

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΑ ΣΙΤΗΡΑ**

Επιβλέπων καθηγητής:

**ΓΕΜΤΟΣ Α. ΘΕΟΦΑΝΗΣ**

Μεταπτυχιακός φοιτητής:

**ΧΛΩΡΟΣ Α. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2010**

## **ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΑ ΣΙΤΗΡΑ**

Θ. Γέμτος, Καθηγητής Γεωργικής Μηχανολογίας,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Κ. Κίπτας, Καθηγητής Γεωργικών Κατασκευών και  
Ελέγχου Περιβάλλοντος  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Σ. Φουντάς, Επίκουρος Καθηγητής Γεωργικής  
Μηχανολογίας  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε τέσσερα διαφορετικά αγροτεμάχια αραβοσίτου στην αγροτική περιοχή της Μυρίνης του Νομού Καρδίτσας έγινε προσπάθεια εφαρμογής γεωργίας ακριβείας. Είναι γνωστό ότι τα αγροτεμάχια έχουν μεγάλη παραλλακτικότητα ως προς τις ιδιότητές τους (παραγωγή, υγρασία σπόρων). Παρόλο, όμως, που ο παραγωγός γνώριζε ποια σημεία έχουν μεγαλύτερη παραγωγή, δεν μπορούσε να γνωρίσει το μέγεθος αυτής της παραλλακτικότητας. Με τη χρήση τεχνολογιών Γεωργίας Ακριβείας, την παραλλακτικότητα αυτή μπορεί πλέον να την ποσοτικοποιήσει, αλλά και να τη συσχετίσει με άλλες ιδιότητες (έδαφος).

Σε πρώτη φάση έγινε μέτρηση της παραγωγής, από όπου αποκτήθηκαν οι χάρτες παραγωγής. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης αγροτεμαχίου. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης είναι η ασαφής ομαδοποίηση κατά k-means (fuzzy k-means clustering). Ο αριθμός των ζωνών που χωρίστηκαν τα δύο πρώτα αγροτεμάχια είναι τρεις και τα υπόλοιπα δύο είναι πέντε.

Ακολούθησε μέτρηση του ποσοστού υγρασίας των σπόρων αραβοσίτου κατά τη συγκομιδή της καλλιέργειας. Όπως και κατά τη διαδικασία μέτρησης της παραγωγής, δημιουργήθηκαν χάρτες ποσοστού υγρασίας σπόρου για το κάθε αγροτεμάχιο και τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης.

Τέλος, συγκρίνεται το καθαρό κέρδος για τον παραγωγό σε κάθε ζώνη του εκάστοτε αγροτεμαχίου ξεχωριστά, σε ποσοστό επί τοις εκατό (%) και σε νομισματικές μονάδες του Ευρώ (€). Απώτερος σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να συνεχιστεί η χαρτογράφηση της παραγωγής και η συλλογή των δεδομένων, ώστε να επιβεβαιωθεί ή να βελτιωθεί το μοντέλο υπολογισμού των παραμέτρων.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Πρώτον από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή μου κ. Θεοφάνη Γέμτο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργική Μηχανολογίας και Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, ο οποίος αρχικά με εμπιστεύτηκε και μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα και στη συνέχεια με καθοδήγησε και μου συμπαραστάθηκε καθ' όλη τη διάρκεια της διατριβής. Τον ευχαριστώ από τα βάθη της καρδιάς μου για αυτή τη συνεργασία.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά:

Τον Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος Κίττα Κωνσταντίνο, μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, για το χρόνο και τις υποδείξεις του στη διαμόρφωση της διατριβής.

Τον Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Φουντά Σπύρο, μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, για το υλικό, τις συμβουλές και τις υποδείξεις καθ' όλη τη διάρκεια της διατριβής.

Τον φίλο και υποψήφιο Διδάκτορα Μαρκινό Θανάση για την καθοδήγηση κατά τη διάρκεια του πειράματος και την παραχώρηση των αγροτεμαχίων αραβοσίτου για τη διεξαγωγή του πειράματος καθώς, επίσης, και τον φίλο και υποψήφιο Διδάκτορα Χατζηνίκο Θανάση για την πολύτιμη βοήθειά του κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των μετρήσεων της διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την κατανόηση και την ηθική συμπαράσταση που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής αυτής.

*Στην οικογένειά μου*

**ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΑ ΣΙΤΗΡΑ**

**Αθανάσιος Α. Χλωρός**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	8
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	9
1.1. Γενικά	9
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ</b>	16
2.1. Ορισμός	16
2.2. Εφαρμογή Γεωργίας Ακριβείας στην Ελλάδα	19
2.3. Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Position System, GPS)	24
2.4. Συστήματα Χαρτογράφησης Παραγωγής	30
2.5. Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS)	39
2.6. Ζώνες Διαχείρισης (Management Zones)	43
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ</b>	47
3.1. Γενικά	47
3.2. Οικονομική σημασία Αραβοσίτου	48
3.3. Βασικοί τύποι Αραβοσίτου	50
3.4. Γενική περιγραφή Αραβοσίτου	52
3.4.1. Μορφολογικά χαρακτηριστικά	52
3.4.2. Οικολογικές απαιτήσεις	53
3.4.3. Καλλιεργητική τεχνική	54
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	58
4.1. Εισαγωγή	58
4.2. Περιγραφή συστήματος Γεωργίας Ακριβείας	58
4.3. Εγκατάσταση αισθητήρων στη θεριζοαλωνιστική μηχανή	59
4.3.1. Εγκατάσταση GPS	59
4.3.2. Εγκατάσταση κεντρικής οθόνης (monitor)	59
4.3.3. Εγκατάσταση καλωδίων κεντρικής διανομής ρεύματος και πληροφοριών (power cable)	60
4.3.4. Εγκατάσταση αισθητήρα μέτρησης υγρασίας (moisture sensor)	61
4.3.5. Εγκατάσταση αισθητήρα μέτρησης παραγωγής (grain flow sensor)	63
4.3.6. Εγκατάσταση αισθητήρα ταχύτητας αναβατορίου (elevator speed sensor)	65
4.3.7. Εγκατάσταση αισθητήρα ταχύτητας μηχανής (ground speed sensor)	66
4.3.8. Εγκατάσταση αισθητήρα μετρήσεων (header height sensor)	66
4.4. Χαρτογράφηση Παραγωγής	69
4.5. Χαρτογράφηση υγρασίας σπόρου Αραβοσίτου	72
4.6. Αναπαράσταση δεδομένων σε χάρτες	72
4.7. Δημιουργία Ζωνών Διαχείρισης	73
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	75
5.1. Χαρτογράφηση Παραγωγής	75
5.2. Χαρτογράφηση υγρασίας σπόρου Αραβοσίτου	81
5.3. Δημιουργία Ζωνών Διαχείρισης	87
5.4. Σχέση κόστους παραγωγής καλλιέργειας με τελικό κέρδος	96
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ</b>	99
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	95



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η καλλιέργεια του εδάφους ανέκαθεν σημάδεψε καθοριστικά τη ζωή των αγροτών, οι οποίοι δημιουργούσαν με τη γη ένα πολύ στενό δεσμό, μία άμεση σχέση, συχνά μέσα από τον κόπο και το μόχθο αλλά και τον αγώνα επιβίωσης, στηριζόμενη αποκλειστικά στη βαθειά γνώση των αγροτεμαχίων και συνεπώς στη διαφορετικότητα των χαρακτηριστικών τους. Αυτή η στενή σχέση υπήρξε πρωταρχικής σημασίας μέχρι τη στιγμή που το βασικό στοιχείο για την καλή γεωργική καλλιέργεια ήταν η εμπειρία του ίδιου του αγρότη, αφού τα διαθέσιμα τεχνικά μέσα ήταν πολύ περιορισμένα.

Στα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα αυτή η άμεση σχέση άρχισε να απομακρύνεται και η καλλιέργεια έγινε όλο και πιο τυποποιημένη προκειμένου να διευκολύνει την είσοδο των γεωργικών μηχανημάτων.

Η διάθεση των τεχνικών μέσων, λιπάσματα και φυτοφάρμακα, επικάλυψε τη διαφορετικότητα η οποία ανέκαθεν αποτελούσε το ισχυρό σημείο πάνω στο οποίο βασιζόταν η δυναμική της παραγωγικότητας των αγροτεμαχίων.

Τα προβλήματα, στην πορεία των ετών, αποτελούσαν ένα βάρος που συνεχώς διογκώνονταν, τόσο που η ανάγκη μείωσης των καλλιεργητικών δαπανών είναι επιτακτική.

Στη λύση αυτού του προβλήματος θα μπορούσε να συμβάλει ο επαναπροσδιορισμός της έννοιας της διαφορετικότητας σε συνδυασμό με την τεχνολογική εξέλιξη που απλώνεται στον

αγροτικό τομέα. Το αποτέλεσμα του συνδυασμού αυτού αποκαλείται «γεωργία ακριβείας».

Η Γεωργία Ακριβείας είναι μία νέα αντίληψη για τη διαχείριση των αγροκτημάτων και ταυτοχρόνως, προτείνει νέες γεωργικές πρακτικές. Σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες τα πρώτα βήματα του νέου αυτού διατομεακού και πολυεπιστημονικού γεωπονικού κλάδου έχουν ήδη γίνει, ενώ όλο και πιο προηγμένες τεχνικές βρίσκουν συνεχώς έδαφος για εφαρμογή.

Σήμερα οι παραγωγοί, προκειμένου να επιβιώσουν στον διεθνή ανταγωνισμό, θα πρέπει να παράγουν προϊόντα υψηλής ποιότητας και χαμηλής τιμής, χρησιμοποιώντας μεθόδους φιλικές προς το περιβάλλον. Η νέα τεχνολογία παρέχει τη δυνατότητα για αύξηση της παραγωγικότητας στη γεωργία καθώς οι διαθέσιμοι φυσικοί πόροι περιορίζονται δραστικά. Η γεωργία ακριβείας αποτελεί ένα τεχνολογικό πλεονέκτημα που μπορεί να βοηθήσει σημαντικά προς την κατεύθυνση της αύξησης της παραγωγικότητας με περιορισμό των εισροών και σεβασμό στο περιβάλλον (Watson et al., 2003).

Με τον όρο γεωργία ακριβείας (Precision Farming or Precision Agriculture or site-specific management) εννοούμε την τεχνική της καλλιέργειας που αντιμετωπίζει διαφορετικά κάθε τμήμα του αγρού, αναφορικά με τις εισροές και γενικότερα τις καλλιεργητικές φροντίδες, με βάση τη γονιμότητα και την απόδοση κάθε συγκεκριμένου τμήματος του αγρού (Earl et al., 1996). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται: 1) αύξηση των αποδόσεων, 2) βελτίωση της ποιότητας, 3) αποτελεσματικότερη χρησιμοποίηση λιπασμάτων, φαρμάκων, σπόρων κ.λ.π., 4) περιορισμός της κατανάλωσης της ενέργειας και 5) προστασία του περιβάλλοντος (Roberson 2004, Godwin et al., 2003a).

Η επιτυχία της γεωργίας ακριβείας στηρίζεται στην έγκαιρη και έγκυρη πληροφόρηση του παραγωγού σχετικά με τη γονιμότητα και τις λοιπές ιδιότητες του εδάφους, την πορεία ανάπτυξης και τα

χαρακτηριστικά των φυτών, τον πληθυσμό των ζιζανίων και των εντόμων, τη συγκομιδή και τη μετασυλλεκτική μεταχείριση των προϊόντων. Στηρίζεται ακόμη στη σύγχρονη τεχνολογία και χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή με τα σχετικά προγράμματα, στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) και στο Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού (GPS), για την χαρτογράφηση των αγρών. Στηρίζεται, επίσης, στη σωστή διαχείριση που συνδυάζει την πληροφόρηση με την τεχνολογία για την καλύτερη επιτυχία του συστήματος (Olson 1999, Roberson 2004).

Η συμβατική (παραδοσιακή) γεωργία βασίστηκε στο σκεπτικό της ομοιογένειας του αγρού σχετικά με τη γονιμότητα του εδάφους, τον πληθυσμό των φυτών, των εντόμων και των ζιζανίων, την εδαφική υγρασία, τα χαρακτηριστικά των φυτών κλπ. Και με βάση το σκεπτικό αυτό η εφαρμογή των εισροών ήταν ενιαία σε όλη την έκταση του αγρού (Weiss 1996). Αυτό όμως είναι η εξαίρεση ενώ το σύνηθες είναι η μεγάλη ποικιλομορφία και διαφοροποίηση των εδαφών σπιθαμή προς σπιθαμή, ακόμη και μέσα στον ίδιο αγρό (Earl et al., 1996, Godwin et al., 2003a, Gemtos et al., 2003). Η ενιαία εφαρμογή των εισροών, συνεπώς, οδηγούσε άλλοτε σε περίσσια και άλλοτε σε έλλειψη εισροών ανάλογα με την επικρατούσα κατάσταση σε κάθε τμήμα του αγροτεμαχίου και βεβαίως μακράν του αρίστου οικονομικού αποτελέσματος με όλες τις συνέπειες ρύπανσης κλπ. (Onken and Sunderman, 1972).

Η άποψη της διαφοροποίησης του εδάφους μέσα στο ίδιο αγροτεμάχιο επιβεβαιώνεται τα τελευταία χρόνια από τις αναλύσεις του εδάφους που πραγματοποιούνται σε οποιοδήποτε συγκεκριμένο αγρό. Η διαπίστωση αυτή κατέστη δυνατόν να αξιοποιηθεί με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών και της πληροφορικής την τελευταία εικοσαετία (Stafford 2000, James and Godwin, 2003). Με την βοήθεια ενός συστήματος αισθητήρων ζύγισης και καταγραφής της απόδοσης των

καλλιεργειών την ώρα της συγκομιδής και τη συνδρομή του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού (Global Positioning System - GPS), είναι δυνατή η χαρτογράφηση ενός αγροτεμαχίου, δηλαδή η σύνταξη χαρτών απόδοσης κατά θέσεις. Οι χάρτες αυτοί στη συνέχεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διαφοροποιημένες επεμβάσεις (λιπάσματος, ζιζανιοκτόνου, εντομοκτόνου, αρδευτικού ύδατος, κλπ.) μέσα στο ίδιο το αγροτεμάχιο, με συνέπεια τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και του οικονομικού αποτελέσματος και παράλληλα τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, σύμφωνα με τις επιταγές της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Παγκόσμιας Κοινότητας γενικότερα (Godwin et al., 2003b, Κανονισμός 1257/1999).

Η Γεωργία Ακριβείας είναι ένα σύστημα διαχείρισης αγροκτημάτων το οποίο χρησιμοποιώντας την πληροφορική και τα ηλεκτρονικά εφαρμοσμένα στη γεωργία, βοηθά το γεωργό στη λήψη αποφάσεων για τη καλύτερη διαχείριση του αγροκτήματος (Gemtos et al., 2002). Ο όρος καλύτερη διαχείριση μπορεί να σημαίνει βελτίωση της οικονομικής απόδοσης του αγροκτήματος είτε με αύξηση της παραγωγής είτε με μείωση των εισροών, είτε με συνδυασμό και των δύο. Επιπλέον μπορεί να επιτευχθεί βελτίωση των τυχόν αρνητικών επιπτώσεων της γεωργίας στο περιβάλλον, εφόσον εφαρμόζεται η αναγκαία ποσότητα εισροών σε κάθε σημείο του αγρού.

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 στο τέλος της

δεκαετίας του 1980 αλλά κυρίως στις αρχές της δεκαετίας του 1990 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, ενώ το πλάτος εργασίας εκτιμιόταν από το ίδιο το χειριστή ή από άτομο που ήταν πάνω στη μηχανή. Τα στοιχεία αυτά απετέλεσαν τη βάση για την παραγωγή χαρτών που εμφανίζουν τη χωρική κατανομή της παραγωγής με χρήση λογισμικού γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (GIS) (Αγγελοπούλου, 2008).

Στη δεκαετία του 1990 και σήμερα ακόμα συνεχίζεται η έρευνα για την παραγωγή αισθητήρων μέτρησης της παραγωγής των διαφόρων καλλιεργειών. 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 (Πίνακας 1.1.1).

**Πίνακας 1.1.1** Αριθμός μηχανών συγκομιδής με αισθητήρες παραγωγής.  
**Πηγή:** Griffin et al., 2004.

ΧΩΡΑ	Εκτιμώμενος αριθμός	Έτος εκτίμησης
Η.Π.Α.	45000	2003
Αργεντινή	1000	2003
Αυστραλία	800	2000
Αγγλία	400	2000
Δανία	400	2000
Γερμανία	250	2003
Σουηδία	150	2000
Βραζιλία	100	2002
Ελλάδα	2	2005

Οι πρώτες εφαρμογές χαρτογράφησης συστημάτων παραγωγής άρχισαν τη δεκαετία του '80 σε καλλιέργειες σιτηρών (Stafford, 2000). Οι James and Godwin (2003) έλετησαν το οικονομικό όφελος στην παραγωγή χειμερινού κριθαριού ανάλογα με την ποσότητα του αζώτου. Συγκεκριμένα, μελέτησαν τον προσδιορισμό αλληλεπιδράσεων μεταξύ του εδάφους, του νερού και της ποσότητας του αζώτου στην ανάπτυξη των καλλιεργειών. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υπήρχαν σημαντικές διαφορές στις αποδόσεις της καλλιέργειας ανάλογα με τη σύσταση του εδάφους και την ποσότητα του νερού. Κατά την περίοδο όπου οι βροχοπτώσεις ήταν υψηλές βοήθησαν περισσότερο τα αμμωπηλώδη εδάφη, ενώ όταν ήταν χαμηλές, ωφελούνταν τα αργιλλοπηλώδη. Οι Boyer κ.α. (2010) μελέτησαν την επίδραση της μεταβλητής δόσεις των αζωτούχων λιπασμάτων στην αποδοτικότητα του σιταριού σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους και αποφάσισαν ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στην απόδοση του σιταριού χρησιμοποιώντας μεταβλητές δόσεις, ενώ οι Link κ.α. (2008) διαπίστωσαν ότι υπήρχε αύξηση των αποδόσεων στα σιτηρά με τη διαχείριση των μεταβλητών δόσεων στην εφαρμογή αζώτου. Επίσης, οι Welsh κ.α. (2003a, 2003b) αξιολόγησαν τη διαχείριση της μεταβλητής δόσης του αζώτου σε (α) κριθάρι και (β) σιτάρι και συμπέραναν ότι στην απόδοση του σιταριού υπήρχε χωρική μεταβλητότητα σε ορισμένους αγρούς (ενώ σε κάποιους άλλους όχι), ενώ η ανταπόκριση του κριθαριού στην εφαρμογή μεταβλητής δόσης αζώτου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις βροχοπτώσεις.

Οι Godwin κ.α. (2003a) υπολόγισαν το κόστος της αναβάθμισης του εξοπλισμού των αγροτικών εκμεταλλεύσεων από τη στιγμή της αγοράς έως το επίπεδο που μπορούν να εφαρμοστούν οι τεχνολογίες της γεωργίας ακριβείας και διαπίστωσαν ότι τα οφέλη της χρήσης των νέων τεχνολογιών

υπερκαλύπτουν το κόστος των επενδύσεων σε συστήματα γεωργίας ακριβείας.

Οι Inman κ.α. (2007) στη μελέτη που πραγματοποίησαν σε δύο αγρούς αρδευόμενου αραβοσίτου κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο δείκτης της προβλεπόμενης απόδοσης της καλλιεργητικής περιόδου αυξανόταν καθώς αυξανόταν η πραγματική παραγωγή. Ο δείκτης, αυτός, υπολογίστηκε σε σχέση με τον δείκτη βλαστικότητας (NDVI) και τις βαθμομέρες από τη σπορά του αραβοσίτου έως την παραγωγή (NDVI / βαθμομέρες). Μελέτες πάνω στην χρονική και χωρική μεταβλητότητα έδειξαν ότι η απόδοση του αραβοσίτου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθεσιμότητα του νερού (Marques de Silva and Silva, 2006). Οι Tremblay et al. (2010) ανέπτυξαν ένα σύστημα ασαφών συμπερασμάτων (FIS) με σκοπό να καθορίσουν τις βέλτιστες δόσεις εφαρμογής αζωτούχου λίπανσης στην καλλιέργεια αραβοσίτου με βάση τα χαρακτηριστικά του αγρού και της καλλιέργειας. Η εργασία των Kutter κ.α. (2009) μελετά τον ρόλο της επικοινωνίας και της συνεργασίας στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας. Συγκεκριμένα, αξιολογεί τα μέσα επικοινωνίας τη συνεργασία μεταξύ των αγροτών σε τρεις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μεταξύ αυτών και η Ελλάδα.

Από τη δεκαετία του '90 και μετά αναφέρονται περιπτώσεις χαρτογράφησης παραγωγής και σε άλλες καλλιέργειες, όπως βαμβακιού (Gemtos et al., 2003, Markinos et al., 2002, 2004, Wilkerson et al., 1994, 2001, Tomasson et al., 1999), βιομηχανικής τομάτας (Pelletier et al., 1999), ζαχαρότευτλων (Hoffman et al., 1995), πατάτας (Campbell et al., 1994). Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί συστήματα χαρτογράφησης παραγωγής σε καλλιέργειες φρούτων (Αγγελοπούλου, 2008) και αμπέλου (Χατζηνίκος, 2007).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

### ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

#### 2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ

Η «γεωργία ακριβείας», (*precision farming* στην αγγλική), είναι μια νέα μέθοδος διαχείρισης των αγρών σύμφωνα με την οποία οι εισροές (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, σπόρος, νερό άρδευσης) και οι καλλιεργητικές πρακτικές εφαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών καθώς αυτές διαφοροποιούνται στο χώρο και στο χρόνο (Whelan and McBratney, 2000).

Ένας άλλος ορισμός της Γεωργία Ακριβείας είναι σύστημα διαχείρισης της χωρικής και χρονικής διαφοροποίησης (παραλλακτικότητα) των αγρών προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των αγροκτημάτων και/ή να επιτευχθεί η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την ορθολογική χρήση των εισροών (Gemtos et al., 2002).

Η Γεωργία Ακριβείας βασίζεται σε τεχνολογίες και μέσα ικανά να καταγράψουν με ακρίβεια την υπάρχουσα κατάσταση στον αγρό, στη συνέχεια να διαχειριστούν τη συγκεντρωμένη πληροφορία και δεδομένα και τέλος να εφαρμόσουν τις εισροές έτσι, ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες κάθε σημείου και χρονικής στιγμής ξεχωριστά. Στις τεχνολογίες αυτές συμπεριλαμβάνονται (Καρυδάς και Συλλαίος, 2000):

- Συστήματα και μηχανισμοί καταγραφής δεδομένων, όπως χάρτες αποδόσεων, εργαστηριακές αναλύσεις, Τηλεπισκόπηση, Συστήματα εντοπισμού θέσης και Αισθητήρες.



- Συστήματα διαχείρισης και απόδοσης αποτελεσμάτων, όπως Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.
- Συστήματα μεταβαλλόμενης εφαρμογής (της ροής ή του είδους), όπως λιπασματοδιανομείς, σπορείς, ψεκαστήρες, κ.ά.

Οι κυριότεροι στόχοι της Γεωργίας Ακριβείας είναι:

- ✓ Η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών
- ✓ Η βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων
- ✓ Η πιο αποδοτική χρήση των αγροχημικών και εισροών γενικότερα
- ✓ Η εξοικονόμηση της ενέργειας
- ✓ Η προστασία του εδάφους και των νερών από τη ρύπανση

Οι Markinos et al., 2002 αναφέρουν ότι η εφαρμογή ενός γενικού συστήματος γεωργίας ακριβείας μπορεί να χωριστεί σε τρεις φάσεις:

1. Συλλογή δεδομένων (Data Acquisition),
2. Επεξεργασία δεδομένων (Data Processing),
3. Εφαρμογή αποτελεσμάτων (Application).

Η λήψη των στοιχείων παραγωγής δεν επιτρέπει την άμεση δημιουργία χαρτών παραγωγής με πρακτική χρησιμότητα διότι τα σημειακά στοιχεία παραγωγής, π.χ. κάθε 5 μέτρα, δε δίνουν αξιοποιήσιμα στοιχεία. Γι αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες τεχνικές για δημιουργία χαρτών με ζώνες παραγωγής που δίνουν στοιχεία πρακτικά αξιοποιήσιμα. Τέτοιες τεχνικές όπως είναι η χρήση μέσων όρων ή η κανονικοποίηση των στοιχείων ώστε να εμφανίζονται ως ποσοστά μιας παραγωγής, βοηθούν στη δημιουργία χαρτών με πρακτικά αξιοποιήσιμα στοιχεία (Taylor et al., 2001). Οι χάρτες παραγωγής πρέπει να αναλυθούν ώστε να δώσουν αξιοποιήσιμα στοιχεία για τη διαχείριση των

αγροκτημάτων. Οι Taylor et al. (2001) μελέτησαν χάρτες παραγωγής καλαμποκιού για σειρά ετών στις Η.Π.Α. Με βάση περιγραφές από χρήστες στη Μ. Βρετανία, τέσσερα χρόνια συνεχών χαρτογραφήσεων παραγωγής είναι ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για να παρθούν αποφάσεις. Οι μεταβολές της παραγωγής μπορεί να παρακολουθούνται από τις καλλιέργειες αμειψισποράς επιτρέποντας την εξαγωγή συναφών στοιχείων (Jaynes and Colvin 1997).

Παρά όλα τα προβλήματα που παρουσιάζει η ανάλυση των στοιχείων, οι χάρτες παραγωγής παραμένουν η αρχή και το τέλος ενός συστήματος γεωργίας ακριβείας. Με βάση τους χάρτες παραγωγής σχεδιάζεται η λήψη στοιχείων του αγρού (αναλύσεις εδάφους, παρακολούθηση φυτών, ανάγλυφο) και όποιο σύστημα μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων, ενώ στο τέλος θα αποτελέσει το κύριο κριτήριο επιτυχίας των επεμβάσεων.

Σύμφωνα με την Αγγελοπούλου (2008) η προϋπόθεση για την εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας είναι γνώση τη χωρικής παραλλακτικότητας. Η χωρική παραλλακτικότητα είναι η παραλλακτικότητα σε μετρούμενα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και του εδάφους στο χώρο. Παραλλακτικότητα υπάρχει σε όλους τους αγρούς και μπορεί να παρατηρηθεί στη γονιμότητα του εδάφους, στην υγρασία, στη μηχανική σύσταση του εδάφους, στην τοπογραφία, στην ανάπτυξη των φυτών και στους πληθυσμούς εχθρών και ασθενειών. Η παραλλακτικότητα εκτός από χωρική μπορεί να είναι και χρονική (Blackmore, 2000, Blackmore et al., 2003).

Το γεγονός ότι ένας αγρός έχει παραλλακτικότητα δεν σημαίνει πάντα ότι έχει νόημα να εφαρμοστεί Γεωργία Ακριβείας. Πρέπει αρχικά να μετρηθεί το μέγεθος της παραλλακτικότητας, στη συνέχεια να βρεθούν οι αιτίες που προκαλούν αυτή την παραλλακτικότητα και τέλος να βρεθεί τρόπος για να γίνει διαχείριση της παραλλακτικότητας.

## **2.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Στη χώρα μας, όπως είναι σύνηθες, παρατηρείται μια καθυστέρηση στην εφαρμογή καινοτομικών συστημάτων στην πράξη και ιδιαίτερα στη γεωργία (αιεφορική γεωργία, βιολογική γεωργία κλπ.) η καθυστέρηση αυτή αποδίδεται σε πολλούς λόγους, μεταξύ των οποίων ως κυριότεροι θα μπορούσαν να αναφερθούν οι παρακάτω (Παπαγεωργίου και Σπαθής 2000):

1. Το διαρθρωτικό πρόβλημα της ελληνικής γεωργίας με το μεγάλο αριθμό μικρών και πολυτεμαχισμένων εκμεταλλεύσεων που δεν επιτρέπει τη διάδοση και εφαρμογή της τεχνολογικής προόδου που θα συνέβαλε στη βελτίωση του γεωργικού εισοδήματος.
2. Η γεωγραφική διασπορά των παραγωγικών μονάδων και η εξ αυτής προκύπτουσα δυσκολία στην παροχή γνώσεων και πληροφόρησης από τους αρμόδιους οργανισμούς και υπηρεσίες, γεγονός που παρεμποδίζει τη διάδοση νέων τεχνολογιών.
3. Ο ανθρώπινος παράγων και συγκεκριμένα το χαμηλό επίπεδο εκπαίδευσης (γνώσεων) των ασχολούμενων στη γεωργία, γεγονός που συντελεί στην καθυστέρηση εκτίμησης και υιοθέτησης καινοτομιών και εξελίξεων στην τεχνολογία.
4. Η υψηλή μέση ηλικία των αγροτών που έχει ως αποτέλεσμα το μειωμένο ενδιαφέρον για μακροχρόνιες προοπτικές, την περιορισμένη διάθεση αναζήτησης και εφαρμογής νέας τεχνολογίας και την αίσθηση επαγγελματικής επάρκειας με συνέπεια την απόρριψη προσπαθειών για εισαγωγή βελτιώσεων κλπ.
5. Η προσκόλληση των παραγωγών στις γνωστές παραδοσιακές τεχνικές παραγωγής με τις οποίες έχουν συνδέσει ένα μεγάλο κομμάτι της ζωής τους, ιδιαίτερα οι πιο

ηλικιωμένοι, αλλά και η εξασφάλιση σημαντικού μέρους του εισοδήματός τους μέσω των επιδοτήσεων, κυρίως μετά την ένταξη της χώρας στην ΕΕ, συνθήκες που οδηγούν στον εφησυχασμό και στην απροθυμία για αναζήτηση καινοτόμων ιδεών.

