

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Τίτλος : Ποιοτική κατάταξη των νερών από γεωτρήσεις και φρεάτια, των περιοχών Παγασών και Διμηγίου

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Θ. ΠΑΠΑΦΩΤΙΟΥ

ΒΟΛΟΣ 1999

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Τίτλος : Ποιοτική κατάταξη των νερών από γεωτρήσεις και φρεάτια, των περιοχών Παγασών και Διμηνίου

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Θ. ΠΑΠΑΦΩΤΙΟΥ

ΒΟΛΟΣ 1999



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 39/1
Ημερ. Εισ.: 07-08-2003
Δωρεά:
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΓΦΖΠ
1999
ΠΑΠ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070097

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στον Καθηγητή μου κ. Ιωάννη Μήτσιο, εκφράζω τις ευχαριστίες μου για το ερέθισμα της απασχόλησής μου με την εδαφολογία. Επίσης τον ευχαριστώ για την επιλογή του θέματος, την θεωρητική και πρακτική κατάρτιση στο συγκεκριμένο θέμα ως και την συνεχή καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής αυτής. Ιδιαίτερα τον ευχαριστώ που μου παραστάθηκε ηθικά σ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Θα ήταν παράλειψή μου να μην εκφράσω την ικανοποίησή μου για την διάθεση όλων των επιστημονικών οργάνων και συσκευών από το Εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, που χωρίς αυτά δεν θα γινόταν η εργασία αυτή.

Στους Καθηγητές μου κ. Νίκο Δαλέζιο και κ. Στέργιο Θεοδωρικά εκφράζω τις ευχαριστίες μου για την συμπαράστασή τους κατά την διάρκεια εκπόνησης της διατριβής αυτής.

Ξεχωριστές είναι οι ευχαριστίες μου στον Ερευνητή Α' Δρ. Δημήτριο Μπίρη που με την ουσιαστική του συμβολή με έφερε σε επαφή με τους παραγωγούς, από τις γεωτρήσεις των οποίων ελήφθησαν τα δείγματα. Τον ευχαριστώ επίσης για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε και την συμπαράστασή του καθ' όλη την διάρκεια αυτής της διατριβής.

Επίσης, εκφράζω τις ευχαριστίες μου στον Γεωπόνο, υποψήφιο διδάκτορα κ. Φ. Γάτσιο για την βοήθειά του σε πρακτικά θέματά του εργαστηρίου.

Ευχαριστίες επίσης εκφράζονται στον Χωροτάκτη Μηχανικό κ. Δημήτριο Χριστοδούλου και στον Γεωπόνο κ. Εύαγγελο Τσάμη για την βοήθειά τους στην άρτια εκτύπωση αυτής της διατριβής.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου και τον αδερφό μου Παναγιώτη για την συμπαράστασή τους κατά την περίοδο εκπόνησης αυτής της διατριβής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
Περιεχόμενα.....	2
Εισαγωγή.....	3
Κεφάλαιο 1	
<i>Υλικά και μέθοδοι.....</i>	<i>7</i>
Κεφάλαιο 2	
<i>Θεωρητική προσέγγιση και ανασκόπηση της βιβλιογραφίας.....</i>	<i>40</i>
Κεφάλαιο 3	
<i>Αποτελέσματα.....</i>	<i>45</i>
<i>Υπολογισμός παραμέτρων.....</i>	<i>49</i>
Κεφάλαιο 4	
<i>Ποιοτική κατάταξη των νερών αρδεύσεων των γεωτρήσεων.....</i>	<i>53</i>
Κεφάλαιο 5	
<i>Συμπεράσματα - Συζήτηση.....</i>	<i>62</i>
Παράρτημα.....	67
Χαρτογραφική απεικόνιση των γεωτρήσεων.....	71
Βιβλιογραφία.....	72

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πιο άφθονο συστατικό σε έναν ζωντανό φυτικό κύτταρο είναι το νερό. Το νερό συμμετέχει σε ενδιαφέρουσες βιοχημικές διαδικασίες του κυττάρου αφού αποτελεί:

- 1) Τη βασικότερη ουσία για τη σύνθεση των οργανικών συστατικών
- 2) Το διαλυτικό μέσο στο οποίο παίρνουν μέρος όλες οι ζωικές δράσεις
- 3) Το μέσο δια του οποίου οι διαλυμένες ουσίες κινούνται από κύτταρο σε κύτταρο
- 4) Την πηγή της σπαργής στα φυτικά κύτταρα και τέλος
- 5) Τον κύριο θερμορυθμιστικό παράγοντα του φυτικού σώματος

Το νερό επίσης αποτελεί το μέσο μεταφοράς των διαλυτών ανόργανων και οργανικών συστατικών του φυτού.

Οι φυτικοί ιστοί ποικίλουν ως προς την περιεκτικότητα νερού δια παράδειγμα τα αυξανόμενα φυτικά τμήματα έχουν περιεκτικότητα σε νερό, ίση περίπου με 85-90% του νωπού τους βάρους, ενώ τα σπέρματα μπορεί να περιέχουν πολύ χαμηλές ποσότητες, που φτάνουν μέχρι και 5% του βάρους τους.

Τα νερά των ποταμών, λιμνών, γεωτρήσεων ή και διαφόρων πηγαδιών που χρησιμοποιούνται για άρδευση, περιέχουν πάντα διάφορες ποσότητες διαλυτών αλάτων. Το νερό της άρδευσης, που είναι στο έδαφος προσλαμβάνεται από τα φυτά. Επίσης, με την εξατμισοδιαπνοή παρατηρούνται απώλειες νερού από το έδαφος. Αν η περιεκτικότητα των αρδευτικών νερών σε άλατα είναι μεγάλη, τότε μεγάλο ποσοστό αλάτων παραμένει στο έδαφος μετά την κατά τον ανωτέρω τρόπο απομάκρυνση των νερών από το έδαφος.

Η υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο εδαφικό διάλυμα έχει ως συνέπεια τις ακόλουθες επιδράσεις στις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών:

- 1) Φυσιολογική δίψα λόγω της αύξησης της οσμωτικής πίεσης
- 2) Αυξημένη υδραυλική αντίσταση των ριζών και των φύλλων
- 3) Μεταβολή των ορμονικών επιπέδων που επηρεάζουν τα ποσοστά αύξησής τους
- 4) Άμεση βλάβη, ιδιαίτερα των φωτοσυνθετικών μηχανισμών

5) Ιοντικός ανταγωνισμός που αυξάνει την ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται για τη διατήρηση της ισορροπίας K:Na (Russill's soil conditions & Plant growth).

Είναι λοιπόν «ηλίου φαιενότερον» ότι η χημική ανάλυση του αρδευτικού νερού, πριν την επιλογή του αρδευτικού συστήματος και πριν από την εφαρμογή του στο χωράφι καθίσταται απαραίτητη.

Βέβαια, η χημική ανάλυση του νερού δεν αποτελεί το ένα και μοναδικό κριτήριο για την καταλληλότητά του για γεωργική χρήση.

Η καταλληλότητά της εξαρτάται από α) κλιματικούς, β) εδαφικούς, γ) φυτικούς παράγοντες καθώς και τον τρόπο διαχείρισης του νερού αρδεύσεως.

Η επίδραση κακής ποιότητας νερού στο σύστημα έδαφος – φυτό συνιστάται κυρίως στα εξής:

α) Αύξηση της εδαφικής αλατότητας με συνέπεια την αύξηση της οσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος με αποτέλεσμα το φυτό να προσλαμβάνει ολοένα και μικρότερες ποσότητες νερού.

β) Στην αύξηση της συγκέντρωσης ορισμένων στοιχείων σε τοξικά επίπεδα. Αυτά είναι το B, Na^+ , Cl^- , HCO_3^- .

γ) Στην μακροπρόθεσμη καταστροφή της δομής του εδάφους (αλκαλίωση) λόγω της συσσώρευσης του Na^+ το οποίο προσροφάται από στα κolloειδη του εδάφους προκαλώντας την καταστροφή (διασπορά) των εδαφικών συσσωματωμάτων.

Σημαντική επίδραση ασκεί η ποιότητα του νερού αρδεύσεως επί της διηθητικότητας του εδάφους. Εάν το συνολικό ποσό αλάτων είναι μεγάλο, τότε η διηθητικότητα αυξάνει, εάν όμως το συνολικό ποσό των αλάτων είναι μικρό και το S.A.R. είναι μεγάλο τότε η διηθητικότητα μειώνεται αισθητά, γεγονός που σχετίζεται με την θρόμβωση και διασπορά της αργίλου.

Η εργασία αυτή αποτελεί μέρος της έρευνας που ξεκίνησε από το Εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την ποιότητα των νερών άρδευσης από γεωτρήσεις στο νομό Μαγνησίας.

Τα περισσότερα δείγματα συγκεντρώθηκαν από τις εξής περιοχές: (Διμηνίου, Λάμιας, Σαμπάναγα, Αμπελοκήπων, Άνω Σπαρτιάς, Κάτω Σπαρτιάς) περιοχές που βρίσκονται κοντά στην βιομηχανική ζώνη του Βόλου.

Τα υπόλοιπα δείγματα συγκεντρώθηκαν από τις περιοχές: Αλυκές, Βελεστίνου, Αλμυρού.

Η συλλογή των δειγμάτων (57) έγινε το Νοέμβριο του 1996 και σε κάθε δείγμα μετρήθηκαν: E.C.w (Ηλεκτρική αγωγιμότητα), pH, Κατιόντα (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+), Ανιόντα (CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-).

Η κατάταξη των αρδευτικών νερών έγινε με βάση α) Μεθόδων του Εργαστηρίου Αλατούχων Εδαφών των ΗΠΑ, β) Το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο R.S.C., γ) Μεθόδου Christiansen et al (1977), δ) Μεθόδου Ayers and Westcot 1976.

Στόχος της έρευνας αυτής είναι η εκτίμηση και αξιολόγηση της ποιότητας των αρδευτικών νερών της συγκεκριμένης επιβαρημένης περιοχής, με σκοπό τον εντοπισμό προβλημάτων που σχετίζονται με την συσσώρευση αλάτων και τοξικών ιόντων με συνέπεια τη μείωση της παραγωγής και την υποβάθμιση της ποιότητας των φυτών.

«Του εξ ύδατος είναι πάντων την αύξησιν».

Πίνδαρος (Πύθια 4, 145).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η δειγματοληψία έγινε από 57 γεωτρήσεις που κατανέμονται στην ευρύτερη περιοχή Βόλου (Διμήνι, Λάμια, Νεάπολη, Νέα Παγασαί, Προφήτη Ηλία, Αλυγαρόρεμα, Σαμπάναγα, Χούνες, Ξηρόκαμπος, Φυτόκο, Αλυκές, Αμπελόκηπους, Άνω και Κάτω Σπαρτιά) και από τις περιοχές Αλμυρού και Βελεστίνου.

Η εποχή της δειγματοληψίας ήταν η δυσμενέστερη διότι δεν είχαν αρχίσει οι βροχοπτώσεις και υπήρχε εξάντληση των γεωτρήσεων, λόγω της άρδρευσης των καλοκαιρινών καλλιεργειών. Δηλαδή στο νερό υπήρχε η μέγιστη δυνατή συγκέντρωση διαφόρων χημικών στοιχείων και ενώσεων.

Κάθε δείγμα κωδικοποιήθηκε με ένα αριθμό ώστε να γίνεται εύκολα η αναφορά σ' αυτά.

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά μπουκάλια (1,5l) αφού πρώτα ξεπλύθηκαν επανειμμένα με το νερό της γεώτρησης που το καθένα επρόκειτο να περιέχει.

Η χημική ανάλυση έγινε το γρηγορότερο δυνατό, από την στιγμή που τέλειωσε η δειγματοληψία, ώστε ν' αποφευχθεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών και η μετατροπή διαλυτών αλάτων όπως όξινων ανθρακικών σε αδιάλυτα ουδέτερα ανθρακικά καθώς και άλλες πιθανές οξειδώσεις και αναγωγές. Κατά το μεσοδιάστημα τα δείγματα βρισκόντουσαν τοποθετημένα σε ψυγείο.

Καλλιέργειες

Στις περιοχές που ελήφθησαν τα δείγματα καλλιεργούνται:

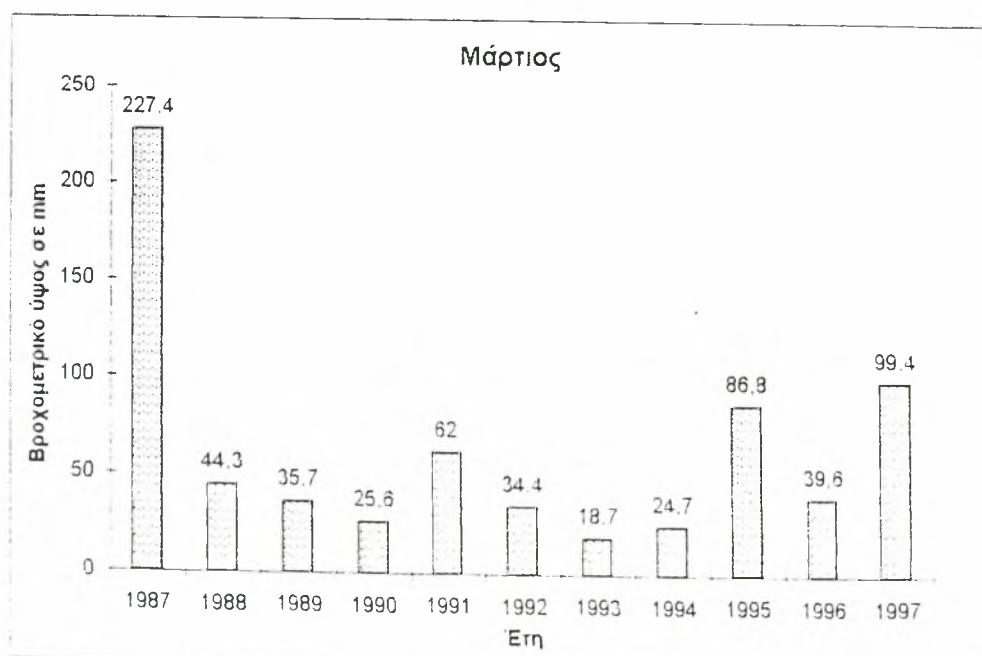
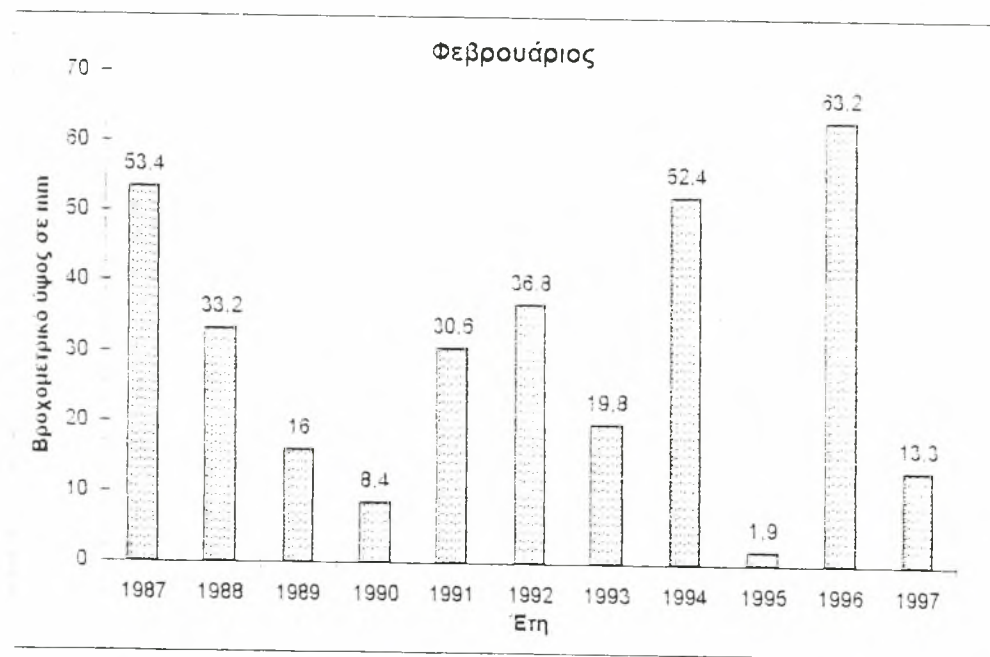
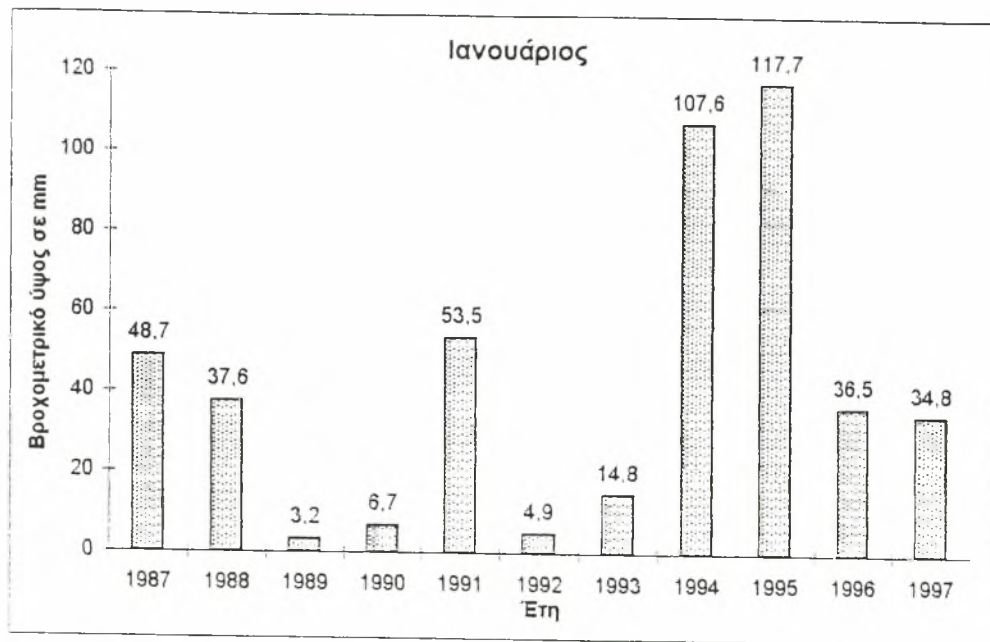
- α. Θερμοκηπιακές: τομάτες, αγγούρια, μαρούλια, καλλωπιστικά
- β. Καρποφόρα δέντρα: Ελιές, αμυγδαλιές, αχλαδιές, ροδακινιές

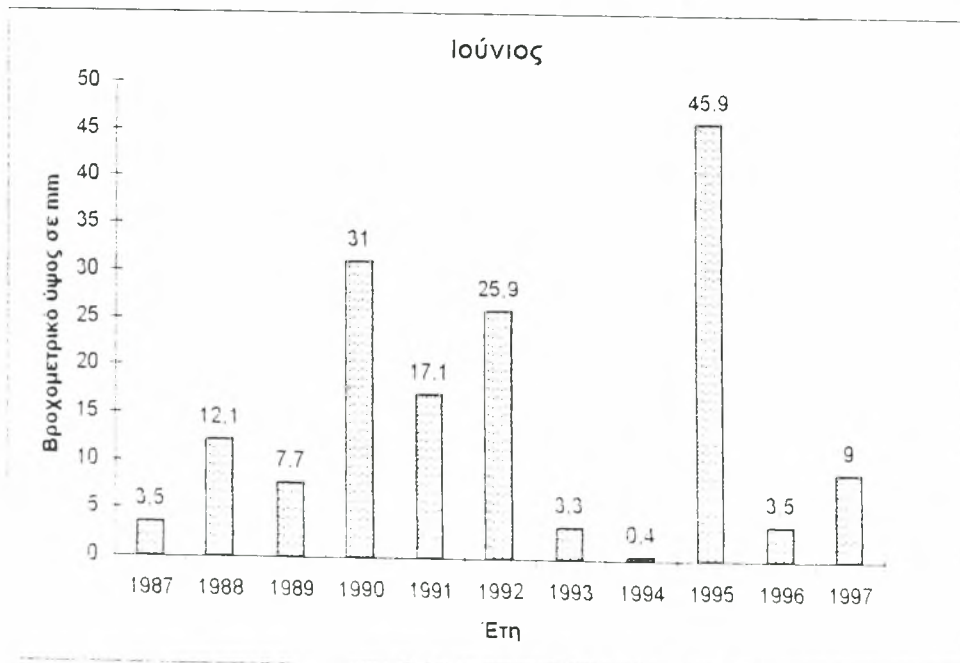
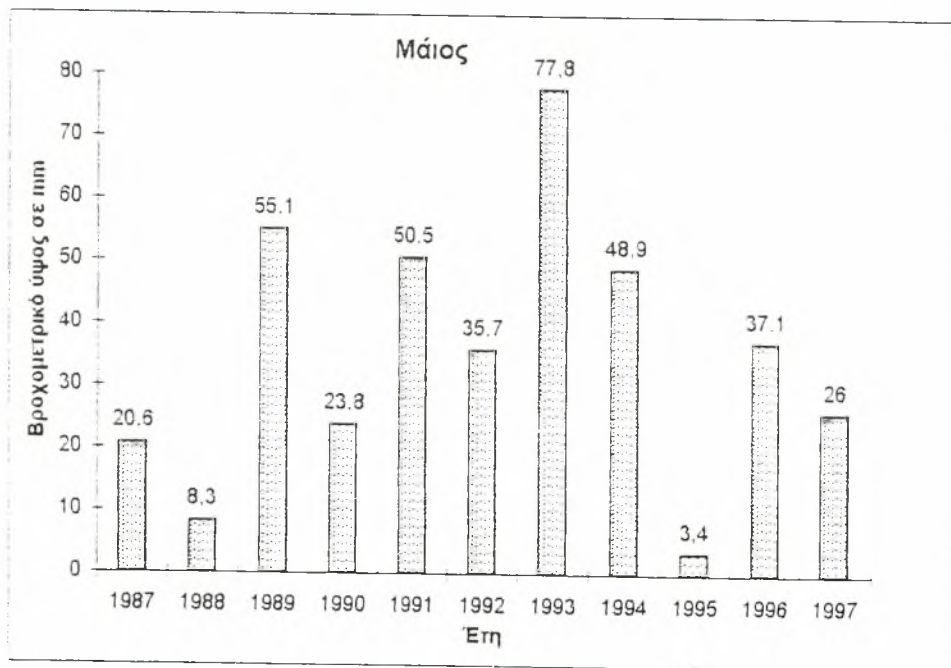
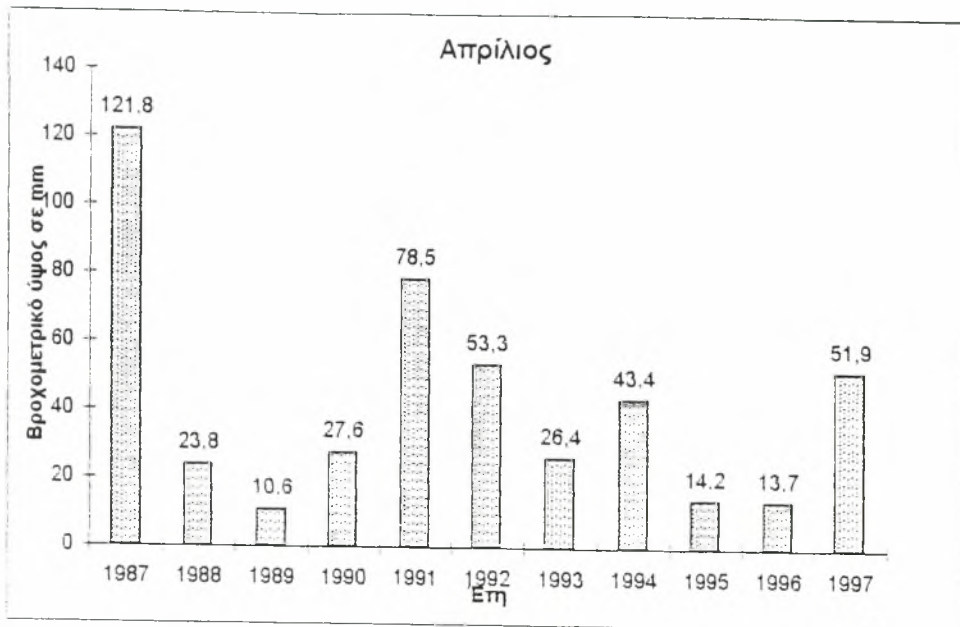
γ. Υπαίθριες καλλιέργειες: τομάτες, λάχανο, κουνουπίδι, κρεμμύδια, μαρούλια, πιπεριές, άνηθος, πράσο, μαϊντανός, σέλινο, βαμβάκι, πατάτες, φασόλια.

