

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής Και Αγροτικού
Περιβάλλοντος**

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Θέμα : «Δημιουργία χαρτών τάσης στην εφαρμογή
γεωργίας ακριβείας στην ελιά»**

ΠΕΤΡΑΚΗ ΑΓΓΕΛΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΦΟΥΝΤΑΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εφαρμογή μεθόδων και τεχνικών που εντάσσονται στα πλαίσια της Γεωργίας Ακριβείας σε οπωρώνα ελιάς για την κατασκευή χαρτών τάσης. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αποτελέσματα από την ανάλυση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας της παραγωγής σε ελαιώνα στους Γαργαλιάνους στον νομό Μεσσηνίας. Έγινε η χαρτογράφηση της παραγωγής για τα έτη 2007, 2008, 2009 και 2010 καθώς επίσης των στοιχείων μηχανικής σύστασης, των εδαφολογικών στοιχείων του εδάφους (P, K, N, B, Mg, Mn, Fe και Cu) και των χαρακτηριστικών του εδάφους όπως το pH και η οργανική ουσία. Δημιουργήθηκαν επίσης χάρτες χωρικής, χρονικής και χωρο-χρονικής παραλλακτικότητας με βάση τους μέσους όρους της παραγωγής τα έτη 2007, 2008, 2009 και 2010. Μέσω των Βαριογραμμμάτων φαίνονται οι διαφορές στη χωρική κατανομή της παραγωγής και των εδαφολογικών στοιχείων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παραγωγή των ελαίων της ποικιλίας στα τέσσερα χρόνια ήταν 10t/ha, 7t/ha, 10t/ha και 9t/ha αντίστοιχα. Το Βόριο είναι το στοιχείο που παρουσιάζει την μεγαλύτερη παραλλακτικότητα ενώ τα στοιχεία Κάλιο (K) και Φώσφορος (P) είναι κατανεμημένα καλύτερα στον αγρό. Τέλος το pH κυμαίνεται μεταξύ 6-8 το οποίο είναι και το ιδανικό για μια καλή παραγωγή.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου, κύριο Σπυρίδωνα Φουντά, Επίκουρο καθηγητή του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος για την πολύτιμη βοήθεια του και σωστή καθοδήγησή που μου προσέφερε για την εις πέρας επίτευξη της συγγραφή της διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κύριο Θεοφάνη Γέμτο, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και τον κύριο Μπαρτζάνα Θωμά, Ερευνητή Β' του Ινστιτούτου Έρευνας και Τεχνολογίας Θεσσαλίας (ΙΕΤΕΘ) , για την πολύτιμη βοήθεια τους στην υλοποίηση της μεταπτυχιακής διατριβής μου.

Επίσης πολύτιμη ήταν και η βοήθεια την κυρίας Κατερίνας Αγγελοπούλου, συνεργάτη του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που με βοήθησε να ξεπεράσω δυσκολίες που αντιμετώπισα κατά την διάρκεια της διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αρραβωνιαστικό μου , την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την υπομονή και την βοήθεια τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή

1.1 Γενικά

1.2 Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

1.2.1 Γεωργία Ακριβείας

1.2.2 Τεχνολογίες γεωργίας ακριβείας

1.2.3 Οφέλη γεωργίας ακριβείας

1.2.4 Εφαρμογές Γεωργίας Ακριβείας

1.2.5 Παγκόσμιο σύστημα καθορισμού θέσης (GPS)

1.2.5.1 Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα των GPS

1.2.6 Σφάλματα και πηγές σφαλμάτων GPS

1.2.7 Εφαρμογές του GPS

1.2.8 Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS)

1.2.9 Ζώνες διαχείρισης (management zones)

1.2.10 Χαρτογράφηση παραγωγής (Yield Mapping)

1.2.11 Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων

1.2.12 Χάρτες τάσης για χωρική και χρονική παραλλακτικότητα

1.2.13 Εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application)

1.2.14 Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing)

1.2.15 Τάσεις και προοπτικές της Γεωργίας Ακριβείας

Κεφάλαιο 2 : Ελιά

2.1 Γενικά

2.2 Προέλευση και εξάπλωση

2.3 Ελαιόλαδο και παραγωγή ελαιολάδου στην Ελλάδα

2.4 Σχέδιο αγροτικής ανάπτυξης

2.4.1 Ενισχύσεις παραγωγών και κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής

2.5 Ετήσιος βλαστικός κύκλος της ελιάς

2.6 Πολλαπλασιασμός της ελιάς

2.7. Κλάδεμα της ελιάς

2.8 Εδαφο-κλιματικές απαιτήσεις της ελιάς

2.9 Εχθροί και ασθένειες της ελιάς

2.10 Συγκομιδή της ελιάς

2.11 Γεωργία ακριβείας στην ελιά

Κεφάλαιο 3 : Υλικά και μέθοδοι

3.1 Τοποθεσία

3.2 Ποικιλία ελιάς

3.3 Μετρήσεις

3.4 Ανάλυση δεδομένων

Κεφάλαιο 4 : Αποτελέσματα και συζήτηση

Κεφάλαιο 5 : Συμπεράσματα

Κεφάλαιο 6 : Τάσεις και προοπτικές της Γεωργίας Ακριβείας

Βιβλιογραφία

A) Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

B) Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

Γ) Πηγές internet

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η εποχή που άρχισε ο άνθρωπος να ασχολείται με την καλλιέργεια της γης δεν μπορεί να οριστεί ακριβώς. Μπορούμε όμως να πούμε ότι θα πρέπει να συνέπεσε με την έλλειψη του άφθονου κυνηγιού πάνω στη γη. Έτσι ο άνθρωπος, κάτω από την επιτακτική ανάγκη της συντήρησής του, άρχισε να ασχολείται με τη γεωργία. Στην αρχή, φυσικά, δεν ασχολήθηκε με την καλλιέργεια, αλλά με τη συλλογή των σπόρων, οπότε και ανακάλυψε ότι οι σπόροι αυτοί ήταν δυνατό να φυτευτούν και να αποδώσουν τους ίδιους καρπούς. Διαπίστωσε ακόμη ότι πολλούς από τους σπόρους αυτούς δεν ήταν ανάγκη να τους καταναλώσει αμέσως, αλλά μπορούσε να τους φυλάξει για ένα μεγάλο διάστημα στη σπηλιά του, χωρίς να χαλάσουν.

Έμαθε έτσι, ο πρωτόγονος άνθρωπος, ότι μπορεί να έχει τροφή και την εποχή που δεν υπήρχε, δηλαδή ακόμη και το χειμώνα. Διαπίστωσε ότι δεν ήταν υποχρεωμένος το χειμώνα να πηγαίνει για κυνήγι κάθε μέρα, εφόσον είχε στη σπηλιά του σπόρους, που είχαν και το πλεονέκτημα να μη χαλάνε, όπως συνέβαινε με το κρέας, όταν του έμενε για λίγο διάστημα και δεν το κατανάλωνε αμέσως.

Στην αρχή τους σπόρους τους έσπερνε χωρίς να τους σκεπάζει με χώμα, απλώς τους πέταγε σ' ένα κομμάτι γης και περίμενε να φυτρώσουν μόνοι τους, όταν φυσικά θα έβρεχε. Αργότερα άρχισε να παραχώνει τους σπόρους με χώμα. Έβλεπε πως όσοι σπόροι ήταν σκεπασμένοι με χώμα, φύτρωναν πιο εύκολα από τους άλλους που δεν ήταν. Ακόμη ότι οι σπόροι αυτοί ήταν δυνατό να διατηρηθούν, να μην ξεραθούν και να δώσουν και πάλι καρπό. Για να παραχώνει με χώμα τους σπόρους χρησιμοποίησε ένα απλό κομμάτι από ξύλο. Το σκαφτικό ραβδί όπως ονομάζουν το απλό κλαδί του ξύλου οι αρχαιολόγοι, αποτέλεσε και το πρώτο γεωργικό εργαλείο, πρόγονο των σημερινών πολύπλοκων γεωργικών μηχανημάτων. Η σπορά από τον πρωτόγονο άνθρωπο γινόταν σε μέρη που δε φύτρωναν θάμνοι ή άλλα δέντρα. Άρχισε όμως να παρατηρεί ότι οι σπόροι για να φυτρώσουν έπρεπε να βρέξει. Ακόμη, παρατηρούσε ότι οι σπόροι που έσπερνε εκεί όπου δε φύτρωναν άλλα χόρτα δε μεγάλωναν πολύ και δεν έδιναν τόσο καλούς καρπούς, όσο οι άλλοι σπόροι που φύτρωναν όπου και τα άλλα χόρτα και που η Γή είχε μαύρο χώμα. Άρχισε λοιπόν να καλλιεργεί κι αυτός τους σπόρους κοντά στις λίμνες και στα ποτάμια, όπου υπήρχε άφθονο νερό. Ακόμη άρχισε να καθαρίζει από τ' άλλα χόρτα

το μέρος, όπου επρόκειτο να σπείρει. Το σκαφτικό ραβδί πια δεν του ήταν αρκετό. Άλλωστε η κοινωνία είχε προοδεύσει και χρησιμοποιούσε το χαλκό. Έτσι, κατασκεύασε τη γνωστή, ακόμη και σήμερα, τσάπα και το λισγάρι. Και τα δύο αυτά εργαλεία άρχισε να τα χρησιμοποιεί πριν από 4.000 μέχρι 7.000 χρόνια π.Χ. Η χρησιμοποίηση της τσάπας, του έδωσε τη δυνατότητα να καλλιεργεί όλο και περισσότερες εκτάσεις με μεγαλύτερη ευκολία. Μπορούσε πια να σπέρνει και σε εκτάσεις που ήταν σκεπασμένες με θάμνους, αφού πρώτα τα ξερίζωνε. Παράλληλα, με τη χρήση της αξίνας, έμαθε και την ανάγκη του ποτίσματος. Δεν περίμενε πια πότε θα βρέξει, για να φυτρώσουν ή για να καρπίσουν οι σπόροι που έσπερνε. Έτσι τα πρώτα χωράφια του, τα είχε πάντα κοντά στα ποτάμια και στις λίμνες, δηλαδή σε μέρη που μπορούσε να τα ποτίζει. Η γεωργική απασχόληση οδήγησε τον πρωτόγονο άνθρωπο και σε πλήρη αλλαγή του τρόπου της ζωής του. Έπαψε πια να ζει νομαδικά και να ακολουθεί στις περιπλανήσεις τους τα ζώα, για να εξασφαλίζει την τροφή του. Άρχισε πια να μένει στον τόπο που μπορούσε να καλλιεργήσει. Σ' αυτό τον βοήθησε και το γεγονός ότι είχε αρχίσει πια να εξημερώνει μερικά κατοικίδια ζώα που μπορούσε να εκτρέφει και να του εξασφαλίζουν το απαραίτητο κρέας. Η αλλαγή όμως του τρόπου ζωής δημιούργησε νέα προβλήματα και νέες δυσκολίες στον άνθρωπο. Εκεί που υπήρχαν κατάλληλες περιοχές για την καλλιέργεια των φυτών, άρχισαν να μαζεύονται όλο και περισσότεροι άνθρωποι και να δημιουργούνται τα πρώτα χωριά. Η ζωή των χωριών αυτών άρχισε να οργανώνεται πια σε κοινωνίες. Άρχισε ακόμη να υπάρχει και ο χωρισμός ανάμεσα σε διάφορα επαγγέλματα. Άλλος έγινε βοσκός, άλλος έμαθε να φτιάχνει πήλινα δοχεία, που τόσο απαραίτητα ήταν, ενώ άλλοι παρέμειναν γεωργοί. Αυτοί που παρέμειναν γεωργοί είχαν συνεχώς όλο και περισσότερες υποχρεώσεις απέναντι στο χωριό, για να του προμηθεύουν τρόφιμα. Η τσάπα δεν ήταν αρκετή για την καλλιέργεια της γης. Προσπάθησε τότε ο πρωτόγονος άνθρωπος να βρει άλλους τρόπους, που θα τον βοηθούσαν στη δουλειά του. Κάποιος, ίσως ο πιο σοφός, ίσως ο πιο πεπειραμένος της φυλής να σκέφτηκε και να επινόησε το άροτρο. Μπορεί ακόμη το άροτρο να ήρθε σαν εξέλιξη του σκαφτικού ραβδιού. Μπορεί κάποιος να σκέφτηκε ότι αντί να έχουμε ένα μικρό κλαδί και να σκάβουμε, γιατί να μην υπάρχει ένα άλλο μυτερό κλαδί, που να μπορούν να το τραβάνε δύο ή περισσότεροι άνθρωποι.

Ίσως, κάπως έτσι να σκέφτηκαν, ίσως κάπως αλλιώς, το γεγονός πάντως είναι ότι το άροτρο άρχισε να χρησιμοποιείται περίπου 2.000 χρόνια π.Χ. και μάλιστα στην Ασία. Η χρησιμοποίησή του έδωσε νέα ώθηση στη γεωργία. Στην αρχή το έσερναν οι άνθρωποι. Ακόμη και σήμερα είναι δυνατό αυτό να το διαπιστώσει κανείς και σε μερικές πρωτόγονες φυλές. Με τη βοήθεια του μπορούσε να ξεχερσώσει μεγάλες εκτάσεις και να τις καλλιεργήσει. Αργότερα, όταν έμαθε να χρησιμοποιεί σαν

κινητήρια δύναμη το άλογο ή και το βόδι, η γεωργία γνώρισε ακόμη μεγαλύτερη ανάπτυξη. Ενώ ξέρουμε την εξέλιξη των εργαλείων, που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος στη γεωργία, δεν ξέρουμε ποια ακριβώς φυτά καλλιεργούσε, εκτός από το σιτάρι. Για το σιτάρι ξέρουμε, από τις ανασκαφές, ότι του ήταν γνωστό περίπου 10.000 χρόνια π.Χ. (Αγρογή, 2008).

1.2 Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

1.2.1 Γεωργία Ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας (Precision Agriculture) αποτελεί ένα σύστημα παραγωγής αγροτικών προϊόντων που στηρίζεται στην διαχείριση των εισροών σε έναν αγρό σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες τις καλλιέργειας τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Τα συστήματα της γεωργίας ακριβείας στηρίζονται στις δυνατότητες που παρέχουν οι νέες τεχνολογίες για την αναγνώριση της χωρικής-χρονικής παραλλακτικότητας, των αναγκών της καλλιέργειας και την ανάπτυξη συστημάτων μεταβλητών παροχών των εισροών. Σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους αγροτικής παραγωγής, όπου οι εισροές παρέχονται ενιαία στον αγρό, θεωρώντας ότι υπάρχει μια αποδεκτή ομοιογένεια στις εδαφολογικές ιδιότητες και τη γονιμότητα του εδάφους, την εδαφική υγρασία, τους πληθυσμούς των ζιζάνιων και των εντόμων, και τα χαρακτηριστικά των φυτών, η γεωργία ακριβείας διαχειρίζεται τον αγρό σε μικρότερες περιοχές (διαχειριστικές ζώνες) που εμφανίζουν μια σχετική ομοιογένεια που ανταποκρίνεται περισσότερο στην πραγματικότητα. Με την γεωργία ακριβείας διαχειριζόμαστε αποτελεσματικότερα την τοπική παραλλακτικότητα ενός αγρού με στόχο:

- ❖ Την αύξηση της απόδοσης της παραγωγής.
- ❖ Την βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.
- ❖ Την ορθολογική και αποτελεσματικότερη χρήση των χημικών εισροών.
- ❖ Την μείωση κατανάλωσης ενέργειας.
- ❖ Την προστασία του εδάφους και των υπογείων υδάτων

(Internet 1)

Γεωργία Ακρίβειας (Precision Farming, Precision Agriculture, Site Specific Farming), ονομάζεται η μέθοδος γεωργικής πρακτικής, που χρησιμοποιεί πληροφορίες με σαφήνεια προσδιορισμένων ως προς το χώρο ή και το χρόνο, προκειμένου να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα των εισροών ή και να ελαχιστοποιήσει τις βλαβερές τους συνέπειες (Καρυδάς και Συλλαίος, 2000).

Η Γεωργία Ακρίβειας είναι μία νέα αντίληψη για τη γεωργία και ταυτόχρονα, μία νέα μέθοδος γεωργικής πρακτικής που σκοπός της είναι να αναδιοργανώσει το συνολικό σύστημα της γεωργίας προς τις χαμηλές εισροές, την υψηλή απόδοση, τη βιώσιμη γεωργία και να μειώσει την αβεβαιότητα των αποφάσεων που απαιτούνται για τον έλεγχο της παραλλακτικότητας (Zhangetall, 2002).

Μέχρι τώρα, η Γεωργία Ακρίβειας έχει επικεντρωθεί, αρχικά, στη διαχείριση της ετερογένειας των αγρών, δηλαδή σε μία περιοχή συγκεκριμένης διαχείρισης της καλλιέργειας. Πολλοί θεωρούν ότι η Γεωργία Ακρίβειας είναι κάτι περισσότερο από τη διαχείριση της ετερογένειας του αγρού, δηλαδή, η Γεωργία Ακρίβειας θα πρέπει να συμπεριλάβει κάθε γεωργική δραστηριότητα που εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας πληροφορίες για τη φυτική και ζωική παραγωγή και την ευημερία, τη διαχείριση των φυσικών πόρων (π.χ. εδαφολογική γονιμότητα, ποιότητα νερού), τη γεωργική διαχείριση τοπίων καθώς επίσης και τη μετά συγκομιδή επεξεργασία της πρώτης ύλης (Schellberg, 2007).

Συνεπώς, η Γεωργία Ακρίβειας, ως έννοια διαχείρισης της καλλιέργειας, μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση του περιβάλλοντος, της οικονομίας, της αγοράς και της καλλιεργήσιμης γεωργίας. Φαίνεται να είναι ένας σωστός τρόπος για τους παραγωγούς επειδή η παραγωγή είναι πιο ακριβής οδηγώντας σε μείωση του κόστους και της περιβαλλοντικής μόλυνσης (Stafford, 2000).

Ενώ η παραδοσιακή γεωργική διαχείριση αντιμετωπίζει τα αγροτεμάχια ως ομοιόμορφα (βασιζόμενη σε μέσους όρους) και αγνοεί την εγγενή ή επίκτητη ως προς το χώρο και το χρόνο παραλλακτικότητά τους (spatial and temporal variability), στην καρδιά της Γεωργίας Ακρίβειας βρίσκεται η διαχείριση αυτής ακριβώς της παραλλακτικότητας. Ειδικότερα, διακρίνονται τρεις μορφές παραλλακτικότητας: η χωρική, η χρονική και η προβλεπτική. Η χωρική παραλλακτικότητα γίνεται αντιληπτή ως μεταβολή των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων των καλλιεργειών και του εδάφους, με την αλλαγή θέσης μέσα στο αγροτεμάχιο. Η χρονική παραλλακτικότητα γίνεται αντιληπτή ως μεταβολή τους με το χρόνο. Η προβλεπτική παραλλακτικότητα γίνεται αντιληπτή ως μεταβολή στο χώρο, της διαφοράς μεταξύ προβλεπόμενων και πραγματικών τιμών αποδόσεων. Η Γεωργία Ακρίβειας παρέχει το πλαίσιο μέσα στο οποίο οι διαχειριστές των καλλιεργειών μπορούν με μεγάλη ακρίβεια να κατανοήσουν και στη συνέχεια να ελέγξουν αυτά που συμβαίνουν μέσα στο αγροτεμάχιο (Blackmore, 1994). Όσον αφορά τις παραμέτρους που παραλλάσσουν διακρίνονται σε εδαφολογικούς (υφή, δομή, οργανική ουσία, θρεπτικά στοιχεία), τοπογραφικούς, βιολογικούς, εξέλιξη της κατάστασης με σημαντικότερη παράμετρο το άζωτο και κλιματικούς.

Για την ανίχνευση της παραλλακτικότητας και της έκτασής της χρησιμοποιούνται θεματικοί χάρτες. Οι χάρτες αυτοί αποτυπώνουν τη χωρική παραλλακτικότητα ιδιοτήτων όπως αποδόσεων (χάρτες παραγωγής – yield maps), εδαφικών χαρακτηριστικών (χάρτες ιδιοτήτων εδάφους – soil maps), τοπογραφικοί χάρτες (elevation maps), αλλά και χάρτες άλλων χαρακτηριστικών της καλλιέργειας, όπως χάρτες χρώματος κ.λπ.. Για τη διάγνωση των αιτιών της χρησιμοποιούνται,

επίσης, η τηλεπισκόπηση και οι εργαστηριακές αναλύσεις. Η γεωγραφική πληροφορία στα δεδομένα καθορίζεται από τα συστήματα εντοπισμού θέσης (π.χ. GPS) (Καρύδας et al., 2000).

Τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη από τη γνώση της χωρικής παραλλακτικότητας είναι προφανή, ωστόσο, πρέπει να αποδειχτούν γενικότερα μέσα από πειράματα και πιλοτικές εφαρμογές. Ένα μεγάλο μέρος της τεχνολογίας έχει ήδη αναπτυχθεί ιδιαίτερα στον τομέα των αισθητήρων και της χαρτογράφησης της παραλλακτικότητας (Stafford, 2000).

1.2.2 Τεχνολογίες γεωργίας ακρίβειας

Η Γεωργία Ακρίβειας χρησιμοποιεί διάφορες τεχνολογίες όπως είναι το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης (Global Positioning System), τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (Geographical Information Systems), οι αισθητήρες μέτρησης της παραγωγής (yield monitors), η εφαρμογή εισροών με μεταβλητό ρυθμό (Variable Rate Technology), η τηλεπισκόπηση (Remote Sensings) κ.α. (Καρυδός και Συλλαίος, 2000).

Η εφαρμογή ενός συστήματος Γεωργίας Ακρίβειας περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις (Καρυδός και Συλλαίος, 2000):

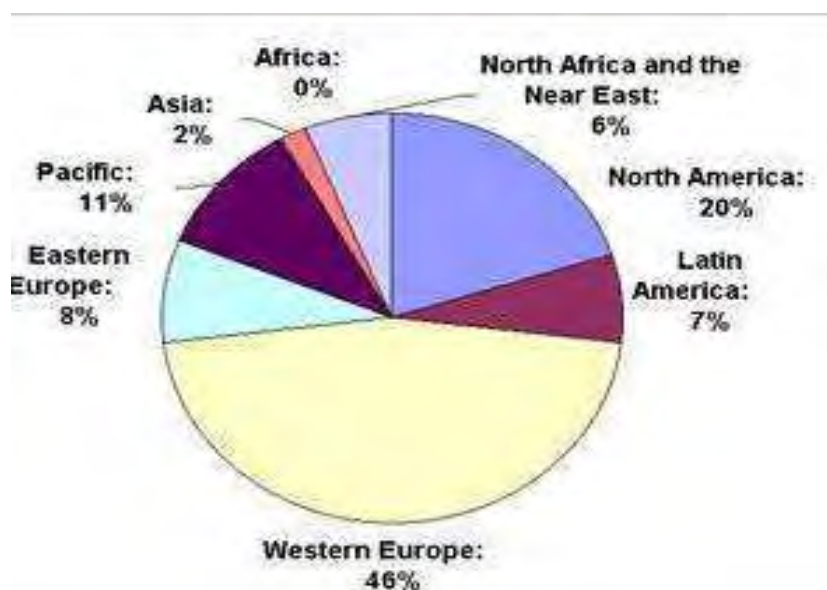
- ❖ **Συλλογή πληροφορίας:** Το βασικότερο είδος πληροφορίας, όσον αφορά στη Γεωργία Ακρίβειας, είναι οι χωρικές συντεταγμένες. Είναι η πληροφορία που πρέπει να συνοδεύει τις περισσότερες από τις άλλες μορφές πληροφορίας (χαρτογράφηση αποδόσεων, εφαρμογή εισροών, κ.λπ.), προκειμένου αυτές να αποκτούν γεωγραφικά χαρακτηριστικά. Η πρώτη χρονικά πληροφορία που λαμβάνεται είναι οι αποδόσεις των προηγούμενων ετών. Η παραλλακτικότητα των αποδόσεων αυτών, καθώς και η σοβαρότητά της, αποτυπώνονται στους χάρτες παραγωγής, οι οποίοι όμως δεν μπορούν να προσδιορίσουν τα αίτια αυτής της παραλλακτικότητας. Για τη διάγνωση των αιτίων της παραλλακτικότητας και περαιτέρω διερεύνηση χρησιμοποιούνται η Τηλεπισκόπηση και οι Μετρήσεις Πεδίου.
- ❖ **Διαχείριση πληροφορίας:** Για τη διαχείριση της πληροφορίας στη Γεωργία Ακρίβειας, δηλαδή την ανάλυση και επεξεργασία της πληροφορίας, χρησιμοποιούνται τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information Systems- G.I.S.) και ακολουθούνται τα εξής στάδια: α) Εισαγωγή δεδομένων (χάρτες, αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες, μετρήσεις στο πεδίο, ψηφιακά αρχεία, κ.ά.). β) Αποθήκευση και επιλεκτική επανάκτηση δεδομένων μέσω λογικών ερωτημάτων, καθώς και γρήγορη και ασφαλής ενημέρωση και διόρθωσή

τους. γ) Διαχείριση, ανάλυση και μοντελοποίηση δεδομένων. Στη φάση αυτή, για την ανάδειξη των αιτίων της παραλλακτικότητας, χρησιμοποιούνται στατιστικές τεχνικές για τη συσχέτιση με την παραλλακτικότητα σταθερών (τύπος εδάφους, ρέματα, ψηλά δένδρα, κ.ά.) και μεταβλητών (σπορά, ψεκασμοί, λιπάνσεις, κ.ά.) παραγόντων. Συνήθως διαφορετικοί παράγοντες είναι σημαντικοί για διαφορετικά σημεία του αγροτεμαχίου, δ) Απόδοση αποτελεσμάτων, συσχετίσεων, αναλύσεων και άλλων διαδικασιών, με τη μορφή χαρτών, πινάκων, γραφημάτων και άλλων μορφών. **Αποφάσεις:** Ως αντίληψη, η Γεωργία Ακρίβειας, δεν ταυτίζεται με κάποια συγκεκριμένη διαχειριστική τακτική. Απλώς, επιτρέπει στο διαχειριστή (παραγωγό, γεωπόνο, σύμβουλο, εταιρεία ή έμπειρο σύστημα) την καλύτερη κατανόηση και το μεγαλύτερο δυνατό έλεγχο των χειρισμών στο αγροτεμάχιο. Καθώς η Γεωργία Ακρίβειας αναπτύσσεται σε ολοκληρωμένο σύστημα, οι διάφορες διαχειριστικές στρατηγικές καθίσταται δυνατό να περιγραφούν (ακόμη και να ενσωματωθούν σε ειδικό λογισμικό), ώστε να δώσουν σταθερές και συνεπείς πρακτικές, κυρίως όσον αφορά στις επιδράσεις τους στο περιβάλλον. Τρεις είναι, σε γενικές γραμμές, οι κύριες στρατηγικές που μπορούν να εφαρμοστούν: 1) Στρατηγική Α. Προστασία της παραγωγής - Μεγάλες ποσότητες εισροών - Κανένα ενδιαφέρον για το περιβάλλον. 2) Στρατηγική Β. Μειωμένες εισροές - Βέλτιστο κέρδος ή εισόδημα - Μέτριο ενδιαφέρον για το περιβάλλον. 3) Στρατηγική Γ. Μειωμένες εισροές - Υψηλό ενδιαφέρον για το περιβάλλον.

❖ **Εφαρμογή:** Το τελευταίο στάδιο με το οποίο ολοκληρώνεται ένας κύκλος Γεωργίας Ακρίβειας είναι η λήψη αποφάσεων διαχείρισης των αγροτεμαχίων και μέρων τους και η εφαρμογή των αποφάσεων, με τα Συστήματα Μεταβλητών Εφαρμογών των εισροών στο αγροτεμάχιο. Αυτό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: είτε με την ανάγνωση θεματικών χαρτών (εφαρμογή βασισμένη σε χάρτη - map based application) είτε με την λήψη απευθείας εντολών από Αισθητήρες (π.χ. αισθητήρες εδαφικής υγρασίας), που φέρονται στο ίδιο όχημα με τα παρελκόμενα εφαρμογών (εφαρμογή βασισμένη σε αισθητήρα – sensor based application). Έως σήμερα χρησιμοποιείται περισσότερο η βασισμένη σε χάρτη μέθοδος, εξαιτίας της μικρής ακόμη διάδοσης των Αισθητήρων. Ωστόσο, το κόστος της εδαφικής ανάλυσης ανά δείγμα είναι υψηλό και συνεπώς περιορίζει το πλήθος των διαθέσιμων δειγμάτων. Οι χάρτες πλεονεκτούν για μεταβλητές που είναι σταθερές στα χρονικά πλαίσια μίας καλλιεργητικής περιόδου, όπως η οργανική ουσία, η μηχανική σύσταση, κ.ά. Με τη μέθοδο του Αισθητήρα, όμως, παύει να υπάρχει η ανάγκη για χρήση G.P.S. και για επεξεργασία δεδομένων, αφού δεν απαιτείται η χρήση χαρτών.

1.2.3 Οφέλη γεωργίας ακριβείας

Ένας από τους κύριους σκοπούς της γεωργίας ακριβείας είναι να κάνει τους αγρότες πιο ανταγωνιστικούς τόσο στην εγχώρια όσο και στην παγκόσμια αγορά. Ο παραγωγός είναι σε θέση να γνωρίζει, για το κάθε τμήμα του αγρού, την κατάλληλη ποσότητα λιπασμάτων, άρδευσης και χημικών ουσιών που θα πρέπει να εναποθέσει έτσι ώστε να έχει την βέλτιστη απόδοση. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι με τη χρήση των τεχνικών της γεωργίας ακριβείας μπορούμε να επιτύχουμε εξοικονόμηση και αποδοτική χρήση πόρων, όπως για παράδειγμα το νερό. Υπάρχουν πολλές περιοχές που παρουσιάζουν πρόβλημα ύδρευσης ή ύπαρξης νερού, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα που δείχνει την παγκόσμια κατανάλωση νερού. Επίσης παρατηρείται το φαινόμενο οι γεωργοί να ποτίζουν τις καλλιέργειες παραπάνω από ότι χρειάζεται. Επίσης μπορεί να μην έχουν την αναμενόμενη απόδοση και σε συνάρτηση με το γεγονός ότι σε πολλές περιοχές η άρδευση είναι μια αρκετά δαπανηρή διαδικασία, το αποτέλεσμα για τον παραγωγό δεν είναι το βέλτιστο.



Επιπλέον ένα σημαντικό όφελος που απορρέει από την χρήση των τεχνικών της γεωργίας ακριβείας είναι ότι με την επεξεργασία των εκάστοτε τμημάτων του αγρού, μπορούμε να συλλέξουμε πληροφορίες ζωτικής σημασίας που θα βοηθήσουν στην μελλοντική επεξεργασία του αγρού. Τέτοιες πληροφορίες είναι οι χάρτες αγωγιμότητας του εδάφους (conductivity maps) όπως και οι χάρτες απόδοσης που αφορούν τη σοδειά (yield maps). Οι τεχνικές της γεωργίας ακριβείας προσφέρουν μια συστηματική παρακολούθηση της ρύπανσης που δημιουργείται από τη χρήση φυτοφαρμάκων και χημικών ουσιών, οι οποίες καταλήγουν εντέλει στο έδαφος. Ο παραγωγός είναι σε θέση να διαχειριστεί τις ποσότητες που θα χρησιμοποιήσει με

σκοπό την αύξηση της ποιότητας των προϊόντων του. Αυτό βέβαια έχει ως απόρροια την βελτίωση της ποσότητας του φαγητού των καταναλωτών. Πιο συγκεκριμένα μπορούν να μειωθούν οι ποσότητες τοξικών και καρκινογόνων βακτηρίων και παρασίτων (aflatoxin) που περνούν στην τροφική αλυσίδα, αυξάνοντας έτσι την ασφάλεια των γεωργικών προϊόντων που καταναλώνονται. Τελικά η χρήση της γεωργίας ακριβείας μπορεί να οδηγήσει σε θετικά αποτελέσματα όσον αφορά την κατανάλωση των πόρων, τη χρήση διάφορων ουσιών και τα ποσά που δαπανούνται για τη βελτίωση της παραγωγής. (Στεριόπουλος, 2011)

1.2.4 Εφαρμογές Γεωργίας Ακριβείας

Η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών και της πληροφορικής τα τελευταία έτη δημιούργησαν τη δυνατότητα εφαρμογών διαφοροποιημένων επεμβάσεων μέσα στο ίδιο το αγροτεμάχιο με στόχο τη βελτιστοποίηση της παραγωγής. Η βελτίωση της ακρίβειας των συστημάτων γεωγραφικού εντοπισμού (GPS: Global Positioning System) και η ανάπτυξη των αισθητήρων μέτρησης της παραγωγής καλλιεργειών που προσαρμόζονται στις μηχανές συγκομιδής, έδωσε τη δυνατότητα χαρτογράφησης της παραγωγής. Οι πρώτες εφαρμογές άρχισαν τη δεκαετία του 1980 με χαρτογράφηση της παραγωγής των σιτηρών (Stafford 2000). Στις εφαρμογές αυτές η ροή και η υγρασία των σιτηρών μετρούνταν κατά τη λειτουργία της μηχανής συγκομιδής και συνδυάζονταν με καταγραφή της ταχύτητας εργασίας και τη γεωγραφική θέση της μηχανής. Τα στοιχεία αυτά απετέλεσαν τη βάση για την παραγωγή χαρτών που εμφανίζουν τη χωρική κατανομή της παραγωγής με χρήση λογισμικού γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (GIS).

Στη δεκαετία του 1990 και σήμερα ακόμα συνεχίζεται η έρευνα για την παραγωγή αισθητήρων μέτρησης της παραγωγής των διάφορων καλλιεργειών. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται αισθητήρες για χαρτογράφηση παραγωγής σε καλλιέργειες όπως βιομηχανική τομάτα (Pelletier et al. 1999), ζαχαρότευτλα (Hoffman et al. 1995), πατάτα (Campbell et al. 1994) βαμβάκι (Wilkerson και άλλοι 1994, 2001, Tomasson και άλλοι 1999) κλπ. Τα τελευταία έτη έχουν εμφανιστεί συστήματα χαρτογράφησης παραγωγής σε καλλιέργειες φρούτων και λαχανικών. Αναφέρονται ενδεικτικά εφαρμογές για παραγωγή ξηρών καρπών (Rains et al., 2002, Velidis, 2001) και αμπελιών (Bramley 2002a, b). Πολλές εφαρμογές, κυρίως σε σιτηρά έχουν εμπορική εφαρμογή από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 ενώ οι περισσότερες εφαρμογές άρχισαν στο τέλος της δεκαετίας του 1990 και στις αρχές

του 2000. Αρχικά οι εφαρμογές ξεκίνησαν στις ΗΠΑ και Βρετανία και ακολούθησαν σε άλλες χώρες κυρίως στη Βόρεια και Νότια Αμερική, Ευρώπη και Αυστραλία.

Στη χώρα μας και γενικότερα στο Ευρωπαϊκό Νότο υπάρχει μια καθυστέρηση στην εφαρμογή των συστημάτων αυτών. Αυτό αποδίδεται στις επικρατούσες συνθήκες που χαρακτηρίζονται:

- ❖ Από μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις
- ❖ Από γεωργούς με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο
- ❖ Από γεωργούς προσκολλημένους στις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής και στις επιδοτήσεις των προϊόντων
- ❖ Από έλλειψη αναπτυγμένης τεχνολογίας εφαρμογής των μεθόδων Γεωργίας Ακριβείας για τις καλλιέργειες του Ευρωπαϊκού Νότου κυρίως για τα φρούτα και λαχανικά

(internet 2)

Εφαρμογές σε παγκόσμιο επίπεδο

Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και δορυφορικών εικόνων για μείωση του κόστους της εδαφολογικής ανάλυσης σε καλλιέργεια λαχανικών ("Agricast", California)

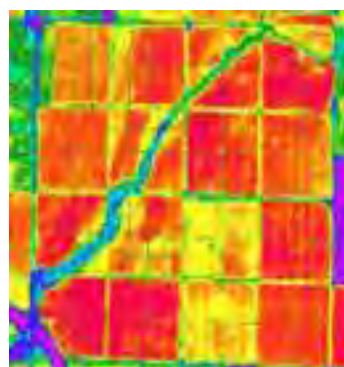
Αρχικά κατασκευάστηκε με χρήση ειδικού λογισμικού Γ.Σ.Π. (ArcView-GIS), πλέγμα πάνω στο χάρτη του αγροκτήματος, (μονάδα πλέγματος τα 10 στρέμματα) (κλίμακα χάρτη 1:2.400). Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε δορυφορική εικόνα (SPOT) του ίδιου αγροκτήματος, διακριτικής ανάλυσης 20 μέτρων. Μπορεί εύκολα να διακριθεί η διαφορετικότητα στην εμφάνιση μεταξύ των διαφόρων περιοχών του αγροκτήματος, κάτι που δηλώνει την μεταξύ τους διαφορετικότητα όσον αφορά τις συνθήκες εδάφους και καλλιέργειας.



Πλέγμα στο χάρτη
του αγροκτήματος



Δορυφορική εικόνα
του αγροκτήματος



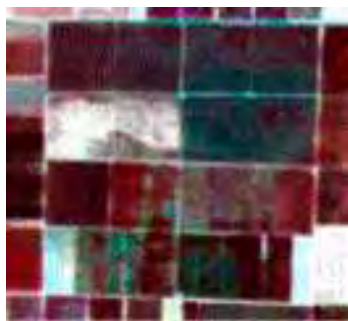
Εικόνα δείκτη βλάστησης
του αγροκτήματος

Από την ψηφιακή εικόνα με επεξεργασία, παρήχθη η εικόνα του δείκτη βλάστησης του αγροκτήματος, όπου ο χρωματικός κώδικας κόκκινο-πορτοκαλί-κίτρινο-μπλε αντιστοιχεί σε διαβάθμιση από τη μέγιστη προς την ελάχιστη φυτομάζα. Όπως πολύ εύκολα φαίνεται, υπάρχουν περιοχές που είναι πολύ ομοιόμορφες όσον αφορά τη βλάστηση, όπως στην κάτω αριστερή και στην κάτω δεξιά γωνία, κάτι που σημαίνει ότι οι καλλιεργητικές συνθήκες είναι παρόμοιες και συνεπώς δεν χρειάστηκε να εξετασθούν σε όλη τους την έκταση. Από την κάθε μια από αυτές τις περιοχές ελήφθη ένα μόνο δείγμα, ενώ η δειγματοληψία κατευθύνθηκε στα υπόλοιπα τετράγωνα, όπου παρουσιάζονται διαφοροποιήσεις.

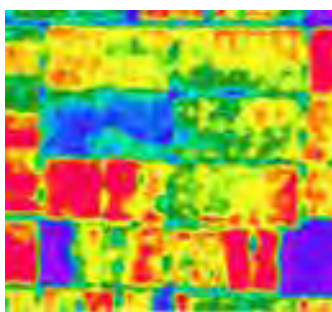
Κατόπιν, προσδιορίστηκαν οι συντεταγμένες των κόμβων του πλέγματος, βρέθηκαν τα ίδια σημεία στον αγρό με χρήση GPS και πάρθηκαν δείγματα από τα σημεία αυτά για αναλύσεις. Για να κριθεί σωστά το τελικό αποτέλεσμα, υποθέτουμε ένα κόστος εδαφολογικής ανάλυσης περί τις 30€ /δείγμα. Αν λάβουμε ένα δείγμα ανά 10 στρέμματα, τότε για το συνολικό εμβαδό του αγροκτήματος, δηλ. τα 2.560 στρ. θα απαιτηθούν 7513€. Υπολογίζοντας τις ομοιόμορφες περιοχές σε περίπου 2.000 στρέμματα, μένουν μόνο 560 στρέμματα με αξιόλογη παραλλακτικότητα. Με ευρεία δειγματοληψία μόνο στα 560 στρέμματα, αντί των συνολικών 2.560 στρεμμάτων, το κόστος μειώθηκε περίπου κατά 78%, σε σχέση με μια υποθετική ομοιόμορφη δειγματοληψία από το αγροτεμάχιο, δηλαδή περιορίστηκε από τις 7513 €. στις 1650 €.. περίπου. Περαιτέρω, τα αποτελέσματα της εδαφολογικής ανάλυσης, συνδυασμένα με τα σημεία GPS που ελήφθησαν, εισήχθησαν σε Γ.Σ.Π. και δημιούργησαν, με μεθόδους γεωστατιστικής, θεματικούς χάρτες για κάθε μετρημένη ιδιότητα. Οι χάρτες αυτοί χρησιμοποιήθηκαν για την ακριβή εφαρμογή των απαραίτητων εισροών.

Χρήση αισθητήρα ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους για ανίχνευση των αιτίων της παραλλακτικότητας σε φυτεία αμυγδαλιάς ("Agricast", California)

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε δορυφορική εικόνα (IRS) του αγροκτήματος με διακριτική ανάλυση 5 μέτρων (pan-sharpened). Η περιοχή που προκαλεί ενδιαφέρον είναι η ανοιχτόχρωμη περιοχή επάνω αριστερά. Οι αμυγδαλιές της περιοχής αυτής φυτεύτηκαν ακριβώς την ίδια χρονική στιγμή, όπως και όλες οι υπόλοιπες, στο υπόλοιπο αγροτεμάχιο του αγροκτήματος. Από τη δορυφορική εξήχθη η εικόνα του δείκτη βλάστησης, όπου ο χρωματικός κώδικας κόκκινο-πορτοκαλί – κίτρινο - μπλε αντιστοιχεί σε διαβάθμιση από τη μέγιστη προς την ελάχιστη φυτομάζα.



δορυφορική εικόνα
του αγροκτήματος



εικόνα δείκτη βλάστησης
του αγροκτήματος



χάρτης της ηλεκτρικής
αγωγιμότητας στην
προβληματική περιοχή

Οπτική επιθεώρηση της προβληματικής περιοχής από γεωπόνο έδειξε ότι σε αυτό το αγροτεμάχιο, τα δέντρα είχαν αναπτυχθεί πολύ λιγότερο από ότι σε όλα τα υπόλοιπα. Προκειμένου να διερευνηθεί αυτή η διαφοροποίηση, χρησιμοποιήθηκε μετρητής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (Veris 3100 EC). Διενεργήθηκαν μετρήσεις μόνο για την προβληματική περιοχή. Τα αποτελέσματα καταγράφονται αυτόματα κατά την σάρωση του εδάφους με το όργανο (μία μέτρηση ανά 1 μέτρο περίπου) . Γενικές εδαφολογικές αναλύσεις από την εν λόγω περιοχή, έδειξαν ότι οι σκοτεινές περιοχές αντιστοιχούν σε βαριά άργιλο, ενώ οι ανοιχτόχρωμες σε άμμο. Οι ενδιάμεσες αποχρώσεις είναι συνδυασμοί αργίλου κα άμμου.