6. Η βραδύτητα ανάπτυξης γενικότερα της τεχνολογίας στη χώρα μας σε σχέση με άλλες χώρες, η οποία, σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα αναφερθέντα, ολοκληρώνουν το σχήμα της υστέρησης εφαρμογής νέων τεχνολογιών και φυσικά αυτής της γεωργίας ακριβείας στη χώρα μας.

Παρ' όλα αυτά είναι επιτακτική η ανάγκη μείωσης του κόστους παραγωγής μέσω της περαιτέρω εκμηχάνισης της γεωργίας και μείωσης των εργατικών ημερομισθίων, όπως συμβαίνει στις χώρες του Βορρά. Επίσης ο αυξανόμενος καλλιεργούμενος κλήρος, όπως και η ανάγκη για ιχνηλασιμότητα των καλλιεργητικών επεμβάσεων θα έχουν ως άμεσο αποτέλεσμα τη χρησιμοποίηση πρακτικών, όπως η Γεωργία Ακριβείας και στις χώρες του Ευρωπαϊκού Νότου, όπως η Ελλάδα.

### **2.3. ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ (GLOBAL POSITION SYSTEM, GPS)**

Τα σημεία του ορίζοντα, ή ακόμη και τα αστέρια, χρησιμοποιούνταν από την αρχαιότητα για τον προσανατολισμό των ανθρώπων. Ένα σταθερό άστρο στον ουρανό, με γνωστή γεωγραφική θέση ως προς το σημείο παρατήρησης, αποτελούσε σημείο αναφοράς και βοηθούσε τους ανθρώπους στο να βρουν τη σωστή πορεία τους. Στον προσανατολισμό συνέβαλαν αργότερα και άλλα μέσα, όπως η πυξίδα και ο εξάντας. Ωστόσο ο εξάντας στην πρώιμη μορφή του είχε τη δυνατότητα να παράσχει πληροφορίες μόνο για το γεωγραφικό πλάτος και όχι για το γεωγραφικό μήκος, γεγονός που αποτελούσε ένα σημαντικό μειονέκτημα, ιδιαίτερα για τους ναυτικούς. Τον 17ο αιώνα το Ηνωμένο Βασίλειο συνέστησε ένα συμβούλιο επιστημόνων, το οποίο θα επιβράβευε χρηματικά όποιον θα μπορούσε να εφεύρει ένα όργανο, το οποίο θα επέτρεπε τον ακριβή υπολογισμό και των δύο γεωγραφικών συντεταγμένων, δηλαδή μήκους και πλάτους.

Το 1761 ο Άγγλος ωρολογοποιός Τζον Χάρισον (John Harrison), ύστερα από προσπάθειες δώδεκα ετών, κατασκεύασε ένα όργανο, το οποίο δεν ήταν άλλο από το γνωστό σημερινό χρονόμετρο. Σε συνδυασμό με τον εξάντα, το χρονόμετρο επέτρεπε τον υπολογισμό του στίγματος των πλοίων με εξαιρετική ακρίβεια (για τα δεδομένα της εποχής). Πέρασαν αρκετά χρόνια μέχρι να δημιουργηθούν τα πρώτα συστήματα εντοπισμού θέσης που βασίζονταν σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα (ραντάρ), στα μέσα του 20ού αιώνα. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου (και χρησιμοποιούνται ακόμη). Τα συστήματα εντοπισμού θέσης της εποχής αποτελούνταν από ένα δίκτυο σταθμών βάσης και κατάλληλους δέκτες.

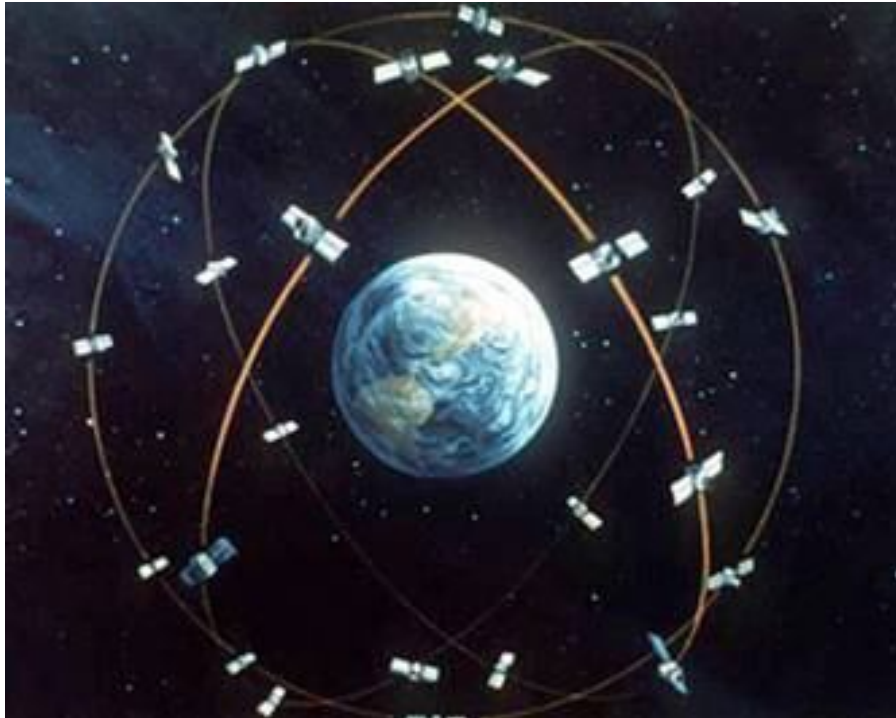
Ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λάμβανε κάθε δέκτης από σταθμούς γνωστής γεωγραφικής θέσης, σχηματίζονταν δύο ή περισσότερες συντεταγμένες, μέσω των οποίων προσδιοριζόταν η θέση των σημείων ενδιαφέροντος επάνω σε ένα χάρτη. Στην περίπτωση αυτή, όμως, υπήρχαν δύο διαφορετικά προβλήματα: Στην πρώτη περίπτωση η χρήση σταθμών βάσης, που θα εξέπεμπαν σήμα σε υψηλή συχνότητα, διέθεταν μεν υψηλή ακρίβεια εντοπισμού, αλλά είχαν μικρή εμβέλεια. Στη δεύτερη περίπτωση συνέβαινε το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή ο σταθμός βάσης χρησιμοποιούσε μεν χαμηλή συχνότητα εκπομπής σήματος, προσφέροντας έτσι υψηλότερη εμβέλεια, αλλά και η ακρίβεια που παρείχε ήταν χαμηλή.

Το GPS αρχικά δημιουργήθηκε αποκλειστικά για στρατιωτική χρήση. Στα μέσα της δεκαετίας του 1960 το σύστημα δορυφορικής πλοήγησης, γνωστό τότε με την ονομασία Transit System, χρησιμοποιήθηκε ευρέως από το αμερικανικό ναυτικό. Απαιτήθηκαν αρκετές δεκαετίες, μέχρι δηλαδή τα μέσα της δεκαετίας του 1990, ώστε το σύστημα GPS να εξελιχθεί, να γίνει ιδιαίτερα ακριβές και να αρχίσει να διατίθεται για ελεύθερη χρήση από το ευρύ κοινό.

Το σύστημα Navstar-GPS περιλαμβάνει 24 δορυφόρους που περιφέρονται σε τροχιά 20.180 χλμ. γύρω από τη γη και συμπληρώνουν περιφορά κάθε 12 ώρες περίπου. Δημιουργήθηκε και τέθηκε σε λειτουργία το 1970 από την Υπηρεσία Άμυνας των ΗΠΑ, η οποία έχει και τον έλεγχο. Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του γεωγραφικού στίγματος οποιουδήποτε σημείου πάνω στην επιφάνεια της γης. Η αστική του χρήση επιτράπηκε μόνο μετά το 1995 (Σχήμα 2.3.1).

Αξίζει να σημειωθεί η ύπαρξη του αντίστοιχου ρωσικού συστήματος που ονομάζεται Global Orbiting Navigation Satellite System (GLONASS) και αποτελείται από 15 δορυφόρους σε τροχιές ύψους 19 χιλιάδων χιλιομέτρων περίπου. Επίσης, και του

ευρωπαϊκού GALILEO, το οποίο είναι προσπάθεια σύνδεσης και ολοκλήρωσης των δύο συστημάτων, καθώς και άλλων επιγείων ή διαστημικών σταθμών με στόχο την υποστήριξη κάθε είδους τεχνολογίας καθορισμού θέσης.



**Σχήμα 2.3.1. Η διάταξη του GPS.** Σχηματική απεικόνιση των 24 δορυφόρων που αποτελούν το παγκόσμιο σύστημα καθορισμού θέσης.

Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα κωδικοποιημένο ηλεκτρομαγνητικό σήμα, το οποίο λαμβάνεται από τους δέκτες GPS και χρησιμοποιείται για τον ακριβή υπολογισμό της γεωγραφικής θέσης του δέκτη. Το σήμα που εκπέμπεται από κάθε δορυφόρο περιέχει πληροφορίες για την ταυτότητα του δορυφόρου και την ακριβή χρονική στιγμή που έγινε η εκπομπή (Παπασικονόμου, 2003). Κάθε δορυφόρος είναι εξοπλισμένος με ατομικά ρολόγια που μπορούν να μετρούν το χρόνο με μέγιστη ακρίβεια και με ένα πομπό ραδιοκυμάτων για τη μετάδοση του σήματος.

Το μεταδιδόμενο σήμα από ένα δορυφόρο λαμβάνεται από το δέκτη με κάποια υστέρηση εξαιτίας του χρόνου που το σήμα

χρειάζεται για να φθάσει στο σημείο όπου είναι τοποθετημένος ο δέκτης. Η μέτρηση της υστέρησης μάς επιτρέπει να υπολογίσουμε την απόσταση που χωρίζει τον δέκτη από το δορυφόρο. Στη συνέχεια, με γνωστά το δορυφόρο κι τη θέση του εκείνη τη στιγμή, γίνεται γνωστή και η θέση του δέκτη GPS. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε σήμα λαμβανόμενο από το δέκτη και προερχόμενο από διαφορετικούς δορυφόρους και μας επιτρέπει να καθορίσουμε τη θεωρητική θέση του δέκτη (Γεωργία Ακριβείας, 2006).

Η ακρίβεια του GPS εξαρτάται από τους εξής παράγοντες (Παπαιοκονόμου, 2003):

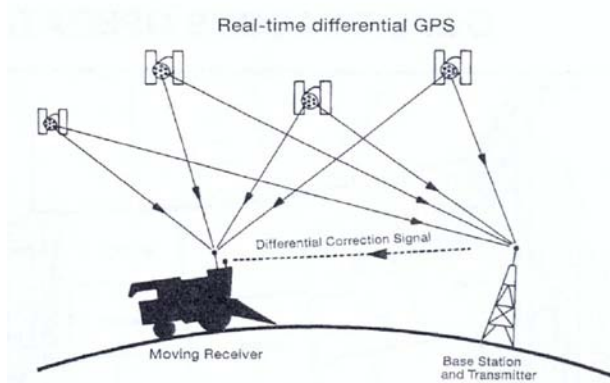
- ✓ Την εγκατάστασή του
- ✓ Την τεχνολογία του
- ✓ Τον αριθμό των δορυφόρων από τους οποίους λαμβάνει σήματα, καθώς και τις σχετικές θέσεις τους
- ✓ Την επιλεκτική διαθεσιμότητα
- ✓ Τις παραμορφώσεις των δορυφορικών σημάτων που οφείλονται στον καιρό, στις επιδράσεις των ανώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας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

Η λήψη του δορυφορικού σήματος επηρεάζεται σημαντικά από τον καιρό (τροπόσφαιρα) και τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, τα οποία προκαλούν παραμορφώσεις στο σήμα που λαμβάνει ο δέκτης και σφάλματα στον καθορισμό της θέσης του (Παπαιοκονόμου, 2003). Επίσης, τα σήματα που λαμβάνει ο δέκτης μετά από ανάκλαση σε κτίρια είναι παραμορφωμένα.

Για την εξάλειψη αυτών των σφαλμάτων χρησιμοποιείται η Διαφορική Διόρθωση (Differential Correction). Οι τύποι της Διαφορικής Διόρθωσης είναι το Differential Global Positioning System (DGPS) και το Real Time Kinematic (RTK).

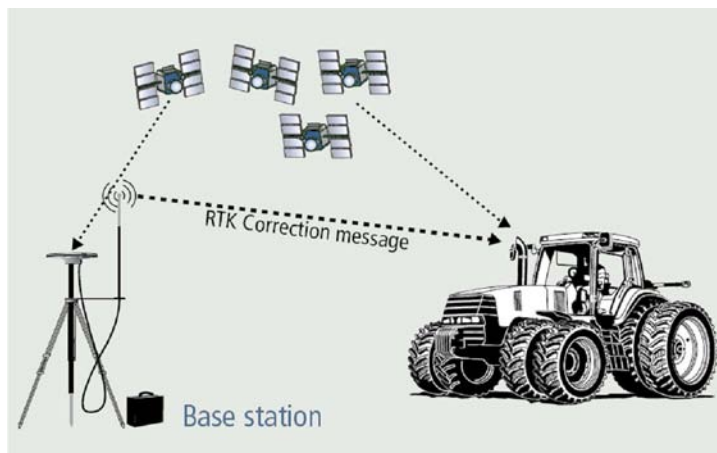


Το DGPS είναι ένας τύπος GPS που χρησιμοποιεί ένα σήμα από επίγειους δέκτες για να διορθώσει το σφάλμα που υπάρχει (Σχήμα 2.3.2). Το σήμα αυτό προέρχεται από επίγειους σταθμούς των οποίων η θέση είναι γνωστή και λαμβάνοντας οι ίδιοι το σήμα από τους δορυφόρους κάνουν τη διόρθωση και εκπέμπουν το σφάλμα. Η ακρίβεια του συστήματος είναι από μερικά εκατοστά έως 1 μέτρο, ανάλογα με τις εργασίες στον αγρό.



**Σχήμα 2.3.2** Differential Global Positioning System (DGPS).

Το RTK GPS είναι μία τεχνική προσδιορισμού θέσης με ακρίβεια ακόμη και ενός εκατοστού. Απαιτεί την παρουσία δύο GPS. Ο ένας δέκτης GPS χρησιμοποιείται ως βάση στον αγρό όπου γίνονται οι μετρήσεις και μπορεί να παρέχει διόρθωση σε απόσταση έως και 11 χιλιομέτρων, σε πραγματικό χρόνο στον έτερο δέκτη GPS, οποίος είναι προσαρμοσμένος σε κάποιο μηχάνημα (Σχήμα 2.3.3).



**Σχήμα 2.3.3** RTK (Real Time Kinematic)

## **2.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Ανάμεσα σε άλλους τομείς έρευνας της Γεωργίας Ακριβείας, η ανάπτυξη των τεχνολογιών της χαρτογράφησης της παραγωγής είναι σημαντική διότι οι χάρτες παραγωγής εμφανίζουν την απάντηση της καλλιέργειας στην εφαρμογή των τεχνικών διαχείρισης και βοηθά στον προσδιορισμό των αιτιών και των επιπτώσεων της παραλλακτικότητας στην απόδοση της παραγωγής. Για τη δημιουργία ενός χάρτη παραγωγής απαιτείται ένας αισθητήρας ροής που τοποθετείται στη μηχανή συγκομιδής ώστε να καταγράφει την ποσότητα της παραγωγής, η οποία μπορεί να συσχετίζεται με τη θέση της μηχανής στον αγρό (Arslan, 2008).

Τα συστήματα χαρτογράφησης παραγωγής επιτρέπουν την ανάδειξη και την καταγραφή εκείνη τη στιγμή ακριβώς της ποσότητας του προϊόντος που αναφέρεται στις γεωγραφικές συντεταγμένες του σημείου από το οποίο αυτό συλλέγεται (Γεωργία Ακριβείας, 2006).

Τα μεγέθη που θα πρέπει να παρακολουθούν με το monitor είναι τα παρακάτω:

- ✓ Θέση θεριζοαλωνιστικής μηχανής στο χωράφι,
- ✓ Ροή καρπού,
- ✓ Πυκνότητα καρπού,
- ✓ Υγρασία καρπού,
- ✓ Ταχύτητα μηχανήματος,
- ✓ Πλάτος κοπής,
- ✓ Κλίση θεριζοαλωνιστικής μηχανής στον οριζόντιο επίπεδο.

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

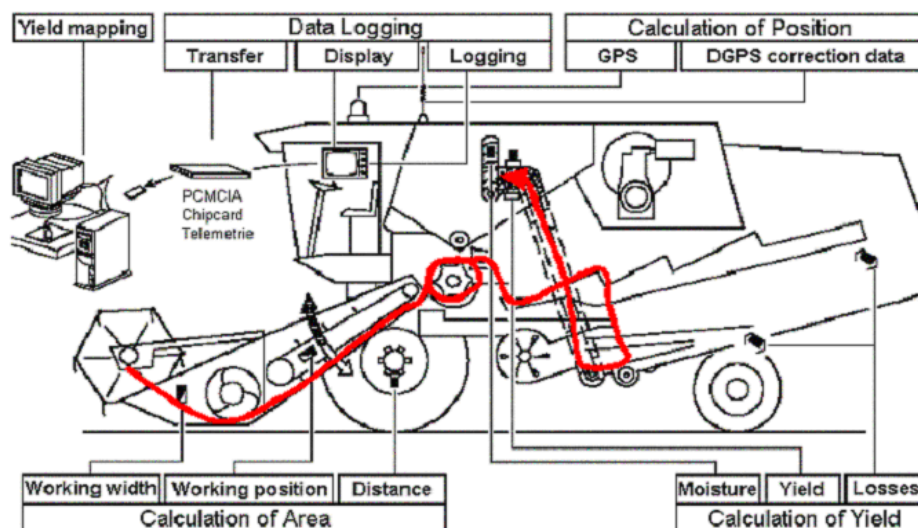
αποτελεί ένα τρόπο για να εκτιμηθεί εάν υπάρχει αρκετή παραλλακτικότητα στον αγρό, ώστε να απαιτείται η διαφοροποιούμενη εφαρμογή εισροών. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της διαφοροποιούμενης εφαρμογής οποιασδήποτε εισροής. Κατά συνέπεια, οι μετρητές παραγωγής (yield monitors) αποτελούν βασικό εξοπλισμό στην Γεωργία Ακριβείας.

Πρωταρχικός στόχος των παραγωγών είναι να αυξήσουν την ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος, μειώνοντας ταυτόχρονα το κόστος παραγωγής. Η χαρτογράφηση της παραγωγής γίνεται μέσα από την ανάδειξη και καταγραφή της ροής της μάζας ή του όγκου του συλλεγόμενου προϊόντος συνδυαζόμενης της θέσης του σημείου.

Τα στοιχεία αποθηκεύονται στην μνήμη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή και είναι έτοιμα για να επεξεργαστούν.

Συνεπώς, τα δομικά στοιχεία του συστήματος χαρτογράφησης είναι (Σχήμα 2.4.1):

1. αισθητήρες (sensors) που βρίσκονται μέσα στη μηχανή,
2. δέκτης GPS,
3. κεντρική μονάδα ελέγχου και
4. μονάδες προβολής- εκτύπωσης.



**Σχήμα 2.4.1** Σύστημα χαρτογράφησης παραγωγής σε θεριζοαλωνιστική μηχανή.

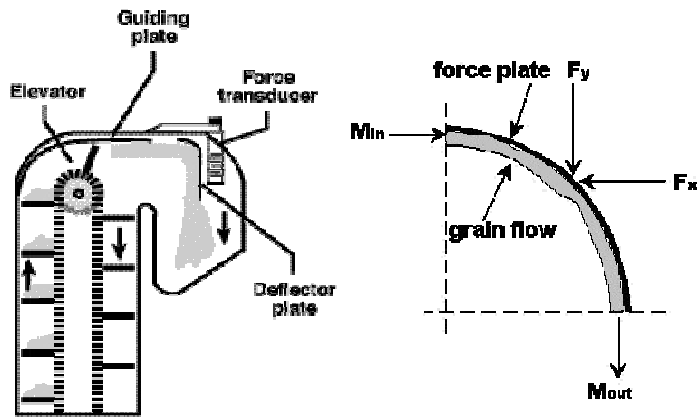
Η χαρτογράφηση της παραγωγής μπορεί να μας δώσει χρήσιμες πληροφορίες για τη γεωργική εκμετάλλευση. Κατά τη συγκομιδή μπορούμε να έχουμε την άποψη για το πόσο διαφορετική είναι η απόδοση του αγροτεμαχίου, ανάλογα με την παραλλακτικότητα αυτού. Επίσης, μπορούμε να καταγράψουμε τη σχέση μεταξύ της παραλλακτικότητας στην παραγωγή και των εδαφικών ιδιοτήτων, αλλά και προβλημάτων όπως τον έλεγχο των ζιζανίων, τη στράγγιση, τη συμπίεση του εδάφους κ.α. Οι πληροφορίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές και μπορούν να ωθήσουν τον παραγωγό σε αλλαγή του τρόπου καλλιέργειας του αγροτεμαχίου.

Τα πιο κοινά συστήματα καταγραφής της παραγωγής για τις θεριζοαλωνιστικές μηχανές αποτελούνται από τα παρακάτω μέρη:

1. **Αισθητήρες μέτρησης παραγωγής.** Οι αισθητήρες μέτρησης παραγωγής είναι οι βασικότεροι και τοποθετούνται σε ένα συγκεκριμένο σημείο της μηχανής συγκομιδής, συνήθως στην κορυφή του αναβατορίου καρπού, ώστε να καταγράφουν τη ροή του σπόρου κατά τη συγκομιδή. Τα “κουβαδάκια” του καρπού καθώς περιστρέφονται γύρω από το γρανάζι του αναβατορίου του καρπού της μηχανής συγκομιδής πλησιάζοντας στην κορυφή εκτινάσσουν τον καρπό προς τον αισθητήρα μέτρησης ροής της παραγωγής. Ο αισθητήρας ροής καταγράφει το βάρος των κόκκων καθώς η ποσότητα του καρπού χτυπά στην πλάκα κρούσεως του αισθητήρα ροής. Η βαθμονόμηση του αισθητήρα ροής εξαρτάται από την ταχύτητα του αναβατορίου καρπού, τον τύπο της καλλιέργειας και την υγρασία του καρπού (Nielsen, 2010). Μερικά από τα είδη των αισθητήρων αυτών αναφέρονται παρακάτω:

- ✓ **Αισθητήρες μέτρησης δύναμης (Impact Force Sensor).** Ο αισθητήρας παραγωγής καταγράφει τη ροή του καρπού μετρώντας τη δύναμη που ασκείται σε μια κυρτή πλάκα κρούσης, η οποία αποτελεί τη βάση της συσκευής μέτρησης (Σχήμα 2.4.2). Ο καρπός εκτινάσσεται από το αναβατόριο προς την πλάκα του αισθητήρα εξ αιτίας της ταχύτητας περιστροφής του γριναζιού του αναβατορίου, η οποία είναι σταθερή και ρυθμισμένη από τον κατασκευαστή της μηχανής συγκομιδής. Η δύναμη με την οποία κατευθύνεται προς την πλάκα καταγράφεται ώστε να υπολογιστεί η παραγωγή. Η τιμή της δύναμης εξαρτάται από την παραγωγή του καρπού διότι όσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγή (μεγαλύτερο βάρος σπόρου που χτυπάει στην πλάκα), τόσο μεγαλύτερη είναι η κρούση και η δύναμη που αναπτύσσεται. Καθώς προσκρούει στην πλάκα, ο καρπός εκτρέπεται προς τον κοχλία μεταφοράς καθαρού καρπού στο αμπάρι. Για τη μέτρηση της δύναμης η κυρτή πλάκα είναι τοποθετημένη σε έναν αισθητήρα ο οποίος μετατρέπει τη δύναμη σε μία τάση που λειτουργεί ως σήμα εκπομπής. Το σήμα αυτό συγκρίνεται με τις τιμές της βαθμονόμησης και μετατρέπεται σε απόδοση.

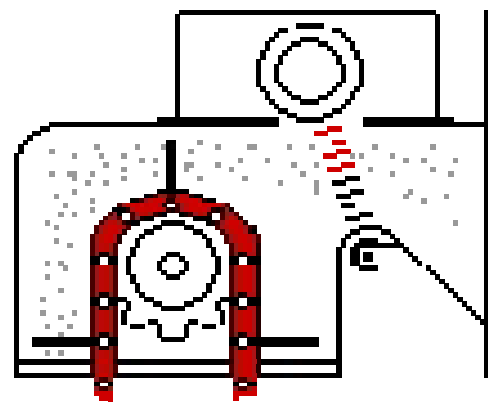




**Σχήμα 2.4.2** Αισθητήρες μέτρησης δύναμης.

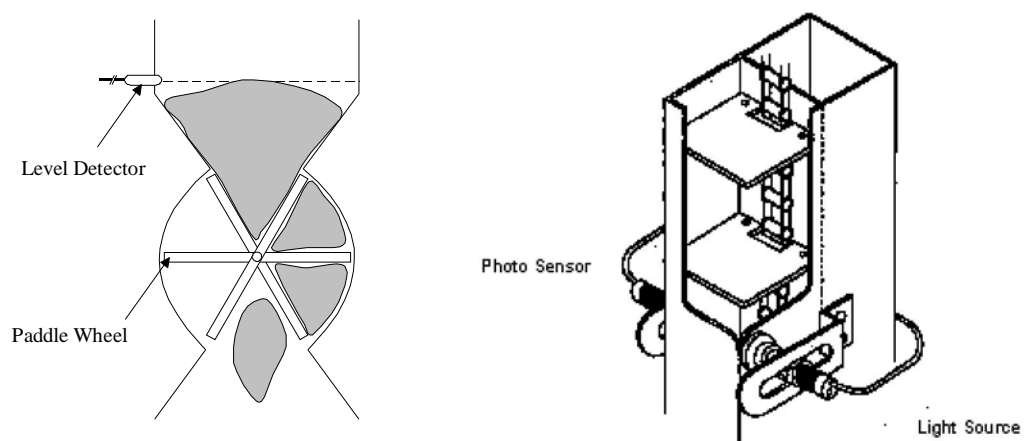
✓ **Σύστημα μέτρησης μάζας (Measuring Grain Mass).**

Στο σύστημα αυτό υπάρχει μια πηγή ακτινοβολίας που είναι τοποθετημένη μετά το αναβατόριο του καρπού και δημιουργεί μια δέσμη ακτινοβολίας μέσα από την οποία διέρχεται η ποσότητα του καρπού. Από την απέναντι πλευρά της πηγής και εκτός του αναβατορίου υπάρχει ένας ανιχνευτής, ο οποίος καταγράφει το επίπεδο των ακτινών που δημιουργούνται από την εκτίναξη του καρπού από το αναβατόριο. Η ένταση της ακτινοβολίας που μετράται από τον ανιχνευτή είναι η μέγιστη όταν δεν περνά σπόρος από τον σωλήνα μεταφοράς. Καθώς περνάει ο σπόρος από τον σωλήνα μεταφοράς η ένταση της ακτινοβολίας που ανιχνεύεται μειώνεται. Η μείωση της έντασης της ακτινοβολίας είναι ανάλογη με τη μάζα του σπόρου. Έτσι το σύστημα αυτό μετράει μάζα σπόρου και η μέτρηση είναι ανεξάρτητη από το είδος του σπόρου.