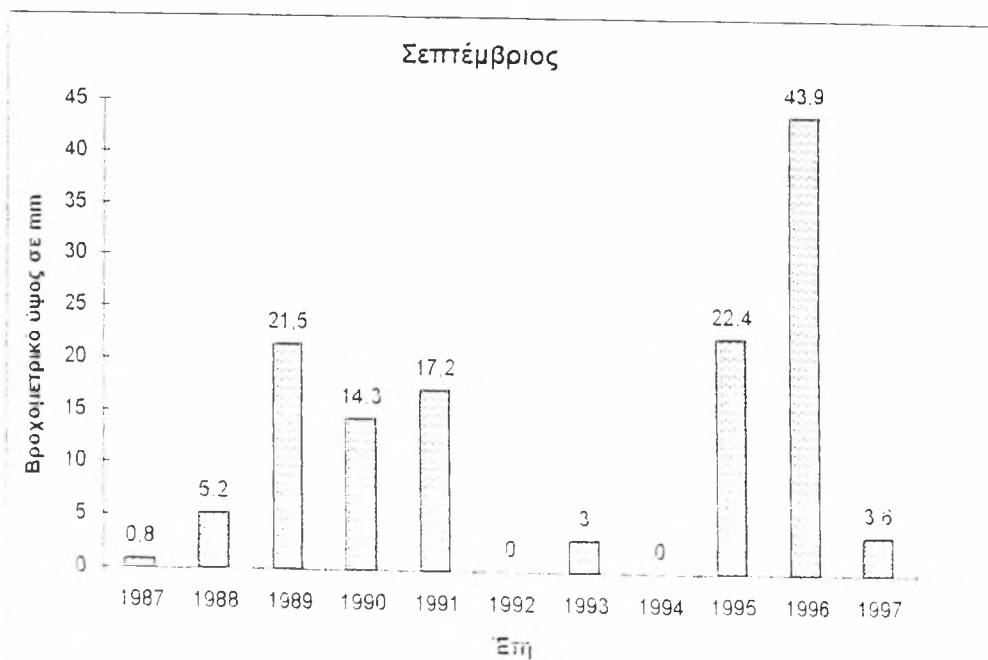
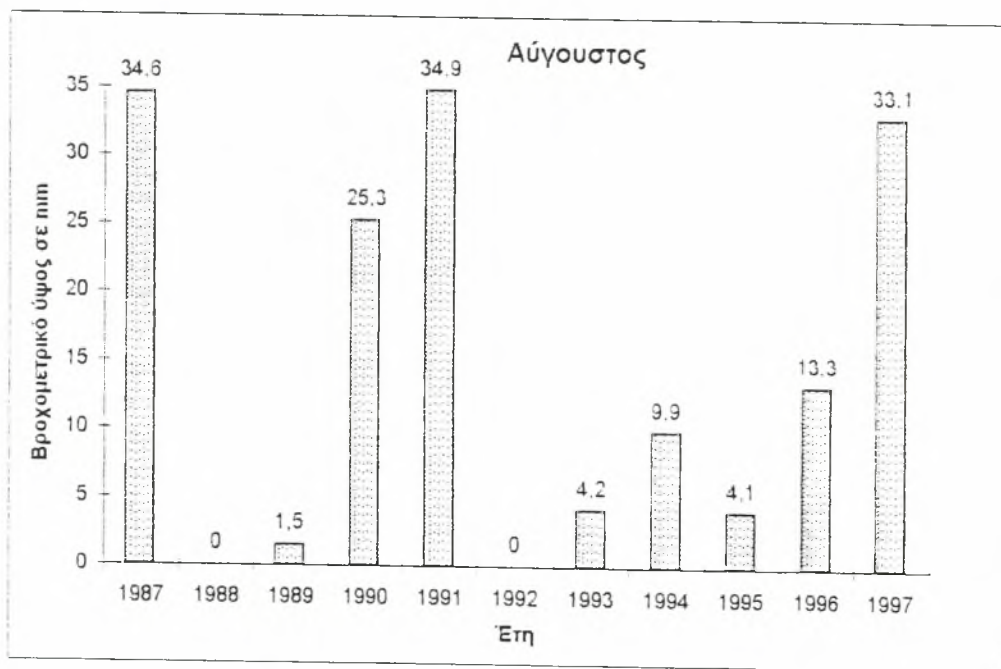
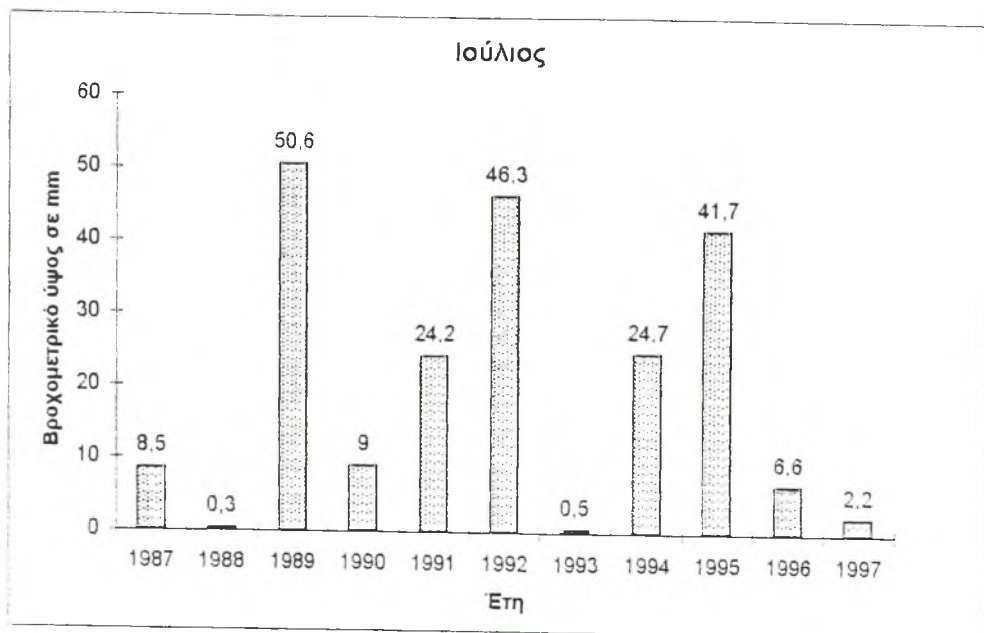
Μετεωρολογικά

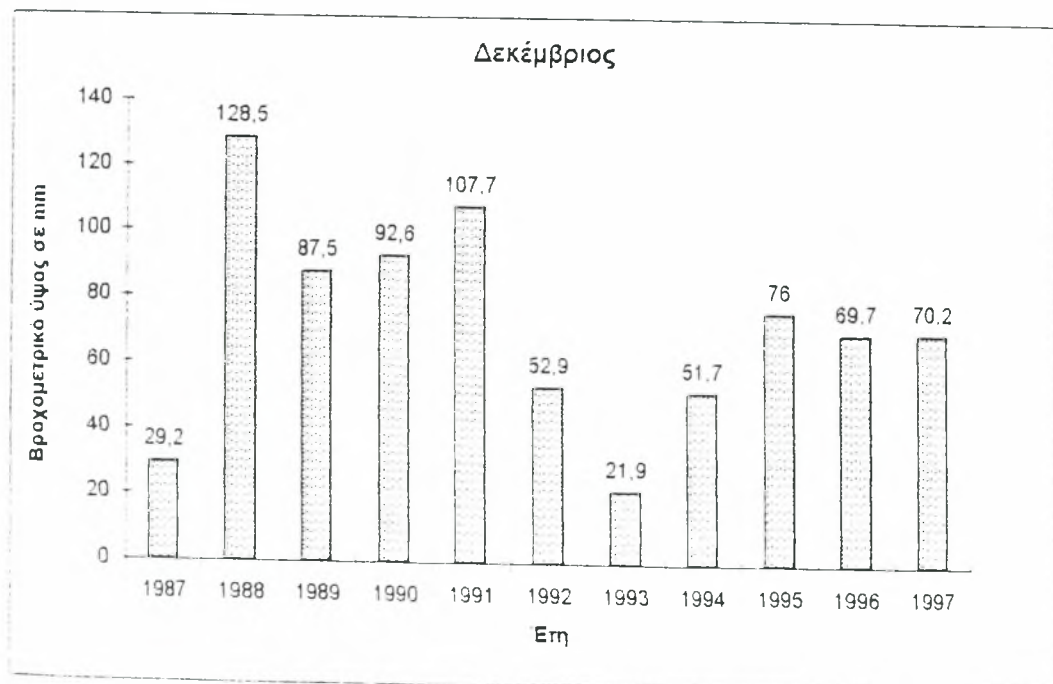
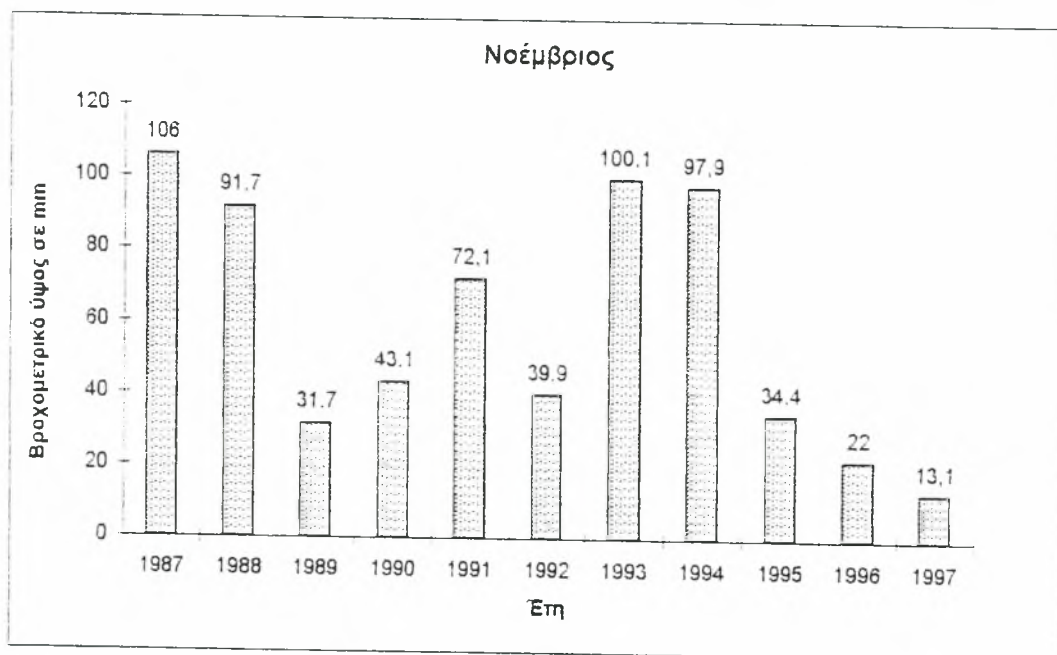
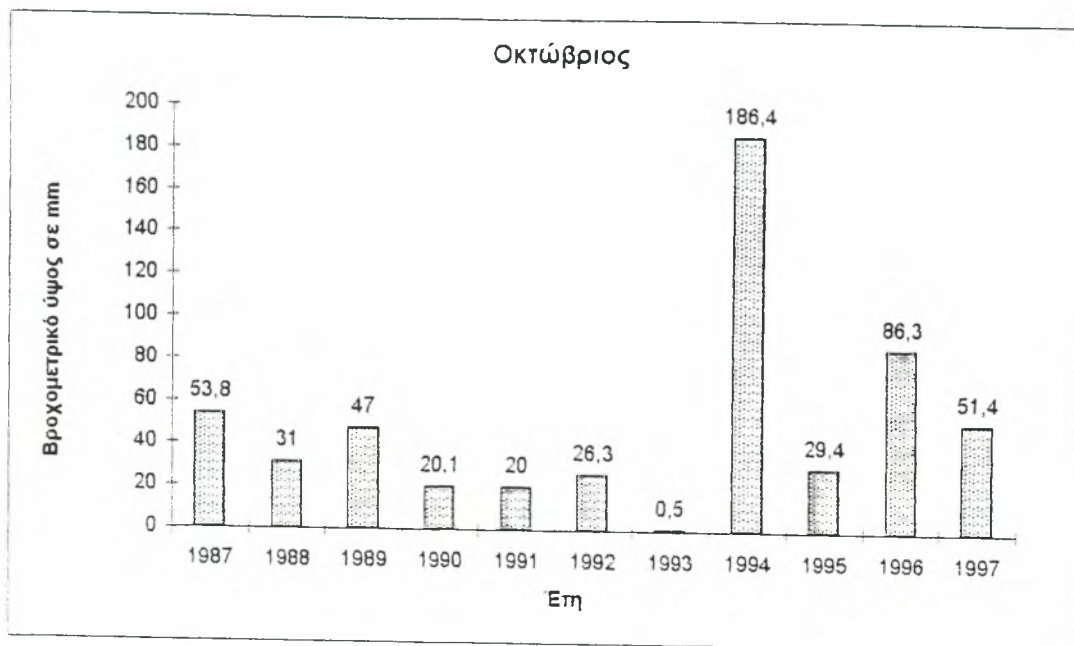
Παρακάτω παρουσιάζεται η κατανομή του αθροίσματος της βροχόπτωσης για κάθε μήνα κατά την περίοδο 1987 – 1997 καθώς και η κατανομή της μέσης απόλυτης μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας κάθε μήνα για την ίδια περίοδο. Τα μετεωρολογικά αυτά στοιχεία ελήφθησαν από το μετεωρολογικό σταθμό του Ινστιτούτου Προστασίας Φυτών Βόλου (Ι.Π.Φ.Β.) και αφορούν την ευρύτερη περιοχή του Βόλου.

Κατανομή του βροχομετρικού ύψους κατά μήνα κατά την περίοδο 1987-1997 στο Νομό Μαγνησίας

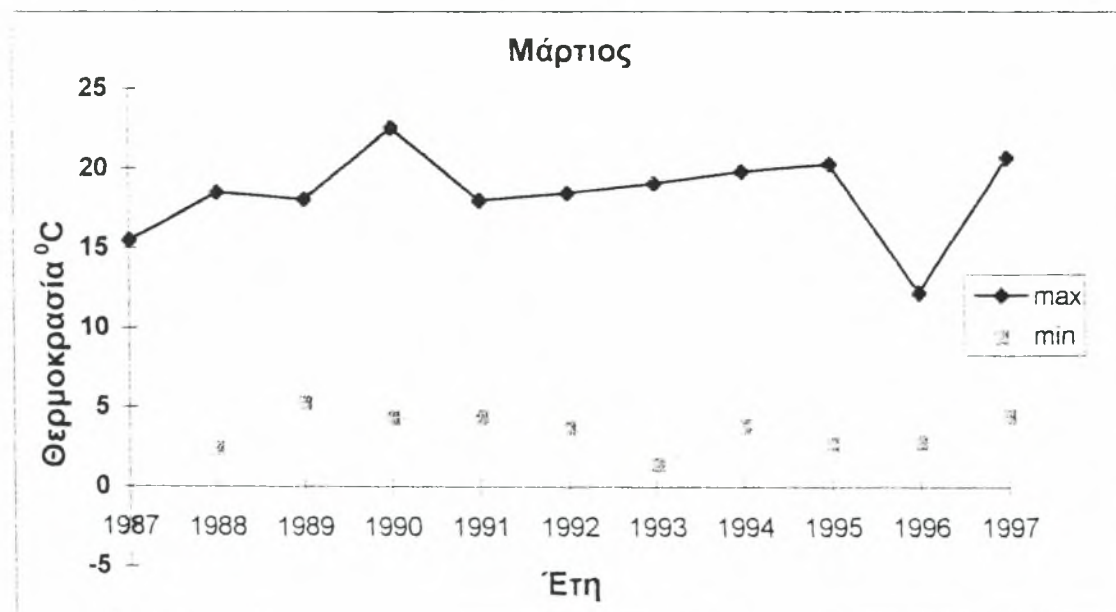
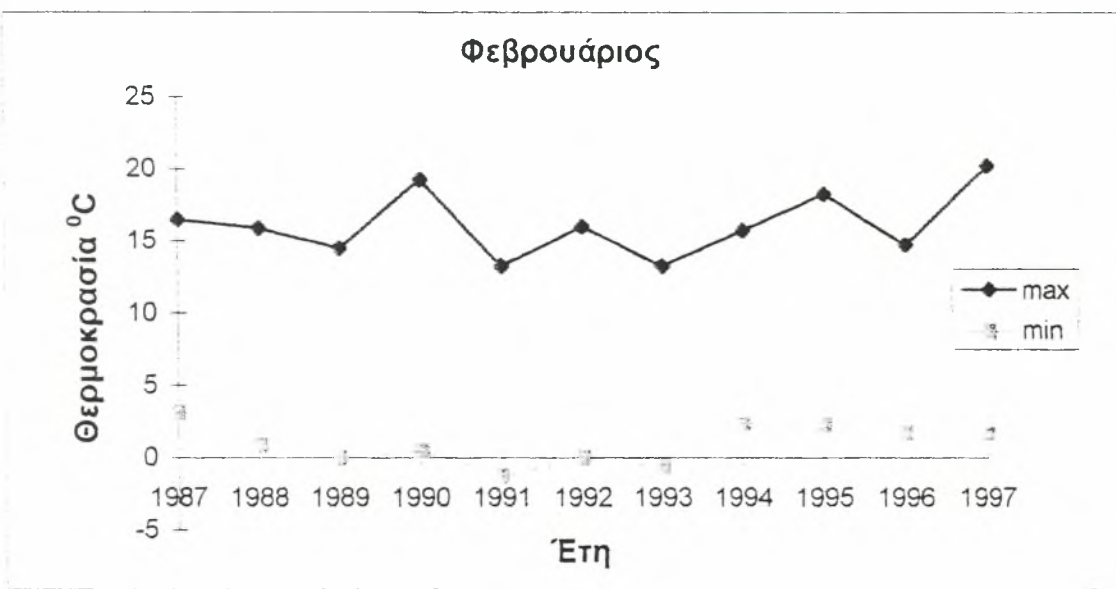
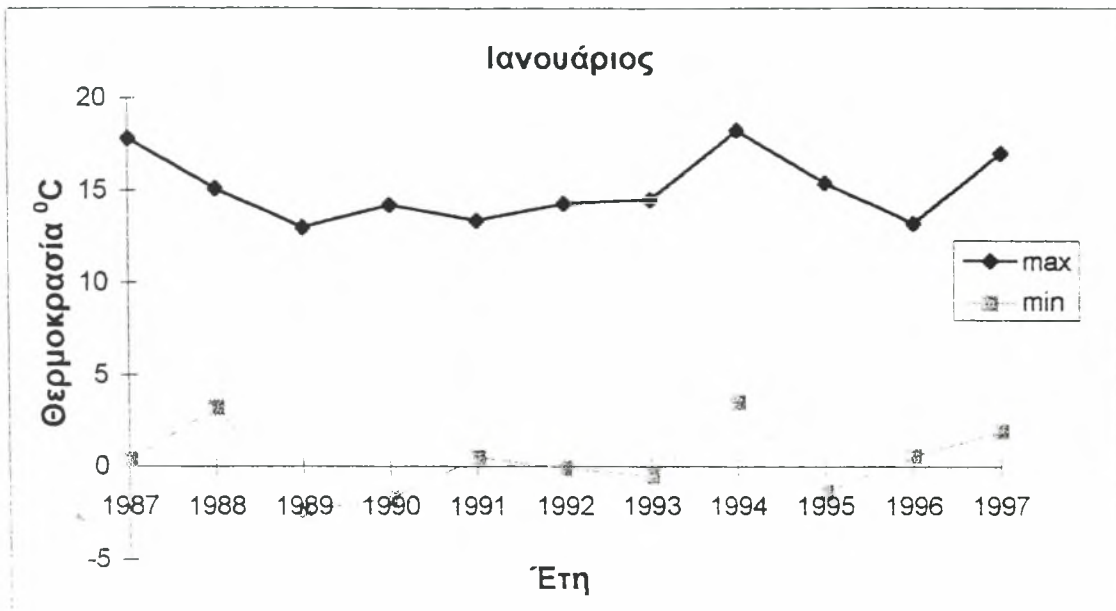


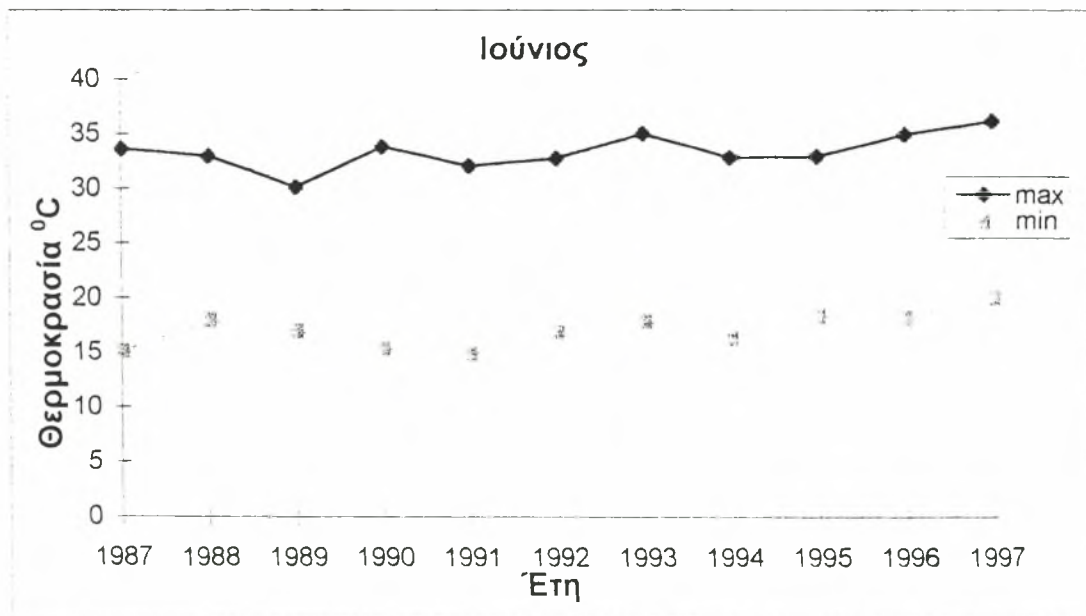
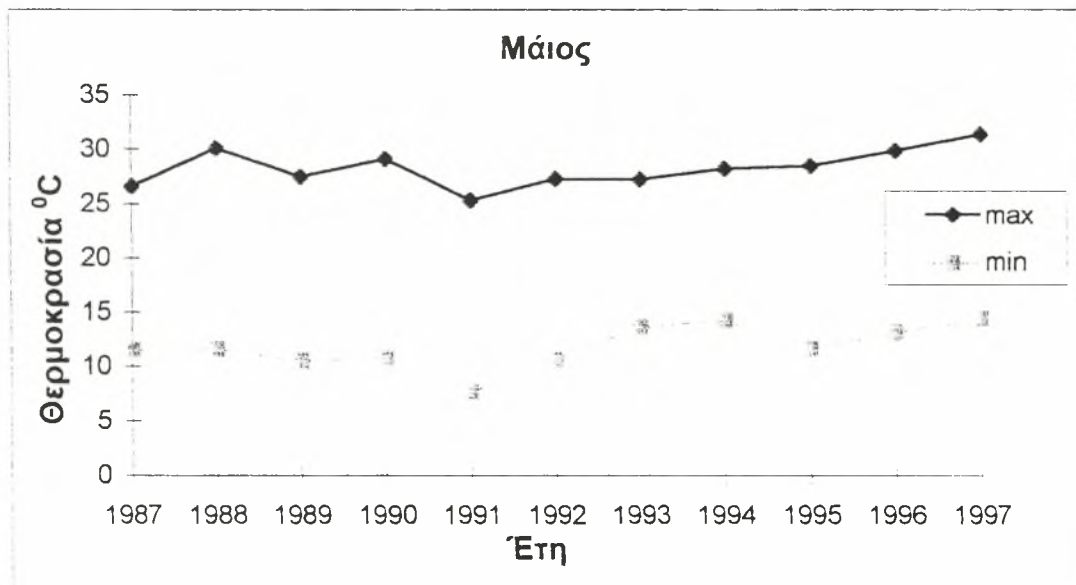
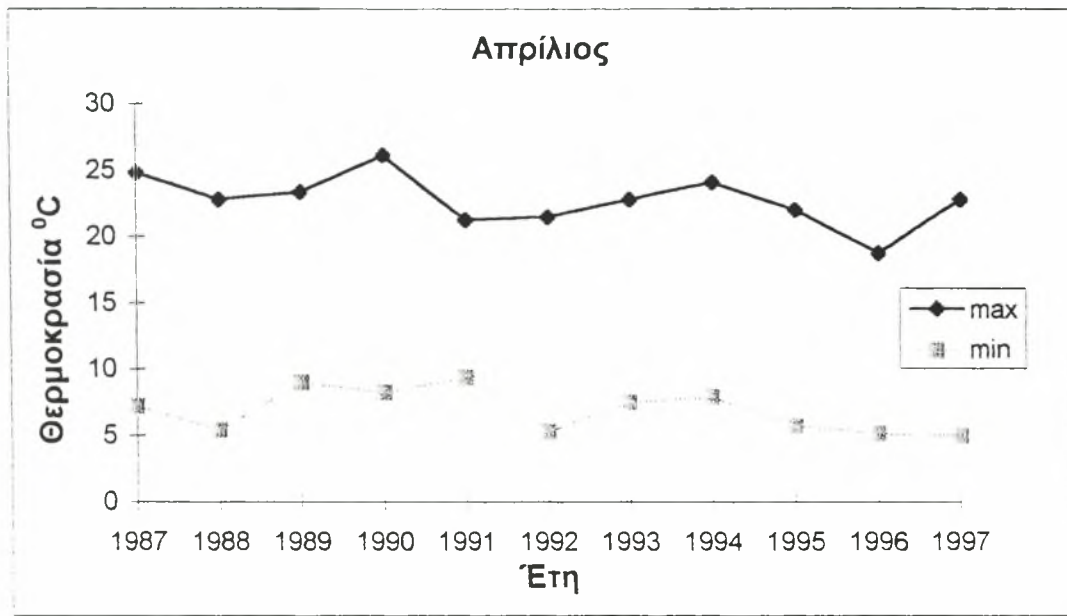


