

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ & ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ»

**“ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ
ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ
ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΒΑΣΙΚΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΙΟΝΤΑ ΜΙΑΣ
ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ”**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΙΩΑΝΝΗΣ ΖΑΡΙΔΗΣ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ, 2008.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2.1. ΓΕΝΙΚΑ	6
2.2. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	7
2.2.1. Ενεργός οξύτητα του νερού (pH)	7
2.2.2 Αγωγιμότητα του νερού	9
2.3. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	10
2.3.1.Γενικά.....	10
2.3.2. Άζωτο.....	11
2.3.2.1. Κύκλος Αζώτου.....	13
2.3.2.2. Νιτρορύπανση	14
2.3.2.3 Επιπτώσεις νιτρορύπανσης στο περιβάλλον και τον άνθρωπο.....	16
2.3.3. Φωσφόρος	17
2.4 ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ - Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ	19
3.1 ΦΥΣΙΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ-ΧΑΡΤΗΣ	22
3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΗΜΕΙΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	22
3.3 ΤΡΟΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ	23
3.4 ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	23
3.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.	23
3.5.1. Ενεργός οξύτητα (pH)	24
3.5.2.Αγωγιμότητα	24
3.5.3. Νιτρικά (NO ₃)	24
3.5.4. Νιτρώδη (NO ₂)	25
3.5.5. Φωσφορικά (PO ₄)	25
4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ –ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ	25
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	53



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σήμερα η απειλή από ένα πλήθος περιβαλλοντικών πιέσεων καθιστά αναγκαία τη γνώση εκείνων των παραγόντων που οδηγούν στην υποβάθμιση των υδάτινων οικοσυστημάτων και γενικότερα του περιβάλλοντος.

Η ανάγκη αυτή προέκυψε από την κατάρρευση της τεχνοκρατικής αντίληψης της διαχείρισης των φυσικών πόρων, που οδήγησε σε περιβαλλοντικό αδιέξοδο.

Χρειάστηκε πολύς χρόνος μέχρι να φτάσει ο άνθρωπος στην αναγνώριση των προβλημάτων ρύπανσης και ακόμα περισσότερος για να συνειδητοποιήσει την ανάγκη άμεσης λήψης μέτρων. Δυστυχώς όμως, μικρά ή μεγαλύτερα, βραχυπρόθεσμα συμφέροντα αποτελούν τροχοπέδη στην καθιέρωση, τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, ολοκληρωμένων παρεμβάσεων.

Η περίπτωση του Καλαμά δεν είναι τίποτα άλλο παρά μια από τις αμέτρητες περιπτώσεις οικοσυστημάτων, που κινδυνεύουν να καταρρεύσουν κάτω από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Το κλειδί σε αυτές τις περιπτώσεις δεν είναι η επιβολή μέτρων, αλλά η συνειδητοποίηση του προβλήματος από όλους. Οποιοδήποτε μέτρο, που δεν βασίζεται στην καθολική αποδοχή, θα έχει μειωμένη αποτελεσματικότητα. Φιλοδοξία επομένως, της παρούσης μελέτης είναι να βοηθήσει σε αυτή τη συνειδητοποίηση με την ανάδειξη των προβλημάτων, τα οποία προκύπτουν από τη γεωργική δραστηριότητα της περιοχής.

Η πρόταση για αυτή τη μελέτη οφείλεται στον Δρ. Γεώργιο Δ. Παπαδόπουλο, που χάριν αυτού προχώρησα στη εν λόγω μελέτη των συγκεκριμένων παραμέτρων στους υδάτινους δρόμους που μεταφέρουν ρυπαντές από το οικοσύστημα της πεδιάδας Κυπαρίσσου στον ποταμό Καλαμά. Θέλω σε αυτό το σημείο να τον ευχαριστήσω για αυτή, αλλά και για τις κατοπινές του ως επιβλέποντα καθηγητή, εποικοδομητικές παρεμβάσεις του και για την αμέριστη συμπαράστασή του και τη διδαχή που μου πρόσφερε όλα τα χρόνια της συνεργασίας μας μέσω απολαυστικών συζητήσεων.

Ευχαριστώ τους Δρ. Τριαντάφυλλο Αλμπάνη και Δρ. Γεώργιο Μάνο, μέλη της τριμελούς επιτροπής για τις εύστοχες υποδείξεις τους και το προσωπικό ενδιαφέρον που επέδειξαν.



Επίσης, ευχαριστώ για τη σημαντική τους βοήθεια, τη συνάδελφο μου Παρασκευή Υφαντή και τον αδελφό μου Απόστολο.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον παλιό συνάδελφο και φίλο μου Κωνσταντίνο Ζήση και τη φίλη μου Ελένη Μαγγιώρου για τις παραινέσεις και την ηθική τους συμπαράσταση σε δύσκολους για εμένα καιρούς.

Ευχαριστώ τον Δημήτρη μου για την κατανόησή του!



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μορφή της σημερινής συμβατικής γεωργίας άρχισε να επικρατεί όταν αποκτήθηκε ο μηχανολογικός εξοπλισμός για διαμόρφωση μεγάλων ακατάλληλων εκτάσεων σε ιδανικές για καλλιέργεια. Παράλληλα η πρόοδος της γενετικής, της φυσιολογίας των φυτών και της χημείας ολοκλήρωσε την αλλαγή και καθιέρωσε μια νέα φιλοσοφία στην άσκηση της γεωργίας. Η φιλοσοφία αυτή, που αρχίζει να παγιώνεται στην αρχή του 20^{ου} αιώνα συνίσταται στην αποκομιδή του μέγιστου κέρδους. Αυτό με τη σειρά του συνδέθηκε με τις μέγιστες αποδόσεις. Η παραπάνω φιλοσοφία σε συνδυασμό με την έλλειψη γνώσεων γύρω από την πολυπλοκότητα των οικοσυστημάτων οδήγησε σε σημαντικές περιβαλλοντικές μετατροπές και επέφερε σημαντικές επιδράσεις στην οικολογική ισορροπία του πλανήτη αφού η σημερινή συμβατική γεωργία:

- Είναι από τους μεγαλύτερους συντελεστές στην παραγωγή αερίων υπευθύνων για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. (Vitousek et al., 1997; Delgado and Mosier, 1996)
- Είναι σχεδόν αποκλειστικά υπεύθυνη για την μόλυνση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων με φυτοφάρμακα. (Berenzen, et al. 2000; Rolland et al, 1995)
- Ευθύνεται για τη μείωση της βιοποικιλότητας στον πλανήτη (Boutin, et al. 1999; Kearns and Inouye. 1997)
- Είναι υπεύθυνη για την απώλεια εκατομμυρίων τόνων εδάφους, λόγω των συμβατικών τρόπων κατεργασίας αυτών, από το νερό και τον άνεμο. (FAO, 1993)

Ο Καλαμάς δεν μπορούσε φυσικά να αποτελέσει εξαίρεση των παραπάνω, αφού δέχεται τους γεωργικούς ρύπους από το μεγαλύτερο γεωργικό οικοσύστημα της περιοχής.

Μέχρι τώρα όμως καμιά σχετική έρευνα δεν έχει γίνει, που να αφορά την μεταφορά των νιτρικών και φωσφορικών λιπασμάτων, που καταλήγουν στον Καλαμά μέσω των υδάτινων δρόμων που διασχίζουν το αγροτικό οικοσύστημα της πεδιάδας Ιωαννίνων -Ηγουμενίτσας.



Η παρούσα μελέτη πραγματεύεται αυτό ακριβώς το θέμα, ενώ ταυτόχρονα επιχειρεί με βάση τα αποτελέσματα και τις ακολουθούμενες γεωργικές πρακτικές στις καλλιέργειες της περιοχής, να ερμηνεύσει τα ευρήματα της έρευνας και να προτείνει λύσεις.



2.1. Γενικά

Η γεωργία αποτελεί ανθρωπογενή δραστηριότητα, η οποία είναι δυνατόν να οδηγήσει σε επιβάρυνση και περαιτέρω ρύπανση του περιβάλλοντος. Ως ρύπανση περιβαλλοντικών συστημάτων ορίζεται: « **Η κάθε μορφής ανεπιθύμητη αλλοίωση της σύστασης ή και της μορφής των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών τους**» (Παπαδοπούλου, 2004).

Η χρήση χημικών ουσιών, που χρησιμοποιούνται ευρέως για την αύξηση της αγροτικής παραγωγής, αλλά και την προστασία των προϊόντων από τη δράση επιβλαβών οργανισμών, έχει ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση του νερού με υψηλές συγκεντρώσεις χημικών ουσιών, η παρουσία των οποίων τα καθιστούν ακατάλληλα για κάθε χρήση. Η ανάπτυξη συστημάτων παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων, επιφανειακών και υπογείων, καθώς και του εδαφικού υλικού στο οποίο εφαρμόζονται ποικίλες αγροτικές δραστηριότητες είναι επιβεβλημένη σήμερα όσο ποτέ άλλοτε, με στόχο τη διασφάλιση και προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας.

Το περιβάλλον στις μέρες μας αποτελεί ίσως ένα από τα πλέον δημοφιλή θέματα συζήτησης όχι μόνο στους κόλπους της επιστημονικής κοινότητας αλλά και στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων. Το φυσικό περιβάλλον αποτελείται από μια σειρά ομοιογενών σχετικά συνόλων, τα οποία διέπονται από ένα ολοκληρωμένο σύστημα φυσικό-χημικών, βιολογικών και οικο-κοινωνικών λειτουργιών, που εξασφαλίζουν με τη σειρά τους την παρουσία μιας βιοκοινότητας σε ένα οικοσύστημα (Πολυράκης, 2003). Η παρουσία του ανθρώπου σε ένα οικοσύστημα, το οποίο έχει προσαρμοστεί στις ανάγκες του και τροποποιηθεί ανάλογα, με στόχο να καλύπτει τις απαιτήσεις του, έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός αγροτικού οικοσυστήματος το οποίο δέχεται εισροές από το εξωτερικό περιβάλλον και παράγει εισροές για άλλα εξωτερικά συστήματα.

Η ρύπανση των αγροτικών οικοσυστημάτων είναι ένα φυσικό φαινόμενο, που οφείλεται στη διαρκώς αυξανόμενη και πολλές φορές ανεξέλεγκτη οικονομική ανάπτυξη των σύγχρονων κοινωνιών, με τεράστιες κοινωνικό-πολιτικές διαστάσεις, που αυξάνονται με ίλιγγιώδεις ρυθμούς.

Οι πηγές της ρύπανσης του φυσικού περιβάλλοντος διακρίνονται ανάλογα με την προέλευση τους, σε ανθρωπογενείς πηγές, εάν προέρχονται από οποιαδήποτε μορφής



ανθρώπινη δραστηριότητα, όπως για παράδειγμα η βιομηχανία και η γεωργία και σε φυσικές πηγές εάν προέρχονται από φυσικές διεργασίες, όπως για παράδειγμα οι εκρήξεις ηφαιστειών. Ως αποδέκτες κάθε μορφής ρύπανσης χαρακτηρίζονται, η ατμόσφαιρα εάν πρόκειται για αέρια ρύπανση (π.χ. αέρια σωματίδια, θόρυβος, ακτινοβολία), η υδρόσφαιρα (π.χ. θάλασσες, ποτάμια, λίμνες, υπόγειοι υδροφόροι) και το έδαφος εάν πρόκειται για ρυπαντές σε υγρή ή και στερεή μοριακή μορφή.

Η ρύπανση των υδάτων αποτελεί ίσως τον μεγαλύτερο κίνδυνο για τη ύπαρξη και συνέχεια της ανθρωπότητας. Οι δυσμενείς επιπτώσεις κάθε μορφής ρύπανσης των υδατικών πόρων ενός αγροτικού οικοσυστήματος επηρεάζουν όχι μόνο την ανθρώπινη υγεία, αλλά είναι δυνατόν να προκαλέσουν μη αναστρέψιμες οικολογικές καταστροφές σε αυτό. Η ρύπανση των υδάτων προέρχεται από την ελλιπή διαχείριση των αστικών, βιομηχανικών και οικιακών αποβλήτων με αποτέλεσμα την παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων οργανικών ενώσεων και παθογόνων μικροοργανισμών στους υπόγειους και επιφανειακούς αποδέκτες. Επίσης, η αλόγιστη χρήση απορρυπαντικών, φυτοπροστατευτικών προϊόντων και λιπασμάτων, τα οποία εφαρμόζονται για τη βελτίωση των αποδόσεων και την προστασία της γεωργικής παραγωγής, έχουν ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση των υδάτων με σύνθετες οργανικές ουσίες και ανόργανες φωσφορικές και νιτρικές ενώσεις, οι οποίες με τη σειρά τους υποβαθμίζουν την ποιότητα των υδατικών αποδεκτών.

2.2. Φυσικοχημικοί παράγοντες του νερού

2.2.1. Ενεργός οξύτητα του νερού (pH)

Η ενεργός οξύτητα εκφράζει την ενεργό συγκέντρωση των κατιόντων υδρογόνου (υδρογονιόντων) ενός δείγματος. Το pH ενός δείγματος ισούται με την αρνητική λογαριθμική συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στο δείγμα ($-\log[H^+]$). Η κλίμακα μέτρησης του pH είναι από 0 ως 14. Η τιμή 7 αντιστοιχεί σε ουδέτερα δείγματα. Τιμές μικρότερες του 7 υποδεικνύουν υπεροχή υδρογονιόντων (οξύτητα) στο δείγμα, ενώ τιμές μεγαλύτερες από 7 αντιστοιχούν σε αλκαλικά δείγματα (υπεροχή υδροξυλιόντων).

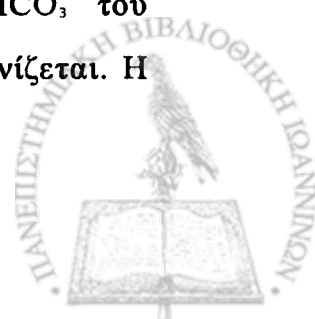
Η τιμή pH των νερών είναι σημαντικός χημικός παράγοντας, αφού καθορίζει τον ρυθμό μεταβολισμού, τη δραστικότητα των ενζύμων, τη δράση των ετερότροφων βακτηρίων και την πρόσληψη των θρεπτικών αλάτων. Τα φυσικά νερά έχουν τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ 4-9, ενώ τιμές 6,5-8,5 είναι στις περισσότερες περιπτώσεις οι καταλληλότερες για τους υδρόβιους οργανισμούς.



Η ενεργός οξύτητα του νερού εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα (παρουσία ανιόντων θείου, χλωρίου κ.ά., μεταλλικών κατιόντων ασβεστίου, μαγνησίου κ.ά.), τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα και του οξυγόνου, από τη μεταβολική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών (φωτοσύνθεση, αναπνοή) και τη χημική αποσύνθεση των οργανικών ουσιών. Η σχέση της τιμής pH με την ποσότητα του διαλυμένου CO₂ στο νερό είναι η πιο σημαντική παράμετρος από βιολογική σκοπιά σε όλο το φάσμα των αλληλεπιδράσεων με τους υπόλοιπους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ προκαλεί μείωση του pH και αντίστροφα.

Σημαντικές και σχετικά μόνιμες μεταβολές στο pH παρατηρούνται συνήθως κάτω από την επίδραση εξωγενών παραγόντων. Χαμηλές τιμές του pH οφείλονται συχνά στην εισαγωγή οξέων, όπως είναι η όξινη βροχή ή αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Εμπλουτισμός με θειικά οξέα συμβαίνει και με τη βροχή, αφού αυτό περιέχει μεταξύ άλλων ανιόντων και SO₄⁻²). Μπορεί επίσης να οφείλεται στη σύσταση του υπεδάφους της λεκάνης απορροής. Η έκθεση για παράδειγμα στον ατμοσφαιρικό αέρα κοιτασμάτων τύρφης του υπεδάφους (λόγω διάβρωσης) αυξάνει τη συγκέντρωση του θειικού οξέος στο νερό, αφού η οξειδωση του πυρίτη (FeS₂), που είναι συστατικό της τύρφης, καταλήγει στο σχηματισμό θειικού οξέος (Sawidis, 1997 a,d).

Αλκαλικές τιμές pH συναντώνται σε περιπτώσεις έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας όπως στον ευτροφισμό, όπου κατά τη φωτοσύνθεση το φυτοπλαγκτόν μειώνει τη συγκέντρωση του CO₂ του νερού. Επίσης σε περιπτώσεις ρύπανσης με αλκαλικές ουσίες, όπως τα απορρυπαντικά από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Αλκαλικές τιμές παρατηρούνται και σε αυξημένες συγκεντρώσεις ασβεστίου, νατρίου και μαγνησίου, που αποτελούν συστατικά πολλών λιπασμάτων. Ο εμπλουτισμός των υδάτων με ιόντα ασβεστίου παρατηρείται όμως και σε περιοχές, όπου στη λεκάνη απορροής επικρατούν ασβεστολιθικά πετρώματα. Το νερό της βροχής μεταφέρει ιόντα ασβεστίου, που δεσμεύει κατά τη ροή του πάνω από τα ασβεστολιθικά πετρώματα, τα οποία αντιδρούν με τα όξινα ανθρακικά ιόντα HCO₃⁻ του νερού σχηματίζοντας αδιάλυτο ανθρακικό ασβέστιο που κατακρημνίζεται. Η απομάκρυνση HCO₃⁻ από το νερό αυξάνει το pH του νερού.



Η μέτρηση του pH είναι μία από τις σημαντικότερες μετρήσεις κατά την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού ενός οικοσυστήματος.

2.2.2 Αγωγιμότητα του νερού

Όπως είναι γνωστό, η αγωγιμότητα, (Electric Conductivity-E.C.) εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσα από τους διάφορους αγωγούς. Δηλαδή, είναι το αντίθετο της ηλεκτρικής αντίστασης. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού αναφέρεται στην ικανότητά του να μεταφέρει - άγει ηλεκτρικά φορτία. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, από τη συγκέντρωσή τους, την ευκινησία, το σθένος τους και τη θερμοκρασία. Η τελευταία είναι από τις πιο σημαντικές παραμέτρους στη μέτρηση της αγωγιμότητας. Αυτό συμβαίνει επειδή η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τη διάσπαση των ηλεκτρολυτών. Για το λόγο αυτό όταν γίνονται μετρήσεις αγωγιμότητας, καταγράφεται πάντοτε και η θερμοκρασία. και ανάγεται σε θερμοκρασία 25 °C. Συνήθως στα φυσικά γλυκά νερά η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται από 50 - 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Η αγωγιμότητα είναι μία πολύ χρήσιμη παράμετρος στον έλεγχο της ποιότητας και του βαθμού ρύπανσης των νερών, αφού δίνει διάφορες πληροφορίες για τις διαλυμένες ουσίες.

Όταν απόβλητα και ρύποι εισέρχονται στα ύδατα αυξάνουν την αγωγιμότητα, ειδικότερα αν οι ρύποι περιλαμβάνουν ιόντα ανθρακικά, θειικά, χλωρίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου και φωσφόρου, συστατικά δηλαδή των περισσότερο εφαρμοζόμενων λιπασμάτων. Η αύξηση της αγωγιμότητας συνδέεται επίσης και με την ενηλικίωση μιας υδάτινης μάζας εξαιτίας της αύξησης των θρεπτικών συστατικών της λόγω ευτροφισμού. Όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα στα γλυκά νερά τόσο μεγαλύτερη είναι η βιολογική παραγωγικότητα.

Αύξηση της αγωγιμότητας σε υδάτινους αποδέκτες αγροικοσυστημάτων όπως του Καλαμά οφείλεται συνήθως στην συγκέντρωση αλάτων χημικών λιπασμάτων, που εφαρμόζονται στις καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Φυσικά αυξημένη E.C. μπορεί να οφείλεται στην διάβρωση ασβεστολιθικών πετρωμάτων από όπου διέρχονται οι ποταμοί. Αυτό άλλωστε συμβαίνει στις περισσότερες περιοχές της Μεσογείου (Pott 1986).



2.3. Θρεπτικά στοιχεία και υδάτινα οικοσυστήματα

2.3.1. Γενικά

Οι υδρόβιοι οργανισμοί χρειάζονται για τις δομικές και λειτουργικές τους ανάγκες μία σειρά από απαραίτητα στοιχεία μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται το άζωτο και ο φωσφόρος. Από πολλούς ερευνητές αναφέρονται ως περιοριστικοί παράγοντες για την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών (Ryther and Dunstan, 1971., Topinka and Robbins, 1976., Jackson, 1977., Hanisak 1979).

Το άζωτο σε μοριακή μορφή βρίσκεται σε ποσοστό 77,1 % στον ατμοσφαιρικό αέρα και η άμεση πρόσληψή του από τα φυτά είναι αδύνατη, με εξαίρεση ορισμένα κυανοφύκη και βακτήρια. (Fogg, 1974). Η πρόσληψη του αζώτου από τα ανώτερα φυτά γίνεται υπό μορφή ιόντων, όπως νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνιακά (De Boer, 1981).

Ο φωσφόρος επίσης είναι απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγή, αλλά και την ποιότητα των καρπών και τον σχηματισμό των σπόρων. Η έλλειψη του μπορεί να προκαλέσει την οψίμηση της παραγωγής, που σημαίνει καθυστερημένη συγκομιδή και ρίσκο για την τελική ποιότητα του καρπού. Η οψίμηση συμβαίνει γιατί οι σπόροι στον καρπό αποθηκεύουν φώσφορο ώστε το νεαρό φυτό να έχει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για να αναπτύξει τις πρώτες ρίζες και φύλλα. Έχοντας υπόψη όλα τα παραπάνω είναι εμφανές ότι η παρουσία του φωσφόρου στο έδαφος είναι πολύ σημαντική.

Η προέλευση των νιτρικών και φωσφορικών αλάτων στα υδάτινα οικοσυστήματα είναι δυνατόν να οφείλεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

1. Στη διάβρωση πετρωμάτων.
2. Στη χρήση των λιπασμάτων
3. Στα αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα.