**Σχήμα 2.4.3** Σύστημα μέτρησης μάζας.

- ✓ **Σύστημα μέτρησης όγκου (Volume Measurement System).** Μια άλλη κατηγορία αισθητήρων μέτρησης παραγωγής μετρά τον όγκο του σπόρου που περνά από το αναβατόριο του καρπού. Στο σύστημα αυτό υπάρχει μια πηγή φωτός που δημιουργεί μια δέσμη ακτινοβολίας και ένας αισθητήρας που ανιχνεύει το φως. Καθώς τα “κοβαδάκια” περιστρέφονται γύρω από το γρανάζι του αναβατορίου, ο καρπός εκτινάσσεται προς τον κοχλία μεταφοράς του σπόρου στο αμπάρι και η ακτινοβολία ανιχνεύει τον όγκο του καρπού, ο οποίος είναι ανάλογος με το ύψος που εκτινάσσεται (όσο παραγωγικότερη είναι η καλλιέργεια, τόσο ψηλότερα εκτινάσσεται ο σπόρος). Η ακρίβεια της καταγραφής αυτής επηρεάζεται σημαντικά όταν η συγκομιδή πραγματοποιείται σε λόφους ή πλαγιές διότι δημιουργούνται σκοτεινές χρονικές περίοδοι, ανάλογα με το ανάγλυφο του εδάφους. Βελτίωση του προβλήματος αυτού πραγματοποιείται με εγκατάσταση δύο επιπλέον φωτεινών πηγών, παράλληλων με τη φορά της μηχανής συγκομιδής.



**Σχήμα 2.4.4** Σύστημα μέτρησης όγκου.

## 2. **Αισθητήρες μέτρησης υγρασίας σπόρου.**

Οι συνεχείς ή στιγμιαίες καταγραφές υγρασίας είναι χρήσιμες στον χειριστή για να ελέγχει το ποσοστό υγρασίας του σπόρου κατά τη διάρκεια της συγκομιδής. Οι αισθητήρες υγρασίας των μηχανών συγκομιδής τοποθετούνται, συνήθως, σε δύο σημεία. Το ένα είναι μέσα στο αμπάρι της μηχανής συγκομιδής μετρώντας τον καθαρό καρπό που διοχετεύεται από το σύστημα αναβατορίου καρπού της μηχανής. Το άλλο είναι εξωτερικά του αναβατορίου καρπού, στη δεξιά πλευρά της μηχανής. Τοποθετείται όσο το δυνατό ψηλότερα ώστε να αποφεύγεται εισαγωγή ξένων υλών, όπως πέτρες, εντός του αισθητήρα, γεγονός που αλλοιώνει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Ο αισθητήρας υγρασίας περιλαμβάνει έναν κάθετο ή κατακόρυφο θάλαμο (Σχήμα 2.4.6) που έχει μία είσοδο (56) για να δέχεται την ποσότητα καθαρού σπόρου μέσω μιας εισόδου που σχηματίζεται στο εξωτερικό τοίχωμα του αναβατορίου του καρπού και μία έξοδο (58) για να επιστρέφει την ποσότητα του καρπού πίσω στο αναβατόριο, μέσω μιας εξόδου που σχηματίζεται στο εξωτερικό τοίχωμα του αναβατορίου του καρπού. Καθώς τα “κουβαδάκια” περιστρέφονται γύρω από το γρανάζι και ανεβαίνουν προς την κορυφή του αναβατορίου ο σπόρος εισέρχεται εντός της εισόδου στον θάλαμο για να ακολουθήσει η μέτρηση της υγρασίας.

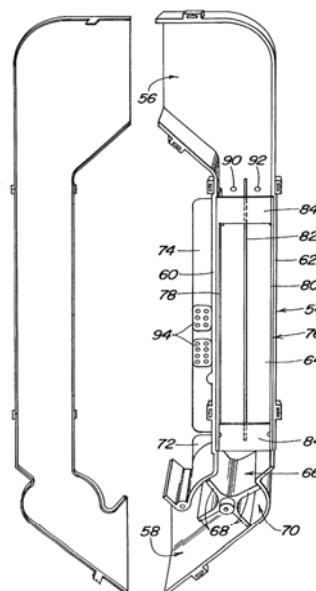


**Σχήμα 2.4.5** Αισθητήρας υγρασίας σπόρου.



Ο θάλαμος ορίζεται από έναν πρώτο τοίχωμα (60) δίπλα και παράλληλα με το αναβατόριο του καρπού και από ένα δεύτερο (62) που είναι παράλληλο και σε μικρή απόσταση από πρώτο. Το πρώτο και το δεύτερο τοίχωμα ενώνονται από δύο πλευρικά τοιχώματα (64). Στο κάτω μέρος του θαλάμου υπάρχει ένας κοχλίας (66) που περιστρέφεται και ελέγχει την ροή του σπόρου. Ένας ηλεκτρονικός ελεγκτής ελέγχει τον κοχλία ώστε να διασφαλίζεται η ποσότητα του καρπού που βρίσκεται εντός του θαλάμου για μέτρηση. Ο κοχλίας περιστρέφεται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα (72).

Τρεις αγώγιμες μεταλλικές πλάκες (78), (80) και (82) βρίσκονται μεταξύ της εισόδου και του κοχλία και σχηματίζουν ένα κενό υποδοχής του σπόρου για μέτρηση. Η πρώτη και η δεύτερη πλάκα (78) και (80) είναι δίπλα και παράλληλες με το πρώτο και δεύτερο τοίχωμα (60) και (62) και ηλεκτρικά συζευγμένες με μία λαμαρίνα σχήματος U (84). Η τρίτη πλάκα (82) βρίσκεται μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης και στο κέντρο αυτών. Ο καθαρός καρπός διέρχεται μεταξύ της πρώτης και της τρίτης πλάκας και της δεύτερης και της τρίτης πλάκας και δημιουργεί ένα διηλεκτρικό υλικό, το οποίο δείχνει την υγρασία του σπόρου και ποικίλλει ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας αυτών.



**Σχήμα 2.4.6** Αισθητήρας υγρασίας σπόρου.

Ένας φωτοηλεκτρικός πομπός (90) και ένας φωτοηλεκτρικός αισθητήρας (92) βρίσκονται κοντά στην κορυφή του θαλάμου. Ο πομπός παράγει μία ηλεκτρική δέσμη στο θάλαμο, όπου αντανακλάται πίσω στον αισθητήρα από μία επιφάνεια. Όταν ο αισθητήρας δεν εντοπίζει τη δέσμη, αποδίδεται στο γεγονός ότι η ποσότητα των σπόρων του θαλάμου είναι τόσο μεγάλη που εμποδίζουν τη δέσμη. Ως εκ τούτου, ο κινητήρας μπαίνει σε λειτουργία και ο κοχλίας περιστρέφεται αφαιρώντας ορισμένη ποσότητα σπόρων εκτός του θαλάμου. Εάν ο αισθητήρας ανιχνεύει τη δέσμη ο ηλεκτρικός κινητήρας σταματά, άρα και ο κοχλίας, διατηρώντας τον καθαρό σπόρο στο θάλαμο για να πραγματοποιηθεί η μέτρηση. Η μετρήσεις πραγματοποιούνται τόσο συχνά όσο είναι προγραμματισμένος ο αισθητήρας μέσω κεντρικής οθόνης να τις εκτελεί, δηλαδή, κάθε 1, 2, 3 ή 5 δευτερόλεπτα.

- 3. Αισθητήρες μέτρησης ταχύτητας.** Οι αισθητήρες αυτοί εγκαθίστανται στους τροχούς της μηχανής συγκομιδής και μετράνε την ταχύτητά της. Ο αισθητήρας ταχύτητας περιλαμβάνει μια πηγή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, η οποία φροντίζει να παράγει μια δέσμη ενέργειας προς το χώρο που βρίσκεται κάτω από τη μηχανή συγκομιδής. Ένα φράγμα διάθλασης είναι τοποθετημένο στη μηχανή ώστε να καταγράφει την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που διαθλάται από το έδαφος λόγω της τριβής. Το φράγμα διάθλασης συνδυάζεται με την ενέργεια διάθλασης ώστε να αναπτυχθεί μια ενεργειακή δέσμη συχνοτήτων, η οποία εξαρτάται από την ταχύτητα τριβής που δημιουργείται με το έδαφος. Ο αισθητήρας περιλαμβάνει ορισμένα μέσα ώστε να μετατρέπει την ενέργεια σε συχνότητα, η οποία παράγει ένα σήμα ενδεικτικό της ταχύτητας της μηχανής.

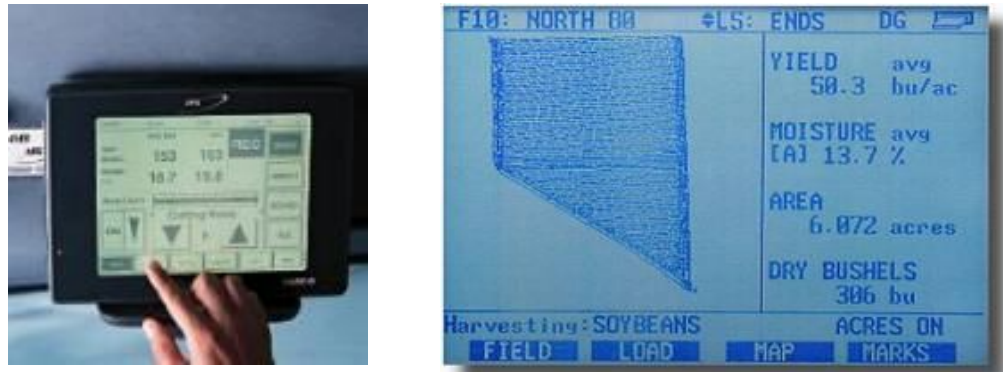
4. **Αισθητήρας θέσης μηχανισμού θερισμού μηχανής συγκομιδής.** Ο αισθητήρας αυτός ελέγχει τη ροή και αποθήκευση των δεδομένων. Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύει ότι ο μηχανισμός θερισμού είναι ανυψωμένος δεν γίνεται καταγραφή δεδομένων και επομένως υπολογισμός της έκτασης ακόμη και όταν η μηχανή συγκομιδής κινείται και όλα τα συστήματα της είναι σε λειτουργία. Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύει ότι ο μηχανισμός θερισμού είναι στο έδαφος γίνεται υπολογισμός της έκτασης που συγκομίζεται. Για να ισχύουν τα παραπάνω θα πρέπει να γίνει βαθμονόμηση και να οριστεί το ύψος πάνω από το οποίο θα σταματούν οι μετρήσεις και κάτω από το οποίο θα ξεκινούν, ώστε τα δεδομένα που λαμβάνονται να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.



*Σχήμα 2.4.7 Αισθητήρας θέσης μηχανισμού θερισμού.*

5. **Κεντρική μονάδα με οθόνη.** Η κεντρική μονάδα είναι το βασικό στοιχείο του συστήματος. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος συλλέγει και αποθηκεύει τα δεδομένα από τους αισθητήρες και ταυτόχρονα τα δείχνει στην οθόνη. Τοποθετείται στην καμπίνα της μηχανής συγκομιδής ώστε να είναι εύκολα ορατή από τον χειριστή. Επίσης ο χειριστής μπορεί να εισάγει πληροφορίες στο σύστημα που αφορούν το όνομα του αγρού, τον αριθμό του φορτίου και το πλάτος κοπής. Οι πληροφορίες που έρχονται

από τους αισθητήρες και φαίνονται στην οθόνη αφορούν την υγρασία του σπόρου, τη στιγμιαία παραγωγή, τη μέση παραγωγή, την έκταση που συγκομίστηκε, την ταχύτητα της μηχανής και την ποιότητα του σήματος του GPS.



**Σχήμα 2.4.8** Οθόνη κεντρικής μονάδας.

6. **Δέκτης GPS με κεραία.** Η Γεωργία Ακριβείας χρησιμοποιεί τους δέκτες GPS για να καθορίσει την ακριβή τοποθεσία της μηχανής συγκομιδής στον αγρό. Η μηχανής συγκομιδής είναι εφοδιασμένη με έναν δέκτη ραδιοκυμάτων και μετατρέπει τα σήματα που λαμβάνει από τους δορυφόρους σε δεδομένα θέσης. Ο δέκτης GPS μπορεί να συνδυαστεί με έναν αισθητήρα μέτρησης παραγωγής και τα δεδομένα που θα προκύψουν από τον συνδυασμό να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία χαρτών παραγωγής.

Υπάρχουν πέντε, τουλάχιστο, εταιρείες που προσφέρουν ολοκληρωμένα συστήματα χαρτογράφησης παραγωγής. Αυτές είναι:

- ✓ Η Ag Leader, η οποία έχει ξεχωριστό σύστημα χαρτογράφησης παραγωγής που προσαρμόζεται πάνω σε αρκετούς τύπους θεριζοαλωνιστικών μηχανών. Χρησιμοποιεί το σύστημα του αισθητήρα μέτρησης πίεσης της ροής του σπόρου για τη μέτρηση της παραγωγής (Impact Force Sensor),

- ✓ Η CLAAS, η οποία ονομάζει το σύστημα χαρτογράφησης Quantimeter και χρησιμοποιεί το σύστημα μέτρησης όγκου του σπόρου (Volume Measurement System) για τη μέτρηση της παραγωγής,
- ✓ Η John Deere, με το σύστημα χαρτογράφησης GreenStar. Χρησιμοποιεί το σύστημα του αισθητήρα μέτρησης πίεσης για τη μέτρηση της παραγωγής και
- ✓ Η Case IH με το AFS (Advanced Farming Systems), χρησιμοποιώντας, επίσης, το σύστημα του αισθητήρα μέτρησης πίεσης για τη μέτρηση της παραγωγής.

Οι αισθητήρες παραγωγής δεν μετρούν άμεσα την παραγωγή, αλλά μετρούν δύναμη, μετατόπιση, όγκο. Παράλληλα, άλλοι αισθητήρες μετρούν υγρασία σπόρου, ταχύτητα μηχανής συγκομιδής και πλάτος εργασίας. Οι σπόροι, όμως, των σιτηρών έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά ροής και πυκνότητας, επομένως, μια ένδειξη του αισθητήρα μπορεί να αντιστοιχεί σε διαφορετική ροή. Για το λόγο αυτό το σύστημα χρειάζεται βαθμονόμηση ώστε οι μετρήσεις που προέρχονται από τους αισθητήρες να αντιστοιχούν στην παραγωγή. Το σύστημα των αισθητήρων είναι κατ' αρχήν βαθμονομημένο από την κατασκευάστρια εταιρεία. Επειδή, όμως, υπάρχουν διαφορές στην πράξη απαιτείται βαθμονόμηση των αισθητήρων και από τους χειριστές των μηχανών συγκομιδής. Η βαθμονόμηση γίνεται συνήθως συγκρίνοντας τα βάρη αρκετών φορτίων που έχουν εκτιμηθεί από τους αισθητήρες παραγωγής με αυτά που προκύπτουν από την ζύγιση των φορτίων (Markinos et al., 2004).

Αν οι συνθήκες που επικρατούν κατά τη συγκομιδή παραμένουν παρόμοιες με αυτές που υπήρχαν κατά τη διάρκεια της βαθμονόμησης οι μετρήσεις που λαμβάνονται από τους αισθητήρες είναι σωστές. Αν όμως οι συνθήκες αλλάξουν (πχ υγρασία σπόρου, ποικιλία, ρυθμός ροής σπόρου) τότε το σύστημα χρειάζεται ξανά βαθμονόμηση.

Οι αισθητήρες ρυθμίζονται μέσω του λογισμικού που διαθέτει το σύστημα των αισθητήρων, ώστε να συλλέγουν δεδομένα κάθε 1, 2, 3 ή 5 δευτερόλεπτα. Η ρύθμιση γίνεται μέσω της κεντρικής οθόνης του συστήματος, όπου εμφανίζονται όλες οι λειτουργίες αυτού. Τα δεδομένα αυτά είναι συνδυασμός της θέσης από το GPS και των δεδομένων που έρχονται από τους αισθητήρες. Τα δεδομένα αποθηκεύονται στην κεντρική μονάδα και με μια κάρτα PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) μπορούν να μεταφερθούν από την κεντρική μονάδα σε ένα προσωπικό υπολογιστή. Τέλος, με ένα κατάλληλο λογισμικό GIS μπορεί να γίνει απεικόνιση των δεδομένων σε χάρτες.

## **2.5. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM, GIS)**

Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας οι διάφορες πληροφορίες που αφορούν στον αγρό εκφράζονται με αριθμούς, οι οποίοι περιγράφουν μετρήσεις κάποιων παραμέτρων, επιτόπιες παρατηρήσεις, εφαρμογή κάποιας εισροής με διαφοροποιούμενη δόση κλπ. Οι πληροφορίες αυτές με τη βοήθεια του GPS, συνοδεύονται με το γεωγραφικό στίγμα των αντίστοιχων σημείων του αγρού όπου αναφέρονται. Κατά τη δημιουργία ψηφιακών χαρτών μεγάλης ακρίβειας, ο όγκος των πληροφοριών είναι τεράστιος έτσι, ώστε η χρήση κάποιου λογισμικού για την επεξεργασία τους να είναι απαραίτητη.

**Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ, Geographic Information System ή GIS):** είναι ένα καλά οργανωμένο λογισμικό πρόγραμμα ικανό να εισάγει, αποθηκεύει, διαχειρίζεται, αναλύει και εμφανίζει όλες τις μορφές των γεωγραφικών πληροφοριών, δηλαδή τα δεδομένα που προσδιορίζονται σύμφωνα με τη θέση (USGS, 2007).

Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι ένα λογισμικό με τη βοήθεια του οποίου οργανώνονται, αναλύονται και επεξεργάζονται οι πληροφορίες (Παπαικονόμου, 2003). Σε ένα GIS οι πληροφορίες απεικονίζονται πάντοτε ως ψηφιακοί χάρτες του υπό εξέταση αγρού επειδή όλες οι πληροφορίες είναι προσδιορισμένες στο χώρο με τη βοήθεια του GPS. Πρόσθετα εργαλεία όπως οι στατιστικές αναλύσεις, προσομοιώσεις και άλλες αναλυτικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται από το GIS και βοηθούν στη εξαγωγή συμπερασμάτων και στη λήψη αποφάσεων (Westervelt and Reetz, 2000). Πέρα από την χαρτογράφηση, οι βάσεις δεδομένων που συνδέονται με το GIS και τα εργαλεία του για το χειρισμό τους, καθιστούν το GIS πολύτιμο εργαλείο σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας.

Ένα GIS λογισμικό αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία (Αγγελοπούλου, 2008):

- ✓ Ένα σύστημα εισαγωγής χωρικών δεδομένων το οποίο εισάγει πληροφορίες που προέρχονται από χάρτες, δορυφορικές εικόνες, πολυφασματικές φωτογραφίες κ.α.
- ✓ Ένα σύστημα αποθήκευσης και οργάνωσης βάσης δεδομένων
- ✓ Ένα σύστημα εμφάνισης δεδομένων που περιλαμβάνει αποτελέσματα ανάλυσης που εμφανίζονται ή καταχωρούνται όπως πίνακες, χάρτες και σχήματα που εμφανίζονται στην οθόνη ή καταχωρούνται στην μνήμη του Η/Υ.
- ✓ Ένα σύστημα ανάλυσης δεδομένων που περιλαμβάνει όλα τα εργαλεία για την απομάκρυνση λαθών από τα δεδομένα, τον υπολογισμό των επιφανειών, παραμέτρων, την αλλαγή κλίμακας χαρτών, τη γεωστατική ανάλυση των δεδομένων.
- ✓ Ένα σύστημα αλληλεπίδρασης με το χρήστη που περιλαμβάνει μενού και εντολές που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία του χρήστη με το πρόγραμμα.

Σε ένα λογισμικό GIS όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα δεδομένα συνδέονται με την γεωγραφική θέση που έχουν ληφθεί. Υπάρχουν διάφορα συστήματα συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των δεδομένων σε ένα χάρτη. Ο καλύτερος τρόπος είναι να χρησιμοποιηθεί ένα παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων. Τα δύο πιο κοινά χρησιμοποιούμενα συστήματα συντεταγμένων είναι το σύστημα γεωγραφικό μήκος (longitude) - γεωγραφικό πλάτος (latitude) και το μετρικό σύστημα (Universal Transverse Mercatur, UTM). Το μετρικό σύστημα κάνει προβολή ενός μέρους της γης σε μια επίπεδη επιφάνεια ή χάρτη. Το σύστημα γεωγραφικό μήκος-



γεωγραφικό πλάτος μετρά δύο γωνίες από τον ισημερινό και από τον κεντρικό μεσημβρινό που περνάει από το Greenwich. Αυτές οι συντεταγμένες δίνονται σε μοίρες πρώτα λεπτά και δεύτερα λεπτά. Ένα δεύτερο λεπτό σε γεωγραφικό πλάτος είναι περίπου 30 μέτρα. Το μετρικό σύστημα μετατρέπει τις γωνίες (γεωγραφικό μήκος- πλάτος) σε ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων βόρεια (northing) και ανατολικά (easting). Οι συντεταγμένες στο μετρικό σύστημα δίνονται σε μέτρα με τον κατακόρυφο άξονα να λέγεται northing και τον οριζόντιο easting. Η Αγγελούπουλου (2008) αναφέρει ότι το κατάλληλο επίπεδο αναφοράς στο οποίο προβάλλονται οι γωνίες (γεωγραφικό μήκος- πλάτος) πρέπει να είναι γνωστό, όταν χρησιμοποιείται το μετρικό σύστημα. Υπάρχουν δύο επιλογές : North American Datum of 1927 (NAD27) και World Geodetic Reference System (WGS84). Οι δέκτες GPS χρησιμοποιούν το (WGS84). Στην Ελλάδα βρισκόμαστε στη ζώνη 34N.

Οι χάρτες δείχνουν την παραλλακτικότητα ενός μετρούμενου μεγέθους στον αγρό. Για τη δημιουργία των χαρτών ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.5.1.

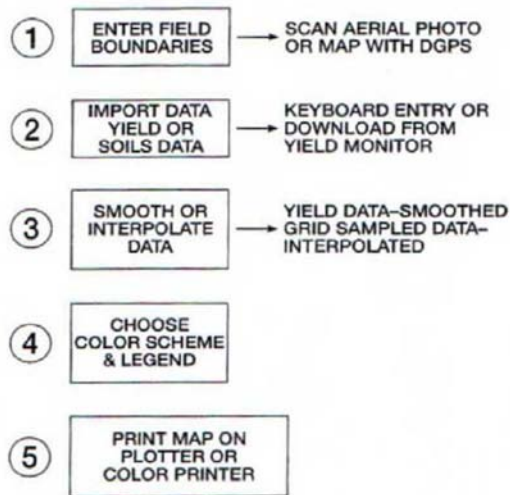
- ✓ Εισαγωγή του περιγράμματος του αγρού (field boundary)
- ✓ Εισαγωγή δεδομένων, πχ. δεδομένα παραγωγής
- ✓ Δημιουργία συνεχούς επιφάνειας με τη διαδικασία της εσωεκτίμησης
- ✓ Επιλογή χρωμάτων και λεζάντας για το χάρτη
- ✓ Εκτύπωση του χάρτη

Για έναν αγρό μπορούν να προστεθούν διάφορες πληροφορίες σε επίπεδα (data layers) που στη συνέχεια συνδυάζονται και λαμβάνονται αποφάσεις για τον ορθότερο τρόπο διαχείρισης του αγρού. Τέτοιες πληροφορίες είναι (Morgan and Ess, 1997).

1. περίγραμμα αγρού
2. χάρτης εδαφικών τύπων

3. σημεία δειγματοληψίας
4. χάρτες θρεπτικών στοιχείων
5. πληθυσμός ζιζανίων
6. χάρτης στράγγισης
7. χάρτης παραγωγής.

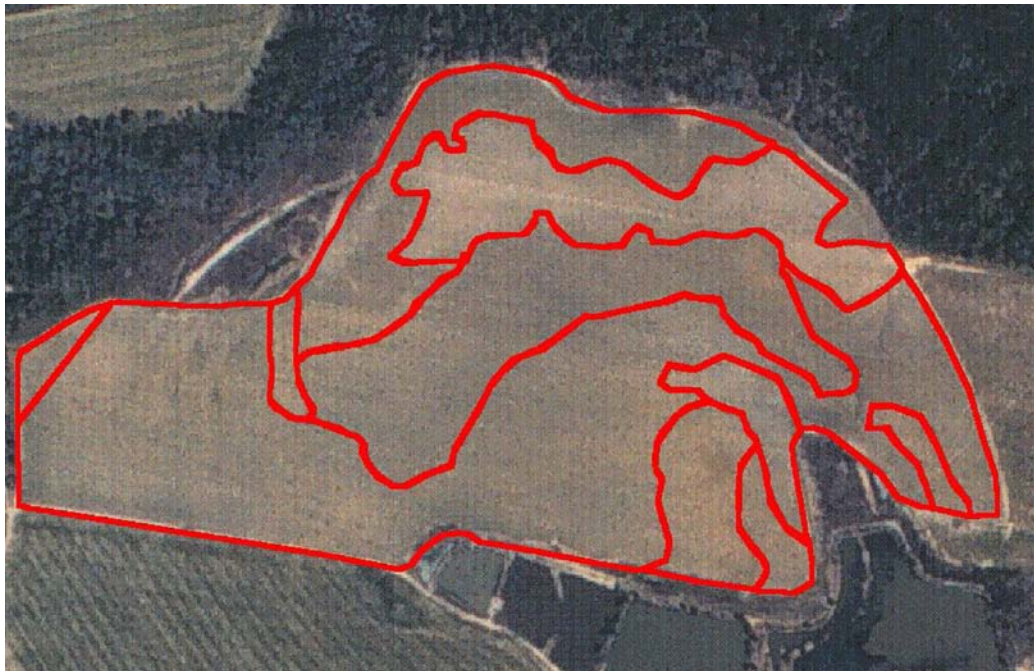
#### GIS FOR PRECISION FARMING



**Σχήμα 2.5.1** Βήματα για τη δημιουργία χαρτών για Γεωργία Ακριβείας. **Πηγή:** *Morgan and Ess, 1997.*

## 2.6. ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ (Management Zones)

Ο στόχος της Γεωργίας Ακριβείας είναι ο εντοπισμός και η ταυτοποίηση της παραλλακτικότητας ενός αγρού και η διαχείρισή της με την εφαρμογή των καλλιεργητικών εισροών με διαφοροποιούμενη δόση. Ως **ζώνη διαχείρισης** ορίζεται ένα επιμέρους τμήμα ενός αγρού που χαρακτηρίζεται από ένα λειτουργικά ομοιογενή συνδυασμό ιδιοτήτων (Παπαιοκονόμου, 2003).