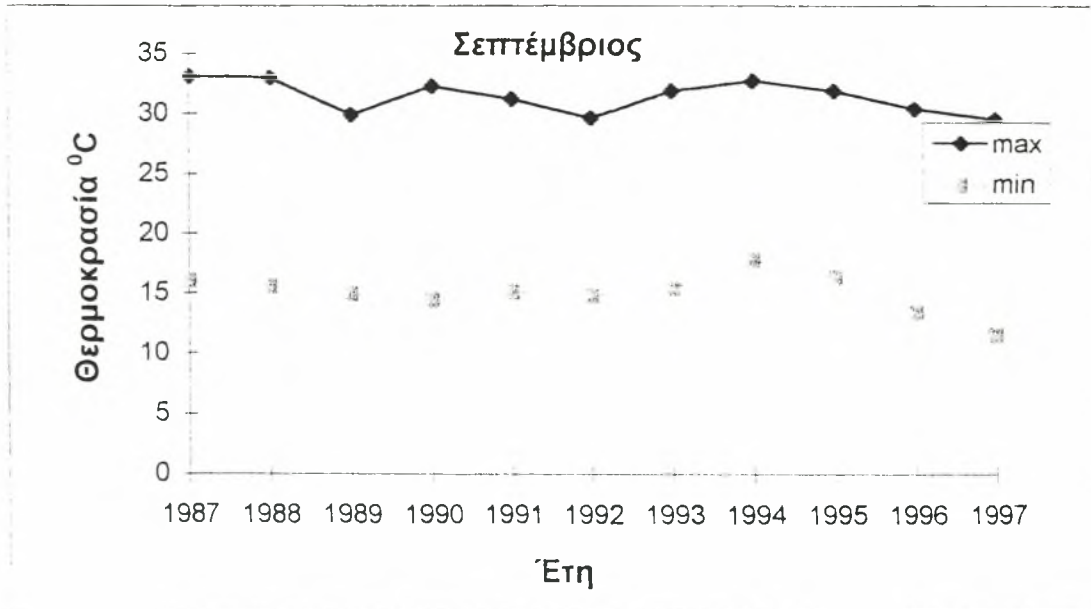
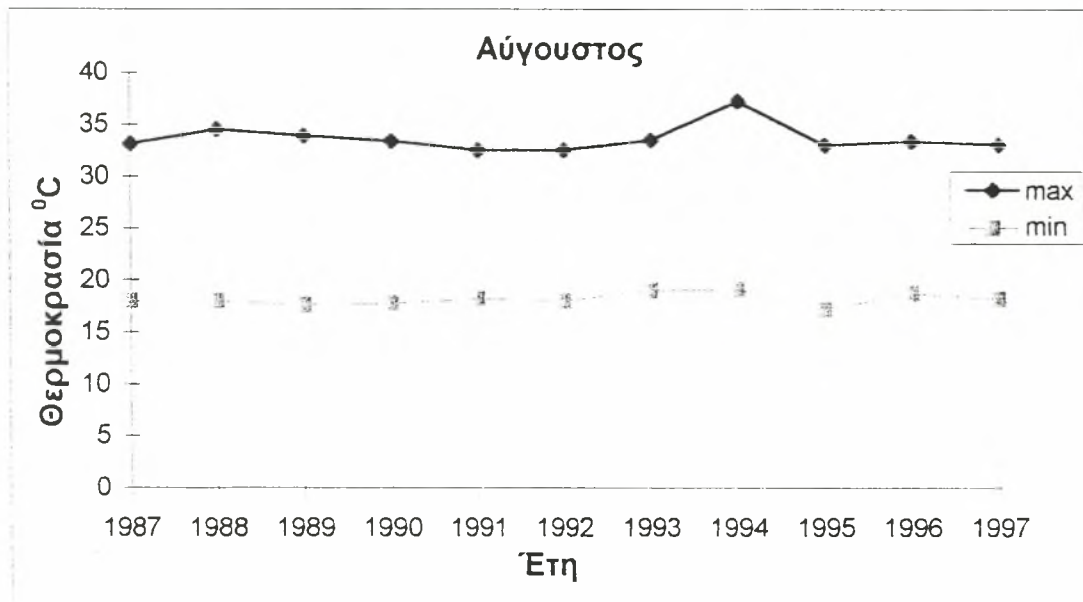
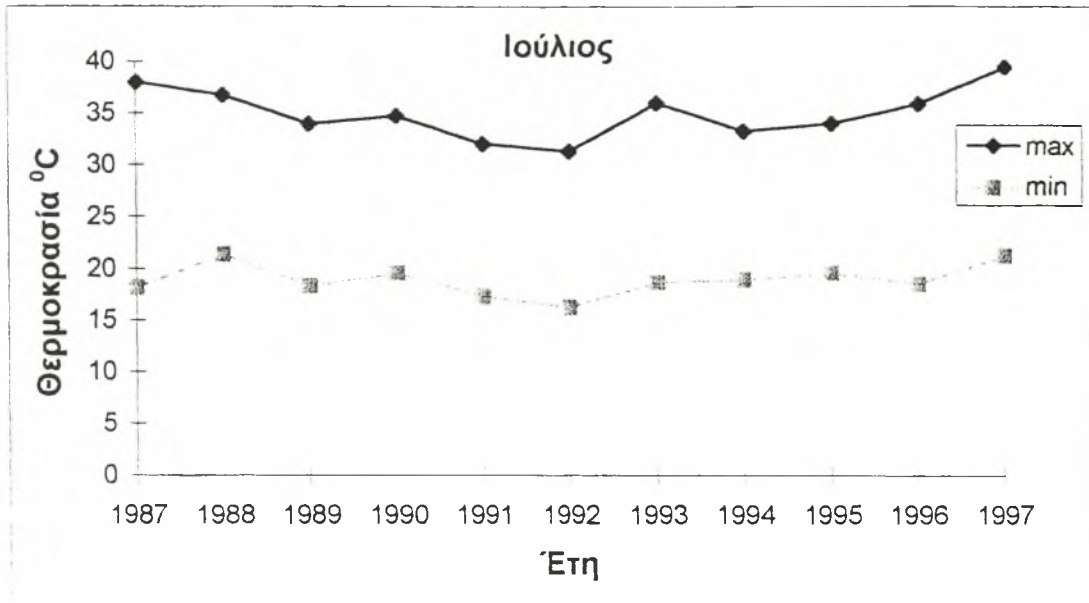


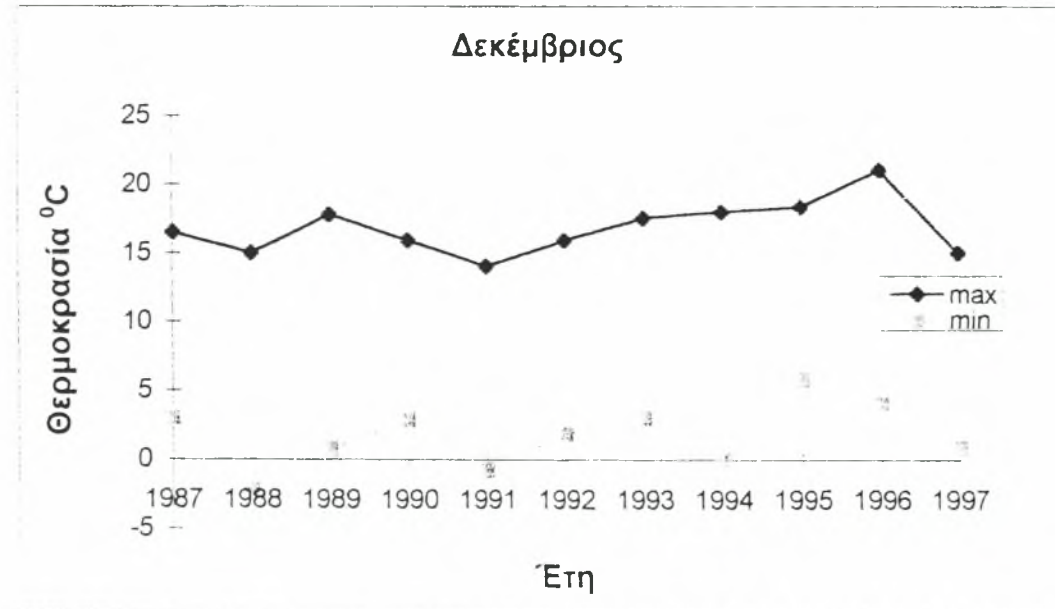
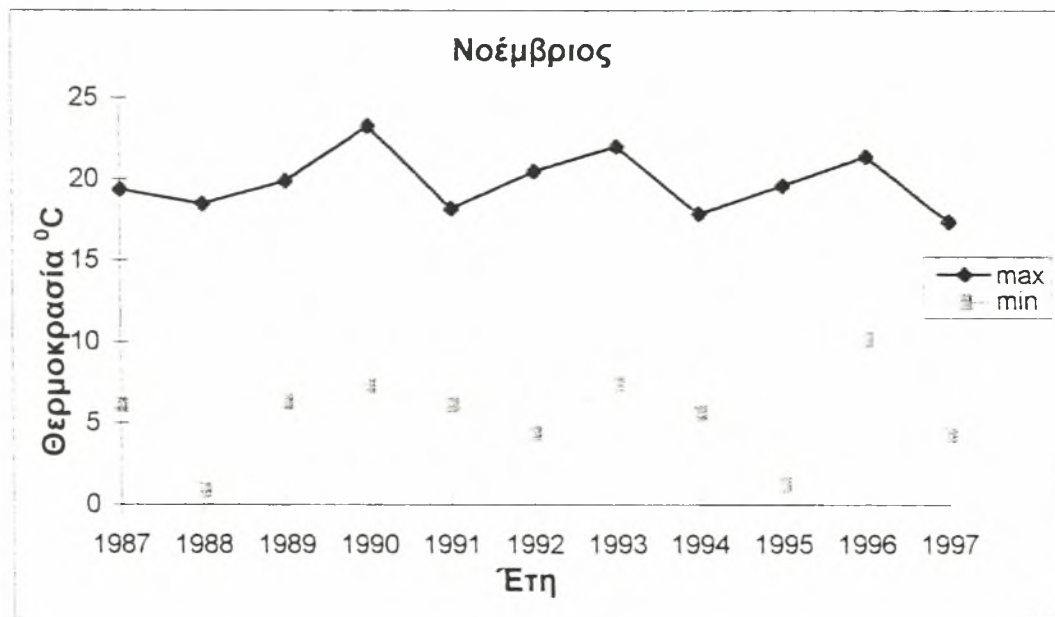
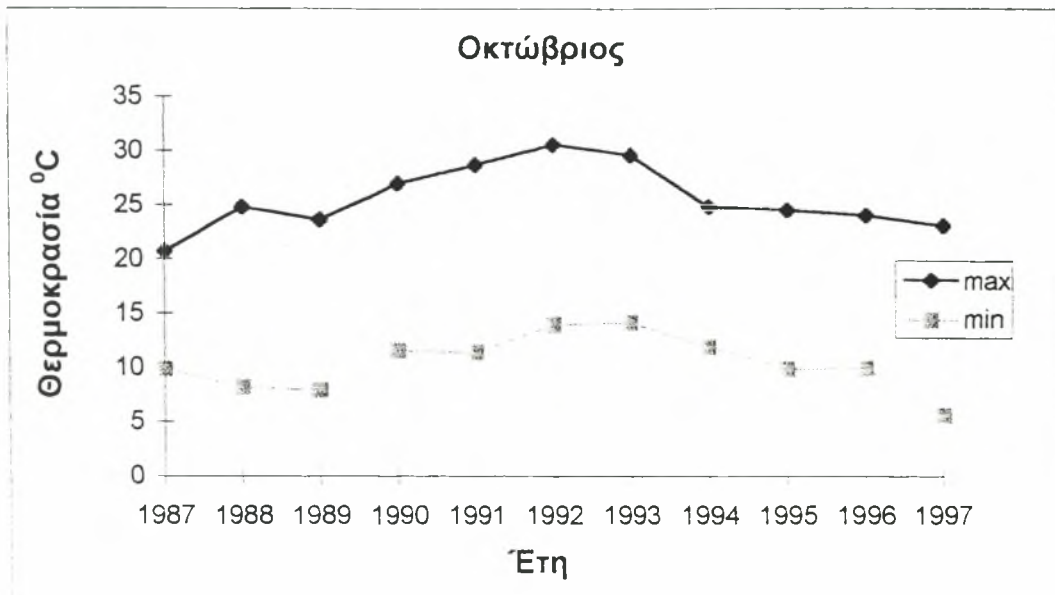


Κατανομή της μέσης απόλυτης μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας κατά μήνα κατά την περίοδο 1987-1997 στο Νομό Μαγνησίας.









ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Προσδιορισμός ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού αρδεύσεως.

Ειδική αγωγιμότητα.

Η αντίσταση ενός ομογενούς μέσου με ομοιόμορφη κάθετη διατομή εμβαδού s (cm^2) και μήκος l (cm) δίνεται από τον τύπο :

$$R = \frac{\rho \times l}{s}$$

όπου :

R =Αντίσταση (ohm)

ρ = Ειδική αντίσταση (S)

Ειδική αγωγιμότητα K ορίζεται το αντίστροφο του ρ και έχει μονάδες $\mu S/\text{cm}$.

Αρχή της μεθόδου.

Η αγωγιμότητα μετρείται με μια κυψελίδα που αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια πλατίνας.

Η ειδική αγωγιμότητα δίνεται από τον τύπο :

$$K_{25^{\circ}\text{C}} = \frac{L_t \times \kappa}{1 + \alpha(t - 25)}$$

όπου :

$K_{25^{\circ}\text{C}}$ = Ειδική αγωγιμότητα στους 25°C , σε $\mu S/\text{cm}$

L_t =Αγωγιμότητα στους $t^{\circ}\text{C}$, σε μS

α =Θερμικός συντελεστής αντίστασης, σε $\% / K$

t =Θερμοκρασία του διαλύματος, σε $^{\circ}\text{C}$

κ =Σταθερά κυψελίδας (cell constant), σε cm^{-1}

Η αγωγιμότητα L_t είναι το μέγεθος που μετρείται απ' ευθείας από το όργανο κατά την εμβάπτιση της κυψελίδας στο δείγμα.

Ο θερμικός συντελεστής αντίστασης 'α' υπολογίζεται από το όργανο με βάση μία καμπύλη α(t) διαλύματος NaCl που είναι ενσωματωμένη στον μικροϋπολογιστή του οργάνου.

Η θερμοκρασία 't' του διαλύματος προσδιορίζεται με την βοήθεια θερμομέτρου και εισάγεται στο όργανο.

Η σταθερά της κυψελίδας k προσδιορίζεται κατά την βαθμονόμηση με την μέτρηση της αγωγιμότητας L_{25°C} διαλύματος KCl 0.01M 25⁰C γνωστής ειδικής αγωγιμότητας 1413 μS/cm οπότε :

$$k = \frac{L_{25^{\circ}C}}{1413}$$

όπου :

k = Σταθερά κυψελίδας (cm⁻¹)

L_{25°C} =αγωγιμότητα KCl 0.01M στους 25⁰C

Όργανα

Αγωγιμόμετρο (Conductometer 712)

Βαθμονόμηση

Το αγωγιμόμετρο αυτό μπορεί να αυτοβαθμονομείται μόνο του.

Μέτρηση

Εμβαπτίζουμε τον αισθητήρα του οργάνου στο δείγμα, και ενεργοποιώντας την διαδικασία της μέτρησης παίρνουμε απ' ευθείας την ειδική αγωγιμότητα K_{25°C} του δείγματος ανηγμένη στους 25⁰C.

pH

Εάν με [H⁺] συμβολίσουμε την συγκέντρωση των υδρογονοκατιόντων στο δείγμα μας, τότε το pH του δείγματος ορίζεται βάσει του τύπου :

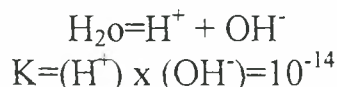
$$pH = -\log(H^+)$$

όπου $(H^+) = \gamma[H^+]$

γ είναι ο συντελεστής ενεργότητας του H^+ και

$[H^+] = \eta$ συγκέντρωση ιόντων H^+ σε mol/l.

Η συγκέντρωση των ιόντων H^+ σχετίζεται με την σταθερά διάστασης, K , του νερού που εκφράζεται με την παρακάτω εξίσωση :



(OH^-) = συγκέντρωση των OH^- σε mol/l.

Σε ένα ουδέτερο διάλυμα η συγκέντρωση των ιόντων H^+ είναι 10^{-7} ή $pH=7$.

Σε ένα όξινο διάλυμα η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου είναι μεγαλύτερη από 10^{-7} ή $pH < 7$.

Σε ένα αλκαλικό διάλυμα η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου είναι μικρότερη από 10^{-7} ή $pH > 7$.

Αργή της μεθόδου

Στην μέθοδο αυτή το pH προσδιορίζεται με την βοήθεια πεχαμέτρου που είναι εφοδιασμένο με ενδεικτικό ηλεκτρόδιο υάλου και αισθητήριο θερμοκρασίας. Επομένως το pH προσδιορίζεται βάσει του τύπου :

$$pH = \frac{E - K}{0.0001982 \times T}$$

όπου :

$E = H$ Η.Ε.Δ. (ηλεκτρεργετική δύναμη) σε V (Volt) που παράγεται στο σύστημα: $Ag, AgCl/HCl/$ ύαλος/ $δείγμα/KCl, Hg_2Cl_2/Hg$.

$K =$ Σταθερά σε V που εξαρτάται από την σύσταση της υάλου.

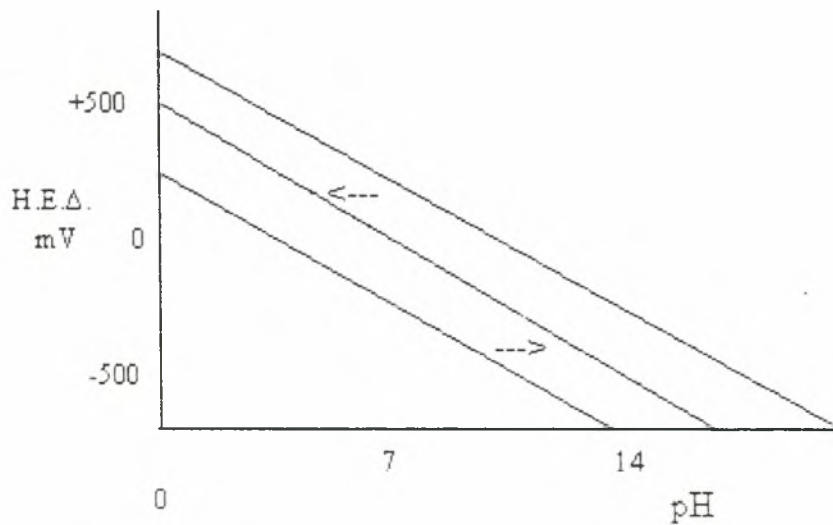
$T =$ Θερμοκρασία του δείγματος σε K.

Η σταθερά K μεταβάλλεται ελαφρά με τον χρόνο και σχετίζεται με την εμφάνιση του καλούμενου δυναμικού ασυμμετρίας.

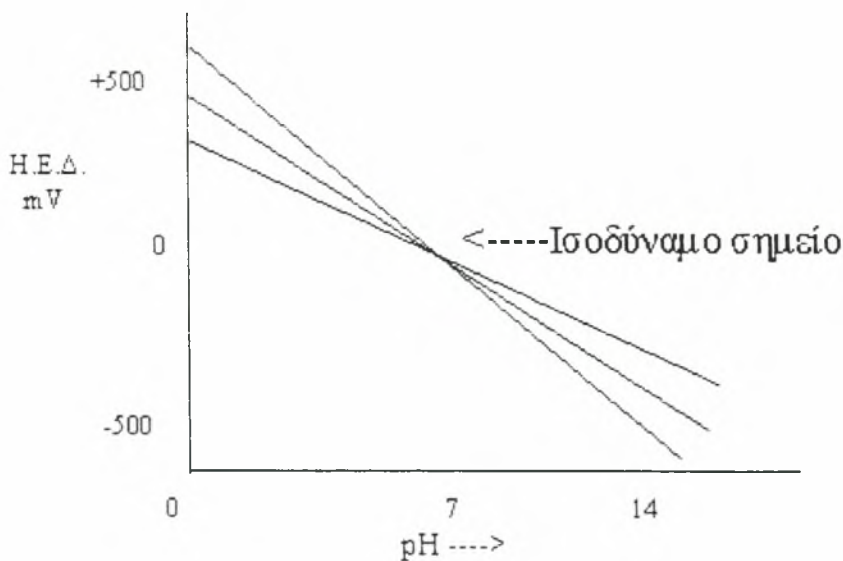
Όσον αφορά την βαθμονόμηση αυτή περιλαμβάνει δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο (Εικόνα 1) της παράλληλης μετατόπισης, όπου με την βοήθεια του buffer 7.02 μετατοπίζεται παράλληλα η ευθεία μέχρις ότου περάσει από το σημείο 0,7 (ισοδυναμικό pH) του διαγράμματος $E(pH) - pH$). Αυτό επιτρέπει τον μηδενισμό του οργάνου στην κλίμακα του E/mV με το pH 7 buffer. Το δεύτερο στάδιο (Εικόνα 2) όπου το όργανο ρυθμίζεται με ένα δεύτερο buffer pH

4.00 ή 9.26 ώστε να δείχνει την σωστή ένδειξη λαμβάνοντας υπ' όψη την θερμοκρασία του buffer ρυθμίζοντας το % slope.

Διευκρινιστικά αναφέρουμε ότι το ισοδυναμικό PH (Phi) είναι η τιμή του PH όπου η Η.Ε.Δ. (ηλεκτρεργετική δύναμη) είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας, είναι ίσο ή περίπου ίσο με 7 και εξαρτάται από τον ηλεκτρολύτη του ηλεκτροδίου υάλου και το ηλεκτρόδιο αναφοράς.



Εικόνα 1 : Πρώτο στάδιο βαθμονόμησης



Εικόνα 2 : Δεύτερο στάδιο βαθμονόμησης.

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Buffer PH 7,02 : Έτοιμο Διάλυμα προμηθευόμενο από την CRISON με Cat.N⁰.23-111-02.

