $EC < 250$ μhos/cm στους 25°C. Χαμηλής αλατότητας κατάλληλα για όλα σχεδόν τα εδάφη και τα φυτά.

II. Κατηγορία C2: Νερά όπου η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα κυμαίνεται μεταξύ 250-750 μhos/cm ή 200-500 p.p.m.. Μέτριας αλατότητας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μέτρια έκπλυση και για καλλιέργειες μετρίως ανθεκτικές στα άλατα.

III. Κατηγορία C3: Νερά όπου η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται μεταξύ 750-2250 μhos/cm ή 500-1000 p.p.m.. Μέσης αλατότητας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφόσον εξασφαλίζεται επαρκής έκπλυση, σε εδάφη με καλή στράγγιση και σε καλλιέργειες μετρίως ανθεκτικές στα άλατα.

IV. Κατηγορία C4: Η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται μεταξύ 2250-4000 μhos/cm ή 1500-2500 p.p.m.. Νερά υψηλής αλατότητας

που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εδάφη πολύ διαπερατά με επαρκή έκπλυση και για ανθεκτικές καλλιέργειες στα άλατα.

V. Κατηγορία C5: Η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται μεταξύ 4000-6000 $\mu\text{hos/cm}$ ή 2500-4000 p.p.m.. Νερά υψηλής αλατότητας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάτω από ειδικές συνθήκες και αυστηρές ελεγχόμενες συνθήκες.

Δεν υπάρχουν συγκεκριμένα στοιχεία που κάνουν κάποιο νερό κακό. Απλά όταν οι συγκεντρώσεις ορισμένων στοιχείων ξεπεράσουν κάποια όρια, τότε υποβαθμίζεται η ποιότητά του. Δε θα πρέπει να ξεχνούμε ότι όλα τα στοιχεία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών.

Τα στοιχεία που μπορεί να επιβαρύνουν την ποιότητα του νερού είναι το ασβέστιο, το θείο, το νάτριο, το χλώριο, το βόριο και τα διττανθρακικά.

Στοιχείο	Καλή	Μέτρια	Κακή
Ασβέστιο	100-150 p.p.m.	200 p.p.m.	
Θείο	40-100 p.p.m.	100-120 p.p.m.	
Νάτριο	έως 30 p.p.m.	20-100 p.p.m.	
Χλώριο	έως 80 p.p.m.	80-200 p.p.m.	>230 p.p.m.
Βόριο	έως 0,5 p.p.m.	0.5-1 p.p.m.	>1 p.p.m.
Διττανθρακικά (HCO 3)	150 p.p.m.		

p.p.m.= μέρη στο εκατομμύριο

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Ποιότητα νερού ανάλογα με τις συγκεντρώσεις ορισμένων στοιχείων.

ΠΗΓΗ: Γεωργική τεχνολογία ΛΙΠΑΝΣΗ - ΘΡΕΨΗ' 97

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δε δίνει πληροφορίες για το είδος των αλάτων που υπάρχουν στο νερό και έτσι τα βασικά ιόντα Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} , K^{+} , CO_2 --, HCO_3^- , SO_4 και Cl^- πρέπει να προσδιοριστούν στο εργαστήριο με λεπτομερή ανάλυση. Από

αυτές τις αναλύσεις είναι δυνατό να υπολογιστούν άλλα χημικά χαρακτηριστικά του νερού όπως είναι ο λόγος προσροφήσεως του νερού (SAR) και το υπόλειμμα ανθρακικού νατρίου.

Η συγκέντρωση νατρίου και η αναλογία του με τα υπόλοιπα κατιόντα είναι σημαντικό κριτήριο για την καταλληλότητα του νερού. Το έδαφος όταν έρχεται σε επαφή με το νερό που περιέχει νάτριο, μπορεί να προσροφήσει το νάτριο, με προοδευτική αντικατάσταση των κατιόντων Ca^{++} και Mg^{++} του εδαφικού συμπλόκου με αποτέλεσμα την αύξηση του PH του εδάφους πέραν του 8,5, διασπορά της αργίλου, καταστροφή των συσσωμάτων και δημιουργία συνεκτικού και αδιαπέρατου εδάφους. Η συγκέντρωση του Na στο νερό προσδιορίζεται με το φλογοφωτόμετρο. Ο δείκτης κινδύνου για την αλκαλίωση του εδάφους από το νερό, δίνεται με το λόγο προσροφήσεως του νατρίου (SAR) και ορίζεται από την εξίσωση

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}}$$

όπου Na^+ , Ca^{++} και Mg^{++} αντιπροσωπεύουν τις συγκεντρώσεις των αντίστοιχων ιόντων σε χιλιοστοϊσοδύναμα ανά λίτρο νερού (meq/lit). Ο βαθμός αλκαλίωσης ή η εκατοστιαία αναλογία νατρίου δίνεται από τον τύπο

$$ESP = \frac{Na100}{Na + Ca + Mg} meq/lit$$

Με βάση το λόγο προσρόφησης του νατρίου (SAR) τα νερά ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες σύμφωνα με το σύστημα του U. S. Salinity Lab.:

I. Κατηγορία S1: Νερό κατάλληλο για όλα τα εδάφη και τα φυτά εκτός από τα ευαίσθητα στο νάτριο (πυρηνόκαρπα και αβοκάντο).

II. Κατηγορία S2: Νερό μέσης αλκαλίωσης κατάλληλο για χονδρόκοκκα και οργανικά εδάφη.

III. Κατηγορία S3: Νερό υψηλής αλκαλίωσης το οποίο είναι επικίνδυνο για τα περισσότερα εδάφη.

IV. Κατηγορία S4: Νερό υψηλής αλκαλίωσης ακατάλληλο για όλα τα εδάφη.

Όταν το νερό περιέχει πολλά δισανθρακικά αλάτια, τότε τα ιόντα Ca^{++} και Mg^{++} έχουν τάση να κατακρημνιστούν σαν ανθρακικά αλάτια με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η συγκέντρωσή τους και να αυξάνει η συγκέντρωση του νατρίου από τα κολλοειδή τεμαχίδια του εδάφους.

Η εξίσωση που μας δίνει το υπόλειμμα ανθρακικού νατρίου είναι:

υπόλειμμα $Na_2CO_3 \Rightarrow (CO_3^{--} + HCO_3^-) - (Ca^{++} + Mg^{++})$

όπου οι συγκεντρώσεις των ιόντων εκφράζονται σε χιλιοστοϊσοδύναμα ανά λίτρο (meq/ lit).

Το νερό που περιέχει παραπάνω από 2.5 meq/lit υπόλειμμα ανθρακικού ασβεστίου θεωρείται ακατάλληλο για άρδευση. Το νερό με 1.25 έως 2.5 meq/lit θεωρείται οριακής ποιότητας ενώ το νερό που περιέχει από 1.5 meq/lit θεωρείται ασφαλή για αρδεύσεις.

Πολλά ιχνοστοιχεία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών. Βέβαια πρέπει να υπάρχει σε ορισμένες συγκεντρώσεις διότι πέρα από αυτές γίνονται τοξικά. Το βόριο είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο μέχρι 0.33 p.p.m.. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις προκαλεί τοξικότητα στα φυτά.

Την ποιοτική κατάταξη των αρδευτικών νερών με βάση την περιεκτικότητα σε βόριο την βλέπουμε στον παρακάτω πίνακα:

Κατηγορία		Καλλιέργειες	
νερού	Ευπαθής	Μετρίως ανθεκτικές	Ανθεκτικές
	Περιεκτικότητα βορίου σε p.p.m.		
1. Εξαιρετή	0.33	0.67	1.00
2. Καλή	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
3. Ανεκτή	0.67-1.00	1.33-2.10	2.00-3.00
4. Αμφίβολη	1.00-1.25	2.10- 2.25	3.00-3.75
5. Επιβλαβής	1.25	2.25	3.75

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Ποιοτική κατάταξη των αρδευτικών νερών με βάση την περιεκτικότητα σε βόριο

ΠΗΓΗ: Αρδεύσεις - Στραγγίσεις του Β. Ι. Ζαρογιάννη

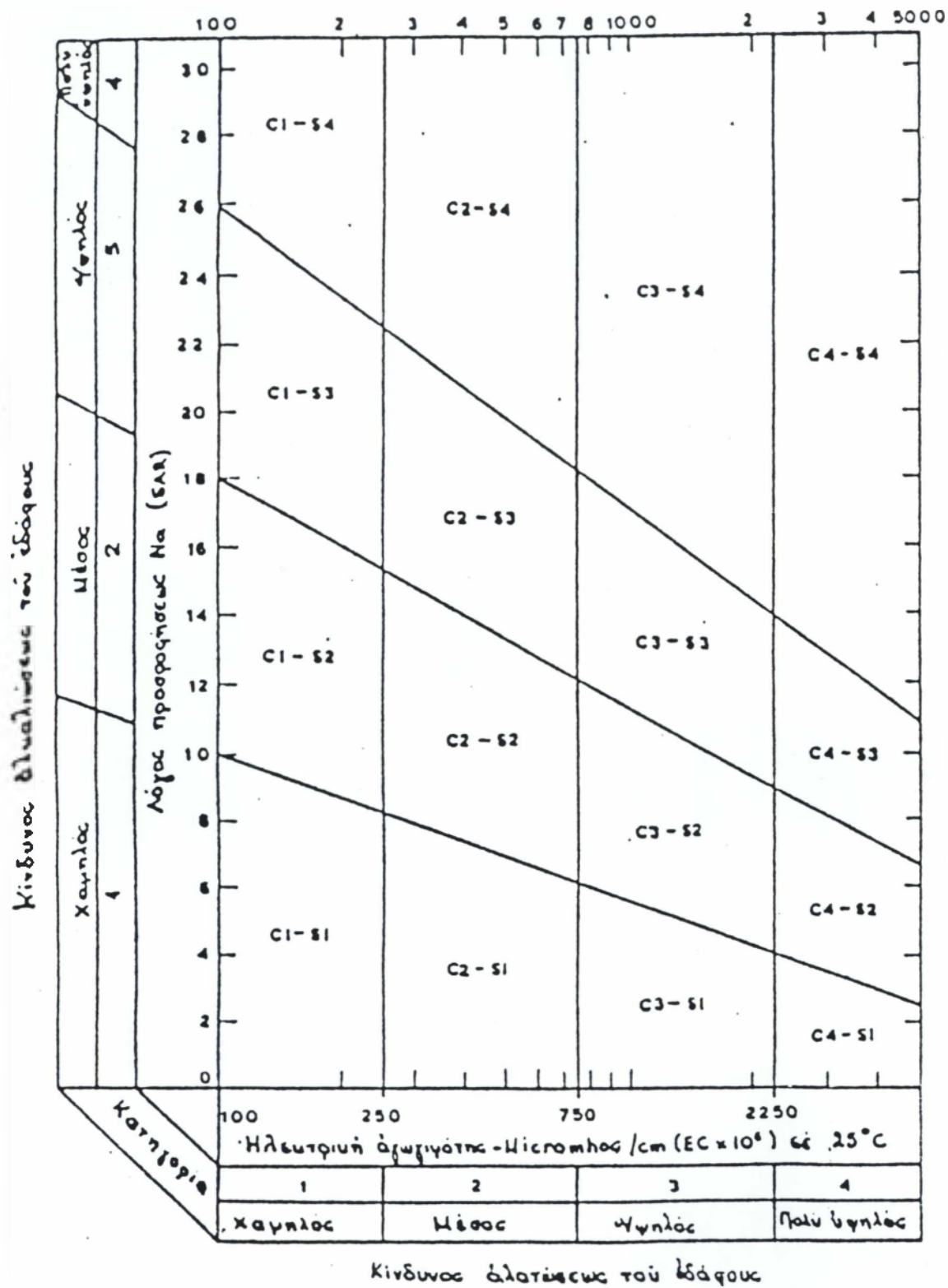
Οι συγκεντρώσεις των υπολοίπων ιχνοστοιχείων δίνονται στον παρακάτω πίνακα 3. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί πειραματικά και είναι οριακές, πέρα των τιμών αυτών τα ιχνοστοιχεία είναι επιβλαβή για τις καλλιέργειες.

α/α ιχνοστοιχεία	Για νερά που θα χρησιμοποιούνται συνέ-χεια για όλα τα εδάφη	Για νερά που θα χρησιμοποιούνται επί εικοσαετία και αποκλειστικά για εδάφη λεπτόκοκκα με PH 6.0- 8.5
1. Αργίλλιο	5.0	20.00
2. Αρσενικό	0.10	2.00
3. Βηρύλλιο	0.10	0.50
4. Κάδμιο	0.010	0.050
5. Χρώμιο	0.10	1.00
6. Κοβάλτιο	0.050	5.00
7. Χαλκός	0.20	5.00
8. Φθόριο	1.00	10.00
9. Σίδηρος	5.00	20.00
10. Μόλυβδος	5.00	10.00
11. Λίθιο	2.50	2.500
12. Μαγγάνιο	0.20	10.00
13. Μολυβδαίνιο	0.01	0.050
14. Νικέλιο	0.20	2.00
15. Σελήνιο	0.02	0.020
16. Βανάδιο	0.10	1.00
17. Ψευδάργυρος	2.00	10.00
18. Κασσίτερος	-	-
19. Τιτάνιο	-	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 . Οριακές συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στα ύδατα

ΠΗΓΗ: Αρδεύσεις - Στραγγίσεις του Β. Ι. Ζαρογιάννη

Η ταξινόμηση του υπόγειου νερού γίνεται με βάση τις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και του λόγου προσροφήσεως του νατρίου (SAR). Η ταξινόμηση γίνεται με το διάγραμμα του Richards όπου ανάλογα με την αλατότητα C ή το νάτριο διαχωρίζονται τα νερά σε τέσσερις ομάδες (χαμηλής, μέσης, ψηλής και πολύ ψηλής περιεκτικότητας) με συνέπεια να έχουμε 16 τύπους ποιότητας νερού που κυμαίνονται από εξαιρετικής ποιότητας (C1S1) μέχρι πολύ κακής ποιότητας (C4S4) (Σχ. 5)



Σχ . 5 Διάγραμμα Richards

2.0 ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

2.1 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ

Η άντληση του υπόγειου νερού σε περιοχές κοντά στη θάλασσα, πολλές φορές έχει σαν αποτέλεσμα την εισχώρηση υφάλμυρου νερού από τη θάλασσα προς το εσωτερικό. Η μεταφορά του θαλασσινού νερού στο γλυκό νερό κάτω από την επίδραση της εκμετάλλευσης του υπογείου νερού είναι γνωστή σαν υφαλμύρωση.