**Σχήμα 2.6.1** Διαχωρισμός αγρού σε ζώνες διαχείρισης.

Βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι ζώνες διαχείρισης είναι τα εξής:

- ✓ σταθερότητα στο χρόνο
- ✓ ευκολία στην οριοθέτηση
- ✓ συσχέτιση με την παραγωγή
- ✓ χαμηλό κόστος δημιουργίας

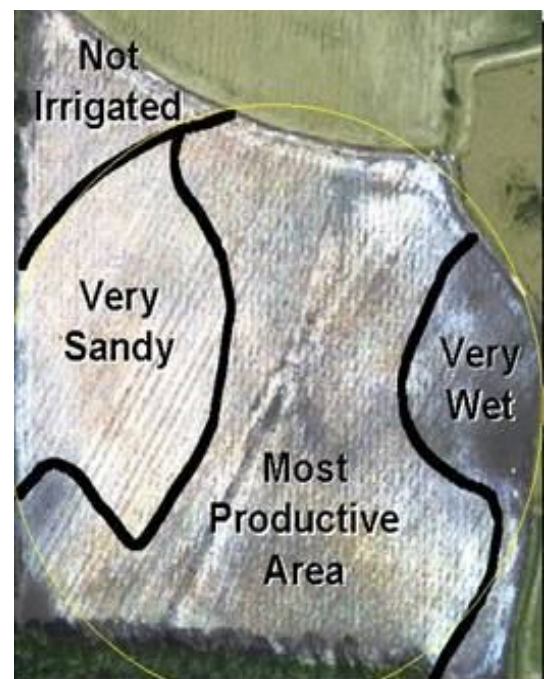
Δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι τρόποι δημιουργίας ζωνών διαχείρισης. Δημιουργούνται με την αξιολόγηση και την

αξιοποίηση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών του αγροκτήματος, όπως:

1. φυσικές ιδιότητες εδάφους
2. δυνατότητες διαχείρισης παραγωγού
3. πιθανά οφέλη από τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης

Ο αριθμός των ζωνών διαχείρισης ποικίλει μέσα σε έναν αγρό και είναι συνδυασμός, (Σχήμα 2.6.2):

- του μεγέθους του αγρού
- της παραλλακτικότητας του αγρού
- της ικανότητας του παραγωγού να διαφοροποιεί τις εισροές στον αγρό
- του πλάτους των μηχανημάτων που διαθέτει το αγρόκτημα και της δυνατότητας διαφοροποίησης της λειτουργίας τους



**Σχήμα 2.6.2** Τμήματα αγρού που έχουν διαφοροποιηθεί από το υπόλοιπο τμήμα αυτού.

Για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης χρησιμοποιούνται διάφορες πληροφορίες όπως:

- ✓ Αεροφωτογραφίες γυμνού εδάφους (υγρού και ξηρού)
- ✓ Περίμετρος του αγρού
- ✓ Τοπογραφικοί χάρτες
- ✓ Εδαφικοί χάρτες (περιορισμένη χρήση για μικρά αγροτεμάχια)
- ✓ Χάρτες παραγωγής

- ✓ Χάρτες δεικτών βλάστησης

Άλλες πηγές που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι:

- Δεδομένα από εδαφολογικές αναλύσεις
- Προσδιορισμός ελάχιστων διαστάσεων των ζωνών
- Προσδιορισμός ανωμαλιών των αγρών
- Χάρτες εχθρών καλλιέργειας (πχ. ζιζάνια, έντομα)
- Προσδιορισμός στραγγιστικών αγωγών

Μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθούν στοιχεία του ιστορικού του αγρού, όπως:

- ✓ Θέσεις παλαιών δρόμων, κτισμάτων
- ✓ Χάρτες από εκχερσώσεις, μεταφορά χωμάτων
- ✓ Στοιχεία εφαρμογής λιπασμάτων προηγούμενων ετών
- ✓ Στοιχεία καλλιεργειών προηγούμενων ετών
- ✓ Στοιχεία άρδευσης
- ✓ Τμήματα αγρού που συγκρατούν μεγάλη υγρασία
- ✓ Περιοχές που έχουν υποστεί διάβρωση

Γενικές γνώσεις που είναι απαραίτητες για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης είναι:

1. Αγρονομικές
2. Διαχείριση αγροκτήματος και οικονομικά
3. Ιστορία του αγρού
4. Δυνατότητες και περιορισμοί λόγω χρήσης μηχανικού εξοπλισμού

Η δημιουργία ζωνών διαχείρισης με βάση τοπογραφικά στοιχεία και εδαφικές ιδιότητες συχνά συλλαμβάνει την παραλλακτικότητα στην παραγωγή λόγω της διαφοροποίησης σε διαθέσιμο για τα φυτά νερό και επομένως στο δυναμικό παραγωγής (Fraisse et al., 2001a). Ο κατάλληλος αριθμός ζωνών παραγωγής διαφέρει από έτος σε έτος και σχετίζεται με τις καιρικές συνθήκες και το είδος της καλλιέργειας (Fraisse et al., 2001a). Λιγότερες ζώνες χρειαζόταν όταν η υγρασία ήταν αρκετή

κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ή όταν καλλιεργούνταν φυτά ανθεκτικά στην ξηρασία.

Οι ζώνες διαχείρισης χρησιμοποιούνται συχνά για να δείξουν περιοχές του αγρού με όμοιο δυναμικό παραγωγής. Ζώνες που βασίζονται στη γονιμότητα του εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία χαρτών εφαρμογής λιπασμάτων με μεταβλητές δόσεις (Fleming et al., 2000). Οι ζώνες διαχείρισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή θέσεων για λήψη δειγμάτων εδάφους (McMillan et al., 1998). Επίσης, περιοχές του αγρού με όμοιες ιδιότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συσχέτιση της παραγωγής με εδαφικούς και τοπογραφικούς παράγοντες για τη δημιουργία προτύπων ανάπτυξης καλλιεργειών (Fraisie et al., 2001b).

Οι Tozer and Isbister (2007) εξέτασαν τις επιπτώσεις της συγκομιδής ολόκληρου του αγρού σε σχέση με τη συγκομιδή κατά ζώνες. Δεν υπήρχε, όμως, συνοχή στα αποτελέσματα, δηλαδή για ορισμένους συνδυασμούς της διάταξης του αγρού και της απόδοσης η συγκομιδή κατά ζώνες ήταν πιο επικερδής, ενώ για άλλους όχι.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

### ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

#### 3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα σιτηρά περιλαμβάνουν φυτά με μεγάλη οικονομική σημασία. Καλλιεργούνται κυρίως για τους αμυλούχους σπόρους τους, που αποτελούν τη βάση της διατροφής του ανθρώπου και των ζώων και δευτερευόντως για την παραγωγή χονδροειδών ζωοτροφών. Επίσης, οι σπόροι αποτελούν πρώτη ύλη για τη βιομηχανία. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται αυξανόμενο ενδιαφέρον και γίνεται εκτεταμένη έρευνα για την παραγωγή βιοενέργειας από τους σπόρους και τη βιομάζα των σιτηρών.

Τα σιτηρά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την εποχή σποράς αυτών. Τα χειμερινά και τα εαρινά. Στην πρώτη κατηγορία εντάσσονται το σιτάρι, το κριθάρι, η βρώμη, η σίκαλη και το τριτικάλε, ενώ στη δεύτερη το καλαμπόκι, το ρύζι, το σόργο και το κεχρί.

Ο αραβόσιτος ή καλαμπόκι είναι το τρίτο σε σπουδαιότητα σιτηρό στον κόσμο μετά από το σιτάρι και το ρύζι. Προέρχεται από την Αμερική και συγκεκριμένα από το Νότιο Μεξικό. Εξαπλώθηκε ταχύτατα στην Νότια και Βόρεια Αμερική, τον Καναδά και εν συνεχεία στην Ευρώπη και τις υπόλοιπες περιοχές της γης. Ο αραβόσιτος καλλιεργείται σε πολλές περιοχές του κόσμου διότι προσαρμόζεται



σε ευρύ φάσμα κλιματολογικών συνθηκών εξ' αιτίας των διαφορετικών τύπων του, οι οποίοι έχουν βιολογικό κύκλο από 2 έως 11 μήνες.

Ο αραβόσιτος έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό για ικανοποιητική παραγωγή και στη χώρας μας καλλιεργείται αποκλειστικά σε αρδευόμενες εκτάσεις και μάλιστα σε περιοχές που υπάρχουν αρδευτικά δίκτυα και άφθονο νερό, όπως στις περιοχές της Μακεδονίας, της Θράκης και την Δ. Στερεάς Ελλάδας. Σε περιοχές που το νερό είναι αντλούμενο και το κόστος άρδευσης υψηλό, όπως στη Θεσσαλία, η καλλιεργούμενη έκταση είναι μικρότερη.

Ο αραβόσιτος καλλιεργείται κυρίως για τον καρπό και δευτερευόντως για την παραγωγή βιομάζας. Ο καρπός χρησιμοποιείται κυρίως ως ζωοτροφή, μια όμως σημαντική ποσότητα καταναλώνεται από τον άνθρωπο (π.χ. αλεύρι). Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

### **3.2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ**

Η καλλιεργούμενη έκταση με καλαμπόκι το 2008 ανήλθε σε 1610 εκατομ. στρ. και η παραγωγή σε 822 εκατομ. τόνους (FAOSTAT, 2008). Οι Η.Π.Α. παρήγαγαν 307 εκατ. τόνους (37,3%) και η Κίνα 166 εκατομ. τόνους (20%). Ακολουθούν ανάλογα με την παραγωγή η Βραζιλία, το Μεξικό, η Αργεντινή, η Ινδία, η Ινδονησία, η Γαλλία, η Ουκρανία και ο Καναδάς (Πίνακας 3.2.1).

Στην Ευρώπη η συνολική παραγωγή αραβοσίτου για το 2008 ήταν 93 εκατομ. τόνοι. Την πρώτη θέση καταλαμβάνει η Γαλλία με σχεδόν 16 εκατομ. τόνους. Ακολουθούν η Ουκρανία, η Ιταλία, η Ουγγαρία και η Ρουμανία. Η Ελλάδα καταλαμβάνει την



ενδέκατη θέση στον πίνακα της Ευρωπαϊκής Ένωσης με παραγωγή ίση με 2,4 εκατομ. τόνους.

Η μέση απόδοση αραβοσίτου το 2008 κυμάνθηκε στα 510 kg/στρ. με υψηλότερη στο Κουβέιτ με 2.100 kg/στρ. Η μέση απόδοση στην Ελλάδα για το 2008 ήταν 1.030 kg/στρ. και την κατατάσσει στην ένατη θέση παγκοσμίως.

Τέλος, το μεγαλύτερο ποσοστό καλλιεργούμενων εκτάσεων σημειώθηκε στις Η.Π.Α. (19,7%) με 32 εκατομ. στρ. περίπου και ακολούθησαν η Κίνα, η Βραζιλία, η Ινδία και το Μεξικό. Στην Ευρώπη οι καλλιεργούμενες εκτάσεις ήταν περίπου 15 εκατομ. στρ. και στην Ελλάδα 240 εκατομμύρια στρέμματα.

**Πίνακας 3.2.1** Παγκόσμια παραγωγή αραβοσίτου κατά το 2008 (FAOSTAT Database).

<i>Χώρα</i>	<i>Παραγωγή (τόνοι)</i>
ΗΠΑ	307.383.552
Κίνα	166.035.097
Βραζιλία	59.017.716
Μεξικό	24.320.100
Αργεντινή	22.016.926
Ινδία	19.290.000
Ινδονησία	16.323.922
Γαλλία	15.818.500
Ουκρανία	11.446.800
Καναδάς	10.592.000

### 3.3. ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Ο αραβόσιτος ανήκει στο γένος *Zea* και στο είδος *Zea mays L.* Παρουσιάζει μεγάλη πολυμορφία τύπων. Ανάλογα με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, τη δομή και τις ιδιότητες του αμύλου του κόκκου, διακρίνουμε έξι βασικούς τύπους καλαμποκιού. Αυτοί είναι: το μικρόκοκκο (pop), το σκληρό (flint), το οδοντόμορφο (dent), το αλευρώδες (floury), το γλυκό (sweet) και το ενδεδυμένο (rod) καλαμπόκι. Με τη συνεχή όμως βελτίωση δημιουργήθηκαν και ενδιάμεσοι τύποι, όπως: 1) ημι-σκληρό καλαμπόκι (semi-flint), flint με μαλακό κάλυμμα, 2) ημι-οδοντόμορφο (semi-dent) ενδιάμεσος τύπος μεταξύ dent και flint, αλλά πλησιέστερα προς το dent και 3) ημι-αλευρώδες με εξωτερικό στρώμα σκληρού ενδοσπερμίου (Παπακώστα, 2008).

**Μικρόκοκκο καλαμπόκι (pop corn).** Οι κόκκοι είναι μικροί και συνήθως ολόκληρο το ενδοσπέρμιο είναι κερατοειδές. Από τον τύπο αυτό παράγεται το pop-corn που καταναλώνεται από τον άνθρωπο. Οι κόκκοι όταν θερμανθούν σκάζουν, λόγω της πίεσης των υδρατμών που δημιουργούνται στο εσωτερικό τους και ο όγκος τους αυξάνεται 25 έως 35 φορές περισσότερο από το αρχικό μέγεθος του κόκκου.



**Σχήμα 3.3.1.** Σπάδικας μικρόκοκκου καλαμποκιού (pop corn).

**Σκληρό καλαμπόκι (flint corn).** Ο κόκκος αποτελείται από ένα μικρό τμήμα αλευρώδους ενδοσπερμίου στο κέντρο του σπόρου, το οποίο περιβάλλεται εξ ολοκλήρου από κερατοειδές ενδοσπέρμιο. Οι κόκκοι έχουν σχήμα σχεδόν σφαιρικό ή ωσειδές και παραμένουν λείοι κατά την ωρίμανση. Καταλάμβανε παλαιότερα το μεγαλύτερο μέρος των καλλιεργούμενων με

καλαμπόκι εκτάσεων στη χώρα μας. Σήμερα η καλλιέργειά του περιορίστηκε σε ελάχιστη έκταση με την εισαγωγή στην καλλιέργεια των απλών υβριδίων που ανήκουν στον οδοντόμορφο τύπο.

**Οδοντόμορφο καλαμπόκι (dent corn).** Το μεγαλύτερο τμήμα του κόκκου αποτελείται από αλευρώδες ενδοσπέρμιο. Κατά την ωρίμανση σχηματίζεται ένα βαθούλωμα σε σχήμα δοντιού στο επάνω μέρος του κόκκου. Είναι ο πιο διαδεδομένος καλλιεργούμενος τύπος στη χώρα μας και παγκοσμίως, καθώς και ο πιο παραγωγικός.



*Σχήμα 3.3.2. Σπάδικες οδοντόμορφου καλαμποκιού.*

**Αλευρώδες καλαμπόκι (flour corn).** Το ενδοσπέρμιο του κόκκου είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου αλευρώδες και δεν συρρικνώνεται (ή συρρικνώνεται ελάχιστα) κατά την ωρίμανση. Οι κόκκοι είναι μαλακοί και γίνονται εύκολα αλεύρι. Καλλιεργείται σε πολύ μικρές εκτάσεις παγκοσμίως.

**Γλυκό καλαμπόκι (sweet ή sugary corn).** Το ενδοσπέρμιο χαρακτηρίζεται από μεγάλη αναλογία ζαχάρων σε σχέση με το άμυλο. Κατά την ωρίμανση οι κόκκοι αφυδατώνονται έντονα, συρρικνώνονται σε όλη την έκταση, γίνονται σκληροί και το ενδοσπέρμιο έχει υαλώδη, καραμελοειδή εμφάνιση. Καταναλώνεται αποκλειστικά από τον άνθρωπο πριν την ωρίμανση του κόκκου, νωπό ή μαγειρεμένο.

**Ενδεδυμένο καλαμπόκι (pod corn).** Οι κόκκοι περιβάλλονται από τα αναπτυγμένα λέπυρά τους και ολόκληρος ο σπάδικας από τα φράκτια φύλλα, όπως και στους υπόλοιπους τύπους. Χρησιμοποιείται μόνο σε βελτιωτικά προγράμματα.

### **3.4. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ**

#### **3.4.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

Η μορφή του ριζικού συστήματος του αραβοσίτου είναι θυσσανώδης και έχει τριών ειδών ρίζες: τις εμβρυακές, τις μόνιμες και τις εναέριες. Οι εμβρυακές ρίζες διακρίνονται στην πρωτογενή εμβρυακή ρίζα και στις δευτερογενείς που είναι συνήθως 3 έως 5. Οι μόνιμες ρίζες εκφύονται από τους πρώτους κόμβους του στελέχους που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και αποτελούν τον κύριο όγκο του ριζικού συστήματος. Ο κύριος όγκος του ριζικού συστήματος βρίσκεται στα πρώτα 30-50cm του εδάφους, παρ' όλο ότι μερικές ρίζες μπορούν να εισχωρήσουν μέχρι βάθος και 2m. Οι εναέριες ρίζες εκφύονται από τους πρώτους 2-3 κόμβους πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, κατά το τελευταίο στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης. Ο κύριος ρόλος τους είναι η στήριξη των φυτών στην όρθια θέση.

Τα φύλλα του αραβοσίτου αναπτύσσονται ανά ένα σε κάθε κόμβο. Το αναπτυγμένο φύλλο αποτελείται από το έλασμα και τον κολεό. Ο κολεός περιβάλλει το μεσογονάτιο μέχρι τον επόμενο προς τα πάνω κόμβο και προσδίδει αντοχή στο μεσογονάτιο διάστημα. Ο αριθμός των φύλλων ποικίλει από 8-48, εξαρτάται από το γενότυπο και είναι ανάλογος του μήκους του βιολογικού κύκλου (Παπακώστα, 2008).

Η αρσενική ταξιανθία είναι φόβη, σχηματίζεται στην κορυφή του φυτού και ο κεντρικός της άξονας είναι προέκταση του άκρου του βλαστού. Η θηλυκή ταξιανθία που ονομάζεται σπάδικας, είναι στάχυς και σχηματίζεται στο άκρο μικρών πλευρικών διακλαδώσεων του κεντρικού στελέχους.

### **3.4.2. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ**

#### **Θερμοκρασία**

Ο αραβόσιτος χαρακτηρίζεται ως φυτό των θερμών περιοχών. Αναπτύσσεται σε περιοχές που επικρατούν σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Για το φύτευμα χρειάζεται θερμοκρασία μεγαλύτερη από 15°C με άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης να κυμαίνεται από 24 έως 30°C. Μπορεί να αναπτυχθεί και με υψηλότερες θερμοκρασίες, αλλά τότε απαιτείται επάρκεια νερού καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης. Σύμφωνα με τους Marques da Silva and Silva (2006) θερμοκρασία πάνω από 40 °C, κατά τις τελευταίες μέρες του Ιουλίου και τις πρώτες του Αυγούστου, αύξησε τις απαιτήσεις της καλλιέργειας σε νερό, δυσκολεύοντας τον παραγωγό στη διαχείριση της άρδευσης και επίδρασε, τελικά, δυσμενώς στην απόδοση του αραβοσίτου.

Μέχρι ο αραβόσιτος να αποκτήσει ύψος 15cm περίπου, αντέχει σε χαμηλές θερμοκρασίες ή παγετούς. Οι ζημιές κυρίως αφορούν τα κατώτερα φύλλα. Οι χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν ζημιές κατά το φθινόπωρο πριν από τη συγκομιδή, γιατί τα φυτά μπορεί να ξηραθούν, πριν ολοκληρωθεί το γέμισμα των κόκκων. Γενικά, για υψηλές αποδόσεις χρειάζεται μια περίοδος ανάπτυξης 120 έως 180 ημ. χωρίς χαμηλές θερμοκρασίες.

#### **Υγρασία**

Ο αραβόσιτος παρ' όλο ότι έχει μικρότερο συντελεστή διαπνοής (kg νερού που απαιτούνται για την παραγωγή 1 kg ξηράς ουσίας) από αρκετά καλλιεργούμενα φυτά, εν τούτοις έχει μεγάλες ανάγκες σε νερό, λόγω της μεγάλης ποσότητας ξηράς ουσίας που σχηματίζει. Παράλληλα όμως υποφέρει από την κατάκλυση με νερό, ιδίως στα βαριά εδάφη όπου η διήθηση του

νερού γίνεται με βραδύ ρυθμό. Για να αποδώσει ικανοποιητικά χρειάζεται άφθονη υγρασία εδάφους καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής του (Παπακώστα, 2008).

### ***Εδαφικές απαιτήσεις***

Ο αραβόσιτος προσαρμόζεται σε διάφορους τύπους εδαφών. Τα καλύτερα όμως αποτελέσματα δίνει σε εδάφη πηλώδη έως ιλυοπηλώδη, γόνιμα, με καλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και καλή στράγγιση. Τα αμμώδη εδάφη δεν θεωρούνται κατάλληλα, γιατί συνήθως έχουν μικρή γονιμότητα, ξηραίνονται εύκολα και χρειάζονται μεγάλη ποσότητα νερού άρδευσης. Στα συνεκτικά εδάφη δημιουργούνται προβλήματα κακού αερισμού που επηρεάζουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.

Το pH των εδαφών που είναι κατάλληλο για τον αραβόσιτο, κυμαίνεται από 5,6 έως 7,5 με άριστο το 6,8 (Παπακώστα, 2008). Θεωρείται μέτρια ευαίσθητο είδος σε σχέση με την αντοχή του στην αλατότητα του εδάφους. Η αυξημένη αλατότητα στο έδαφος καθυστερεί τη βλάστηση του σπόρου και μειώνει τη βλαστική ανάπτυξη.

### ***3.4.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ***

Ο αραβόσιτος μπορεί να ενταχθεί σε διάφορα συστήματα αμειψισποράς, χωρίς να έχει παρατηρηθεί κανένα ιδιαίτερο πρόβλημα. Στη χώρα μας εφαρμόζεται στο μεγαλύτερο μέρος των καλλιεργούμενων εκτάσεων μονοκαλλιέργεια. Αμειψισπορά γίνεται κυρίως με σιτηρά, ζαχαρότευτλα και βαμβάκι. Από τα ψυχανθή πιο κατάλληλη θεωρείται η μηδική, η οποία αφήνει το έδαφος πλούσιο σε άζωτο και απαλλαγμένο από ζιζάνια.

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος κατεργασίας του εδάφους είναι ο παραδοσιακός. Η πρώτη φροντίδα είναι η διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας, όταν τα φυτά είναι ογκώδη όπως π.χ. τα υπολείμματα αραβοσίτου ή βαμβακιού. Γίνεται τεμαχισμός αυτών με στελεχοκόπτη για να είναι ευκολότερη η ενσωμάτωσή του και στη συνέχεια η αποσύνθεσή τους.

Ακολουθεί το φθινοπωρινό όργωμα με το οποίο γίνεται η ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων. Το νερό που αποθηκεύεται στο έδαφος κατά την περίοδο του χειμώνα είναι διαθέσιμο για την πρώτη ανάπτυξη των φυτών. Τέλος, πριν τη σπορά γίνεται ψιλοχωματισμός του εδάφους και ενσωματώνονται τα λιπάσματα, τα ζιζανιοκτόνα και τα εντομοκτόνα.

Τα τελευταία χρόνια, για τη μείωση του κόστους παραγωγής, την αποφυγή της διάβρωσης των επικλινών εδαφών και τη διατήρηση της οργανικής ουσίας και της υγρασίας του εδάφους, αναπτύχθηκαν διάφορες τεχνικές μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας του εδάφους.

Ο αραβόσιτος χρειάζεται επάρκεια θρεπτικών στοιχείων για να αναπτυχθεί. Σύμφωνα με την Παπακώστα (2008), για παραγωγή 1000 kg/στρ., η προσθήκη 20 έως 25 kg N/στρ. ετησίως είναι απαραίτητη για τη διατήρηση των υψηλών αποδόσεων των υβριδίων, σε περίπτωση που εφαρμόζεται μονοκαλλιέργεια. Σε γόνιμα εδάφη και σε σύστημα αμειψισποράς που η προηγούμενη καλλιέργεια είναι ψυχανθές, η ποσότητα του N μπορεί να περιορισθεί σε 10 έως 20kg/στρ. Επίσης, συνιστάται προσθήκη μέχρι 6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/στρ και 20-35 kg K<sub>2</sub>O/στρ. Ο καταλληλότερος χρόνος εφαρμογής της συνολικής ποσότητας θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος είναι πριν την εκτέλεση της τελευταίας καλλιεργητικής εργασίας κατά την προετοιμασία του εδάφους για τη σπορά, ώστε να ενσωματωθεί στο έδαφος.

Η σπορά του αραβοσίτου ως κύρια καλλιέργεια συνιστάται να γίνεται την άνοιξη, όταν η θερμοκρασία του εδάφους φτάσει τους 10°C. Στην Ελλάδα η σπορά κλιμακώνεται από τις αρχές μέχρι το τέλος Απριλίου, ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Η σπορά του αραβοσίτου γίνεται με τις πνευματικές σπαρτικές μηχανές των ανοιξιάτικων καλλιεργειών. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών συνήθως κυμαίνονται από 70 έως 80 cm. Οι δε αποστάσεις πάνω στη γραμμή ρυθμίζονται σύμφωνα με τον επιζητούμενο πληθυσμό φυτών. Το καταλληλότερο βάθος σποράς σε καλώς προετοιμασμένα χωράφια είναι 5 έως 6 cm.

Τα υβρίδια αραβοσίτου είναι πολύ απαιτητικά σε νερό, έλλειψη του οποίου περιορίζει σημαντικά τις αποδόσεις τους. Η απαιτήσις σε νερό της καλλιέργειας είναι 15 ημ. πριν και 15 ημ. μετά την άνθηση, δηλαδή από 45 – 135 ημ. σε υβρίδια 150 ημερών και σε ποσότητα από 2 – 9 χιλ. /ημ. με αυξανόμενες τάσεις. Επαρκείς βροχοπτώσεις για την καλλιέργεια δεν συναντώνται σε καμιά περιοχή της χώρας μας. Συνήθως με τις βροχοπτώσεις εξασφαλίζεται η μισή ποσότητα (περίπου 250 χιλιοστά από την αποθήκευση νερού κατά την άνοιξη και ενδεχομένως από μερικές καλές βροχοπτώσεις κατά την αρχή του καλοκαιριού). Στη χώρα μας χρησιμοποιείται τόσο η άρδευση με καταιονισμό, όσο και η άρδευση με αυλάκια, αλλά μερικές φορές και η άρδευση με σταγόνες. Οι σταγόνες και τα αυλάκια πλεονεκτούν από την άποψη ότι γίνεται καλύτερη οικονομία στο νερό, αλλά ο καταιονισμός φαίνεται ότι απαιτεί λιγότερα εργατικά και είναι ο επικρατέστερος.

Όταν οι καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν, η συγκομιδή γίνεται σε υγρασία σπόρων περίπου 15%. Θεωρείται προτιμότερο οι απώλειες συγκομιδής να είναι μεγαλύτερες, προκειμένου να αποφευχθεί η τεχνητή ξήρανση. Η μέση απόδοση στη χώρα μας των υβριδίων μεγάλου βιολογικού κύκλου είναι 850-900 kg/στρ.



Σε γόνιμα εδάφη, με επαρκή άρδευση αυτή φτάνει τα 1500 kg/στρ (υβρίδιο Δίας, ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., 2004). Η συγκομιδή γίνεται με αλωνιστικές μηχανές (combines) τεσσάρων ή έξι σειρών. Οι απώλειες συλλογής συνήθως κυμαίνονται από 5 έως 20%. Οι απώλειες οφείλονται κυρίως στη μη συλλογή ενός ποσοστού σπαδικών και στην πτώση στο έδαφος σπόρων κατά την απομάκρυνση των βράκτιων φύλλων. Επίσης, τα ποσοστά απωλειών αυξάνουν με τη μεγάλη ταχύτητα λειτουργίας και την κακή ρύθμιση των μηχανών. Οι αλωνιστικές μηχανές αποδίδουν και ένα ποσοστό σπασμένων σπόρων, το οποίο είναι τόσο μεγαλύτερο όσο υψηλότερη είναι υγρασία των κόκκων κατά τη συγκομιδή (Τσατσαρέλης, 2006).

Για ενσίρωση συγκομίζεται όλο το υπέργειο τμήμα του φυτού, βλαστικά τμήματα και σπάδικας. Η περιεκτικότητα σε υγρασία του συνόλου του φυτού εγγυάται την καλή συντήρηση της χορτομάζας στο σιλό. Κατάλληλο στάδιο κοπής για τη μεγιστοποίηση της πρόσληψης από τα ζώα θεωρείται όταν η ξηρά ουσία του φυτού είναι κοντά στο 33-36%. Η συγκομιδή γίνεται με χορτοκοπτικές μηχανές εφοδιασμένες με πρόσθετα εξαρτήματα, τα οποία ταυτόχρονα κατατεμαχίζουν τη φυτική μάζα σε μικρά κομμάτια, φορτώνονται σε όχημα συρόμενο από ελκυστήρα και μεταφέρονται στους σιρούς στους οποίους θα γίνει η διεργασία της ενσίρωσης (Τσατσαρέλης 2003).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.**

### **ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

#### **4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Σε τέσσερις διαφορετικούς αγρούς αραβοσίτου στην ευρύτερη αγροτική περιοχή της Μυρίνης του Ν. Καρδίτσας έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής, κατά τη συγκομιδή της καλλιεργητικής περιόδου 2009.

Το σύστημα καταγραφής της παραγωγής τοποθετήθηκε σε θεριζοαλωνιστική μηχανή CLAAS Dominator 106, η οποία χρησιμοποιείται επαγγελματικά από τον ιδιοκτήτη σε καλλιέργειες σκληρού και μαλακού σίτου, κριθαριού και αραβοσίτου.

#### **4.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ**

Το σύστημα χαρτογράφησης είναι της Ag Leader Technology και αποτελείται από:

1. Το GPS
2. Την κεντρική οθόνη (monitor)
3. Τα καλώδια κεντρικής διανομής ρεύματος και πληροφοριών (power cable)
4. Τον αισθητήρα μέτρησης υγρασίας σπόρων (moisture sensor)
5. Τον αισθητήρα καταγραφής ροής παραγωγής της καλλιέργειας (grain flow sensor)
6. Τον αισθητήρα ταχύτητας αναβατορίου (elevator speed sensor)
7. Τον αισθητήρα ταχύτητας θεριζοαλωνιστικής μηχανής (ground speed sensor)
8. Τον αισθητήρα θέσης μηχανισμού θερισμού (πραγματοποίησης ή διακοπή) μετρήσεων (header sensor)

### **4.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ**

#### **4.3.1. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ GPS**

Το GPS που χρησιμοποιήθηκε είναι το GPS 1500 της Ag Leader Technology. Η βάση του αποτελείται από μία μεταλλική πλάκα. Τοποθετείται στην οροφή της καμπίνας της μηχανής συγκομιδής και συνδέεται στην κεντρική συνδεσμολογία, ώστε να πραγματοποιεί μετρήσεις για την ταχύτητα της μηχανής. Στην κεντρική οθόνη εμφανίζεται το σήμα του GPS. Το "G" δείχνει ότι η συσκευή δέχεται σήμα GPS και συνδέεται με τέσσερις τουλάχιστον δορυφόρους. Το "D" δείχνει ότι η συσκευή λαμβάνει διαφορικό σήμα, D-GPS. Μικρότερης λήψης σήμα "g" δείχνει ότι η συσκευή λαμβάνει σήμα μόνο από τρεις δορυφόρους.



