

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Αριθμ. Πρωτοκ. 070

Ημερομηνία 1-7-09

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών**

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Θέμα: «ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΕ ΨΕΚΑΣΤΙΚΑ ΜΕΓΑΛΩΝ  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ»**

**ΠΑΥΛΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΘΕΟΦΑΝΗΣ Α. ΓΕΜΤΟΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2009**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 7455/1  
Ημερ. Εισ.: 24-08-2009  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ  
2009  
ΠΑΥ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Θεοφάνης Α. Γέμτος, Καθηγητή του τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Σπύρος Φουντάς, Εκλεγμένος Επίκουρος Καθηγητής του τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Νικόλαος Κατσούλας, Λέκτορας του τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους βοήθησαν στη διεκπεραίωση αυτής της πτυχιακής διατριβής.

Τον υπεύθυνο καθηγητή κ. Θεοφάνη Α. Γέμτο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια ετοιμασίας αυτής της εργασίας.

Τους Dr. Paul Mask και Dr. John Fulton, για τη φιλοξενία τους και τη βοήθεια τους στη διεκπεραίωση του πειράματος κατά την παραμονή μου στο Auburn της πολιτείας Alabama στις Η.Π.Α..

Τον Chris Dillard, για τη φιλοξενία στο Auburn, τη βοήθεια του στην επεξεργασία των χαρτών καθώς και την υπομονή που έδειξε όλο το χρονικό διάστημα που ήμουν εκεί.

Τον κ. Σπύρο Φουντά, για τις συμβουλές του κατά την προετοιμασία της πτυχιακής διατριβής.

Την Άννα Ορφανού, συμφοιτήτρια και φίλη μου, για τη βοήθεια της κατά την επεξεργασία των χαρτών και τη συγγραφή της πτυχιακής διατριβής.

Τέλος, την οικογένειά μου για τη υποστήριξή τους καθ' όλη τη φοιτητική μου ζωή.

## Περίληψη

Η εργασία αυτή, που έγινε στο Πανεπιστήμιο του Auburn, στην πολιτεία της Αλαμπάμα, αναφέρεται σε συστήματα που ελέγχουν τον ψεκασμό. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται ώστε να γίνεται ψεκασμός εκεί όπου είναι απαραίτητο χωρίς περιττές δαπάνες.

Σκοπός της εργασίας είναι να αποδειχθεί εάν αυτά τα συστήματα λειτουργούν ικανοποιητικά ως προς την εξοικονόμηση χημικών και χρημάτων. Όπως επίσης και η σύγκριση των περιττών δαπανών από ένα βραχίονα χωρισμένο σε 3 τμήματα με έναν χωρισμένο σε 5 και έναν σε 10 τμήματα που ελέγχονται αυτόματα.

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι τα συστήματα βοηθούν στην εξοικονόμηση των διαφόρων χημικών που εφαρμόζονται στον αγρό καθώς και στην εξοικονόμηση χρημάτων από τους παραγωγούς. Επίσης, σε όσο περισσότερα τμήματα είναι χωρισμένος ο βραχίονας του ψεκαστικού μειώνεται η περιττή δαπάνη χημικών και, συνεπώς, εξοικονομούνται περισσότερα χρήματα.

Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά τα αποτελέσματα, οι αναλύσεις και τα συμπεράσματα των υπολογισμών της εργασίας.

## Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	5
2. Ανάλυση βιβλιογραφίας.....	6
2.1. Γεωργία Ακριβείας.....	6
2.1.1. Γεωργία Ακριβείας και Τεχνολογίες.....	6
2.1.2. Γεωργία Ακριβείας και εφαρμογές.....	8
2.1.3. Γεωργία Ακριβείας και αντίκτυπο τεχνολογιών της.....	8
2.2. Σύστημα Παγκόσμιας Πλοήγησης – GPS (Global Position System).....	9
2.3. Χαρτογράφηση.....	10
2.4. Παραλλακτικότητα.....	11
2.5. Σχήμα αγρού και απόδοση των μηχανημάτων.....	12
2.6. Μεταβλητές καλλιεργητικές φροντίδες ή τεχνολογία μεταβλητών εισροών Variable Rate Application (VRA).....	13
2.7. Συστήματα ελέγχου ψεκασμού.....	14
2.7.1. Agleleader Autoswath.....	15
2.7.2. Farmscan Farmlap ABS.....	16
2.7.3. Raven.....	17
2.7.3.1. AccuBoom.....	17
2.7.3.2. SmartBoom.....	17
2.7.4. Rinex AS7500.....	18
2.7.5. Teejet, Mid – Tech Boompilot.....	18
2.7.6. Trimble Ez – Boom.....	19
2.7.7. Swath Control Pro.....	19
3. Αντικειμενικοί στόχοι της έρευνας.....	23
4. Υλικά και Μέθοδοι.....	24
5. Αποτελέσματα και συζήτηση.....	25
5.1. Υποθετικοί υπολογισμοί σε τριγωνικό και κυκλικό χωράφι.....	26
5.1.1. Τριγωνικού σχήματος αγρός.....	26
5.1.2. Κυκλικού σχήματος αγρός.....	37
5.2. Υπολογισμοί σε χωράφια ακανόνιστου σχήματος.....	43
5.2.1. Χωράφια που έχουν ψεκαστεί ως προς ένα section.....	43
5.2.2. Χωράφια που έχουν ψεκαστεί ως προς 1, 3, 5 και 10 sections.....	53
6. Συμπεράσματα.....	101
7. Βιβλιογραφία.....	102

## 1. Εισαγωγή

Η γεωργία απασχολεί τον άνθρωπο από τα αρχαία χρόνια μέχρι και σήμερα. Αρχικά, η εκμετάλλευση της γης ήταν δύσκολη καθώς όλες οι εργασίες γίνονταν χειρονακτικά και αργότερα με τη βοήθεια ζώων. Με την πάροδο των χρόνων η εκμηχάνιση της γεωργίας βοήθησε στην ποιοτική και ποσοτική αύξηση της παραγωγής αφού όλες οι εργασίες γίνονται πιο γρήγορα και αποτελεσματικά. Παρόλα αυτά, αντιμετωπίζεται ένα σύνολο προβλημάτων στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις, αφού οι παραγωγοί ζητούν ολοένα και περισσότερη παραγωγή με μείωση του κόστους. Λόγω, όμως, της παραλλακτικότητας μέσα στον αγρό δεν υπάρχουν πάντα τα επιθυμητά αποτελέσματα. Υπάρχουν, όμως, λύσεις οι οποίες απαντούν στα προβλήματα και προέρχονται από επιστημονικές ανακαλύψεις και τις επακόλουθες τεχνολογικές προόδους. Αυτές οι τεχνικές μπορούν να ομαδοποιηθούν υπό το γενικό τίτλο της Γεωργίας Ακρίβειας και περιλαμβάνουν εφαρμογές στην παραγωγή φυτικού και ζωικού κεφαλαίου.

Η διαφορά μεταξύ της έως σήμερα γεωργίας και της Γεωργίας Ακρίβειας, βρίσκεται στον τρόπο που κάθε μια αντιμετωπίζει τη διαχείριση των αγροτεμαχίων. Ενώ, δηλαδή, η συμβατική γεωργία αντιμετωπίζει τα αγροτεμάχια ως ομοιόμορφα (βασισμένη σε μέσους όρους), η Γεωργία Ακρίβειας αναγνωρίζει, καταγράφει και διαχειρίζεται την εγγενή ή επίκτητη, ως προς το χώρο και το χρόνο, παραλλακτικότητα τους (variability). Έτσι, με τη λιγότερη ποσότητα χημικών ουσιών, αποφεύγεται έως ένα βαθμό η ρύπανση του περιβάλλοντος και επιτυγχάνεται το οικονομικό όφελος των παραγωγών. Επομένως, με την εφαρμογή της Γεωργίας Ακρίβειας στον αγρό γίνεται καλύτερη διαχείριση της παραλλακτικότητας με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής και του κέρδους με ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος αφού η εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων είναι ακριβής.

## 2. Ανάλυση βιβλιογραφίας

### 2.1. Γεωργία Ακριβείας

Η Γεωργία Ακριβείας είναι μία νέα αντίληψη για τη γεωργία και ταυτόχρονα, μία νέα μέθοδος γεωργικής πρακτικής. Αυτή η καινοτομία, διεθνής και τυποποιημένη προσέγγιση συστημάτων έχει ως σκοπό να αναδιοργανώσει το συνολικό σύστημα της γεωργίας προς τις χαμηλές εισροές, την υψηλή απόδοση, τη βιώσιμη γεωργία και να μειώσει την αβεβαιότητα των αποφάσεων που απαιτούνται για τον έλεγχο της παραλλακτικότητας (Zhang et al. 2002). Επίσης, πρέπει να διαχειρίζεται την παραλλακτικότητα του αγρού, να βοηθάει στη βελτίωση της αποδοτικότητας και τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον άμεσα και μακροπρόθεσμα.

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

Σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες τα πρώτα βήματα του νέου αυτού γεωργικού κλάδου έχουν ήδη γίνει, ενώ όλο και πιο προηγμένες τεχνικές βρίσκουν συνεχώς έδαφος για εφαρμογή.

#### 2.1.1. Γεωργία Ακριβείας και Τεχνολογίες

Η Γεωργία Ακριβείας έχει αναπτύξει ένα πολύ ισχυρό προφίλ στη γεωργική βιομηχανία κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας αλλά το γεγονός της παραλλακτικότητας του χώρου στον αγρό, ήταν γνωστό για αιώνες.

Γεωργικές και άλλες επιχειρήσεις εφαρμοσμένης μηχανικής παράγουν εξοπλισμό με αυξανόμενη εκτέλεση για να επιτρέψουν την πρακτική εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας (Stafford 2000).

Παγκοσμίως, οι επενδύσεις στην έρευνα και στην τεχνολογία πάνω στη Γεωργία Ακριβείας έχουν αυξηθεί κατακόρυφα και συνεχίζουν να αυξάνονται. Πρόοδοι στη γεωργική έρευνα, συνδυάζονται με διάφορες εφαρμογές οι οποίες μπορούν να παρέχουν πολύ μεγάλα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.



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:

- 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 – GPS.
- Συστήματα μεταβαλλόμενης εφαρμογής, όπως λιπασματοδιανομείς, σπαρτικές, ψεκαστήρες κ.ά. (Καρύδας και άλλοι ).

Η Γεωργία Ακριβείας ως νέα προσέγγιση ωφελείται από τη σύγκλιση διάφορων τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένου του παγκόσμιου συστήματος πλοήγησης (GPS), των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS), των μικρο – υπολογιστών, των συστημάτων αυτόματου ελέγχου, της τηλεπισκόπησης, του υπολογισμού κινήσεις σε πραγματικό χρόνο, της προηγμένης επεξεργασίας πληροφοριών και των τηλεπικοινωνιών. Η γεωργική βιομηχανία είναι τώρα σε θέση να συλλέγει περισσότερα και περιεκτικότερα στοιχεία όσον αφορά την παραλλακτικότητα της παραγωγής στο χώρο και στο χρόνο (Zhang 2002). Η επιθυμία να αποκριθεί στην παραλλακτικότητα σε μεγαλύτερη κλίμακα έχει γίνει ο στόχος της Γεωργίας Ακριβείας. Με την εμφάνιση του δορυφορικού συστήματος παγκόσμιας πλοήγησης, οι παραγωγοί κέρδισαν τη δυνατότητα να μπορούν να μετρήσουν αυτόματα τη χωρική μεταβλητότητα. Το όλο θέμα έχει αναπτυχθεί τεχνολογικά και πολλές εξελίξεις της εφαρμοσμένης μηχανικής είναι σε ισχύ. Μερικές από τις σύγχρονες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί σε τυποποιημένες εφαρμογές, όπως το Global Position System (GPS), εφαρμόζονται για τη χαρτογράφηση της καλλιέργειας. Η γεωργική βιομηχανία έχει εξελίξει νέους κλάδους που παρέχουν τεχνική υποστήριξη ικανή να ανταποκριθεί στην παραλλακτικότητα του αγρού και απαντάται με μορφή ψηφιακών χαρτών. Η τρέχουσα έρευνα για τη Γεωργία Ακριβείας εστιάζει, επίσης, στην ανάπτυξη αισθητήρων με τους οποίους μπορούν να ανιχνεύονται οι ιδιότητες των καρπών και του εδάφους σε πραγματικό χρόνο, συμπεριλαμβανομένης της ψηφιακής ανάλυσης της εικόνας (DIA) και της τηλεπισκόπησης (RS).

Η καταγραφή και ο υπολογισμός των ιδιοτήτων του εδάφους και της παραγωγής παρέχουν πολλές πληροφορίες για διάφορα στοιχεία του αγρού οι οποίες αν συλλεχθούν, αποθηκευτούν και ερμηνευτούν κατάλληλα, μπορούν να εξασφαλίσουν άριστα μέσα βελτίωσης σε παράγοντες καθοριστικούς για τη διαδικασία της παραγωγής (Schellberg et al. 2007).

Στο μέλλον, εντούτοις, θα δούμε σημαντική ανάπτυξη στον προσδιορισμό θέσης που θα ωφελήσει τη Γεωργία Ακρίβειας. Στόχος θα είναι όχι μόνο οι απαιτήσεις συνολικά της καλλιέργειας αλλά ενός φυτού της καλλιέργειας και ακόμα περισσότερο ενός φύλλου από ένα φυτό της καλλιέργειας που απαιτεί αξιοπιστία και ακρίβεια του δυναμικού προσδιορισμού θέσης (Stafford 2000).

### 2.1.2. Γεωργία Ακρίβειας και εφαρμογές

Πιθανόν, η πρώτη πραγματική εφαρμογή της γεωργίας ακρίβειας ήταν το «on – the – go» του συστήματος διανομής λιπάσματος που αναπτύχθηκε από το Soil Teq στις Η. Π. Α., το οποίο χρησιμοποίησε πληροφορίες από αεροφωτογραφίες και εδαφολογικά δείγματα για να δημιουργήσει έναν χάρτη εφαρμογής λίπανσης. Ο προσδιορισμός της θέσης του οχήματος στο χωράφι, εντούτοις, δεν ήταν εφικτό να γίνει όσο το GPS δεν είχε αναπτυχθεί για μη στρατιωτική χρήση. Περαιτέρω εφαρμογές και περισσότερη προσπάθεια έρευνας έγινε στις αρχές της δεκαετίας του 1990, καθώς το GPS έγινε πιο αξιόπιστο, το σύστημα των δορυφόρων σχεδόν ολοκληρώθηκε και έγιναν διαθέσιμοι οι πολιτικοί δέκτες. Μεταξύ αυτών των εξελίξεων, τέτοιες ήταν η μεταβλητή εφαρμογή ζιζανιοκτόνου, η δυναμική αντίληψη της οργανικής ουσίας του εδάφους χρησιμοποιώντας φασματικούς αισθητήρες αντανάκλασης και η χαρτογράφηση. Δεδομένου ότι η Γεωργία Ακρίβειας αναπτύσσεται, αυξάνεται η ζήτηση για μεγαλύτερη ακρίβεια στο χώρο σε μερικές εφαρμογές και μηχανισμούς.

### 2.1.3. Γεωργία Ακρίβειας και αντίκτυπο τεχνολογιών της

Το αντίκτυπο των τεχνολογιών της Γεωργίας Ακρίβειας στη γεωργική παραγωγή βρίσκεται σε δύο τομείς: αποδοτικότητα για τους παραγωγούς και οικολογικά και περιβαλλοντικά οφέλη των πολιτών.