Το αλμυρό, το υφάλμυρο νερό και το γλυκό είναι αναμειγνυόμενα νερά. Αυτά είναι τελείως ευδιάλυτα μεταξύ τους. Η ανάμιξη των διαφόρων σωμάτων υπόγειων νερών με διαφορετική χημική σύσταση προέρχεται από δύο διαφορετικές φυσικές διεργασίες. Η πρώτη είναι η διάχυση και η δεύτερη η υδροδυναμική διασπορά. Οι δύο αυτές φυσικές διεργασίες δημιουργούν συνήθως μια ζώνη ανάμιξης ή μετάβασης όπου η περιεκτικότητα του χλωρίου βαθμιαία αλλάζει από αυτή του αλμυρού νερού μέσω της υφάλμυρης ζώνης. Επίσης η πυκνότητα (ειδικό βάρος) των δύο νερών παίζει ένα σημαντικό ρόλο στο μεταξύ τους διαχωρισμό. Έτσι η ευαίσθητη αυτή φυσική ισοροπία μεταξύ των δύο ποιοτήτων νερού μπορεί να ανατραπεί από στιγμή σε στιγμή από την ανεξέλεκτη ανθρώπινη παρέμβαση (δηλαδή υπεράντληση) με ανεπανόρθωτες συνέπειες στο υδρολογικό τους ισοζύγιο. Η κατάσταση αυτή μπορεί να επιδεινωθεί ακόμη περισσότερο κατά τις περιόδους χαμηλών βροχοπτώσεων (δηλ. ξηρασίας) κατά την οποία αντλούνται μεγαλύτερες ποσότητες υπογείου νερού για αρδευτικούς σκοπούς.

Για να κατανοήσουμε το φαινόμενο της υφαλμύρωσης πρέπει να εξετάσουμε τη φύση τόσο του αλατούχου, θαλασσινού νερού όσο και του γλυκού νερού καθώς και την επίδραση στις παραλιακές περιοχές, κάτω από φυσικές συνθήκες. Η πιο πρόσφατη μελέτη έγινε από δύο

ευρωπαϊούς επιστήμονες (Ghyben 1888, Herzberg 1901) γύρω στα τέλη του αιώνα. Οι αναλύσεις τους στηρίχτηκαν σε απλές υδροστατικές συνθήκες, σε ελεύθερους ομοιογενείς υδροφόρους ορίζοντες σε παράκτιες περιοχές. Αυτές οι μελέτες έδειξαν ότι το μέτωπο της υφαλμύρωσης που διαχωρίζεται από το νερό της θάλασσας, με πυκνότητα ρ_s , με το γλυκό νερό, με πυκνότητα ρ_f , πρέπει να υπάρχει μέσα στον υδροφόρο ορίζοντα με γωνία $\alpha < 90^\circ$ (σχήμα 6). Κάτω από υδροστατικές συνθήκες το βάρος μιας στήλης γλυκού νερού που επεκτείνεται από την επιφάνεια νερού στο μέτωπο υφαλμύρωσης βρίσκεται σε ισορροπία με μια στήλη αλατούχου νερού που επεκτείνεται από το θαλάσσιο επίπεδο στο ίδιο βάθος με το σημείο στο μέτωπο υφαλμύρωσης.

Με αναφορά στο σχήμα 6 έχουμε:

$$\rho_s g Z_s = \rho_f g (Z_s + Z_w)$$

ή

$$Z_s = (\rho_f / \rho_s - \rho_f) Z_w$$

για $\rho_f = 1.0$ και $\rho_s = 1.025$ έχουμε

$$Z_s = 40 Z_w \quad (I)$$

Η εξίσωση αυτή καλείται η εξίσωση των Ghyben-Herzberg.

Αν θεωρήσουμε ως μεταβολή στο ύψος του επιφανειακού το ΔZ_w τότε έχουμε από (I):

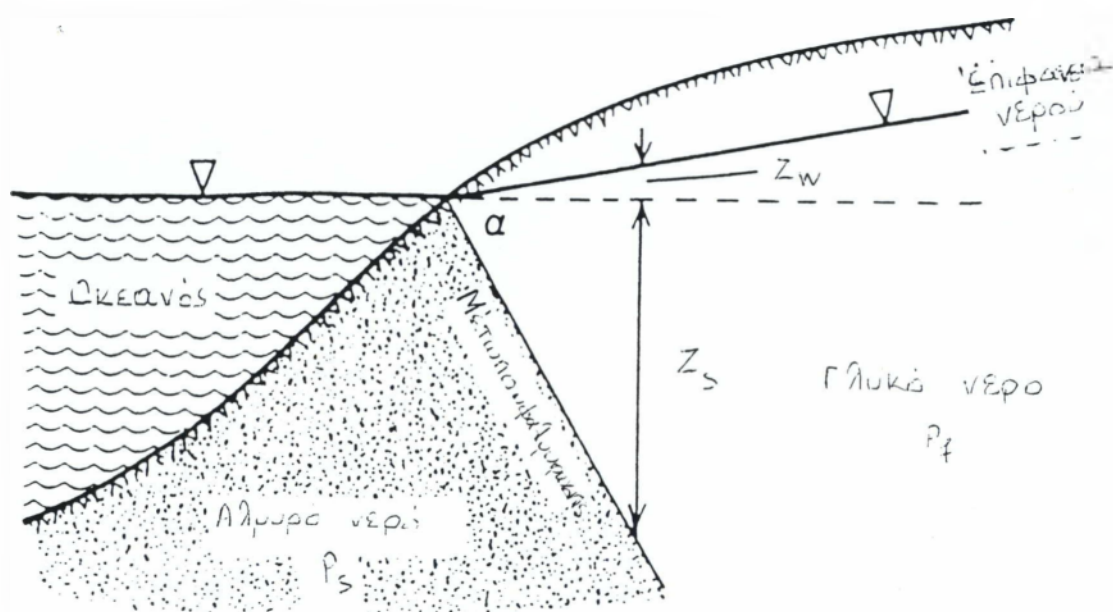
$$\Delta Z_s = 40 \Delta z_w$$

Αν η επιφάνεια νερού σε ένα παραλιακό ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα είναι υψηλότερη κατά 1m από το θαλασσινό νερό κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας υπάρχουν 40m από το ίδιο γλυκό νερό. Για κάθε μέτρο ταπείνωσης της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας του νερού του υδροφόρου ορίζοντα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, η επιφάνεια εισχώρησης του θαλασσινού νερού μετακινείται 40m και το αντίστροφο συμβαίνει σε περίπτωση εμπλουτισμού. Στις περισσότερες

περιπτώσεις η σχέση των Ghyben- Herzberg υποτιμά το βάθος του μετώπου της υφαλμύρωσης του θαλάσσιου νερού.

Εκεί όπου το γλυκό νερό τυχαίνει να χύνεται στη θάλασσα, η υδροστατική υπόθεση των Ghyben-Herzberg και οι αναλύσεις τους δεν ικανοποιούν.

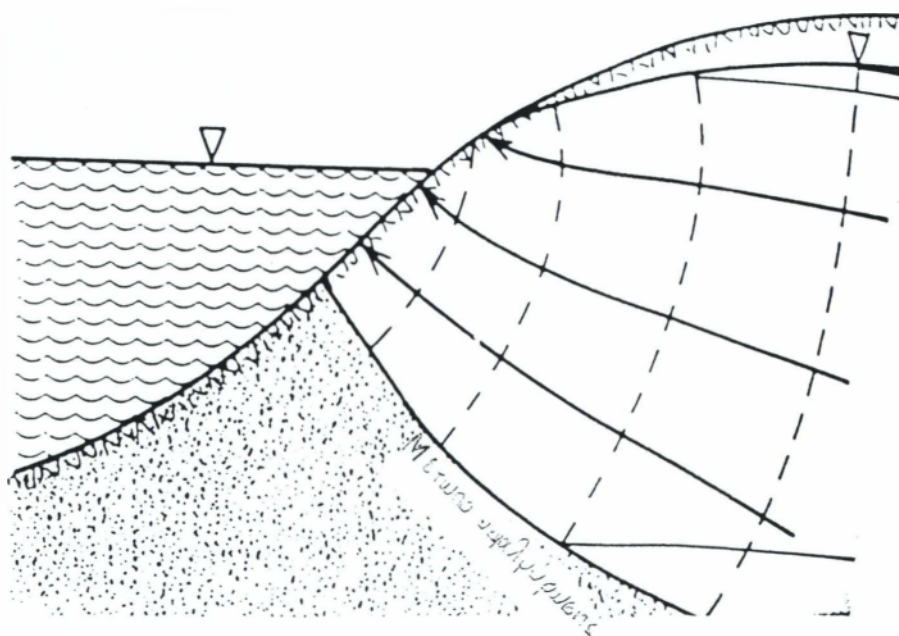
Μια πιο ρεαλιστική εικόνα προωθήθηκε από τον Hubbert (1940) όπως φαίνεται στο σχήμα 7 για τη σταθερή κατάσταση εκροής στη θάλασσα.



Σχήμα 6

Η ακριβής θέση του υδροφόρου ορίζοντα για οποιοδήποτε διάγραμμα επιφάνειας νερού μπορεί να καθοριστεί από τη γραφική ανάλυση δικτύου ροής, τίποτα δε φανερώνει τη σχέση στο σχήμα 7 για τη διασταύρωση των ισοδυναμικών γραμμών στο ύψος του επιφανειακού νερού και στο μέτωπο υφαλμύρωσης.

Και η υδροστατική ανάλυση και η ανάλυση της σταθερής κατάστασης θεωρούν ότι το μέτωπο υφαλμύρωσης που είναι το χώρισμα του γλυκού νερού και του θαλάσσιου σε παραλιακές περιοχές είναι ένα καθαρό όριο. Στην πραγματικότητα τείνουν να γίνουν ένα μείγμα του θαλάσσιου νερού και του γλυκού νερού, σε μια ζώνη διάχυσης γύρω από το μέτωπο υφαλμύρωσης. Το μέγεθος της ζώνης αυτής ελέγχεται από το διασκορπισμένο γνώρισμα του γεωλογικού στρώματος. Εκεί όπου η ζώνη αυτή είναι στενή, η μέθοδος λύσης



Σχήμα 7

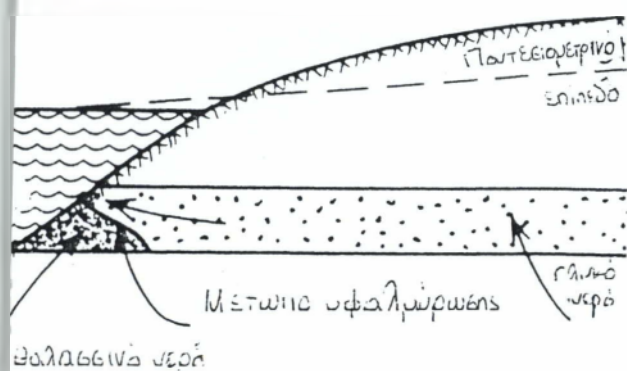
για ένα καθαρό μέτωπο υφαλμύρωσης πρέπει να δίνει μια ικανοποιητική πρόρρηση της ροής του μοντέλου του γλυκού νερού αλλά μπορεί μια εκτεταμένη ζώνη διάχυσης να μεταβάλλει τη ροή του μοντέλου και τη θέση του στο μέτωπο υφαλμύρωσης και αυτό πρέπει να το λαμβάνουμε υπ' όψιν μας.

Ο Henry(1960) ήταν ο πρώτος που παρουσίασε μια μαθηματική λύση για την κατάσταση ισορροπίας (steady- state) περίπτωση η οποία περιλαμβάνει τις μελέτες διασκορπισμού.

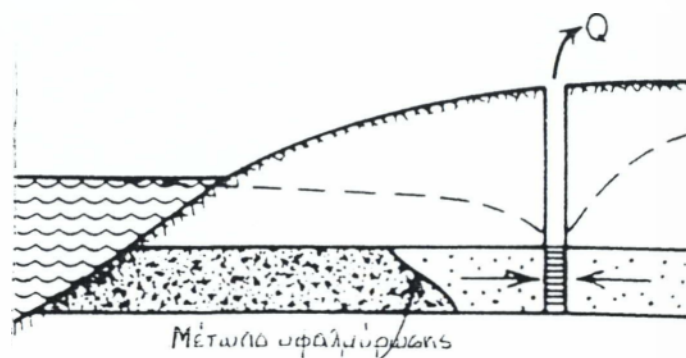
Οι Cooper και Al. (1964) χορηγούν μια περίληψη της ποικιλίας αναλυτικών λύσεων.