**Σχήμα 4.3.1** Εγκατάσταση του GPS 1500 στην οροφή της καμπίνας.

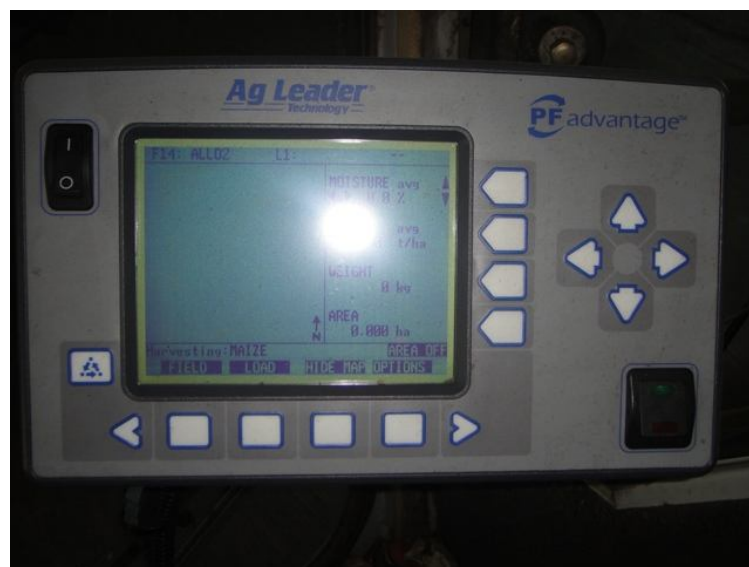
#### **4.3.2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΟΘΟΝΗΣ (monitor)**

Η κεντρική οθόνη είναι το μοντέλο PF Advantage της Ag Leader Technology. Ο βραχίονας στήριξης για την οθόνη προσφέρει μια πολύ ασφαλή επιφάνεια στερέωσης μόνο εάν το γυαλί του παραθύρου είναι χημικά καθαρό. Καθορίζουμε την θέση στην οποία θέλουμε να τοποθετήσουμε την οθόνη. Αφαιρούμε την κολλητική ταινία από την πίσω πλευρά του βραχίονα στήριξης, πιέζοντάς τον στην επιφάνεια του παρμπρίζ της

μηχανής. Τοποθετείται, έτσι, σταθερά ώστε να είναι εύκολος στη χρήση από τον χειριστή. Τέλος, συνδέεται με την κεντρική συνδεσμολογία των καλωδίων.

Η οθόνη PF Advantage έχει τέσσερις γραμμές για την προβολή των στοιχείων σχετικά με τις λειτουργίες της. Υπάρχει επιλογή των στοιχείων που επιθυμεί ο χειριστής να προβάλλονται και η θέση αυτών στην οθόνη. Υπάρχουν περισσότερα από τέσσερα στοιχεία για επιλογή. Η αλλαγή των στοιχείων γίνεται με τα πλήκτρα επιλογής που υπάρχουν δεξιά της οθόνης (Σχήμα 4.1.2).

Το πλήκτρο "MENU" εμφανίζει το μενού στο κάτω μέρος της οθόνης. Υπάρχουν δύο κύριες επιλογές που μπορεί ο χειριστής να δει πατώντας το πλήκτρο "MENU". Σ' αυτές συμπεριλαμβάνονται οι επιλογές για τον αγρό (FILED), το φορτίο (LOAD), τον χάρτη του αγρού (MAP), τις γενικές επιλογές (OPTIONS), τη βαθμονόμηση (CAL-Calibration) και την εγκατάσταση (SETUP). Από την κατασκευάστρια εταιρεία προτείνεται να εμφανίζονται οι επιλογές για τον αγρό (tn/ha), το φορτίο (tn) , τον χάρτη (ha) και τις επιλογές στην γραμμή του μενού.



**Σχήμα 4.3.2.** PF Advantage monitor.

#### **4.3.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (power cable)**

Στο πάτωμα της καμπίνας υπάρχει μια πλάκα την οποία αφαιρούμε για να περάσουμε το καλώδιο σύνδεσης της οθόνης. Συνδέουμε το καλώδιο με την οθόνη και με την κεντρική συνδεσμολογία των καλωδίων, η οποία βρίσκεται εκτός της καμπίνας και τοποθετημένη κάτω από αυτή με τέτοιο τρόπο ώστε να μην εμποδίζει τη γενική λειτουργία της μηχανής.

#### **4.3.4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (moisture sensor)**

##### ***Θέση εγκατάστασης αισθητήρα υγρασίας***

Ο αισθητήρας μέτρησης υγρασίας τοποθετήθηκε στην εξωτερική πλευρά του αναβατορίου, στην δεξιά πλευρά της μηχανής. Πρέπει να τοποθετείται όσο το δυνατό ψηλότερα στο αναβατόριο, ώστε να διατηρείται καθαρή η συνδεσμολογία από φερόμενες λάσπες, άχυρα και υπολείμματα της καλλιέργειας.

##### ***Δημιουργία οπών***

Αφαιρούμε την μεταλλική πλευρά του αναβατορίου ώστε να δημιουργήσουμε τις απαραίτητες τρύπες, όπου θα τοποθετηθεί ο αισθητήρας μέτρησης υγρασίας. Εφ' όσον μαρκάρουμε τα συγκεκριμένα σημεία, δημιουργούμε οπές μήκους 8 ιντσών με το τρυπάνι, η οποίες βρίσκονται η μία από την πλευρά που τα "κουβαδάκια" του αναβατορίου του καρπού κατευθύνονται προς την κορυφή του αναβατορίου (γεμάτα με σπόρο) και η άλλη από την πλευρά που τα "κουβαδάκια" κατευθύνονται προς τη βάση του αναβατορίου (άδεια) για να ξαναγεμίσουν με καθαρό καρπό.

## **Προσαρμογή αισθητήρα**

Ακολουθεί η τοποθέτηση του αισθητήρα μέτρησης υγρασίας στις υπάρχουσες οπές. Η μία οπή του αισθητήρα που δέχεται τον καθαρό σπόρο για μέτρηση (είσοδος) προσαρμόζεται στην οπή της πλευράς του αναβατορίου όπου τα “κουβαδάκια” κατευθύνονται με τον σπόρο προς την κορυφή του αναβατορίου. Η άλλη οπή του αισθητήρα μέτρησης υγρασίας τοποθετείται από την πλευρά όπου τα “κουβαδάκια” κατευθύνονται χωρίς σπόρο (άδεια) προς τη βάση του αναβατορίου. Καθώς τα “κουβαδάκια” κατευθύνονται με τον σπόρο προς την κορυφή του αναβατορίου, ο σπόρος εισέρχεται στον αισθητήρα υγρασίας από την είσοδο (πάνω οπή) για να πραγματοποιηθεί η μέτρηση. Μετά το πέρας της μέτρησης ο κοχλίας του αισθητήρα υγρασίας επιστρέφει τον σπόρο ξανά στο αναβατόριο για να κατευθυνθεί στο χώρο αποθήκευσης (αμπάρι) της μηχανής συγκομιδής μέσω της εξόδου του αισθητήρα (κάτω οπή). Γίνεται επικόλληση των μεταλλικών μερών με ειδική σιλικόνη ώστε να στεγανοποιηθούν και να μην υπάρχουν απώλειες σπόρων, αλλά και εισαγωγή ξένων υλών (άχυρα, λάσπες). Επανατοποθετούμε σταθερά την μεταλλική πλευρά στο αναβατόριο, ώστε να είναι έτοιμο για εργασία.

## **Συνδεσμολογία**

Συνδέουμε το καλώδιο τροφοδοσίας του αισθητήρα με τους ακροδέκτες της μπαταρίας της θεριζοαλωνιστικής μηχανής. Επίσης, συνδέουμε το δεύτερο καλώδιο του αισθητήρα υγρασίας με την κεντρική συνδεσμολογία, ώστε να καταγράφονται στην κεντρική οθόνη οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται.



**Σχήμα 4.3.4.** *moisture sensor.*

#### **4.3.5. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (grain flow sensor)**

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στο κεφάλαιο 2, ο αισθητήρας μέτρησης παραγωγής είναι ο πιο σημαντικός στο σύστημα χαρτογράφησης καθώς μετρά την παραγωγή κατά τη διάρκεια της συγκομιδής. Ο αισθητήρας είναι μέτρησης πίεσης (Impact Force Sensor). Καθώς τα “κουβαδάκια” του αναβατορίου του καρπού της μηχανής συγκομιδής περιστρέφονται γύρω από το γρανάζι που βρίσκεται στην κορυφή του αναβατορίου οι σπόροι τινάζονται στον αισθητήρα ροής. Ο αισθητήρας ροής μετρά τη δύναμη που ασκεί η ροή του σπόρου καθώς χτυπάει στη μεταλλική πλάκα κρούσεως. Αφαιρούμε το κάλυμμα πρόσβασης της άνω επιφάνειας του αναβατορίου καθαρής παραγωγής και τοποθετούμε τον αισθητήρα ροής στη θέση του. Ο αισθητήρας

ροής έχει τις ίδιες διαστάσεις με το κάλυμμα του αναβατορίου στις περισσότερες μηχανές προηγούμενης τεχνολογίας. Προσαρμόζουμε τον αισθητήρα ροής σταθερά με βίδες και συνδέουμε το καλώδιο του με την κεντρική συνδεσμολογία καλωδίων, ώστε να καταγράφονται οι μετρήσεις.



**Σχήμα 4.3.5.1** grain flow sensor.

Στις εικόνες 4.3.5.1 και 4.3.5.2 απεικονίζεται ο αισθητήρας μέτρησης της παραγωγής, ο οποίος τοποθετήθηκε στην άνω επιφάνεια του αναβατορίου καθαρής παραγωγής.





**Σχήμα 4.3.5.2** grain flow sensor.

#### **4.3.6. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΑΒΑΤΟΡΙΟΥ** (*elevator speed sensor*)

Στο σύστημα του αναβατορίου της μηχανής συγκομιδής υπάρχει ένας αισθητήρας ο οποίος μετράει την ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται το αναβatóριο και προειδοποιεί τον χειριστή της για τυχόν αποκλίσεις από τις αρχικές εντολές που δόθηκαν. Συνδέουμε το καλώδιο του αισθητήρα ταχύτητας της κεντρικής συνδεσμολογίας με τον αισθητήρα ταχύτητας του αναβατορίου. Το αναβatóριο στηρίζεται πάνω σε δύο σταθερούς άξονες, ο ένας βρίσκεται στο αμπάρι και ο άλλος στο κάτω μέρος του κόσκινου, οι οποίοι περιστρέφονται παράλληλα. Οι άξονες συνδέονται μεταξύ τους με μία καδένα που βρίσκονται τοποθετημένα τα κουβαδάκια του καρπού. Με την περιστροφή των αξόνων ανεβοκατεβαίνουν τα κουβαδάκια και μεταφέρουν τον καρπό στην αποθήκη (αμπάρι). Ο αισθητήρας ταχύτητας του αναβατορίου τοποθετείται στο άξονα που βρίσκεται στο αμπάρι

και οι στροφές του είναι σταθερές και ρυθμισμένες από τον κατασκευαστή. Εάν οι στροφές του αναβατορίου μειωθούν (μείωση ταχύτητας), ο αισθητήρας προειδοποιεί τον χειριστή με φωτεινή ένδειξη στην κεντρική οθόνη της καμπίνας.

#### **4.3.7. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ** *(ground speed sensor)*

Ο αισθητήρας ταχύτητας βρίσκεται στο κιβώτιο ταχυτήτων της μηχανής και καταγράφει την ταχύτητα αυτής. Οι στροφές του γραναζιού στο οποίο βρίσκεται ο αισθητήρας θέτουν σε κίνηση τον κινητήριο τροχό της μηχανής. Ο υπολογισμός της ταχύτητας της μηχανής γίνεται από τον κατασκευαστή και είναι σταθερός και ανάλογος με το μήκος του κινητήριου τροχού. Σε περίπτωση, όμως, που γίνει αλλαγή μήκους τροχού τότε υπάρχει αλλαγή και στην πραγματική ταχύτητα της μηχανής. Εάν δεν γίνει βαθμονόμηση τότε θα έχουμε λανθασμένη ένδειξη του αισθητήρα. Συνδέουμε τον αισθητήρα ταχύτητας με το καλώδιο της κεντρικής συνδεσμολογίας. Συνεπώς, έχουμε δύο επιλογές για την καταγραφή της ταχύτητας. Από τον αισθητήρα της ταχύτητας της μηχανής ή από το GPS μέσω δορυφόρου.

#### **4.3.8. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ** *(header height sensor)*

Κάτω από την καμπίνα της μηχανής υπάρχουν δύο σταθεροί βραχίονες, πάνω στους οποίους στηρίζεται η καμπίνα. Στον αριστερό βραχίονα προσαρμόζουμε τον αισθητήρα που δίνει εντολή για να ξεκινήσει και να σταματήσει η καταγραφή των μετρήσεων. Ο αισθητήρας είναι μία μεταλλική ράβδος, η οποία ενώνεται με το θεριστικό σύστημα της μηχανής (σκάφη) με μία αλυσίδα. Όταν η σκάφη της μηχανής κατεβαίνει για να εργαστεί στον αγρό ξεκινάει η καταγραφή των μετρήσεων, ενώ όταν

ανυψώνεται στα κεφαλάρια ή κατά το πέρας της εργασίας οι μετρήσεις σταματούν. Συνδέεται καλωδιακά με την κεντρική συνδεσμολογία ώστε να απεικονίζονται οι μετρήσεις στην κεντρική οθόνη.



**Σχήμα 4.3.8** header height sensor.

Εφ' όσον έχει γίνει εγκατάσταση όλων των αισθητήρων και σύνδεσή τους με την κεντρική οθόνη απεικόνισης των μετρήσεων πραγματοποιείται βαθμονόμηση όλου του συστήματος των αισθητήρων, ώστε οι μετρήσεις να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα και να περιορίζεται η πιθανότητα στατιστικού σφάλματος στο ελάχιστο. Η βαθμονόμηση γίνεται συνήθως συγκρίνοντας τα βάρη αρκετών φορτίων που έχουν εκτιμηθεί από τους αισθητήρες παραγωγής με αυτά που προκύπτουν από την ζύγιση των φορτίων (Markinos et al., 2004).

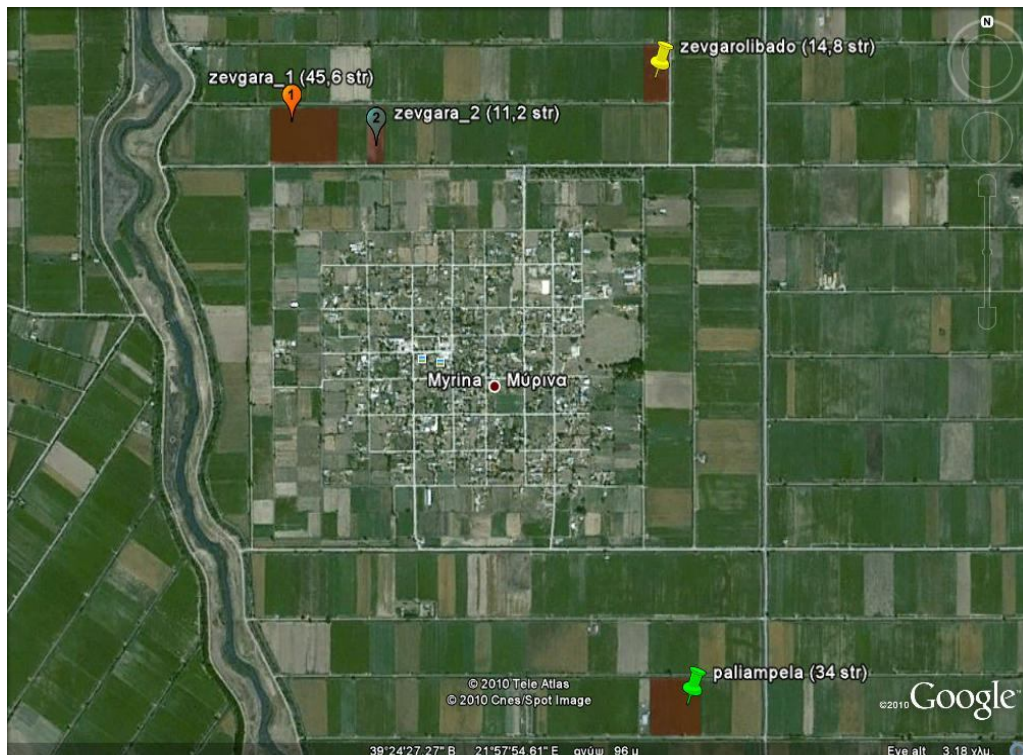
Ο χρόνος δειγματοληψίας από τους αισθητήρων πραγματοποιούνταν κάθε 3 δευτερόλεπτα. Τα δεδομένα των μετρήσεων είναι συνδυασμός της θέσης από το GPS και των δεδομένων που λαμβάνονται από τους αισθητήρες. Η

βαθμονόμηση πραγματοποιήθηκε στους αισθητήρες μέτρησης της απόστασης, της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της παραγωγής.

- ✓ **Βαθμονόμηση αισθητήρα απόστασης:** υπάρχει επιλογή για μέτρηση από το GPS ή από την απόσταση που διανύουν οι τροχοί της μηχανής συγκομιδής. Η επιλογή ήταν το GPS. Συγκεκριμένα η επιλογή "Differential Satellite" και "Europe" για την ακρίβεια στις μετρήσεις.
- ✓ **Βαθμονόμηση αισθητήρα θερμοκρασίας:** ο αισθητήρας της υγρασίας περιέχει έναν αισθητήρα θερμοκρασίας, ο οποίος πραγματοποιεί μετρήσεις θερμοκρασίας των σπόρων. Για να πραγματοποιηθεί η βαθμονόμηση της θερμοκρασίας πρέπει να έχει ολοκληρωθεί η εγκατάσταση του αισθητήρα υγρασίας.
- ✓ **Βαθμονόμηση αισθητήρα υγρασίας:** στην επιλογή για τη βαθμονόμηση της υγρασίας εισάγουμε το ποσοστό υγρασίας σπόρου μέχρι το οποίο μπορεί να συγκομισθεί ο αραβόσιτος και να αποθηκευτεί χωρίς προβλήματα (15%). Επίσης, ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας που πραγματοποιούν οι μετρήσεις εμφανίζεται και η διαφορά μεταξύ του εισαχθέντος και του πραγματικού ποσοστού.
- ✓ **Βαθμονόμηση αισθητήρα παραγωγής:** απαραίτητη προϋπόθεση να είναι το αμπάρι της μηχανής συγκομιδής άδειο. Πραγματοποιείται σύγκριση της ποσότητας που εκτιμά ο αισθητήρας παραγωγής. Ακολουθεί ζύγιση της ίδιας ποσότητας σε ζυγαριά ώστε να ταυτοποιηθεί με την ένδειξη του αισθητήρα.

#### 4.4 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Σε τέσσερις διαφορετικούς αγρούς αραβοσίτου στην ευρύτερη αγροτική περιοχή της Μυρίνης του Ν. Καρδίτσας έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής, κατά τη συγκομιδή της καλλιεργητικής περιόδου 2009. Τα δύο αγροτεμάχια ανήκουν στην τοποθεσία “Ζευγαρά” και έχουν έκταση 11,2 στρ. και 45,6 στρ. αντίστοιχα. Το τρίτο αγροτεμάχιο βρίσκεται στην τοποθεσία “Ζευγαρολίβαδο” και είναι έκτασης 14,8 στρ. και ο τελευταίος αγρός βρίσκεται στην τοποθεσία “Παλιάμπελα” και έχει έκταση 34 στρ.



**Σχήμα 4.4.1** Δορυφορική απεικόνιση της αγροτικής περιοχής στη Μυρίνη κατά τη συγκομιδή 2009 (Google Earth, 2010).

Τα υβρίδια σποράς του αραβοσίτου ήταν το 31N27 (130-140 ημερών) της Pioneer στο αγροτεμάχιο της τοποθεσίας “Ζευγαρολίβαδο”, το 31Y43 (130-140 ημερών) της Pioneer στο αγροτεμάχιο που βρίσκεται στα “Παλιάμπελα” και το 32T83 (125-

130 ημερών) της Pioneer για το αγροτεμάχιο στην τοποθεσία "Ζευγαρά". Ο τρόπος άρδευσης πραγματοποιήθηκε με κατάκλυση και στα τέσσερα αγροτεμάχια. Κατά την άρδευση εφαρμόστηκαν περίπου 700 m<sup>3</sup> νερού ανά στρέμμα.

Ο τύπος των εδαφών των αγροτεμαχίων δεν διέφερε σημαντικά. Ύστερα από αναλύσεις των εδαφών που πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια του Περιφερειακού Εργαστηρίου Γεωργικών Εφαρμογών και Ανάλυσης Λιπασμάτων (Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ.) Λάρισας το μεγαλύτερο ποσοστό αποτελούνταν από Ιλύ και Άργιλλο. Συγκεκριμένα, το αγροτεμάχιο της τοποθεσίας "Παλιάμπελα" χαρακτηρίζεται ως πηλώδες (34% άμμο, 22% άργιλλο και 44% ιλύ). Το αγροτεμάχιο της τοποθεσίας "Ζευγαρολίβαδο" χαρακτηρίζεται ως αργιλλώδες (26% άμμος, 47% άργιλλος και 27% ιλύς), ενώ τα δύο της τοποθεσίας "Ζευγαρά" ως πηλώδη, με 28% άμμο, 25% άργιλλο και 47% ιλύ το αγροτεμάχιο των 45,6 στρ. και με 24% άμμο, 31% άργιλλο και 45% ιλύ το αγροτεμάχιο των 11,2 στρ.

Όσον αφορά τη φυτοπροστασία, πραγματοποιήθηκε προσπαρτική ζιζανιοκτονία με το ζιζανιοκτόνο Harness της Monsanto σε όλα τα αγροτεμάχια και μεταφυτρωτική ζιζανιοκτονία με το Rush της DuPont μόνο στα αγροτεμάχια της τοποθεσίας "Ζευγαρά". Ιδιαίτερες προσβολές από εχθρούς δεν παρατηρήθηκαν στα συγκεκριμένα αγροτεμάχια, αλλά ούτε και στην ευρύτερη αγροτική περιοχή της Μυρίνης.

Η λίπανση που πραγματοποιήθηκε από τον παραγωγό ήταν η ίδια σε όλα τα αγροτεμάχια. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν 35 kg/στρ συνθετικού λιπάσματος με τύπο 20-10-0 κατά τη βασική λίπανση και 45 kg/στρ Ουρίας (46-0-0) ως επιφανειακή.

Η συγκομιδή της παραγωγής στα αγροτεμάχια των τοποθεσιών "Ζευγαρά" και "Παλιάμπελα" πραγματοποιήθηκε στις 10/10/2009, ενώ στο αγροτεμάχιο της τοποθεσίας "Ζευγαρολίβαδο" πραγματοποιήθηκε μία μέρα αργότερα, στις 11/10/2009.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εκτέλεση του πειράματος ήταν η εξής:

1. **Χαρτογράφηση παραγωγής** : πραγματοποιήθηκε κατά την ημέρα της συγκομιδής.
2. **Χαρτογράφηση υγρασίας αραβοσίτου**: πραγματοποιήθηκε κατά την ημέρα της συγκομιδής.
3. **Αναπαράσταση δεδομένων σε χάρτες**: Τα δεδομένα αναπαραστάθηκαν σε χάρτες με τη βοήθεια του προγράμματος Surfer.
4. **Δημιουργία ζωνών διαχείρισης**: Οι ζώνες διαχείρισης έγιναν με τη χρήση του προγράμματος Management Zone Analyst (MZA).

Η συγκομιδή του αραβοσίτου πραγματοποιήθηκε με θεριζοαλωνιστική μηχανή σιτηρών, Claas Dominator 106, η οποία είχε μαχαίρι συγκομιδής αραβοσίτου 4 σειρών, ήτοι 4,1m πλάτος κοπής. Η ποσότητα που συγκομιζόταν μεταφερόταν σε χώρους αποθήκευσης με ιδιωτικής χρήσης φορτηγά αυτοκίνητα. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν από τους αισθητήρες μέτρησης παραγωγής κάθε 3 δευτερόλεπτα. Στις περιπτώσεις που το πλάτος εργασίας στο τέλος της συγκομιδής διαφέρει από τον δηλωθέν, δηλαδή, περισσεύουν 1 ή 2 σειρές πραγματοποιείται βαθμονόμηση από τον χειριστή της μηχανής συγκομιδής, ώστε να μην υπάρχει σφάλμα στις μετρήσεις. Συγκεκριμένα, η αλλαγή γίνεται στις ρυθμίσεις του πλάτους κοπής, μέσω της κεντρική οθόνης, ανάλογα με τις σειρές που υπολείπονταν για συγκομιδή. Στα συγκεκριμένα αγροτεμάχια δεν υπήρχε αυτό το πρόβλημα διότι η μηχανή σποράς είχε τον ίδιο αριθμό σειρών με το μαχαίρι της μηχανής συγκομιδής, δηλαδή 4, με αποτέλεσμα η συγκομιδή να τελειώσει χωρίς επιπλέον βαθμονόμηση.

#### **4.5. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΠΟΡΟΥ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ**

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για την χαρτογράφηση της υγρασίας του σπόρου του αραβοσίτου. Τα δεδομένα λαμβάνονταν κάθε 3 δευτερόλεπτα, όπως και στην περίπτωση της απόδοσης.

#### **4.6. ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΧΑΡΤΕΣ**

Τα αρχικά δεδομένα τα οποία αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια συγκομιδής συγκεντρώθηκαν σε πίνακες σε μορφή Microsoft Excel. Στις πρώτες δύο στήλες τοποθετήθηκαν οι συντεταγμένες των σημείων και στις υπόλοιπες οι τιμές των παραμέτρων. Ακολουθεί η διαδικασία επιλογής της κατάλληλης μεθόδου για την πραγματοποίηση της έσω-εκτίμησης. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η Kriging. Η Kriging είναι μια γεωστατιστική τεχνική που λαμβάνει υπόψη τόσο την απόσταση όσο και τον βαθμό διακύμανσης μεταξύ γνωστών σημείων δεδομένων κατά την εκτίμηση των τιμών σε άγνωστες περιοχές. Είναι μια πολύ ευέλικτη μέθοδος για δημιουργία πλεγμάτων (grids) με μεγάλη ακρίβεια. Το τελευταίο στάδιο είναι η επιλογή της ανάλυσης της οποίας επιθυμούμε να προχωρήσει η έσω-εκτίμηση, δηλαδή το μέγεθος του εικονοστοιχείου (pixel). Σε καλλιέργειες που εκτείνονται σε μεγάλες εκτάσεις, όπως ο αραβόσιτος, ανάλυση σε διάστημα 3 χ 3 m. θεωρείται ικανοποιητική. Κάθε τρία δευτερόλεπτα η μηχανή συγκομιδής διανύει περίπου 3 m., ανάλογα με τις συνθήκες εργασίας (παραγωγικότητα καλλιέργειας, ανάγλυφο εδάφους κ.α). Το πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη εκτέλεση της έσω-εκτίμησης είναι το Surfer (Golden Software, Surfer 8.05., 2004).



#### **4.7. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΩΝΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ**

Για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης απαιτείται αρχικά να γίνουν συσχετίσεις μεταξύ των δεδομένων, έτσι ώστε να παρατηρήσουμε ποιες από αυτές παίζουν καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία των ζωνών. Βασικό σημείο είναι να χρησιμοποιηθούν όσο το δυνατό περισσότερες τιμές για τη συσχέτιση και αυτό επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση των τιμών που αποκτήθηκαν κατά τη διαδικασία της έσω-εκτίμησης.