Η μεγαλύτερη αποδοτικότητα των καλλιεργειών προέρχεται από τον πιο σωστό συντονισμό της παραγωγής. Οι τεχνολογίες της Γεωργίας Ακρίβειας παρέχουν στους παραγωγούς ευκαιρίες για αλλαγή του τρόπου της διανομής και το συνδυασμό των λιπασμάτων και άλλων αγροχημικών βασισμένα στη χωρική και χρονική

μεταβλητότητα του αγρού. Οι γεωργοί μπορούν να κάνουν μία οικονομική ανάλυση βασισμένη στην παραλλακτικότητα της παραγωγής του αγρού για να καταλάβουν την ακριβή αξιολόγηση του κινδύνου. Ορισμένα μέρη μέσα σε έναν αγρό, που παράγουν πάντα κάτω από το όριο που ισοσκελίζει το κόστος με το εισόδημα, μπορούν μέσα από ένα συγκεκριμένο σχέδιο διαχείρισης είτε να βελτιωθεί η αποδοτικότητα τους π.χ. με μείωση των εισροών, είτε να χρησιμοποιηθούν για μια άλλη αποδοτική καλλιέργεια. Εάν μια συνολική προσέγγιση, που λαμβάνει υπόψη όλες τις δραστηριότητες που γίνονται για την καλλιέργεια και τους περιορισμούς των πόρων, προσαρμόζεται, οι τεχνολογίες της γεωργίας ακριβείας μπορούν να αποδειχθούν ευεργετικές για τη βελτίωση της δυνατότητας κέρδους και για τη μείωση του ρίσκου. Ως προς το περιβάλλον, η Γεωργία Ακρίβειας παρέχει τα μέσα της ακριβούς και στοχευόμενης εφαρμογής, με την καταγραφή όλων των διαδικασιών στον αγρό και τη μεταφορά των καταγραμμένων πληροφοριών από τα συγκομισμένα προϊόντα (Zhang et al. 2002).

## 2.2. Σύστημα Παγκόσμιας Πλοήγησης – GPS (Global Position System)

Η καθιέρωση του συστήματος παγκόσμιας πλοήγησης (GPS) βοήθησε στην ανάπτυξη της Γεωργίας Ακρίβειας, προς το τέλος της δεκαετίας του '80. Αυτό έγινε με βάση ένα σύστημα δορυφόρων που τοποθετήθηκαν σε τροχιά από το αμερικανικό υπουργείο Αμύνης. Το GPS είναι μία μέθοδος για τον καθορισμό συντεταγμένων με υψηλή ακρίβεια και παρέχει τη δυνατότητα καθορισμού θέσης δηλαδή γεωγραφικού πλάτους, μήκους και ύψους, οπουδήποτε στη γη, 24 ώρες το εικοσιτετράωρο (Fix et al. 1995).

Αρχικά, το GPS ήταν λιγότερο αξιόπιστο για το δυναμικό προσδιορισμό θέσης μέσα στον αγρό. Το ελλειπές σύστημα των δορυφόρων τόνισε το πρόβλημα λήψης σημάτων μέσα από δέντρα και κτήρια και οι πολλαπλές διαδρομές αντανάκλασεων ήταν μία σημαντική αιτία της μικρής ακρίβειας προσδιορισμού θέσης (Stafford 2000).

Σημαντικές εξελίξεις στη γεωργική πρακτική προέκυψαν κατά τη διάρκεια των προηγούμενων ετών, μέσω της δυνατότητας διόρθωσης της θέσης του αμερικανικού NAVSTAR (αμερικάνικο σύστημα δορυφόρων).

Σε κάθε δορυφόρο υπάρχει ένα ατομικό ρολόι, το οποίο είναι ρυθμισμένο σε διεθνή χρονικά πρότυπα. Ο χρονικός συγχρονισμός από τα κωδικοποιημένα σήματα που διαβιβάζονται από τους δορυφόρους παρέχουν τη βάση του συστήματος, το οποίο επιτρέπει σε έναν επίγειο δέκτη να υπολογίσει τη θέση του από κάθε δορυφόρο που

μπορεί να λάβει σήμα. Ο υπολογισμός της θέσεως πάνω στην επιφάνεια της γης γίνεται από τουλάχιστον τρεις δορυφόρους ή και περισσότερους . Τα αναπόφευκτα λάθη μπορούν να μειωθούν από τις διάφορες διορθώσεις (Cox 2002).

Οι δέκτες λαμβάνουν σήματα από 8 έως 12 δορυφόρους από τον ορίζοντα. Οι περισσότεροι δέκτες που χρησιμοποιούνται στη γεωργία ακριβείας είναι 12 καναλιών (Stafford 2000).

Κατά τη διάρκεια της περιόδου της εκλεκτικής διαθεσιμότητας των δορυφορικών μεταδόσεων στους μη στρατιωτικούς χρήστες (δηλ. ο υποβιβασμός της πιθανής ακρίβειας που είναι διαθέσιμη σε αυτούς με παρεμβολή θορύβου στο σήμα των δορυφόρων). Οι διορθώσεις πραγματοποιήθηκαν από τη δημιουργία του συστήματος DGPS (Differential Global Positioning System). Αυτό απαιτεί έναν σταθμό – δέκτη, σε μια ακριβώς, γνωστή τοποθεσία, η οποία μπορεί να συγκρίνει τις συντεταγμένες του χώρου της με αυτές που υπολογίζονται από τις δορυφορικές μεταδόσεις. Το σφάλμα μπορεί έπειτα να διαβιβαστεί μέσω ασύρματης επικοινωνίας στα μηχανήματα στον αγρό (Cox 2002).

Το RTK DGPS (Real Time Kinematic Differential Global Positioning System) χρησιμοποιεί διπλής συχνότητας μεταδόσεις από κάθε δορυφόρο GPS και υπάρχει ένας σταθμός διόρθωσης μέσα στο χωράφι κάνοντας το σφάλμα να γίνεται ακόμα μικρότερο (επίπεδο 1 - 2 εκατοστών). Θεωρητικά ο σταθμός είναι σε γνωστό σημείο και μπορεί να κάνει διορθώσεις, στην πράξη όμως αρκεί το σήμα που εκπέμπει να κάνει τις διορθώσεις στο δέκτη.

Το σύστημα παγκόσμιας πλοήγησης (GPS) είναι μια καλή τεχνική λύση αλλά κάποιες φορές δημιουργούνται προβλήματα λόγω προσωρινής απώλειας δορυφορικής σύνδεσης και, συνεπώς, διακοπής της παροχής του σήματος. Αυτό προκαλεί μείωση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας του (Fiengo et al. 2007).

### 2.3. Χαρτογράφηση

Η Γεωργία Ακριβείας είναι μια μέθοδος διαχείρισης καλλιεργειών και γενικότερα αγροκτημάτων. Οι διαδικασίες για την ολοκλήρωση και την ερμηνεία των σχετικών στοιχείων που συγκεντρώνονται στο χώρο και το χρόνο πρέπει να καταλήξουν στην παραγωγή των χαρτών επεξεργασίας ώστε να ληφθούν οι σωστές αποφάσεις από τον παραγωγό (Stafford 2000) .

Μία αεροφωτογραφία (με καταγραφή στις φασματικές περιοχές του πράσινου, του ερυθρού και του εγγύς υπερέρυθρου) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα για την

εκτίμηση της κατάστασης των φυτών που σχετίζεται με τις ανάγκες σε άζωτο, την ανίχνευση ασθενειών, τον εντοπισμό διαφόρων ανωμαλιών, το χαρακτηρισμό της υφής του επιφανειακού εδάφους και την πρόβλεψη της παραγωγής. Παρομοίως, οι χάρτες αποδόσεων χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση και τον εντοπισμό της παραλλακτικότητας όχι μόνο ενός χαρακτηριστικού, αλλά όλων των χαρακτηριστικών που έχουν επιδράσει στις αποδόσεις με τον ένα ή τον άλλο τρόπο (π.χ., την υφή του εδάφους, την υγρασία, τις ασθένειες, τα θρεπτικά στοιχεία, τις καλλιεργητικές εργασίες, τις τοπικές ανωμαλίες, κ.λ.π.) (Καρύδας και άλλοι).

Η γεωργία ακρίβειας εξαρτάται από την πληροφορία, από τα δεδομένα που παρέχουν οι αισθητήρες για οποιαδήποτε θέση, δηλαδή δεδομένα που απαιτούνται για να παραχθούν χάρτες διαχείρισης. Τα εμπορικά συστήματα που είναι διαθέσιμα σήμερα είναι η χαρτογράφηση της παραγωγής, της ποιότητας των προϊόντων (υγρασία, περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες ή λάδι) του αγρού, η χαρτογράφηση της ανάκλασης του φωτός, η χαρτογράφηση της αγωγιμότητας του εδάφους κ.α..

Η αποτελεσματικότητα της χαρτογράφησης της παραγωγής και της ποιότητας στη γεωργία καθορίζεται πρώτιστα από την προδιαγραφή του αισθητήρα ή του συστήματος μέτρησης. Οι αποφάσεις γύρω από μία συγκεκριμένη περιοχή διαχείρισης προϋποθέτουν αυθεντικούς χάρτες που περιέχουν διάφορες ιδιότητες του αγρού που έχουν ανιχνευθεί με ακρίβεια (Schellberg et al. 2007).

#### 2.4. Παραλλακτικότητα

Η έννοια της παραλλακτικότητας αποτελεί το πρώτο βήμα σε κάθε εφαρμογή Γεωργίας Ακρίβειας. Όσον αφορά το χαρακτήρα της, η παραλλακτικότητα διακρίνεται σε χωρική, χρονική (ιστορική) και προβλεπτική για το μέλλον παραλλακτικότητα. Όσον αφορά τις παραμέτρους που παραλλάσσουν, διακρίνονται σε εδαφολογικές, βιολογικές και σε εξέλιξη της κατάστασης της παραγωγής.

Για την ανίχνευση της παραλλακτικότητας και του βαθμού της χρησιμεύουν οι χάρτες παραγωγής. Για τη διάγνωση των αιτίων της χρησιμοποιούνται η τηλεπισκόπηση, οι εργαστηριακές αναλύσεις, οι παρατηρήσεις στον αγρό και όποιο άλλο μέσο συγκέντρωσης στοιχείων. Η γεωγραφική πληροφορία στα δεδομένα προσφέρεται από τα συστήματα εντοπισμού θέσης (π.χ. GPS) (Καρύδας και άλλοι).

Τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη της γνώσης της χωρικής παραλλακτικότητας και της διαχείρισής της είναι προφανή, ωστόσο, πρέπει να αποδειχτούν μέσα από πειράματα. Ένα μεγάλο μέρος της τεχνολογίας έχει ήδη



αναπτυχθεί αλλά θα υπάρξει σημαντικότερη εξέλιξη στη νέα δεκαετία, ιδιαίτερα στον τομέα των αισθητήρων και της χαρτογράφησης της παραλλακτικότητας (Stafford 2000).

## 2.5. Σχήμα αγρού και απόδοση των μηχανημάτων

Όταν το σχήμα ενός αγρού είναι ακανόνιστο και ειδικότερα όταν παρουσιάζει κάποιες ανωμαλίες τότε η απόδοση των γεωργικών μηχανημάτων μειώνεται. Δηλαδή, όσο υψηλότερες είναι οι νεκρές διαδρομές στον αγρό τόσο μικρότερος είναι ο βαθμός απόδοσης.

Χωράφια με ορθογώνιο σχήμα έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης από ότι άλλα με τετράγωνο, τραπέζιο ή ακανόνιστο σχήμα. Αυτό συμβαίνει διότι όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος από το πλάτος τόσο υψηλότερη είναι η απόδοση.

Μπορεί να γίνει σύγκριση των χρόνων σε διαφορετικού σχήματος χωράφια ίδιας έκτασης. Για παράδειγμα, σε ένα τετράγωνο χωράφι 100 στρεμμάτων (δείκτης 100) θα χρειαστεί περισσότερος χρόνος από ότι είναι ορθογώνιο με σχέση μήκους προς πλάτους 2:1 (δείκτης 95) και ακόμα μικρότερος σε σχέση 4:1 (δείκτης 93). Φτάνοντας στην ακραία περίπτωση όπου το μήκος είναι πολύ μεγάλο και το πλάτος όσο είναι το πλάτος του μηχανήματος, τότε ο δείκτης θα ήταν ελάχιστος αλλά αυτό το σχήμα δε θα ήταν και το πιο οικονομικό διότι απαιτεί πολλές νεκρές διαδρομές για επιστροφή στην αφετηρία.

Στα σχήματος τραπέζιου χωράφια εκτός από το ορθογώνιο μέρος υπάρχει και κάποιο τριγωνικό κομμάτι που θα πρέπει να κατεργαστεί. Στα τριγωνικά τμήματα υπάρχουν καθυστερήσεις στις στροφές καθώς και απώλειες εισροών. Αν η εργασία γίνεται παράλληλα προς την μία πλευρά του τριγώνου τότε θα υπάρχει μία επιφάνεια η οποία θα ξανακαλλιεργηθεί ή ο ελκυστήρας με το παρελκόμενο θα κάνουν νεκρή διαδρομή. Σε ένα ορθογώνιο τρίγωνο όπου οι εργασίες γίνονται παράλληλα προς την μία κάθετη πλευρά, αν η γωνία μεταξύ της υποτείνουσας και αυτής της πλευράς γίνεται οξύτερη τότε οι απώλειες αυξάνονται. Αν η εργασία γίνεται παράλληλα προς την υποτείνουσα οι νεκροί χρόνοι αυξάνονται σε σχέση με την εργασία που γίνεται παράλληλα προς την μία κάθετη πλευρά.

Ανάλογα με το συνολικό μέγεθος του αγρού, την έκταση των εγκαταστάσεων και των διαφόρων εμποδίων που μπορεί να υπάρχουν όπως στύλος ΔΕΗ, βράχος, θα υπάρχει μικρή ή μεγάλη απώλεια χρόνου εργασίας καλλιεργειών (Τσατσαρέλη).

## 2.6. Μεταβλητές καλλιεργητικές φροντίδες ή τεχνολογία μεταβλητών εισροών Variable Rate Application (VRA)

Οι παραγωγοί ακολουθώντας τα βήματα εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας στον αγρό μπορούν να καθορίσουν τις θρεπτικές ή άλλες ανάγκες κάθε τμήματος της καλλιέργειας. Επίσης, μπορούν να εξοικονομήσουν χρήματα από εξορθολογισμό των διάφορων εισροών με την τεχνολογία των μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων ή εισροών (Variable Rate Application) ακολουθώντας τα δεδομένα που παίρνουν από τους αισθητήρες.

Τα βήματα εφαρμογής της Γεωργίας Ακριβείας σε ένα αγρόκτημα είναι:

- Συγκέντρωση πληροφοριών μέσω της εδαφολογικής δειγματοληψίας, της τηλεπισκόπησης κ.λπ..
- Συλλογή δεδομένων, ανάλυση τους και δημιουργία χαρτών εφαρμογής εισροών (application maps).
- Εφαρμογή, στο χωράφι των χαρτών εφαρμογής εισροών χρησιμοποιώντας την τεχνολογία Variable Rate Application.
- Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και επανεκκίνηση της διαδικασίας.

Τα συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRT) είναι συστήματα που μεταβάλλουν την ποσότητα εφαρμογής των εισροών, όπως λίπασμα, νερό κ.α., ή και αλλάζουν το εφαρμοζόμενο είδος, δηλαδή την ποικιλία του σπόρου ή το είδος του λιπάσματος, την ίδια στιγμή που εφαρμόζουν τις εισροές αυτές, αναλόγως με το σημείο του αγροτεμαχίου στο οποίο βρίσκονται (Καρύδας και άλλοι).

Η τεχνολογία μεταβλητών εισροών (VRT) μπορεί να χρησιμοποιεί GIS συστήματα χαρτογράφησης για τους θεματικούς χάρτες όπως επίσης και για τους χάρτες εφαρμογής εισροών. Με τη χρήση σε διαδοχικά έτη δημιουργείται μια βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται στη λήψη αποφάσεων για τη διαχείριση του αγροκτήματος. Οι χάρτες παραγωγής και άλλα δεδομένα που συγκεντρώνονται μέσω διάφορων τεχνολογιών μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίσουν τα προβλήματα στον αγρό, όπως είναι τα προβλήματα κακής στράγγισης ή συγκέντρωσης ζιζανίων κ.λπ.. Αυτός είναι ένας τρόπος εφαρμογής της τεχνολογίας μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων. Δηλαδή η δημιουργία χαρτών εφαρμογής και ο προγραμματισμός του μηχανήματος με συντεταγμένες για τα σημεία μεταβολής της δόσης.

Μια άλλη δυνατότητα είναι τα συστήματα άμεσης ρύθμισης της εισροής στο χωράφι.

Στα συστήματα real – time VRT, ένας αισθητήρας επάνω στο όχημα αναγνωρίζει ένα ζιζάνιο ή κάποια άλλα χαρακτηριστικά των φυτών και στέλνει ένα σήμα στο μηχάνημα εφαρμογής π.χ. σε ένα ακροφύσιο ή σε ένα τμήμα του ψεκαστικού για να το ενεργοποιήσει. Η συλλογή πληροφοριών, η ανάλυση τους και η εφαρμογή τους γίνεται ταυτόχρονα (Robinson 2007).