Η διείσδυση του θαλάσσιου νερού μπορεί να προκληθεί σε περιορισμένες και απεριόριστες περιοχές. Το σχήμα 8 μας δείχνει τη σχηματική αναπαράσταση της εισόδου του θαλάσσιου νερού το οποίο θα πρέπει να υπάρχει σε περιορισμένη περιοχή κάτω από συνθήκες φυσικής εκροής. Η προσομείωση της άντλησης , σχήμα 9 ιδρύει ένα μοντέλο παροδικής ροής το οποίο καταλήγει να πέσει σε ποντεσιομετρικό επίπεδο , στην περιορισμένη περιοχή και την εσωτερική μετανάστευση του στο μέτωπο υφαλμύρωσης θαλάσσιου νερού.

Οι Pinder και Cooper (1970) παρουσίασαν ένα μαθηματικό μοντέλο - μέθοδο για τον υπολογισμό της παροδικής θέσης του θαλάσσιου νερού μπροστά από μια οριοθετημένη περιοχή. Αυτή η λύση περιλαμβάνει τη μελέτη του διασκορπισμού.



Σχήμα 8



Σχήμα 9

2.2 ΛΟΓΟΙ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ

Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης είναι ένα φυσικό φαινόμενο δύσκολα αναστρέψιμο. Οι λόγοι που προκαλούν το φαινόμενο της υφαλμύρωσης μπορούν να χαρακτηριστούν οι εξής:

- Τα φυσικά αίτια που οφείλονται στην υδρογεωλογική δομή των υπογείων νερών (ανοιχτά υδραυλικά μέτωπα προς τη θάλασσα) π.χ. ανθρακικοί καρστικοί υδροφόροι. Στα φυσικά αίτια ανήκουν και τα τεκτονικά φαινόμενα, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα τεκτονικά (σεισμοί, ανοδικές και καθοδικές κινήσεις) τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά.
- Η υπερεκμετάλλευση των υπογείων νερών (υψηλά ποσοστά άντλησης σε σχέση με τα υπάρχοντα υδατικά αποθέματα)

- Τα έργα υδραυλικής. Οι ανθρώπινες παρεμβάσεις μέσω της κατασκευής των υδραυλικών έργων, για τα οποία δεν έλαβαν υπόψη τις υδρογεωλογικές δομές στην παράκτια ζώνη. Τέτοιες παρεμβάσεις είναι η κατασκευή φραγμάτων στην ενδοχώρα, η κατασκευή λιμνοδεξαμενών, η κατασκευή αποστραγγιστικών σηράγγων κ. λ. π.

Γενικότερα τα φαινόμενα της υφαλμύρωσης εμφανίζονται κατά κύριο λόγο από την υπερεκμετάλλευση των υπογείων υδάτων. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται μετά τη δεκαετία του 50 και αυτό σε συνδυασμό με τη βελτίωση της τεχνικής ανάληψης των υπογείων υδάτων (γεωτρήσεις). Επίσης σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση αλλά και στην εξάπλωση του φαινομένου παίζει το ανεπαρκές θεσμικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση των υπογείων υδάτων και ταυτόχρονα η έλλειψη προγραμματισμού στις καλλιέργειες που συνδυάζονται με την άρδευση. Σήμερα το φαινόμενο της υφαλμύρωσης παρατηρείται σε όλη σχεδόν την παράκτια ζώνη της Ελλάδας.

2.3 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Μια γενικότερη ανασκόπηση στην παράκτια ζώνη της Πελοποννήσου μας επιτρέπει να απαριθμήσουμε, με βάση τα δεδομένα, τις παρακάτω περιοχές που ήδη παρουσιάζουν τέτοια φαινόμενα. (Σχ. 10)

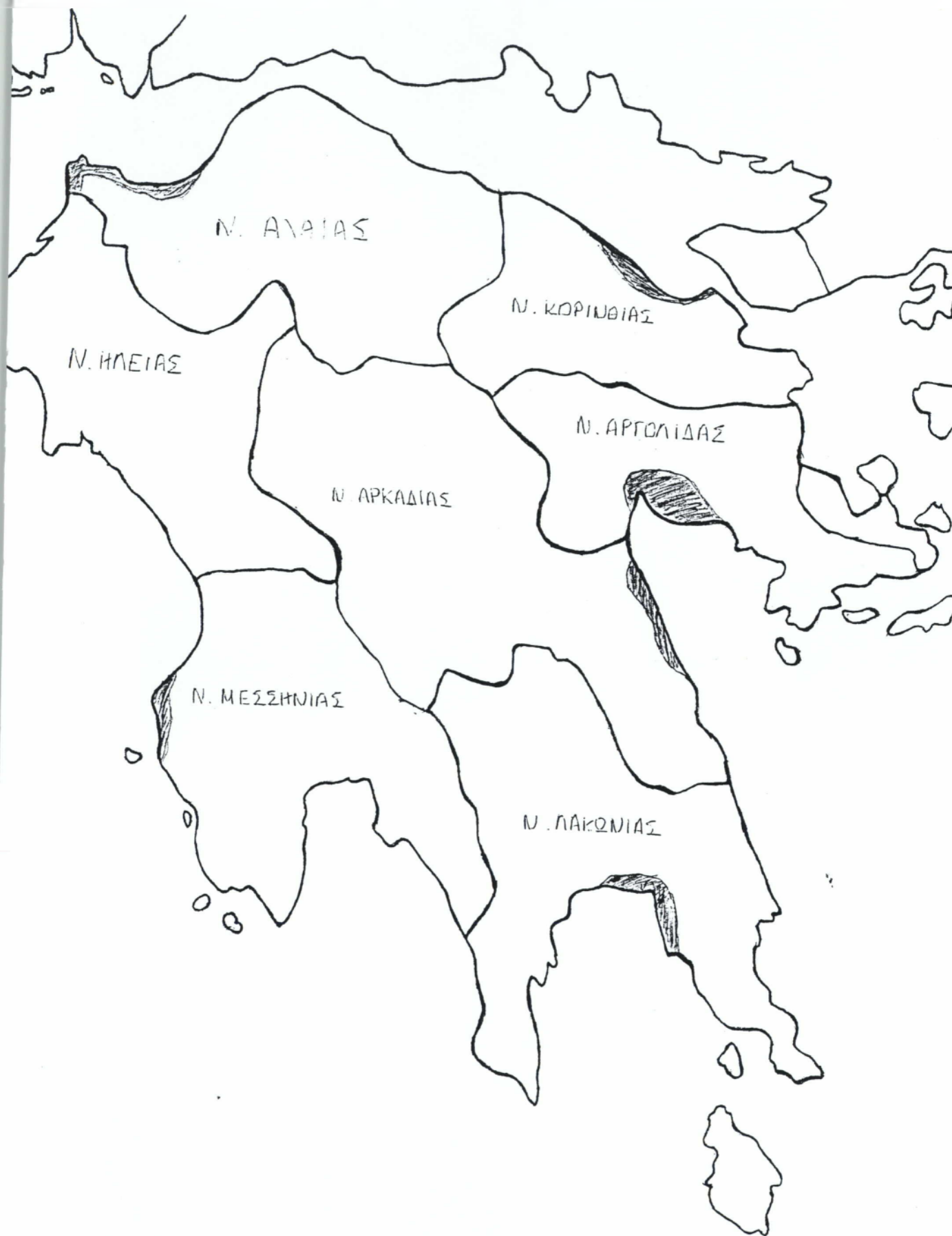
- Παράκτια Κορινθία
- Παράκτια Κάτω Αχαΐα
- Παράκτια Δυτική Μεσσηνία
- Παράκτια Ν. Α. Λακωνία
- Παράκτια Αρκαδία
- Αργολικό Πεδίο

Στο Νομό Μεσσηνίας το φαινόμενο της υφαλμύρωσης των υπογείων υδάτων εμφανίστηκε εδώ και 15 (δεκαπέντε) χρόνια στην

παράκτια Τριφυλία με τάσεις επιδείνωσης (Σχ.11), καθώς στην περιοχή της Μαντίνειας και στην Μεθώνη σε μικρότερο βαθμό.

Οι λόγοι τόσο της εμφάνισης όσο και της εξάπλωσης του φαινομένου της υφαλμύρωσης στην επαρχία Τριφυλίας είναι η υπερεκμετάλλευση των νερών για άρδευση ελαιοδένδρων και κηπευτικών. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από πειραματική διαδικασία 'που βρίσκεται στο «Φαινόμενα υφαλμύρωσης και δυνατότητες ορθολογικής διαχείρισης σε παράκτιους υδροφόρους της Ν. Δ και της Ν.Α. Πελοποννήσου.» των Π. Σαμπατακάκη και Αθ. Μακρή που παρουσίασαν στο Β' Πανελλήνιο υδρογεωλογικό συνέδριο της Πάτρας που έγινε στις 24-27 Νοεμβρίου 1993.

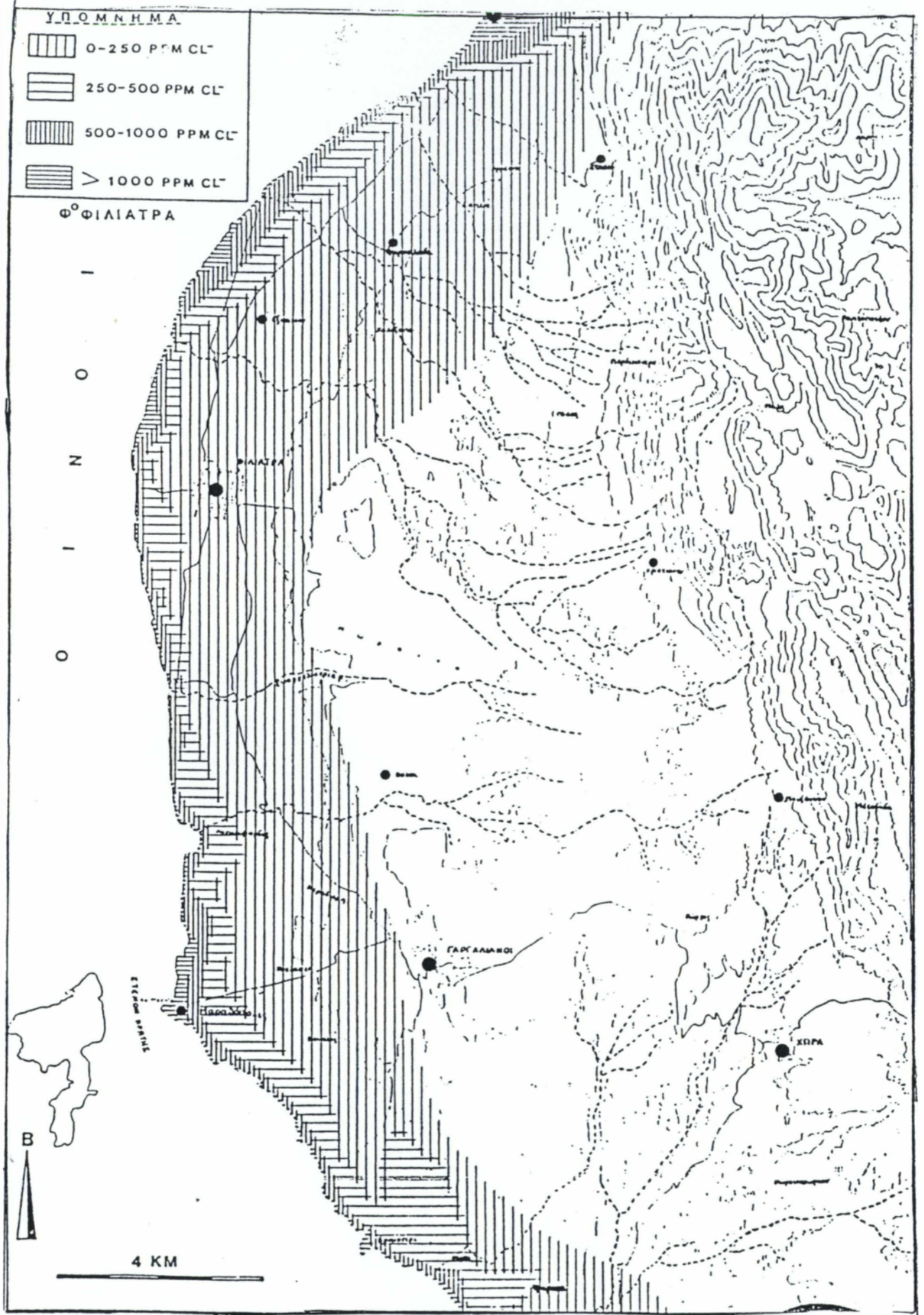
Στην επαρχία Τριφυλίας έχουν παρατηρηθεί τιμές χλωριώντων μέχρι και 2500 p.p.m.. Στην ζώνη αυτή με βάση τις μελέτες εντοπίζεται μια έκταση 46 τ. χ. διαταραγμένης ποιότητας υπόγειου νερού λόγω υφαλμύρωσης. Υπολογίζεται ότι στα 15 (δεκαπέντε) χρόνια εάν συνεχιστεί ο ίδιος τρόπος εκμετάλλευσης, υπάρχει κίνδυνος η ζώνη αυτή να διπλασιαστεί.(Σχ. 12)



Σχ . 10 Οι κυριότερες περιοχές που εμφανίζουν το πρόβλημα της υφαλμύρωσης



Σχ . 11 Οι κυριότερες περιοχές του Ν. Μεσσηνίας που παρουσιάζουν το πρόβλημα της υφαλμύρωσης



Σχ .12 Χάρτης υβαλιτιότητας

2.3.1 ΟΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΠΑΡΧΙΑ ΤΡΙΦΥΛΙΑΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΑΝΤΙΝΕΙΑΣ

Σύμφωνα με τις πληροφορίες από την Διεύθυνση Γεωργίας της Κυπαρισσίας και της Καλαμάτας οι καλλιέργειες στις περιοχές αυτές είναι :

Για την επαρχία Τριφυλίας

- 1/ Ελιές περίπου 4200000 ελαιόδενδρα
- 2/Καλαμών , καλύπτουν έκταση 500 στρεμμάτων
- 3/ Αμπέλι , 22000 στρέμματα
- 4/Εσπεριδοειδή, τα οποία δεν αποτελούν αμιγής καλλιέργεια , καλύπτουν περίπου 1000 στρέμματα
- 5/ Καρπούζι χαμηλής κάλυψης 12000 στρέμματα
- 6/ Πατάτα υπαίθρια 2000 στρέμματα
- 7/ Τομάτα υπαίθρια 1000 στρέμματα
- 8/ Πεπόνι χαμηλής κάλυψης 200 στρέμματα

Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες καλύπτουν συνολικά περίπου τα 1500 στρέμματα. Η θερμοκηπιακή κατανομή των κηπευτικών καλλιεργειών είναι η ακόλουθη:

- 1/ Αγγούρι περίπου 700 στρέμματα
- 2/ Τομάτα περίπου 250 στρέμματα
- 3/ Φασόλι περίπου 250 στρέμματα
- 4/ Πιπεριά περίπου 150 στρέμματα
- 5/ Μελιτζάνα περίπου 60 στρέμματα
- 6/ Κολοκύθι περίπου 20 - 30 στρέμματα
- 7/ Πεπόνι περίπου 20- 30 στρέμματα

Το συμπέρασμα που προκύπτει από τα στοιχεία αυτά είναι ότι οι βασικές καλλιέργειες στην επαρχία της Τριφυλίας είναι οι ελιές , το αμπέλι και τα κηπευτικά , με επικρατέστερη το αγγούρι.