Buffer PH 4,00 : Έτοιμο Διάλυμα προμηθευόμενο από την CRISON με Cat.N⁰.23-110-02.

Buffer PH 9,26 : Έτοιμο Διάλυμα προμηθευόμενο από την CRISON με Cat.N⁰.23-112-02.

Ηλεκτρολύτης KCl 3M + AgCl : Έτοιμο Διάλυμα προμηθευόμενο από την CRISON με Cat.N⁰.23-130-02.

Όργανα

Πεχάμετρο CRISON micropH 2002

Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση γίνεται πριν από τις μετρήσεις και αν αυτές είναι πολλές επαναλαμβάνεται κάθε 2-3 ώρες. Το CRISON αυτοβαθμονομείται δεδομένου ότι έχει αποθηκευμένο στην μνήμη του ένα πίνακα με τις τιμές PH των buffer με διάφορες θερμοκρασίες (Πίνακας 1). Ενεργοποιώντας επομένως την διαδικασία 'calibration' αν το PH του δείγματος είναι μικρότερο του 7 βαθμονομείται με τα buffers PH 7,02 και 4,00 ενώ αν το PH του δείγματος είναι μεγαλύτερο του 7 βαθμονομείται με τα buffers PH 7,02 και 9,26 ξεπλένοντας το ηλεκτρόδιο πριν από κάθε εμβάπτιση σε buffer.

$^{\circ}\text{C}$	pH			
0	2,03	4,01	7,12	9,52
10	2,01	4,00	7,06	9,38
20	2,00	4,00	7,02	9,26
25	2,00	4,01	7,00	9,21
30	1,99	4,02	6,99	9,16
40	1,98	4,03	6,97	9,06
50	1,98	4,06	6,97	8,99
60	1,98	4,10	6,98	8,93
70	1,99	4,16	7,00	8,88
80	2,00	4,22	7,04	8,83
90	2,00	4,30	7,09	8,79

Πίνακας 1 : Πίνακας τιμών pH των Buffers σε σχέση με την θερμοκρασία.

Μέτρηση

Το ηλεκτρόδιο του πεχαμέτρου το ξεπλένουμε με το δείγμα, και σημειώνουμε την ένδειξη του πεχαμέτρου (η ένδειξη του οργάνου είναι ανηγμένη στους 25°C), ενεργοποιώντας την διαδικασία της μέτρησης.

Προσδιορισμός των ιόντων Νατρίου (Na^+)

Η συγκέντρωση των ιόντων Na^+ , εκφράζεται σε $\text{meq Na}^+/\text{δείγματος}$.

Αρχή της μεθόδου

Το δείγμα νεφελοποιείται σε φλόγα αέρα - βουτανίου οπότε εξατμιζόμενο οι ενώσεις του νατρίου ατομοποιούνται με αποτέλεσμα τα άτομα νατρίου που σχηματίζονται να εκπέμπουν ακτινοβολία, της οποίας η ένταση μετράται σε μήκος κύματος 589 nm.

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Απιονισμένο - απεσταγμένο νερό : Χρησιμοποιείται για την προετοιμασία όλων των διαλυμάτων καθώς και για τα standards διαλύματα.

Διάλυμα Na^+ (Stock I) : Διαλύουμε 2,542 g ξηραθέντος NaCl στους 140°C επί 24 ώρες και αραιώνουμε μέχρι όγκου 1000ml με απεσταγμένο νερό (1 ml= 1 mg Na^+).

Διάλυμα Na^+ (Stock II) : Αραιώνουμε 10 ml από το stock I διάλυμα νατρίου μέχρι όγκου 100ml (1 ml= 0.1 mg Na^+).

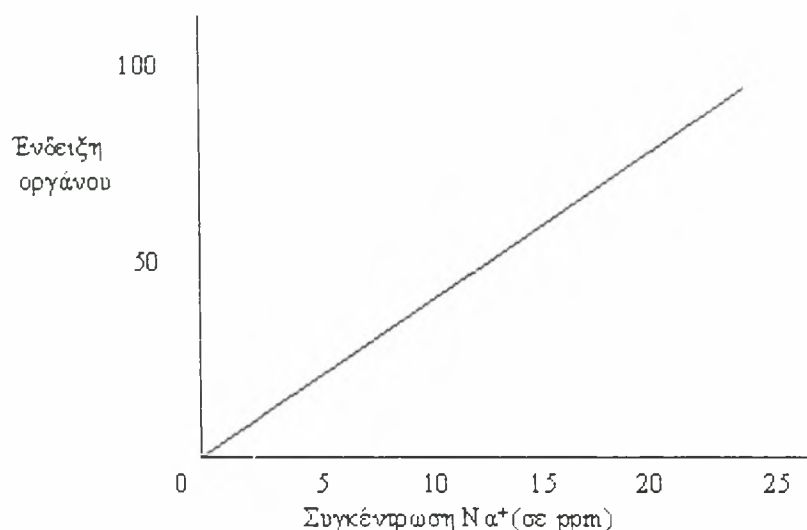
Σειρά standards : Μεταφέρουμε 0-5-10-15-20-25 ml από το διάλυμα νατρίου stock II, μέσα σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml και συμπληρώνουμε μέχρι όγκου με απιονισμένο-απεσταγμένο νερό. Τα standards διαλύματα που προκύπτουν έχουν συγκεντρώσεις 0-5-10-15-20-25 ppm αντίστοιχα.

Όργανα

Φλογοφωτόμετρο Sherwood 410

Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση του φλογοφωτομέτρου γίνεται με τα standards που έχουν προαναφερθεί. Ρυθμίζεται πρώτα το μηδέν της κλίμακας του οργάνου με το blank και στη συνέχεια το 100 της κλίμακας με το πυκνότερο standard. Ακολούθως μετρούνται τα υπόλοιπα standards αρχίζοντας από το αραιότερο και κατασκευάζεται καμπύλη συγκέντρωσης-ένδειξης οργάνου.



Ενδεικτική καμπύλη βαθμονόμησης του φλογοφωτομέτρου για το Na⁺

Εικόνα 3

Μέτρηση

Μετά την βαθμονόμηση εισάγεται το άγνωστο δείγμα και σημειώνεται η ένδειξη του οργάνου. Εάν η ένδειξη είναι εκτός κλίμακος τότε το δείγμα αραιώνεται.

Υπολογισμοί

Με βάση την καμπύλη που έχει κατασκευαστεί κατά την βαθμονόμηση του οργάνου, αντιστοιχίζεται η ένδειξη του οργάνου για το άγνωστο δείγμα με την συγκέντρωση (σε ppm).

Η συγκέντρωση του Νατρίου σε meq/l δίνεται από τον τύπο :

$$[\text{Na}^+](\text{meq/l}) = \frac{A}{22.9898}$$

όπου :

A= Συγκέντρωση του δείγματος σε ppm.

Προσδιορισμός των ιόντων Καλίου (K^+)

Η συγκέντρωση των ιόντων K^+ , εκφράζεται σε mg/l δείγματος.

Αργή της μεθόδου

Το δείγμα νεφελοποιείται σε φλόγα αέρα- βουτανίου, οπότε εξατμιζόμενο οι ενώσεις του καλίου ατομοποιούνται με αποτέλεσμα τα άτομα καλίου που σχηματίζονται να εκπέμπουν ακτινοβολία της οποίας η ένταση μετρείται σε μήκος κύματος 766.5 nm.

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Απιονισμένο-απεσταγμένο νερό : Χρησιμοποιείται για την προετοιμασία όλων των διαλυμάτων καθώς και για την παρασκευή των standards διαλυμάτων.

Διάλυμα K^+ (Stock I) : Διαλύουμε 1.907 g άνυδρου KCl σε απεσταγμένο νερό και αραιώνουμε μέχρις όγκου 1000 ml. (1 ml = 1 mg K^+).

Διάλυμα K^+ (Stock II) : Μεταφέρουμε 10 ml από το διάλυμα K^+ (Stock I) σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml και αραιώνουμε μέχρις όγκου (1 ml = 0.1 mg K^+).

Σειρά Standards : Μεταφέρουμε 0-2-5-7-10 ml διαλύματος K^+ (Stock II) σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml και συμπληρώνουμε μέχρις όγκου με απεσταγμένο νερό. Τα standards διαλύματα που προκύπτουν έχουν συγκεντρώσεις 0-2-5-7-10 ppm αντίστοιχα.

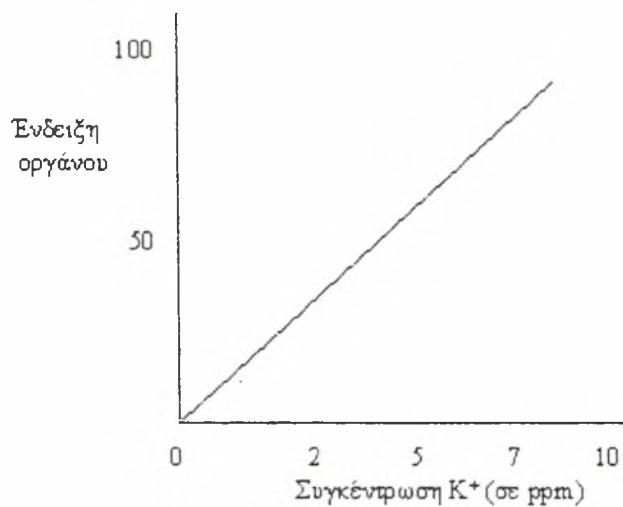
Όργανα

Φλογοφωτόμετρο Sherwood 410

Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση του φλογοφωτομέτρου γίνεται με τα standards διαλύματα 0-2-5-7-10 ppm. Πρώτα ρυθμίζεται το μηδέν της κλίμακας του οργάνου με το blank και στη συνέχεια το 100 με το πυκνότερο standard.

Ακολουθως μετρούνται τα υπόλοιπα standards αρχίζοντας από το αραιότερο και κατασκευάζεται καμπύλη συγκέντρωσης-ένδειξης οργάνου.



Ενδεικτική καμπύλη βαθμονόμησης του φλογοφωτομέτρου για το K⁺

Εικόνα 4

Μέτρηση

Μετά την βαθμονόμηση εισάγεται το άγνωστο δείγμα και σημειώνεται η ένδειξη του οργάνου. Εάν η ένδειξη είναι εκτός κλίμακας τότε θα πρέπει να αραιώσουμε το δείγμα.

Υπολογισμοί

Με βάση την καμπύλη που έχει κατασκευαστεί κατά την βαθμονόμηση του οργάνου, αντιστοιχίζεται η ένδειξη του οργάνου για το άγνωστο δείγμα, με την συγκέντρωση (σε ppm). Η συγκέντρωση του K⁺, σε meq/l δίνεται από το τύπο :

$$[K^+](\text{meq/l}) = \frac{A}{39.102}$$

όπου :

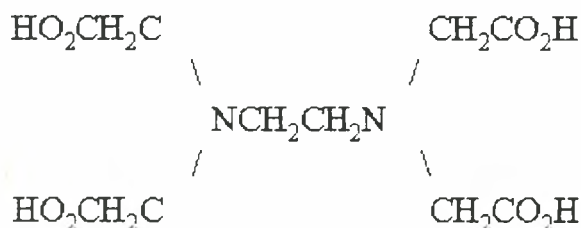
A = Η συγκέντρωση του δείγματος σε ppm.

Προσδιορισμός των ιόντων ασβεστίου Ca^{+2}

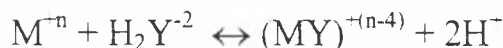
Η συγκέντρωση των ιόντων ασβεστίου εκφράζεται σε meq/l δείγματος.

Αργή της μεθόδου

Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι συμπλοκομετρική τιτλοδότηση, με τιτλοδότη διάλυμα $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$, όταν H_4Y είναι το γνωστό EDTA του τύπου:



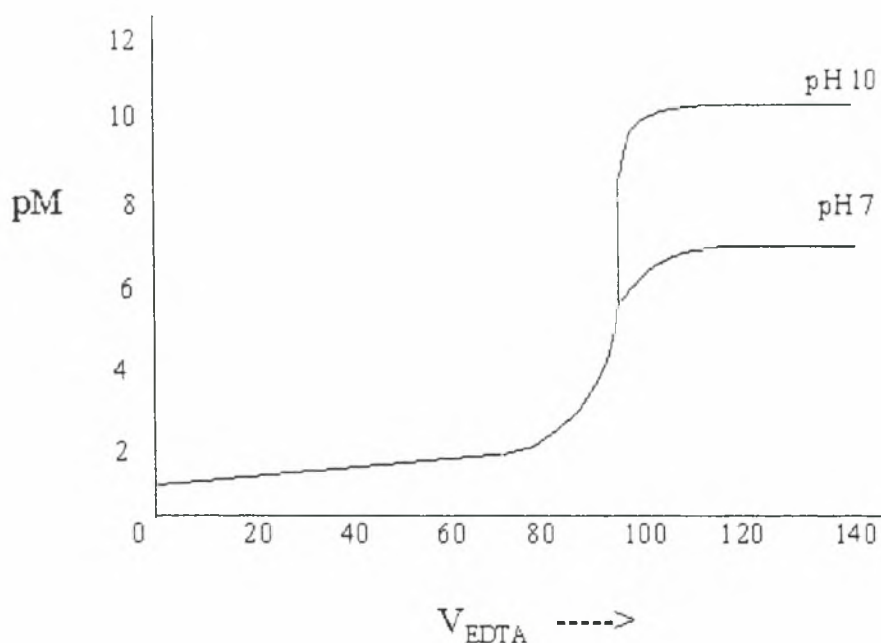
αντιδρά δε με ένα μεταλλοίον M^{+n} ως ακολούθως :



απ'όπου γίνεται εμφανές ότι, αφ' ενός μεν 1 γραμμοίον H_2Y^{-2} αντιδρά με 1 γραμμοίον M^{+n} αφ' ετέρου δε ότι το EDTA δημιουργεί σύμπλοκα με μεταλλοίοντα ευκολότερα σε αλκαλικό περιβάλλον.

Το τελικό σημείο της αντίδρασης αντιστοιχεί στο απότομο σημείο καμπής της καμπύλης τιτλοδότησης pM και V_{EDTA} (Εικόνα 5) και προσδιορίζεται με μεταλλικό δείκτη Δ που σχηματίζει σύμπλοκο $M\Delta$ ασταθέστερο του $(\text{MY})^{+(n-4)}$ προκειμένου στο τελικό σημείο το H_4Y να αποσπά τα προσδιοριζόμενα M^{+n} από το σύμπλοκο $M\Delta$. Ο δείκτης Δ επομένως πρέπει να εμφανίζει απότομη αλλαγή χρώματος στο τελικό σημείο και συγκεκριμένο pH που επιτυγχάνεται, δεδομένου ότι συνήθως ο δείκτης Δ επηρεάζεται απο το pH .

Στην συγκεκριμένη μέθοδο η συγκέντρωση του ασβεστίου προσδιορίζεται απ'ευθείας με διάλυμα $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ και σε pH από 12 έως 13, οπότε τα τυχόν ιόντα μαγνησίου (Mg^{+2}) καταβυθίζονται σαν $\text{Mg}(\text{OH})_2$, ο δε χρησιμοποιούμενος δείκτης είναι η murexide.



Εικόνα 5

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Διάλυμα NaOH 1N : Διαλύουμε 4 g στερεού NaOH σε απεσταγμένο νερό και αραιώνουμε μέχρις όγκου 100 ml.

Δείκτης murexide : Παρασκευάζεται με ανάμιξη 200 mg murexide και 100 g στερεού NaCl και λειοτριβείται μέχρις μεγέθους από 40 έως 50 mesh (0.3-0.4mm).

Πρότυπος τιτλοδότης EDTA 0.01M : Παρασκευάζεται και προσδιορίζεται ο συντελεστής διόρθωσης του όπως αναφέρεται στην μέθοδο προσδιορισμού Mg^{+2} . (1 ml EDTA = 0.02 meq Ca^{+2}).

Πορεία

Μεταφέρουμε 10 ml δείγματος σε κωνική φιάλη των 100 ml και προσθέτουμε 40 ml απεσταγμένο νερό. Προσθέτουμε 2 ml διαλύματος NaOH 1N προκειμένου να πετύχουμε pH 12-13. Προσθέτουμε 100-200 mg δείκτη murexide και αμέσως υπό ταυτόχρονη ανάδευση με μαγνητικό αναδευτήρα

τιτλοδοτούμε αργά με τιτλοδότη EDTA 0.01M μέχρι την απότομη αλλαγή του χρώματος του διαλύματος από κόκκινο σε μπλε-βιολετί. (Το τελικό χρώμα προκύπτει αν σε κωνική φιάλη προσθέσω 50 ml απεσταγμένο νερό, 2 ml διαλύματος NaOH 1N, 200 mg murexide και 0.05 ml τιτλοδότη EDTA).

Υπολογισμοί

$$[Ca^{+2}](meq/l) = \frac{A \times f_{EDTA} \times 20}{ml \text{ δειγματος}}$$

όπου :

A = ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν

f_{EDTA} = συντελεστής διόρθωσης τιτλοδότη

Προσδιορισμός των ιόντων Μαγνησίου (Mg^{+2})

Η συγκέντρωση των ιόντων μαγνησίου εκφράζεται σε meq/l δείγματος.

Αργή της μεθόδου

Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι συμπλοκομετρική τιτλοδότηση, με τιτλοδότη διάλυμα Na_2H_2Y .

Στην συγκεκριμένη μέθοδο η συγκέντρωση των ιόντων μαγνησίου προσδιορίζεται υπολογιστικά δεδομένου ότι κατά την τιτλοδότηση με διάλυμα Na_2H_2Y προσδιορίζεται η συγκέντρωση του συνόλου των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου. Δηλαδή, όταν προσθέτουμε το διάλυμα Na_2H_2Y στο δείγμα, αυτό δημιουργεί με τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου σύμπλοκα, το δε τελικό σημείο προσδιορίζεται με δείκτη Eriochrome Black T. Επειδή ο δείκτης αυτός για να δώσει ευκρινές τελικό σημείο απαιτεί την παρουσία ιόντων μαγνησίου (Mg^{+2}), προστίθεται στο χρησιμοποιούμενο buffer μικρή ποσότητα $MgCl_2$. Τέλος, με το ανωτέρω buffer επιτυγχάνουμε PH 10.0 ± 0.1 που είναι το μέγιστο δυνατό χωρίς την εμφάνιση καθίζησης $CaCO_3$ και $Mg(OH)_2$.

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Buffer διάλυμα : Διαλύουμε 1.179 g $Na_2H_2Y \cdot 2H_2O$ και 644 mg $MgCl_2 \cdot 7H_2O$ ακριβώς σε 50 ml απεσταγμένου νερού. Προσθέτουμε σε αυτό το διάλυμα 16.9g NH_4Cl και 143 ml πυκν. NH_4OH και αραιώνουμε μέχρις όγκου 250 ml με απεσταγμένο νερό.

Δείκτης Eriochrome Black T (EBT) : Διαλύουμε 0.5 g Eriochrome Black T σε 100 g τριαιθανολαμίνης (2,2,2 nitrilotriethanol).

Διάλυμα NH₄OH 3N : Παρασκευάζεται με αραιώση 49 ml NH₄OH 58% μέχρις όγκου 250 ml με απεσταγμένο νερό.

Διάλυμα HCl 1+1 : Παρασκευάζεται με αραιώση 200 ml HCl 37% σε 200 ml απεσταγμένου νερού.

Δείκτης methyl-red : Διαλύουμε 0.1 g methyl red σε 100 ml αιθανόλης.

Πρότυπο διάλυμα ασβεστίου (Ca⁺²) : Ζυγίζουμε 1 g άνυδρου CaCO₃ (ξηραίνεται για δύο ώρες στους 400⁰C) σε κωνική φιάλη των 500 ml. Με την βοήθεια χωνιού προσθέτουμε αργά HCl 1+1 μέχρις ότου διαλυθεί όλο το CaCO₃. Προσθέτουμε 200 ml απεσταγμένου νερού και βράζουμε για λίγα λεπτά προκειμένου να απομακρυνθεί το CO₂. Κρυώνουμε το διάλυμα, προσθέτουμε λίγες σταγόνες δείκτη methyl-red και ρυθμίζουμε το χρώμα του διαλύματος σε ένα ενδιάμεσο πορτοκαλί χρώμα προσθέτοντας NH₄OH 3N ή HCl 1+1. Μεταφέρουμε ποσοτικά και αραιώνουμε μέχρις όγκου 1000 ml με απεσταγμένο νερό.

(1 ml πρότυπου διαλύματος Ca⁺² = 0.02 meq Ca⁺² = 0.01 mmole Ca⁺²).

Πρότυπος τιτλοδότης EDTA 0.01M : Ζυγίζουμε 3.723 g Na₂H₂Y.2H₂O και διαλύουμε σε απεσταγμένο νερό μέχρις όγκου 1000 ml.

(1 ml EDTA 0.01M = 0.02 meq Ca⁺² = 0.02 meq Mg⁺²)

Ο συντελεστής διόρθωσης f_{EDTA} του διαλύματος αυτού προσδιορίζεται όπως αναφέρεται παρακάτω.

Μεταφέρουμε 25 ml πρότυπου διαλύματος Ca σε κωνική φιάλη των 100 ml , προσθέτουμε 25 ml απεσταγμένου νερού, 2 ml διαλύματος buffer, 1-2 σταγόνες δείκτη EBT και τιτλοδοτούμε με τον πρότυπο τιτλοδότη EDTA 0.01M, υπό συνεχή ανάδευση μαγνητικού αναδευτήρα, μέχρι την αλλαγή του χρώματος από ερυθροϊώδες σε κυανούν. Τότε :

$$f_{EDTA} = \frac{25}{D}$$

όπου :

D = ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν

Πορεία

Μεταφέρουμε 10 ml δείγματος σε κωνική φιάλη των 100 ml, προσθέτοντας 40 ml απεσταγμένου νερού, 2 ml διαλύματος buffer, 1-2

σταγόνες δείκτη EBT και τιτλοδοτούμε με τον πρότυπο τιτλοδότη EDTA 0.01M, υπό συνεχή ανάδευση μαγνητικού αναδευτήρα, μέχρι την αλλαγή του χρώματος από ερυθροϊώδες σε κυανούν.

Υπολογισμοί

$$[\text{Mg}^{+2}](\text{meq/l}) = \frac{A \times 20}{m \text{ δείγματος}} \times f_{\text{EDTA}} - [\text{Ca}^{+2}]$$

όπου :

A = ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν

f_{EDTA} = συντελεστής διόρθωσης τιτλοδότη

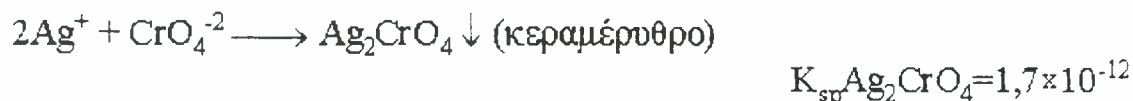
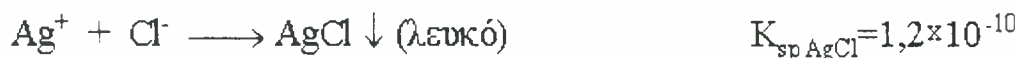
$[\text{Ca}^{+2}]$ = συγκέντρωση ιόντων ασβεστίου στο δείγμα σε meq/l.

Προσδιορισμός των ιόντων χλωρίου

Η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου εκφράζεται σε meq/l δείγματος.