Τα δεδομένα τα οποία προήλθαν από την έσω-εκτίμηση των παραμέτρων εισάγονται σε φύλλο εργασίας του Microsoft Excel. Τα δεδομένα του φύλλου εργασίας εισάγονται σε πρόγραμμα που κάνει διαγράμμιση των ζωνών διαχείρισης με τη χρησιμοποίηση του αλγόριθμου fuzzy k-means (ασαφής κ-μέσοι). Το πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιείται για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης είναι το MZA 1.0.1, 2000 (Management Zone Analyst) του University of Missouri σε συνεργασία με το ARS (Agricultural Research Service). Το MZA παρέχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης παραγωγής για μια σειρά πιθανών ζωνών διαχείρισης έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να εκτιμήσει τον αριθμό των περιοχών στις οποίες θα πρέπει να διαχωριστεί ένας τομέας, δημιουργεί δηλαδή ζώνες διαχείρισης εντός της περιοχής. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση δύο δεικτών ομαδοποίησης επίδοσης, FPI (Fuzzy Performance Index – Δείκτη Επιδόσεων Ασάφειας) και MPE (Modified Partition Entropy – Ομαδοποιημένη Εντροπία Ταξινόμησης), που παρουσιάζονται σε γραφική παράσταση, μετά την εκτέλεση των συσπειρώσεων του MZA. Ο καλύτερος αριθμός των ζωνών επιτυγχάνεται όταν οι δείκτες βρίσκονται σε χαμηλότερη τιμή τους.

Στην αρχή εισάγονται οι παράμετροι που θέλουμε να συμμετάσχουν στη δημιουργία των ζωνών. Ακολούθως επιλέγεται η μέθοδος με την οποία υπολογίζουμε την απόσταση του σημείου

από το κέντρο της κλάσης. Συνήθως επιλέγεται η ευκλείδεια απόσταση, για λόγους ευκολίας και μεγαλύτερης ευχέρειας. Διαλέγουμε πόσες κλάσεις επιθυμούμε καθώς και το συντελεστή ασάφειας (Fuzzy exponent). Το αρχείο το οποίο δημιουργείται δίνει τις πιθανές περιπτώσεις κάθε σημείου, σε ποια κλάση ανήκει, ανάλογα με τον αριθμό των κλάσεων που έχουμε επιλέξει (Χατζηνίκος, 2007).

Ο αριθμός των κλάσεων που θα γίνει χρήση στη χάραξη των ζωνών εξαρτάται από τις τιμές των συντελεστών FPI (Fuzzy Performance Index) και MPE (Modified Partition Entropy). Όταν οι συντελεστές τείνουν στο 0, τότε έχουμε το καλύτερο αποτέλεσμα. Και αφού έχουμε τον αριθμό των κλάσεων-ζωνών, τότε έχουμε και σε σχηματική παράσταση τις ζώνες, με τη μορφή του χάρτη.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.**

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

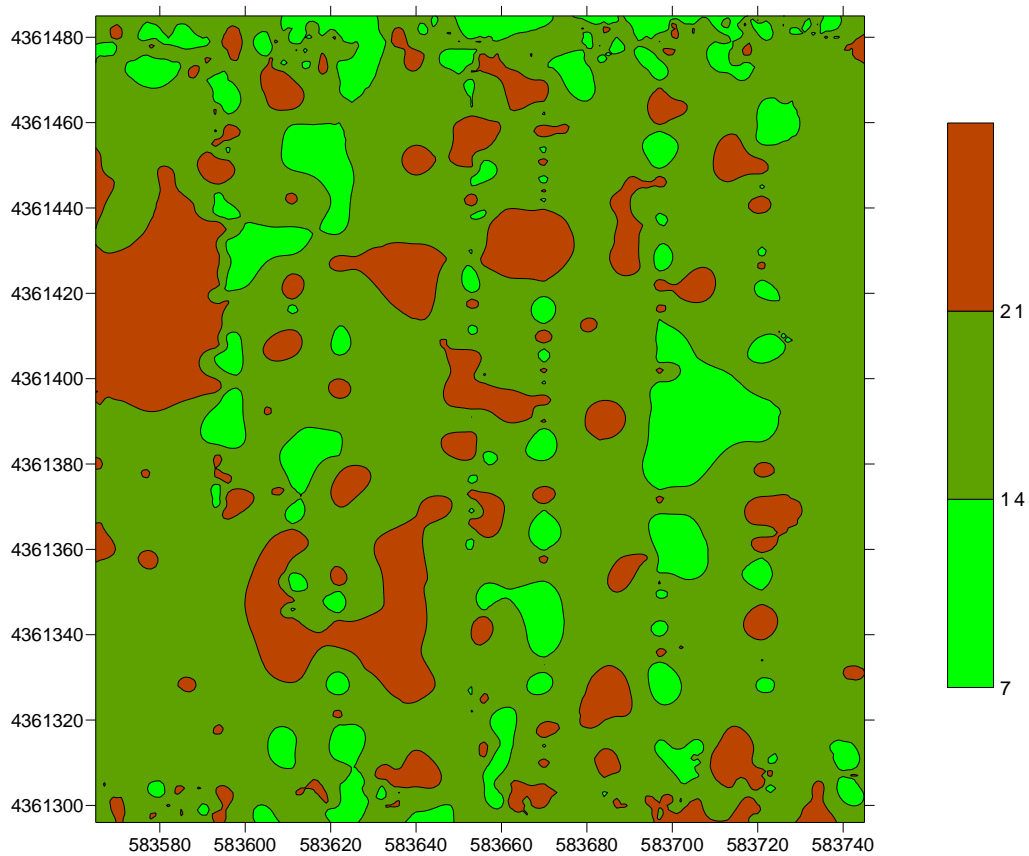
Σε τέσσερις διαφορετικούς αγρούς αραβοσίτου στην αγροτική περιοχή της Μυρίνης έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής, κατά τη συγκομιδή της καλλιεργητικής περιόδου 2009. Παρακάτω, παρουσιάζονται οι χάρτες χαρτογράφησης της παραγωγής και της υγρασίας μετά από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα αγροτεμάχια.

#### **5.1. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Το πρώτο στάδιο του πειράματος περιλαμβάνει τη χαρτογράφηση της παραγωγής. Στο αγροτεμάχιο που βρίσκεται στην τοποθεσία "Παλιάμπελα", έκτασης 34 στρ., παρατηρούμε μεγάλη παραλλακτικότητα μεταξύ των τιμών, αλλά και τη μεγαλύτερη απόδοση. Η απόδοση σε ορισμένα τμήματα ξεπερνά τους 22 τόνους ανά εκτάριο. Είναι εμφανές ότι στο μεγαλύτερο τμήμα του αγρού η απόδοση της καλλιέργειας κυμαίνεται από 14-21 τόνους/εκτάριο. Συσχετίζοντας τον γενικό μέσο όρο με το κόστος της καλλιέργειας οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι το κέρδος για τον παραγωγό είναι σε υψηλές τιμές. Αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με το κέρδος του παραγωγού για το κάθε αγροτεμάχιο παραθέτονται στο Κεφάλαιο 5.4.



**Σχήμα 5.1.1** Δορυφορική απεικόνιση του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας "Παλιάμπελα" (Google Earth, 2010).

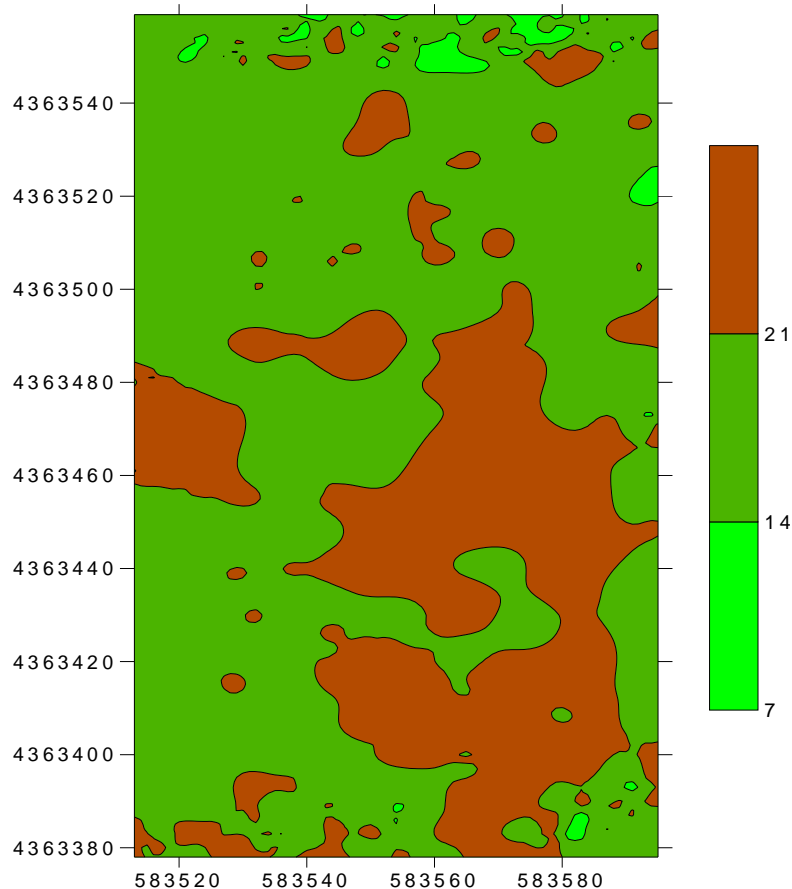


**Σχήμα 5.1.2** Χάρτης παραγωγής αραβοσίτου σε τόνους/εκτάριο του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας "Παλιάμπελα".

Στο αγροτεμάχιο που βρίσκεται στην τοποθεσία “Ζευγαρολίβαδο”, έκτασης 14,8 στρεμμάτων, παρατηρούμε ένα τμήμα περίπου πέντε στρεμμάτων, όπου συγκεντρώνονται οι υψηλότερες τιμές της παραγωγής, πάνω από 21 τόνους ανά εκτάριο. Το υπόλοιπο τμήμα του αγρού αποδίδει παραγωγή από 14 – 21 τόνους ανά εκτάριο. Εάν πραγματοποιηθεί συσχέτιση του μέσου όρου παραγωγής με το κόστος της καλλιέργειας συμπεραίνουμε ότι το κέρδος για τον παραγωγό είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα (Κεφ. 5.4).



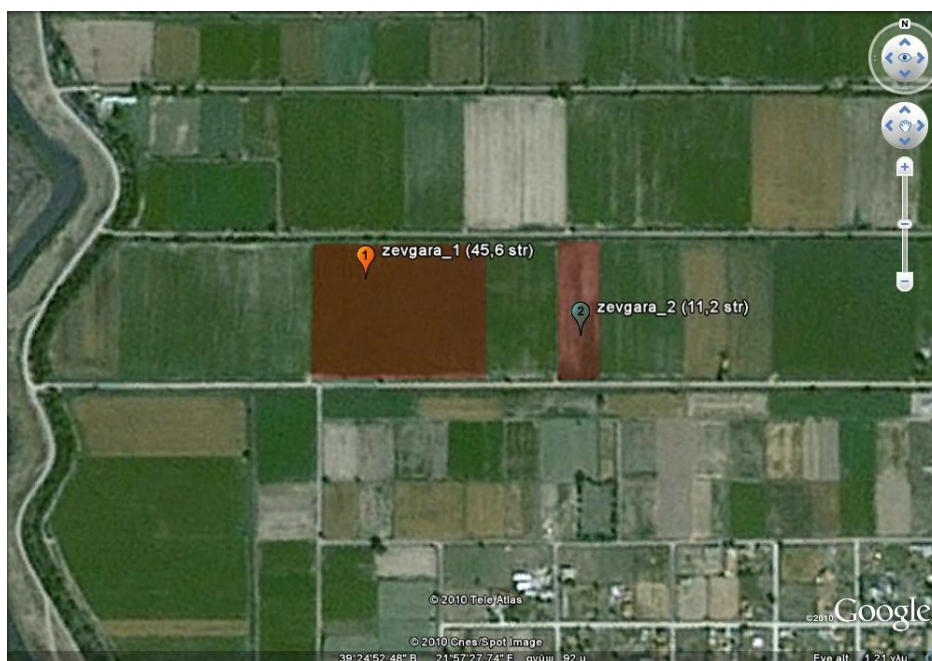
**Σχήμα 5.1.3** Δορυφορική απεικόνιση του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας “Ζευγαρολίβαδο” (Google Earth, 2010).



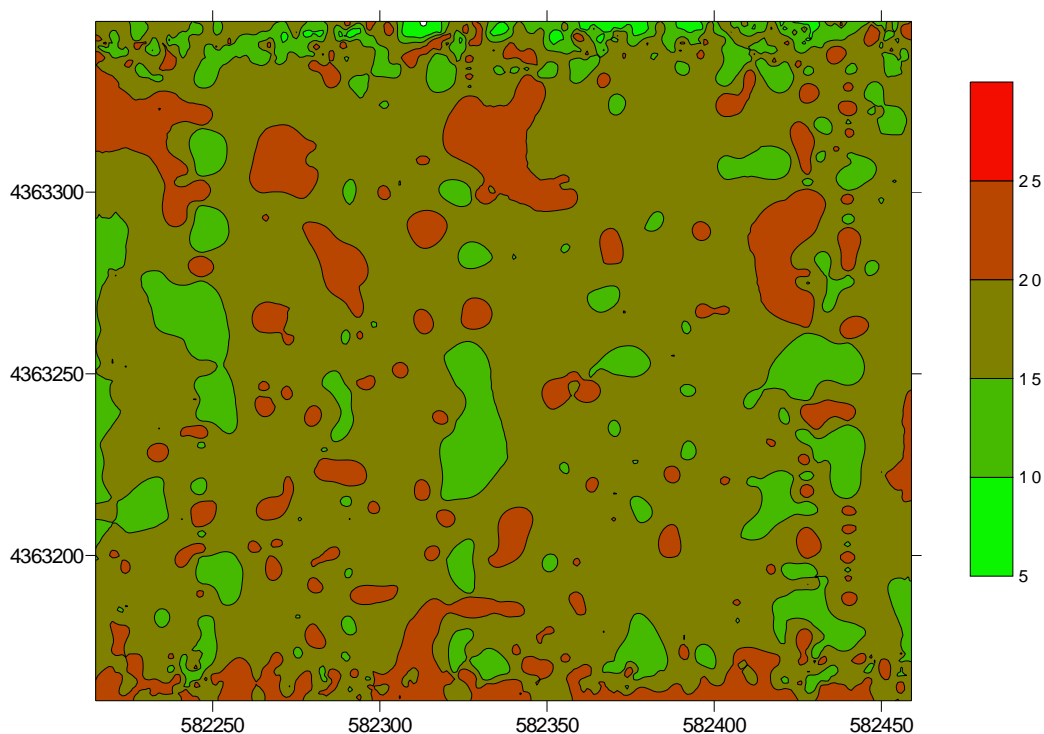
**Σχήμα 5.1.4** Χάρτης παραγωγής αραβοσίτου σε τόνους/εκτάριο της τοποθεσίας “Ζευγαρολίβαδο”.

Τέλος, στα αγροτεμάχια που βρίσκονται στην τοποθεσία “Ζευγαρά”, παρατηρούμε στο πρώτο, με έκταση 45,6 στρέμματα, ότι η παραλλακτικότητα στην απόδοση της καλλιέργειας είναι μεγάλη και εκτείνεται σε όλη την έκτασή του. Το μεγαλύτερο ποσοστό, όμως, του αγροτεμαχίου δίνει τιμές στην απόδοση 15-20 τόνους ανά εκτάριο. Στο άλλο αγροτεμάχιο, έκτασης 11,2 στρεμμάτων, η παραλλακτικότητα δεν είναι σε τόσο μεγάλο βαθμό, αλλά εμφανίζονται δύο τμήματα που δίνουν απόδοση 12 και 19 τόνους ανά εκτάριο αντίστοιχα, τα οποία καταλαμβάνουν εξίσου μεγάλο τμήμα της απόδοσης. Το κέρδος του παραγωγού και στα δύο αγροτεμάχια είναι σε υψηλό επίπεδο. Αυτό, προκύπτει

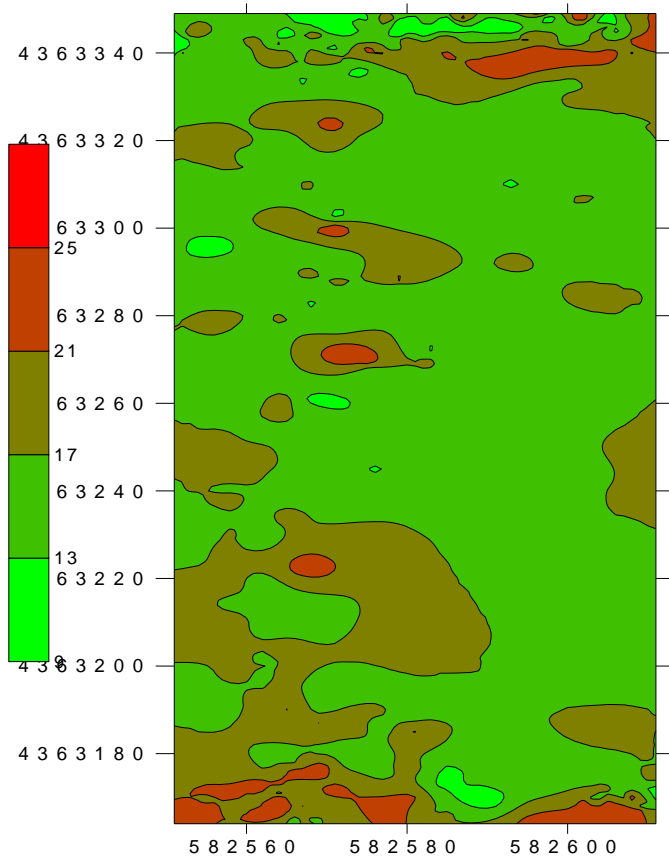
από τη συσχέτιση του μέσου όρου της παραγωγής του κάθε αγροτεμαχίου με το κόστος της καλλιέργειας.



**Σχήμα 5.1.5** Δορυφορική απεικόνιση των αγροτεμαχίων της τοποθεσίας “Ζευγαρά” (Google Earth, 2010).



**Σχήμα 5.1.6** Χάρτης παραγωγής αραβοσίτου σε τόνους/εκτάριο αγροτεμαχίου 45,6 στρ. της τοποθεσίας “Ζευγαρά”.



**Σχήμα 5.1.7** Χάρτης παραγωγής αραβοσίτου σε τόνους/εκτάριο αγροτεμαχίου 11,2 στρ. της τοποθεσίας "Ζευγαρά".

**Πίνακας 5.1** Αναλυτική στατιστική παρουσίαση της παραγωγής για κάθε αγροτεμάχιο.

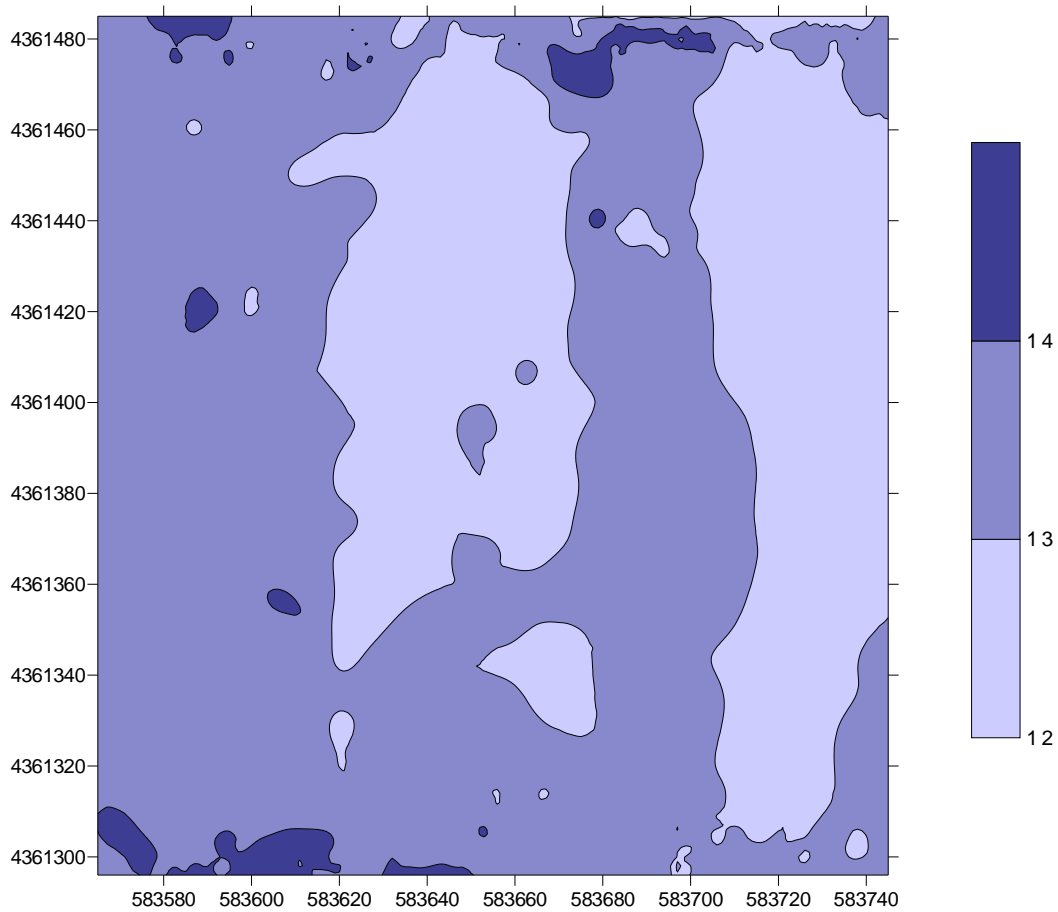
	<i>Παραγωγή (τόνοι/εκτάριο)</i>		
	<i>N</i>	<i>Μέσος όρος</i>	<i>Τυπική απόκλιση</i>
<b>Παλιάμπελα</b>	34390	17,95	3,12
<b>Ζευγαρολίβαδο</b>	15106	19,61	2,49
<b>Ζευγαρά_1</b>	46060	17,41	2,45
<b>Ζευγαρά_2</b>	11346	16,44	1,96

Όπου N το πλήθος των μετρήσεων και ο μέσος όρος του δείγματος σε τόνους/εκτάριο.



## 5.2. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΠΟΡΟΥ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

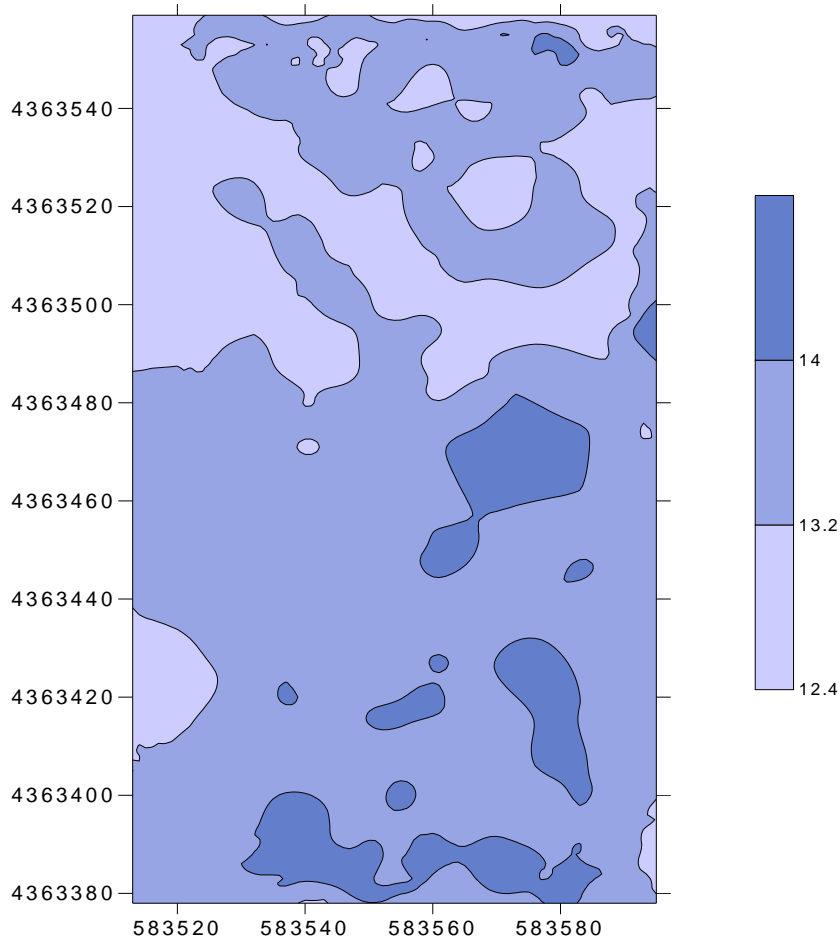
Στο αγροτεμάχιο που βρίσκεται στην τοποθεσία “Παλιάμπελα” παρατηρούμε ότι η υγρασία του σπόρου του αραβοσίτου είναι σε επιτρεπτά ποσοστά συγκομιδής, ήτοι από 12 έως 14%. Η υγρασία των σπόρων αραβοσίτου πρέπει να είναι μικρότερη από 14%. Ορισμένα τμήματα με υγρασία σπόρου πάνω από 14% δε μας ανησυχούν διότι είναι μικρής έκτασης και δε χρειάζονται τεχνητή ξήρανση.



**Σχήμα 5.2.1.** Χάρτης υγρασίας σπόρου αραβοσίτου σε ποσοστό % της τοποθεσίας “Παλιάμπελα”.

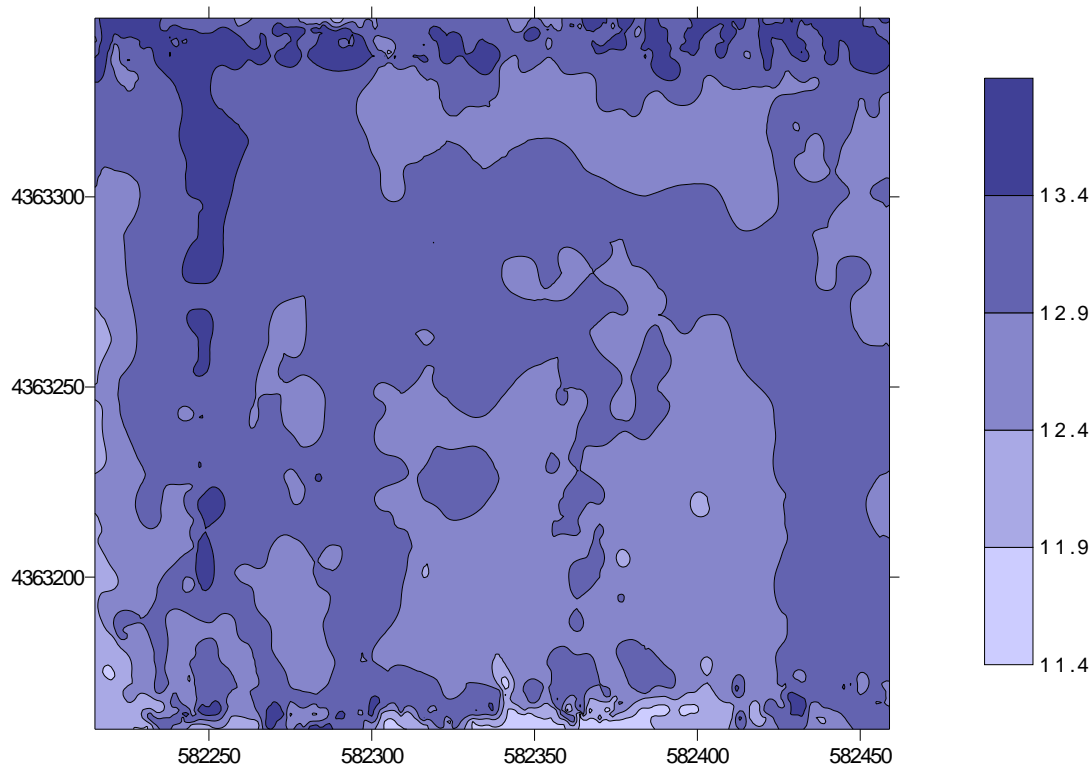
Στο αγροτεμάχιο που βρίσκεται στην τοποθεσία “Ζευγαρολίβαδο” παρατηρούμε, επίσης, ότι το μεγαλύτερο τμήμα του συγκεντρώνει ποσοστό υγρασίας έως 13,5% που είναι στα

επιτρεπτά όρια αποθήκευσης. Υπάρχουν τμήματα με ποσοστό υγρασίας 14-14,5%, τα οποία δεν εμποδίζουν τη σωστή αποθήκευση της καλλιέργειας.