2.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ

Η εξάπλωση του φαινομένου της υφαλμύρωσης οφείλεται:

- στην υπερεκμετάλλευση των υπογείων υδάτων και
- στα φυσικά αίτια που έχουν σχέση με τις αλλαγές των κλιματολογικών συνθηκών, (βροχοπτώσεις) και τεκτονικών αιτιών.

Η γεωλογική κατανομή του εδάφους στην παράκτια περιοχή της Τριφυλίας είναι η εξής: T7 - 111-1-G9 EE (σχ. 13)

όπου T= τριτογενείς αποθέσεις

7= κάτω μέρος κλιτύων

111= (βάθος εδάφους) βαθύ, (διάβρωση) καμία, (κλίση επιφάνειας)ελαφριά

1= κωδικός αριθμός της κάρτας της χαρτογραφικής μονάδας που περιγράφει την κατανομή των τύπων της γης

G= ζώνη αείφυλλων, πλατύφυλλων

9= καλλιεργημένη έκταση

EE=(ΕΚΘΕΣΕΙΣ) επίπεδη

Επίσης έχουμε προς την περιοχή των Γαργαλιάνων F3 F7 -231-1-G9 NN όπου

F= μικτός φλύσχης

3= αποστρογγυλεμένες περιοχές

F= μικτός φλύσχης

7= κάτω μέρος κλιτύων

231=βαθύ και αβαθές, καμία και έντονη, ελαφρές

NN=νότια

Στην περιοχή μεταξύ Φιλιατρών και Κυπαρρυσίας έχουμε F7- 564-1- G1 NB όπου

F= μικτός φλύσχης

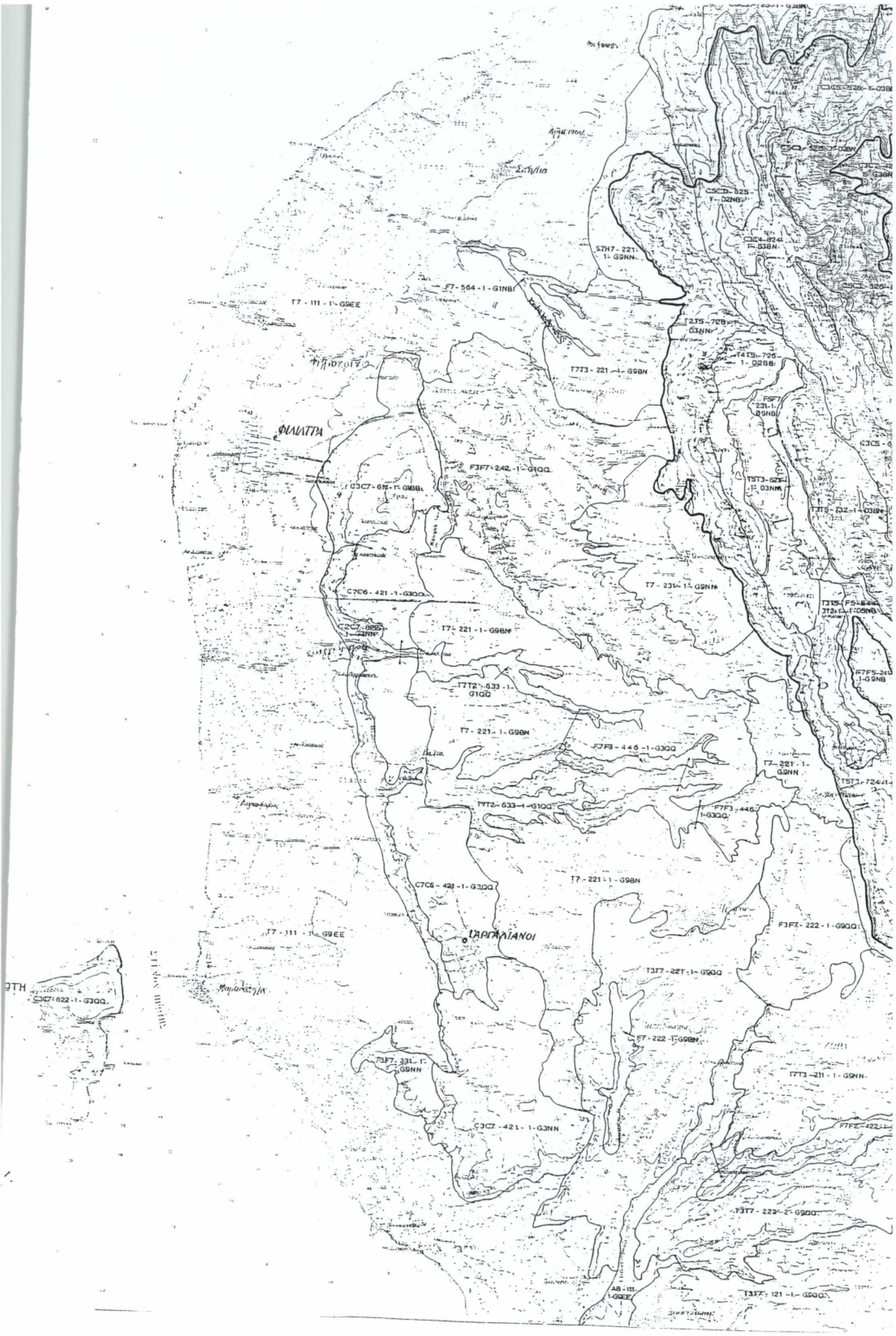
7=κάτω μέρος κλιτύων

564= αβαθές, μέτρια και έντονη, μέτριες και ελαφρές

G=ζώνη αείφυλλων και πλατύφυλλων

I=ασθενής

NB= νότιες και βόρειες



T7-111-1-G9EE

F7-564-1-GINBI

S7H7-221-1-G9NN

T2T5-708-1-G3NN

C7C4-824-1-G38N

ΦΙΛΑΤΤΑ

T7T3-221-1-G98N

T4T5-705-1-D28B

C3C7-621-1-G98N

F3F7-242-1-G100

T5T3-621-1-G3NM

C7C6-421-1-G300

T7-231-1-G9NN

T7T5-732-1-G38N

T7-221-1-G98N

T3T5-F5-B44-1-G5NB

T7T2-633-1-G100

F7F5-243-1-G98N

T7-221-1-G98N

F3F3-446-1-G300

T7-221-1-G9NN

T7T2-633-1-G100

F7F3-446-1-G300

C7C6-421-1-G300

T7-221-1-G98N

F3F7-222-1-G900

T7-111-1-G9EE

ΙΑΡΥΜΑΝΟΙ

T3T7-221-1-G900

9TH
C3C7-622-1-G300

F7F7-231-1-G9NN

F7-222-1-G98N

T7T3-211-1-G9NN

C3C7-421-1-G3NN

F7F5-422-1-G98N

T3T7-222-1-G900

A8-111-G9EE

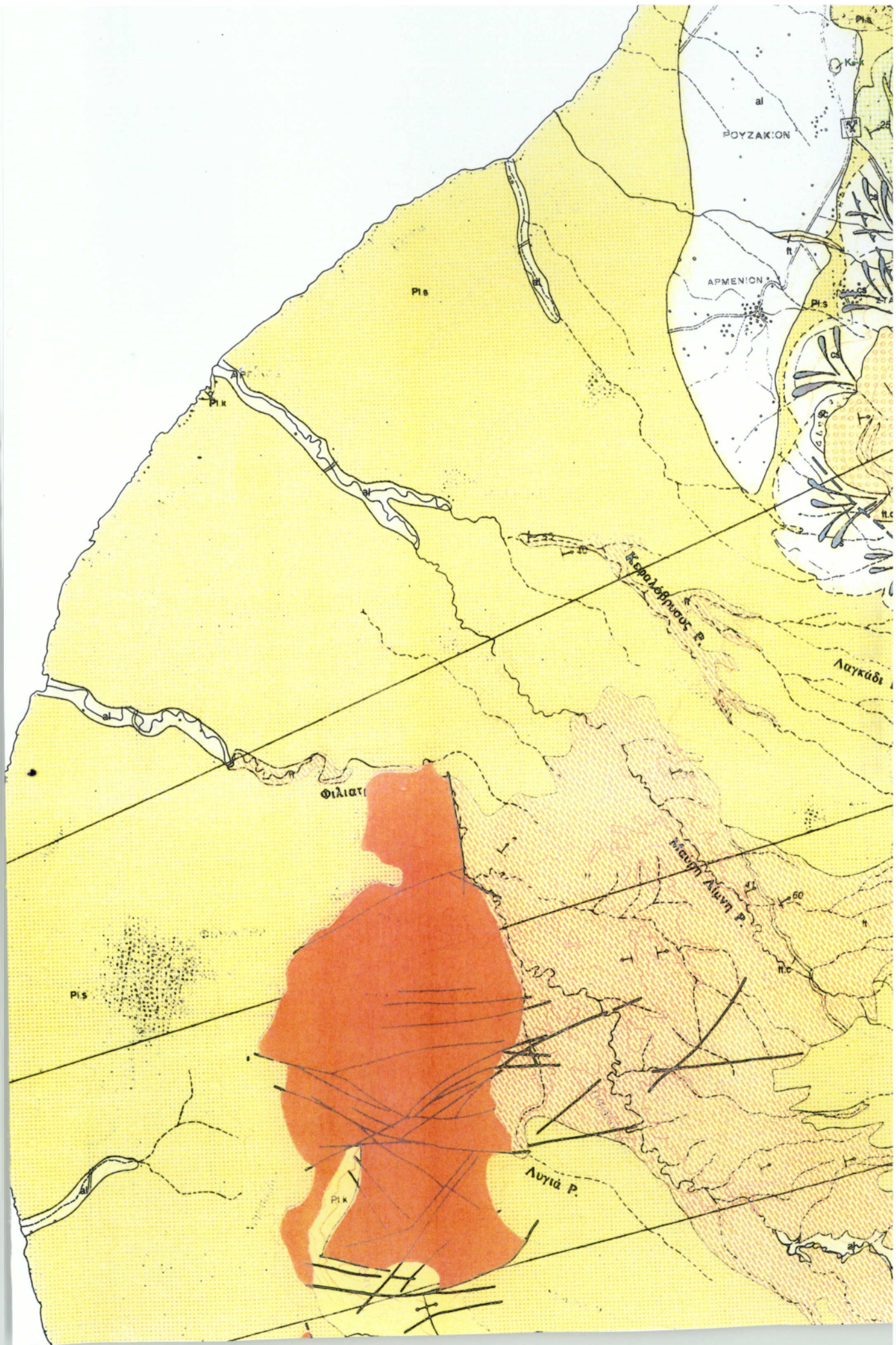
T3T7-121-1-G900

Η Ηωκαινική ασβεστολιθική λοφοσειρά Φιλιατρών - Γαργαλιάνων Φ/Γ με τεκτονική δομή πτυχωμένου κέρατος συνιστά ξεχωριστή υδρογεωλογική ενότητα μεγάλης σημασίας για την υπόγεια υδροφορία της Τριφυλίας. Ο άξονας του αντικλίνου αυτού βυθίζεται προς νότο. Σύμφωνα με το ισοζύγιο της περιοχής το νερό που δέχεται υπό μορφής κατείδυσης είναι της τάξης των 15 εκ. κυβ. μέτρων /χρόνο σε υγρές περιόδους ενώ σε ξηρές περιόδους ο όγκος μειώνεται κατά 50 %. Στις ποσότητες αυτές θα πρέπει να προστεθεί και ο όγκος νερού που διηθείται ετησίως στις κοίτες των 4 χειμάρρων (Φιλιατρινό, Λαγκούβαρδος, Ευαγγελιστρία και Αράπης Πόρος) που διασχίζουν από Α προς Δ τους ασβεστόλιθους αυτούς. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί λόγω της έντονης τεκτονικής καταπόνησης που έχουν υποστεί και σε συνδυασμό με την διαλυτική ικανότητα του νερού παρουσιάζουν πολλαπλά καρστικά έγκοιλα μέσω των οποίων κινείται το υπόγειο νερό. (Σχ. 14)

Το ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης βόρεια των Γαργαλιάνων φαίνεται να χωρίζει υδρογεωλογικά τον ασβεστολιθικό όγκο Φ/Γ σε δύο ενότητες τη βόρεια (ΒΥΕ) και την νότια (ΝΥΕ) . Από τους χάρτες χλωριόντων και πιεζομετρίας προκύπτει ότι α/ Η κίνηση του υπόγειου καρστικού νερού της ΒΥΕ είναι από Α προς Δ ενώ της ΝΥΕ από Β προς Ν.