Όταν η περιεκτικότητα σε θρεπτικά άλατα οφείλεται στη διάβρωση των πετρωμάτων οι τιμές στη διάρκεια του χρόνου παραμένουν σε κάποιο βαθμό σταθερές. Όταν όμως τα άλατα προέρχονται από την έκπλυση λιπασμάτων οι τιμές κυμαίνονται μεταβάλλονται ανάλογα με:

1. Τις γεωργικές δραστηριότητες, αφού υπάρχουν καλλιέργειες, που απαιτούν μεγαλύτερες ποσότητες λιπασμάτων από κάποιες άλλες, ή διαφορετικό χρόνο εφαρμογής των.



2. Την κατανομή της βροχόπτωσης στην διάρκεια του χρόνου. Μεγάλες τιμές θρεπτικών αλάτων αναμένονται μετά από βροχόπτωση όταν μάλιστα αυτή ακολουθεί πρόσφατη λίπανση των καλλιεργειών (Tomas, 2000).
3. Τις φυσικοχημικές ιδιότητες των θρεπτικών στοιχείων σε συνδυασμό με τον τύπο των εδαφών αφού καθορίζουν το βαθμό συγκράτησης αλλά και ευκολία έκπλυσης των θρεπτικών αλάτων.
4. Το γεωγραφικό ανάγλυφο της λεκάνης απορροής επιδρά επίσης στον βαθμό μεταφοράς των παραπάνω αλάτων στους υδάτινους αποδέκτες, αφού εδάφη με μεγάλη κλίση ευνοούν την επιφανειακή απορροή.

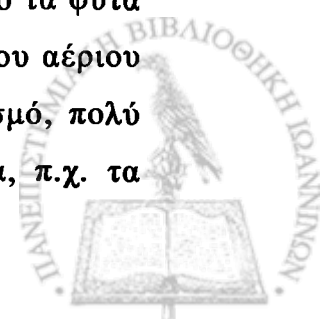
Η εφαρμογή λιπασμάτων είναι η πλέον σημαντική πηγή αζώτου και φωσφόρου, που απειλεί τα υδάτινα οικοσυστήματα. Βέβαια μέχρι μια ορισμένη συγκέντρωση τα άλατα του αζώτου και του φωσφόρου προκαλούν ευεργετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των υδρόβιων φυτικών οργανισμών, ενισχύοντας την λειτουργία των οικοσυστημάτων. Αντίθετα υψηλές τιμές των δύο αυτών στοιχείων στο νερό οδηγούν στην υπερβολική ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών, ανατρέποντας την δομή και την λειτουργία των υδατινών οικοσυστημάτων και οδηγεί σε μια από τις πλέον δυσάρεστες καταστάσεις γνωστή σαν ευτροφισμό. Περισσότερα για αυτόν αναλύονται στη συνέχεια.

Ιδιαίτερα ανησυχητικό είναι το γεγονός ότι κάθε χρόνο η χρήση λιπασμάτων αυξάνεται ολοένα και περισσότερο, καθώς η αύξηση στις αποδόσεις των αγρών περιορίζεται συνεχώς. Αυτό το γεγονός συντελεί ώστε το 25% των λιπασμάτων, που καταναλώνονται, να μη χρησιμοποιείται καθόλου από τα φυτά, αλλά να τροφοδοτούν απευθείας τα υπόγεια νερά. (Ryther and Dunstan, 1971).

Σε κάθε περίπτωση ο εντοπισμός της προέλευσής των θρεπτικών αλάτων είναι το πρώτο βήμα για την προστασία ή την αποκατάσταση των υδατινών οικοσυστημάτων.

2.3.2. Άζωτο

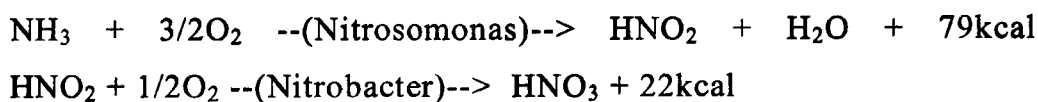
Το άζωτο (N_2) είναι βασικό συστατικό της σύνθεσης των πρωτεϊνών, η οποία είναι απαραίτητη για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Το άζωτο αποτελεί τα 4/5 της γήινης ατμόσφαιρας και υπάρχει, σε πολύ μικρότερη αλλά αρκετά σημαντική ποσότητα, και στα υδάτινα περιβάλλοντα. Ωστόσο τα φυτά δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν άμεσα αυτό το αέριο. Το μόριο του αερίου αζώτου χαρακτηρίζεται στην πραγματικότητα από έναν τριπλό δεσμό, πολύ ισχυρό, που είναι δύσκολο να σπάσει. Μόνον ορισμένα βακτήρια, π.χ. τα



κυανοβακτήρια (πιο γνωστά με το όνομα μπλε φύκη), είναι ικανά να το δεσμεύσουν ως αέριο μόριο, μετατρέποντας το σε αμμωνιακό άλας (NH_4^+) (Topinka and Robbins, 1976).

Το κύριο προϊόν διάσπασης των αζωτούχων οργανικών ενώσεων (πρωτεΐνες, αμινοξέα, ουρία, ουρικό οξύ), αλλά και απέκκρισης των υδρόβιων οργανισμών, είναι το αμμώνιο (NH_4^+) σε τιμές pH κατώτερες του 7, και η αμμωνία (NH_3) σε τιμές pH υψηλότερες του 7.

Τα νιτρώδη (NO_2^-) και τα νιτρικά (NO_3^-) άλατα σχηματίζονται από μικροβιακή οξείδωση αμμωνίου ή αμμωνίας, σε καλά οξυγονωμένα νερά, σε δύο στάδια: πρώτα σε NO_2^- κι ύστερα σε NO_3^- .



Το άζωτο τελικά προσλαμβάνεται εύκολα από τα φυτά με τη μορφή νιτρικών ιόντων (που είναι οι πιο κοινές και σταθερές μορφές σε νερά καλά οξυγονωμένα), αλλά και ιόντα αμμωνίου.

Νιτρικά άλατα μπορούν να προέλθουν ακόμη κι από χημικές ουσίες που παράγονται από αστραπές στον αέρα (ατμοσφαιρικός ιονισμός) και οι οποίες καταλήγουν τελικά στο έδαφος με τις βροχές. Πολύ διαλυτά στο νερό τα νιτρικά, ξεπλένονται εύκολα απ' το έδαφος, ή παρασύρονται από ρέοντα νερά σε υδάτινα περιβάλλοντα. Ορισμένα βακτήρια μπορούν να οξειδώσουν τα νιτρικά υπό αναερόβιες συνθήκες και με τη διαδικασία της απονιτροποίησης να παράγουν τελικά αέριο άζωτο (N_2).

Σε καλά οξυγονωμένα υποστρώματα του πυθμένα του ποταμού (χαλικώδη-βοτσαλώδη υποστρώματα) η απονίτρωση συντελείται σε πολύ μικρό ποσοστό, ενώ μέσα σε ιλυώδη ιζήματα όπου τα επίπεδα του οξυγόνου είναι χαμηλά, η διαδικασία της απονίτρωσης είναι εκτεταμένη. Εκτός αυτού, οι αναερόβιες συνθήκες εμποδίζουν και τις λειτουργίες της νιτροποίησης προκαλώντας συσσώρευση αμμωνίας (Topinka and Robbins, 1976).

Κύρια πηγή προέλευσης της αμμωνίας είναι οι αποπλύσεις των λιπασμάτων και η απόρριψη οικιακών λυμάτων που περιέχουν ουρία, ενώ η κυριότερη πηγή των νιτρικών αλάτων είναι τα γεωργικά λιπάσματα. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις η αμμωνία, όπως και τα νιτρικά, είναι τοξική. Η συσσώρευση



νιτρικών στα υπόγεια αποθέματα νερού και ο κίνδυνος να φθάσουν στο νερό ύδρευσης προκαλούν μεγάλη ανησυχία τα τελευταία χρόνια (Ryther and Dunstan, 1971).

Στο πόσιμο νερό, οι ανώτερες επιτρεπτές τιμές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα νιτρικά, τα φωσφορικά και την αμμωνία δίδονται στον παρακάτω πίνακα: (Υγειονομ. διάταξη αρ. Α5/288/23-1-86, βασισμένη στην 80/778/17-7-80 οδηγία της ΕΟΚ).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1.

ΟΙ ΑΝΩΤΕΡΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΝΙΤΡΙΚΑ

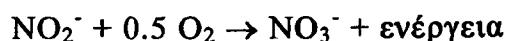
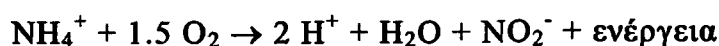
	NO_3^- mg/l	NO_2^- mg/l	P_2O_5 mg/l	NH_3 mg/l
Ανώτερες τιμές	50	0.1	5	0.5
Ενδεικτικές τιμές	25	—	0.4	0.05

2.3.2.1. Κύκλος Αζώτου

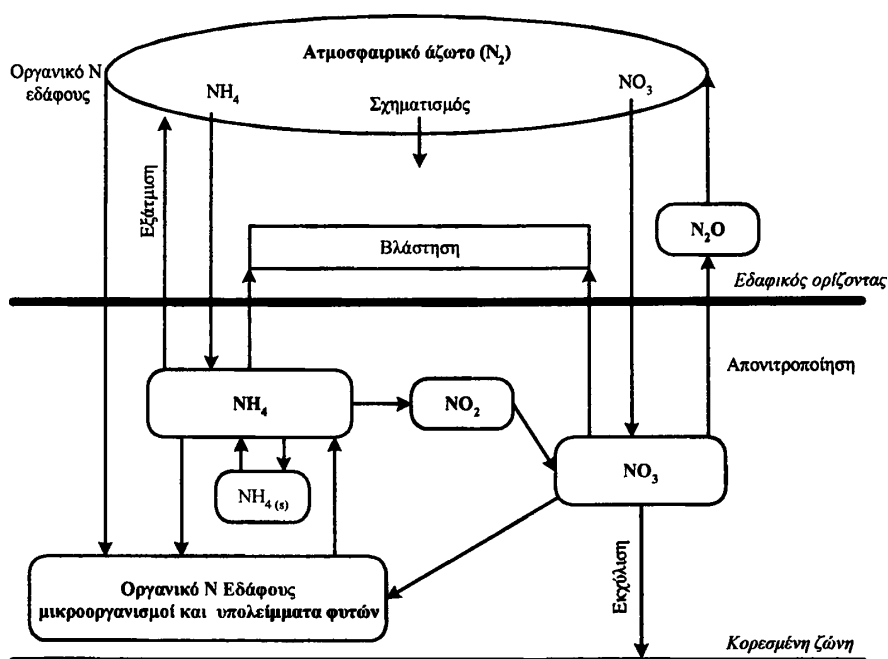
Η παρουσία του αζώτου στη φύση έχει ποικίλες μορφές, όπως είναι η αμμωνία (NH_3), η αμμωνιακή ρίζα (NH_4^+), το αέριο μοριακό άζωτο (N_2), η νιτρώδης ρίζα (NO_2^-) και η νιτρική ρίζα (NO_3^-). Οι ενώσεις αυτές είναι δυνατόν να τροποποιηθούν μέσα στο φυσικό, χερσαίο και υδατικό, περιβάλλον διαμέσου διαφόρων μετασχηματισμών, όπως είναι η δέσμευση αερίου N_2 , η αμμωνιοποίηση / ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου, η νιτροποίηση της αμμωνιακής ρίζας, η ακινητοποίηση αζώτου είτε με πρόσληψη από τη βλάστηση, αλλά και από το μικροβιακό πληθυσμό και η απονιτροποίηση με ή χωρίς αφομοίωση. Κάθε μια διεργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί από συγκεκριμένους μικροοργανισμούς.

Κατά τη διαδικασία της νιτροποίησης, αμμωνιακές αζωτούχες ενώσεις οξειδώνονται παρουσία των αυτοτροφικών βακτηρίων *Nitrosomonas* και *Nitrobacter* σε νιτρώδεις και στη συνέχεια νιτρικές ενώσεις.





Στο εικόνα που ακολουθεί (Εικ. 2.1.) δίνεται μια σχηματική παρουσίαση των διαδικασιών μετασχηματισμού του αζώτου και των ενώσεων του στο περιβάλλον θεωρώντας την ατμόσφαιρα ως ανεξάντλητη πηγή μοριακού αζώτου.



Εικ.2.1. Σχηματική περιγραφή του κύκλου του αζώτου

Πηγή: Heng 1996

Οι κυρίαρχες μορφές αζώτου, που απαντώνται σε επιφανειακούς αποδέκτες ύδατος όπως είναι τα ποτάμια και οι λίμνες, είναι κυρίως το διαλυμένο ανόργανο άζωτο N (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), το διαλυμένο οργανικό άζωτο και τα διακριτοποιημένα σωματίδια αζώτου. Η διάχυση των νιτρικών ενώσεων στο υπέδαφος γίνεται ταχύτητα διαμέσου της φυσικής υπόγειας ροής. Οι νιτρικές ενώσεις διαλύονται πολύ εύκολα στο νερό, παρουσία διαλυμένου οξυγόνου και είναι δυνατόν να μεταφερθούν σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις, όταν το εδαφικό υλικό είναι ιδιαίτερα διαπερατό.

2.3.2.2. Νιτρορύπανση

Η Υ.Α. 161/1997/Β-519, που αφορά την «Προστασία των υδάτων από νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης», ορίζει ως νιτρορύπανση «την άμεση ή έμμεση απόρριψη στο υδάτινο περιβάλλον αζωτούχων ενώσεων γεωργικής



προέλευσης, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται για την ανθρώπινη υγεία, βλάβες στους ζώντες οργανισμούς και στα υδατικά οικοσυστήματα ή ζημιές στις εγκαταστάσεις αναψυχής ή να παρακωλύονται άλλες θεμιτές χρήσεις των υδάτων».

Η κύρια πηγή αζωτούχων ενώσεων είναι τα γεωργικά λιπάσματα. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται σύμφωνα με την παραπάνω απόφαση η ζωική κοπριά, τα κατάλοιπα ιχθυοτροφείων και η λυματολάσπη.

Αναμφίβολα η σημαντικότερη πηγή νιτρορύπανσης είναι οι πάσης φύσεως αγροτικές δραστηριότητες. Η υπέρμετρη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων με σκοπό τη βελτίωση και προστασία της παραγωγής έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών ενώσεων στο υπέδαφος.

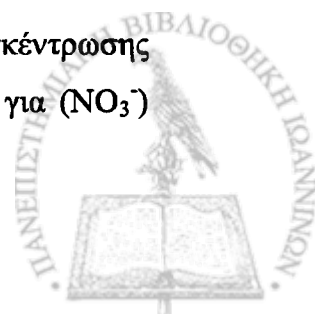
Υψηλές συγκεντρώσεις αζωτούχων ενώσεων παρατηρούνται όχι μόνο σε περιοχές με αυξημένη γεωργική δραστηριότητα, αλλά επίσης και σε περιοχές όπου παρατηρείται συγκέντρωση ζωικών αποβλήτων και φυτικών υπολειμμάτων. Τα οργανικά υπολείμματα παραμένουν στο έδαφος μετά τη συγκομιδή και υφίστανται στη συνέχεια ανοργανοποίηση και νιτροποίηση από τα βακτήρια. Σε πολλές περιπτώσεις η άροση των καλλιεργούμενων εδαφών επιταχύνει τη διαδικασία νιτροποίησης των αζωτούχων ενώσεων, που βρίσκονται στο υπέδαφος λόγω της εισροής οξυγόνου.

Άλλη πηγή νιτρορύπανσης είναι και η υπόγεια διάθεση των οικιακών υγρών αποβλήτων σε σηπτικές δεξαμενές και καταβόθρες οι οποίες όμως δεν εκκενώνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, όπως προβλέπεται, με αποτέλεσμα να λειτουργούν ως απορροφητικοί βόθροι και με αυτόν τον τρόπο επιβαρύνουν ακόμα περισσότερο το έδαφος και τους υπόγειους υδροφορείς.

Επίσης, η ανεξέλεγκτη διάθεση στερεών αποβλήτων στο υπέδαφος, επιβαρύνει την ποιότητα των επιφανειακών και υπογείων υδάτων, λόγω της έκπλυσης που προκαλεί το νερό που διέρχεται από τη μάζα των στερεών αυτών αποβλήτων.

Η ανώτατη επιτρεπόμενη συγκέντρωση νιτρικών ριζών (NO_3^-) στο πόσιμο νερό σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ.) και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπεύθυνη για την ποιότητα των υδάτων δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 50mg/l η οποία ισοδυναμεί με $11,3\text{mg/l}$ ($\text{NO}_3^- \text{N}$).

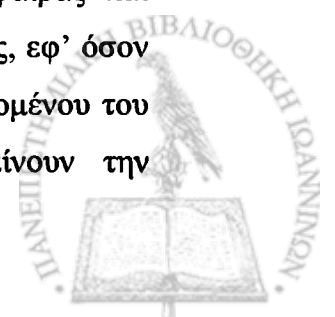
Συγκεκριμένα όρια που αφορούν τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συγκέντρωσης (NO_3^-) σε νωπά λαχανικά από $11-700\text{mg/Kg}$ και σε κρέατα 500ppm/Kg για (NO_3^-) και 200ppm/Kg για (NO_2^-) έχουν επίσης θεσπιστεί.



2.3.2.3 Επιπτώσεις νιτρορύπανσης στο περιβάλλον και τον άνθρωπο

Οι σημαντικότερες επιπτώσεις της νιτρορύπανσης στο περιβάλλον αφορούν:

1. Την υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων, λιμνών και ποταμιών, λόγω της ανάπτυξης του φαινομένου του ευτροφισμού. Η παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων αζωτούχων σε συνδυασμό με την παρουσία φωσφορικών ενώσεων σε επιφανειακούς υδατικούς αποδέκτες, όπως οι λίμνες και τα ποτάμια, έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης και της βιομάζας στο νερό, με αποτέλεσμα την μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στους αποδέκτες και τη δημιουργία τοξικών και δύσοσμων αερίων και τη μετατροπή των υδατικών αποδεκτών σε νεκρές ζώνες ύδατος, αφού είναι αδύνατη η επιβίωση οποιουδήποτε ζωικού υδρόβιου οργανισμού (Αθανασάκης 1998).
2. Τη ρύπανση των υπογείων υδροφόρων στρωμάτων από όπου γίνεται η άμεση άντληση ποσοτήτων πόσιμου ύδατος. Η αύξηση της τοξικότητας των υδάτων λόγω της νιτρορύπανσης έχει επίσης επιπτώσεις και στο ζωικό βασίλειο. Στην περίπτωση των υπογείων υδάτων, η ρύπανση από φωσφορικές και καλιούχες ενώσεις είναι αρκετά μικρή, λόγω της περιορισμένης κινητικότητας που παρουσιάζουν οι ενώσεις αυτές στο έδαφος. Αντίθετα, η υψηλή διαλυτότητα των νιτρικών ενώσεων στο νερό, έχει ως αποτέλεσμα την μεταφορά των ενώσεων αυτών μέσω της υπόγειας φυσικής ροής στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα και τους αποδέκτες.
3. Το έδαφος, αφού η μακροχρόνια λίπανση με αζωτούχα λιπάσματα κάνει τα εδάφη πιο όξινα. Οι μεταβολές της οξύτητας του εδάφους επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους προς τα φυτά. Επηρεάζουν επίσης τη δράση μικροοργανισμών που δρουν μέσα στο έδαφος, όπως είναι τα βακτήρια και οι μύκητες, και κατ' επέκταση τις λειτουργίες των φυτών που στηρίζονται στη συμβίωση με τους μικροοργανισμούς αυτούς.
4. Την ατμόσφαιρα, αφού μεγάλες ποσότητες αζώτου εκλύονται από τα λιπάσματα με τη μορφή αερίων, κυρίως στοιχειακού αζώτου, υποξειδίου του αζώτου και αμμωνίας (N_2 , N_2O , NH_3). Το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) παίζει σημαντικό ρόλο στην καταστροφή της στρωβάδας του όζοντος της στρατόσφαιρας και συμβάλλει στη διαταραχή των κλιματικών συνθηκών του πλανήτη μας, εφ' όσον εκφράζονται φόβοι ότι το N_2O συμμετέχει στη δημιουργία του "φαινομένου του θερμοκηπίου". Η αμμωνία, μαζί με άλλες ενώσεις που ρυπαίνουν την



ατμόσφαιρα, συμβάλλει στο φαινόμενο της "όξινης βροχής". Έχει διαπιστωθεί ότι η βιομηχανοποιημένη γεωργία παίζει σημαντικό ρόλο στη δημιουργία του τελευταίου αυτού φαινομένου

5. Την υγεία των ανθρώπων. Βέβαια η φύση των νιτρικών δεν είναι τοξική, όταν όμως εισέλθουν στο αίμα συμβάλουν στην άμεση οξείδωση του Fe^{++} της αιμοσφαιρίνης σε Fe^{+++} με αποτέλεσμα τη δημιουργία της μεθαιμοσφαιρίνης, η οποία σε υψηλά ποσοστά στο αίμα είναι δυνατόν να οδηγήσει σε ασφυξία λόγω της αδυναμίας της να μεταφέρει οξυγόνο στους περιφερικούς ιστούς. Κατά τη διαδικασία αυτή γίνεται ταυτόχρονη αναγωγή των νιτρικών ριζών σε νιτρώδεις ενώσεις οι οποίες είναι ιδιαίτερα τοξικές. Η παρουσία νιτρωδών ενώσεων στο αίμα είναι δυνατόν να προκαλέσουν το σχηματισμό νιτροζαμινών ενώσεων που είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη καρκίνου σε πολλά όργανα του ανθρώπινου σώματος. Η συσσώρευση τέλος νιτρικών ριζών στον ανθρώπινο οργανισμό είναι δυνατόν να προκαλέσει βλάβες στο θυρεοειδή, ταχυκαρδία και άλλες ηπιότερης μορφής παθολογικές ασθένειες.

