



## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

### ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

### ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΝΙΤΡΩΔΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΕ ΕΛΑΦΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΛΑΡΙΣΗΣ (ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ) ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ  
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Σ. ΔΗΜΑΚΑΣ

Βόλος, 2004



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

Αριθ. Εισ.: 4877/1  
Ημερ. Εισ.: 5/9/2006  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ  
2004  
ΔΗΜ

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΝΙΤΡΩΔΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΕ ΕΛΑΦΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΛΑΡΙΣΗΣ (ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ) ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ  
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

**ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Σ. ΔΗΜΑΚΑΣ**

*Στους γονείς μου Στυλιανό και Σοφία  
και στην αδερφή μου Νάντια*

## Τριμελής Επιτροπή

**Ι. Κ. Μήτσιος (Επιβλέπων)**  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Καθηγητής  
Εδαφολογία – Χημεία, Γονιμότητα  
Εδάφους

**Χ.Γούλας**  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Καθηγητής  
Γενετική Φυτών

**Ν. Δαναλάτος**  
Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Αναπληρωτής Καθηγητής  
Οικολογία Τοπίου

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αισθάνομαι την υποχρέωση να εκφράσω τις ευχαριστίες μου αρχικά, στον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ<sub>ο</sub> Ιωάννη Κ. Μήτσιο για την επιστημονική καθοδήγησή του σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο Εργαστήριο Εδαφολογίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η συμβολή του και η ενθάρρυνσή του για την ενασχόλησή μου με θέματα Εδαφολογίας, Περιβάλλοντος και Ρύπανσης Υδάτων και Εδαφών, υπήρξε καθοριστική.

Οι εύστοχες παρατηρήσεις του, οι συμβουλές του αλλά κυρίως η υπομονή με την οποία στάθηκε δίπλα μου, μου έδωσαν την απαραίτητη δύναμη ώστε να ξεκινήσω, να συνεχίσω και τελικά να ολοκληρώσω με επιτυχία την πτυχιακή μου διατριβή. Η παρουσία του ήταν πάντα αισθητή και μου πρόσφερε συνεχή και ηθική στήριξη. Τον ευχαριστώ για όλα όσα μου προσέφερε.

Ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον κ<sub>ο</sub> Σταμάτη Φλωρά, Ερευνητή Β΄ του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. (Ι.Χ.Τ.Ε.Λ.), για την καθοδήγησή του κατά τη δημιουργία των θεματικών ψηφιακών χαρτών. Η διδασκαλία του σε θέματα σχετικά με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτέλεσε βασικό παράγοντα για την ενασχόλησή μου με τα συστήματα GIS κατά την εκπόνηση της πτυχιακής μου διατριβής.

Εκφράζω επίσης τις ευχαριστίες μου στον Διδάκτορα κ<sub>ο</sub> Φώτιο Γάτσιο, Γεωπόνο, για την ηθική συμπαράσταση και παρότρυνση που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια της συγγραφής της πτυχιακής μου διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τη Διδάκτορα κ<sub>α</sub> Γκόλια Ευαγγελία, Χημικό και την Τεχνολόγο του Εργαστηρίου Εδαφολογίας κ<sub>α</sub> Τσακμάκη Φωτεινή.

Ευχαριστώ τους γονείς μου και την αδελφή μου που με στήριξαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, δίνοντάς μου βοήθεια όποτε τη χρειαζόμουν.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους μεταπτυχιακούς φοιτητές Δημήτριο Μέρμηγκα, Γεωπόνο MSc, Δημήτριο Γκίτζα, Γεωπόνο MSc και τον Παναγιώτη Ζαμπέκα, Γεωπόνο MSc, για το όμορφο κλίμα συνεργασίας και τη συμπαράσταση που μου προσέφεραν στην δύσκολη αλλά ευχάριστη πορεία των σπουδών μου.

## Περίληψη

Στην περιοχή της Ελασσόνας του νομού Λάρισας πραγματοποιήθηκε έρευνα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του έτους 2003, με σκοπό τον προσδιορισμό των τιμών των συγκεντρώσεων των νιτρικών και των νιτρωδών ιόντων, του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, της μηχανικής σύστασης και της οργανικής ουσίας των καλλιεργούμενων εδαφών και απεικόνισή τους με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Η έκταση της περιοχής μελέτης ήταν, περίπου, 41096,2 στρέμματα. Έπειτα από την επεξεργασία ορισμένων αεροφωτογραφιών της περιοχής μελέτης, καθορίστηκαν οι θέσεις δειγματοληψίας των εδαφών. Συνελέγησαν συνολικά 75 δείγματα εδάφους σε βάθος 0-30cm. Εφαρμόστηκε η μέθοδος της τυχαίας δειγματοληψίας. Στην συνέχεια τα εδαφικά δείγματα μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας όπου αεροξηράνθηκαν και διήλθαν από κόσκινο 2mm. Οι φυσικές και χημικές παράμετροι που προσδιορίστηκαν ήταν οι εξής: η τιμή του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ( $EC_{1:1}$ ), της οργανικής ουσίας (%) και της μηχανικής σύστασης. Τα νιτρικά και τα νιτρώδη ιόντα προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας. Με τη δημιουργία των 7 θεματικών ψηφιακών χαρτών καθορίστηκαν τα γεωγραφικά όρια της περιοχής έρευνας (Ελασσόνα). Οι θεματικοί ψηφιακοί χάρτες αναμένεται να αποτελέσουν ένα σημαντικό βοήθημα για περαιτέρω έρευνα στην περιοχή, καθώς υπάρχει η δυνατότητα συνεχούς ανανέωσης της βάσης δεδομένων και παράλληλα επαλήθευσης και διόρθωσης των προβλέψεων του βαθμού ρύπανσης της περιοχής. Το έδαφος της περιοχής ήταν ισχυρώς όξινο έως ουδέτερο ( $pH = 4-7,5$ ), μη αλατούχο ( $EC_{1:1} = 70-636 \mu S \text{ cm}^{-1}$ ), χαμηλά εφοδιασμένο με οργανική ουσία (0,2 - 3,3%) και μέσης σύστασης (αμμοπηλώδες, πηλοαμμώδες και αμμοαργιλοπηλώδες). Από την μελέτη των αποτελεσμάτων διαπιστώνεται ότι τα εδάφη περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις σε νιτρικά ιόντα. Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκε από 1.68 έως 408.65  $\text{mg kg}^{-1}$  ξ.ε., με μέση τιμή 71.06  $\text{mg kg}^{-1}$  ξ.ε.. Η συγκέντρωση των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκε από 0.05 έως 21.02  $\text{mg kg}^{-1}$  ξ.ε., με μέση τιμή 3.09  $\text{mg kg}^{-1}$  ξ.ε. . Οι υψηλές συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων οφείλονται στην αλόγιστη χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων, με σκοπό την αύξηση της παραγωγής των διαφόρων καλλιεργειών. Οι συγκεντρώσεις αυτές δύναται να αποτελέσουν σοβαρό πρόβλημα ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων της περιοχής μελέτης.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο</b>	
<b>ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ</b>	1
1.1 Ο κύκλος του αζώτου	1
1.2.1 Η δυναμική του αζώτου στο έδαφος	3
1.2.2 Απώλειες αζώτου	6
1.3. Εισροές και εκροές αζώτου στο έδαφος	9
1.4 Οι δυσμενείς επιπτώσεις του αζώτου στο περιβάλλον	10
1.5.1 Ποιότητα νερού, νιτρορύπανση υδατικών οικοσυστημάτων	13
1.5.2 Νιτρορύπανση και Ευτροφισμός	14
1.5.3 Επιδράσεις στον τύπο της φυσικής χλωρίδας	15
1.5.4 Δυσμενείς επιδράσεις των νιτρικών στην υγεία του ανθρώπου	15
1.6 Έκπλυση των νιτρικών και απώλειες αζώτου	16
1.7 Οι απαιτήσεις των φυτών σε άζωτο	24
1.8 Ο προσδιορισμός του ανόργανου αζώτου στα εδάφη	26
1.8.1 Προσδιορισμός του ολικού αζώτου στο έδαφος με τη μέθοδο Kjeldahl.	26
1.8.2 Προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων στο έδαφος με τη μέθοδο Kjeldahl.	27
1.8.3 Προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων του εδάφους με τη μέθοδο καδμίου.	28
1.8.4 Προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων με ιοντική χρωματογραφία.	29
1.9 Εκτίμηση της διαθεσιμότητας του αζώτου του εδάφους	33
1.10 Δειγματοληψία εδάφους στον αγρό	36
1.11 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.).	40
1.11.1 Ορισμός του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών	40
1.11.2 Χρήση GIS και Τηλεπισκόπησης	44
1.11.3 Πλεονεκτήματα και δυνατότητες ενός Γ.Σ.Π.	51
1.12 Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning system, GPS)	52
1.12.1 Ακρίβεια του GPS	53
1.12.2 Διαφορική διόρθωση (Differential Correction)	53
1.12.3 Σχέση ακριβείας προς κόστος	54
1.13 Σκοπός της εργασίας	54
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	
<b>ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	55
2.1 Περιοχή έρευνας	55
2.2 Δειγματοληψία εδαφών	56
2.3 Προετοιμασία των εδαφικών δειγμάτων	58
2.4 Εργαστηριακές αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων.	59
2.4.1 Προσδιορισμός του pH.	59
2.4.2 Προσδιορισμός της ηλεκτρικής αγωγιμότητας E.C. (Electrical Conductivity).	59
2.4.3 Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας	59



2.4.4 Προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης.	59
2.4.5 Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων	60
2.4.5.1 Περιγραφή του οργάνου της ιοντικής χρωματογραφίας με το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων	60
2.4.5.2 Χημικά αντιδραστήρια	61
2.4.5.3 Προσδιορισμός των Νιτρικών και Νιτρωδών Ιόντων σε εδαφικά δείγματα με τη μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας	61
2.4.5.4 Παρασκευή πρότυπων υδατικών διαλυμάτων των ανιόντων.	63
2.5 Ψηφιακοί θεματικοί χάρτες	63
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	71
3.1 Αποτελέσματα αναλύσεων των εδαφικών δειγμάτων.	71
3.2 Συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων στα εδάφη της περιοχής της Ελασσόνας.	74
3.3 Ψηφιακοί θεματικοί χάρτες.	75
3.4 Το γεωλογικό υλικό της περιοχής της Ελασσόνας και η επίδραση του στο pH των εδαφών μελέτης	85
3.5 Αξιολόγηση και πρακτική αξία των χαρτών για την γεωργία και το περιβάλλον.	87
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	89
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	91
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	94

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### 1.1 Ο κύκλος του αζώτου

Πολλά συστατικά των ζωντανών κυττάρων περιέχουν άζωτο, όπως πρωτεΐνες, αμινοξέα, νουκλεϊκά οξέα, πουρίνες, πυριμιδίνες, πορφυρίνες, αλκαλοειδή και βιταμίνες. Τα άτομα του αζώτου, αυτών των ενώσεων προκύπτουν από τον κύκλο του αζώτου (εικόνα 1.1) ο οποίος έχει ως βάση τα αποθέματα της ατμόσφαιρας. Το άζωτο αφαιρείται από την ατμόσφαιρα με τη διεργασία της αζωτοδέσμευσης και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με την απονιτροποίηση.

Εκτιμάται ότι  $25 \times 10^6$  t αζώτου αφαιρούνται ετησίως από τα εδάφη των Η.Π.Α. με τα συγκομιζόμενα προϊόντα και με την έκπλυση των εδαφών. Για τη λίπανση των καλλιεργειών  $3 \times 10^6$  t αζώτου προστίθενται κάθε χρόνο με τη μορφή λιπασμάτων (κοπριά, ούρα, λιπάσματα). Επίσης μια ισοδύναμη ποσότητα αζώτου προστίθεται με τη βροχόπτωση με την ενυδάτωση των οξειδίων του αζώτου που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις. Το πιο σημαντικό τμήμα ( $10 \times 10^6$  t N) επιστρέφει με τη βιολογική δέσμευση του αζώτου. Διάφορες ανόργανες και πάρα πολλές οργανικές ενώσεις αζώτου μπορεί να θεωρηθούν ως συστατικά του κύκλου του αζώτου: π.χ.  $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ , και  $NH_2OH$ .

Η βιολογική δέσμευση αζώτου έχει μελετηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια και βρέθηκε ότι το ενζυμικό σύμπλοκο της νιτρογενάσης είναι άφθορο στη φύση. Το άζωτο είναι θεμελιώδες συστατικό των πρωτεϊνών και είναι για τα φυτά, όσο και για τον άνθρωπο ο πιο κοινός περιοριστικός παράγοντας της αύξησης. Το άζωτο αν και αποτελεί το 79% του ατμοσφαιρικού αέρα είναι θρεπτικό στοιχείο που συνήθως βρίσκεται σε ανεπαρκές ποσότητες για τις καλλιεργείες. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η μορφή του αζώτου στην ατμόσφαιρα είναι αδρανής και μη χρήσιμη για την πλειοψηφία των έμβιων όντων. Το άζωτο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οργανισμούς μόνο αφότου έχει δεσμευτεί ή ενωθεί με άλλα στοιχεία, όπως  $O_2$  ή  $H_2$ . Σήμερα η δέσμευση πραγματοποιείται στις βιομηχανίες με σύνθεση της αμμωνίας από υδρογόνο και ατμοσφαιρικό άζωτο.

## Ατμοσφαιρικό άζωτο (N<sub>2</sub>)

Απόθεση αζώτου εξαιτίας των ηλεκτρικών εκκενώσεων στο έδαφος



Απόθεση ζωικών και φυτικών υπολειμμάτων ως οργανικό άζωτο στο έδαφος

Τα ψυχανθή μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο σε άζωτο διαθέσιμο στα φυτά.

Απορροή

Αζωτούχα λιπάσματα-Απόβλητα βιολογικών καθαρισμών (υγρά απόβλητα και ιλύς) που περιέχουν άζωτο.

Φυτά προσλαμβάνουν νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα

Εξάτμιση-Λιπάσματα ουρίας και κοπριά μέσα ή στην επιφάνεια του εδάφους μετατρέπονται σε αέρια αμμωνία και επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα

Δέσμευση αζώτου από τα βακτήρια που μετατρέπουν τα νιτρικά ιόντα σε ατμοσφαιρικό άζωτο.

Τα βακτήρια μετατρέπουν το οργανικό άζωτο σε αμμωνιακά ιόντα διαθέσιμα στα φυτά.

Νιτρικά-Βακτήρια μετατρέπουν τα αμμωνιακά ιόντα σε νιτρικά ιόντα διαθέσιμα στα φυτά

Έκπλυση των νιτρικών ιόντων από το έδαφος και μετακίνησή τους προς τα κατώτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής.

Εικόνα 1.1 Ο κύκλος του αζώτου (muextension.missouri.edu).

Στη φύση η αζωτοδέσμευση γίνεται από μερικά γένη βακτηρίων (συμπεριλαμβάνονται και τα κυανοπράσινα φύκη). Τα ανώτερα φυτά δεν έχουν την ικανότητα για αζωτοδέσμευση, αν και μερικά συμμετέχουν έμμεσα, με συμβίωση με τα βακτήρια. Η πιο γνωστή περίπτωση είναι αυτή των ψυχανθών με τα βακτήρια του γένους *Rhizobium*. Άλλα βακτήρια συμβιώνουν με άλλους ξενιστές και άλλα ζουν ελεύθερα στο έδαφος ή το νερό. Μερικά είναι φωτοσυνθετικά, άλλα χρειάζονται οξυγόνο ενώ άλλα ζουν σε αναερόβιες συνθήκες. Όλοι οι παραπάνω οργανισμοί δίνουν ως αρχικό προϊόν αμμωνία και έχουν ως κοινό ένζυμο τη νιτρογενάση.

Η αζωτοδέσμευση μπορεί να είναι μη βιολογική με τη βοήθεια των ηλεκτρικών εκκενώσεων ή της μεθόδου Haber και βιολογική με τη βοήθεια μικροοργανισμών. Η βιολογική δέσμευση αζώτου παγκοσμίως δίνεται στον πίνακα 1.1.

**Πίνακας 1.1** Η βιολογική δέσμευση του αζώτου παγκοσμίως

<b>Βιολογική δέσμευση N<sub>2</sub></b>	<b>t.10<sup>6</sup> έτος<sup>-1</sup></b>
<i>A) Στη ξηρά</i>	
Ψυχανθή	35
Μη ψυχανθή	5
Ορυζώνες	5
Λιβάδια κλπ.	45
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>90</b>
<i>B) Στο νερό</i>	30
γ) Αστραπές	7
δ) Βιομηχανική δέσμευση N <sub>2</sub>	40
ε) Λοιπά	28
<b>ΟΛΙΚΗ ΔΕΣΜΕΥΣΗ N<sub>2</sub></b>	<b>195</b>
<i>Απονιτροποίηση</i>	
α) Στη ξηρά	120
β) Στο νερό	40
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ</b>	<b>160</b>

### 1.2.1 Η δυναμική του αζώτου στο έδαφος

#### *Ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου*

Η οργανική ουσία του εδάφους αποτελείται από:

- οργανικές ενώσεις που εύκολα διασπώνται
- το χούμο που είναι το τμήμα της οργανικής ουσίας που είναι ανθεκτικό σε περαιτέρω ταχεία αποσύνθεση

Αν η σχέση C/N>30 στην οργανική ουσία, τότε παρατηρείται ακινητοποίηση του εδαφικού αζώτου.

Αν C/N = 20-30, τότε το άζωτο ούτε ακινητοποιείται ούτε απελευθερώνεται.

Αν C/N<20, τότε το άζωτο απελευθερώνεται, με διάσπαση της οργανικής ουσίας.

Η ανοργανοποίηση των N-ούχων ενώσεων γίνεται σε τρία στάδια ήτοι:

- αμινοποίηση
- αμμωνιοποίηση
- νιτροποίηση

α) *Αμινοποίηση*. Κατά την αμινοποίηση οι πρωτεΐνες υδρολύονται και απελευθερώνονται αμίνες και αμινοξέα:



Κατά την αμινοποίηση η υδρόλυση των πρωτεϊνών γίνεται με τη βοήθεια των ετερότροφων οργανισμών.

β) *Αμμωνιοποίηση*. Το δεύτερο στάδιο είναι η αμμωνιοποίηση, ήτοι ο σχηματισμός  $\text{NH}_3$  από το αμινικό άζωτο, με ετερότροφους μικροοργανισμούς ως εξής:

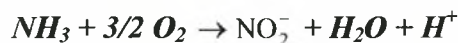


Στη συνέχεια η αμμωνιακή μορφή του αζώτου νιτροποιείται, δηλαδή μετατρέπεται σε  $\text{NO}_3$  και  $\text{NO}_2$ , που απορροφούνται από τα φυτά ή δεσμεύονται από τα ορυκτά της αργίλου.

Η αμμωνιοποίηση προχωρεί με ταχείς ρυθμούς σε θερμοκρασία 50-70 °C. Είναι γνωστό ότι το άζωτο συμμετέχει τόσο στο μεταβολισμό όσο και στην αύξηση των φυτών. Αν και τα φυτά μπορούν να προσλαμβάνουν άζωτο σε μορφή ουρίας και  $\text{NO}_2^-$ , οι κύριες πηγές αζώτου σε κανονικές συνθήκες είναι τα ιόντα  $\text{NH}_4^+$  και  $\text{NO}_3^-$ .

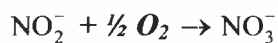
γ) *Νιτροποίηση*. Παρά το γεγονός ότι το αμμωνιακό ιόν ( $\text{NH}_4^+$ ) είναι η μορφή του αζώτου που προστίθεται στο έδαφος, ελάχιστη αμμωνιακή μορφή αζώτου βρίσκεται σ' αυτό. Η αμμωνιακή μορφή του αζώτου γρήγορα οξειδώνεται σε νιτρική μορφή.

Η μορφή αυτή αντιπροσωπεύει την κύρια πηγή αζώτου για τους μη αζωτοδεσμευτικούς οργανισμούς. Η οξείδωση της  $\text{NH}_3$  γίνεται με δυο ομάδες βακτηρίων που καλούνται νιτροποιητικά. Η πρώτη ομάδα, η *Nitrosomonas* μετατρέπει την  $\text{NH}_3$  σε  $\text{NO}_2^-$  με τη βοήθεια του  $\text{O}_2$ .



$$\Delta G = -66,5 \text{Kcal}$$

Η δεύτερη ομάδα, Nitrobacter, οξειδώνει τα νιτρώδη ιόντα σε νιτρικά,



$$\Delta G = -17,5 \text{Kcal}$$

Οι αντιδράσεις αυτές είναι εξώθερμες. Στην πρώτη αντίδραση το άζωτο οξειδώνεται από -3 σε +3 και στη δεύτερη αντίδραση οξειδώνεται από +3 σε +5. Οι μικροοργανισμοί αυτοί είναι αυτότροφοι ήτοι συνθέτουν όλες τις ενώσεις του άνθρακα (πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες) από CO<sub>2</sub>. Η μετατροπή του CO<sub>2</sub> σε υδατάνθρακες απαιτεί ενέργεια. Στη φωτοσύνθεση η ενέργεια εφοδιάζεται από το ηλιακό φως. Στην περίπτωση των Nitrosomonas και Nitrobacter η ενέργεια για την αναγωγή του CO<sub>2</sub> προκύπτει από την οξείδωση της NH<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Επειδή οι μικροοργανισμοί αυτοί αποκτούν την ενέργειά τους με την οξείδωση απλών οργανικών ενώσεων, για το λόγο αυτό καλούνται *χημειοαυτότροφοι οργανισμοί*. Ελάχιστα είναι γνωστά για τα ενδιάμεσα προϊόντα της οξείδωσης της NH<sub>3</sub> σε NO<sub>2</sub><sup>-</sup> με τη Nitrosomonas.

Η νιτροποίηση απαιτεί μοριακό O<sub>2</sub> (καλά αεριζόμενα εδάφη). Επίσης κατά τη νιτροποίηση απελευθερώνεται H<sup>+</sup> με αποτέλεσμα να οξινίζει το έδαφος (εφαρμογή αμμωνιακού αζώτου). Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη νιτροποίηση είναι οι εξής:

- **Υγρασία εδάφους.** Η νιτροποίηση μειώνεται σε συνθήκες υπερβολικής υγρασίας. Επίσης οι χαμηλές υγρασίες μειώνουν τη νιτροποίηση. Στο σημείο μάρανσης η νιτροποίηση καλύπτει 50% της πραγματικής τιμής σε χρονικό διάστημα 28 ημερών.
- **Θερμοκρασία εδάφους.** Σε θερμοκρασία περίπου 9-10°C παρατηρείται πλήρης νιτροποίηση εντός 9 εβδομάδων. Η νιτροποίηση αναστέλλεται σε θερμοκρασία 45°C.
- **pH.** Νιτροποίηση παρατηρείται σε pH=5,5-10, με άριστο pH=8,5. Αναφέρθηκε όμως και νιτροποίηση σε pH =4,5 ή και ακόμα και σε pH=3,8.
- **Ύπαρξη NH<sub>4</sub>** στο έδαφος και νιτροποιητικών βακτηρίων.
- **Επαρκής εφοδιασμός του εδάφους σε Ca, P, Fe, Mn και Cu.**

Στα περισσότερα γεωργικά εδάφη ο εφοδιασμός του ανόργανου αζώτου εξαρτάται από την ταχύτητα ανοργανοποίησης, εκτός από την περίπτωση όπου παρατηρείται συμβιωτική ή μη συμβιωτική αζωτοδέσμευση. Στα περισσότερα εδάφη το ανόργανο άζωτο σχηματίζεται συνεχώς από το οργανικό άζωτο με ανοργανοποίηση. Στη συνέχεια ποσότητα από το ανόργανο άζωτο δεσμεύεται και μετατρέπεται σε οργανικό από τους μικροοργανισμούς (immobilization).

Είναι φυσικό η ποσότητα του ανόργανου αζώτου που βρίσκεται στο έδαφος και είναι διαθέσιμη στα φυτά εξαρτάται τόσο από την ανοργανοποίηση, όσο και την ακινητοποίηση του αζώτου. Ανοργανοποίηση συμβαίνει μόνο όταν το βιολογικό περιβάλλον είναι ευνοϊκό.

Η νιτροποίηση αναστέλλεται σε θερμοκρασία 45°C ενώ η αμμωνιοποίηση έχει ταχύτερους ρυθμούς σε θερμοκρασία 50-70°C. Σε χαμηλές θερμοκρασίες η νιτροποίηση καθυστερεί περισσότερο από ότι η αμμωνιοποίηση. Σε κορεσμένα εδάφη με νερό (αναερόβιες συνθήκες) η νιτροποίηση παρεμποδίζεται σημαντικά η αμμωνιοποίηση όμως επηρεάζεται λιγότερο. Η νιτροποίηση συμβαίνει μόνο όταν το pH κυμαίνεται από 5,5 μέχρι 10 με άριστο pH = 8,5 αντίθετα όμως η αμμωνιοποίηση είναι πολύ λιγότερο ευαίσθητη.

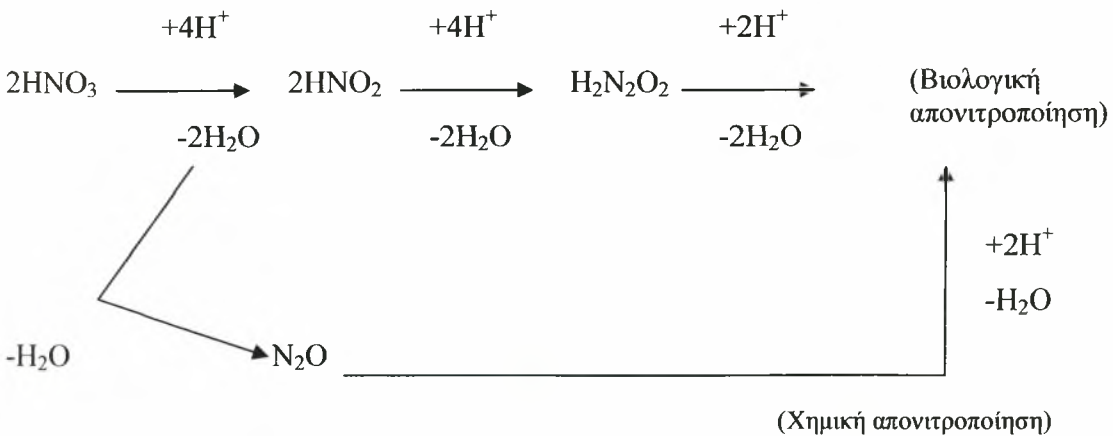
Σε πολλά εδάφη και κάτω από ορισμένη βλάστηση τα επίπεδα νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) είναι χαμηλά, διότι η νιτροποίηση αναστέλλεται. Επίσης έχειδειχθεί ότι οι ταννίνες σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις σε πολλά είδη φυτών, καθώς και τα φαινολικά οξέα και φαινολικά γλυκοσίδια, που παράγονται από φυτά, δρουν ανασταλτικά στη νιτροποίηση. Μετά από κόψιμο δάσους και καθαρισμό του εδάφους παρατηρήθηκε αύξηση της Nitrosomonas 18 φορές και του Nitrobacter 34 φορές.

### 1.2.2. Απώλειες αζώτου.

Το άζωτο στα εδάφη χάνεται με πολλούς τρόπους, όπως επιστροφή στην ατμόσφαιρα ως αέριο ( $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ) καθώς και με έκπλυσή του και μεταφορά του στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής.

- **Η απονιτροποίηση**, η βιοχημική αναγωγή των νιτρικών κάτω από αναερόβιες συνθήκες, συμβάλλει στην απώλεια  $\text{N}_2$  στην ατμόσφαιρα.

Η απονιτροποίηση παρίσταται με την παρακάτω εξίσωση:



Οι απώλειες αζώτου με απονιτροποίηση παρατηρούνται με την παρουσία μικροοργανισμών *Pseudomonas*, *Achromobacter* και *Micrococcus* σε pH=4,9-5,6 (απώλεια ως N<sub>2</sub>O) ή pH=7,3-7,9 (N<sub>2</sub>). Το άζωτο επίσης μπορεί να εξαερωθεί με τη μορφή αμμωνίας.

Σε αναγωγικές συνθήκες τα NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ιόντα υφίστανται απονιτροποίηση ήτοι βιολογική απονιτροποίηση σε υψηλό pH και χημική απονιτροποίηση σε χαμηλό pH. Οι απώλειες του αζώτου με απονιτροποίηση, είναι μεγαλύτερες με την παρουσία φυτών.

Τα απονιτροποιητικά βακτήρια είναι 90 φορές περισσότερα στη ριζόσφαιρα των φυτών, από ότι στο περιβάλλον έδαφος. Ως συνέπεια της αύξησης του ριζικού συστήματος των φυτών είναι ο περιορισμένος αριθμός των μεγάλων πόρων στο έδαφος. Επιπλέον τα φυτά παρέχουν ενέργεια στα απονιτροποιητικά βακτήρια με τη μορφή εκκρίσεων του ριζικού συστήματος.

- **Απώλειες με τη μορφή αμμωνίας (NH<sub>3</sub>).**

Παρατηρείται σε αλκαλικά εδάφη σύμφωνα με τη σχέση:



Επίσης απώλεια NH<sub>3</sub> παρατηρείται ανεξάρτητα από την τιμή του pH του εδάφους, μετά από επιφανειακή χορήγηση ουρίας.

- **Απώλειες με τη μορφή νιτρικού οξέος (HNO<sub>3</sub>).**

Παρατηρείται σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα αργιλίου και υδρογόνου (όξινα εδάφη).

- **Πυρκαγιές.**

Οι πυρκαγιές επηρεάζουν τον κύκλο του αζώτου άμεσα, γιατί μεγάλες ποσότητες αζώτου χάνονται με την καύση της οργανικής ουσίας και έμμεσα εξαιτίας των φυσικοχημικών μεταβολών που υφίσταται το έδαφος από τις πυρκαγιές. Με την καύση της οργανικής ουσίας παράγονται μικρές ποσότητες NH<sub>3</sub> και μεγάλες ποσότητες αερίου N<sub>2</sub> ή οξειδίων του αζώτου, που επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα. Σε παγκόσμια κλίμακα η απώλεια N από τις πυρκαγιές ανέρχεται σε 20-100 x 10<sup>6</sup> τ ετησίως. Το N<sub>2</sub>O αντιπροσωπεύει 13 εκατομμύρια τόννους. Μετά από πυρκαγιές επηρεάζεται και η ταχύτητα νιτροποίησης.



### **Έκπλυση νιτρικών στα εδάφη.**

Τα νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ) εύκολα εκπλύνονται, διότι τα πλείστα εδάφη της εύκρατης ζώνης έχουν αρνητικό φορτίο στα κolloειδή τους και δε συγκρατούν τα  $\text{NO}_3^-$  ιόντα. Τα  $\text{NO}_3^-$  ιόντα μπορεί να μεταφερθούν στα κατώτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής με το νερό στράγγισης.

Σε τροπικά εδάφη τα  $\text{NO}_3^-$  ιόντα προσροφούνται από τη στερεά φάση του εδάφους η δε προσρόφηση εξαρτάται από το pH και από τη συγκέντρωση των  $\text{NO}_3^-$  ιόντων. Τα εδάφη αυτά περιέχουν άμορφα ανόργανα υλικά και κυρίως οξειδία Al και Si.

### **Αναστολείς Νιτροποίησης.**

Σε πολλά εδάφη δε δεσμεύονται μεγάλες ποσότητες  $\text{NH}_4^+$  ιόντων. Εξάλλου τα  $\text{NO}_3^-$  ιόντα είναι διαλυτά στο νερό. Τα  $\text{NO}_3^-$  ιόντα γρήγορα απονιτροποιούνται κάτω από αναγωγικές συνθήκες. Έτσι σε βαριά εδάφη σημαντικές ποσότητες αερίου  $\text{N}_2$  μπορεί να παράγονται.

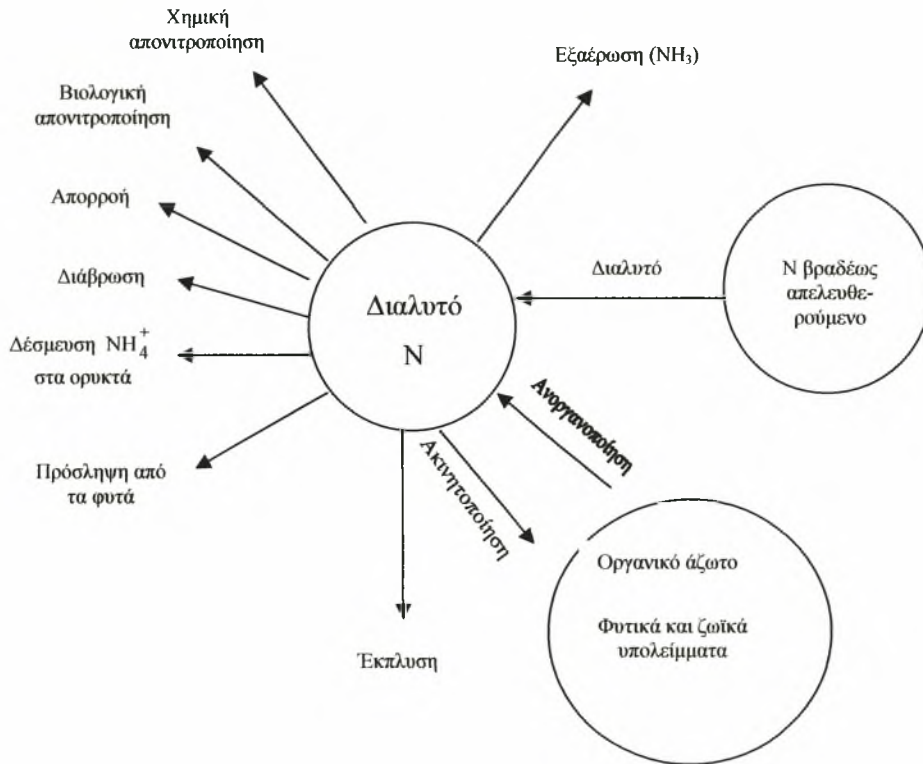
Σε πειράματα μελετήθηκαν αναστολείς νιτροποίησης για την αύξηση της αποτελεσματικής δράσης του αζώτου σε διάφορες καλλιέργειες, σε συνθήκες όπου οι απώλειες με απονιτροποίηση ή έκπλυση είναι υψηλές.

Η νιτροποίηση αύξησε το ολικό ποσό του ανόργανου αζώτου και μείωσε τις καθαρές απώλειες του ανόργανου αζώτου σε 60 ημέρες. Οι αναστολείς της νιτροποίησης επίσης έχουν εφαρμογές για μελέτη της θρέψης των φυτών με  $\text{NH}_4^+$  ιόντα, εξαιτίας της ταχείας μετατροπής των  $\text{NH}_4^+$  ιόντων στο έδαφος σε  $\text{NO}_3^-$  ιόντα.

Η χρήση των αναστολέων νιτροποίησης μπορεί να έχει μεγαλύτερη σημασία για μείωση της πρόσληψης  $\text{NO}_3^-$  ιόντων από τα φυτά όταν η συγκέντρωση αυτών στα φυτά είναι υψηλή.

Οι αναστολείς νιτροποίησης χρησιμοποιήθηκαν με μεγάλη επιτυχία στη μείωση της συγκέντρωσης των  $\text{NO}_3^-$  ιόντων στο σπανάκι. Στην εικόνα 1.2 παρουσιάζονται οι μετατροπές που υφίστανται στο έδαφος τα αζωτούχα λιπάσματα μετά την εφαρμογή τους.

## Αζωτούχο λίπασμα



*Εικόνα 1.2 Οι μετατροπές που υφίστανται στο έδαφος τα αζωτούχα λιπάσματα μετά την εφαρμογή τους, ιδιαίτερα μετά από κορεσμό του εδάφους.*

### 1.3. Εισροές και εκροές αζώτου στο έδαφος

Αναφέρεται ότι η βιολογική δέσμευση του αζώτου προσθέτει στο έδαφος ποσότητες αζώτου που ανέρχονται σε  $90-140 \times 10^6$  t αζώτου το χρόνο, ενώ παράλληλα οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες προσθέτουν στο έδαφος και την ατμόσφαιρα  $140 \times 10^6$  t αζώτου κάθε χρόνο (IFA, 1998). Στις δραστηριότητες αυτές εκτός από την καύση των γαιανθράκων, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συμπεριλαμβάνεται και η γεωργία με την παραγωγή ζωικής κόπρου των κτηνοτροφικών αποβλήτων και τη χρησιμοποίηση αυτής και τέλος με την παραγωγή και χρησιμοποίηση των ανόργανων αζωτούχων λιπασμάτων.

Στον πίνακα 1.2 παρουσιάζεται το μέσο ετήσιο ισοζύγιο εδαφικού αζώτου σε καλλιέργεια καλαμποκιού κατά την περίοδο 1989-1993. (Μήτσιος και συνεργάτες, 1996).

**Πίνακας 1.2 Μέσο ετήσιο ισοζύγιο αζώτου σε έδαφος καλλιεργούμενο με καλαμπόκι 1989-1993 (Μήτσιοι και συνεργάτες 1996).**

<b>1.Εισροές</b>	<b>Kg N.στρ.<sup>-1</sup></b>					
Επεμβάσεις αζώτου	0	8	16	24	32	40
Ανοργανοποίηση αζώτου	27	27	27	27	27	27
<b>Σύνολο:</b>	<b>27</b>	<b>35</b>	<b>43</b>	<b>51</b>	<b>59</b>	<b>67</b>
<b>2.Εκροές</b>						
Απομάκρυνση αζώτου από καρπό	12,94	16,10	17,98	18,87	20,40	21,30
Έκπλυση	2,88	3,88	5,14	6,59	7,90	9,36
Εξαέρωση	1,26	1,70	2,25	2,89	3,47	4,12
Απονιτροποίηση	3,20	6,40	10,46	15,50	19,98	24,83
<b>3.Υπολειμματικό άζωτο</b>	<b>6,72</b>	<b>6,88</b>	<b>7,17</b>	<b>7,16</b>	<b>7,18</b>	<b>7,39</b>
<b>Σύνολο:</b>	<b>27,00</b>	<b>35,00</b>	<b>43,00</b>	<b>51,00</b>	<b>59,00</b>	<b>67,00</b>

Το παραπάνω ισοζύγιο εδαφικού αζώτου διατυπώθηκε με βάση της επεμβάσεις σε άζωτο στο καλαμπόκι, τη νιτροποίηση του οργανικού αζώτου (εισροές) και τις εκροές όπως π.χ. απομάκρυνση αζώτου από τους καρπούς, έκπλυση αζώτου, εξαέρωση και απονιτροποίηση. Οι καρποί απομάκρυναν ποσότητες αζώτου που κυμαίνονται από 12,94kg Nστρ<sup>-1</sup> σε έδαφος που δε δέχτηκε άζωτο, μέχρι 21,30kg Nστρ<sup>-1</sup> όταν το καλαμπόκι λιπάνθηκε με 40kg Nστρ<sup>-1</sup>. Οι απώλειες N εξαιτίας της έκπλυσης ανέρχονται σε 2,88 kg Nστρ<sup>-1</sup> μέχρι 9,4 kg Nστρ<sup>-1</sup>. Οι δε απώλειες εξαιτίας της εξαέρωσης της αμμωνίας κυμαίνονται μεταξύ 1,26kg Nστρ<sup>-1</sup> μέχρι 4,12kg Nστρ<sup>-1</sup>. Η απονιτροποίηση κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα, 3,20-24,8kg Nστρ<sup>-1</sup> και εξαρτάται από τις ποσότητες του αζώτου που προστέθηκαν για τη λίπανση του καλαμποκιού.