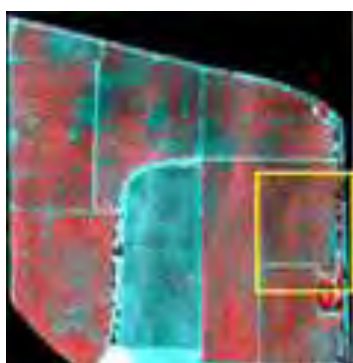
Όσον αφορά τις εισροές σε αυτό το αγροτεμάχιο, διαπιστώθηκε από το γεωργικό ημερολόγιο, ότι εφαρμόστηκαν στις ίδιες ακριβώς ποσότητες και χρονικές στιγμές με τις υπόλοιπες περιοχές. Άρα, η μόνη αιτία διαφοροποίησης στο αποτέλεσμα φάνηκε ότι ήταν η διαφοροποίηση στην υφή του εδάφους. Διότι με την ίδια άρδευση, οι αμμώδεις περιοχές κρατούν μικρότερη ποσότητα νερού από ότι οι αργιλώδεις και έτσι, τα δέντρα της περιοχής αυτής υπέφεραν από υδατικό στρες. Η λύση στο πρόβλημα είναι η άρδευση του αγροκτήματος κατά μπλοκ, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους. Μια αυτοματοποιημένη εφαρμογή αυτής της λύσης είναι η χρησιμοποίηση μηχανισμού μεταβλητής άρδευσης, ο οποίος αντλεί πληροφορίες από το χάρτη ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και διαχρονικών σειρών δορυφορικών εικόνων, για τον εντοπισμό της φυλλοξήρας και την παρακολούθηση της πορείας επανεγκατάστασης των αμπελώνων (Barsby & Associates) (συλλογική εφαρμογή γεωργίας ακριβείας σε μεγάλη κλίμακα)

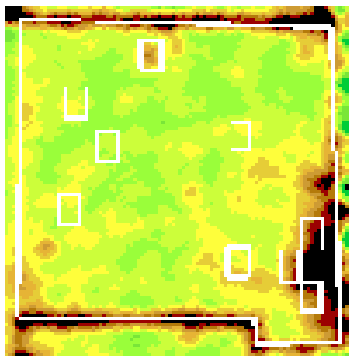
Από τα τέλη της δεκαετίας του 1980, οι οινοπαραγωγοί της Καλιφόρνιας ήρθαν αντιμέτωποι με την καταστροφή των αμπελιών τους εξαιτίας προσβολής από Φυλλοξήρα. Δεν υπάρχει τρόπος να εξάλειψης της προσβολής, παρά μόνο με την ολοκληρωτική επαναφύτευση των αμπελιών των μολυσμένων περιοχών με

ανθεκτικά στη φυλλοξήρα φυτά. Σε οκτώ επαρχίες της πολιτείας, χιλιάδες εκτάρια ανώτερης ποιότητας αμπελιών καταστράφηκαν και έχει ήδη σχεδιασθεί η αντικατάστασή τους. Από το 1993-95 η NASA συνεργάστηκε με τη βιομηχανία και ακαδημαϊκούς για την ανάπτυξη ενός τρόπου εντοπισμού του προβλήματος της φυλλοξήρας, με τηλεπισκόπηση και τις σχετικές υπολογιστικές τεχνικές).

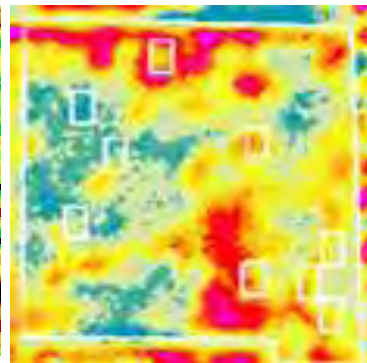
Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες στο ερυθρό και υπέρυθρο (R-NIR) τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος . Οι μολύνσεις με φυλλοξήρα είναι ανιχνεύσιμες στις αεροφωτογραφίες από τα πολύ πρώιμα στάδια ακόμη, όταν η φυλλοξήρα βρίσκεται κάτω από το έδαφος, τρώγοντας τις ρίζες του φυτού, ενώ το φυτό επιφανειακά φαίνεται υγιές. Στη συνέχεια, παρήχθησαν εικόνες που δείχνουν το δείκτη βλάστησης, όπου ο χρωματικός κώδικας πράσινο - κίτρινο - καφέ αντιστοιχεί σε διαβάθμιση από τη υγιή προς την άρρωστη βλάστηση. Τα ορθογώνια που φαίνονται στην εικόνα αντιπροσωπεύουν τις περιοχές από όπου ελήφθησαν δείγματα από τα φυτά για εξέταση στο εργαστήριο .



Αεροφωτογραφίες ενός
από τα μολυσμένα αγροκτήματα



Εικόνα δείκτη βλάστησης



εικόνα ανίχνευσης των αλλαγών
στη βλάστηση

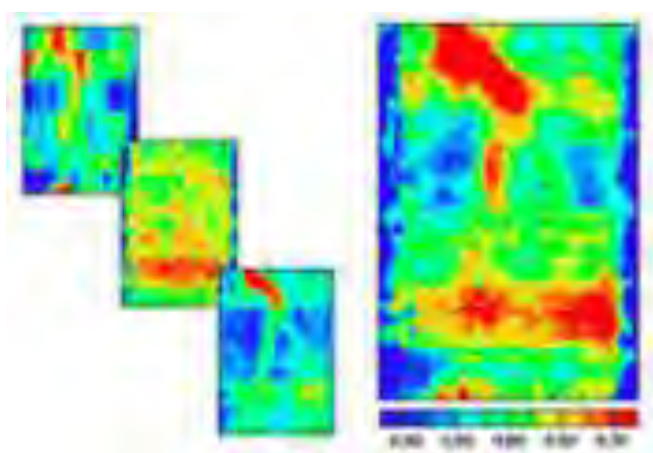
Τέλος, προκειμένου να διαπιστωθεί η πορεία ανάπτυξης των νεοεγκατεστημένων αμπελώνων, συγκρίθηκαν εικόνες δείκτη βλάστησης διαδοχικών ετών (με αφαίρεση της εικόνας βλάστησης, του προηγούμενου από το επόμενο έτος). Η σημαντική αύξηση στη βλάστηση αντιπροσωπεύεται από το μπλε χρώμα, ενώ η μεγαλύτερη μείωση από το ματζέντα (λιλά). Το πράσινο αντιστοιχεί σε μη αλλαγή στην κατάσταση της βλάστησης.

Χρήση χαρτών απόδοσης, θεματικών χαρτών θρεπτικών στοιχείων και οξύτητας, καθώς και ιστορικών δεδομένων, για τον προσδιορισμό των παραγόντων που επηρεάζουν την απόδοση, την πρόβλεψη της παραγωγής και τον καθορισμό της λιπαντικής πολιτικής σε καλλιέργειες σιτηρών (University of Missouri-Columbia)

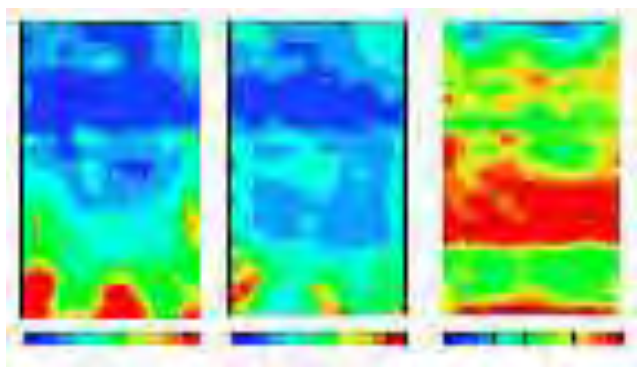
Αρχικά, ελήφθησαν οι χάρτες αποδόσεων σόγιας για τα έτη 1992 και 1994 και αραβοσίτου για το 1993. Για να είναι συγκρίσιμες, οι αποδόσεις μετατράπηκαν σε σχετικές αποδόσεις, δηλαδή η πραγματική απόδοση εκφράστηκε ως κλάσμα της μέγιστης απόδοσης την κάθε χρονιά. Ο χάρτης της μέσης απόδοσης αποκάλυψε δύο περιοχές (κόκκινες) με τη μέγιστη απόδοση. Έως αυτό το σημείο, το μόνο ξεκάθαρο είναι ότι υπάρχει ένας εξακολουθητικός παράγοντας ή παράγοντες οι οποίοι επηρέασαν την απόδοση, αλλά προκειμένου να προσδιοριστούν αυτοί οι παράγοντες απαιτούνται περισσότερες πληροφορίες. Τις πληροφορίες αυτές προσφέρουν οι θεματικοί χάρτες του ίδιου αγροτεμαχίου για τον P, το K και το pH. Οι χάρτες P και K δείχνουν παρόμοιοι, ενώ η μορφή που έχει η κατανομή του pH υποδηλώνει ότι είναι περισσότερο συνέπεια διαχείρισης, παρά φυσικής εδαφικής παραλλακτικότητας. Ισχυρό στοιχείο που συνηγορεί σε αυτό το τελευταίο είναι μια φωτογραφία του αγροτεμαχίου του 1962 και όπου φαίνεται καθαρά ότι το αγροτεμάχιο που σήμερα είναι ενιαίο, τότε ήταν τρία διαφορετικά αγροτεμάχια και κατά συνέπεια υφίσταντο διαφορετική μεταχείριση. Δύο γειτονικά κτίρια βρίσκονταν στην κάτω αριστερή γωνία και κάτω στο μέσον (μπορεί κανείς να παρατηρήσει στον αντίστοιχο θεματικό χάρτη υψηλή συγκέντρωση P κοντά σε αυτά τα δύο κτίρια), ενώ το κάτω μέρος του σημερινού αγροκτήματος ήταν λιβάδι. Ο προηγούμενος ιδιοκτήτης αυτού του μέρους του κτήματος επιβεβαίωσε ότι στα τρία κτήματα εφαρμόστηκε ασβέστωση ξεχωριστά. Έτσι, πιθανότατα, στο κτήμα που γειτόνευε με το λιβάδι εφαρμόστηκε περισσότερη άσβεστος από ότι στα υπόλοιπα. Επίσης, το υψηλότερο pH κατά μήκος της κάτω πλευράς του αγροτεμαχίου έχει πιθανότατα προκληθεί από την ασβεστόσκονη που έχει μεταφερθεί με τον αέρα από τον χαλικόδρομο που φαίνεται στην φωτογραφία του 1962. Οι υψηλότερες αποδόσεις αραβοσίτου και σόγιας, που εμφανίζονται να σχετίζονται με υψηλότερο pH, ενδεχομένως οφείλονται στις ευνοϊκές συνθήκες που συνδέονται με το pH. Ωστόσο, ο συσχετισμός μεταξύ απόδοσης με μία μόνο εδαφική παράμετρο δεν είναι ασφαλής. Εξ άλλου, η έκταση με υψηλές αποδόσεις είναι σημαντικά μικρότερη από την έκταση με υψηλό pH, οπότε πρόσθετοι παράγοντες πέρα από το εδαφικό pH πρέπει να επηρέασαν την απόδοση. Αντίθετα με τον τρόπο που το pH κατανέμεται, η απόδοση φαίνεται να είναι φυσικά εξαρτώμενη από το έδαφος. Ταιριάζει αρκετά με τη θέση του στραγγιστικού καναλιού που είναι ορατό στην αεροφωτογραφία του 1962. Για την καλύτερη, όμως,

κατανόηση της παραλλακτικότητας στην απόδοση, απαιτείται μια επιπλέον γνώση σχετικά με τα εδάφη της περιοχής αυτής. Τα εδάφη αυτά κατατάσσονται στην ομάδα Claypan. Αυτή η ομάδα διακρίνεται από μια απότομη αύξηση στην άργιλο με την αύξηση του βάθους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός στρώματος (claypan), το οποίο παρεμποδίζει το νερό να κινηθεί προς τα κάτω και κατά συνέπεια δυσχεραίνει την ανάπτυξη των ριζών. Άρα υπάρχει στενή σχέση μεταξύ του βάθους του επιφανειακού εδάφους (δηλαδή, της απόστασης της επιφάνειας από το claypan) και των αποδόσεων.

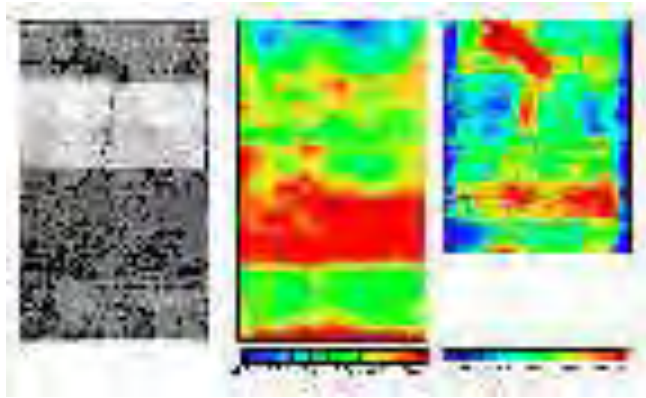
Διαπιστώνεται ότι η περιοχή με το μεγαλύτερο βάθος επιφανειακού εδάφους βρίσκεται κατά μήκος του στραγγιστικού καναλιού και ότι αυτή η περιοχή είναι σαφώς η περιοχή με τις μεγαλύτερες αποδόσεις. Οι δύο χάρτες μαζί υποδεικνύουν ότι αν το βάθος του επιφανειακού εδάφους χαρτογραφηθεί και σχετισθεί με το εδαφικό νερό, η παραγωγικότητα του εδάφους μπορεί να προβλεφθεί για τις διάφορες περιοχές του αγροκτήματος. Αυτό είναι χρήσιμο στην εφαρμογή της αζωτούχου λίπανσης, με το χάρτη βάθους του επιφανειακού εδάφους να καθοδηγεί την εφαρμογή μεταβλητών ποσοτήτων αζώτου.



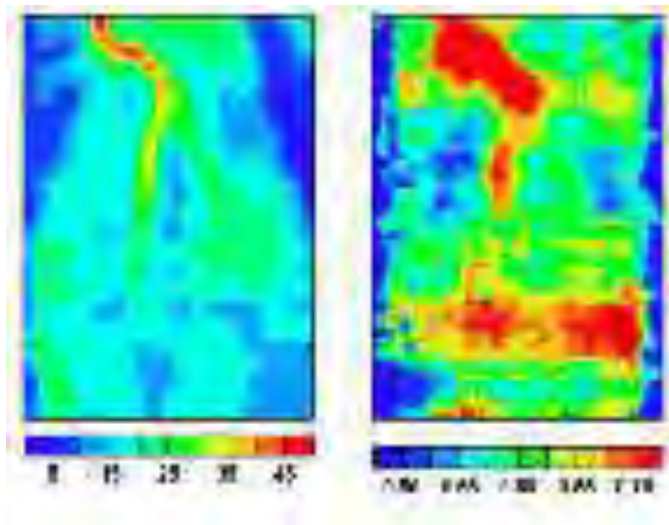
Χάρτες αποδόσεων 1992,93,94 και χάρτες μέσης απόδοσης



Θεματικοί χάρτες P, K και pH



Αεροφωτογραφία του 1962, χάρτης μέσης απόδοσης και χάρτης pH



Χάρτης επιφανειακού εδάφους σε σύγκριση με τον χάρτη μέσων αποδόσεων (Φτάκα, 2006)

Εφαρμογές στον Ελληνικό χώρο

Στην Ελλάδα η εφαρμογή της Γεωργίας Ακρίβειας ξεκίνησε το έτος 2001 σε καλλιέργεια βαμβακιού. Το πρώτο πείραμα που πραγματοποιήθηκε ήταν η χαρτογράφηση της παραγωγής στο βαμβάκι. Η χαρτογράφηση της παραγωγής πραγματοποιήθηκε επί δύο συναπτά έτη, κατά την συλλεκτική περίοδο του 2001 και του 2002, σε αγροτεμάχιο στην περιοχή της Καρδίτσας. Επιπλέον στα χωράφια που χαρτογραφήθηκε η παραγωγή έγινε την άνοιξη του 2002 και πριν τη σπορά, η χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Από την μελέτη των χαρτών παραγωγής του βαμβακιού διαπιστώθηκε μεγάλη παραλλακτικότητα της παραγωγής μέσα στο ίδιο χωράφι. Ακόμη και σε αγροτεμάχια μικρής έκτασης, οι ζώνες διαφορετικής παραγωγής ήταν εμφανείς. Παρατηρήθηκε ότι οι συστηματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή και αφορούν τη δομή και τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, καθορίζουν άμεσα την τιμή της ηλεκτρικής

αγωγιμότητας σε κάθε σημείο του χωραφιού. Τέλος διαπιστώθηκε ότι η συσχέτιση της χαρτογράφησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τους χάρτες παραγωγής θα μπορούσε με λεπτομερέστερη έρευνα και σε διαδοχικά έτη να εξηγήσει την επιρροή των συστηματικών παραγόντων του εδάφους στη διαμόρφωση της τελικής παραγωγής. Παράλληλα φαίνεται ότι μπορεί να βοηθήσει στην επιλογή των ζωνών διαχείρισης ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα (Μαρκινός, κ.α., 2003).

Οι Ράππος, et al., (2004) ήταν οι πρώτοι που διερεύνησαν τη δυνατότητα εφαρμογής των συστημάτων της Γεωργίας Ακρίβειας σε οπωρώνες μηλιάς. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε καλλιέργεια μηλιάς στην περιοχή Πύργων Πτολεμαΐδας, σε ένα αγροτεμάχιο έκτασης 8 στρ. σε δύο ποικιλίες, την Red Chief και την Fuji. Η χαρτογράφηση της παραγωγής πραγματοποιήθηκε μετρώντας τη μέση παραγωγή ανά πέντε δένδρα και καταγράφοντας τις γεωγραφικές συντεταγμένες στο κέντρο των πέντε δένδρων με τη χρήση ενός GPS χειρός. Επίσης μετρήθηκε η διάμετρος του κορμού κάθε δέντρου και υπολογίστηκε η επιφάνεια διατομής του κορμού. Στην συνέχεια υπολογίστηκε η παραγωγικότητα του κάθε δέντρου ως πηλίκο του βάρους των καρπών του δέντρου προς την επιφάνεια διατομής του κορμού σε g ανά cm^2 . Τέλος η ποιότητα των μήλων εκτιμήθηκε με 6 τυχαίους καρπούς σε κάθε σημείο μέτρησης. Από τα δεδομένα δημιουργήθηκαν χάρτες παραγωγής και χάρτες ποιοτικών χαρακτηριστικών ανά ποικιλία και στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ παραγωγής και ποιότητας. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι υπήρχε σημαντική παραλλακτικότητα στον αγρό και στην παραγωγή και στην ποιότητα, ενώ συχνά βρέθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής και μερικών ποιοτικών χαρακτηριστικών. Η ποικιλία Fuji ήταν πιο παραγωγική και είχε καλύτερη ποιότητα καρπών από την ποικιλία Red Chief.

Επίσης σε οπωρώνα μηλιάς δημιουργήθηκαν χάρτες τάσης παραγωγής και ποιότητας. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δύο περιοχές: στην Πτολεμαΐδα Κοζάνης σε οπωρώνα έκτασης 8 στρεμμάτων για τα έτη 2004, 2005 και 2006 και στην Αγιά Λάρισας σε αγρό έκτασης 50 στρεμμάτων για τα έτη 2005 και 2006. Και στους δύο αγρούς η κύρια ποικιλία ήταν η Red Chief. Η χαρτογράφηση παραγωγής έγινε για τον οπωρώνα της Πτολεμαΐδας ζυγίζοντας την παραγωγή ανά 5 δένδρα και καταγράφοντας τις συντεταγμένες στο κέντρο των πέντε δένδρων με υπολογιστή παλάμης εφοδιασμένο με GPS. Για τον αγρό της Αγιάς έγινε ακριβώς η ίδια διαδικασία ζυγίζοντας την παραγωγή ανά 10 δένδρα. Για την εκτίμηση της ποιότητας (βάρος καρπού, χρώμα, σκληρότητα σάρκας, περιεκτικότητα χυμού σε διαλυτά στερεά συστατικά και οξύτητα χυμού) λήφθηκαν δείγματα καρπών και καταγράφηκαν οι συντεταγμένες των θέσεων λήψης των δειγμάτων και για τρία έτη. Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν χάρτες τάσης παραγωγής και ποιότητας που δείχνουν την μέση τιμή

των μετρούμενων μεγεθών στα τρία έτη. Επίσης δημιουργήθηκαν χάρτες χρονικής παραλλακτικότητας που δείχνουν τη διαφορά στην παραγωγή και στην ποιότητα σε κάθε σημείο του αγρού από έτος σε έτος (Αγγελοπούλου, et al., 2005).

Τέλος σε οπωρώνα μηλιάς έγινε χαρτογράφηση παραγωγής, ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών (βάρος καρπού, χρώμα καρπού, περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά, σκληρότητα σάρκας και οξύτητα χυμού) και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECa) του εδάφους. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε την καλλιεργητική περίοδο 2006, σε οπωρώνα μηλιάς στον Αετόλοφο Λάρισας (υψόμετρο 100μ.), έκτασης 50 στρεμμάτων. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa) του εδάφους μετρήθηκε με το Veris 3100 σε δυο διαφορετικά βάθη (0-30cm & 0-90cm). Από τα δεδομένα δημιουργήθηκαν χάρτες παραγωγής, ποιοτικών χαρακτηριστικών και χάρτες ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους με το λογισμικό Surfer®. Στη συνέχεια έγινε προσπάθεια να καθοριστούν ζώνες διαχείρισης στον πειραματικό αγρό βάση της παραγωγής, διαφόρων ποιοτικών χαρακτηριστικών (οξύτητα, διαλυτά στερεά συστατικά, σκληρότητα σάρκας και βάρος καρπού) και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους. Από τα αποτελέσματα της μελέτης διαπιστώθηκε ότι ο οπωρώνας παρουσίασε σημαντική παραλλακτικότητα ως προς το έδαφος, την παραγωγή, και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών. Από την ύπαρξη αυτής της παραλλακτικότητας διαπιστώθηκε ότι ο αγρός είναι δυνατόν να χωριστεί σε διαφορετικές ζώνες διαχείρισης, όπου μπορούν να εφαρμοστούν μεταβλητές καλλιεργητικές φροντίδες σε κάθε ζώνη. Επιπλέον η ανάλυση έδειξε ότι ο άριστος αριθμός ζωνών διαχείρισης στις οποίες μπορεί να χωριστεί ο οπωρώνας ήταν πέντε ή έξι, αλλά για την δημιουργία του τελικού χάρτη χρησιμοποιήθηκαν τρεις κλάσεις διότι είναι πιο εύκολο να πραγματοποιηθεί διαχείριση του αγρού σε τρεις ζώνες (Τάνος et al., 2005).

Η ανάλυση των στοιχείων radar (SIR-C/X-SAR) για τη χαρτογράφηση χρήσεων γης και τη μελέτη των εδαφικών ιδιοτήτων.

Η ανάγκη της χωρικής ανάκτησης δεδομένων για τις εκτεταμένες αγροτικές περιοχές μπορεί καλύτερα να ικανοποιηθεί με τα στοιχεία της τηλεπισκόπησης. Τα χαρακτηριστικά των συγκομιδών σε συνδυασμό με την εδαφολογική σύσταση και την υγρασία επηρεάζουν την ποσότητα της παραγωγής. Αυτή μπορεί να καταγραφεί από τα radar και οι τύποι βλάστησης μπορούν ταξινομηθούν σύμφωνα με τη φυσική δομή τους. Οι εικόνες από radar χρησιμοποιήθηκαν και για τη χαρτογράφηση χρήσης γης και για την καταγραφή των δεδομένων εδαφολογικής υγρασίας / εδαφολογικής σύστασης. Οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν περιλαμβάνουν την ποσοτική ανάλυση των στοιχείων της ψηφιακής εικόνας και εξακρίβωση των αγροτεμαχίων. Με βάση την ψηφιακή και οπτική ερμηνεία, εφαρμόστηκε η μη επιβλεπόμενη και η

επιβλεπόμενη ταξινόμηση για τις χρήσεις γης. Τα αποτελέσματα απέδειξαν ότι τα δεδομένα SAR είναι ένα πολύ καλό εργαλείο για τη χωρική παρατήρηση και επομένως πραγματοποιείται καλύτερη διαχείριση των γεωργικών περιοχών. Για πρώτη φορά, ένας χάρτης χρήσεων γης και ένας χάρτης εδαφολογικής υγρασίας που προήλθαν από τα διαστημικά στοιχεία SAR πραγματοποιήθηκαν στην κεντρική Ελλάδα. (Toulios, , et al., 2002)

Καταγραφή της ανάπτυξης της βλάστησης και μελέτη των εδαφολογικών ιδιοτήτων ανάκλασης.

Για τον προσδιορισμό και τη διάκριση των κύριων συγκομιδών στη Θεσσαλία (σιτάρι, βαμβάκι , αραβόσιτος, σακχαρότευτλα) και τον καθορισμό της χρονικής περιόδου που θα παρέχει τα καλύτερα αξιοποιήσιμα δορυφορικά δεδομένα, μια σειρά συχνών μετρήσεων της φασματικής συμπεριφοράς των ανωτέρω σοδειών κατά τη διάρκεια της περιόδου καλλιέργειας πραγματοποιήθηκαν. Όλες οι μετρήσεις λήφθηκαν χρησιμοποιώντας το ραδιόμετρο. Η περιοχή μελέτης υποδιαιρέθηκε σε διάφορες μικρότερες περιοχές, που αντιπροσώπευαν τους εδαφολογικούς τύπους. Με βάση τα διαχρονικά φασματικά στοιχεία και υπολογίζοντας Ratio Vegetation Index δείκτης βλάστησης και το NDVI, το αποτέλεσμα ήταν ότι οι διαφορές μεταξύ των φασματικών στοιχείων υπάρχουν όχι μόνο μεταξύ των συγκομιδών και των σταδίων ανάπτυξης, αλλά και μεταξύ των μικρότερων κομματιών ακόμα και του αγροτεμαχίου. Αντίθετα με τα δημητριακά, το βιομηχανικό βαμβάκι και οι συγκομιδές των σακχαρότευτλων, εμφανίζεται η φασματική συμπεριφορά να είναι πιο ομοιόμορφη. Αφ' ετέρου ο αραβόσιτος εμφανίζεται να έχει τις πιο ακραίες τιμές συντελεστή ανάκλασης λόγω της ασταθούς καλλιέργειάς τους κατά τη διάρκεια του έτους. Εντούτοις, διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν μερικές ημέρες στις οποίες και ο προσδιορισμός και η διάκριση αυτών των συγκομιδών είναι ενδεχομένως εφικτοί (Toulios και Silleos, 1994). Επιπλέον αυτά τα στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για την αναγνώριση και την εκτίμηση των συγκομιδών χρησιμοποιώντας τα στοιχεία, SPOT LANDSAT και IRS. Οι εδαφολογικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν επί τόπου.

Αγρομετεωρολογικό μοντέλο για την πρόβλεψη της παραγωγής, και την χρησιμοποίηση των ουδέτερων δικτύων για την ανάλυση στοιχείων.

Οι πρόωρες εκτιμήσεις της γεωργικής παραγωγής είναι μεγάλης σπουδαιότητας για την αγροτική πολιτική και το εμπόριο. Τα μοντέλα Αγρομετεωρολογίας χρησιμοποιούνται παγκοσμίως, δυστυχώς όμως στις περισσότερες περιπτώσεις, έχουν μόνο τοπική αξία, και η γενίκευσή τους είναι ένα από τα ερευνητικά ζητήματα σήμερα. Τα σχετικά απλά μοντέλα χρησιμοποιούν το φωτοσυνθετικό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαθέσιμα επιθυμώντας πληροφορίες για την κλιματολογική αποδοτικότητα και την αποδοτικότητα της

ακτινοβολίας στη συγκομιδή (Tucker, *et al.*, 1981 Monteith, 1972 και 1977 Asrar, *et al.*, 1985 Harris, 1993).

Οι μελέτες στα αγροτεμάχια με βαμβάκι, αραβόσιτο, σακχαρότευτλο και σιτάρι πραγματοποιήθηκαν για να ελέγξουν αυτά τα πρότυπα υπό τους ελληνικούς όρους (Toulios, 1995 Toulios και Silleos, 1996 Toumaniti, 1998). Η φασματική ανάκλαση μετρήθηκε με τη βοήθεια του φορητού ραδιομέτρου κατά όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, που εκφράστηκε ως NDVI. Η συνολική ξερή ουσία μετρήθηκε σε εβδομαδιαία βάση και συγκρίθηκε με τα συμπεράσματα του μοντέλου.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η κατ' εκτίμηση ξερή ουσία και η παραγωγή συμφωνούν καλά με τις μετρήσεις στα αγροτεμάχια. Τα μοντέλα αγρομετεωρολογίας παρέχουν εκτιμήσεις περιφερειακής-κλίμακας για την αύξηση και τη παραγωγικότητα της βλάστησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το γεωργικό προγραμματισμό και τη διαχείριση. Τα στοιχεία όσον αφορά την ηλιακή ακτινοβολία, τη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν την αντίδραση των συγκομιδών σε αυτές τις εξωτερικές μεταβλητές και να παραγάγουν εκτιμήσεις παραγωγής μεγάλης περιοχής. Εντούτοις, οι πρόσφατες εξελίξεις στη γεωργία ακρίβειας έχουν δώσει έμφαση στην ανάγκη για τις πληροφορίες για την απόδοση συγκομιδών σε κλίμακα αγροκτημάτων ή αγροτεμαχίων και την παροχή αυτών των πληροφοριών στον ιδιοκτήτη. Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται στην τρέχουσα εργασία πρόκειται να ελέγξει την αλλαγή στις βιοφυσικές ιδιότητες του αραβόσιτου, συγκομιδές βαμβακιού και ζαχαροτεύτλων στην Ελλάδα κατά την διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης των καλλιεργειών χρησιμοποιώντας μετρήσεις από αισθητήρες (Jacquemount, 1993) και εικόνες από τον Landsat-7 (ETM). Σκοπός ήταν για κάθε ημερομηνία να υπολογίσει τη συγκομιδή LAI σε επίπεδο χωρικού που είναι ένα βασικό στοιχείο για τις τεχνικές της γεωργίας ακριβείας.

1.2.5 Παγκόσμιο σύστημα καθορισμού θέσης (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. Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα κωδικοποιημένο ηλεκτρομαγνητικό σήμα, το οποίο λαμβάνεται από τους δέκτες GPS και χρησιμοποιείται για τον ακριβή υπολογισμό της θέσης του δέκτη. Ο δέκτης GPS λαμβάνει τα σήματα των δορυφόρων και υπολογίζει την χρονική καθυστέρηση στο σήμα που δέχεται και τη χρησιμοποιεί για να υπολογίσει την απόστασή του από κάθε δορυφόρο. Όταν δέχεται σήματα από τρεις

τουλάχιστον δορυφόρους, ο δέκτης χρησιμοποιεί γεωμετρική ανάλυση για να καθορίσει τη θέση του, που εκφράζεται με γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Όταν λαμβάνει σήματα και από τέταρτο δορυφόρο μπορεί να καθορίσει και το υψόμετρο που βρίσκεται. Το GPS είναι το μέσο που βοηθά στον καθορισμό θέσης οπουδήποτε στην επιφάνεια της γης αρκεί να υπάρχει <<οπτική επαφή >> με τους δορυφόρους. Σε κλειστούς ή στεγασμένους χώρους το GPS αδυνατεί να καθορίσει το στίγμα του. Το GPS βρίσκει εφαρμογή σε πολυάριθμους τομείς όπως η διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας, η πλοήγηση πλοίων όπως και η γεωργία ακριβείας.



Δέκτης σήματος GPS

Η ακρίβεια του GPS εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες :

❖ Την εγκατάστασή του

Η κεραία του GPS πρέπει να τοποθετείται στο ψηλότερο σημείο του γεωργικού μηχανήματος, ώστε να εξασφαλίζεται συνεχής <<οπτική επαφή με τους δορυφόρους>> και να αποφεύγονται παρεμβολές στο δορυφορικό σήμα από ανακλάσεις ή ακόμα και από τον κινητήρα της γεωργικής μηχανής.

❖ Την τεχνολογία του

Οι παλιές τεχνολογίας δέκτες λάμβαναν σήμα από ένα δορυφόρο. Οι σημερινοί λαμβάνουν σήμα από 8 έως 12 δορυφόρους και χρησιμοποιούν εξελιγμένα γεωμετρικά μοντέλα για τον καθορισμό της θέσης τους. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ο χρόνος επανάκτησης που είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μέχρι ο δέκτης να επαναφέρει τις ενδείξεις όταν για κάποιο λόγο (π.χ. ψηλά κτίρια) διακοπεί η επαφή του με τους δορυφόρους. Ο χρόνος αυτός μειώνεται σημαντικά αν λαμβάνει σήμα από πολλούς δορυφόρους.

❖ Τον αριθμό των δορυφόρων που λαμβάνει σήμα καθώς και τις σχετικές θέσεις τους

Όταν ο δέκτης βρίσκεται στη βάση ορεινών όγκων ή ανάμεσα σε ψηλά κτίρια έχει επαφή με λίγους και συγκεντρωμένους δορυφόρους σε μικρό τμήμα του ουρανού. Σε

αυτή τη περίπτωση υπεισέρχονται σφάλματα στον υπολογισμό της θέσης του. Το σφάλμα αυτό εξαλείφεται όταν ο δέκτης έρχεται σε επαφή με δορυφόρους διασκορπισμένους σε μεγαλύτερο τμήμα του ουρανού.

- ❖ Τις παραμορφώσεις των δορυφορικών σημάτων από τον καιρό και άλλους παράγοντες

Οι επιδράσεις του καιρού, των ανωτέρων στρωμάτων της ατμόσφαιρας και η ανάκλαση του σήματος προκαλούν σφάλματα στο δέκτη κατά τη διάρκεια του καθορισμού της θέσης του.

- ❖ Τη διαφορική διόρθωση (DGPS)

Η διαφορική διόρθωση είναι ένας τρόπος εξάλειψης των σφαλμάτων που δημιουργούνται από διάφορους περιστασιακούς παράγοντες στην ακρίβεια του δέκτη. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένας σταθερός επίγειος δέκτης και ταυτόχρονα πομπός GPS (διαφορικός σταθμός), με γνωστή θέση. Ο σταθμός αυτός μετρά συνεχώς την επίδραση των παραγόντων που προκαλούν παραμορφώσεις στο σήμα του δορυφόρου. Στη συνέχεια στέλνει σήματα στον κινητό δέκτη GPS, ο οποίος διορθώνει την ένδειξή του. Το GPS που χρησιμοποιεί τη μέθοδο αυτή ονομάζεται DGPS (Differentially Corrected GPS). (Στεριόπουλος, 2011)

Υπάρχουν γενικά δυο μέθοδοι ή εφαρμογές του GPS: Η στατική (static) και η κινηματική (kinematic). Στο στάδιο προσδιορισμού ο δέκτης ή οι δέκτες παραμένουν στάσιμοι κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, από λίγα λεπτά μέχρι μερικές ώρες. Αντίθετα, στον κινηματικό προσδιορισμό, ένας τουλάχιστον δέκτης βρίσκεται σε κίνηση (αυτοκίνητο, αεροπλάνο, πλοίο δορυφόρος) ενώ λαμβάνει συνεχώς το δορυφορικό σήμα (τυχαία συνήθως σημεία που ορίζουν μια πορεία/ τροχιά ενός κινητού). Γενικά η στατική μέθοδος δίνει αποτελέσματα καλύτερης ακρίβειας από την κινηματική. Η πιθανή απώλεια λήψης του δορυφορικού σήματος επηρεάζει σημαντικά την παραγωγικότητα των κινηματικών εφαρμογών σε αντίθεση με τις στατικές. Γι' αυτό οι κινηματικές εφαρμογές αποδίδουν πάρα πολύ σε αρκετές ανοιχτές εκτάσεις. Μια άλλη διάκριση μεθοδολογιών, αφορά στο χρόνο υπολογισμού των θέσεων σε πραγματικό χρόνο (real time positioning) παράλληλα με την εκτέλεση των μετρήσεων στο πεδίο (ταυτόχρονα ή σχεδόν ταυτόχρονα) και τον προσδιορισμό εκ των υστέρων (post processing), δηλαδή μετά το πέρας των μετρήσεων, συνήθως στο γραφείο (Ανδριτσάνος et al., 1997).

1.2.5.1 Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα των GPS

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του GPS έναντι των άλλων παλαιότερων επίγειων και δορυφορικών μεθόδων είναι:

1. Δίνει απευθείας τη θέση ενός σημείου στην επιφάνεια της γης, συνεπώς γνωρίζουμε κάθε στιγμή τη θέση μας σε καρτεσιανές συντεταγμένες X,Y,Z.
2. Είναι ένα σύστημα "παντός καιρού", δηλαδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες.
3. Για τον προσδιορισμό θέσης δεν απαιτεί αμοιβαία ορατότητα μεταξύ των σημείων της παρατήρησης. Απαιτείται μόνο ορατότητα προς ικανοποιητικό αριθμό δορυφόρων (ανοιχτός ορίζοντας στα σημεία στάσης).
4. Μπορεί να συνεργαστεί με άλλα συστήματα προσδιορισμού θέσης (LORAN-C, Αδρανειακά συστήματα, κ.α.) καθώς και με άλλες σύγχρονες εφαρμογές και συστήματα (GIS, Φωτογραμμετρία, κ.α.).
5. Η διαδικασία των μετρήσεων είναι αρκετά απλή και απαιτείται μικρός χρόνος μέτρησης. Η εκτέλεση των μετρήσεων είναι δυνατή όλο το 24ωρο με μικρό αριθμό προσωπικού (ένα άτομο ανά σημείο παρατήρησης ή και ένα άτομο σε πολλά σημεία παρατήρησης μιας και ο δέκτης αφού ξεκινήσει τις μετρήσεις δεν χρειάζεται επιπλέον επίβλεψη ή χειρισμό).
6. Δίνει καλή ακρίβεια προσδιορισμού θέσης με πολύ μικρότερο χρόνο μέτρησης σε σχέση με άλλες μεθόδους.

Αντίθετα τα μόνο μειονεκτήματα του GPS έναντι των άλλων μεθόδων είναι ότι:

1. Απαιτεί ανοιχτό ορίζοντα για να έχει οπτική επαφή με δορυφόρους, γεγονός που κάνει δύσκολη τη χρήση του μέσα σε πόλεις και πυκνοκατοικημένες περιοχές.
2. Η μείωση της ακρίβειας του συστήματος και η εισαγωγή σφαλμάτων από πλευρά των ΗΠΑ κατά χρονικά διαστήματα λόγω του στρατιωτικού χαρακτήρα του συστήματος δεν εγγυώνται την απρόσκοπτη λειτουργία του.

(Καρπουζάς, 2008)

1.2.6 Σφάλματα και πηγές σφαλμάτων GPS

Διακρίνουμε μια σειρά σφαλμάτων, συστηματικού κυρίως χαρακτήρα (systematic errors), που επηρεάζουν τον προσδιορισμό θέσης με παρατηρήσεις GPS. Τα τυχαία σφάλματα (random errors), που προφανώς είναι αναπόφευκτα, κατά την εκτέλεση των μετρήσεων, ονομάζονται συνήθως ως θόρυβος (noise, white noise).

Τα σφάλματα GPS μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- ❖ Στα σφάλματα που σχετίζονται με τους δορυφόρους: το σφάλμα της δορυφορικής εφημερίδας ή τροχιάς, το σφάλμα του ρολογιού του δορυφόρου και το σφάλμα της επιλεκτικής διαθεσιμότητας.
- ❖ Στα σφάλματα που σχετίζονται με τους δέκτες: το σφάλμα του ρολογιού του δέκτη, το σφάλμα της μεταβολής του κέντρου φάσης της κεραίας, το τυχαίο σφάλμα παρατήρησης ή ο θόρυβος, το σφάλμα εξαιτίας της αβεβαιότητας του γνωστού σημείου κατά την επίλυση μιας βάσης.
- ❖ Στα σφάλματα που σχετίζονται με τη διάδοση του σήματος: τα ατμοσφαιρικά σφάλματα (τροποσφαιρικό και ιονοσφαιρικό σφάλμα), το σφάλμα πολυανάκλασης, το σφάλμα της ολίσθησης των κύκλων.

Πραγματοποιήθηκε σημαντική προσπάθεια για τον έλεγχο και μοντελοποίηση των σφαλμάτων GPS. Η εκτίμησή τους πριν από τη συνόρθωση δεν μπορεί να γίνει πάντα με την ακρίβεια που απαιτείται για το σχετικό προσδιορισμό θέσης. Η μοντελοποίησή τους, αν και ικανοποιητική στις περισσότερες περιπτώσεις, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των άγνωστων παραμέτρων στα μοντέλα συνόρθωσης και τη μείωση της ισχύος της λύσης. Πέρα από τα παραπάνω σφάλματα, τον προσδιορισμό θέσης και χρόνου επηρεάζει και η γεωμετρική μορφή του δορυφορικού σχηματισμού.

1.2.7 Εφαρμογές του GPS

Η εποχή της δορυφορικής και διαστημικής γεωδαισίας αρχίζει ουσιαστικά στη δεκαετία του 1960. Τα τελευταία 15 περίπου χρόνια, το GPS φαίνεται να έχει επικρατήσει στο μεγαλύτερο μέρος των γεωδαιτικών και τοπογραφικών εφαρμογών και όχι μόνο. Οι τοπογραφικές και υδρογραφικές αποτυπώσεις, οι απλοί τριγωνισμοί και τα δίκτυα πύκνωσης, τα εθνικά, ηπειρωτικά και παγκόσμια γεωδαιτικά δίκτυα, οι συνδέσεις διαφορετικών συστημάτων αναφοράς και γεωδαιτικών datum, οι φωτογραμμετρικές και κτηματογραφικές αποτυπώσεις, οι χαράξεις στην οδοποιία και τα τεχνικά έργα, η μελέτη μικρομετακινήσεων κρίσιμων τεχνικών έργων καθώς επίσης και οι γεωδυναμικές εφαρμογές, όπως είναι η παρακολούθηση μικρομετακινήσεων του φλοιού της γης, αποτελούν μερικές χαρακτηριστικές εφαρμογές του GPS στα αντικείμενα κυρίως των επιστημών του Τοπογράφου Μηχανικού και άλλων Μηχανικών που σχετίζονται με αυτά ή παρόμοια αντικείμενα.

Εκτός από τις παραπάνω εφαρμογές υψηλής ακρίβειας, όπου η απαίτηση σε ακρίβεια κυμαίνεται από μερικά χιλιοστά του μέτρου έως μερικά εκατοστά, αρκετές

ακόμα εφαρμογές με απαιτήσεις χαμηλότερης ακρίβειας, από μερικές δεκάδες εκατοστά έως και μερικά μέτρα, καλύπτονται από τις δυνατότητες του GPS, π.χ. η ενημέρωση χαρτών, οι εφαρμογές GIS, η πλοήγηση, ο εντοπισμός προεπιλεγμένων θέσεων. (Internet 3)

1.2.8 Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS)

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, ευρύτερα γνωστά ως GIS (Geographical Information Systems), διαχειρίζονται με αποτελεσματικό τρόπο τη γεωγραφική πληροφορία και μαζί τα δεδομένα ενός οργανισμού που μπορούν να συσχετιστούν με αυτή. Την τελευταία δεκαετία έχουν γνωρίσει μεγάλη άνθηση και έχουν βρει αρκετές πρακτικές εφαρμογές σε επιχειρήσεις και οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του πεδίου της εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain). Βέβαια, στην αμερικάνικη ήπειρο αλλά και αρκετές ευρωπαϊκές χώρες, τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών χρησιμοποιήθηκαν πολύ πριν τα γνωρίσουμε στην Ελλάδα. Στην ευρεία διάδοση των GIS συνέβαλαν τα ακόλουθα: το γεγονός ότι οι εταιρείες λογισμικού κατάφεραν να αναπτύξουν εκδόσεις φιλικές προς τους χρήστες τους μέσω του γραφικού περιβάλλοντος, η δημιουργία και διάθεση αξιόπιστων ψηφιακών δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα συστήματα αυτά (ψηφιακοί χάρτες), η αυξημένη υπολογιστική ισχύς των προσωπικών ηλεκτρονικών υπολογιστών (desktop PCs), καθώς και η συσχέτιση των συστημάτων GIS με τα συστήματα παρακολούθησης οχημάτων, δικτύων ή άλλων αντικειμένων πάνω στη γη, μέσω της τεχνολογίας των δορυφόρων και των τηλεπικοινωνιών.