## 2.7. Συστήματα ελέγχου ψεκασμού

Τα συστήματα που έχουν την δυνατότητα να ελέγχουν τον ψεκασμό ενός αγρού είναι ποικίλα αυτή την στιγμή και βρίσκονται στην διάθεση των καταναλωτών. Παρακάτω, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται διάφορα συστήματα που μπορούν και ελέγχουν τα τμήματα του βραχίονα του ψεκαστικού και κατ' επέκταση τον ψεκασμό. Δηλαδή, δεν αναγνωρίζουν το βραχίονα του ψεκαστικού σαν ένα ενιαίο κομμάτι αλλά αυτός χωρίζεται σε επιμέρους μικρότερα τμήματα όπου το κάθε ένα ελέγχεται σαν ένα ξεχωριστό κομμάτι. Για να συμβεί αυτό τα συστήματα αυτά στηρίζονται σε ένα χάρτη εφαρμογής ο οποίος δείχνει τα όρια αυτά στα οποία πρέπει να γίνει ψεκασμός αλλά και εκείνα στα οποία πρέπει να αποφευχθεί. Κάθε εταιρεία χρησιμοποιεί διαφορετικό αριθμό τμημάτων έλεγχου του ιστού με σκοπό τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα με τις λιγότερες απώλειες. Στις Η.Π.Α. χρησιμοποιούνται συνήθως ψεκαστικά πίεσης με ιστό πλάτους 25m με 30m. Ο ιστός αυτός χωρίζεται σε τόσα τμήματα ανάλογα με την κάθε εταιρεία που το κάθε ένα τμήμα από αυτά τροφοδοτείται από χωριστούς σωλήνες. Η ροή του ψεκαστικού υγρού μπορεί να ξεκινά ή να διακόπτεται με μια ηλεκτρική βαλβίδα που ελέγχεται αυτόματα από τη κεντρική μονάδα έλεγχου του συστήματος. Το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων γίνεται με τη βοήθεια χαρτών εφαρμογής. Οι χάρτες εφαρμογής είναι προγράμματα που ορίζουν ποιες περιοχές του αγρού θα ψεκαστούν με βάση ιστορικά στοιχεία, δηλαδή ορίζουν σημεία με συντεταγμένες στα οποία θα ανοίξουν ή θα κλείσουν οι βαλβίδες. Οι χάρτες παραγωγής προκύπτουν από παρατηρήσεις στον αγρό π.χ. που υπάρχει μεγάλη προσβολή από ζιζάνια και το είδος του για να ψεκαστεί με το κατάλληλο ζιζανιοκτόνο, ή που τα φυτά είναι πολύ ψηλά και πρέπει να εφαρμοστεί ρυθμιστής ανάπτυξης κλπ. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι εταιρείες, τα συστήματα τις κάθε μιας από αυτές καθώς και ο αριθμός των τμημάτων έλεγχου του κάθε τμήματος.



Πίνακας 1. Εταιρεία, Όνομα συστήματος, Αριθμός τμημάτων ελέγχου

Εταιρεία	Όνομα συστήματος	Αριθμός τμημάτων έλεγχου
John Deere	Swath Control Pro	Πάνω από 10
Agleader	Autoswath	Μέχρι 10
Farmscan	Farm lap ABS	5, 7 ή 9
Raven	AccuBoom, SmartBoom	7 ή 10, μέχρι 10
Rinex	AS7500	Πάνω από 30
Teejet – Mid –tech	Boompilot	Μέχρι 15
Trimble	EZ – Boom	Μέχρι 10

### 2.7.1. Agleader Autoswath

Το σύστημα ελέγχου AutoSwath μειώνει την περισσότερο από όσο χρειάζεται εφαρμογή εξοικονομώντας τις δαπάνες των εισροών και βελτιώνοντας την περιβαλλοντική διαχείριση. Το σύστημα χειρίζεται μέχρι και δέκα τμήματα του βραχίονα με τη βοήθεια χαρτών εφαρμογής. Επίσης, προσφέρει τον ολοκληρωτικό έλεγχο της εφαρμογής του ψεκαστικού υγρού, ενώ συγχρόνως καταγράφει τα στοιχεία (δηλαδή τα χημικά που εφαρμόστηκαν και τις δόσεις) και παρέχει ικανότητες χαρτογράφησης σε πραγματικό χρόνο ώστε ο χειριστής να έχει πλήρη εικόνα τις δράσεις του.

Το σύστημα AutoSwath μειώνει την περιττή δαπάνη ανοιγοκλείνοντας αυτόματα τα τμήματα με βάση ένα χάρτη διαχείρισης του αγρού που δείχνει ποιες περιοχές έχουν ήδη ψεκαστεί κατά την λειτουργία του σε προηγούμενη διαδρομή. Ακόμα, μειώνει τις δαπάνες των εισροών και αυξάνει την ακρίβεια της εφαρμογής με την ελαχιστοποίηση των περιοχών που δεν έχουν καλυφθεί και τη μείωση των επικαλύψεων στο τέλος των σειρών, στις σειρές που βρίσκονται στα σύνορα του αγρού και κατά μήκος των υδάτινων οδών.

Τα οφέλη αυτού του συστήματος είναι:

- Χαμηλότερο κόστος εφαρμογής με την εξάλειψη της δαπάνης των προϊόντων που προκαλείται από την επικάλυψη.

- Μείωση των περιοχών που δεν ψεκάζονται επειδή ο παραγωγός μπορεί να ξεχάσει να ανοίξει τα τμήματα του βραχίονα.
- Ελάττωση της ζημιάς των καλλιεργειών, πιθανόν από την περισσότερο από όσο χρειάζεται εφαρμογή.
- Μειωμένη κούραση του παραγωγού καθώς οι ενέργειες γίνονται αυτόματα.
- Επιτρέπει στον παραγωγό να συγκεντρωθεί στον έλεγχο άλλων λειτουργιών.
- Αυξάνει την ακρίβεια της εφαρμογής.
- Βελτιώνει την περιβαλλοντική διαχείριση.
- Καλύτερη διαχείριση των προϊόντων.

### 2.7.2. Farmscan Farmlap ABS

Το σύστημα αυτό είναι οικονομικώς αποδοτικό για τον έλεγχο ζιζανίων και τη διαχείριση παρασίτων. Το Farmlap Spray Control λειτουργεί μαζί με το Farmlap guidance και το auto steering, τα οποία είναι συστήματα που ελέγχουν την κίνηση του γεωργικού ελκυστήρα στον αγρό για να ελέγχει τα ποσοστά ψεκασμού και το κλείσιμο ή το άνοιγμα των τμημάτων του βραχίονα συγχρόνως.

Μέσα στην καμπίνα ο χειρισμός είναι πολύ εύκολος, το σύστημα αυτό συνεχώς παρακολουθεί τις ψεκαζόμενες περιοχές και αυτόματα κλείνει τα τμήματα του βραχίονα για να αποφύγει την επικάλυψη και τα ανοίγει για να ψεκαστούν οι περιοχές που χρειάζεται.

Από το σύστημα αυτό παρέχεται η επιλογή ελέγχου 5, 7 ή 9 τμημάτων με ένα τρόπο αλλαγής που επιτρέπει σε οποιοδήποτε τμήμα του βραχίονα να ανοίγει, να κλείνει ή να λειτουργεί υπό πλήρως αυτόματο έλεγχο του ABS. Ακόμα υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου και μιας δεύτερης σειράς ψεκασμού (σχέδιο διπλού βραχίονα σε ψεκαστήρες dual boom) ώστε να μεγιστοποιείται η αποτελεσματικότητά του. Αυτή ενεργοποιείται αυτόματα για να διατηρήσει τη βέλτιστη πίεση ψεκασμού έτσι ώστε να μπορεί ο κάθε παραγωγός να εργαστεί σε διάφορες ταχύτητες ανάλογα με την έκταση ή την χρήση Variable Rate. Για τον λόγο αυτό είναι ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο στη διαχείριση των ασθενειών των φυτειών και των δύσκολων τύπων ζιζανίων.

Η ποσότητα των χημικών για τον ψεκασμό μπορεί να ρυθμιστεί από τον ίδιο το χειριστή, μέσω της κονσόλας έλεγχου, κατά την διάρκεια της πορείας στον αγρό ή να ελεγχθούν αυτόματα χρησιμοποιώντας έναν χάρτη εφαρμογής για το ψεκαστικό διάλυμα που εισάγεται στο Farmlap. Το Farmlap παράγει ένα χάρτη κάλυψης ψεκασμού σε πραγματικό χρόνο με χρωματισμένες περιοχές για να παρουσιάσει την

πραγματική ποσότητα χημικών που θα ψεκαστεί στον αγρό για κάθε εργασία. Τα αρχεία της εργασίας μπορούν να αποθηκευτούν ή να τυπωθούν.

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα λειτουργίας του Farmlap είναι:

- Οπτική ένδειξη της αλλαγής των τμημάτων του βραχίονα.
- Αναγνώσεις και προειδοποιήσεις για το ποσοστό ψεκασμού, της πίεσης και το επίπεδο του διαλύματος που υπάρχει στο βυτίο.
- Ρυθμίσεις της ποσότητας του ψεκασμού υγρού από τον ίδιο το χειρίστη, αν το επιθυμεί.
- Δυνατότητα να παραχθεί χάρτης κάλυψης της περιοχής που ψεκάστηκε.

### 2.7.3. Raven

#### 2.7.3.1. AccuBoom

Το AccuBoom είναι ένα αυτόματο σύστημα ελέγχου του βραχίονα του ψεκαστικού, που είναι χωρισμένος σε δέκα τμήματα. Σκοπό έχει να ωφελήσει τους παραγωγούς με μείωση των δαπανών και χωρίς να χρειάζεται χειρονακτική εργασία. Αυτό πραγματοποιείται με την εξάλειψη της επικάλυψης στις σειρές και με τη δημιουργία των ζωνών που δε χρειάζονται ψεκασμούς, δηλαδή στα σύνορα των αγρών και στις υδάτινες οδούς.

#### 2.7.3.2. SmartBoom

Το SmartBoom της Raven είναι ένα απλό, αυτόματο σύστημα ελέγχου των τμημάτων του βραχίονα που συνδέεται με την κονσόλα Raven SCS, που μπορεί και ελέγχει μέχρι και δέκα τμήματα του βραχίονα. Αυτό επιτρέπει στον παραγωγό να χρησιμοποιεί μια οικονομικώς αποδοτικότερη μέθοδο για να μειώνει τις δαπάνες των χημικών ουσιών και των λιπασμάτων.

Το σύστημα SmartBoom αποτελείται από τα ακόλουθα τρία όργανα, τα οποία απαιτούνται για ένα πλήρες σύστημα:

- SmartBoom controller
- SCS SCS440/450/460 ή κονσόλα 660
- Δέκτη GPS

Το SmartBoom και το AccuBoom είναι δύο παρόμοια συστήματα. Στις περιοχές που χρειάζονται ψεκασμό ή σε αυτές που δε χρειάζονται, το SmartBoom controller αυτόματα ανοίγει ή κλείνει, αντίστοιχα, τα τμήματα του βραχίονα μειώνοντας τις

επικαλύψεις. Αυτό, επίσης, μηδενίζει τις περιοχές που δε ψεκάζονται, ανοίγοντας τα τμήματα του βραχίονα που πρέπει να ψεκάσουν στο συγκεκριμένο σημείο αφού έχει περάσει από μια, προηγουμένως, μη ψεκαζόμενη περιοχή.

#### 2.7.4. Rinex AS7500

Το AS7500 κατορθώνει αυτόματα να ελέγχει τη λειτουργική κατάσταση των αλλαγών των τμημάτων του βραχίονα για να παρέχει τον ακριβή έλεγχο, ως εκ τούτου ελαχιστοποιώντας τον περιττό ψεκασμό στον αγρό. Το AS7500 διαχειρίζεται τα τμήματα του βραχίονα στα σύνορα, στις κορυφές των σειρών, και σε οποιαδήποτε κατάσταση όπου ο χειριστής θα έπρεπε να ελέγχει με το χέρι τα τμήματα του βραχίονα.

Μπορεί να ελέγχει ακριβώς ποια τμήματα από τον βραχίονα πρέπει να κλείνουν/ανοίγουν την ροή του ψεκαστικού υγρού και που αντίστοιχα. Επιπλέον εύκολα διαχειρίζεται την επικάλυψη από 0 – 100%, αποτρέποντας το κάψιμο των φυτών από τις χημικές ουσίες ή τις απώλειες ανάλογα με τις ανάγκες.

Το AS7500 είναι συμβατό με ουσιαστικά οποιοδήποτε δέκτη GPS. Επίσης, είναι γενικά εύκολο στην χρήση αφού το σύστημα είναι ικανό να ελέγχει τα διαφορετικά τμήματα του βραχίονα με το πάτημα ενός μόνο κουμπιού.

Δεδομένου ότι ένα όχημα ελίσσεται γύρω από διάφορα εμπόδια η ακριβή θέση του βραχίονα μπορεί μόνο να επιτευχθεί με τη γνωστή θέση και τη γωνία του. Το AS7500 μπορεί να καταλαβαίνει την θέση και την γωνία του βραχίονα και με αυτό τον τρόπο να ελέγχει κατάλληλα τα τμήματα.

Αν και απαιτείται σπάνια, είναι δυνατό να θέσει το σύστημα εκτός λειτουργίας με το πάτημα ενός κουμπιού δίνοντας τον ολοκληρωτικό έλεγχο στον χειριστή.

#### 2.7.5. Teejet, Mid – Tech BoomPilot

Το BoomPilot είναι μια γρήγορη και εύκολη προσθήκη σχεδόν σε οποιοδήποτε σύστημα καθοδήγησης lightbar (σύστημα διόρθωσης της πορείας του γεωργικού ελκυστήρα στον αγρό). Με τα παρεχόμενα στοιχεία GPS από το υπάρχον σύστημα καθοδήγησής, το BoomPilot μπορεί αυτόματα να κλείνει τα τμήματα του βραχίονα του ψεκαστικού όταν εισέλθουν σε μια περιοχή που έχει ψεκαστεί προηγουμένως.

Το BoomPilot καταγράφει τη θέση των εφαρμοζόμενων περιοχών στον αγρό. Όταν ένα τμήμα από τον βραχίονα του ψεκαστικού επικαλύψει μια από αυτές τις περιοχές, κλείνει αυτόματα, και έπειτα ανοίγει πάλι όταν εισέλθει ξανά σε μια περιοχή που δεν

έχει ψεκαστεί. Αυτή η αυτοματοποίηση είναι χρήσιμη σε διάφορα σημεία των σειρών, στις κυρτές σειρές, όπου παρόλο που δεν είναι σε ευθεία δε θα υπάρχουν απώλειες έξω από αυτές, ακόμη και στο τέλος κάθε περάσματος. Με τη μειωμένη επικάλυψη γίνεται εξοικονόμηση των υλικών εισροών, των καύσιμων και του χρόνου.

Τα χαρακτηριστικά του BoomPilot είναι:

- Συνδέεται με τους υπάρχοντες δέκτες GPS ή τα συστήματα καθοδήγησης.
- Απλή λειτουργία που βασίζεται σε εικονίδια που εμφανίζονται στην οθόνη.
- Αυτόματος έλεγχος των τμημάτων του βραχίονα. Μπορούν να ελέγχονται μέχρι και 15 τμήματα.
- Εύκολη ρύθμιση ποσοστού επικάλυψης.
- Παρακάμπτεται το σύστημα από το χειριστή αν το επιθυμεί.
- Εξοικονόμηση χρόνου εργασίας.

#### 2.7.6. Trimble Ez - Boom

Το αυτόματο σύστημα ελέγχου εφαρμογής AgGPS eZ-Boom 2010 έχει σχεδιαστεί για να βοηθήσει τους παραγωγούς να μειώσουν τις δαπάνες των εισροών, να εξασφαλίσει την ακρίβεια των εφαρμογών ψεκασμού και να μειώσει την πίεση στο χειριστή κατά τη διάρκεια της μεγάλης περιόδου εργασίας στον αγρό.

Χρησιμοποιώντας το GPS για μέχρι και δέκα τμήματα του βραχίονα μπορεί να ανοίξει ή να κλείσει αυτόματα και να αποφύγει τον ψεκασμό πέραν του επιθυμητού και να μειώσει τα κενά πάνω στις σειρές και στο τέλος αυτών, έχοντας ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη ακρίβεια των εφαρμογών και λιγότερο άγχος για το χειριστή όταν κατευθύνεται προς τα σύνορα του αγρού, των υδάτινων οδών και άλλων καταστάσεων που μπορεί να συμβούν κατά την οδήγηση.