Αργή της μεθόδου

Ο προσδιορισμός των ιόντων χλωρίου βασίζεται στην ογκομετρική καταβύθιση από ιόντα αργύρου (Ag^+) της οποίας το τελικό σημείο προσδιορίζεται με τον σχηματισμό ένχρωμου ιζήματος (Mohr) λόγω των χρησιμοποιούμενων CrO_4^{-2} τα οποία καταβυθίζονται μετά τα ιόντα Cl^- σαν κεραμέρυθρο ίζημα Ag_2CrO_4 . Οι αντιδράσεις που γίνονται είναι :



Για να έχουμε ταυτόχρονη καταβύθιση Ag_2CrO_4 στο ισοδύναμο σημείο της πρώτης αντίδρασης θα πρέπει η συγκέντρωση των CrO_4^{-2} στο δείγμα να είναι 0.0141M όπως αποδεικνύεται παρακάτω :

$$[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = K_{\text{sp AgCl}} = 1,2 \times 10^{-10}$$

$$[\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{-2}] = K_{\text{sp Ag}_2\text{CrO}_4} = 1,7 \times 10^{-12}$$

$$[\text{Ag}^+] = \frac{K_{\text{spAgCl}}}{[\text{Cl}^-]} = \sqrt{\frac{K_{\text{spAg}_2\text{CrO}_4}}{[\text{CrO}_4^{2-}]}}$$

$$\frac{[\text{Cl}^-]}{\sqrt{[\text{CrO}_4^{2-}]}} = \frac{K_{\text{spAgCl}}}{\sqrt{K_{\text{spAg}_2\text{CrO}_4}}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-10}}{\sqrt{1,7 \cdot 10^{-12}}} = 9,2 \times 10^{-5}$$

Στο ισοδύναμο σημείο ισχύει : $[\text{Cl}^-] = \sqrt{K_{\text{spAgCl}}} = 1,1 \times 10^{-5}$

Για να έχουμε ταυτόχρονη καταβύθιση Ag_2CrO_4 θα πρέπει :

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = \left(\frac{[\text{Cl}^-]}{9,2 \cdot 10^{-5}} \right)^2 = \left(\frac{1,1 \cdot 10^{-5}}{9,2 \cdot 10^{-5}} \right)^2 = 1,4 \times 10^{-2}$$

Στην πράξη όταν προστεθεί η ισοδύναμη ποσότητα Ag^+ και καταβυθιστεί το σύνολο (ή καλύτερα το μεγαλύτερο μέρος) των Cl^- η επόμενη σταγόνα διαλύματος AgNO_3 αντιδρά με τα CrO_4^{2-} και δημιουργεί το κεραμέρυθρο ίζημα Ag_2CrO_4 . Δηλαδή κατά την ογκομέτρηση, μια ποσότητα Ag^+ καταναλώνεται από τα CrO_4^{2-} και για τον λόγο αυτό εκτελείται τυφλός προσδιορισμός.

Το τελικό σημείο αντιστοιχεί στο απότομο σημείο καμπής της καμπύλης τιτλοδότησης $p\text{Cl}$ συναρτήσει V_{AgNO_3} .

Το σφάλμα της μεθόδου περιορίζεται όταν οι συνθήκες pH του δείγματος βρίσκονται σε ελαφρά αλκαλικό περιβάλλον δηλαδή $7 < \text{pH} < 10$. Σε pH μεγαλύτερο από 10 γίνεται καταβύθιση AgOH ενώ σε pH μικρότερο από 7 δεν καταβυθίζεται Ag_2CrO_4 .

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Δείκτης K_2CrO_4 : Διαλύουμε 5 g K_2CrO_4 σε 100 ml απεσταγμένο νερό. Προσθέτουμε διάλυμα AgNO_3 μέχρι να εμφανιστεί ελαφρό ερυθρό ίζημα. Παραμένει το διάλυμα για 12 ώρες, διηθείται και συμπληρώνεται στα 100 ml με απεσταγμένο νερό.

Δείκτης φαινολοφθαλεΐνης : Διαλύουμε 500 mg αντιδραστηρίου σε 50 ml αιθυλικής αλκοόλης και προσθέτουμε 50 ml απεσταγμένο νερό υπό συνεχή ανάδευση. Διηθούμε αν το διάλυμα δεν είναι διαυγές.

Διάλυμα NaOH 1N : Διαλύουμε 40 g NaOH σε απεσταγμένο νερό και αραιώνουμε μέχρις όγκου 1000 ml.

Διάλυμα H₂SO₄ 1N : Διαλύουμε 28 ml H₂SO₄ 96% σε απεσταγμένο νερό και αραιώνουμε μέχρις όγκου 1000 ml.

Πρότυπο διάλυμα NaCl 0.0141N : Διαλύουμε 0.824 g NaCl (προξηραθέντος στους 140⁰C επί 24 ώρες) σε απεσταγμένο νερό και αραιώνουμε μέχρις όγκου 1000 ml (1 ml = 0.0141 meq Cl⁻).

Πρότυπο διάλυμα AgNO₃ 0.0141N : Διαλύουμε 2.395 g AgNO₃ σε απεσταγμένο νερό και συμπληρώνουμε μέχρις όγκου 1000 ml (1 ml = 0.0141 meq Cl⁻)

Ο συντελεστής διόρθωσης f_{AgNO_3} του διαλύματος αυτού προσδιορίζεται ως εξής : Μεταφέρουμε 20 ml πρότυπου διαλύματος NaCl 0.0141N σε κωνική φιάλη των 250 ml και ακολουθούμε την παρακάτω πορεία.

$$f_{AgNO_3} = \frac{20}{A_2 - B}$$

όπου :

A₂= ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για τον προσδιορισμό του f_{AgNO_3} .

B= ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για το τυφλό

Πορεία

Μεταφέρουμε 10 ml δείγματος σε κωνική φιάλη των 250 ml και αραιώνουμε μέχρι τα 100 ml περίπου. Αν το PH του αραιωμένου δείγματος δεν βρίσκεται στην περιοχή 7 -10 ρυθμίζεται με δείκτη φαινολοφθαλεΐνη και με προσθήκη σταγόνων διαλύματος NaOH 1N ή διαλύματος H₂SO₄ 1N ανάλογα.

Προσθέτουμε 1 ml δείκτη K₂CrO₄ και τιτλοδοτούμε με διάλυμα AgNO₃ 0.0141N με την βοήθεια μαγνητικού αναδευτήρα μέχρις εμφανίσεως κεραμέρυθρου ιζήματος Ag₂CrO₄.

Τιτλοδοτούμε με AgNO_3 0.0141N και ένα τυφλό που αποτελείται από 100 ml απεσταγμένο νερό και 1 ml K_2CrO_4 .

Υπολογισμοί

$$[\text{Cl}^-](\text{meq/l}) = \frac{14,1 \times (A_1 - B)}{m \text{ δειγματος}} \times f_{\text{AgNO}_3}$$

όπου :

A_1 = ml AgNO_3 0.0141N που καταναλώθηκαν για το δείγμα

B = ml AgNO_3 0.0141N που καταναλώθηκαν για το τυφλό

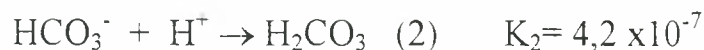
f_{AgNO_3} = συντελεστής διόρθωσης του τιτλοδότη

Προσδιορισμός των Ανθρακικών Ιόντων

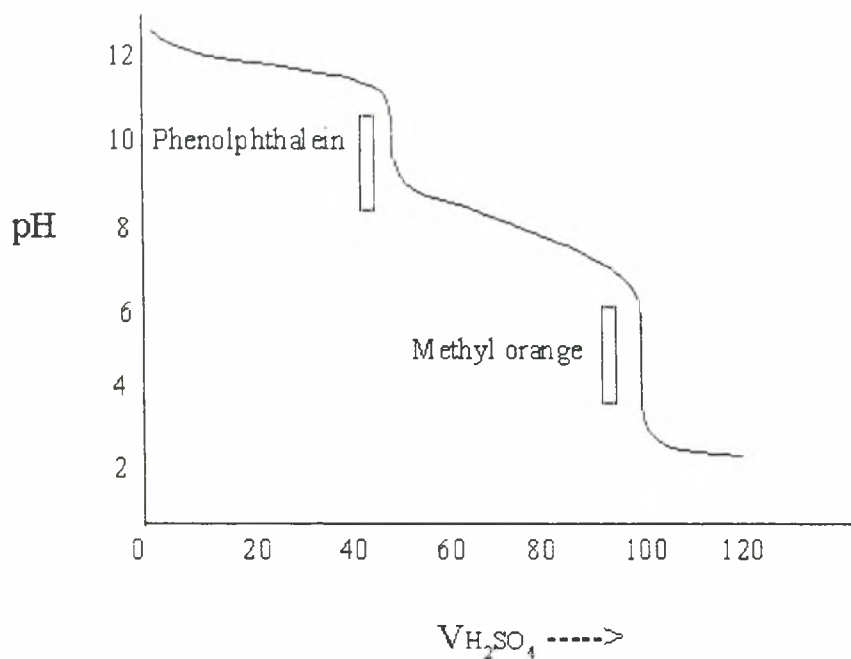
Η συγκέντρωση των ανθρακικών ιόντων εκφράζεται σε meq/l δειγματος.

Αργή της μεθόδου

Ο προσδιορισμός των ανθρακικών και όξινων ανθρακικών ιόντων είναι μια ογκομετρική αντικατάσταση ανιόντων που προέρχονται από ασθενή οξέα, με ισχυρά οξέα και περιγράφεται από τις παρακάτω αντιδράσεις :



Οπότε το μεν ισοδύναμο σημείο της (1) εμφανίζεται σε pH ($0,5\text{p}K_1 + 0,5\text{p}K_2$)=8.3 και προσδιορίζεται με την βοήθεια δείκτη φαινολοφθαλεΐνης, το δε ισοδύναμο σημείο της (2) εμφανίζεται σε pH =3.8 περίπου και προσδιορίζεται με την βοήθεια δείκτη πορτοκαλοχρόου του μεθυλίου. Τα δύο αυτά τελικά σημεία αντιστοιχούν στα δύο απότομα σημεία καμπής της καμπύλης τιτλοδότησης του pH συναρτήσεως του $V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$. (Εικόνα 6)
Το άθροισμα των διαλυμένων στο δείγμα HCO_3^- και CO_3^{2-} εκφράζει προσεγγιστικά τον όρο 'αλκαλικότητας' του νερού.



Εικόνα 6

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Ανδρο Na₂CO₃

Δείκτης Bromocresol green : Διασπείρουμε 0.15 g Bromocresol green σε 100 ml αιθανόλης 96 %(v/v). Προσθέτουμε σε σταγόνες NaOH 0.1 N μέχρις ότου το κόκκινο χρώμα μετατραπεί σε σκοτεινό κόκκινο (1,5 ml περίπου). Διαλύουμε με ανάδευση.

Δείκτης Methyl-red : Διαλύουμε 0.1 g Methyl-red σε 100 ml αιθανόλης 96%(v/v).

Μικτός δείκτης Bromocresol-green Methyl-red : Αναμιγνύουμε σε αναλογία ένα προς ένα τους δείκτες Bromocresol-green και Methyl-red.

Πρότυπος τιτλοδότης H₂SO₄ 0.05N : 1.4 ml H₂SO₄ 96% (w/w), πυκνότητας d=1,835 αραιώνεται μέχρις όγκου 1000 ml με απεσταγμένο νερό. (1 ml =0.05 meq CO₃⁻²=0.05 meq HCO₃⁻).

Ο συντελεστής διόρθωσης του διαλύματος αυτού H₂SO₄ προσδιορίζεται ως ακολούθως :

Ζυγίζουμε επακριβώς 100 mg Na₂CO₃ , το οποίο έχει λειοτριβηθεί και ξηρανθεί στους 270⁰C επί 2 ώρες και το μεταφέρουμε σε κωνική φιάλη των

250 ml. Το διαλύουμε σε 35 ml απεσταγμένου νερού και προσθέτουμε τρεις σταγόνες μικτού δείκτη Bromocresol-green Methyl-red.

Ογκομετρούμε με τον πρότυπο τιτλοδότη H_2SO_4 0.05N μέχρις ότου το χρώμα μετατραπεί από πράσινο ,μέσω καστανού σε κόκκινο. Στην συνέχεια βράζουμε το διάλυμα για να απομακρυνθεί το CO_2 , ψύχουμε και συνεχίζουμε την ογκομέτρηση μέχρις ότου το χρώμα γίνει και πάλι κόκκινο.

(1 ml H_2SO_4 0.05N = 2.65 mg Na_2CO_3).

Ο συντελεστής διόρθωσης $f_{H_2SO_4}$ δίνεται από τον τύπο :

$$f_{H_2SO_4} = \frac{w}{2.65 \times V}$$

όπου :

V = ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν συνολικά.

w = mg ζυγισθέντος Na_2CO_3 .

Δείκτης φαινολοφθαλεΐνης : Διαλύουμε 500 mg αντιδραστηρίου σε 50 ml αιθυλικής αλκοόλης και προσθέτουμε 50 ml απεσταγμένο νερό υπό συνεχή ανάδευση. Διηθούμε αν το διάλυμα δεν είναι διαυγές.

Πορεία

Μεταφέρουμε 50 ml δείγματος σε κωνική φιάλη των 250 ml και προσθέτουμε τρεις σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνης. Τυχόν εμφάνιση ρόδινης χροιάς αποτελεί ένδειξη παρουσίας ανθρακικών ιόντων, τα οποία προσδιορίζονται ογκομετρικά με διάλυμα H_2SO_4 0.05N με την βοήθεια μαγνητικού αναδευτήρα, μέχρι το διάλυμα να αποχρωματιστεί (PH=8.3). Αν κατά την προσθήκη της φαινολοφθαλεΐνης δεν εμφανιστεί ρόδινη χροιά, αυτό δηλώνει απουσία ανθρακικών ιόντων.

Υπολογισμοί

Δεδομένου ότι 1 ml H_2SO_4 0.05N ισοδυναμεί με 0.05 meq ανθρακικών ιόντων έχουμε :

$$[CO_3^{2-}](meq/l) = \frac{50 * A}{m \text{ ιδειγματος}} \times f_{H_2SO_4}$$

όπου :

A = κατανάλωση H_2SO_4 0.05N σε ml
 $f_{H_2SO_4}$ = συντελεστής διόρθωσης τιτλοδότη.

Προσδιορισμός των Όξινων ανθρακικών ιόντων

Η συγκέντρωση των όξινων ανθρακικών ιόντων, εκφράζεται σε meq/l δείγματος.

Αρχή της μεθόδου

Ήδη έχει αναφερθεί στα ανθρακικά ιόντα.

Μέθοδος

Αντιδραστήρια

Πρότυπος τιτλοδότης H_2SO_4 0.05N

Δείκτης πορτοκαλόχρουν του μεθυλίου : Διαλύουμε 50 mg του νατριούχου άλατος του methyl-orange σε 100 ml H_2O , τα οποία περιέχουν 15.2 ml διαλύματος 0.01N HCl . Η διάλυση επιτυγχάνεται με ήπια θέρμανση και αφού κρυώσει το διάλυμα ακολουθεί διήθηση αν δεν είναι διαυγές.

Πορεία

Μετά το τέλος της ογκομέτρησης των ανθρακικών ιόντων προστίθεται στο ίδιο δείγμα τρεις σταγόνες πορτοκαλόχρουν του μεθυλίου οπότε παρουσία όξινων ανθρακικών ιόντων το διάλυμα χρωματίζεται κίτρινο. Ογκομετρούμε με διάλυμα H_2SO_4 0.05N με την βοήθεια μαγνητικού αναδευτήρα μέχρι εμφανίσεως ελαφρού ερυθρού χρωματισμού. Το τελικό χρώμα προκύπτει προσθέτοντας σε κωνική φιάλη των 250 ml, 50 ml απεσταγμένο, τρεις σταγόνες πορτοκαλόχρουν του μεθυλίου και 0.05 ml διαλύματος H_2SO_4 0.05N.

Υπολογισμοί

Δεδομένου ότι 1ml H_2SO_4 0.05N ισοδυναμεί με 0.05 meq όξινων ανθρακικών ιόντων έχουμε :

$$[\text{HCO}_3^-](\text{meq/l}) = \frac{50(\text{B} - \text{A})}{\text{ml δειγματος}} \times f_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

όπου :

B= Κατανάλωση H_2SO_4 0.05N σε ml για τον προσδιορισμό των όξινων ανθρακικών ιόντων.

A=Κατανάλωση H_2SO_4 0.05N σε ml για τον προσδιορισμό των ανθρακικών ιόντων.

$f_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ = Συντελεστής διόρθωσης του τιτλοδότη.

Προσδιορισμός των Θεικών ιόντων

Η συγκέντρωση των θεικών ιόντων, εκφράζεται σε meq/l δείγματος.

Αρχή της μεθόδου

Η συγκέντρωση των θεικών ιόντων, προσδιορίζεται υπολογιστικά δεχόμενοι ότι ισχύει η σχέση :

$$[\text{Ca}^{+2}] + [\text{Mg}^{+2}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] = [\text{Cl}^-] + [\text{CO}_3^{-2}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{SO}_4^{-2}]$$

όταν όλες οι συγκεντρώσεις εκφράζονται σε meq/l.

Υπολογισμοί

Η συγκέντρωση των θεικών ιόντων υπολογίζεται βάσει του τύπου :

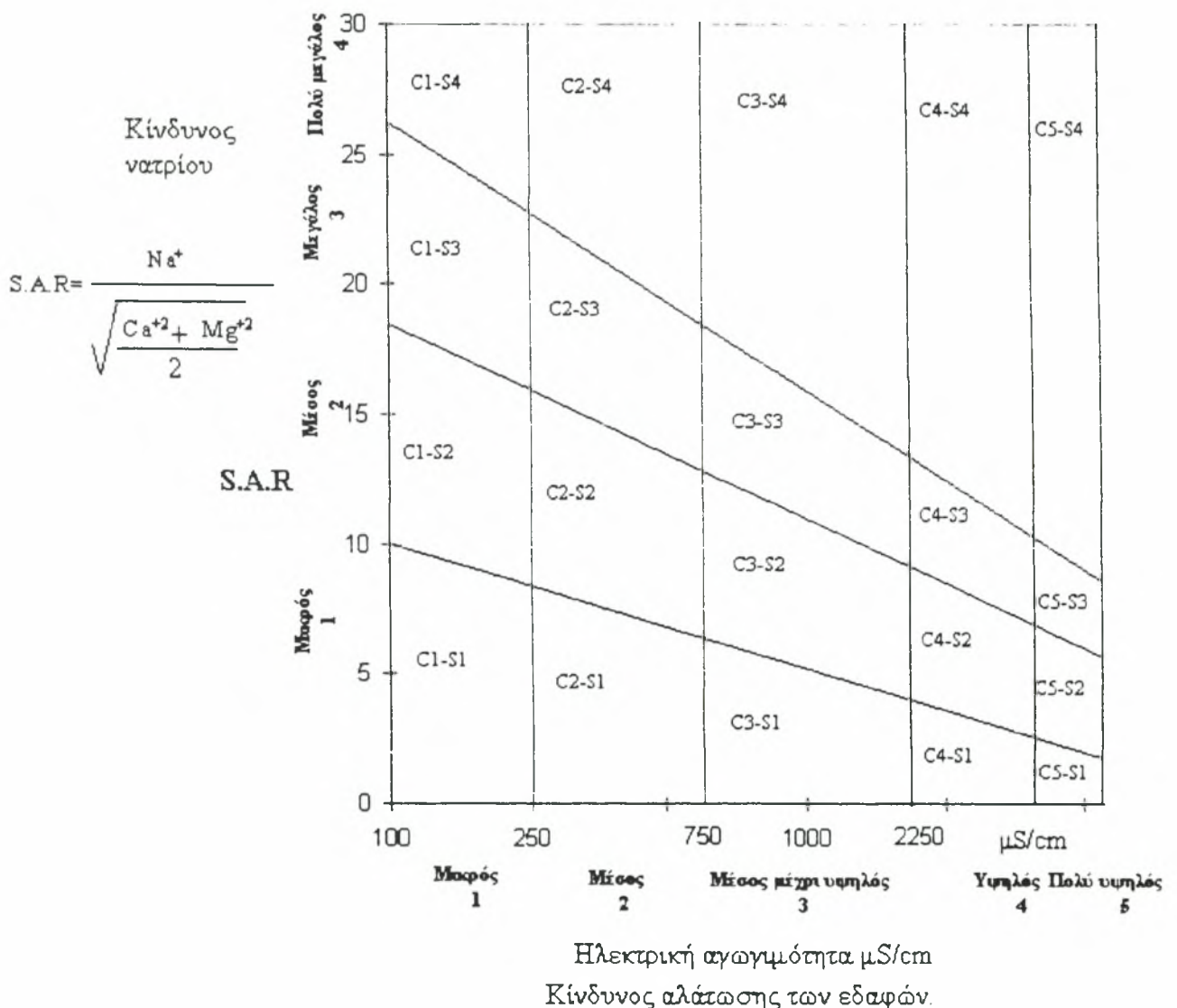
$$[\text{SO}_4^{-2}] (\text{meq/l}) = \{[\text{Ca}^{+2}] + [\text{Mg}^{+2}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+]\} - \{[\text{Cl}^-] + [\text{CO}_3^{-2}] + [\text{HCO}_3^-]\}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Το εργαστήριο Αλατούχων Εδαφών των ΗΠΑ κατατάσει την ποιότητα των αρδευτικών νερών με βάση τα διαλυτά άλατα σ' αυτά (Εικόνα 7). Σύμφωνα με την κατάταξη αυτή υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες αρδευτικών νερών (Πίνακας 2). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στις κατηγορίες αυτές κυμαίνεται ως κατωτέρω (Westcott, D.W. and Ayers, R.S., 1984, Ayers, R.S. and Westcott, D.W., 1976).



Εικόνα 7 : Κατάταξη των νερών άρδευσης με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την τιμή S.A.R. (Εργαστήριο αλατούχων εδαφών ΗΠΑ).

Πίνακας 2 : Κατηγορίες αρδευτικών νερών με βάση το κίνδυνο αλάτωσης των εδαφών.

E.C.w	Βαθμός προβλήματος.
<250 $\mu\text{S/cm}$	Πολύ μικρός κίνδυνος εναλάτωσης των εδαφών.
250 - 750 $\mu\text{S/cm}$	Μέτριος κίνδυνος εναλάτωσης των εδαφών.
750 - 2250 $\mu\text{S/cm}$	Σχετικά υψηλός κίνδυνος εναλάτωσης των εδαφών.
2250-4000 $\mu\text{S/cm}$	Υψηλός κίνδυνος εναλάτωσης των εδαφών.
>4000 $\mu\text{S/cm}$	Πολύ υψηλός κίνδυνος εναλάτωσης των εδαφών.

Ο ερευνητής Eaton, F.M.,(1950) και οι ερευνητές Wilxon, L.V. et al.,(1967) εισήγαγαν την έννοια του υπολειμματικού ανθρακικού νατρίου Residual Sodium Carbonate (R.S.C.) που υπολογίζεται ως εξής :

$$\text{R.S.C} = \{(\text{CO}_3^{-2}) + (\text{HCO}_3^{-})\} - \{(\text{Ca}^{+2}) + (\text{Mg}^{+2})\}$$

Όλες οι συγκεντρώσεις των ιόντων εκφράζονται σε meq/l. Στις περιπτώσεις που η διαφορά είναι αρνητική αυτό σημαίνει, ότι δεν υπάρχει υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο. Επομένως, το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο εκφράζει την επιπλέον συγκέντρωση των όξινων ανθρακικών ιόντων και ανθρακικών ιόντων του ασβεστίου και μαγνησίου. Οι ανωτέρω ερευνητές με βάση, το υπολειμματικό νάτριο κατατάσσουν τα νερά άρδευσης, όπως φαίνεται παρακάτω :

I) Όταν η συγκέντρωση του R.S.C στα νερά άρδευσης είναι πολύ μικρότερη της τιμής 1,25 meq/l (R.S.C<<1,25), τότε τα νερά αυτά δεν περιέχουν κίνδυνο υπολειμματικού ανθρακικού νατρίου.

II) Όταν η συγκέντρωση του R.S.C στα νερά άρδευσης είναι μικρότερη της τιμής 1,25 meq/l (R.S.C<1,25), τότε τα νερά αυτά περιέχουν λίγο υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο.

III) Όταν η συγκέντρωση του R.S.C στα νερά άρδευσης κυμαίνεται μεταξύ 1,25-2,5 meq/l ($1,25 < R.S.C < 2,5$), τότε τα νερά αυτά περιέχουν μέτριο υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο.

IV) Όταν η συγκέντρωση του R.S.C στα νερά άρδευσης είναι μεγαλύτερη της τιμής 2,5 meq/l ($R.S.C > 2,5$), τότε τα νερά αυτά περιέχουν πολύ υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο.

Με βάση την ανωτέρω κατάταξη τα νερά άρδευσης που περιέχουν υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 2,5 meq/l είναι ακατάλληλα για άρδευση καλλιεργειών. Τα νερά άρδευσης που περιέχουν υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο μεταξύ 1,25-2,5 meq/l θα προκαλέσουν στα αρδευόμενα φυτά σοβαρές ζημιές εξ' αιτίας της αύξησης του pH του εδάφους.