β/ Η εισροή της θάλασσας μέσα στους ασβεστόλιθους Φ/Γ γίνεται στην ΝΥΕ από την περιοχή της παράκτιας καρστικής πηγής Μάτι Γαργαλιάνων όπου ο ασβεστόλιθος αυτός έρχεται σε άμεση επαφή με τη θάλασσα σε συνδυασμό με την τεκτονική δομή του ενώ στην ΒΥΕ δεν έχει παρατηρηθεί ακόμη έντονη εισροή της θάλασσας. Πριν το 1979 δεν υπήρχε καμία υδρογεώτρηση στους ασβεστόλιθους Φ/Γ. Οι πρώτες 10 γεωτρήσεις ανορύχθηκαν κατά τη δεκαετία 1979-80 από το

Υπουργείο Γεωργίας. Από τότε μέχρι σήμερα ο αριθμός αυτός έχει φθάσει περίπου τα 100 λόγω της παράλληλης αύξησης των αρδευόμενων εκτάσεων. Η μεγαλύτερη έξαρση σημειώθηκε αμέσως μετά την μεγάλη ξηρασία του 1988-1990. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την παρατεταμένη



άντληση λόγω αυξημένων αναγκών σε νερό είχε τα εξής αρνητικά αποτελέσματα:

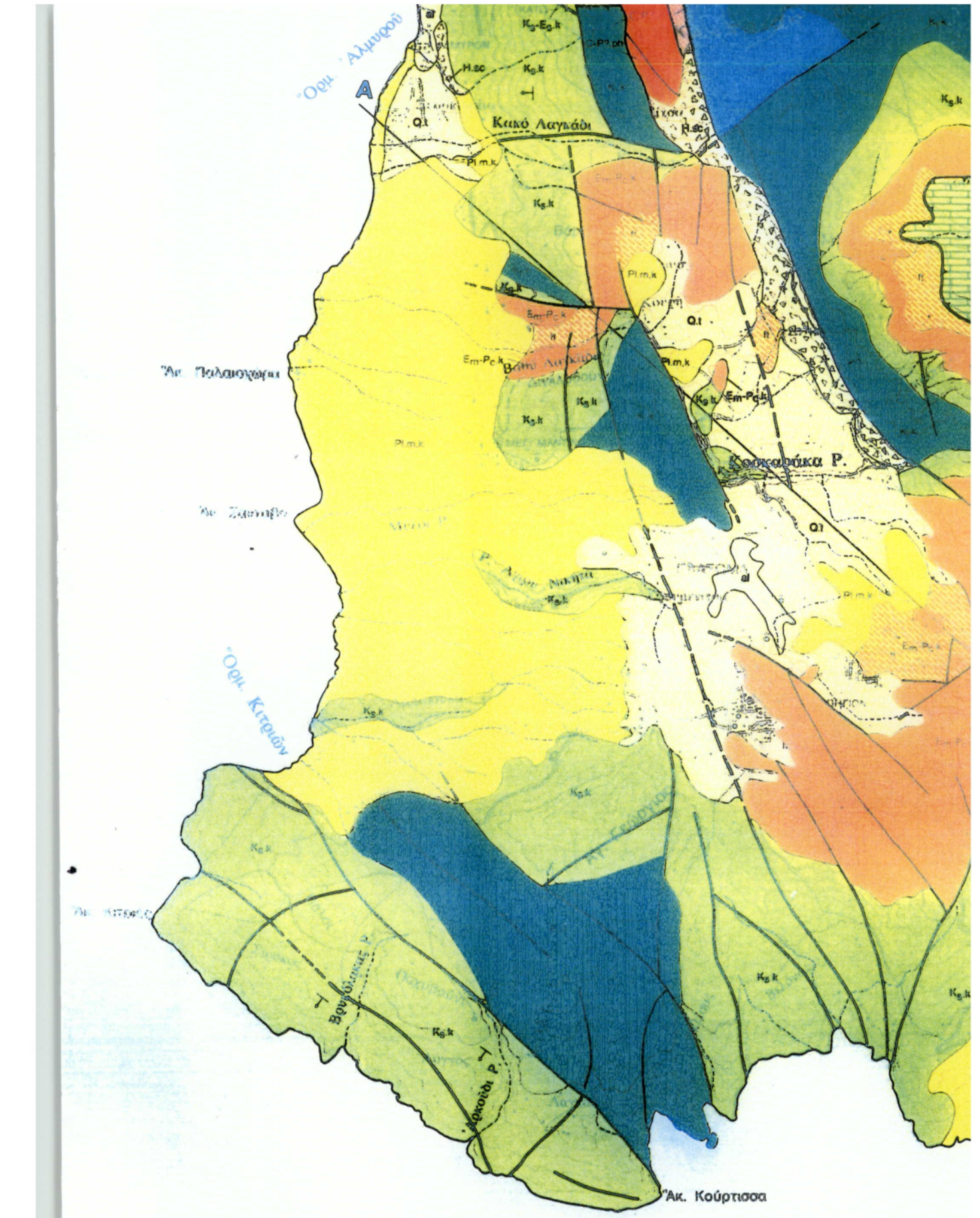
- α/ την αφαίρεση μεγάλων ποσοτήτων καρστικού γλυκού νερού
- β/ την ταπείνωση της υδροστατικής στάθμης του νερού στις γεωτρήσεις και γενικότερα στον καρστικό υδροφορέα.
- γ/ την αυτόματη ανύψωση της διεπιφάνειας και του υποκείμενου υφάλμυρου νερού στον καρστικό υδροφορέα.
- δ/ την εισροή θαλασσινού νερού στην ενδοχώρα και τέλος
- ε/ την υποβάθμιση της ποιότητας του καρστικού νερού λόγω της ανάμειξης του με το υφάλμυρο νερό.

Από τα στοιχεία των χημικών αναλύσεων (YEB και IME) δειγμάτων νερού μιας ομάδας υδρογεωτρήσεων παρακολούθησης στους ασβεστόλιθους αυτούς κατα την περίοδο 1981 -1992 προέκυψαν τα εξής στοιχεία για την διακύμανση της ποιότητας του υπόγειου νερού στους ασβεστόλιθους Φ/Γ . Η ΒΥΕ έχει νερά Na - Ca - Cl -HCO τα οποία εμπλουτίζουν πλευρικά τους υδροφορείς των νεογενών των Γαργαλιάνων ενώ η ΝΥΓ έχει νερά Na - Cl.

Τα σημερινά φαινόμενα που καταγράφονται και που οφείλονται στην υπερεκμετάλλευση έχουν πολλαπλές επιπτώσεις στις αναπτυξιακές δραστηριότητες, τόσο της τοπικής κοινωνίας όσο και γενικότερα. Τέτοια φαινόμενα είναι η εξουδετέρωση υδροληπτικών έργων ύδρευσης και η κατασκευή νέων, η μεσοπρόθεσμη υποβάθμιση της ποιότητας του εδαφικού καλύμματος, η αναζήτηση νέων έργων για κατασκευή για την εξασφάλιση των απαραίτητων υδάτινων πόρων για άρδευση, η χρησιμοποίηση ακατάλληλων νερών για άρδευση και ύδρευση στην υγεία. Προβλήματα ανάλογα έχουν παρατηρηθεί σε θέματα

ύδρευσης στις περιοχές της Δυτικής Κυπαρισσίας, των Γαργαλιάνων και της Πύλου.

Στην περιοχή της Μ. Μαντίνας έχουμε εισχώρηση του θαλασσινού νερού κάτω από το σχηματισμό των Νεογενών αποθέσεων που λειτουργούν σαν φράγμα επιφανειακά, δια μέσω των ασβεστολιθικών σχηματισμών. Γεγονός που αποδεικνύεται από τη μεγάλη συγκέντρωση των χλωριώντων σε γεωτρήσεις που συναντούν τον ασβεστόλιθο.



4
 4
 Η
 2

3.0 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ

3.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ

Πολλές φορές οι καλλιεργητές παρατηρούν στην επιφάνεια των χωραφιών τους ένα άσπρο επίχρισμα και το έδαφος μοιάζει να έχει πασπαλιστεί με αλάτι. Αυτή η ουσία είναι όντως άλατα που υπήρχαν στο έδαφος και λόγω της εξάτμισης του νερού του εδάφους συμπαρασύρθηκαν προς τα επάνω και έτσι επικάθισαν στην επιφάνεια. Όλα τα εδάφη περιέχουν λίγα διαλυτά άλατα που είναι κυρίως ασβεστούχα. Ο σχηματισμός των αλατούχων εδαφών οφείλεται:

1/ Στα αλκαλιμέταλλα και στις αλκαλικές γαίες των πετρωμάτων, τα οποία όταν ελευθερώνονται, δίνουν με τα αντίστοιχα ανιόντα, τα άλατα των αλατούχων εδαφών.

2/ Στην ανοδική κίνηση του νερού. Τα άλατα που βρίσκονται μέσα σε κοιλότητες του εδάφους ανέρχονται στην επιφάνεια.

3/ Σε ποτίσματα με νερό που περιέχουν άλατα.

4/ Στην εισχώρηση του θαλασσινού νερού στα εδάφη, σε παραλιακές περιοχές. Στο σύμπλοκο του εδάφους, που είναι κορεσμένο με Ca (80 %) όταν επιδράσει το θαλασσινό νερό (NaCl) αντικαθιστούν το Ca από το Na.

Σύμπλοκο εδάφους κορεσμένο με $Ca+2NaCl \rightleftharpoons 2Na+ + CaCl_2$
ασβέστιο

Όσο υπάρχει θαλασσινό νερό (NaCl), το $CaCl_2$ δεν παθαίνει καμιά μεταβολή, επειδή για να υδρολυθεί

$CaCl_2 + 2 H_2O = Ca(OH)_2 + 2 HCl$ πρέπει να φύγουν τα άλατα του NaCl και να γίνει η διάσταση του συμπλόκου

$CaCl_2 = Ca^{2+} + 2Cl^-$ οπότε γίνεται η υδρόλυση και στη συνέχεια η παρακάτω αντίδραση:



με την οποία σχηματίζεται το Na_2CO_3 που είναι το πιο επικίνδυνο για τα φυτά.

Τα περισσότερα αλατούχα εδάφη έχουν δημιουργηθεί σαν αποτέλεσμα του ότι η τριχοειδής ανοδική κίνηση του νερού υπερβαίνει την καθοδική κίνηση. Αυτό γίνεται όταν η υπόγεια στάθμη του νερού είναι ψηλά για μεγάλη χρονική περίοδο, κάτι που συμβαίνει εκεί όπου είναι ανεπαρκής η στράγγιση ή όπου η υπόγεια στάθμη τροφοδοτείται από φυσικές πηγές.

Η έκταση της τριχοειδούς αλατώσεως και το βάθος του εδάφους στο οποίο συσσωρεύονται αλάτια, εξαρτιέται από το ρυθμό της τριχοειδούς ανόδου και την αλατότητα του υπόγειου νερού.

3.1.1 ΕΙΔΗ ΑΛΑΤΩΝ ΚΑΙ Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΕΔΑΦΗ

Τα αλατούχα εδάφη διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε άλατα, με το είδος των αλάτων, με τη δομή του εδάφους και με την ευκολία βελτίωσής τους. Τα ανιόντα που κυριαρχούν είναι τα χλωριόντα, τα θειικά, τα ανθρακικά και μερικές φορές τα νιτρικά. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα αλάτια του νατρίου, μετά έρχονται του ασβεστίου και του μαγνησίου και τέλος διάφορες αναμίξεις και σύνθετα αλάτια.

3.1.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΛΑΤΟΥΧΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Η ταξινόμηση των αλατούχων εδαφών που δόθηκε από το U. S. Salinity Laboratory το 1954 βασίζεται σε δύο χαρακτηριστικά:
- την αλατότητα του εδάφους, την περιεκτικότητά του εδάφους σε υδατοδιαλυτά αλάτια που είναι ο κύριος παράγοντας για την ανάπτυξη των φυτών

- το ποσοστό του ανταλλάξιμου νατρίου που είναι ο κύριος παράγοντας που προσδιορίζει τη δομή του εδάφους.

Για τον προσδιορισμό της αλατότητας του εδάφους, χρησιμοποιείται η ηλεκτρική αγωγιμότητα του κορεσμένου εκχυλίσματος του εδάφους (ECe), η οποία εκφράζεται σε mmhos (mho είναι το αντίστροφο του ohm). Το κορεσμένο εκχύλισμα του εδάφους είναι το διάλυμα που εκχειλίζεται από μια κορεσμένη με νερό πάστα εδάφους (το έδαφος ανακατεύεται με νερό μέχρις όπου να αρχίσει να κυλάει εύκολα από μια σπάτουλα), οπότε η περιεκτικότητα σε νερό της πάστας είναι από εδαφομηχανικής πλευράς το ρευστό όριο του εδάφους. Για τον προσδιορισμό του ποσοστού (%) του ανταλλάξιμου νατρίου (ESP) θα πρέπει να προσδιοριστεί το ποσό του ανταλλάξιμου νατρίου (ES) και την ικανότητα ανταλλάξιμων κατιόντων (CEC) οπότε έχουμε :

$$ESP=100 \times ES / CEC$$

Το ESP μπορεί να προσδιοριστεί από τις ποσότητες των κατιόντων (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, και K⁺ που βρίσκονται μέσα στο κορεσμένο εκχύλισμα του εδάφους.