Εξαιτίας του ακριβούς ελέγχου διαχείρισης γίνεται μείωση του κόστους των χημικών εφαρμογών και μεγιστοποίηση της απόδοσης της εφαρμογής. Μπορεί να ελέγξει μέχρι και δέκα ξεχωριστά τμήματα του βραχίονα αποφεύγοντας τον ψεκασμό όπου δε χρειάζεται μειώνοντας τα κενά στα τελειώματα των σειρών.

#### 2.7.7. Swath Control Pro

Το σύστημα Swath Control Pro ελέγχει τα τμήματα των βραχιόνων (boom sections) και μπορεί να ανοίγει ή να κλείνει τα ακροφύσια ψεκασμού αυτόματα βασισμένο σε

ένα σύστημα παγκόσμιας πλοήγησης GPS ή σε ένα χάρτη κάλυψης που δημιουργείται καθώς το ψεκαστικό περνάει από τον αγρό.

Με κάθε πέρασμα της μηχανής αξιοποιεί πλήρως το πλάτος του βραχίονα για να ελαχιστοποιήσει την επικάλυψη και να καλύψει γρηγορότερα περισσότερη περιοχή.

Με τον αποκλεισμό των τμημάτων σε σημεία όπου προϊόν έχει ήδη εφαρμοστεί, το Swath Control Pro ελαχιστοποιεί τις δαπάνες των εισροών.

"Το Swath Control Pro είναι η επόμενη εξέλιξη του ελέγχου μηχανημάτων GPS" λέει ο Curt Schaben, διευθυντής παραγωγής της John Deere Ag Management Solutions ή AMS". Μπορεί να γίνει ψεκασμός του αγρού με ένα σύστημα αυτόματης καθοδήγησης που κατευθύνει το μηχάνημα, και το Swath Control Pro αυτόματα ανοιγοκλείνει τα ακροφύσια στα τμήματα των βραχιόνων, μόνο όταν απαιτείται.

Συνδεδεμένο με την κονσόλα ελέγχου GreenStar 2, το Swath Control Pro εφαρμόζει τη χημική ουσία σύμφωνα με ένα χάρτη κάλυψης GPS. Το προϊόν εφαρμόζεται μόνο όπου και όταν προορίζεται για αποδοτική χημική εφαρμογή.

Είναι σε θέση να καταγράφει και τα εσωτερικά και τα εξωτερικά όρια. Και τα δύο έχουν επιπτώσεις στον τρόπο λειτουργίας του Swath Control Pro με διαφορετικούς τρόπους. Το Swath Control Pro μπορεί να ανοίγει και να κλείνει τα τμήματα βασισμένο σε οποιαδήποτε από τα εξής:

- Εξωτερικά όρια: Τα εξωτερικά όρια, ή η εξωτερική περίμετρος του αγρού, μπορούν να καταγραφούν. Το σύστημα θα κλείσει τα τμήματα όταν ο γεωργικός ελκυστήρας βγει έξω από ένα καταγεγραμμένο εξωτερικό όριο. Τα τμήματα θα ανοίξουν όταν επανέλθει εντός του ορίου.
- Εσωτερικά όρια: Τα εσωτερικά όρια, ή οι ζώνες που δε ψεκάζονται, μπορούν να καταγραφούν για οποιοδήποτε αγρό. Το σύστημα θα κλείσει τα τμήματα όταν ο γεωργικός ελκυστήρας εισέλθει μέσα σε ένα καταγεγραμμένο εσωτερικό όριο. Τα τμήματα θα ανοίξουν όταν εξέλθει από αυτό.
- Προηγούμενη κάλυψη - το σύστημα θα κλείσει τα τμήματα όταν εισέλθει σε μια περιοχή που έχει καλυφθεί ήδη.

Γενικά, το Swath Control Pro επιτρέπει την προσαρμοσμένη επικάλυψη. Το πρόγραμμα εγκατάστασης του δίνει τη δυνατότητα στους παραγωγούς να οργανώσουν τον τρόπο λειτουργίας του όπως οι ίδιοι επιθυμούν να μεταχειρίζονται την προηγούμενη κάλυψη, τα εξωτερικά και τα εσωτερικά όρια.

Η τεχνολογία αυτή, δηλαδή, βοηθά τους χειριστές να μην αφήνουν σημεία του αγρού χωρίς να τα ψεκάσουν και να μη ψεκάζουν ξανά το ίδιο σημείο που ακούσια μπορεί

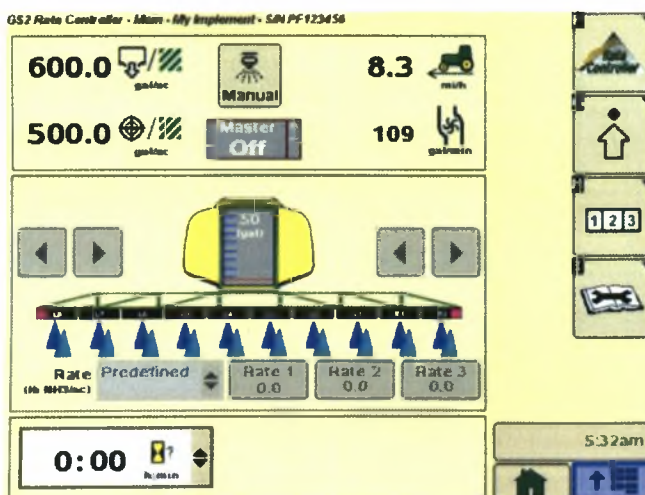


να κάνουν όταν χάνουν την εστίαση ή ξαναπερνώντας για να διορθώσουν κάποιο προηγούμενο λάθος τους.

Η ελαχιστοποίηση των σημείων που δε ψεκάζονται θα εξασφαλίσει ότι τα τμήματα δεν θα κλείνουν έως ότου ο βραχίονας είναι ολόκληρος (100%) σε μια προηγούμενη καλυπτόμενη περιοχή, μέσα σε ένα εσωτερικό όριο, ή έξω από ένα εξωτερικό όριο. Ακόμα, η ελαχιστοποίηση της επικάλυψης θα εξασφαλίσει ότι τα τμήματα κλείνουν όταν οποιοδήποτε μέρος του βραχίονα είναι (0%) σε μια προηγούμενως καλυπτόμενη περιοχή, μέσα σε ένα εσωτερικό όριο, ή έξω από ένα εξωτερικό όριο. Επιπλέον, η καθορισμένη επικάλυψη επιτρέπει στους παραγωγούς να καθορίσουν ένα ποσοστό επικάλυψης όπου το Swath Control Pro θα επέτρεπε διπλή κάλυψη.

Οι χρόνοι που ανοίγει και κλείνει το σύστημα επιτρέπουν στους παραγωγούς να ρυθμίζουν το Swath Control Pro για οποιαδήποτε καθυστέρηση της μηχανής που φυσικά προκύπτει μεταξύ της διαταγής σε ένα τμήμα για να ανοίξει ή να κλείσει ελευθερώνοντας το προϊόν. Αυτοί οι χρόνοι θα είναι διαφορετικοί ανάλογα με τη μηχανή και την εφαρμογή.

Μερικοί ψεκαστήρες έχουν ένα σχέδιο διπλού βραχίονα (dual – boom) προκειμένου να επιτραπεί ένα ευρύτερο φάσμα ταχύτητας και εφαρμογής. Η διπλή λειτουργία βραχιόνων μπορεί να αυξήσει την αποδοτικότητα. Ο έλεγχος που βασίζεται στην ταχύτητα επιτρέπει αποδοτικότερες εφαρμογές κατά τη διάρκεια των διαδικασιών ψεκασμού, ειδικά όταν ενσωματώνεται ένας δεύτερος βραχίονας στη μηχανή.



Το Swath Control Pro μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ρίχνει ή όχι λιπάσματα υγρής μορφής εκεί όπου απαιτείται ή όχι λίπανση βασισμένο σε ένα GPS για να μειώνεται η επικάλυψη. Επίσης, τα οφέλη δεν περιορίζονται μόνο στις εφαρμογές των λιπασμάτων αλλά και στη γενικότερη λειτουργία της σποράς.

Ουσιαστικά, το Swath Control Pro βελτιώνει την αποδοτικότητα των χειριστών – παραγωγών. Αυτό συμβαίνει διότι εξαλείφεται η ανάγκη από τον χειριστή να ελέγχει χειρωνακτικά τα τμήματα του βραχίονα του ψεκαστικού. Επομένως, η κούραση του μειώνεται, με συνέπεια η εργασία να γίνεται αρκετά πιο γρήγορα και πιο αποτελεσματικά.

“Η έρευνά μας παρουσιάζει μία γενική μείωση τουλάχιστον 5% των δαπανών από τις εισροές κατά τη χρησιμοποίηση του Swath Control Pro και ενός συστήματος αυτόματης καθοδήγησης στους ψεκαστές John Deere”, λέει ο Craig Weynand, Διευθυντής του τμήματος μάρκετινγκ.

Με τη χρησιμοποίηση του Swath Control Pro γίνεται, επίσης, βελτίωση της περιβαλλοντικής διαχείρισης. Το έδαφος είναι πολύτιμο για κάθε παραγωγό, έτσι κανένας δεν πρέπει να εφαρμόζει υπερβολικές ποσότητες λιπάσματος ή διαφόρων χημικών ουσιών. Επιτρέπει στους παραγωγούς να ελαχιστοποιήσουν το ποσό του προϊόντος (λιπάσματος ή χημικής ουσίας) που εφαρμόζεται στον αγρό, επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο την ακριβέστερη πιθανή εφαρμογή.

Οι χάρτες στην οθόνη δίνουν στον χειριστή μία οπτική αναφορά για το πότε το σύστημα ανοίγει ή κλείνει τα τμήματα του βραχίονα καθώς το μηχάνημα κινείται στο χωράφι.

Τα οφέλη που μπορεί το Swath Control Pro να παρέχει στους παραγωγούς και στις καλλιέργειές τους είναι τα ακόλουθα:

- Μειωμένες δαπάνες εισροών
- Πιθανά κέρδη αύξησης παραγωγής
- Μειωμένη κούραση χειριστών
- Βελτιωμένη διαχείριση εδάφους



### 3. Αντικειμενικοί στόχοι της έρευνας

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στον τομέα της Γεωργίας Ακριβείας. Πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2007 στο πανεπιστήμιο του Auburn της πολιτείας της Alabama. Έγιναν αναλύσεις χαρτών χωραφιών με διαφορετικά ακανόνιστα σχήματα. Ο στόχος ήταν να αποδειχθεί αν με την χρησιμοποίηση του Swath Control Pro ή κάποιων άλλων παρόμοιων συστημάτων, που έχουν ήδη αναφερθεί παραπάνω, γίνεται εξοικονόμηση ψεκαστικού υγρού κατά τον ψεκασμό ενός ακανόνιστου αγρού. Δηλαδή, έγινε προσπάθεια να δούμε πόση είναι η περιοχή που ψεκάζεται άθελα επομένως ουσιαστικά πόσα χημικά σκευάσματα θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν.

#### 4. Υλικά και Μέθοδοι

Σε αυτή την εργασία έγινε προσπάθεια να μελετηθεί κατά πόσο το Swath Control Pro μπορεί να βοηθήσει στην εξοικονόμηση χημικών. Γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα το κέρδος του παραγωγού και την προστασία του περιβάλλοντος.

Για τη μελέτη αυτή δόθηκαν χάρτες χωραφιών από διάφορες περιοχές της πολιτείας Alabama και με τη βοήθεια του προγράμματος Arc GIS μετρήθηκε το εμβαδόν της συνολικής επιφάνειας εκτός αγρού – στόχου καθώς και των επιφανειών εντός των συνόρων του χωραφιού που ψεκάζονται χωρίς λόγο. Με τη χρήση του ίδιου προγράμματος δημιουργήθηκαν και οι χάρτες που δείχνουν τις διαδρομές που θα ακολουθούσε ένας γεωργικός ελκυστήρας στον αγρό καθώς και οι χάρτες που δείχνουν την εξωτερική επιφάνεια του αγρού που ψεκάστηκε ενώ δεν χρειαζόταν.

Αρχικά, θεωρήθηκε ότι χρησιμοποιείται ψεκαστικό με ιστό συνολικού πλάτους 27.45 m. Έπειτα, στους ίδιους χάρτες, θεωρήθηκε ότι χρησιμοποιείται ψεκαστικό με ιστό ίδιου πλάτους με το παραπάνω αλλά ήταν χωρισμένο σε τμήματα (sections) στα οποία μπορεί να διακοπεί ή να αποκατασταθεί η ροή του ψεκαστικού υγρού:

- Χωρισμένο σε 3 τμήματα.
- Χωρισμένο σε 5 τμήματα.
- Χωρισμένο σε 10 τμήματα.

Πριν την ανάλυση και την παρουσίαση των χαρτών έγινε μια προσπάθεια κατανόησης του συστήματος, με μήκος βραχίονα  $z$  και  $z/3$ , σε υποτιθέμενους χάρτες αγρών σχήματος ορθογωνίου τριγώνου και κύκλου.

Οι παραπάνω περιπτώσεις συγκρίνονται μεταξύ τους ως προς τις τιμές του εμβαδού των επιφανειών που δεν απαιτείται να ψεκαστούν. Οι χάρτες και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.