#### **1.4 Οι δυσμενείς επιπτώσεις του αζώτου στο περιβάλλον.**

Τα μεγάλα προβλήματα στο περιβάλλον τα δημιουργούν η πλεονασματικότητα του αζώτου στο αγροτικό οικοσύστημα οι εκπομπές αμμωνίας και αερίων οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα καθώς και οι απώλειες του N-NO<sub>3</sub> και διαφυγή των νιτρικών με έκπλυση στους υπεδάφιους υδροφόρους ορίζοντες και λοιπούς υδάτινους αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια, πηγές, θάλασσες). Η πλεονασματικότητα του αζώτου στο έδαφος επηρεάζει αρνητικά τη **βιοποικιλότητα** (biodiversity) της χλωρίδας ως και την ποσότητα των αγροτικών προϊόντων.

Η εξαέρωση και ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) δημιουργεί τις παρακάτω αρνητικές επιπτώσεις:

- Οξίνιση του εδάφους κατά την επαναφορά και απόθεση της  $\text{NH}_3$  με τις βροχοπτώσεις και νιτροποίηση του αμμωνιακού N στο έδαφος
- Δημιουργία όξινης βροχής με την αντίδραση της αμμωνίας στην ατμόσφαιρα με οξείδια του θείου και την παραγωγή θειικής αμμωνίας.
- Επιβάρυνση με  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  του εδαφικού νερού με αποτέλεσμα έμμεσα στη συμβολή στο φαινόμενο του ευτροφισμού.

Η οξεογόνος επίδραση της αέριας αμμωνίας στο έδαφος και το νερό θεωρείται ότι προκάλεσαν μεγάλες καταστροφές στα δάση της Κεντρικής Ευρώπης κατά τη δεκαετία 1980.

Οι ερευνητές Schlesinger and Hartley (1992) υποστηρίζουν ότι για το σύνολο της γήινης ατμόσφαιρας οι εκπομπές  $\text{NH}_3$  ανέρχονται σε  $62 \times 10^6$  t το χρόνο, εκ των οποίων, οι εκπομπές προερχόμενες από ανθρωπογενείς δράσεις ανέρχονται σε  $43 \times 10^6$  t. Υπολογίζεται ότι η απόθεση  $\text{NH}_3$  ανέρχεται στο 40-60% των εισροών N από αζωτούχα λιπάσματα. Το Ευρωπαϊκό Κέντρο Οικο-τοξικολογίας και τοξικολογίας χημικών ουσιών (ECETOC, 1988, 1994) υποστηρίζει ότι μόνο 13% εκπομπών  $\text{NH}_3$  στη Δ. Ευρώπη οφείλεται στα αζωτούχα λιπάσματα (συμπεριλαμβάνονται και τα σύνθετα λιπάσματα, τα οποία περιέχουν  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  και  $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ) ενώ το 74% προέρχεται από την κτηνοτροφία. Στη ΒΔ Ευρώπη (Ολλανδία, Βέλγιο, Γερμανία) οι πυκνοί ζωικοί πληθυσμοί προκαλούν αυξημένη εκπομπή και απόθεση στα εδάφη  $\text{NH}_3 / \text{NH}_4^+$  με αποτέλεσμα την ταχύτερη οξίνιση των εδαφών στη ζώνη αυτή.

Η ECETOC (1988, 1994), σε μελέτη της υποστηρίζει ότι τα μεγέθη των εκπομπών ανέρχονται σε 98 kt. (κτηνοτροφία 57 kt και λιπάσματα 19 kt). Η προσθήκη θειικής αμμωνίας και ουρίας σε ασβεστολιθικά εδάφη έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες απώλειες εξαιτίας της εξαέρωσης, ιδιαίτερα όταν τα λιπάσματα δεν ενσωματώνονται σε ελαφρά εδάφη με μικρή CEC.

Οι εκπομπές οξειδίων N στην ατμόσφαιρα είναι το αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων των μικροοργανισμών του εδάφους. Τα εδάφη είτε σε φυσική κατάσταση, είτε καλλιεργούμενα είναι η κύρια πηγή του  $\text{N}_2\text{O}$  με συμμετοχή σε ποσοστό 65% στο σύνολο των εκπομπών (Prather et.al., 1995).

Η συγκέντρωση του  $N_2O$  στην ατμόσφαιρα αυξάνει με βραδείς ρυθμούς, από 288 ppbv (μέρη ανά δισεκατομμύριο κατ' όγκο) το 1900, σε 290 ppbv το 1950 και στα 310 ppbv το 1993 (Bockman, 1994).

Οι συνολικές ετήσιες εκπομπές εκτιμώνται σε  $14 \times 10^4$  t  $N_2O$  το χρόνο εκ των οποίων  $9,5 \times 10^4$  t  $N_2O$  το χρόνο οφείλονται σε φυσικές πηγές, και το υπόλοιπο  $4,5 \times 10^4$  t  $N_2O$  το χρόνο προέρχεται από πρόσφατες ανθρωπογενείς δράσεις.

Οι εκπομπές αυτές προέρχονται από την καύση γαιανθράκων και βιομάζας από την εντατική γεωργοκτηνοτροφική εκμετάλλευση ως και από την αλλαγή χρήσεων γης.

Οι Prather et.al., (1995), υποστηρίζουν ότι η αυξημένη ατμοσφαιρική συγκέντρωση του  $N_2O$  συμβάλλει στο "φαινόμενο θερμοκηπίου" καθώς και στην καταστροφή του όζοντος της στρατόσφαιρας. Η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του  $N_2O$  είναι μικρή, η συμβολή του όμως στη θέρμανση της ατμόσφαιρας είναι σημαντική εξαιτίας της μεγάλης διάρκειας ζωής του στην ατμόσφαιρα (atmospheric life time) που φθάνει τα 150 χρόνια. Το NO είναι πολύ δραστικό αέριο με βραχεία διάρκεια ατμοσφαιρικής ζωής (ημέρες ή μερικές ώρες). Το NO είναι ένας από τους κύριους παράγοντες της όξινης βροχής επειδή το NO σχηματίζει νιτρικό οξύ στη ατμόσφαιρα.

Η χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων ευνοεί τη δημιουργία υποστρώματος **νιτροποίησης–απονιτροποίησης** στα εδάφη και επομένως συμβάλλει άμεσα και έμμεσα στην παραγωγή και στην εκπομπή στην ατμόσφαιρα των οξειδίων του αζώτου. Οι ετήσιες εκπομπές  $N_2O$  από τα καλλιεργούμενα εδάφη ανέρχονται σε  $3,5 \times 10^6$  N t, το 1/3 δε της ποσότητας αυτής προέρχεται ευθέως από τα αζωτούχα λιπάσματα (Smith, et.al., 1997). Οι ίδιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι 0,5 και  $5,0 \times 10^6$  t N το χρόνο είναι εκπομπές NO που προέρχονται από τα αζωτούχα λιπάσματα.

Η συμβολή στις εκπομπές  $N_2O$  και των κτηνοτροφικών ζώων ελεύθερης βοσκής (μεγάλα μηρυκαστικά κυρίως) διαμέσου των οποίων το άζωτο της χλωρής νομής μεταφέρεται στα υγρά και στερεά απεκκρίματα των ζώων που παραμένουν στους λειμώνες αποτελούν εστίες εκπομπής του  $N_2O$ . Από τα περιορισμένα πειραματικά δεδομένα προκύπτει ότι ποσοστό 0,1 μέχρι 0,7 του αζώτου των στερεών απεκκριμάτων και 0,1 μέχρι 3,8% του αζώτου των υγρών εκλύεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή  $N_2O$ . Η σημασία των μεγεθών αυτών είναι προφανής αν ληφθεί υπόψη ότι το 20% της στερεής επιφάνειας της γης καλύπτεται με καλλιεργούμενους λειμώνες και επί πλέον ένα 30% με ορεινές δασολιβαδικές εκτάσεις. Με βάση τα δεδομένα αυτά υπολογίζεται ότι η συνολική συμμετοχή των ζώων βοσκής στο ισοζύγιο  $N_2O$  της υδρογείου ανέρχεται σε  $1,55 \times 10^6$  t  $N_2O-N$ , ποσότητα η οποία υπερβαίνει τις εκπομπές τις προερχόμενες από τα ανόργανα λιπάσματα.

Διαπιστώνεται ότι οι τιμές εκπομπής κυμαίνονται σε μεγάλο εύρος εξαρτώμενες από τις εδαφικές, καλλιεργητικές και κλιματολογικές συνθήκες. Η διακυβερνητική επιτροπή για την αλλαγή του κλίματος (IPCC 1997) δέχεται ότι το 90% των εκπομπών  $N_2O$  που οφείλονται στα αζωτούχα λιπάσματα παρουσιάζουν εύρος  $1,25 \pm 1\%$  και ότι 0,25 και 2,25 kg N- $N_2O$  σε κάθε 100 kg προστιθέμενου αζώτου.

Τα ερευνητικά αποτελέσματα των ερευνητών Cole et.al., (1996) και Smith et.al., (1997) δείχνουν ότι το ποσοστό των εκπομπών του  $N_2O$  είναι δυνατόν να μειωθεί σημαντικά όταν τηρούνται κανόνες σωστής καλλιεργητικής πρακτικής και ορθής διαχείρισης των λιπασμάτων. Τα μέτρα αυτά είναι:

- η αριστοποίηση των φυσικών συνθηκών του εδάφους κατά την εφαρμογή του λιπάσματος
- η εποχή και η μέθοδος προσθήκης του λιπάσματος
- η δόση του λιπάσματος που να μην υπερβαίνει τις ανάγκες της καλλιέργειας
- η χρησιμοποίηση αναστολέων νιτροποίησης (nitrification inhibitors) ως και λιπασμάτων ελεγχόμενης απόδοσης (controlled release fertilizers).

### 1.5.1 Ποιότητα νερού, νιτρορύπανση υδατικών οικοσυστημάτων.

Μεγάλες συγκεντρώσεις  $NO_3^-$  στο πόσιμο νερό και στα υδατικά συστήματα, αποτελούν ρύπο, στο πόσιμο δε νερό εγκυμονεί κινδύνους στον άνθρωπο και τη δημόσια υγεία. Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας (WHO) στα μέσα της 10ετίας 1980 συνέστησε την καθιέρωση ανωτάτου ορίου συγκέντρωσης νιτρικών τα  $50mg NO_3^- L^{-1}$  πόσιμου νερού. Η εντατικοποίηση της γεωργικής και κτηνοτροφικής παραγωγής συνέβαλε σημαντικά στη νιτρορύπανση των υδάτων. Με την οδηγία 80/778/ΕΟΚ η Ευρωπαϊκή Ένωση υποχρέωσε όλα τα κράτη μέλη της να ακολουθήσουν τα ποιοτικά κριτήρια του πόσιμου νερού και υιοθέτησε το όριο των νιτρικών  $50mg NO_3^- L^{-1}$ .

Η Ε.Ε. το Δεκέμβριο 1991 θέσπισε την **Οδηγία Νιτρικών (Nitrates Directive)** 91/696/ΕΕC η οποία αναφέρεται στην προστασία των νερών "από διάχυτες πηγές γεωργικής προέλευσης" με ανώτατο όριο νιτρικών τα  $50mg NO_3^- L^{-1}$ . Με την οδηγία αυτή αναγνωρίζεται η αναγκαιότητα χρησιμοποίησης αζωτούχων λιπασμάτων και ζωικής κόπρου στη γεωργία, επισημαίνει όμως τους οικολογικούς κινδύνους τους οποίους προκαλεί η υπερβολική χρήση των υλικών αυτών. Μεταξύ των άλλων η οδηγία επισημαίνει ότι τα

Κράτη-Μέλη οφείλουν να καθιερώσουν έναν Κώδικα "μέτρων ορθής Γεωργικής Πρακτικής" και να προβούν σε οριοθέτηση των ευπρόσβλητων με νιτροποίηση περιοχών εντός των οποίων θα ληφθούν ειδικά μέτρα προστασίας.

Η Ελλάδα με βάση την έκθεση που υπέβαλλε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή το Νοέμβριο 1996 ανέφερε ότι έχει προσδιορίσει τις εξής τέσσερις (4) "δυνάμεις" ευπρόσβλητες ζώνες (Δυτική και Ανατολική Θεσσαλία, λεκάνη του Πηνειού ποταμού στην Ηλεία, αργολικό πεδίο και πεδιάδα της Κοπαΐδας). Σε έκθεσή της το 1998 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προς το Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο αναφέρει ότι στις χώρες της Κεντροδυτικής Ευρώπης το πρόβλημα έχει λάβει πολύ μεγάλες διαστάσεις.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση με την "Agenda 2000" θέτει ως βασική προϋπόθεση αγροτικής ανάπτυξης η προτεραιότητα στην προστασία του περιβάλλοντος.

### **1.5.2 Νιτρορύπανση και Ευτροφισμός.**

Οι μεγάλες συγκεντρώσεις των νιτρικών και των φωσφορικών ιόντων στα νερά, αποτελούν τα κύρια αίτια δημιουργίας του φαινομένου του ευτροφισμού. Ο ευτροφισμός έχει διαταράξει σε μεγάλο βαθμό την οικολογική ισορροπία των υδατικών οικοσυστημάτων π.χ. ποταμών, λιμνών και θαλασσών στον πλανήτη μας.

Ο ευτροφισμός οφείλεται στην ανάπτυξη μονοκύτταρων φυκών (algae) που προκαλεί η αύξηση της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων στα υδατικά συστήματα. Ο ευτροφισμός οδηγεί στην εξαφάνιση της μακροφυτικής υδρόβιας βλάστησης και τελικά στη θανάτωση των ενάλιων ζωικών πληθυσμών. Μετά από μια σε υψηλό επίπεδο ανάπτυξη των φυκών ακολουθεί η νέκρωση και η αποσύνθεση της τεράστιας αυτής βιομάζας η οποία δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες.

Για την εκδήλωση του φαινομένου του ευτροφισμού είναι αρκετό η αύξηση της συγκέντρωσης και ενός μόνο περιοριστικού θρεπτικού. Στις περισσότερες περιπτώσεις περιοριστικοί παράγοντες ευτροφισμού στα μεν θαλάσσια νερά είναι το άζωτο και στα γλυκά νερά (λίμνες) ο φωτισμός.

### 1.5.3 Επιδράσεις στον τύπο της φυσικής χλωρίδας.

Στη φύση υπάρχουν φυτά που είναι ευαίσθητα σε ακραίες συνθήκες θρέψεως και δεν αναπτύσσονται αν οι συνθήκες θρέψεως είναι μη ιδεώδεις. Οι υπερβολικές λιπάνσεις διαταράσσουν την ισορροπία μεταξύ των βοτανικών ειδών. Λαμβανομένου υπόψη τη γονιμότητα του εδάφους η αυτοφυής χλωρίδα περιλαμβάνει είδη, **ανταγωνιστικά, αδιάφορα και ανθεκτικά**. Σε μικτή φυτοκοινωνία τα ανταγωνιστικά είδη (competitors) αναπτύσσονται σε βάρος των υπολοίπων όταν βελτιωθεί η γονιμότητα του εδάφους ενώ στα άγονα εδάφη υπερτερούν τα ανθεκτικά είδη φυτών (stress tolerators).

Όταν το αρχικό επίπεδο γονιμότητας του εδάφους είναι χαμηλό οι λιπάνσεις προκαλούν τις κατάλληλες συνθήκες για μεγαλύτερη επίδραση στη βιοποικιλότητα. Από οικολογικής άποψης οι μεταβολές στη βιοποικιλότητα είναι ανεπιθύμητες, διότι οι αλλαγές στη σύνθεση της φυσικής χλωρίδας μπορεί να επιφέρουν αλλαγές και στη σύνθεση της πανίδας. Όταν σε μια φυσική φυτοκοινωνία το άζωτο είναι ο περιοριστικός παράγοντας, οι συνέπειες αυτές αίρονται σχετικά γρήγορα αν διακοπεί η προσθήκη λιπασμάτων (Tinker, 1991)

### 1.5.4 Δυσμενείς επιδράσεις των νιτρικών στην υγεία του ανθρώπου.

Οι κύριες πηγές νιτρικών στη διατροφή του ανθρώπου είναι τα λαχανικά, το νερό και τα νιτρικά που προστίθενται ως συντηρητικά στα προϊόντα παρασκευής τροφών. Τα νιτρικά δεν είναι τοξικά και αποβάλλονται σχετικά γρήγορα από τον οργανισμό με τα ούρα (80%) ή τα περιττώματα (1-2%) και ανακυκλώνονται με το σάλιο (18%).

Τα νιτρώδη που βρίσκονται στις τροφές ή σχηματίζονται από τα νιτρικά ή παράγονται ενδογενώς είναι τοξικά. Σχετικά με τις ενδεχόμενες κλινικές-παθολογικές επιδράσεις των νιτρικών στον άνθρωπο αναφέρονται στον κίνδυνο **μεθαιμογλοβιταϊμίας** δηλαδή **συνδρόμου κυάνωσης των βρεφών (blue baby syndrome)** και στον κίνδυνο προσβολής από καρκίνο του γαστρο-εντερικού συστήματος σε μεγάλης ηλικίας άτομα. Τα νιτρώδη που παράγονται με τη μικροβιολογική αναγωγή των νιτρικών ιόντων είναι σε θέση να μετατρέπουν την αιμογλοβίνη του αίματος σε μεθαιμογλοβίνη που δε μπορεί να μεταφέρει το οξυγόνο και έτσι εμποδίζεται η μεταφορά του σε όλο το κυκλοφορικό σύστημα.

Όταν η ποσότητα της μεθαιμογλοβίνης στο αίμα αυξηθεί, τότε παράγονται στον οργανισμό συμπτώματα έλλειψης οξυγόνου με κύριο χαρακτηριστικό την κυάνωση, που διακρίνεται πολλές φορές από το μπλε χρώμα των χειλιών (μεθαιμογλοβιναιμία). Η τελευταία διαπιστωμένη περίπτωση κυάνωσης των βρεφών στο Ηνωμένο Βασίλειο συνέβη το 1972.



Ο ερευνητής Douthwaite (1999) υποστηρίζει ότι στη διάρκεια των τελευταίων 36 ετών συνολικά μόνο 14 ύποπτα περιστατικά έχουν παρουσιαστεί στη Δυτική Ευρώπη τα οποία συσχετίστηκαν με κατανάλωση νερού από φρεάτια μολυσμένου με βακτήρια.

Αναφέρεται ότι κατά τη χειμερινή περίοδο 1976-1977, περίπου τρία εκατομμύρια άνθρωποι στο Ηνωμένο Βασίλειο κατανάλωσαν νερό με συγκέντρωση νιτρικών μεταξύ 50 και  $100 \text{ mgL}^{-1}$ , χωρίς να εκδηλωθεί έστω και ένα κρούσμα μεθαιμογλουβιναιμίας. (Owen and S.Jurgens-Gschwind, 1986). Αναφέρθηκε ότι η μεθαιμογλουβιναιμία στα βρέφη δεν προκαλείται από τα νιτρικά αλλά από τα νιτρώδη που παράγονται με αναγωγή των νιτρικών από βακτήρια. Η αναγωγή συμβαίνει όταν το πόσιμο νερό ή τα σκεύη διατροφής ή και οι τροφές των νεογνών δεν πληρούν βασικές προϋποθέσεις υγιεινής (L' Hirondel and JL. L' Hirondel, 1994).

Η χρόνια έκθεση του οργανισμού του ανθρώπου σε υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών στο διαιτολόγιο θεωρήθηκε ως πιθανό αίτιο του γαστρο-εντερικού καρκίνου εξαιτίας ενδεχόμενης ενδογενούς σύνθεσης των καρκινογενών ενώσεων **N-νιτροζαμινών**, από την αντίδραση εντός του στομάχου μεταξύ νιτρωδών αλάτων αφενός και αφετέρου δευτερογενών αμινών. (Duncan, et.al., 1997; Vermeer, et.al., 1998). Για τους λόγους αυτούς επεβλήθησαν περιορισμοί στην περιεκτικότητα νιτρικών και νιτρωδών σε επεξεργασμένα είδη τροφίμων (Scientific Committee for food, European Commission, 1995). Πρόσφατες επιδημιολογικές έρευνες δε στηρίζουν την άποψη ότι τα νιτρικά προκαλούν καρκίνο στον άνθρωπο, (ECETOC, 1988, Scientific Committee for food European Commission, 1995, Duncan, et.al., 1997).

Το 80-90% των νιτρικών στις τροφές του ανθρώπου προέρχονται από τα νωπά λαχανικά και ειδικότερα από τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά (σέλινο, σπανάκι, μαρούλι κ.λ.π.).

## **1.6 Έκπλυση των νιτρικών και απώλειες αζώτου.**

Όταν οι ετήσιες βροχοπτώσεις ή οι αρδεύσεις εφοδιάζουν το έδαφος με ποσότητες νερού που υπερβαίνουν την εξατμισοδιαπνοή, η επιπλέον ποσότητα του νερού ή απομακρύνεται με την επιφανειακή απορροή ή διηθείται στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής.

Τα νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ) που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα είτε μετακινούνται στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής και στη συνέχεια στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, είτε διαλύονται στα νερά απορροής και οδεύουν στις λίμνες, στα ποτάμια και στις θάλασσες.

Οι ποσότητες των νιτρικών ιόντων που απομακρύνονται με έκπλυση εξαρτώνται:

- από την ποσότητα του νερού που διηθείται στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής
- από τη συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στο έδαφος
- από τις ποσότητες των προστιθέμενων λιπασμάτων
- από τον τύπο του εδάφους
- από την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία και από τους ρυθμούς ανοργανοποίησης του οργανικού αζώτου
- από τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών του εδάφους
- από τις εποχικές διακυμάνσεις
- από τη φυτοκάλυψη
- από τον τύπο της καλλιέργειας και
- από τις βροχοπτώσεις και αρδεύσεις.

#### **Έκπλυση νιτρικών – φυτοκάλυψη.**

Από έρευνες προκύπτει ότι σε γυμνό έδαφος η απώλεια  $\text{NO}_3^-$  με έκπλυση είναι περίπου διπλάσια μέχρι τριπλάσια από ότι στο ίδιο έδαφος με καλλιέργειες και εννέα φορές μεγαλύτερη από ότι στο ίδιο έδαφος με λειβαδική φυτοκάλυψη. Διευκρινίζεται ότι με τον όρο *γυμνό έδαφος* (fallow soils) δε γίνεται αναφορά μόνο στην αγρανάπαυση αλλά πιο συχνά στην εποχική παραμονή ενός αγρού χωρίς φυτοκάλυψη εξαιτίας του τύπου της καλλιεργητικής διαχείρισης.

Στην Ελλάδα και στην παραμεσόγειο ζώνη τα χειμερινά σιτηρά δεν καλύπτουν το έδαφος κατά τους θερινούς μήνες οπότε η έκπλυση και η νιτροποίηση δεν ευνοούνται εξαιτίας της έλλειψης εδαφικής υγρασίας. Οι θερινές καλλιέργειες όμως οι οποίες συγκομίζονται το Φθινόπωρο, δεν καλύπτουν το έδαφος σε εποχή που οι κλιματικές συνθήκες ευνοούν τη νιτροποίηση και στη συνέχεια την έκπλυση τόσο του ανοργανοποιηθέντος αζώτου, όσο και του υπολειμματικού αζώτου των ετήσιων καλλιεργειών.

## Έκπλυση νιτρικών – Τύπος καλλιέργειας.

Ο ρυθμός πρόσληψης του αζώτου δεν είναι σταθερός κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, αλλά εξαρτάται γενικώς από τους εποχιακούς ρυθμούς ανάπτυξης των φυτών. Οι καλλιέργειες που δεν καλύπτουν πλήρως και μόνιμα το έδαφος αφήνουν μεγάλα περιθώρια για έκπλυση των νιτρικών ιόντων. Οι εύρωστες όμως καλλιέργειες προσφέρουν πλήρη και μακροχρόνια κάλυψη. Τα λειβαδικά- κτηνοτροφικά φυτά είναι τα πλέον αποτελεσματικά φυτά για αποτελεσματική διαχείριση του εδάφους κατά της έκπλυσης των νιτρικών ιόντων, περιορίζουν δε τις σχετικές απώλειες μόνο σε 6-12kgNhaέτος<sup>-1</sup>. Όταν όμως τα παρθένα λειμώνια εδάφη καλλιεργούνται με αροτραίες καλλιέργειες τότε παρατηρείται έντονη νιτροποίηση και μεγάλες απώλειες νιτρικού αζώτου.

Όταν γίνει η συγκομιδή των ετήσιων καλλιεργειών τότε εξαιτίας της διακοπής της πρόσληψης του αζώτου από τα φυτά ο ρυθμός έκπλυσης των νιτρικών αυξάνει. Για τον περιορισμό της έκπλυσης των νιτρικών προτείνονται τα εξής μέτρα:

- Βελτιωμένοι τύποι αμειψισποράς
- Αποφυγή Φθινοπωρινών οργωμάτων
- Πρώιμη Εαρινή σπορά και
- Η εφαρμογή των αζωτούχων λιπασμάτων να γίνεται με πολλές δόσεις.

Για τη μείωση της έκπλυσης των νιτρικών μπορεί να εφαρμοστεί το σύστημα της ενδιάμεσης καλλιέργειας ανάσχεσης (catch crop) κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η καλλιέργεια αυτή προσλαμβάνει την ποσότητα του νιτρικού αζώτου του εδάφους, ή απελευθερώνεται το άζωτο αυτό στο έδαφος μετά τη συγκομιδή της κύριας καλλιέργειας. Η ενδιάμεση καλλιέργεια μπορεί να περιορίσει την έκπλυση του αζώτου κατά 40-50%.

Τα κηπευτικά αντίθετα με τις αροτραίες καλλιέργειες ευνοούν την έκπλυση των νιτρικών. Τα κηπευτικά δεν καλύπτουν το έδαφος για μεγάλο χρονικό διάστημα, δέχονται συχνές και πολλές καλλιεργητικές εργασίες με αποτέλεσμα να αυξάνουν την ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου και αφήνουν στο έδαφος μεγάλες ποσότητες φυτικών υπολειμμάτων πλούσιων σε οργανικό άζωτο, τα οποία κατά την αποσύνθεσή της εκλύουν μεγάλες ποσότητες οργανικού αζώτου. Τέλος, οι κηπευτικές καλλιέργειες δέχονται εντατικές λιπάνσεις που πολλές φορές υπερβαίνουν τις θρεπτικές ανάγκες τους.

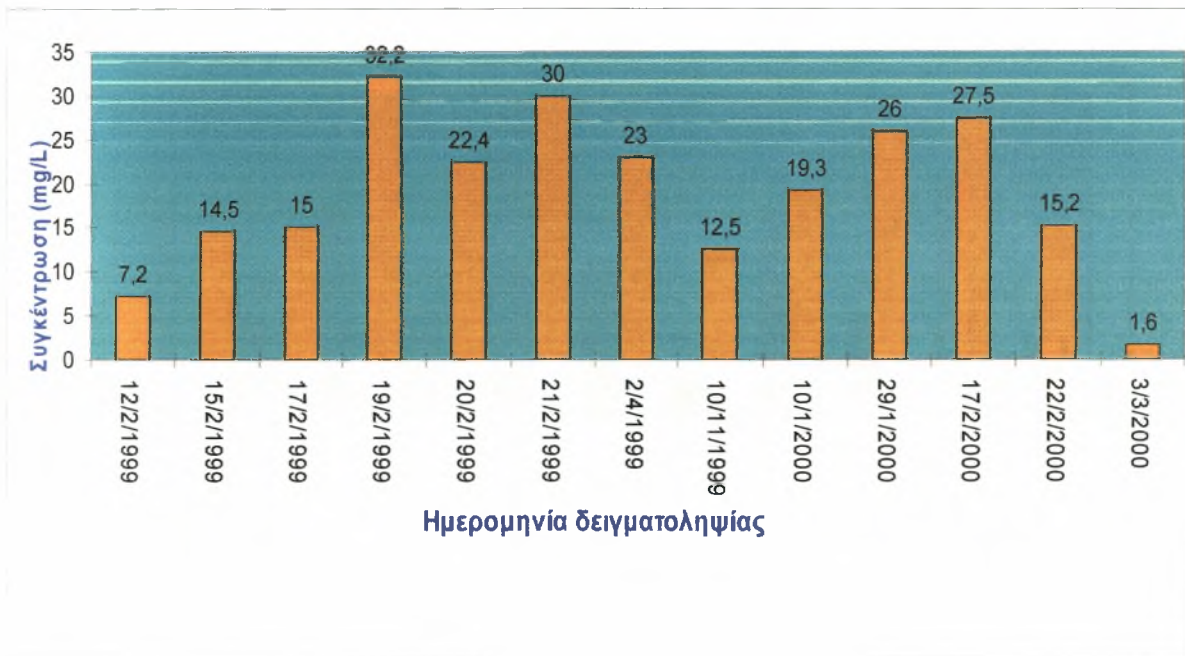
### Έκπλυση νιτρικών – Επίδραση του τύπου εδάφους.

Είναι γνωστό ότι στους εδαφικούς πόρους όταν το έδαφος είναι υγρό υπάρχει το ύδωρ στο οποίο βρίσκονται με διαλυτή μορφή τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους. Τα αμμώδη εδάφη συγκρατούν μικρότερο ποσοστό υγρασίας από τα αργιλώδη. Για το λόγο αυτό τα αμμώδη εδάφη διευκολύνουν την έκπλυση των νιτρικών.

Στα οργανικά εδάφη, η ποσότητα σε οργανικό άζωτο μπορεί να ανέλθει σε  $1500\text{kg}\cdot\text{στρ}^{-1}$ . Το οργανικό άζωτο ανοργανοποιείται και χάνονται με έκπλυση πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νιτρικών σε σύγκριση με τα συνήθη μη οργανικά εδάφη.

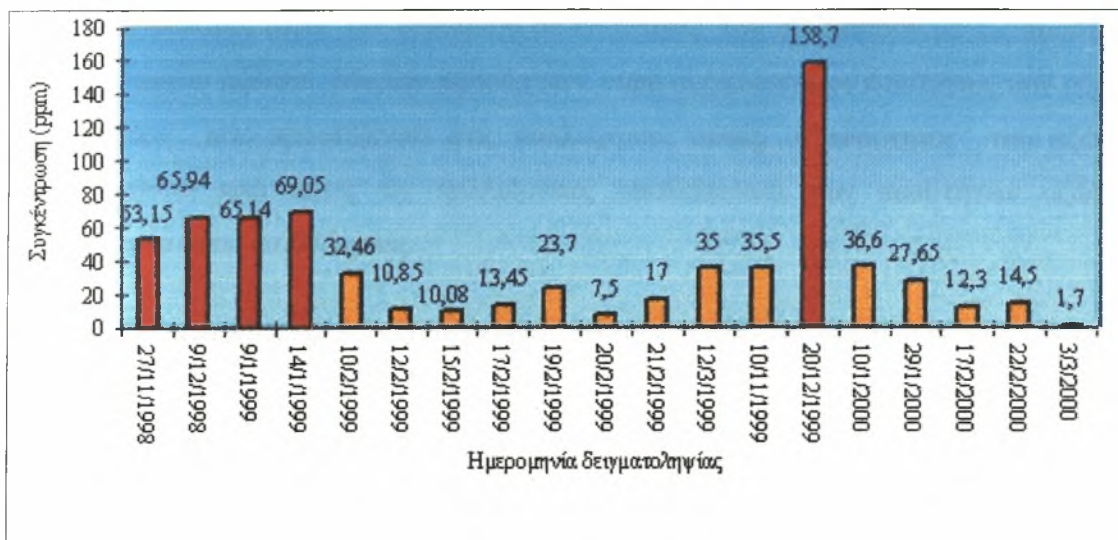
### Απώλειες νιτρικών λόγω έκπλυσης – Αποτελέσματα πειραμάτων.

Στην εικόνα 1.3 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στα ύδατα των αποστραγγιστικών τάφρων της πρώην λίμνης Κάρλα. Κατά τα έτη 1999 και 2000 δεν παρουσιάστηκαν συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων μεγαλύτερες από  $50\text{ mg L}^{-1}$ , το οποίο είναι το ανώτατο όριο ασφάλειας για τα ύδατα (Μήτσιος, Γάτσιος, Σαραντόπουλος 1999)

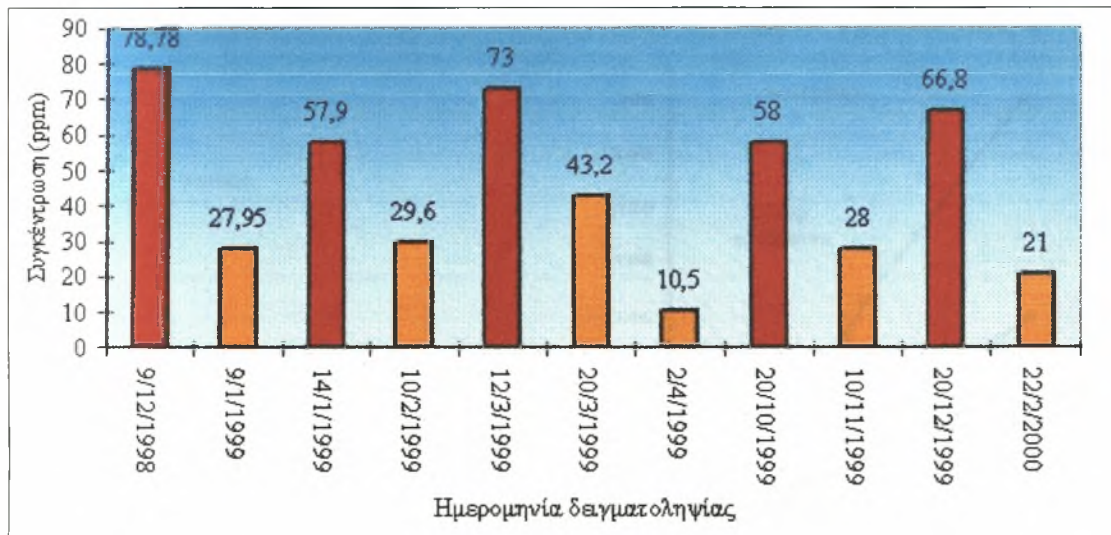


Εικόνα 1.3 Συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων στα ύδατα των αποστραγγιστικών τάφρων της πρώην λίμνης Κάρλα (Μήτσιος, Γάτσιος, Σαραντόπουλος 1999)

Στις εικόνες 1.4 και 1.5 παρουσιάζονται αντίστοιχα οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στα ύδατα του χειμάρρου Ξηρία Βόλου και Ξηρία Αλμυρού. Κατά τα έτη 1999 και 2000 παρουσιάστηκαν συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων στα ύδατα μεγαλύτερες των 50 mg L<sup>-1</sup>, το οποίο είναι το ανώτατο όριο ασφαλείας για τα ύδατα (Μήτσιος, Γάτσιος, Σαραντόπουλος 1999)



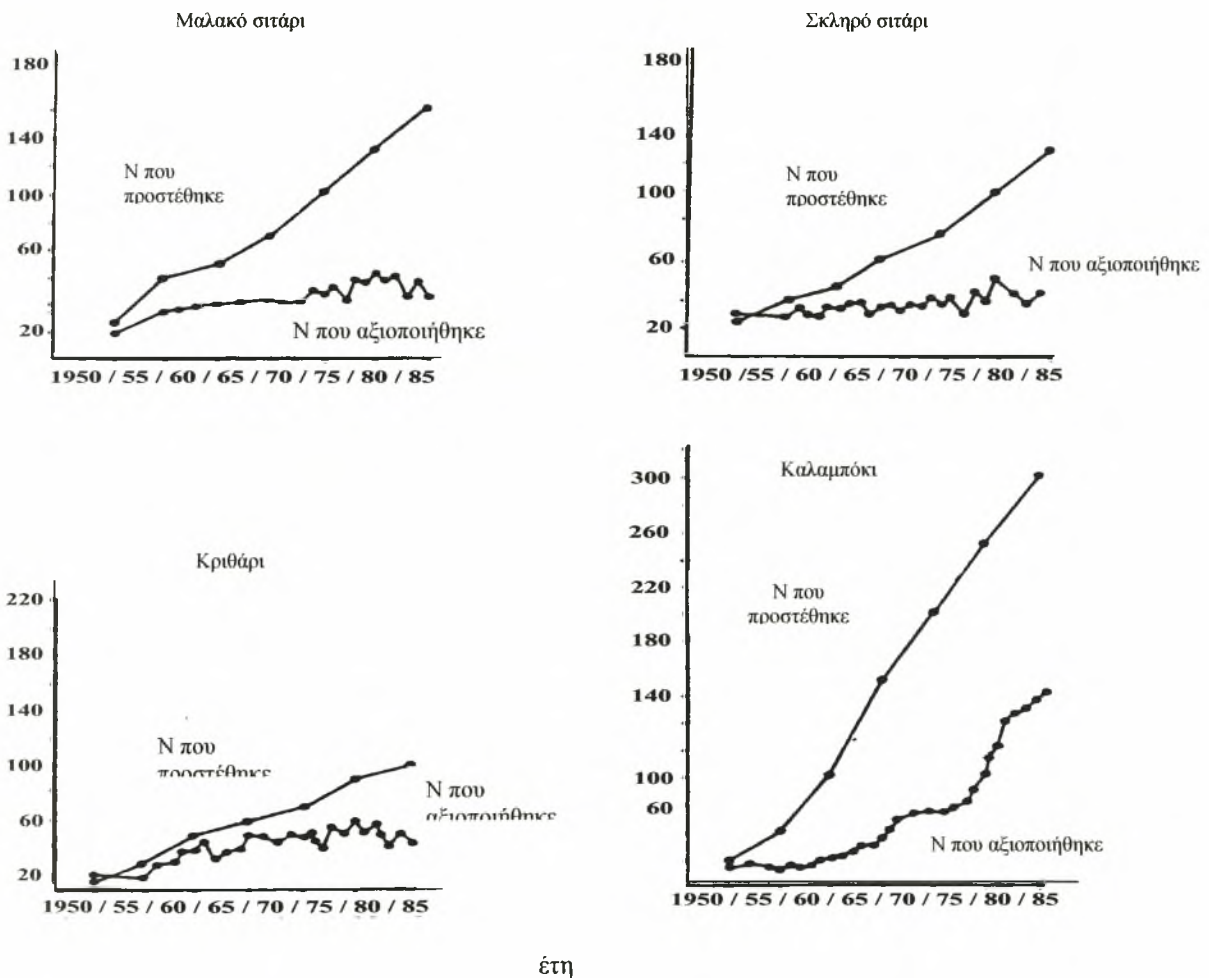
**Εικόνα 1.4** Συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων στα ύδατα του χειμάρρου Ξηρία Βόλου (Μήτσιος, Γάτσιος, Σαραντόπουλος 1999)



**Εικόνα 1.5** Συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων στα ύδατα του χειμάρρου Ξηρία Αλμυρού (Μήτσιος, Γάτσιος, Σαραντόπουλος 1999).

Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται ότι υπήρξε έκπλυση των νιτρικών ιόντων από τα γεωργικά εδάφη και όχι μόνο προς τους χειμάρρους της περιοχής αφού βρέθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων στα ύδατα των χειμάρρων.

Στην εικόνα 1.6 παρουσιάζονται οι ποσότητες των αζωτούχων λιπασμάτων που προστέθηκαν σε διάφορες καλλιέργειες στην Ελλάδα (μαλακό σιτάρι, σκληρό σιτάρι, κριθάρι και καλαμπόκι) από το 1950 μέχρι το 1985 (Σιμώνης, 1988). Επίσης στην εικόνα 1.6 παρουσιάζονται οι ποσότητες του αζώτου που αξιοποιούνται από τις καλλιέργειες αυτές κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα. Το έτος 1950 το άζωτο αξιοποιείται από τις καλλιέργειες του καλαμποκιού, σίτου και κριθαριού σε ποσότητες που συμπίπτουν με τις ποσότητες του προστιθέμενου αζώτου. Με την πάροδο των ετών αυξάνονται οι ποσότητες των αζωτούχων λιπασμάτων που προστίθενται στις καλλιέργειες αυτές, οι ποσότητες του αζώτου που αξιοποιούνται από αυτές τις καλλιέργειες υπολείπονται των ποσοτήτων αζώτου που προστίθενται στις καλλιέργειες.