Με βάση τις δύο χαρακτηριστικές τιμές του ECe και ESP η ταξινόμηση των αλατούχων εδαφών γίνεται όπως παρακάτω:

1/ Αλατούχα εδάφη . Χαρακτηρίζονται από:

- ECe μεγαλύτερο από 4 mmhos/cm σε 25°C
- ESP μεγαλύτερο από 15
- PH γενικά μικρότερο από 8.5

2/ Αλατούχα- αλκαλικά εδάφη

- ECe μεγαλύτερο από 4 mmhos/cm σε 25°C
- ESP μεγαλύτερο από 15
- PH σπάνια μεγαλύτερο από 8.5

3/ Μη αλατούχα - αλκαλικά εδάφη

- ECe μικρότερο από 4 mmhos/cm
- ESP μεγαλύτερο από 15

- ΡΗ συνήθως μεταξύ 8.5 και 10

3.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Η επίδραση των αλατούχων και αλκαλιωμένων εδαφών στη ζωή και ανάπτυξη των φυτών είναι δυσμενής γεγονός που οφείλεται στα διαλυμένα άλατα, στο προσροφημένο νάτριο, και κυρίως λόγω της αυξημένης οσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος που έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της ικανότητας των φυτών να προσροφάει νερό από το έδαφος.

Η επίδραση της υψηλής περιεκτικότητας του εδάφους σε άλατα γίνεται φανερή από τη μη κανονική ανάπτυξη των φυτών από την καχεκτικότητα των φυτών, τα φύλλα αποκτούν σκούρο πράσινο χρωματισμό, καλύπτονται με κεριά και εμφανίζουν νεκρώσεις.

Επίσης υπάρχει μια έμμεση δυσμενής επίδραση στις καλλιέργειες που προκαλείται από την κακή δομή των αλατούχων εδαφών. Όπως είναι γνωστό, τα χαρακτηριστικά των αργιλωδών εδαφών(συρρίκνωση, διόγκωση, κατανομή των πόρων, σταθερότητα δομής) επηρεάζονται πολύ από την ένταση της ελκτικής δύναμης μεταξύ των τεμαχιδίων της αργίλου. Αυτή η έλξη εξαρτιέται πολύ από τη σύνθεση των ανταλλάξιμων ιόντων. Τα δισθενή κατιόντα (Ca, Mg) και τα τρισθενή (Al) έλκονται πολύ πιο ισχυρά από τα τεμαχίδια της αργίλου από ότι τα μονοσθενή ιόντα (Na, K), και προκαλούν συνένωση των τεμαχιδίων της αργίλου σε μεγαλύτερα σταθερά συσπειρώματα τα οποία έχουν σαν συνέπεια να βελτιώνουν τη δομή των γεωργικών εδαφών.

Σε αλατούχα εδάφη η επιφάνεια του εδάφους παρουσιάζει αλατούχες κρούστες. Τα κυριότερα ανιόντα είναι Cl⁻ και SO₄⁻ και σε δεύτερα μόρια τα ανιόντα HCO₃⁻ και NO₃⁻. Επίσης υπάρχουν

και αδιάλυτα ανθρακικά και θειικά αλάτια. Τα κατιόντα Na^+ είναι λιγότερα από 50% του συνόλου των υδατοδιαλυτών κατιόντων. Τα εδάφη αυτά αντιστοιχούν στα άσπρα αλκαλικά εδάφη ή Solonchak* σύμφωνα με το Ρωσικό σύστημα ταξινόμησης των αλατούχων εδαφών.

Στα αλατούχα- αλκαλικά εδάφη η ανάπτυξη των καλλιεργειών εμποδίζεται. Η δομή του εδάφους είναι καλή, αλλά χειροτερεύει πολύ με την έκπλυση οπότε γίνονται ισχυρώς αλκαλικά, τα τεμαχίδια αργίλου βρίσκονται σε διάσταση, η υδατοπερατότητα μειώνεται πολύ και το έδαφος δεν προσφέρεται για όργωμα. Τα εδάφη αυτά αντιστοιχούν στα μαύρα αλκαλικά ή Solonetz*.

Στα μη αλατούχα - αλκαλικά εδάφη τα κυριότερα ανιόντα είναι Cl^- , SO_4^{--} και HCO_3^- , υπάρχουν όμως και ανθρακικά. Τα κυριότερα κατιόντα στο εδαφικό διάλυμα είναι το Na^+ γιατί τα Ca^{++} και Mg^{++} έχουν κατακρημνιστεί. Η δομή των εδαφών αυτών είναι πολύ άσχημη.

* Στοιχεία που βρίσκονται στο βιβλίο Εδαφολογία του Κ. Τσιτσία

Είδος καλλιέργει ς	Απόδοση 100%		Απόδοση 90%		Απόδοση 75%		Απόδοση 50%		Απόδοση 0%	
	ECεδ. ECνερ.		ECεδ. ECνερ.		ECεδ. ECνερ.		ECεδ. ECνερ.		ECεδ. ECνερ.	
Τομάτα	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13,0	8,4
Αγγούρι	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10,0	6,8
Πιπεριά	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4	8,6	5,8
Μαρούλι	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,1	3,4	9,0	6,0
Κολοκυθάκι	4,7	3,1	5,8	3,8	7,4	4,9	10,0	6,7	15,0	10,0
Αμπέλι	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5	12,0	8,0
Ελιά	1,8	1,2	2,4	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0	5,3
Ροδακινιά	1,7	1,1	2,2	1,5	2,9	1,9	4,1	2,7	6,0	4,0
Λεμονιά	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0	5,3
Πορτοκαλιά	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0	5,3
Βαμβάκι	7,7	5,1	9,6	6,4	13,0	8,4	17,0	12,0	27,0	18,0
Σιτάρι	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,3	13,0	6,7	20,0	13,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Αντοχή των φυτών στα άλατα και προβλεπόμενη απόδοση ορισμένων καλλιεργειών όπως επηρεάζονται από την εδαφική αλατότητα (ECεδ) και από την ποιότητα του νερού(ECνερ.)

ΠΗΓΗ: Γεωργική Τεχνολογία ΛΙΠΑΝΣΗ - ΘΡΕΨΗ' 97

3.2.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΛΑΙΟΔΕΝΔΡΩΝ ΛΟΓΩ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ

Η ελιά αν και θεωρείται ανθεκτική στην ξηρασία, δίνει μεγαλύτερες σοδειές και καλύτερης ποιότητας προϊόντα, όταν

ποτίζεται. Είναι πιο ανθεκτική σε αλατούχα νερά από άλλες δενδρώδεις καλλιέργειες. Η ελιά είναι σχετικά ανεκτική στα άλατα, αφού μπορεί να ανεχθεί νερό που περιέχει μέχρι 2 γραμμάρια χλωρίου στο λίτρο, εφόσον λαμβάνονται ορισμένες προφυλάξεις.

Αν το πότισμα γίνεται με τόσο νερό, ώστε να σταματήσει τούτο στη ζώνη των ριζών, τότε η ζωή του δένδρου εκτίθεται σε σοβαρό κίνδυνο λόγω συσσώρευσης αλάτων. Θα πρέπει τότε να γίνει ένα δραστικό πότισμα, που να φθάσει κάτω από τη ζώνη των ριζών και να συμπαρασύρει ως εκεί τα άλατα.

Η απόδοση σε ελαιόκαρπο είναι αντιστρόφως ανάλογη προς την αλατοπεριεκτικότητα του νερού της άρδευσης. Υφάλμυρο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση ελαιώνων με βαθύ όμως έδαφος και τότε με πολλή προσοχή, ώστε να μη συσσωρευτεί το αλάτι στη ζώνη των ριζών. Πρέπει να γίνονται συχνότερα ποτίσματα και με μικρότερη κάθε φορά ποσότητα νερού, εκτός αν επιζητούμε μετακίνηση των αλάτων σε στρώματα που βρίσκονται πιο βαθιά από τη σφαίρα των ριζών.

Η αντοχή του ελαιοδένδρου στο χλώριο τοποθετεί το ελαιόδενδρο σε πλεονεκτικότερη, συγκριτικά με άλλες ευαίσθητες καλλιέργειες, θέση. Πρέπει όμως να αναφέρουμε ότι το νερό εκείνο που περιέχει πάνω από 40 ppm νιτρικά άλατα προκαλεί ζωνηρή βλάστηση και ανώμαλη καρποφορία.

3.2.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΜΠΕΛΙΟΥ ΛΟΓΩ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ

Το αμπέλι ανάλογα με την ποικιλία που καλλιεργούμε παρουσιάζει από γενετικούς λόγους, μικρότερη ή μεγαλύτερη αντοχή στην ξηρασία και για αυτό έχει διαφορετικές απαιτήσεις σε νερό. Θα πρέπει να δεχθούμε ότι λόγω του μεγέθους της ρώγας και του προορισμού τους, οι επιτραπέζιες ποικιλίες είναι αυτές που χρειάζονται πότισμα, εντούτοις δεν πρέπει να αποκλείουμε και την περίπτωση να ποτίζουμε ένα αμπέλι οينوπαραγωγής εφόσον έχουμε νερό και το αμπέλι διψάει.

Στα αλατούχα εδάφη το *Vitis vinifera* είναι το περισσότερο ανθεκτικό στο αλάτι, σε αναλογία από 2 ‰ - 3 ‰, ενώ το *Vitis solonis* και τα υβρίδιά του 1,5 ‰ και το *Rupestris du Lot* 1 ‰. Η επίδραση του περίσσιου αλατιού στα αμπέλια είναι η πολύ έντονη ξήρανση. Κατά την άνοιξη η βλάστηση φαίνεται στην αρχή κανονική και κατά το καλοκαίρι τα άκρα των φύλλων πλησιάζουν και το υπόλοιπο φύλλο κιτρινίζει, μαυρίζει και ξεραίνεται. Επιβάλλεται η αφαλάτωση του εδάφους.

3.2.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΑ ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ ΛΟΓΩ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ

Στις ξηρικές και στις ημιξηρικές περιοχές το νερό είναι απαραίτητο για την καλλιέργεια των εσπεριδοειδών. Η επαρκής ποσότητα και η αποδεκτή ποιότητα αυτού καθορίζουν το ύψος της παραγωγικής ικανότητας μιας εσπεριδοφυτείας.

Τα εσπεριδοειδή χαρακτηρίζονται σαν ευαίσθητη στα άλατα καλλιέργεια και επομένως αν το νερό περιέχει μεγάλη ποσότητα αλάτων μπορεί να περιορίσει τη βλάστηση και την

παραγωγικότητα της φυτείας. Τα μεγάλης περιεκτικότητας σε άλατα νερά μπορεί να είναι ανεκτά για την καλλιέργεια, αν τα ποτίσματα είναι συχνά, γεγονός που παρεμποδίζει τη συγκέντρωση αλάτων σε επιζήμια επίπεδα στη ζώνη, που αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των δένδρων.

Το νερό του ποτίσματος πρέπει να είναι καθαρό και να μην περιέχει άλατα. Τα εσπεριδοειδή είναι πολύ ευαίσθητα στα άλατα και ειδικότερα στο χλώριο (Cl) και το νάτριο (Na). Το νερό είναι ακατάλληλο για πότισμα όταν περιέχει πάνω από 150 - 200 p.p.m. Σε εδάφη, που αποστραγγίζουν κακώς, συγκεντρώσεις χλωρίου μικρότερες των προαναφερόμενων αποβαίνουν συχνά επιζήμιες για την καλλιέργεια. Το νερό που περιέχει νάτριο 70 p.p.m. ή χλώριο 100p.p.m. θεωρείται ακατάλληλο για το πότισμα εσπεριδοφυτείας με τεχνητή βροχή, γιατί προκαλεί ζημιές στο φύλλωμα.

Η περίσσεια χλωρίου καταστρέφει τη χλωροφύλλη στα φύλλα και από βαθιά πράσινα που είναι γίνονται χλωρωτικά. Η περίσσεια του νατρίου, προκαλεί νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα, αρχίζοντας από την κορυφή και από την περιφέρεια προς τα μέσα. Με τις συνθήκες αυτές τα δένδρα χάνουν την παραγωγικότητα τους και στις περισσότερες περιπτώσεις αρχίζουν σιγά- σιγά να ξηραίνονται. Τα συμπτώματα αυτά αργούν να παρουσιαστούν όταν το αλατούχο νερό χρησιμοποιείται για πότισμα από το έδαφος, ενώ παρουσιάζονται πολύ γρήγορα όταν χρησιμοποιείται με τεχνητή βροχή και έρχεται σε απευθείας επαφή με τα φύλλα. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να αποφεύγεται τελείως η χρήση αλατούχων νερών με τεχνητή βροχή.

Από τα χρησιμοποιούμενα υποκείμενα των εσπεριδοειδών λιγότερο ανεκτικά στο χλώριο είναι η πορτοκαλιά και τα citrange, ενδιάμεσως έρχονται η νεραντζιά, η τραχύκαρπος λεμονιά και το

τανγκέλο, ενώ η κλεοπάτρα και η λιμεττία ράνγκπουρ θεωρούνται σαν τα πιο ανθεκτικά.

3.2.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΛΟΓΩ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ

Τα λαχανικά που έχουμε πρέπει να τα ποτίζουμε. Το νερό καλυτερεύει την ποιότητα των φυτών και ιδιαίτερα των λαχανικών. Τα φυτά αντιδρούν με εντυπωσιακό τρόπο στο πότισμα. Μερικά αποτελέσματα του ποτίσματος είναι ο περιορισμός της ανάπτυξης της ρίζας, η οποία μεγαλώνει και επιμηκύνεται ψάχνοντας για υγρασία. Όταν βρει υγρασία, η ρίζα αναπτύσσεται σε αυτό το μέρος και δεν επιμηκύνεται πια.