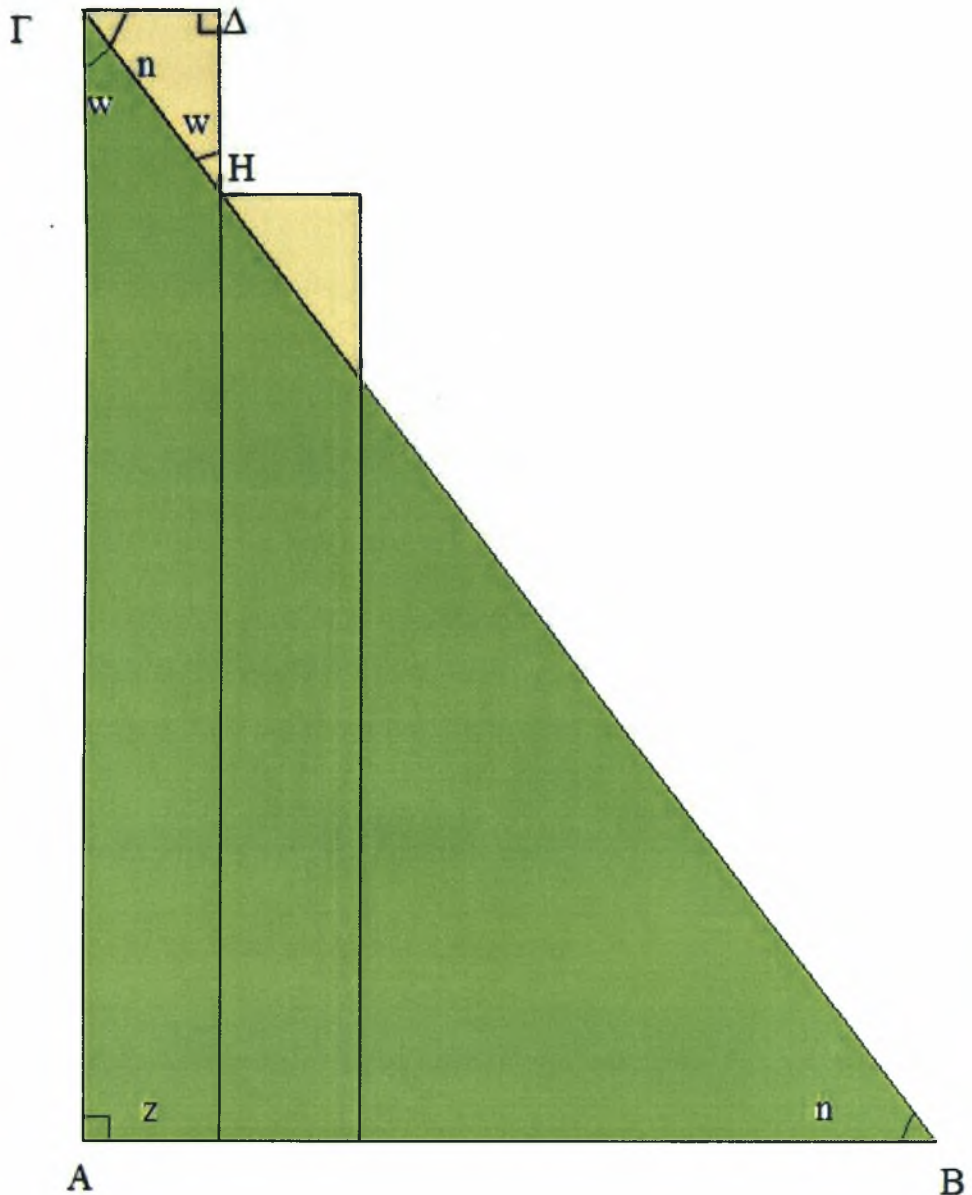
## 5. Αποτελέσματα και συζήτηση

Όπως ήδη έχει αναφερθεί παραπάνω, τα συστήματα που ελέγχουν τον ψεκασμό χρησιμοποιούνται ώστε να γίνεται ψεκασμός εκεί όπου χρειάζεται χωρίς περιττές δαπάνες. Πιο κάτω έχει γίνει προσπάθεια να αποδοθεί σε δύο υποθετικά χωράφια, το ένα σχήματος ορθογωνίου τριγώνου και το άλλο σχήματος κύκλου, πόσο μεγαλύτερη επιφάνεια ψεκάζεται, χρησιμοποιώντας ψεκαστικό με βραχίονα μήκους  $z$ , αν δε γίνεται χρησιμοποίηση κάποιου συστήματος ελέγχου του ψεκασμού. Δηλαδή, γίνεται μία προσπάθεια υπολογισμού της συνολικής επιφάνειας που ψεκάζεται έχοντας προστεθεί η συνολική εκείνη επιφάνεια που ψεκάζεται άσκοπα. Επίσης, στους ίδιους υποθετικούς χάρτες γίνεται παρουσίαση διαδρομών με ψεκαστικό με βραχίονα χωρισμένο σε 3 τμήματα, δηλαδή μήκος κάθε τμήματος  $z/3$ . Επιπλέον, παρουσιάζονται διάφορα χωράφια ακανόνιστου σχήματος, όπου αναγράφονται οι διαδρομές ψεκασμού καθώς και οι επιφάνειες που δεν έπρεπε να ψεκαστούν. Ακόμα, φαίνεται πως θα ήταν οι διαδρομές ψεκασμού των αγρών αν ο βραχίονας του ψεκαστικού ήταν χωρισμένος σε διαφορετικό αριθμό τμημάτων (3, 5, 10 τμήματα). Τέλος, γίνεται αναφορά σε οικονομικά στοιχεία που αφορούν καλλιέργειες σιταριού και βαμβακιού ώστε να υπολογιστεί το κόστος ψεκασμού με χρήση κάποιων ζιζανιοκτόνων. Ενδεικτικά οι τιμές αυτών των συστημάτων κυμαίνονται από 550 ευρώ μέχρι 2100 ευρώ. Αυτή η αναφορά γίνεται ώστε να γίνει κατανοητό αν θα συνέφερε κάποιον παραγωγό να αγοράσει κάποιο από αυτά τα συστήματα ή όχι.

## 5.1. Υποθετικοί υπολογισμοί σε τριγωνικό και κυκλικό χωράφι

### 5.1.1. Τριγωνικού σχήματος αγρός

Αν το χωράφι είναι σχήματος τριγώνου τότε:



Σχήμα 1. Σχετική παράσταση της λειτουργίας ψεκαστικού (τρόπος κάλυψης του αγρού με ψεκαστικό χωρίς έλεγχο διανομής τμημάτων του) σε αγρό τριγωνικού σχήματος  $AB\Gamma$ .

Παραπάνω, στο Σχήμα 1, παρουσιάζεται ένας αγρός σχήματος ορθογωνίου τριγώνου ΑΒΓ που έχει μήκος ΑΓ και πλάτος ΑΒ.

Το τρίγωνο ΑΒΓ είναι ορθογώνιο, επομένως, έχει μια γωνία  $A = 90^\circ$ . Το άθροισμα των άλλων δύο γωνιών είναι και αυτό  $90^\circ$  ( $n + w = 90^\circ$ ), διότι το άθροισμα των γωνιών ενός τριγώνου είναι  $180^\circ$ .

Το εμβαδόν του αγρού ΑΒΓ είναι:

$$E_{\text{αγρού}} = (AB * AG) / 2$$

Έστω ότι για το ψεκασμό του συγκεκριμένου αγρού ΑΒΓ χρησιμοποιείται ψεκαστικό με βραχίονα μήκους  $z$ , τότε η κάθε διαδρομή θα καλύπτει ένα πλάτος εργασίας ίσο με  $z$ . Όταν το ψεκαστικό φτάσει στην άκρη του αγρού (στο σημείο Γ) τότε ένα αυξανόμενο τμήμα του ιστού θα δουλεύει εκτός αγρού, όπως φαίνεται από το σχηματιζόμενο τρίγωνο ΓΔΗ στο Σχήμα 1. Στο τρίγωνο ΓΔΗ η μία πλευρά του ΓΔ θα έχει και αυτή  $z$  μήκος.

Επίσης, είναι γνωστό ότι  $n + w = 90^\circ$  άρα η γωνία που σχηματίζεται στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού δίπλα στη γωνία  $w$  του αγρού είναι και αυτή  $n$ . Το νέο τρίγωνο ΓΔΗ που έχει σχηματιστεί είναι ορθογώνιο οπότε η τρίτη γωνία του τριγώνου είναι  $w$ .

Έτσι:

$$\tan n = \Delta H / z.$$

Επομένως η άλλη πλευρά του νέου τριγώνου ΓΔΗ θα είναι:

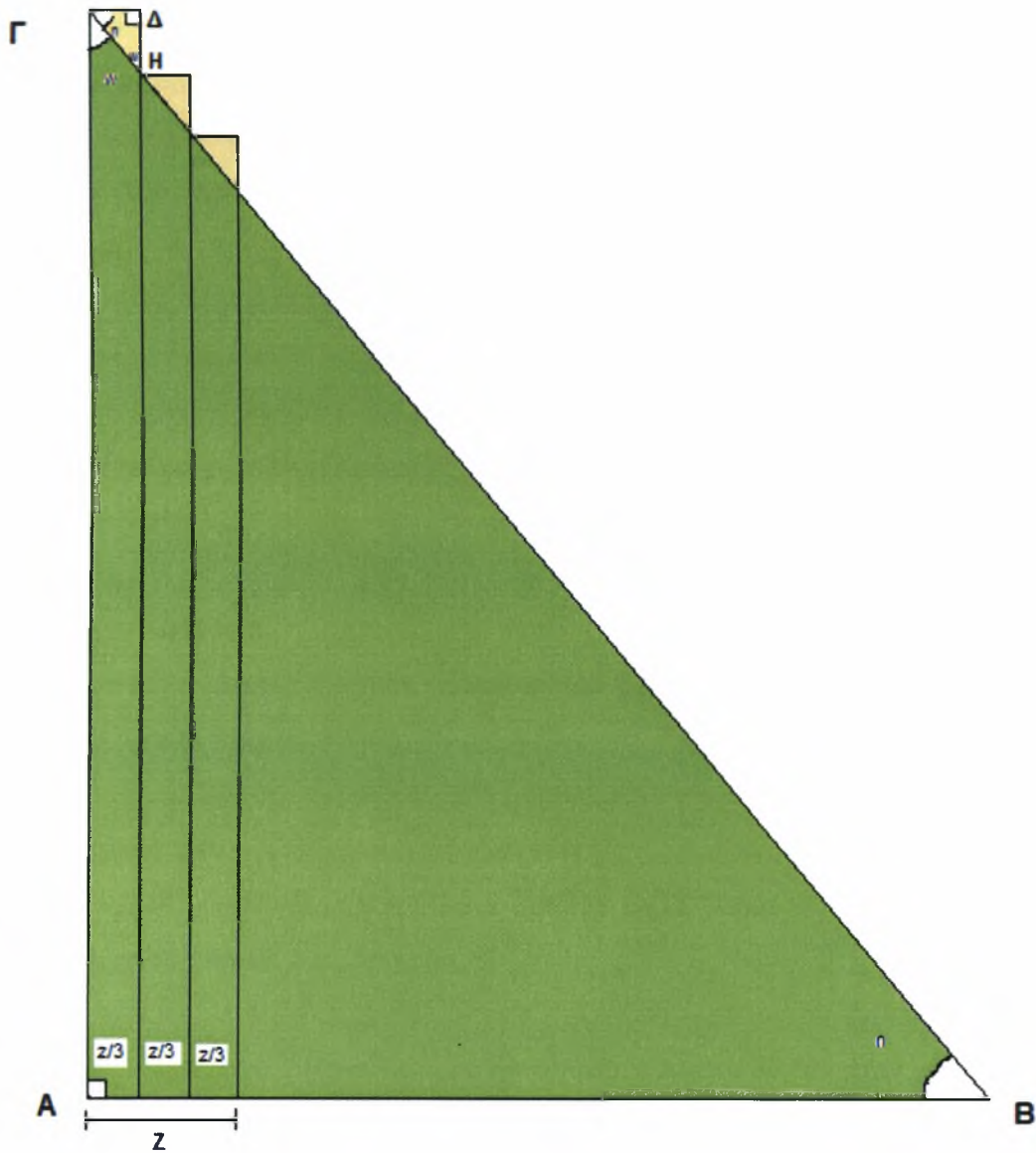
$$\Delta H = z * \tan n.$$

Συνεπώς, το εμβαδόν του τριγώνου ΓΔΗ που παριστά την επιφάνεια που ψεκάστηκε ενώ ήταν εκτός του αγρού δίνεται από τη σχέση:

$$E = (\Delta H * z) / 2 = z * \tan n * z = z^2 * \tan n$$

$$E = z^2 * \tan n$$

Αν διαιρεθεί το πλάτος του αγρού ΑΒ με το μήκος του ψεκαστικού  $z$  θα υπολογιστούν οι διαδρομές που απαιτούνται για να ψεκαστεί ο αγρός. Επομένως και τα νέα τρίγωνα που σχηματίζονται, τα οποία είναι ίσα, σύμφωνα με τους νόμους της τριγωνομετρίας. Συνεπώς, αν προστεθούν τα εμβαδά όλων των τριγώνων, τότε θα βρεθεί πόσο είναι η περιοχή που δε θα ψεκαστεί αν χρησιμοποιηθεί κάποιο σύστημα που ελέγχει τον ψεκασμό. Είναι προφανές ότι το όφελος είναι μεγαλύτερο όσο μικρότερο είναι το μήκος του αγρού.



Σχήμα 2. Σχετική παράσταση της λειτουργίας ψεκαστικού (τρόπος κάλυψης του αγρού με ψεκαστικό με έλεγχο διανομής τριών τμημάτων του) σε αγρό τριγωνικού σχήματος ABΓ.

Παραπάνω, στο Σχήμα 2, παρουσιάζεται ο ίδιος αγρός σχήματος ορθογωνίου τριγώνου ABΓ που έχει μήκος AG και πλάτος AB.

Το τρίγωνο ABΓ είναι ορθογώνιο, επομένως, έχει μια γωνία  $A = 90^\circ$ . Το άθροισμα των άλλων δύο γωνιών είναι και αυτό  $90^\circ$  ( $n + w = 90^\circ$ ), διότι το άθροισμα των γωνιών ενός τριγώνου είναι  $180^\circ$ .

Το εμβαδόν του αγρού ABΓ είναι:

$$E_{\text{αγρού}} = (AB * AG) / 2$$

Έστω ότι για το ψεκασμό του συγκεκριμένου αγρού ΑΒΓ χρησιμοποιείται ψεκαστικό με βραχίονα μήκους  $z$  διαιρεμένο σε 3 τμήματα, τότε η κάθε διαδρομή του κάθε τμήματος θα καλύπτει ένα πλάτος εργασίας ίσο με  $z/3$ . Όταν το ψεκαστικό φτάσει στην άκρη του αγρού (στο σημείο Γ) τότε ένα αυξανόμενο τμήμα του ιστού θα δουλεύει εκτός αγρού, όπως φαίνεται από το σχηματιζόμενο τρίγωνο ΓΔΗ στο Σχήμα 2. Στο τρίγωνο ΓΔΗ η μία πλευρά του ΓΔ θα έχει και αυτή  $z/3$  μήκος.

Επίσης, είναι γνωστό ότι  $n + w = 90^\circ$  άρα η γωνία που σχηματίζεται στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού δίπλα στη γωνία  $w$  του αγρού είναι και αυτή  $n$ . Το νέο τρίγωνο ΓΔΗ που έχει σχηματιστεί είναι ορθογώνιο οπότε η τρίτη γωνία του τριγώνου είναι  $w$ .

Έτσι:

$$\tan n = \Delta H / z/3.$$

Επομένως η άλλη πλευρά του νέου τριγώνου ΓΔΗ θα είναι:

$$\Delta H = (z/3) * \tan n.$$

Συνεπώς, το εμβαδόν του τριγώνου ΓΔΗ που παριστά την επιφάνεια που ψεκάστηκε ενώ ήταν εκτός του αγρού δίνεται από τη σχέση:

$$E = [\Delta H * (z/3)] / 2 = (z/3) * \tan n * (z/3) = (z/3)^2 * \tan n$$

$$E = (z/3)^2 * \tan n$$

Στην πρώτη περίπτωση, Σχήμα 1, ο βραχίονας του ψεκαστικού δεν ήταν χωρισμένος σε τμήματα. Στην προκειμένη περίπτωση, Σχήμα 2, είναι χωρισμένος σε 3 τμήματα. Άρα, για να υπολογιστεί η εξωτερική επιφάνεια που ψεκάζεται και να συγκριθεί με την πρώτη περίπτωση πρέπει το εμβαδόν του τριγώνου ΓΔΗ να πολλαπλασιαστεί με το 3, διότι δημιουργούνται σε μια διαδρομή  $z$  τρία ίσα τρίγωνα.

Επομένως:

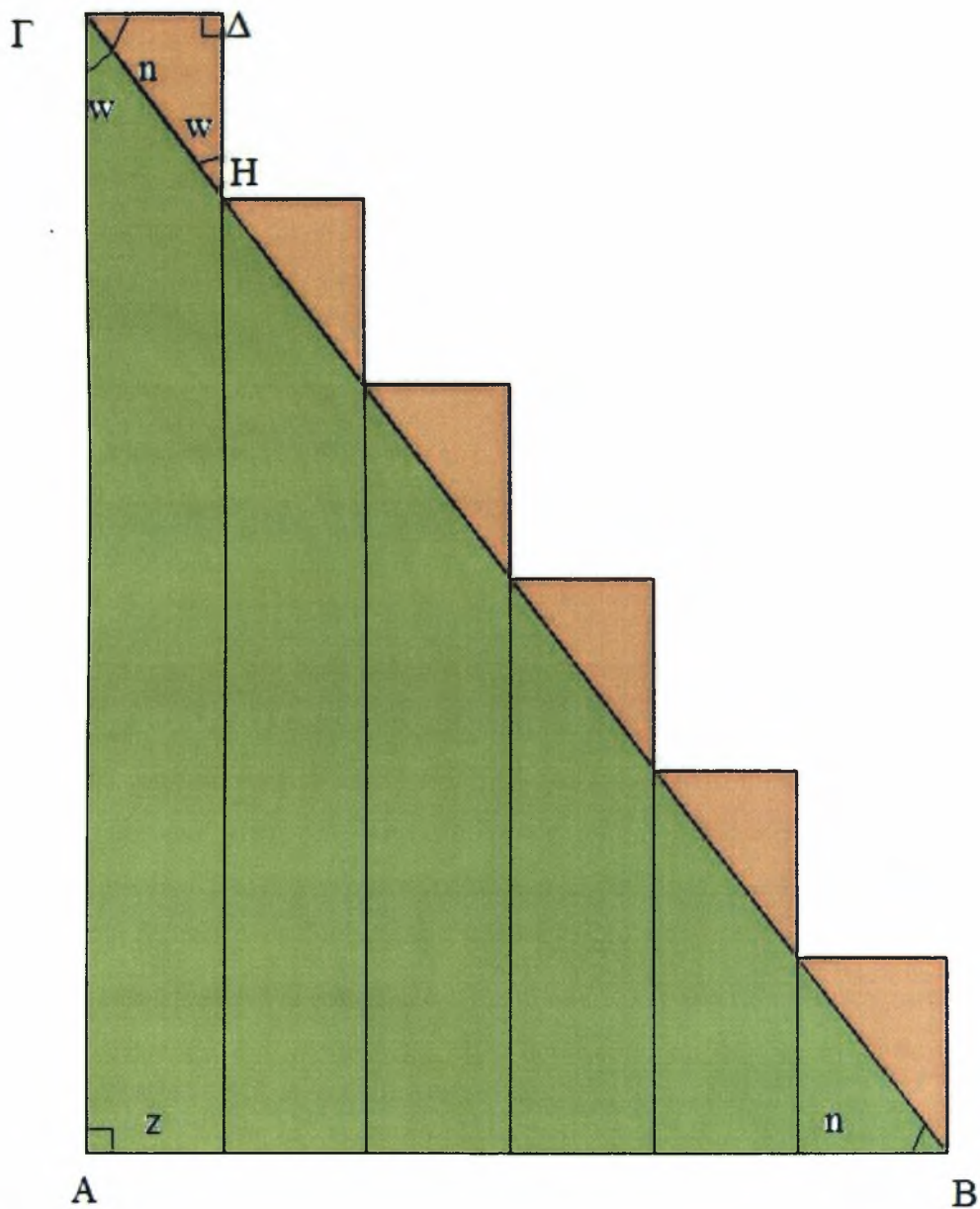
$$E = 3 * (z/3)^2 * \tan n = (3z^2/9) * \tan n = (z^2/3) * \tan n$$

Αν γίνει σύγκριση των εμβαδών των εξωτερικών επιφανειών που ψεκάζονται στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ψεκαστικό χωρίς κάποιο σύστημα ελέγχου των τμημάτων του με αυτή που χρησιμοποιείται σύστημα ελέγχου τριών τμημάτων φαίνεται ότι στη δεύτερη περίπτωση ψεκάζεται μικρότερη εξωτερική επιφάνεια:

$$(z^2/3) * \tan n < z^2 * \tan n$$

Αν διαιρεθεί το πλάτος του αγρού AB με το μήκος των τμημάτων του βραχίονα του ψεκαστικού  $z/3$  θα υπολογιστούν οι διαδρομές που απαιτούνται για να ψεκαστεί ο αγρός. Επομένως και τα νέα τρίγωνα που σχηματίζονται, τα οποία είναι ίσα, σύμφωνα με τους νόμους της τριγωνομετρίας. Συνεπώς, αν προστεθούν τα εμβαδά όλων των τριγώνων, τότε θα βρεθεί πόσο είναι η περιοχή που δε θα ψεκαστεί αν χρησιμοποιηθεί κάποιο σύστημα που ελέγχει τον ψεκασμό. Είναι προφανές ότι σε όσο περισσότερα τμήματα είναι χωρισμένος ο βραχίονας του ψεκαστικού τόσο μικρότερη θα είναι και η επιφάνεια που ψεκάζεται εξωτερικά.