έτη

Εικόνα 1.6 Ποσότητες αζώτου που προστέθηκαν και αξιοποιήθηκαν από καλλιέργειες με σκληρό σιτάρι, κριθάρι και μαλακό σιτάρι καλαμπόκι κατά τη διάρκεια 35 ετών στην Ελλάδα (Σιμώνης, 1988).

Στον πίνακα 1.3 παρουσιάζονται οι ποσότητες των αζωτούχων, φωσφορικών και καλιούχων λιπασμάτων που προστέθηκαν στα εδάφη καθώς και οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που αξιοποιήθηκαν από τα φυτά.

**Πίνακας 1.3.** Εισροές και εκροές θρεπτικών στοιχείων N, P και K στα ελληνικά εδάφη (Koukoulakis και Mitsios, 1992).

Ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που προστέθηκαν στα ελληνικά εδάφη, σε τόννους			Ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που αξιοποιήθηκαν από τα φυτά, σε τόννους		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	1961			1961	
83.480	73.123	9.035	89.938	32.523	59.744
	1982			1982	
335.100	115.500	40.000	182.381	65.275	119.274

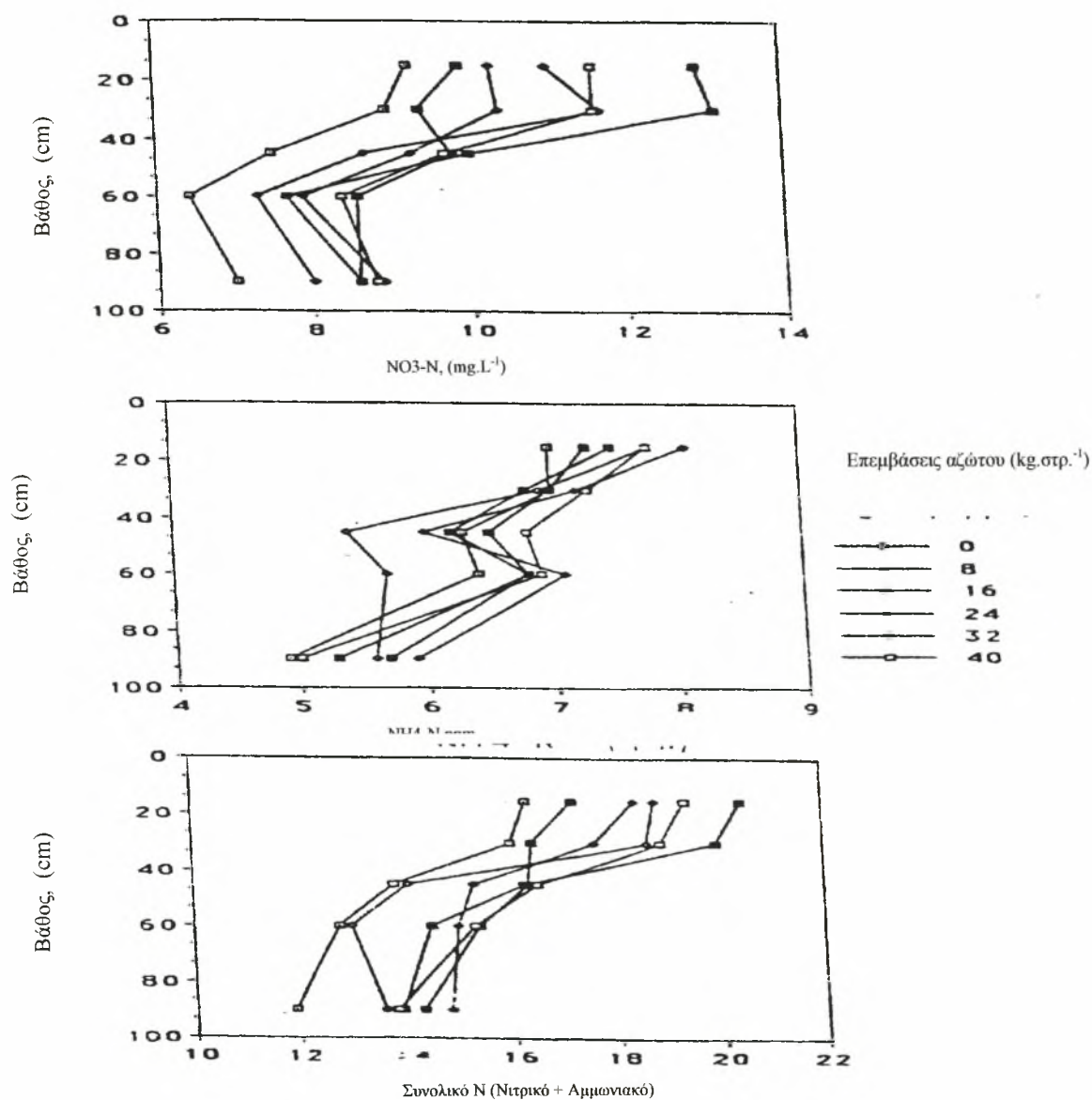
Το έτος 1961 οι εισροές του αζώτου από αζωτούχα λιπάσματα είναι ελαφρά αρνητικές που σημαίνει ότι τα φυτά αξιοποίησαν το άζωτο σε ποσότητες μεγαλύτερες από τις ποσότητες που προστέθηκαν. Το 1982 οι εισροές του αζώτου από αζωτούχα λιπάσματα είναι μεγαλύτερες από τις ποσότητες του αζώτου, που αξιοποιήθηκαν από τα φυτά. Η διαφορά αυτή κατά το 1982 ανέρχεται σε 153.719 τόννους.

Στον πίνακα 1.4 παρουσιάζονται οι απώλειες αζώτου εξαιτίας έκπλυσης κατά την περίοδο 1989-93 σε kg N στρ<sup>-1</sup> σύμφωνα με την αζωτούχο λίπανση που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια καλαμποκιού.

**Πίνακας 1.4.** Απώλειες αζώτου εξαιτίας έκπλυσης κατά την περίοδο 1989-93 (kg στρ<sup>-1</sup>) (Μήτσιος και συνεργάτες 1996).

Επεμβάσεις kg N στρ <sup>-1</sup>	1989	1990	1991	1992	1993
0	2,31	2,54	2,86	2,57	4,12
8	3,49	3,81	3,69	3,20	5,20
16	4,98	5,28	4,64	4,37	6,44
24	6,80	6,53	6,09	5,87	7,63
32	8,57	8,11	7,05	6,67	9,17
40	9,80	9,48	8,64	8,25	10,63

Στην εικόνα 1.7 παρουσιάζεται η κατανομή του  $\text{NO}_3\text{-N}$  και του  $\text{NH}_4\text{-N}$  σε βάθος 0-90cm στο έδαφος του πειραματικού αζωτούχου λίπανσης του καλαμποκιού σε σχέση με τα επίπεδα του αζώτου που εφαρμόστηκαν στο έδαφος κατά το 1992 (Μήτσιος και συνεργάτες, 1996).



**Εικόνα 1.7** Κατανομή του  $\text{NO}_3\text{-N}$  και του  $\text{NH}_4\text{-N}$  σε βάθος 0-90cm στο έδαφος του πειραματικού αζωτούχου λίπανσης του καλαμποκιού σε σχέση με τα επίπεδα του N που εφαρμόστηκε στο έδαφος κατά το 1992 (Μήτσιος και συνεργάτες, 1996).

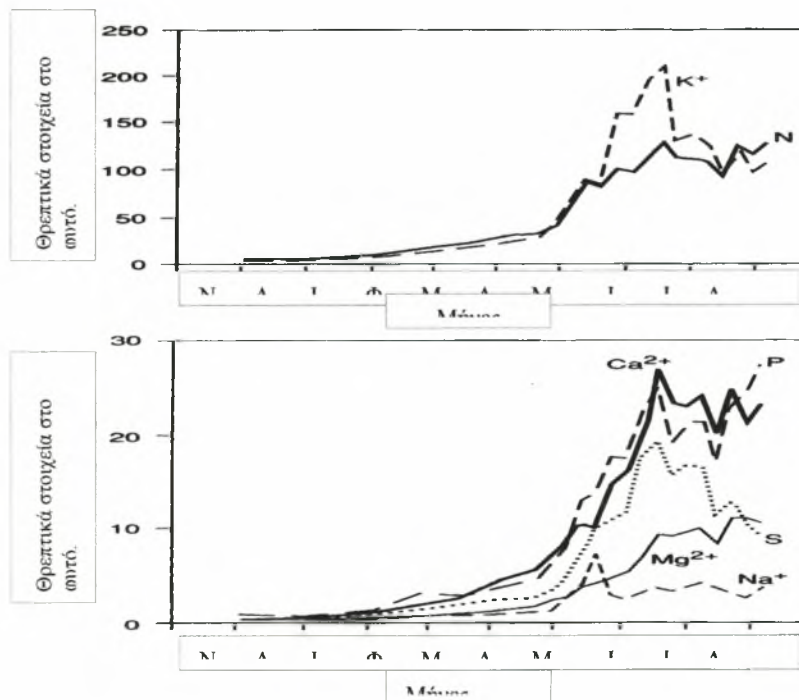


## 1.7 Οι απαιτήσεις των φυτών σε άζωτο

Το ετήσιο ισοζύγιο του αζώτου είναι η βάση για τον καθορισμό της λιπαντικής πολιτικής για να καλυφθούν οι ανάγκες των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία. Το είδος των φυτών και ο γενότυπος αυτών, οι εδαφικές και κλιματικές συνθήκες καθορίζουν την απόδοση και επομένως τις ανάγκες των φυτών σε άζωτο. Οι ποσότητες του αζώτου που απομακρύνονται από τα φυτά κυμαίνονται μεταξύ 10 και 25kg Nστρ<sup>-1</sup> χρόνο.

Οι ποσότητες αυτές προέρχονται από διάφορες πηγές. Επειδή όμως η ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου συμβαίνει και κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη η συνεισφορά σε άζωτο κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Στην εικόνα 1.8 παρουσιάζεται η πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από καλλιέργεια χειμερινού σιταριού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου από το Νοέμβριο που έγινε η σπορά μέχρι τον Αύγουστο που έγινε η συγκομιδή.

Από τη μελέτη της παρακάτω εικόνας 1.8 διαπιστώνεται ότι οι ανάγκες των σιτηρών κατά το φθινόπωρο είναι μικρές. Η πρόσληψη του N αυξάνεται με βραδείς ρυθμούς την άνοιξη το δε Μάιο και Ιούνιο οι ανάγκες των φυτών εξαιτίας της ταχύτατης ανάπτυξης είναι κατά μέσο όρο 1,6kg N ha<sup>-1</sup> ημέρα<sup>-1</sup> κατά τη διάρκεια δε του καλοκαιριού οι ημερήσιες ανάγκες σε N είναι περίπου 6kg N ha<sup>-1</sup> ημέρα. Στα σιτηρά συμπεριλαμβανομένων και των ριζών η ποσότητα του N που περιέχεται σ' αυτά είναι περίπου 120kg N ha<sup>-1</sup>.



Εικόνα 1.8 Πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από το σιτάρι καλλιεργημένο σε αμμοπηλώδες έδαφος που λιπάνθηκε ικανοποιητικά (Gregory et.al., 1979)

Στην περιοχή της Ελασσόνας του νομού Λάρισας,, στην οποία έγινε η παρούσα μελέτη , οι κύριες καλλιέργειες είναι ο καπνός, ο αραβόσιτος, η μηδική και τα αμπέλια. Εκτός από τη μηδική οι υπόλοιπες καλλιέργειες είναι απαιτητικές σε άζωτο. Έτσι με την λιπαντική αγωγή που ακολουθεί ο κάθε γεωργός προσπαθεί να καλύψει τις ανάγκες των καλλιεργειών σε άζωτο, ώστε να μην εμφανιστούν συμπτώματα τροφολοπιών αζώτου και να έχει τη μέγιστη δυνατή παραγωγή. Πολλές φορές όμως η λιπαντική πολιτική δεν είναι η βέλτιστη με αποτέλεσμα να προστίθενται στο έδαφος υπερβολικές ποσότητες αζώτου, οι οποίες δεν προσλαμβάνονται από τα φυτά. Σαν αποτελέσματα αυτού του γεγονότος είναι η νιτρορύπανση των εδαφών και των υδάτινων πόρων.

### ***Κανόνες ορθής Γεωργικής Πρακτικής.***

Για την αντιμετώπιση της νιτρορύπανσης των υδάτινων πόρων η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε την οδηγία 91/676 (ΕΟΚ) περί 'προστασίας των υδάτων από ρύπανση που προκαλείται από νιτρικά γεωργικής προέλευσης'. Η οδηγία αυτή προβλέπει την εφαρμογή ενός Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Code of Good Agricultural Practice).

Ο Κώδικας αυτός περιλαμβάνει κανόνες στα εξής σημεία:

- Εποχές κατά τις οποίες πρέπει να αποφεύγεται η προσθήκη λιπασμάτων στους αγρούς.
- Προϋποθέσεις προσθήκης λιπασμάτων σε αγρούς κορεσμένους με ύδωρ, ή παγωμένους ή καλυμμένους με χιόνι.
- Προϋποθέσεις για την εφαρμογή λιπασμάτων σε αγρούς που γειτνιάζουν με υδάτινους αποδέκτες, όπως ποτάμια και λίμνες.
- Μεθοδολογία εφαρμογής στον αγρό, τόσο των ανόργανων λιπασμάτων όσο και της ζωικής κόπρου και να λαμβάνεται μέριμνα για τον κανονικό ρυθμό και ομοιομορφία διασποράς, με σκοπό τον περιορισμό της έκλυσης νιτρικών σε αποδεκτά επίπεδα.
- Τα ζωικά απόβλητα να τοποθετούνται σε στεγανές δεξαμενές, ώστε να αποφεύγεται η διαρροή τους στον υπεδάφιο υδροφόρο ορίζοντα.

*Επίσης συμπληρωματικά να λαμβάνονται υπόψη και κανόνες επί των εξής θεμάτων:*

Συστήματα ορθής καλλιεργητικής διαχείρισης, σχετικά με τον τύπο αμειψισποράς και την κατανομή των ποσοστών μονίμων φυτειών και ετήσιων καλλιεργειών.

Πρόβλεψη για ενδιάμεσες καλλιέργειες (intercropping), ώστε στη διάρκεια της βροχερής περιόδου το έδαφος να μην παραμένει γυμνό, αλλά να διατηρείται μια φυτοκάλυψη για να απορροφάται το διαθέσιμο νιτρικό άζωτο.

Στις αρδευόμενες καλλιέργειες να λαμβάνονται μέτρα για την πρόληψη της επιφανειακής διαρροής και για την αποφυγή καθοδικής μετακίνησης του αρδευτικού μετώπου κάτωθεν του ριζοστρώματος.

Οι παραπάνω γενικοί κανόνες εξειδικεύονται σε κάθε κράτος-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες κλίματος, εδαφών, καλλιεργειών και χρησιμοποιούμενων τύπων λιπασμάτων, ανόργανων και οργανικών.

## **1.8 Ο προσδιορισμός του ανόργανου αζώτου στα εδάφη.**

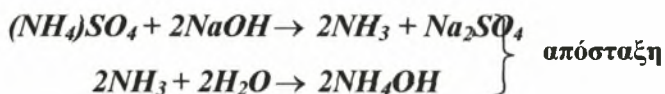
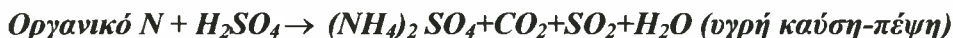
Τα δείγματα εδάφους από τον αγρό εκχυλίζονται πολύ γρήγορα ή διατηρούνται στο ψυγείο σε χαμηλή θερμοκρασία χωρίς να αεροξηρανθούν ή ψυχθούν. Για την εκχύλιση χρησιμοποιείται το διάλυμα του χλωριούχου καλίου το οποίο απομακρύνει από το έδαφος τα νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα. Η μέθοδος που περιγράφεται στη συνέχεια χρησιμοποιεί διάλυμα 2M KCl αλλά και διάλυμα 1M KCl μπορεί να χρησιμοποιηθεί γιατί έχει χαμηλότερο κόστος και είναι επαρκές.

### **1.8.1 Προσδιορισμός του ολικού αζώτου στο έδαφος με τη μέθοδο Kjeldahl.**

#### ***Αρχή της μεθόδου***

Η μέθοδος προσδιορισμού του ολικού αζώτου (%) βασίζεται στη διαδικασία της υγρής καύσης-πέψης (Kjeldahl) του αζώτου του εδάφους (ή των φυτικών ιστών των σπόρων, των τροφίμων) και τη μετατροπή του σε αμμώνιο ( $\text{NH}_4^+$ ) με την κατεργασία πυκνού  $\text{H}_2\text{SO}_4$  σε υψηλές θερμοκρασίες (digestion). Η παραγόμενη  $\text{NH}_3$  με απόσταξη (steam distillation) μετά τη δέσμευση της με βορικό οξύ προσδιορίζεται με τιτλοδότηση HCl.

Τα στάδια υγρής καύσης-απόσταξης, ρόης-τιτλοδότησης παρουσιάζονται με τις ακόλουθες χημικές αντιδράσεις:



### **Λειτουργία της συσκευής Kjeldahl**

Η συσκευή Kjeldahl αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- Τη μονάδα απόσταξης (Distilling Unit)
- Το σύστημα υγρής καύσης-πέψης
- Τη συσκευή τιτλοδότησης με 0,1 M HCl.

### **1.8.2 Προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων στο έδαφος με τη μέθοδο Kjeldahl.**

#### **Διατήρηση των δειγμάτων εδάφους και προετοιμασία αυτών.**

Τα υγρά δείγματα εδάφους εκχυλίζονται αμέσως μετά την δειγματοληψία (εντός ολίγων ωρών). Τα υγρά δείγματα εδάφους είναι δυνατόν να διατηρηθούν στο ψυγείο σε θερμοκρασία +2°C με σκοπό τον περιορισμό της ανοργανοποίησης του οργανικού αζώτου. Το έδαφος θρυμματίζεται ελαφρά οι δε πέτρες απομακρύνονται. Λαμβάνεται ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα μάζας 40g. Σε 10g δείγματος προσδιορίζεται η υγρασία του εδάφους και τα αποτελέσματα εμφανίζονται ως g H<sub>2</sub>O σε 100g ξηρού εδάφους.

## Περίληψη της μεθόδου.

Υγρό έδαφος (; mgN kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους)



40g + 200mL 2M KCl

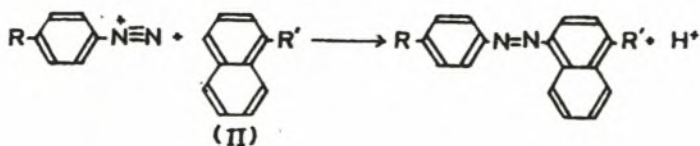
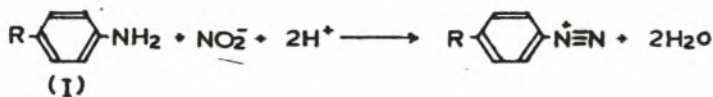


50mL διήθημα αποστάζεται και τιτλοδοτείται με διάλυμα 0,01M HCl

### 1.8.3 Προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων του εδάφους με τη μέθοδο καδμίου.

#### Αρχή της μεθόδου.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, τα νιτρικά ιόντα (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) του εδαφικού δείγματος ανάγονται σε NO<sub>2</sub><sup>-</sup> μετά τη διέλευσή τους από στήλη επιχαλκωμένου καδμίου παρουσία NH<sub>4</sub>Cl και pH μεταξύ 5 και 10. Στη συνέχεια τα NO<sub>3</sub> προσδιορίζονται χρωματομετρικά, μετρώντας την ένταση του αζω-χρωμοφόρου (azo-chromophore), η οποία είναι ανάλογος της ποσότητας των NO<sub>3</sub> στο έδαφος και η οποία προέκυψε από την προσθήκη σουλφανιλαμίνης και N-1-ναφθύλαιθυλενοδιαμίνης (N-(1-naphthyl 1)-ethylenediamine) στα NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.



Όπου α: αντίδραση διαγωνικού - (I) η σουλφανιλαμίνη (R=-SO)<sub>2</sub>:αντίδραση coupling-(II)  
(N-(1-naphthyl)-ethylenediamine) (R=-NHCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>)

#### 1.8.4 Προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων με ιοντική χρωματογραφία.

##### *Χρωματογραφικοί μέθοδοι διαχωρισμού.*

Ο όρος χρωματογραφία αναφέρθηκε αρχικά για το διαχωρισμό των τριών χρωμάτων της χλωροφύλλης. Είναι ένας γενικός ορισμός για ένα ευρύ φάσμα φυσικοχημικών διαχωρισμών. Ο διαχωρισμός των συστατικών ενός μίγματος με χρωματογραφικές μεθόδους είναι αποτέλεσμα της σχετικής κίνησης δύο φάσεων, μιας στατικής και μιας κινούμενης σε σχέση με τη στατική. Τα συστατικά που πρόκειται να διαχωριστούν κινούνται κατά μήκος της στατικής φάσης με τη βοήθεια της κινούμενης με διαφορετικές ταχύτητες. Την ταχύτητα με την οποία κινείται κάθε συστατικό την καθορίζει ο συντελεστής κατανομής  $K$  ο οποίος δίνεται από τη σχέση  $K=C_s / C_m$  όπου  $C_s$ ,  $C_m$  η συγκέντρωση του συστατικού στη στατική και κινούμενη φάση αντίστοιχα.

Η κατανομή των συστατικών στις δύο φάσεις οφείλεται σε φυσικοχημικές ιδιότητες όπως η διαλυτότητα, η πτητικότητα, η προσρόφηση, η ιοντοανταλλαγή, το μέγεθος και το σχήμα των μορίων, οπότε προκύπτουν ανάλογα και τα διάφορα είδη χρωματογραφίας όπως:

- Χρωματογραφία κατανομής
- Χρωματογραφία προσρόφησης
- Χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής
- Χρωματογραφία μοριακών ηθμών.

Η στατική φάση μπορεί να είναι στερεή ή υγρή και να έχει μορφή στήλης, φύλλου διηθητικού ηθμού ή πλάκας επιστρωμένης με κατάλληλο υλικό. Η κινούμενη φάση μπορεί να είναι υγρή ή αέρια οπότε προκύπτει η υγρή ή η αέρια χρωματογραφία αντίστοιχα.

Οι συνδυασμοί ιδιοτήτων και φάσεων οδηγούν στις διάφορες χρωματογραφικές μεθόδους διαχωρισμού όπως φαίνεται παρακάτω.

## ***Χρωματογραφία***

- Προσρόφησης, στερεή στατική φάση
- Κατανομής, υγρή στατική φάση
- Ιοντοανταλλαγής
- Μοριακών ηθμών

### Χρωματογραφία προσρόφησης

Στη χρωματογραφία προσρόφησης η κινούμενη φάση μπορεί να είναι αέρια ή υγρή. Όταν η κινούμενη φάση είναι αέρια τότε ονομάζεται χρωματογραφία αερίου– στερεού. Στην υγρή κινούμενη φάση υπάρχουν δύο τύποι, χρωματογραφία στήλης (HPLC) και χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (TLC).

### Χρωματογραφία κατανομής

Σ' αυτόν τον τύπο η κινούμενη φάση μπορεί να είναι αέρια ή υγρή. Στην πρώτη περίπτωση ονομάζεται χρωματογραφία αερίου – υγρού και στη δεύτερη χρωματογραφία στήλης, χάρτου.

### Χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής

Δύο τύποι υπάρχουν σ' αυτήν την κατηγορία η χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής σε στήλη και η χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής σε λεπτή στοιβάδα.

### ***Ανάπτυξη χρωματογραφήματος με τη χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής.***

Η ιοντική χρωματογραφία χρησιμοποιήθηκε το 1975 και σε μικρό διάστημα εξελίχθηκε σε μια ανεξάρτητη αναλυτική τεχνική που σήμερα περικλείει όλες τις HPLC μεθόδους για τον προσδιορισμό ανόργανων και οργανικών ιόντων.

Ο διαχωρισμός των συστατικών του μίγματος που τοποθετείται στη μια άκρη της στατικής φάσης επιτυγχάνεται όπως προαναφέρθηκε με την επίδραση της κινούμενης φάσης και η όλη διεργασία αποτελεί την ανάπτυξη του χρωματογραφήματος. Καθένα από τα συστατικά που διαχωρίζεται είναι διασκορπισμένο μεταξύ στάσιμης και κινητής φάσης. Η ταξινόμηση των

διαφόρων τύπων της χρωματογραφίας εξαρτάται από την κατάσταση του συνόλου των δύο παραπάνω φάσεων.

Η χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής βασίζεται στο γεγονός ότι η εκλεκτικότητα ενός ιοντοανταλλάκτη δεν είναι ίδια για όλα τα ιόντα με αποτέλεσμα αυτά να κινούνται μέσα στην ιοντοανταλλακτική στήλη με διαφορετική ταχύτητα, ανάλογα με τους συντελεστές εκλεκτικότητας. Οι συντελεστές εκλεκτικότητας εκφράζουν την εκλεκτικότητα ενός ιοντοανταλλάκτη για ένα κατιόν σε σχέση με τα υδρογονοκατιόντα ή για ένα ανιόν σε σχέση με τα υδροξυλιόντα. Η εκλεκτικότητα για τα διάφορα ιόντα εκφράζεται και από το μοριακό συντελεστή κατανομής που ορίζεται από τη σχέση :  $K_d = M_r / M$  όπου  $M_r$  και  $M$  η ποσότητα του ιόντος για κάθε γραμμάριο ρητίνης και για κάθε mL διαλύματος αντίστοιχα.

Ο διαχωρισμός των ιόντων επιτυγχάνεται ως εξής: Στην κορυφή της στήλης τοποθετείται το μίγμα των ιόντων και στη συνέχεια γίνεται η ανάπτυξη του χρωματογραφήματος με διαβίβαση του υγρού ανάπτυξης, της υγρής φάσης. Όταν η ανάπτυξη γίνεται με έκλουση το εκλουστικό διάλυμα μετακινεί τα ιόντα προς τα κάτω, καθώς διέρχεται από τη στήλη δηλαδή από τη στερεά φάση. Η ταχύτητα έκλουσης είναι αντιστρόφως ανάλογη με το συντελεστή κατανομής του κάθε ιόντος. Όταν η ανάπτυξη γίνεται με αντικατάσταση τότε στο διάλυμα ανάπτυξης περιέχεται ένα τουλάχιστον ιόν με συντελεστή κατανομής μεγαλύτερο από τους συντελεστές κατανομής των ιόντων που διαχωρίζονται. Έτσι τα ιόντα καθώς εκτοπίζονται από τον ιοντοανταλλάκτη μετακινούνται προς τα κάτω με ταχύτητα αντιστρόφως ανάλογη με το συντελεστή κατανομής τους.

Πολλοί φυσικοί άργιλοι μπορούν να δράσουν σαν ιοντοανταλλάκτες, επειδή είναι αδιάλυτα πολυμερή υλικά με χαλαρή δομή και με πολλά μεταλλικά ιόντα, που μπορούν να αντικατασταθούν από άλλα. Μεταξύ αυτών των αργιλικών υλικών και του νερού που διέρχεται μέσα από αυτά γίνεται μια συνεχής ανταλλαγή ιόντων. Η λεπτομερής πορεία της ανταλλαγής τροποποιείται και περιπλέκεται από το pH και από διάφορες άλλες φυσικές παραμέτρους. Αυτά τα υλικά έχουν ποικίλες και απρόβλεπτες ιδιότητες και μόνο με την εισαγωγή συνθετικών ιοντοανταλλακτών επιτεύχθηκε μια νέα τεχνική.



## ***Προσδιορισμός των Νιτρικών Ιόντων με τη μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας.***

Ακολουθείται η παρασκευή εδαφικού πολτού. Καταβάλλεται προσπάθεια το εδαφικό δείγμα να βρεθεί στη κατάσταση υδατοκορεσμού, ώστε να προσεγγίσει όσο το δυνατό περισσότερο τις συνθήκες του αγρού. Αφού λοιπόν παρασκευασθεί η πάστα αφήνεται, για 4-24 ώρες σε κορεσμένο με υγρασία περιβάλλον. Κατόπιν παίρνεται το εκχύλισμα είτε με τη βοήθεια της φυγοκέντρου είτε με αντλία κενού. Το εκχύλισμα αυτό μπορεί να υποστεί αναλύσεις για τον προσδιορισμό διαφόρων στοιχείων.

Ειδικότερα για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό, από πολλά εργαστήρια σόλο τον κόσμο. Πρωτοαναφέρθηκε ως μέθοδος εκχύλισης των νιτρικών και άλλων στοιχείων από τους Bower and Wilcox, (1965). Η αξιοπιστία της μεθόδου στηρίζεται στη μεγάλη διαλυτότητα στο ύδωρ των νιτρικών ιόντων.

Εκχύλισμα για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων επίσης λαμβάνεται αναμιγνύοντας έδαφος και ύδωρ σε αναλογίες 1:1 και 1:5, (Methods of Soil Analysis, 1994).

Κατόπιν αφού το εκχύλισμα διηθηθεί με μεγάλη προσοχή μέχρι διαυγάσεως του, μεταφέρεται στον ιοντικό χρωματογράφο για ανάλυση.

Ο προσδιορισμός γίνεται με τη χρησιμοποίηση της στήλης προσδιορισμού των ανιόντων τύπου IC Anion Column Metrosep Anion Dual 2, 6.1006.100. Η στήλη περιέχει και προστήλη για τη συγκράτηση στερεών, τύπου PRP-1. Η στήλη αποτελείται από πολυμεθακρυλικό άλας με τεταρτοταγείς αμμωνιακές βάσεις.

Ο προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων γίνεται με ροή εκλουστικού διαλύματος  $0,8 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$  και με τιμή πίεσης 37-40 bar. Πολλοί ερευνητές προτείνουν μεγαλύτερες ροές για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων. Από μετρήσεις που έγιναν στο εργαστήριο εδαφολογίας από τον υποψήφιο Διδάκτορα Φ. Γάτσιο βρέθηκε ότι η καλύτερη τιμή είναι 0,8 για εδάφη και 0,8-1 για διάφορα δείγματα νερού κυρίως, που είναι λιγότερο επιβαρημένα. Αυτό συμβαίνει γιατί το συγκεκριμένο όργανο χρειάζεται λίγο περισσότερο χρονικό διάστημα για να ανιχνεύσει και να προσδιορίσει με ακρίβεια τις συγκεντρώσεις χωρίς να απωλεσθεί κάποια ποσότητα δείγματος.

Για να αποφευχθούν τα λάθη και η καταστροφή της στήλης κατά τη διάρκεια της μέτρησης πρέπει το εκχύλισμα του εδάφους να φιλτράρεται από φίλτρα διαμέτρου  $0,45 \mu\text{m}$ .

Το εκλουστικό διάλυμα που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων είναι ως εξής:

*1,3 mmol.L<sup>-1</sup> ανθρακικού νατρίου, υψηλής καθαρότητας + 2 mmol.L<sup>-1</sup> όξινου ανθρακικού νατρίου.*

Ο χρόνος απόδοσης των νιτρικών ιόντων στο χρωματογράφημα είναι τα 10,5 λεπτά από τη στιγμή της εισόδου του δείγματος. Ανάλογα με τον αριθμό και το είδος των δειγμάτων που αναλύονται ο χρόνος αυτός μεγαλώνει κατά 1-1,5 λεπτά της ώρας.

Η μέτρηση αυτή γίνεται με χημική καταστολή (μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκλουστικού διαλύματος) δηλαδή με τη χρησιμοποίηση αραιού διαλύματος θειικού οξέος, έτσι ώστε μετά από αυτή τη διαδικασία το εκλουστικό διάλυμα να έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα 14μS.cm<sup>-1</sup>.

Ένα άλλο εκχυλιστικό διάλυμα είναι αυτό του KCl, (Bremner, 1965). Σ' αυτό το εκχύλισμα μπορεί να γίνει προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων με τη χρησιμοποίηση του ιοντικού χρωματογράφου. Το πρόβλημα που πρέπει να ξεπεραστεί είναι η μείωση της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου. Επειδή τα ιόντα χλωρίου βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις παρεμποδίζουν την ανάπτυξη της κορυφής των νιτρικών ιόντων, εμφανίζεται δηλαδή κορυφή με μεγάλο επίπεδο και καλύπτει (κρύβει) την κορυφή των νιτρικών ιόντων, το φαινόμενο είναι γνωστό ως "ταράτσωμα". Για να αποφευχθεί αυτό το φαινόμενο χρησιμοποιούνται φίλτρα κατακράτησης των ιόντων χλωρίου, ή γίνονται αραιώσεις των δειγμάτων με υπερκάθαρο ύδωρ.

Χρησιμοποιείται η μέθοδος εκχύλισης του υδατοκορεσμένου εδάφους (πολτού) διότι η μέθοδος αυτή είναι λιγότερο χρονοβόρος και μικρότερου κόστους. Επίσης δε δημιουργούνται ιδιαίτερα προβλήματα κατά τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων με το όργανο της ιοντικής χρωματογραφίας.

### **1.9 Εκτίμηση της διαθεσιμότητας του αζώτου του εδάφους.**

Οι κυριότεροι στόχοι της διαχείρισης του αζώτου του εδάφους είναι:

- Δημιουργία και διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους με τη συντήρηση ενός ικανοποιητικού δυναμικού αζωτούχου γονιμότητας και
- Τα φυτά να εφοδιάζονται με άζωτο σε όλες τις εποχικές απαιτήσεις των φυτών.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της γεωργικής παραγωγής είναι η εκτίμηση της διαθεσιμότητας του αζώτου του εδάφους σε σχέση με τις ειδικές απαιτήσεις κάθε καλλιέργειας και τους παραγωγικούς στόχους κάθε γεωργικής εκμετάλλευσης.

Η προσέγγιση του προβλήματος γίνεται με δύο τρόπους. Πρώτον με τη μεθοδολογία στηριζόμενη στην αρχή του ισοζυγίου εισροών–εκροών αζώτου. Η δεύτερη μεθοδολογία βασίζεται στην άμεση εκτίμηση ενός δείκτη διαθεσιμότητας του αζώτου του εδάφους που να προβλέπει:

- Το επίπεδο επάρκειας σχετικά με τις ανάγκες των καλλιεργειών
- Την παραγωγή και την ποιοτική αντίδραση στην προσθήκη αζωτούχου λιπάσματος.

Ένας δείκτης διαθεσιμότητας αζώτου θεωρείται ότι εκφράζει το δυναμικό τροφοδοσίας ενός εδάφους σε άζωτο (Nitrogen supplying power) δηλαδή την ικανότητα του εδάφους να ανοργανοποιεί άζωτο και να το καθιστά διαθέσιμο για πρόσληψη από τα φυτά. Το υπολειμματικό ανόργανο άζωτο ( $N_{min}$ ) με την παρουσία του επηρεάζει το δείκτη διαθεσιμότητας του αζώτου. Η παρουσία του υπολειμματικού αζώτου οφείλεται τόσο στο πλεόνασμα ανοργανοποίησης όσο και σε πλεονασματικές αζωτούχες λιπάνσεις.

Υπάρχουν βάσιμες ενδείξεις ότι ο οργανικός C και το ολικό N παρέχουν πληροφορίες ως προς το δυναμικό τροφοδοσίας N ενός εδάφους οι οποίες όμως δεν μπορούν να μετατραπούν σε συστάσεις λίπανσης χωρίς συμπληρωματικά δεδομένα.

Αυτό γιατί ο ρυθμός ανοργανοποίησης είναι μεν συνάρτηση του οργανικού C και του ολικού N, καθώς και στη μεταξύ τους σχέση, αλλά εξαρτάται από την προέλευση της οργανικής ουσίας και από τη θερμοκρασία και υγρασία. Η ανοργανοποίηση ποικίλλει μεταξύ των καλλιεργητικών περιόδων και η πρόβλεψή της είναι δύσκολη. Από ερευνητικές εργασίες του Analogides (1983) και Αναλογίδη (1991) διαπιστώθηκε ότι επίδραση στην διαθεσιμότητα του N ασκούν ο οργανικός C, το ολικό N αλλά και η σχέση C/N. Συγκεκριμένα:

Η αύξηση του οργανικού C από 0,6% σε 1,4% με σταθερή την περιεκτικότητα του ολικού N του εδάφους από 1%, οδηγεί σε περιορισμό του δυναμικού τροφοδοσίας κατά 75% και σε αντίστοιχη αύξηση των αναγκών αζωτούχου λίπανσης.

Η αύξηση του ολικού N από 0,06% σε 0,14%, με σταθερή περιεκτικότητα οργανικού C στο 1%, έχει ως συνέπεια την ενίσχυση του δυναμικού τροφοδοσίας κατά 40% περίπου με αντίστοιχο περιορισμό των αναγκών αζωτούχου λίπανσης.

### *Ανόργανες μορφές αζώτου.*

Τα τελευταία χρόνια η προσοχή των ερευνητών επικεντρώνεται προς το υπολειμματικό ανόργανο κλάσμα του N στο βάθος του ριζοστρώματος το οποίο οι ερευνητές αποκάλεσαν  $N_{min}$ . Ουσιαστικά, πρόκειται για το κλάσμα  $NO_3-N$  γιατί η συγκέντρωση του  $NH_4^+ - N$  είναι συνήθως μικρή με εξαίρεση τα πολύ όξινα εδάφη. Υπάρχουν ερευνητικές εργασίες που αποδεικνύουν ότι υπό ορισμένες προϋποθέσεις, ο προσδιορισμός του  $NO_3-N$  στο βάθος του ριζοστρώματος κατά την έναρξη της καλλιεργητικής περιόδου παρέχει ικανοποιητική εκτίμηση των απαιτήσεων αζωτούχου λίπανσης πολλών καλλιεργειών.

### *Μειονεκτήματα των υφισταμένων μεθόδων για την εκτίμηση διαθεσιμότητας του εδαφικού αζώτου.*

Τα τελευταία χρόνια έγιναν σημαντικές προόδους στην εδαφοανάλυση ως εφαρμοσμένη μεθοδολογία εκτίμησης των αναγκών αζωτούχου λίπανσης των καλλιεργειών. Όμως οι μέθοδοι αυτές παρουσιάζουν μειονεκτήματα, συγκριτικά, περισσότερο από ότι η εδαφοανάλυση για το φώσφορο και το κάλιο.

Αναφέρθηκε ότι η διαθεσιμότητα του εδαφικού αζώτου αποτελεί συνισταμένη των δύο κλασμάτων, υπολειμματικού ανόργανου, N ( $N_{min}$ ) και ανοργανοποιήσιμου N. Τα μειονεκτήματα των υφισταμένων μεθόδων είναι:

- Η δυσχέρεια λήψεως ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος εδάφους, λόγω της μεγάλης χωροταξικής παραλλακτικότητας που συνήθως παρουσιάζει η κατανομή του  $NO_3-N$  στο στρώμα του εδάφους που καλλιεργείται.
- Δεν ικανοποιούνται εύκολα στην πράξη ιδίως όταν πρόκειται για πρώιμες εαρινές καλλιέργειες, οι χρονικές απαιτήσεις της δειγματοληψίας εδάφους (πλησιέστερα προς την ημερομηνία σποράς) και της άμεσης κατά το δυνατόν εκτέλεσης του αναλυτικού προσδιορισμού.
- Η εγκυρότητα εκτίμησης του ανοργανοποιήσιμου N. Οι περισσότερες μέθοδοι έχουν εμπειρικό χαρακτήρα και ισχύουν μόνο σε μικρό εύρος συνθηκών.