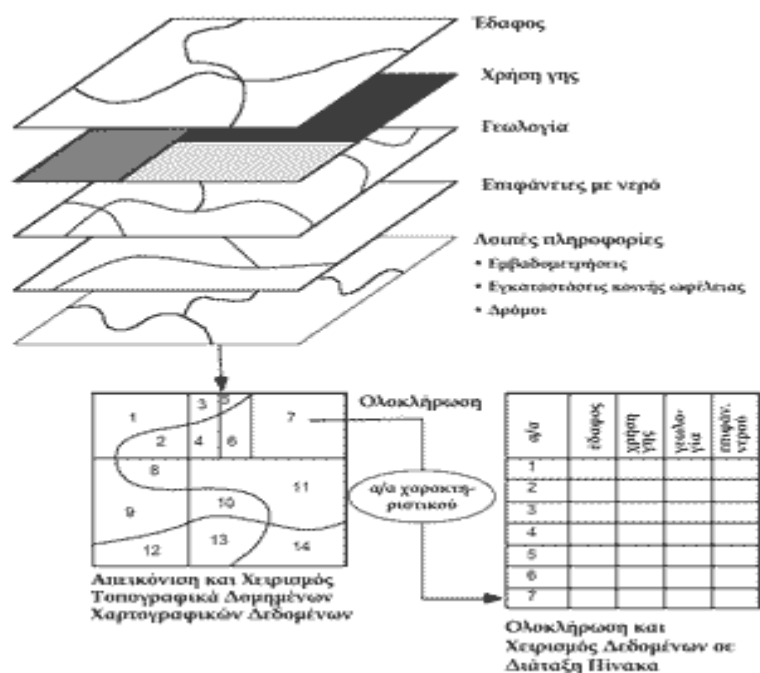
Ορισμός και Αρχή Λειτουργίας

Η ιδέα της οργάνωσης και συστηματοποίησης της γεωγραφικής πληροφορίας με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή εμφανίστηκε για πρώτη φορά στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας οδήγησε τελικά στην εμφάνιση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών ή GIS τη δεκαετία του 1980. Η επανάσταση που έφεραν οι υπολογιστές στη διαχείριση της πληροφορίας άργησε να αγγίξει τον τομέα της χωρικής πληροφορίας κυρίως για τεχνικούς λόγους που σχετίζονται με τις αυξημένες απαιτήσεις σε γραφικά. Όταν όμως τη δεκαετία του 1990 ξεπεράστηκαν τα τεχνικά εμπόδια και όταν το κόστος των συστημάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών έπαψε να είναι απαγορευτικό, η ευρεία χρήση τους οδήγησε στην ανάπτυξη των GIS και στη σταδιακή δημιουργία των απαραίτητων χωρικών

δεδομένων για τη λειτουργία των συστημάτων αυτών. Η τεχνολογία αυτή γνώρισε μία ευρύτατη σειρά εφαρμογών, σχεδόν σε κάθε ζήτημα όπου η παράμετρος της γεωγραφικής πληροφορίας υπεισέρχεται έμμεσα ή άμεσα. Ορίζοντας το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών, μπορούμε να το χαρακτηρίσουμε ως ένα οργανωμένο σύνολο από πέντε δομικά στοιχεία που περιλαμβάνουν(1): υλικό εξοπλισμό (hardware), λογισμικό (software), γεωγραφικά δεδομένα, ανθρώπινο δυναμικό και μεθόδους (οι ιδιαίτεροι κανόνες και οι πρακτικές λειτουργίας κάθε οργανισμού ξεχωριστά), με σκοπό τη συλλογή, καταχώριση, διαχείριση, ανάλυση, επεξεργασία και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που σχετίζεται με τη γεωγραφική πληροφορία. Ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών είναι ένα εργαλείο χαρτογράφησης και ανάλυσης των στοιχείων που υπάρχουν και των γεγονότων που συμβαίνουν στο γεωγραφικό χώρο. Η τεχνολογία των GIS ολοκληρώνει τις λειτουργίες των συνήθων εφαρμογών βάσεων δεδομένων, όπως αναζήτηση και στατιστική ανάλυση, με τα πλεονεκτήματα της οπτικής απεικόνισης και της γεωγραφικής ανάλυσης που προσφέρουν οι χάρτες. Οι ικανότητες αυτές διακρίνουν τα GIS από τα άλλα πληροφοριακά συστήματα και τα καθιστούν πολύτιμα σε ένα μεγάλο εύρος δημοσίων οργανισμών και ιδιωτικών επιχειρήσεων, για την επεξήγηση γεγονότων, την εκτίμηση αποτελεσμάτων, το σχεδιασμό στρατηγικών, τη λήψη αποφάσεων.

Το σύστημα GIS μοντελοποιεί το χώρο συγκεντρώνοντας και συνδυάζοντας ένα πλήθος πληροφοριών. Για το σκοπό αυτό αποθηκεύει δεδομένα σε ένα σύνολο από διαφορετικές θεματικές βαθμίδες (layers), όπως για παράδειγμα πόλεις, δρόμοι, κτίρια, αγωγοί, γεωγραφικό ανάγλυφο, λίμνες, ποτάμια, λοιπά σημεία ενδιαφέροντος. Οι θεματικές αυτές βαθμίδες συνδέονται μεταξύ τους μέσω γεωγραφικών συντεταγμένων, σε δύο διαστάσεις (γεωγραφικό μήκος και πλάτος), ακόμα και σε τρεις διαστάσεις. Αυτή είναι η απλή αλλά εξαιρετικά ισχυρή αρχή λειτουργίας των GIS που αποδεικνύεται πολύτιμη για την επίλυση πλήθους πραγματικών προβλημάτων. Το πιο ζωτικό δομικό στοιχείο ενός GIS είναι τα δεδομένα και για το λόγο αυτό οι βάσεις δεδομένων βρίσκονται στην καρδιά ενός τέτοιου συστήματος. Το GIS διαθέτει μία βάση γεωγραφικών δεδομένων ή αλλιώς ένα ψηφιοποιημένο χάρτη ο οποίος υλοποιεί και το μοντέλο του χώρου, όπως αυτό περιγράφηκε παραπάνω με τις θεματικές βαθμίδες. Ταυτόχρονα περιλαμβάνει και μία βάση περιγραφικών δεδομένων που συνδέονται με τα δεδομένα του χώρου. Το κατάλληλο λογισμικό ενός GIS για τη διαχείριση βάσεων δεδομένων και οπτικής απεικόνισής τους, επιτρέπει το συνδυασμό αυτών των δεδομένων και την απεικόνισή τους σε μορφή συνδυασμένων πληροφοριών πάνω σε χάρτες.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας των GIS, όπου οι επιμέρους θεματικές βαθμίδες χαρτογραφικής πληροφορίας συνδυάζονται σε μία και μόνο οπτική απεικόνιση, η οποία συνδέεται με βάση δεδομένων για το σύνολο των χαρακτηριστικών που αυτή η απεικόνιση περιλαμβάνει. Σημειώνεται ότι για τα χαρακτηριστικά του χάρτη (features) αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων τρεις βασικές πληροφορίες: η γεωγραφική πληροφορία, η προβολή (projection) πάνω στην οποία εκφράζεται η γεωγραφική πληροφορία και οι ιδιότητες του χαρακτηριστικού.



Κατηγορίες GIS

Ο τρόπος με τον οποίο δομείται ο ψηφιοποιημένος χάρτης χωρίζει τα GIS σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα «διανυσματικά» (vector) συστήματα και τα συστήματα «μωσαϊκού» (raster ή grid). Τα διανυσματικά συστήματα αποθηκεύουν τη γεωγραφική πληροφορία σε αναλυτική μορφή συντεταγμένων, ενώ τα συστήματα μωσαϊκού αποθηκεύουν την πληροφορία σε μορφή πλέγματος ψηφίδων. Στα διανυσματικά GIS η καταγραφή και η επεξεργασία των χωρικών πληροφοριών γίνεται με τη χρήση της γεωμετρίας των διανυσμάτων που περιλαμβάνει σημεία, γραμμές και πολύγωνα, με τα οποία αντιπροσωπεύονται αντιστοίχως τα εξής γεωμετρικά στοιχεία του χώρου: τόποι, γραμμικά στοιχεία και επιφάνειες. Τα GIS μωσαϊκού τύπου βασίζονται στην αρχή των στοιχειωδών επιφανειών (raster, cells, pixels). Οι στοιχειώδεις επιφάνειες είναι συνήθως τετράγωνα ή παραλληλόγραμμα και ενίοτε τριγωνικής ή εξαγωνικής μορφής. Δημιουργείται δηλαδή ένα πλέγμα πάνω

από μία εικόνα (συνήθως ψηφιακά σαρωμένος χάρτης), το οποίο διαχωρίζει την εικόνα σε πολύ μικρά στοιχειώδη κομμάτια - ψηφίδες, παρόμοιες με αυτές που βλέπει κανείς όταν μεγεθύνει υπερβολικά μία ψηφιακή φωτογραφία. Οι χάρτες μωσαϊκού (raster ή grid) υστερούν στη δημιουργία των χωρικών συσχετίσεων που επιτυγχάνουν οι διανυσματικοί (vector) χάρτες. Για το λόγο αυτό τα σύγχρονα GIS χρησιμοποιούν διανυσματικούς χάρτες, ενώ συνοδεύονται και από ειδικές εφαρμογές μετατροπής των χαρτών από «raster» σε «vector» μορφή.

Οι Χρήσεις των GIS

Ένα σύστημα GIS έχει το πλεονέκτημα ότι διαχειρίζεται ξεχωριστά την αποθήκευση των δεδομένων από την οπτική αναπαράσταση των χαρτών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα ίδια δεδομένα να μπορούν να αποτυπωθούν με διαφορετικούς τρόπους. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι μπορούμε να μεγεθύνουμε τον ψηφιακό χάρτη ή να εμφανίσουμε συγκεκριμένα μόνο επίπεδα (layers) της ψηφιακής πληροφορίας. Ένα τέτοιο παράδειγμα συναντάται στις γνωστές εφαρμογές χαρτών της Google όπου ο χρήστης επιλέγει είτε μόνο τον πολιτικό χάρτη, είτε το γεωφυσικό χάρτη (φωτογραφία από δορυφόρο) είτε και τους δύο μαζί και πάνω σε αυτούς μπορεί να εμφανίσει οποιαδήποτε άλλη πληροφορία τον ενδιαφέρει και είναι διαθέσιμη: δρόμοι, πόλεις, σημεία τουριστικού ενδιαφέροντος κ.λπ. Επιπροσθέτως, στα πλεονεκτήματα των GIS συγκαταλέγεται το γεγονός ότι μπορούμε να εκτελέσουμε ποικίλους υπολογισμούς με τα γεωγραφικά δεδομένα και οποιαδήποτε άλλη πληροφορία μπορεί να συνδυαστεί με αυτά, όπως για παράδειγμα είναι ο υπολογισμός των αποστάσεων μεταξύ τοποθεσιών ή και ο χρόνος μίας διαδρομής. Επίσης, μπορούμε να δημιουργήσουμε πίνακες που να περιλαμβάνουν τα διάφορα χαρακτηριστικά του ψηφιακού χάρτη ή να προσθέσουμε οποιαδήποτε επιπλέον πληροφορία πάνω στο χάρτη. Μία σημαντική δυνατότητα που προσφέρουν τα GIS είναι το ότι προσδιορίζουν τις διαθέσιμες πληροφορίες στο γεωγραφικό χώρο. Η δυνατότητα αυτή ονομάζεται «γεωκωδικοποίηση» (geocoding) και ένα ενδεικτικό παράδειγμα χρήσης της είναι ο αυτόματος μετασχηματισμός της διεύθυνσης ενός πελάτη σε συντεταγμένες ενός σημείου στον ψηφιακό χάρτη της αντίστοιχης πόλης. Ο σημαντικότερος παράγοντας για την επιτυχημένη υλοποίηση και χρήση ενός GIS είναι η ύπαρξη των κατάλληλων γεωγραφικών δεδομένων, τα οποία όταν συνδυαστούν με τα υπόλοιπα δεδομένα ενός οργανισμού, δύναται να υποστηρίξουν πολλές λειτουργίες ή και τη λήψη των αποφάσεων. Τέτοια γεωγραφικά δεδομένα μπορούν είτε να αγοραστούν είτε να δημιουργηθούν εξ αρχής με τη χρήση ειδικών διατάξεων ψηφιοποίησης των χαρτών. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 2000, μόνο

η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ) προσέφερε αξιόπιστα και σχετικά πλήρη γεωγραφικά δεδομένα για τον Ελλαδικό χώρο, αν και αυτά υστερούσαν στο επίπεδο των αστικών περιοχών (εντός των πόλεων). Σήμερα, η ανάπτυξη των συστημάτων πλοήγησης και παρακολούθησης οχημάτων και η αυξανόμενη διείσδυση των GIS σε δημόσιο και ιδιωτικό τομέα έχουν οδηγήσει στην παραγωγή και διάθεση αξιόπιστων αλλά και οικονομικών γεωγραφικών δεδομένων για κάθε ενδιαφερόμενο.

Το πεδίο εφαρμογής των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών είναι ευρύτατο καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε η παράμετρος της γεωγραφικής πληροφορίας υπεισέρχεται άμεσα ή έμμεσα, όπως είναι: οι ανάγκες χαρτογράφησης, τα ζητήματα χωροταξίας, περιπτώσεις αστικών και περιφερειακών μελετών, διαχείρισης φυσικών πόρων, οικολογικών ερευνών, διαχείρισης αποβλήτων, κτηματολογίου και πολεοδομικού σχεδιασμού, μελέτης κυκλοφοριακών συνθηκών, διαχείρισης επειγόντων περιστατικών, δημογραφικά ζητήματα. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε θέματα διερεύνησης και ανάλυσης μίας αγοράς, ανάλυσης των πωλήσεων μίας επιχείρησης, σχεδιασμού των δικτύων εφοδιασμού και διακίνησης, προγραμματισμού της διανομής προϊόντων, καθώς και παρακολούθησης των δρομολογίων των οχημάτων. Σήμερα, τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο ως εργαλεία που υποστηρίζουν τις λειτουργίες επιχειρήσεων και οργανισμών. Αυτές οι λειτουργίες μπορεί να απαιτούν είτε απλά διαχείριση της γεωγραφικής πληροφορίας, είτε πιο σύνθετη επεξεργασία των χωρικών και περιγραφικών βάσεων δεδομένων, με σκοπό την παραγωγή διαφόρων αναφορών και τη λήψη αποφάσεων.

Η διαχείριση της πληροφορίας με τη χρήση των GIS περιλαμβάνει:

Δημιουργία δυναμικών ψηφιακών τοπογραφικών χαρτών, που μπορούν εύκολα να ενημερώνονται και επικαιροποιούνται μέσω της ηλεκτρονικής διαχείρισης.

Δημιουργία «ψηφιακών μοντέλων εδάφους» για τρισδιάστατη απεικόνιση των χαρτών με ανάγλυφο εδάφους, κάτι που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διαχείριση των ορυκτών πόρων ή των υδάτινων πόρων και στη διαχείριση των φυσικών πόρων γενικότερα.

Διαχείριση κτηματολογικών και πολεοδομικών δεδομένων για τη δημιουργία κτηματολογίου ή δασολογίου και για την πραγματοποίηση αναλύσεων που σχετίζονται με την αστική και περιφερειακή ανάπτυξη.

Ανάλυση, σχεδιασμό και διαχείριση δικτύων, όπως είναι για παράδειγμα η εύρεση συντομότερων διαδρομών, ο σχεδιασμός δρομολογίων, η παρακολούθηση της κυκλοφορίας, η ομαδοποίηση των κόμβων ενός δικτύου έτσι ώστε αυτοί να εξυπηρετούνται από συγκεκριμένα σημεία (clustering and allocation problems). Εκτέλεση αναλύσεων και ερωτημάτων (queries) με βάση τα γεωγραφικά δεδομένα,

όπως για παράδειγμα: ποιο κατάστημα είναι το πιο κερδοφόρο ανά περιοχή, πόσο κοντά είναι οι ανταγωνιστές; Πού είναι οι κατάλληλες θέσεις για την κατασκευή νέου καταστήματος; ποιος είναι ο συνολικός αριθμός πελατών σε απόσταση 10 χιλιομέτρων; ποια είναι η συντομότερη διαδρομή για την εκτέλεση των παραδόσεων; σε ποια σημεία ενός δικτύου εντοπίζονται δυσλειτουργίες; πόσοι οι υποψήφιοι πελάτες σε μια περιοχή; ποιο είναι το πιο κοντινό νοσοκομείο από ένα ατύχημα; ποια χωριά βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 5 χιλιομέτρων από την εστία μίας δασικής πυρκαγιάς;

Οπτική απεικόνιση των επιχειρησιακών δεδομένων σε χάρτες και παραγωγή γραφημάτων που μπορούν να υποστηρίξουν τη συγκέντρωση απολογιστικών στοιχείων, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με τη γεωγραφική κατανομή των πωλήσεων, του κόστους ή της πελατειακής βάσης.

Υποστήριξη της λήψης των αποφάσεων με τη χρήση εργαλείων αναζήτησης και ανάλυσης που συνδυάζουν τα επιχειρησιακά και τα γεωγραφικά δεδομένα, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με το συνολικό σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας, τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων και τη δημιουργία καναλιών διανομής.

Υποστήριξη της Εφοδιαστικής Αλυσίδας.

Η Εφοδιαστική Αλυσίδα έχει αναγνωριστεί ως ένα από τα πεδία εφαρμογής των GIS. Υπάρχουν αρκετές υλοποιήσεις γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών GIS για την υποστήριξη της διανομής και των μεταφορών και ιδιαίτερα την επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης ή της παρακολούθησης των δρομολογίων. Στα προβλήματα αυτά, η γεωγραφική πληροφορία με τη μορφή ψηφιακών χαρτών είναι σημαντική. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι ο προγραμματισμός των διανομών, η δρομολόγηση του στόλου, η διαχείριση των μεταφορών, η διαχείριση του οδικού δικτύου, η ανάλυση ατυχημάτων, η διαχείριση και παρακολούθηση του στόλου. Σημαντική επίσης είναι η συνεισφορά των GIS στη διαχείριση των μεταφορών επικίνδυνων φορτίων με οποιοδήποτε μέσο μεταφοράς. Επιπλέον, τα συστήματα GIS μπορούν να βοηθήσουν τα τμήματα δρομολόγησης των επιχειρήσεων, εκτός από τον προγραμματισμό των δρομολογίων, σε θέματα λήψης αποφάσεων επαναδρομολόγησης του στόλου λόγω απρόβλεπτων καταστάσεων. Η γνώση της ακριβούς θέσης του εκάστοτε οχήματος και των κυκλοφοριακών συνθηκών, σε συνδυασμό με τα δεδομένα των παραγγελιών και της θέσης των κοντινότερων πελατών μπορούν να βοηθήσουν τον δρομολογητή, στην εύρεση εναλλακτικής παράδοσης στην περίπτωση που προκύψει κάποιο πρόβλημα κατά τη διάρκεια του δρομολογίου.

Άλλες σημαντικές εφαρμογές των συστημάτων GIS στην υποστήριξη των αποφάσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνουν θέματα χωροθέτησης

εγκαταστάσεων καθώς και ζητήματα σχεδιασμού καναλιών εφοδιασμού και διανομής. Για παράδειγμα, η επιλογή της καταλληλότερης θέσης για ένα αποθηκευτικό κέντρο ή μία παραγωγική εγκατάσταση σε σχέση με την οικονομικότερη διακίνηση των προϊόντων μπορεί να υποστηριχθεί από τη γεωγραφική πληροφορία και τη χρήση των ψηφιακών χαρτών. Ένα άλλο σχετικό παράδειγμα είναι η επιλογή των προμηθευτών με βάση κριτήρια αποστάσεων από τις παραγωγικές εγκαταστάσεις, στην προσπάθεια μείωσης του κόστους μεταφοράς αλλά και του χρόνου διέλευσης (lead time) από τη στιγμή της παραγγελίας. Επιπλέον η απόφαση για αποκεντρωμένη ή κεντρική διαχείριση των αποθεμάτων μίας επιχείρησης μπορεί να υποστηριχθεί με μοντέλα κόστους που βασίζονται στην απόσταση των εγκαταστάσεων από το σύνολο των πελατών σε σχέση με το κόστος των μέσων μεταφοράς και το κόστος τήρησης αποθέματος ανά εγκατάσταση.

Οι εταιρείες λογισμικού, έχοντας αντιληφθεί τη σημασία που μπορεί να παίξει ένα σύστημα GIS στην υποστήριξη των αποφάσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας, αλλά και στην παρακολούθηση της λειτουργίας της, έχουν αναπτύξει σχετικές πρόσθετες εφαρμογές που λειτουργούν συμπληρωματικά των κλασσικών γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Παρ' όλα αυτά, οι υλοποιήσεις συστημάτων GIS δεν μπορούν πάντοτε από μόνες τους να υποστηρίξουν τις σύνθετες αποφάσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συνήθως απαιτείται ο συνδυασμός τους με τη λειτουργικότητα άλλων πληροφοριακών συστημάτων, καθώς και ο εμπλουτισμός τους με ειδικά μαθηματικά μοντέλα και αλγόριθμους κατά περίπτωση. Για παράδειγμα, τα παραδοσιακά GIS παρουσιάζουν αδυναμίες επίλυσης των πολύπλοκων προβλημάτων δρομολόγησης καθώς, ακόμα και σήμερα, λίγα πακέτα λογισμικού GIS προσφέρουν ενσωματωμένες προηγμένες μεθόδους επίλυσης των προβλημάτων αυτών, περιοριζόμενες σε αλγόριθμους εύρεσης της συντομότερης διαδρομής. Έτσι, η διανομή και η δρομολόγηση του στόλου των οχημάτων μπορεί να υποστηριχθεί αποτελεσματικότερα από τα GIS μόνο εάν ενσωματωθούν σε αυτά κατάλληλοι αλγόριθμοι για την επίλυση των ειδικών προβλημάτων που αντιμετωπίζονται στην πράξη.

Στις αδυναμίες των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών για την εφαρμογή τους σε ζητήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η σχετικά περιορισμένη ικανότητά τους να διαχειρίζονται τα δυναμικά δεδομένα, δηλαδή αυτά που μεταβάλλονται χρονικά. Τα GIS υποστηρίζουν κυρίως την ανάλυση δεδομένων για μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή ή για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο που η πληροφορία θεωρείται σταθερή, κάτι που όμως δεν συμβαίνει στην πράξη (για παράδειγμα, οι κυκλοφοριακές συνθήκες ή η κατάσταση των μέσων μεταφοράς μεταβάλλεται με το χρόνο). Τα τελευταία χρόνια, έχουν γίνει προσπάθειες και προς την κατεύθυνση της

κάλυψης αυτής της αδυναμίας, κυρίως μέσω της σύνδεσης των GIS με το παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα GPS (Global Positioning System) καθώς και με τα συστήματα τηλεπικοινωνιών.

Αναφορικά με τους ψηφιακούς χάρτες που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των δρομολογίων στο πλαίσιο της υποστήριξης των μεταφορών, αυτοί είναι οι διανυσματικοί (vector) χάρτες, καθώς τα λεπτομερή χαρτογραφικά δεδομένα που διαθέτουν επιτρέπουν υπολογισμούς ανάμεσα σε σημεία του χάρτη με βάση πληροφορίες για το οδικό δίκτυο, σε αντίθεση με τους μωσαϊκού τύπου (raster) χάρτες που μπορούν να υπολογίσουν την απόσταση μεταξύ των σημείων μόνο σε ευθεία γραμμή.

(Internet 4.)

1.2.9 Ζώνες διαχείρισης (management zones)

Θεμελιώδης αρχή της γεωργίας ακρίβειας είναι το να προσαρμόσουμε τις εισροές στις απαιτήσεις του κάθε τμήματος του χωραφίου, δηλαδή αν κάποιο σημείο χρειάζεται περισσότερη ή λιγότερη λίπανση να το κάνουμε, αν σε μια καλλιέργεια απαιτείται συγκομιδή νωρίτερα σε κάποιο σημείο του χωραφίου πρέπει να γίνει για να αποφύγουμε απώλειες ή να πετύχουμε καλύτερη ποιότητα του προϊόντος π.χ. ποιότητα κρασιού ή περιεκτικότητα του σιτηρού σε πρωτεΐνες. Υπάρχουν δηλαδή κάποια σημεία στα χωράφια τα οποία απαιτούν διαφορετικές φροντίδες από το υπόλοιπο χωράφι και με βάση αυτά τα σημεία το χωράφι χωρίζεται σε Ζώνες.

Ως Ζώνες Διαχείρισης ορίζονται τα σημεία εκείνα που έχουν κοινά εδαφολογικά ή αγρονομικά χαρακτηριστικά (Blackmore, 2003). Οι Ζώνες Διαχείρισης είναι ο πιο πρακτικός τρόπος για την εφαρμογή της θεωρίας της γεωργίας ακρίβειας.

Οι Ζώνες Διαχείρισης δεν είναι κάτι πρωτόγνωρο στην γεωργία. Έχει την ίδια ηλικία με την ίδια την γεωργία. Ανέκαθεν οι αγρότες ήξεραν εμπειρικά πως κάποιο ή κάποια σημεία στο χωράφι τους απαιτούσαν κάποια διαφορετική φροντίδα. Οι αγροί γενικά έχουν χαρακτηριστικά που διαφέρουν από σημείο σε σημείο. Αυτά μπορεί να είναι εδαφικά (διαφορετική μηχανική σύσταση), τοπογραφικά (βαθουλώματα - υψώματα) κλπ. Παντού υπάρχουν χωράφια τα οποία έχουν κάποια σημεία τα οποία απαιτούν κάποια ιδιαίτερη φροντίδα και αυτό είναι γεγονός. Για παράδειγμα αν κάποιο σημείο δεν είναι πολύ παραγωγικό τότε ο αγρότης θα ψάξει την αιτία και αν δεν έχει το επιθυμητό αριθμό φυτών θα ρίξει περισσότερο σπόρο εκεί ή θα προσπαθήσει με λιπάσματα να το κάνει πιο παραγωγικό.

Συμπεραίνουμε επομένως πως τα χωράφια από μόνα τους παρουσιάζουν παραλλακτικότητα διαφόρων ιδιοτήτων και επομένως χωρίζονται σε Ζώνες

Διαχείρισης. Με την πάροδο των χρόνων όμως οι εκτάσεις των αγροτών μεγάλωσαν με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο στον αγρότη να γνωρίζει όλα εκείνα τα σημεία των χωραφιών του που απαιτούν ιδιαίτερες φροντίδες. Εδώ έρχεται να δώσει λύση η τεχνολογία.

Δημιουργία ζωνών διαχείρισης

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη μέθοδος για τον καθορισμό ζωνών Διαχείρισης, κάθε χωράφι έχει διαφορετική συμπεριφορά και για τον καθορισμό ζωνών χρειάζεται διαφορετική αντιμετώπιση.

Ο καθορισμός ζωνών εξαρτάται από τα στοιχεία που έχουμε για το χωράφι και από την ικανότητα που έχουμε να καθορίσουμε τις Ζώνες με βάση τα στοιχεία αυτά. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει και η φύση του χωραφιού, αν δηλαδή έχει σημαντική παραλλακτικότητα κάποιων ιδιοτήτων του και επομένως μπορεί να χωριστεί σε Ζώνες. (Kvien, 2000)

Στοιχεία από τα οποία μπορούμε να καθορίσουμε Ζώνες είναι:

- ❖ Χάρτες παραγωγής, στοιχείο ιδιαίτερα χρήσιμο καθώς αποτελεί όχι μόνο κριτήριο διαχωρισμού των ζωνών αλλά και τελικής αξιολόγησης του επιτυχημένου διαχωρισμού,
- ❖ Εδαφολογικά στοιχεία, ηλεκτρική αγωγιμότητα, μηχανική σύσταση, pH, περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία κτλ.,
- ❖ Αεροφωτογραφίες, γυμνού εδάφους και βλάστησης,
- ❖ Τοπογραφικοί χάρτες που υποδεικνύουν ανωμαλίες στο χωράφι, υψωματάκια, λακκούβες,
- ❖ Σύνορα χωραφιού, κτήρια μέσα στο χωράφι, δέντρα, βράχια κτλ.,
- ❖ Αναφορές για πυκνότητα ζιζανίων, προσβολές από έντομα άλλα παράσιτα όπως νηματώδεις κλπ, και
- ❖ Προηγούμενες μεταχειρίσεις δηλαδή το ιστορικό διαχείρισης του αγροκτήματος.

Επιθυμητά βασικά χαρακτηριστικά των Ζωνών Διαχείρισης είναι :

- ❖ Η σταθερότητα στον χρόνο
- ❖ Ευκολία στην οριοθέτηση
- ❖ Σχέση με την παραγωγή και
- ❖ Χαμηλό κόστος

Αριθμός Ζωνών Διαχείρισης

Ο αριθμός των ζωνών διαχείρισης ποικίλει, από μια έως πολλές.

Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν τον αριθμό ζωνών είναι:

- ❖ Το μέγεθος το χωραφιού. Η ζώνη διαχείρισης πρέπει να έχει ένα μέγεθος που να είναι διαχειρίσιμο δηλαδή να μπορεί ο γεωργικός εξοπλισμός να εφαρμόσει διαφορετικές εισροές και επομένως δεν μπορούν οι ζώνες να είναι μικρότερες από κάποιο μέγεθος που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος του γεωργικού εξοπλισμού
- ❖ Η παραλλακτικότητα του χωραφιού, και
- ❖ Η ικανότητα να διαχωρίσουμε το χωράφι σε ζώνες με βάση τα στοιχεία που έχουμε.

Το μέγεθος καθώς και το σχήμα των ζωνών διαχείρισης καθορίζεται κατά κύριο λόγο από την ικανότητα του αγρότη να διαχειριστεί τις διαφορετικές ζώνες και εξαρτάται από τον εξοπλισμό που διαθέτει, για παράδειγμα, αν ένα ψεκαστικό έχει πλάτος εργασίας 15 μέτρα είναι δύσκολο δημιουργήσουμε ζώνες οι οποίες έχουν πλάτος μικρότερο από 15 μέτρα. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζουν και τα όρια του χωραφιού.

1.2.10 Χαρτογράφηση παραγωγής (Yield Mapping)

Η Γεωργία Ακρίβειας είναι μια μέθοδος διαχείρισης καλλιεργειών. Οι διαδικασίες για τη συγκέντρωση, την ολοκλήρωση και την ερμηνεία των σχετικών στοιχείων στο χώρο πρέπει να οδηγήσει στη δημιουργία χαρτών διαχείρισης ώστε να παρθούν οι σωστές αποφάσεις από τον παραγωγό (Stalord 2000). Μία αεροφωτογραφία (με καταγραφή στις φασματικές περιοχές του πράσινου, του ερυθρού και του κοντινού υπερύθρου) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα για την εκτίμηση των αναγκών σε άζωτο, την ανίχνευση πιθανών ασθενειών, τον εντοπισμό διαφόρων ανωμαλιών, τον χαρακτηρισμό της υφής του επιφανειακού εδάφους και την πρόβλεψη της παραγωγής. Παρομοίως, οι χάρτες αποδόσεων χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση και τον εντοπισμό της παραλλακτικότητας όχι μόνο ενός χαρακτηριστικού, αλλά όλων των χαρακτηριστικών που έχουν επιδράσει στις αποδόσεις (π.χ. υφή του εδάφους, υγρασία, ασθένειες, θρεπτικά στοιχεία, καλλιεργητικές εργασίες, τοπικές ανωμαλίες, κ.λπ.) (Καρύδας et al., 2000). Η επιτυχής εφαρμογή της Γεωργίας Ακρίβειας εξαρτάται από τα δεδομένα που παρέχουν οι αισθητήρες για οποιαδήποτε θέση του αγρού και σε διάφορες χρονικές περιόδους, δηλαδή δεδομένα που απαιτούνται για τις αναλύσεις ώστε να παραχθούν οι χάρτες διαχείρισης, δηλαδή χάρτες που βοηθούν τον παραγωγό για την

ορθολογική χρήση χημικών ή άλλων μεθόδων στον αγρό (Stafford, 2000). Η αποτελεσματικότητα της χαρτογράφησης της παραγωγής και της ποιότητας του προϊόντος στα τμήματα του αγρού καθορίζεται πρώτιστα από τις δυνατότητες των αισθητήρων ή του συστήματος μέτρησης. Οι αποφάσεις για τη διαχείριση μίας συγκεκριμένης περιοχής του αγρού προϋποθέτουν αυθεντικούς χάρτες που περιέχουν διάφορες ιδιότητες του αγρού που έχουν ανιχνευθεί με ακρίβεια (Schellberger et al., 2007).

Τα συστήματα χαρτογράφησης συγκομιδής καταγράφουν τη σχετική κατανομή του χώρου της παραγωγής ενώ γίνεται η συγκομιδή. Αυτά τα συστήματα συλλέγουν στοιχεία όσον αφορά την καλλιέργεια και χαρακτηριστικά όπως η περιεκτικότητα σε υγρασία. Οι χάρτες που προκύπτουν μπορούν να επεξηγήσουν εντυπωσιακά τους τομείς της παραλλακτικότητας της παραγωγής είτε από τις φυσικές διαδικασίες είτε από τις γεωργικές πρακτικές. Επειδή η απόδοση είναι ένας βασικός παράγοντας στις περισσότερες αποφάσεις διαχείρισης, οι ακριβείς χάρτες παραγωγής επιδιώκονται για να επιβεβαιώσουν τις αποφάσεις του χειρισμού του χώρου. Τα όργανα καταγραφής συγκομιδής έχουν αναπτυχθεί για μερικές μόνο καλλιέργειες, κυρίως σιτηρών και δημητριακών. Αξιόπιστα όργανα ελέγχου για τα λαχανικά, τα φρούτα, το βαμβάκι, και άλλες μεγάλης αξίας συγκομιδές είναι αυτήν την περίοδο υπό ανάπτυξη αλλά δεν είναι ακόμα ευρέως διαθέσιμα. Η παραγωγή είναι δυσκολότερο να ελεγχθεί για τα φρούτα ή άλλες καλλιέργειες που μαζεύονται με το χέρι. Η χρήση των οργάνων ελέγχου παραγωγής περιορίζεται αυτήν την περίοδο στις καλλιέργειες που συλλέγονται μηχανικά σε ένα ενιαίο πέραςμα, όπως οι πατάτες, τα ζαχαρότευτλα, και οι ντομάτες επεξεργασίας. Η χαρτογράφηση παραγωγής είναι μια από τις πρώτες εργασίες που πρέπει να κάνει ένας παραγωγός που ενδιαφέρεται να εφαρμόσει ένα σύστημα Γεωργίας Ακρίβειας. Αν η παραγωγή σε έναν αγρό δεν διαφέρει χωρικά και το επίπεδό της είναι ικανοποιητικό δεν υπάρχει κίνητρο να επενδύσει σε τεχνολογία Γεωργίας Ακρίβειας. Αντίθετα αν υπάρχει σημαντική χωρική παραλλακτικότητα στην παραγωγή σε ένα αγρό σημαίνει ότι η μέθοδος διαχείρισης που εφαρμόζεται πιθανώς δεν παρέχει τις κατάλληλες καλλιεργητικές πρακτικές σε όλες τις περιοχές του αγρού και σε αυτή την περίπτωση η εφαρμογή της Γεωργίας Ακρίβειας θα του πρόσφερε σημαντική δυνατότητα βελτίωσης.

Κάποιοι από τους παράγοντες στους οποίους οφείλεται η διαφοροποίηση της ποσότητας του προϊόντος που συγκομίζουν οι παραγωγοί είναι οι εξής :

- ❖ Ανομοιομορφία του τύπου ή του ανάγλυφου του εδάφους.
- ❖ Υδατικό στρες σε ένα μέρος του αγρού.
- ❖ Χαμηλή διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους λόγω διαφοροποιήσεων του pH.

- ❖ Διαφορετική προσβολή από έντομα, ασθένειες και ζιζάνια.
- ❖ Λάθη κατά την εφαρμογή των καλλιεργητικών εισροών, με αποτέλεσμα κάποια σημεία του αγρού να δέχονται διπλή δόση και κάποια να μένουν ακάλυπτα.

Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας, η μέτρηση της παραλλακτικότητας της παραγωγής συνδυάζεται με τον εντοπισμό των περιοριστικών παραγόντων της, σε κάθε σημείο του αγρού, και την προσπάθεια διόρθωσής τους. Η μέτρηση της παραγωγής (*Yield monitoring*), αποτελεί έναν τρόπο για να εκτιμηθεί εάν υπάρχει αρκετή παραλλακτικότητα στον αγρό, ώστε να απαιτείται η διαφοροποιούμενη εφαρμογή εισροών. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της διαφοροποιούμενης εφαρμογής οποιασδήποτε εισροής. Κατά συνέπεια, οι μετρητές παραγωγής (*Yield monitors*) αποτελούν βασικό εξοπλισμό στην Γεωργία Ακριβείας. Οι μετρητές παραγωγής (*Yield monitors*) μπορούν να εγκατασταθούν στις μηχανές συγκομιδής των γεωργικών προϊόντων και μετρούν την παραλλακτικότητα της παραγωγής που εμφανίζεται στον αγρό. Είναι μηχανισμοί που λαμβάνουν δεδομένα από το Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (*Global Positioning System, GPS*) μέσω δεκτών GPS και συνδέουν την παραγωγή κάθε σημείου του αγρού με το στίγμα του. Με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού διαμορφώνεται ένας ψηφιακός χάρτης παραγωγής του αγρού.

▪ Χρησιμότητα χαρτών παραγωγής

Οι παραγωγοί γνωρίζουν ότι η απόδοση των καλλιεργειών διαφέρει χωρικά σε έναν αγρό. Επίσης κατά τη συγκομιδή μπορεί να έχουν μια ιδέα πόσο διαφέρει η απόδοση στα διάφορα μέρη του αγρού. Με τη χαρτογράφηση παραγωγής όμως η διαφοροποίηση της παραγωγής καταγράφεται ποσοτικά και επομένως δίνεται η δυνατότητα χωρικής καταγραφής κάτι που ο παραγωγός αδυνατεί να επιτύχει με απλή παρατήρηση. Επιπλέον δημιουργείται μια βάση δεδομένων που δίνει τη χρονική παραλλακτικότητα. Έτσι μελετώντας τους αντίστοιχους χάρτες παραγωγής είναι δυνατή η διερεύνηση των αιτιών της παραλλακτικότητας της παραγωγής. Επίσης στη συνέχεια μπορεί να διερευνηθούν οι συσχετίσεις μεταξύ παραλλακτικότητας στην παραγωγή και εδαφικών ιδιοτήτων, η προβλημάτων που σχετίζονται με τη γονιμότητα του εδάφους, τον έλεγχο των ζιζανίων, στράγγισης, συμπίεσης του εδάφους κ.α. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από την ανάλυση των χαρτών παραγωγής για αρκετά χρόνια μπορούν να αλλάξουν τον τρόπο που ο παραγωγός κάνει εφαρμογή των εισροών στον αγρό.

1.2.11 Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων

Η κατανόηση της παραλλακτικότητας στο έδαφος είναι μια από τις παλαιότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι αγρότες και οι επιστήμονες. Η τακτική δειγματοληψία και ανάλυση του εδάφους είναι η βάση για ένα πρόγραμμα λίπανσης με μεταβλητές δόσεις. Παρόλα αυτά στο παρελθόν όταν οι τιμές των λιπασμάτων ήταν χαμηλότερες ήταν πιο απλό η λίπανση να εφαρμοστεί ομοιόμορφα στον αγρό. Η δόση του λιπάσματος βασιζόταν στο μέσο όρο των εδαφικών ιδιοτήτων του αγρού. Η ανάπτυξη εξοπλισμού που βασίζεται στα ηλεκτρονικά για εφαρμογή λιπασμάτων και η ανάπτυξη του GPS έδωσε τη δυνατότητα στην ανάπτυξη αποτελεσματικών μεθόδων δειγματοληψίας και χαρτογράφησης με τις οποίες γίνεται ακριβής προσδιορισμός της χωρικής παραλλακτικότητας στο έδαφος (Wollenhaupt et al., 1994, Franzen and Peck, 1995, Pierce et al., 1995, Γκόλια 2003).

Χρησιμότητα Εδαφολογικών Χαρτών

Γενικά, η χρησιμότητα των εδαφολογικών χαρτών μπορεί να σκιαγραφηθεί ως εξής:

- ❖ Ο εδαφολογικός χάρτης είναι αναπόσπαστο τμήμα οιαδήποτε αρτίου προγράμματος γεωργικής έρευνας και γεωργικής ανάπτυξης μιας περιοχής και καθιστά δυνατή τη γενίκευση των συμπερασμάτων της έρευνας.
- ❖ Αποτελεί τη βάση για όλες τις ταξινομήσεις γαιών και της παραγωγικότητας αυτών.
- ❖ Λύνει πρακτικά προβλήματα της εκμετάλλευσης των εδαφικών πόρων, όπως η επιλογή καλλιεργειών, η εφαρμογή αποτελεσματικής λίπανσης, η εφαρμογή της κατάλληλης άρδευσης ή στράγγισης, η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων καλλιέργειας και γενικά των μεθόδων διαχείρισης των εδαφών για την επίτευξη του μέγιστου δυνατού οικονομικού οφέλους.
- ❖ Καθορίζει τα μέτρα για τη βελτίωση και την προστασία των εδαφών (ασβεστώσεις, γυψώσεις, αντιδιαβρωτική προστασία κ.ά).
- ❖ Η άσκηση της ολοκληρωμένης διαχείρισης των καλλιεργειών, της βιολογικής και οικολογικής γεωργίας απαιτούν την ύπαρξη του εδαφολογικού χάρτη.
- ❖ Έγχειρες βελτιώσεις, αναδιαρθρώσεις καλλιεργειών, αναδασώσεις, χωροταξικός σχεδιασμός (τοποθέτηση οικισμών, βιομηχανικών ζωνών, τουριστικών χώρων κ.λ.π.) απαιτούν, επίσης την ύπαρξη του εδαφολογικού χάρτη.