Η χορήγηση του νερού γίνεται με διαφορετικά κριτήρια, σύμφωνα με το τι θέλουμε να εκμεταλλευτούμε από το φυτό. Το πότισμα μεγαλώνει το βλαστικό κύκλο των φυτών και συνεπώς καθυστερεί την άνθηση. Με το πότισμα επιτυγχάνουμε πιο μεγάλα φύλλα, πιο πράσινα και πιο τρυφερά. Η υπερβολική δόση νερού αυξάνει την ευαισθησία των παρασίτων και οι καρποί γίνονται λιγότερο γευστικοί, αν δεν επέμβουμε με δυνατές λιπάνσεις.

Για το πότισμα το νερό της βροχής είναι το καλύτερο. Η ποιότητα του ποτιστικού νερού εξετάζεται σε σχέση με τους εξής παράγοντες: θερμότητα, πλούτο σε άλατα, αερισμό και καθαρότητα. Το νερό της βροχής σε σχέση με αυτούς τους παράγοντες μπορεί να θεωρηθεί θαυμάσιο: έχει την ίδια σχεδόν θερμοκρασία με τον αέρα, είναι αερισμένο, δεν περιέχει ασβέστιο, αλλά απεναντίας άζωτο.

Τα φτωχά σε άλατα νερά μας αναγκάζουν να χρησιμοποιούμε πολλά λιπάσματα, συνεπώς το πότισμα με νερά που περιέχουν τη σωστή ποσότητα αλάτων έχει πολλά πλεονεκτήματα. Αν το νερό περιέχει υπερβολικά άλατα, το έδαφος μετά από μια μακρινή περίοδο μπορεί να γίνει αλμυρό και η αλμυρότητα φεύγει μονάχα

ύστερα από πλύσεις με μεγάλες ποσότητες νερού. Τα φυτά παρουσιάζουν διαφορετική αντίσταση στην αλμυρότητα, το λάχανο υποφέρει στα 15 γραμμάρια χλωρίου ανά λίτρο, πολύ καλή επίσης είναι η αντίσταση της τομάτας, καλή επίσης των φυτών, όπως η μελιτζάνα, το άνηθο, το σέλινο.

Ο πλούτος σε άλατα του νερού δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλος, διαφορετικά τα φυτά θα πάθουν ζημιές ή θα καταστραφούν εντελώς. Πιστεύεται πως 2 % χλωριούχο άλας, δηλαδή 2 γραμμάρια ανά λίτρο είναι ανεκτό όριο από τα περισσότερα φυτά.

3.2.4.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΑΓΓΟΥΡΙ

Η καλλιέργεια αγγουριού είναι η καλλιέργεια που επικρατεί στην περιοχή της Τριφυλίας σε θερμοκήπια, φτάνει τα 700 στρέμματα. Το αγγούρι αντιδρά εντυπωσιακά στο πότισμα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν κυρίως την οσμωτική πίεση του νερού είναι τα άλατα και οι οργανικοί διαλύτες. Από τα άλατα που επηρεάζουν την ανάπτυξη του αγγουριού είναι τα χλωριούχα άλατα του νατρίου και πιο συγκεκριμένα ποσότητες μεγαλύτερες των 100 p.p.m. είναι ακατάλληλες για την καλλιέργεια του αγγουριού.

3.2.4.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΤΟΜΑΤΑ

Το πιο ουσιαστικό στοιχείο της ποιοτικής κατάταξης του νερού είναι η αλατότητα του η οποία επηρεάζει τα φυτά τομάτας τόσο με την αλλαγή της οσμωτικής πίεσης όσο και με την ειδική δράση των ιόντων. Τα φυτά αντιδρούν στην αλατότητα με μείωση

του υδατικού δυναμικού τους μέχρι του σημείου να χάσουν τη σπαργή τους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν κυρίως την οσμωτική πίεση του νερού είναι τα άλατα και οι οργανικοί διαλύτες (Orly, 1984). Από τα άλατα κύριο ρόλο παίζουν το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3), το ανθρακικό μαγνήσιο (MgCO_3), το όξινο ανθρακικό νάτριο (NaHCO_3), τα θειικά άλατα του νατρίου, του μαγνησίου και του ασβεστίου καθώς και τα χλωριούχα άλατα του νατρίου, του μαγνησίου και του ασβεστίου. Αναφορικά με τα λοιπά στοιχεία, γενικά μπορεί να λεχθεί ότι το αρδευτικό νερό δεν πρέπει να περιέχει περισσότερα από : 100 p.p.m. ασβεστίου, 50 p.p.m. νατρίου, 25 p.p.m. μαγνησίου, 70 p.p.m. χλωρίου, 250 p.p.m. θειϊκής ρίζας, 60 p.p.m. ανθρακικών ιόντων και 0,75 p.p.m. βορίου (Bunt, 1976)

Η τομάτα αντέχει σε σχετικά υψηλό ποσοστό ολικών αλάτων στο έδαφος και στο νερό άρδευσης. Στην κλίμακα αντοχής των φυτών στην αλατότητα κατατάσσεται στα μετρίως ανθεκτικά. Σε συγκεντρώσεις αλάτων όπου η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) είναι 4 mmhos/cm οι αποδόσεις της καλλιέργειας μειώνονται μόνο κατά 10 % και σε τιμές EC ίσες με 6 ή 8 mmhos/cm οι αποδόσεις μειώνονται κατά 25 % και 50 % αντίστοιχα (Ολύμπιος, 1994).

Το νερό άρδευσης, ανάλογα με το επίπεδο αλατότητας του, μπορεί να ταξινομηθεί, κατά τους Waters et al. (1972), σε κατηγορίες όπως στον πίνακα 5, οι οποίες είναι πολύ χρήσιμες ιδιαίτερα για καλλιέργειες τομάτας επί τεχνητών υποστρωμάτων (π.χ. τύρφη, μείγματα τύρφης, πετροβάμβακας κ.λ.π.)

Κατηγορία νερού	Ηλεκτρική αγωγιμότητα σε mmhos/cm στους 25°C	Σύνολο διαλυμάτων αλάτων σε p.p.m.	Νάτριο % επί συνολικών αλάτων	Βόριο σε p.p.m.
Εξαιρετικό	< 0.25	<175	<20	<0.33
Καλό	0.25- 0.75	175-525	20-40	0.33-0.67
Επιτρεπτό	0.75-2.0	525-1400	40-60	0.67-1.00
Αμφίβολο	2.0-3.0	1400-2100	60-80	1.00-1.25
Ακατάλληλο	> 3.0	>2100	>80	>1.25

Πίνακας 5. Καταλληλότητα αρδευτικού νερού (Waters et al. , 1972)

3.2.4.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΑΤΑΤΑ

Το πότισμα της πατάτας μπορεί να γίνει με τεχνητή βροχή ή με αυλάκια. Στην περίπτωση ποτίσματος με αυλάκια δεν απαιτείται μεγάλο κόστος επένδυσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί νερό με σχετικά μεγαλύτερη συγκέντρωση αλάτων, ευνοείται όμως η προσβολή από περονόσπορο. Με τη βοήθεια της τεχνητής βροχής γίνεται καλύτερη κατανομή και χρησιμοποίηση του νερού, μειώνεται ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών εδάφους, διευκολύνεται η εκμηχάνιση των εργασιών και δεν απαιτείται ισοπεδωμένο έδαφος.

Το νερό θα πρέπει να έχει χαμηλή συγκέντρωση αλάτων και ιδιαίτερα σε χλωριούχο νάτριο. Παρόλα αυτά, σε αμμώδη εδάφη με καλή αποστράγγιση, οι πατάτες μπορούν να αναπτυχθούν ακόμη και όταν η περιεκτικότητα του νερού σε άλατα είναι 3-3,5 gr/lit, αρκεί να είναι μικρή η περιεκτικότητα σε χλώριο.

3.2.4.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ

Η μελιτζάνα είναι ένα είδος των θερμών κλιμάτων και για το λόγο αυτό βρίσκεται το φυσικό της περιβάλλον στις γόνιμες λαχανοκομικές ζώνες της κεντρικής και νότιας χώρας και των νησιών.

Η μελιτζάνα μπορεί να καλλιεργηθεί άφοβα στις παραθαλάσσιες ζώνες, γιατί είναι ανθεκτική στους αλμυρούς ανέμους και είναι φυτό αλατόφιλο, δηλ. αντέχει και μια κάποια δόση αλατότητας του εδάφους, φυσικά σε μέτρια όρια, που όμως είναι απαγορευτικά για άλλα φυτικά είδη.

4.0 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Όπως έγινε γνωστό το πρόβλημα της υφαλμύρωσης των υπογείων υδάτων, αν και είναι άγνωστο στους περισσότερους, είναι πολύ μεγάλο με τρομερές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και οι οποίες είναι μη αντιστρεπτές όταν αυτές δεν γίνονται γρήγορα γνωστές και όταν αυτές δεν προλαμβάνονται. Οι τρόποι αντιμετώπισης που προτείνονται από ειδικούς υδρογεωλόγους είναι οι ακόλουθοι:

- Η τήρηση του θεσμικού πλαισίου σχετικά με την εκμετάλλευση των υπογείων υδάτων από φυσικά και νομικά πρόσωπα.

Η τωρινή νομοθεσία περί γεωτρήσεων αναφέρει: Έχοντας υπόψη :

- Το Ν. 1739/1987 (ΦΕΚ 201)

« Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις και ειδικότερα το άρθρο 11 (παρ. 4) σε συνδυασμό με το άρθρο 15 (παρ. 4) ».

- Το Ν. 1650/1986 (ΦΕΚ Α 160)

« Για την προστασία του περιβάλλοντος »

- Την με αριθμό Φ. 16/5813/17-5-89 (ΦΕΚ Β 383) κοινή απόφαση Υπουργών « Άδεια εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων από νομικά πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου »

- Την με αριθ. Φ 1616631/1-6-89 κοινή απόφαση Υπουργών « Προσδιορισμός κατωτάτων και ανωτάτων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση του νερού στην άρδευση »

Αποφασίστηκε:

Άρθρο ΙΙ

θ) Απόσταση από κάθε είδους πηγών με μεγαλύτερη των 100 μ. (ανάντη των πηγών) με σκοπό την προστασία του οικοσυστήματος και για τις περιπτώσεις αυτές να επιλαμβάνεται η γνωμοδοτική επιτροπή γεωτρήσεων μετά από υδρογεωλογική έκθεση

ι) Απόσταση μεταφοράς νερού των γεωτρήσεων ορίζονται τα 2 (δύο) χιλ. Σε περίπτωση υποβαθμισμένης (υφαλμυρωμένης κ.λ.π) υδρογεωλογικής λεκάνης ουδεμία μεταφορά νερού επιτρέπεται εκτός του αγροκτήματος, όπου ευρίσκεται η γεώτρηση ή το πηγάδι.

Η μέχρι τώρα νόμοι που αναφέρονται στο πρόβλημα αυτό είναι ασαφείς, και δεν μπορούν να προσφέρουν τα καλύτερα αποτελέσματα. Η προσωπική άποψη και η αμάθεια έχει σαν αποτέλεσμα ένα ελλιπές θεσμικό πλαίσιο το οποίο δεν λύνει το πρόβλημα αλλά το επεκτείνει.

- πρέπει να γίνονται ολοκληρωμένες υδρογεωλογικές μελέτες στις περιοχές και ειδικότερα σε αυτές με έντονο αρδευτικό ενδιαφέρον. Με τον τρόπο αυτό θα προλαμβάνεται το πρόβλημα, δεν θα γίνεται επιδείνωση της ήδη κατάστασης καθώς επίσης θα προλαμβάνονται και οι δαπάνες επιδιόρθωσης του φαινομένου οι οποίες είναι τεράστιες.

- πρέπει να γίνεται προγραμματισμός των υδρευτικών αναγκών στις αστικές περιοχές π.χ. Αθήνα. Ο προγραμματισμός αυτός πρέπει να περιλαμβάνει τη γνώση των φυσικών πόρων καθώς και τις κοινωνικές ανάγκες σε νερό. Με την πρόληψη αυτή γίνεται η ορθολογική εκμετάλλευση και η αξιοποίηση των υδατικών πόρων, καθώς οργανώνονται οι σημερινές και οι μελλοντικές ανάγκες σε νερό.

Σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει να γίνονται παρεμβάσεις από τις μονάδες αφαλάτωσης, όμως απαιτούν μεγάλες δαπάνες και η χρησιμοποίησή τους γίνεται για περιορισμένη κατανάλωση.

Ο Todd (1959) συνοψίζει πέντε μεθόδους που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για την ελεγχόμενη επέμβαση του θαλασσινού νερού.

1/ η ελάττωση ή η τακτοποίηση του μοντέλου της άντλησης του υπογείου νερού.

2/ η τεχνητή αναφόρτιση αυτών που έχουν επέμβει από επεκτατικές λεκάνες ή αναφόρτιση πηγαδιών.

3/ την ανάπτυξη μιας άντλησης συνοριακά των παραλιών παράλληλη με την παραλία.

4/ την αύξηση της ποντεσιομετρικής γραμμής του γλυκού νερού που συνορεύει με την παραλία με τη βοήθεια μιας γραμμής επαναφόρτισης πηγαδιών παράλληλα με την παραλία και

5/ η κατασκευή ενός υπεδάφιου τεχνητού φράγματος.

Από αυτές τις πέντε λύσεις μόνο η πρώτη έχει αποδειχτεί αποτελεσματική και οικονομική. Ο Todd (1959) και ο Kazmann (1972) περίγραψαν την εφαρμογή της ιδέας της αύξησης του ποντεσιομετρικού επιπέδου του γλυκού νερού στο Silverado, σε μια περιορισμένη αμμουδιά και χαλίκια σε μια παραλιακή λεκάνη της Καλιφόρνιας.