Οι εργαστηριακές συνθήκες επώασης του εδάφους δεν είναι ίδιες με τις φυσικές συνθήκες ανοργανοποίησης του αζώτου στον αγρό. Τούτο γιατί, τόσο ο ρυθμός ανοργανοποίησης, όσο και η συνολική ποσότητα του ανόργανου αζώτου που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου δεν είναι μόνο συνάρτηση του ποσοστού και της φύσεως της οργανικής ουσίας αλλά και από τις κλιματικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του έτους κυρίως της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Η ακριβής εξέλιξη της θερμοκρασίας και της υγρασίας δεν είναι προβλέψιμη για να είναι δυνατή η ακριβής εργαστηριακή τους προσομοίωση.

Ο προσδιορισμός του ανοργανοποιήσιμου N *in situ* στον αγρό παρέχει ασφαλέστερη εκτίμηση των λιπαντικών αναγκών, αλλά οι τεχνικές προϋποθέσεις του προσδιορισμού αυτού περιορίζουν την εφαρμογή του μόνο σε πειραματικούς αγρούς.

Μια πρακτική μεθοδολογία που αποδίδει θετικά αποτελέσματα και εφαρμόζεται σε μεγάλη κλίμακα σε ετήσιες καλλιέργειες όπως τα σιτηρά, βασίζεται στον συνδυασμό της ανάλυσης του εδάφους και της φυλλοδιαγνωστικής. Αρχικά με τον προσδιορισμό και ερμηνεία του  $N_{min}$  γίνεται η εκτίμηση των αναγκών βασικής αζωτούχου λίπανσης προ της σποράς.

### 1.10 Δειγματοληψία εδάφους στον αγρό

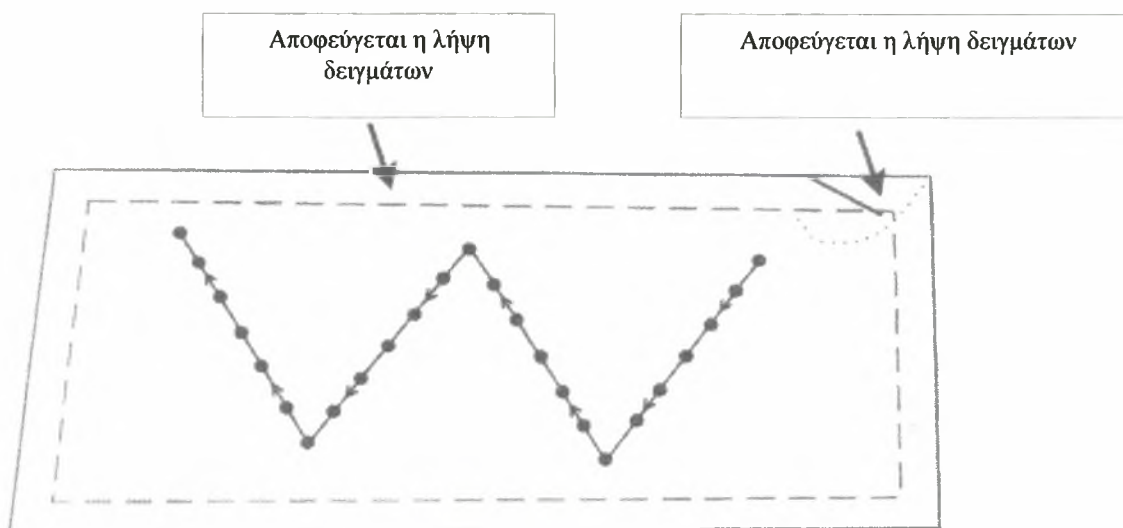
Βασικός σκοπός της δειγματοληψίας του εδάφους είναι η συγκέντρωση των απαραίτητων πληροφοριών για τη μελέτη της γονιμότητας του εδάφους και ειδικότερα για τη συγκέντρωση όλων εκείνων των επιστημονικών πληροφοριών που αφορούν τη μελέτη των προβλημάτων θρέψης των φυτών, της λίπανσης των καλλιεργειών, τη διερεύνηση των χημικών, φυσικών και βιολογικών παραμέτρων του εδάφους που θα αξιοποιηθούν για να στηριχθεί η ακολουθητέα λιπαντική αγωγή, καθώς και τη πολιτική που είναι απαραίτητη να εφαρμοσθεί προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα ρύπανσης των εδαφών από νιτρικά ιόντα και βαρέα μέταλλα (Cd, Pb, Se).

Τα δείγματα του εδάφους λαμβάνονται με ειδικούς δειγματολήπτες που διαφέρουν στο μέγεθος και στη σχεδιάσή τους. Οι δειγματολήπτες περιστρέφονται και πιέζονται για να εισέλθουν στο έδαφος και στη συνέχεια λαμβάνονται δείγματα εδάφους από το επιθυμητό βάθος π.χ. 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm ή 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm ανάλογα με τους σκοπούς της δειγματοληψίας (βαθύρριζα, επιπολαιόρριζα φυτά, δενδρώδεις καλλιέργειες).

Τα δείγματα εδάφους αναπόφευκτα διαταράσσονται σε διάφορο βαθμό οπότε οι παρατηρήσεις που γίνονται σ' αυτά όπως το χρώμα, η κοκκομετρική σύσταση οι πέτρες, οι ρίζες από τα φυτά το βάθος της εδαφικής κατατομής, καταγράφονται για το χαρακτηρισμό του εδάφους. Η δομή του εδάφους στις περιπτώσεις αυτές είναι αδύνατον να χαρακτηριστεί εκτός αν τα δείγματα του εδάφους είναι αδιατάρακτα.

Πριν από τη δειγματοληψία η επιφάνεια του εδάφους καθαρίζεται από τα χόρτα, τις πέτρες και από τα φυτά. Για να αποφευχθούν επιμολύνσεις από τις συνεχείς κατακόρυφες δειγματοληψίες πρέπει να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για τον καθαρισμό του κάδου του δειγματολήπτη από το έδαφος και στη συνέχεια ο δειγματολήπτης να εισέρχεται στο όρυγμα (τομή) που ανοίχτηκε για να ληφθεί δείγμα εδάφους από μεγαλύτερο βάθος.

Προκειμένου να ληφθούν αντιπροσωπευτικά δείγματα από έναν αγρό κρίνεται απαραίτητο να ληφθούν δείγματα ακολουθώντας διαδρομή σχήματος W (εικόνα 1.9).



Εικόνα 1.9 Λήψη δειγμάτων εδάφους στον αγρό.

Κατά τη δειγματοληψία πρέπει να αποφεύγεται η λήψη δειγμάτων εδάφους από θέσεις ή σημεία του εδάφους που οι ιδιότητες του εδάφους διαφέρουν από τις ιδιότητες του εδάφους του αγρού. Δε λαμβάνονται δείγματα από θέσεις που βρίσκονται πλησίον των εισόδων των γωνιών που δημιουργούν οι γεωργικοί ελκυστήρες κατά την άροση, από θέσεις πλησίον οδών, στραγγιστικών τάφρων ή αρδευτικών αυλακιών. Αν σε κάποια σημεία προστέθηκαν μεγάλες ποσότητες ασβέστης ή μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων, δε λαμβάνονται δείγματα εδάφους.

Ο αριθμός των δειγμάτων αποτελεί βασικό παράγοντα μείωσης της ανομοιομορφίας του εδάφους και βελτίωση της ακριβείας των αποτελεσμάτων. Ο αριθμός των δειγμάτων εξαρτάται από την ομοιομορφία εδαφικής μάζας (βάθος, ανάγλυφο και φυσικά χαρακτηριστικά).

Εξαιτίας της μεγάλης ανομοιομορφίας του εδάφους δημιουργήθηκε η ανάγκη της ταξινόμησης των εδαφών σε διάφορες χαρτογραφικές μονάδες που η καθεμία χαρτογραφική μονάδα διαφέρει από τις άλλες ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά (μηχανική σύσταση, βάθος, χρώμα, ιδιομορφία του εδάφους,  $\text{CaCO}_3$ , pH κ.λ.π.).

Οι παράγοντες που καθορίζουν τον αριθμό των δειγμάτων που θα ληφθούν από τον αγρό είναι οι εξής:

- Ο βαθμός της ακρίβειας
- Ο βαθμός ομοιομορφίας του εδάφους
- Ο ειδικός σκοπός της ανάλυσης
- Το βάθος της δειγματοληψίας
- Η έκταση της περιοχής από την οποία θα ληφθούν τα δείγματα του εδάφους
- Ο οικονομικός παράγοντας
- Η εργαστηριακή υποδομή

Από την εμπειρία που αποκτήθηκε για έκταση 2-5 στρεμμάτων λαμβάνονται 2-3 μικτά δείγματα εδάφους. Το κάθε επιφανειακό δείγμα προέρχεται από 5 δείγματα ή από ένα μικτό επιφανειακό δείγμα (0-30 cm) και 60-90 cm, δηλαδή 3 δείγματα όταν η δειγματοληψία γίνεται για πρώτη φορά. Η συχνότητα της δειγματοληψίας εξαρτάται από την ομοιομορφία του εδάφους από το είδος της καλλιέργειας ως και το βαθμό της εντατικοποίησης της καλλιέργειας.

Στα κηπευτικά υπό κάλυψη, η δειγματοληψία γίνεται δυο φορές το χρόνο. Στις μεγάλες καλλιέργειες και στις δενδρώδεις καλλιέργειες η δειγματοληψία του εδάφους γίνεται μια φορά το χρόνο. Κατά τη δειγματοληψία του εδάφους θα πρέπει να αποφεύγονται μολύνσεις από διάφορα μέταλλα στις περιπτώσεις που το δείγμα του εδάφους χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό διαφόρων μικροθρεπτικών, όπως π.χ. Zn, Mn, Cu, Mo.

Στις περιπτώσεις αυτές κρίνεται απαραίτητο να αποφεύγεται η χρήση εργαλείων ή δοχείων από γαλβανισμένο μέταλλο ή μαλακό σίδηρο ή μπρούτζο.

Επίσης, τα δείγματα του εδάφους πρέπει να τοποθετούνται σε πλαστικές σακούλες. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχει αποδεκτός τρόπος δειγματοληψίας του εδάφους για να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με την ανομοιογένεια του εδάφους σε μια περιοχή (Webster και Oliver, 1990). Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών επηρεάζονται και από άλλους παράγοντες, όπως:

- Το βάθος της δειγματοληψίας
- Τα σύνθετα δείγματα λαμβάνονται από σημεία ή περιοχές που έχουν ανομοιομορφία
- Η λήψη σύνθετων δειγμάτων από ομοιόμορφες περιοχές αλλά με διαφορετικό ιστορικό ασβέστωσης
- Η διαφορετική περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των διαφόρων δειγμάτων
- Μερικές φορές τα δείγματα του εδάφους περιέχουν μαλακά πετρώματα
- Η λήψη δειγμάτων εδάφους από περιοχές όπου έγινε ανομοιόμορφη εφαρμογή λιπασμάτων ή και υλικών ασβέστωσης.
- Σε συνθήκες ξηρασίας δε διαλύονται στο έδαφος τα λιπάσματα που προστίθενται
- Η προετοιμασία των δειγμάτων ή η κατεργασία αυτών σε μολυσμένο περιβάλλον ή σε ακατάλληλα σκεύη
- Η κακή συσκευασία του δείγματος.

Συχνά γίνονται λάθη στην τοποθέτηση των καρτών στις πλαστικές σακούλες συσκευασίας με αποτέλεσμα να μη γίνεται σωστή περιγραφή των εδαφικών δειγμάτων.

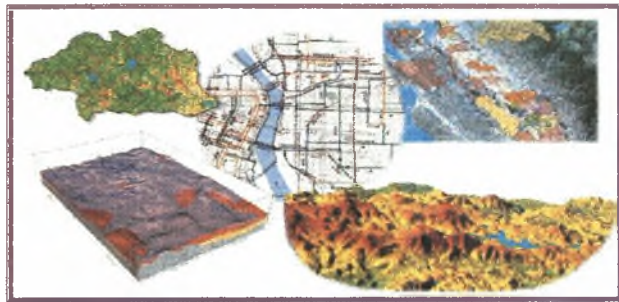


## 1.11 Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (ΓΠΣ)

### Geographical Information Systems (GIS)

#### 1.11.1 Τι είναι τα ΓΠΣ-GIS

Ένα Εδαφικό Πληροφοριακό Σύστημα (Land Information System) (Burrough, 1986, Davidson, 1992) είναι ένα σύστημα εργαλείων –προγραμμάτων, το οποίο επιτρέπει τη συλλογή, αποθήκευση, ενημέρωση, διαχείριση, εκτύπωση και αξιολόγηση γεωγραφικών, εδαφικών ή άλλων δεδομένων.



Εικόνα 1.10 Περιγραφή των Γ. Π. Σ. ([www.esri.com](http://www.esri.com))

Το 1980 εμφανίστηκε η πληροφοριακή τεχνολογία η οποία έδωσε φθηνά ηλεκτρονικά εργαλεία για αποθήκευση, επεξεργασία, ενημέρωση και παρουσίαση των εδαφικών δεδομένων.

Τα στοιχεία ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS) είναι τα εξής:

- Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής (Computer Hardware)
- Τα λειτουργικά συστήματα (Sets of Application Software Modules)
- Σύστημα Οργάνωσης (Proper Organisation Context)

Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για την :

- Εισαγωγή και αποθήκευση πληροφορίας
- Ανάπτυξη σχέσεων μεταξύ των πληροφοριών
- Αλλαγή, διαχείριση και ανταλλαγή χωρικών δεδομένων
- Επεξεργασία, ανάκτηση και παρουσίαση βάσης δεδομένων
- Ανάλυση, συνδυασμό και πρόβλεψη γεωγραφικών πληροφοριών

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούνται από αρκετά πολύπλοκα λογισμικά προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών και αποτελούνται από τα εξής βασικά στοιχεία:

- Ένα σύστημα εισαγωγής πληροφοριών και χωρικών δεδομένων το οποίο εισάγει και καταχωρεί όλες τις χωρικές και μη πληροφορίες, που προέρχονται από ήδη υπάρχοντες χάρτες και άλλες πηγές, αλλά και από τα διάφορα συστήματα Τηλεπισκόπησης, κ. α.
- Ένα σύστημα αποθήκευσης και οργάνωσης βάσης δεδομένων, καθώς και ένα σύστημα επεξεργασίας, ανάλυσης και ανάκτησης δεδομένων, τα οποία επεξεργάζονται, αναλύουν και οργανώνουν τα χωρικά και άλλα δεδομένα σε τέτοια μορφή που δίνεται η δυνατότητα για γρήγορη και λεπτομερή ανανέωση των δεδομένων και επιδιορθώσεις λαθών που έχουν πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της βάσης των δεδομένων.
- Ένα σύστημα αναφοράς και εμφάνισης των δεδομένων το οποίο είναι ικανό να δείχνει μέρος ή ολόκληρη τη βάση δεδομένων καθώς και να διαχειρίζεται τη βάση και τα εξαγόμενα αποτελέσματα από χωρικά μοντέλα και άλλα, σε μορφή χάρτη ή πινάκων. Η δημιουργία των χαρτών αυτών ονομάζεται « ψηφιακή χαρτογραφία».

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν τη δυνατότητα να οργανώσουν και να επεξεργαστούν ψηφιακά χαρτογραφικά δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε βάσεις δεδομένων. Το περιβάλλον απεικονίζεται με ψηφιακά δεδομένα που ορίζουν θέσεις στο χώρο και αποτελούνται από λίστες χαρακτηριστικών. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να μετατραπούν σε γραφικά σύμβολα και να παρουσιαστούν σε χάρτη μαζί με άλλα δεδομένα.



**Εικόνα 1.11** Απεικόνιση ψηφιακών χαρτογραφικών δεδομένων ([www.esri.com](http://www.esri.com))

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών δίνουν τη δυνατότητα ανάκτησης τέτοιων δεδομένων με μια απλή μετακίνηση του κέρσορα σε ένα σύμβολο στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή, ενεργοποιώντας τη συγκεκριμένη εντολή. Τα στοιχεία των δεδομένων βρίσκονται αποθηκευμένα σε βάσεις δεδομένων.

Με τον όρο «Βάση Δεδομένων» γίνεται αναφορά σε μια συλλογή δεδομένων αποθηκευμένων σε λογισμικά αρχεία και συλλογικά επεξεργαζομένων, συνήθως με τη μορφή πινάκων. Η Γεωγραφική Βάση Δεδομένων περιέχει πληροφορίες σχετικά με το ανάγλυφο της επιφάνειας της Γης και τα χαρακτηριστικά και αντικείμενα που το απαρτίζουν.

Όνομα	Εμβαδόν	Χωρική	Χωρική	Χωρική	Χωρική	Χωρική	Χωρική	Χωρική	Χωρική
Ανατολική Αχαιΐδα	1.234.567	1.234.567	1.234.567	1.234.567	1.234.567	1.234.567	1.234.567	1.234.567	1.234.567
Βόρεια Αχαιΐδα	2.345.678	2.345.678	2.345.678	2.345.678	2.345.678	2.345.678	2.345.678	2.345.678	2.345.678
Κεντρική Αχαιΐδα	3.456.789	3.456.789	3.456.789	3.456.789	3.456.789	3.456.789	3.456.789	3.456.789	3.456.789
Δυτική Αχαιΐδα	4.567.890	4.567.890	4.567.890	4.567.890	4.567.890	4.567.890	4.567.890	4.567.890	4.567.890
Νότια Αχαιΐδα	5.678.901	5.678.901	5.678.901	5.678.901	5.678.901	5.678.901	5.678.901	5.678.901	5.678.901

Εικόνα 1.12 Γεωγραφική βάση δεδομένων ([www.esri.com](http://www.esri.com))

Η πληροφορία αυτή έχει τις εξής τρεις μορφές: 1) τη χωρική ή γεωγραφική, 2) τη κωδικοποιημένη και αυτή με τη μορφή εικόνας (image data). Η χωρική πληροφορία περιέχει τις περιοχές και τα σχήματα των χαρακτηριστικών των χαρτών. Η κωδικοποιημένη πληροφορία, συλλέγεται και παρουσιάζεται για συγκεκριμένες περιοχές με τη βοήθεια των Γ. Σ. Π. σε χάρτες. Τα δεδομένα που βρίσκονται με τη μορφή εικόνων είναι πληροφορίες που έχουν συλλεγεί από αεροσκάφη και δορυφορικές πλατφόρμες και πληροφορίες που έχουν μετασχηματιστεί σε ψηφιακή μορφή.

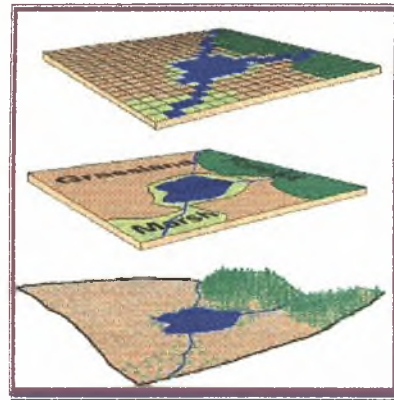
Οι κυριότερες μέθοδοι αποθήκευσης πληροφοριών στους χάρτες είναι δύο. Τα Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών που αποθηκεύουν χαρακτηριστικά χαρτών σε **vector** μορφή χρησιμοποιούν σημεία, γραμμές και πολύγωνα με μεγάλη ακρίβεια. Προτιμώνται σε

αγροτικές μελέτες με διακριτά όρια επιφανειών.



Εικόνα 1.13 Vector μορφή Γ.Σ.Π. ([www.esri.com](http://www.esri.com))

Τα **raster** Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, αποθηκεύουν χαρακτηριστικά από αναλογικούς χάρτες σε raster ή grid μορφή διαχωρίζοντας την επιφάνεια μελέτης σε σύνολο κυψελίδων. Η μορφή αυτή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις ψηφιακής μοντελοποίησης, στατιστικής και γεωστατιστικής ανάλυσης, προσομοίωσης μοντέλων και εφαρμόζεται στη διαχείριση φυσικών πόρων.



**Εικόνα 1.14** Raster μορφή Γ.Σ.Π.  
([www.esri.com](http://www.esri.com))

### 1.11.2 Χρήση GIS και Τηλεπισκόπησης

Η ακριβής καταγραφή όλων των στοιχείων μιας περιοχής μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών, GIS. Τα συστήματα αυτά παρέχουν ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα γεωγραφικής απεικόνισης και ανάλυσης μιας περιοχής, (P.A. Burrough and R.A. McDonnell, 2000). Η ανάπτυξη ενός προτύπου πρόβλεψης, π.χ. της ρύπανσης, μπορεί να πραγματοποιηθεί γρήγορα και αξιόπιστα, (Udoyara S. Tim, Robert Jolly, Hsiu Hua Liao, 1985).

Οι γεωγραφικοί παράλληλοι χαράσσονται συνήθως σε διαστήματα  $10^0$  ή  $20^0$  και οι μεσημβρινοί σε διαστήματα  $15^0$ , που είναι η βάση για τον προσδιορισμό του πλάτους των ωριαίων ατράκτων. Πριν από σαράντα έτη, καθώς τα αεροπλάνα και αργότερα οι δορυφόροι επέτρεπαν στον άνθρωπο να παρατηρεί τη γη από όλο και μεγαλύτερα ύψη, το αμερικάνικο ναυτικό επινόησε τον όρο "remote sensing" με την απόδοση του όρου στα ελληνικά ως "τηλεπισκόπηση". Φωτογραφίες από μεγάλα ύψη και δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις παρέχουν στους χαρτογράφους πολύτιμες εικόνες. Οι ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις, (πολλές από τις οποίες έχουν ληφθεί με όργανα που καταγράφουν στις αόρατες για τον άνθρωπο περιοχές του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας), παρέχουν πολύ γρήγορα, πληροφορίες που άλλοτε θα χρειαζόταν μεγάλο χρονικό διάστημα για να συλλεγούν, αν τελικά κάτι τέτοιο γινόταν ποτέ δυνατόν. Για πρώτη φορά οι χαρτογράφοι μπορούν να συλλέξουν πληροφορίες για τα πετρώματα και τα ορυκτά κάτω από την άμμο της ερήμου και τους πάγους των πόλων. Πολλοί επιστήμονες καταγράφουν τη τρύπα του όζοντος με τηλεπισκόπηση ως και τη φυσική κατάσταση των δένδρων, είναι ικανοί επίσης να συγκεντρώσουν διάφορες πληροφορίες και να παρακολουθούν φυσικά φαινόμενα χωρίς να τους εμποδίζει η νύχτα και τα σύννεφα, χρησιμοποιώντας ραντάρ, ή να σχεδιάζουν το ανάγλυφο της υδρογείου χρησιμοποιώντας εικόνες από δορυφόρους και από συστήματα ηχοεντοπισμού (σόναρ), που αποτυπώνουν τη στεριά και το θαλάσσιο πυθμένα.

Το γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών ή GIS είναι ένα καλά οργανωμένο σύστημα, αποτελούμενο από καλά και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό και από ένα σύστημα ηλεκτρονικών υπολογιστών με το ειδικό λογισμικό πρόγραμμα, σχεδιασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να εισάγει, αποθηκεύει, ενημερώνει, διαχειρίζεται, αναλύει και εμφανίζει όλες τις μορφές των γεωγραφικά σχετιζομένων

πληροφοριών, (ESRI, 1997). Το GIS είναι μια δυναμική γεωγραφική βάση δεδομένων. Πολλά λογισμικά προγράμματα π.χ. το Excel, το Statgraphics, το Autocad κ.α. μπορούν να διαχειρισθούν απλά γεωγραφικά ή χωρικά δεδομένα. Όμως τα προγράμματα αυτά δε χαρακτηρίζονται ως γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών γιατί δεν κάνουν χωρικές αναλύσεις. Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών προσφέρουν λύσεις και απαντήσεις σε προβλήματα που αναφέρονται σε γεωγραφικές συντεταγμένες ή αξιοποίηση αυτών για τη κατασκευή χαρτών. Όλα αυτά τα προβλήματα και ερωτήματα αναφέρονται ως χωρικά ερωτήματα (Spatial Queries). Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, (GIS) είναι ένα συνεχώς αναπτυσσόμενο επιστημονικό αντικείμενο το οποίο συνδέεται με πολλές επιστήμες όπως Η/Υ, τοπογραφίας, γεωγραφίας, γεωπονίας, φωτογραμμετρίας, τηλεπισκόπησης, στατιστικής, γεωστατιστικής κ.λ.π.

Τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) επιτρέπουν στους χαρτογράφους να διαχειρίζονται γεωγραφικά δεδομένα, τοποθετώντας τις γεωγραφικές πληροφορίες κατά στρώματα για να καταρτίζουν χάρτες που δίνουν απαντήσεις και ταυτόχρονα διευκρινίζουν τις σχέσεις μεταξύ των γεωγραφικών και διαφόρων φυσικών φαινομένων. Η γνώση αυτή παρέχει στον άνθρωπο τη δυνατότητα να αξιοποιεί και να προστατεύει τους φυσικούς πόρους και να προβλέπει απειλές για το περιβάλλον πολύ πριν αυτές γίνουν εμφανείς.

Πέραν των λειτουργιών εισαγωγής, αποθήκευσης, ενημέρωσης, διόρθωσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και παρουσίασης γεωγραφικών δεδομένων τα GIS συστήματα έχουν επιπλέον τις παρακάτω δυνατότητες:

1. Να αποθηκεύουν δεδομένα σε διάφορα επίπεδα (layers)
2. Να επικαλύπτουν τα επίπεδα
3. Να επεξεργάζονται δεδομένα σε διάφορα επίπεδα
4. Να δέχονται δεδομένα διανυσματικά (vector) και πλεγματικά (raster)
5. Να μετασχηματίζουν vector σε raster και αντίστροφα

Ένα σύστημα GIS τυπικά συνδέει διαφορετικές ομάδες δεδομένων. Η διαδικασία της σύνδεσης μπορεί να θεωρείται μια απλή διαδικασία η οποία όμως αποκτά εξαιρετικό ενδιαφέρον όταν υπάρχουν διαφορετικά δεδομένα τα οποία πρέπει να συνδεθούν με διαφορετικούς τρόπους. Η σύνδεση των δεδομένων μπορεί να γίνει με δυο βασικούς τρόπους την απλή-άμεση σύνδεση και τη μη απλή-μη άμεση σύνδεση. Η μη άμεση σύνδεση διαχωρίζεται στην ιεραρχική σύνδεση και στην ασαφή σύνδεση. Η απλή-άμεση σύνδεση (Exact Matching) γίνεται όταν υπάρχουν πληροφορίες σ' ένα

αρχείο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, το οποίο έχει πολλές γεωγραφικές και συμπληρωματικές πληροφορίες σ' ένα άλλο αρχείο του ίδιου υπολογιστή του οποίου οι πληροφορίες έχουν μερικά κοινά πεδία.

Η Μη απλή-Άμεση σύνδεση (Non Exact Matching) διαχωρίζεται σε Ιεραρχική σύνδεση (Hierarchical matching) και Ασαφής σύνδεση (Fuzzy matching)

### **Ιεραρχική σύνδεση (Hierarchical matching)**

Μερικές πληροφορίες είναι πολύ λεπτομερείς ή συλλέγονται λιγότερο συχνά από κάποιες άλλες. Όταν μικρότερες γεωγραφικά περιοχές περιέχονται ή ανήκουν μέσα σε κάποιες μεγαλύτερες τότε η λύση είναι να συνδεθούν και να προστεθούν πρώτα οι πληροφορίες των μικρών περιοχών που ανήκουν στη μεγαλύτερη περιοχή και κατόπιν να γίνει η άμεση σύνδεση των μεγαλύτερων περιοχών μεταξύ τους.

### **Ασαφής σύνδεση (Fuzzy matching)**

Πολλές φορές τα όρια μικρότερων περιοχών ή τα όρια διαφορετικού τύπου γεωγραφικών πληροφοριών δε συμπίπτουν με τα όρια μεγαλύτερων περιοχών ή μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει όταν υπάρχουν περιβαλλοντικά δεδομένα για επεξεργασία όπως τα όρια αγροτεμαχίων τα οποία σπάνια συμπίπτουν με τα όρια των εδαφικών χαρτογραφικών μονάδων.

Ένα σύστημα GIS μπορεί να πραγματοποιήσει όλες αυτές τις εργασίες επειδή χρησιμοποιεί γεωγραφικά ή χωρικά δεδομένα, αλλά από την ίδια πάντα περιοχή, δηλαδή αξιοποιεί και προσθέτει αξία στα δεδομένα.

Τα διάφορα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών δίνουν πληροφορίες για το τι υπάρχει σε μια ορισμένη γεωγραφική θέση. Μια γεωγραφική θέση μπορεί να περιγραφεί με διάφορους τρόπους χρησιμοποιώντας ένα όνομα ή γεωγραφικές συντεταγμένες όπως είναι το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος. Επίσης τα συστήματα αυτά εντοπίζουν μια θέση ή ένα σημείο για τα οποία ισχύει μια συνθήκη. Μια άλλη σημαντική ικανότητα αυτών των συστημάτων είναι ο προσδιορισμός των τάσεων που επικρατούν για ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα. Ένα σύστημα GIS ανακαλύπτει τις διαφορές που υπάρχουν εντός μιας περιοχής κατά τη

διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος. Η κατανομή στο χώρο ή η διάταξη στο χώρο είναι μια δυνατότητα που προσφέρουν τα παραπάνω συστήματα. Ένα σύστημα GIS μπορεί να κάνει πρόβλεψη –μοντελοποίηση. Βέβαια για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο θα πρέπει να υπάρχουν γεωγραφικές και άλλες πληροφορίες και πιθανόν ακόμη επιστημονικοί νόμοι και θεωρήματα.

Τα χαρτογραφικά χαρακτηριστικά αποθηκεύονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ως σημεία, γραμμές και πολύγωνα, σύμφωνα με ένα σύστημα  $x, y$  συντεταγμένων. Οι περιγραφικές πληροφορίες του χάρτη αποθηκεύονται σε μια πινακοποιημένη Βάση Δεδομένων και συνδέονται με τα χαρακτηριστικά αυτά με ένα πεδίο κλειδί.

Αναφέρονται ότι υπάρχουν πολλές εφαρμογές του GIS σε διάφορες κλίμακες και για διάφορες λειτουργίες όπως είναι:

Κλίμακα υδρογείου

Κλίμακα ηπείρου( 1:1000000, 1:500.000, 1:100000 corine)

Εθνική (OKXE)

Περιφερειακές

Τοπικές

Παρακολούθησης (monitoring)

Πρόβλεψης / μοντελοποίησης.

Τα συστήματα αυτά δέχονται και επεξεργάζονται δεδομένα, όπως σημεία, γραμμές, πολύγωνα, χάρτες, αριθμητικά δεδομένα, κατηγοριοποιημένα δεδομένα (χρήση γης) και κείμενα (memo). Τα γεωγραφικά δεδομένα εισάγονται είτε χειρωνακτικά (ψηφιοποιητές), είτε αυτόματα με σαρωτές και ψηφιακές εικόνες. Τα μη γεωγραφικά δεδομένα εισάγονται με το πληκτρολόγιο του ηλεκτρονικού υπολογιστή από μαγνητικούς δίσκους, ταινίες και cd-roms. Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται είτε σε κύρια μέσα αποθήκευσης (κύρια μνήμη) είτε επίσης σε μαγνητικές ταινίες και δίσκους.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των δεδομένων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι αν αυτά είναι διαθέσιμα ή συλλεγόμενα, η ποιότητα των δεδομένων (ακρίβεια-σχέση μέτρησης και πραγματικότητας), η αξιοπιστία (βαθμός λεπτομέρειας ή τρόπος χειρισμού της μέτρησης στην καταγραφή) και η χωρική ευκρίνεια.

Οι βάσεις δεδομένων είναι αρχεία απλά, ταξινομημένα αλφαβητικά, δηλαδή αρχεία με δείκτη. Για τις βάσεις δεδομένων απαιτείται η κατάλληλη δόμηση, για εύκολη ανεύρεση και διασταύρωση των δεδομένων. Έτσι υπάρχει η ιεραρχική



δόμηση (χαρτογραφικές μονάδες, εδαφοτομές, ορίζοντες), η δικτυωτή δόμηση (για εύκολη προσπέλαση αλλά με προσχεδιασμένες ερωτήσεις) και η σχεσιακή δόμηση (RDB-ORACLE). Τα δεδομένα αυτά λαμβάνονται με πράξεις όπως είναι η ένωση (AUB), η τομή, η διαφορά, η επιλογή, η διαίρεση, η συνένωση κ.λ.π. Οι βάσεις δεδομένων γίνονται με τη χρησιμοποίηση των λογισμικών προγραμμάτων dBase IV (Database) και Database Access του ArcView 3.2 κ.α.

### **Βέλτιστη εσωεκτίμηση με τη χρήση μεθόδων Γεωστατιστικής**

Η γεωστατιστική αποσκοπεί στην παροχή ποσοτικών περιγραφών των φυσικών μεταβλητών οι οποίες κατανέμονται στο χώρο ή στο χρόνο και το χώρο, (Chiles και Delfiner, 1999).

Οι φυσικές μεταβλητές μπορεί να είναι:

- 1) Τα αποθέματα κοιτάσματος ενός ορυχείου
- 2) Το βάθος και το πάχος μιας γεωλογικής στρώσης
- 3) Το πορώδες και η περατότητα ενός πορώδους μέσου
- 4) Η πυκνότητα ενός ορισμένου είδους δένδρων σ' ένα δάσος
- 5) Οι ιδιότητες των εδαφών μιας περιοχής
- 6) Η ποσότητα της βροχής σε μια λεκάνη απορροής
- 7) Η πίεση, η θερμοκρασία και η ταχύτητα του ανέμου στην ατμόσφαιρα
- 8) Οι συγκεντρώσεις ρυπογόνων ουσιών σε μια περιοχή

### **Η χρήση στατιστικών προτύπων στη γεωγραφική ανάλυση**

Η απόδοση στο πρότυπο αναφοράς διαφόρων φαινομένων οδηγεί σε χάρτες με δυνατότητες προσαρμογής του περιεχομένου τους σε κάποιο μοντέλο μαθηματικής αναπαράστασης.

Το εξειδικευμένο λογισμικό που χρησιμοποιείται από τα GIS ικανοποιεί την ανάγκη μοντελοποίησης των διαφόρων φυσικών φαινομένων στη σύγχρονη επιστήμη. Σύγχρονες τάσεις στην ανάπτυξη τέτοιων προτύπων έχουν αντίκτυπο και στα GIS. Η έννοια του προτύπου δίνει τη δυνατότητα να εξαχθούν συμπεράσματα

που αφορούν τις ιδιότητες του, υπό εξέταση, φαινομένου, τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων και τις χωρικές ή χρονικές προβλέψεις που γίνονται. Είναι δυνατό να οριστούν πολλά πρότυπα για κάθε χαρτογραφούμενο φαινόμενο. Η αξία και η χρησιμότητα καθενός από αυτά κρίνονται σύμφωνα με τα κριτήρια της πληρότητας, της μοναδικότητας και της απλότητας. Ένα σωστό πρότυπο πρέπει να είναι πλήρες, ώστε αφενός μεν να είναι χρήσιμο και αφετέρου να μην απορρίπτεται από τα δεδομένα των πειραμάτων, μοναδικό να επιτρέπει μοναδικά ή μονοσήμαντα συμπεράσματα και απλό δηλαδή να απαιτεί λιγότερες υποθέσεις (Πετράκης, 1998).

Ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί από πολύ απλοϊκά μέχρι πολύ σύνθετα πρότυπα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αναπτυχθεί ένας μεγάλος αριθμός συναφών και αλληλοεπικαλυπτόμενων προτύπων. Το γεγονός αυτό καθιστά ιδιαίτερα δύσκολή την επιλογή του βέλτιστου προτύπου για κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή. Έτσι λοιπόν γίνεται φανερό πως κάθε φορά πρέπει να προσαρμόζεται το πρότυπο που αποδίδει καλύτερα στις εκάστοτε συνθήκες ενός έργου GIS. Η ενδεδειγμένη λύση είναι η δημιουργία ενός προτύπου από τον εκάστοτε ερευνητή έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις συγκεκριμένες απαιτήσεις της εργασίας του.

Τα ντετερμινιστικά πρότυπα γίνονται ευκολότερα κατανοητά γιατί δεν εμπλέκουν πολύπλοκους στατιστικούς ορισμούς. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μοντελοποίηση του αγνώστου αλλά συστηματικού χαρακτήρα ενός φαινομένου μέσω κάποιας αναλυτικής συνάρτησης. Η συνάρτηση αυτή μπορεί να αναφέρεται είτε σε ολόκληρη τη χωρική έκταση που καλύπτει το φαινόμενο ή μόνο σ' ένα τμήμα της. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται πολυωνμικά πρότυπα ενώ στη δεύτερη τμηματικά πολυωνμικά πρότυπα. Οι άγνωστοι συντελεστές των όρων της αναλυτικής συνάρτησης πρέπει να εκτιμηθούν από τα παρατηρούμενα μεγέθη που είναι οι τιμές του φαινομένου στα σημεία τα οποία έχουν γίνει μετρήσεις.

Τα στοχαστικά πρότυπα θεωρούν ότι το φαινόμενο μπορεί να προσεγγισθεί μέσω κάποιας στατιστικής διαδικασίας. Ως τέτοια ορίζεται από ορισμένα στατιστικά μεγέθη όπως είναι η μέση τιμή και η συνάρτηση συμμεταβλητότητας. Συνήθως σ' αυτά τα πρότυπα θεωρείται ότι δεν είναι γνωστή η διαδικασία εξέλιξης των διαφόρων φαινομένων και έτσι επιλέγεται μια γενικής μορφής (εκθετική) συνάρτηση συμμεταβλητότητας.

Η χρήση “βαρών” για τις παρατηρούμενες ποσότητες έχει για τα στοχαστικά προτύπων πιο σαφές νόημα. Συνήθως ως “βάρος” παρατηρήσεων χρησιμοποιείται το αντίστροφο της μεταβλητότητάς τους και άρα το μεγαλύτερο “βάρος” αντιστοιχεί στις στατιστικά πιο αξιόπιστες παρατηρήσεις. Ο υπολογισμός των “βαρών” γίνεται με τα variograms. Ένα variogram δείχνει την παραλλακτικότητα των διαφορών μεγεθών των τιμών ή ιδιοτήτων μιας γεωγραφικής μεταβλητής της περιοχής μελέτης σε σχέση με τη χωρική κατανομή των σημείων δειγματοληψίας στο χώρο. Αν η διακύμανση αυτή είναι πολύ μικρή τότε δεν έχει νόημα η εφαρμογή της γεωστατιστικής.

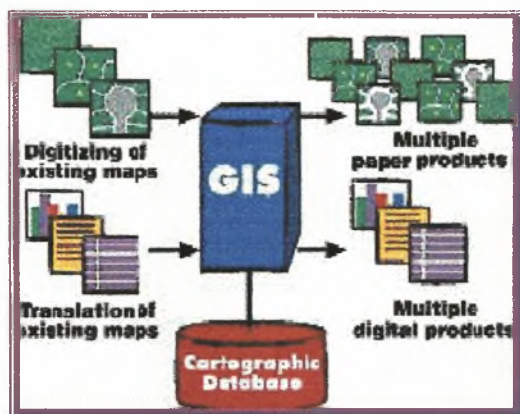
Η παρεμβολή είναι μια από τις βασικότερες και πιο κοινές διαδικασίες όσον αφορά την επεξεργασία των χαρτογραφικών δεδομένων, χρησιμοποιείται σε μια μεγάλη ποικιλία χαρτογραφικών εφαρμογών στη μια και στις δύο διαστάσεις. Η γενική διατύπωση του προβλήματος της παρεμβολής έχει ως εξής : αν δίνονται οι τιμές μιας συνάρτησης σε διάφορα γνωστά σημεία να υπολογιστούν οι νέες τιμές για οποιοδήποτε σημείο. Δύο άλλα προβλήματα που συνοδεύουν την χαρτογραφική παρεμβολή είναι αυτό της εξομάλυνσης και της γενίκευσης. Εξομάλυνση μιας επιφάνειας δεδομένων είναι η διαδικασία κατά την οποία για τα γνωστά σημεία της επιφάνειας υπολογίζονται νέες τιμές ώστε η κατανομή στην επιφάνεια να γίνει πιο ομαλή. Γενίκευση είναι η διαδικασία όπου αγνοούνται κάποιες τιμές της επιφάνειας των δεδομένων (Πετράκης 1998, Λιβιεράτος, 1988).