Ερμηνεία των χαρτών

Η ερμηνεία και η αξιολόγηση των χαρτών πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την ιστορία του αγρού, όπως προβλήματα στη συγκομιδή, προβλήματα στη σπορά, παλαιοί φράχτες, δρόμοι, περιοχές που έχει γίνει βόσκηση από ζώα, θέσεις κτισμάτων, περιοχές στράγγισης κοκ. Πολλά χαρακτηριστικά σημεία σε ένα χάρτη παραγωγής μπορούν να αποδοθούν στους παραπάνω λόγους και όχι σε προβλήματα θρέψης που είναι διαχωρίσιμα. Η άγνοια της ιστορίας του αγρού είναι πιθανό να οδηγήσει σε παρερμηνεία των χαρτών. Επίσης είναι ουσιώδες να υπάρχουν ακριβείς χάρτες πχ στους εδαφικούς χάρτες διότι ενδέχεται να επηρεάσουν αποφάσεις για τη διαχείριση του αγρού που αφορά πολλά συνεχόμενα χρόνια. Μερικοί χάρτες περιέχουν πληροφορίες που αλλάζουν ελάχιστα με το χρόνο, όπως τύπος εδάφους, τοπογραφία, και περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία. Άλλα μετρούμενα μεγέθη αλλάζουν κάθε χρονιά, όπως οι χάρτες παραγωγής και οι τοποθεσίες που φυτρώνουν τα ζιζάνια. Για το λόγο αυτό πρέπει αυτός που λαμβάνει τις αποφάσεις για τη διαχείριση του αγρού να γνωρίζει ποια δεδομένα πρέπει να συλλέγει κάθε χρονιά και την εποχή δειγματοληψίας. (*Internet 5.*)

1.2.12 Χάρτες τάσης για χωρική και χρονική παραλλακτικότητα

Ο σημαντικότερος αντίκτυπος της γεωργίας ακρίβειας στα συστήματα γεωργικής παραγωγής είναι πιθανό να είναι στον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται οι διαχειριστικές αποφάσεις, στην κλίμακα του χωροχρόνου που εξετάζονται και όχι στις πραγματικές πρακτικές παραγωγής. Οι τεχνικές γεωργίας ακρίβειας μπορούν να αυξήσουν την αποδοτικότητα της χρήσης των εισροών επιτρέποντας στον παραγωγό να ρυθμίσει την καλλιέργεια σε χωρική και χρονική βάση με χειρισμούς που είναι περισσότερο καθοδηγητικοί παρά προφυλακτικοί. Η διαχείριση ενός συστήματος παραγωγής περιλαμβάνει πολλές αποφάσεις, οι οποίες είναι αλληλένδετες και έχουν επιπτώσεις τελικά στο κέρδος.

Η δυνατότητα της ανταπόκρισης στις μεταβαλλόμενες συνθήκες παραγωγής είναι πιθανό να είναι τόσο σημαντική όσο η έγκαιρη κατανόηση της παραλλακτικότητας των συνθηκών παραγωγής. Οι αγρότες κάνουν υποθετικές κρίσεις για τη χρήση εισροών σε ένα αγροτεμάχιο με δεδομένο τις προσδοκώμενες καιρικές συνθήκες. Οι τεχνικές Γεωργίας Ακρίβειας που επιτρέπουν στον παραγωγό να διαχειριστεί αρχικά έναν χαμηλότερο στόχο παραγωγής και να αποκριθούν ακόμη καλύτερα στις εποχές στις οποίες η δυνατότητα παραγωγής είναι μεγαλύτερη από κανονική θα μπορούσαν ουσιαστικά να βελτιώσουν τις επιρροές αυτής της αστάθειας. Μια τέτοια δυνατότητα ανταπόκρισης στη χρονική παραλλακτικότητα θα ήταν ιδιαίτερα επιθυμητή για το

χειρισμό του σχετικού με τον καιρό κινδύνου (Φτάκα, 2006).

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την ανάγνωση θεματικών χαρτών τάσης για τη χωρική και τη χρονική παραλλακτικότητα. Η χωρική παραλλακτικότητα γίνεται αντιληπτή ως μεταβολή των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων των καλλιεργειών και του εδάφους, με την αλλαγή θέσης μέσα στο αγροτεμάχιο. Ενώ η χρονική παραλλακτικότητα γίνεται αντιληπτή ως μεταβολή τους με το χρόνο.

Ο συνδυασμός του χάρτη χωρικής παραλλακτικότητας με τον αντίστοιχο χάρτη χρονικής παραλλακτικότητας μπορεί να βοηθήσει στον προσδιορισμό ομογενών ζωνών διαχείρισης των αγρών, όπου η διαχείριση μπορεί να είναι ενιαία (Αγγελοπούλου et al., 2007).

1.2.13 Εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application)

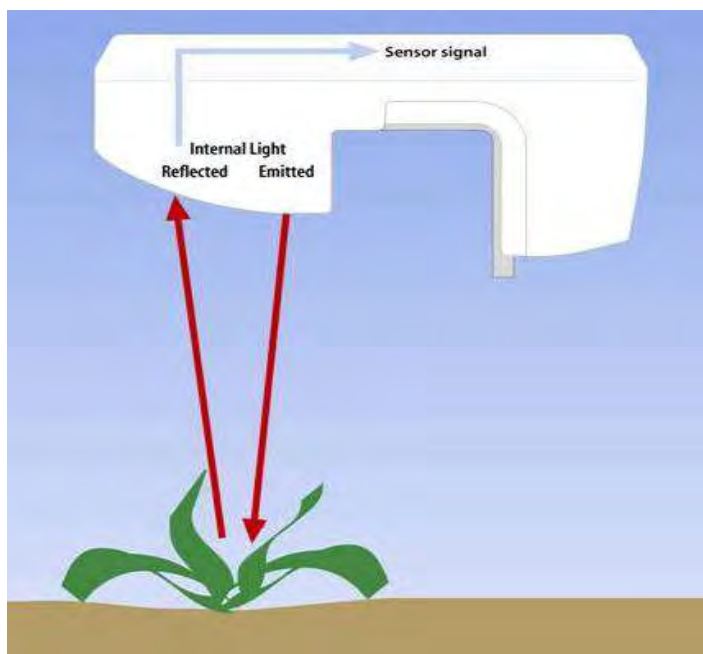
Ιστορικά, οι μέθοδοι μεταβλητών εφαρμογών εισήχθησαν από τη βιομηχανία κατά τα μέσα της δεκαετίας του '80. Τα ποσοστά εφαρμογής λιπάσματος καλίου, αζώτου, φωσφόρου, διέφεραν γιατί είναι βασισμένα σε μια προκαθορισμένη στρατηγική χαρτών (που αναπτύσσεται από την προηγούμενη συλλογή δεδομένων όπως ορθοφωτοχάρτες ή το πλέγμα δειγμάτων). Τα αγροτικά μηχανήματα έχουν εξοπλιστεί με συστήματα μεταβλητών εφαρμογών για τις εφαρμογές λιπάσματος που απαιτούν ένα τυποποιημένο υγρό μίγμα. Σε αυτήν την περίπτωση, τα ποσοστά εφαρμογής λιπασμάτων είναι βασισμένα στις ιδιότητες του εδάφους που μετριοούνται σε πραγματικό χρόνο. Η περιορισμένη χρήση εισροών έχει επιτευχθεί μέχρι σήμερα, από συστήματα μεταβλητών εφαρμογών που είναι βασισμένα σε αισθητήρες. Η μοναδική εξαίρεση είναι η εφαρμογή ζιζανιοκτόνου που επηρεάζεται από την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία. (Shonk, 1988) και (McGrath et al, 1990).

Υπάρχουν δύο μέθοδοι εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις: με χρήση χαρτών (map based VRA) και με χρήση αισθητήρων (sensor based VRA). Η εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις με χρήση χαρτών προσαρμόζει τη δόση της εισροής με βάση την πληροφορία που παίρνει από ένα χάρτη. Αυτά τα συστήματα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να καθορίσουν τη θέση της μηχανής στον αγρό και να τη συσχετίσουν με την επιθυμητή δόση διαβάζοντας ένα χάρτη. Η δόση εφαρμογής είναι ο όγκος στη μονάδα της επιφάνειας ή το βάρος στη μονάδα της επιφάνειας της εισροής. Η εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις με χρήση αισθητήρων χρησιμοποιεί δεδομένα από αισθητήρες που δουλεύουν σε πραγματικό

χρόνο (real time). Οι αισθητήρες αυτοί παίρνουν δεδομένα που αφορούν εδαφικές ιδιότητες ή χαρακτηριστικά της καλλιέργειας καθώς το μηχάνημα προχωράει στον αγρό (on-the-go). Στη συνέχεια το σύστημα ελέγχου χρησιμοποιεί αυτόματα τα δεδομένα από τους αισθητήρες για να προσαρμόσουν τις εισροές (πχ λιπάσματα, φυτοφάρμακα) στις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών. Οι αισθητήρες πρέπει να παρέχουν συνεχώς δεδομένα στον ελεγκτή έτσι ώστε οι εισροές να διαφοροποιούνται σε μικρές επιφάνειες του αγρού. Αυτή η μέθοδος δεν απαιτεί GPS.

Όμως αν υπάρχει GPS τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή χαρτών. Τέτοια παραδείγματα συστημάτων εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις με χρήση αισθητήρων είναι το *Greenseeker* και το *Weedseeker*. Το *Greenseeker* είναι ένα μηχάνημα το οποίο μετράει τις ανάγκες του φυτού για άζωτο καθώς προχωράει στον αγρό και εφαρμόζει το N ανάλογα με τις ανάγκες της καλλιέργειας. Δουλεύει με τον εξής τρόπο:

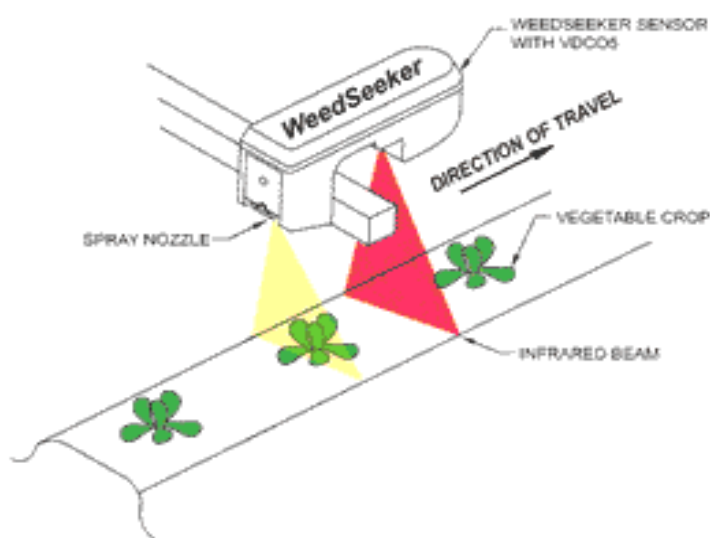
- ❖ Ο αισθητήρας σαρώνει την καλλιέργεια χρησιμοποιώντας LED
- ❖ Εκτιμά την υγεία της καλλιέργειας χρησιμοποιώντας το δείκτη NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)
- ❖ Προβλέπει το δυναμικό παραγωγής της καλλιέργειας
- ❖ Καθορίζει την άριστη δόση αζώτου ανά ζώνη
- ❖ Εφαρμόζει το άζωτο σε μεταβλητές δόσεις ανάλογα με τις ανάγκες κάθε ζώνης



Το *Weedseeker* είναι ένα μηχάνημα που ψεκάζει μόνο ζιζάνια και όχι έδαφος καθώς

προχωράει στον αγρό. Έτσι επιτυγχάνεται μεγάλη οικονομία στη χρήση ζιζανιοκτόνων. Δουλεύει με τον εξής τρόπο:

- ❖ Ένα LED εκπέμπει φως προς το έδαφος
- ❖ Ο ανιχνευτής ανιχνεύει το ανακλώμενο φως
- ❖ Αν έχει ανιχνευθεί πράσινο φυτό ενεργοποιείται ηλεκτρονικά η βαλβίδα και γίνεται ψεκασμός με ζιζανιοκτόνο
- ❖ Ψεκάζει μόνο ζιζάνια και όχι γυμνό έδαφος



Τα συστήματα εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις αποτελούνται από τρία βασικά μέρη :

- ❖ Τους αισθητήρες (sensors)
- ❖ Τους ελεγκτές (controllers)
- ❖ Τους ενεργοποιητές (actuators)

Οι *αισθητήρες* που έχουν αναπτυχθεί για εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις μετρούν τις παρακάτω ιδιότητες των φυτών και του εδάφους:

- ❖ Περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία
- ❖ Περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό
- ❖ Ανάκλαση φωτός από καλλιέργειες και ζιζάνια
- ❖ Θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος

Οι *ελεγκτές* είναι συσκευές που αλλάζουν τον ρυθμό εφαρμογής των εισροών που εφαρμόζονται καθώς το μηχάνημα κινείται στον αγρό (on-the-go). Οι ελεγκτές χρησιμοποιούν μικροεπεξεργαστές για να διαβάσουν τα δεδομένα που παίρνουν από τους αισθητήρες και να υπολογίσουν την δόση εφαρμογής με βάση αποθηκευμένους αλγόριθμους.

Οι *ενεργοποιητές* είναι συσκευές που αντιδρούν σε σήματα που λαμβάνουν από τους ελεγκτές για να ρυθμίσουν την ποσότητα του προϊόντος που εφαρμόζεται στον αγρό. Η αντίδραση του ενεργοποιητή μπορεί να προκαλεί κινήσεις αξόνων ή

κινητήρων που στη συνέχεια μετατρέπονται σε άνοιγμα ή κλείσιμο μιας θύρας, ή να προκαλέσει αλλαγή ταχύτητας ροής κλπ. Οι ενεργοποιητές έχουν σχεδιαστεί να αντιδρούν σε ηλεκτρικά, πνευματικά ή υδραυλικά σήματα που προέρχονται από τους ελεγκτές. Ένας ενεργοποιητής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξει τη θέση μιας βαλβίδας που ρυθμίζει τον ρυθμό ροής ενός υγρού ή την πίεση του. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξει την θέση μιας συρόμενης θυρίδας για να ρυθμίσει τη ροή ενός κοκκώδους υλικού σε μια ταινία μεταφοράς.

Τα συστήματα εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις μπορούν να διακριθούν σε τρεις τύπους ανάλογα με το προϊόν που εφαρμόζεται:

- ❖ Σπόρος
- ❖ Στερεά χημικά (κοκκώδη λιπάσματα, κοκκώδη εντομοκτόνα, ασβέστη)
- ❖ Υγρά χημικά (υγρά λιπάσματα, υγρά παρασιτοκτόνα)

1.2.14 Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing)



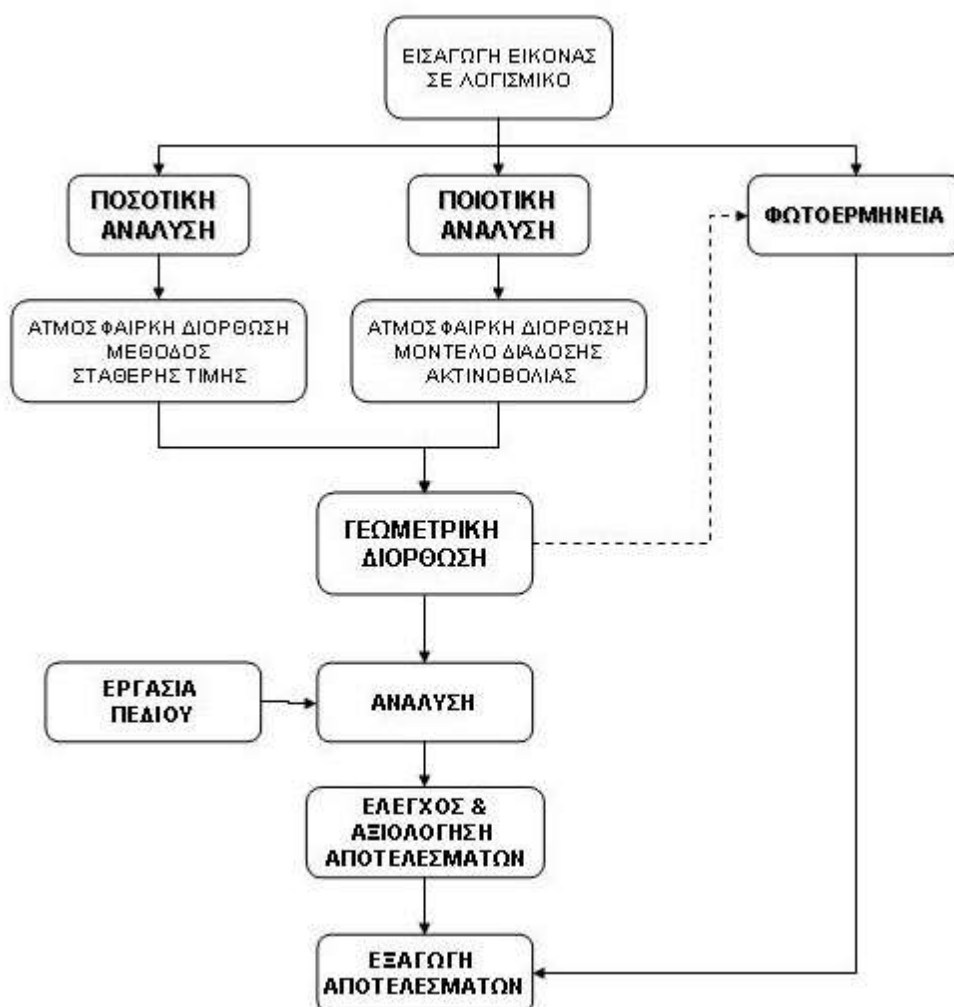
Τηλεπισκόπηση γενικά καλείται η τεχνική συλλογής στοιχείων (δεδομένων) για τον προσδιορισμό της φύσης και των ιδιοτήτων ενός ή περισσότερων αντικειμένων μιας περιοχής, από απόσταση (από τον αέρα ή το διάστημα), χωρίς τη φυσική επαφή με τα αντικείμενα αυτά. Αυτό επιτυγχάνεται : α) με τη βοήθεια ειδικών συστημάτων καταγραφής των αντικειμένων (δεδομένων) και β) με τη βοήθεια ειδικών συστημάτων οπτικής και ψηφιακής επεξεργασίας των δεδομένων (φωτογραφιών και εικόνων). Οι δέκτες αυτοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες : 1) Σε αυτούς που δίνουν εικόνα (imaging sensors), τους *απεικονιστές* και 2) σε αυτούς που δεν δίνουν εικόνα (non imaging sensors), τους *ανεικονιστές* (ανεικονικούς δέκτες).

Μετά από την πρώτη ταξινόμηση των δεκτών ο ορισμός της *τηλεπισκόπησης στις γεωεπιστήμες* μπορεί να περιοριστεί και να γραφεί ως εξής: ως η επιστήμη μέτρησης από μακριά, με τη βοήθεια δεκτών που δίδουν εικόνες (τους απεικονιστές ή συστήματα απεικόνισης/εικονοληψίας) της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (κυρίως μεταξύ 0,4μm – 30cm) η οποία ανακλάται, σκεδάζεται ή εκπέμπεται από ένα ή περισσότερα αντικείμενα πάνω στην επιφάνεια της Γής, με τελικό σκοπό να προσδιοριστούν, με τη βοήθεια των συστημάτων οπτικής και ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων, η φύση και οι ιδιότητες των αντικειμένων αυτών.

Επειδή σήμερα στις γεωεπιστήμες χρησιμοποιούνται πολύ οι “εικόνες” (images), δηλαδή καταγραφές σε ορατά και μη ορατά τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (π.χ. οι γνωστές σε όλους μας ασπρόμαυρες και έγχρωμες αεροφωτογραφίες, οι θερμικές υπέρυθρες εικόνες και εικόνες ραντάρ που προκύπτουν από αεροπλάνα ή δορυφόρους και άλλα..), ο όρος της τηλεπισκόπησης (remote sensing) έχει συνήθως τη σημασία της «τηλεεικόνας» remote imaging (Verstappen, 1977).

Εδώ και τρεις δεκαετίες χρησιμοποιούνται δεδομένα από δορυφόρους και αερομεταφερόμενους ανιχνευτές για την παρατήρηση της γης. Τα τελευταία χρόνια όμως αναπτύχθηκαν οι ισχυροί σταθμοί εργασίας με γραφικά υψηλής ποιότητας και τα προηγμένα πακέτα λογισμικού για την επεξεργασία εικόνων. Στοιχεία Τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται σήμερα στην παρακολούθηση κλιματολογικών μεταβολών, την ανακάλυψη φυσικών πόρων, και τη καταγραφή της κτηματικής περιουσίας, τη κατασκοπεία, κλπ. Στην πράξη χρησιμοποιούμε τα επιτεύγματα της τηλεπισκόπησης τόσο στην καθημερινή μας ζωή όσο και σε πολύ εξειδικευμένα πεδία επιστημών. Το Κτηματολόγιο υλοποιείται με τις πληροφορίες που λαμβάνονται από αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες, η καθημερινή πρόγνωση του καιρού γίνεται αξιοποιώντας δεδομένα από μετεωρολογικούς δορυφόρους, η παγκόσμια κλιματική αλλαγή τεκμηριώνεται χρήση δορυφόρων που παρακολουθούν τη θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη, το βαρυτικό πεδίο της γης χαρτογραφείται με εξειδικευμένα δορυφορικά ζεύγη κ.α. Η παρατήρηση της επιφάνειας της γης είναι δυνατή με τη χρήση ψηφιακών σαρωτών (τηλεσκοπικών ανιχνευτών) που ανιχνεύουν την αντανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της γήινης επιφάνειας και την αποδίδουν ως ψηφιακή εικόνα. Οι σαρωτές μπορεί να είναι εγκατεστημένοι σε τεχνητούς δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη ή να βρίσκονται σε αερομεταφερόμενα μέσα (αεροσκάφη, ελικόπτερα). Ένα διαστημικό όχημα μπορεί να μεταφέρει περισσότερους από ένα ανιχνευτές, έτσι πολλές φορές προκαλείται σύγχυση μεταξύ οχήματος και σαρωτή. Για παράδειγμα ο δορυφόρος Terra μεταφέρει, μεταξύ άλλων, τον ανιχνευτή ASTER και τον ανιχνευτή

MODIS. Όταν αναφερόμαστε στα δεδομένα που μεταδίδονται στη γη, συνήθως τα διακρίνουμε βάση του ανιχνευτή, έτσι λοιπόν μιλάμε για δορυφορική εικόνα ASTER και όχι για δορυφορική εικόνα TERRA. (Καπαγερίδης, 2010)



διάγραμμα ροής των εργασιών της τηλεπισκόπησης

1.2.15 Τάσεις και Προοπτικές της Γεωργίας Ακριβείας

Στις μέρες μας, η Γεωργία Ακριβείας είναι μια πραγματικότητα. Έως το 1998, το 15% των γεωργών στη Μ. Βρετανία είχαν χρησιμοποιήσει τις τεχνικές της Γεωργίας Ακριβείας και επαληθεύτηκαν (Fountas S., 1998). Στις Η.Π.Α. η Γεωργία Ακριβείας εφαρμόζεται κυρίως εκεί που υπάρχουν προβλήματα κυρίως λειψυδρίας, ανωμαλίες ως προς τα χαρακτηριστικά των εδαφών ή έντονες ελλείψεις θρεπτικών

στοιχείων. Η μεγάλη πλειοψηφία των γεωργών παραμένει ακόμη μακριά από την νέα μέθοδο και οι κυριότεροι λόγοι για αυτό είναι το υψηλό κόστος της επένδυσης και τα μη αποδεδειγμένα οφέλη από αυτήν. Όσον αφορά το κόστος, το βασικότερο στοιχείο είναι η αγορά του εξοπλισμού που στοιχίζει κάποιες χιλιάδες ευρώ. Βέβαια, στις μέρες μας και αυτό μπορεί να ξεπεραστεί διότι οι τιμές συνεχώς οδηγούνται σε πτωτική τάση και γίνεται και μια ισοστάθμιση με την μείωση των καλλιεργητικών εισροών.

Ως μέθοδος, η Γεωργία Ακριβείας πληρεί τις προϋποθέσεις που χρειάζονται για να τεθεί στην υπηρεσία της Αειφορικής Γεωργίας. Η ανάγκη της αειφορίας είναι οι μη αρνητικές αλλαγές στα αποθέματα του φυσικού πλούτου και η ικανότητα του περιβάλλοντος για απορρόφηση των αποβλήτων (Fountas S., 1998). Η Γεωργία Ακριβείας δύναται να εξυπηρετήσει αυτήν την ανάγκη καλύτερα από κάποιους κλάδους Αειφορικής Γεωργίας.

Στην Ελλάδα, η μεγαλύτερη δυσκολία για την εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας φαίνεται να εντοπίζεται στην εφαρμογή της απαιτούμενης τεχνικής υποστήριξης των αγροτών για να εισάγουν και να προσαρμόσουν τις νέες τεχνολογίες στην καλλιεργητική πρακτική τους.

Στο μέλλον, η υιοθέτηση των μεθόδων της Γεωργίας Ακριβείας αναμένεται να επιφέρει αλλαγές στη συμπεριφορά και τις απαιτήσεις των γεωργών απέναντι στους γεωπόνους και αντιστρόφως. Οι γεωργοί στο εξής θα πρέπει να προσανατολιστούν στη διαρκή συλλογή δεδομένων, είτε πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για ανάλυση των εφαρμογών των προηγούμενων ετών, είτε για βελτίωση της μελλοντικής διαχείρισης των αγροτεμαχίων τους. Σύμφωνα μάλιστα με μια άποψη (Berry J.K., 1999) σε μερικά χρόνια κανένας δεν θα μπορεί να πουλήσει γεωργική γη χωρίς ακριβείς καταγραφές όλων των εδαφοκαλλιεργητικών παραμέτρων.

Κεφάλαιο 2. Ελιά

2.1 Γενικά

Η ελιά (*Olea europaea*) είναι ένα μικρό αειθαλές δένδρο το οποίο φτάνει τα 3 - 5 m ύψος. Γενικά, η καλλιέργεια της ελιάς απαιτεί χρόνο, καθώς η πρώτη αποδοτική παραγωγή υπολογίζεται μετά από 8 - 10 χρόνια. Βέβαια υπάρχουν και ποικιλίες οι οποίες δίνουν εξαιρετική παραγωγή μέσα σε 4 - 6 χρόνια. Το δένδρο φέρει μικρά, ημίλευκα λουλούδια το Μάιο και έχει χαρακτηριστικά μικρά φύλλα: με απαλό πράσινο χρώμα στο πάνω μέρος και ασημί στο κάτω. Ο καρπός αρχίζει να ωριμάζει τον Οκτώβρη, όπου και γίνεται η συγκομιδή, αν η παραγωγή προορίζεται για βρώση, όπως οι γνωστές πράσινες ελιές τουρσί. Σιγά σιγά οι ελιές αρχίζουν να μαυρίζουν μέχρι το Δεκέμβρη όπου και συλλέγονται, αν πρόκειται να καταναλωθούν σαν αλατισμένες ή μαύρες τουρσί ή να σταλούν για παραγωγή ελαιόλαδου. Η σύσταση του ελαιόκαρπου φαίνεται στον πίνακα παρακάτω. Ο καρπός της ελιάς περιέχει ένα κουκούτσι το οποίο αποτελείται από 30% λιπίδια, 20% υδατάνθρακες και 50% νερό. Η απόδοση του δένδρου είναι ουσιαστικά διετής: τον ένα χρόνο μεγαλώνει και τον άλλο δίνει περισσότερο καρπό. Παρόλα αυτά, μεγαλύτερες ποσότητες ελαιόλαδου και αποβλήτων παράγονται κάθε χρόνο. Αυτή η ιδιομορφία στην καλλιέργεια της ελιάς αρχικά οφείλεται σε βιολογικούς παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την ανάπτυξη του δένδρου, και λιγότερο στις ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στη λεκάνη της Μεσογείου. Εντούτοις έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στις μεθόδους καλλιέργειας τα τελευταία 30 χρόνια που αποσκοπούσε στη βελτίωση της παραγωγής, αλλά η ασταθής παραγωγή και η ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση της αγοράς ακόμη παραμένουν πρόβλημα (Azbar et al., 2004).

(internet 6)

Συστατικά (%)	Μεσοκάρπιο (%)	Κουκούτσι (%)	Πυρήνας (%)
Νερό	50-60	9,3	30
Λάδι	15-30	0,7	27,3
Αζωτούχες ενώσεις	2-5	3,4	10,2
Σάκχαρα	3-7,5	41	26,6
Κυτταρίνη	3-6	38	1,9
Μέταλλα	1-2	4,1	1,5
Πολυφαινόλες	2-2,25	0,1	0,5-1
Άλλα	-	3,4	24

2.2 Προέλευση και εξάπλωση

Η ελιά είναι γνωστή από τους αρχαίους χρόνους. Η εμφάνιση και η καλλιέργεια της φθάνουν στην προϊστορική εποχή. Μερικοί βοτανικοί θεωρούν ότι η ελιά κατάγεται από τις ανατολικές μεσογειακές περιοχές. Ο Fisher (1904) αναφέρει ότι η ελιά έχει έρθει στις ανατολικές μεσογειακές περιοχές από τη Β.Δ. Ινδία δια μέσου του Ιράν, όπου το γένος *Olea* εκπροσωπείται από έναν αριθμό διαφορετικών ειδών. Ο Acerbo (1937) αναφέρει ότι το ελαιόλαδο χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους Σήμιτες που ζούσαν νότια του Καυκάσου και δυτικά των ορεινών περιοχών κοντά στις παραθαλάσσιες μεσογειακές περιοχές (Συρία, Παλαιστίνη).

Ο Camps (1974), βασιζόμενος σε αναλύσεις οι οποίες έγιναν σε άνθρακα και γύρη, που βρέθηκαν σ' ορισμένα Ιβηρο-Μαυριτανικά μέρη, υποστηρίζει πως υπήρχαν αγριελιές στη Β. Αφρική από τη 12^η χιλιετηρίδα. (Ποντίκης, 2000)

Ο ελληνικός λαός καλλιεργούσε την ελιά από τα βάθη των αιώνων. Αρχικά την καλλιεργούσε ως δασικό και καλλωπιστικό φυτό και στη συνέχεια για τον καρπό της. Ο Όμηρος (900 π.Χ.) άλλοτε αποκαλεί την ελιά καλλωπιστικό φυτό και άλλοτε την αναφέρει μεταξύ των καλλιεργούμενων για την παραγωγή βρώσιμων καρπών και τον διαχωρισμό λαδιού, χρησιμοποιούμενου στην ύφανση. Πρέπει να σημειωθεί ότι το ελαιόδεντρο καλλιεργούνταν στην Κρήτη την Προμινωική εποχή (3000 π.Χ.) και οι Κρήτες έτρωγαν ελαιόλαδο σε υπερβολικό βαθμό, καθώς και το εξήγαγαν στην Ηπειρωτική Ελλάδα και σε άλλες χώρες.

Ο Catone (184 π.Χ.) αναφέρεται λεπτομερώς στον τρόπο διαχωρισμού του ελαιολάδου καθώς και ο Θεόφραστος (300 π.Χ.). Ο Καλουμέλλας (100 π.Χ.) αποκάλεσε την ελιά ως το πρώτο μεταξύ των καλλιεργούμενων δέντρων. Ο Helier (1929) αναφέρει ότι τα προϊόντα του ελαιοδέντρου ήταν πηγή πλούτου για τους Ρωμαίους. (Μπαλατσούρας, 1997)

Στην Αμερική η ελιά μεταφέρθηκε τον 16^ο αιώνα από τους αποίκους της, που έφτασαν εκεί από την Ιβηρική Χερσόνησο. Αλλά, η καλλιέργεια της ελιάς έτυχε ιδιαίτερης οικονομικής σημασίας κατά τα τελευταία χρόνια, κυρίως στην Αργεντινή, Χιλή, Μεξικό, Βραζιλία, Περού και Η.Π.Α.. Κατά τα τελευταία χρόνια η καλλιέργεια της ελιάς άρχισε να επεκτείνεται στη Ν. Αφρική, Αυστραλία και Ιαπωνία. (Ποντίκης, 2000)

2.3 Ελαιόλαδο και παραγωγή ελαιολάδου στην Ελλάδα

Το ελαιόλαδο είναι μίγμα τριγλυκεριδίων (εστέρες με γλυκερίνη) ανώτερων λιπαρών οξέων, ακόρεστων και κορεσμένων. Το μεγαλύτερο ποσοστό των λιπαρών οξέων του ελαιολάδου είναι ακόρεστα. Ιδιαίτερη θέση κατέχει το μονοακόρεστο λαϊκό το οποίο περιέχεται σε ποσοστό 56-83% ανάλογα με την προέλευση, την ποικιλία και το βαθμό ωριμότητας του ελαιόλαδου. Εκτός από τα τριγλυκερίδια υπάρχουν και άλλα συστατικά που είναι χρήσιμα στον ανθρώπινο οργανισμό (Κυριτσάκης, 2002).

Η ποιότητα του ελαιολάδου επηρεάζεται από όλα τα στάδια, από την καρπώδεση μέχρι την εξαγωγή και διακίνησή του. Οι παράγοντες αυτοί δρουν από την έναρξη σχηματισμού του ελαιολάδου μέχρι την συγκομιδή και είναι οι εξής: α) Επεξεργασία του ελαιοκάρπου στα ελαιοτριβεία, β) Συνθήκες αποθήκευσης και διατήρησης του ελαιολάδου. γ) Τυποποίηση του ελαιόλαδου. Εκτός των παραπάνω, σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του ελαιολάδου παίζει ο χρόνος και ο τρόπος συγκομιδής της ελιάς καθώς και η προσβολή του καρπού από εχθρούς και ασθένειες (Θεριός, 2005).

Οι Καλλιεργούμενες ποικιλίες ελαιοποιήσιμων ελιών στην Ελλάδα είναι δέκα και είναι η Κορωνέϊκη, η Λιανολιά Κέρκυρας, η Λαδολιά, η Τσουνάτη (μαστοειδής), το Αγουρομάνακο, η Μεγαρείτικη, η Βαλανολιά, η Αδραμυτίνη, η Ματολιά και η Καθρέικη. Τα ελαιόλαδα που παράγονται από τον ελαιοκαρπό των παραπάνω ποικιλιών διαφέρουν μεταξύ τους σε ότι αφορά την ρευστότητα που σχετίζεται έμμεσα με το ιξώδες, βρίσκεται και σε κατευθείαν σχέση με την ακορεστότητα των τριγλυκεριδίων. Η ακορεστότητα και πολύ περισσότερο το ειδικό άρωμα και η γεύση συνδέονται άμεσα με την ποικιλία, την λίπανση, το υψόμετρο και άλλα.

Η ποικιλία Κορωνέϊκη η επικρατέστερη μεταξύ των ελαιοποιήσιμων της Ελλάδος δίνει τα περισσότερα ρευστά, εύγευστα και αρωματικά λάδια. Ακολουθεί η Λιανολιά Κέρκυρας με λάδια από υγιή ελαιοκαρπο και στη συνέχεια οι ποικιλίες Αδραμυτίνη και Βαλανολιά.

Τα προηγούμενα χρόνια τα ελαιόλαδα που παράγονταν στην Ελλάδα ήταν μέτριας έως και κακής ποιότητας. Τα τελευταία χρόνια η ποιότητα του ελαιολάδου έχει βελτιωθεί σημαντικά κυρίως από τότε που απλώθηκαν κάτω από τα ελαιόδεντρα στους ελαιώνες πλαστικά ελαιόπανα πάνω στα οποία πέφτει αυτόματα ο καρπός, από όπου αποκομίζεται κάθε μια με δύο εβδομάδες και μεταφέρεται στο ελαιουργείο.

Τα ποιοτικώς καλύτερα ελαιόλαδα είναι αυτά της Μάνης ή της Λακωνίας γενικότερα, των Καλαμών, της Αργολίδας και άλλα.. Προέρχονται συνήθως από τον ελαιοκαρπο της ποικιλίας 'Κορωνέϊκη', αναμεμιγμένο σε διάφορα ποσοστά με

ελαιοκαρπό άλλων ποικιλιών. Ακολουθούν σε ποιότητα τα λάδια της ποικιλίας 'Λιανολιά' των περιοχών της Κέρκυρας και των νησιών του Ιονίου και στη συνέχεια τα λάδια Μυτιλήνης των ποικιλιών 'Βαλανολιά' και 'Αδραμυτίνη'. (Μπαλατσούρας, 1997).

2.4 Σχέδιο αγροτικής ανάπτυξης

Το πρώτο σχέδιο αγροτικής ανάπτυξης μετά την ένταξη της Κύπρου στην Ε.Ε. ήταν αυτό του 2004/2006. Στα ίδια περίπου πλαίσια θα κυμαίνεται και το νέο σχέδιο αγροτικής ανάπτυξης 2007/2013 (Γρηγορίου, 2006). Τα μέτρα του σχεδίου αγροτικής ανάπτυξης 2004/2006 που αφορούν τις ελαιοκαλλιέργειες είναι:

Καθεστώς 1.1.1: Γενικές επενδύσεις για εκσυγχρονισμό των εκμεταλλεύσεων.

Επιλέξιμες δαπάνες: Γεωργικά μηχανήματα και εξοπλισμός, βελτιωμένα συστήματα άρδευσης, αγορά/εγκατάσταση εξοπλισμού σύγχρονης τεχνολογίας, έγγειες βελτιώσεις και γεωργικά κτίσματα.

Δικαιούχοι: Ελαιοκαλλιεργητές που υποβάλλουν Σχέδιο Βελτίωσης.

Ύψος ενίσχυσης: Το 50% της ολικής επιλέξιμης δαπάνης στις κανονικές περιοχές και το 60% στις μειονεκτικές περιοχές. Για τους νέους γεωργούς το ποσοστό αυξάνεται στο 55% στις κανονικές περιοχές και στο 65% στις μειονεκτικές περιοχές.

Μέτρο 1.2: Ενθάρρυνση της βελτίωσης και ανάπτυξης της μεταποίησης.

Επιλέξιμες δαπάνες:

- ❖ Εκσυγχρονισμός, μετεγκαταστάσεις, συγχωνεύσεις ελαιοτριβείων.
- ❖ Ίδρυση, εκσυγχρονισμός ή μετεγκατάσταση τυποποιητηρίων συσκευαστηρίων ελαιολάδου σε επώνυμες άμεσα εμπορεύσιμες συσκευασίες 0,5 και 1 λίτρου.
- ❖ Ίδρυση, εκσυγχρονισμός ή μετεγκατάσταση ελαιοτριβείων για παραγωγή λαδιού βιολογικής παραγωγής και την ίδρυση, εκσυγχρονισμό μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων ελαιοτριβείων.

Δικαιούχοι: Είναι φυσικά ή νομικά πρόσωπα (Οργανώσεις Παραγωγών).

Ύψος ενίσχυσης: Εξαρτάται από το συνολικό κόστος της επένδυσης και κυμαίνεται από 40% για επένδυση £17.500,00-£87.700,00 και μειώνεται κλιμακωτά μέχρι το 15% για επένδυση £880.001,00 και πάνω.

Μέτρο 1.3: Ενθάρρυνση σύστασης και λειτουργίας Οργανώσεων Παραγωγών.

Δικαιούχοι: Είναι αναγνωρισμένες Οργανώσεις Παραγωγών.

Ύψος ενίσχυσης: Υπολογίζεται επί τοις % της αξίας της εμπορευθείσης παραγωγής και δεν μπορεί να υπερβαίνει για κάθε Οργάνωση το ποσό των:

£58.400,00 το πρώτο έτος

£58.400,00 το δεύτερο έτος

£46.700,00 το τρίτο έτος

£35.000,00 το τέταρτο έτος και

£29.200,00 το πέμπτο έτος

Μέτρο 1.4: Προώθηση της επαγγελματικής κατάρτισης των αγροτών.

Επιλέξιμες δαπάνες: Καλύπτει την παροχή προγραμμάτων επαγγελματικής κατάρτισης των αγροτών.

Δικαιούχοι: Είναι το τμήμα Γεωργίας και μέσω αυτού, μετά από αγορά υπηρεσιών άλλοι δημόσιοι και ιδιωτικοί φορείς για υλοποίηση των εκπαιδευτικών προγραμμάτων.

Ύψος ενίσχυσης: Στους αγρότες θα παρέχεται σταθερό ημερήσιο επίδομα για κάλυψη του κόστους απώλειας εισοδήματος και τυχόν αναπλήρωσής του από την εργασία τους και θα καλύπτονται τα έξοδα διακίνησης, διαμονής και διανυκτέρευσης.

Μέτρο 1.5: Παροχή τεχνικών και συμβουλευτικών υπηρεσιών σε αγρότες (μέσω προγραμμάτων του Τμήματος Γεωργίας).

Επιλέξιμες δαπάνες: Καλύπτει θέματα διαχείρισης γεωργικών εκμεταλλεύσεων, τήρησης βιβλίων λογιστικής, ετοιμασίας Σχεδίων Βελτίωσης, εφαρμογής Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής και διατήρησης του περιβάλλοντος.

Δικαιούχοι: Είναι το τμήμα Γεωργίας και μέσω αυτού, μετά από αγορά υπηρεσιών, άλλοι δημόσιοι και ιδιωτικοί φορείς παροχής συμβουλευτικών υπηρεσιών.

Καθεστώς 2.2.2: Ανάπτυξη της βιολογικής παραγωγής γεωργικών προϊόντων.

Δικαιούχοι: Είναι οι ελαιοκαλλιεργητές που τηρούν τις πρόνοιες του Κανονισμού της Ε.Ε. και του Νόμου της Κυπριακής Δημοκρατίας για τη βιολογική καλλιέργεια.

Ύψος ενίσχυσης:

- ❖ Στα αρδευόμενα δέντρα η ενίσχυση ανέρχεται στις Λ.Κ. 52.6 το δεκάριο.
- ❖ Για τα ξηρικά δέντρα η ενίσχυση ανέρχεται στις Λ.Κ. 35.0 το δεκάριο.
(Γρηγορίου,2006)

2.4.1 Ενισχύσεις παραγωγών και κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής

Πρόσφατα άρχισαν να αναπτύσσονται και να προωθούνται τόσο από την Ε.Ε. όσο και πολλά άλλα κράτη και Διεθνείς Οργανισμούς νέες γεωργικές πρακτικές όπως Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (ΚΟΓΠ) και Κανόνες Καλών Γεωργικών και Περιβαλλοντικών Πρακτικών (ΚΚΓΠΠ).

Η προσέγγιση των πρακτικών αυτών άρχισε να αναπτύσσεται μέσα στα πλαίσια της ραγδαία εξελισσόμενης παγκοσμιοποιημένης οικονομίας τροφίμων για την παραγωγή ικανοποιητικής ποσότητας τροφίμων για θρέψη ολόκληρου του πληθυσμού του πλανήτη μας, που ταυτόχρονα να είναι ασφαλή και ποιοτικά, να παράγονται με πρακτικές που να χρησιμοποιούν σωστά τους φυσικούς πόρους, να προάγουν την αειφόρο ανάπτυξη, να σέβονται το περιβάλλον και να εξασφαλίζουν στον παραγωγό ένα εισόδημα που να του προσφέρει μια αξιοπρεπή διαβίωση.

Οι ΚΟΓΠ άπτονται των πιο κάτω βασικών γεωργικών δραστηριοτήτων:

- ❖ Κατεργασίας του εδάφους
- ❖ Άρδευσης
- ❖ Λίπανσης και
- ❖ Φυτοπροστασίας

(Γρηγορίου, 2006)

2.5 Ετήσιος βλαστικός κύκλος της ελιάς

❖ Σε σχέση με τις περιβαλλοντικές συνθήκες

Υπό φυσικές συνθήκες ο ετήσιος βλαστικός κύκλος της ελιάς διαιρείται στις ακόλουθες φάσεις : τη φθινοπωρινή βλάστηση διαδέχεται ο χειμερινός λήθαργος (αναστολή της αύξησης της βλάστησης), που ακολουθείται από τη φάση της εαρινοποίησης (επίδραση χειμερινού ψύχους), τη διαφοροποίηση των οφθαλμών από τα μέσα του χειμώνα, την ανθοφορία και την νέα ανοιξιάτικη βλάστηση, την αρχική ανάπτυξη των καρπών, την σκλήρυνση του πυρήνα και την καλοκαιρινή διάπαυση (αναστολή της αύξησης της βλαστήσεως) (Jimenez, 1969). Στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ, όπως και την Ελλάδα, η βλαστική αύξηση της ελιάς αρχίζει περίπου στις αρχές Απριλίου και συνεχίζει μέχρι τα μέσα Οκτωβρίου.