Οι ερευνητές Christiansen, et al, (1977), (Πίνακας 3) κατατάσσουν τα αρδευτικά νερά με βάση τις παραμέτρους :

- Ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C.w($dS \cdot m^{-1}$)
- Το επί τοις εκατό(%) ποσοστό νατρίου (βαθμός αλκαλίωσης νατρίου)

$$Na^+ (\%) = \frac{(Na^-)}{(Na^-) + (Ca^{2-}) + (Mg^{2-}) + (K^-)} \times 100$$

- Το S.A.R
- Το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο (R.S.C)
- Την συγκέντρωση χλωρίου και βορίου.

Πίνακας 3

Κατηγορίες ποιότητας αρδευτικών νερών	E.C.w dSm ⁻¹	Na ⁺ %	S.A.R	Na ₂ CO ₃ meq/l	Cl ⁻ meq/l	B meq/l
Άριστο	<0,5	<40	<3	<0,5	<3	<0,5
Καλό	0,5-1	40-60	3-6	0,5-1	3-6	0,5-1
Ανεκτό	1-2	60-70	6-9	1-2	6-10	1-2
Αμφίβολο	2-3	70-80	9-12	2-3	10-15	2-3
Επιβλαβές	3-4	80-90	12-15	3-4	15-20	3-4

Στον Πίνακα (Πίνακας 4) παρουσιάζεται η κατάταξη των αρδευτικών νερών σύμφωνα με τους Ayers and Westcot, (1976).

Πίνακας 4

Αρδευτικό πρόβλημα	Μονάδες	Βαθμός προβλήματος		
		Καμία επίπτωση	Μικρή μέχρι μέση επίπτωση	Μεγάλη επίπτωση
Αλατότητα E.C.w	dSm ⁻¹	<0,7	0,7 - 3	>3
Διαλυτά άλατα	mgr/l	<450	450 - 2000	>2000
" "	meq/l	<7	7- 30	>30
Διήθηση S.A.R=0-3 και E.C.w	dSm ⁻¹	>0,7	0,7-0,2	<0,2
3-6		>1,2	1,2-0,3	<0,3
6-12		>1,9	1,9-0,5	<0,5
12-20		>2,9	2,9-1,3	<1,3
20-40		>5	5-2,9	<2,9
Τοξικότητα ειδικών ιόντων Νάτριο Επιφανειακή άρδευση	S.A.R	<3	3-9	>9
Καταιονισμός	meq/l	<3	>3	
Χλώριο Επιφανειακή άρδευση	meq/l	<4	4-10	>10
Καταιονισμός	meq/l	<3	>3	
Βόριο	mgr/l	<0,7	0,7-3	>3
Διάφορες επιδράσεις Άζωτο (NO ₃ -N)	meq/l	<5	5- 30	>30
HCO ₃ ⁻	meq/l	<1,5	1,5-8,5	>8,5
pH Κανονικό επίπεδο 6,5-8,0				

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται πίνακες μετρήσεων για συγκεντρώσεις κατιόντων και ανιόντων στα δείγματα νερού που μετρήθηκαν.

(Πίνακας 5) :Συγκέντρωση κατιόντων (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+).

Πίνακας 5

Κωδικός δείγματος	Ca^{+2}		Mg^{+2}		Na^+		K^+	
	meq/l	ppm	meq/l	ppm	ppm	meq/l	ppm	meq/l
B1	7,30	146,00	5,20	63,23	125	5,43	1,70	0,04
B2	6,90	138,00	6,10	74,18	53	2,30	1,50	0,04
B3	5,00	100,00	4,40	53,50	98	4,26	1,40	0,04
B4	6,30	126,00	7,50	91,20	89	3,86	1,60	0,04
B5	7,10	142,00	7,40	89,98	193	8,39	1,70	0,04
B6	6,50	130,00	6,60	80,26	150	6,52	2,70	0,07
B7	5,50	110,00	3,40	41,34	162	7,04	2,50	0,06
B8	10,40	208,00	3,40	41,34	200	8,69	5,00	0,13
B9	3,80	76,00	5,60	68,10	88	3,82	7,60	0,19
B10	14,00	280,00	9,20	111,87	118	5,13	5,90	0,15
B11	6,40	128,00	6,00	72,96	132	5,73	6,40	0,16
B12	9,60	192,00	8,20	99,71	146	6,34	4,30	0,11
B13	8,20	164,00	8,00	97,28	143	6,21	4,80	0,12
B14	7,40	148,00	4,60	55,94	73	3,17	7,00	0,18
B15	18,00	360,00	12,00	145,92	880	38,26	25,00	0,64
B16	8,00	160,00	2,60	31,62	125	5,43	18,30	0,47
B17	6,40	128,00	7,60	92,42	584	25,39	13,70	0,35
B18	7,60	152,00	5,20	63,23	292	12,69	11,70	0,30
B19	5,20	104,00	6,80	82,69	25	1,08	1,20	0,03
B20	7,20	144,00	15,00	182,40	53	2,30	1,50	0,04
B21	8,40	168,00	11,40	138,62	380	16,52	11,70	0,30
B22	10,80	216,00	13,80	167,81	285	12,40	3,50	0,09
B23	9,60	192,00	7,00	85,12	61	2,65	2,60	0,07
B24	21,60	432,00	24,60	299,14	788	34,26	10,30	0,26
B25	12,60	252,00	2,20	26,75	55	2,40	1,70	0,04
B26	10,20	204,00	9,00	109,44	66	2,86	4,70	0,12
B27	7,60	152,00	3,00	36,48	140	6,08	10,30	0,26
B28	18,40	368,00	23,80	289,41	472	20,52	6,40	0,16
B29	20,20	404,00	26,80	325,89	264	11,47	3,30	0,08
B30	10,40	208,00	10,00	121,60	90	3,91	6,30	0,16
B31	6,40	128,00	8,40	102,14	41	1,78	9,70	0,25
B32	12,80	256,00	7,80	94,85	118	5,13	3,50	0,09
B33	9,00	180,00	5,80	70,53	480	20,86	17,00	0,44
B34	8,40	168,00	10,00	121,60	800	34,78	27,40	0,70
B35	8,20	164,00	12,00	145,92	368	16,00	3,30	0,08
B36	7,20	144,00	12,50	152,00	412	17,91	9,70	0,25
B37	9,00	180,00	9,80	119,17	170	7,39	2,80	0,07
B38	10,60	212,00	11,00	133,76	70	3,04	1,60	0,04
B39	15,00	300,00	11,80	143,49	89	3,86	3,30	0,08

B40	13,60	272,00	9,80	119,17	205	8,91	4,70	0,12
B41	5,80	116,00	6,20	75,39	180	7,82	11,70	0,30
B42	10,00	200,00	3,60	43,78	49	2,13	1,90	0,05
B43	19,00	380,00	3,00	36,48	143	6,21	9,70	0,25
B44	9,60	192,00	12,40	150,78	308	13,39	12,70	0,33
B45	7,80	156,00	9,00	109,44	584	25,39	21,40	0,55
B46	9,80	196,00	16,20	196,99	380	16,52	7,10	0,18
B47	4,80	96,00	9,20	111,87	193	8,39	4,30	0,11
B48	13,40	268,00	12,40	150,78	680	29,56	20,40	0,52
B49	8,20	164,00	2,40	29,18	162	7,04	5,90	0,15
B50	8,40	168,00	11,00	133,76	47	2,04	3,50	0,09
B51	6,00	120,00	8,20	99,71	28	1,21	1,30	0,03
B52	2,60	52,00	8,20	99,71	504	21,91	19,50	0,50
B53	2,80	56,00	7,40	89,98	90	3,91	0,90	0,02
B54	8,60	172,00	5,60	68,10	432	18,78	21,40	0,55
B55	7,40	148,00	2,80	34,05	19	0,82	0,50	0,01
B56	6,80	136,00	2,90	35,26	16	0,69	0,40	0,01
B57	8,00	160,00	4,00	48,64	32	1,39	0,60	0,02

(Πίνακας 6) : Συγκέντρωση ανιόντων (CO_3^{-2} , HCO_3^- , Cl , SO_4^{-2})

Πίνακας 6

Κωδικός δείγματος	CO_3^{-2}		HCO_3^-		Cl		SO_4^{-2}	
	meq/l	ppm	meq/l	ppm	meq/l	ppm	meq/l	ppm
B1	0,00	0,00	4,85	295,85	12,46	440,21	0,66	31,68
B2	0,00	0,00	4,20	256,20	9,70	342,70	1,44	69,12
B3	0,00	0,00	3,60	219,60	9,22	325,74	0,88	42,24
B4	0,00	0,00	4,69	286,09	10,96	387,22	2,05	98,4
B5	0,00	0,00	4,78	291,58	18,93	668,80	0	0
B6	0,00	0,00	3,96	241,56	18,19	642,65	0	0
B7	0,00	0,00	5,05	308,05	16,19	571,99	0	0
B8	0,00	0,00	4,32	263,52	15,20	537,02	3,1	148,8
B9	0,00	0,00	2,88	175,68	6,97	246,25	3,56	170,88
B10	0,00	0,00	4,78	291,58	9,71	343,05	13,99	671,52
B11	0,00	0,00	5,68	346,48	6,23	220,11	6,38	306,24
B12	0,00	0,00	6,49	395,89	10,96	387,22	6,8	326,4
B13	0,00	0,00	5,23	319,03	9,96	351,89	7,34	352,32
B14	0,00	0,00	4,06	247,60	6,97	246,25	4,32	207,36
B15	0,00	0,00	4,78	291,58	50,58	1786,99	13,54	649,92
B16	0,00	0,00	4,96	302,56	9,46	334,22	2,08	99,84
B17	0,00	0,00	5,68	346,48	25,66	906,57	8,4	403,2
B18	0,00	0,00	4,32	263,52	15,69	554,33	5,78	277,44
B19	0,00	0,00	5,52	336,72	1,99	70,31	5,6	268,8
B20	0,00	0,00	4,87	297,07	5,48	193,61	14,19	681,12
B21	0,00	0,00	8,83	538,63	18,44	651,49	9,35	448,8
B22	0,00	0,00	7,60	463,60	18,93	668,80	10,56	506,88
B23	0,00	0,00	5,59	340,99	9,22	325,74	4,51	216,48
B24	0,00	0,00	7,60	463,60	61,80	2183,39	11,32	543,36
B25	0,00	0,00	5,86	357,46	11,96	422,55	0	0
B26	0,00	0,00	6,30	384,30	7,22	255,08	8,66	415,68
B27	0,00	0,00	4,60	280,60	9,46	334,22	2,88	138,24
B28	0,00	0,00	9,38	572,18	26,91	950,73	26,59	1276,32
B29	0,00	0,00	6,58	401,38	26,16	924,23	25,81	1238,88
B30	0,00	0,00	3,51	214,11	13,20	466,36	7,76	372,48
B31	0,00	0,00	7,24	441,64	6,47	228,59	3,12	149,76
B32	0,00	0,00	6,41	391,01	13,45	475,19	5,96	286,08
B33	0,00	0,00	5,77	351,97	24,42	862,76	5,91	283,68
B34	0,00	0,00	7,75	472,75	41,61	1470,08	4,52	216,96
B35	0,00	0,00	8,29	505,69	15,20	537,02	12,79	613,92
B36	0,00	0,00	8,56	522,16	17,60	621,81	11,7	561,6
B37	0,00	0,00	5,50	335,50	13,70	484,02	7,06	338,88
B38	0,00	0,00	5,77	351,97	7,47	263,92	11,44	549,12
B39	0,00	0,00	5,95	362,95	14,20	501,69	10,59	508,32
B40	0,00	0,00	8,38	511,18	13,95	492,85	10,1	484,8
B41	0,00	0,00	5,68	346,48	10,71	378,38	3,73	179,04
B42	0,00	0,00	5,41	330,01	4,23	149,45	6,14	294,72
B43	0,00	0,00	3,87	236,07	16,94	598,49	7,65	367,2
B44	0,00	0,00	6,58	401,38	14,70	519,35	14,44	693,12
B45	0,00	0,00	6,67	406,87	30,15	1065,20	5,92	284,16
B46	0,00	0,00	8,02	489,22	14,20	501,69	20,48	983,04
B47	0,00	0,00	6,40	390,40	6,97	246,25	9,13	438,24

B48	0,00	0,00	6,49	395,89	38,30	1353,14	11,09	532,32
B49	0,00	0,00	6,67	406,87	9,22	325,74	1,9	91,2
B50	0,00	0,00	5,14	313,54	5,98	211,27	10,41	499,68
B51	0,00	0,00	6,76	412,36	4,23	149,45	4,45	213,6
B52	0,00	0,00	7,75	472,75	24,91	880,07	0,55	26,4
B53	0,00	0,00	7,03	428,83	5,98	211,27	1,12	53,76
B54	0,00	0,00	7,57	461,77	21,92	774,43	4,04	193,92
B55	0,00	0,00	4,23	258,03	4,73	167,11	2,07	99,36
B56	0,00	0,00	5,05	308,05	5,73	202,44	0	0
B57	0,00	0,00	6,04	368,44	4,98	175,94	2,39	114,72

Υπολογισμός παραμέτρων [S.A.R, Βαθμός αλκαλίωσης νατρίου, Βαθμός αλκαλίωσης μαγνησίου, Υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο(R.S.C).]

Το S.A.R υπολογίζεται από το παρακάτω τύπο (οι συγκεντρώσεις σε meq/l).

$$S.A.R = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{+2}] + [Mg^{+2}]}{2}}}$$

Ο βαθμός αλκαλίωσης νατρίου υπολογίζεται από το παρακάτω τύπο (οι συγκεντρώσεις σε meq/l).

$$\text{Βαθμός αλκαλίωσης νατρίου} = \frac{[Na^+]}{[Ca^{+2}] + [Mg^{+2}] + [Na^+]} \times 100$$

Ο βαθμός αλκαλίωσης μαγνησίου υπολογίζεται από το παρακάτω τύπο (οι συγκεντρώσεις σε meq/l).

$$\text{Βαθμός αλκαλίωσης μαγνησίου} = \frac{[Mg^{+2}]}{[Ca^{+2}] + [Mg^{+2}] + [Na^+]} \times 100$$

Το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο (R.S.C) υπολογίζεται από τον τύπο (οι συγκεντρώσεις σε meq/l).

$$\text{Υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο} = [(CO_2^{-2}) + (HCO_3^{-})] - [(Ca^{+2}) + (Mg^{+2})]$$

Πίνακας (Πίνακας 7.) μετρήσεων του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας καθώς και για τις παραμέτρους : S.A.R, Βαθμός αλκαλίωσης νατρίου, Βαθμός αλκαλίωσης μαγνησίου, Υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο(R.S.C),

Πίνακας 7

Κωδικός δείγματος	E.C.w μS/cm	PH	SAR	Βαθμός αλκαλίωσης Na %	Βαθμός αλκαλίωσης Mg %	Υπολειμματικό ανθρακικό Na(R.S.C.) meq/l
B1	2780	7,0	2,17	30,28	29,00	-7,65
B2	1554	7,1	0,90	15,03	39,87	-8,80
B3	1090	7,4	1,96	31,19	32,21	-5,80
B4	1767	6,9	1,47	21,86	42,47	-9,11
B5	4070	6,9	3,12	36,65	32,33	-9,72
B6	3245	6,9	2,55	33,23	33,64	-9,14
B7	3288	6,7	3,34	44,17	21,33	-3,85
B8	2313	7,7	3,31	38,64	15,12	-9,48
B9	1140	8,2	1,76	28,90	42,36	-6,52
B10	2643	7,0	1,51	18,11	32,47	-18,42
B11	1519	6,9	2,30	31,61	33,09	-6,72
B12	2084	6,8	2,13	26,26	33,97	-11,31
B13	1670	6,8	2,18	27,71	35,70	-10,97
B14	1295	6,8	1,29	20,90	30,32	-7,94
B15	7650	6,8	9,88	56,05	17,58	-25,22
B16	1637	6,1	2,36	33,87	16,22	-5,64
B17	4006	7,1	9,60	64,46	19,29	-8,32
B18	2763	6,9	5,02	49,78	20,40	-8,48
B19	865	7,4	0,44	8,26	51,99	-6,48
B20	1291	7,1	0,69	9,39	61,22	-17,33
B21	3445	6,8	5,25	45,48	31,39	-10,97
B22	3295	6,6	3,54	33,51	37,30	-17,00
B23	1770	6,8	0,92	13,77	36,36	-11,01
B24	7980	6,5	7,13	42,58	30,57	-38,60
B25	2322	6,8	0,88	13,95	12,79	-8,94
B26	1731	6,5	0,92	12,96	40,80	-12,90
B27	1457	7,2	2,64	36,45	17,99	-6,00
B28	5500	6,6	4,47	32,72	37,95	-32,82
B29	5075	6,7	2,37	19,62	45,84	-40,42
B30	2032	6,9	1,22	16,08	41,14	-16,89
B31	1100	6,9	0,65	10,74	50,66	-7,56
B32	2760	6,8	1,60	19,94	30,31	-14,19
B33	2625	7,2	7,67	58,50	16,26	-9,03
B34	5635	7,0	11,47	65,40	18,80	-10,65
B35	3326	7,1	5,03	44,20	33,15	-11,91
B36	4015	6,7	5,71	47,62	33,24	-11,14
B37	2332	6,6	2,41	28,22	37,42	-13,30
B38	1831	6,9	0,93	12,34	44,64	-15,83
B39	2875	6,7	1,05	12,59	38,49	-20,85
B40	2520	7,2	2,60	27,58	30,33	-15,02
B41	1597	7,2	3,19	39,46	31,28	-6,32
B42	955	7,0	0,82	13,54	22,89	-8,19
B43	2413	6,9	1,87	22,01	10,63	-18,13
B44	3049	6,9	4,04	37,84	35,04	-15,42
B45	4460	7,0	8,76	60,18	21,33	-10,13

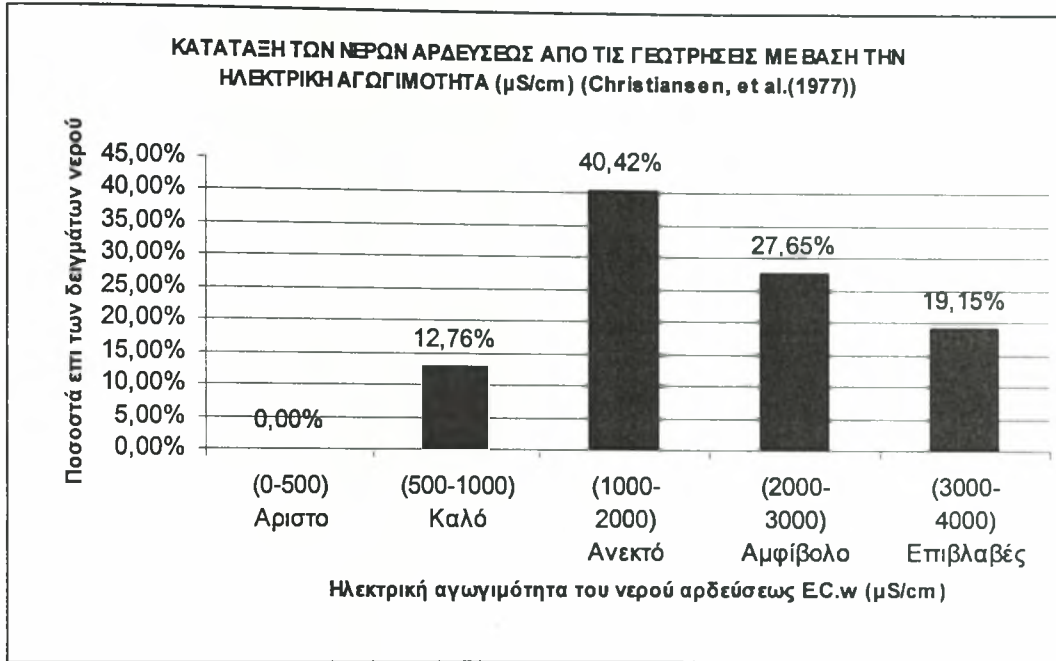
B46	3221	7,0	4,58	38,85	38,10	-17,98
B47	1644	7,8	3,17	37,47	41,09	-7,60
B48	5554	7,1	8,23	53,40	22,40	-19,31
B49	1710	7,0	3,06	39,91	13,61	-3,93
B50	1317	7,3	0,66	9,51	51,31	-14,26
B51	698	6,9	0,45	7,85	53,21	-7,44
B52	3855	6,7	9,43	66,98	25,07	-3,05
B53	1160	7,3	1,73	27,71	52,45	-3,17
B54	3480	7,1	7,05	56,94	16,98	-6,63
B55	752	7,2	0,36	7,44	25,41	-5,97
B56	650	7,1	0,31	6,64	27,91	-4,65
B57	840	6,8	0,57	10,38	29,87	-5,96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

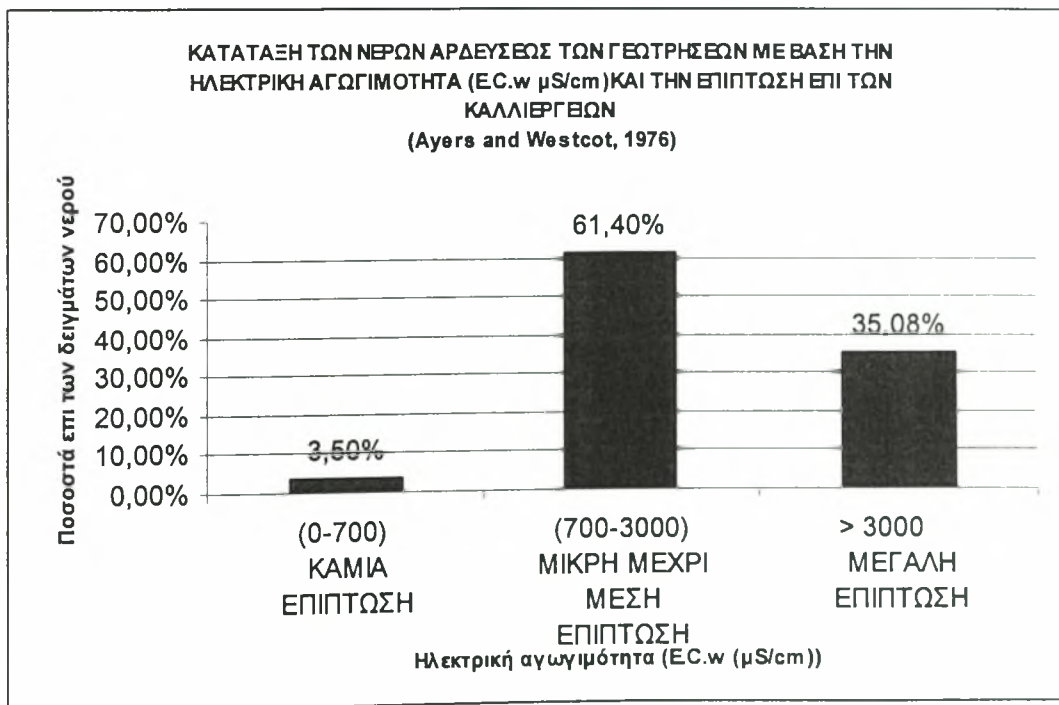
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Ποιοτική κατάταξη των νερών αρδεύσεως των γεωτρήσεων