Αυτές τις διαδικασίες τις πραγματοποιούν τα λογισμικά προγράμματα GIS αυτόματα (Pebesma, 1996).

Η γεωστατιστική παρέχει την ικανότητα για χωρικές ή γεωγραφικές αναλύσεις, προβλέψεις των τιμών διαφορών ιδιοτήτων μιας περιοχής, ανεξάρτητα από το μέγεθός της, βασιζόμενα σε έναν αριθμό παρατηρήσεων ή μετρήσεων και να δίνουν απαντήσεις σε πλήθος ερωτημάτων.

### 1.11.3 Πλεονεκτήματα και δυνατότητες ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα σύμφωνα με τους Burrough, 1986 και Πετράκη, 1998.

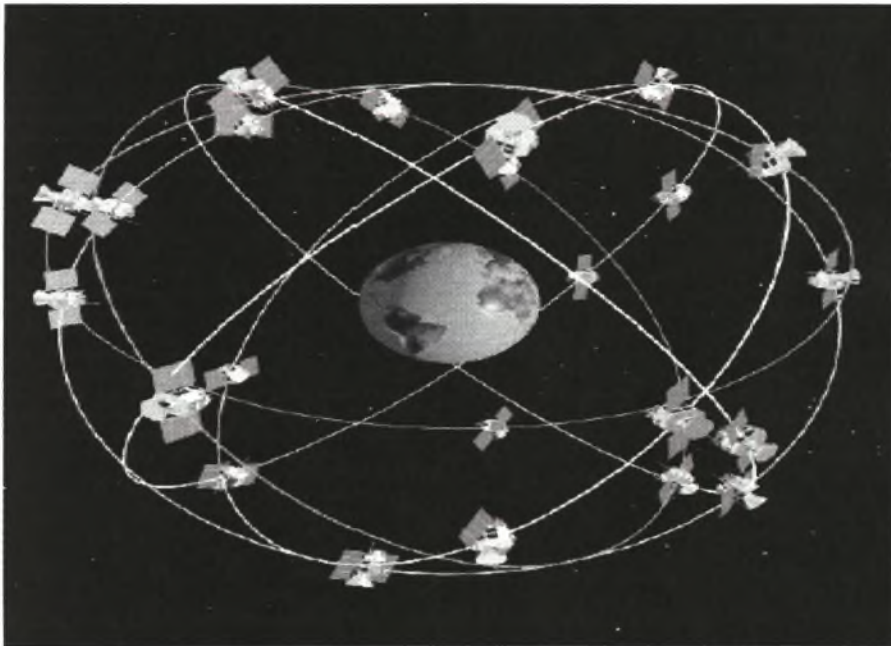


Εικόνα 1.15 Δυνατότητες και εφαρμογές των Γ.Σ.Π. (www.esri.com)

- Είναι δυνατό να καταγράψουν και να αποθηκεύσουν μεγάλο όγκο πληροφοριών.
- Γίνεται φθηνή, σύντομη και ευέλικτη διαχείριση γεωγραφικών πληροφοριών.
- Σχεδιάζονται μονοθεματικοί ή πολυθεματικοί χάρτες φθηνά και γρήγορα
- Επιτρέπουν την άμεση μελέτη διαφόρων σεναρίων χρήσεων γης
- Δέχονται δεδομένα σε ψηφιακή μορφή
- Διευκολύνουν τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, ενώ παράλληλα τα δεδομένα επεξεργάζονται και με τη γεωστατιστική ανάλυση.
- Διευκολύνουν τη χρήση γεωστατιστικών μοντέλων τρισδιάστατης πρόβλεψης
- Δημιουργούν τρισδιάστατα πρότυπα επιφάνειας
- Εκτυπώνουν και μετατρέπουν χάρτες σε διάφορες κλίμακες γρήγορα
- Ελαχιστοποιούν τα λάθη εκτύπωσης των χαρτών
- Υπάρχει δυνατότητα ενημέρωσης δεδομένων στο χώρο και στο χρόνο
- Έχουν πολλές εφαρμογές.

## 1.12 Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning system, GPS)

Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning system, GPS) ονομάζεται ο σχηματισμός των 24 συνολικά δορυφόρων που αναπτύχθηκε από το Αμερικανικό Υπουργείο Αμύνης και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του γεωγραφικού στίγματος οποιουδήποτε σημείου πάνω στην επιφάνεια της γης. Οι δορυφόροι αυτοί βρίσκονται σε τροχιά σε ύψος είκοσι χιλιάδων χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης, σε συγκεκριμένα γνωστά σημεία (Εικόνα 1.16).



**Εικόνα 1.16** Σχηματική απεικόνιση των 24 δορυφόρων που αποτελούν το παγκόσμιο σύστημα καθορισμού θέσης (GPS).

Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα κωδικοποιημένο ηλεκτρομαγνητικό σήμα, το οποίο λαμβάνεται από τους δέκτες GPS και χρησιμοποιείται για τον ακριβή υπολογισμό της γεωγραφικής θέσης του δέκτη. Το σήμα που εκπέμπεται από τον κάθε δορυφόρο περιέχει πληροφορίες για την ταυτότητα του δορυφόρου και την ακριβή χρονική στιγμή που έγινε η εκπομπή.

Ο δέκτης GPS λαμβάνει τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα των δορυφόρων και υπολογίζει την χρονική υστέρηση στο σήμα που δέχεται, την οποία και χρησιμοποιεί για να μετρήσει την απόσταση του από κάθε δορυφόρο. Όταν δέχεται σήματα από τρεις δορυφόρους τουλάχιστον, ο δέκτης χρησιμοποιεί γεωμετρική ανάλυση για να καθορίσει την γεωγραφική του θέση (στίγμα) στην επιφάνεια της γης, που εκφράζεται σε γεωγραφικό μήκος (longitude) και γεωγραφικό πλάτος (latitude).

Όταν λαμβάνει σήματα και από τέταρτο δορυφόρο μπορεί να υπολογίσει και το υψόμετρο (altitude, elevation) της θέσεως που βρίσκεται.

Το GPS αποτελεί το μέσο που βοηθά στον καθορισμό θέσης οπουδήποτε στην επιφάνεια της γης, αρκεί να υπάρχει οπτική επαφή με τους δορυφόρους. Το GPS βρίσκει εφαρμογή σε πολυάριθμους τομείς, όπως η διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας, η πλοήγηση πλοίων κλπ., ενώ άριστες είναι οι προοπτικές εφαρμογής του και στην Γεωργία.

### 1.12.1 Ακρίβεια του GPS

Η ακρίβεια του GPS εξαρτάται από του εξής παράγοντες (Pfof et al., 1999):

- Την εγκατάσταση του.
- Την τεχνολογία του
- Τον αριθμό των δορυφόρων από τους οποίους λαμβάνει σήματα, καθώς και από τις σχετικές θέσεις τους
- Την επιλεκτική διαθεσιμότητα (Selective Availability)
- Τις παραμορφώσεις των δορυφορικών σημάτων που οφείλονται στον καιρό, στις επιδράσεις των ανώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας (τροπόσφαιρας, ιονόσφαιρας), καθώς και σε ανακλάσεις των δορυφορικών σημάτων σε αντικείμενα της περιοχής, και τέλος
- Την διαφορική διόρθωση (Differential Correction)

### 1.12.2 Διαφορική διόρθωση (Differential Correction)

Η Διαφορική Διόρθωση είναι ένας τρόπος εξάλειψης του σφάλματος που προκαλείται από τους διάφορους περιοριστικούς παράγοντες της ακρίβειας του δέκτη GPS. Για το σκοπό αυτόν χρησιμοποιείται ένας σταθερός επίγειος δέκτης και ταυτόχρονα πομπός GPS (διαφορικός σταθμός), με γνωστή θέση. Εφόσον η Θέση των δορυφόρων είναι επίσης γνωστή, είναι γνωστή και η απόσταση μεταξύ των δορυφόρων και του διαφορικού σταθμού. Ο σταθμός αυτός μετράει συνεχώς την επίδραση των παραγόντων που προκαλούν παραμορφώσεις στο σήμα των δορυφόρων με τους οποίους έχει επαφή.

Στην συνέχεια στέλνει σήμα στον κινητό δέκτη GPS, ο οποίος λαμβάνοντας σήματα από τον σταθερό δέκτη και από τους δορυφόρους ταυτόχρονα, διορθώνει την ένδειξη του. Το GPS που χρησιμοποιεί την μέθοδο αυτή ονομάζεται Differentially Corrected GPS ή DGPS και είναι ακριβέστερο του απλού.

### **1.12.3 Σχέση ακριβείας προς κόστος**

Είναι σαφές ότι η ακρίβεια που παρέχει ένας δέκτης GPS εξαρτάται από την τεχνολογία του. Ένας οικονομικός δέκτης, χωρίς διαφορική διόρθωση, παρέχει ακρίβεια 3 έως 5 μέτρων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή επισημάνσεων – παρατηρήσεων στον αγρό.

### **1.13 Σκοπός της εργασίας**

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων των νιτρωδών και νιτρικών ιόντων στα καλλιεργούμενα εδάφη της περιοχής της Ελασσόνας του νομού Λάρισας και η δημιουργία λεπτομερών θεματικών ψηφιακών χαρτών με τη βοήθεια του GIS, στους οποίους απεικονίζονται τα αποτελέσματα. Επίσης κατασκευάστηκαν θεματικοί ψηφιακοί χάρτες των φυσικοχημικών ιδιοτήτων της περιοχής της Ελασσόνας.

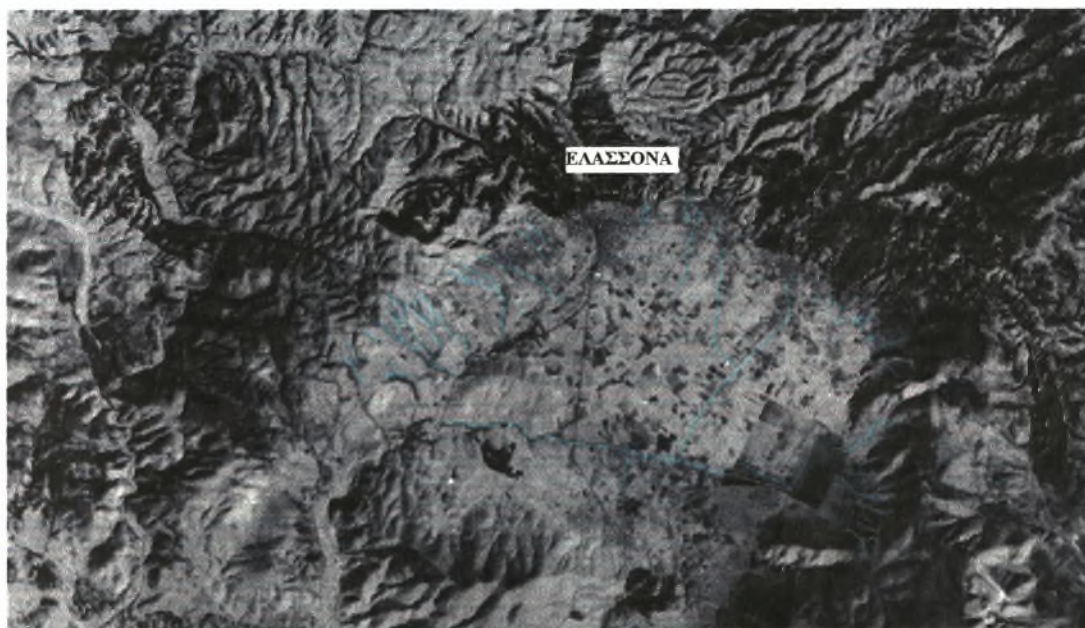
## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 2.1 Περιοχή έρευνας.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Ελασσόνας η οποία βρίσκεται στο νομό Λάρισας. Η έκταση της περιοχής από όπου ελήφθησαν τα δείγματα είναι περίπου 41096.2 στρέμματα .

Το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής μελέτης αφορά την πεδιάδα της Ελασσόνας η οποία εκτείνεται κυρίως νότια της πόλεως της Ελασσόνας εν ήδη βεντάλιας. Πέριξ της πεδιάδας της Ελασσόνας υπάρχουν ορεινοί όγκοι όπου συχνά εμφανίζουν έντονο ανάγλυφο. Το τοπογραφικό ανάγλυφο της πεδιάδας της Ελασσόνας είναι ομαλό.



Εικόνα 2.1 Δορυφορική εικόνα της περιοχής της Ελασσόνας από τον LANDSAT 5

Η υδρογραφία της περιοχής της Ελασσόνας χαρακτηρίζεται κυρίως από τον ποταμό Ελασσονίτικο, ο οποίος ενώνεται με τον Βούλγαρη και σχηματίζουν τον Ξηριά , ο οποίος είναι παραπόταμος του Πηνειού και συμβάλλει με αυτόν μετά το χωριό Δελέρια του νομού Λάρισας. Επίσης η περιοχή διαρρέετε από αρκετά ρέματα και χείμαρρους. Η περιοχή στραγγίζεται καλώς από όλο αυτό το φυσικό υδρογραφικό δίκτυο. Το επίπεδο βάσης για τον κάμπο της Ελασσόνας που μελετήθηκε αποτελεί η κήτη του Ελασσονίτικου ποταμού.



## 2.2 Δειγματοληψία εδαφών.

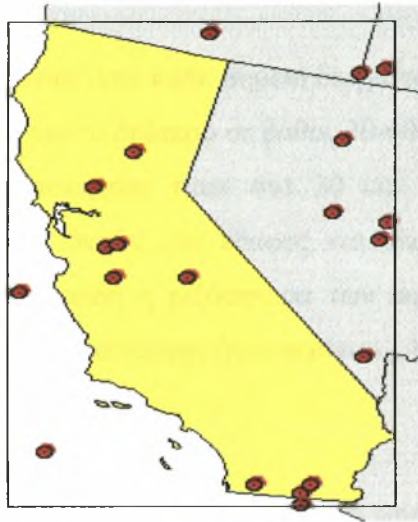
Πραγματοποιήθηκε αρχικά μελέτη της περιοχής με την βοήθεια του εδαφολογικού χάρτη της περιοχής από το Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας (Ι.Χ.Τ.Ε.Λ.), με σκοπό τον καθορισμό της περιοχής δειγματοληψίας. Εξετάστηκαν παράμετροι με σκοπό να καθορισθεί ο τρόπος λήψης των εδαφικών δειγμάτων. Έγινε μελέτη των σημαντικότερων πηγών παραλλαγής δηλαδή της τοπογραφίας του εδάφους, του τύπου βλάστησης που επικρατεί στην περιοχή και του περιβάλλοντος. Διαπιστώθηκε ότι όλοι αυτοί οι παράγοντες τείνουν να είναι ομοιόμορφοι και επιλέχθηκε το σχέδιο της Τυχαίας Δειγματοληψίας. Η λήψη των εδαφικών δειγμάτων πραγματοποιήθηκε από τις 09/06/2003 έως τις 13/06/2003. Ο κύριος όγκος των εδαφικών δειγμάτων προέρχεται από καλλιέργειες καπνού, καλαμποκιού, αμπέλου και μηδικής.

Ο εδαφολογικός χάρτης της περιοχής της Ελασσόνας δημιουργήθηκε από το Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας (Ι.Χ.Τ.Ε.Λ.). Για την δημιουργία του εδαφολογικού χάρτη χρησιμοποιήθηκαν χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.) σε κλίμακα 1:5000. Οι κωδικοί αριθμοί αυτών των χαρτών σύμφωνα με το βιβλίο της Γ.Υ.Σ. είναι 4269/1, 4269/2, 4269/3, 4269/4, 4269/6, 4360/1, 4360/3 και 4360/5.

### *Σχέδιο δειγματοληψίας.*

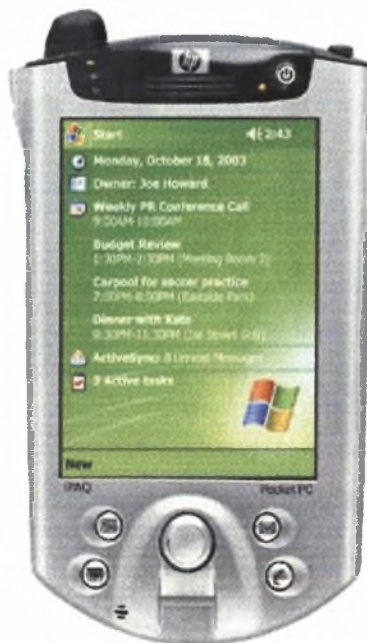
Ακολουθήθηκε το σχέδιο της Τυχαίας Δειγματοληψίας (Random Sampling). Τυχαία δειγματοληψία λαμβάνεται όταν οι στατιστικές μονάδες επιλέγονται τυχαία από τον πληθυσμό που είναι προς μελέτη. Αυτό σημαίνει ότι δεν συντελεί στην επιλογή ή όχι μιας στατιστικής μονάδας αυτός που κάνει την δειγματοληψία ( δεν υπάρχει υποκειμενικός παράγοντας ) και κάθε στατιστική μονάδα έχει γνωστή πιθανότητα να επιλεγεί σαν μονάδα του δείγματος ( Στέργιου Ι. Τζώρτζιου, 1997-98).

Το πλεονέκτημα της τυχαίας δειγματοληψίας είναι ότι εμφανίζονται αμερόληπτοι μέσοι όροι και παραλλακτικότητες. Τα μειονεκτήματα της είναι ότι κάθε σημείο είναι αυτοτελές και στο ότι η πλήρης τυχαιοποίηση μπορεί να οδηγήσει σε μια άνιση κατανομή των σημείων δειγματοληψίας, εκτός και αν πολλά σημεία δειγματοληψίας μπορούν να μετρηθούν, πράγμα το οποίο συνήθως εμποδίζεται από το υπερβολικό κόστος (Σταμάτης Αθ. Φλωράς, 2002).



**Εικόνα 2.2** Απεικόνιση τυχαίας δειγματοληψίας (Random Sampling).

Οι θέσεις λήψης των εδαφικών δειγμάτων ήταν τυχαίες και η θέση (συντεταγμένες  $\chi$ ,  $\psi$  σε μοίρες ) των σημείων δειγματοληψίας καθορίστηκαν με το σύστημα GPS (Global Positioning System).



**Εικόνα 2.3** Συσκευή GPS (Global Positioning System).

### **Αριθμός δειγμάτων.**

Ελήφθησαν 150 δείγματα. Από κάθε σημείο δειγματοληψίας ελήφθησαν δυο δείγματα. Το πρώτο σε βάθος 0-30 cm και το δεύτερο σε βάθος 30-60 cm.

Το βάθος της δειγματοληψίας ήταν στα 30 cm και στα 60cm για να μελετηθεί η μετακίνηση των νιτρικών ιόντων στο έδαφος και ιδιαίτερα στα κατώτερα στρώματα της εδαφικής κατανομής και επειδή η ριζόσφαιρα των περισσότερων φυτών είναι σε αυτό το βάθος. Η ποσότητα του κάθε δείγματος ήταν περίπου 1 kg.

### **Τρόπος δειγματοληψίας.**

Τα εδαφικά δείγματα ελήφθησαν με τη βοήθεια του ειδικού εδαφολήπτη τύπου edelman, τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες περιεκτικότητας 1500 g και σε κάθε σακούλα τοποθετήθηκε χάρτινη καρτέλα στην οποία αναγράφηκαν με μολύβι τα χαρακτηριστικά του δείγματος (αριθμός σημείου, συντεταγμένες σημείου και ημερομηνία δειγματοληψίας).



**Εικόνα 2.4** Δειγματολήπτης τύπου edelman

### **2.3 Προετοιμασία των εδαφικών δειγμάτων.**

Τα εδαφικά δείγματα αμέσως μετά τη λήψη τους, μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Αεροξηράθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για χρονικό διάστημα 10 ημερών και αφού διήλθαν από κόσκινα (2mm) διατηρήθηκαν σε πλαστικές σακούλες του ενός χιλιογράμμου.

## **2.4 Εργαστηριακές αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων.**

Έπειτα από την προετοιμασία των εδαφικών δειγμάτων έγιναν οι εξής εργαστηριακές αναλύσεις:

### **2.4.1 Προσδιορισμός του pH.**

Η τιμή του pH των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους, σε αναλογία 1:1 (w/w) (McLean, 1982), με pH-μετρο του οίκου Crison, μοντέλο 200, το οποίο συνοδεύεται από ηλεκτρόδιο υάλου και ενσωματωμένο θερμομέτρο. Τα δεδομένα εκφράστηκαν με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου. Στο παράρτημα αναγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία που αναλύθηκε.

### **2.4.2 Προσδιορισμός της ηλεκτρικής αγωγιμότητας E.C. (Electrical Conductivity).**

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους, σε αναλογία 1:1 (w/w) (McLean, 1982), με το ηλεκτρικό αγωγιμόμετρο του Οίκου Methrohm. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Στο παράρτημα αναγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία που αναλύθηκε.

### **2.4.3 Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας.**

Η οργανική ουσία των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε με τη μέθοδο των Nelson and Sommers (1982). Στο παράρτημα αναγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία που αναλύθηκε.

### **2.4.4 Προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης.**

Η μηχανική σύσταση των δειγμάτων προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Βουγιούκου (Μήτσιος I.K., 1999). Στο παράρτημα αναγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία που αναλύθηκε.

## 2.4.5 Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων

### 2.4.5.1 Περιγραφή του οργάνου της ιοντικής χρωματογραφίας με το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων

Το όργανο είναι του κατασκευαστικού οίκου της Metrohm και αποτελείται από δύο κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος είναι το κύριο όργανο ενώ το δεύτερο είναι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με το απαραίτητο λογισμικό πρόγραμμα. Το κύριο μέρος αποτελείται από τρία κομμάτια

- Το βασικό θάλαμο, που περιέχει τις στήλες ιοντοανταλλαγής των ανιόντων, των κατιόντων και του σεληνίου.
- Τις αντλίες του ύδατος (753 Suppressor Module) και της κινητής φάσης (709 IC Pump)
- Τον ανιχνευτή αγωγιμόμετρο (732 IC Detector) .

Ο συγκεκριμένος ιοντικός χρωματογράφος μπορεί να προσδιορίσει συγκεντρώσεις με ακρίβεια της τάξης των ppb (αναλογία στο δισεκατομμύριο) τα εξής ιόντα: λίθιο, νάτριο, αμμώνιο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο, φθόριο, βρώμιο, χλώριο, νιτρικά, νιτρώδη, φωσφορικά, θειικά καθώς επίσης και διάφορες μορφές του σεληνίου. Τα όρια ανίχνευσης για τα ανωτέρω στοιχεία είναι μεταξύ 10 και 30  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Σύμφωνα με τη διεθνή και την ελληνική βιβλιογραφία ο συνδυασμός της στήλης εναλλαγής ιόντων και της ανίχνευσης της αγωγιμότητας παρουσιάζει τον πιο αξιόπιστο τύπο της ιοντικής χρωματογραφίας.



Εικόνα 2.5 Το όργανο της ιοντικής χρωματογραφίας του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

#### 2.4.5.2 Χημικά αντιδραστήρια

Η κρισιμότερη ίσως προϋπόθεση για την επίτευξη σημαντικών αποτελεσμάτων είναι μια άριστη δειγματοληψία κατά την οποία πρέπει να αποφεύγονται πιθανές επιμολύνσεις του δείγματος. Οι πιθανές πηγές ρύπανσης βρίσκονται στα υλικά των δοχείων μεταφοράς ή αποθήκευσης, στην ατμόσφαιρα του εργαστηρίου, στον εξοπλισμό του εργαστηρίου, στα χημικά αντιδραστήρια και στους διαλύτες (Robertson DE., 1972).

Τα χημικά αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι υψηλής καθαρότητας χωρίς άλλες προσμίξεις. Τα πρότυπα πυκνά διαλύματα είναι και αυτά υψηλής καθαρότητας τα οποία κατασκευάζονται ειδικά για την ιοντική χρωματογραφία. Το ύδωρ είναι κι αυτό υψηλής καθαρότητας ( $>18\text{M}\Omega\text{cm}$  στους  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) και παράγεται από την ειδική συσκευή του εργαστηρίου, UHQ Ultra Pure Water.

Τα σκεύη που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις των εδαφών είναι κατασκευασμένα από γυαλί, πολυπροπυλένιο και πολυαιθυλένιο. Τα υάλινα σκεύη, ειδικά αυτά που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων είναι ανώτερης ποιότητας, τύπου A.

Τα σκεύη που χρησιμοποιούνται για τις αναλύσεις με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας καθαρίζονται και απολυμαίνονται μόνο με απορρυπαντικό και ξεπλένονται πολλές φορές με υπερκάθαρο νερό (Neal et. al., 2003).

#### 2.4.5.3 Προσδιορισμός των Νιτρικών και Νιτρωδών Ιόντων σε εδαφικά δείγματα με τη μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας

Τα νιτρικά και νιτρώδη ιόντα προσδιορίστηκαν σε εκχύλισμα που παρασκευάζεται αναμιγνύοντας έδαφος και ύδωρ σε αναλογίες 1:1 και 1:5 (Methods of Soil Analysis, 2000). Η αξιοπιστία της μεθόδου στηρίζεται στη μεγάλη διαλυτότητα στο ύδωρ των νιτρικών ιόντων.

Ο προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε με τη χρησιμοποίηση της στήλης προσδιορισμού των ανιόντων τύπου IC Anion Column Metrosep Anion Dual 2, 6.1006.100. Η στήλη περιέχει προστήλη για τη συγκράτηση στερεών, τύπου PRP-1. Η στήλη αποτελείται από πολυμεθακρυλικό άλας με τεταρτοταγείς αμμωνιακές βάσεις.

Ο προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων έγινε με ροή εκλουστικού διαλύματος  $0,8\text{ mL min}^{-1}$  και με τιμή πίεσης 37-40 bar. Πολλοί ερευνητές προτείνουν μεγαλύτερες ροές για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων. Βρέθηκε όμως από δοκιμές που έγιναν στο εργαστήριο με πρότυπα διαλύματα ότι η ιδανικότερη τιμή είναι  $0,8\text{ mL min}^{-1}$  για έδαφη.

Αυτό συμβαίνει γιατί το συγκεκριμένο όργανο χρειάζεται περισσότερο χρονικό διάστημα για να ανιχνεύσει και να προσδιορίσει με ακρίβεια τις συγκεντρώσεις χωρίς να χάσει κάποια ποσότητα δείγματος.

Για να αποφευχθούν τα λάθη και η καταστροφή της στήλης, κατά τη διάρκεια της μέτρησης, πρέπει το δείγμα να φιλτράρεται από φίλτρα διαμέτρου 0,45μm .

Το εκλουστικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων ήταν το εξής:

**1,3 mmol/L ανθρακικού νατρίου, υψηλής καθαρότητας + 2 mmol/L όξινου ανθρακικού νατρίου.**

Ο χρόνος απόδοσης των νιτρικών ιόντων στο χρωματογράφημα ήταν τα 10,5 λεπτά της ώρας και για τα νιτρώδη ιόντα τα 3,5 λεπτά, από τη στιγμή της εισόδου του δείγματος. Ανάλογα με τον αριθμό και το είδος των δειγμάτων που αναλύονται ο χρόνος αυτός μεγαλώνει κατά 1-1,5 λεπτά της ώρας. Ο χρόνος στον οποίο αποδίδεται κάθε στοιχείο καθορίστηκε με την πραγματοποίηση ανάλυσης πρότυπου διαλύματος για κάθε στοιχείο ή ένωση ξεχωριστά. Τα πρότυπα διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν περιέχουν μόνο το στοιχείο ή την ένωση που προσδιορίζεται. Έτσι το χρωματογράφημα που παράγεται είναι του στοιχείου.

Η μέτρηση των νιτρικών ιόντων πραγματοποιήθηκε με χημική καταστολή (μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκλουστικού διαλύματος) δηλαδή με τη χρησιμοποίηση αραιού διαλύματος θειικού οξέος, έτσι ώστε μετά από αυτή τη διαδικασία το εκλουστικό διάλυμα είχε ηλεκτρική αγωγιμότητα 14 μS cm<sup>-1</sup>.

Πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις ανάμεσα στη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας και στη μέθοδο της στήλης του επιχαλκωμένου καδμίου, για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων. Το ποσοστό των μεταξύ τους αποκλίσεων ήταν μικρότερο του 5 %. Έτσι με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας προσδιορίζονται με ακρίβεια τα νιτρικά ιόντα. Συγχρόνως η μέθοδος αυτή είναι οικονομικότερη, λιγότερο χρονοβόρα και λιγότερο επικίνδυνη από τη μέθοδο της στήλης του επιχαλκωμένου καδμίου. Η μέθοδος προσδιορισμού των νιτρικών ιόντων με την ιοντική χρωματογραφία αποδείχτηκε επίσης πιο αξιόπιστη για μικρές τιμές συγκεντρώσεων από αυτή της στήλης καδμίου.

#### 2.4.5.4 Παρασκευή πρότυπων υδατικών διαλυμάτων των ανιόντων.

Πρότυπα διαλύματα ανιόντων  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  (ppm)

Τα πρότυπα αυτά διαλύματα παρασκευάστηκαν με διάλυση του περιεχομένου της αντίστοιχης αμπούλας (1g) σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL και συμπλήρωση μέχρι τη χαραγή με το εκλουστικό διάλυμα (eluent).

Τα πυκνά διαλύματα φυλάσσονταν σε φιάλες από πολυαιθυλένιο σε θερμοκρασία 4oC. Πριν από κάθε μέτρηση παρασκευάζονταν σειρά πρότυπων διαλυμάτων, μεταφέροντας σε ογκομετρικές φιάλες των 100mL τις κατάλληλες ποσότητες του πυκνού διαλύματος και συμπληρώνοντας με εκλουστικό διάλυμα μέχρι τη χαραγή. Τα διαλύματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης. Σε τακτά χρονικά διαστήματα εφαρμοζόταν η μέθοδος της σταθερής προσθήκης, για να περιοριστούν οι παρεμποδίσεις των ποικίλων συστατικών των δειγμάτων.

### 2.5 Ψηφιακοί θεματικοί χάρτες.

#### Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

Ο προσδιορισμός και η απεικόνιση των τιμών των εδαφικών παραμέτρων: pH, ECa, της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία, της μηχανικής σύστασης, της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) και της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων ( $\text{NO}_2^-$ ) αφορούν την περιοχή της Ελασσόνας στο νομό Λάρισας. Για το σκοπό αυτό έγινε προμήθεια των σχετικών τοπογραφικών διαγραμμάτων της περιοχής.

Την περιοχή μελέτης κάλυπταν 8 φύλλα τοπογραφικών διαγραμμάτων με κλίμακα 1 : 500 τα οποία και ψηφιοποιήθηκαν.

Κάθε ένα τοπογραφικό διάγραμμα (σε αδιάστατο χαρτί) τοποθετήθηκε με ιδιαίτερη προσοχή στον ψηφιοποιητή και ακολούθησε η διαδικασία της ψηφιοποίησης. Ορίστηκαν τα όρια των χαρτών και προσδιορίστηκαν οι μονάδες του ψηφιοποιητή σε ίντσες. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η δόμηση της Γεωγραφικής Βάσεως Δεδομένων με τα επίπεδα που ήταν απαραίτητα να ψηφιοποιηθούν.

Η διαδικασία του ορισμού των γεωγραφικών χαρακτηριστικών και των περιγραφικών δεδομένων και η οργάνωση αυτών των πληροφοριών σε επίπεδα καθορίζει και τα επίπεδα που θα περιλαμβάνει η Γεωγραφική Βάση Πληροφοριών.



Έτσι τα επίπεδα που χρειάζονται για μια καλή απεικόνιση περιλαμβάνουν :

- Σημεία δειγματοληψίας (σημεία)
- Οδικό δίκτυο (γραμμές)
- Υψομετρικά σημεία (σημεία)
- Ισοϋψείς (γραμμές)
- Όριο του χάρτη (πολύγωνα)
- Επίπεδο των TICS ή GCP, Ground Control Points, (σημεία αναφοράς)

Τυπικά, τα επίπεδα οργανώνονται έτσι ώστε τα σημεία, οι γραμμές και τα πολύγωνα να αποθηκεύονται σε ξεχωριστά επίπεδα. Για παράδειγμα τα σημεία δειγματοληψίας παριστάνονται με σημεία που αποθηκεύονται ως ένα επίπεδο, ενώ οι δρόμοι παριστάνονται με γραμμές και αποθηκεύονται σε άλλο επίπεδο. Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά μπορούν επίσης να οργανωθούν θεματικά σύμφωνα με αυτό που αντιπροσωπεύουν.

Έτσι το οδικό δίκτυο μπορεί να οργανωθεί σε ένα επίπεδο και οι ισοϋψείς σε ένα άλλο. Ενώ το οδικό δίκτυο και οι ισοϋψείς είναι και τα δύο γραμμικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά, εν τούτοις είναι χρήσιμο να αποθηκεύονται σε διαφορετικά επίπεδα.

Επειδή οι γεωγραφικές τους πληροφορίες διαφέρουν σημαντικά, το οδικό δίκτυο και οι ισοϋψείς αποθηκεύτηκαν σε διαφορετικά επίπεδα με αναφορά όμως στην ίδια γεωγραφική περιοχή.

Έτσι, σε κάθε χάρτη ψηφιοποιήθηκε ένα κενό επίπεδο μόνο με τα TICS. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του κέρσορα του ψηφιοποιητή, ψηφιοποιήθηκαν ως ανεξάρτητα ξεχωριστά επίπεδα ή layers, τα σημεία δειγματοληψίας, το οδικό δίκτυο, τα υψομετρικά σημεία, οι ισοϋψείς και το όριο του χάρτη.

Από τη στιγμή που κάθε θεματικός χάρτης ψηφιοποιήθηκε, αυτομάτως τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά βρέθηκαν αποθηκευμένα με τη μορφή  $x, y$  συντεταγμένων στη βάση δεδομένων μαζί με τις περιγραφικές πληροφορίες τους σε ένα πίνακα γνωστό με το όνομα πίνακας πληροφοριών των γεωγραφικών χαρακτηριστικών ή AAT (Arc Attribute Table) και PAT (Polygon ή Point Attribute Table) για τα σημεία τις γραμμές και τα πολύγωνα.

Δημιουργήθηκαν μητρικά tic αρχεία και αρίθμηση κάθε tic με ένα μοναδικό αριθμό ID και ορισμός των συντεταγμένων για κάθε tic με βάση τις συντεταγμένες του χάρτη. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένας πίνακας με τα ID των tics και τις συντεταγμένες τους. Ακολούθησε προσδιορισμός και διόρθωση τυχόν λαθών της ψηφιοποίησης.

## **Προσδιορισμός λαθών από την ψηφιοποίηση.**

Μετά τη διαδικασία της ψηφιοποίησης εφαρμόστηκε το ARC/INFO v. 3.5.2 προκειμένου να γίνει επισήμανση και μετέπειτα διόρθωση λαθών. Το ARC/INFO v. 3.5.2, δίδει τη δυνατότητα να εντοπιστούν τυχόν ατέλειες στην απόδοση της πραγματικότητας καθώς προσδιορίζει με ειδικά σύμβολα τα λάθη στην ψηφιοποίηση.

Μερικά από τα συνήθη λάθη τα οποία η τοπολογία μπορεί να προσδιορίσει είναι :

- Τόξα που δεν συνδέονται μεταξύ τους,
- Πολύγωνα ανοιχτά,
- Πολύγωνα που δεν έχουν label point ή που έχουν περισσότερα από ένα και
- Ταυτότητες σημείων που δεν είναι μοναδικές

Το ARC/INFO v. 3.5.2 παρέχει για δημιουργία τοπολογίας αυτόματα δύο εντολές: build και clean. Η εντολή build χρησιμοποιείται για τα σημεία, τις γραμμές και τα πολύγωνα ενώ η clean μόνο για τις γραμμές και τα πολύγωνα. Τα παραπάνω λάθη αντιμετωπίστηκαν με την εντολή build για δημιουργία τοπολογίας.

Είναι απαραίτητο και πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή ή στη διόρθωση μικρών λαθών κατά την ψηφιοποίηση και τούτο διότι υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργηθούν στρεβλώσεις, μεταξύ των διαφόρων επιπέδων. Έτσι, αν οι συντεταγμένες δε συμπίπτουν ακριβώς, θα υπάρξουν προβλήματα ταύτισης : π.χ. δημιουργία ανεπιθύμητων στενόμακρων πολυγώνων, ανώμαλες άκρες στους χάρτες και ανακριβείς μετρήσεις στην επεξεργασία δεδομένων.

Για να μετατραπούν οι μονάδες των TICS σε δεκαδικές μοίρες, οι μοίρες αφήνονται ως έχουν και ως δεκαδικό μέρος αθροίζονται τα αποτελέσματα της διαίρεσης των μεν λεπτών της μοίρας με το 60, των δε δευτερολέπτων με το 3600.

Οι ψηφιοποιημένοι χάρτες, με τη χρήση των εντολών mapjoin, append και edgematch του ARC/INFO v. 3.5.2, ενώθηκαν σε ένα ενιαίο χάρτη.

## **Σύστημα προβολής χαρτών.**

Οι περισσότεροι χάρτες παρουσιάζουν τα δεδομένα σύμφωνα με ένα αναγνωρισμένο σφαιρικό σύστημα συντεταγμένων όπως είναι για παράδειγμα το Universal Transverse Mercator (UTM), το Albers Conical Equal (ACE) και το Area Polar Stereographic System (APSS). Πρόκειται για παραδείγματα προβολών χαρτών που χρησιμοποιούνται για να

παραστήσουν ελλειπτικά χαρακτηριστικά σε μια επίπεδη επιφάνεια. Βέβαια τα προβολικά συστήματα που υπάρχουν σήμερα είναι πάνω από 300.

Λαμβανομένου υπόψη ότι η Γη είναι ένα σφαιροειδές, πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια μαθηματική μετατροπή για να δημιουργηθεί ένας επίπεδος χάρτης από την σφαιροειδή επιφάνεια. Η μαθηματική αυτή μετατροπή αναφέρεται συχνά ως χαρτογραφική προβολή (map projection).

Οι τιμές του γεωγραφικού πλάτους και μήκους δεν είναι στο Καρτεσιανό Σύστημα Συντεταγμένων αλλά σε ένα γεωγραφικό σύστημα αναφοράς. Οι τιμές όμως αυτές είναι οι πλέον διαθέσιμες ακριβείς μετρήσεις σε πολλούς χάρτες.