❖ Σε σχέση με το πότισμα

Η ελιά θεωρείται πολύ ανθεκτική στην ξηρασία (Leon and Bukovac, 1968). Παραταύτα όμως ανταποκρίνεται θετικά στην παροχή νερού με οποιαδήποτε μέθοδο

(Spiegel, 1958, Samish and Spiegel, 1966, Aggabio, 1974, Milella and Deidda, 1977, Hedrickson and Veihmeyer, 1949).

❖ Σε σχέση με την ανόργανη διατροφή

Τροφοπενίες ανόργανων στοιχείων πέραν αυτών του N, K και B είναι πολύ σπάνιες στους ελαιώνες. Στην Ελλάδα όμως έχει παρατηρηθεί μερικές φορές σε ελαιώνες έλλειψη Ca και Mg. Η ανταπόκριση της ελιάς στη φωσφορική λίπανση αναφέρεται από κάποιους ερευνητές, αλλά οι περιπτώσεις αυτές είναι ελάχιστες και μη επαρκώς τεκμηριωμένες.

❖ Σε σχέση με την ανθοφορία και την παραγωγή

Είναι γνωστό ότι στα φυτά παρατηρείται ενδογενής ανταγωνισμός για θρεπτικά στοιχεία μεταξύ των ταχέως αυξανόμενων φυτικών οργάνων (Bollard, 1970). Στην ελιά η έντονη βιολογική δραστηριότητα, που οφείλεται στην βλαστική και αναπαραγωγική ανάπτυξη, συμπίπτει. Η βλαστική αύξηση, η οποία λαμβάνει χώρα από την άνοιξη μέχρι το φθινόπωρο, με κάποια αναστολή το καλοκαίρι, πρέπει να προηγείται ή να έπεται της ανθήσεως. Σε κάποιες περιοχές της Κρήτης η άνθιση συχνά προηγείται της εκπτώξεως της επάκριας βλάστησης (Androulakis, 1987).

(Ποντίκης, 2000)

2.6 Πολλαπλασιασμός της ελιάς

Η ελιά πολλαπλασιάζεται με πολύ μεγάλη ευκολία. Βλαστάνει καταρχήν ανά σπόρο (εγγενής πολλαπλασιασμός). Επίσης, πολλαπλασιάζεται αγενώς, με τα χοντρά κλαδιά που μένουν από το κλάδεμα, με τους γόγγρους που αφαιρούνται από τον κορμό των μεγάλων δέντρων. Ακόμα και τμήματα των κορμών μπορούν να βγάλουν ρίζες, αν παραχωθούν και υπάρχει διαθέσιμη υγρασία. Αυτό οφείλεται στα πολλά κοιμώμενα μάτια που υπάρχουν, αλλά και στη σχετική ευκολία, με την οποία ριζοβολούν τα υπέργεια, ξυλοποιημένα τμήματα του δέντρου. Αυτές όμως οι πρακτικές που εφαρμόζονταν στο παρελθόν, λίγο-πολύ δεν συμφέρουν εξαιτίας του υψηλού κόστους και του μεγάλου χρόνου που απαιτείται για να μπουν οι ελαιώνες στο παραγωγικό τους στάδιο. (Fooks, 1995)

2.7. Κλάδεμα της ελιάς

Το κλάδεμα των ελαιόδεντρων είναι μια σημαντική εργασία που αποσκοπεί στην προσαρμογή της ανάπτυξης της καρποφορίας των δένδρων στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής και στις καλλιεργητικές μας επιδιώξεις, ιδιαίτερα στη διευκόλυνση της συγκομιδής, η οποία αποτελεί και το σπουδαιότερο πρόβλημα της ελαιοκαλλιέργειας σήμερα.

Οι στόχοι του κλαδέματος είναι:

- ❖ Το ισοζύγιο μεταξύ βλάστησης και καρποφορίας.
- ❖ Η ελαχιστοποίηση της μη παραγωγικής περιόδου.
- ❖ Η παράταση της περιόδου σταθερής απόδοσης του φυτού.
- ❖ Η αποφυγή της πρόωρης παρακμής ή γηρασμού του δένδρου.
- ❖ Η επίτευξη οικονομικών ωφελειών.
- ❖ Η εξοικονόμηση υγρασίας, που είναι περιοριστικός παράγοντας σε ξηρικούς ελαιώνες.

Στα ελαιόδεντρα εφαρμόζονται τρεις τύποι κλαδέματος ανάλογα με τον κύριο στόχο μας:

- ❖ Κλάδεμα διαμόρφωσης στα νεαρά δένδρα. Σκοπός του κλαδέματος είναι η δημιουργία ενός ανθεκτικού σκελετού του δένδρου και ενός σχήματος που θα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις μας (ελαιοσυλλογή).
- ❖ Κλάδεμα καρποφορίας στα παραγωγικά δένδρα. Σκοπός του κλαδέματος είναι η εξασφάλιση όσο το δυνατό σταθερής απόδοσης των δένδρων και καλής ποιότητας καρπού (ειδικά όσον αφορά τις επιτραπέζιες ποικιλίες).
- ❖ Κλάδεμα ανανέωσης στα ηλικιωμένα δένδρα. Σκοπός του κλαδέματος είναι η αποφυγή της εξάντλησης με τα χρόνια και η επαναφορά των δένδρων σε επιθυμητά σχήματα και μεγέθη.

Κλάδεμα Διαμόρφωσης

Περιλαμβάνει τις απαραίτητες επεμβάσεις ώστε τα δένδρα μετά τα πρώτα χρόνια της ανάπτυξής τους να πάρουν σχήμα που να διευκολύνει τις καλλιεργητικές εργασίες, τους ψεκασμούς και ιδιαίτερα τη συγκομιδή. Κατά τη φάση αυτή, θα πρέπει να αποφεύγονται τα αυστηρά κλαδέματα που καθυστερούν την είσοδο των δένδρων σε καρποφορία. Ένα συνηθισμένο σχήμα είναι το “ελεύθερο κύπελο”. Για τη διαμόρφωση στο σχήμα αυτό, τα δένδρۇλλια κόβονται σε ύψος 60-80 εκ από το έδαφος κατά τη μεταφύτευση. Την πρώτη χρονιά, επιδιώκεται η δημιουργία πλάγιων βλαστών σε κανονικές αποστάσεις γύρω από τον κεντρικό βλαστό και σε ύψος 30-60 εκ από το έδαφος. Στα επόμενα χρόνια γίνεται ελάχιστο κλάδεμα, μόνο για αφαίρεση σπασμένων κλαδιών, καθώς επίσης και κλαδιών που διασταυρώνονται μεταξύ τους. Αφού το δένδρο αναπτυχθεί καλά, επιλέγονται 3-5 βασικοί βραχίονες σε απόσταση 20-30 εκ. μεταξύ τους γύρω από τον κεντρικό βλαστό, ο οποίος στη συνέχεια αφαιρείται. Μετά την είσοδο του δένδρου στην καρποφορία, εφόσον δεν γίνονται αυστηρά κλαδέματα, το δένδρο παίρνει σταδιακά ένα ελεύθερο σφαιρικό σχήμα. Για εντατικά συστήματα καλλιέργειας, στα οποία γίνονται πυκνές φυτεύσεις, επιδιώκονται χαμηλά

σχήματα διαμόρφωσης. Τα σπουδαιότερα είναι το χαμηλό κύπελλο και το θαμνώδες σχήμα. Στο χαμηλό κύπελλο, η διακλάδωση των βραχιόνων γίνεται από πολύ χαμηλά, στα 30-40 εκ. από το έδαφος. Στο θαμνώδες σχήμα, δεν γίνεται καμιά επέμβαση κλαδέματος στα πρώτα 5-6 χρόνια και μετά αφαιρούνται μόνο οι καχεκτικοί βλαστοί και οι κορυφές που υπερβαίνουν σε ύψος τα 3 μέτρα. Το θαμνώδες σχήμα έχει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα για εντατική καλλιέργεια:

- ❖ Τα δένδρα μπαίνουν γρηγορότερα στην καρποφορία.
- ❖ Δίνουν μεγαλύτερη μέση στρεμματική απόδοση σε σύγκριση με άλλα σχήματα.
- ❖ Κάνουν δυνατή τη συγκομιδή χωρίς σκάλες, μειώνοντας έτσι το κόστος.

Τόσο το θαμνώδες όσο και το χαμηλό κύπελλο έχουν το μειονέκτημα ότι δυσχεραίνουν τη μηχανική καλλιέργεια του εδάφους και επίσης κάνουν σχεδόν αδύνατη τη συλλογή του ελαιοκάρπου από το έδαφος. Ένα βελτιωμένο χαμηλό σχήμα, χωρίς τα μειονεκτήματα αυτά, είναι το χαμηλό κυλινδρικό με μονό κορμό και χαμηλή διακλάδωση κόμης.

Τα κύρια συστήματα κλαδέματος που εφαρμόζονται στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου είναι τα ακόλουθα:

- ❖ Το σχήμα με δύο βραχίονες, που είναι κοινό στην Ανδαλουσία, κυρίως για επιτραπέζιες ποικιλίες.
- ❖ Το σχήμα κηροπηγίου στην Τυνησία.
- ❖ Το σχήμα διπλού ή τριπλού κορμού στη Σεβίλλη.
- ❖ Το πολύ-κωνικό σχήμα, στο οποίο κάθε βραχίονας έχει το σχήμα ενός κώνου, που απαντάται σε ορισμένες περιοχές της Ιταλίας.
- ❖ Το ελεύθερο κύπελλο στη Γαλλία, Ιταλία και Ελλάδα.
- ❖ Το σφαιρικό σχήμα, το οποίο δεν είναι τόσο διαδεδομένο γιατί δεν επιτρέπει τον πλήρη φωτισμό του δένδρου.
- ❖ Το χαμηλό κυλινδρικό σχήμα.
- ❖ Το σχήμα χωρίς κορμό στην Τυνησία.
- ❖ Η ελεύθερη παλμέτα. Το σχήμα αυτό παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες και δεν είναι διαδεδομένο στις ελαιοπαραγωγές χώρες.

Κλάδεμα ανανέωσης

Η ελιά έχει την ικανότητα να αναβλαστάνει από οποιοδήποτε σημείο του ξύλου της μετά από κοπή και αυτό το χαρακτηριστικό είναι που της δίνει τη γνωστή μακροζωία της. Για το λόγο αυτό, είναι δυνατή η ανανέωση γυρισμένων δένδρων, καθώς επίσης και η αποκατάσταση δένδρων που ζημιώθηκαν από παγετό. Γυρισμένα, χαμηλής παραγωγικότητας δένδρα, ανανεώνονται με κόψιμο του

κορμού χαμηλά ή στο σημείο διακλάδωσης (σταυρός). Για μερική ανανέωση ή περιορισμό της κόμης σε πυκνοφυτεμένα δένδρα που σκιάζονται, το κόψιμο γίνεται στους βραχίονες ή στις πρώτες διακλαδώσεις τους σε ανάλογο ύψος. Στα σημεία κοπής αναπτύσσονται νέοι ζωηροί βλαστοί από τους οποίους επιλέγονται οι καταλληλότεροι για το σχηματισμό του νέου σκελετού του δένδρου. Το δένδρο μπαίνει πάλι σε καρποφορία μετά από 3-5 χρόνια. Για την αποκατάσταση δένδρων που επλήγησαν από παγετό, τα δένδρα αφήνονται για ένα χρόνο, ώστε να εκδηλωθεί η πραγματική έκταση της ζημιάς. Από τους νέους βλαστούς που στο μεταξύ εκπύσσονται, θα σχηματιστούν οι νέοι κλάδοι του δένδρου, ενώ αφαιρούνται όλα τα κατεστραμμένα μέρη.

Εποχή Κλαδέματος

Το κλάδεμα του ελαιόδεντρου μπορεί να αρχίσει αμέσως μετά την συγκομιδή του καρπού. Έτσι, στις ποικιλίες της επιτραπέζιας ελιάς μπορεί να αρχίσει το Νοέμβριο – Δεκέμβριο, αν οι ελιές μαζεύτηκαν πράσινες ή αργότερα, Φεβρουάριο – Μάρτιο, αν μαζεύτηκαν μαύρες. Γενικά το κλάδεμα μπορεί να γίνει σε όλη την περίοδο από το φθινόπωρο ως τους πρώτους μήνες της άνοιξης. Όμως δεν θα πρέπει να γίνεται πριν και κατά την περίοδο του χειμώνα σε περιοχές που πλήττονται συχνά από παγετούς.

(internet 7)

2.8 Εδαφο-κλιματικές απαιτήσεις της ελιάς

Η ελιά μπορεί να καλλιεργηθεί σε πετρώδη εδάφη, σε αβαθή και άγονα εδάφη των ορεινών εκτάσεων, καθώς και σε βαθιά γόνιμα εδάφη των πεδιάδων. Μεγάλη απόδοση έχει σε βαθιά αμμωπηλώδη εδάφη με εδαφική υγρασία και καλή στράγγιση. Το άριστο pH εδάφους για την ελιά κυμαίνεται από 6.5 έως 8.0. Από τα κλιματολογικά στοιχεία η θερμοκρασία παίζει τον βασικότερο και καθοριστικό ρόλο για την καλλιέργεια της ελιάς και ακολουθούν η βροχή, το χιόνι, η υγρασία, το χαλάζι και οι άνεμοι. Η μέγιστη θερμοκρασία που μπορεί να ανεχθεί η ελιά χωρίς να πάθει ζημιά είναι 40°C (βαθμοί Κελσίου) και η ελάχιστη είναι -9°C (βαθμοί Κελσίου).

Η καλλιέργεια της ελιάς στη χώρα μας είναι κυρίως ξηρική, έτσι η ανάπτυξη και η απόδοση των δέντρων επηρεάζεται από την βροχή. Η ελιά ευνοείται από μειωμένη ατμοσφαιρική υγρασία, ενώ αυξημένη ατμοσφαιρική υγρασία πάνω από το 80% ευνοεί την ανάπτυξη ασθενειών και εχθρών. Σε περιοχές με χαλάζι αποφεύγεται η φύτευση επιτραπέζιων ποικιλιών γιατί προκαλεί πληγές στους καρπούς και έτσι καταστρέφεται η παραγωγή. Το χιόνι είναι ένας επίσης αρνητικός παράγοντας διότι

φορτώνει τα δέντρα της ελιάς με βάρος και προκαλεί σπάσιμο των κλάδων. Ο άνεμος επηρεάζει τη διαμόρφωση της κόμης.

(Δημογέροντα Χριστίνα, 2012)

2.9 Εχθροί και ασθένειες της ελιάς

Εχθροί της ελιάς

- ❖ Δάκος: είναι ο σοβαρότερος εχθρός της ελιάς. Ο δάκος είναι μύγα της οποίας η προνύμφη κατατρώει τη σάρκα του καρπού της ελιάς και υποβαθμίζει τόσο την ποιότητα όσο και την ποσότητά του.
- ❖ Άλλοι εχθροί που προσβάλουν την ελιά είναι: ο Πυρηνοτρίτης, ο Ρυγχίτης, τα Κοκκοειδή ή ψώρες, η Μαργαρόνια, η Ζευζέρα και τα Ακάρεα.

Ασθένειες της ελιάς

- ❖ Κυκλοκόνιο: προσβάλλει φύλλα, βλαστούς και καρπούς. Η ζημιά είναι πιο έντονη στα φύλλα και η έξαρση της προσβολής συνοδεύεται από μεγάλη φυλλόπτωση. Η ασθένεια διακρίνεται εύκολα από τους γκριζομαυρούς κύκλους που σχηματίζονται στα σημεία της προσβολής.
- ❖ Βερτισίλιο: προσβάλλει κυρίως τα ελαιόδεντρα που ποτίζονται, άσχετα με την ηλικία τους. Σε έντονη προσβολή τα ελαιόδεντρα μαραίνονται και ξεραίνονται ολόκληρα. Ο μύκητας εισχωρεί στο ξύλο από τις ρίζες. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν ισχυρά φυτοφάρμακα για την καταπολέμησή του.
- ❖ Βακτηρίωση (φυματίωση ή καρκίνος): είναι η σοβαρότερη ασθένεια της ποικιλίας Κορωνέϊκη.
- ❖ Καπνιά- Λειχήνες: δεν θεωρούνται φυτοπαράσιτα, προκαλούν όμως έμμεσες ζημιές. Ιδιαίτερα η καπνιά μειώνει σημαντικά την φωτοσύνθεση.

(Δημογέροντα Χριστίνα, 2012)

2.10 Συγκομιδή της ελιάς

Η ελιά μπορεί να συγκομιστεί χειρονακτικά, με τη βοήθεια μηχανημάτων ή και πλήρως αυτοματοποιημένα. Επίσης, στη βιβλιογραφία αναφέρεται και η χρήση χημικών, για την ευκολότερη αποκόλληση του καρπού από το δένδρο, κάτι που δεν αποτελεί ευρέως χρησιμοποιούμενη πρακτική τόσο παγκόσμια, όσο και στην Ελλάδα.

Ο παραδοσιακός τρόπος συγκομιδής της ελιάς περιλαμβάνει το ράβδισμα του δένδρου και τη συλλογή του καρπού σε δίχτυα. Τα ραβδιά μπορούν να είναι εφοδιασμένα με χτένια ή δονητές, για να διευκολύνουν την εργασία.

Μια πιο εξελιγμένη προσέγγιση αφορά μηχανήματα που δονούν το κορμό του δένδρου ή την κόμη του, με σκοπό την πτώση του καρπού. Τα μηχανήματα αυτά μπορεί να είναι αυτοκινούμενα ή να έλκονται από γεωργικό ελκυστήρα. Τα μηχανήματα που δονούν τον κορμό, μερικές φορές, οδηγούν σε τραυματισμό του. Τα μηχανήματα που δονούν την κόμη του δένδρου, μερικές φορές, εξοπλίζονται και με μια ανάποδη ομπρέλα, ώστε να γίνεται και ταυτόχρονη συγκομιδή του καρπού, χωρίς τη χρήση δικτύων. Επίσης, υπάρχουν μηχανήματα, τα οποία μπορούν να μαζεύουν τις ελιές από το έδαφος, χωρίς την χρήση διχτυών.

Τέτοια μηχανήματα φαίνονται στις παρακάτω φωτογραφίες:



Συγκομιδή ελιάς με ραβδισμό.



Αυτοκινούμενο μηχανήμα με βραχίονα



Αυτοκινούμενο μηχάνημα με βραχίονα που ταυτόχρονα συλλέγει τον καρπό



Βραχίονας κόμης ελαιόδεντρου



Δίχτυα με ράουλο για ευκολότερη συλλογή καρπού



Μηχάνημα συλλογής καρπών ελιάς από το έδαφος

Στις σύγχρονες μορφές καλλιέργειας με πυκνή και πολύ πυκνή φύτευση, η αυτοματοποιημένη συγκομιδή της ελιάς είναι γεγονός. Οι ελαιώνες έχουν τη μορφή που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Έτσι υπάρχει χώρος για να μπορέσει να εισέλθει στον αγρό μεγάλο μηχάνημα.



Υπέρπυκνη φύτευση ελιάς

Σε αυτές τις φυτεύσεις προτιμούνται δένδρα με μικρό ύψος, ώστε να διευκολύνεται η αυτοματοποίηση της συλλογής. Οι ελαιοσυλλέκτες για αυτές τις καλλιέργειες είναι, ουσιαστικά, μια εξέλιξη των γνωστών σταφυλοσυλλεκτών. Έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν μέχρι και δένδρα ύψους άνω των 2.5 μέτρων. Τα μηχανήματα αυτά μπορούν να συγκομίζουν 5 στρέμματα την ώρα και απαιτείται μόλις ένας χειριστής.



Ελαιοσυλλέκτης

Από την εμπειρία που έχει αποκτηθεί από εταιρίες, που έχουν δραστηριοποιηθεί στη Θεσσαλία, φαίνεται ότι το κόστος μηχανικής συγκομιδής είναι μόλις το 1/10 του συμβατικού, ενώ η ποιότητα του προϊόντος αυξάνει. Οι πρώτες τέτοιες γεωργικές εκμεταλλεύσεις δείχνουν να κάνουν απόσβεση σε 5 με 6 έτη (Agrenda, 2009). Η τάση αυτή τη στιγμή είναι οι εταιρίες να προσφέρουν τα κατάλληλα δένδρα για τέτοιου τύπου εκμετάλλευση και οι ίδιες αυτές εταιρίες να αγοράζουν τους ελαιοσυλλέκτες, που στη συνέχεια ενοικιάζουν στους πελάτες τους.

Κατά τον τρόπο αυτό, η δυσκολία στην απάντηση αν συμφέρει τον παραγωγό να προχωρήσει σε εκμηχάνιση της συγκομιδής μένει να απαντηθεί για τους εντατικούς παραδοσιακούς ελαιώνες. Η συγκομιδή, όταν γίνεται με μηχανικό τρόπο, ρίχνει σημαντικά το κόστος. Όμως, οι συνήθως μικρές και κατατετμημένες ιδιοκτησίες στην Ελλάδα δεν δικαιολογούν την αγορά πολύ ακριβών μηχανημάτων, τα οποία θα αποσβεστούν πολύ δύσκολα. Επίσης, ανάλογα με τον ελαιώνα, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν συνδυασμοί συγκεκριμένων μηχανημάτων σε κάθε περίπτωση από αυτές που περιγράφηκαν πιο πάνω. Λύση θα μπορούσε να αποτελέσει η ενοικίαση μηχανημάτων από εταιρίες ή η οργάνωση συνεταιρισμών, που θα αγοράζουν αυτά τα μηχανήματα και στη συνέχεια θα τα παραχωρούν στα μέλη τους. (Internet 8)

2.11 Γεωργία ακριβείας στην ελιά

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν μόνο λίγες εργασίες για την εφαρμογή της Γεωργίας Ακρίβειας στην ελιά και οι περισσότερες αναφέρονται κυρίως στην τηλεπισκόπηση.

Οι Karydas et al. (2005) προσπάθησαν με την χρήση της τηλεπισκόπησης να αξιολογήσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την καλλιέργεια της ελιάς, καθώς και από την χρήση των ελαιοτριβείων στο Κολυμβάρι Χανίων στην Βορειοδυτική Κρήτη. Αξιολόγησαν τις εικόνες από το δορυφόρο QuikBird (διακριτική ικανότητα 1 μέτρο) για την αποτύπωση της χαμηλής βλάστησης, των πεζουλιών στις αναβαθμίδες των ελαιώνων, των δρόμων και των φραχτών. Επίσης προσπάθησαν να αναγνωρίσουν τα ελαιοτριβεία, τις δεξαμενές αποβλήτων καθώς και την πορεία της ροής των αποβλήτων από αυτές.

Η Κρήτη τα τελευταία χρόνια εμφανίζει φαινόμενα ερημοποίησης και η διάβρωση του εδάφους είναι ένας σημαντικός παράγοντας για το φαινόμενο αυτό. Η διάβρωση του εδάφους συντελείται κατά μεγάλο βαθμό λόγω της έλλειψης πεζουλιών και αναβαθμίδων στα εδάφη με μεγάλη κλίση. Εκτός από την κλίση του εδάφους, η έλλειψη χαμηλής βλάστησης (κάλυψης του εδάφους με βλάστηση) συμβάλει στο φαινόμενο αυτό. Ένα άλλο περιβαλλοντικό πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίζει η Κρήτη, είναι η ρύπανση από τα απόβλητα των ελαιοτριβείων και κυρίως τα υγρά απόβλητα. Επομένως, η καταγραφή της κατανομής και ποιότητας των δεξαμενών αποβλήτων των ελαιοτριβείων, καθώς και η χαρτογράφηση της ροής των αποβλήτων προς το δίκτυο ρευμάτων, θα βοηθήσει στην επίλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εγκαταστάσεων αυτών (Karydas et al., 2005). Από τα αποτελέσματα της έρευνας διαπιστώθηκε ότι με αυτήν την μέθοδο αναγνωρίστηκαν οι 11 από τις 15 δεξαμενές αποβλήτων. Οι πορείες ροής των αποβλήτων των ελαιοτριβείων επισημάνθηκαν ακριβώς ενώ η χαμηλή βλάστηση, τα πεζούλια των ελαιώνων, οι δρόμοι και οι φράχτες αναγνωρίστηκαν μερικώς. Για να επιτευχθεί καλύτερη και πλήρως αυτοματοποιημένη ταξινόμηση των στοιχείων αυτών χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία ενός προτύπου ταξινόμησης.

Οι Sepulcre-Cantó et al. (2006) χρησιμοποιώντας εικόνες θερμικής ανάλυσης που λάμβαναν με τηλεπισκόπηση, προσπάθησαν να αξιολογήσουν την απεικόνιση της επίδρασης της έλλειψης νερού σε ελαιώνες στην Νότια Ισπανία. Η έρευνα διεξάχθηκε από τον Ιούνιο μέχρι τον Νοέμβριο της καλλιεργητικής περιόδου του 2004 σε έναν ελαιώνα 4 εκταρίων στην περιοχή της Κόρδοβα στην Νότια Ισπανία. Το πειραματικό τεμάχιο ήταν συνολικής έκτασης 2646 m². Εξέτασαν τρεις διαφορετικές μεθόδους στάγδην άρδευσης: α) με καθημερινή παροχή νερού 2,8mm, β) με

καθημερινή παροχή νερού 0,7mm και γ) με άρδευση από 14 Ιουνίου μέχρι 2 Ιουλίου και από 6 Σεπτεμβρίου μέχρι 19 Οκτωβρίου με παροχή νερού 1,2 mm/ημέρα. Οι μετρήσεις αφορούσαν τρεις διαφορετικές ώρες κατά την διάρκεια της 25 Ιουλίου (7:30, 9:30, 12:30). Η συσχέτιση μεταξύ του επίγειου αισθητήρα μέτρησης της υγρασίας και των αποτελεσμάτων από την τηλεπισκόπηση ήταν καλύτερη (7:30: $R^2 = 0,50$, 9:30: $R^2 = 0,45$ και 12:30: $R^2 = 0,57$) σε σχέση με την συσχέτιση μεταξύ του αισθητήρα στα φύλλα και των θερμικών εικόνων ($R^2 = 0,62$ 7:30, $R^2 = 0,35$ 9:30 και $R^2 = 0,25$ 12:30). Αυτή η μέθοδος αποτύπωσης του υδατικού δυναμικού της καλλιέργειας με την χρήση τηλεπισκόπησης, μπορεί να έχει πιθανή εφαρμογή στην ανίχνευση της έλλειψης νερού σε ελαιώνες στα πλαίσια της Γεωργίας Ακρίβειας.

Στην ίδια περιοχή (Κόρδοβα. Νότια Ισπανία) οι Sepulcre-Cantó et al. (2007) μελέτησαν και πάλι την επίδραση της έλλειψης νερού σε ελαιώνες, σε ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά, μέσω εικόνων από τηλεπισκόπηση. Οι μετρήσεις αφορούσαν δύο διαφορετικές ημερομηνίες, 25 Ιουλίου του 2004 και 16 Ιουλίου του 2005. Η συσχέτιση μεταξύ του αισθητήρα στα φύλλα και των θερμικών εικόνων ήταν $R^2 = 0,62$ (12:30). Η συσχέτιση για την εξακρίβωση του νερού που περιείχε ο καρπός της ελιάς, μεταξύ των εργαστηριακών αναλύσεων και των αναλύσεων των θερμικών εικόνων ήταν αρκετά υψηλός $R^2 = 0,95$. Αυτό το γεγονός αποδεικνύει ότι η τηλεπισκόπηση μπορεί να εφαρμοστεί για τον προσδιορισμό μερικών ποιοτικών χαρακτηριστικών της ελιάς.

Οι Berni et al. (2009) αξιολόγησαν μια μέθοδο ανάλυσης των θερμικών χαρτών που λαμβάνονται με τηλεπισκόπηση. Διαπιστώθηκε ότι με την μεθοδολογία που ακολούθησαν ήταν δυνατή η χωρική ανάλυση της παραλλακτικότητας που εμφανίστηκε από την έλλειψη νερού σε ελαιώνες. Επομένως η παραπάνω μεθοδολογία μπορεί να είναι χρήσιμη στα πλαίσια της Γεωργίας Ακρίβειας για την διαχείριση της άρδευσης στους ελαιώνες.

Οι Garcia Torres et al. εξέτασαν την πιστότητα της αυτόματης αξιολόγησης από τις εικόνες που λαμβάνονται με τηλεπισκόπηση, με την χρήση του προγράμματος Clustering Assessment® (CLUAS), για ορισμένους αγρό-περιβαλλοντικούς δείκτες στην ελιά. Εξεταστήκαν η αποτύπωση της συνολικής έκτασης, οι διαστάσεις των ελαιόδεντρων, η εκτίμηση της πιθανής παραγωγής καθώς και δείκτες βλάστησης.

Ειδικότερα, εκτιμήθηκε ένας ελαιώνας 2 εκταρίων στην Κόρδοβα της Νότιας Ισπανίας για τα έτη 2004 και 2005. Το πρόγραμμα μπόρεσε να αξιολογήσει με επιτυχία 99% το μέσο μέγεθος των ελαιόδεντρων. Επιπλέον η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τους επιτόπιους ελέγχους και την τηλεπισκόπηση, για την έκταση του ελαιώνα και την πιθανή παραγωγή, φανέρωσαν

υψηλούς συντελεστές συσχέτισης (r). Συγκεκριμένα, για την καλλιεργητική περίοδο του 2004 κυμάνθηκαν από 0,62 μέχρι 0,82 και για το 2005 από 0,52 μέχρι 0,74. Τέλος η τιμή του συντελεστή συσχέτισης των δεικτών βλάστησης NDVI και RVI για την καλλιεργητική περίοδο 2004 ήταν ίδια (0,50) ενώ για το 2005 οι τιμές ήταν 0,30 και 0,40 αντίστοιχα.

Οι Lórez-Granados et al. (2004) εξετάζοντας την παραλλακτικότητα των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα για δύο συνεχόμενα έτη, δημιούργησαν χάρτες εφαρμογής θρεπτικών στοιχείων στην ελιά. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε έναν ελαιώνα 50 ετών, συνολικής έκτασης 30 εκταρίων στην περιοχή Martos της Νότιας Ισπανίας τις καλλιεργητικές περιόδους 1999- 2000.

Σε όλη την έκταση δημιουργήθηκε ένα πλέγμα από κελιά διαστάσεων 75m x 75m . Κάθε κελί περιείχε 4 γειτονικές ελιές. Οι δειγματοληψίες των φύλλων πραγματοποιήθηκαν στα μέσα του Ιουλίου κάθε καλλιεργητικής περιόδου. Κάθε δείγμα περιελάμβανε 25 υγιή φύλλα τα οποία συγκομίζονταν από ύψος 1,5 m από το έδαφος και από τις τέσσερις μεριές της κόμης των δένδρων.

Διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση, και για τα δύο έτη, μεταξύ των στοιχείων του N και του P ($r = 0.8$ και $r = 0.9$, $P \leq 0.01$ για το 1999 και 2000 αντίστοιχα) μεταξύ του N και του B ($r = 0.48$, $P \leq 0.01$) και μεταξύ του P και του B ($r = 0.38$ και $r = 0.51$, $P \leq 0.01$ για το 1999 και 2000 αντίστοιχα). Επιπλέον μεταξύ των στοιχείων του K και του B παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση το έτος 1999 ($r = 0.54$, $P \leq 0.01$) ενώ την καλλιεργητική περίοδο του 2000 η συσχέτιση δεν ήταν τόσο ευκρινής. Τέλος για τον σίδηρο δεν παρατηρήθηκε καμία συσχέτιση με κανένα άλλο στοιχείο παρά μόνο με το K το έτος 2000 και αυτή ήταν αρνητική ($r = -0.23$, $P \leq 0.05$).

Από την ανάλυση των χαρτών των θρεπτικών στοιχείων διαπιστώθηκε ότι η χωρική κατανομή του K και του B μέσα στον ελαιώνα ήταν ανομοιόμορφη, αλλά ακολουθούσε το ίδιο μοντέλο και για τα δύο έτη. Ενώ για το N και τον P η χωρική κατανομή δεν ήταν ίδια τα δύο έτη. Χρησιμοποιώντας τους θεματικούς χάρτες των θρεπτικών στοιχείων και το κατώτερο οικονομικό όριο κάθε στοιχείου για την ελιά, διαπιστώθηκε ότι η εφαρμογή του N ήταν απαραίτητη μόνο στο 3% και 18% της έκτασης για το 1999 και το 2000 αντίστοιχα. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και για το B για το οποίο η εφαρμογή ήταν απαραίτητη μόνο στο 36,6% και 0,2% της έκτασης για το 1999 και το 2000 αντίστοιχα. Τέλος βάσει των στοιχείων των πινάκων, έπρεπε να πραγματοποιηθεί λίπανση με P σε όλη την επιφάνεια το 1999, ενώ το 2000 μόνο στο 28% της έκτασης. Από τα αποτελέσματα της έρευνας διαπιστώνεται ότι με την Εφαρμογή της Γεωργίας Ακρίβειας μπορεί να μειωθεί σημαντικά το κόστος της καλλιέργειας και παράλληλα να μειωθούν οι εισροές στο περιβάλλον.

Τέλος οι Gargouri et al. (2006), μελέτησαν την παραλλακτικότητα των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους σε ελαιώνα της Τυνησίας την καλλιεργητική περίοδο του 2005. Παράλληλα εξέτασαν την θρεπτική κατάσταση των δένδρων από δείγματα φύλλων. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε έναν ελαιώνα 80 ετών της ποικιλίας Chemlali, συνολικής έκτασης 174 εκταρίων. Σε όλη την έκταση δημιουργήθηκε ένα πλέγμα από κελιά διατάσεων 200m x 200m. Συνολικά προσδιορίστηκαν 27 σημεία δειγματοληψίας. Τα εδαφολογικά δείγματα συλλέχθηκαν από βάθος 1m στα μέσα του Ιουλίου. Εκτιμήθηκε η τιμή του pH, η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, γύψο, ασβέστιο, N, P, K και η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Παράλληλα συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν φύλλα, από τέσσερα δέντρα για κάθε δείγμα.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία δημιουργήθηκαν χάρτες της χωρικής παραλλακτικότητας. Διαπιστώθηκε μεγάλη ανομοιομορφία των εδαφολογικών παραμέτρων που εξετάστηκαν μέσα στον ελαιώνα. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ των εδαφολογικών αναλύσεων και της θρεπτικής κατάστασης των δένδρων. Επομένως με την ανάγνωση των χαρτών και βάσει των οικονομικών ορίων για κάθε θρεπτικό στοιχείο, μπορεί να επιτευχθεί ορθολογική λίπανση.

Κεφάλαιο 3. Υλικά και μέθοδοι

3.1 Τοποθεσία

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε έναν ελαιώνα 81στρεμμάτων (8.1ha) τα έτη 2007, 2008, 2009 και 2010. Ο ελαιώνας βρίσκεται στην περιοχή Γαργαλιάνων Μεσσηνίας της Δυτικής Πελοποννήσου (37°1'35.16''B, 21°37'55.93''A) σε υψόμετρο 150 μέτρων. Αποτελείται από 1.650 δέντρα ποικιλίας Κορωνέικης, δημιουργήθηκε το 1966 και οι αποστάσεις φύτευσης μεταξύ των δέντρων είναι 7.5X7.5 μέτρα. Ο ελαιώνας εμφανίζει μια μέτρια κλίση 4% από τη δυτική πλευρά. Τα τελευταία δέκα χρόνια ο ελαιώνας ποτίζεται με στάγδην άρδευση με σωλήνες που ξεπερνούν το 1.5 μέτρο ύψος για να αποφευχθούν ατυχήματα από τα μηχανήματα. Η άρδευση αρχίζει από την πρώτη βδομάδα του Ιουνίου μέχρι τα μέσα Οκτωβρίου. Κατά τη διάρκεια του πειράματος η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιήθηκε ήταν 2 τόνοι ανά δέντρο για τον Ιούνιο, 1 τόνος νερού ανά δέντρο για τον Ιούλιο δύο φορές και 1 τόνος νερού ανά δέντρο τον Αύγουστο τέσσερις φορές. Κατά τη διάρκεια του 2007 και του 2008 η ποσότητα της βροχόπτωσης για το 2007 ήταν 523mm νερού και το 2008 ήταν 973mm νερού. Επίσης η ποσότητα της βροχόπτωσης για το 2009 ήταν 700mm νερού και για το 2010 η ποσότητα βροχόπτωσης ήταν 800mm νερού.

Τα τελευταία 40 χρόνια από τότε που φυτεύτηκαν τα δέντρα, γίνεται έλεγχος των ζιζανίων στον ελαιώνα με κατεργασία του εδάφους με φρέζα (άροση). Ο έλεγχος των ζιζανίων άλλαξε τα τελευταία τρία χρόνια πριν την έναρξη του πειράματος. Ο ελαιώνας χωρίστηκε σε δύο μέρη. Στο 1/3 του ελαιώνα συνεχίζεται να γίνεται έλεγχος των ζιζανίων με κατεργασία του εδάφους με φρέζα όπως παλιότερα. Ο έλεγχος με αυτή τη μέθοδο γίνεται δύο φορές τον χρόνο, στα μέσα Φλεβάρη και στο τέλος Απριλίου. Στα 2/3 του ελαιώνα (υπόλοιπο χωράφι) ο έλεγχος των ζιζανίων δεν γίνεται με κατεργασία του εδάφους με φρέζα αλλά με τον συνδυασμό χορτοκοπής και εφαρμογής ζιζανιοκτόνων (χημική καταπολέμηση).

3.2 Ποικιλία ελιάς

Η ποικιλία του ελαιώνα πάνω στην οποία έγινε το συγκεκριμένο πείραμα ήταν η Κορωνέϊκη (*Olea europaea* ή *microcarpa alba*). Η ποικιλία είναι επίσης γνωστή και ως Ψιλολιά, Κρητικιά, Λιανολιά, Κοτάνι. Η βασίλισσα των ελληνικών ποικιλιών ελιάς προϊόν αιώνων (τουλάχιστον 10) συστηματικής καλλιέργειας με πατρίδα της την

περιοχή της Κορώνης όταν αυτή αποτελούσε το πιο σημαντικό εμπορικό λιμάνι της Πελοποννήσου.

Είναι από τις σημαντικότερες ποικιλίες γιατί έχει τα πλεονεκτήματα να προσαρμόζεται και στις πιο αντίξοες συνθήκες της χώρας μας. Οι απαιτήσεις της σε έδαφος, υγρασία και καλλιεργητικές φροντίδες είναι μικρές. Μπορεί να καλλιεργηθεί σε υψόμετρο μέχρι 500 μέτρα. Έχει σταθερή καρποφορία και σχετικά υψηλή απόδοση που μπορεί να φτάσει τα 150 κιλά καρπού ανά δέντρο. Κατά κανόνα δίνει καρπό κάθε δεύτερη χρονιά (παρενιαυτοφορεί), αλλά με συστηματική καλλιέργεια μπορεί να δώσει κάποιο ποσοστό παραγωγής και την δεύτερη χρονιά. Το κύριο μειονέκτημά της είναι το μικρό μέγεθος καρπού, που δυσκολεύει τη μηχανική συλλογή. Είναι ευαίσθητη στον Καρκίνο (Fooks, 1995).

Αναπτύσσεται σε δένδρο ύψους 5 - 7 μέτρων και μπορεί να φτάσει έως και τα 15 μέτρα. Η κόμη αποκτά σχήμα ημισφαιρικό ή κύπελλο. Τα φύλλα της είναι λογχοειδή, βαθυπράσινα και μικρά, μήκους $5,45 \pm 0,52$ cm και πλάτους $1,03 \pm 0,12$ cm. Ο καρπός έχει σχήμα κυλινδροκωνικό, με μέσο βάρος 1,3 gr και φέρει μικρή θηλή. Ο ποδίσκος είναι πολύ ισχυρός και η ομφαλική κοιλότητα πολύ μικρή. Το χρώμα του καρπού είναι στην αρχή πράσινο, στη συνέχεια ξεθωριάζει για να καταλήξει σε μελανό – μοβ. Ο πυρήνας έχει σχήμα όμοιο με τον καρπό με την μια πλευρά κυρτωμένη, μέσο βάρος 0,17 gr και φέρει οξεία ακίδα στην άκρη και επτά αβαθείς γλυφές. Η σχέση σάρκας προς πυρήνα του καρπού είναι 3,8:1 και η περιεκτικότητα του σε λάδι φτάνει μέχρι και 27%. Χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την παραγωγή εκλεκτής ποιότητας ελαιολάδου.

Η Κορωνέικη ποικιλία χρησιμοποιείται ως επικονιαστής πολλών άλλων ποικιλιών ελιάς και έχει ελάχιστες απαιτήσεις σε ψύχος για να διαφοροποιήσει ανθοφόρους οφθαλμούς. Είναι πρώιμη ποικιλία καθώς ανθίζει περί τα μέσα Απριλίου, η δε ωρίμανση του καρπού αρχίζει νωρίς τον Οκτώβριο και τελειώνει αργά το Δεκέμβριο. Η σχέση σάρκας προς πυρήνα του καρπού είναι 6,6:1. Η περιεκτικότητα του καρπού σε λάδι είναι υψηλή και συγκεκριμένα ξεκινάει από 15% και μπορεί να φθάσει έως 27%. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι δίνει εκλεκτό λάδι με άριστο άρωμα και εξαιρετική γεύση. Αναμφίβολα πρόκειται για μια ποικιλία με άριστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Είναι ευπαθής στον Δάκο (*Bactrocera oleae*), την Βαμβακάδα (*Euphyllura olivina*) και τον Ρυγχίτη (*Rhynchitescribripennis*).
(internet 9)

3.3 Μετρήσεις

Οι ελιές συγκομίζονταν με τα χέρια, με τη μέθοδο του ραβδισμού και έπεφταν πάνω σε πλαστικό κάλυμμα το οποίο κάλυπτε το έδαφος κάτω από τα δέντρα. Ο κάθε σάκος ήταν τοποθετημένος κάτω από τα δέντρα έτσι ώστε να γεμίζει κάθε φορά με μέσο βάρος 58 κιλών. Το κάθε σημείο με σάκο προσδιορίστηκε με καταγραφή των θέσεων και του βάρους των σάκων με το σύστημα GPS (MIO P350). Η χαρτογράφηση της παραγωγής πραγματοποιήθηκε με την υπόθεση ότι ο κάθε σάκος εκφράζει την παραγωγή ενός κελιού αντίστοιχων διαστάσεων με τις αποστάσεις μεταξύ των σάκων. Η περίοδος συγκομιδής κράτησε 40 μέρες από τα μέσα Νοεμβρίου μέχρι το τέλος Δεκεμβρίου.