Σχήμα 3. Σχετική παράσταση της λειτουργίας ψεκαστικού (τρόπος κάλυψης του αγρού με ψεκαστικό χωρίς έλεγχο διανομής τμημάτων του) σε αγρό τριγωνικού σχήματος ABΓ.

Έστω ότι υπάρχει ένας αγρός σχήματος ορθογωνίου τριγώνου ABΓ, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3, που έχει:

Μία πλευρά  $ΑΓ = 240\text{m}$  και μία άλλη  $ΑΒ = 150\text{m}$ .

Άρα, η τρίτη πλευρά ΒΓ του τριγώνου είναι:

$$ΒΓ^2 = ΑΓ^2 + ΑΒ^2 = 240^2 + 150^2 = 57600 + 22500 = 80100$$

$$ΒΓ = \sqrt{80100} = 283\text{m}$$

Το τρίγωνο είναι ορθογώνιο, επομένως, έχει μια γωνία  $A = 90^\circ$ . Το άθροισμα των άλλων δύο γωνιών είναι και αυτό  $90^\circ$  ( $n + w = 90^\circ$ ), διότι το άθροισμα των γωνιών ενός τριγώνου είναι  $180^\circ$ . Επίσης, η εφαπτομένη μίας γωνίας ισούται με την απέναντι πλευρά της γωνίας προς την προσκείμενη. Επομένως, οι δύο γωνίες ( $n$ ,  $w$ ) υπολογίζονται ως εξής:

$$\tan n = \text{ΑΓ} / \text{ΑΒ} = 240\text{m} / 150\text{m} = 1,6$$

$$n = 58^\circ$$

$$n + w = 90^\circ \rightarrow w = 90^\circ - 58^\circ \rightarrow w = 32^\circ$$

Το εμβαδόν του αγρού είναι:

$$E_{\text{αγρού}} = (\text{ΑΓ} * \text{ΑΒ}) / 2 = (240\text{m} * 150\text{m}) / 2 = 36000\text{m}^2 / 2 = 18000\text{m}^2$$

$$E_{\text{αγρού}} = 18000\text{m}^2$$

Έστω ότι για το ψεκασμό του συγκεκριμένου αγρού χρησιμοποιείται ψεκαστικό με βραχίονα μήκους  $z = 25\text{m}$ , τότε η κάθε διαδρομή θα καλύπτει ένα πλάτος εργασίας ίσο με  $25\text{m}$ . Όταν το ψεκαστικό φτάσει στην άκρη του αγρού (στο σημείο  $\Gamma$ ) τότε ένα αυξανόμενο τμήμα του ιστού θα δουλεύει εκτός αγρού όπως φαίνεται από το σχηματιζόμενο τρίγωνο  $\Gamma\Delta\text{H}$ . Στο τρίγωνο αυτό η μία πλευρά του  $\Gamma\Delta$  θα έχει και αυτή  $z$  μήκος. Επίσης, είναι γνωστό ότι  $n + w = 90^\circ$  άρα η γωνία που σχηματίζεται στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού δίπλα στην γωνία  $w$  του αγρού είναι και αυτή  $n = 58^\circ$ . Το νέο τρίγωνο που έχει σχηματιστεί είναι ορθογώνιο, οπότε η τρίτη γωνία του τριγώνου είναι  $w = 32^\circ$ .

Επομένως, η πλευρά  $\Delta\text{H}$  του νέου τριγώνου ισούται με:

$$\Delta\text{H} = z * \tan n = 25\text{m} * 1,6 = 40\text{m}$$

$$\Delta\text{H} = 40\text{m}$$

Συνεπώς, το εμβαδόν του τριγώνου  $\Gamma\Delta\text{H}$  που παριστά την επιφάνεια που ψεκάστηκε ενώ ήταν εκτός του αγρού δίνεται από τη σχέση:

$$E = (\Delta\text{H} * z) / 2 = (40\text{m} * 25\text{m}) / 2 = 1000\text{m}^2 / 2 = 500\text{m}^2$$

Όπως έχει ειπωθεί παραπάνω το πλάτος του τριγώνου  $\text{ΑΒ}\Gamma$  ισούται με  $\text{ΑΒ} = 150\text{m}$  και το ψεκαστικό έχει ιστό μήκους  $z = 25\text{m}$ . Διαιρώντας το  $\text{ΑΒ}$  με το  $z$  υπολογίζεται πόσες διαδρομές χρειάζονται για να ψεκαστεί ο αγρός  $\text{ΑΒ}\Gamma$ .

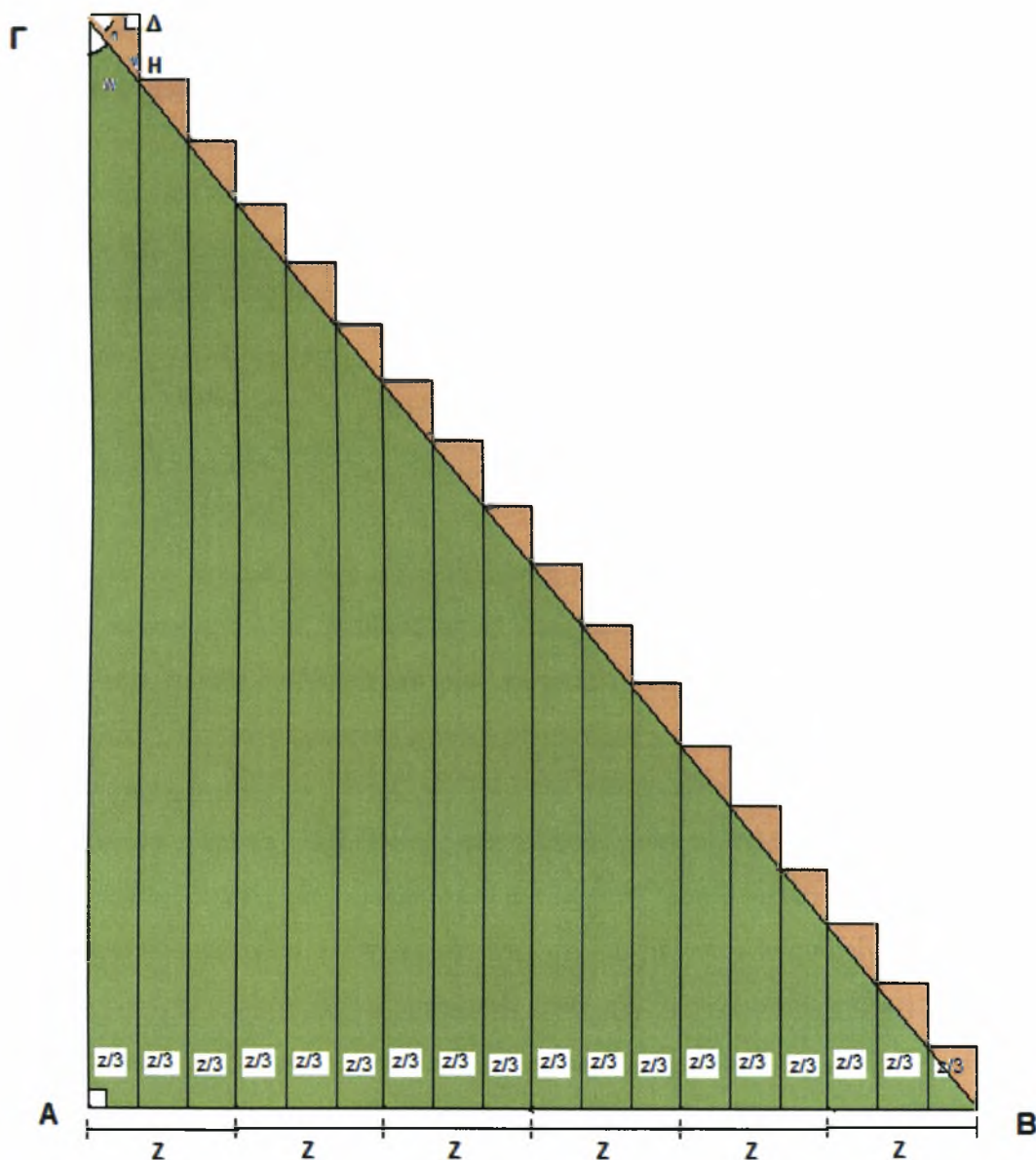
$$\text{ΑΒ} / z = 150\text{m} / 25\text{m} = 6$$

Απαιτούνται 6 διαδρομές για την κάλυψη του αγρού.

Άρα, σχηματίζονται 6 ίσα, σύμφωνα με τους νόμους της τριγωνομετρίας, τρίγωνα. Συνεπώς, αν προστεθούν τα εμβαδά όλων των τριγώνων, τότε θα βρεθεί πόσο είναι η περιοχή που δε θα ψεκαστεί αν χρησιμοποιηθεί κάποιο σύστημα που ελέγχει τον ψεκασμό.

$$E_{ολ} = 500m^2 * 6 = 3000m^2$$

Όπως έχει υπολογιστεί παραπάνω, το εμβαδόν του αγρού είναι  $18000m^2$ . Άρα, αν δε χρησιμοποιηθεί κάποιο σύστημα που ελέγχει το ψεκασμό η συνολική επιφάνεια που θα ψεκαστεί θα είναι  $18000m^2 + 3000m^2 = 21000m^2$



Σχήμα 4. Σχετική παράσταση της λειτουργίας ψεκαστικού (τρόπος κάλυψης του αγρού με ψεκαστικό με έλεγχο διανομής τριών τμημάτων του) σε αγρό τριγωνικού σχήματος ABΓ.

Έστω ότι υπάρχει ένας αγρός σχήματος ορθογωνίου τριγώνου ABΓ, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4, που έχει:

Μία πλευρά  $ΑΓ = 240\text{m}$  και μία άλλη  $ΑΒ = 150\text{m}$ .

Άρα, η τρίτη πλευρά ΒΓ του τριγώνου είναι:

$$ΒΓ^2 = ΑΓ^2 + ΑΒ^2 = 240^2 + 150^2 = 57600 + 22500 = 80100$$

$$ΒΓ = \sqrt{80100} = 283\text{m}$$

Το τρίγωνο είναι ορθογώνιο, επομένως, έχει μια γωνία  $A = 90^\circ$ . Το άθροισμα των άλλων δύο γωνιών είναι και αυτό  $90^\circ$  ( $n + w = 90^\circ$ ), διότι το άθροισμα των γωνιών

ενός τριγώνου είναι  $180^\circ$ . Επίσης, η εφαπτομένη μίας γωνίας ισούται με την απέναντι πλευρά της γωνίας προς την προσκείμενη. Επομένως, οι δύο γωνίες ( $n$ ,  $w$ ) υπολογίζονται ως εξής:

$$\tan n = AG / AB = 240\text{m} / 150\text{m} = 1,6$$

$$n = 58^\circ$$

$$n + w = 90^\circ \rightarrow w = 90^\circ - 58^\circ \rightarrow w = 32^\circ$$

Το εμβαδόν του αγρού είναι:

$$E_{\text{αγρού}} = (AG * AB) / 2 = (240\text{m} * 150\text{m}) / 2 = 36000\text{m}^2 / 2 = 18000\text{m}^2$$

$$E_{\text{αγρού}} = 18000\text{m}^2$$

Έστω ότι για το ψεκασμό του συγκεκριμένου αγρού χρησιμοποιείται ψεκαστικό με βραχίονα μήκους  $z = 25\text{m}$ , χωρισμένος σε 3 τμήματα, δηλαδή κάθε τμήμα ίσο με  $z/3 = 8,3\text{m}$ . Έτσι, η κάθε διαδρομή του κάθε τμήματος θα καλύπτει ένα πλάτος εργασίας ίσο με  $8,3\text{m}$ . Όταν το ψεκαστικό φτάσει στην άκρη του αγρού (στο σημείο  $\Gamma$ ) τότε ένα αυξανόμενο τμήμα του ιστού θα δουλεύει εκτός αγρού, όπως φαίνεται από το σχηματιζόμενο τρίγωνο  $\Gamma\Delta\text{H}$ . Στο τρίγωνο αυτό η μία πλευρά του  $\Gamma\Delta$  θα έχει και αυτή  $z/3$  μήκος. Επίσης, είναι γνωστό ότι  $n + w = 90^\circ$  άρα η γωνία που σχηματίζεται στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού δίπλα στην γωνία  $w$  του αγρού είναι και αυτή  $n = 58^\circ$ . Το νέο τρίγωνο που έχει σχηματιστεί είναι ορθογώνιο, οπότε η τρίτη γωνία του τριγώνου είναι  $w = 32^\circ$ .

Επομένως, η πλευρά  $\Delta\text{H}$  του νέου τριγώνου ισούται με:

$$\Delta\text{H} = (z/3) * \tan n = 8,3\text{m} * 1,6 = 13,28\text{m}$$

$$\Delta\text{H} = 13,28\text{m}$$

Συνεπώς, το εμβαδόν του τριγώνου  $\Gamma\Delta\text{H}$  που παριστά την επιφάνεια που ψεκάστηκε ενώ ήταν εκτός του αγρού δίνεται από τη σχέση:

$$E = [\Delta\text{H} * (z/3)] / 2 = (13,28\text{m} * 8,3\text{m}) / 2 = 110\text{m}^2 / 2 = 55\text{m}^2$$

Όπως έχει ειπωθεί παραπάνω το πλάτος του τριγώνου  $\text{AB}\Gamma$  ισούται με  $\text{AB} = 150\text{m}$  και το ψεκαστικό έχει ιστό χωρισμένο σε 3 τμήματα μήκους  $z = 25\text{m}$ . Διαιρώντας το  $\text{AB}$  με το  $z$  υπολογίζεται πόσες διαδρομές χρειάζονται για να ψεκαστεί ο αγρός  $\text{AB}\Gamma$ .

$$\text{AB} / z = 150\text{m} / 25\text{m} = 6$$

Απαιτούνται 6 διαδρομές για την κάλυψη του αγρού. Στις οποίες, όμως, επειδή ο βραχίονας του ψεκαστικού είναι διαιρεμένος σε 3 τμήματα στην εξωτερική επιφάνεια θα δημιουργούνται  $6 * 3 = 18$  ίσα τρίγωνα που ψεκάζονται ενώ δεν πρέπει.