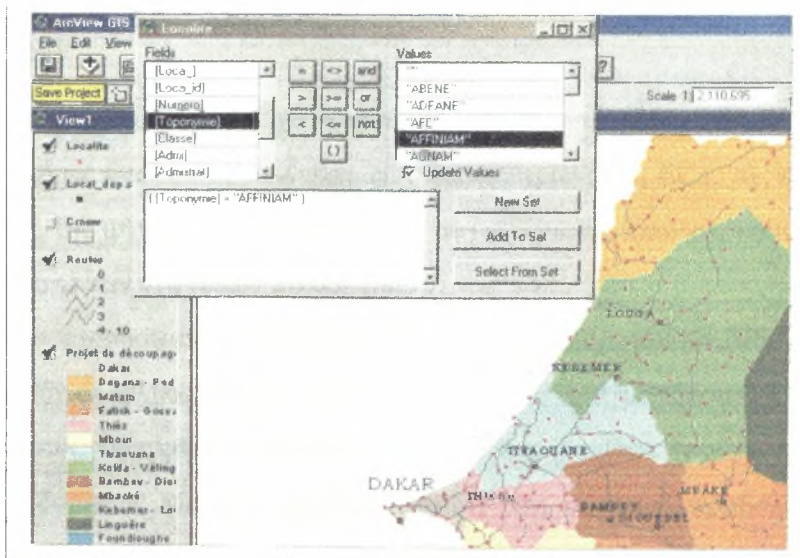
Με τη βοήθεια του ARC/INFO v. 3.5.2, οι τιμές αυτές μετατράπηκαν σε ένα Καρτεσιανό Σύστημα Προβολής το οποίο ονομάζεται “ Lambert Azimuthal ” . το σύστημα αυτό επιλέχθηκε μεταξύ των άλλων ως το καλύτερο διότι έχει τη μικρότερη παραμόρφωση ως προς την επιφάνεια και ως προς τη διεύθυνση, διατηρεί δηλαδή το σχήμα του χάρτη σχεδόν αναλλοίωτο.

## Εφαρμογή του ArcGIS v. 8.2 Desktop.

Το ArcGIS v. 8.2 desktop αποτελείται από τέσσερα επιμέρους λογισμικά προγράμματα όπως είναι το ArcView, το ArcMap, το ArcEditor και το ArcInfo.

### ArcView

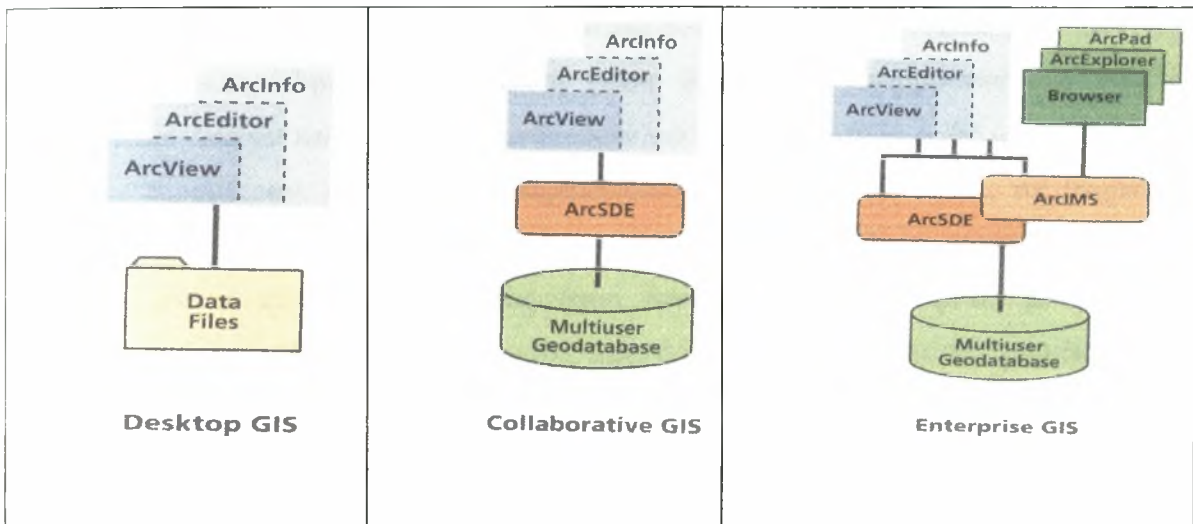
Πρόκειται για εργαλείο-κλειδί στο ArcGIS καθώς παρέχει λειτουργικότητα στη διαχείριση και επεξεργασία των χαρτών. Μια άποψη αυτού διακρίνεται στην ακόλουθη εικόνα 2.6.



Εικόνα 2.6 Απεικόνιση του ArcView.

Το ArcGIS 8.2 desktop είναι ένα σύνολο αλληλένδετων λογισμικών με το ίδιο υπόβαθρο και προφίλ. Στο σχήμα που ακολουθεί διαπιστώνεται ο τρόπος με τον οποίο το ArcGIS διαρθρώνεται κλιμακωτά.

### ArcGIS is Scalable



Εικόνα 2.7 Διάρθρωση του ArcGIS.

Χρησιμοποιήθηκαν εκτεταμένα οι τρεις εφαρμογές του ArcView :

- Arc Catalog
- Arc Map και
- Arc Toolbox

Με τον Arc Catalog δομήθηκε η γεωγραφική βάση δεδομένων και έγινε διαχείριση των αποτελεσμάτων από τις αναλύσεις των εδαφικών παραμέτρων: pH, ECa, της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία, της μηχανικής σύστασης, της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) και της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_2^-$ ).

Προκειμένου να παρουσιαστούν, να προστεθούν και να απορριφθούν δεδομένα καθώς και για να απεικονιστούν οι τελικές μορφές των χαρτών και να πραγματοποιηθεί η ανάλυση των χαρακτηριστικών τους, εφαρμόστηκε το Arc Map. Το Arc Toolbox χρησιμοποιήθηκε για τη μετατροπή των δεδομένων και την προβολή αυτών, στο σύστημα προβολής “ **Lambert Azimuth** ”.

Έτσι, τα επίπεδα των χαρτών που είχαν ψηφιοποιηθεί, προβλήθηκαν στο επίπεδο της γήινης επιφάνειας και έγινε εφικτή η μετέπειτα σωστή και ολοκληρωμένη διαχείριση των δεδομένων.

Πραγματοποιήθηκε η δόμηση της βάσεως δεδομένων εισάγοντας τις τιμές : των εδαφικών παραμέτρων pH, ECa, της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία, της μηχανικής σύστασης, της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) και της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_2^-$ ). Αφού ολοκληρώθηκε η γεωγραφική βάση δεδομένων, εφαρμόστηκε το ArcGIS Geostatistical Analyst προκειμένου να αναλυθούν και να προβλεφθούν οι άγνωστες τιμές των εδαφικών παραμέτρων: pH, ECa, της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία, της μηχανικής σύστασης, της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) και της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_2^-$ ), στις θέσεις όπου δεν έγινε δειγματοληψία, με βάση τη γεωστατιστική ανάλυση από τις ήδη γνωστές τιμές των ανωτέρω στα σημεία δειγματοληψίας.

#### **ArcGIS Geostatistical Analyst.**

Το ArcGIS Geostatistical Analyst χρησιμοποιεί ντετερμινιστικές και γεωστατιστικές μεθόδους προκειμένου να προτυποποιήσει τις επιφάνειες. Περιλαμβάνει εργαλεία για χωρική ανάλυση δεδομένων και ένα γεωστατιστικό μενού εργαλείο (Geostatistical Wizard) που οδηγεί τη διαδικασία δημιουργίας μιας στατιστικά ορθής επιφάνειας.

Οι νέες επιφάνειες που δημιουργούνται με τη βοήθεια της Γεωστατιστικής μπορούν να απεικονιστούν σε ένα Γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών. Με το εργαλείο αυτό, Geostatistical Analyst, επιτυγχάνεται ο συνδυασμός της Γεωστατιστικής και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Η δημιουργία επιφανειών με το Geostatistical Analyst ακολούθησε τα εξής βήματα κλειδιά :

1. Διερευνητική Χωρική Ανάλυση των Δεδομένων (**Exploratory Spatial Data Analysis, ESDA**)
2. Ανάλυση της δομής της επιφάνειας (Υπολογισμοί και προτυποποίηση των ιδιοτήτων γειτονικών επιφανειών)
3. Πρόβλεψη επιφανειών και αιτιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Η διερευνητική χωρική ανάλυση των δεδομένων (ESDA) χρησιμοποιεί τις γνωστές τιμές των δεδομένων για μια συγκεκριμένη περιοχή και αναλύει στατιστικά τα δεδομένα αυτά, δημιουργώντας το ιστόγραμμα, την ανάλυση τάσης των τιμών των μεταβλητών, το γράφημα των Quartiles, τα γραφήματα της ημιπαραλλακτικότητας (semivariogram) και της παραλλακτικότητας (covariance).

Με το Geostatistical Analyst μπορούν να δημιουργηθούν προβλέψεις με μεγάλη ακρίβεια για τις θέσεις στην ίδια περιοχή όπου δεν έχουν μετρηθεί οι τιμές της μεταβλητής ή των μεταβλητών.

Έτσι, για την περιοχή της μελέτης, εφαρμόστηκε το Geostatistical Analyst σε θέσεις με γνωστές τιμές των εδαφικών παραμέτρων: pH, ECa, της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία, της μηχανικής σύστασης, της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) και της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_2^-$ ) και διαδοχικά πραγματοποιήθηκε πρόβλεψη τιμών για τις γειτονικές θέσεις της περιοχής.

Με τη βοήθεια του εργαλείου αυτού, αιτιολογήθηκαν, οι στατιστικές ιδιότητες των δεδομένων όπως η χωρική παραλλακτικότητα ή μεταβλητότητα, οι επιπτώσεις από τη μεταβολή αυτή καθώς και οι γεωγραφικές τάσεις των χαρακτηριστικών των τιμών.

Η Γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων αποτελείται από δύο φάσεις: την προτυποποίηση του διαγράμματος της ημί-παραλλακτικότητας ή της παραλλακτικότητας των τιμών εξεταζόμενων ιδιοτήτων ή μεταβλητών της υπό εξέταση περιοχής και την εφαρμογή της γεωστατιστικής μεθόδου Kriging σε αυτήν την περιοχή. Μεγάλος αριθμός από επιμέρους μεθόδους Kriging είναι διαθέσιμος για τη δημιουργία συνεχών επιφανειών χωρικής μεταβλητότητας στη Γεωστατιστική ανάλυση και περιλαμβάνει την Ordinary Kriging, τη Simple Kriging, τη Universal Kriging, την Indicator Kriging, την Probability Kriging και τη Disjunctive Kriging.

Για τη πρόβλεψη των άγνωστων τιμών: των εδαφικών παραμέτρων: pH, ECa, της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία, της μηχανικής σύστασης, της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) και της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_2^-$ ) χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα η μέθοδος **Ordinary Kriging**.

Το διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας (semivariogram/covariance wizard) χρησιμοποιήθηκε για να προσαρμοστεί το πιο κατάλληλο πρότυπο πρόβλεψης σε κάθε περίπτωση. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του καλύτερα προσαρμοσμένου προτύπου, χρησιμοποιήθηκαν αργότερα για να απεικονιστεί σε χάρτη η συνεχής επιφάνεια της πρόβλεψης των ανωτέρω άγνωστων τιμών.

Ποικίλοι τύποι χαρτών μπορούν να παραχθούν με τη βοήθεια της Γεωστατιστικής Ανάλυσης συμπεριλαμβανομένων των χαρτών πρόβλεψης, των χαρτών Quantile, των χαρτών πιθανότητας και αυτών που αφορούν στα ενδεχόμενα λάθη που προκύπτουν από την πρόβλεψη του πιο κατάλληλου προτύπου.

Στην συγκεκριμένη εργασία, κατασκευάστηκαν χάρτες πρόβλεψης των τιμών των εδαφικών παραμέτρων: pH, ECa, της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία, της μηχανικής σύστασης, της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) και της συγκέντρωσης των νιτροδών ιόντων ( $\text{NO}_2^-$ ) και στα δυο βάθη δειγματοληψίας.

Ενώ είναι απλή σχετικά διαδικασία να δημιουργηθεί μια επιφάνεια (χάρτης) χρησιμοποιώντας τη Γεωστατιστική Ανάλυση, τα παρακάτω **βήματα – στάδια** ήταν απαραίτητο να εφαρμοστούν :

- Προσθήκη επιπέδων και παρουσίασή τους σε βάση δεδομένων στο ArcMap.
- Προσδιορισμός των στατιστικών ιδιοτήτων των δεδομένων.
- Επιλογή του κατάλληλου προτύπου για τη δημιουργία επιφάνειας (ESDA).
- Στατιστική επιβεβαίωση του καλύτερου προτύπου και
- Σύγκριση των επιφανειών που δημιουργήθηκαν.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1. Αποτελέσματα αναλύσεων των εδαφικών δειγμάτων.

Στον πίνακα 1α του παραρτήματος παρουσιάζονται οι φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών της περιοχής της Ελασσόνας. Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές του pH, της E.C.<sub>1:1</sub> και της οργανικής ουσίας.

**Πίνακας 3.1.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές pH, E.C.<sub>1:1</sub> και οργανικής ουσίας στα εδάφη της περιοχής της Ελασσόνας σε βάθος 0-30 cm (n = 75).

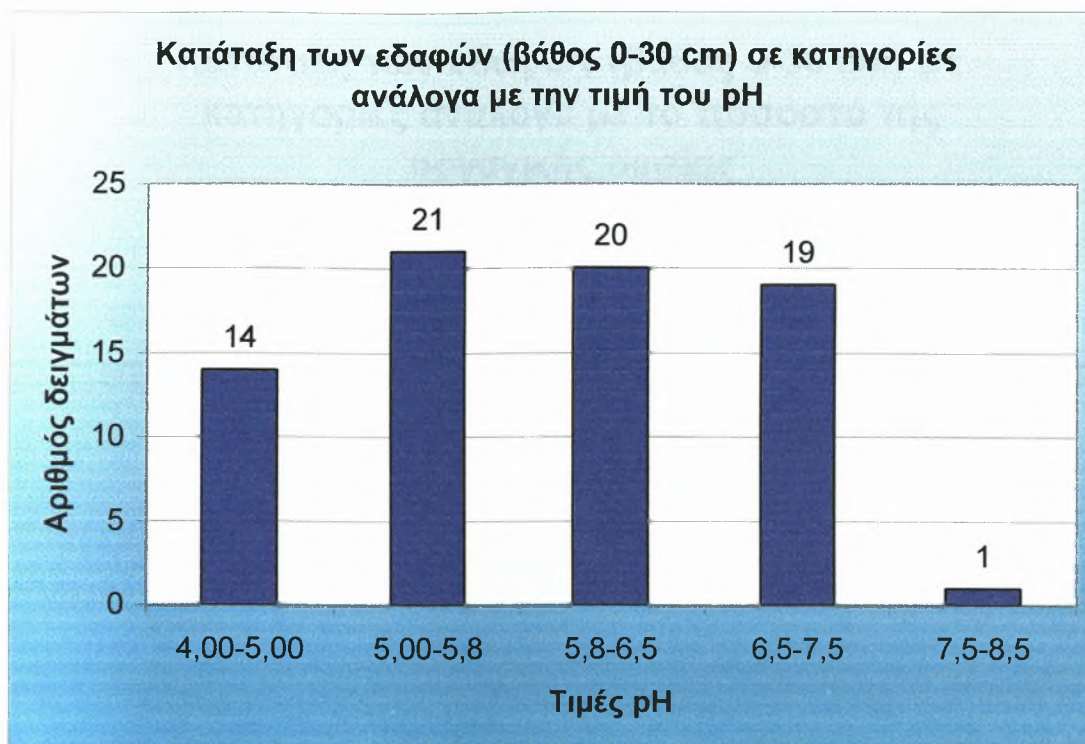
	pH	EC <sub>1:1</sub> ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Οργανική Ουσία (%)
<b>Ελάχιστη τιμή</b>	4.00	69.9	0.17
<b>Μέγιστη τιμή</b>	7.5	636	4.00
<b>Μέση τιμή</b>	--	--	2.00
<b>C.V.%</b>	--	--	41.85

Η τιμή του pH των εδαφικών δειγμάτων σε βάθος 0-30 cm κυμάνθηκε από 4.00 έως 7.5. Τα εδάφη κατατάσσονται σε κατηγορίες με βάση την τιμή του pH (πίνακας 3.2). Στο σχήμα 3.1 παρουσιάζεται ιστόγραμμα κατάταξης των εδαφών σε κατηγορίες με βάση την τιμή του pH στην περιοχή της Ελασσόνας σε βάθος 0-30 cm.

**Πίνακας 3.2.** Κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες ανάλογα με την τιμή του pH (MAFF, 1988; Rowell, 1995; Μήτσιος, 2000)

Δείκτες Εδαφικού pH	Χαρακτηρισμός
4-5	Πολύ ισχυρώς όξινα
5-5.8	Ισχυρώς όξινα
5.8-6.5	Μετρίως όξινα
6.5-7.5	Ουδέτερα
7.5-8.5	Ελαφρώς αλκαλικά
>8.5	Αλκαλικά



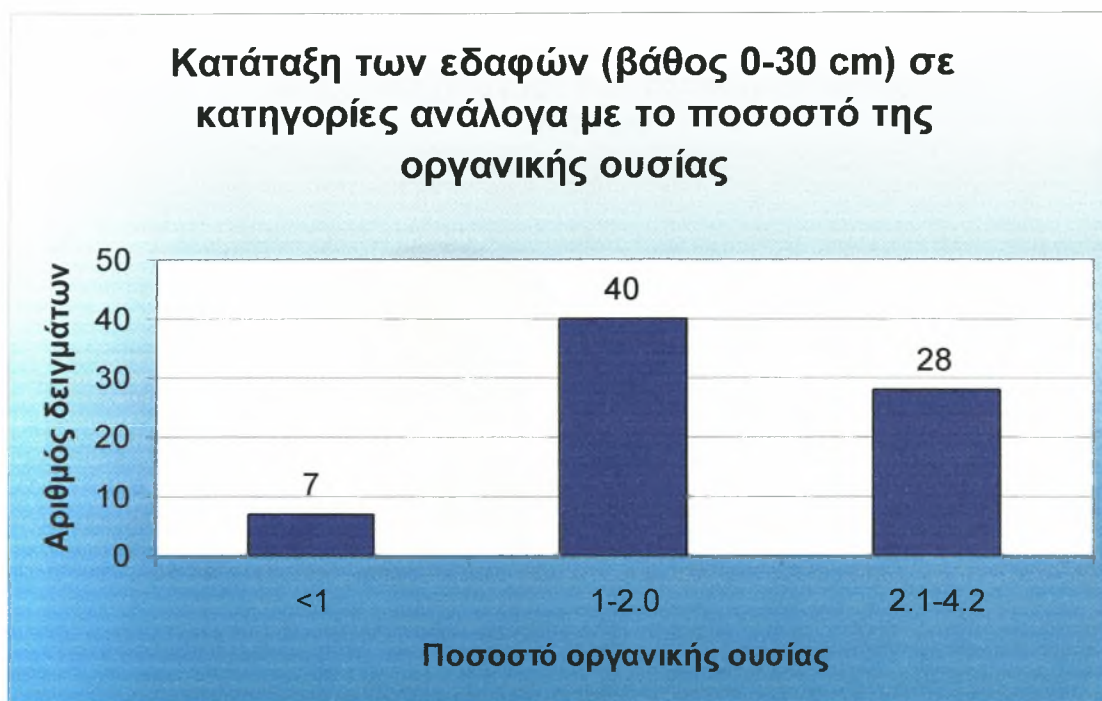


**Σχήμα 3.1.** Κατάταξη των εδαφών της περιοχής της Ελασσόνας σε βάθος 0-30 cm σε κατηγορίες ανάλογα με την τιμή του pH (MAFF, 1988; Rowell, 1995; Μήτσιος, 2000).

Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ( $E.C_{1:1}$ ) των εδαφών της περιοχής της Ελασσόνας σε βάθος 0-30 cm κυμάνθηκε από 69.9 έως 636  $\mu S\ cm^{-1}$ . Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των εδαφικών δειγμάτων της περιοχής της Ελασσόνας σε βάθος 0-30 cm κυμάνθηκε από 0.17 έως 4%. Τα εδάφη κατατάσσονται σε κατηγορίες με βάση την οργανική ουσία (πίνακας 3.3). Στο σχήμα 3.2 παρουσιάζεται το ιστόγραμμα κατάταξης των εδαφών σε κατηγορίες με βάση την οργανική ουσία στην περιοχή της Ελασσόνας σε βάθος 0-30 cm.

**Πίνακας 3.3.** Κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες ανάλογα με τα ποσοστά σε οργανική ουσία (Μήτσιος, 2000)

Κατηγορίες	Οργανική Ουσία %
Πολύ υψηλή	>6
Υψηλή	4.3-6
Μέση	2.1-4.2
Χαμηλή	1.0-2.0
Πολύ χαμηλή	<1



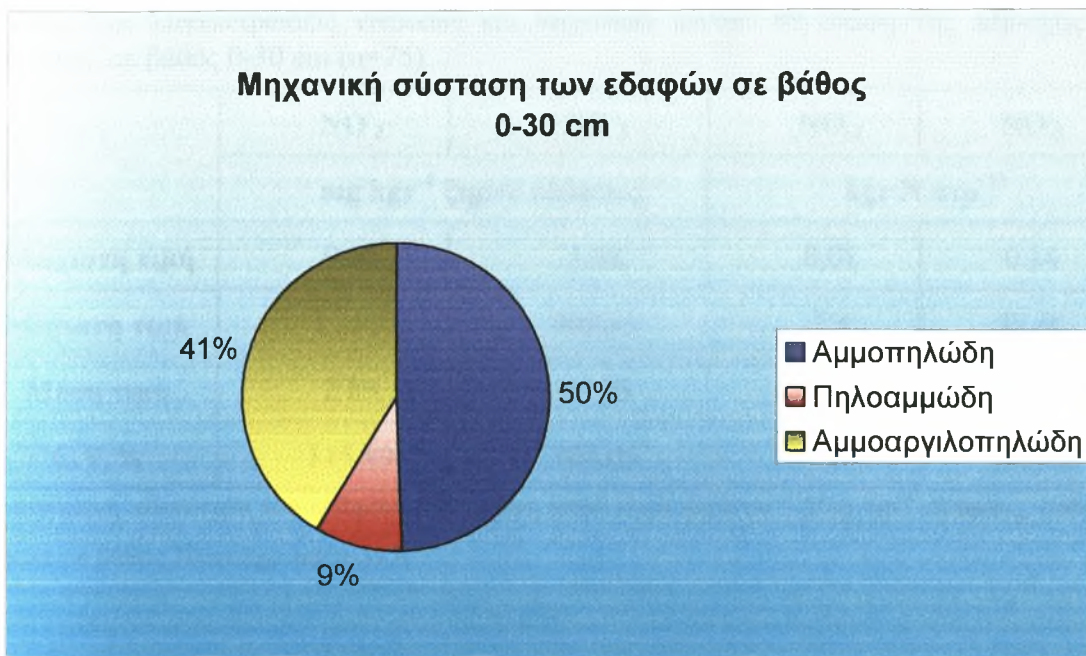
**Σχήμα 3.2.** Κατάταξη των εδαφών της περιοχής της Ελασσόνας σε βάθος 0-30 cm σε κατηγορίες ανάλογα με το ποσοστό της οργανικής ουσίας.

Στον πίνακα 3.4 παρουσιάζεται η μηχανική σύσταση των εδαφών της περιοχής της Ελασσόνας σε βάθος 0-30 cm.

**Πίνακας 3.4.** Μηχανική σύσταση των εδαφικών δειγμάτων της περιοχής της Ελασσόνας σε βάθος 0-30 cm (n=75).

	Άμμος	Άργιλος	Ιλύς
	%		
<b>Ελάχιστη τιμή</b>	51	7.3	3.2
<b>Μέγιστη τιμή</b>	86	33	22.3
<b>Τυπική απόκλιση</b>	9	5.7	5.00

Με βάση τη μηχανική σύσταση των εδαφών (βάθος 0-30cm) τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως αμμοπηλώδες, πηλοαμμώδες και αμμοαργιλοπηλώδες σε ποσοστά 50%, 9% και 41% αντίστοιχα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.3.



**Σχήμα 3.3.** Μηχανική σύσταση των εδαφών με ποσοστά επί του συνόλου των εδαφικών δειγμάτων στην περιοχή της Ελασσόνας σε βάθος 0-30 cm.

### 3.2 Συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων στα εδάφη της περιοχής της Ελασσόνας.

Στους πίνακες 2α και 2β του παραρτήματος παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων των εδαφών της περιοχής της Ελασσόνας. Με βάση τους πίνακες αυτούς σχηματίστηκε ο πίνακας 3.5 στον οποίο παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων στα εδάφη της περιοχής της Ελασσόνας σε βάθος 0-30cm εκφρασμένες σε  $\text{mg kg}^{-1}$  ξ.ε. Επίσης παρουσιάζονται οι ποσότητες των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων που αντιστοιχούν στις εκάστοτε συγκεντρώσεις σε κιλά ανά στρέμμα ( $\text{kg N στρ}^{-1}$ ). Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων μετατράπηκαν από  $\text{mg kg}^{-1}$  ξ.ε. σε  $\text{kg N στρ}^{-1}$  λαμβανομένου υπ' όψην ότι όταν η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους είναι  $1.25 \text{ gr cm}^{-3}$  σε βάθος 30cm η μάζα του εδάφους το στρέμμα ανέρχεται σε 375 τόνους.

**Πίνακας 3.5.** Συγκεντρώσεις νιτρικών και νιτρωδών ιόντων σε εδάφη της περιοχής της Ελασσόνας σε βάθος 0-30 cm (n=75).

	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	mg kg <sup>-1</sup> ξηρού εδάφους		kg N στρ <sup>-1</sup> *	
<b>Ελάχιστη τιμή</b>	0.05	1.68	0.01	0.14
<b>Μέγιστη τιμή</b>	21.02	408.65	2.4	34.60
<b>Μέση τιμή</b>	2.89	67.48	0.33	5.71
<b>C.V.%</b>	115.89	103.04	115.89	103.04

\*Η φαινόμενη πυκνότητα του εδάφους στα εδάφη αυτά είναι περίπου 1,25gr cm<sup>-3</sup> εδάφους, οπότε το στρέμμα σε βάθος 30cm έχει μάζα 375t.

Η συγκέντρωση των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκε από 0.05 έως 21.02 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους, με μέση τιμή 2.89 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους. Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκε από 1.68 έως 408.65 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους, με μέση τιμή 67.48 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους. Η ποσότητα του άζωτο που αντιστοιχεί στην συγκέντρωση των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκε από 0.01 έως 2.4 kg N στρ<sup>-1</sup>, με μέση τιμή 0.33 kg N στρ<sup>-1</sup>. Η ποσότητα του αζώτου που αντιστοιχεί στην συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκε από 0.14 έως 34.60 kg N στρ<sup>-1</sup>, με μέση τιμή 5.71 kg N στρ<sup>-1</sup>.

### 3.3 Ψηφιακοί θεματικοί χάρτες.

Για τη δημιουργία των θεματικών χαρτών χρησιμοποιήθηκαν, όπως προαναφέρθηκε, γεωστατιστικές και προκαθοριστικές μέθοδοι.

Για την επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου έγιναν δοκιμές και συγκρίσεις των μεθόδων παρεμβολής (ordinary, simple, universal, indicator, probability και disjunctive kriging) και των προτύπων (μαθηματικών μοντέλων) (Circular, Spherical, Tetraspherical, Pentaspherival, Exponential, Gaussian, Rational quadratic, Hole Effect, k-Bessel, j-Bessel και Stable).

Για τη δημιουργία των θεματικών χαρτών τελικά επιλέχθηκε η μέθοδος εσωεκτίμησης Ordinary Kriging ενώ για την επιλογή του καταλληλότερου προτύπου εκτίμησης της συνεχούς παραλλακτικότητας κάθε παραμέτρου που μελετήθηκε, δημιουργήθηκαν και εξετάστηκαν τα γραφήματα της ημιπαραλλακτικότητας, της διασποράς των τιμών και της ανάλυσης τάσης για κάθε μία από τις παραμέτρους που μελετήθηκε.

Τα πρότυπα, που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία χαρτών εκτίμησης της συνεχούς παραλλακτικότητας των μελετηθέντων παρουσιάζονται στον πίνακα 3.6.

**Πίνακας 3.6.** Πρότυπα εκτίμησης συνεχών επιφανειών των μελετηθέντων παραμέτρων.

<b>Μηχανική σύσταση σε βάθος 0-30 cm</b>	<b>Spherical</b>
<b>Οργανική ουσία σε βάθος 0-30 cm</b>	<b>Spherical</b>
<b>pH σε βάθος 0-30 cm</b>	<b>Spherical</b>
<b>EC σε βάθος 0-30 cm</b>	<b>Hole Effect</b>
<b>Συγκέντρωση NO<sub>2</sub> σε βάθος 0-30 cm</b>	<b>Spherical</b>
<b>Συγκέντρωση NO<sub>3</sub> σε βάθος 0-30 cm</b>	<b>Spherical</b>

Αρχικά δημιουργήθηκε ο χάρτης αναφοράς στον οποίο φαίνεται όλη η περιοχή της Ελασσόνας του νομού Λάρισας η οποία ψηφιοποιήθηκε (Σταματοπούλου, Μήτσιος και Φλωράς, 2002).

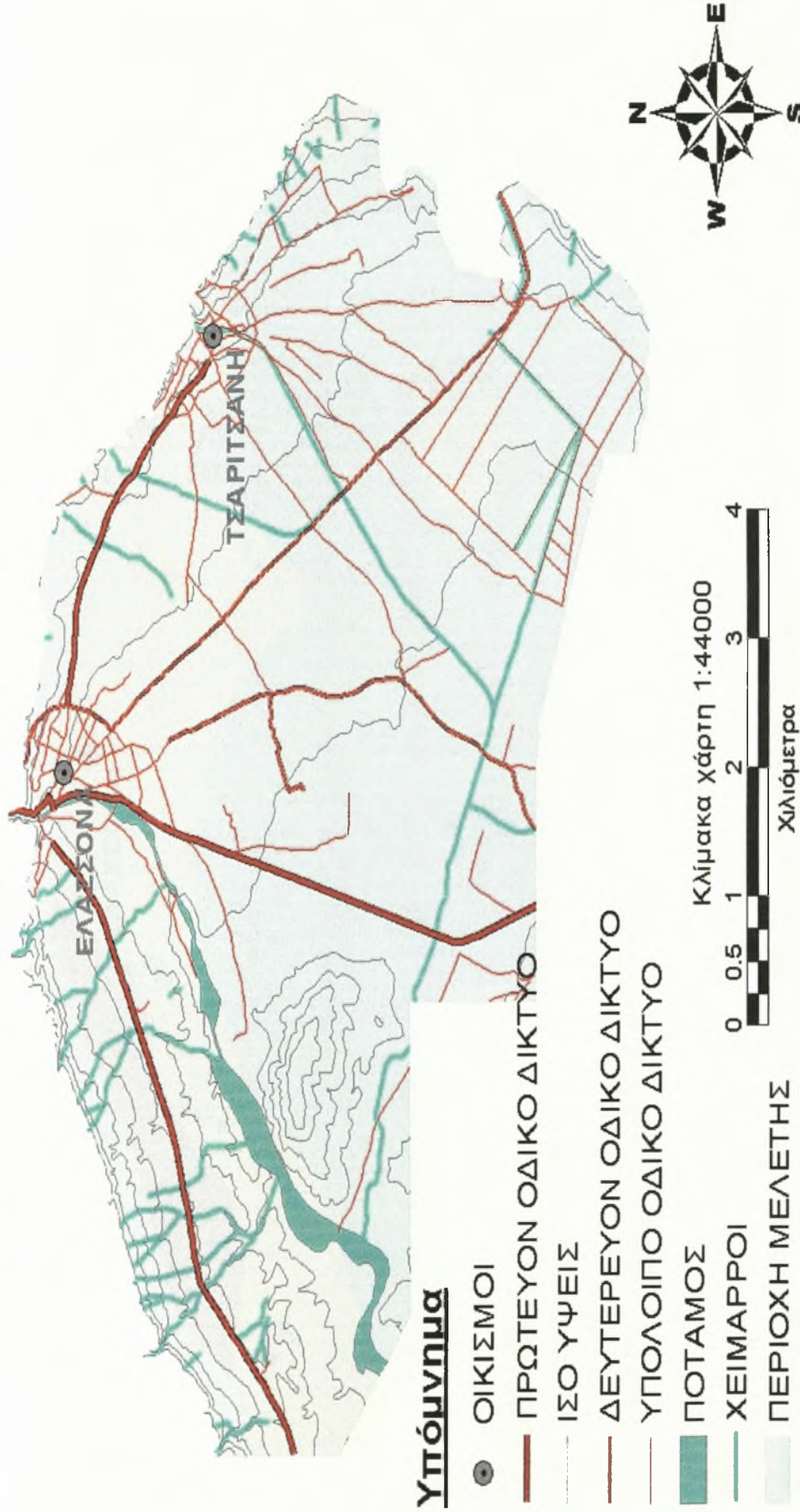
Στο χάρτη αναφοράς παρουσιάζεται το εδαφικό ανάγλυφο, το οδικό δίκτυο, αλλά και το υδρογραφικό δίκτυο, επίσης παρουσιάζονται οι οικισμοί από τους οποίους συνελέγησαν τα εδαφικά δείγματα σε βάθος 0-30 cm (χάρτης 1).

## Θεματικοί Ψηφιακοί Χάρτες

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι θεματικοί ψηφιακοί χάρτες.

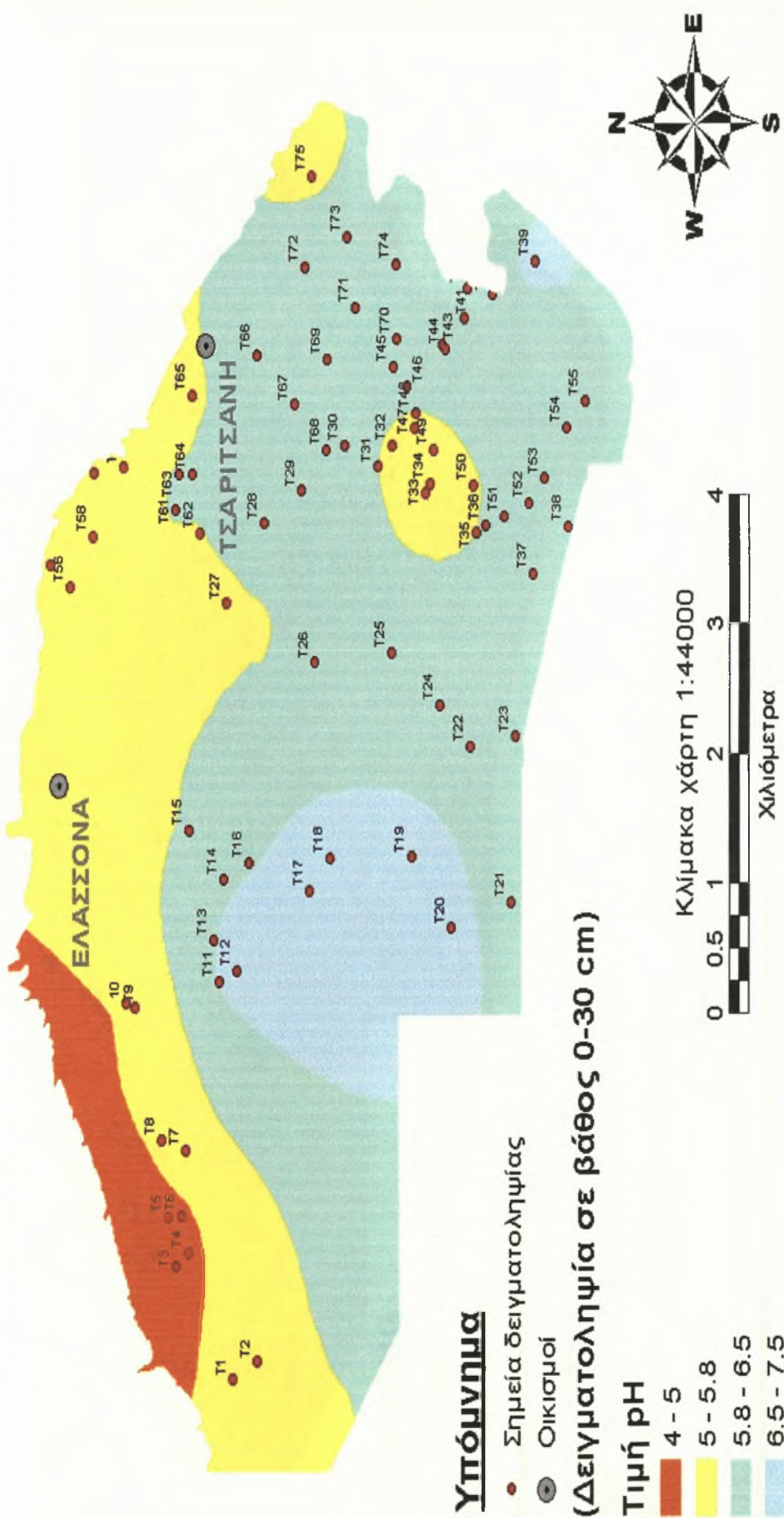
- Στο χάρτη 1 απεικονίζονται οι ισοϋψείς, το οδικό δίκτυο, το υδρογραφικό δίκτυο και οι οικισμοί της περιοχής της Ελασσόνας.
- Στο χάρτη 2 πραγματοποιείται η εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής του pH και η κατάταξη των μελετούμενων εδαφών σε κατηγορίες.
- Στο χάρτη 3 πραγματοποιείται η εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και η κατάταξη των μελετούμενων εδαφών σε κατηγορίες.
- Στο χάρτη 4 πραγματοποιείται η εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της μηχανικής σύστασης και η κατάταξη των μελετούμενων εδαφών σε κατηγορίες.
- Στο χάρτη 5 πραγματοποιείται η εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας του ποσοστού της οργανικής ουσίας και η κατάταξη των μελετούμενων εδαφών σε κατηγορίες.
- Στο χάρτη 6 πραγματοποιείται η εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας των νιτρικών ιόντων και η κατάταξη των μελετούμενων εδαφών σε κατηγορίες.
- Στο χάρτη 7 πραγματοποιείται η εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας των νιτρικών ιόντων και η κατάταξη των μελετούμενων εδαφών σε κατηγορίες.