Τον Δεκέμβριο του 2007 συλλέχθηκαν δείγματα εδάφους σε ύψος 0-30 εκατοστών και σε απόσταση 30X30 μέτρων από το κάθε δέντρο. Είχαν γίνει όλες οι καλλιεργητικές φροντίδες και η τοποθέτηση λιπασμάτων πριν την έναρξη του πειράματος. Έγιναν αναλύσεις εδάφους κατά τις οποίες μετρήθηκαν το pH, η οργανική ουσία καθώς επίσης και τα στοιχεία P, NO₃-N, K, Mg, Zn, Mn, Fe, B και Ca. Επίσης έγινε ανάλυση στην μηχανική σύσταση του εδάφους (άμμος, ιλύς και άργιλος). Τα κελιά που χρησιμοποιήθηκαν τελικά για το πείραμα ήταν 80 από τα 91 διότι το 2008 ένα τμήμα του χωραφιού απαλλοτριώθηκε από το Δημόσιο προκειμένου να κατασκευαστεί δρόμος. Το pH κάθε δείγματος εκτιμήθηκε ύστερα από διάλυση του χώματος με νερό σε αναλογία 1:2 (χώμα:νερό) και τα NO₃-N εκτιμήθηκαν με διάλυμα χλωριούχου καλίου (KCL). Ο φώσφορος προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Olsen (Olsen and Sommers 1982). Το διαθέσιμο Κάλιο (K), Ασβέστιο (Ca) και Μαγνήσιο (Mg) προσδιορίστηκε με τη χρήση φλογοφωτομέτρου μετά την απομόνωσή τους με άλας του οξικού αμμωνίου (CH₃COONH₄) με pH ίσο με 7 (Thomas, 1982). Τα διαθέσιμα στοιχεία Σιδήρου (Fe), Ψευδαργύρου (Zn) και Μαγγανίου (Mn) προσδιορίστηκαν με την ατομική απορρόφηση με σπεκτοφωτόμετρο (Baker and Suhr, 1982). Το Βόριο (B), μετρήθηκε με τη χρήση υπεριώδους φωτός (UV), μετά την απομόνωση σε ζεστό νερό. Η οργανική ουσία προσδιορίστηκε με την μέθοδο Walkley-Black (Nelson and Sommers, 1982).

3.4 Ανάλυση δεδομένων και χαρτών τάσης

Η ανάλυση των στοιχείων πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια : α) με την ανάλυση των περιγραφικών στατιστικών (ελάχιστο, μέγιστο, μέση τιμή και συντελεστής παραλλακτικότητας) και β) με το βαριόγραμμα το οποίο υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Matheron's και μας δείχνει την χωρική κατανομή των δεδομένων. Το εύρος μεταξύ των τιμών ήταν 30 μέτρα με μέγιστη απόσταση τα 200 μέτρα. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση των βαριογραμμάτων είναι το Vesper(v. 1.6, Australian Center of Precision Agriculture, Sidney). Δύο ήταν οι μέθοδοι προσδιορισμού των βαριογραμμάτων :α) Kriging για κανονικές κατανομές και β) Inverse Distance to a power για μη κανονικές κατανομές. Η δημιουργία θεματικών χαρτών πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο παρεμβολής Kriging με το λογισμικό Surfer (v.8, Golden Software, Colorado, USA). Δημιουργήθηκαν θεματικοί χάρτες για την παραγωγή και για τα τέσσερα χρόνια, για τα εδαφολογικά μηχανικής σύστασης (άμμος, ιλύς και άργιλος), για το pH, για την οργανική ουσία και για τα εδαφικά στοιχεία P, NO₃-N, K, Mg, Zn, Mn, Fe, B, Ca.

Επίσης δημιουργήθηκαν χάρτες τάσης που μας δείχνουν την χωρική, χρονική και χωρο-χρονική παραλλακτικότητα. Στους χάρτες χωρικής παραλλακτικότητας (spatial trend map) η μέση απόδοση από κάθε σημείο του πλέγματος του αγρού, για τα 4 χρόνια παραγωγής, προκύπτει με τη διαίρεση της τάξης του 1 ton/ha. Η χρονική παραλλακτικότητα (temporal stability), μας δείχνει την διαφορά των διαφόρων παραμέτρων στον ίδιο οπωρώνα για τις διαφορετικές χρονιές. Για να επιτευχθεί αυτό, προτάθηκε μια νέα εξίσωση για την χρονική παραλλακτικότητα η οποία μας δείχνει την διακύμανση στα τέσσερα χρόνια παραγωγής.

$$\sigma^2_i = \sum_{t=95}^{t=00} \frac{(Y_{t,i} - Y_t)^2}{4}$$

Όπου : σ^2_i η χρονική παραλλακτικότητα σε i αγρό τις χρονιές 2007 έως 2010

Y: είναι η παραγωγή την χρονική περίοδο t

Y_i: είναι ο μέσος όρος της παραγωγής για όλα τα χρόνια του πειράματος

Οι χάρτες χωρο- χρονικής παραλλακτικότητας μπορούν να μας δώσουν στοιχεία διαχωρισμού του αγρού χωρικά και χρονικά μαζί. Ο διαχωρισμός αυτός αναλύεται σε τέσσερις κλάσεις:

- ❖ Υψηλής παραγωγής- Πάνω από το μέγιστο του Μέσου Όρου
- ❖ Χαμηλής παραγωγής- Κάτω από το μέγιστο του Μέσου Όρου
- ❖ Σταθερής παραγωγής- χαμηλής χωρικής παραλλακτικότητας
- ❖ Ασταθής παραγωγής- Υψηλής χωρικής παραλλακτικότητας

Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα και συζήτηση

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι Μέσοι όροι, τα ελάχιστα, τα μέγιστα και οι συντελεστές παραλλακτικότητας της παραγωγής της ελιάς για τα τέσσερα διαδοχικά έτη 2007, 2008, 2009 και 2010 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

Ο μέσος όρος της παραγωγής είναι περίπου ο ίδιος για τις χρονιές 2007, 2009 που κυμαίνεται περί τους 10ton/ha την χρονιά 2010 είναι 9 ton/ha ενώ διαφέρει κατά πολύ την χρονιά 2008 που είναι 7ton/ha. Ένας από τους πιο συνηθισμένους λόγους που μπορεί να συμβεί αυτό είναι ότι στην ελιά παρουσιάζεται το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας. Η παρενιαυτοφορία είναι η ιδιότητα που έχει η ελιά να καρποφορεί στο ξύλο της προηγούμενης χρονιάς και αυτό της δίνει την τάση να καρποφορεί κάθε δεύτερο χρόνο. Το φαινόμενο αυτό εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι κυριότεροι από τους οποίους είναι η ποικιλία, το κλάδεμα και το μέγεθος του φορτίου της χρονιάς της μεγάλης παραγωγής. Η παρενιαυτοφορία βρίσκει τις ρίζες της στην ιδιότητα της ελιάς να δένει, κάτω από κατάλληλες συνθήκες, περισσότερο καρπό από κείνον που τις επιτρέπουν οι δυνάμεις της, έτσι καταναλώνει πολλά από τα θρεπτικά συστατικά που έχει στην διάθεσή της και δεν της μένουν αρκετά για την νέα βλάστηση. Η νέα βλάστηση για να καρποφορήσει πρέπει να έχει μήκος τουλάχιστον 25-30 εκατοστά.

Στον πίνακα 4.1. φαίνεται ότι ο συντελεστής παραλλακτικότητας της παραγωγής και για τα τέσσερα χρόνια κυμαίνεται περίπου στο 50% ($CV \sim 50\%$) γεγονός το οποίο δείχνει ότι υπάρχει μεγάλη χωρική παραλλακτικότητα της παραγωγής στον αγρό. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας μας δείχνει το μέγεθος της χωρικής παραλλακτικότητας στον αγρό. Ορίζεται ως το πηλίκο της τυπικής απόκλισης προς τον μέσο όρο. Κατά κανόνα ένα δείγμα θεωρείται ομοιογενές όταν ο συντελεστής παραλλακτικότητας είναι μικρότερος του 0,1 ή $CV \leq 10\%$.

Τα στοιχεία που έχουμε είναι τεσσάρων χρόνων και δεν μπορούμε να πούμε ότι αποτελούν αντιπροσωπευτικό δείγμα για να γίνει έλεγχος των διαφορών της παραγωγής από έτος σε έτος. Όσα περισσότερα έτη έχουμε τόσο αντιπροσωπευτικό μπορεί να γίνει και το δείγμα.

Πίνακας 4.1. Μέσοι όροι, ελάχιστα, μέγιστα και συντελεστές παραλλακτικότητας (CV) της παραγωγής για τα έτη 2007, 2008, 2009 και 2010 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

	Μέσος όρος	Ελάχιστο	Μέγιστο	CV (%)
Yield 2007 (ton/ha)	10	1	20	42
Yield 2008 (ton/ha)	7	0,5	21	60
Yield 2009 (ton/ha)	10	1	21	40
Yield 2010 (ton/ha)	9	0,5	21	60

Στους παρακάτω πίνακες 4.2. και 4.3. παρουσιάζονται οι Μέσοι όροι και οι συντελεστές παραλλακτικότητας για τα έτη 2007 και 2008 στον πειραματικό αγρό στους Γαργαλιάνους Μεσσηνίας. Όπως παρατηρούμενοι οι Μέσοι όροι τόσο για το έτος 2007 όσο και για το έτος 2008 και στα τρία στοιχεία μηχανικής σύστασης του εδάφους (άργιλος, ιλύς και άμμος) είναι πάνω κάτω οι ίδιοι με λίγες μόνο αποκλίσεις. Επίσης και οι συντελεστές παραλλακτικότητας τόσο για το έτος 2007 όσο και για το έτος 2008 και για τα τρία στοιχεία μηχανικής σύστασης είναι οι ίδιοι με την μοναδική μικρή απόκλιση της Αργίλου που το 2007 είναι 18% ενώ το 2008 είναι 17%.

Για τα έτη 2009 και 2010 δεν υπάρχουν αποτελέσματα για τα εδαφολογικά στοιχεία μηχανικής σύστασης του εδάφους.

Πίνακας 4.2. Μέσοι όροι και συντελεστές παραλλακτικότητας για τα εδαφολογικά στοιχεία μηχανικής σύστασης του εδάφους (άργιλος, ιλύς, άμμος) για το έτος 2007 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

	Μέσος όρος	CV (%)
Άργιλος	27	18
Ιλύς	23	16
Άμμος	49	10

Πίνακας 4.3. Μέσοι όροι και συντελεστές παραλλακτικότητας για τα εδαφολογικά στοιχεία μηχανικής σύστασης του εδάφους (άργιλος, ιλύς, άμμος) για το έτος 2008 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

	Μέσος όρος	CV (%)
Άργιλος	24	17
Ιλύς	22	16
Άμμος	53	10

Στους πίνακες 4.4, 4.5 και 4.6 παρουσιάζονται οι Μέσοι όροι και οι συντελεστές παραλλακτικότητας των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους (B, K, P) του pH και της οργανικής ουσίας για τα έτη 2007, 2008 και 2009 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

Σπάνια παρατηρείται έλλειψη του θρεπτικού στοιχείου του φωσφόρου (P) στα ελαιόδεντρα και συνήθως δεν είναι αναγκαία η τακτική φωσφορική λίπανσή τους, ιδιαίτερα όταν επί σειρά ετών χορηγούνται σύνθετα λιπάσματα του τύπου 11-15-15. Δεν αποκλείεται όμως να είναι χρήσιμη η φωσφορική λίπανση σε ελαιώνες που δεν δέχθηκαν στο παρελθόν φωσφόρο (ιδιαίτερα αν τα δένδρα καλλιεργούνται σε όξινα εδάφη ή σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο). Το ίδιο ισχύει και για ελαιώνες που φυτεύτηκαν σε αβαθή, άγονα εδάφη από πρόσφατη εκχέρωση, καθώς και για νέους ελαιώνες (1-10 ετών) στους οποίους γίνεται άρδευση και χορηγείται κάθε χρόνο άφθονο άζωτο. Το χαρακτηριστικό σύμπτωμα της τροφοπενίας φωσφόρου, είναι μια διάστικτη χλώρωση των φύλλων, η οποία όμως δεν αποτελεί ασφαλές κριτήριο για διάγνωση, επειδή συχνά συνδέεται και με άλλα αίτια (περίσσεια αζώτου). Ασφαλής διάγνωση μπορεί να γίνει μόνο με φυλλοδιαγνωστική. Στον συγκεκριμένο αγρό έχουμε μέσο όρο φωσφόρου 48ppm για το έτος 2007, 77ppm για το έτος 2008 και 43ppm για το έτος 2009.

Η ελιά είναι ιδιαίτερα απαιτητική στην περιεκτικότητα του εδάφους σε Κάλιο (K). Είναι γνωστό ότι σε χρονιές υψηλής παραγωγής μεγάλες ποσότητες καλίου απομακρύνονται με το συγκομιζόμενο ελαιόκαρπο και το κλάδεμα. Για μέγιστη παραγωγή και άριστη ποιότητα, η ελιά χρειάζεται τακτική καλιούχο λίπανση, ιδιαίτερα σε ελαιώνες στους οποίους για πολλά χρόνια δεν έχει χορηγηθεί κάλιο. Το ύψος της καλιούχου λίπανσης θα πρέπει να καθορίζεται με βάση το ύψος της αζωτούχου λίπανσης. Σε ελαιώνες, στους οποίους στο παρελθόν δεν έγινε καλιούχος λίπανση, καλό είναι για μερικά χρόνια να δοθεί κάλιο σε ποσότητα διπλάσια από

το χορηγούμενο άζωτο. Μετά από χρονιές πολύ υψηλής καρποφορίας, καλό είναι να αυξήσουμε πάλι τη δόση του καλίου για συμπλήρωση των αποθεμάτων των ελαιόδεντρων (internet 10). Ο Μέσος όρος του Καλίου για το έτος 2007 είναι 371ppm, για το έτος 2008 είναι 286ppm και για το 2009 είναι 212ppm.

Το Βόριο είναι αυτό το θρεπτικό στοιχείο το οποίο τις περισσότερες φορές βρίσκεται σε έλλειψη. Είναι μια από τις πιο συνηθισμένες και σοβαρές τροφοπενίες της ελιάς στην Ελλάδα. Παρατηρείται τόσο σε νεαρά όσο και σε αιωνόβια δένδρα. Το χαρακτηριστικό σύμπτωμα της τροφοπενίας βορίου είναι ότι τα κορυφαία φύλλα στους νέους βλαστούς έχουν το ακραίο 1/3-2/3 τμήμα τους χλωρωτικό (αρχικά πρασινοκίτρινο στη συνέχεια κίτρινο/πορτοκαλί). Σταδιακά, το σύμπτωμα αυτό εμφανίζεται και στα φύλλα της βάσης των βλαστών, τα οποία μπορεί να εμφανίσουν και ξήρανση στην κορυφή τους. Σε πιο προχωρημένο στάδιο της τροφοπενίας παρατηρείται μικροφυλλία, παραμόρφωση φύλλων (έχουν σχήμα ροτάλου) και έντονη φυλλόπτωση. Σε κλάδους που εμφανίζουν συμπτώματα στα φύλλα, αν αφαιρεθεί με μαχαιρίδιο λεπτό στρώμα του φλοιού, φαίνεται ένας καστανός χρωματισμός που οφείλεται σε νέκρωση του καμβίου. Το σύμπτωμα αυτό είναι χαρακτηριστικό και επιβεβαιώνει την έλλειψη του βορίου. Έτσι, δένδρα που υποφέρουν από έλλειψη βορίου φαίνονται από απόσταση σαν χλωρωτικά ενώ καθυστερούν σημαντικά την έναρξη της νέας βλάστησης την άνοιξη. Φύλλα από δένδρα που πάσχουν, περιέχουν βόριο λιγότερο από 20 ppm, ενώ φύλλα από φυσιολογικά δένδρα περιέχουν βόριο πάνω από 20 ppm (επί ξηρού βάρους) (internet 10). Στον συγκεκριμένο αγρό έχουμε Μέσο όρο Βορίου και για τα τρία έτη τον ίδιο ο οποίος ανέρχεται στα 2ppm.

Το pH της ελιάς και για τα τρία έτη είναι το ίδιο pH=7. Η ελιά αναπτύσσεται σε όλα τα εδάφη ακόμα και στα άγονα πετρώδη. Αποδίδει όμως καλύτερα σε σχετικά γόνιμα εδάφη που συγκρατούν αρκετή υγρασία. Υποφέρει σοβαρά σε βαρέα εδάφη που νεροκρατούν. Προτιμά ουδέτερη ή ελαφρά αλκαλική αντίδραση του εδάφους (pH=6-8). Έχει σχετικά καλή αντοχή στην αλατότητα (Γεωργία κτηνοτροφία 3, 2002).

Οι συντελεστές παραλλακτικότητας των στοιχείων του εδάφους κυμαίνονται από 6% έως 118% ανάλογα με το στοιχείο. Από τους πίνακες 4.4, 4.5 και 4.6 την μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσιάζει το pH του έτους 2009 (CV= 6%) και την μεγαλύτερη παραλλακτικότητα παρουσιάζει το Βόριο του έτους 2007 (CV= 118%). Η μεγαλύτερη παραλλακτικότητα για το Κάλιο ήταν το έτος 2007 ίση με 29%, για τον Φώσφορο ήταν το έτος 2009 ίση με 46% και για την Οργανική ουσία ήταν το έτος 2007 ίση με 30%.

Πίνακας 4.4. Μέσοι όροι και συντελεστές παραλλακτικότητας των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους (B, K, P) του pH και της οργανικής ουσίας για το έτος 2007 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

	Μέσος όρος	CV (%)
B(ppm)	2	118
K(ppm)	371	29
P(ppm)	48	35
pH	7	10
Οργανική ουσία (Ο.Ο) %	1	30

Πίνακας 4.5. Μέσοι όροι και συντελεστές παραλλακτικότητας των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους (B, K, P) του pH και της οργανικής ουσίας για το έτος 2008 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

	Μέσος όρος	CV (%)
B(ppm)	2	86
K(ppm)	286	26
P(ppm)	77	38
pH	7	10
Οργανική ουσία (Ο.Ο) %	2	22

Πίνακας 4.6. Μέσοι όροι και συντελεστές παραλλακτικότητας των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους (B, K, P) του pH και της οργανικής ουσίας για το έτος 2009 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

	Μέσος όρος	CV (%)
B(ppm)	2	43
K(ppm)	212	18
P(ppm)	43	46
pH	7	6
Οργανική ουσία (Ο.Ο) %	2	22

Πίνακας 4.7. Μέσοι όροι και συντελεστές παραλλακτικότητας των στοιχείων Mg, NO₃-N, Zn, Mn, Fe και Ca για το έτος 2007 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

	Μέσος όρος	CV (%)
Mg (ppm)	157	35
NO₃-N (ppm)	35	172
Zn (ppm)	1	90
Mn (ppm)	21	52
Fe (ppm)	16	50
Ca (ppm)	1587	40

Πίνακας 4.8. Μέσοι όροι και συντελεστές παραλλακτικότητας των στοιχείων Mg, NO₃-N, Zn, Mn, Fe και Cu για το έτος 2008 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

	Μέσος όρος	CV (%)
Mg (ppm)	171	33
NO₃-N (ppm)	7	216
Zn (ppm)	1	125
Mn (ppm)	17	34
Fe (ppm)	18	40
Cu (ppm)	9	56

Στους πίνακες 4.9., 4.10 και 4.11 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις μεταξύ της παραγωγής των τεσσάρων χρόνων και των εδαφικών χαρακτηριστικών. Για να είναι σημαντική η συσχέτιση θα πρέπει ο r παράγοντας (σημαντικότητα) να είναι μικρότερος ή ίσος του 0,05. Γενικά, είναι εμφανές ότι στον αγρό και για τα τρία χρόνια δεν υπάρχουν σημαντικές συσχετίσεις. Στον πίνακα 4.9 για το έτος 2007 οι σημαντικότερες συσχετίσεις είναι αυτές μεταξύ του pH και του Mg (0,64), του pH και του NO₃-N (-0,61), και του Mg με το Ca (0,68). Στον πίνακα 4.10., για το έτος 2008 οι σημαντικότερες συσχετίσεις είναι αυτές μεταξύ της άμμου με την άργιλο (-0.67), του pH με το Mg (0,67) και του pH με τον Fe (-0,66). Στον πίνακα 4.11. για το έτος 2009 οι σημαντικότερη συσχέτιση είναι αυτή μεταξύ της οργανικής ουσίας και του P (0,35).

Πίνακας 4.9. Συσχέτιση της παραγωγής και των εδαφικών χαρακτηριστικών για το έτος 2007 στον πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

	yield2007	yield2008	yield2009	yield2010	άμμος07	ιλύς07	άργιλος07	pH07	O.O07	Mg07	NO3-N07	P07	K07	Zn07	Mn07	Fe07	B07	Ca 07
yield 2007	1																	
yield2008	-0,08	1																
yield2009	0,2	0,01	1															
yield2010	-0,04	0,68	0,08	1														
άμμος07	-0,04	0,18	0,15	-0,004	1													
ιλύς07	0,17	-0,04	0,12	-0,16	-0,11	1												
άργιλος07	-0,9	-0,15	-0,25	-0,24	-0,06	0,38	1											
pH07	-0,05	0,09	-0,26	0,13	-0,01	0,14	0,04	1										
O.O07	-0,18	0,25	-0,11	-0,27	-0,06	0,27	0,2	0,14	1									
Mg07	-0,03	0,002	-0,37	-0,08	-0,06	0,27	0,38	0,64	0,26	1								
NO3-N07	-0,02	-0,13	0,09	-0,09	-0,06	-0,03	0,04	-0,61	-0,03	-0,21	1							
P07	0,12	0,11	0,1	0,17	-0,03	-0,09	-0,17	-0,13	-0,007	-0,13	0,15	1						
K07	0,11	-0,13	0,07	-0,06	-0,04	0,16	-0,22	-0,22	-0,04	-0,27	0,77	0,25	1					
Zn07	-0,05	0,09	0,17	0,21	0,21	-0,06	-0,16	-0,01	0,02	-0,18	-0,006	-0,009	0,16	1				
Mn07	-0,21	-0,13	0,61	-0,16	-0,06	-0,11	0,04	-0,16	-0,16	-0,23	0,24	0,03	0,02	0,03	1			
Fe07	0,04	0,002	0,22	0,02	0,15	-0,06	-0,11	-0,5	0,25	-0,38	0,19	0,04	0,05	0,08	0,25	1		
B07	-0,04	0,29	0,16	0,21	0,06	-0,24	0,12	-0,05	0,17	-0,03	-0,06	0,12	0,13	0,18	-0,07	0,08	1	
Ca 07	-0,1	0,29	-0,29	0,13	-0,1	-0,32	0,35	0,59	0,2	0,68	-0,19	-0,07	-0,19	-0,9	-0,29	-0,46	0,18	1

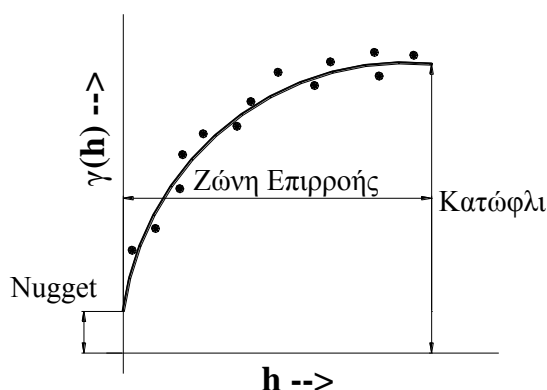
Πίνακας 4.10. Συσχέτιση της παραγωγής και των εδαφικών χαρακτηριστικών για το έτος 2008 στον πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

	yield2007	yield2008	yield2009	yield2010	άμμος08	ιλύς08	άργιλος08	pH 08	O.O.08	Mg08	NO3-N08	P08	K08	Zn08	Mn08	Fe08	B08	Cu08
yield2007	1																	
yield2008	-0,08	1																
yield2009	0,2	0,01	1															
yield2010	-0,04	0,68	0,08	1														
άμμος08	-0,81	0,18	0,21	0,31	1													
ιλύς08	0,23	-0,09	0,16	-0,11	-0,59	1												
άργιλος08	-0,12	-0,14	-0,4	-0,26	-0,67	-0,19	1											
pH 08	-0,16	-0,07	-0,07	0,05	0,03	0,15	0,08	1										
O.O.08	0,18	-0,07	0,02	-0,11	-0,006	-0,01	0,02	0,08	1									
Mg08	-0,09	-0,13	-0,21	-0,13	-0,23	-0,22	0,48	0,67	0,11	1								
NO3-N08	-0,08	-0,002	0,04	-0,08	0,03	0,03	-0,04	-0,32	0,22	-0,12	1							
P08	0,1	0,22	0,18	0,17	0,11	0,08	-0,21	-0,35	0,2	-0,24	0,1	1						
K08	0,01	-0,24	-0,08	-0,11	0,05	-0,18	0,1	0,16	0,2	-0,02	0,001	-0,1	1					
Zn08	-0,03	0,08	-0,03	-0,004	0,02	0,05	-0,07	0,08	0,13	0,03	0,04	0,02	-0,02	1				
Mn08	-0,1	-0,04	-0,05	-0,09	-0,14	-0,09	0,27	-0,24	0,28	-0,05	0,31	0,04	-0,3		1			
Fe08	0,08	0,005	0,15	-0,11	0,07	0,04	-0,12	-0,66	0,07	-0,43	0,18	0,45	-0,1	-0,18	0,13	1		
B08	-0,13	0,76	-0,12	-0,02	0,08	-0,11	0,005	0,03	0,08	-0,01	-0,03	0,05	0,05	0,82	-0,29	-0,05	1	
Cu08	-0,03	0,07	0,17	0,06	-0,14	0,5	-0,28	0,09	0,24	-0,16	0,22	0,16	0,07	0,14	0,03	-0,05	-0,05	1

Πίνακας 4.11. Συσχέτιση της παραγωγής και των εδαφικών χαρακτηριστικών για το έτος 2009 στον πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

	yield2007	yield2008	yield2009	yield2010	pH09	O.O.09	P09	K09	B09
yield2007	1								
yield2008	-0,08	1							
yield2009	0,2	0,01	1						
yield2010	-0,04	0,68	0,08	1					
pH09	-0,15	0,04	-0,14	0,17	1				
O.O.09	-0,27	-0,007	-0,17	-0,02	0,1	1			
P09	-0,13	0,11	-0,05	0,1	-0,15	0,35	1		
K09	-0,05	-0,27	-0,1	-0,27	0,07	0,13	0,14	1	
B09	-0,12	-0,07	-0,2	-0,16	0,1	0,23	0,09	0,27	1

Η παραγωγή και τα εδαφολογικά στοιχεία δείχνουν τις διαφορές που παρουσιάζουν στη χωρική τους κατανομή με την απεικόνιση σε βαριόγραμματα. Τα βαριόγραμματα μας δείχνουν πως αλλάζουν τα δεδομένα ανάλογα με την απόσταση. Με το βαριόγραμμα μπορεί να μελετηθεί η χωρική μεταβλητότητα των φυσικών παραμέτρων του εδάφους λαμβάνοντας υπόψη και τη χωρική τους θέση. (Τζιμόπουλος, 2000) Πολλές μεταβλητές εμφανίζουν «χωρική εξάρτηση» και υπάρχει ενδιαφέρον για τον τρόπο με τον οποίο σε διαφορετικά σημεία στον χώρο οι αποκλίσεις των παρατηρούμενων τιμών από την μέση τιμή συμμεταβολίζονται ή συσχετίζονται.



Καθώς το h μεταβάλλεται μια σειρά από τιμές $\gamma(h)$ εκτιμώνται δημιουργώντας το πειραματικό βαριόγραμμα.

Εξετάζοντας το σχήμα παρατηρούνται τα εξής:

- ❖ Καθώς οι τιμές του h αυξάνουν οι τιμές της $\gamma(h)$ αυξάνεται ασυμπτωτικά προς ένα ανώτερο όριο που ονομάζεται κατώφλι (sill).
- ❖ Η καμπύλη της $\gamma(h)$ αυξάνεται μέχρι να φτάσει στο κατώφλι, οπότε λαμβάνει την μέγιστη τιμή της σε μια απόσταση που ορίζει την ζώνη επιρροής (range), η οποία με τη σειρά της καθορίζει τον χώρο εντός του οποίου οι μεταξύ των τιμών διαφοροποιήσεις είναι χωρικά εξαρτημένες.
- ❖ Η εκτιμηθείσα καμπύλη $\gamma(h)$ δεν περνά από την αρχή των αξόνων αλλά τέμνει τον κάθετο άξονα σε ένα σημείο με θετική τιμή. Επομένως, θετική τιμή $\gamma(h)$ $h \rightarrow 0$ είναι μια εκτίμηση του ϵ , δηλαδή του μη χωρικού θορύβου ή υπόλοιπου, που είναι γνωστό ως nugget.
- ❖ Στην περίπτωση που παρατηρείται ένα βαριόγραμμα όπου οι τιμές των διασπορών είναι ευρέως διασκορπισμένες, αυτό δηλώνει καθαρά ότι η εκτίμηση της $\gamma(h)$ έγινε με τη χρήση ενός μικρού δείγματος.

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση των βαριογραμμάτων είναι το Vesper. Τα βαριογράμματα χωρίζονται σε σφαιρικά (spherical), γραμμικά (linear), και εκθετικά (pure nugget).

Στον πίνακα 4.12 παρουσιάζονται οι παράμετροι των βαριογραμμάτων της παραγωγής και των εδαφολογικών ιδιοτήτων σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι Μεσσηνίας. Στα γραμμικά βαριογράμματα (linear) αντιστοιχούν η παραγωγή του 2007, 2008 και 2010 καθώς επίσης η άμμος του 2007, η ιλύς του 2007 και 2008, η άργιλος του 2007, το pH του 2008 και του 2009, το μαγνήσιο του 2008, ο Φώσφορος του 2007, το κάλιο του 2007 και του 2008, το μαγγάνιο του 2007 και του 2008, ο σίδηρος του 2007 και το βόριο του 2008. Στα σφαιρικά βαριογράμματα (spherical) αντιστοιχούν η παραγωγή του 2009, η άργιλος του 2008, το pH του 2007, το μαγνήσιο του 2007, ο φώσφορος του 2008, το κάλιο του 2009 και το βόριο του 2007. Στα εκθετικά βαριογράμματα (pure nugget) αντιστοιχούν η άμμος του 2008, η οργανική ουσία του 2007, του 2008 και του 2009, ο φώσφορος του 2009, ο σίδηρος του 2008, το Βόριο του 2009 και ο χαλκός του 2008.

Το κλάσμα nugget:sill μας δείχνει την χωρική συσχέτιση. Όταν ο παράγοντας nugget:sill είναι μικρότερος από 25% τότε υπάρχει ισχυρή χωρική συσχέτιση, όταν ο παράγοντας nugget:sill είναι 25-75% τότε υπάρχει ασθενής χωρική συσχέτιση και τέλος όταν ο παράγοντας nugget:sill είναι μεγαλύτερος από 75% τότε δεν υπάρχει χωρική συσχέτιση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ότι μόνο ο Cu του 2008 έχει ισχυρή χωρική συσχέτιση. Ασθενή χωρική συσχέτιση έχουν η άμμος του 2008, το pH του 2008, το μαγνήσιο του 2007, ο φώσφορος του 2007 και ο σίδηρος του 2008. Τέλος καθόλου χωρική συσχέτιση δεν έχουν η οργανική ουσία του 2007, η οργανική

ουσία του 2009, ο φώσφορος του 2008, το μαγγάνιο του 2007 και του 2008 και το βόριο του 2007.

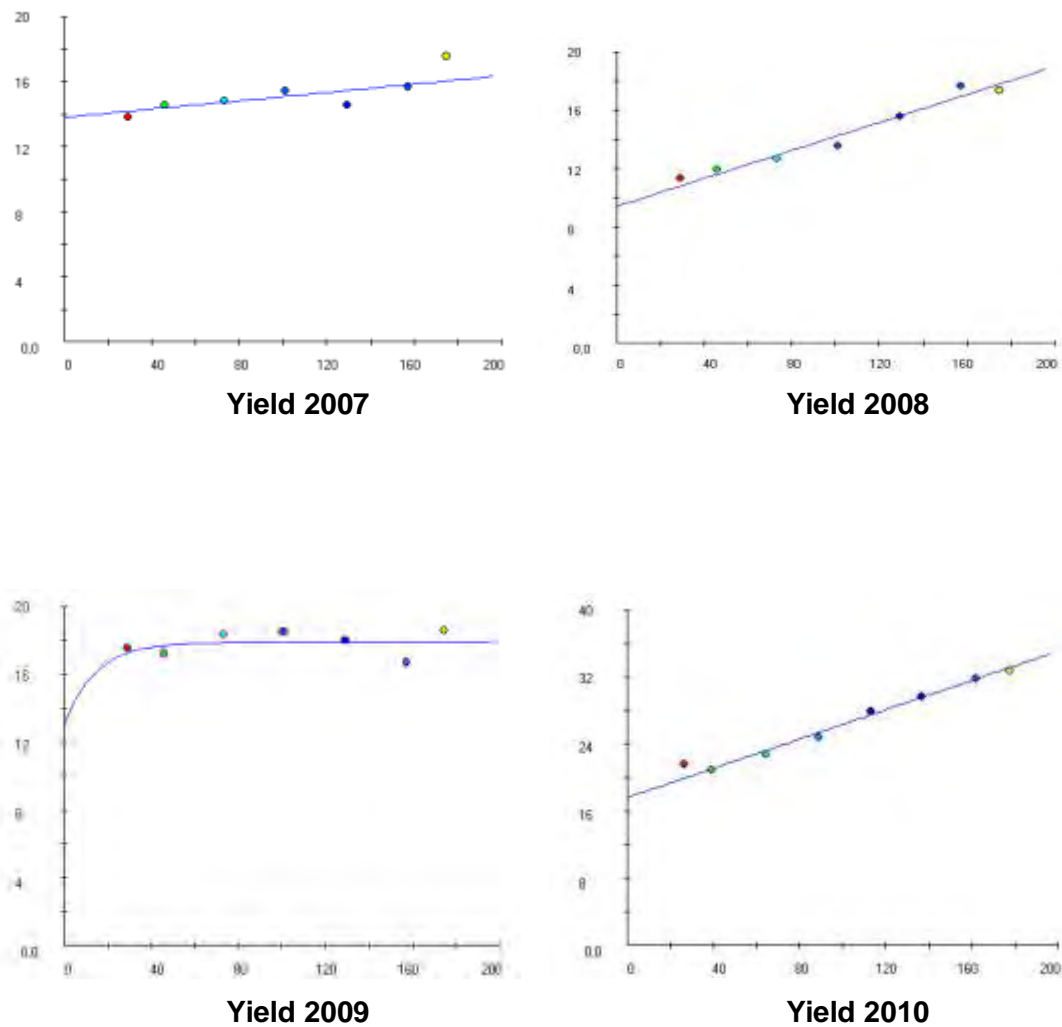
Επίσης, για τα παρακάτω βαριογράμματα η απόσταση που χρησιμοποιήθηκε είναι τα 200m , που είναι και η μέγιστη απόσταση του εύρους μεταξύ των τιμών. Για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων σε βαριόγραμμα χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι, η μέθοδος Kriging και η μέθοδος Inverse distance to a power. Η μέθοδος Inverse distance to a power χρησιμοποιήθηκε εκεί που δεν είχαμε κανονική κατανομή.

Πίνακας 4.12 Παράμετροι των βαριογραμμάτων της παραγωγής και των ιδιοτήτων του εδάφους στον πειραματικό αγρό της περιοχής Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

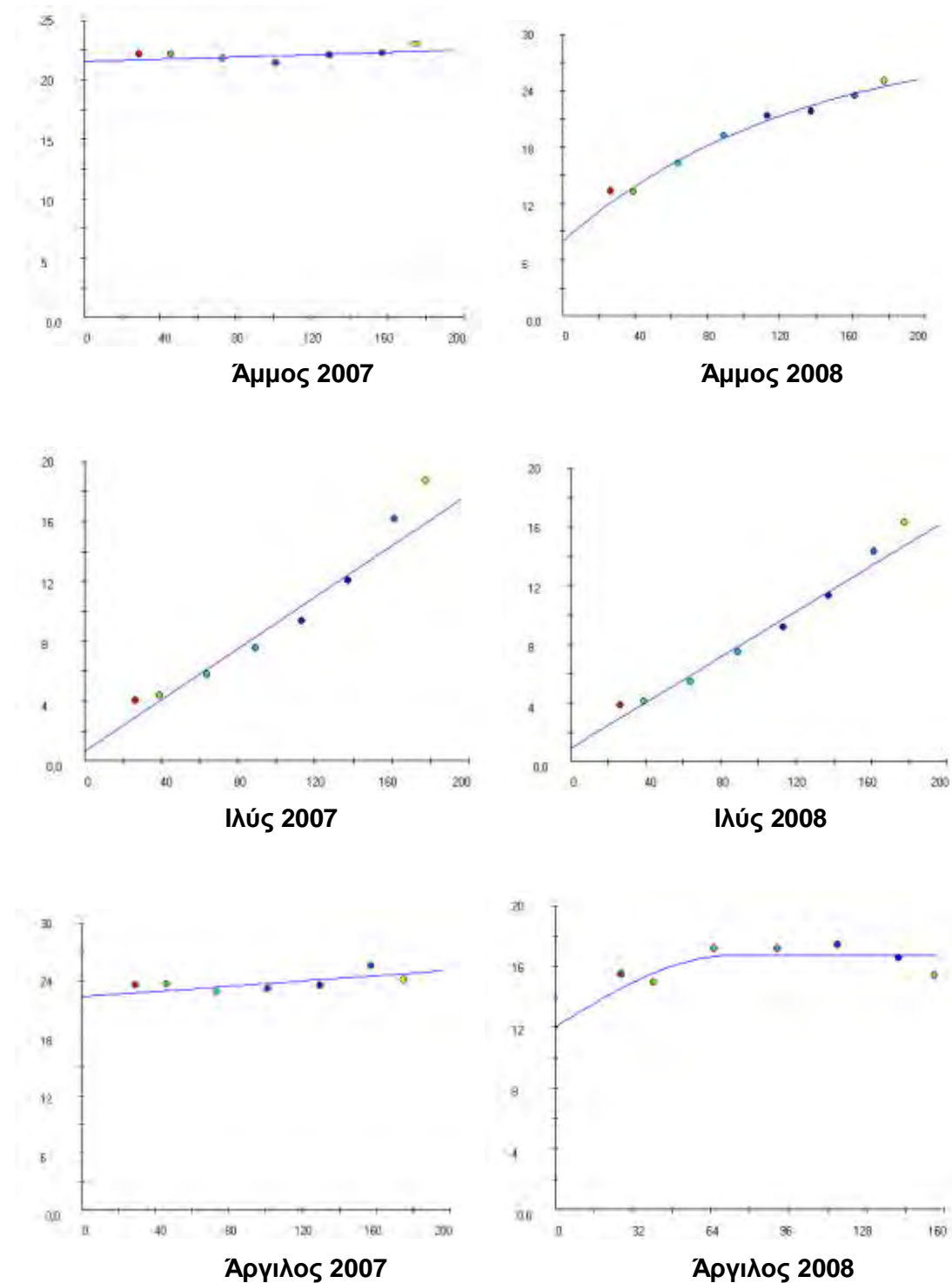
	nugget variance	nugget:sill (%) ratio	sill variance	Range (m)	Model	RMSE
Yield 07	13,8	-	-	-	Linear	0,7
Yield 08	9,3	-	-	-	Linear	0,4
Yield 09	13,5	-	4,6	24,6	Spherical	0,5
Yield 10	17,5	-	-	-	Linear	0,7
Άμμος 07	21,5	-	-	-	Linear	0,4
Άμμος 08	7,9	35	22,1	130	Nugget	0,6
Ιλύς 07	0,6	-	-	-	Linear	1,3
Ιλύς 08	0,8	-	-	-	Linear	0,7
Άργιλος 07	22,3	-	-	-	Linear	0,7
Άργιλος 08	12	-	4,7	73	Spherical	0,7
pH 07	0,22	-	0,2	50	Spherical	0,009
pH 08	0,26	37	0,69	97	Linear	0,02
pH 09	0,1	-	-	-	Linear	0,0002
O.O. 07	0,06	100	0,06	-	Nugget	0,002
O.O. 08	0,1	-	0,08	80	Nugget	0,004
O.O. 09	0,07	100	0,07	-	Nugget	0,003
Mg 07	1223	66	1845	58	Spherical	68
Mg 08	2039	-	-	-	Linear	131
P 07	230	-	-	-	Linear	11,7
P 08	431	100	431	54	Spherical	52
P 09	114	31	367	49	Nugget	21
K 07	10992	-	-	-	Linear	512
K 08	4848	-	-	-	Linear	88
K 09	1173	-	-	-	Spherical	78
Mn 07	103	100	103	-	Linear	17

Mn 08	27	100	22,48	-	Linear	1,4
Fe 07	58,9	-	0,64	-	Linear	8,6
Fe 08	24,7	50	48,5	117	Nugget	2,3
B 07	4,8	100	4,8	61	Spherical	0,58
B 08	3,3	-	-	-	Linear	0,4
B 09	0,33	-	0,28	-	Nugget	0,01
Cu 08	6,4	13	47,6	-	Nugget	0,7

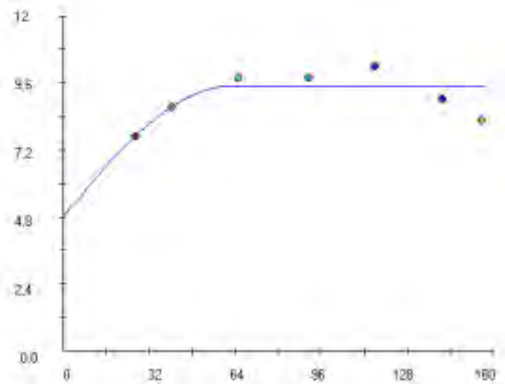
Εικόνα 4.1. Βαριογράμματα παραγωγής για τα έτη 2007, 2008, 2009, 2010 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.



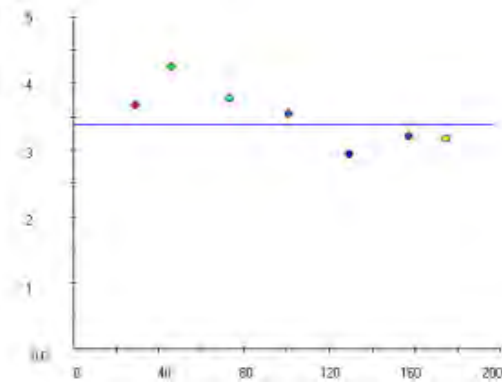
Εικόνα 4.2 Βαριογράμματα εδαφολογικών στοιχείων μηχανικής σύστασης του εδάφους (άμμος, ιλύς, αργίλου) για τα έτη 2007 και 2008 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.



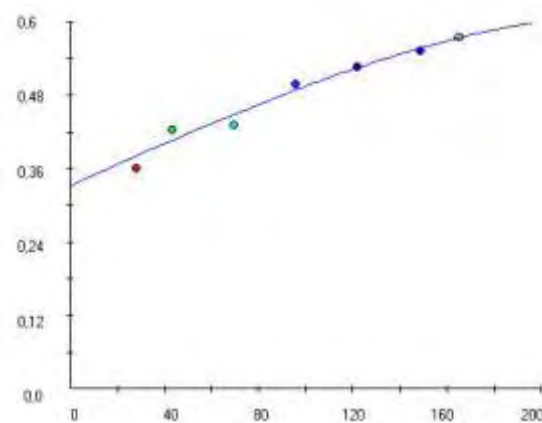
Εικόνα 4.3 Βαριογράμματα των θρεπτικών στοιχείων (B, K, P), pH και Οργανικής ουσίας για τα έτη 2007, 2008 και 2009 στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.