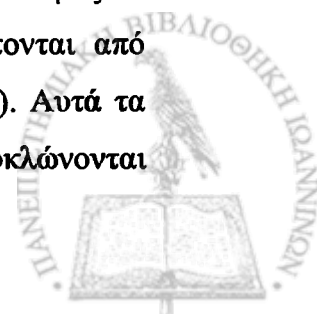
2.3.3. Φωσφόρος

Ο φωσφόρος, με τη μορφή φωσφορικών κυρίως ιόντων (PO_4^{3-} και HPO_4^{2-}) αποτελεί ένα από τα βασικά θρεπτικά συστατικά τόσο των ζωικών όσο και των φυτικών οργανισμών. Φώσφορος υπάρχει στο μόριο του DNA, του ATP, στην κυτταρική μεμβράνη (φωσφολιπίδια) και αλλού (Μολυμπάκης, 2007).

Αν και είναι ένα από τα έξι κύρια κυτταρικά στοιχεία (C, H, O, N, P, S) και η αναλογία του στη νωπή βιομάζα του κυτοπλάσματος μπορεί να ξεπερνάει το 0,5%, η παρουσία του στο φλοιό της γης είναι σπανιότερη από αυτή των άλλων πέντε στοιχείων (Μολυμπάκης, 2007).

Οι ενώσεις του φωσφόρου στο νερό διακρίνονται σε οργανικές ή ανόργανες, διαλυμένες ή σωματιδιακές. Φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες, που συμβαίνουν στο υδάτινο περιβάλλον, μεταβάλλουν διαρκώς την αναλογία των παραπάνω μορφών.

Ο φωσφόρος είναι ένα αρκετά σπάνιο στοιχείο στη γη. Οι ζωντανοί οργανισμοί χρειάζονται πολύ μικρές ποσότητες φωσφόρου, οι οποίες όμως είναι απαραίτητες σε όλες τις μορφές ζωής. Τα φωσφορούχα οργανικά σύνθετα αποσυνθέτονται από μικροοργανισμούς και μετατρέπονται σε διαλυτά φωσφορικά (PO_4 , P_2O_5). Αυτά τα τελευταία αποτελούν τα ολικά φωσφορικά, που αφομοιώνονται και ανακυκλώνονται



πολύ γρήγορα απ' τους οργανισμούς, συμμετέχοντας σε μία ποικιλία βιολογικών μεταβολισμών, ώστε τελικά βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες μέσα στο νερό.

Ο φωσφόρος βρίσκεται φυσιολογικά σε περιορισμένες ποσότητες στα ποτάμια και στα ρέοντα νερά. Η φυσική παραγωγή φωσφορικών είναι ελάχιστη. Προέρχεται κυρίως από βροχές και από τη διάβρωση πετρωμάτων που περιέχουν φωσφορικά, όπως ο απατίτης (Ryther and Dunstan, 1971).

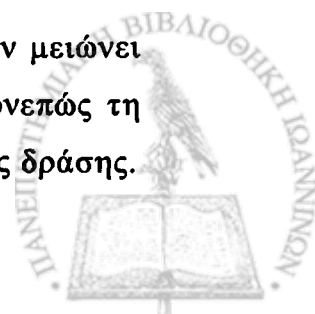
Τα φωσφορικά, όπως και τα νιτρικά, χαρακτηρίζονται ως "θρεπτικά άλατα" και αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των φυτών. Σε καλά οξυγονωμένο περιβάλλον, ο φωσφόρος συνδυάζεται και με άλλα στοιχεία (σίδηρο, αργίλιο) και σχηματίζει αδιάλυτα συμπλέγματα (π.χ. σύμπλοκο τρισθενούς σιδήρου με φωσφόρο), που καθιζάνουν στον πυθμένα των υδατοσυλλογών. Ένα τμήμα του φωσφόρου λοιπόν αποθηκεύεται ως ίζημα. Σε περιόδους όμως έλλειψης οξυγόνου, αυτά τα χημικά σύνθετα μπορούν να μετασχηματιστούν σε πιο διαλυτά σύνθετα. Η λάσπη απελευθερώνει έτσι έως και 1.000 φορές περισσότερα φωσφορικά άλατα σε περιόδους ανοξίας (έλλειψης οξυγόνου), απ' ότι σε περιόδους καλής οξυγόνωσης (Ryther and Dunstan, 1971).

Ανάμεσα στους παράγοντες, που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό είναι η θερμοκρασία, το pH και η συγκέντρωση των νιτρικών και των νιτροδών ιόντων.

Υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν τους ρυθμούς αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών και συνεπώς την απελευθέρωση φωσφόρου. Παράλληλα βέβαια υψηλές θερμοκρασίες εντείνουν την πρόσληψη φωσφόρου από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς. Συνήθως όμως ο ρυθμός της πρώτης διαδικασίας (απελευθέρωση φωσφόρου) είναι μεγαλύτερος από αυτόν της δεύτερης (δέσμευση φωσφόρου), με αποτέλεσμα οι υψηλές θερμοκρασίες να επιφέρουν αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο νερό.

Το pH σχετίζεται με την εσωτερική τροφοδοσία του νερού σε φώσφορο, την επαναιώρηση δηλαδή του φωσφόρου του πυθμένα. Σε υψηλές τιμές pH συμβαίνει ανταλλαγή των ιόντων υδροξυλίου του νερού με φώσφορο από ενώσεις σιδήρου και αργιλίου του πυθμένα. Συνεπώς αύξηση του pH επιφέρει αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο νερό.

Αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών και των νιτροδών ιόντων μειώνει το ρυθμό απελευθέρωσης του φωσφόρου από τον πυθμένα (και συνεπώς τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό) εξαιτίας της οξειδωτικής τους δράσης.



Παράλληλα, η παρουσία υδρόβιας μακροφυτικής βλάστησης σε μια υδάτινη συλλογή αυξάνει τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό. Η παραμονή ξηρών φυτικών τμημάτων στο νερό διευκολύνει την αποσύνθεσή τους, εμπλουτίζοντας το νερό με φωσφορικές ενώσεις.

Ο φωσφόρος διαλύεται σχετικά δύσκολα στο νερό και η ένωση του με σίδηρο, αργίλιο και ασβέστιο προκαλεί την καθίζησή του. Ο φωσφόρος απελευθερώνεται κατά την αποσύνθεση οργανικών ουσιών και προσλαμβάνεται από το φυτοπλαγκτόν και την υπόλοιπη υδρόβια βλάστηση. Ο θάνατος και η αποικοδόμηση των οργανισμών εμπλουτίζει το νερό με φωσφορικές ενώσεις, που καθιζάνουν στον πυθμένα, ενώ παράλληλα συμβαίνει διάχυση του φωσφόρου από το ίζημα στο νερό (Kassens et al. 1998).

Στα περισσότερα φυσικά νερά οι συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου (το σύνολο του ανόργανου και οργανικού, διαλυμένου και σωματιδιακού φωσφόρου) κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 10 και 50 $\mu\text{g/l}$. Ωστόσο σε μη παραγωγικά, oligότροφα νερά η συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου μπορεί να είναι μικρότερη από 5 $\mu\text{g/l}$, ενώ σε πολύ εύτροφες συνθήκες μπορεί να υπερβαίνει τα 100 $\mu\text{g/l}$.

Στις εξωτερικές πηγές φωσφόρου συμπεριλαμβάνονται οι επιφανειακές απορροές, τα λιπάσματα, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων, βιομηχανικά απόβλητα κ.ά. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, η εντατική χρήση λιπασμάτων και απορρυπαντικών έχει αυξήσει τη συγκέντρωση του φωσφόρου.

Εκτιμάται ότι το 45% της προέλευσης των φωσφορικών είναι τα οικιακά λύματα, το 45% οι γεωργικές δραστηριότητες και το υπόλοιπο τα βιομηχανικά απόβλητα (Morse et al., 1993).

2.4 Λιπάσματα - Η χρήση τους στην Περιοχή

Τα λιπάσματα περιέχουν κυρίως άζωτο, φωσφόρο και κάλιο. Λόγω της υπερβολικής χρήσης, κάποιες σημαντικές ποσότητες ενώσεων των στοιχείων αυτών που δεν μπορούν να συγκρατηθούν από το έδαφος, παρασύρονται από τα νερά διήθησης και απορροής, παράλληλα με τη διάβρωση των επικλινών εκτάσεων, και συσσωρεύονται στα επιφανειακά νερά. Ιδιαίτερα ανησυχητική



είναι η κατείσδυση αζώτου με τη μορφή των νιτρικών αλάτων προς τους υπόγειους υδροφορείς, οι οποίοι εφοδιάζουν μέσω γεωτρήσεων με πόσιμο νερό ανθρώπινες κοινωνίες.

Η συγκέντρωση των νιτρικών, που ανιχνεύεται στα υπόγεια νερά, αυξάνει συνέχεια. Σύμφωνα με τη θεωρία πως η κατείσδυση του νερού που τα περιέχει διαρκεί αρκετά χρόνια, ώσπου το νερό αυτό να φτάσει στους υπόγειους ορίζοντες, πρέπει να αναμένεται περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών, αφού οι ποσότητες που ανιχνεύονται σήμερα αντιστοιχούν στις απορροές από τα καλλιεργούμενα χωράφια των δεκαετιών του '70 και του '80, όταν η γεωργία ήταν λιγότερο εντατική. Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα της εντατικής κτηνοτροφίας: μια αγελάδα παράγει ετησίως περίπου 16m³ κοπριά η οποία περιέχει 50kg νιτρικών.

Τα νιτρικά μέσα στο σώμα μετατρέπονται σε νιτρώδη, και αυτά σε νιτροζαμίνες που εντάσσονται στις καρκινογόνες ενώσεις. Η υπερβολική αζωτούχος λίπανση μπορεί να δημιουργήσει συσσώρευση νιτρικών κυρίως στα φυλλώδη λαχανικά, αλλά και στα κονδυλόρριζα, σε βαθμό τέτοιο, που γίνονται επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία. Το 20-30% των νιτρικών μπορεί να εισέλθει στον ανθρώπινο οργανισμό με το πόσιμο νερό. Το υπόλοιπο 70-80% εισέρχεται με την κατανάλωση λαχανικών και κρέατος το οποίο έχει υποστεί επεξεργασία με συντηρητικές ουσίες που περιέχουν νιτρικά. Τα νιτρικά άλατα καθώς και τα νιτρώδη χρησιμοποιούνται για την αντιβακτηριακή τους δράση ως πρόσθετα στα αλλαντικά, με τα σύμβολα E-249 και E-252 αντίστοιχα.

Προκειμένου να εκτιμηθεί το είδος και η ποσότητα των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων στις καλλιέργειες, έγινε μια συστηματική έρευνα στην περιοχή του Αμβρακικού, όπου λήφθηκαν υπόψη τα παρακάτω:

1. Το είδος των καλλιεργειών
2. Η ακολουθούμενη γεωργική πρακτική και
3. Οι πωλήσεις από τα καταστήματα γεωργικών εφοδίων της περιοχής.

Η έρευνα άρχισε τον Μάιο του 2004 και τελείωσε τον Απρίλιο του 2005. Σύμφωνα με αυτή τα χρησιμοποιούμενα λιπάσματα και οι ποσότητες εμφανίζονται στον Πίνακα 2.2.



ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ
ΤΩΝ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Καλλιέργεια	Είδος λιπάσματος	Ποσότητα (Τόνοι)	Σύνολο καλλιέργειας
Αραβόσιτος	Φωσφορική αμμωνία	1250	2.500
	Νιτρική αμμωνία	1250	
Μηδική και τριφύλλια	Φωσφορική αμμωνία	2.000	3.500
	Απλό υπερφωσφορικό 0-20-0	1500	
Ακτινίδια	Φωσφορική αμμωνία	100	925
	Νιτρική αμμωνία	300	
	11-15-15	300	
	Νιτρικό κάλιο	225	
Κηπευτικά	Φωσφορική αμμωνία	225	700
	Νιτρική αμμωνία	250	
	11-15-15	225	



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Ιστορικό και σκοπός της μελέτης

Η εργασία σκοπό έχει την μελέτη των παρακάτω παραμέτρων στους υδάτινους δρόμους που μεταφέρουν ρυπαντές από το αγροτικό οικοσύστημα της περιοχής Κυπαρίσσου στον Καλαμά:

1. Την μελέτη των φυσικοχημικών παραμέτρων όπως pH, και E.C.
2. Την μελέτη της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων που είναι υπεύθυνα για τον ευτροφισμό

Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Χημείας του Τμήματος Ιχθυοκομίας Αλιείας του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου.

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η συμβολή στη γνώση που σχετίζεται με την μεταφορά γεωργικών ρύπων στον Καλαμά: . Επιχειρείται επίσης η σύνδεση των γεωργικών πρακτικών που ακολουθούνται στην περιοχή με τη ρύπανση του Καλαμά, ώστε να έχει εφαρμογή στο μέλλον στο σχεδιασμό των στρατηγικών διαχείρισης του οικοσυστήματος.

3.1 Φυσιογραφία της περιοχής-Χάρτης

Η περιοχή που μελετήθηκε εκτείνεται βορειοανατολικά της Ηγουμενίτσας ανήκει στο Δήμο Φιλιατών και περιλαμβάνει τα Δ.Δ. Πηγαδούλια Κυπαρίσσο, Αγ. Αρσένιο. Είναι έκταση 2.250 στρ. εκ των οποίων 800 στρ. είναι καλλιέργεια αραβοσίτου, 750 στρ. καλλιέργεια τριφύλλι, και τα υπόλοιπα χορτολιβαδική έκταση. Την περιοχή διασχίζει ο ποταμός Καλαμάς σε μήκος 20 χιλιομέτρων περίπου.

3.2 Επιλογή σημείων δειγματοληψίας

Για τη συλλογή των δειγμάτων, επελέγησαν οκτώ σημεία δειγματοληψίας. Η επιλογή τους έγινε με στόχο, όχι μόνο να αντιπροσωπεύουν όλη την περιοχή, αλλά ταυτόχρονα να ανταποκρίνονται σε κάθε λεκάνη καλλιέργειας, ώστε να εξαχθούν τα απαραίτητα συμπεράσματα.

Η δειγματοληψία αφορούσε αφενός την ελεύθερη στάθμη του νερού σε γεωργικά εδάφη με τη χρήση ειδικού δειγματολήπτη και τη μέθοδο της



αναρρόφησης ύστερα από δημιουργία υποπίεσης και αφετέρου το πρωτογενές και δευτερογενές στραγγιστικό δίκτυο.

Οι θέσεις καταγράφονται ως εξής:

Θέση 1: Κυπάρισσος – Χορτολιβαδική έκταση (ΕΣ)

Θέση 2: Κυπάρισσος – Κανάλι αντλιοστασίου (Δευτ.στραγ.)

Θέση 3: Κιάφες Παλαιοχωρίου- Τάφος

Θέση 4: Σολοπιά –Τριπίλιουρες (Ε.Σ)

Θέση 5: Αετός- Κανάλι χωριού (Σ)

Θέση 6: Πηγαδούλια - Κεντρική τάφος (Σ)

Θέση 7: Πηγαδούλια - Μαρκαντιλιδιά (καλλιέργεια αραβοσίτου) (Ε.Σ.)

Θέση 8: Αγ. Αρσένιος - Καλλιέργεια τριφυλλιού (Ε.Σ.)

3.3 Τρόπος δειγματοληψίας ελεύθερης στάθμης νερού

1. Διάνοιξη οπής στο έδαφος μέχρι την εύρεση της ελεύθερης στάθμης, και διεύθυνση σε βάθος από 30 έως 80 εκατοστά κάτω από αυτή, και ανάλογα με το ύψος της στάθμης του ελεύθερου νερού.

2. Αναρρόφηση του νερού με ειδικό δειγματολήπτη υπό κενό. Το πορώδες κεραμικό κάλυμα του δειγματολήπτη δεν επέτρεπε την αναρρόφηση αιωρούμενων σωματιδίων αργίλου έτσι ώστε οι προσδιορισμοί να αφορούν σε καθαρό νερό.

3. Χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά δοχεία πολυπροπυλενίου χωρητικότητας 1L. Η διαδικασία της δειγματοληψίας γίνονταν την ίδια μέρα για όλα τα σημεία. Τα δείγματα μεταφέρονταν σε ψυκτικό θάλαμο.

3.4 Περίοδος δειγματοληψίας

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν από Νοέμβριο 2005 μέχρι Οκτώβριο 2007 κατά μηνιαία χρονικά διαστήματα αναλόγως με τις κλιματικές συνθήκες την προσβασιμότητα της περιοχής και την ύπαρξη ή μη νερού στο στραγγιστικό δίκτυο.

3.5 Μετρήσεις και χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός.

Μετά τη διήθηση των δειγμάτων προκειμένου να απομακρυνθεί κάθε αιωρούμενο σωματίδιο διεξήχθησαν οι παρακάτω χημικές μετρήσεις:



- pH
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.)
- Περιεκτικότητα (NO₃)
- Περιεκτικότητα νιτρωδών (NO₂)
- Περιεκτικότητα φωσφορικών (PO₄)

Όλες οι μετρήσεις έγιναν σύμφωνα με την επίσημη μεθοδολογία American Public Health Association (A.P.H.A. standard methods) (A.P.H.A. 1989). Όλα τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αναλυτικώς καθαρά της εταιρίας Merck, A.G. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν επιλέχθηκαν με βάση το γεγονός ότι τα νιτρικά και τα φωσφορικά ανιόντα αποτελούν τους βασικούς παράγοντες ευτροφισμού, με δεδομένο ότι ο ποταμός Καλαμάς αποτελεί τον αποδέκτη της λεκάνης απορροής με τελική κατάληξη σημείο του Ιονίου πελάγους όπου άρχισαν πρόσφατα να αναπτύσσονται εκτεταμένες εκτροφές μυδιών.

3.5.1. Ενεργός οξύτητα (pH)

Η ενεργός οξύτητα (pH) μετρήθηκε στο πεδίο δειγματοληψίας, ηλεκτροχημικά με πεχάμετρο τύπου pH/°C - meter Basic 20.

3.5.2. Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα μετρήθηκε στο πεδίο δειγματοληψίας ηλεκτροχημικά με φορητό αγωγιμόμετρο τύπου JENNWAY.

3.5.3. Νιτρικά (NO₃)

Η χημική ανάλυση των νιτρικών ιόντων (nitrates) έγινε σύμφωνα με την επίσημη μεθοδολογία A.P.H.A. (A.P.H.A. standard methods) (A.P.H.A., 1989). Τα δείγματα που προορίζονται για την μέτρηση των νιτρικών αναλύονται συνήθως εντός 48 ωρών με αναγωγή στήλης καδμίου. Ηλεκτροχημικά οι μετρήσεις νιτρικών ιόντων έγιναν στο εργαστήριο με τον φωτομετρικό αναλυτή HACH DR/2010.



3.5.4. Νιτρώδη (NO₂)

Η χημική ανάλυση των νιτρωδών ιόντων (nitrites) έγινε σύμφωνα με την επίσημη μεθοδολογία A.P.H.A. (A.P.H.A. standard methods) (A.P.H.A., 1989). Τα δείγματα που προορίζονται για την μέτρηση των νιτρωδών αναλύονται συνήθως εντός 48 ωρών με αναγωγή στήλης καδμίου. Ηλεκτροχημικά οι μετρήσεις νιτρωδών ιόντων έγιναν στο εργαστήριο με τον φωτομετρικό αναλυτή HACH DR/2010).

3.5.5. Φωσφορικά (PO₄)

Η χημική ανάλυση των φωσφορικών (phosphates) έγινε σύμφωνα με την επίσημη μεθοδολογία A.P.H.A. (A.P.H.A. standard methods) (A.P.H.A., 1989). Οι τιμές των φωσφορικών (PO₄) με την επίσημη αυτοματοποιημένη μέθοδο αναγωγής του ασκορβικού 4500-P-F (A.P.H.A., 1989). Ηλεκτροχημικά οι μετρήσεις φωσφορικών ιόντων έγιναν στο εργαστήριο με τον φωτομετρικό αναλυτή HACH DR/2010).

4.1 Αποτελέσματα –σχολιασμός

Στους πίνακες που ακολουθούν και στις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις δίνονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων εκφράζονται υπό τη μορφή ιόντος (NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄⁻³ αντίστοιχα) και όχι υπό μορφή καθαρού στοιχείου και τούτο λόγω του γεγονότος ότι έτσι εκφράζονται οι διεθνείς προδιαγραφές και τα όρια που έχει θέσει κατά περίπτωση η Ε.Ε. για το πόσιμο νερό.