# Χάρτης ισοψών, οδικού δικτύου και υδρογραφικού δικτύου στη περιοχή Ελασσόνας



Χάρτης 1

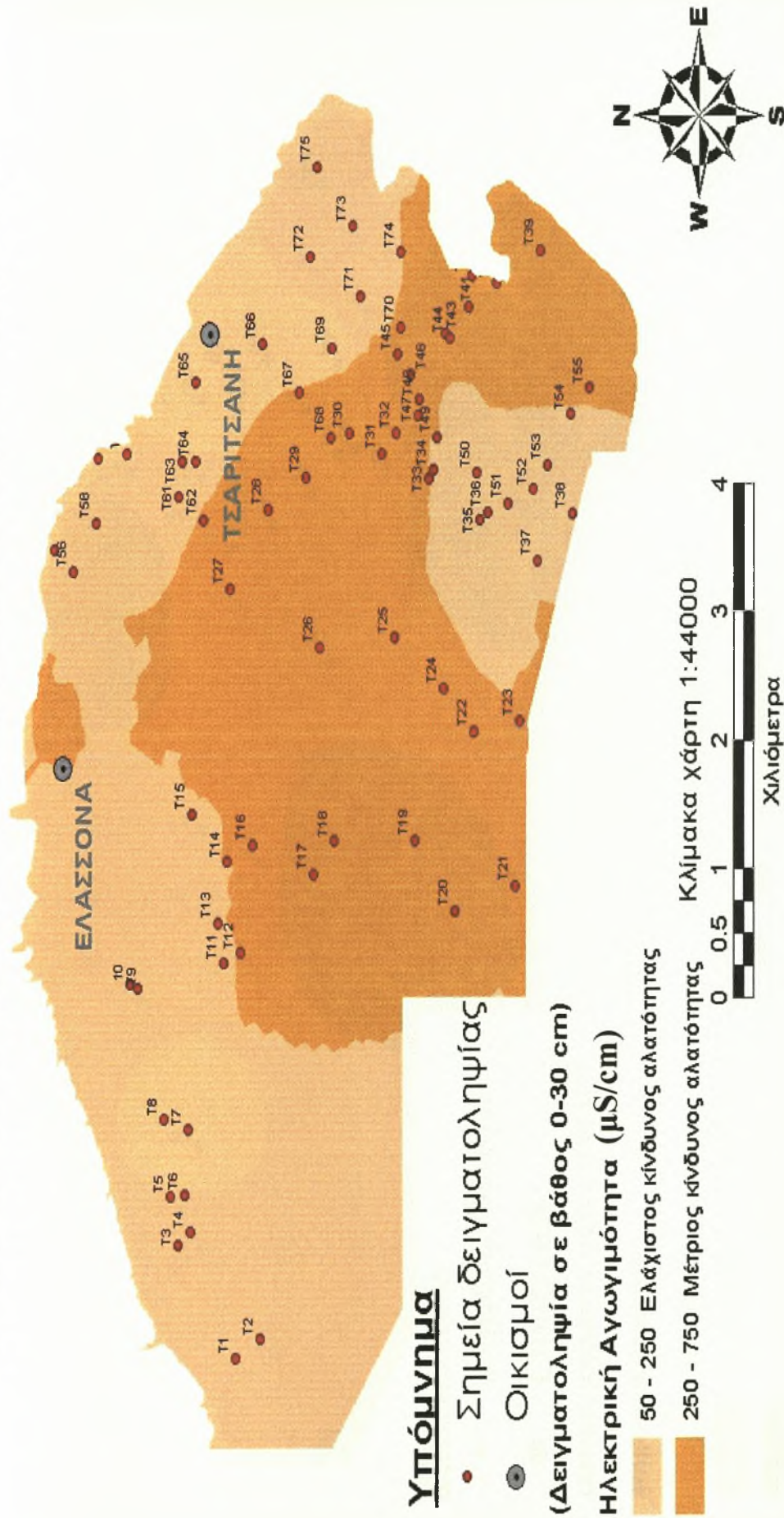
Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής του pH και κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες στη περιοχή Ελασσόνας, σε βάθος 0-30cm



Χάρτης 2

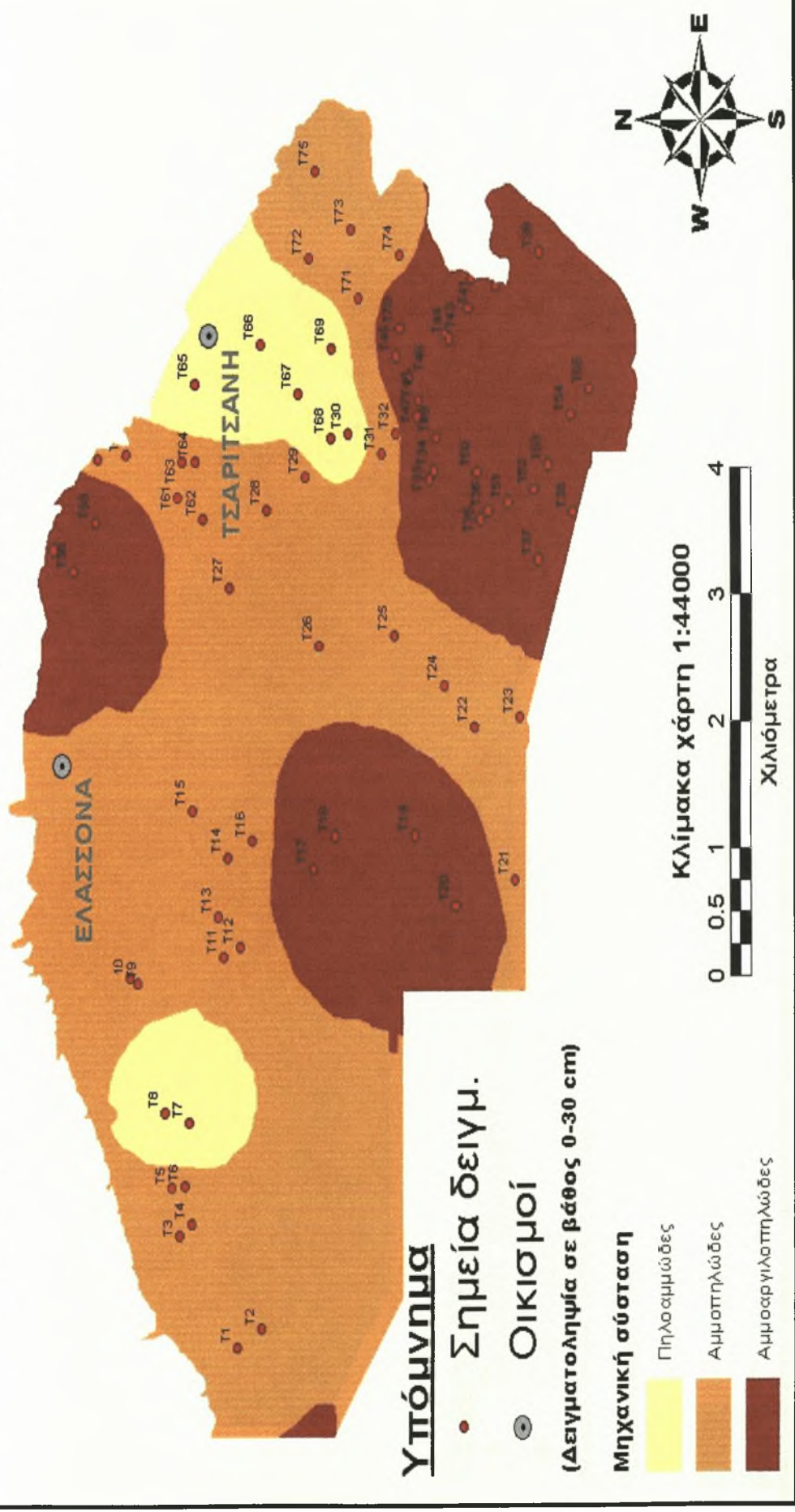


Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες στη περιοχή Ελασσόνας, σε βάθος 0-30cm



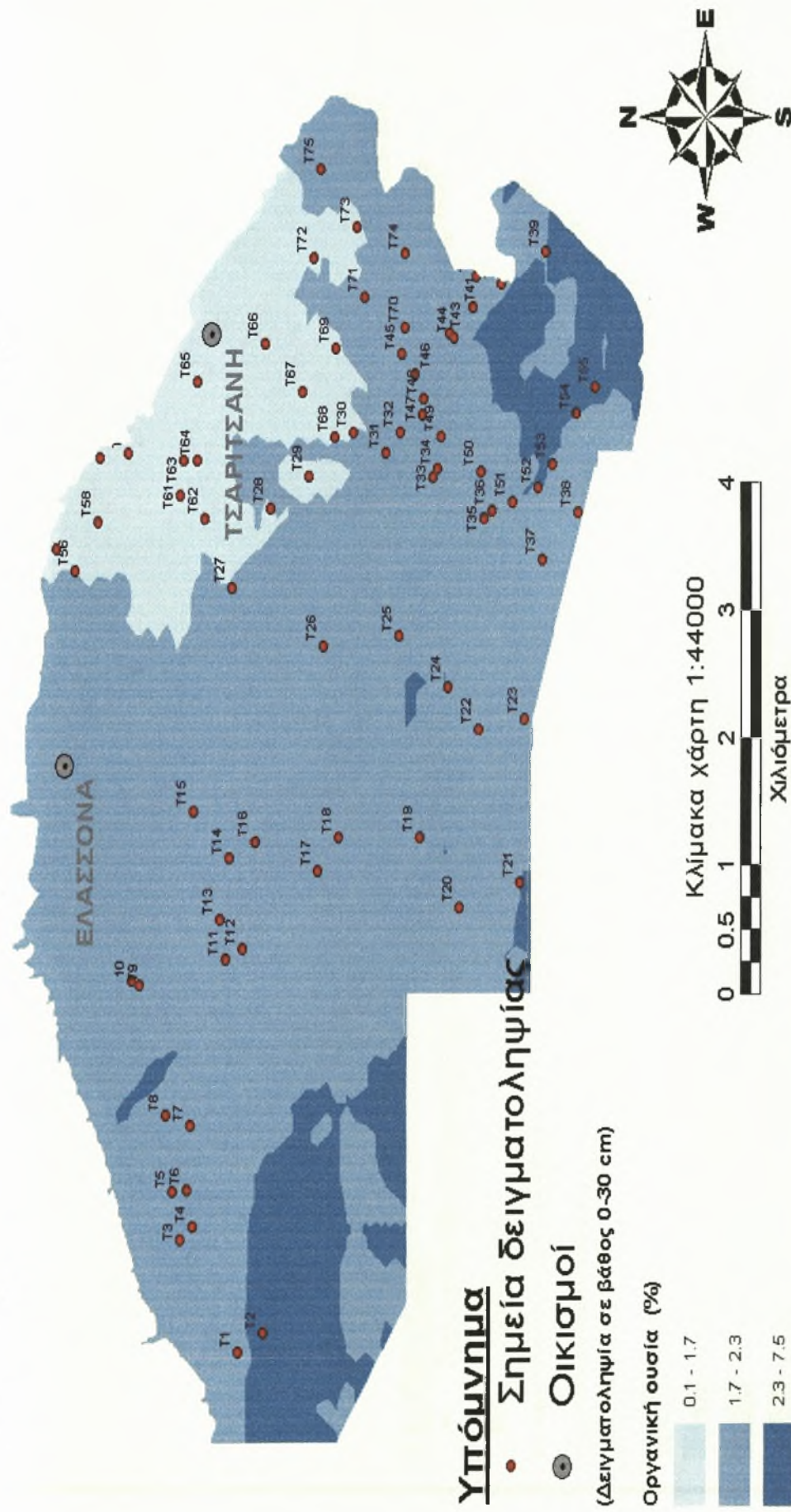
Χάρτης 3

Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της μηχανικής σύστασης και κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες στη περιοχή Ελασσόνας, σε βάθος 0-30cm



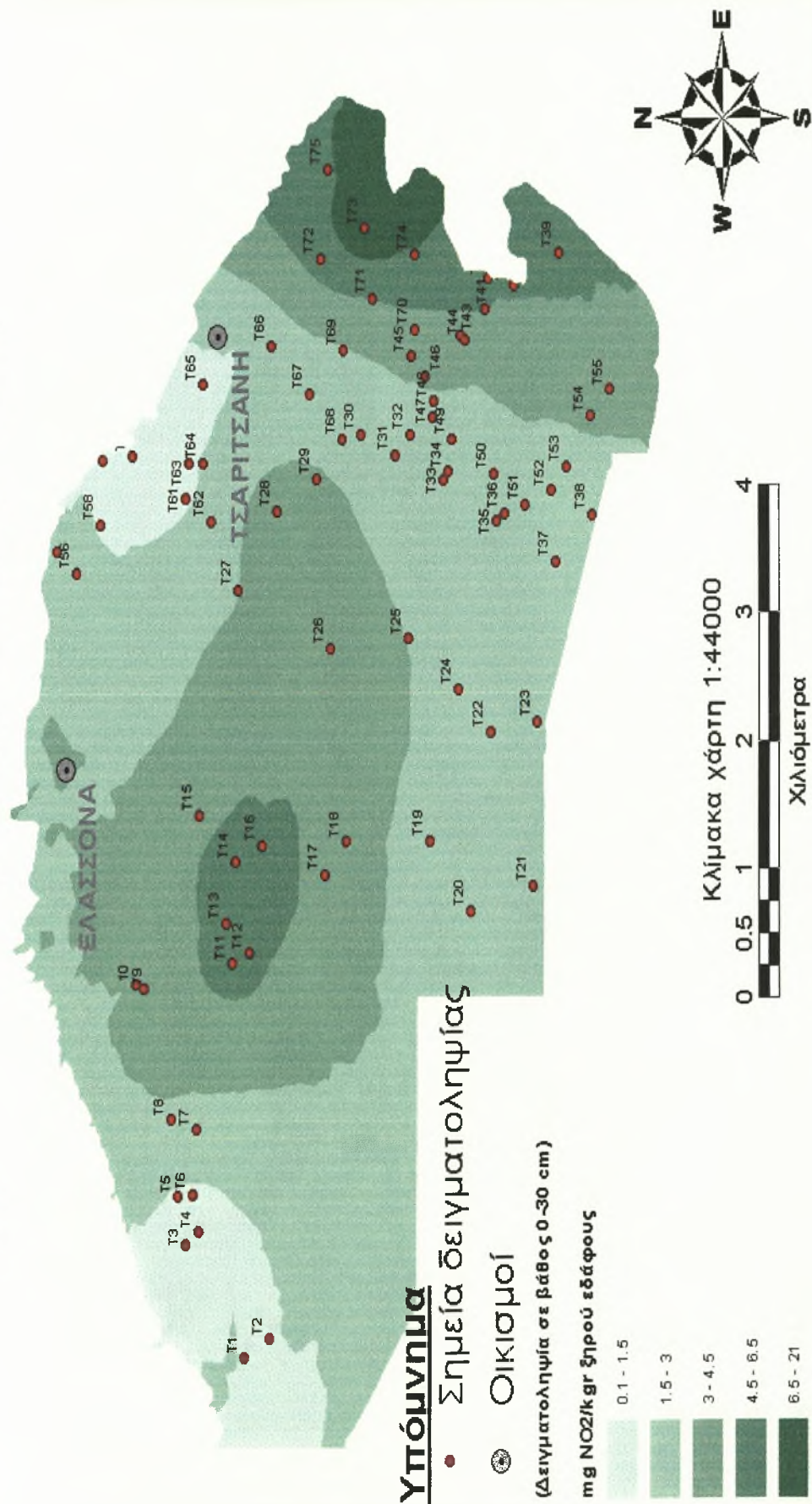
Χάρτης 4

Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας του ποσοστού της οργανικής ουσίας και κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες στη περιοχή Ελασσόνας, σε βάθος 0-30cm



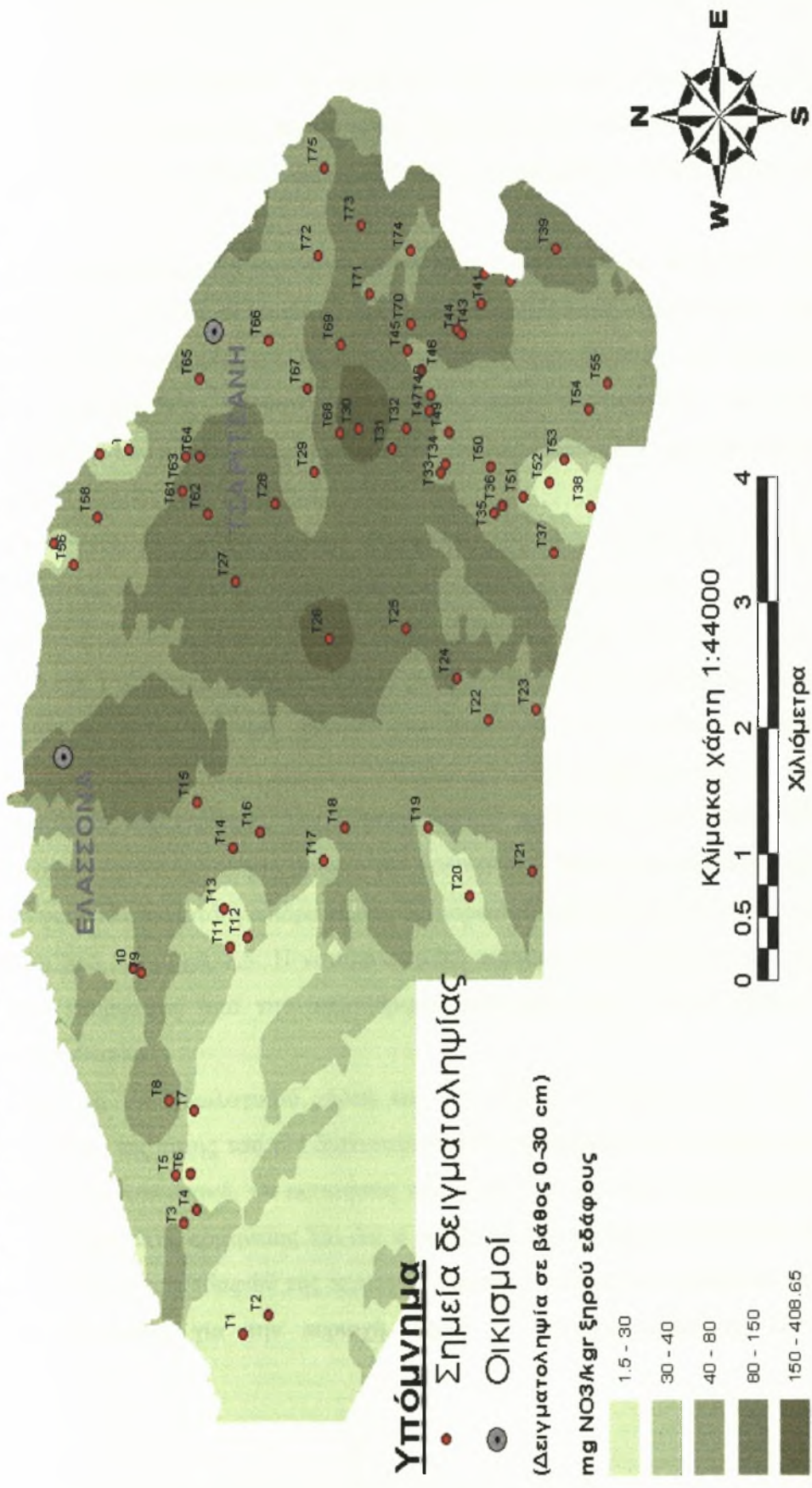
Χάρτης 5

Απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας των NO<sub>2</sub> και κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες στη περιοχή Ελασσόνας, σε βάθος 0-30cm



Χάρτης 6

Απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας των NO<sub>3</sub> και κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες στη περιοχή Ελασσόνας, σε βάθος 0-30cm



Χάρτης 7

### 3.4 Το γεωλογικό υλικό της περιοχής της Ελασσόνας και η επίδραση του στο pH των εδαφών μελέτης.

Στον χάρτη 8 παρουσιάζεται η γεωλογία της περιοχής Ελασσόνας (Ι.Γ.Μ.Ε.). Παρατηρείται ότι βορειοδυτικά της περιοχής της Ελασσόνας το γεωλογικό υλικό αποτελείται από γνευσιοσχιστόλιθους, γνεύσιους και σχιστόλιθους με ενστρώσεις ορθογνεύσιων (Φλωράς Α.Σ.,2001).

Οι γνεύσιοι χαρακτηρίζονται ως όξινα πετρώματα. Είναι πλούσια σε αστρίους, χαλαζία και μαρμαριγίες. Οι αστρίοι σε έντονες συνθήκες αποσάθρωσης σχηματίζουν γκιψίτη, ο οποίος δημιουργεί όξινο περιβάλλον. Τα πετρώματα αυτά έχουν υποστεί έντονη διάβρωση σε παλαιότερους γεωλογικούς χρόνους, αφού νοτιότερα εμφανίζονται ποταμολιμναίες αποθέσεις. Σε αυτήν την περιοχή το pH είναι πολύ ισχυρός όξινο αφού το μητρικό υλικό των ιζημάτων είναι γνεύσιοι και σχιστόλιθοι.

Η ευρύτερη περιοχή της Ελασσόνας χαρακτηρίζεται από αλλουβιακές αποθέσεις, οι οποίες είναι άφθονες σε  $\text{CaCO}_3$  το οποίο δημιουργεί αλκαλικό περιβάλλον.

Στην περιοχή στην οποία έγινε η δειγματοληψία και στα σημεία T31, T32, T33, T34, T35, T47, T48, T49 και T50 χαρακτηρίζονται με pH χαμηλό από 5-5,8. Η πτώση της τιμής του pH σε σχέση με τη γύρο περιοχή δύναται να αποδοθεί στις έντονες καλλιεργητικές δραστηριότητες και στην προθήκη αμμωνιακών λιπασμάτων στις καλλιέργειες.

Νοτιοανατολικά της περιοχής της Ελασσόνας το γεωλογικό υλικό αποτελείται από μάρμαρα, τα οποία έχουν σαν κύριο ορυκτό τον δολομίτη. Ο δολομίτης υφίσταται όχι έντονη αποσάθρωση για το λόγο αυτό η επίδραση στη διαμόρφωση του pH είναι περιορισμένη, το δε pH κυμαίνεται από 5.8 μέχρι 7.5. Η νοτιοανατολική περιοχή της Ελασσόνας έχει αλκαλικό pH αφού έχει επηρεαστεί από την αποσάθρωση των μαρμάρων, ασβεστόλιθων και της αλλουβιακές αποθέσεις.

Από τη μελέτη του γεωλογικού χάρτη και του χάρτη της απεικόνισης της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής του pH διαπιστώνεται ότι το πρότυπο εκτίμησης για την τιμή του pH κρίνεται ικανοποιητικό. Οι εκτιμήσεις των τιμών του pH στην περιοχή μελέτης δεν στερούνται επιστημονικής ερμηνείας και ότι η γεωλογία της περιοχής συμβάλλει τα μάλλα στις χημικές ιδιότητες των εδαφών της περιοχής. Επίσης οι θέσεις των εδαφικών δειγμάτων ήταν αντιπροσωπευτικές για την περιοχή, αφού το μοντέλο εκτίμησης λειτούργησε ικανοποιητικά.

# ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΓΩΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

ΦΥΛΛΟ ΕΛΛΑΣΣΩΝ

## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Σύγχρονες αποθέσεις

Αλλουβιακές αποθέσεις

Ποτάμιες Αποθέσεις

Παλαιοί κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα

Ποταμολιμναίες αποθέσεις

Ποταμοχερσαίες αποθέσεις

Μάργες, άργιλοι

Βάση νεογενών σχηματισμών

Μάρμαρα

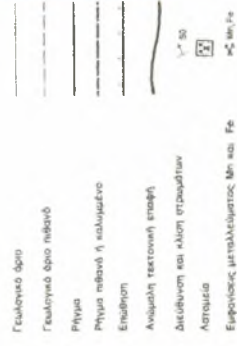
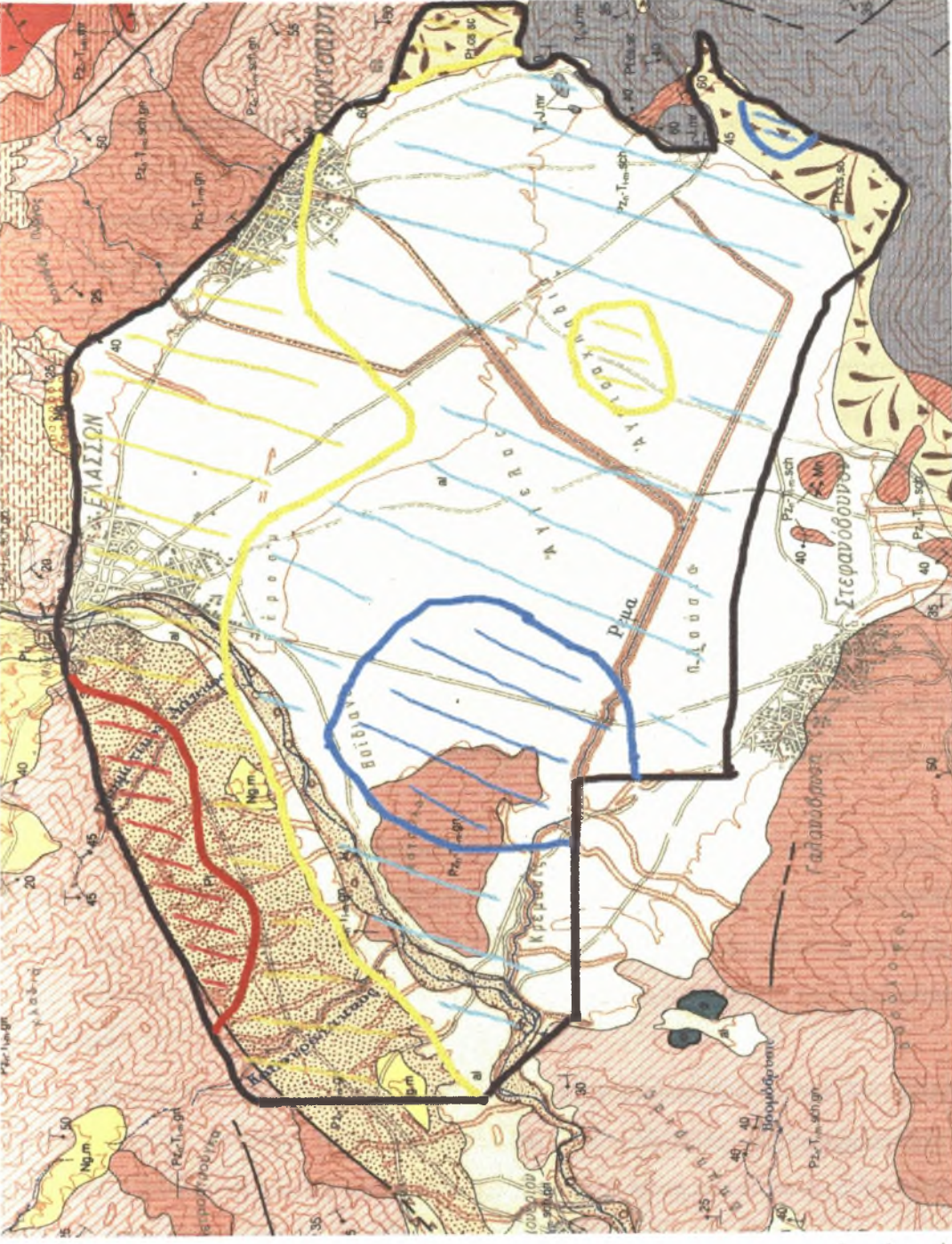
Γνευσιογενή, γνήσιοι, σχιστόλιθοι, με ενστρώσεις ορθογώνιων και μαρμάρων

pH: 4 - 5

pH: 5 - 5,8

pH: 5,8 - 6,5

pH: 6,5 - 7,5



### 3.5 Αξιολόγηση και πρακτική αξία των χαρτών για την γεωργία και το περιβάλλον.

Η απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής του pH παρέχει πληροφορίες για την οξύτητα ή αλκαλικότητα της περιοχής μελέτης. ΒΔ της περιοχής της Ελασσόνας εντοπίζονται εδάφη πολύ ισχυρός όξινα (pH:4-5). Τα εδάφη αυτά προήλθαν από την αποσάθρωση των γνευσίων, γνευσιοσχιστόλιθων και σχιστόλιθων της περιοχής. Από τη μελέτη του χάρτη 8 διακρίνεται μια ζώνη εδαφών με ισχυρό όξινο χαρακτήρα (pH: 5-5.8) επηρεαζόμενη σε μικρότερο βαθμό από την αποσάθρωση των γνευσίων, γνευσιοσχιστόλιθων και σχιστόλιθων. Στο χάρτη αυτό εντοπίζεται και μια άλλη ζώνη εδαφών με μετρίως όξινα εδάφη (pH:5.8-6.5). Τα εδάφη της ζώνης αυτής σχηματίστηκαν από την αποσάθρωση των ασβεστόλιθων που υπάρχουν στο ΝΑ άκρο της περιοχής . Η περιοχή στην οποία ελήφθησαν τα εδαφικά δείγματα στις θέσεις δειγματοληψίας T31, T32, T33, T34, T35, T47, T48, T49 και T50 παρουσιάζει pH ισχυρά όξινο. Ο όξινος χαρακτήρας των εδαφών αυτών μπορεί να αποδοθεί στις έντονες καλλιεργητικές δραστηριότητες και στην προσθήκη αμμωνιακών λιπασμάτων στις καλλιέργειες.

Διακρίνεται επίσης και ζώνη εδαφών με pH ουδέτερο (pH:6.5-7.5). Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει αλλουβιακές αποθέσεις και με την παρουσία του  $\text{CaCO}_3$  το pH ανυψούται και κυμαίνεται από 6.5-7.5. Σε αντίθεση με το ΝΑ τμήμα της περιοχής μελέτης εντοπίζονται εδάφη με ουδέτερο pH τα οποία έχουν επηρεαστεί από την αποσάθρωση των μαρμάρων και ασβεστόλιθων.

Έτσι οι χάρτες που παρουσιάζονται δύνανται να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή σωστής λιπαντικής αγωγής στην περιοχή και στο βέλτιστο προγραμματισμό των καλλιεργειών. Εξάλλου οι χάρτες αυτοί είναι χρήσιμοι για πρόγραμμα γεωργικής ανάπτυξης της περιοχής όπως επίσης και για περιβαλλοντικά προγράμματα.

Η απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας των συγκεντρώσεων των νιτρικών και νιτρικών ιόντων παρέχουν πληροφορίες για την κατάσταση των εδαφών της περιοχής μελέτης σε ποσότητες αζώτου. Από τη μελέτη του χάρτη 7 παρατηρείται μια αύξηση των συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων από δυτικά προς ανατολικά. Τα εδάφη που βρίσκονται ανατολικά της περιοχής της Ελασσόνας έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων. Οι υψηλές αυτές συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων μπορεί να αποδοθούν στις έντονες καλλιεργητικές δραστηριότητες και στην προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων στις καλλιέργειες. Σε αυτή την περιοχή ο βαθμός επικινδυνότητας για την ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων είναι υψηλός.



Από τη μελέτη του χάρτη 6 παρατηρείται μια αύξηση των συγκεντρώσεων των νιτρωδών ιόντων από ΒΔ προς ΝΑ της περιοχής της Ελασσόνας. Διακρίνεται μια ταύτιση των περιοχών με υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών και νιτρωδών ιόντων.

Έτσι οι χάρτες που παρουσιάζονται δύνανται να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή σωστής λιπαντικής αγωγής. Επίσης οι χάρτες αυτοί είναι χρήσιμοι για την εκπόνηση και διεκπεραίωση περιβαλλοντικών προγραμμάτων.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων συμπεραίνονται τα εξής:

Στη ζώνη εδαφών όπου ελήφθησαν τα δείγματα T4-T6 της περιοχής της Ελασσόνας το pH είναι πολύ ισχυρό όξινο επειδή το μητρικό υλικό των ιζημάτων είναι γενεύσιοι και σχιστόλιθοι.

Στις ζώνες εδαφών όπου ελήφθησαν τα δείγματα T22-T26, T28-T32, T37-T55 και T66-T74 της περιοχής της Ελασσόνας το pH κυμαίνεται από 5.8 μέχρι 7.5 ως αποτέλεσμα των αλλουβιακών αποθέσεων και της αποσάθρωσης των μαρμάρων και των ασβεστόλιθων.

Στην περιοχή μελέτης οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα.

Η περιεκτικότητα της οργανικής ουσίας ήταν χαμηλή έως μέση (0,2-4 %). Η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία 3.5-4% παρατηρήθηκε μόνο σε τέσσερα σημεία δειγματοληψίας τούτο είναι το αποτέλεσμα της προσθήκης οργανικής ουσίας στο έδαφος.

Τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως αμμοπηλώδη, πηλοαμμώδη και αμμοαργιλοπηλώδη.

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στα εδάφη της περιοχής μελέτης ήταν υψηλές. Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από 1.68 mg kg<sup>-1</sup>ξ.ε. μέχρι 408.65 mg kg<sup>-1</sup>ξ.ε.(μέση τιμή 67.48 mg kg<sup>-1</sup>ξ.ε.). Οι συγκεντρώσεις αυτές αντιστοιχούν σε ποσότητες αζώτου στο έδαφος από 0.14 kg N στρ<sup>-1</sup> μέχρι 34.6 kg N στρ<sup>-1</sup> (μέση τιμή 5.71 kg N στρ<sup>-1</sup>).

Υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων παρατηρήθηκαν στις ζώνες όπου ελήφθησαν τα δείγματα T24-T28, T30-T32, T40-T45, T61-T64 και T68-T74 της περιοχής της Ελασσόνας όπου καλλιεργείται κυρίως από αραβόσιτο και καπνό.

Επισημαίνεται ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων δύναται να αποτελέσουν πηγές ρύπανσης των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων.

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στα εδάφη της περιοχής μελέτης είναι υψηλές. Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από 0.05 mg kg<sup>-1</sup>ξ.ε. μέχρι 21.02 mg kg<sup>-1</sup>ξ.ε.(μέση τιμή 2.89 mg kg<sup>-1</sup>ξ.ε.). Οι συγκεντρώσεις αυτές αντιστοιχούν σε ποσότητες αζώτου στο έδαφος από 0.01 kg N στρ<sup>-1</sup> μέχρι 2.4 kg N στρ<sup>-1</sup> (μέση τιμή 0.33 kg N στρ<sup>-1</sup>).

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων παρατηρήθηκαν στη ζώνες όπου ελήφθησαν τα δείγματα T11-T16, T39-T42 και T71-T74 της περιοχής της Ελασσόνας, δηλαδή στην περιοχή όπου τα εδάφη έχουν αλκαλικό χαρακτήρα.

Με τη δημιουργία των θεματικών χαρτών πραγματοποιήθηκε η απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας των ιδιοτήτων των εδαφών και των συγκεντρώσεων των νιτρικών και νιτροδών ιόντων της περιοχής της Ελασσόνας. Από τη μελέτη του γεωλογικού χάρτη και του χάρτη της απεικόνισης της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής του pH διαπιστώθηκε ότι το πρότυπο εκτίμησης για την τιμή του pH κρίνεται ικανοποιητικό.

Τα δεδομένα της έρευνας αυτής έχουν την δυνατότητα να ανανεώνονται διαρκώς, γιατί η βάση δεδομένων που έχει δημιουργηθεί είναι δυνατόν να εμπλουτίζεται συνεχώς με νέα στοιχεία. Οι θέσεις δειγματοληψίας επίσης έχουν καθοριστεί με ακριβείς συντεταγμένες.

Νέες και ίσως πυκνότερες δειγματοληψίες, σε τακτά χρονικά διαστήματα, θα μπορούσαν να επαληθεύουν και να διορθώνουν συνεχώς τους ψηφιακούς χάρτες. Οι χάρτες αυτοί δύνανται να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή σωστής λιπαντικής αγωγής και περιβαλλοντικών προγραμμάτων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Analogides, D. 1983. Estimating Sugar Beet Response to Fertilizer Nitrogen on the Basis of Soil Nitrogen Indexes. Intern. Inst. For Sugar Beet Research. Proceedings, Brussels. pp. 423-43.
2. Αναλογίδης, Δ. 1991. Το  $\text{NO}_3\text{-N}$  ως Δείκτης Διαθεσιμότητας Εδαφικού Αζώτου όπως επηρεάζεται από τον Οργανικό Άνθρακα, Ολικό Αζωτο και τη Σχέση C/N του Εδάφους. Πρακτικά, 2<sup>ο</sup> Πανελλ. Εδαφολ. Συνέδριο. (Λάρισα 25-27 Νοέμβρ. 1987). Σελ. 131-144.
3. Alloway, B. J. and Davies, B. E. 1971. Trace Element Content of Soils Affected by Base Metal Mining in Wales. *Geoderma*. 5. 197-208.
4. Archer, G., 1988. Crop nutrition and Fertilizer Use. Farming Press, Ipswich.
5. Aubert, H. and Pinta, M. 1977. Trace Elements in Soils. Elsevier. Amsterdam. pp:395.
6. Bache, B.W. The Encyclopaedia of Soil Science. Eds. Fairbridge, R.W. and Finkl, C.W. Dowden, Hutchinson & Ross, Stoudsburg, Pa (1979), 487-492.
7. Black, C. A., D.D. Evans, J.L. White, L.E Ensminger, and F.E Clark. (ed). 1965. Methods of soil analysis, Part 2. *Agronomy* 9. P 1122.
8. Bockman, O.C., 1994. Best Agricultural Practice for the Protection of Air. Proceedings No 360. The Fertilizer Society, Peterborough, U.K.
9. Bouwman, A.F., 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agrosystems* 46: 53-70.
10. Bowen, H. J. M. and Gawse, P. A. 1964. Some Effects of Gamma Radiation on the Composition of the Soil Solution and Soil Organic Matter. *Soil Sci.* 98. 358-61.
11. Cole, V., Cerri, C., Minami, K., Mosier, A. and N. Rosenberg, 1996. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions. Pp 745-771 In R.T. Watson et al (eds): *Climate Change 1995. Impacts adaptations and mitigation of climate change: Scientific – technical analysis*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K.
12. Γάτσιος Α. Φώτιος. 2003. Προσδιορισμός των ρύπων στις λεκάνες απορροής που μεταφέρονται με τους χειμάρρους σε υγράτοπους του νομού Μαγνησίας. Διδακτορική διατριβή. Βόλος.
13. Γ.Υ.Σ. 1995. Τοπογραφικοί χάρτες.
14. Davinson, D.A., Theochropoulos, S.P., Bloksman, R.J., 1992. A land evaluation project in Greece using GIS and based on Boolean and fuzzy set methodologies. *Int. J. Geographical Information Systems*. Vol. 8, no 4, pp 369-384.
15. Davis, R. D. 1980. Control of Contamination Problems in the Treatment and Disposal of Sewage Sludge. WRC Technical Report TR 156, Stevenage
16. Duncan C., Hong Li, Dykhuisen R., Frazer R., Johnston P., MacNight G., Smith, L., Lamza Kathryn, McKenzie H., Les Batt, Kelly D., Golden M Benjamin N., and C. Leifert, 1997. Protection against Oral and Gastrointestinal Diseases; Importance of Dietary Nitrate Intake, Oral Nitrate Reduction and Enterosalivary Nitrate Circulation. *Comp. Biochem Physiol.*, 118A (4): 939-948.
17. ECETOC, 1988. Nitrate and Drinking Water. Techn. Report No. 27. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels.
18. ECETOC, 1994. Ammonia Emissions to Air in Western Europe. Techn. Report No. 62. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels.
19. Ζαμπέκας Δ. Παναγιώτης .2003. Χρήση ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην εκτίμηση της γονιμότητας των εδαφών στα πλαίσια της Γεωργίας Ακριβείας. Μεταπτυχιακή διατριβή. Βόλος 2003.
20. Friedland, A. J., Johnson, A. H. and Siccama, T. G. 1984. Water, Air and Soil Pollution. 21. pp 161-170.
21. Gregory et al., 1997.
22. Greweling και Peech, 1960.