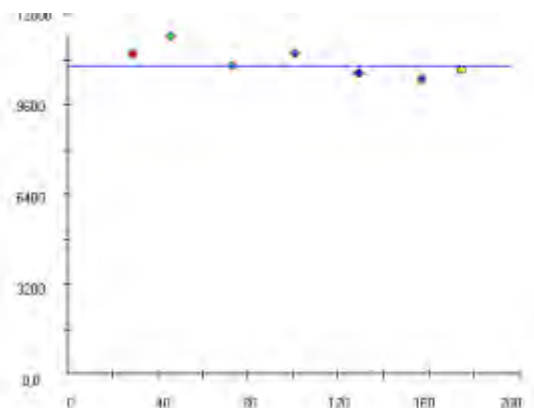
Βόριο 2007



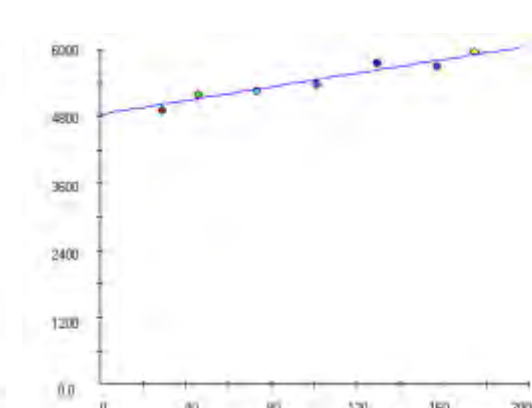
Βόριο 2008



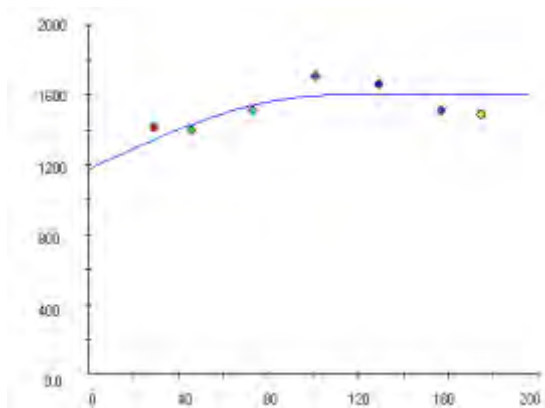
Βόριο 2009



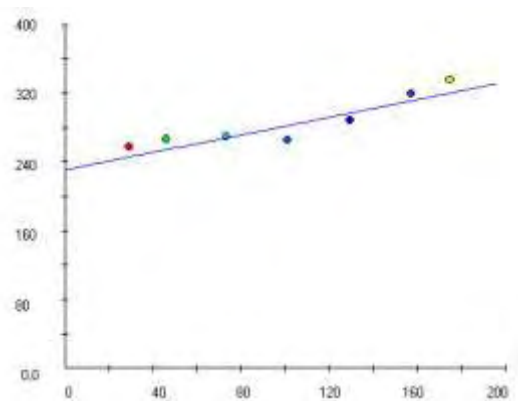
Κάλιο 2007



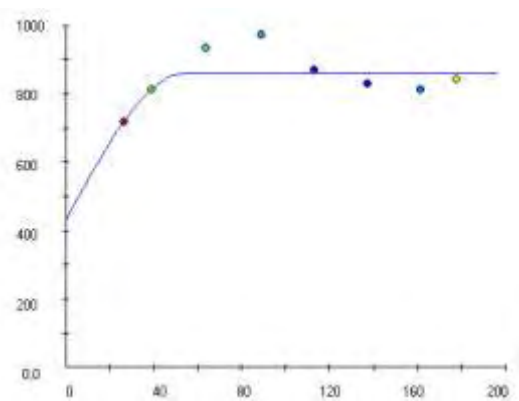
Κάλιο 2008



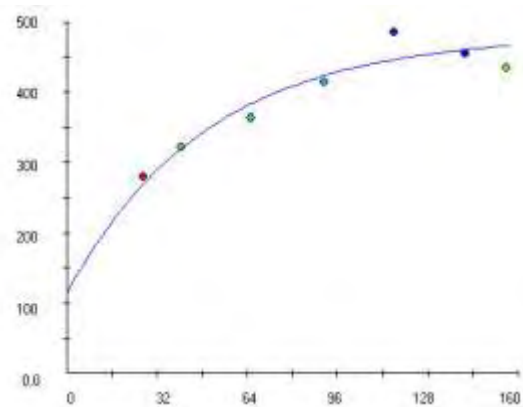
Κάλιο 2009



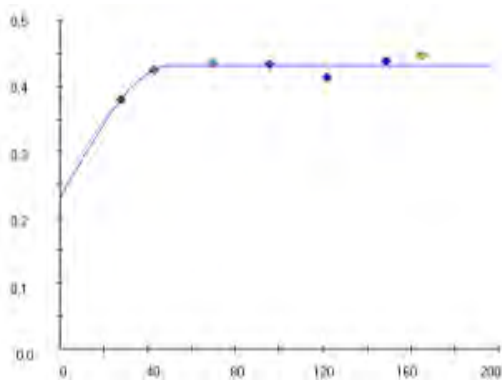
Φώσφορος 2007



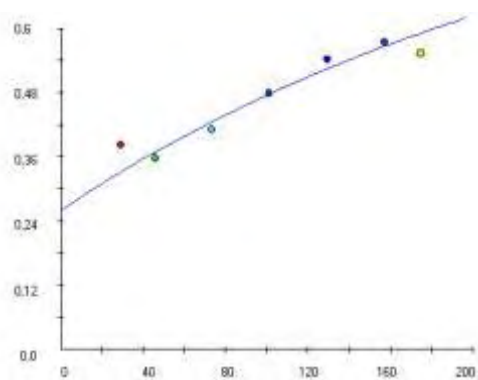
Φώσφορος 2008



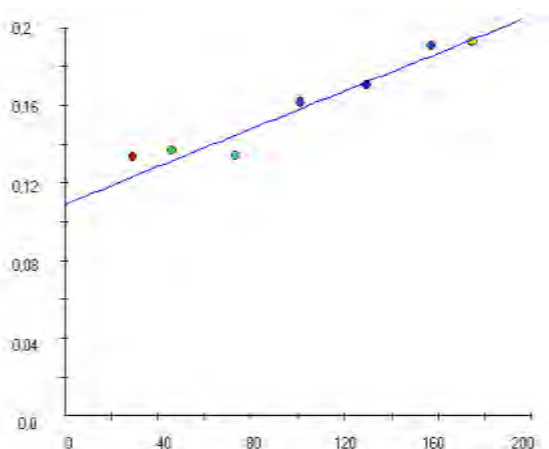
Φώσφορος 2009



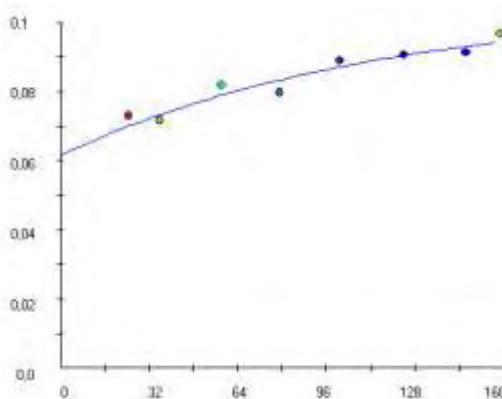
pH 2007



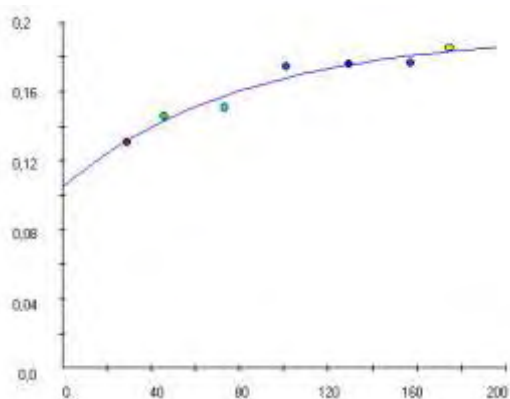
pH 2008



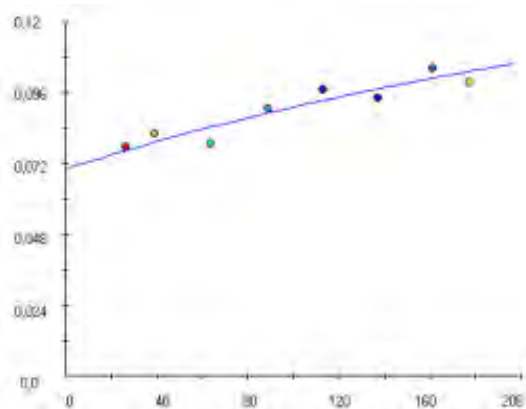
pH 2009



Οργανική ουσία 2007

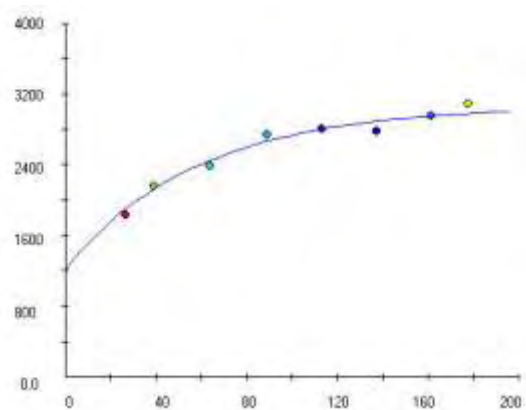


Οργανική ουσία 2008

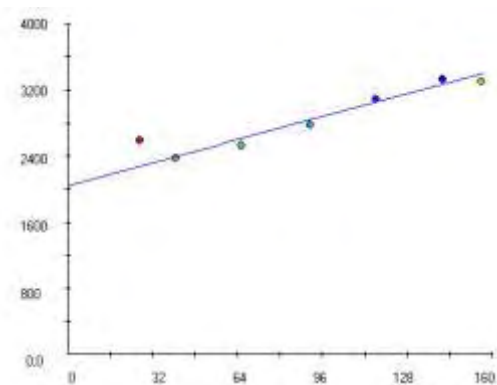


Οργανική ουσία 2009

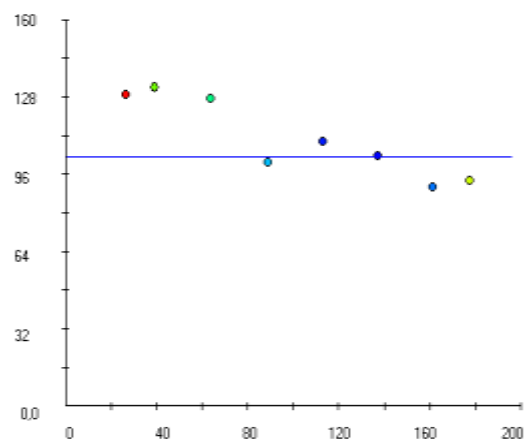
Εικόνα 4.4 Βαριογράμματα των στοιχείων Mg, Mn, Fe, Cu σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.



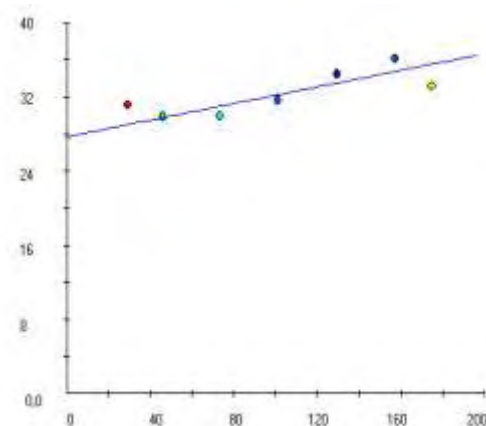
Μαγνήσιο 2007



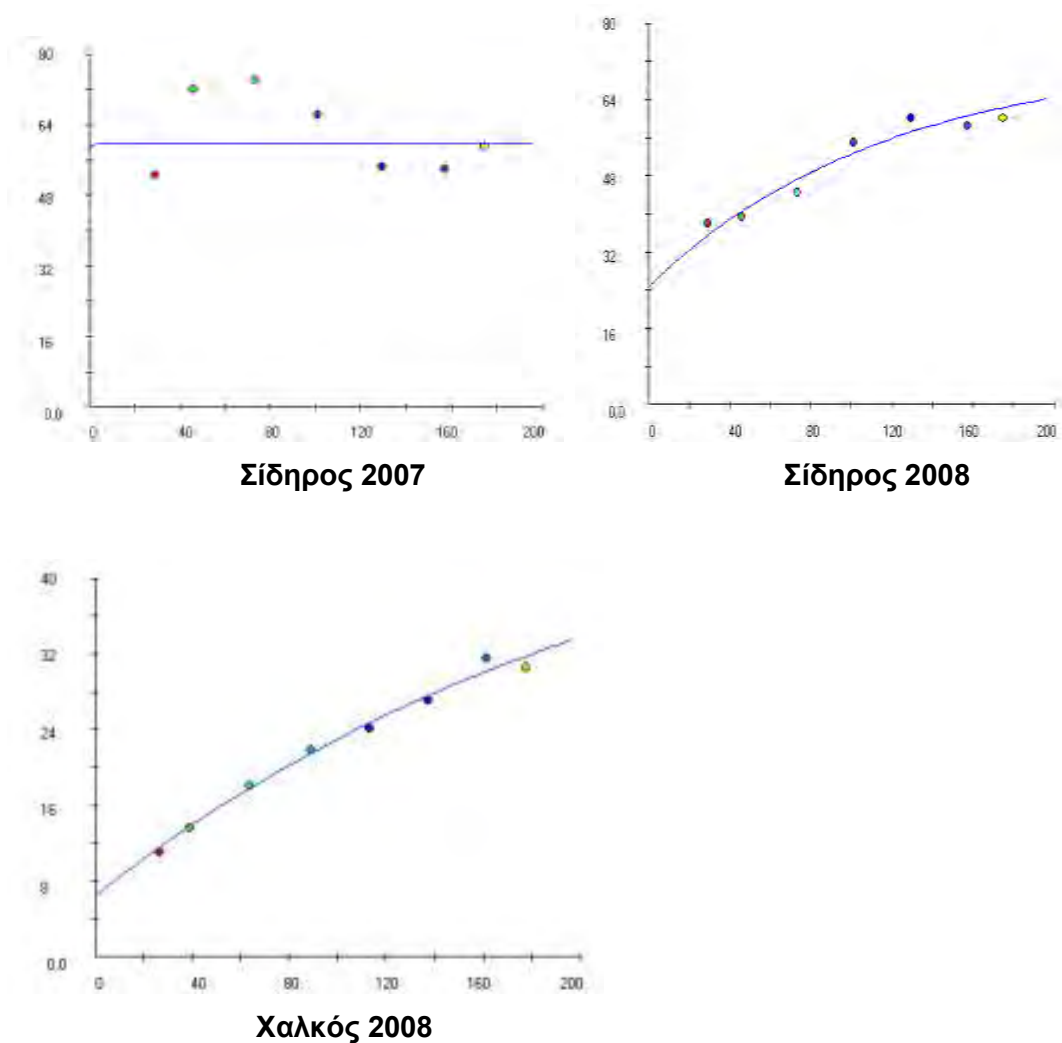
Μαγνήσιο 2008



Μαγγάνιο 2007



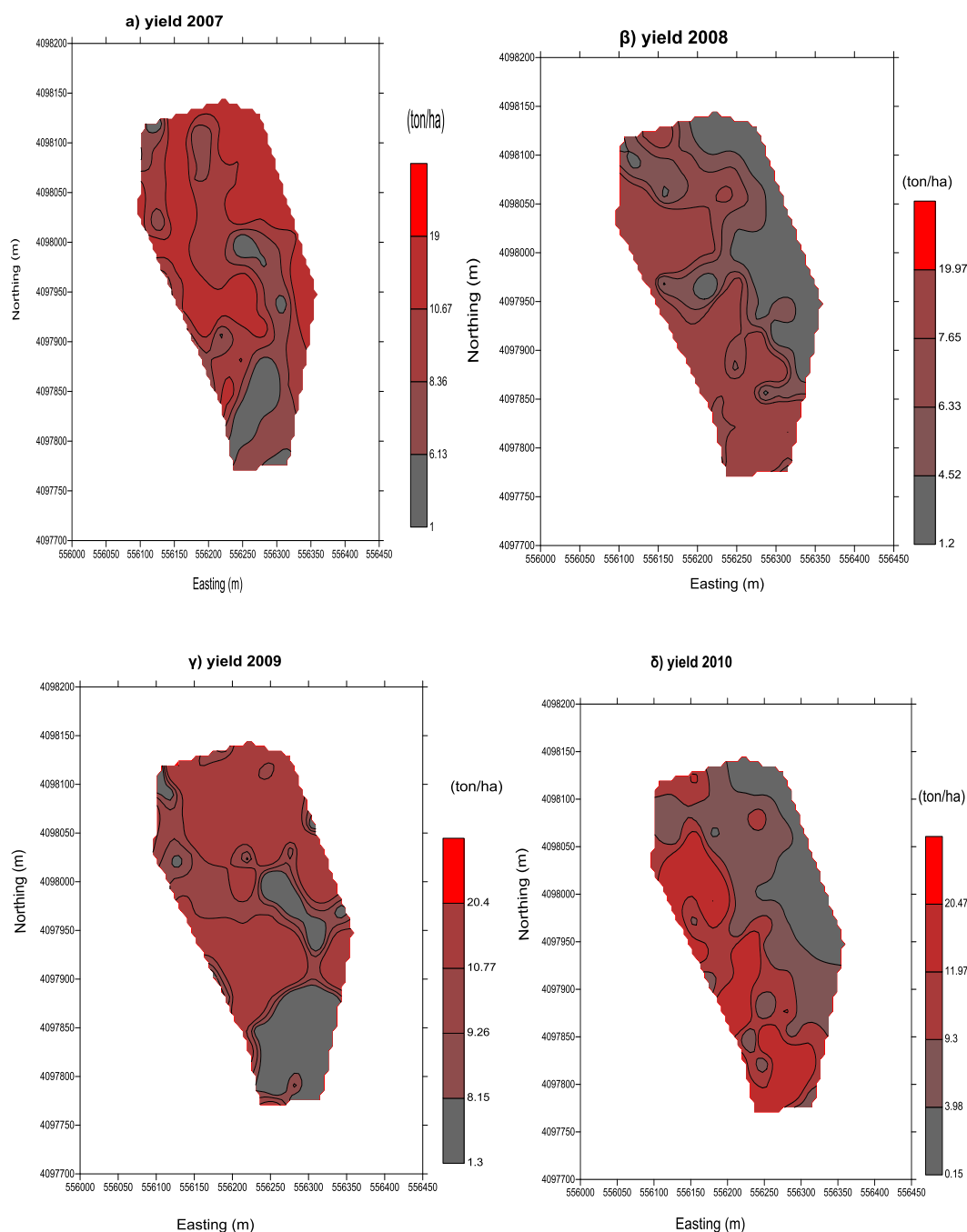
Μαγγάνιο 2008



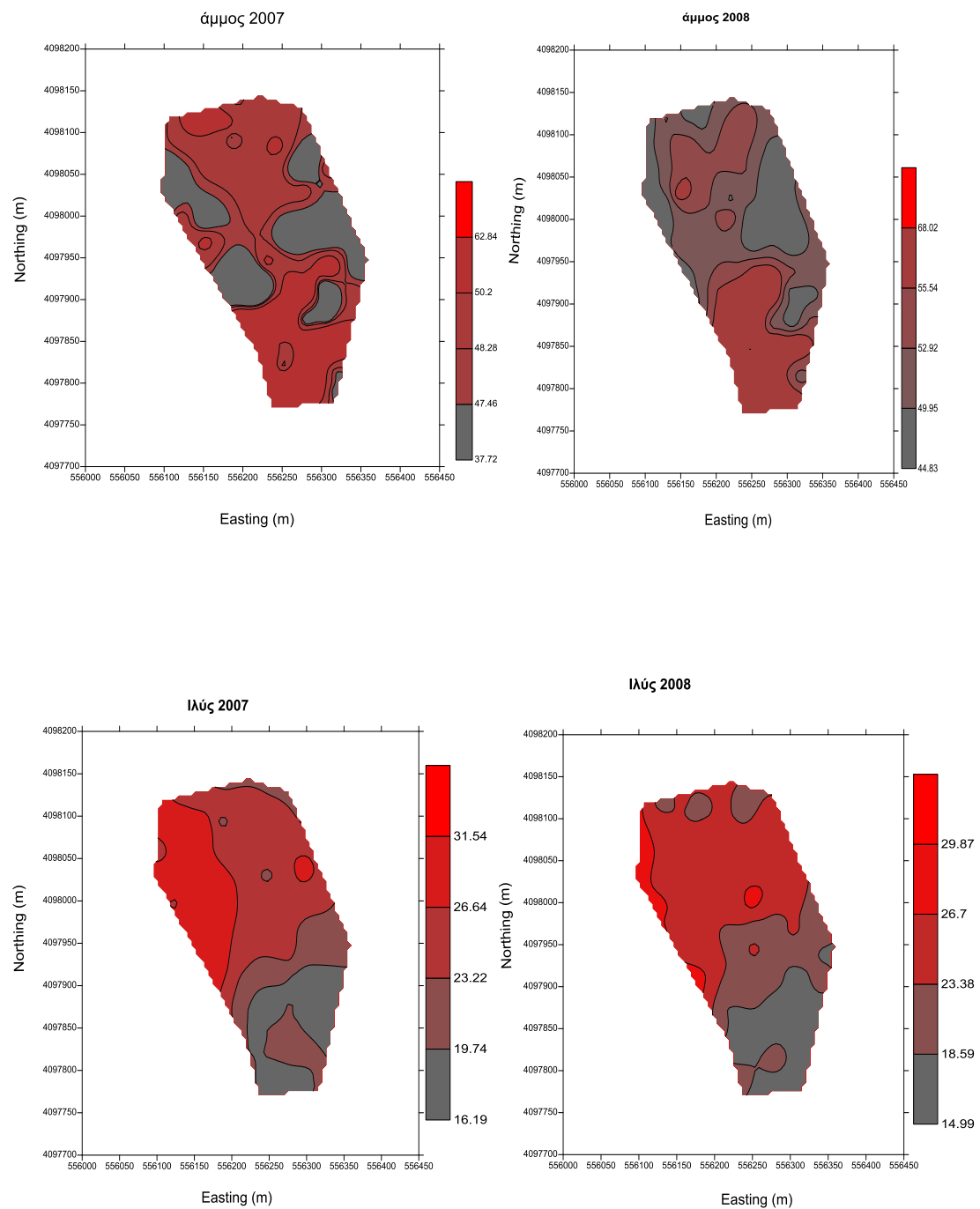
Στην εικόνα 4.5 παρουσιάζονται οι χάρτες παραγωγής για τα έτη 2007, 2008, 2009 και 2010. Από τους χάρτες παραγωγής μπορούμε να διακρίνουμε μια ομοιότητα ανά δύο έτη στην παραγωγή δηλαδή ο χάρτης του 2007 μοιάζει με τον χάρτη του 2009 καθώς και ο χάρτης του 2008 με τον χάρτη του 2010. Όπως φαίνεται υπάρχει μεγάλη χωρική παραλλακτικότητα στην παραγωγή για τα τέσσερα έτη του πειράματος. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι εκεί που η παραγωγή το 2007 είναι μικρή, το 2008 είναι μεγαλύτερη και το αντίστροφο. Επίσης σε σημεία που η παραγωγή είναι μικρή το 2009 είναι μεγαλύτερη το 2010 και αντίστροφα. Αυτό δικαιολογείται από την παρενιαυτοφορία στην ελιά. Άλλοι παράγοντες, όπως περιοχές με υψηλή υγρασία, ασθένειες των φύλλων, ζημιά από Βερτισιλλίο και από άλλες ασθένειες των ριζών δεν υπάρχουν και επίσης δεν υπήρχε καμιά μεταβολή στο κλάδεμα, την λίπανση ή την άρδευση πριν αρχίσει το πείραμα στον αγρό.

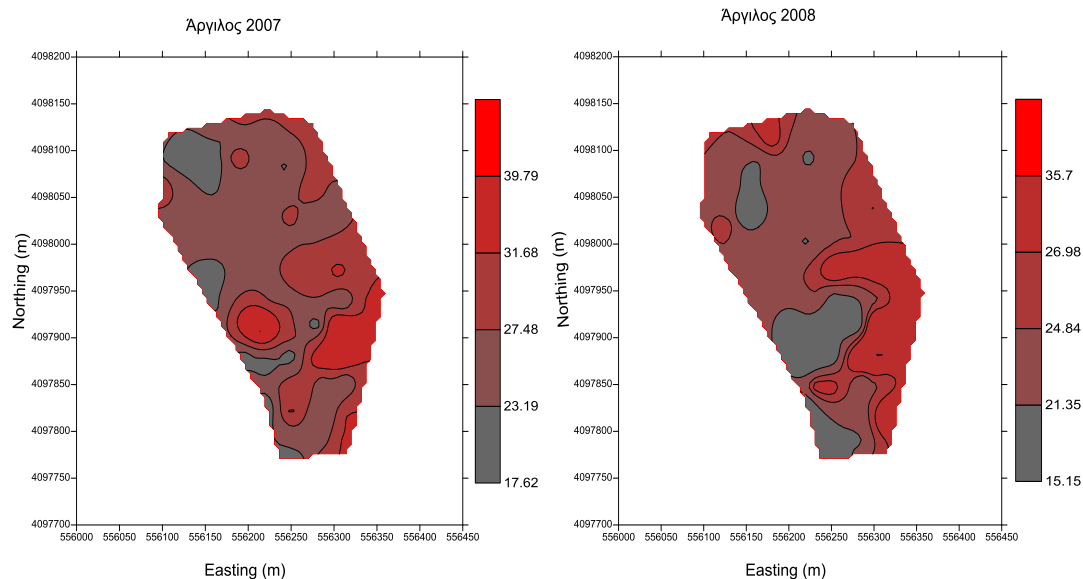
Από τους χάρτες παραγωγής διαπιστώνεται ότι το χωράφι παράγει πάνω από 8,5ton/ha που είναι και ο μέσος όρος της παραγωγής. Πόλυ λίγα μέρη του χωραφιού είναι αυτά που παράγουν κάτω από των μέσο όρο. Το κεντρικό τμήμα του χωραφιού είναι αυτό που δίνει την ψηλότερη παραγωγή σε σχέση με κάποια τμήματα της περιφέρειας που η παραγωγή είναι χαμηλότερη. Το 2009 είναι η χρονιά με την μεγαλύτερη παραγωγή όπως φαίνεται και από τον αντίστοιχο χάρτη.

Εικόνα 4.5 Χάρτες παραγωγής για την ελιά κατά τα έτη α) 2007, β) 2008, γ) 2009, δ) 2010 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον Νομό Μεσσηνίας.



Εικόνα 4.6 Χάρτης εδαφολογικών στοιχείων μηχανικής σύστασης του εδάφους (άμμος, ιλύς, άργιλος) για τα έτη 2007 και 2008 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.





Η ελιά όπως και όλα τα άλλα δέντρα για να αναπτυχτούν και να αποδώσουν ικανοποιητική παραγωγή, να περιορίσουν την παρεννιαυτοφορία όσο είναι δυνατόν, και να αποδώσουν καρπό ώριμο και με τα βέλτιστα οργανοληπτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά έχουν ανάγκη από:

- ❖ Επαρκή ποσότητα απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων. Η ποσότητα των στοιχείων που πρέπει να προστεθούν στο έδαφος κάθε ελαιώνα εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, τα διαθέσιμα αποθέματα, την ακολουθημένη πρακτική καλλιέργειας (κλάδεμα, άρδευση κ.τ.λ) και την παραγωγή του έτους. Έχει βρεθεί ότι κατά μέσο όρο 100 κιλά ελαιοκάρπου απομακρύνουν από το έδαφος 0,9 κιλά αζώτου (N), 0,2 κιλά φωσφόρου (P), 1 κιλό καλίου (K) και 0,4 κιλά ασβεστίου (Ca).
- ❖ Τα στοιχεία μέσα στο έδαφος πρέπει να είναι σε διαθέσιμη μορφή.
- ❖ Η άρδευση πρέπει να είναι επαρκής, διότι επιδρά θετικά όχι μόνο στη βλάστηση, ανθοφορία και καρποφορία αλλά κατ' επέκταση και στη αύξηση των αποδόσεων και στον περιορισμό της παρεννιαυτοφορίας.

Τα ιχνοστοιχεία όπως το Βόριο είναι απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία αλλά τα φυτά τα χρειάζονται σε πολύ μικρές ποσότητες. Στην εικόνα 4.7 στους χάρτες του Βορίου φαίνεται ότι δεν υπάρχει μεγάλη αλλαγή της επάρκειάς του μέσα στο χωράφι εκτός από το έτος 2007 που σε κάποιο σημείο παρουσιάζει κοντά στα 16ppm. Ο μέσος όρος του Βορίου και για τα τρία χρόνια είναι γύρω στα 2ppm.

Η ελιά χρειάζεται μεγάλη επάρκεια σε Κάλιο τόσο για τα φύλλα, τα κλαδιά και το ξύλο όσο και για τον καρπό. Στην εικόνα 4.7 στους χάρτες Καλίου παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη επάρκεια σε Κάλιο ήταν το έτος 2007 όπου η μεγαλύτερη τιμή έφτασε

περίπου τα 630ppm σε κάποιο σημείο του αγρού. Ο μέσος όρος του Καλίου με βάση τους χάρτες και για τις τρεις χρονιές ήταν τα 290ppm. Στον συγκεκριμένο αγρό γνωρίζουμε ότι εκεί που υπήρχε μεγάλη έλλειψη Καλίου εφαρμόστηκε 2 Kg λιπάσματος (K) ανά δέντρο, ενώ εκεί που η έλλειψη του Καλίου ήταν μικρή εφαρμόστηκε 1 Kg λιπάσματος (K) ανά δέντρο.

Οι ανάγκες της ελιάς σε Φώσφορο είναι μικρές. Στην εικόνα 4.7 στους χάρτες του Φωσφόρου την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε Φώσφορο την είχε το έτος 2008 όπου σε κάποιο σημείο έφτασε περίπου τα 160ppm. Ο μέσος όρος του Φωσφόρου και για τις τρεις χρονιές ήταν 60ppm κατά προσέγγιση. Στον συγκεκριμένο αγρό γνωρίζουμε ότι όπου υπήρχε έλλειψη Φωσφόρου εφαρμόστηκε 1Kg λιπάσματος (P) ανά δέντρο.

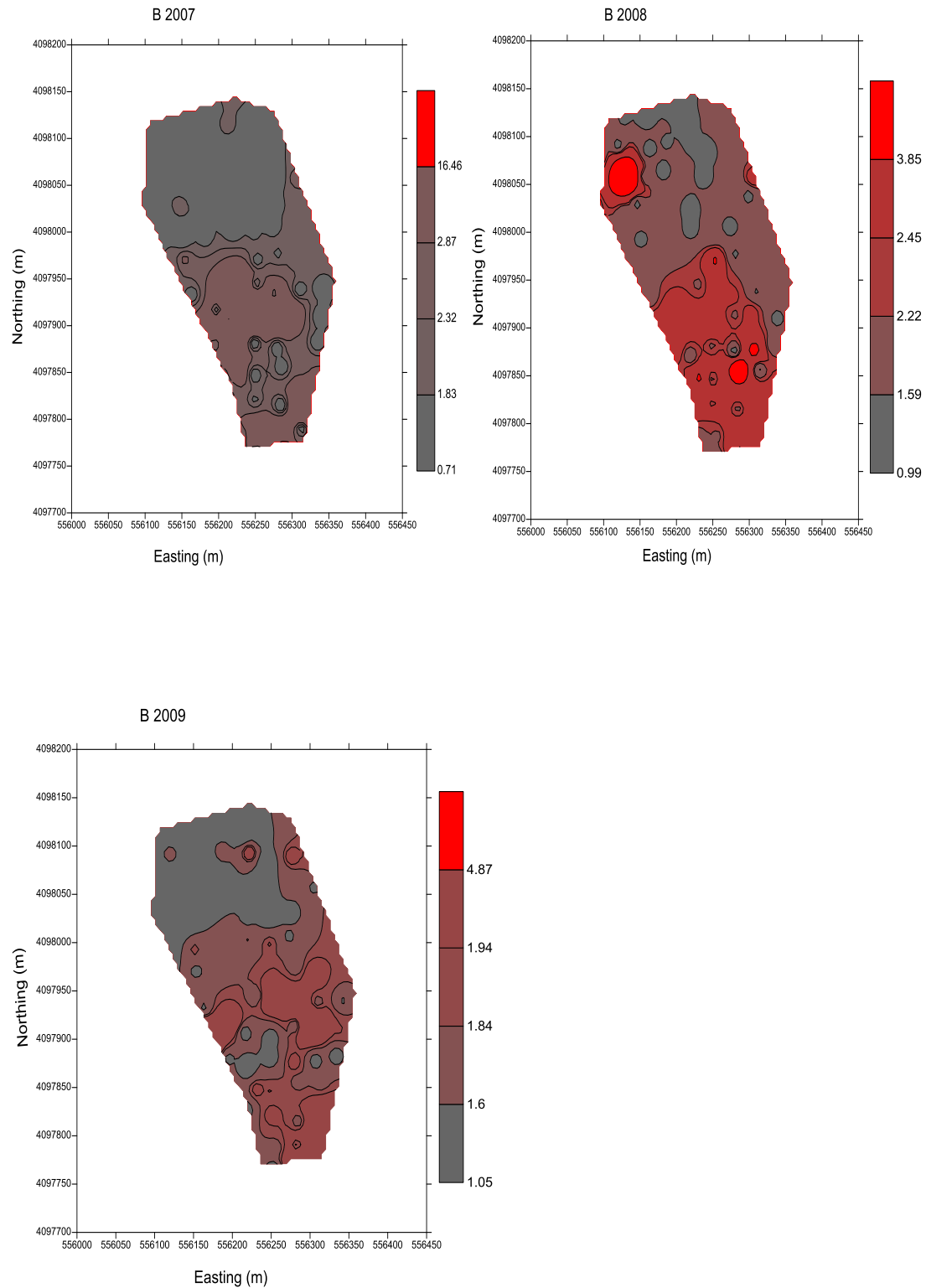
Το pH του εδάφους με την καλλιέργεια της ελιάς πρέπει να κυμαίνεται από 6 έως 8.5. Στην εικόνα 4.7 στους χάρτες με το pH παρατηρήθηκαν λίγες μόνο περιοχές με pH μικρότερο του 6 και για τα τρία χρόνια. Σε αυτές τις περιοχές για να αυξηθεί το pH εφαρμόστηκε ασβέστιο σε ποσότητα 5Kg ανά δέντρο.

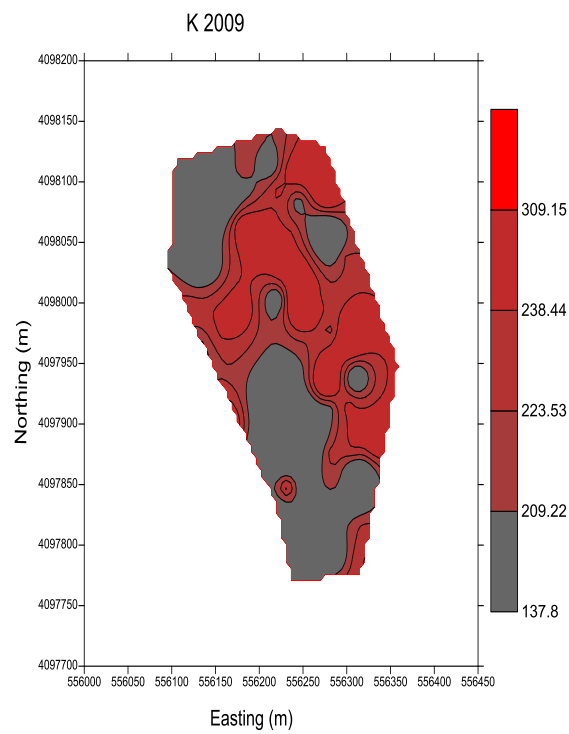
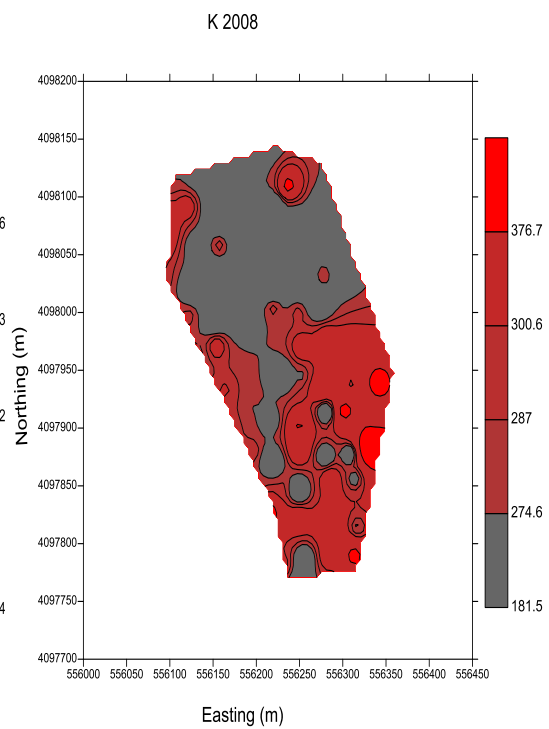
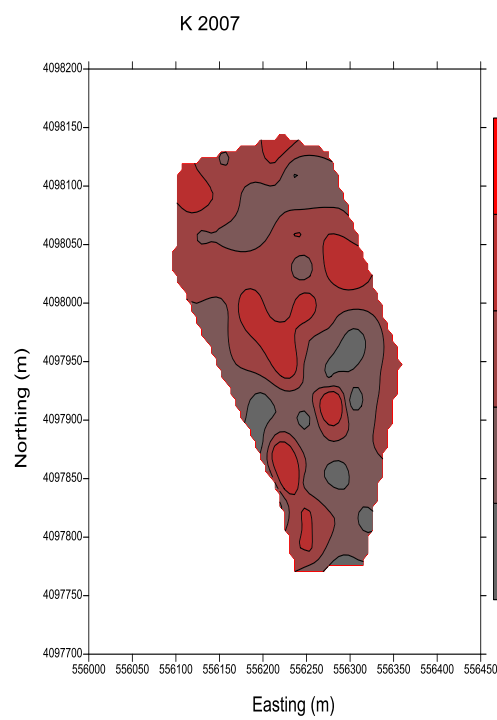
Η οργανική ουσία κατά τις διάφορες φάσεις της αποσύνθεσής της, και κυρίως σαν χούμος, δεν βελτιώνει μόνο τις εδαφικές συνθήκες (ρύθμιση pH, διατήρηση της υγρασίας κ.τ.λ.) αλλά ενεργοποιεί τους μικροοργανισμούς και την αφομοίωση των θρεπτικών συστατικών που υπάρχουν στο έδαφος. Με άλλα λόγια, δίνει ζωή στη γονιμότητα του εδάφους (Γρηγορίου, 2006). Στην εικόνα 4.7 στους χάρτες της οργανικής ουσίας φαίνεται η ομοιόμορφη κατανομή της. Δηλαδή, τα ποσοστά της και για τα τρία έτη κυμαίνονται από 1-3% με πολύ λίγα σημεία να έχουν κάτω από το 1%.

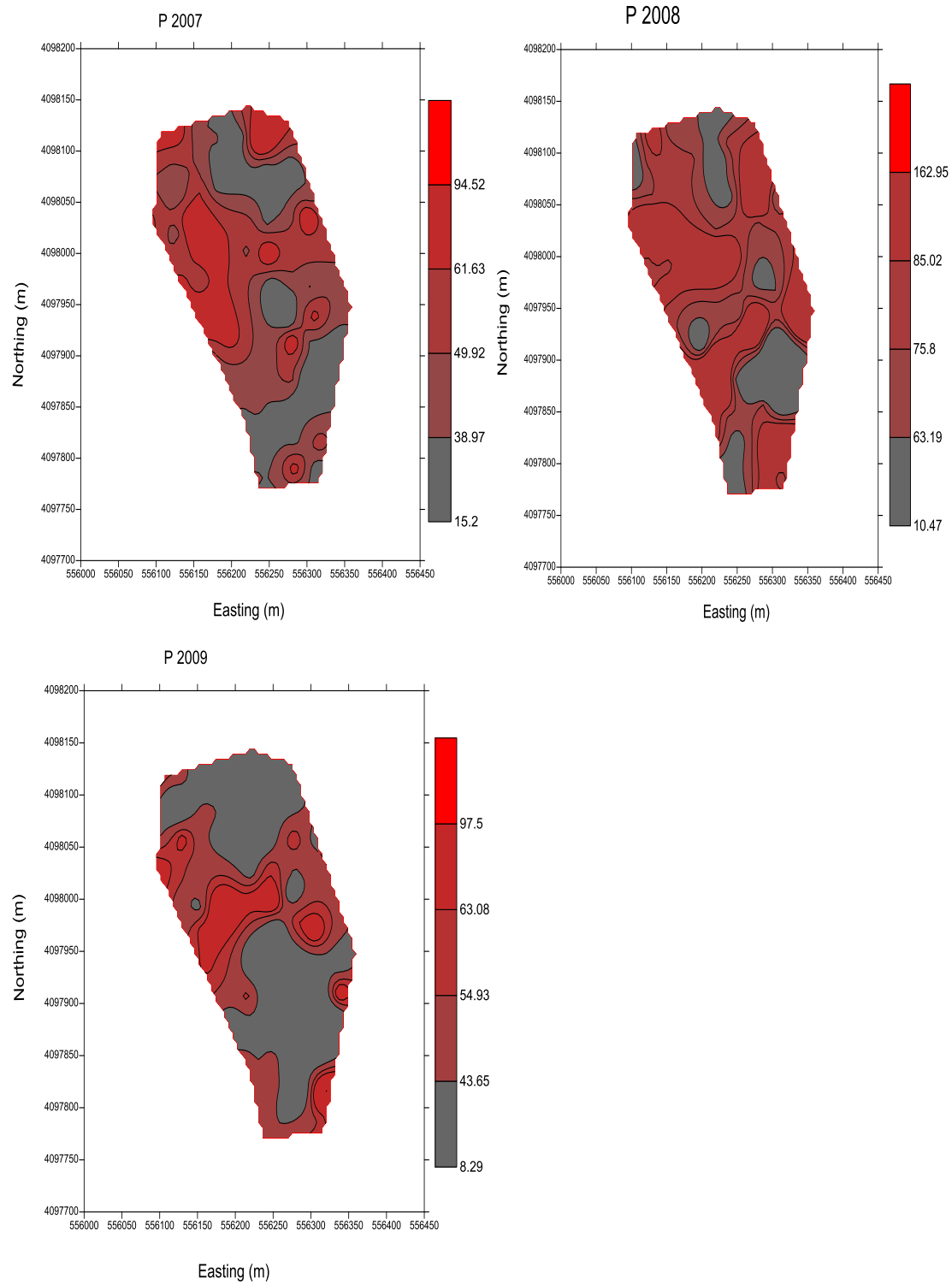
Στην εικόνα 4.8 παρουσιάζονται οι χάρτες του Μαγνησίου (Mg), του Μαγγανίου (Mg), του Σιδήρου (Fe) και του Χαλκού (Cu). Ο μέσος όρος του Μαγνησίου για το 2007 και το 2008 ήταν 160ppm και δεν σημειώθηκαν ιδιαίτερες μεταβολές στην περιεκτικότητά του για τις δύο χρονιές. Η περιεκτικότητα του Μαγγανίου μεταβλήθηκε σημαντικά από το 2007 στο 2008 με το έτος 2007 να παρουσιάζει σε κάποιο σημείο τιμή που έφτασε τα 60ppm, ενώ το 2008 η μεγαλύτερη περιεκτικότητα ήταν τα 34ppm. Ο Σίδηρος τόσο για το 2007 όσο και για το 2008 κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα, με μέσο όρο τα 17ppm.