ΘΕΣΗ 1

ΜΗΝΑΣ	ΝΙΤΡΙΚΑ	ΝΙΤΡΩΔΗ	ΦΩΣΦΩΡΙΚΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	pH
Νοε-05	7,5	0,013	0,01	8	7,5
Δεκ-05	7,8	0,017	0,02	11	7,8
Ιαν-06	7,8	0,045	0,01	11	7,5
Φεβ-06	7,9	0,052	0,02	13	7,3
Μαρ-06	7,6	0,048	0,01	12	7,6
Απρ-06	7,6	0,059	0,02	11	7,6
Μαί-06	7,7	0,054	0,01	10	7,5
Ιουν-06	8,2	0,061	0,01	10	7,0
Ιουλ-06	8,3	0,085	0,02	12	7,2
Αυγ-06	8,5	0,089	0,02	14	7,5
Σεπ-06	8,4	0,078	0,02	15	7,1
Οκτ-06	8,7	0,078	0,03	13	7,3
Νοε-06	9,2	0,081	0,03	12	7,3
Δεκ-06	9,0	0,097	0,03	13	7,5
Ιαν-07	9,0	0,120	0,03	12	7,5
Φεβ-07	8,8	0,099	0,02	13	7,4
Μαρ-07	8,2	0,125	0,02	15	7,9
Απρ-07	7,9	0,081	0,02	12	7,8
Μαί-07	7,8	0,077	0,01	11	7,7
Ιουν-07	8,0	0,074	0,01	12	7,5
Ιουλ-07	8,2	0,069	0,01	12	7,4
Αυγ-07	8,4	0,072	0,01	13	7,5
Σεπ-07	8,2	0,058	0,02	12	7,6
Οκτ-07	7,8	0,067	0,03	12	7,7



ΘΕΣΗ 2

ΜΗΝΑΣ	ΝΙΤΡΙΚΑ	ΝΙΤΡΩΔΗ	ΦΩΣΦΩΡΙΚΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	pH
Νοε-05	14,6	0,018	0,02	9	7,8
Δεκ-05	15,2	0,019	0,03	8	7,7
Ιαν-06	17,1	0,025	0,02	10	8,1
Φεβ-06	17,0	0,024	0,02	10	8,0
Μαρ-06	16,4	0,027	0,03	11	7,9
Απρ-06	14,3	0,026	0,04	12	8,2
Μαϊ-06	13,9	0,025	0,04	11	8,3
Ιουν-06	12,8	0,019	0,04	10	8,2
Ιουλ-06	11,3	0,020	0,04	9	8,1
Αυγ-06	11,5	0,022	0,03	9	7,9
Σεπ-06	14,2	0,026	0,04	10	7,8
Οκτ-06	14,8	0,024	0,04	10	7,9
Νοε-06	13,6	0,023	0,05	11	8,0
Δεκ-06	14,7	0,027	0,05	10	7,8
Ιαν-07	16,4	0,028	0,05	11	7,7
Φεβ-07	16,7	0,028	0,05	10	8,0
Μαρ-07	17,1	0,035	0,04	11	8,1
Απρ-07	15,4	0,036	0,04	10	7,9
Μαϊ-07	14,2	0,033	0,05	9	7,8
Ιουν-07	13,3	0,030	0,06	9	7,9
Ιουλ-07	11,1	0,022	0,05	10	8,0
Αυγ-07	12,6	0,020	0,05	9	8,2
Σεπ-07	13,8	0,021	0,05	10	8,3
Οκτ-07	15,4	0,024	0,04	11	8,1



ΘΕΣΗ 3

ΜΗΝΑΣ	ΝΙΤΡΙΚΑ	ΝΙΤΡΩΔΗ	ΦΩΣΦΩΡΙΚΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	pH
Νοε-05	10,6	0,014	0,01	9	7,8
Δεκ-05	10,2	0,013	0,02	10	7,9
Ιαν-06	9,7	0,015	0,02	11	8,0
Φεβ-06	10,0	0,014	0,01	14	8,1
Μαρ-06	10,8	0,015	0,03	12	7,9
Απρ-06	11,6	0,016	0,02	11	7,8
Μαϊ-06	11,5	0,014	0,03	12	7,9
Ιουν-06	12,1	0,016	0,02	11	8,0
Ιουλ-06	11,7	0,017	0,01	10	8,1
Αυγ-06	12,0	0,015	0,02	11	8,1
Σεπ-06	11,0	0,014	0,03	12	8,0
Οκτ-06	10,7	0,013	0,10	12	8,1
Νοε-06	10,5	0,014	0,09	10	7,9
Δεκ-06	10,6	0,015	0,10	9	7,9
Ιαν-07	9,9	0,014	0,09	10	7,8
Φεβ-07	9,8	0,016	0,07	12	7,9
Μαρ-07	9,7	0,015	0,08	12	7,8
Απρ-07	9,6	0,014	0,07	11	7,9
Μαϊ-07	9,2	0,015	0,08	10	7,8
Ιουν-07	9,4	0,014	0,10	9	8,0
Ιουλ-07	9,2	0,013	0,13	10	8,1
Αυγ-07	9,1	0,013	0,12	9	8,2
Σεπ-07	9,5	0,014	0,07	11	8,2
Οκτ-07	10,2	0,013	0,06	12	8,1



ΘΕΣΗ 4

ΜΗΝΑΣ	ΝΙΤΡΙΚΑ	ΝΙΤΡΩΔΗ	ΦΩΣΦΩΡΙΚΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	pH
Νοε-05	7,7	0,012	0,01	2	6,8
Δεκ-05	7,4	0,013	0,02	2	6,9
Ιαν-06	7,9	0,013	0,01	2	6,8
Φεβ-06	8,1	0,015	0,01	3	6,8
Μαρ-06	8,0	0,013	0,00	3	7,0
Απρ-06	7,6	0,012	0,00	2	7,1
Μαϊ-06	7,7	0,012	0,01	2	7,0
Ιουν-06	7,9	0,010	0,01	2	7,1
Ιουλ-06	8,1	0,010	0,02	3	7,4
Αυγ-06	8,3	0,011	0,03	2	7,0
Σεπ-06	8,2	0,012	0,02	2	6,9
Οκτ-06	8,1	0,013	0,02	3	6,8
Νοε-06	8,5	0,013	0,02	2	7,0
Δεκ-06	8,6	0,016	0,02	2	7,2
Ιαν-07	8,3	0,016	0,01	3	7,2
Φεβ-07	8,3	0,017	0,01	2	7,1
Μαρ-07	8,0	0,016	0,01	2	7,0
Απρ-07	7,9	0,014	0,01	3	7,0
Μαϊ-07	7,8	0,013	0,01	3	6,9
Ιουν-07	8,0	0,012	0,00	2	7,0
Ιουλ-07	7,5	0,013	0,00	3	7,6
Αυγ-07	7,4	0,011	0,00	3	7,4
Σεπ-07	7,8	0,012	0,01	3	7,2
Οκτ-07	7,9	0,012	0,01	3	7,0



ΘΕΣΗ 5

ΜΗΝΑΣ	ΝΙΤΡΙΚΑ	ΝΙΤΡΩΔΗ	ΦΩΣΦΩΡΙΚΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	pH
Νοε-05	10,2	0,013	0,02	2	7,1
Δεκ-05	10,5	0,014	0,01	3	7,3
Ιαν-06	10,6	0,013	0,04	2	7,2
Φεβ-06	10,1	0,012	0,04	1	6,9
Μαρ-06	10,4	0,013	0,03	1	6,9
Απρ-06	10,8	0,013	0,03	2	7,0
Μαϊ-06	11,2	0,013	0,04	3	7,3
Ιουν-06	11,3	0,012	0,05	3	7,2
Ιουλ-06	10,4	0,014	0,04	2	7,6
Αυγ-06	10,2	0,012	0,05	2	7,5
Σεπ-06	11,3	0,013	0,08	1	7,3
Οκτ-06	11,2	0,013	0,08	3	7,0
Νοε-06	11,0	0,014	0,07	1	6,8
Δεκ-06	10,8	0,015	0,07	2	6,7
Ιαν-07	10,4	0,014	0,09	1	6,9
Φεβ-07	10,5	0,013	0,08	2	7,2
Μαρ-07	10,6	0,014	0,09	1	6,9
Απρ-07	11,0	0,014	0,05	1	7,0
Μαϊ-07	10,9	0,014	0,05	2	7,2
Ιουν-07	11,5	0,013	0,06	1	7,1
Ιουλ-07	11,4	0,013	0,05	2	7,2
Αυγ-07	11,6	0,014	0,06	1	7,4
Σεπ-07	10,9	0,012	0,05	1	7,2
Οκτ-07	10,8	0,012	0,06	1	7,3



ΘΕΣΗ 6

ΜΗΝΑΣ	ΝΙΤΡΙΚΑ	ΝΙΤΡΩΔΗ	ΦΩΣΦΩΡΙΚΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	pH
Νοε-05	9,3	0,013	0,03	4	8,2
Δεκ-05	9,1	0,013	0,03	5	8,5
Ιαν-06	9,7	0,015	0,02	2	8,6
Φεβ-06	9,9	0,012	0,04	3	8,2
Μαρ-06	10,1	0,013	0,04	2	8,4
Απρ-06	10,6	0,014	0,00	3	8,2
Μαί-06	9,7	0,013	0,03	4	8,3
Ιουν-06	9,8	0,014	0,03	5	8,0
Ιουλ-06	9,5	0,015	0,01	4	8,1
Αυγ-06	9,6	0,016	0,02	2	8,2
Σεπ-06	11,2	0,015	0,03	4	8,1
Οκτ-06	11,8	0,015	0,02	3	8,0
Νοε-06	11,0	0,013	0,03	2	8,0
Δεκ-06	11,5	0,011	0,02	3	7,9
Ιαν-07	12,1	0,012	0,02	2	8,2
Φεβ-07	11,2	0,013	0,03	3	8,1
Μαρ-07	10,9	0,012	0,03	4	8,4
Απρ-07	10,8	0,013	0,02	4	8,3
Μαί-07	11,7	0,011	0,03	5	8,4
Ιουν-07	10,9	0,013	0,03	4	8,0
Ιουλ-07	11,2	0,011	0,02	5	7,9
Αυγ-07	12,5	0,011	0,03	3	8,0
Σεπ-07	12,3	0,012	0,03	4	7,8
Οκτ-07	11,8	0,012	0,02	5	8,3



ΘΕΣΗ 7

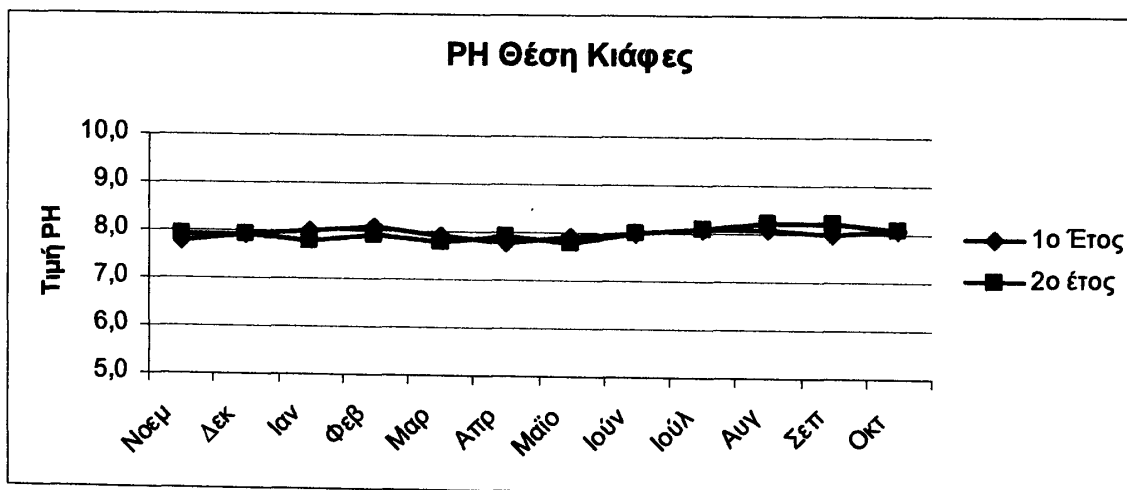
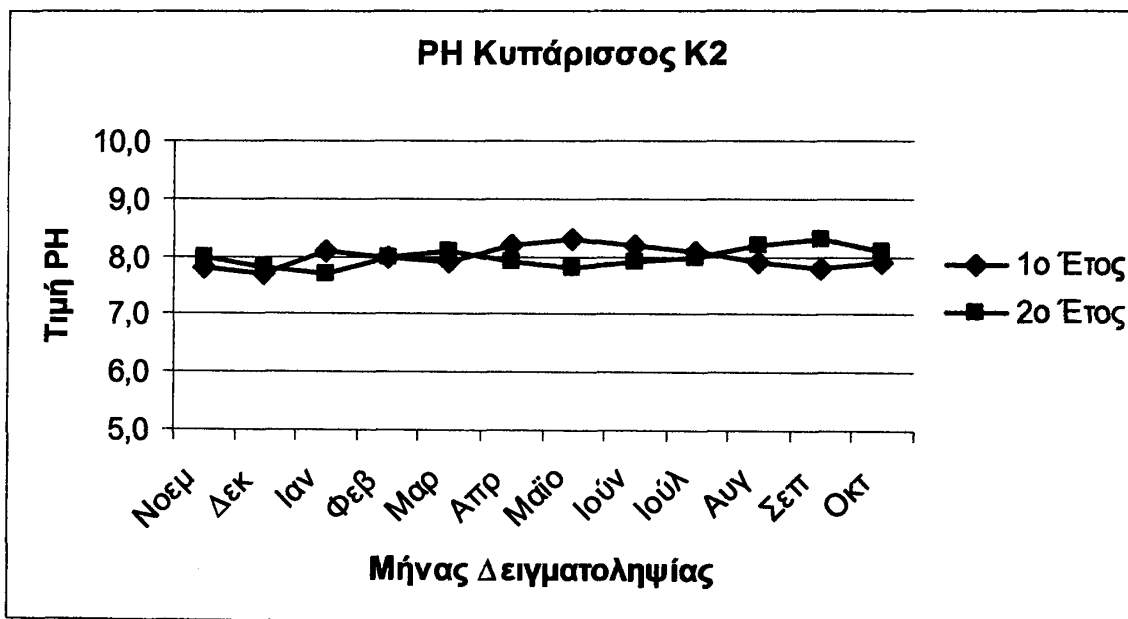
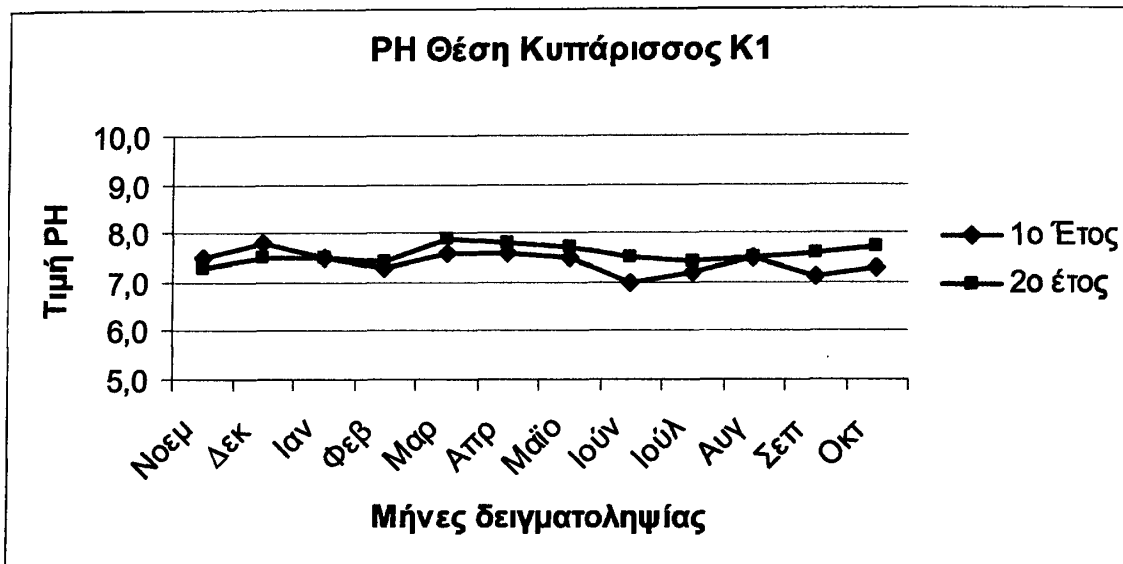
ΜΗΝΑΣ	ΝΙΤΡΙΚΑ	ΝΙΤΡΩΔΗ	ΦΩΣΦΩΡΙΚΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	pH
Νοε-05	13,7	0,025	0,04	8	7,5
Δεκ-05	13,6	0,027	0,04	9	7,4
Ιαν-06	13,4	0,029	0,03	10	7,5
Φεβ-06	12,8	0,027	0,02	9	7,6
Μαρ-06	12,9	0,032	0,07	10	7,7
Απρ-06	12,8	0,035	0,05	10	7,5
Μαϊ-06	12,7	0,036	0,06	10	7,4
Ιουν-06	12,9	0,039	0,02	9	7,6
Ιουλ-06	13,1	0,035	0,05	9	7,6
Αυγ-06	13,5	0,036	0,04	8	7,8
Σεπ-06	13,6	0,035	0,05	8	7,8
Οκτ-06	13,5	0,032	0,06	8	7,7
Νοε-06	13,7	0,039	0,05	9	7,6
Δεκ-06	13,5	0,038	0,04	9	7,5
Ιαν-07	13,8	0,037	0,07	8	7,6
Φεβ-07	14,1	0,036	0,08	8	7,8
Μαρ-07	14,2	0,045	0,07	10	7,9
Απρ-07	13,8	0,049	0,05	9	7,6
Μαϊ-07	13,7	0,045	0,05	9	7,7
Ιουν-07	13,4	0,044	0,04	8	7,5
Ιουλ-07	13,1	0,042	0,05	10	7,6
Αυγ-07	13,5	0,044	0,06	10	7,9
Σεπ-07	12,9	0,039	0,06	9	7,8
Οκτ-07	12,8	0,042	0,06	9	7,7

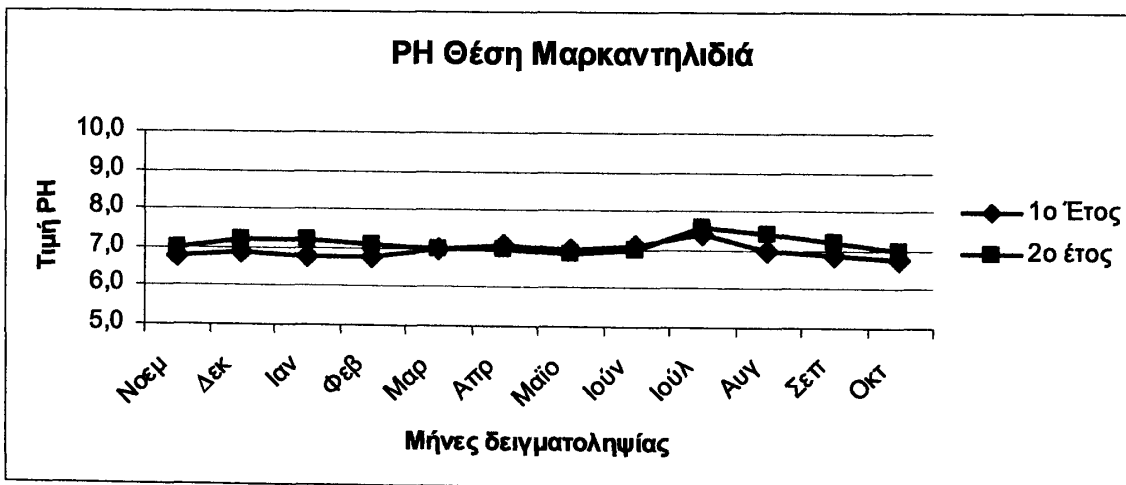
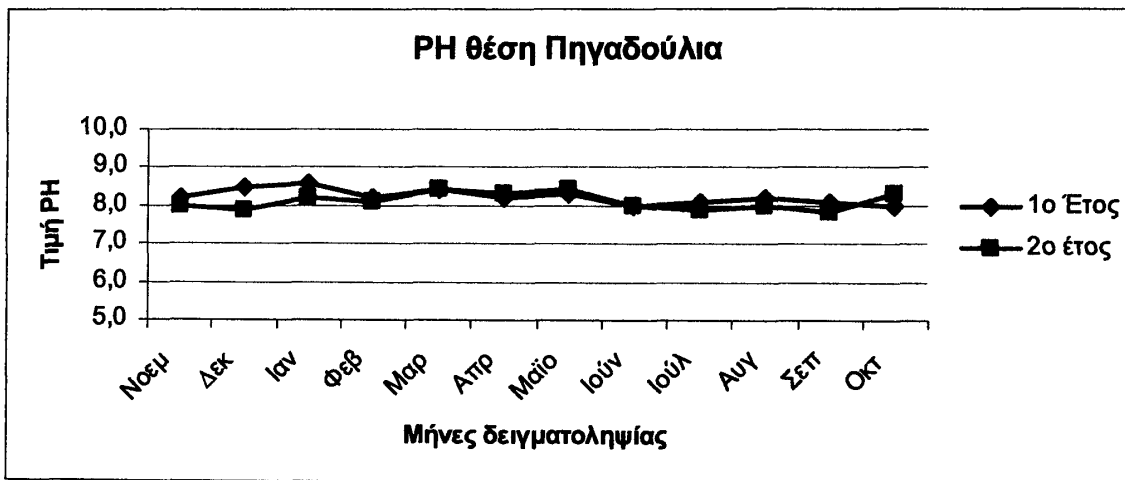
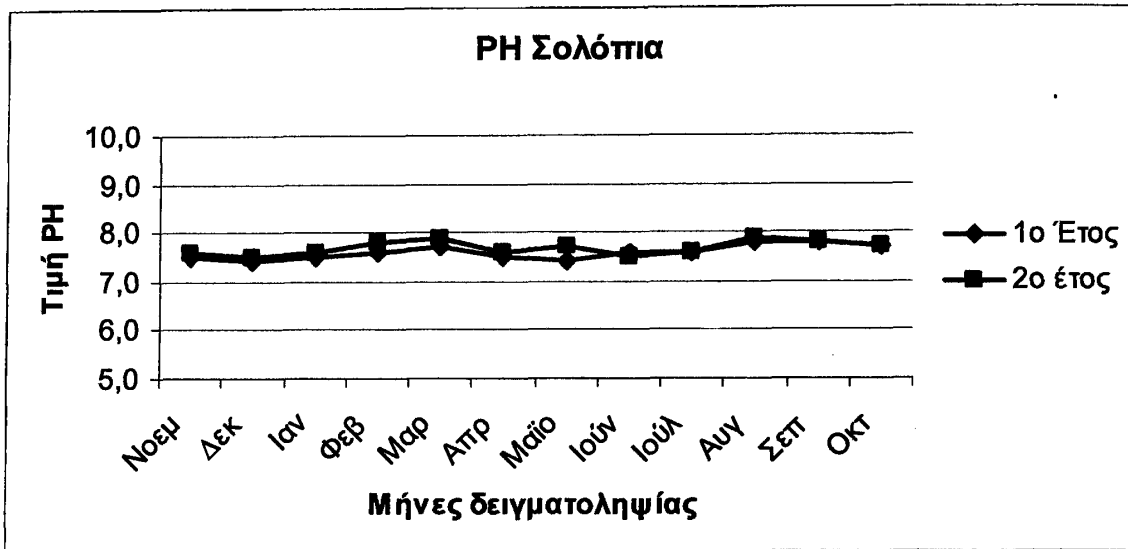