Ο Kazmann συμπέρανε ότι το πρόγραμμα είναι τεχνικά επιτυχημένο, αλλά σημειώνει ότι οικονομικά παραμένει ένα θέμα προς συζήτηση.

4.1 ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Ένα μοντέλο είναι ένα εργαλείο σχεδιασμένο που αντιπροσωπεύει μια απλουστευμένη έκδοση στην πραγματικότητα. Δίνοντας αυτό το γενικό ορισμό ενός μοντέλου είναι αποδεδειγμένο ότι όλοι μας χρησιμοποιούμε τα μοντέλα στην καθημερινή μας ζωή. Αν κατασκευαστεί σωστά ένα μοντέλο υπογείων υδάτων μπορεί να αποτελέσει ένα άξιο εργαλείο για την διαχείριση των υπογείων πόρων.

Χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο υπογείων υδάτων, είναι δυνατόν να εξετάζονται διάφορες διατάξεις διαχειρίσεων και να προβλέπεται το αποτέλεσμα. Φυσικά η εγκυρότητα των προβλέψεων θα εξαρτηθεί από το πόσο καλά το μοντέλο προσεγγίζει την κατάσταση της περιοχής. Τα ακριβή στοιχεία μιας περιοχής είναι απαραίτητα όταν χρησιμοποιούμε ένα μοντέλο για προστατευτικούς σκοπούς.

Αρκετοί τύποι μοντέλων χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη των συστημάτων των υπογείων υδάτων. Αυτοί μπορεί να διακριθούν σε 3 κατηγορίες: (Prickett, 1975)

Sand tank models (Δεξαμενές άμμου)

Analog models (Ανάλογα μοντέλα) όπου συμπεριλαμβάνονται τα μοντέλα ιξώδων υγρών και τα ηλεκτρικά μοντέλα και

Mathematical models (Μαθηματικά μοντέλα) όπου συμπεριλαμβάνονται τα αναλυτικά και τα αριθμητικά μοντέλα.

Ένα sand tank model αποτελείται από μια δεξαμενή γεμάτη με ένα μετρίως ασυγχώνευτο πορώδες λόγω του οποίου

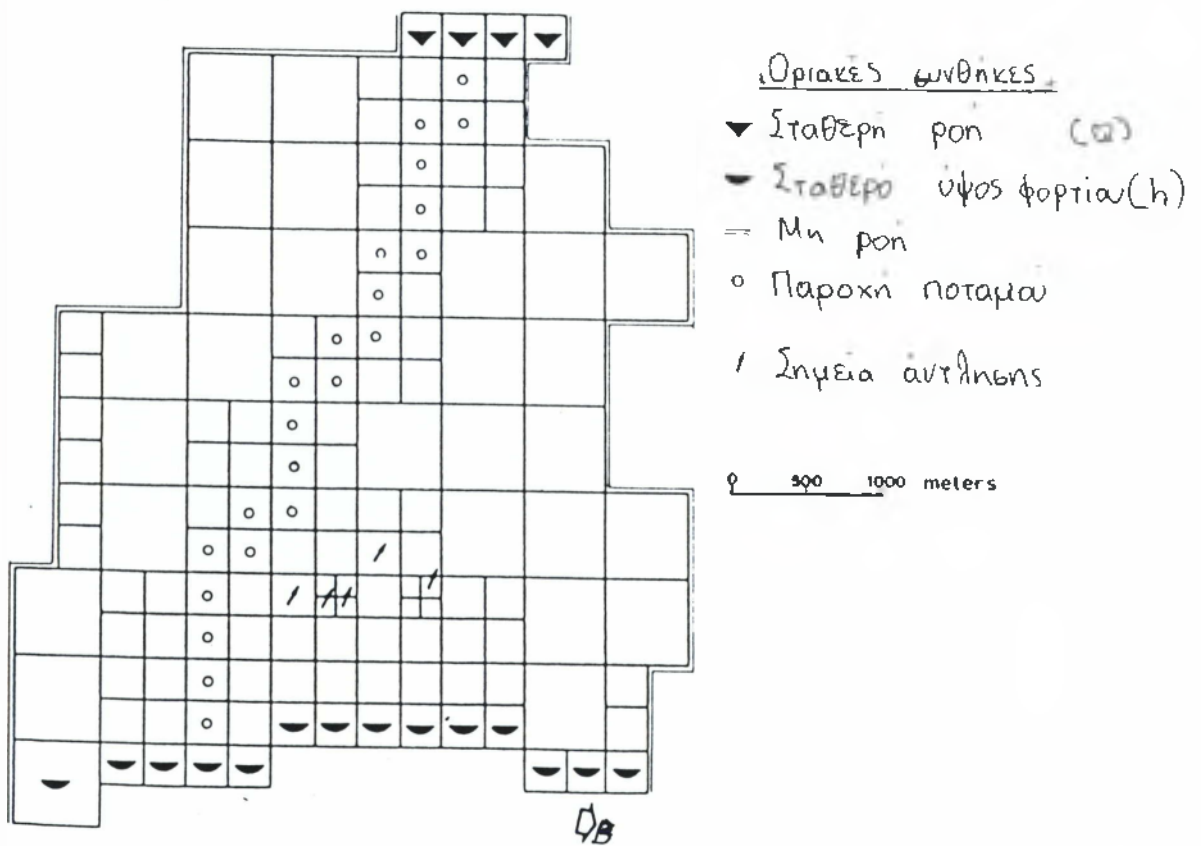
προτρέπεται η ροή του νερού. Το μείζων μειονέκτημα του Sand tank model είναι ότι δεν γίνεται αντιστοίχιση των φυσικών συνθηκών στο μοντέλο που ισχύουν στο εργαστήριο. Φαινόμενα που μετρώνται σε μια κλίμακα ενός sand tank model είναι συχνά διαφορετικά από τις συνθήκες παρατήρησης στο υπαίθρο, και συμπεράσματα που απορρέουν από τέτοιου είδους μοντέλα χρειάζεται να αξιολογηθούν όταν μεταφέρονται σε συνθήκες υπαίθρου.

Οι δύο τύποι των αναλογικών μοντέλων είναι τα ιξώδη και τα ηλεκτρικά.

Τα μοντέλα ιξώδων υγρών είναι γνωστά ως Hele - Shaw ή παράλληλοι δίσκοι μοντέλα επειδή ένα υγρό μεγαλύτερου ιξώδους από το νερό (για παράδειγμα το λάδι) μπορεί να ρέει ανάμεσα σε δύο κοντινούς παράλληλους δίσκους, το οποίο μπορεί να προσανατολίζεται ή κάθετα ή οριζόντια. Τα ηλεκτρικά αναλογικά μοντέλα χρησιμοποιούνται ευρέως από το 1950. Αυτά τα μοντέλα αποτελούνται από ένα σύνολο συρμάτων με ηλεκτρικά δίκτυα αντιστάσεων και χωρητικότητας. Δουλεύουν σύμφωνα με την αρχή ότι η ροή των υπογείων υδάτων είναι ανάλογη με την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτή η αναλογία είναι εκφρασμένη με μαθηματικό τρόπο όπως ο νόμος του Darcy για τη ροή των υπογείων υδάτων και του νόμου του Ohm για τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. Αλλαγές στην τάση σε ένα ηλεκτρικό αναλογικό μοντέλο είναι ανάλογες με τις αλλαγές στην υψομετρική στάθμη των υπογείων υδάτων. Ένα μειονέκτημα του ηλεκτρικού μοντέλου είναι ότι κάθε ένα είναι σχεδιασμένο για ένα μοναδικό υδροφόρο ορίζοντα. Όταν ένας διαφορετικός υδροφόρος ορίζοντας μελετάται, ένα νέο πλήρες ηλεκτρικό μοντέλο πρέπει να κατασκευαστεί Ένα μαθηματικό μοντέλο αποτελείται από ένα σύνολο διαφορετικών εξισώσεων τα οποία ξέρουν να διευθύνουν τη ροή των υπογείων υδάτων. Τα

μαθηματικά μοντέλα χρησιμοποιούνται από το 1800. Η αξιοπιστία των προγνώσεων χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο υπογείων υδάτων εξαρτάται από το πόσο καλά το μοντέλο προσεγγίζει την κατάσταση της υπαίθρου. Απλουστεύοντας τις υποθέσεις πρέπει πάντα να γίνεται με σκοπό την κατασκευή μοντέλου γιατί η κατάσταση της περιοχής είναι τόσο μπλεγμένη για να προσεγγιστεί ακριβώς. Συνήθως οι αναγκαίες υποθέσεις για να λύσουμε ένα αναλυτικό μαθηματικό μοντέλο είναι σχεδόν περιοριστικές. Για παράδειγμα, πολλές αναλυτικές λύσεις απαιτούν τα μέσα να είναι ομοιογενή και ισοτροπικά. Από το 1960 τα αριθμητικά μοντέλα αποτελούν τους πιο διάσημους τύπους μοντέλων για τη μελέτη των υπογείων υδάτων. Με τη χρήση των αριθμητικών μοντέλων γίνεται η λύση των μαθηματικών μοντέλων τα οποία αναπαριστούν την κίνηση του υπόγειου νερού και τη μεταφορά των ρύπων. Με τον τρόπο αυτό παρακολουθούμε παράλληλα και τη μεταφορά των αλάτων, χλωριόντων που βρίσκονται στο νερό.

Μελετάμε δύο τύπους μοντέλων τα finite difference models (ορισμένα διαφορικά) και τα finite element models (ορισμένα στοιχειακά).(Σχ. 16) Σε κάθε περίπτωση ένα σύστημα με καθορισμένα σημεία τοποθετείται πάνω από την περιοχή όπου έχει το πρόβλημα. Ο σκοπός ενός μαθηματικού μοντέλου είναι να προγνώσει τις τιμές των αγνώστων μεταβλητών (για παράδειγμα την πιεσομετρική στάθμη, τη συγκέντρωση των ρύπων ή και τις συγκεντρώσεις αλάτων) σε επιλεγμένα σημεία. Τα μοντέλα χρησιμοποιούνται να προβλέψουν τις επιδράσεις της άντλησης από τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Ένα μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόγνωση των επιπτώσεων της άντλησης σε τρία πηγάδια σε μια περιοχή με πολλές γεωτρήσεις σε επίπεδα νερού ή σε πηγάδια παρατήρησης ή να προγνώσει τις επιπτώσεις της εγκατάστασης πρόσθετων γεωτρήσεων.



Σχ. 16 Σχηματική παράσταση ενός Finite-difference model

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**1/ΑΝΔΡΙΤΣΟΥ ΑΘ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

Η ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΕΣΠΕΡΙΔΟΦΙΛΩΝ,
ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

2/ΒΑΓΙΑΝΟΥ ΙΩΑΝΝΗ

ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ- ΟΙΝΟΛΟΓΙΑ , ΑΘΗΝΑ 1986

3/ ΣΤΥΦΟΛΙΝΙ ΣΙΡΟ

ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑ - ΚΗΠΕΥΤΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΗ, ΑΘΗΝΑ 1986
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΨΥΧΑΛΟΥ

4/ ΖΑΡΟΓΙΑΝΝΗ Ι. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ - ΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ, ΛΑΡΙΣΑ 1989

5/ ΔΡ. ΚΑΝΑΚΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ, ΚΑΛΑΜΑΤΑ 1997

6/ ΔΡ. ΚΑΝΑΚΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ - ΜΕΛΙΤΖΑΝΑΣ - ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ
- ΦΑΣΟΛΙΟΥ, ΚΑΛΑΜΑΤΑ 1997

7/ ΚΑΡΑΜΠΕΤΣΟΣ Χ. ΙΩΑΝΝΗΣ

ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΙΙ, ΚΑΛΑΜΑΤΑ 1993

8/ ΚΟΥΣΟΥΛΑΣ Ι. ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ, ΑΘΗΝΑ 1995

ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΑΓΡΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΕ

9/ ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Α.

Μαθήματα ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ(ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΕΔΑΦΩΝ), 1983 ΤΕΥΧΟΣ 3

10/ ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Α.

Μαθήματα ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΕΔΑΦΩΝ), 1984 ΤΕΥΧΟΣ 7

11/ ΜΠΑΛΑΤΣΟΥΡΑ Δ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΛΑΙΟΚΟΜΙΑ « ΤΟ ΕΛΑΙΟΔΕΝΔΡΟ», ΑΘΗΝΑ 1986

12/ ΠΟΝΤΙΚΗΣ Α. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ, ΑΘΗΝΑ 1990

13/ΠΙΟΝΤΙΚΗΣ Α. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΛΑΙΟΚΟΜΙΑ , ΠΕΙΡΑΙΑΣ 1992 ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ

14/ ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ Π. ΚΑΙ ΜΑΚΡΗ ΛΟ

Φαινόμενα υφαλμύρωσης και δυνατότητα γεωλογικής διαχείρισης σε παράκτιους υδροφόρους της Ν. Δ. και της Ν.Α. Πελοποννήσου. ΠΑΤΡΑ 1993

15/ ΧΑΛΚΙΑΣ ΑΡΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ ΓΑΙΩΝ , ΑΘΗΝΑ 1972

16/ ΧΟΥΛΙΑΡΑΣ ΑΔ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ,
ΛΑΡΙΣΑ 1993

17/ VINCENZO FORTE

Η ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ - ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ , 1984

18/R. Allan Freeze/ John A. Cherry

GROUNDWATER, 1979 by Prentice - Hall, Inc. , Englewood Cliffs

ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ**ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ**

ΛΙΠΑΝΣΗ - ΘΡΕΨΗ 1997 , ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 1996

ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΠΑΤΑΤΑ 1997, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 1996 σελ. 54