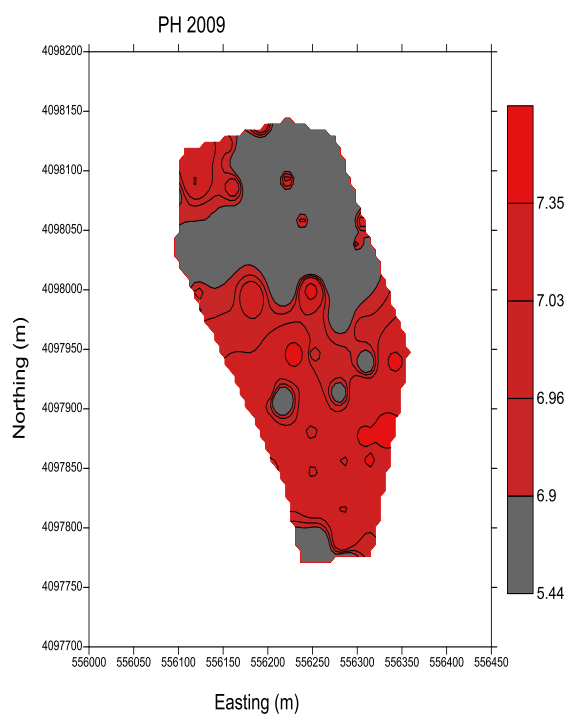
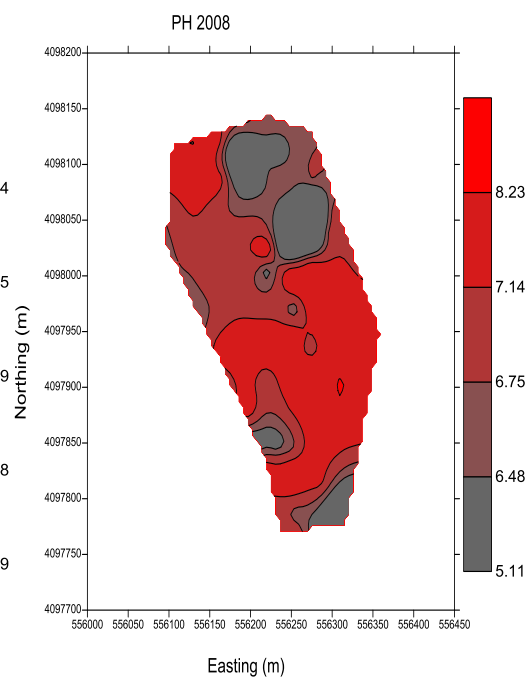
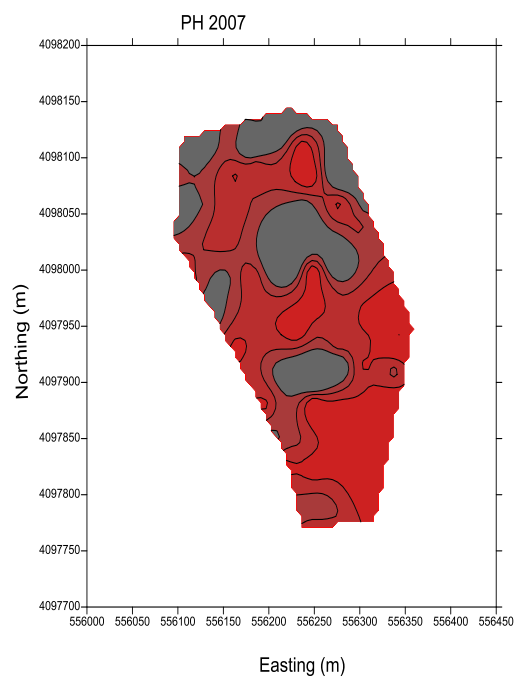
Στον συγκεκριμένο αγρό γνωρίζουμε ότι η άρδευση ήταν ίδια και για τα τρία έτη του πειράματος. Συγκεκριμένα, 2 τόνοι νερού ανά δέντρο εφαρμόστηκαν τον Ιούνιο, 1 τόνος νερού ανά δέντρο εφαρμόστηκε τον 2 φορές τον Ιούλιο και 1 τόνος νερού εφαρμόστηκε 2 φορές τον Αύγουστο.

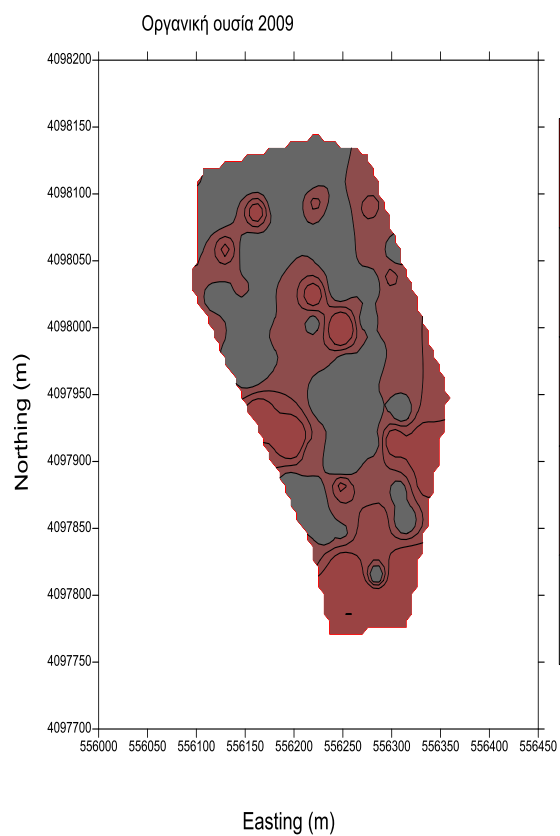
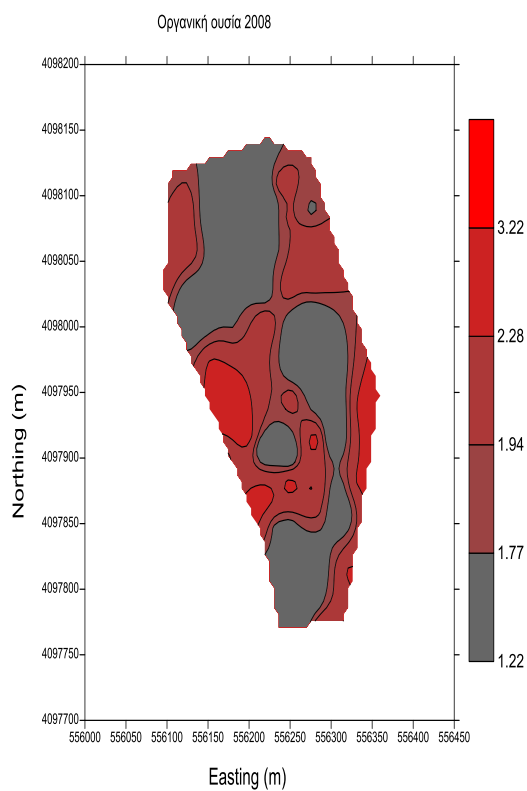
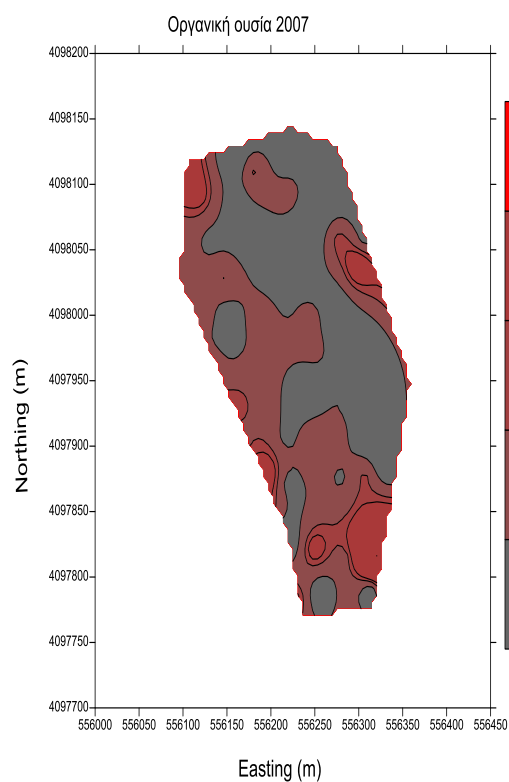
Εικόνα 4.7 Χάρτες ποσοστών των θρεπτικών στοιχείων (B, K, P), pH και Οργανικής ουσίας για τα έτη 2007, 2008 και 2009 στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.



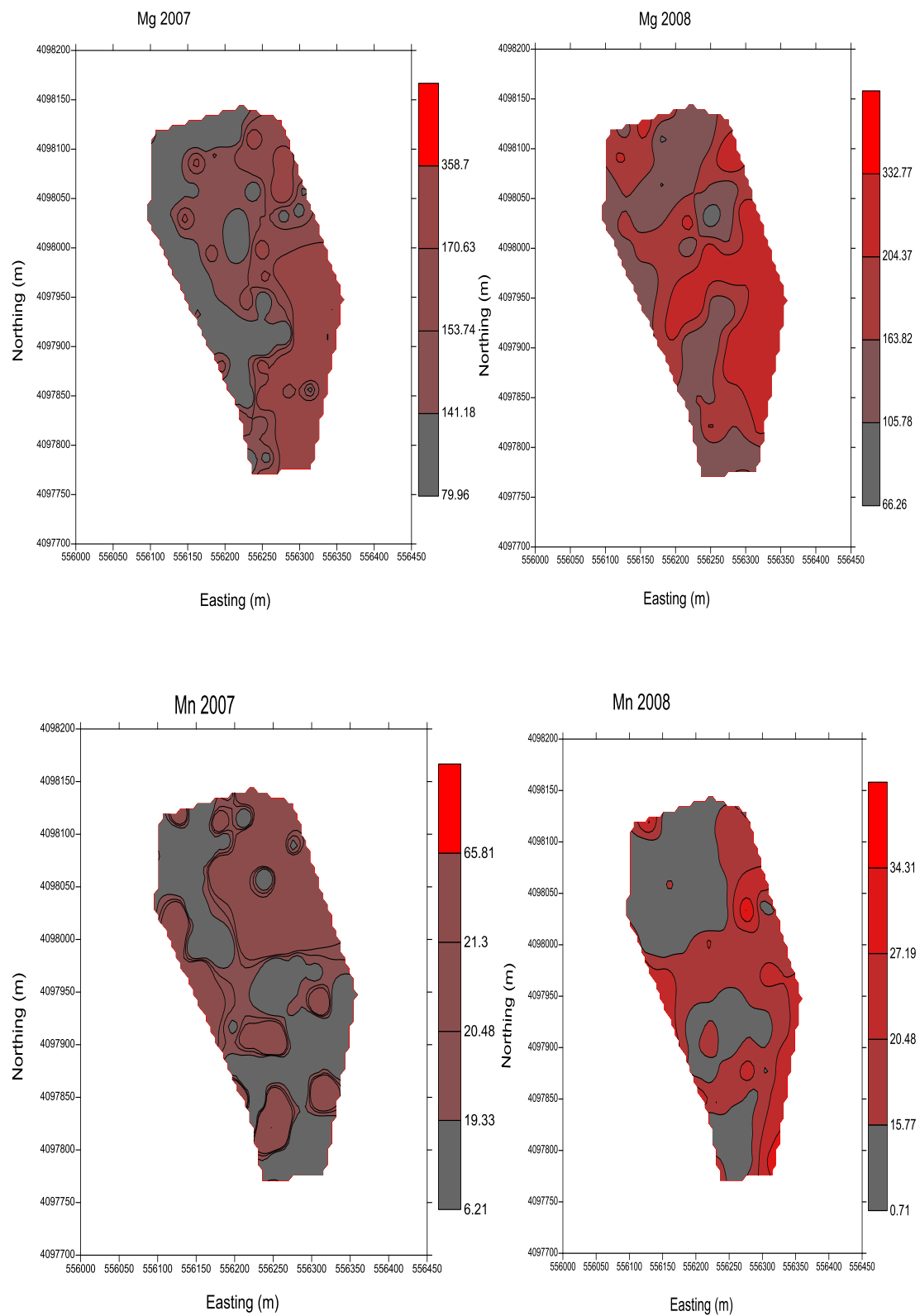


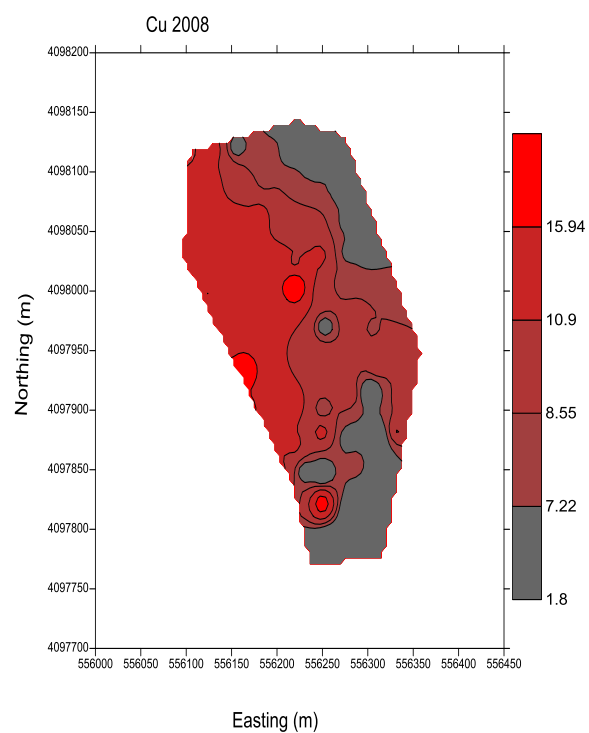
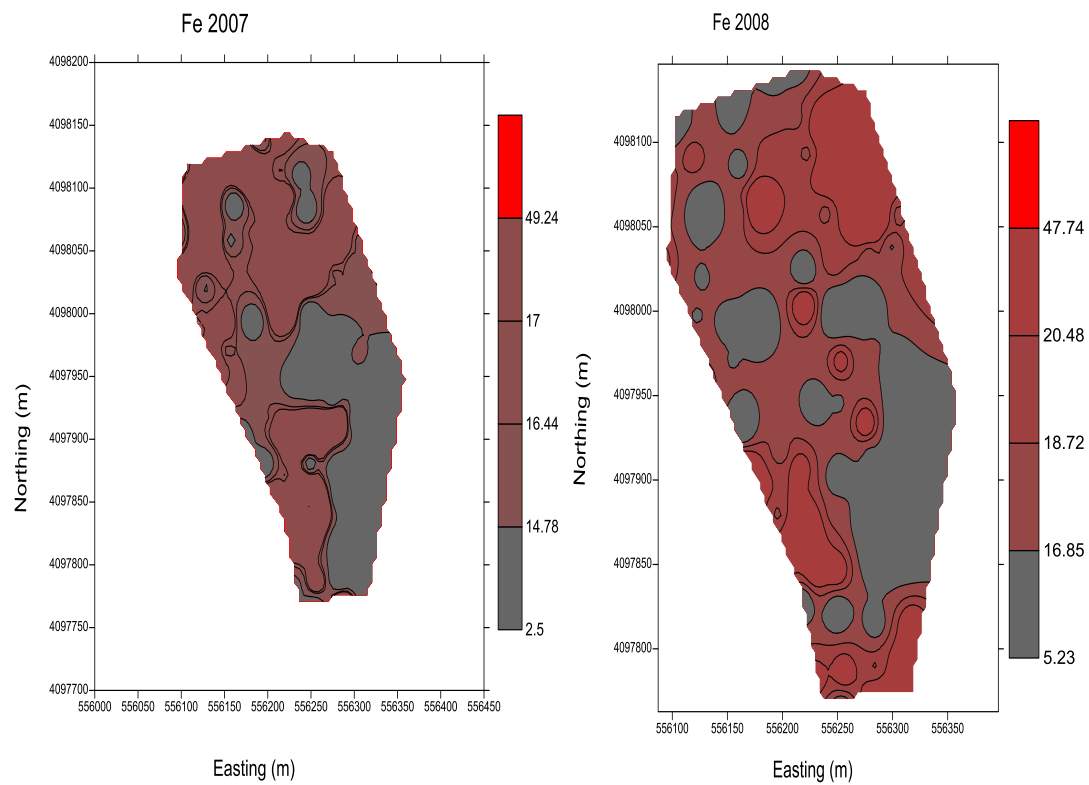






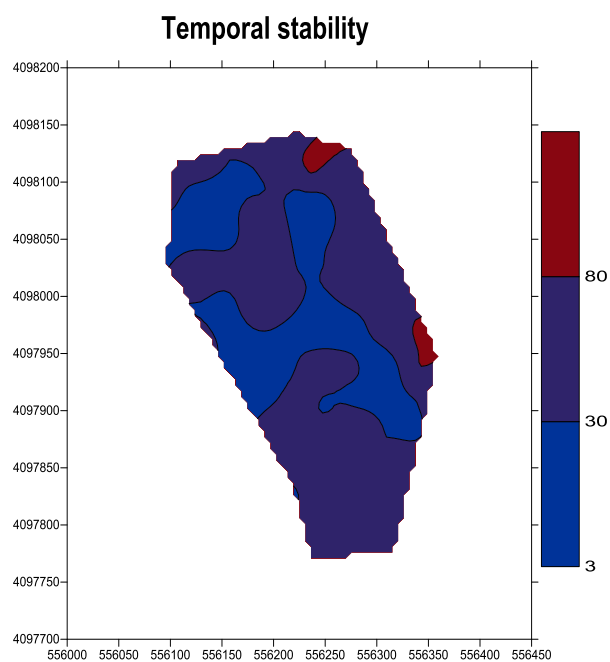
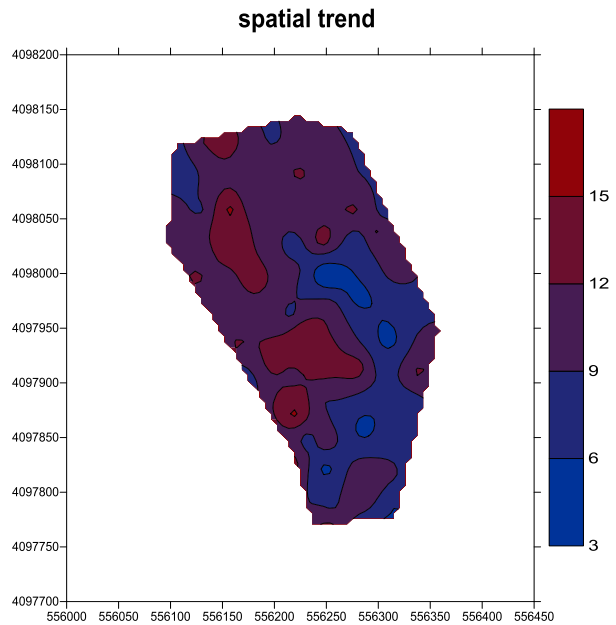
Εικόνα 4.8 Χάρτες ποσοστών των στοιχείων Mg, Mn, Fe, Cu σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.

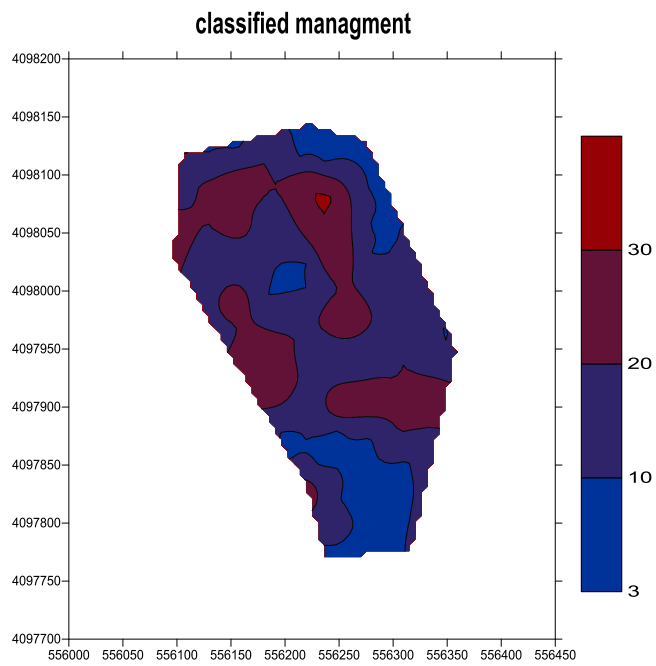




Στην εικόνα 4.9 παρουσιάζονται οι χάρτες χωρικής παραλλακτικότητας (spatial trend), χρονικής παραλλακτικότητας (temporal stability) και χωρο-χρονικής παραλλακτικότητας (classified management) για την ελιά για τα έτη 2007, 2008, 2009 και 2010 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας. Ο χάρτης χωρικής παραλλακτικότητας (spatial trend) μας δείχνει πως κατανέμεται η παραγωγή, δηλαδή ο μέσος όρος της παραγωγής, και για τα τέσσερα χρόνια. Όπως φαίνεται και από τον χάρτη η παραλλακτικότητα της παραγωγής είναι μεγάλη με τη δημιουργία πέντε διαφορετικών κλάσεων. Ο χάρτης της χρονικής παραλλακτικότητας (temporal stability) μας δείχνει πως κατανέμεται η παραγωγή ανάλογα με τον χρόνο και για τα τέσσερα έτη. Δημιουργήθηκαν δύο κλάσεις με ενδιάμεσο όριο το 30 όπου είναι και ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV). Όσα τμήματα βρίσκονται κάτω από το 30 θα έχουν σταθερή τάση, αυτό σημαίνει ότι θα παρουσιάζουν είτε υψηλή είτε χαμηλή παραγωγή. Όσα τμήματα είναι πάνω από το 30 είναι ασταθή. Το μεγαλύτερο μέρος του χάρτη φαίνεται να έχει ασταθή τάση. Αυτό είναι κατανοητό για την καλλιέργεια της ελιάς όπου παρουσιάζει το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας. Ο χάρτης της χωρο-χρονικής παραλλακτικότητας (classified management) μας δείχνει πως κατανέμεται η παραγωγή και των τεσσάρων χρόνων ανάλογα με τον χρόνο. Δημιουργήθηκαν τέσσερις κλάσεις από τις οποίες μπορούμε να καταλάβουμε ότι τότε η παραγωγή θα είναι υψηλή και τότε όχι. Γύρω στο 10 η παραγωγή θα είναι ασταθής (άλλοτε υψηλή και άλλοτε χαμηλή), γύρω στο 20 η παραγωγή θα είναι σταθερά χαμηλή και γύρω στο 30 η παραγωγή θα είναι σταθερά υψηλή.

Εικόνα 4.9 Χάρτες χωρικής παραλλακτικότητας (spatial trend), χρονικής παραλλακτικότητας (temporal stability) και χωρο-χρονικής παραλλακτικότητας (classified management) για την ελιά για τα έτη 2007, 2008, 2009 και 2010 σε πειραματικό αγρό στην περιοχή Γαργαλιάνοι στον νομό Μεσσηνίας.





Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα

Το μεγαλύτερο «πρόβλημα» στην καλλιέργεια της ελιάς είναι ότι παρουσιάζει το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας. Αυτό δημιουργεί μεγάλη δυσκολία στην συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής και των εδαφολογικών στοιχείων ώστε να μην μπορούν να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα. Τα προς ανάλυση στοιχεία προέρχονται από τέσσερα διαδοχικά έτη, όπου, όπως αναφέρθηκε και στα αποτελέσματα θα πρέπει να είναι περισσότερα για πιο ικανοποιητικά και αξιόλογα συμπεράσματα.

Η παραλλακτικότητα της παραγωγής στον αγρό είναι μεγάλη κάτι που προκύπτει και από τις μεγάλες τιμές που παίρνει και ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV). Την μεγαλύτερη απόδοση ανά δέντρο την είχε ο αγρός το 2009 σε σχέση με τα υπόλοιπα τρία έτη. Από άποψη μηχανικής σύστασης (Άμμος, Ιλύς, Αργίλος) τα εδάφη δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφορά από τον έναν χρόνο στον άλλον. Με βάση τους χάρτες των εδαφολογικών στοιχείων, του pH και της οργανικής ουσίας μπορεί να γίνει διαχωρισμός του οπωρώνα σε ζώνες διαχείρισης ακολουθώντας τις ισοϋψείς του κάθε χάρτη. Από τον χάρτη του Βορίου (B) φαίνεται η μεγάλη παραλλακτικότητα που παρουσιάζει το στοιχείο μέσα στον ελαιώνα. Η κατανομή του Καλίου (K) και του φωσφόρου (P) παρατηρούμε με βάση τους χάρτες ότι είναι ομοιόμορφη σε όλον τον ελαιώνα. Η περιεκτικότητα της οργανικής ουσίας φαίνεται να είναι μικρή στο κέντρο του ελαιώνα από ότι στην περιφέρεια. Το pH κυμαίνεται μεταξύ 6-8 στο μεγαλύτερο μέρος του αγρού, όπου είναι και το ιδανικό για μια καλή παραγωγή. Η ρύθμισή του μπορεί να πραγματοποιηθεί με την προσθήκη ασβεστίου μόνο στα σημεία του χάρτη που ήταν κάτω από 6.5 διότι οι περιοχές αυτές είναι πολύ λίγες. Η περιεκτικότητα σε Mg και Fe είναι παρόμοια και για τα δύο χρόνια δειγματοληψίας.

Τα βαριογράμματα μας δείχνουν πόσο γρήγορα μειώνεται η «επιρροή» των δειγμάτων με την απόσταση. Η χρησιμότητα των βαριογραμμάτων είναι ότι περιγράφουν την χωρική μεταβολή. Συγκεκριμένα μας παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη συσχέτιση μεταξύ των τιμών μιας τυχαίας συνάρτησης και των μεταξύ τους αποστάσεων στον χώρο. Συγκρίνοντας στις χωρικές κατανομές και τα βαριογράμματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δειγμάτων, εκτιμήθηκε η αποτελεσματικότητα του κάθε δειγματοληπτικού σχήματος όσον αφορά τη μελέτη της χωρικής κατανομής της παραγωγής και των εδαφολογικών ιδιοτήτων στο έδαφος. Τα βαριογράμματα είναι από τα βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στη ανάλυση και μοντελοποίηση της χωρικής μεταβλητότητας των περιφερειακών μεταβλητών.

Η συμβολή των χαρτών τάσης στη Γεωργία Ακριβείας είναι μεγάλη. Η συλλογή χαρτών παραγωγής ενός συγκεκριμένου αγροτεμαχίου μιας σειράς ετών μας δίνει τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε χάρτες τάσης της παραγωγής. Μέσω των χαρτών τάσης γίνεται η απόδοση των αποτελεσμάτων και επιτρέπεται από τον διαχειριστή (παραγωγό, γεωπόνο) η καλύτερη κατανόηση και ο μεγαλύτερος δυνατός έλεγχος των χειρισμών στον αγρό. Με την ανάγνωση των θεματικών χαρτών ολοκληρώνεται ένας κύκλος Γεωργίας Ακριβείας για την εφαρμογή των αποφάσεων. Οι χάρτες πλεονεκτούν για μεταβλητές που είναι σταθερές στα χρονικά πλαίσια μιας καλλιεργητικής περιόδου όπως η οργανική ουσία, η μηχανική σύσταση κ.α. Η χαρτογράφηση σε συνδυασμό με τα συστήματα τηλεπισκόπησης μπορεί να συμβάλει σε έγκαιρους ελέγχους και διορθώσεις παραγόντων της παραγωγής. Οι χάρτες παραγωγής είναι χρήσιμοι για την πρώτη προσέγγιση και κατανόηση της παραλλακτικότητας εντός των αγροτεμαχίων όμως και τα στοιχεία κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου είναι επίσης απαραίτητα. Σε αυτό μπορεί να συμβάλει η χρήση δορυφορικών εικόνων ή αεροφωτογραφιών σε κατάλληλο στάδιο όπου η συσχέτιση με την παραγωγή είναι υψηλή. Επίσης, τα δεδομένα της Γεωργίας Ακριβείας μπορούν να εισαχθούν σε μοντέλα ανάπτυξης καλλιεργειών, σε συνδυασμό με δεδομένα καιρού.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι ο παραγωγός θα πάρει σαφή συμπεράσματα για την ορθολογική χρήση λιπασμάτων και την εφαρμογή μεθόδων και τεχνικών που εντάσσονται στα πλαίσια της Γεωργίας Ακριβείας. Θα μπορεί να γνωρίζει για τις ανάγκες του κάθε τμήματος του σπρωώνα ξεχωριστά. Συμπερασματικά ο παραγωγός θα μπορεί να κάνει καλύτερη διαχείριση του αγροτεμαχίου πράγμα που αποσκοπεί σε ποιοτικότερη και αποδοτικότερη παραγωγή και χωρίς «σπατάλες».

Κεφάλαιο 6. Μελλοντική εργασία

Στην παρούσα εργασία έγινε η δημιουργία χαρτών τάσης στην Γεωργία Ακριβείας στην καλλιέργεια της ελιάς. Δημιουργήθηκαν χάρτες παραγωγής, χάρτες χωρικής, χρονικής και χωρο- χρονικής παραλλακτικότητας καθώς επίσης και βαριογράμματα. Η μελέτη ήταν για στοιχεία τεσσάρων χρόνων και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι θα μπορούσε να βελτιωθεί και να επεκταθεί και σε άλλους τομείς. Μερικά από αυτά που θα μπορούσαν να γίνουν είναι τα εξής:

- ❖ Συνέχιση της χαρτογράφησης της παραγωγής και τα επόμενα χρόνια στον οπωρώνα για να κατανοηθούν οι παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για την παραλλακτικότητα στην παραγωγή.
- ❖ Βελτίωση των εδαφολογικών χαρτών. Οι εδαφολογικοί χάρτες πρέπει να γίνουν καλύτεροι γιατί με αυτούς λύνονται πολλά προβλήματα στον οπωρώνα όπως η εφαρμογή αποτελεσματικής λίπανσης, η εφαρμογή της κατάλληλης άρδευσης, η επιλογή κατάλληλων μεθόδων καλλιέργειας κ.α.
- ❖ Δημιουργία χαρτών παραγωγής περισσότερων ετών για ασφαλέστερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Οι χάρτες παραγωγής είναι χρήσιμοι για την πρώτη προσέγγιση και κατανόηση της παραλλακτικότητας εντός των αγροτεμαχίων.
- ❖ Απαιτείτε διεύρυνση των δειγματοληψιών για τα στοιχεία του εδάφους για περισσότερα χρόνια για επέκταση της βάσης των δεδομένων ώστε να υπάρξουν ασφαλέστερα αποτελέσματα.
- ❖ Εκτίμηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για μια καλύτερη εικόνα στην γονιμότητα του οπωρώνα.
- ❖ Δημιουργία μοντέλων ανάπτυξης της καλλιέργειας σε συνδυασμό με δεδομένα καιρού. Οι προσπάθειες να ενσωματωθούν τα καιρικά στοιχεία στις εφαρμογές τεχνικές Γεωργίας Ακριβείας, ειδικά στα εργαλεία υποστήριξης απόφασης θα είναι εξαιρετικά σημαντικές στις προσπάθειες του να γίνουν κατανοητές οι αλληλεπιδράσεις των πολλών παραγόντων που επηρεάζουν την καλλιέργεια της ελιάς.
- ❖ Χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης. Σε αυτό μπορεί να συμβάλει η χρήση δορυφορικών εικόνων ή αεροφωτογραφιών σε κατάλληλο στάδιο, όπου η συσχέτιση με την παραγωγή είναι υψηλή.

- ❖ Δημιουργία ζωνών διαχείρισης. Η δημιουργία ζωνών διαχείρισης δίνει την δυνατότητα στον παραγωγό να διαφοροποιήσει τις εισροές. Άρα χρειάζονται δεδομένα όσο πιο πολλών χρόνων για την καλύτερη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης.
- ❖ Εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις. Μετά τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης είναι εύκολο να εφαρμοστούν και οι κατάλληλες εισροές (λιπάσματα, φυτοφάρμακα, άρδευση) στις αντίστοιχες ζώνες. Η έρευνα μπορεί να συνεχιστεί για να μελετηθούν τα μακροχρόνια αποτελέσματα των εισροών με μεταβλητές δόσεις στην παραγωγή.

Βιβλιογραφία

Α) Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Blackmore S., 1994. 'Precision Farming; an introduction', Outlook on Agriculture vol.23, No4, 275-280.

Blackmore, S., Godwin, R., Fountas, S. (2003). The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. Biosystems Engineering 84 (4), 455-466.

Bramley, R.G.V. (2002a). Progress in the development of precision viticulture-Variation in yield, quality and soil properties in contrasting Australian vineyards. CSIRO Australia. <http://www.csiro.au>.

Bramley, R.G.V. (2002b). Variation of the yield and quality of winegrapes and the effect of soil property variation in two contrasting Australian vineyards. CSIRO Australia. <http://www.csiro.au>.

Campbell, R.H., Rawlings, S.L., Han, S. (1994). Monitoring methods for potato yield mapping. ASAE paper 94-1584, ASAE, St Joseph, Michigan.

Fountas, S. (1998), Market research on the views and perceptions of farmers about the role of crop management within Precision Farming . M.Sc. thesis, Crandfield University, 1, 31, 12, 28, 32.

Garcia-Torres L., Pena-Barragan J.M., Lopez-Granados F., Jurado-Exposito M. and Fernandez-Escobar R., 2008. Automatic assessment of agro-environmental

indicators from remotely sensed images of tree orchards and its evaluation using olive plantations. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61, 179-191.

Gargouri K., Sarbeji M., Barone E., 2006. Assessment of soil fertility variation in an olive orchard and its influence on olive tree nutrition. Second international seminar 'Biotechnology and quality of olive tree products around the Mediterranean Basin.' Marsala-Mazara del Vallo, Italy 5-10 November.

Hofman, A.R., Penigrahi, S.,Gregor, B.,Walker, J. (1995). In field monitoring sugar beets ASAE paper 95-2114, ASAE, St Joseph, Michigan.

Karydas C., Sekuloska I. & Sarakiotis I., 2005. Fine scale mapping of agricultural landscape features to be used in environmental risk assessment in an olive cultivation area. *IASME Transaction*, 4, 582-589.

KvienC., Posknee S., 2000. Introduction to why management zone. National environmentally sound production agriculture laboratory (NESPAL). College of agricultural and environmental science, the University of Georgia.

Lopez-Granados F., Jurado-Exposito M., Alamob S. and Garcia-Torres L.,2004. Leaf nutrient spatial variability and site-specific fertilization maps within olive (*Olea europea* L.) orchards. *European journal of Agronomy*, 21, 209-222.

Pelletier, G, Upadyaya, K.S. (1999). Development of a tomato load/yield monitor. *Computers and Electronics in Agriculture* (23) 103-107.

Rains, G.C., Thomas, D.L., Perry, C.D. (2002). Pecan mechanical harvesting parameters for yield mapping *Transaction of the ASAE* Vol 45(2) 281-285.

Richard Fooks. Το βιβλίο της ελιάς, Αθήνα.

Sepulcre-Cantó G., Zarco-Tejada P.J., Jimenez Munoz J.C., Sobrino J.A., Soriano M.A., Fereres E., Vega V., Pastor M., 2007. Monitoring yield and field quality parameters in open-canopy tree crops under water stress. Implications for ASTER. Remote sensing and environment 107, 455-470.

Schellberg J., Hill M., Gerhards R., Rorthmund M. and Braun M. (2007). Precision agriculture on grassland: Applications, perspectives and constraints.

Stafford J.V (2000). Implementing Precision Agriculture in the 21st Century. J. Agr. Engng Res.(76) 267-275

Tomasson J.A., Penington, D.A., Pringle, H.C., Colombus, E.P., Tomson, S.J., Byler, R.K. (1999). Cotton mass flow measurements: Experiments with two optical devices. Appl. Eng in Agric. 15(1), 11-17.

Toulios, L. and Silleos, N., (1994). Diachronic Study of Crop Spectral Response in Central Greece, Proceedings of the ISSSR'94 - International Symposium on Spectral Sensing Research, 10-15 July, San Diego, California, USA, volume II, pp 821-835.

Velidis, G., Perry, C. D., Durrence, J. S., Thomas, D. L., Hill, R. W., Kwien, C. K., Rains, G. (2001). Field testing the peanut yield monitoring. In: Robert, P.C., Rust, R.

H., Larson, W. E (Eds). Proceedings of the Third International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis, USA, pp. 835-844.

Wilkerson J.B., Kirby, J.S., Hart, W.E., Woma, A.R. (1994). Real time cotton flow sensor. ASAE paper 94-1054, ASAE, St Joseph, Michigan.

Wilkerson J.B., Moody, F.H., Hart, W.E., Funk, P.A. (2001). Design and Evaluation of a Cotton Flow Rate Sensor. Transaction of the ASAE Vol 44(6), 1415-1420.

Β)Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

Αδριτσάνος Β., Πικριδάς Χ., Ρωσικόπουλος Δ., Τζιαβός Η. και Φωτίου Α., 1997. Προσδιορισμός υψομέτρων με το GPS για χαρτογραφικές εφαρμογές. 4^ο Εθνικό Συνέδριο Χαρτογραφίας: Χαρτογραφία και χάρτες στην ανάδειξη και προστασία του περιβάλλοντος. Καστοριά 16-17 Οκτωβρίου 1997.

Αγγελοπούλου Α., Blackmore S., Φουντάς Σ., Γέμτος Θ. και Νάνος Γ., 2007. Μελέτη χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας παραγωγής και ποιότητας σε σπωρώνες μηλιάς. 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, 18-20 Οκτωβρίου, Λάρισα. pp 858-867.

Αγρογή, 2008. Τα πάντα για γεωργία και κτηνοτροφία.
(<http://www.agrogi.eu/default.aspx?catid=240>)

Γέμτος, Θ., Φουντάς Σ., Μαρκινός Α., Αγγελοπούλου, Α., Χατζηνίκος Α., (2005). Εφαρμογές και προοπτική της Γεωργίας Ακριβείας στη Ελλάδα.

Γρηγορίου Κ., 2006. Εφαρμογή ορθών γεωργικών και περιβαλλοντικών πρακτικών στην ελιά. Συμβούλιο Ελαιοκομικών προϊόντων Λευκωσία.

Δημογέροντα Χριστίνα. Ελιά και ελαιόλαδο, 2012.

(https://docs.google.com/presentation/d/1fgxbu_BI7tehC2ONpQsWbXarTHOxHqvhRsGTHOx8CrE/present#slide=id.p46)

Θεριός Ι., 2005. Ελαιοκομία . Εκδόσεις Γαργατώνης, Θεσσαλονίκη.

Καπαγερίδης Ι., 2010. Εισαγωγή στην τηλεπισκόπηση και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Καρπουζάς Ηρακλής, 2008. Εφαρμογές Παγκόσμιου Δορυφορικού συστήματος Εντοπισμού θέσης (GPS).

Καρυδάς Χ.Γ. και Συλλαίος Ν.Γ., 2000. Γεωργία Ακριβείας: Περιγραφή της μεθόδου- Υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές. 2^ο ειδικό συνέδριο <<Πληροφοριακά συστήματα στον Αγροτικό τομέα>> της Ελληνικής Εταιρίας Επιχειρησιακών Ερευνών, Χανιά 10/2000.

Καρυδάς Χ.Γ., Συλλαίος Ν. Γ., (2000). Πεδία και τρόποι καταγραφής της παραλλακτικότητας στη γεωργία ακριβείας.

Κυριτσάκης Α., 2002. Το ελαιόλαδο, παραλαβή, ιδιότητες, ποιοτικές κατηγορίες. Γεωργία-Κτηνοτροφία, τεύχος 3/2002, Εκδόσεις Αγρότυπος σελ. 142-148.

Μαρκινός Α., Γεμπτός Θ., Τούλιος Λ., Πατέρας Δ., Ζέρβα Γ. και Παπαιοικονόμου Μ., 2003. Γεωργία ακριβείας στο βαμβάκι: συσχέτιση χαρτών παραγωγής και ηλεκτρικής αγωγιμότητας. 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, 29-31 Μαΐου 2003, Θεσσαλονίκη. pp. 222-225.

Ποντίκης Κ., 2000. Ειδική Δενδροκομία Ελαιοκομία. Τόμος Τρίτος. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα.

Ράππος Ε., Αγγελοπούλου Α., Παπαθανασίου Ι., Γέμπτος Θ., Νάνος Γ., 2005. Συμβολή στη Γεωργία Ακριβείας χαρτών παραγωγής και ποιοτικών χαρακτηριστικών δύο ποικιλιών μήλων. 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, 6-8 Οκτωβρίου 2005 Αθήνα. pp 403-405.

Στεριόπουλος Θεόδωρος, 2011. Εφαρμογή των δικτύων αισθητήρων στη Γεωργία Ακριβείας. (http://support.inf.uth.gr/vasi/upload/theodoros_stergiopoulou.pdf)

Τάνος Α., Αγγελοπούλου Α., Φουντάς Σ., Γέμπτος Θ., Νάνος Γ. και Χατζινίκος Α., 2007. Ζώνες διαχείρισης βάση χαρτών παραγωγής, ποιοτικών χαρακτηριστικών και ηλεκτρικής αγωγιμότητας. 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, 18-20 Οκτωβρίου, Λάρισα. pp 866-867.

Τζιμόπουλος Χ.Δ., Σακελλαρίου Μ., Γιαννόπουλος Σ.Ι., 2000. Μελέτη της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού στο Ύπαιθρο με στατιστικές και γεωστατιστικές μεθόδους. Εκδ. ΤΕΕ, τεύχος 1.

Τσιλβίτης Ιωάννης, 2009. Διεύρυνση της σύστασης του πτητικού κλάσματος της βρώσιμης ελιάς Θρούμπα Θάσου μετά από SPME δειγματοληψία. Θεσσαλονίκη, 2009.
(<http://invenio.lib.auth.gr/record/113784/files/TSILVITIS%20IOANNIS.pdf?version=1>)

Φτάκα Χ. Αλεξάνδρα, 2006. Η γεωργία ακριβείας ως εργαλείο γεωργικής πρακτικής για την αειφόρο ανάπτυξη.

Γ) Πηγές internet

Internet 1 : <http://www.nagref.gr/journals/ethg/images/44/ethg44p18-21.pdf>

Γεωργία ακριβείας : το μελλοντικό σύστημα παραγωγής αγροτικών προϊόντων . πρόγραμμα HYDROSENSE . Μια ερευνητική προσπάθεια στον ελληνικό χώρο. Δρ. Ελευθέριος Ευαγγέλου, εδαφολόγος / Δρ. Χρήστος Τσαντήλας, Τακτικός ερευνητής.

Internet 2:

Γέμτος, Θ., Φουντάς Σ., Μαρκινός Α., Αγγελοπούλου, Α., Χατζηνίκος Α. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.
(<http://www.precisionfarming.gr/dhmosieyseys/16.pdf>)

Internet 3.

(http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/648/kar_main.pdf?sequence=1)

Internet 4. <http://www.plant-management.gr/index.php?id=3644>

Internet 5. (http://www.ismc.gr/various/Prodiagrafes_edafologikon_meleton.pdf)

Δημογιάννης Δημήτριος, Τσαντίλας Χρήστος. Χαρτογράφηση εδαφών εδαφολογικές μελέτες : Αντικείμενο, Σημασία και Προδιαγραφές Σύνταξης.

Internet 6. (<http://www.nea.gr/popular/docs1/tria.pdf>)

Internet 7. Η καλλιέργεια της ελιάς.

(<http://teck-institute.gr/7EF3E3A3.el.aspx>)

Internet 8. : (<http://www.neagenia.gr/pdf>)

Internet 9. Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών Ρεθύμνης.
(http://www.easreth.gr/politismos-perivallon/Pikilies_elias.htm)

Internet 10. <http://basilakakis.gr/>λίπανση-ελιάς