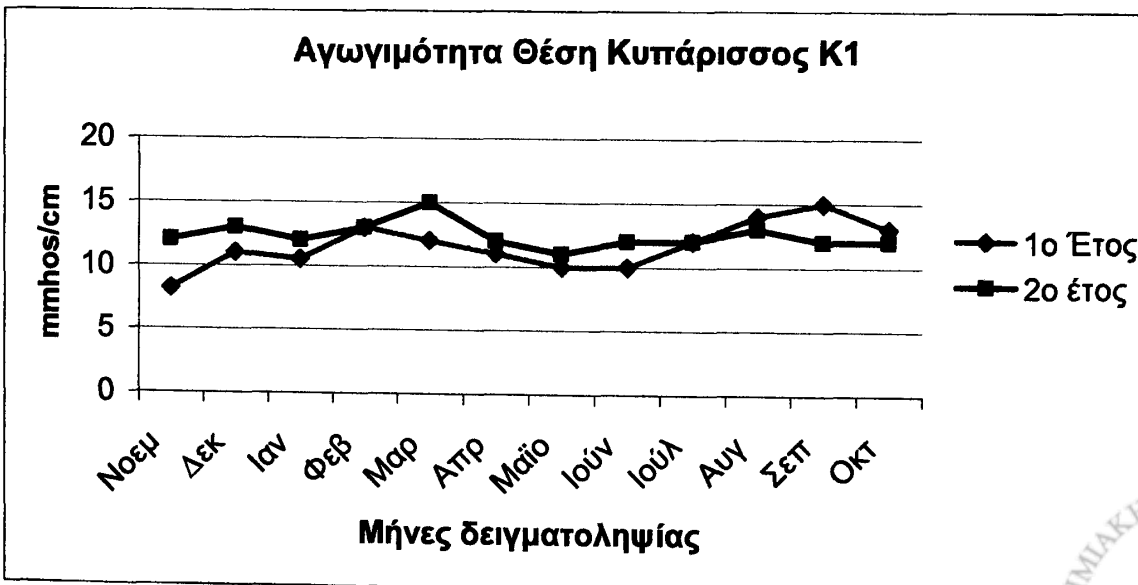
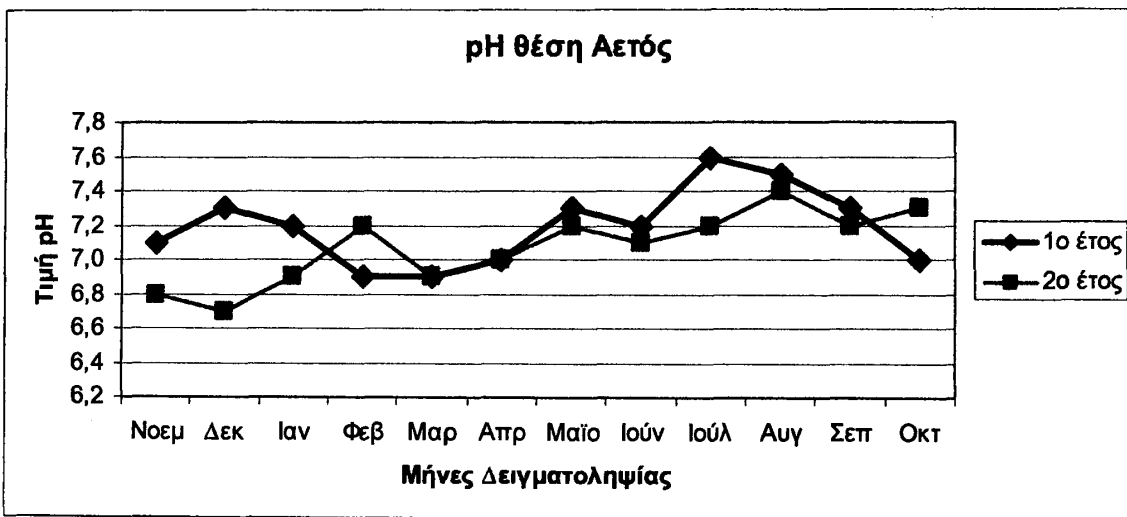
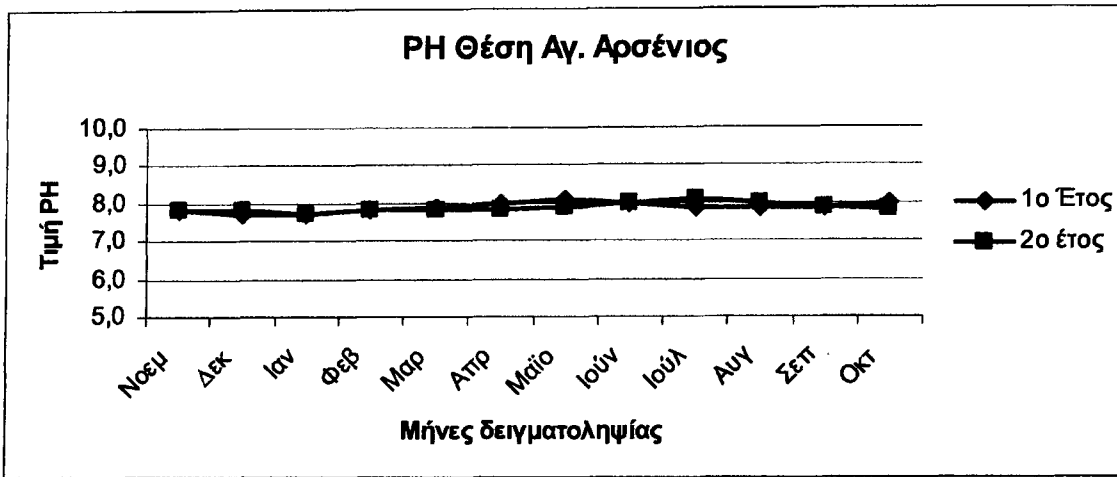
ΘΕΣΗ 8

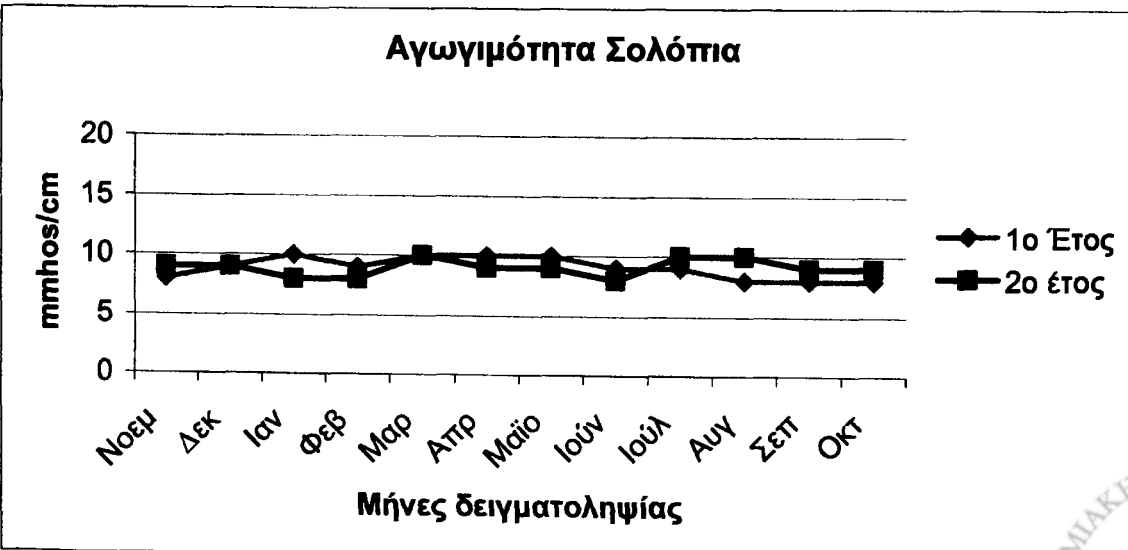
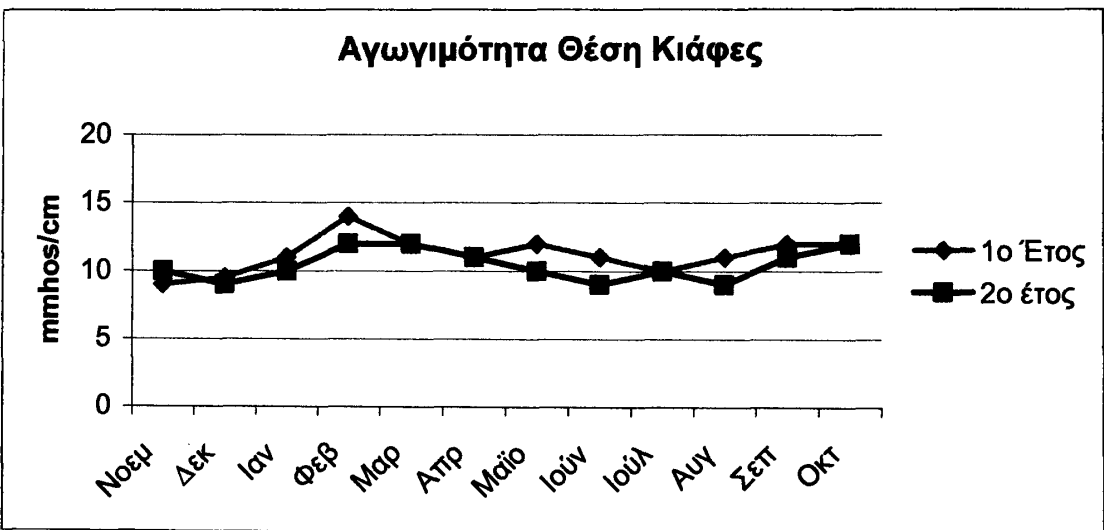
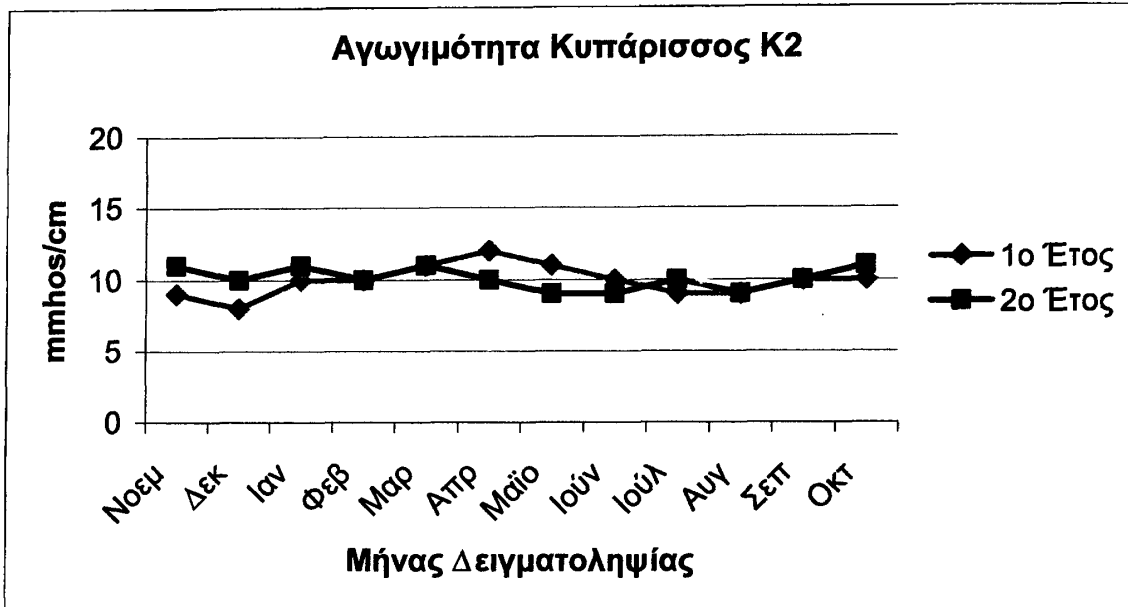
ΜΗΝΑΣ	ΝΙΤΡΙΚΑ	ΝΙΤΡΩΔΗ	ΦΩΣΦΩΡΙΚΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	pH
Νοε-05	7,1	0,013	0,04	5	7,8
Δεκ-05	7,2	0,014	0,04	4	7,7
Ιαν-06	7,2	0,017	0,03	4	7,7
Φεβ-06	7,1	0,015	0,03	3	7,8
Μαρ-06	7,6	0,011	0,04	4	7,9
Απρ-06	7,0	0,013	0,04	5	8,0
Μαϊ-06	7,5	0,014	0,03	3	8,1
Ιουν-06	7,6	0,015	0,03	4	8,0
Ιουλ-06	7,5	0,015	0,02	5	7,9
Αυγ-06	7,8	0,016	0,03	3	7,9
Σεπ-06	7,8	0,017	0,04	4	7,9
Οκτ-06	8,0	0,016	0,03	5	8,0
Νοε-06	7,9	0,019	0,04	3	7,8
Δεκ-06	7,8	0,018	0,04	4	7,8
Ιαν-07	8,0	0,018	0,03	5	7,7
Φεβ-07	8,1	0,020	0,03	3	7,8
Μαρ-07	7,9	0,019	0,02	4	7,8
Απρ-07	7,8	0,015	0,03	4	7,8
Μαϊ-07	7,2	0,013	0,04	3	7,9
Ιουν-07	7,2	0,013	0,04	4	8,0
Ιουλ-07	7,1	0,014	0,05	4	8,1
Αυγ-07	6,9	0,014	0,05	3	8,0
Σεπ-07	7,4	0,015	0,04	3	7,9
Οκτ-07	7,3	0,014	0,04	5	7,8

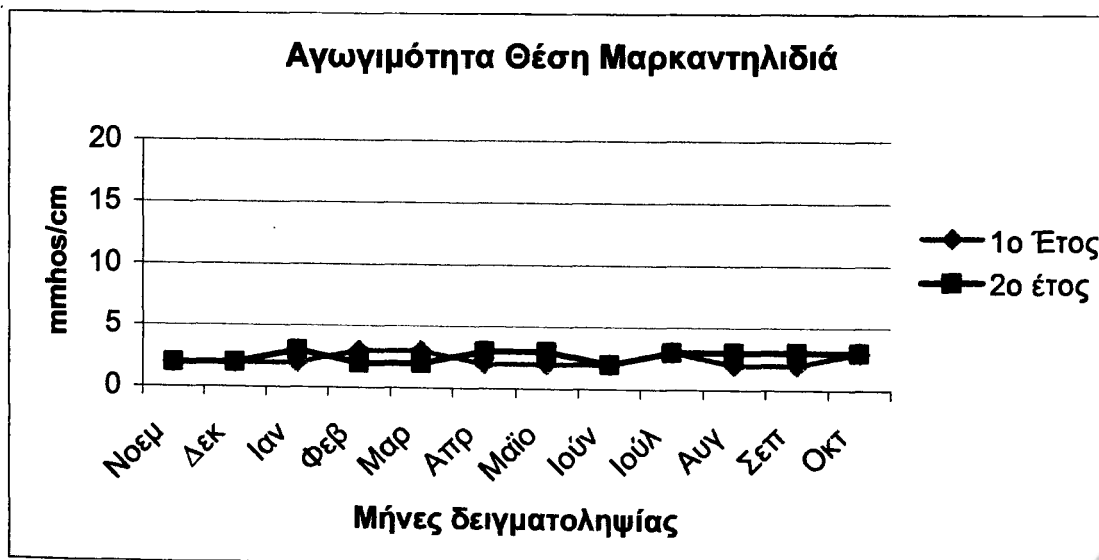
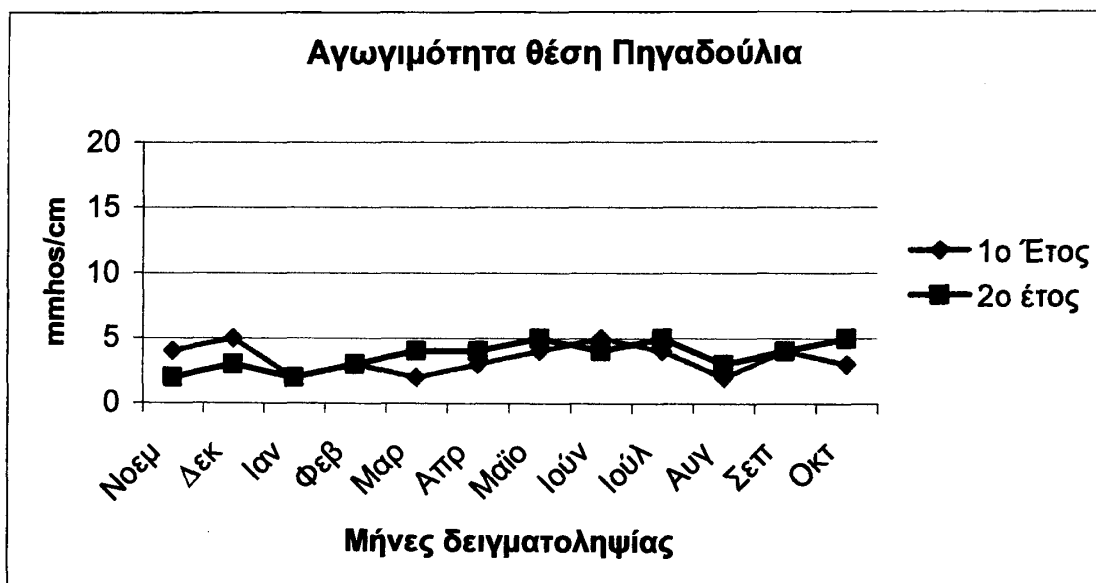
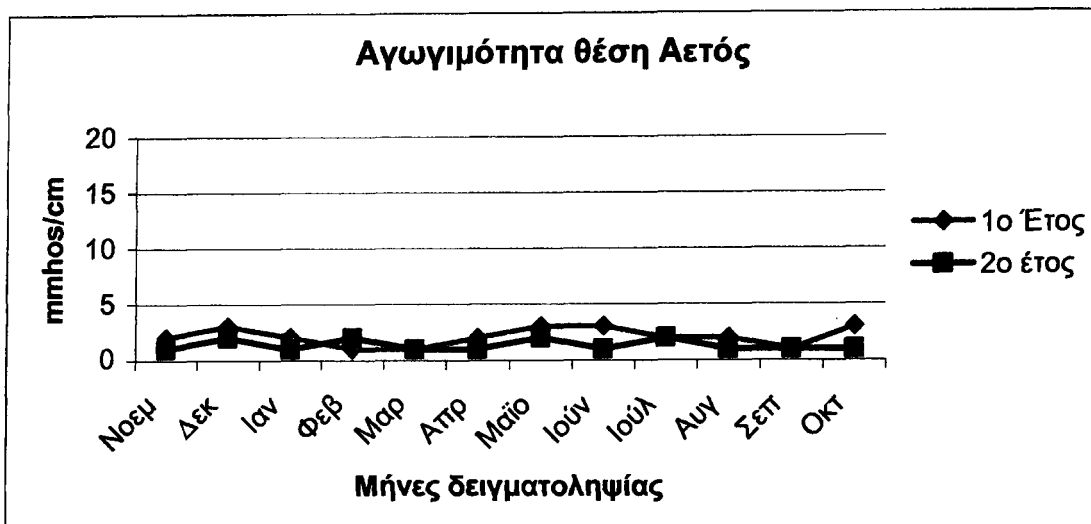