23. Grogory, .P.J., Crawford, .D.V. and McGowan, M.1979. Nutrient relations of winter wheat. I Accumulation and distribution of Na, K, Ca, Mg, P, S and N. *Journal of Agricultural Science* **93**, 485-494.
24. Goldschmidt, V.M. 1958. *Geochemistry*. Oxford University Press. London.
25. Hani, H. and Gupta, S. 1983., in *Environmental Effects of Organic and Inorganic Contaminants in Sewage Sludge*. Eds. Davis, R. D., Hucker, G. and L' Hermite. P. Reidel. Dordecht. pp 121.
26. <http://muextension.missouri.edu>.
27. I.G.M.E., 1983. Γεωλογικοί χάρτες.
28. Jackson, M. L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall. Inc. Englewood. Cliffs, N. J.
29. Johnston K., J.M. Ver Hoef, K. Krivoruchko and N.Lucas, 2001. Using Arc GIS Geostatistical Analyst. GIS by ESRI.
30. Jones, J.B., Jr. 1998a. Soil test methods: past, present and future. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 29:1543-1552.
31. Juergens-Gschwind S., 1989. Ground water nitrates in other developed countries (Europe)- Relationships to land use patterns. Pp 75-138 in: Follet., RF. (ed). *Nitrogen Management and Ground Water Protection. Developmants in Agricultural and Management – Forest Ecology 21*. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.
32. Jungk, A: (G )1970. Content of minerals and water in dependence on the development of plants. *Z. Pflanzenernahr. Bodenk.* 125, 119-129.
33. Κουκουλάκης, Π.Χ., 1995. Βασικές αρχές της ορθολογικής λίπανσης των καλλιεργειών. *Γεωργία και Κτηνοτροφία*. Τεύχος 9, Δεκέμβριος, 1995, σελ. 43-61. Αφιέρωμα: Λίπανση των καλλιεργειών.
34. Κουκουλάκης, Π.Χ. και Παπαδόπουλος, Α.Η. 2001. Η ερμηνεία της ανάλυσης του εδάφους. Εκδόσεις Α.Θ. Σταμούλης, 2001.
35. MAFF, 1988. *Fertilizer Recommendations*. Reference Book 209. HMSO, London.
36. Mehlich, A. 1953a. Determination of P, Ca, Mg, K and NH<sub>4</sub> (mimeo), North Carolina Soil Test Division, Raleigh.
37. *Methods of Soil Analysis*, 1994.
38. Μήτσιος, Ι.Κ., 1994. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες. Πανεπιστημιακή έκδοση, Βόλος.
39. Μήτσιος Ι.Κ., 1999. *Εδαφολογία*. Εκδόσεις Zymel.
40. Μήτσιος Ι.Κ., *Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην Περιοχή Βελεστίνου*, Αθήνα 2000. Εκδόσεις Zymel.
41. Μήτσιος Ι.Κ., και Φ.Α.Γάτσιος. 2000. Προσδιορισμός νιτρικών, νιτρωδών, φωσφορικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων από γεωργικές χρήσεις που καταλήγουν στον Παγασητικό κόλπο από εκπτώσεις εδαφών. Έκθεση του προγράμματος επιστημονικής συνεργασίας για θέματα ρύπανσης του Παγασητικού κόλπου με τη Νομαρχία Μαγνησίας. Βόλος.
42. Μήτσιος Ι.Κ., Φ.Α.Γάτσιος και Δ.Α.Σαραντόπουλος. 2000. Προσεγγίσεις για την εκτίμηση της ρύπανσης των ρεμάτων του νομού Μαγνησίας από γεωργικές και άλλες δραστηριότητες. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής. Σελ. 553-560.
43. Μήτσιος Ι.Κ., 2004. *Γονιμότητα-Θρέψη φυτών*. Εκδόσεις Zymel.
44. Μήτσιος, Ι.Κ., Κουκούλακης, Π., Πασχαλίδης, Χ., Γκατζογιάννη, Ε. Μπριασούλης, Ι. Παπαδόπουλος, Αρ. και Γκέρτσης, Α. 1996. Ισοζύγιο αζώτου σε καλλιέργεια καλαμποκιού. 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο, Ναύπλιο, 29/5-1/6 1996. Πρακτικά Τομ. Β, 552-563.
45. Μυλωνάς, Β.Α., 1987. Πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και παραγωγής ξηρού βάρους φυτικών μερών κατά τη διάρκεια αύξησης-ανάπτυξης καπνού Καμπά-κουλάκ. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου, Λάρισα 25-27 Νοεμβρίου 1987, Σελ. 173-192.

46. Nair, P.K.R. and O.Talibudeen, 1973. Dynamics of K and NO<sub>3</sub> concentrations in the root zone of winter wheat at Broadbalk using specific-ion electrodes. *Journal of Agriculture Science (Camp)*. 81:327-337.
47. Patrick, W.H. and Mahapatra, I.C. (1968). Transformation and availability to rice of nitrogen and phosphorus in waterlogged soils, *Adv. Agron.*, **20**, 323-358.
48. Peech et al., 1947.
49. Pfost, D., Casady, W., Shannon, K., (1999). Global Position System Receivers (SSMG-6), Site-Specific Management Guidelines, Postash & Phosphate Institute. Norgross, GA. [www.ppi-far.org/ssmg](http://www.ppi-far.org/ssmg)
50. Prather, M., Derwent, R., Ehhalt, D., Fraser, P., Sanhueza, E. and X. Zhou, 1995. Other trace gases and atmospheric chemistry. Pp 73-126 In J.T.Houghton et al (eds): *Climate Change 1994; Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
51. Παπαδογιάννης Ι.Ν. 2000. Εργαστηριακές Ασκήσεις Ενόργανης Χημικής Ανάλυσης. (Ιοντική Χρωματογραφία). Εκδόσεις Πήγασος 2000. Θεσσαλονίκη.
52. Ρίζου Ζαχαρούλα.. Απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας των βαρέων μετάλλων με GIS σε εδάφη επιλεγμένων περιοχών της Θεσσαλίας. Μεταπτυχιακή διατριβή. Βόλος 2002.
53. Rowell, D.L., 1995. *Soil Science, Methods and Applications*. Longman Group UK Limited.
54. Scientific Committee for food, European Commission, 1995.
55. Schlesinger, W.H. and A.E. Hartley, 1992. A global budget for atmospheric NH<sub>3</sub>. *Biogeochem.* 15: 191-211.
56. Simonis A.D. (1988). Studies of nitrogen use efficiency in cereals. In: *Efficiency in Agricultural Soils*. publ. Elsevier Applied Sciences, London & N.York. Proc. CEC Seminar, Edimburg, Sept. 16-18, 110-124 (ed. Jenkison D.C. & Smith K.A.).
57. Skerman et al., 1958.
58. Smith, K.A. McTaggar, I.P. and H. Tsuruta, 1997. Emissions of N<sub>2</sub>O and NO associated with nitrogen fertilization in intensive agriculture and the potential for mitigation. *Soil Use and Management*, Vol 13 No 4: (Supplement: Soils and the Greenhouse Effect) pp.246-304.
59. Smith, R.A., R.B Alexander, and M.G. Wolman. 1987. *Water quality trends in the Nation's river*. *Science* (Washington, DC) 235: 1607-1615.
60. Theocharopoulos S.P., Karagianni-Christou M., Gatzogianni P., Papadopoulos P., Paschalides C., Dimitropoulos P., Antonacopoulos G., 1989. An approach to measure nitrate leaching in Kopaidis area in Greece. Preliminary results in: *Management Systems to Reduce Impacts on Nitrates* (ed. German G.C./Elsevier Applied Sciences and C.E.C. London and N.York.
61. Tinker,P.B. 1986. Trace Elements in Arable Agriculture. *Journal of Soil Science*.**37**. 587-601.
62. Τζώρτζιος Ι Στέργιος., 1997-98. Εισαγωγή στον γεωργικό πειραματισμό.
63. USEPA, 1991. Drinking water regulations. USEPA Publ. USA.
64. Webster, R., Otteia, O. and Dubois, J.P. 1994. Coregionalization of Trace Metals in the Soil in The Swiss Jural. *European Journal of Soil Science*.**45**. 205-218.
65. Woytowicz, B. 1980. Lead Effect on the Accumulation of Nitrates in Soil. *Rocz. Glebozn.* **31**. pp 309.
66. Φλωράς Αθ. Σταμάτης., 2001. Σημειώσεις από τις παραδόσεις του μαθήματος Γενέσει Ταξινόμηση και Χαρτογράφηση Εδαφών. Βόλος.
67. Φλωράς Αθ. Σταμάτης., 2002. Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS).Βόλος.
68. Ζανάκη Κ: Έλεγχος Ποιότητας νερού. Εκδόσεις "ΙΩΝ" 1996.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**Πίνακας 1α. Τιμές των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφικών δειγμάτων.**

Αριθμός τομής	pH	EC
		μS cm <sup>-1</sup>
	Βάθος δειγματοληψίας	
	0-30cm	0-30cm
T1	4,3	82
T2	7,2	160
T3	3,9	115
T4	4,7	116
T5	4,1	70
T6	4,1	73
T7	7,1	216
T8	4,5	150
T9	4,2	191
T10	4,3	78
T11	7,5	310
T12	7,5	272
T13	7,1	267
T14	7,1	297
T15	5,2	222
T16	5,8	135
T17	7,4	332
T18	7,5	328
T19	7,5	399
T20	7,3	377
T21	5,2	274
T22	5,9	263
T23	5,9	221
T24	5,8	286
T25	6,3	262
T26	4,9	493
T27	4,9	240
T28	6,7	412
T29	7,4	143
T30	6,4	636
T31	5,5	270
T32	5,2	228
T33	5,4	225
T34	5,8	301
T35	5,2	191
T36	5,8	193
T37	6,4	231
T38	7,4	273
T39	7,3	484
T40	7,5	260
T41	5,3	462
T42	6,0	323
T43	6,3	342
T44	6,4	224
T45	5,4	145
T46	7,2	216
T47	5,2	226
T48	5,4	244
T49	5,4	285
T50	5,0	173



**Πίνακας 1α (συνέχεια).** Τιμές των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφικών δειγμάτων.

Αριθμός τομής	pH	EC μS cm-1
	Βάθος δειγματοληψίας	
	0-30cm	0-30cm
T51	5,7	92
T52	7,4	269
T53	6,3	145
T54	6,2	305
T55	5,4	172
T56	5,3	226
T57	6,4	221
T58	6,0	145
T59	4,7	128
T60	5,8	72
T61	6,4	240
T62	5,3	359
T63	6,7	156
T64	5,0	345
T65	4,9	161
T66	6,6	106
T67	6,4	97
T68	6,1	356
T69	5,6	405
T70	5,9	140
T71	6,2	206
T72	7,3	88
T73	6,5	417
T74	6,1	150
T75	4,2	84

Πίνακας 1β. Τιμές των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφικών δειγμάτων.

Αριθμός τομής	Αργίλος	Ιλύς	Άμμος	Τύπος εδάφους	Οργανική ουσία
	%	%	%		%
	Βάθος δειγματοληψίας 0-30cm				
T1	15,1	10,2	74,7	Sandy loam	1,6
T2	16,1	11,5	72,3	Sandy loam	2,0
T3	15,5	10,2	74,4	Sandy loam	1,7
T4	16,1	10,7	73,2	Sandy loam	2,2
T5	15,0	10,5	74,5	Sandy loam	1,3
T6	17,1	11,4	71,5	Sandy loam	1,4
T7	13,8	6,1	80,1	Loamy sandy	2,8
T8	13,4	6,2	80,4	Loamy sandy	1,9
T9	15,3	10,9	73,8	Sandy loam	1,8
T10	15,1	4,6	80,2	Sandy loam	1,3
T11	18,1	9,9	72,0	Sandy loam	2,2
T12	18,2	8,3	73,5	Sandy loam	3,3
T13	19,1	7,3	73,7	Sandy loam	2,7
T14	13,7	12,5	73,8	Sandy loam	2,2
T15	13,7	12,8	73,5	Sandy loam	1,8
T16	13,5	11,9	74,6	Sandy loam	1,2
T17	32,8	10,9	56,4	Sandy clay loam	3,3
T18	32,6	12,4	55,0	Sandy clay loam	3,1
T19	31,2	14,1	54,8	Sandy clay loam	3,2
T20	21,2	3,7	75,1	Sandy clay loam	3,5
T21	15,7	8,8	75,6	Sandy loam	1,2
T22	19,2	7,6	73,2	Sandy loam	0,6
T23	18,4	7,7	74,0	Sandy loam	0,6
T24	18,4	7,8	73,8	Sandy loam	1,7
T25	18,1	13,8	68,1	Sandy loam	1,6
T26	18,1	14,8	67,1	Sandy loam	1,4
T27	13,7	10,7	75,6	Sandy loam	0,5
T28	14,6	13,0	72,4	Sandy loam	2,3
T29	15,7	14,1	70,2	Sandy loam	0,7
T30	7,8	6,6	85,6	Loamy sand	1,3
T31	14,1	17,9	68,0	Sandy loam	2,1
T32	15,7	18,4	66,0	Sandy loam	1,3
T33	23,2	22,3	54,6	Sandy clay loam	1,8
T34	24,9	20,9	54,1	Sandy clay loam	3,5
T35	22,5	19,9	56,7	Sandy clay loam	1,6
T36	22,6	3,3	74,2	Sandy clay loam	2,1
T37	27,6	15,0	57,3	Sandy clay loam	1,7
T38	28,2	15,0	56,9	Sandy clay loam	4,0
T39	21,1	19,8	59,1	Sandy clay loam	3,1
T40	20,3	19,6	60,1	Sandy clay loam	3,7
T41	22,4	18,6	59,0	Sandy clay loam	2,1
T42	23,1	18,5	58,5	Sandy clay loam	2,4
T43	23,5	17,8	58,7	Sandy clay loam	1,7
T44	23,5	17,7	58,8	Sandy clay loam	1,4
T45	23,7	17,3	58,9	Sandy clay loam	1,2
T46	23,5	17,1	59,3	Sandy clay loam	1,7
T47	22,9	19,1	58,0	Sandy clay loam	1,7
T48	23,1	19,0	57,9	Sandy clay loam	2,0
T49	24,5	21,1	54,4	Sandy clay loam	2,5
T50	21,4	10,1	68,5	Sandy clay loam	1,4

**Πίνακας 1β (συνέχεια). Τιμές των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφικών δειγμάτων.**

Αριθμός τομής	Άργιλος	Ιλύς	Άμμος	Τύπος εδάφους	Οργανική ουσία
	%	%	%	%	%
	Βάθος δειγματοληψίας				
	0-30cm				
T51	23,5	11,5	65,0	Sandy clay loam	1,3
T52	25,1	14,5	60,5	Sandy clay loam	2,5
T53	26,4	18,8	58,8	Sandy clay loam	1,9
T54	27,3	20,9	51,8	Sandy clay loam	2,3
T55	27,6	21,0	51,4	Sandy clay loam	2,8
T56	23,3	15,4	61,3	Sandy clay loam	1,9
T57	23,6	15,1	61,3	Sandy clay loam	1,9
T58	27,7	15,6	56,7	Sandy clay loam	1,8
T59	14,2	13,4	72,4	Sandy loam	2,6
T60	13,2	13,8	73,1	Sandy loam	0,2
T61	15,7	17,1	67,2	Sandy loam	1,3
T62	17,1	17,8	65,1	Sandy loam	2,3
T63	18,1	10,3	71,6	Sandy loam	0,7
T64	17,5	10,2	72,4	Sandy loam	1,6
T65	10,6	4,5	84,9	Loamy sand	1,3
T66	10,5	3,2	86,3	Loamy sand	0,5
T67	15,3	14,6	70,1	Sandy loam	1,4
T68	7,3	6,9	85,8	Loamy sand	1,0
T69	7,6	7,0	85,5	Loamy sand	2,5
T70	22,7	17,3	60,0	Sandy clay loam	1,9
T71	17,3	18,2	64,5	Sandy loam	2,5
T72	14,2	9,0	76,8	Sandy loam	1,9
T73	17,7	18,7	63,7	Sandy loam	2,2
T74	13,9	8,6	77,6	Sandy loam	1,7
T75	14,4	9,1	76,5	Sandy loam	1,7

**Πίνακας 2α.** Συγκεντρώσεις των νιτρωδών και νιτρικών ιοντων (mg/kgg ξ.ε.) των εδαφικών δειγμάτων

ΤΟΜΕΣ Τ	Συγκέντρωση		Καλλιέργεια
	mg NO <sub>2</sub> /kgg ξ.ε.	mg NO <sub>3</sub> /kgg ξ.ε.	
	Βάθος δειγματοληψίας		
	0-30cm	0-30cm	
T1	0,71	18,83	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T2	1,68	8,98	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T3	0,41	50,71	ΣΙΤΑΡΙ
T4	0,61	28,42	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T5	0,81	34,26	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T6	0,41	17,97	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T7	0,20	1,68	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T8	5,79	80,45	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T9	4,37	73,90	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T10	1,47	10,15	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T11	10,96	44,87	ΛΕΥΚΗ ΦΥΤΙΑ
T12	2,84	7,82	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T13	1,02	10,15	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T14	12,23	43,60	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T15	0,51	75,43	ΚΑΠΝΟΣ
T16	5,76	40,23	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T17	2,18	8,66	ΣΙΤΑΡΙ
T18	3,66	46,09	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T19	1,44	6,96	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T20	1,86	7,58	ΓΗΠΕΔΟ
T21	1,32	71,21	ΚΑΠΝΟΣ
T22	2,39	79,84	ΚΑΠΝΟΣ
T23	1,17	72,33	ΚΑΠΝΟΣ
T24	1,88	89,08	ΚΑΠΝΟΣ
T25	2,89	96,54	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T26	6,29	292,52	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T27	1,57	81,21	ΚΑΠΝΟΣ
T28	9,48	87,24	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T29	3,20	16,09	ΑΜΠΕΛΙ
T30	0,36	408,65	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T31	0,30	68,83	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T32	0,26	112,90	ΚΑΠΝΟΣ
T33	0,78	36,10	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T34	1,03	126,40	ΚΑΠΝΟΣ
T35	1,37	46,34	ΚΑΠΝΟΣ
T36	1,07	48,42	ΚΑΠΝΟΣ
T37	3,19	39,92	ΚΑΠΝΟΣ
T38	0,69	9,56	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T39	6,16	143,65	ΣΙΤΑΡΙ
T40	5,13	7,06	ΣΙΤΑΡΙ
T41	6,90	214,04	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T42	1,70	130,11	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T43	2,79	147,86	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T44	3,20	30,71	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T45	2,30	55,25	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T46	9,75	40,00	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T47	1,83	84,82	ΚΑΠΝΟΣ
T48	2,23	96,29	ΚΑΠΝΟΣ
T49	1,57	59,96	ΚΑΠΝΟΣ

**Πίνακας 2α.(συνέχεια). Συγκεντρώσεις των νιτρωδών και νιτρικών ιοντων (mg/kgg ξ.ε.) των εδαφικών δειγμ.**

ΤΟΜΕΣ T	Συγκέντρωση		Καλλιέργεια
	mg NO <sub>2</sub> /kgg ξ.ε.	mg NO <sub>3</sub> /kgg ξ.ε.	
	Βάθος δειγματοληψίας		
	0-30cm	0-30cm	
T51	0,71	24,62	ΚΑΠΝΟΣ
T52	4,19	19,46	ΑΜΠΕΛΙ
T53	1,96	8,19	ΑΜΠΕΛΙ
T54	3,97	87,04	ΑΜΠΕΛΙ
T55	3,14	16,13	ΑΜΠΕΛΙ
T56	2,11	13,19	ΣΙΤΑΡΙ
T57	2,27	8,76	ΕΛΙΕΣ
T58	0,61	48,73	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T59	0,81	24,52	ΕΛΙΕΣ ΝΕΟΦΥΤΕΣ
T60	1,52	15,23	ΑΜΠΕΛΙ - ΕΛΙΕΣ
T61	0,21	105,28	ΕΛΙΕΣ
T62	0,46	162,37	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T63	0,86	29,44	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T64	1,93	161,00	ΚΑΠΝΟΣ
T65	0,05	62,48	ΚΑΠΝΟΣ
T66	0,20	28,93	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T67	1,57	11,67	ΚΑΡΥΔΙΕΣ
T68	4,74	110,22	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T69	1,37	192,27	ΛΙΒΑΔΙ
T70	1,83	116,18	ΚΑΠΝΟΣ
T71	0,72	43,85	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T72	4,31	16,04	ΑΜΥΓΔΑΛΙΕΣ
T73	21,02	205,86	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T74	7,46	34,52	ΚΑΠΝΟΣ
T75	4,31	57,71	ΚΡΙΘΑΡΙ
MIN	0,05	1,68	
MAX	21,02	408,65	
AVER.	3,09	71,06	
StV	3.3	69.5	
C.V.%	108.43	97.86	

Πίνακας 2β. Συγκεντρώσεις των νιτρωδών και νιτρικών ιοντων (kg/στρ ) των εδαφικών δειγμάτων

ΤΟΜΕΣ Τ	Συγκέντρωση			Καλλιέργεια
	kg N(NO <sub>2</sub> )/στρ	kg N(NO <sub>3</sub> )/στρ	No/στρ	
	Βάθος δειγματοληψίας			
	0-30cm	0-30cm	0-30cm	
T1	0,08	1,59	1,68	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T2	0,19	0,76	0,95	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T3	0,05	4,29	4,34	ΣΙΤΑΡΙ
T4	0,07	2,41	2,48	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T5	0,09	2,90	2,99	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T6	0,05	1,52	1,57	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T7	0,02	0,14	0,17	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T8	0,66	6,81	7,47	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T9	0,50	6,26	6,76	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T10	0,17	0,86	1,03	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T11	1,25	3,80	5,05	ΛΕΥΚΗ ΦΥΤΙΑ
T12	0,32	0,66	0,99	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T13	0,12	0,86	0,98	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T14	1,40	3,69	5,09	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T15	0,06	6,39	6,44	ΚΑΠΝΟΣ
T16	0,66	3,41	4,06	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T17	0,25	0,73	0,98	ΣΙΤΑΡΙ
T18	0,42	3,90	4,32	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T19	0,16	0,59	0,75	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T20	0,21	0,64	0,85	ΓΗΠΕΔΟ
T21	0,15	6,03	6,18	ΚΑΠΝΟΣ
T22	0,27	6,76	7,03	ΚΑΠΝΟΣ
T23	0,13	6,12	6,26	ΚΑΠΝΟΣ
T24	0,21	7,54	7,76	ΚΑΠΝΟΣ
T25	0,33	8,17	8,51	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T26	0,72	24,77	25,49	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T27	0,18	6,88	7,06	ΚΑΠΝΟΣ
T28	1,08	7,39	8,47	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T29	0,36	1,36	1,73	ΑΜΠΕΛΙ
T30	0,04	34,60	34,64	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T31	0,03	5,83	5,86	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T32	0,03	9,56	9,59	ΚΑΠΝΟΣ
T33	0,09	3,06	3,15	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T34	0,12	10,70	10,82	ΚΑΠΝΟΣ
T35	0,16	3,92	4,08	ΚΑΠΝΟΣ
T36	0,12	4,10	4,22	ΚΑΠΝΟΣ
T37	0,36	3,38	3,74	ΚΑΠΝΟΣ
T38	0,08	0,81	0,89	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T39	0,70	12,16	12,87	ΣΙΤΑΡΙ
T40	0,59	0,60	1,18	ΣΙΤΑΡΙ
T41	0,79	18,12	18,91	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T42	0,19	11,02	11,21	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T43	0,32	12,52	12,84	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T44	0,36	2,60	2,97	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T45	0,26	4,68	4,94	ΤΡΙΦΥΛΛΙ
T46	1,11	3,39	4,50	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T47	0,21	7,18	7,39	ΚΑΠΝΟΣ
T48	0,25	8,15	8,41	ΚΑΠΝΟΣ
T49	0,18	5,08	5,26	ΚΑΠΝΟΣ

T50	0,30	4,04	4,34	ΚΑΠΝΟΣ
-----	------	------	------	--------

Πίνακας 2β(συνέχεια). Συγκεντρώσεις των νιτρωδών και νιτρικών ιοντων (kg/στρ) των εδαφικών δειγμάτων

ΤΟΜΕΣ Τ	Συγκέντρωση			Καλλιέργεια
	kg N(NO2)/στρ	kg N(NO3)/στρ	No/στρ	
	Βάθος δειγματοληψίας			
	0-30cm	0-30cm	0-30cm	
T51	0,08	2,08	2,17	ΚΑΠΝΟΣ
T52	0,48	1,65	2,13	ΑΜΠΕΛΙ
T53	0,22	0,69	0,92	ΑΜΠΕΛΙ
T54	0,45	7,37	7,82	ΑΜΠΕΛΙ
T55	0,36	1,37	1,72	ΑΜΠΕΛΙ
T56	0,24	1,12	1,36	ΣΙΤΑΡΙ
T57	0,26	0,74	1,00	ΕΛΙΕΣ
T58	0,07	4,13	4,20	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T59	0,09	2,08	2,17	ΕΛΙΕΣ ΝΕΟΦΥΤΕ
T60	0,17	1,29	1,46	ΑΜΠΕΛΙ - ΕΛΙΕΣ
T61	0,02	8,91	8,94	ΕΛΙΕΣ
T62	0,05	13,75	13,80	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T63	0,10	2,49	2,59	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T64	0,22	13,63	13,85	ΚΑΠΝΟΣ
T65	0,01	5,29	5,30	ΚΑΠΝΟΣ
T66	0,02	2,45	2,47	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ
T67	0,18	0,99	1,17	ΚΑΡΥΔΙΕΣ
T68	0,54	9,33	9,87	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T69	0,16	16,28	16,44	ΛΙΒΑΔΙ
T70	0,21	9,84	10,05	ΚΑΠΝΟΣ
T71	0,08	3,71	3,80	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T72	0,49	1,36	1,85	ΑΜΥΓΔΑΛΙΕΣ
T73	2,40	17,43	19,83	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
T74	0,85	2,92	3,77	ΚΑΠΝΟΣ
T75	0,49	4,89	5,38	ΚΡΙΘΑΡΙ
MIN	0,01	0,14	0,15	
MAX	2,40	34,60	37,00	
AVER.	0,33	5,71	6,04	
StV	0,38	5,89	5,97	
C.V.%	115,89	103,04	98,85	

## **Εργαστηριακές αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων.**

### **i) Προσδιορισμός του pH.**

Η τιμή του pH των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους, σε αναλογία 1:1 (w/w) (McLean, 1982).

### **Αντιδραστήρια και όργανα.**

1. Ποτήρι ζέσεως των 100 mL.
2. Ογκομετρικός κύλινδρος των 50 mL.
3. Ρυθμιστικά διαλύματα με pH=4 και pH=7.
4. Πεχάμετρο Crison.
5. Γυάλινη ράβδος.
6. Αποσταγμένο ύδωρ.
7. Ζυγός ακριβείας.

### **Βαθμονόμηση pH-μέτρου (Crison).**

Το pH-μετρο βαθμονομείται με τη βοήθεια των ρυθμιστικών διαλυμάτων με τιμές pH=7 και pH=4 σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

### **Μέθοδος.**

Στο ποτήρι ζέσεως των 100 mL φέρονται 30 g αεροξηραθέντος εδάφους και με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου προστίθενται 30 mL αποσταγμένου ύδατος. Με τη γυάλινη ράβδο πραγματοποιείται ανάδευση για χρονικό διάστημα 10 λεπτών. Το αιώρημα αφήνεται προς εξισορρόπηση. Στη συνέχεια εισάγεται το ηλεκτρόδιο του πεχαμέτρου στο ανώτερο τμήμα του υδατικού αιωρήματος εδάφους και λαμβάνεται η μέτρηση αφού σταθεροποιηθεί το όργανο.

### **ii) Προσδιορισμός της ηλεκτρικής αγωγιμότητας E.C. (Electrical Conductivity).**

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους, σε αναλογία 1:1 (w/w) (McLean, 1982).



### **Αντιδραστήρια και όργανα.**

1. Ποτήρι ζέσεως των 100 mL.
2. Ογκομετρικός κύλινδρος των 50 mL.
3. Ρυθμιστικό διάλυμα 0,1 M KCl.
4. Αγωγιμόμετρο του Οίκου Methrohm
5. Γυάλινη ράβδος.
6. Αποσταγμένο ύδωρ.
7. Ζυγός ακριβείας.
8. Θερμόμετρο.

### **Βαθμονόμηση αγωγιμομέτρου.**

Το αγωγιμόμετρο βαθμονομείται με τη βοήθεια του ρυθμιστικού διαλύματος KCl 0.1M. Στους 25 °C η ένδειξή του πρέπει να είναι 1,41 dS/m. Σε διαφορετική θερμοκρασία ρυθμίζεται η ένδειξή του με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή.

### **Μέθοδος.**

Στο ποτήρι ζέσεως των 100 mL φέρονται 30 g αεροξηραθέντος εδάφους και με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου προστίθενται 30 mL αποσταγμένου ύδατος. Με τη γυάλινη ράβδο πραγματοποιείται ανάδευση για χρονικό διάστημα 10 λεπτών. Στη συνέχεια εισάγεται το αγωγιμόμετρο στο εδαφικό αιώρημα και λαμβάνεται η μέτρηση ενώ ακόμα τα εδαφικά τεμαχίδια βρίσκονται σε αιώρηση. Για τη διατήρηση των εδαφικών τεμαχιδίων σε αιώρηση ανακινείται ελαφρά το αγωγιμόμετρο. Λαμβάνεται η ένδειξη του αγωγιμομέτρου αφού σταθεροποιηθεί για περίπου 10 sec.

### **iii) Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας.**

Χρησιμοποιήθηκε η τροποποιημένη μέθοδος των Nelson and Sommers (1982).

### **Όργανα - σκεύη**

- Κωνικές ευρύλαιμες φιάλες των 500mL
- Ζυγός ακριβείας δύο δεκαδικών ψηφίων
- Σιφόνια 20mL, 10mL, 1mL
- Προχοΐδα

## Αντιδραστήρια

-Πρότυπο διάλυμα  $K_2Cr_2O_7$ , 1N. Ζυγίστηκαν 49,04g  $K_2Cr_2O_7$ , το οποίο είχαν προηγουμένως ξηραθεί στους  $105^{\circ}C$  για 1 ώρα και διαλύθηκαν σε αποσταγμένο νερό. Μεταφέρθηκαν στη συνέχεια σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL η οποία συμπληρώθηκε μέχρι τη χαραγή με αποσταγμένο νερό.

-Πυκνό  $H_2SO_4$  (96% και άνω w/w), του εμπορίου.[Όταν στο έδαφος υπήρχαν  $Cl^-$  γίνονταν προσθήκη  $15\text{ gr L}^{-1}$   $Ag_2SO_4$  στο οξύ].

-Πυκνό  $H_3PO_4$  (96% και άνω w/w), του εμπορίου.

-Πρότυπος τιτλοδότης, διάλυμα  $FeSO_4$  0,5N. Διαλύθηκαν 139g  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  σε αποσταγμένο νερό και προστέθηκαν 15mL πυκνού  $H_2SO_4$ . Ακολούθησε ψύξη και αραιώση μέχρι όγκου 1000 mL.

Για την συγκέντρωση του αντιδραστηρίου γίνονταν έλεγχος πριν τη χρήση, με τιτλοδότηση με 10mL διαλύματος  $K_2Cr_2O_7$  1N.

-Δείκτης ο-φαινανθρολίνης, η οποία είχε συμποκοποιηθεί με διάλυμα  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  0,025M: 14,85 g από το αντιδραστήριο της ο-φαινανθρολίνης και 6,95 gr από το αντιδραστήριο  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , ζυγίστηκαν και διαλύθηκαν σε μικρή ποσότητα αποσταγμένου νερού. Ακολούθησε αραιώση σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL με αποσταγμένο νερό.

## Μέθοδος

Ζυγίστηκαν 0,2-1,0g αεροξηραθέντος εδάφους, που είχε λειοτριβηθεί και κοσκινιστεί με κόσκινο (όχι μεταλλικό), διαμέτρου 0,5mm. Το δείγμα μεταφέρθηκε σε κωνική φιάλη των 500mL. Κατόπιν, προστέθηκαν 10mL διαλύματος  $K_2Cr_2O_7$  1N και ανακινήθηκε ελαφρά η φιάλη, έτσι ώστε να διασπαρθεί το δείγμα πλήρως στο διάλυμα. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 20mL πυκνού  $H_2SO_4$ . Η φιάλη ανακινήθηκε για ένα λεπτό και αφέθηκε σε ηρεμία για 30 λεπτά της ώρας. Κατόπιν, προστέθηκαν 200mL αποσταγμένου νερού, 10mL  $H_3PO_4$  και 1mL δείκτη ο-φαινανθρολίνης. Τελικά, ογκομετρήθηκε η περίσσεια του  $K_2Cr_2O_7$  με το διάλυμα  $FeSO_4$  μέχρις αλλαγής του χρώματος του δείκτη από μπλε σε κόκκινο. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε και ο τυφλός προσδιορισμός της κανονικότητας του πρότυπου τιτλοδότη,  $FeSO_4$  0,5N. Όταν γίνονταν αναγωγή από τον οργανικό άνθρακα περισσότερο από 75% των ιόντων  $Cr_2O_7^{2-}$ , τότε ο προσδιορισμός επαναλαμβάνονταν χρησιμοποιώντας μικρότερη ποσότητα εδαφικού δείγματος.

### Υπολογισμοί

Ο οργανικός άνθρακας υπολογίστηκε από τον τύπο :

$$\text{Οργανικός C, \%} = \frac{(\text{meqK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{meqFeSO}_4)(0.003)(100)}{\text{gξηρού εδάφους}} \times f$$

όπου : meq  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  είναι ίσα με τα meq  $\text{FeSO}_4$  που καταναλώνονται για τον τυφλό προσδιορισμό, meq  $\text{FeSO}_4$  είναι τα mL του τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για το δείγμα επί την κανονικότητα του διαλύματος και f είναι συντελεστής διόρθωσης που έχει τιμή 1,3.

Συμπληρωματικά, αναφέρεται ότι οι τιμές του ολικού άνθρακα % καθώς και της ολικής οργανικής ουσίας %, υπολογίστηκαν ως εξής :

$$\text{Ολικός Οργανικός C, \%} = \frac{(\text{meqK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{meqFeSO}_4)(0.0039)(100)}{\text{gξηρού εδάφους}} \times f$$

$$\text{Οργανική Ουσία, \%} = \frac{(\text{meqK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{meqFeSO}_4)(0.0067)(100)}{\text{gξηρού εδάφους}} \times f$$

#### iv) Προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης.

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος κοκκομετρικής ανάλυσης με το υδρόμετρο του Βουγιούκου. Τα εδαφικά δείγματα διήλθαν αρχικά από κόσκινο διαμέτρου 2mm. Η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε γιατί τα εδαφικά δείγματα περιείχαν οργανικό άνθρακα λιγότερο από 30g  $\text{kg}^{-1}$  εδάφους).

#### Αντιδραστήρια

- Απιονισμένο νερό
- Έξι-μεταφωσφορικό νάτριο
- Ανθρακικό νάτριο ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
- Διάλυμα 50g έξι-μεταφωσφορικού νατρίου και 7g ανθρακικού νατρίου ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) σε 1L απιονισμένο νερό

## Όργανα

- Γυάλινοι κύλινδροι ύψους 47cm, εσωτερικής διαμέτρου 65mm και χαραγή στα 1130mL
- Γυάλινες φιάλες των 500mL
- Ηλεκτρικός αναδευτήρας
- Χειροκίνητος αναδευτήρας
- Πυκνόμετρο Βουγιούκου
- Θερμόμετρο
- Χρονόμετρο

## Μέθοδος

50g ξηρού εδάφους ( $105^{\circ}\text{C}$  για 24 h) ζυγίστηκαν σε ποτήρι βρασμού των 600mL (τρεις επαναλήψεις από το εδαφικό δείγμα) και προστέθηκαν 50mL διασπορικού διαλύματος του 6-μεταφωσφορικού νατρίου. Μετά από δύο ώρες, προστέθηκε νερό μέχρι τα 500 mL. Ακολούθησε ανάδευση με μία ράβδο και το δείγμα παρέμεινε για 24 ώρες, σε σταθερές συνθήκες, για να ολοκληρωθεί η διασπορά. Στη συνέχεια, το δείγμα μεταφέρθηκε στο μηχανικό αναδευτήρα του Βουγιούκου (mixer) για καλύτερη διασπορά. Η διάρκεια της ανάδευσης ήταν 15 λεπτά της ώρας για τα ελαφριάς έως μέτριας σύστασης εδάφη ή 30 λεπτά της ώρας για τα βαριά αργιλώδη εδάφη.

Το δείγμα μεταφέρθηκε από το μηχανικό αναδευτήρα στο γυάλινο κύλινδρο Βουγιούκου ύψους 47cm, στον οποίο ήδη είχε προστεθεί μικρή ποσότητα νερού, και αφού τοποθετήθηκε το πυκνόμετρο συμπληρώθηκε με νερό μέχρι τη χαραγή των 1130 mL. Το αιώρημα αναδευτήκε με το χειροκίνητο αναδευτήρα 20 φορές με δυνατές, παλινδρομικές κατά τον άξονα του κυλίνδρου κινήσεις, μέχρι να ομογενοποιηθεί το αιώρημα. Αμέσως μετά, σημειώθηκε η πρώτη μέτρηση του πυκνόμετρου και του θερμομέτρου. Το αιώρημα παρέμεινε σε ηρεμία και η δεύτερη μέτρηση σημειώθηκε μετά από δύο ώρες.

Αν Α είναι η πρώτη ένδειξη μετά 40 δευτερόλεπτα και Β η δεύτερη ένδειξη μετά από δύο ώρες τότε :

$$A = (\text{Ιλύς} + \text{Άργιλος}) \%$$

$$B = \text{Άργιλος} \%$$

$$\text{άρα } A - B = \text{Ιλύς} \% \text{ και } 100 - A = \text{Άμμος} \%$$

## Υπολογισμοί

α) Προσδιορισμός του ποσοστού % της άμμου (S)

$$\% \text{άμμου} = 100 - 2(A \pm \Delta_1)$$

όπου A= πρώτη ανάγνωση πυκνόμετρου

$\Delta_1$ =συντελεστής διόρθωσης της πρώτης ανάγνωσης του πυκνόμετρου που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία της πρώτης θερμομέτρησης και παίρνεται από τον ειδικό πίνακα.

β) Προσδιορισμός του ποσοστού % της αργίλου (C)

$$\% \text{αργίλου} = 2(B \pm \Delta_2)$$

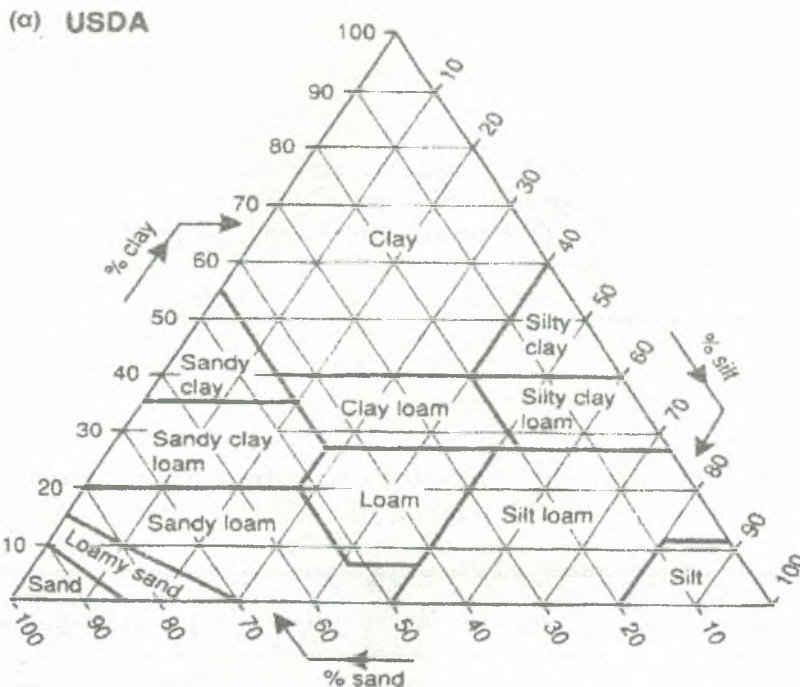
όπου B= δεύτερη ανάγνωση πυκνόμετρου

$\Delta_2$ =συντελεστής διόρθωσης της δεύτερης ανάγνωσης του πυκνόμετρου που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία της δεύτερης θερμομέτρησης και λαμβάνεται από ειδικό πίνακα.

γ) Η ιλύς υπολογίζεται, αν αφαιρεθεί το άθροισμα των ποσοστών άμμου και αργίλου από το 100.

(Οι θερμοκρασίες  $^{\circ}\text{C}$  μετατρέπονται σε αντίστοιχους  $^{\circ}\text{F}$  με την βοήθεια πινάκων. Αν αυτές είναι μεγαλύτερες των  $67^{\circ}\text{F}$  προστίθενται 0,2 για κάθε επί πλέον βαθμό  $^{\circ}\text{F}$  ή αφαιρείται το 0,2 για κάθε βαθμό, όταν οι θερμοκρασίες είναι μικρότερες των  $67^{\circ}\text{C}$ ).

Ο τύπος του εδάφους προσδιορίζεται από το τριγωνικό διάγραμμα μηχανικής σύστασης των εδαφών κατά USDA.



Εικόνα 1 Τρίγωνο μηχανικής σύστασης των εδαφών κατά USDA



PANEI 12 THMIO  
0211A1A2  
004000074928