**Σχήμα 5.2.2.** Χάρτης υγρασίας σπόρου αραβοσίτου σε ποσοστό % της τοποθεσίας “Ζευγαρολίβαδο”.

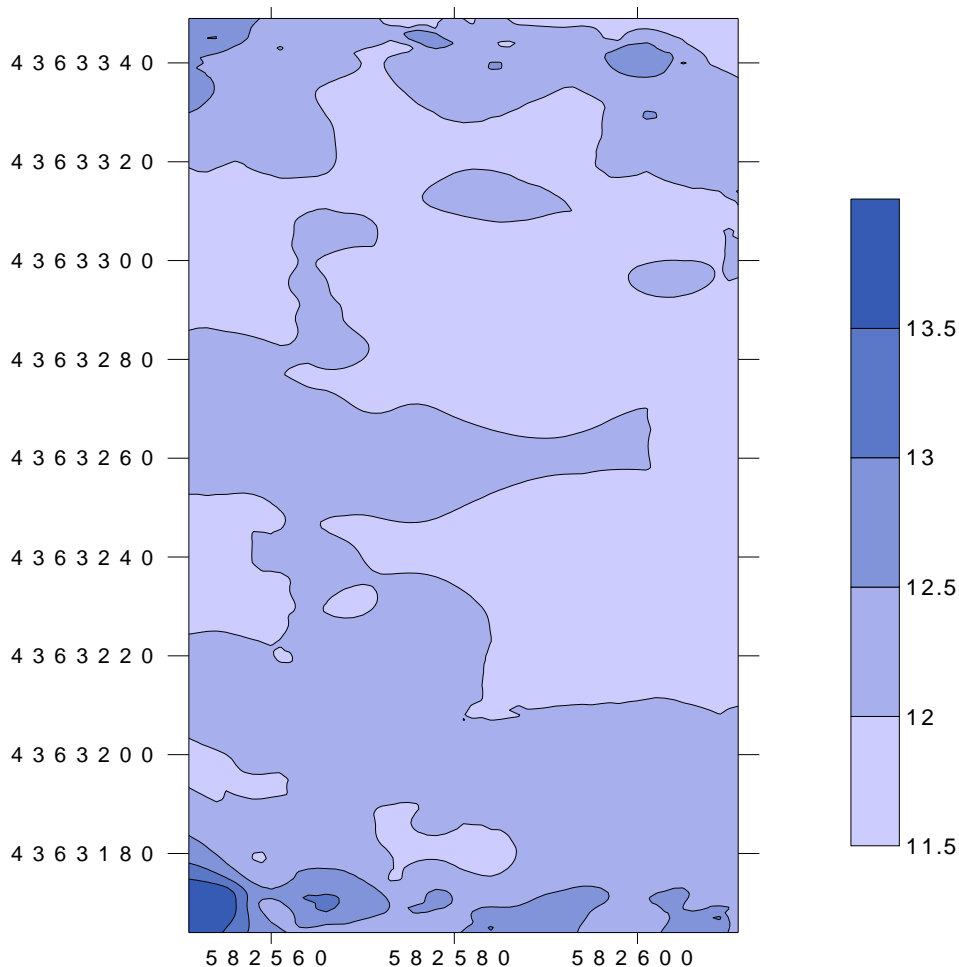
Τέλος, στο αγροτεμάχιο που βρίσκεται στην τοποθεσία “Ζευγαρά” και έχει έκταση 45,6 στρέμματα παρατηρούμε ότι οι σπόροι της καλλιέργειας στην πλειονότητά τους είναι στα όρια συγκομιδής. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ένα μεγάλο τμήμα του αγρού, πάνω από 50%, εμφανίζει ποσοστό υγρασίας σπόρων ίσο με 13%. Επίσης, στο βόρειο τμήμα του αγρού κατά μήκος των ορίων του εμφανίζονται μικρά τμήματα συγκέντρωσης υγρασίας από 13,4 έως 13,9%.



**Σχήμα 5.2.3.** Χάρτης υγρασίας σπόρου αραβοσίτου σε ποσοστό % αγροτεμαχίου 45,6 στρ. της τοποθεσίας “Ζευγαρά”.

Για το δεύτερο αγροτεμάχιο που βρίσκεται στην τοποθεσία “Ζευγαρά” και είναι έκτασης 11,2 στρ. μπορούμε, επίσης, να σημειώσουμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της υγρασίας των σπόρων είναι σε επίπεδα συγκομιδής, ήτοι από 11,5 έως 13%. Μπορούμε να αναφέρουμε ότι στο αγροτεμάχιο εμφανίζονται δύο τμήματα, περίπου ίσης έκτασης, με ποσοστά υγρασίας από 11,5 έως 12% το ένα και από 12 έως 12,5% το άλλο.

Σε γενικές γραμμές και τα δύο αγροτεμάχια της τοποθεσίας “Ζευγαρά” συγκέντρωσαν ποσοστό υγρασίας σπόρων 12-13% που είναι και τα επιθυμητά ποσοστά αποθήκευσης.



**Σχήμα 5.2.4.** Χάρτης υγρασίας σπόρου αραβοσίτου σε ποσοστό % αγροτεμαχίου 11,2 στρ. της τοποθεσίας “Ζευγαρά”.

**Πίνακας 5.2** Αναλυτική στατιστική παρουσίαση της υγρασίας για κάθε αγροτεμάχιο.

	<i>Υγρασία (%)</i>		
	<i>N</i>	<i>Μέσος όρος</i>	<i>Τυπική απόκλιση</i>
<b>Παλιάμπελα</b>	34390	13,17	0,41
<b>Ζευγαρολίβαδο</b>	15106	13,48	0,38
<b>Ζευγαρά_1</b>	46060	12,95	0,28
<b>Ζευγαρά_2</b>	11346	12,06	0,26

Όπου N το πλήθος των μετρήσεων και ο μέσος όρος του δείγματος σε ποσοστό %.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με τους χάρτες παραγωγής και ποσοστού υγρασίας σπόρου παρατηρείται ότι:

- ✓ στο αγροτεμάχιο που βρίσκεται στην τοποθεσία "Παλιάμπελα" τα σημεία που εμφανίζουν υψηλό ποσοστό υγρασίας, μεγαλύτερο από 14%, παρουσιάζουν μικρή παραγωγή (7-14 τόνοι/εκτάριο). Επιπλέον, υπάρχει διαφορά σχετικά με τις δύο περιοχές που εμφανίζονται στο χάρτη όπου έχουμε χαμηλό ποσοστό υγρασίας, 12-13% (επιθυμητή τιμή). Στην περιοχή με Χ: 583700-583740 και Υ: 4361300-4361480 το ποσοστό υγρασίας είναι 12-13% και η παραγωγή κυμαίνεται από 14-21 τόνους/εκτάριο με ένα τμήμα παραγωγής από 7 έως 14 τόνους/εκτάριο, ενώ στην περιοχή με Χ: 583620-583680 και Υ: 4361340-4361480 το ποσοστό υγρασίας είναι 12-13% , η παραγωγή κυμαίνεται από 14-21 τόνους/εκτάριο εμφανίζοντας, όμως, περιοχές με υψηλή παραγωγή, 21-28 τόνους/ εκτάριο.
- ✓ Παρατηρώντας τον χάρτη παραγωγής του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας "Ζευγαρολίβαδο" εμφανίζεται ένα τμήμα του αγρού με παραγωγή από 21-28 τόνους/εκτάριο. Στο τμήμα αυτό η υγρασία κυμαίνεται από 13,2-14,8%. Γενικά, η παραγωγή βρίσκεται σε πολύ υψηλά επίπεδα γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την τιμή του μέσου όρου (19,61 τόνοι/εκτάριο) και η υγρασία σε ποσοστά συγκομιδής (μέσος όρος: 13,48%) που εξασφαλίζει ασφαλή αποθήκευση για το προϊόν.
- ✓ Στο τμήμα βόρεια του αγροτεμαχίου των 45,6 στρ. της τοποθεσίας "Ζευγαρά" υπάρχει υψηλή υγρασία με τιμή μεγαλύτερη του 13%. Αυτό επηρεάζει την παραγωγή, η οποία κυμαίνεται σε επίπεδα από 5 έως 10 τόνους/εκτάριο τα οποία είναι και τα πιο χαμηλά και σε

πολύ μικρό ποσοστό εντός του αγροτεμαχίου. Στο μεγαλύτερο ποσοστό του αγροτεμαχίου η υγρασία κυμαίνεται σε επίπεδα 12-13% (επιθυμητά) αντιστοιχώντας σε υψηλές τιμές παραγωγής, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τον μέσο όρο (17,4 τόνους/εκτάριο).

- ✓ Τέλος, στο αγροτεμάχιο των 11,2 στρ. της τοποθεσίας "Ζευγαρά" υπάρχει μια αναλογία ανάμεσα στην παραγωγή και την υγρασία. Στα τμήματα του αγροτεμαχίου όπου υπάρχει μικρό ποσοστό υγρασίας (11,5-12,5%) παρατηρείται μικρή τιμή στην παραγωγή (13-17 τόνοι/εκτάριο). Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και από τον μέσο όρο της παραγωγής και της υγρασίας που είναι 16,4 τόνοι/εκτάριο και 12% αντίστοιχα.

### 5.3. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΩΝΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Κατά τη διαδικασία της δημιουργίας των Ζωνών Διαχείρισης στόχος είναι να υπάρχει ο ίδιος αριθμός κλάσεων και για τις δύο μεταβλητές, ώστε να μπορεί να γίνει συσχέτιση αυτών. Όταν οι συντελεστές τείνουν στο 0, τότε έχουμε το καλύτερο αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα:

Για το αγροτεμάχιο της τοποθεσίας "Παλιάμπελα" έχουμε:

- ✓ Όσον αφορά την παραγωγή, οι τιμές FPI και MPE είναι μικρότερες στις δύο κλάσεις. Επειδή όμως η παραλλακτικότητα είναι μεγάλη συμπεραίνεται ότι ο αριθμός των κλάσεων που δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα είναι οι τρεις.
- ✓ Για την υγρασία, παρ' όλο που η μικρότερη τιμή του FPI είναι στις τέσσερις κλάσεις, καταλήγουμε στις τρεις διότι η τιμή του MPE είναι μικρότερη απ' ότι στις τέσσερις κλάσεις. Δηλαδή, ο συνδυασμός των τιμών FPI και MPE δίνει καλύτερο αποτέλεσμα στις τρεις κλάσεις (Πίνακας 5.4.1).

**Πίνακας 5.3.1** Διάγραμμα συντελεστών FPI και MPE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στο αγροτεμάχιο της τοποθεσίας "Παλιάμπελα".

Παλιάμπελα	Παραγωγή		Υγρασία	
	FPI	MPE	FPI	MPE
2	0,044	0,0157	0,0489	0,0174
3	0,0468	0,0222	0,0396	0,0188
4	0,0438	0,0235	0,0385	0,0205
5	0,0418	0,0238	0,0396	0,0226
6	0,0404	0,024	0,04	0,0238

Για το αγροτεμάχιο της τοποθεσίας "Ζευγαρολίβαδο" έχουμε:

- ✓ Για την παραγωγή, τον καλύτερο συνδυασμό τιμών FPI και MPE δίνουν οι τρεις κλάσεις, παρ' όλο που η τιμή του FPI στις έξι κλάσεις είναι μικρότερη από αυτή των τριών.
- ✓ Για την υγρασία, ομοίως, συμπεραίνεται ότι οι τρεις κλάσεις δίνουν τον καλύτερο συνδυασμό τιμών FPI και MPE. Παρ' όλο που οι τιμές είναι μικρότερες στις δύο κλάσεις, θεωρείται ότι δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα διότι δεν εμφανίζεται παραλλακτικότητα μεταξύ των τιμών της υγρασίας (Πίνακας 5.4.2).

**Πίνακας 5.3.2** Διάγραμμα συντελεστών FPI και MPE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στο αγροτεμάχιο της τοποθεσίας "Ζευγαρολίβαδο".

Ζευγαρολίβαδο	Παραγωγή		Υγρασία	
	FPI	MPE	FPI	MPE
2	0,049	0,0174	0,0379	0,0134
3	0,0396	0,0189	0,0446	0,0212
4	0,0409	0,0221	0,0441	0,0237
5	0,0407	0,0232	0,042	0,024
6	0,0387	0,0231	0,0385	0,0229

Για τα αγροτεμάχια της τοποθεσίας "Ζευγαρά" έχουμε:

1. Για το πρώτο αγροτεμάχιο, έκτασης 45,6 στρ.
  - ✓ Παραγωγή: συμπεραίνεται ότι ο συνδυασμός των τιμών FPI και MPE των πέντε κλάσεων δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα, παρ' όλο που οι τιμές των FPI και MPE στις έξι κλάσεις είναι μικρότερες. Δεν υπάρχουν διαφορές στους χάρτες γι' αυτό, επιλέχθηκε ο αριθμός των πέντε



κλάσεων για να υπάρχει συμφωνία και με τις κλάσεις της υγρασίας.

- ✓ Υγρασία: ο καλύτερος συνδυασμός των τιμών FPI και MPE εμφανίζεται στις πέντε κλάσεις. Η τιμή FPI είναι η μικρότερη απ' όλες και η τιμή MPE είναι πολύ κοντά στη μικρότερη. Συνεπώς, ο αριθμός των κλάσεων που δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα είναι οι πέντε (Πίνακας 5.4.3).

**Πίνακας 5.3.3** Διάγραμμα συντελεστών FPI και MPE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στο αγροτεμάχιο των 45,6 στρ. της τοποθεσίας "Ζευγαρά".

Ζευγαρά_1	Παραγωγή		Υγρασία		
	Κλάσεις	FPI	MPE	FPI	MPE
2		0,049	0,0175	0,0602	0,0217
3		0,0456	0,0217	0,0432	0,0206
4		0,0436	0,0234	0,0422	0,0226
5		0,0431	0,0247	0,039	0,0224
6		0,0406	0,0242	0,0418	0,0248

2. Για το δεύτερο αγροτεμάχιο, έκτασης 11,2 στρ.

- ✓ Παραγωγή: η μικρότερη τιμή FPI εμφανίζεται στις πέντε κλάσεις και η δεύτερη καλύτερη στις τέσσερις. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις τιμές MPE και παρ' όλο που η τιμή στις τέσσερις κλάσεις είναι μικρότερη, καταλήγουμε στο συνδυασμό των πέντε κλάσεων, ώστε να είναι ίσος ο αριθμός με τον αντίστοιχο των κλάσεων της υγρασίας.
- ✓ Υγρασία: ο καλύτερος συνδυασμός τιμών FPI και MPE καταγράφεται στις πέντε κλάσεις. Αποφεύγουμε τις δύο κλάσεις λόγω μικρής παραλλακτικότητας και τις τρεις κλάσεις εξ' αιτίας της μεγάλης τιμής FPI (Πίνακας 5.4.4).

**Πίνακας 5.3.4** Διάγραμμα συντελεστών FPI και MPE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στο αγροτεμάχιο των 11,2 στρ. της τοποθεσίας "Ζευγαρά".

Ζευγαρά_2	Παραγωγή		Υγρασία		
	Κλάσεις	FPI	MPE	FPI	MPE
2		0,0411	0,0148	0,0321	0,0117
3		0,046	0,022	0,0396	0,0187
4		0,0406	0,0217	0,0419	0,0226
5		0,0394	0,0226	0,0349	0,0199
6		0,0435	0,0259	0,0334	0,0201

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται το εύρος (pixels) και οι τιμές "κέντρα" κάθε κλάσης για το κάθε αγροτεμάχιο ξεχωριστά.

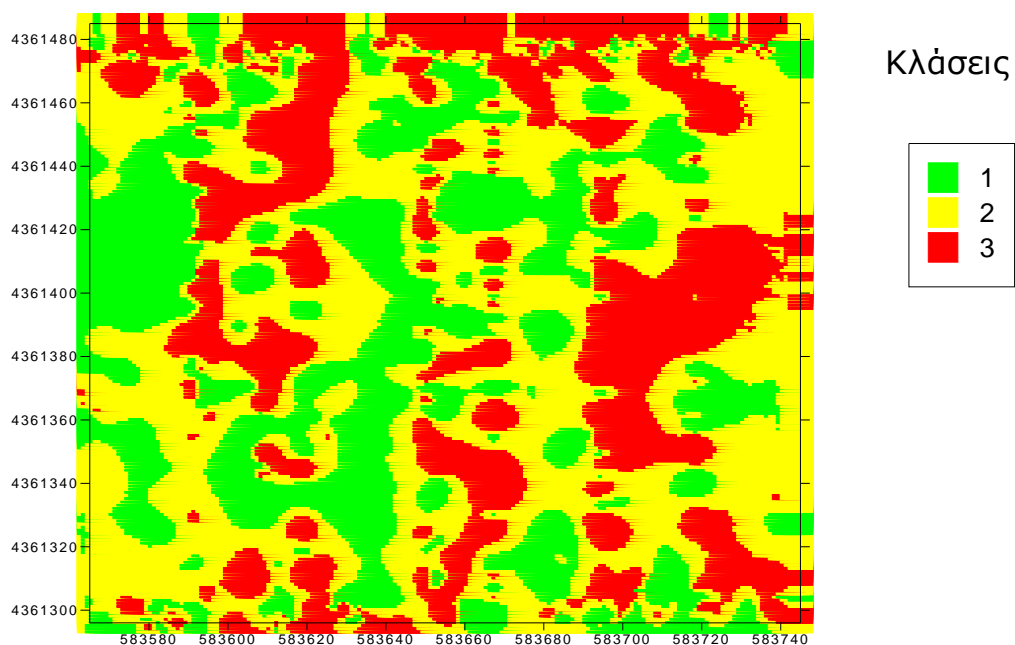
**Πίνακας 5.3.5** Εύρος και κέντρα κάθε κλάσης.

Τοποθεσίες	Παλιάμπελα			Ζευγαρολίβαδο		
	κλάσεις	εύρος κλάσεων	παραγωγή υγρασία	εύρος κλάσεων	παραγωγή υγρασία	κλάσεις
1	13290	21,5	13,22	5357	16	13,45
2	12142	18	12,72	4829	19,23	13,06
3	8958	13,9	13,71	4920	22,26	13,92

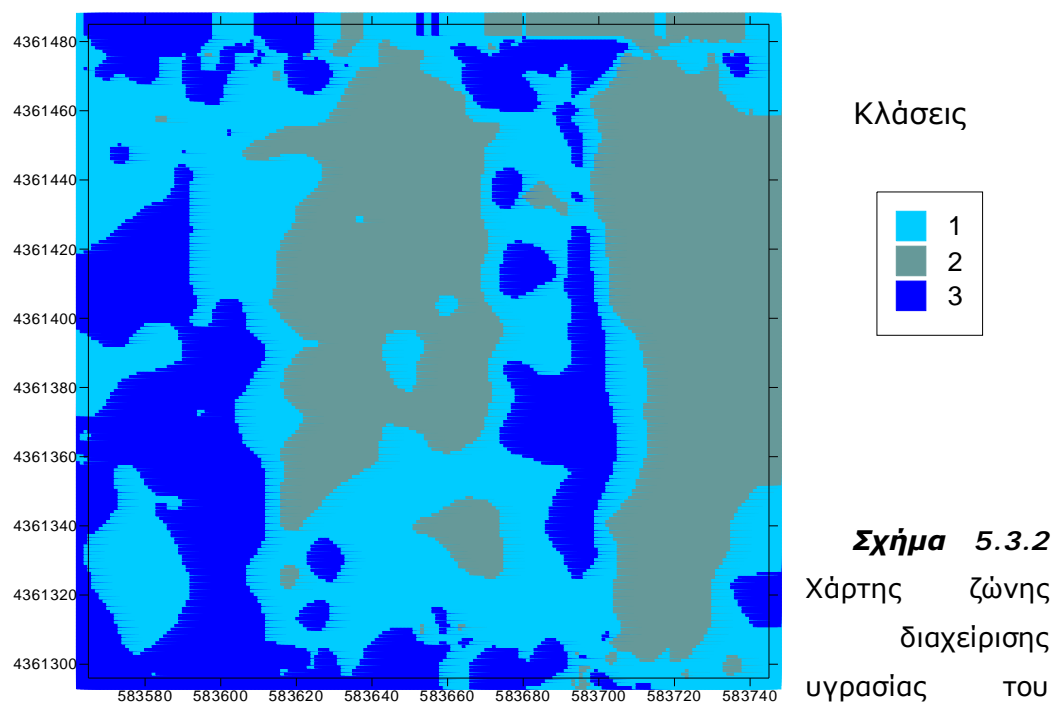
**Πίνακας 5.3.6** Εύρος και κέντρα κάθε κλάσης.

Τοποθεσίες	Ζευγαρά_1			Ζευγαρά_2		
	κλάσεις	εύρος κλάσεων	παραγωγή υγρασία	εύρος κλάσεων	παραγωγή υγρασία	κλάσεις
1	1279	19,28	12	739	21,28	11,79
2	3707	21,73	13,5	3631	15,41	12,23
3	9096	15,38	12,66	1570	13,72	12
4	19790	17,34	12,91	1879	18,33	13,75
5	12188	12,55	13,14	3527	16,7	12,66

Παρακάτω, απεικονίζονται οι χάρτες ζωνών διαχείρισης της παραγωγή και της υγρασίας για το κάθε αγροτεμάχιο καθώς επίσης και τα ποσοστά των κλάσεων σε κάθε αγροτεμάχιο.

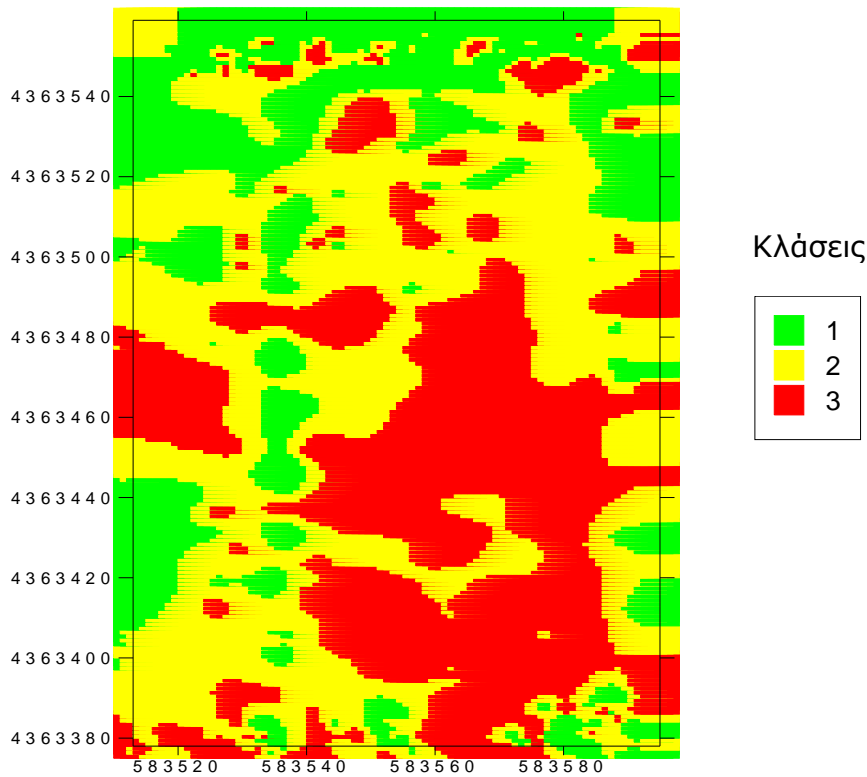


**Σχήμα 5.3.1** Χάρτης ζώνης διαχείρισης παραγωγής του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας "Παλιάμπελα".

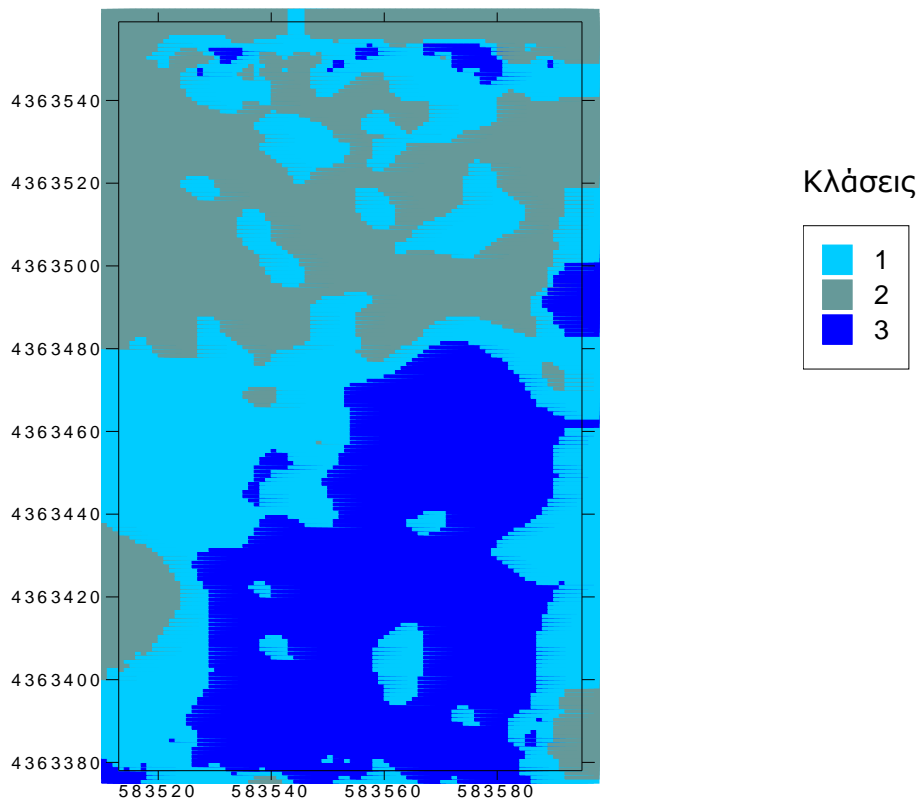


αγροτεμαχίου της τοποθεσίας "Παλιάμπελα".

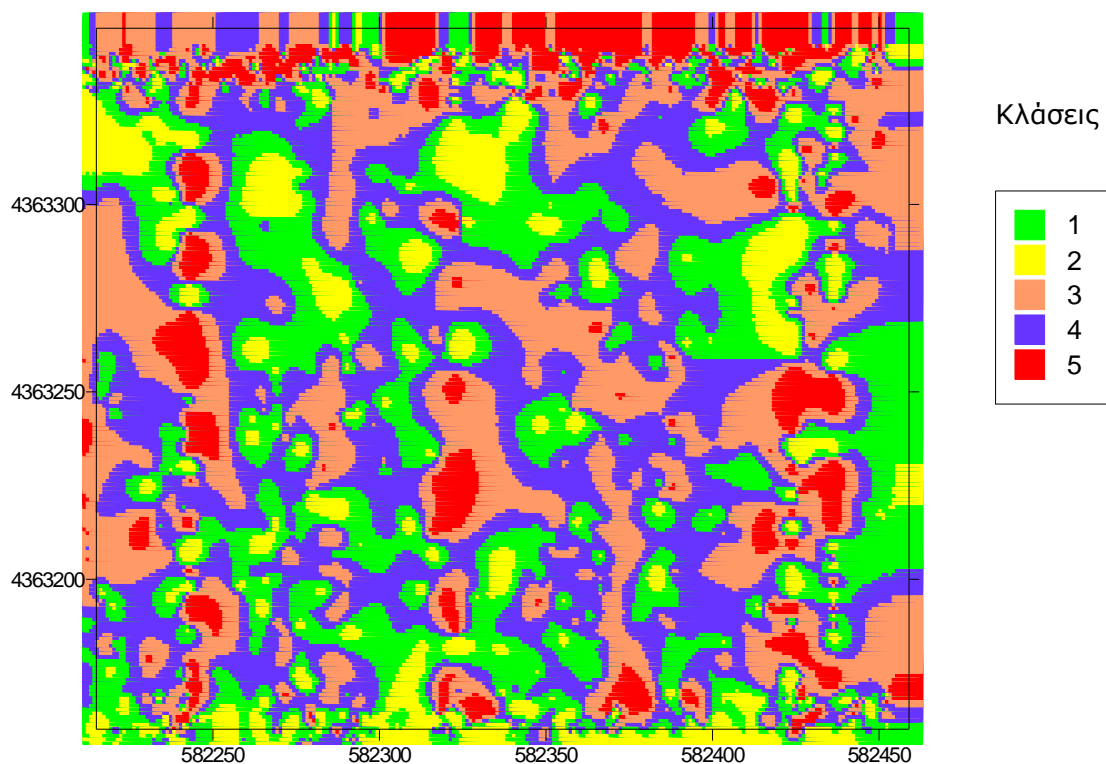
**Σχήμα 5.3.2**  
Χάρτης ζώνης διαχείρισης υγρασίας του



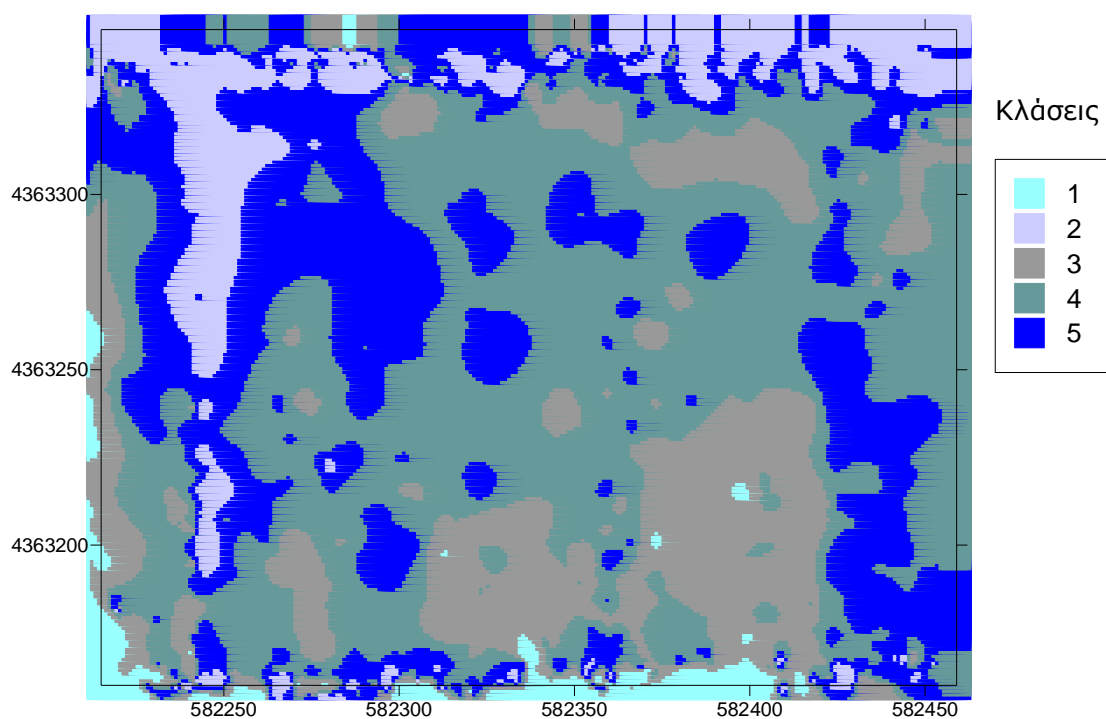
**Σχήμα 5.3.3** Χάρτης ζώνης διαχείρισης παραγωγής του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας “Ζευγαρολίβαδο”.