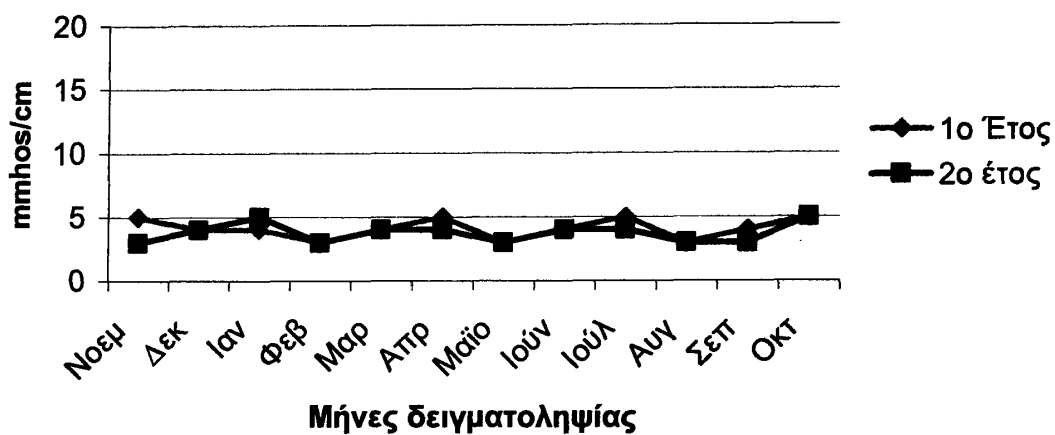




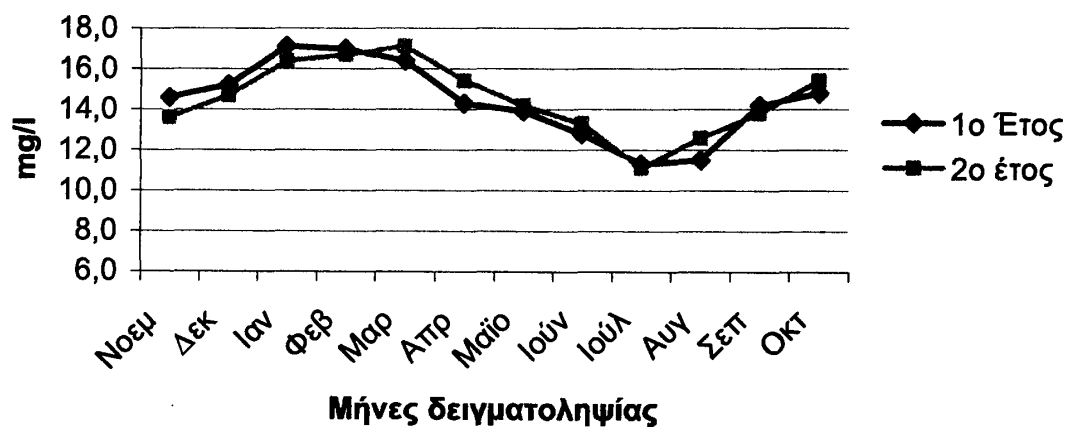




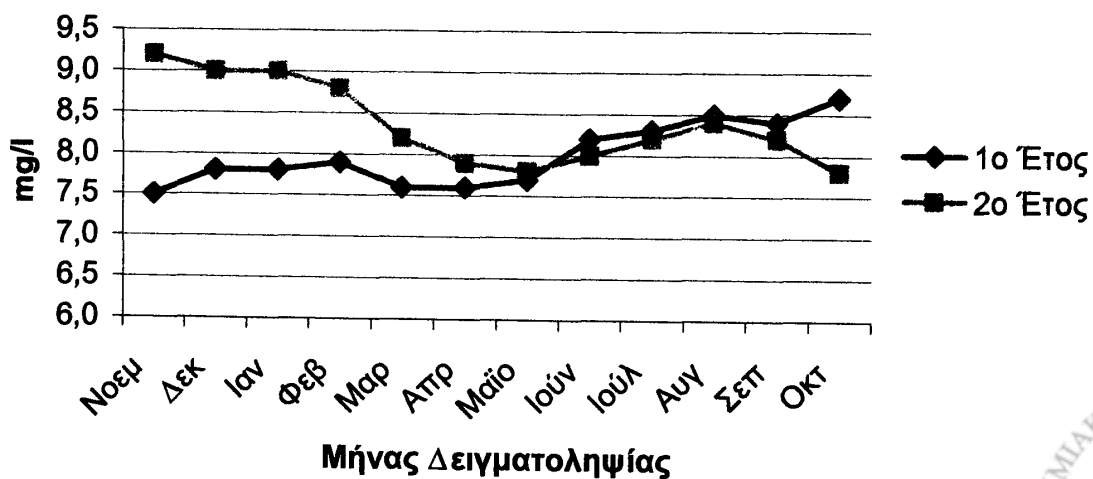
Αγωγιμότητα Θέση Αγ. Αρσένιος

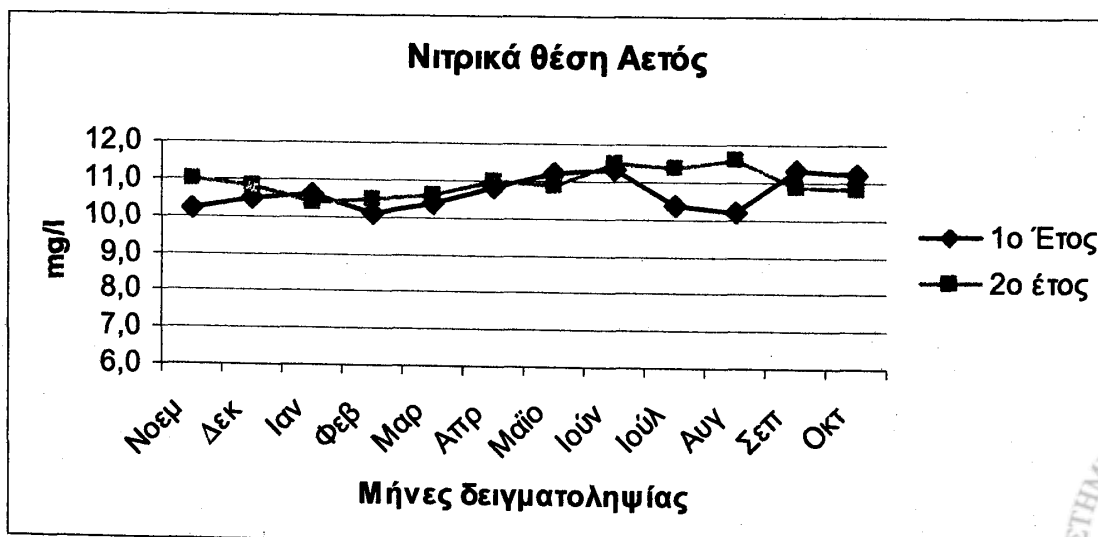
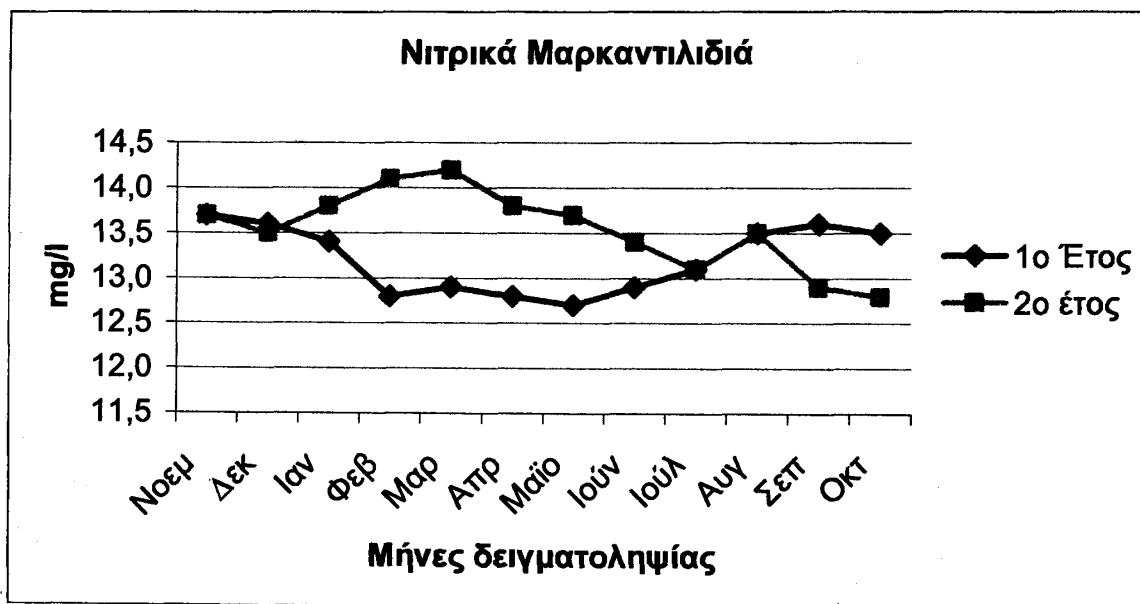
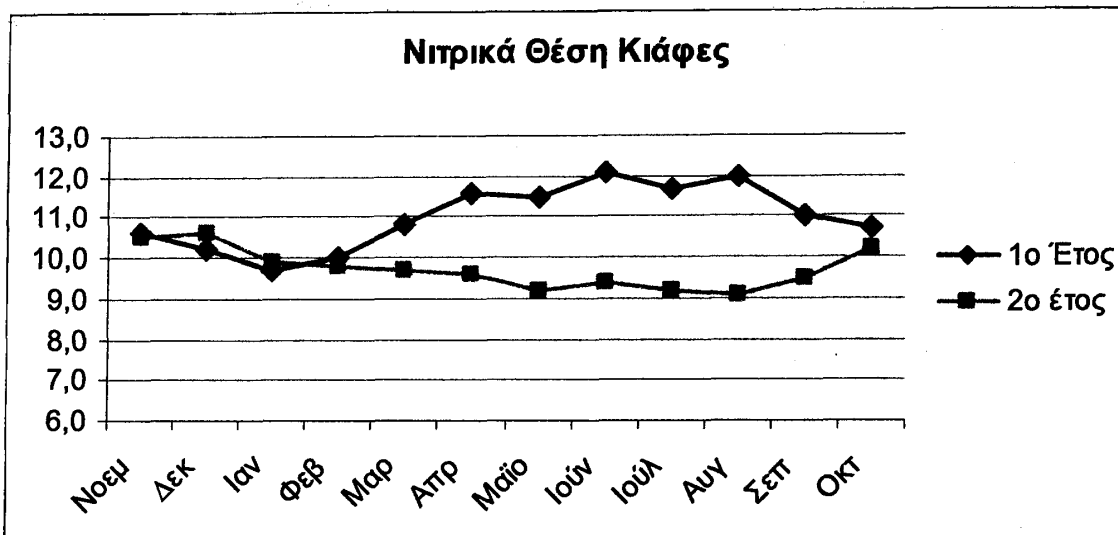


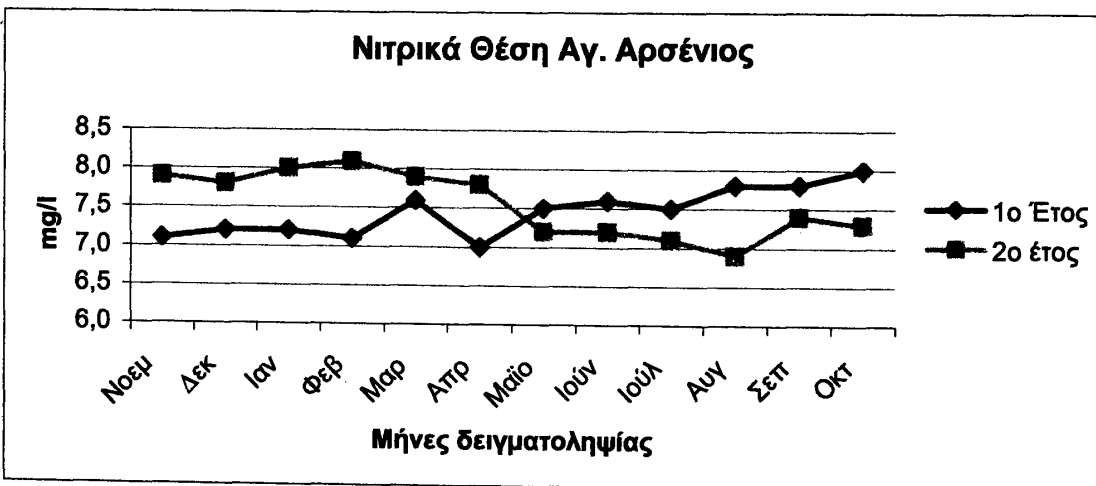
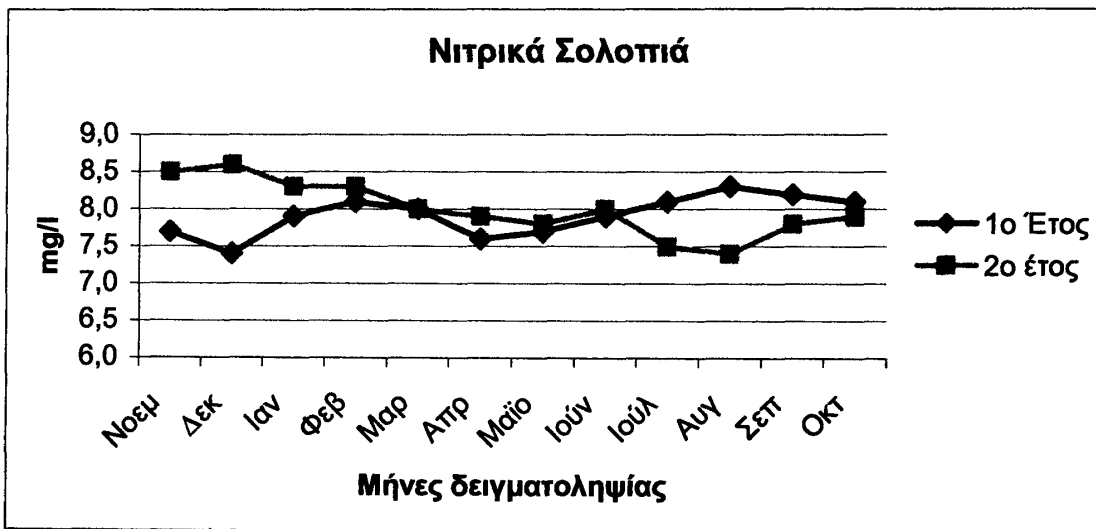
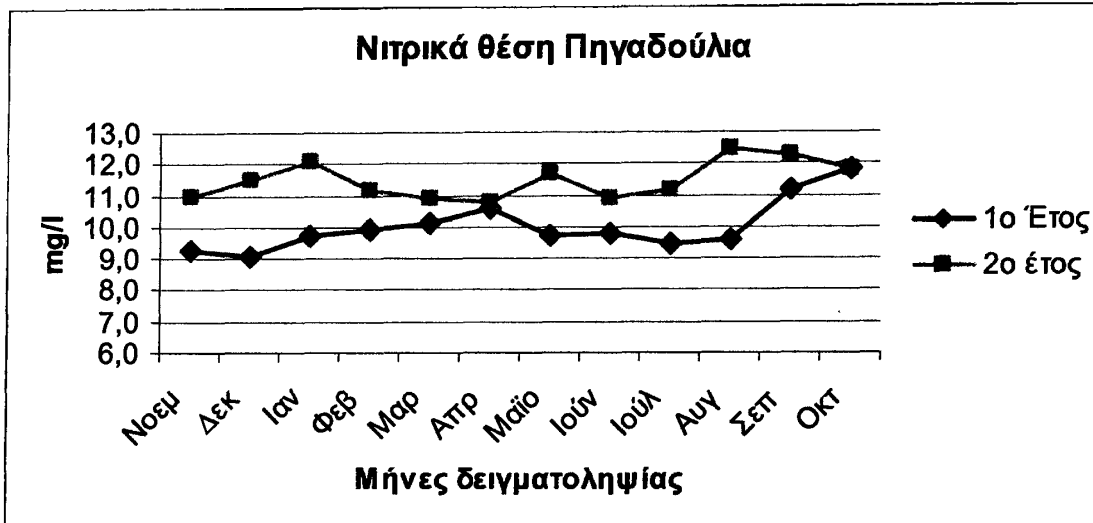
Νιτρικά Θέση Κυπάρισσος Κ2

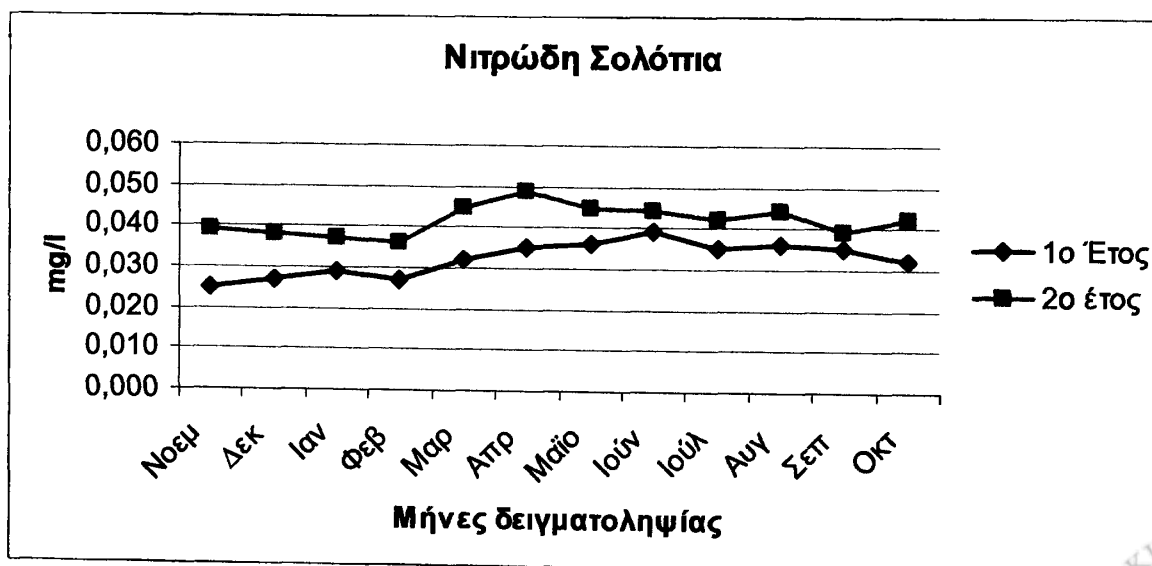
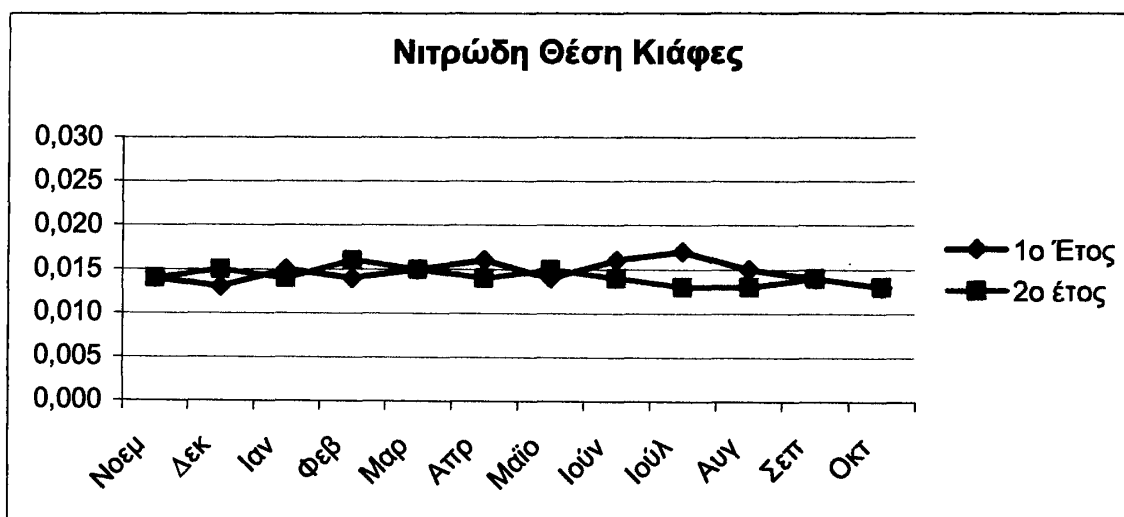
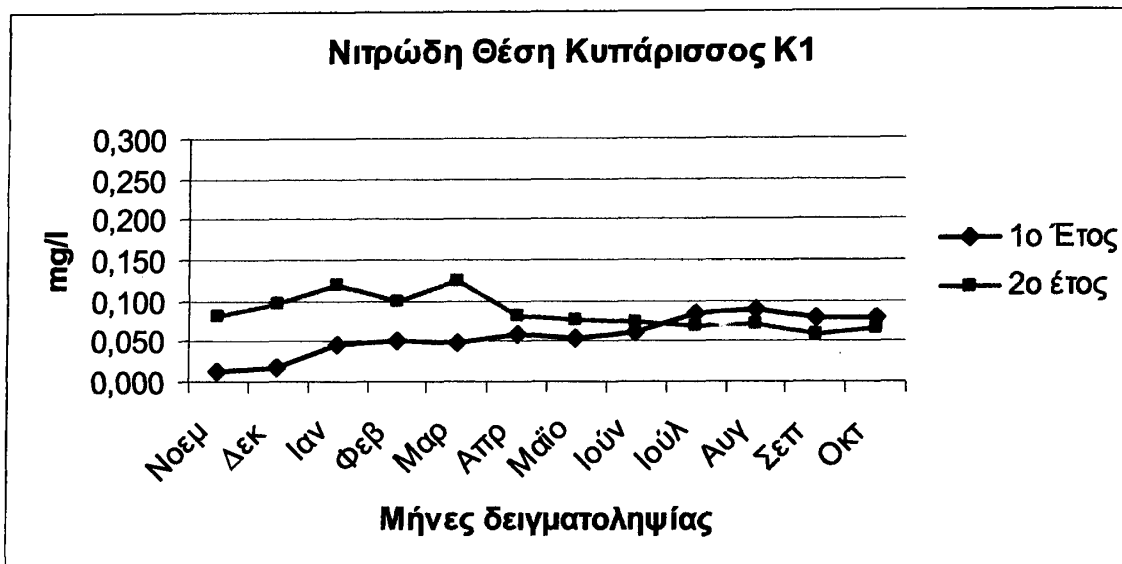


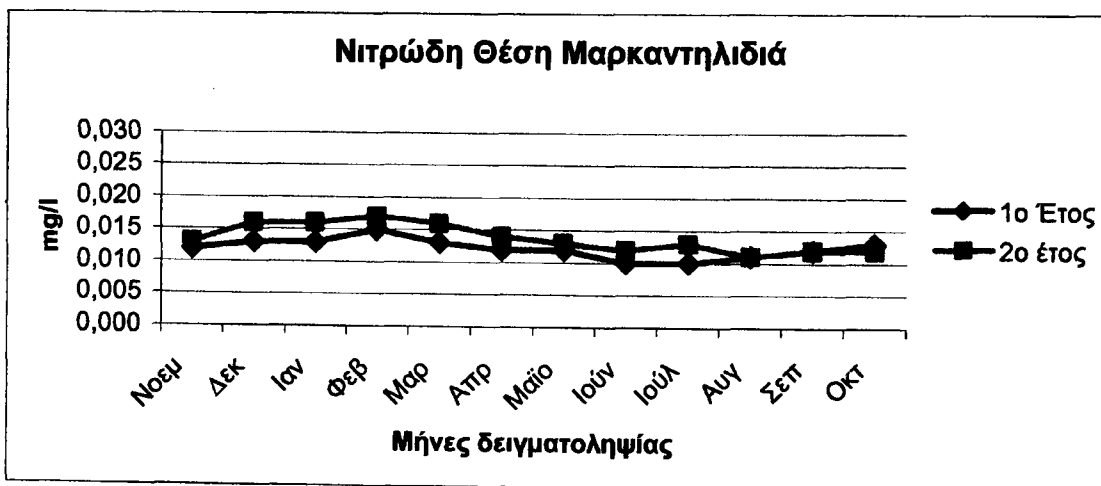
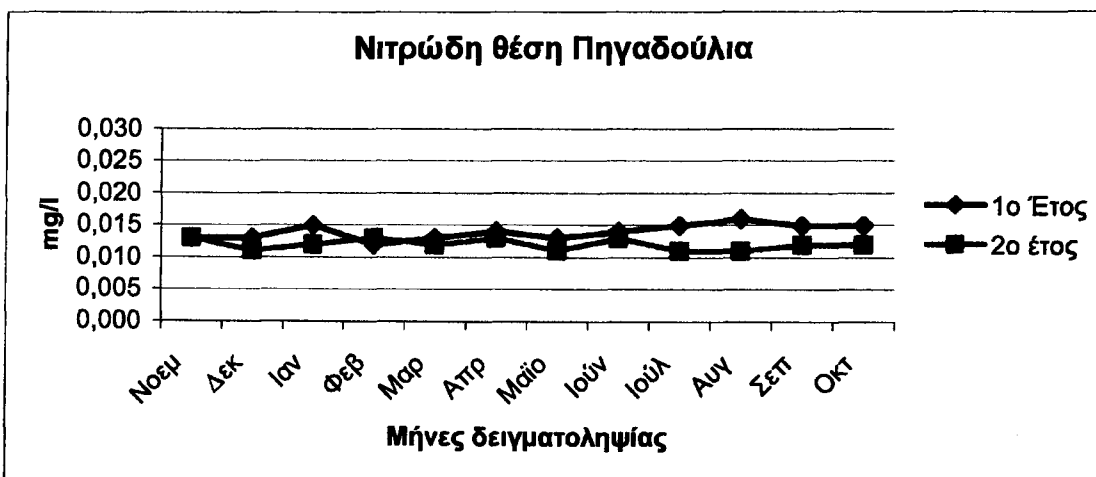
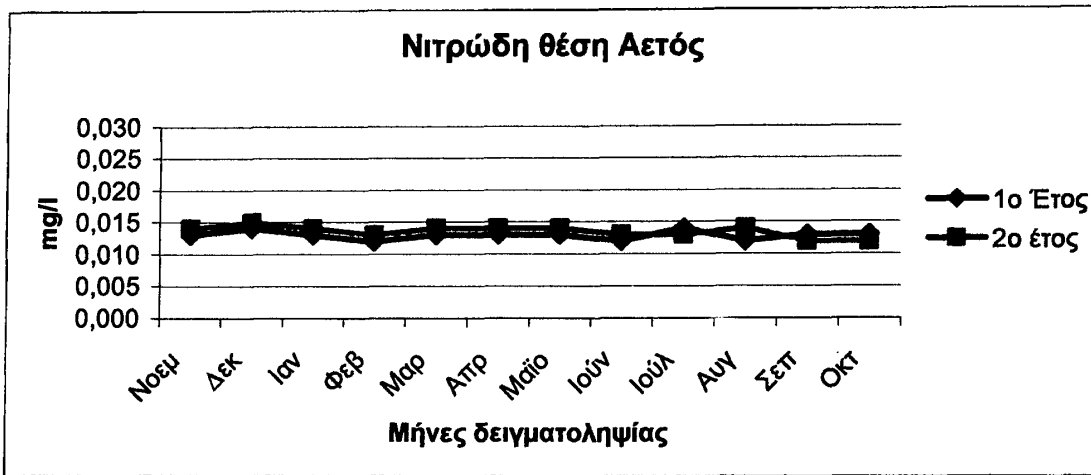
Νιτρικά Κυπάρισσος Κ1