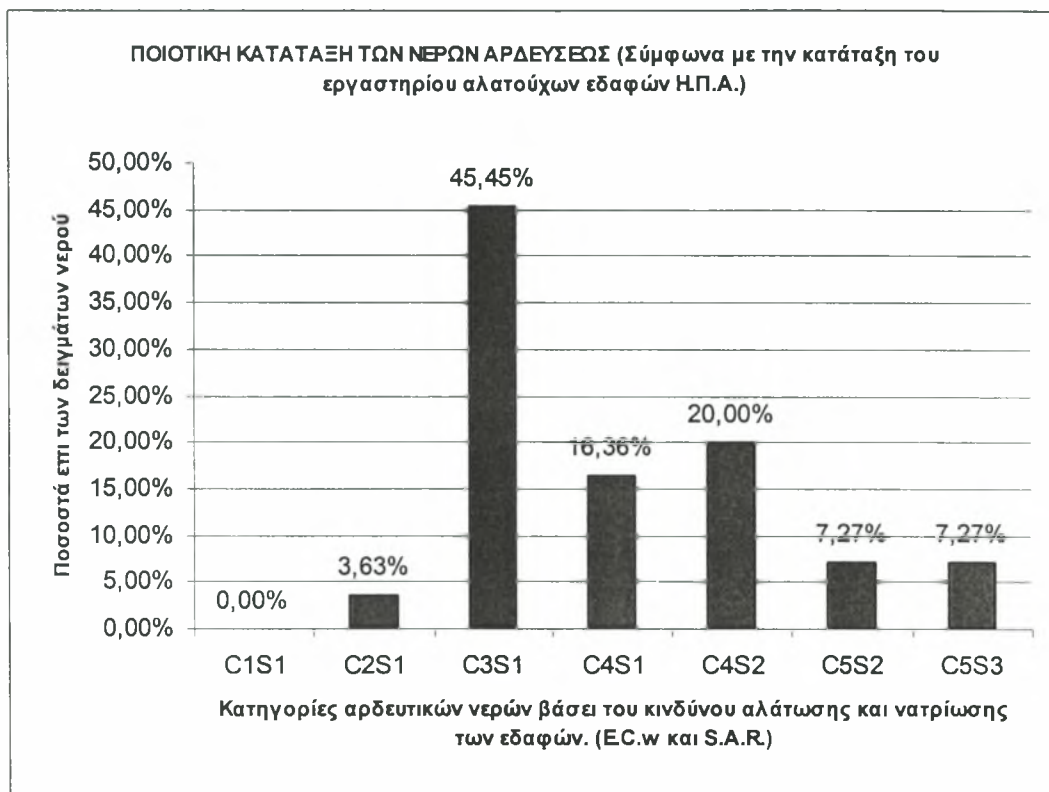
Διάγραμμα 1



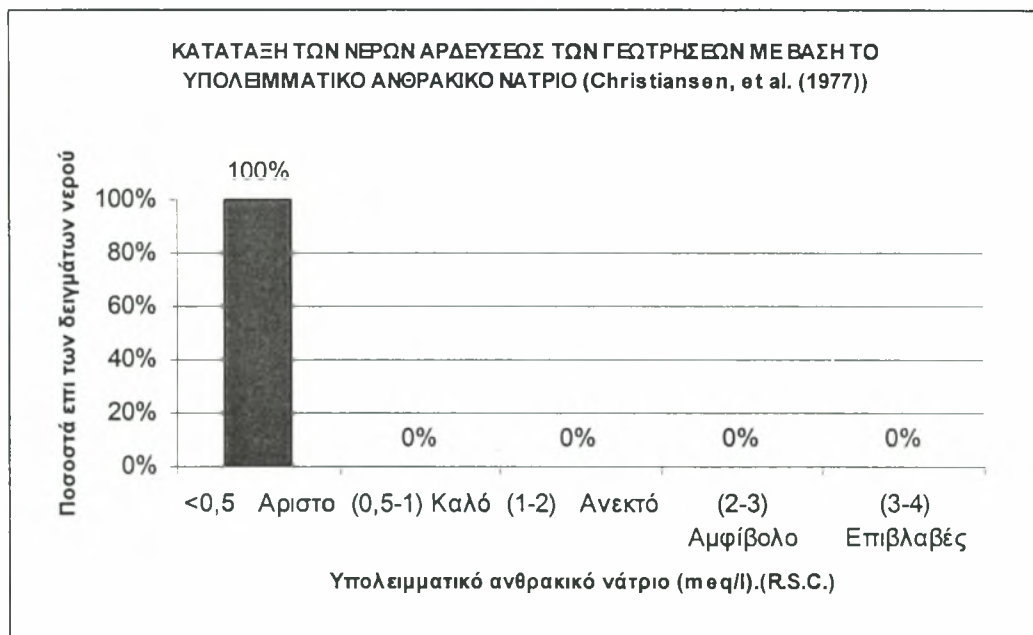
Διάγραμμα 2



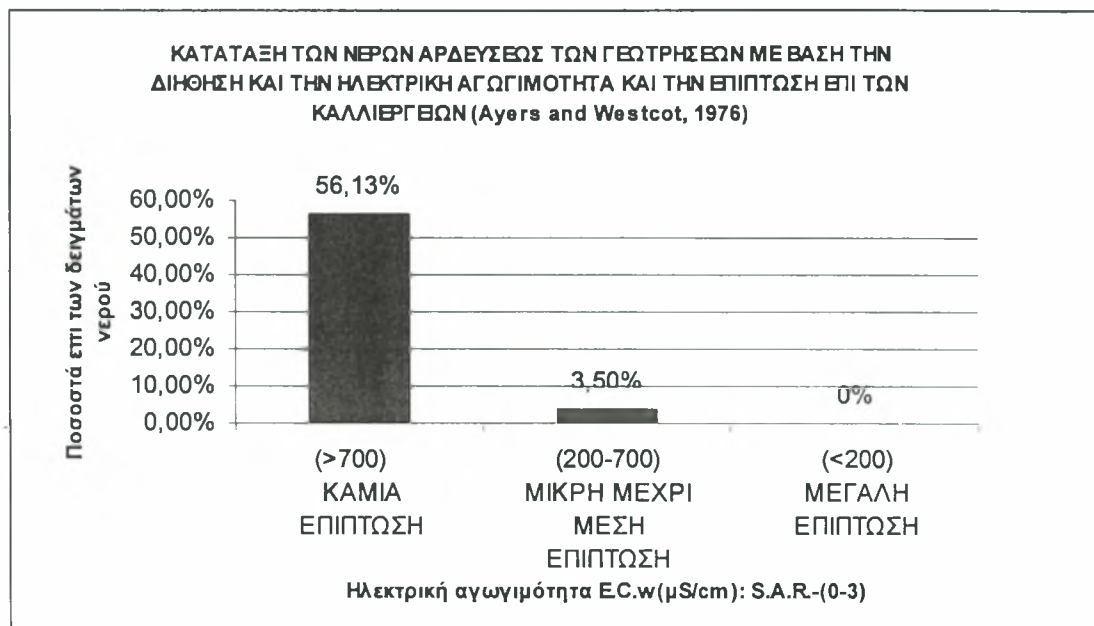
Διάγραμμα 3



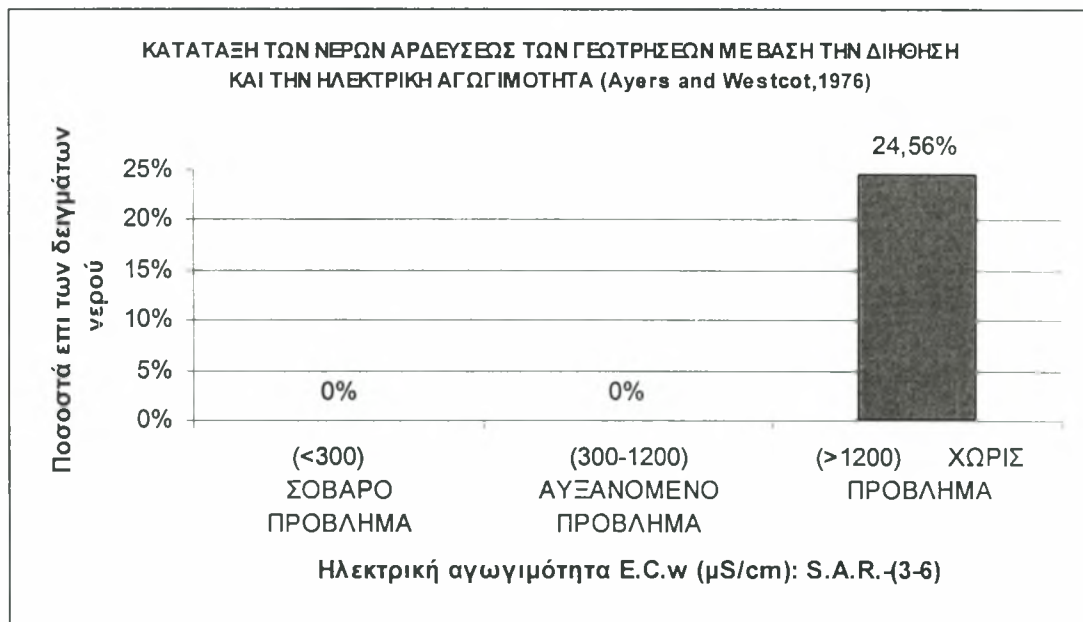
Διάγραμμα 4



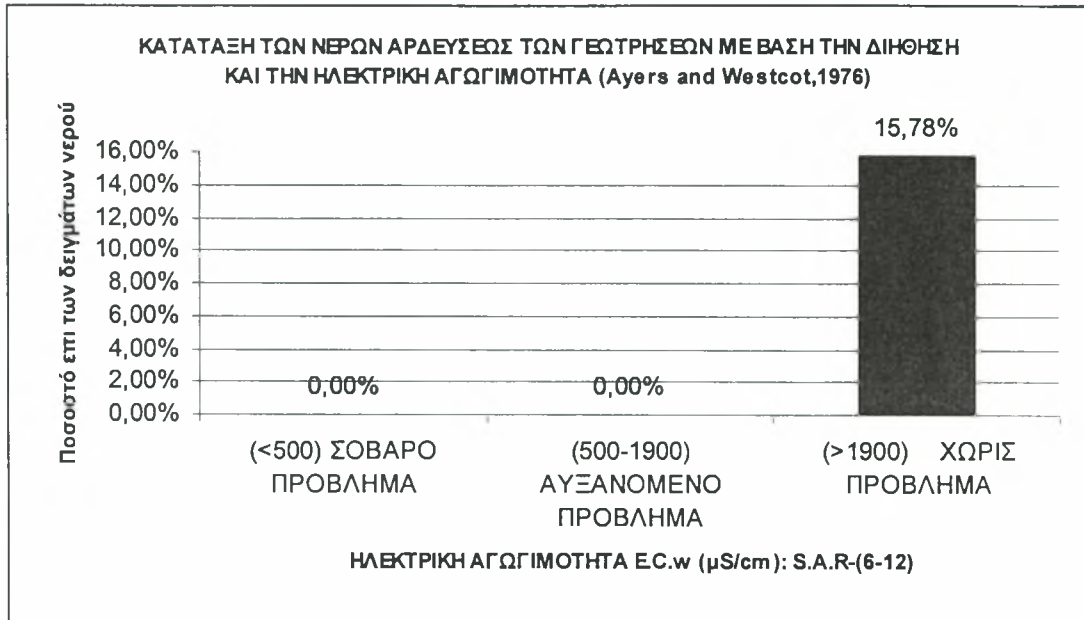
Διάγραμμα 5



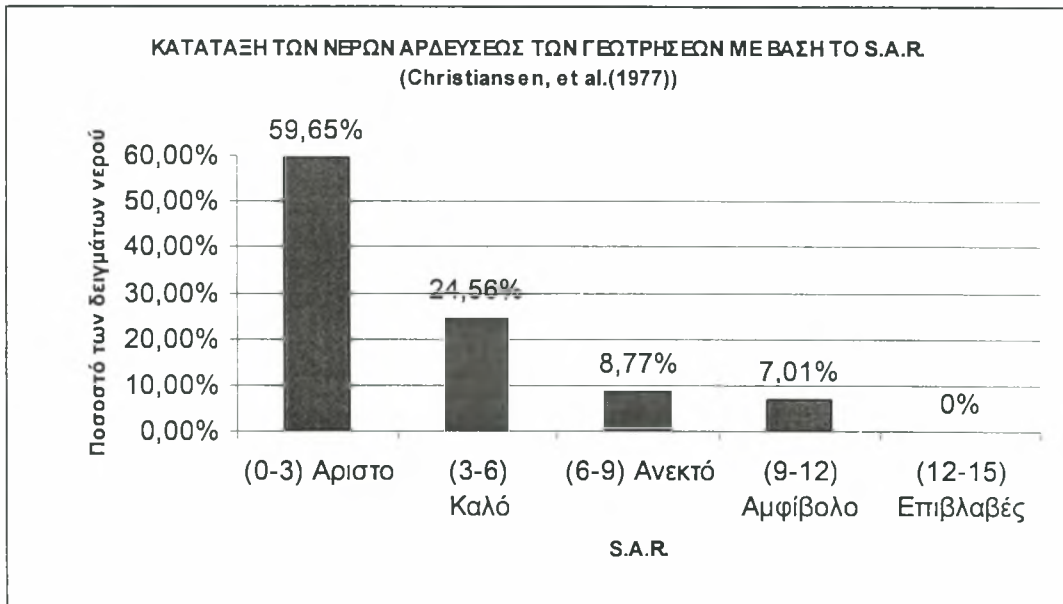
Διάγραμμα 6



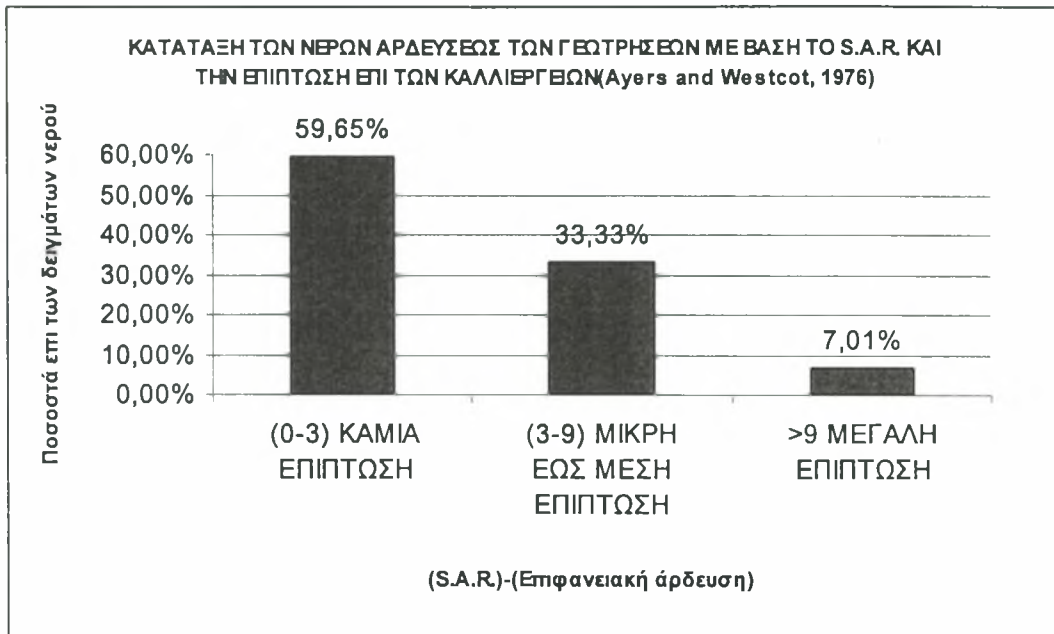
Διάγραμμα 7



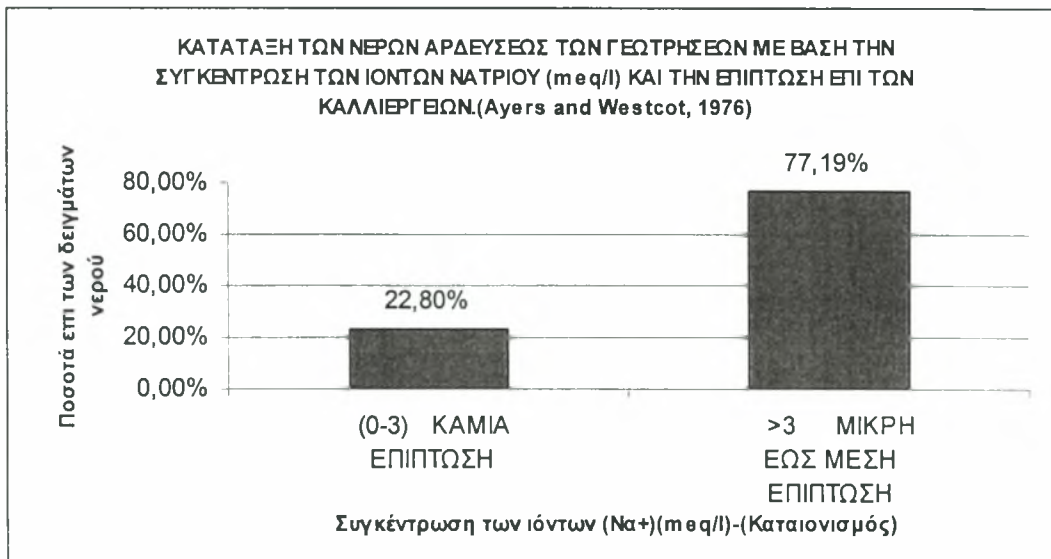
Διάγραμμα 8



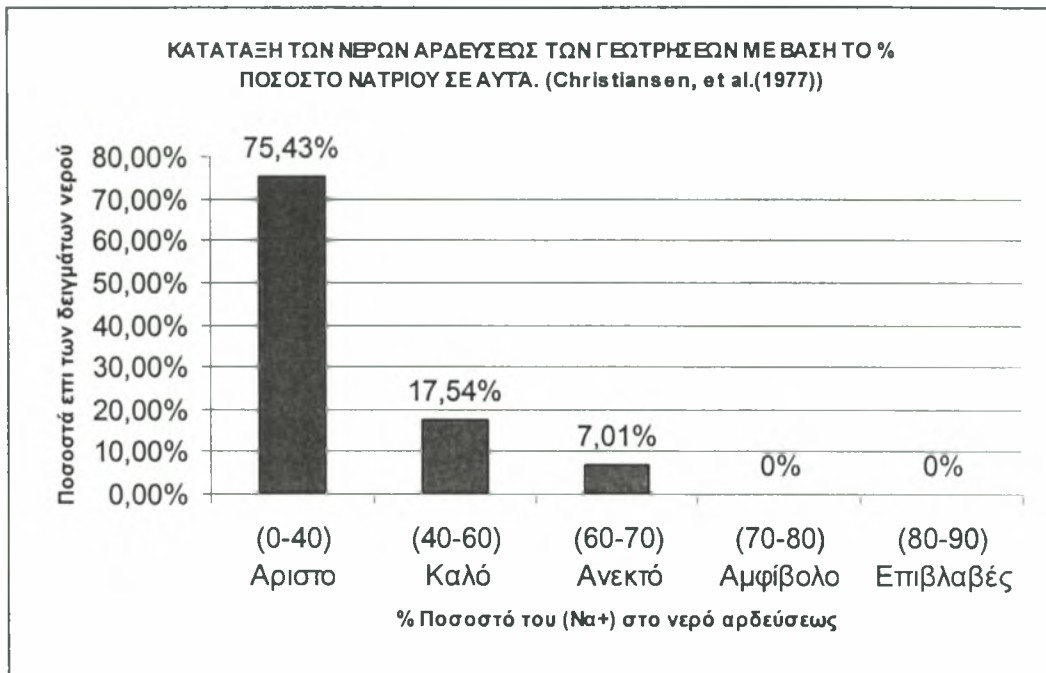
Διάγραμμα 9



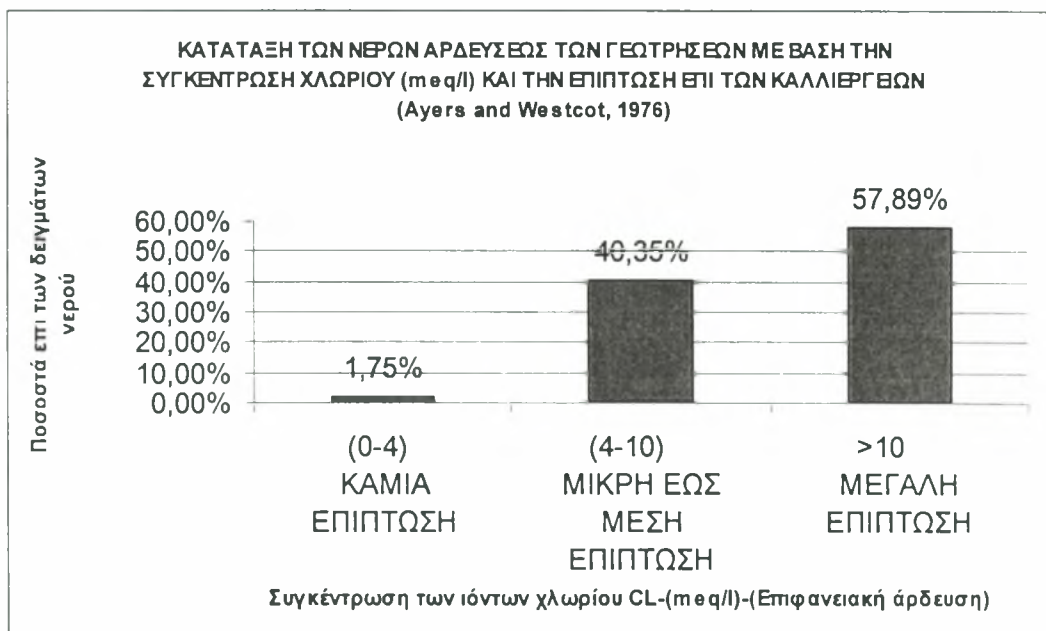
Διάγραμμα 10



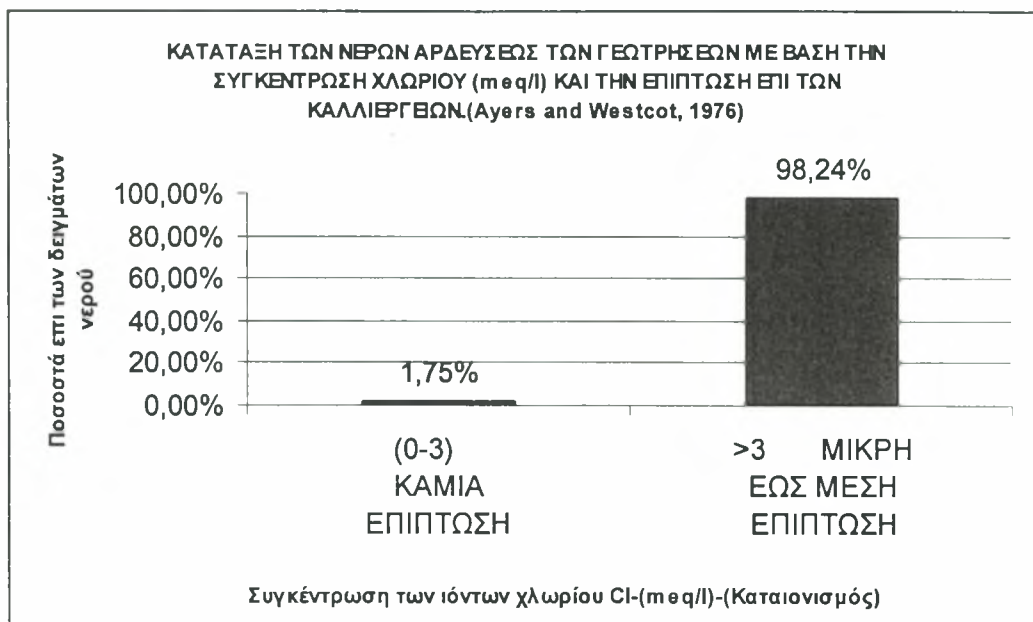
Διάγραμμα 11



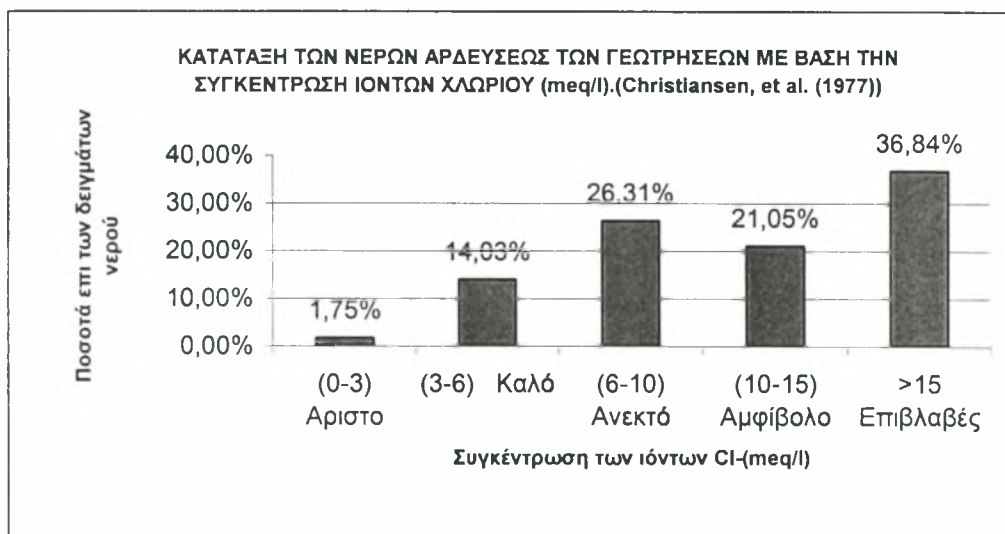
Διάγραμμα 12



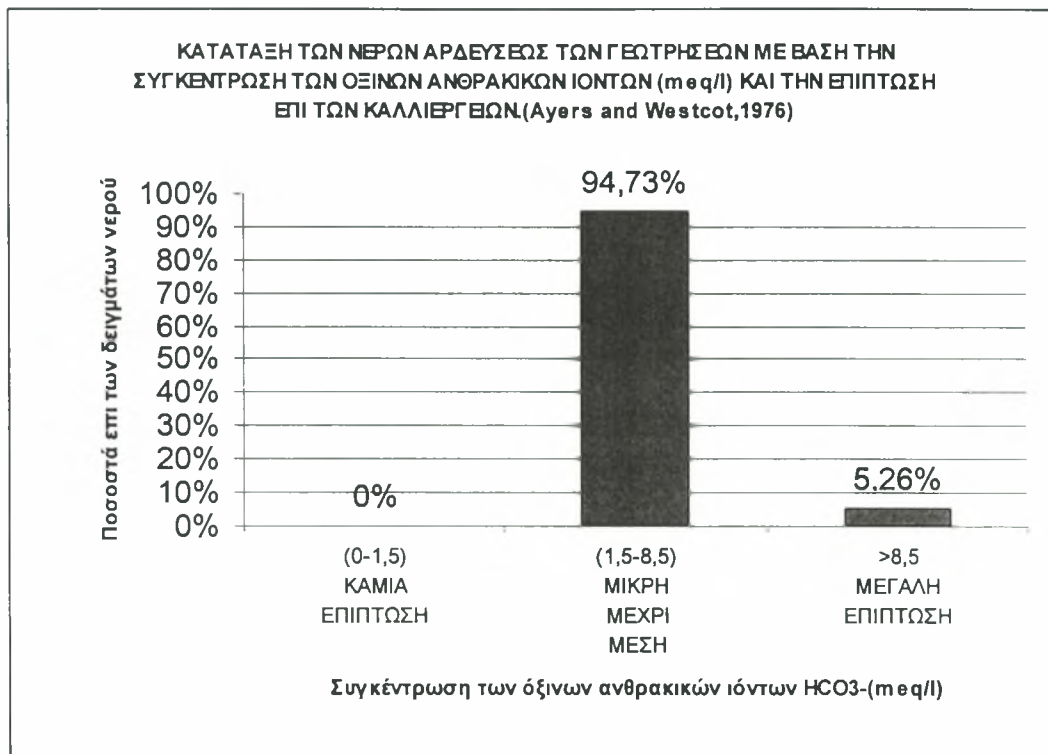
Διάγραμμα 13



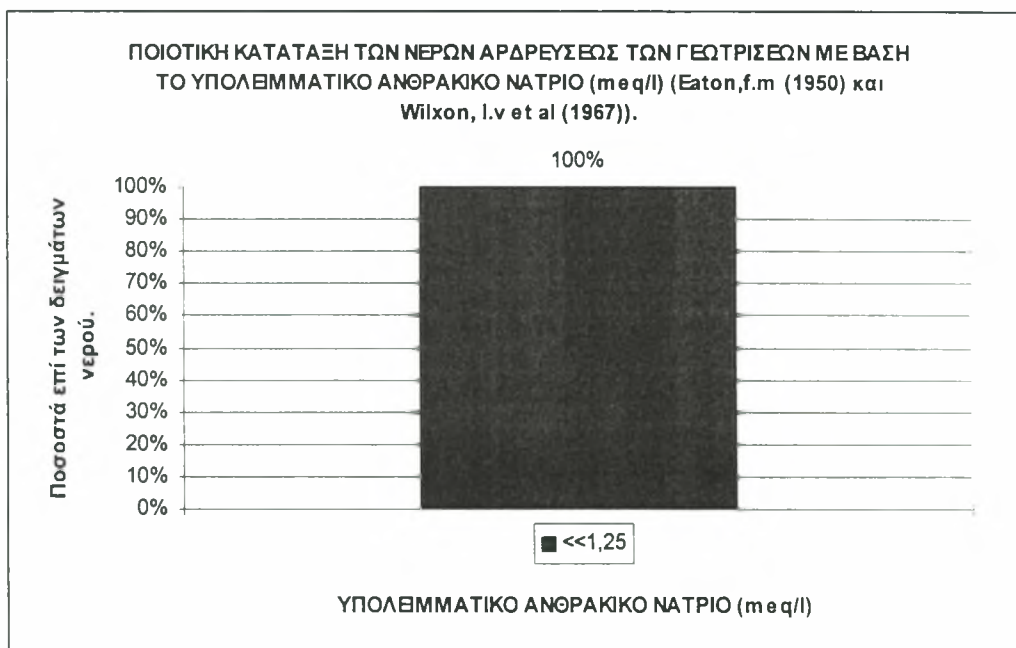
Διάγραμμα 14



Διάγραμμα 15



Διάγραμμα 16



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η κατάταξη των νερών αρδεύσεως σύμφωνα με τους [Christiansen et al (1977)] (πίνακας 3) και με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα, έχει ως εξής: (Διάγραμμα 1) το 12,76% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Καλό** (500-1000 μ S/cm), 40,42% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Ανεκτό** (1000-2000 μ S/cm), 27,65% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Αμφίβολο** (2000 – 3000 μ S/cm), 19,15% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Επιβλαβές** (3000 – 4000 μ S/cm).

Κατηγορία	Ποσοστά (%)
Καλό	12,76
Ανεκτό	40,42
Αμφίβολο	27,65
Επιβλαβές	19,15

Η κατάταξη των νερών άρδευσης σύμφωνα με τους [Ayers and Westcot, (1976)], (Πίνακας 4) και με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα έχει ως εξής: (Διάγραμμα 2) το 3,50% των δειγμάτων έχουμε **Καμιά επίπτωση** (0 – 700 μ S/cm), το 61,40% των δειγμάτων έχουμε **Μικρή μέχρι μέση επίπτωση** (700 – 3000 μ S/cm), το 35,08% των δειγμάτων έχουμε **Μεγάλη επίπτωση** (> 3000 μ S/cm).

Κατηγορία	Ποσοστά (%)
Καμιά	3,50
Μικρή μέχρι μέση περίπτωση	61,40
Μεγάλη επίπτωση	35,08

Η κατάταξη των νερών αρδεύσεως σύμφωνα με το εργαστήριο αλατούχων εδαφών των Η.Π.Α. (Εικόνα 7) (Πίνακας 2) έχει ως εξής: (Διάγραμμα 3)

το 3,63% ανήκει στην κατηγορία C2S1, που σημαίνει ότι ο κίνδυνος αλάτωσης των εδαφών είναι μέσος και ο κίνδυνος νατρίου μικρός.

Το 45,45% ανήκει στην κατηγορία C3S1, δηλαδή ο κίνδυνος αλάτωσης των εδαφών είναι μέσος μέχρι υψηλός και ο κίνδυνος νατρίου μικρός.

Το 16,36% ανήκει στην κατηγορία C4S1, όπου ο κίνδυνος αλάτωσης είναι υψηλός και ο κίνδυνος νατρίου μικρός. Ένα 20% ανήκει στην κατηγορία C4S2, όπου ο κίνδυνος αλάτωσης των εδαφών είναι υψηλός και ο κίνδυνος αλάτωσης είναι πολύ υψηλός και ο κίνδυνος νατρίου μέσος. Ένα 7,27% ανήκει στην κατηγορία C5S2 όπου ο κίνδυνος αλάτωσης είναι πολύ υψηλός και ο κίνδυνος νατρίου μέσος.

Τέλος, ένα 7,27% ανήκει στην κατηγορία C5S3, όπου ο κίνδυνος αλάτωσης είναι πολύ υψηλός και ο κίνδυνος νατρίου μεγάλος.

Κατηγορία	Ποσοστά (%)
C2S1	3,63
C3S1	45,45
C4S1	16,36
C4S2	20
C5S2	7,27
C5S3	7,27

Με βάση το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο (Διάγραμμα 4) το σύνολο των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Άριστο** (R.S.C. <0,5).

Με βάση την διήθηση και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (S.A.R. 0-3) (Διάγραμμα 5) το 56,13% δεν έχουμε **Καμία** επίπτωση ($>700\mu\text{S}/\text{cm}$], το 3,50% έχουμε **Μικρή** μέχρι **μέση** επίπτωση ($200 - 700\mu\text{S}/\text{cm}$).

Κατηγορία	Ποσοστά (%)
Μικρή μέχρι μέση επίπτωση	3,50
Καμία επίπτωση	56,13

Με βάση την διήθηση και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (S.A.R. 3-6) (Διάγραμμα 6) το σύνολο των δειγμάτων (24,56%) δεν έχουμε καμία επίπτωση (> 1200μS/cm).

Με βάση την διήθηση και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (S.A.R. 6-12) (Διάγραμμα 7) το σύνολο των δειγμάτων (15,78%) δεν έχουμε καμία επίπτωση (>1900μS/cm).

Με βάση το S.A.R. (Διάγραμμα 8) το 59,65% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Άριστο** (0-3), το 24,56% στην κατηγορία **Καλό** (3-6), το 8,77% στην κατηγορία **Ανεκτό** (6-9) και το 7,01% στην κατηγορία **Αμφίβολο** (9-12).

Κατηγορία	Ποσοστά (%)
Άριστο	99,65
Καλό	24,56
Ανεκτό	8,77
Αμφίβολο	7,01

Με βάση το S.A.R. (Επιφανειακή άρδευση) (Διάγραμμα 9) το 59,65% των δειγμάτων δεν έχουμε **Καμία** επίπτωση (0-3), το 33,33% των δειγμάτων έχουμε **Μικρή** μέχρι μέση επίπτωση (3-9) και το 7,01% των δειγμάτων έχουμε **Μεγάλη** επίπτωση (>9).

Κατηγορία	Ποσοστά (%)
Καμία επίπτωση	59,65
Μικρή μέχρι μέση επίπτωση	33,33
Μεγάλη επίπτωση	7,02

Με βάση την συγκέντρωση των ιόντων νατρίου (Καταιονισμός) (Διάγραμμα 10) το 22,80% των δειγμάτων, δεν έχουμε **Καμία** επίπτωση (0-3meq/l) και το 77,19% των δειγμάτων έχουμε **Μικρή μέχρι μέση** επίπτωση (3>meq/l).

Κατηγορία	Ποσοστά (%)
Καμία επίπτωση	22,80
Μικρή μέχρι μέση επίπτωση	77,19

Με βάση το ποσοστό νατρίου (Διάγραμμα 11) το 75,43% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία **Άριστο** (0-40%), το 17,54% των δειγμάτων στην κατηγορία **Καλό** (40-60%) και το 7,01% των δειγμάτων στην κατηγορία **Ανεκτό** (60-70%).

Κατηγορία	Ποσοστά (%)
Άριστο	75,43
Καλό	17,54
Ανεκτό	7,01