Συνεπώς, αν προστεθούν τα εμβαδά όλων των τριγώνων, τότε θα βρεθεί πόσο είναι η περιοχή που δε θα ψεκαστεί αν χρησιμοποιηθεί κάποιο σύστημα που ελέγχει τον ψεκασμό.

$$E_{ολ} = 55m^2 * 18 = 990m^2$$

Όπως έχει υπολογιστεί παραπάνω, το εμβαδόν του αγρού είναι  $18000m^2$ . Άρα, αν δε χρησιμοποιηθεί κάποιο σύστημα που ελέγχει το ψεκασμό η συνολική επιφάνεια που θα ψεκαστεί θα είναι  $18000m^2 + 990m^2 = 18990m^2$

Συμπερασματικά, αν γίνει σύγκριση των εμβαδών των εξωτερικών επιφανειών που ψεκάζονται στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ψεκαστικό χωρίς κάποιο σύστημα ελέγχου των τμημάτων του με αυτή που χρησιμοποιείται σύστημα ελέγχου τριών τμημάτων φαίνεται ότι στη δεύτερη περίπτωση ψεκάζεται μικρότερη εξωτερική επιφάνεια:

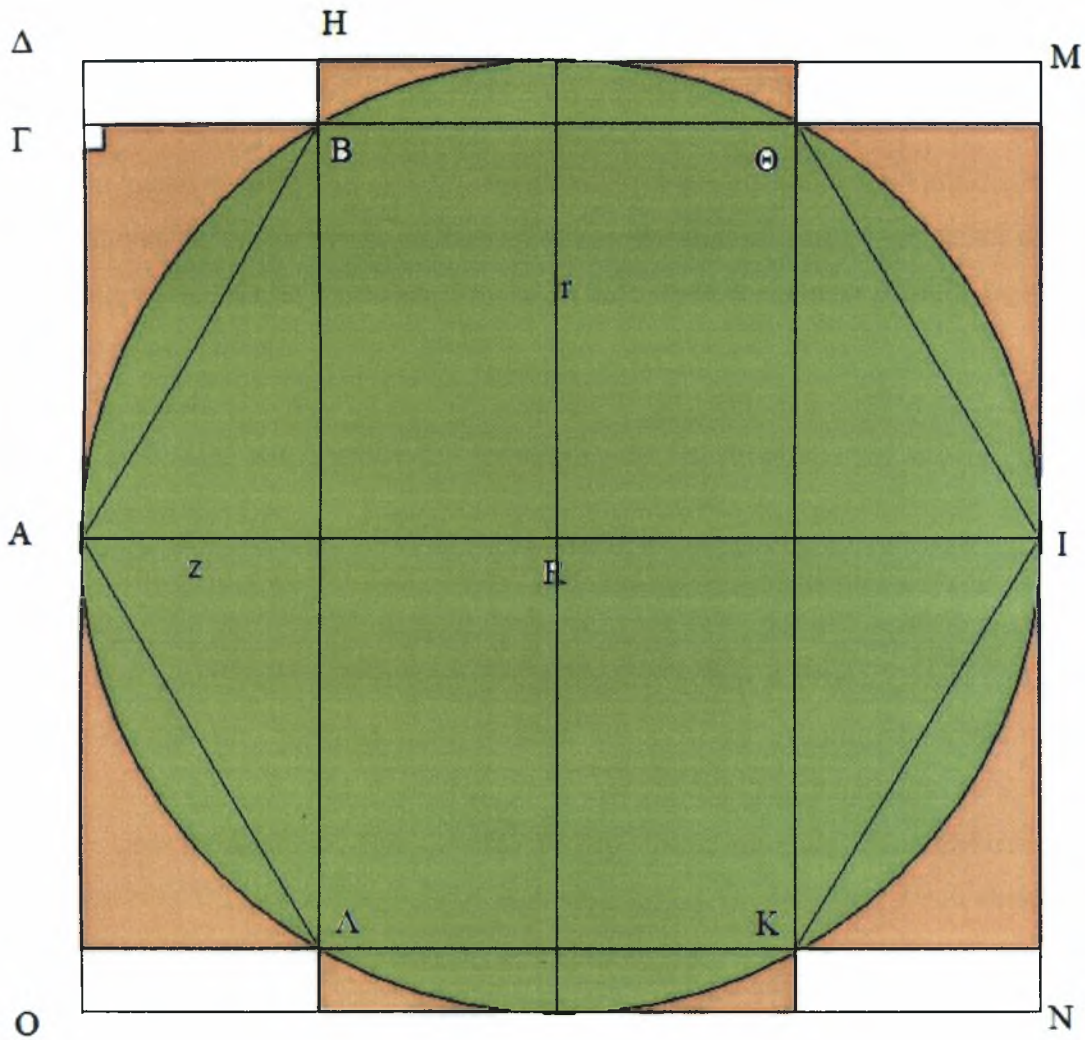
$$18990m^2 < 21000m^2$$

Είναι προφανές ότι σε όσο περισσότερα τμήματα (3, 5, 10) είναι χωρισμένος ο βραχίονας του ψεκαστικού τόσο μικρότερη θα είναι και η επιφάνεια που ψεκάζεται εξωτερικά οποιοδήποτε και αν είναι το σχήμα του χωραφιού.



### 5.1.2. Κυκλικού σχήματος αγρός

Αν το χωράφι είναι σχήματος κύκλου και το μήκος του βραχίονα είναι π.χ.  $R / 4$  τότε:



Σχήμα 5. Εκτίμηση της απώλειας ψεκαστικού υγρού (χωρίς έλεγχο διανομής τμημάτων του ψεκαστικού) σε κυκλικό αγρό.

$R$  = διάμετρος

$r$  = ακτίνα

Το μήκος του βραχίονα είναι  $R / 4 = z$ .

Παραπάνω στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται ένας αγρός κυκλικού σχήματος με διάμετρο R και ακτίνα r.

Επομένως, το εμβαδόν του αγρού θα ισούται με:

$$E_{\text{αγρού}} = \pi * r^2 = 3,14 * (2z)^2 = 3,14 * 4z^2 = 12,56z^2$$

$$E_{\text{αγρού}} = 12,56z^2$$

Έστω ότι για το ψεκασμό του αγρού χρησιμοποιείται ψεκαστικό με ιστό μήκους z.

Συνεπώς, για να υπολογιστούν οι διαδρομές που χρειάζονται για να ψεκαστεί όλη η επιφάνεια του αγρού θα πρέπει να διαιρεθεί η διάμετρος R του αγρού το μήκος z του ιστού του ψεκαστικού.

$$R / z = 4z / z = 4$$

Άρα, οι διαδρομές που χρειάζονται για να καλυφθεί η επιφάνεια του αγρού είναι 4 όπως φαίνεται στο Σχήμα 5. Η κάθε μία από τις οποίες έχει πλάτος z.

Αν τραβηχτούν υποθετικές γραμμές όπως φαίνεται στο Σχήμα 5 που δείχνουν τα σημεία που ψεκάζονται μέσα στον αγρό καθώς και εκείνα που ψεκάζονται έξω από αυτόν παρατηρείται ότι σχηματίζεται ένα εξάπλευρο ΑΒΘΙΚΛ εντός του κύκλου που έχει έξι ίσες πλευρές η κάθε μία από τις οποίες ισούται με 2z, δηλαδή, όσο είναι και η ακτίνα r του κύκλου. Με βάση αυτές τις υποθετικές γραμμές δημιουργείται ένα τετράγωνο ΔΜΝΟ έξω από τον κύκλο με πλευρά ίση με την διάμετρο R του κύκλου.

Συνεπώς, το εμβαδόν του τετραγώνου ΔΜΝΟ ισούται με:

$$E_{\tau} = R^2 = (4z)^2 = 16z^2$$

$$E_{\tau} = 16z^2$$

Αν αφαιρεθεί το εμβαδόν του κύκλου  $E_{\text{αγρού}}$  από το εμβαδόν του τετραγώνου  $E_{\tau}$  θα βρούμε την εξωτερική επιφάνεια του σχήματος.

Άρα:

$$E_{\text{εξ.επ.}} = E_{\tau} - E_{\text{αγρού}} = 16z^2 - 12,56z^2 = 3,44z^2$$

$$E_{\text{εξ.επ.}} = 3,44z^2$$

Όμως από αυτήν την επιφάνεια υπάρχουν 4 σημεία, όπως απεικονίζονται στο Σχήμα 5 (λευκές επιφάνειες), όπου δε γίνεται ψεκασμός και επομένως πρέπει να αφαιρεθούν από το εμβαδόν της εξωτερικής επιφάνειας του αγρού  $E_{\text{εξ.επ.}}$ .



Η πλευρά AB του τριγώνου ABΓ, είναι πλευρά του εξάπλευρου ABΘΙΚΛ και όπως έχει ειπωθεί παραπάνω είναι  $AB = r = 2z$ . Επίσης, είναι γνωστό ότι  $BΓ = z$ . Από το πυθαγόρειο θεώρημα:

$$AΓ^2 + BΓ^2 = AB^2 \rightarrow AΓ^2 = AB^2 - BΓ^2 = (2z)^2 - (z)^2 = 4z^2 - z^2 = 3z^2$$

$$AΓ = \sqrt{3z^2} = 1,7z$$

$$AΓ = 1,7z$$

Όπως, επίσης, φαίνεται από το σχήμα:

$$AΓ + ΓΔ = r \rightarrow ΓΔ = r - AΓ = 2z - 1,7z = 0,3z$$

$$ΓΔ = 0,3z$$

Εφόσον είναι γνωστές οι πλευρές ΓΔ και BΓ του ορθογωνίου BΓΔΗ υπολογίζεται το εμβαδόν του  $E_{BΓΔΗ}$ .

$$E_{BΓΔΗ} = BΓ * ΓΔ = z * 0,3z = 0,3z^2$$

$$E_{BΓΔΗ} = 0,3z^2$$

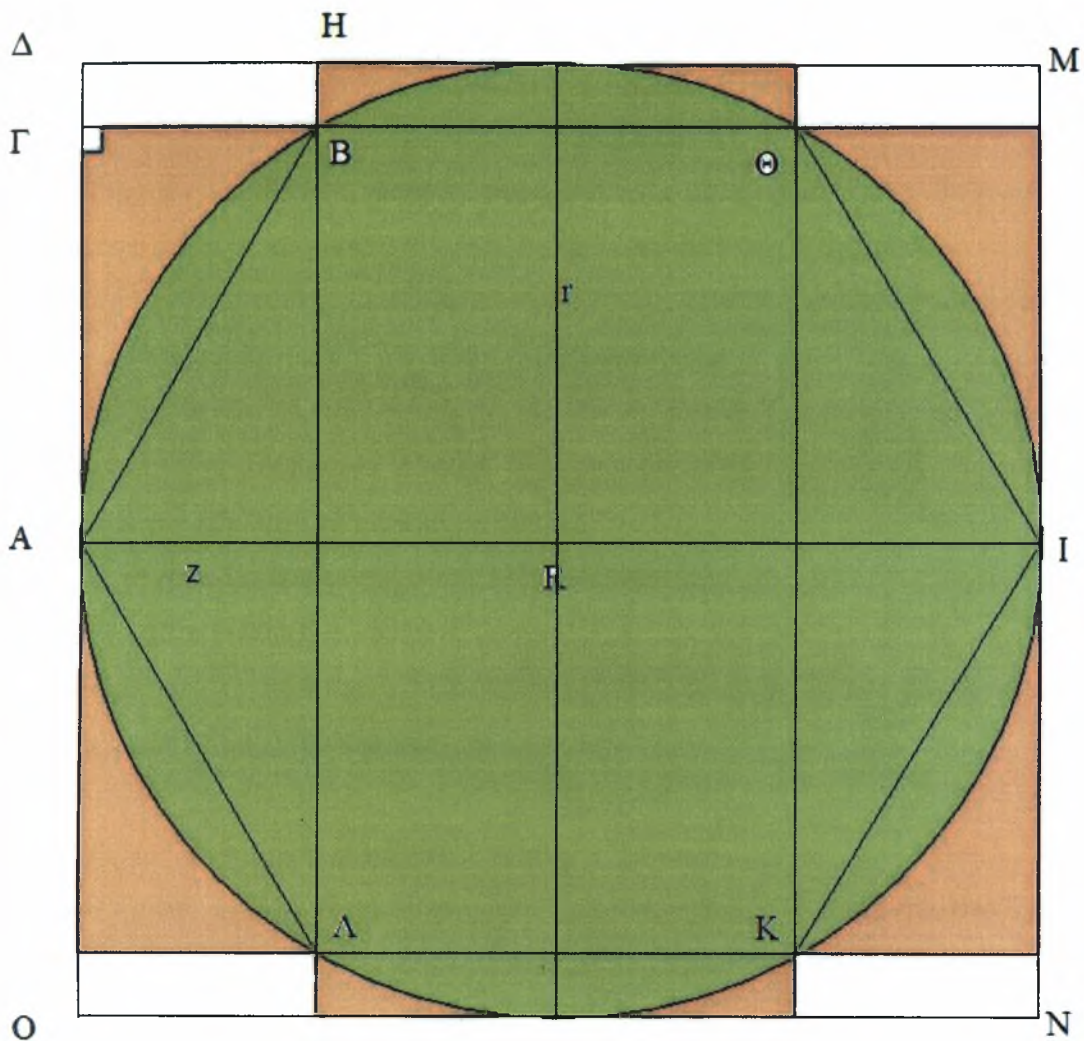
Αν πολλαπλασιαστεί αυτή η επιφάνεια  $E_{BΓΔΗ}$  με το 4 θα βρεθεί η συνολική εξωτερική επιφάνεια που δε ψεκάζεται:

$$E_{BΓΔΗ} * 4 = 0,3z^2 * 4 = 1,2z^2$$

Αφαιρώντας από το εμβαδόν της εξωτερικής επιφάνειας του αγρού  $E_{εξ.επ.}$  τη συνολική εξωτερική επιφάνεια του αγρού που δεν ψεκάζεται  $E_{BΓΔΗ} * 4$  (τα λευκά σημεία από το Σχήμα 5) υπολογίζεται η συνολική επιφάνεια που θα ψεκαστεί  $E_{ψεκ.}$  εάν δε χρησιμοποιηθεί κάποιο σύστημα που να ελέγχει το ψεκασμό.

$$E_{ψεκ.} = E_{εξ.επ.} - 1,2z^2 = 3,44z^2 - 1,2z^2 = 2,24z^2$$

$$E_{ψεκ.} = 2,24z^2$$



Σχήμα 6. Εκτίμηση της απώλειας ψεκαστικού υγρού (χωρίς έλεγχο διανομής τμημάτων του ψεκαστικού) σε κυκλικό αγρό.

Έστω ότι υπάρχει ένας αγρός κυκλικού σχήματος, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 6, με διάμετρο  $R = 100\text{m}$ . Άρα, η ακτίνα του θα είναι  $r = 50\text{m}$ .

Επομένως, το εμβαδόν του αγρού θα ισούται με:

$$E_{\text{αγρού}} = \pi * r^2 = 3,14 * (50\text{m})^2 = 3,14 * 2500\text{m}^2 = 7850\text{m}^2$$

Έστω ότι για το ψεκασμό του αγρού χρησιμοποιείται ψεκαστικό με ιστό μήκους  $z = 25\text{m}$ .

Συνεπώς, για να υπολογιστούν οι διαδρομές που χρειάζονται για να ψεκαστεί όλη η επιφάνεια του αγρού θα πρέπει να διαιρεθεί η διάμετρος  $R$  του αγρού το μήκος  $z$  του ιστού του ψεκαστικού.

$$R / z = 100\text{m} / 25\text{m} = 4$$

Άρα, οι διαδρομές που χρειάζονται για να καλυφθεί η επιφάνεια του αγρού είναι 4 όπως φαίνεται στο Σχήμα 6. Η κάθε μία από τις οποίες έχει πλάτος  $z = 25\text{m}$ .

Αν τραβηχτούν υποθετικές γραμμές όπως φαίνεται στο Σχήμα 6 που δείχνουν τα σημεία που ψεκάζονται μέσα στον αγρό καθώς και εκείνα που ψεκάζονται έξω από αυτόν παρατηρείται ότι σχηματίζεται ένα εξάπλευρο ΑΒΘΙΚΛ εντός του κύκλου που έχει έξι ίσες πλευρές η κάθε μία από τις οποίες ισούται με  $2z = 50\text{m}$ , δηλαδή, όσο είναι και η ακτίνα  $r$  του κύκλου. Με βάση αυτές τις υποθετικές γραμμές δημιουργείται ένα τετράγωνο ΔΜΝΟ έξω από τον κύκλο με πλευρά ίση με την διάμετρο  $R$  του κύκλου που ισούται με  $100\text{m}$ .