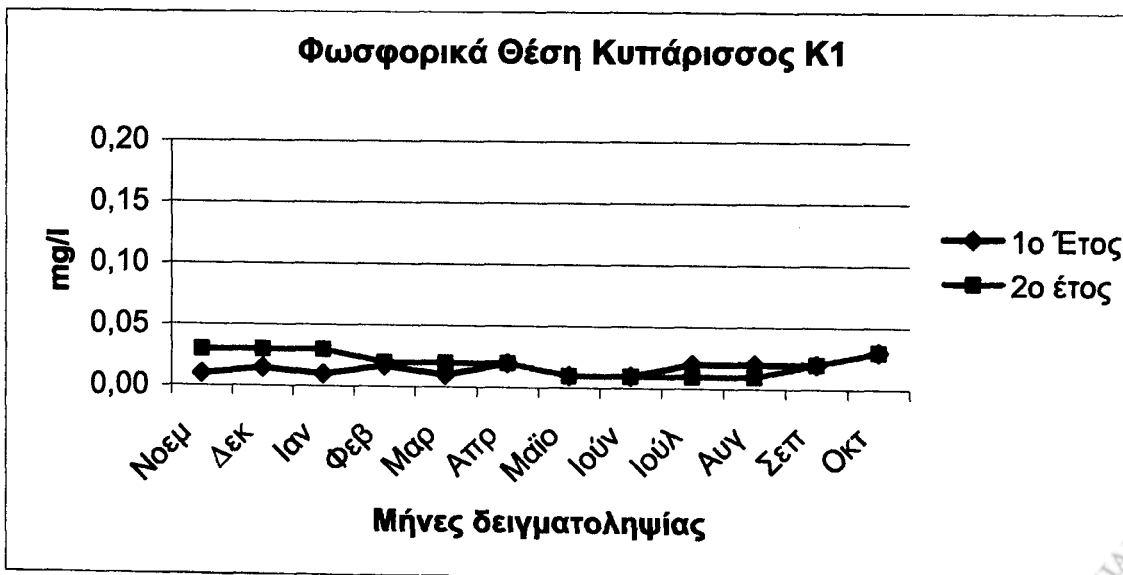
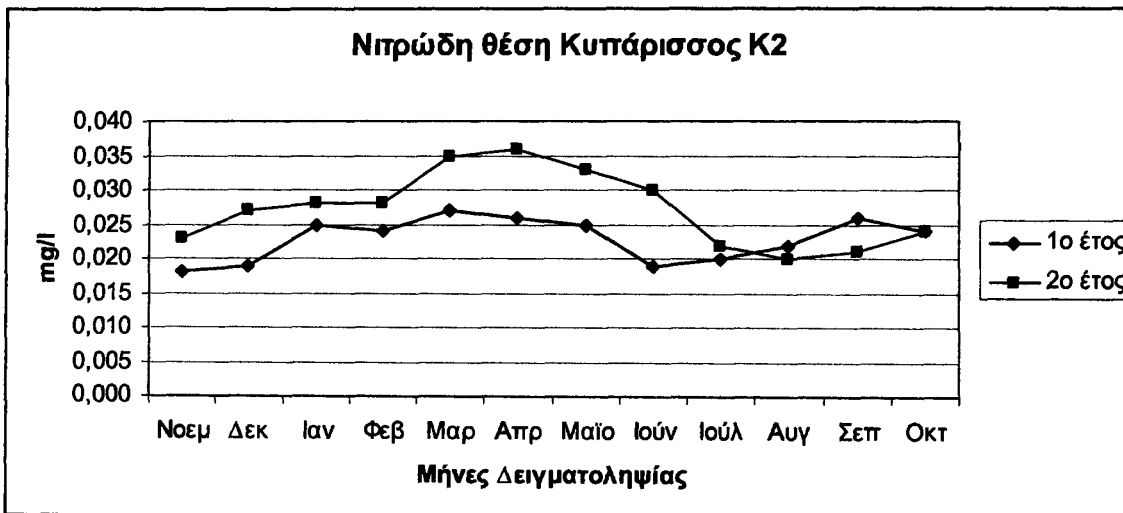
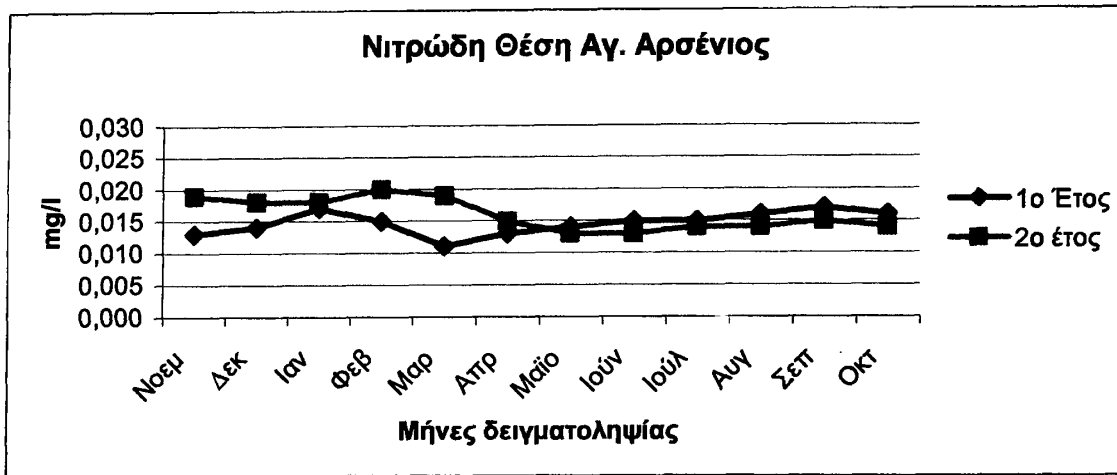