Με βάση την συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου (Επιφανειακή άρδευση) (Διάγραμμα 12) το 1,75% των δειγμάτων δεν έχουμε **Καμία** επίπτωση (0-4meq/l), το 40,35% των δειγμάτων έχουμε **Μικρή μέχρι μέση** επίπτωση (4-10meq/l), το 57,89% των δειγμάτων έχουμε **Μεγάλη** επίπτωση (>10meq/l).

Κατηγορία	Ποσοστά (%)
Καμία επίπτωση	1,75
Μικρή μέχρι μέση επίπτωση	49,35
Μεγάλη επίπτωση	57,89

Με βάση την συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου (Καταιονισμός) (Διάγραμμα 13) το 1,75% των δειγμάτων δεν έχουμε **Καμία** επίπτωση (0-3meq/l) και το 98,24% των δειγμάτων έχουμε **Μικρή μέχρι μέση** επίπτωση (>3meq/l).

Κατηγορία	Ποσοστά (%)
Καμία επίπτωση	1,75
Μικρή μέχρι μέση επίπτωση	98,24

Με βάση την συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου στο νερό άρδευσης (Διάγραμμα 14) το 1,75% των δειγμάτων στην κατηγορία **Άριστο** (0 – 4meq/l), το 14,03% των δειγμάτων στην κατηγορία **Καλό** (3 – 6meq/l), το 26,31% των δειγμάτων στην κατηγορία **Ανεκτό** (6 – 10meq/l), το 21,05% των δειγμάτων στην κατηγορία **Αμφίβολο** και το 36,84% των δειγμάτων στην κατηγορία **Επιβλαβές** (>15meq/l).

Κατηγορία	Ποσοστά (%)
Άριστο	1,75
Καλό	14,03
Ανεκτό	26,31
Αμφίβολο	21,05
Επιβλαβές	36,84

Με βάση την συγκέντρωση όξινων ανθρακικών ιόντων (Διάγραμμα 15) το 94,73% των δειγμάτων προκαλεί **Μικρή μέχρι μέση επίπτωση** (1,5 - 8,5meq/l) και το 5,26% προκαλεί **Μεγάλη επίπτωση** (>8,5meq/l).

Κατηγορία	Ποσοστά (%)
Μικρή μέχρι Μέση επίπτωση	94,73
Μεγάλη επίπτωση	5,26

Η κατάταξη των νερών αρδύσεως με βάση το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο (R.S.C.) [(Eaton, F.M., (1950) και Wilxon, L.V. et al, (1967)] έχει ως εξής: (Διάγραμμα 16). Το σύνολο των δειγμάτων (100%) ανήκει στην κατηγορία I R.S.C<<1,25 που σημαίνει ότι τα νερά δεν περιέχουν κίνδυνο υπολειμματικού ανθρακικού νατρίου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

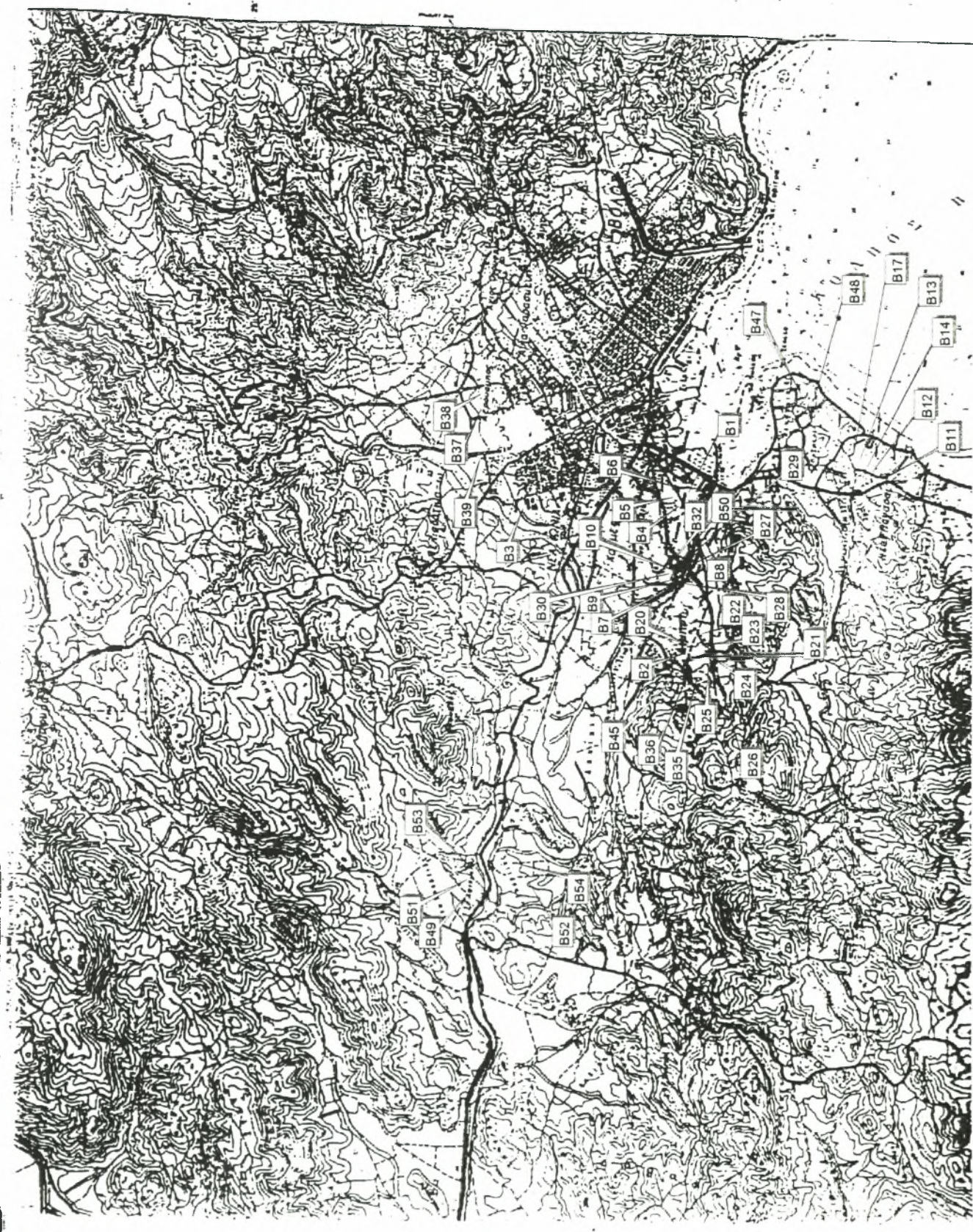
Το παράρτημα που ακολουθεί εμπεριέχει πίνακα που παρουσιάζει τον κωδικό κάθε δείγματος, την αντίστοιχη περιοχή δειγματοληψίας και το επώνυμο του παραγωγού.

Ακολουθεί χάρτης όπου απεικονίζονται οι αντίστοιχες γεωτρήσεις.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΕΠΩΝΥΜΟ
B1	ΛΑΜΙΑ	ΚΟΝΤΟΒΑΣ
B2	ΔΙΜΗΝΙ	ΣΑΛΟΥΧΟΣ
B3	ΦΥΤΟΚΟ	Ι.Π.Φ.Β.
B4	ΛΑΜΙΑ	ΓΚΟΥΓΚΟΣ
B5	ΛΑΜΙΑ	ΤΕΖΑΣ
B6	ΛΑΜΙΑ	ΤΑΚΤΙΚΟΣ
B7	ΝΕΑΠΟΛΗ	ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ
B8	ΛΑΜΙΑ	ΠΑΣΙΟΥΔΗΣ
B9	ΝΕΑΠΟΛΗ	ΜΠΑΝΙΑΣ
B10	ΝΕΑΠΟΛΗ	ΑΡΓΥΡΑΚΗΣ
B11	ΝΕΑ ΠΑΓΑΣΑΙ	ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ
B12	ΝΕΑ ΠΑΓΑΣΑΙ	ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ
B13	ΝΕΑ ΠΑΓΑΣΑΙ	ΣΙΓΑΝΟΣ
B14	ΝΕΑ ΠΑΓΑΣΑΙ	ΚΑΤΡΑΓΙΑΝΝΙΣΑΚΗΣ
B15	ΠΡΟΦΗΤΗ ΗΛΙΑ	ΜΑΥΡΟΓΙΑΝΝΗΣ
B16	ΑΛΥΓΑΡΟΡΕΜΑ	ΜΑΝΙΑΔΑΚΗΣ
B17	ΝΕΑ ΠΑΓΑΣΑΙ	ΘΑΝΟΠΟΥΛΟΥ
B18	ΑΛΥΓΑΡΟΡΕΜΑ	ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ
B19	ΒΕΛΕΣΤΙΝΟ	ΣΑΒΒΑΝΑΚΗΣ

B20	ΔΙΜΗΝΙ	ΜΠΑΝΙΑΣ
B21	ΔΙΜΗΝΙ	ΓΑΒΡΙΝΙΩΤΗΣ
B22	ΔΙΜΗΝΙ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΑΣ
B23	ΔΙΜΗΝΙ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΑΣ
B24	ΔΙΜΗΝΙ	ΓΙΑΛΑΜΑΣ
B25	ΔΙΜΗΝΙ	ΓΑΛΛΟΣ
B26	ΔΙΜΗΝΙ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΑΣ
B27	ΣΑΜΠΑΝΑΓΑ	ΜΠΙΤΣΙΟΣ
B28	ΣΑΜΠΑΝΑΓΑ	ΜΠΙΤΣΙΟΣ
B29	ΣΑΜΠΑΝΑΓΑ	ΤΣΑΚΑΝΙΚΑΣ
B30	ΣΑΜΠΑΝΑΓΑ	ΠΑΝΑΓΟΣ
B31	ΒΕΛΕΣΤΙΝΟ	ΚΑΝΤΟΛΑΣ
B32	ΝΕΑΠΟΛΗ	ΚΑΝΤΟΛΑΣ
B33	ΑΛΥΓΑΡΟΡΕΜΑ	ΓΑΛΑΤΣΙΔΑΣ
B34	ΧΟΥΝΕΣ	ΛΑΜΠΡΟΥ
B35	ΔΙΜΗΝΙ	ΛΑΜΠΡΟΥ
B36	ΔΙΜΗΝΙ	ΛΑΜΠΡΟΥ
B37	ΞΗΡΟΚΑΜΠΟΣ	ΖΑΧΑΡΗΣ
B38	ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ	ΚΑΡΑΣΤΕΡΓΙΟΣ
B39	ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ	ΚΑΡΑΣΤΕΡΓΙΟΣ
B40	ΠΟΤΟΚΙ	ΓΕΩΡΓΟΥΛΑΣ
B41	ΚΟΥΤΣΟΧΡΗΣΤΙ	ΓΕΩΡΓΟΥΛΑΣ
B42	ΚΟΥΚΟΣ	ΓΕΩΡΓΟΥΛΑΣ
B43	ΣΑΜΠΑΝΑΓΑ	ΓΕΩΡΓΟΥΛΑΣ

B44	ΖΥΣΑΚΙ	ΓΕΩΡΓΟΥΛΑΣ
B45	ΤΟΥΛΟΥΜΠΕΣ ΔΙΜΗΝΙΟΥ	ΡΑΠΤΗΣ
B46	ΚΟΥΤΣΟΧΡΗΣΤΙ	ΡΑΠΤΗΣ
B47	ΑΛΥΚΕΣ	ΖΗΣΗΣ
B48	ΑΛΥΚΕΣ	ΚΑΡΑΒΑΣ
B49	ΑΝΩ ΣΠΑΡΤΙΑ	ΠΙΝΝΑΣ
B50	ΝΕΑΠΟΛΗ	ΠΑΝΤΑΖΟΠΟΥΛΟΣ
B51	ΑΝΩ ΣΠΑΡΤΙΑ	ΜΙΧΕΑΣ
B52	ΚΑΤΩ ΣΠΑΡΤΙΑ	ΧΑΤΖΗΣΤΑΜΑΤΙΟΥ
B53	ΑΝΩ ΣΠΑΡΤΙΑ	ΧΑΤΖΗΣΤΑΜΑΤΙΟΥ
B54	ΚΑΤΩ ΣΠΑΡΤΙΑ	ΚΑΡΑΛΗΣ
B55	ΑΛΜΥΡΟΣ	ΕΥΝΟΣ
B56	ΑΛΜΥΡΟΣ	ΜΠΟΥΚΟΡΟΣ
B57	ΑΛΜΥΡΟΣ	ΕΥΝΟΣ



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ayers, R.S. and Westcott, D.L. (1976). Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome. 97p.
2. Christiansen, J.E., Olsen, E.G., and Willardson L.S. (1977). Irrigation water quality. J.Irrig. and Drain. Div. ASCE, 103, 2, 155-169.
3. Eaton, F.M. (1950). Significance of Carbonates in irrigation water. Soil Science, 69, 123-133.
4. Μήτσιος Ι.Κ. (1996) : Αλατούχα και Αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη, ποιοτική κατάταξη των νερών αρδεύσεως. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.
5. Μήτσιος Ι.Κ. (1996) : Εδαφολογία (Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας)
6. Μήτσιος Ι.Κ. (1997) : «Γονιμότητα εδαφών και στοιχεία θρέψης φυτών» (Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας)
7. Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ. ΑΘΗΝΩΝ (1991). «Μέθοδοι ανάλυσης νερού αρδεύσεως».
8. Westcott, D.V. and Ayers, R.S.(1984). Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater. Calif. State Water Pres. Control Board Rept., No 84-1, ch. 3.
9. Wilcox, L.V. and Durum, W.H. (1967). Irrigation of Agriculture Lands. Amer.Soc. Argon. Monograph, 11, Madison, Wisc.