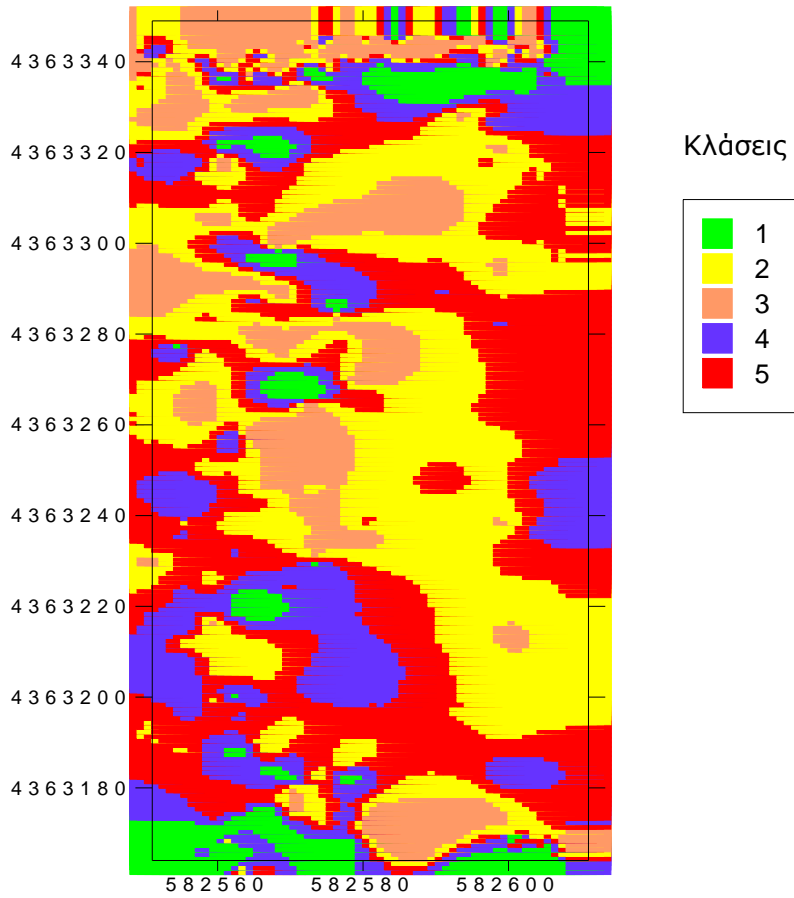
**Σχήμα 5.3.4** Χάρτης ζώνης διαχείρισης υγρασίας του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας “Ζευγαρολίβαδο”.



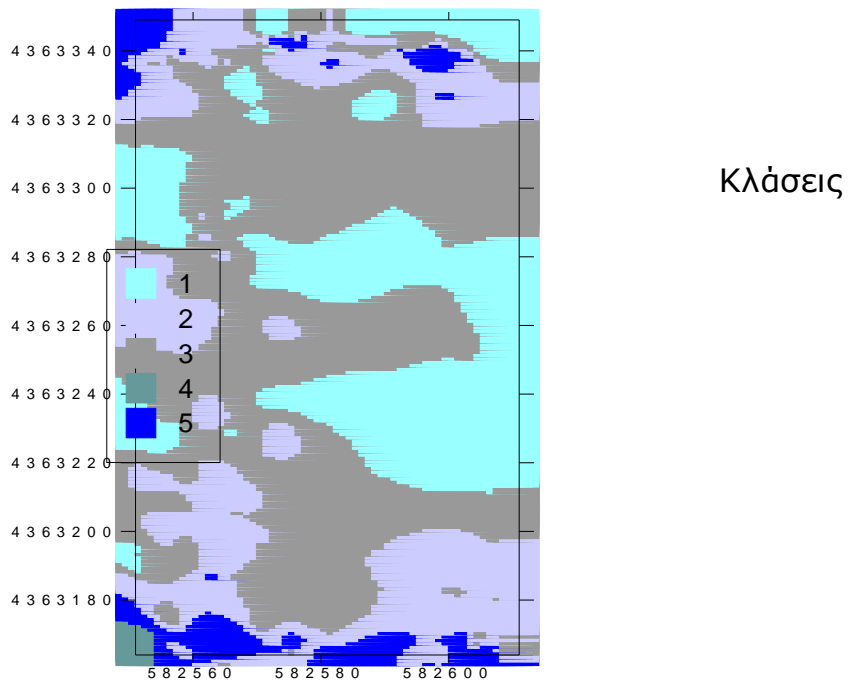
**Σχήμα 5.3.5** Χάρτης ζώνης διαχείρισης παραγωγής του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας "Ζευγαρά" έκτασης 45,6 στρ.



**Σχήμα 5.3.6** Χάρτης ζώνης διαχείρισης υγρασίας του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας "Ζευγαρά" έκτασης 45,6 στρ.



**Σχήμα 5.3.7** Χάρτης ζώνης διαχείρισης παραγωγής του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας “Ζευγαρά” έκτασης 11,2 στρ.



**Σχήμα 5.3.8** Χάρτης ζώνης διαχείρισης υγρασίας του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας “Ζευγαρά” έκτασης 11,2 στρ.

**Πίνακας 5.3.1** Ποσοστό της κάθε κλάσης εντός του εκάστοτε αγροτεμαχίου για την παραγωγή.

	<b>Παραγωγή</b>			
<b>Κλάσεις</b>	<b>Παλιάμπελα</b>	<b>Ζευγαρολιβαδο</b>	<b>Ζευγαρά_1</b>	<b>Ζευγαρά_2</b>
1	29,50%	21%	24,60%	6,50%
2	44,30%	44,30%	10%	32%
3	26,30%	34,60%	25,50%	13,80%
4			32,90%	16,60%
5			7%	31,10%

**Πίνακας 5.3.2** Ποσοστό της κάθε κλάσης εντός του εκάστοτε αγροτεμαχίου για την υγρασία.

	<b>Υγρασία</b>			
<b>Κλάσεις</b>	<b>Παλιάμπελα</b>	<b>Ζευγαρολιβαδο</b>	<b>Ζευγαρά_1</b>	<b>Ζευγαρά_2</b>
1	38,60%	35,50%	3%	22%
2	35,30%	32%	10%	23,50%
3	26%	32,60%	34,60%	48,70%
4			58,40%	0,60%
5			26,50%	5,10%

#### **5.4. ΣΧΕΣΗ ΚΕΡΔΟΥΣ – ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Ολοκληρώνοντας το κεφάλαιο, αξίζει μια αναφορά για τη σχέση του κόστους της καλλιέργειας με το κέρδος για τον παραγωγό. Το κόστος παραγωγής υπολογίζεται ως τα έξοδα που πληρώνει ο παραγωγός από την πρώτη επέμβαση που γίνεται στον αγρό έως τη συγκομιδή της καλλιέργειας.

Συγκεκριμένα, στο κόστος παραγωγής υπολογίζονται οι δαπάνες του παραγωγού για την κατεργασία του εδάφους, τη λίπανση, τη σπορά, τη φυτοπροστασία, την άρδευση και τη συγκομιδή. Η τιμή, λοιπόν, του κόστους ανέρχεται σε 115 €/στρ. Στην τιμή αυτή συμπεριλαμβάνονται 15 €/στρ. για την καλλιεργητική τεχνική (όργωμα, ελαφρύς καλλιεργητής, σβολοκόπτης), 30 €/στρ. για τη λίπανση (βασική και επιφανειακή), 20 €/στρ. το κόστος του σπόρου σποράς, 5 €/στρ. για τη σπαρτική μηχανή, 10 €/στρ. για τη ζιζανιοκτονία (προσπαρτική και μεταφυτρωτική), 20 €/στρ. για την άρδευση (κατανάλωση ρεύματος) και 15 €/στρ. για τη συγκομιδή της καλλιέργειας (Πίνακας 5.4.1). Το κέρδος υπολογίζεται σύμφωνα με την τιμή πώλησης του προϊόντος η οποία ήταν 0,14 €/στρ., σύμφωνα με τον παραγωγό. Συνεπώς, παραγωγή με τιμή έως 820 kg/στρ. απαιτείται ώστε να καλυφθούν τα έξοδα της καλλιέργειας. Τιμή στην παραγωγή μεγαλύτερη των 820 kg/στρ. εμφανίζει κέρδος για τον παραγωγό, ανάλογα με την τιμή της παραγωγής που εμφανίζεται στα διάφορα σημεία όπου έγινε η καταγραφή των μετρήσεων.

Παρακάτω υπολογίζεται το κόστος καλλιέργειας για τον αραβόσιτο. Πρέπει να τονιστεί ότι η άρδευση γίνεται με κατάκλυση από τον Τ.Ο.Ε.Β. (Τοπικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων) Ταυρωπού και υπολογίζεται μόνο η κατανάλωση ενέργειας για αυτό το κόστος άρδευσης κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα.



**Πίνακας 5.4.1** Κόστος καλλιέργειας αραβοσίτου σε €/στρ.

<b>Κόστος</b>	<b>€/στρ</b>
κατεργασία εδάφους	15
λίπανση	30
σπόρος	20
σπορά	5
ζιζανιοκτονία	10
άρδευση*	20
συγκομιδή	15
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>115</b>

\* άρδευση με κατάκλυση

Στο αγροτεμάχιο της τοποθεσίας "Παλιάμπελα" το κέρδος για τον παραγωγό ήταν 119% κατά μέσο όρο. Σύμφωνα με τις μετρήσεις στα διάφορα σημεία υπάρχει μια διακύμανση στο κέρδος με τιμές έως και 241%. Υπάρχουν, βέβαια, σημεία όπου καταγράφηκαν απώλειες έως και 19%. Ανάλογα με τις κλάσεις που έχει χωριστεί το αγροτεμάχιο (1, 2 και 3) το κέρδος είναι 162% για την πρώτη κλάση, 119,5% για τη δεύτερη και 69,5% για την τρίτη (Πίνακας 5.4.2). Με μέσο κέρδος 119% ο παραγωγός είχε 136,6 €/στρ. επιπλέον έσοδα.

**Πίνακας 5.4.2** Κέρδος παραγωγού σε κάθε τμήμα (κλάση) του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας "Παλιάμπελα".

<b>Κλάσεις</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Ποσοστό κέρδους</b>	162%	119,50%	69,50%

Το μεγαλύτερο ποσοστό κέρδους σημειώθηκε στο αγροτεμάχιο της τοποθεσίας "Ζευγαρολίβαδο" με τιμή 139%. Αυτό, είχε ως αποτέλεσμα 159,7 €/στρ. επιπλέον έσοδα για τον παραγωγό. Η διακύμανση του ποσοστού κέρδους ήταν από 19% απώλειες έως 241% κέρδος. Στην περιοχή του αγροτεμαχίου της πρώτης

κλάσης το κέρδος για τον παραγωγό ήταν 95%, στη δεύτερη 134,5% και στην τρίτη 171,4% (Πίνακας 5.4.3).

**Πίνακας 5.4.3** Κέρδος παραγωγού σε κάθε τμήμα (κλάση) του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας “Ζευγαρολίβαδο”.

<b>Κλάσεις</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Ποσοστό κέρδους</b>	95%	134,50%	171,40%

Στην τοποθεσία “Ζευγαρά” τα δύο αγροτεμάχια σημείωσαν κέρδος πάνω από 100%. Συγκεκριμένα, στο αγροτεμάχιο των 45,6 στρ. εμφανίστηκε μεγάλη διαφορά στην καταγραφή των τιμών που κυμαίνονται από 61% απώλειες έως κέρδος 266%. Μέσο κέρδος για τον παραγωγό ήταν 112,4% που αντιστοιχεί σε 129 €/στρ. επιπλέον έσοδα για τον παραγωγό. Το κέρδος στο αγροτεμάχιο των 11,2 στρ. ήταν μικρότερο και κυμαινόταν από 9,7% έως 253% με μέση τιμή 100,6% γεγονός που αντιστοιχεί σε 115,5 €/στρ. επιπλέον έσοδα για τον παραγωγό. Τα ποσοστά κέρδους σε κάθε τμήμα (κλάση) ξεχωριστά για κάθε αγροτεμάχιο παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.4.4 και 5.4.5.

**Πίνακας 5.4.4** Κέρδος παραγωγού σε κάθε τμήμα (κλάση) του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας “Ζευγαρά” έκτασης 45,6 στρ.

<b>Κλάσεις</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Ποσοστό κέρδους</b>	135%	165%	87,50%	111,40%	53%

**Πίνακας 5.4.5** Κέρδος παραγωγού σε κάθε τμήμα (κλάση) του αγροτεμαχίου της τοποθεσίας “Ζευγαρά” έκτασης 11,2 στρ.

<b>Κλάσεις</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Ποσοστό κέρδους</b>	159,50%	88%	67%	123,50%	103,60%

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η εφαρμογή τεχνολογιών Γεωργίας Ακριβείας έχει μεγάλο ενδιαφέρον καθώς τα αγροτεμάχια έχουν μεγάλη παραλλακτικότητα. Όμως αυτή την παραλλακτικότητα που υπάρχει από τμήμα σε τμήμα, ο παραγωγός δεν μπορούσε να την αντιληφθεί καθώς τον ενδιέφερε περισσότερο ο μέσος όρος του αγροτεμαχίου και όχι τόσο που είναι τα πιο παραγωγικά σημεία του και που δεν υπάρχει μεγάλη παραγωγή.

Συμπερασματικά, είναι γεγονός ότι η παραγωγή ήταν υψηλή σε όλα τα αγροτεμάχια. Αυτό, επιβεβαιώνεται και από τις τιμές του μέσου όρου. Μεγαλύτερη τιμή στην παραγωγή σημειώθηκε στο αγροτεμάχιο της τοποθεσίας “Ζευγαρολίβαδο” με μέσο όρο 19,6 τόνους/εκτάριο. Ένα άλλο στοιχείο είναι ότι τα δύο αγροτεμάχια της τοποθεσίας “Ζευγαρά” ήταν το ίδιο παραγωγικά με μέσο όρο παραγωγής 17,4 και 16,4.

Επιπλέον, το ποσοστό υγρασίας σε όλα τα αγροτεμάχια ήταν σε επιτρεπτές τιμές συγκομιδής (13%). Εξαιρεση αποτελεί το αγροτεμάχιο της τοποθεσίας “Ζευγαρολίβαδο” με ποσοστό 13,4% τιμή, όμως, εντός ορίων ώστε να μην απαιτείται ξήρανση των σπόρων πριν από την αποθήκευση.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι το κέρδος για τον παραγωγό κυμάνθηκε σε υψηλά ποσοστά και πάνω από 100%. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι το ποσοστό κέρδους σε ορισμένα σημεία ενός αγροτεμαχίου έχει τιμή 266%.

Οι πληροφορίες από τους χάρτες παραγωγής και υγρασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις καλλιεργητικές φροντίδες της επόμενης καλλιεργητικής περιόδου. Συγκρίνοντας τους χάρτες παραγωγής του κάθε αγροτεμαχίου με τις αναλύσεις εδάφους μπορεί να αποφευχθεί υπέρογκο κόστος κατά τη

λίπανση. Με τα δεδομένα αυτά και τους λιπασματοδιανομείς νέας τεχνολογίας μπορεί να γίνει πιο οικονομική η λιπασματοδιανομή κατά τη βασική λίπανση, να λιπαίνεται δηλαδή ο αγρός στα τμήματα και με τις ποσότητες που απαιτείται και όχι εξ' ολοκλήρου όπως γίνεται σήμερα από όλους σχεδόν τους παραγωγούς. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και στη ζιζανιοκτονία. Να γίνεται, δηλαδή, ψεκασμός των ζιζανίων στα τμήματα του αγρού όπου υπάρχει πρόβλημα ενώ σ' αυτά που δεν εμφανίζεται προσβολή να αποτρέπεται, μειώνοντας την ποσότητα των ζιζανιοκτόνων και τελικά το κόστος για τον παραγωγό.

Με τη χρήση της Γεωργίας Ακριβείας, και κυρίως τη χρήση των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων, γίνεται κατανοητή η παραλλακτικότητα του εκάστοτε αγροτεμαχίου, χωρίς την υπάρχουσα εμπειρία. Είναι σημαντικό να αναφερθεί και η χρησιμότητα των στατιστικών μεθόδων με τις οποίες γίνεται η συσχέτιση των δεδομένων. Χρησιμοποιώντας αυτή τη μεθοδολογία οδηγηθήκαμε στη δημιουργία ζωνών διαχείρισης για όλα τα αγροτεμάχια που λάβαμε δεδομένα.

Βάση των αποτελεσμάτων αυτών, στόχος είναι η συνέχιση του πειράματος τις επόμενες χρονιές, έτσι ώστε να γίνει επαλήθευση ή βελτίωση του μοντέλου υπολογισμού των διαφόρων χαρακτηριστικών. Μία άλλη παράμετρος που μπορεί να μελετηθεί είναι το έδαφος και μέσω δειγματοληψιών να γίνει συσχέτιση με την παραγωγή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

#### *Διεθνής Βιβλιογραφία*

Arslan S. 2008. A Grain Flow Model to Simulate Grain Yield Sensor Response. *Sensors* 8, 952-956.

Blackmore S. 2000. The interpretation of trends from multiple yield maps. *Computers and Electronics in Agriculture*, 26: 37-51.

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

Boyer, C.N., Wade Brorsen, B., Solie, J.B., Raun, W.R. 2010. Profitability of variable rate nitrogen application in wheat production. *Precision Agriculture*. Springer Science+Business Media, LLC 2010.

Cambell R., Rawlins S. and Han S.(1994). Monitoring methods for potato yield mapping. ASAE paper 94-1584, ASAE, St Joseph, Michigan.

FAO. 2008. FAOSTAT Database results.

Fleming, K.L., D.G. Westfall, D.W. Wiens, and M.C. Brodah. 2000. Evaluating farmer developed management zone maps for variable rate fertilizer application. *Precision Agriculture*, 2:201-215.

Fraisse, C.W., K.A. Sudduth, and N.R. Kitchen. 2001a. Delineation of site-specific management zones by unsupervised classification of topographic attributes and soil electrical conductivity. *Transactions of the ASAE*, 44(1):155-166.

Fraisse, C.W., K.A. Sudduth, and N.R. Kitchen. 2001b. Calibration of the Ceres-Maize model for simulating site-specific

crop development and yield on claypan soils. *Applied Engineering in Agriculture*, 17(4):547-556.

Gemtos T.A., Fountas S., Blackmore B.S., Greipentrog H.W. (2002). Precision farming experience in Europe and the Greek potential. Εργασία που δημοσιεύθηκε στο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας Εφαρμογών Πληροφορικής στη Γεωργία, Αθήνα, Ιούνιος 2002.

Gemtos T., Markinos A., Toullos L., Pateras D. and Zerva G. (2003). A precision farming application in the small cotton farmers of Greece, ITAFE Conference, Izmir, Turkey, 7-9 October 2003.

Godwin R., Ricards T., Wood G., Welsh J. and Knight S. (2003a). An economic analysis of the potential for precision farming in UK cereal production. *Biosystems Engineering (Special Edition on Precision Agriculture)*, 84, Issue 4, April, p. 533-545.

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

Inman D., Khosla R., Reich R.M., Westfall D.G. 2007. Active remote sensing and grain yield in irrigated maize. Springer Science+Business Media, LLC 2007.

James I. and Godwin R. (2003). Soil, water and yield relationships in developing strategies for the precision applications of nitrogen fertilizer to winter barley. *Biosystems Engineering*, Vol. 84, No. 4, April, p. 467-480.

Jaynes D.S., Colvin T.S. 1997. Spatiotemporal variability of corn and soybean yield. *Agronomy Journal* 89(1): 30-37.

Kutter T., Tiemann S., Siebert R., Fountas S. 2009. The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming. *Precision Agriculture*. Springer Science+Business Media, LLC 2009.

Link J., Batchelor W.D., Graeff S., Claupein W. 2008. Precision Agriculture. Springer Science+Business Media, LLC 2008.

Markinos A.T., T.A. Gemtos, L. Toullos, D. Pateras, G. Zerva. 2002. Yield mapping of cotton crop in Greece. Εργασία που παρουσιάστηκε στο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας Εφαρμογών Πληροφορικής στη Γεωργία. Αθήνα. Ιούνιος 2002.

Markinos, A.T., Gemtos, T.A., Pateras, D., Toullos, L., Zerva, G. and Papaeconomou, M. 2004. The influence of cotton variety in the calibration factor of a cotton yield monitor, 2<sup>nd</sup> HAICTA Conference.

Marques da Silva, J.R. and L.L. Silva. 2006. Relationship between Distance to Flow Accumulation Lines and Spatial Variability of Irrigated Maize Grain Yield and Moisture Content at Harvest. Biosystems Engineering 94 (4), 523-533.

Marques da Silva, J.R. and L.L. Silva. 2006. Evaluation of Maize Yield Spatial Variability based on Field Flow Density. Biosystems Engineering 95 (3), 339–347.

McMillan, R.A., W.W. Pettapice, L.D. Watson, and T.W. Goddard. 1998. A landform segmentation model for precision farming. p. 1335-1346. In P.C. Robert et al. (ed.) Precision agriculture. ProcInt. Conf., 4<sup>th</sup>, St. Paul, MN. 19-22 July 1998. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

Morgan, M., Ess, D., 1997. the Precision Farming Guide for Agriculturists. Edited by J.E. Kuhar. Published by John Deere Publishing Dept 374.

Nielsen, R.L. 2009. Yield Monitor Calibration : Garbage In, Garbage Out. University of Purdue, U.S.A. [online] <http://www.agry.purdue.edu/Ext/corn/news/timeless/yldmoncalibr.html> [URL accessed Aug 2010].

Olson K. 1999. The farm manager of the future. Paper presented at the Crop Pest Management Short Course, University of Minnesota, Department of Applied Economics, November 22. p.6

Onken A. and Suderman H. (1972). Applied and residual nitrate- nitrogen effects on irrigated grain sorghum yield. Soil Science Society of America Proceedings, 36, p. 94-97.

Pelletier G. and Shrini K. Upadaya (1999). Development of a tomato load/ yield monitor. Computers and Electronics in Agriculture, 32, p 213-228.

Roberson G. (2004). Precision Agriculture: A comprehensive approach.

Stafford J. (2000). Implementing Precision Agriculture in the 21<sup>st</sup> Century. Journal of agricultural Engineering Research, 76, pp. 267-275.

Taylor R.K., Kluitenberg G.J., M.D. Schrock, N. Zang, J.P. Schmidt, J.L. Havlin. 2001. Using yield monitor data to determine spatial crop production potential. Transaction of the ASAE Vol 44(6) 1409-1414.

Tomasson J., Penincton D., Pringle H., Colompus E., Tomson S nad Byler R. (1999). Cotton mass flow measurements: experiments with two optical divices. Applied Engineering in Agriculture, Vol 15, No 1, pp 11-17.

Tozer P.R. and Isbister B. J. 2007. Is it economically feasible to harvest by management zone? Precision Agric 8: 151–159.

Tremblay N., Bouroubi M.Y., Panneton B., Guillaume S., Vigneault P., Belec C. 2010. Precision Agriculture. Her Majesty the Queen in Right of Canada 2010.

United States Geological Survey. 2007. Geographic Information Systems.



Watson S., Segara E., Lascano R., Li H., Bronson K. and Booker J. (2003). An economic analysis of whole-field farming versus precision farming: The case of cotton. Beldwide Cotton Conferences, Nashville, TN, pp. 396-441.

Weiss M. (1996). Precision farming and spatial economic analysis: Research challenges and opportunities. American Journal of Agricultural Economics, 7,8 p p. 1275 – 1280.

Welsh J., Wood G., Godwin R., Taylor J., Earl R., Blacmore B. and Knights S. (2003a). Developing strategies of spatially variable nitrogen application in cereals. Part I: winter barley. Biosystems Engineering. Special Edition on Precision Agriculture, Vol. 84, No. 4, pp 481-494.

Welsh J., Wood G., Godwin R., Taylor J., Earl R., Blacmore B. and Knights S. (2003b). Developing strategies of spatially variable nitrogen application in cereals. Part II: wheat. Biosystems Engineering. Special Edition on Precision Agriculture, Vol. 84, No. 4, pp 495-511.

Westervelt, J.D., Reetz, H.F. 2000. GIS in Site-Specific Agriculture, Intersate Publishers Inc., 64pp.

Whelan, B. M., McBratney, A.B. 2000. The "Null Hypothesis" of Precision Agriculture. Precision Agriculture, 2:265-279.

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

Wilkerson J., Moody F., Hart W. and Funk P. (2001). Design and evaluation of a cotton flow rate sensor, Transactions of thw ASAE, Vol 4, No 6, pp.1415-1420.

## **Ελληνική Βιβλιογραφία**

Αγγελοπούλου Α. 2008. Γεωργία Ακριβείας στην καλλιέργεια μήλων. Διδακτορική Διατριβή. Νέα Ιωνία, Βόλος.

Γεωργία Ακριβείας. 2006. Εκδόσεις ΖΕΥΣ. Αθήνα.

Κανονισμός 1257 / 1999.

Καρυδάς, Γ.Χ. και Συλλαίος, Γ.Ν. 2000. Πεδία και τρόποι καταγραφής της παραλλακτικότητας στη Γεωργία Ακριβείας. Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, Σχολή Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Παπακωστα, Δ. 2008. Ειδική Γεωργία Ι, Τεύχος Α'. Σιτηρά, Χειμερινά-Εαρινά. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία. Θεσσαλονίκη.

Παπαικονόμου Αγροχημικά ΑΒΕΕ. (2003). Οδηγός Γεωργίας Ακριβείας. σελ. 9,11,17.

Τσατσαρέλης, Κ.Α. 2003. Μηχανική συγκομιδή γεωργικών προϊόντων. Εκδόσεις Γιαχούδη. Θεσσαλονίκη.

Τσατσαρέλης, Κ.Α. 2006. Διαχείριση γεωργικών μηχανημάτων. Εκδόσεις Γιαχούδη. Θεσσαλονίκη.

Φλωράς, Α.Σ. 2008. Στοιχεία Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Βόλος.

Χατζηνίκος, Α. 2007. Ανάλυση της παραλλακτικότητας ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων σε αμπελώνες της Ραψάνης Λάρισας. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.