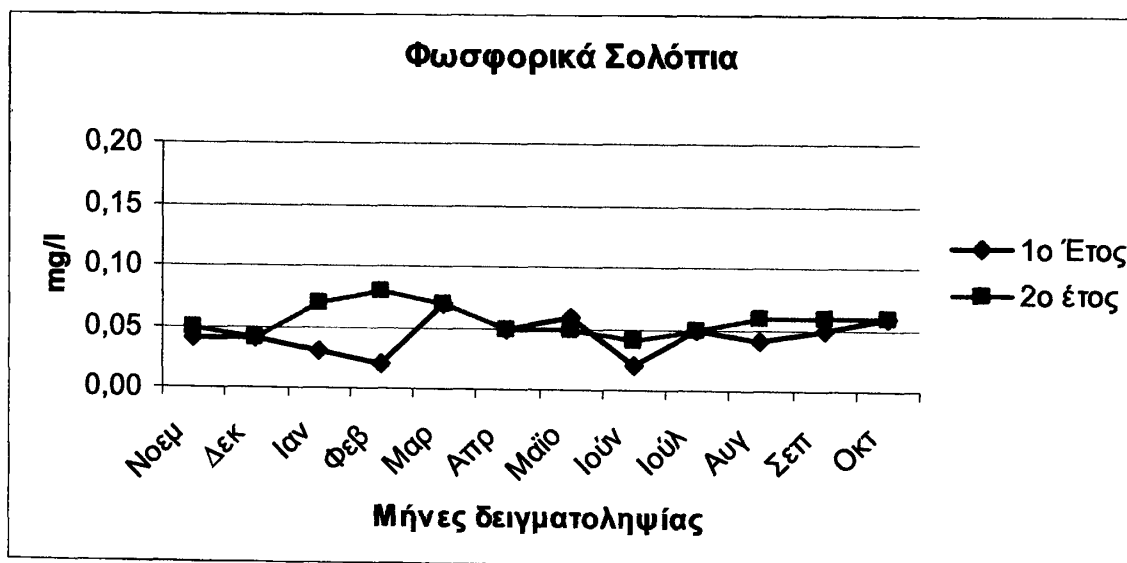


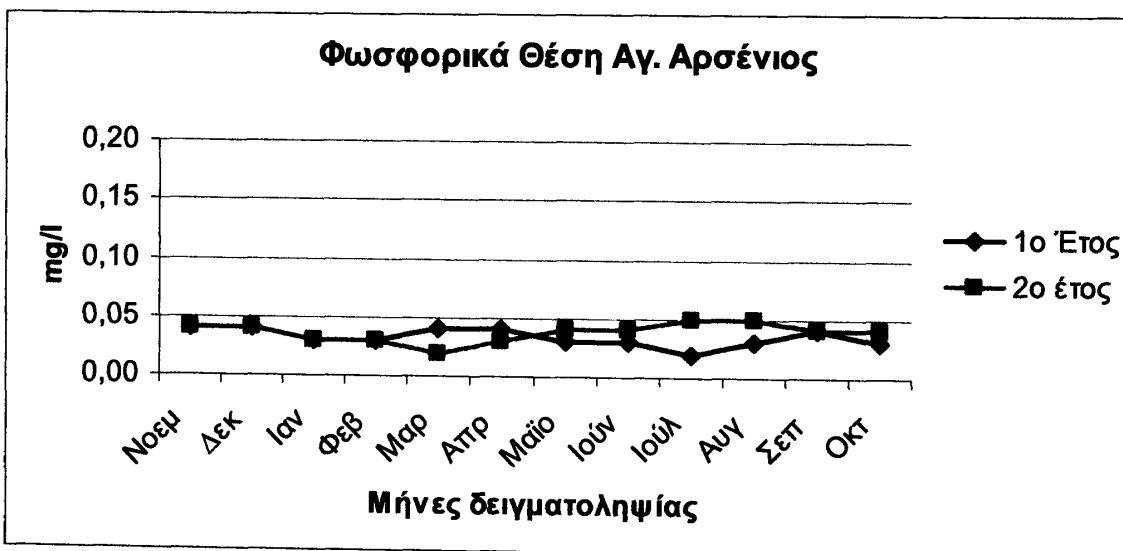


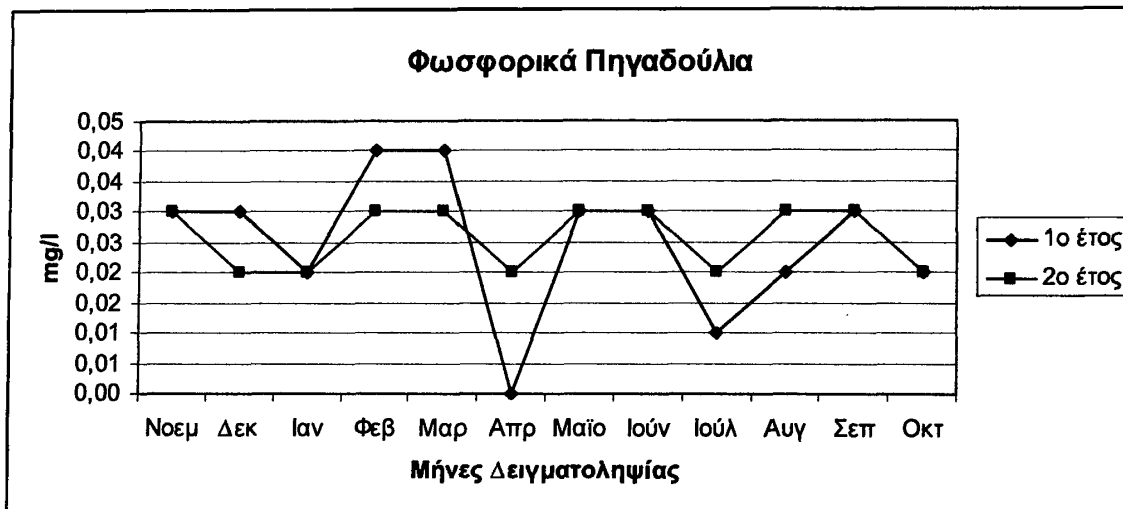






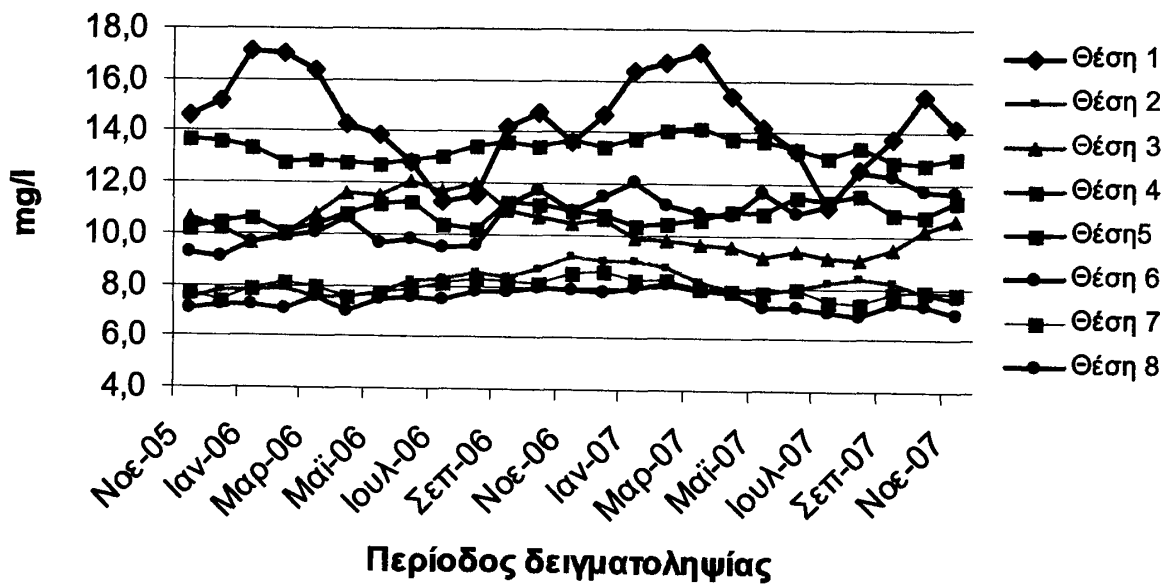




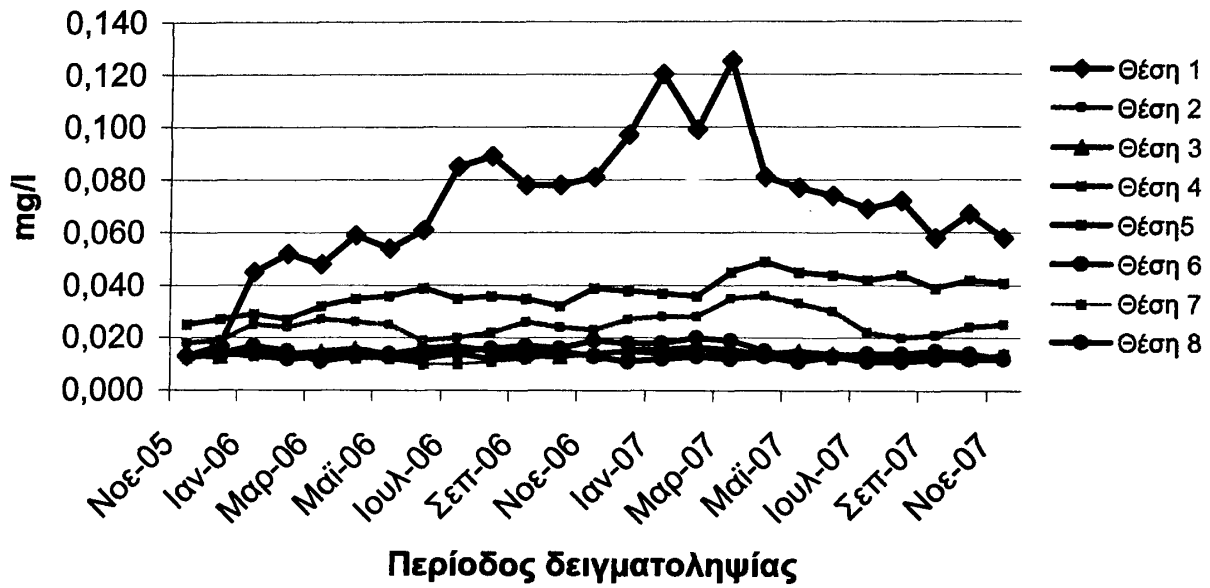


Συγκεντρωτικά γραφήματα

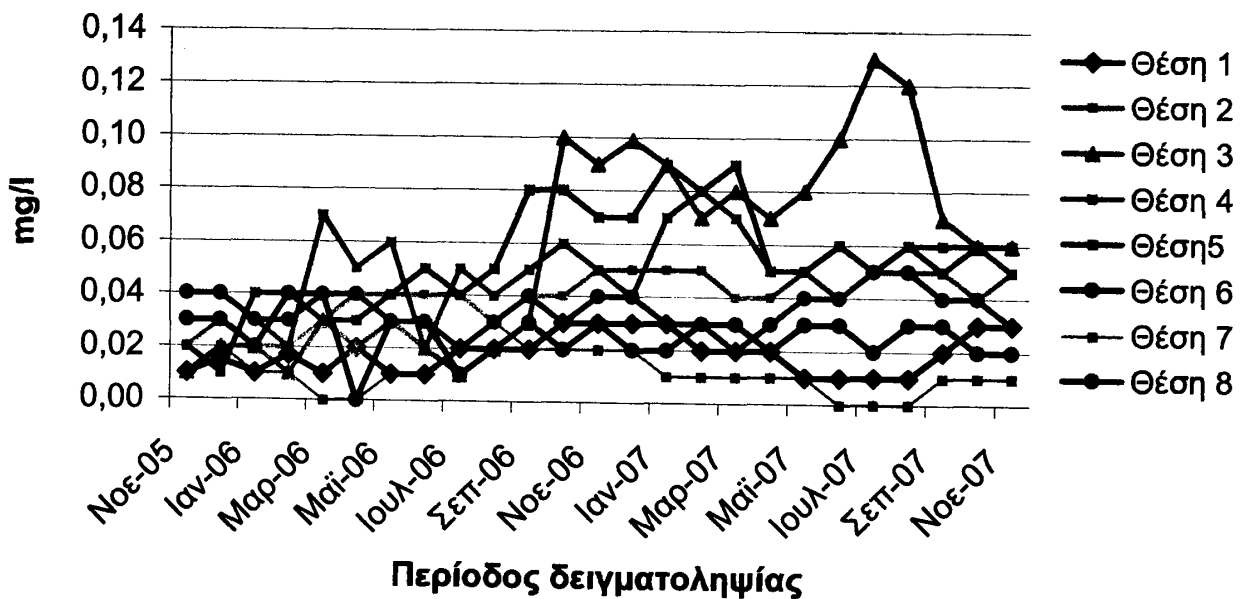
Νιτρικά



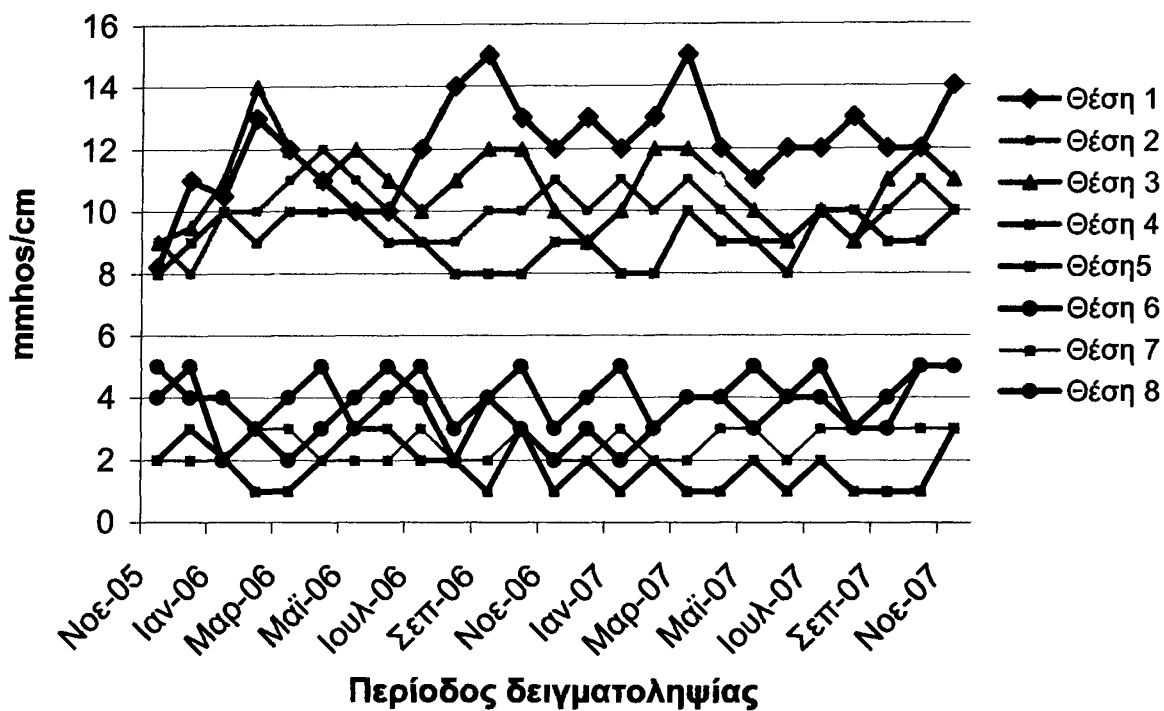
Νιτρώδη



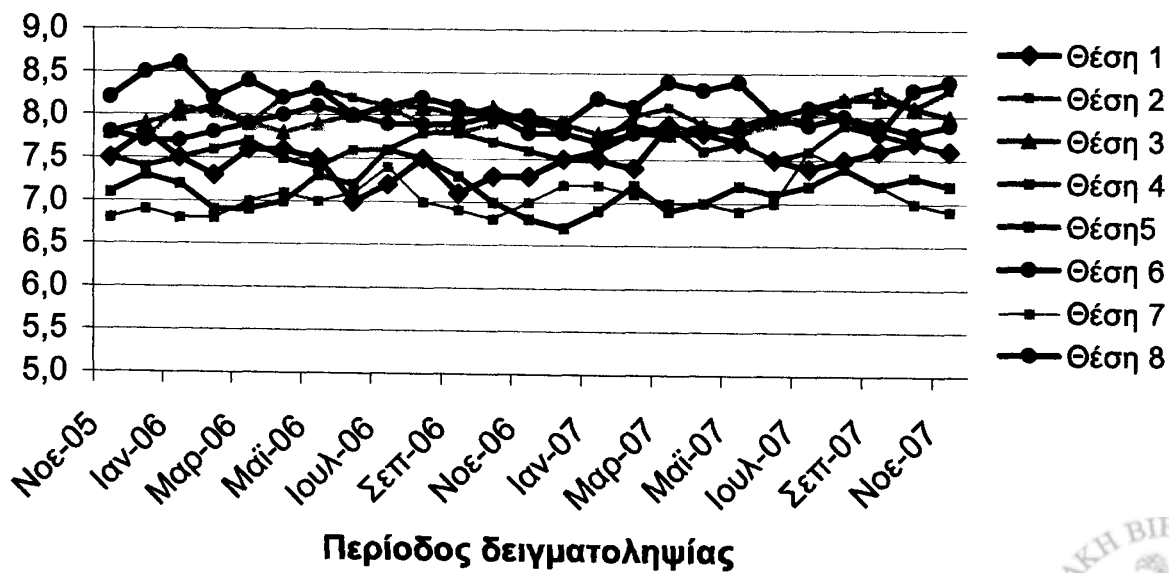
Φωσφορικά



Αγωγιμότητα



PH



Με βάση τα ανωτέρω αποτελέσματα δυνάμεθα να προβούμε στις εξής διαπιστώσεις:

- Στο σύνολο των περιπτώσεων η πορεία της συγκέντρωσης του βασικού δείκτη ρύπανσης των νερών από τη γεωργία που είναι τα νιτρικά ανιόντα, δεν εμφανίζει χρονικές διακυμάνσεις παρά το γεγονός ότι η Θεσπρωτία χαρακτηρίζεται από ανομοιόμορφη κατανομή της βροχόπτωσης με υψηλό βαθμό ραγδαιότητας κατά καιρούς. Η μέγιστη διακύμανση δεν ξεπερνάει τα 2-2,5 mg/l κάτι που θεωρείται ασήμαντο για τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Το γεγονός αυτό οφείλεται πιθανώς στο ότι η περιοχή αποτελεί λεκάνη απορροής με μία και μοναδική διέξοδο, τη διαβρωτικής μορφής δίοδο του ποταμού Καλαμά προς τις εκτάσεις κατάντι της υπό μελέτη περιοχής. Έτσι, η περιοχή χαρακτηρίζεται από εκτεταμένο ελεύθερο ανώτερο υδροφορέα, που τους χειμερινούς μήνες φτάνει σε ύψος 30 cm το πολύ από την επιφάνεια του εδάφους, σε περιόδους δε ραγδαίων βροχοπτώσεων η περιοχή κατακλύζεται πλήρως για πολλές ημέρες. Η επερχόμενη ευρεία διάλυση, είναι πιθανότατα η βασική εξήγηση της μικρής διακύμανσης.

- Χωρίς να βασιζόμαστε σε στατιστικά στοιχεία (ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας δεν επιτρέπει κάτι τέτοιο), μπορεί να διατυπωθεί η παρατήρηση ότι στα σημεία δειγματοληψίας από τον ελεύθερο ανώτερο υδροφορέα οι συγκεντρώσεις νιτρικών ανιόντων υπολείπονται κατά 15-20 % από τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των υδάτων του στραγγιστικού δικτύου. Το γεγονός αυτό είναι μάλλον φυσιολογικό καθόσον το ελεύθερο νερό δέχεται μόνο τα προερχόμενα από τη στράγγιση ιόντα και σε πολύ μικρότερο βαθμό τα προερχόμενα από ανταλλαγή ιόντων νιτρικά (στις περιπτώσεις σημαντικής ανόδου της στάθμης τους υγρούς μήνες). Αντίθετα, το στραγγιστικό δίκτυο, εκτός από τα νερά της στράγγισης δέχεται και τα νερά της επιφανειακής αλλά και της υποδερμικής απορροής.



(Με τον όρο υποδερμική απορροή αναφερόμαστε στην οριζόντια – υπό ελαφρά κλίση απορροή που παρατηρείται στο πέλμα της άροσης). Τα νερά της επιφανειακής και υποδερμικής απορροής είναι κατά κανόνα πολύ πιο πλούσια σε θρεπτικά ιόντα.

- Οι συγκεντρώσεις Νιτρωδών (ενδιάμεση μορφή κατά την βιοχημική μετατροπή Αμμωνιακών κατιόντων προς Νιτρικά ανιόντα) λόγω της εξαιρετικής αστάθειας της ενδιάμεσης αυτής φάσης κυμαίνεται σε όλες τις περιπτώσεις σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα. Οι παρατηρούμενες τιμές είναι σε σχετική συνάρτηση με τις αντίστοιχες των νιτρικών κάτι που θεωρείται ως απόλυτα φυσιολογικό. Σε κάθε περίπτωση όμως, οι συγκεντρώσεις χαρακτηρίζονται ως ασήμαντες και χωρίς εποχιακή διακύμανση. Παρά το γεγονός ότι το τελευταίο θα μπορούσε να θεωρηθεί ως αναμενόμενο λόγω της εμφάνισης της βέλτιστης μικροβιακής δραστηριότητας σε θερμοκρασίες 20-30 °C, πιστεύουμε ότι η σταθερότητα των συγκεντρώσεων δεν είναι άσχετη με το ήπιο κλίμα της Θεσπρωτίας.
- Οι συγκεντρώσεις Φωσφορικών ανιόντων είναι σε κάθε περίπτωση ασήμαντες, χωρίς διακύμανση από θέση και θέση, και μέσα στο χρόνο. Το γεγονός αυτό θεωρείται ως απόλυτα φυσιολογικό και οφείλεται στο ότι τα εδάφη προέρχονται από ιζηματογενείς πετρογραφικούς σχηματισμούς. Το ιόν του Ca⁺⁺ που είναι παρόν στα εδάφη, παίζει το ρόλο γέφυρας μεταξύ αργίλλο-χουμικού συμπλόκου και των Φωσφορικών ανιόντων. Τα τελευταία συγκρατούνται ισχυρά ώστε να μη απομακρύνονται ούτε από τα νερά της στράγγισης ούτε από εκείνα της επιφανειακής και υποδερμικής απορροής. Καταλυτικό ρόλο στην σταθερότητα των Φωσφορικών ιόντων στο έδαφος παίζει πιθανότατα και η υψηλή παρουσία οργανικής ουσίας στους επιφανειακούς εδαφικούς ορίζοντες, οφειλόμενη στην εκτεταμένη καλλιέργεια πολυετών λειμώνων φυτών και τη συστηματική ένταξή τους σε διαδικασίες εναλλαγής καλλιεργειών.

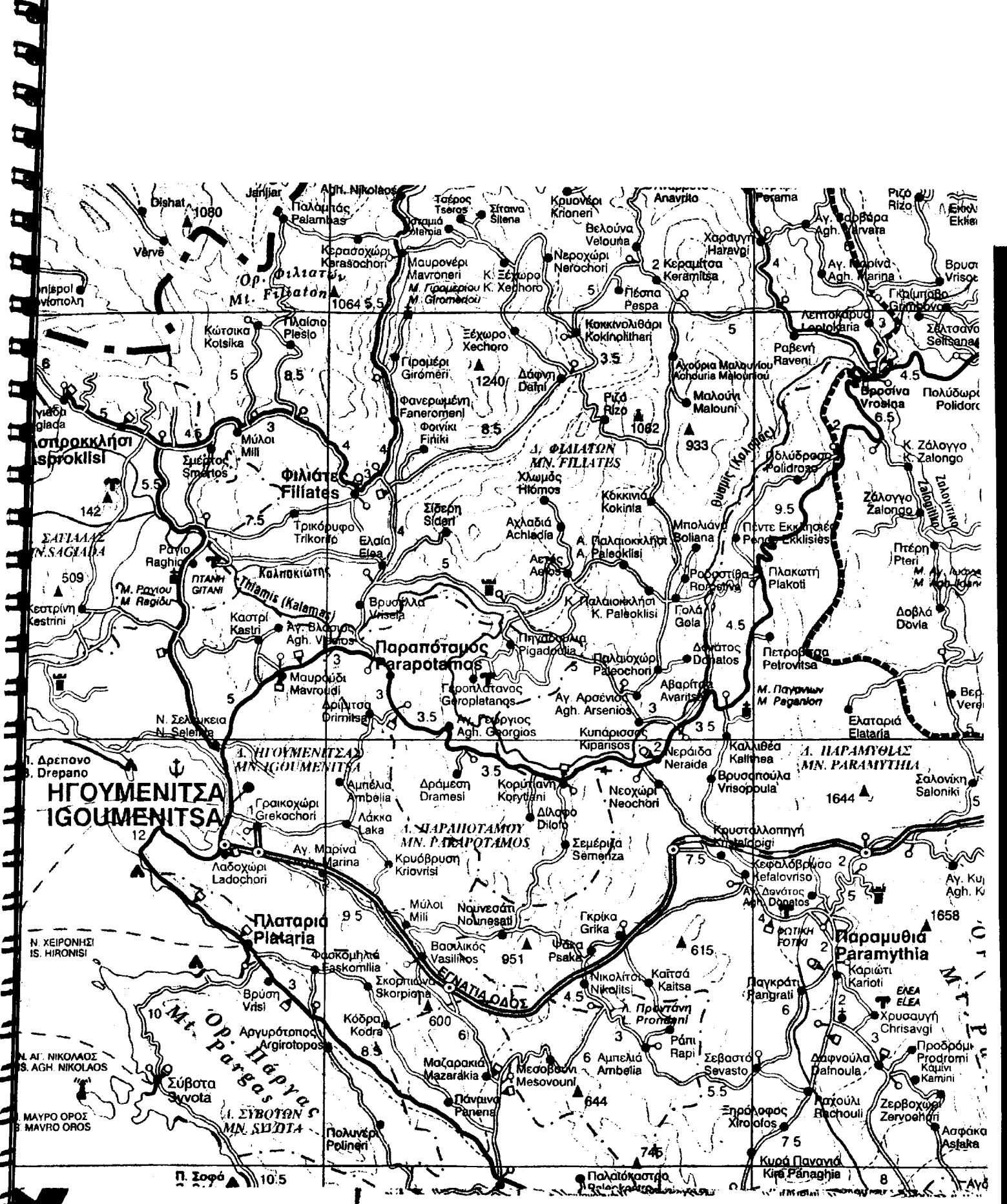


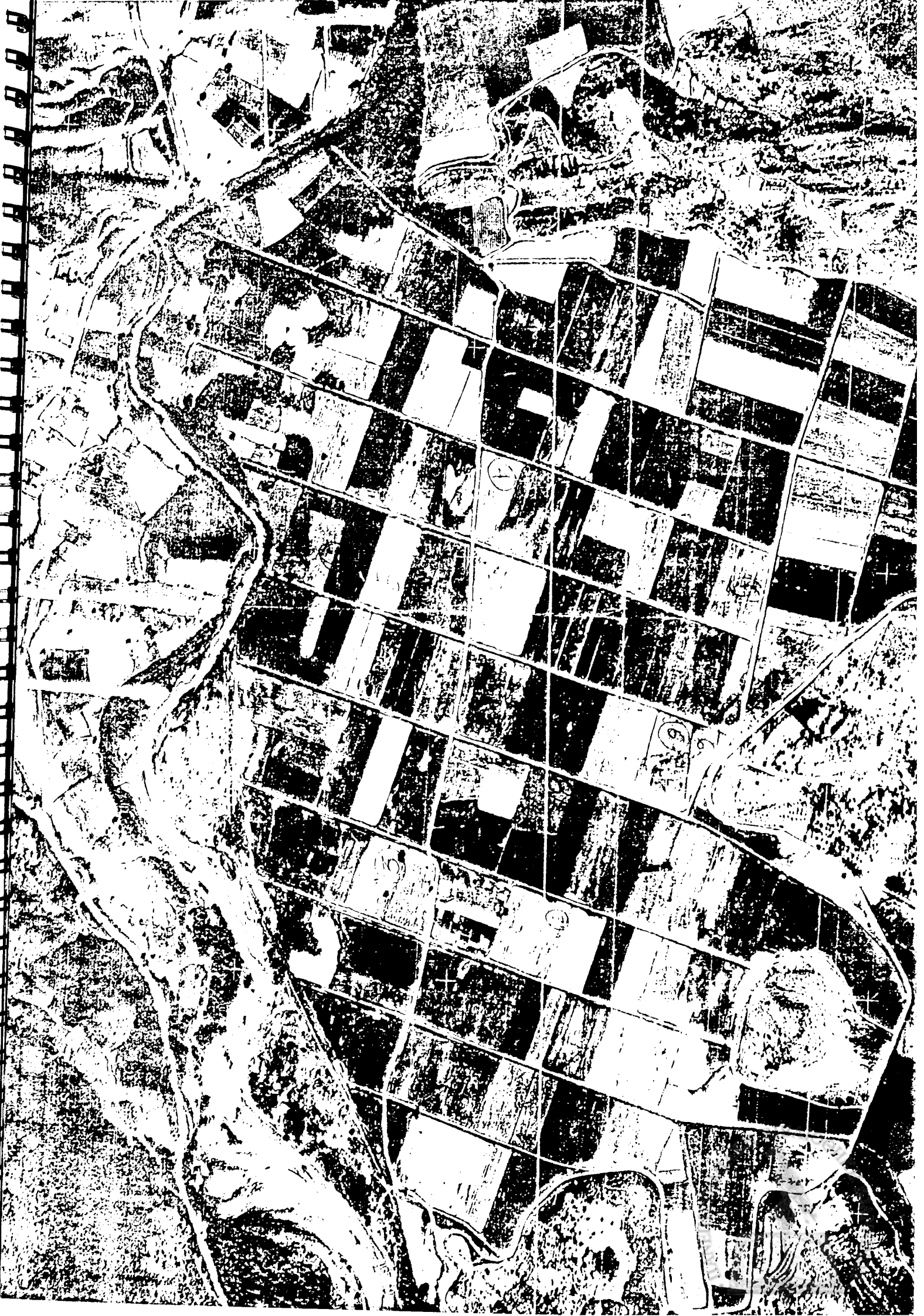
5.1 Συμπεράσματα

Το θέμα της ρύπανσης του ποταμού Καλαμά βρίσκεται κάθε τόσο στην επικαιρότητα, και αφορά κυρίως σημειακές πηγές ρύπανσης. Ωστόσο η γεωργία δεν ξεφεύγει από την κατηγορία του “ρυπαίνοντος” παρά το γεγονός ότι η περιοχή μας δεν χαρακτηρίζεται από εντατικές μεγάλες καλλιέργειες που κατ’ εξοχήν δέχονται υψηλές ποσότητες θρεπτικών στοιχείων.

Με βάση τα αποτελέσματα της εργασίας, δεν μπορούμε να πούμε σε καμία περίπτωση ότι η γεωργική ζώνη που μελετήσαμε αποτελεί μια ρυπογόνο εστία για τα Νιτρικά ανιόντα που κατ’ εξοχήν αφορούν στη γεωργία. Οι συγκεντρώσεις που ανιχνεύσαμε κρίνονται από χαμηλές μέχρι φυσιολογικές, δεδομένου ότι ακόμη και σε εμφιαλωμένα πόσιμα νερά στο παρελθόν διαβάσαμε συγκεντρώσεις 28 ppm σε NO_3 . Αυτό οφείλεται κατά την άποψή μας σε μεγάλο βαθμό στο ότι ένα σημαντικό μέρος των καλλιεργουμένων εκτάσεων καταλαμβάνεται από λειμώνια ψυχανθή που αφ’ ενός μεν δεν δέχονται αζωτούχες λιπάνσεις, αφ’ ετέρου δε λόγω της απορροφητικότητας θρεπτικών στοιχείων καθ’ όλο το έτος από καλλιέργειες αυτού του τύπου. Οφείλεται ακόμη στη μεγάλη αραίωση που επιτυγχάνεται λόγω του εκτεταμένου ανώτερου υδροφορέα ο οποίος με τη σειρά του καθορίζεται από τη φυσιογραφία και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής.







ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αθανασάκης Α., Κούσουρης Θ. και Κονταράτος Σ.,** “Αρχές Περιβαλλοντικών Επιστημών”, Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα 1998
- Αλμπάνης Τριαντάφυλλος,** “Ρύπανση και Τεχνολογία Προστασίας Περιβάλλοντος”, Ιωάννινα 2006
- Αντωνόπουλος Β.Ζ.,** “Ποιότητα και Ρύπανση Υπογείων Νερών”, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 2001
- Αντωνόπουλος, Β.,** (1991). "Υποβάθμιση των Υδατορευμάτων από το Νερό που Επιστρέφει μετά την Άρδευση". Γεωργική Έρευνα.
- Αντωνόπουλος Β.,** (2003). Ποιότητα κα; Ρύπανση, Υδατικών Πόρων, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Αντωνόπουλος Β.,** Ποιότητα και Ρύπανση Υδατικών Πόρων, ΕΠΕΑΕΚ ΙΙ. Τμήμα Γεωπονίας, Α.Π.Θ.
- Αντωνόπουλος Β.,** Ποιότητα Και Ρύπανση Υπόγειων Νερών”, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 2001.
- Berenzen, N. et al.** (2000). Information system for the ecotoxicological evaluation of surface water quality regarding pesticide input from agriculture. Limnology and Ecotoxicology Department - Technical University Braunschweig
- Hela, D; Lambropoulou, D; Sakkas, V and Albanis T.** (2000). Concentration levels of pesticide residues in the surface waters of Epirus. Proceedings of the 1st European conference on pesticides and related organic micro pollutants in the environment
- Heng H,H.,** “Modeling of the Hydrochemical Response of a Watershed to Nitrogen Loadings”, The University of Connecticut, 1996
- Hill A. R.** (1982). Phosphorus and major cation mass balances for two rivers during low summer flows.
- Καρράς Γ,** (2004). Παραδοσιακή γεωργία και παραδοσιακά προϊόντα. Σημειώσεις διαλέξεων στο πλαίσιο μαθημάτων του ΔΜΠΣ Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες.
- Παπαδόπουλος Γ. Δ.,** “Εδαφολογία”, ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ, ΑΡΤΑ (1995)



**Παπαδόπουλος Γ. Δ., Σημειώσεις διαλέξεων στο πλαίσιο μαθημάτων του ΔΜΠΣ
Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες.**

**Παπαδοπούλου Μαρία Π., (2004). “Εκτίμηση Κινδύνου Ρύπανσης των
Υδάτων από τη χρήση Φυτο – προστατευτικών Προϊόντων”, Τμήμα
Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης.**

**Moustaka – Gouni M. and Nikolaidis G. (1994). Phytoplankton and
nutrients of the River Nestos, Greece.**

**Nikolaidis G. and Moustaka – Gouni M. (1992). Nutrient distribution and
eutrophication effects in a polluted coastal area of Thermaikos Gulf,
Macedonia, Greece.**

Νίκος Σούλης, «Το κλίμα της Ηπείρου», Ιωάννινα 1994

**Στράτης Ι. και Αχλάδας Γ. (1991). Σημειώσεις Ατομικής Φασματοσκοπίας.
(Φασματομετρία Ατομικής Απορρόφησης και Εκπομπής).
Θεσσαλονίκη.**

**Τσιούρης Σ., (2001). Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος. Εκδόσεις
Γαρταγάνη Θεσσαλονίκη.**

ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ

ΘΕΣΠΡΩΤΙΚΑ ΝΕΑ

INTERNET

<http://www.nomarhiathesprotias.gr>

<http://www.Thesprotia.gr/gr/htm/ecotourism>

<http://el.wikipedia.org>