Συνεπώς, το εμβαδόν του τετραγώνου ΔΜΝΟ ισούται με:

$$E_{\tau} = R^2 = (100\text{m})^2 = 10000\text{m}^2$$

Αν αφαιρέσουμε το εμβαδόν του κύκλου  $E_{\text{αγρού}}$  από το εμβαδόν του τετραγώνου  $E_{\tau}$  θα βρούμε την εξωτερική επιφάνεια του σχήματος.

Άρα:

$$E_{\text{εξ.επ.}} = E_{\tau} - E_{\text{αγρού}} = 10000\text{m}^2 - 7850\text{m}^2 = 2150\text{m}^2$$

Όμως από αυτήν την επιφάνεια υπάρχουν 4 σημεία, όπως απεικονίζονται στο Σχήμα 6 (λευκές επιφάνειες), όπου δε γίνεται ψεκάσμος και επομένως πρέπει να αφαιρεθούν από το εμβαδόν της εξωτερικής επιφάνειας του αγρού  $E_{\text{εξ.επ.}}$ .

Η μια πλευρά του τριγώνου ΑΒΓ, είναι πλευρά του εξάπλευρου και όπως έχει ειπωθεί παραπάνω είναι  $AB = 50\text{m}$ . Επίσης είναι γνωστό ότι  $B\Gamma = z = 25\text{m}$ . Από το πυθαγόρειο θεώρημα:

$$A\Gamma^2 + B\Gamma^2 = AB^2 \rightarrow A\Gamma^2 = AB^2 - B\Gamma^2 = (50\text{m})^2 - (25\text{m})^2 = 2500\text{m}^2 - 625\text{m}^2 = 1875\text{m}^2$$

$$A\Gamma = \sqrt{1875\text{m}^2}$$

$$A\Gamma = 43\text{m}$$

Όπως, επίσης, φαίνεται από το σχήμα:

$$A\Gamma + \Gamma\Delta = r \rightarrow \Gamma\Delta = r - A\Gamma = 50\text{m} - 43\text{m} = 7\text{m}$$

$$\Gamma\Delta = 7\text{m}$$

Εφόσον είναι γνωστές οι πλευρές  $\Gamma\Delta$  και  $B\Gamma$  του ορθογωνίου  $B\Gamma\Delta\text{H}$  υπολογίζεται το εμβαδόν του  $E_{B\Gamma\Delta\text{H}}$ .

$$E_{B\Gamma\Delta\text{H}} = B\Gamma * \Gamma\Delta = 25\text{m} * 7\text{m} = 175\text{m}^2$$

$$E_{\text{ΒΓΔΗ}} = 175\text{m}^2$$

Αν πολλαπλασιαστεί αυτή η επιφάνεια  $E_{\text{ΒΓΔΗ}}$  με το 4 θα βρεθεί η συνολική εξωτερική επιφάνεια που δε ψεκάζεται:

$$E_{\text{ΒΓΔΗ}} * 4 = 175\text{m}^2 * 4 = 700\text{m}^2$$

Αφαιρώντας από το εμβαδόν της εξωτερικής επιφάνειας του αγρού  $E_{\text{εξ.επ.}}$  τη συνολική εξωτερική επιφάνεια του αγρού που δεν ψεκάζεται  $E_{\text{ΒΓΔΗ}} * 4$  (τα λευκά σημεία του σχήματος 6) υπολογίζεται η συνολική επιφάνεια που θα ψεκαστεί  $E_{\text{ψεκ.}}$  εάν δε χρησιμοποιηθεί κάποιο σύστημα που να ελέγχει το ψεκασμό.

$$E_{\text{ψεκ.}} = E_{\text{εξ.επ.}} - 700\text{m}^2 = 2150\text{m}^2 - 700\text{m}^2 = 1450\text{m}^2$$

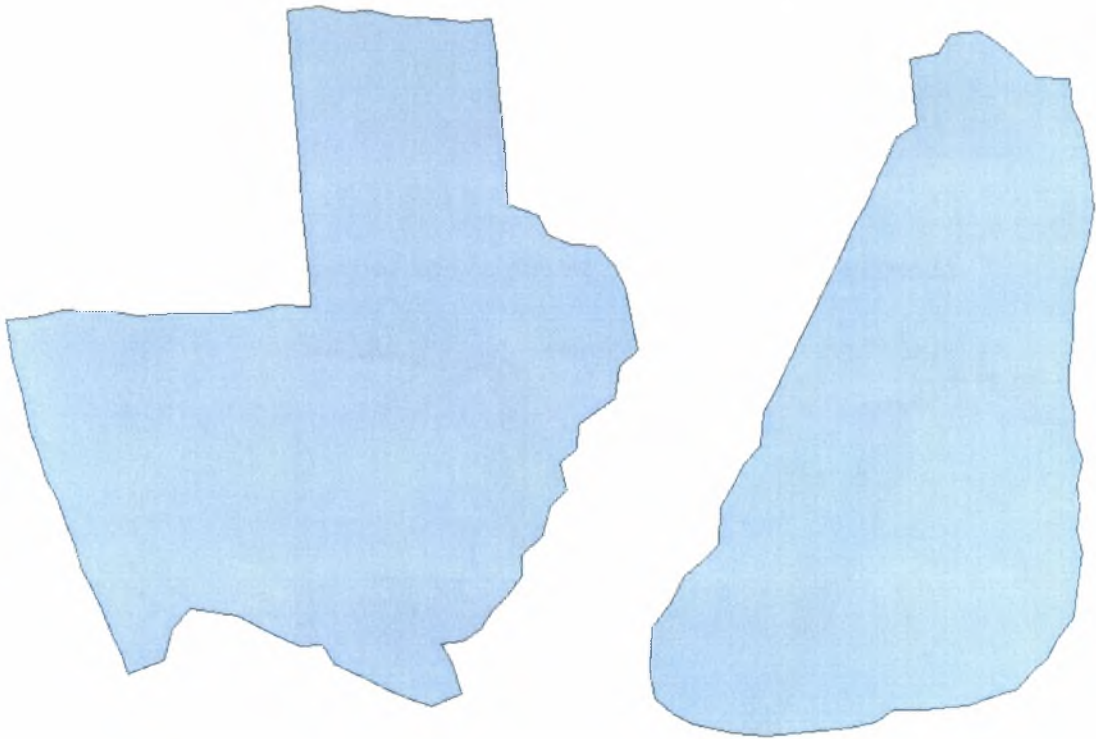
$$E_{\text{ψεκ.}} = 1450\text{m}^2$$

Όπως έχει υπολογιστεί παραπάνω, το εμβαδόν του αγρού είναι  $7850\text{m}^2$ . Άρα, αν δε χρησιμοποιηθεί κάποιο σύστημα που ελέγχει το ψεκασμό η συνολική επιφάνεια που θα ψεκαστεί θα είναι  $7850\text{m}^2 + 1450\text{m}^2 = 9300\text{m}^2$

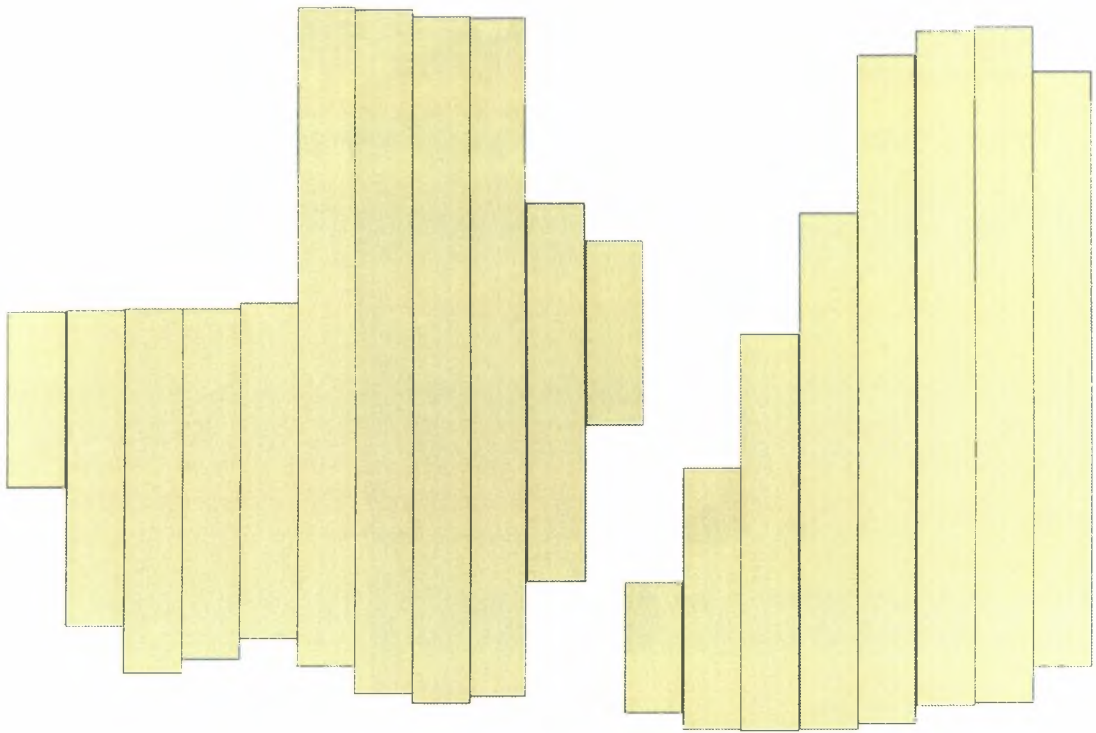
## 5.2. Υπολογισμοί σε χωράφια ακανόνιστου σχήματος

### 5.2.1. Χωράφια που έχουν ψεκαστεί ως προς ένα section

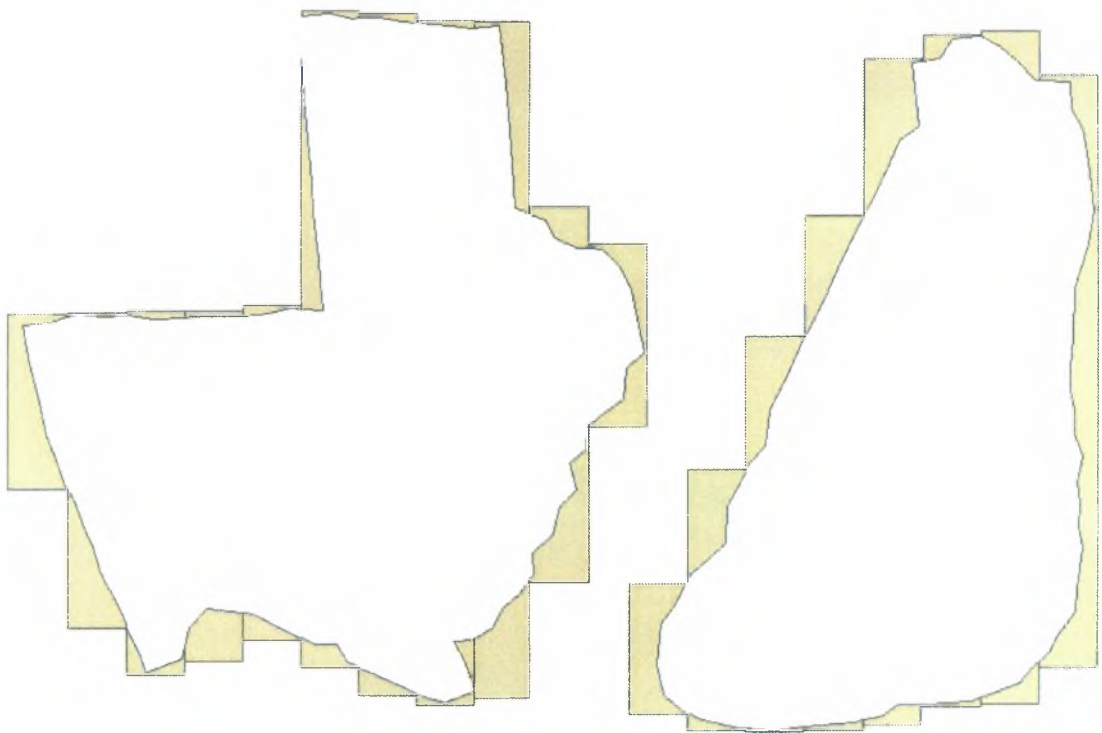
Παρακάτω παρουσιάζονται 5 χάρτες χωραφιών. Στη συνέχεια, στους ίδιους αυτούς χάρτες φαίνονται οι διαδρομές ψεκασμού, έπειτα από ένα θεωρητικό ψεκασμό με ψεκαστικό που έχει βραχίονα μήκους 27.45 m, δηλαδή με βραχίονα ενός τμήματος ελέγχου (controlled section). Ακόμα, γίνεται παρουσίαση των ίδιων χαρτών τονίζοντας την εξωτερική επιφάνεια που δε θα έπρεπε να ψεκαστεί.



Σχήμα 7. Χάρτης χωραφιού που πρόκειται να ψεκαστεί.

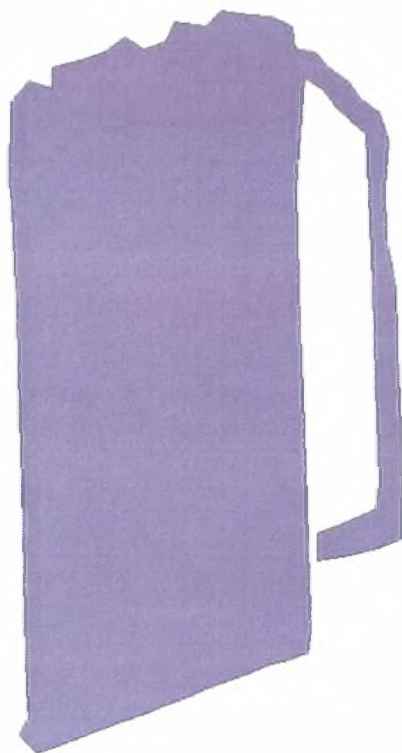


Σχήμα 8. Χάρτης χωραφιού που δείχνει τις διαδρομές για τον ψεκασμό.

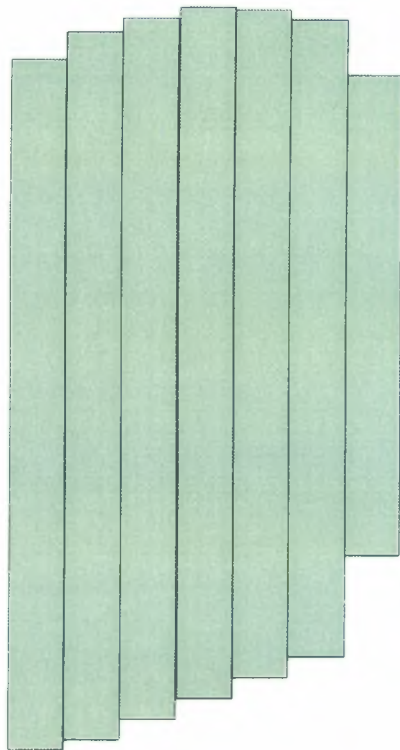


Σχήμα 9. Χάρτης της επιφάνειας εκτός του χωραφιού που ψεκάστηκε.

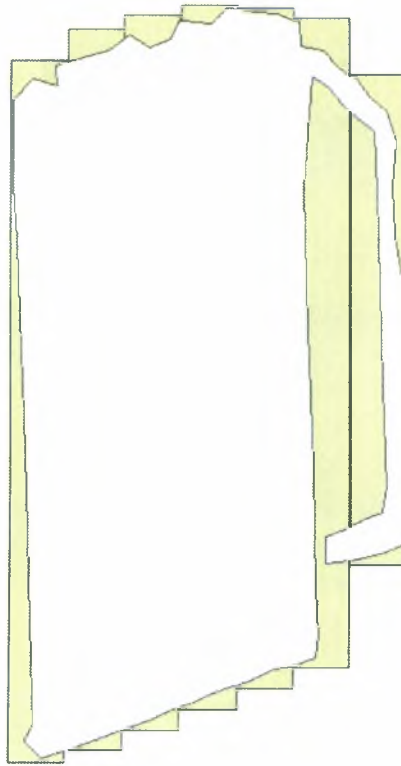




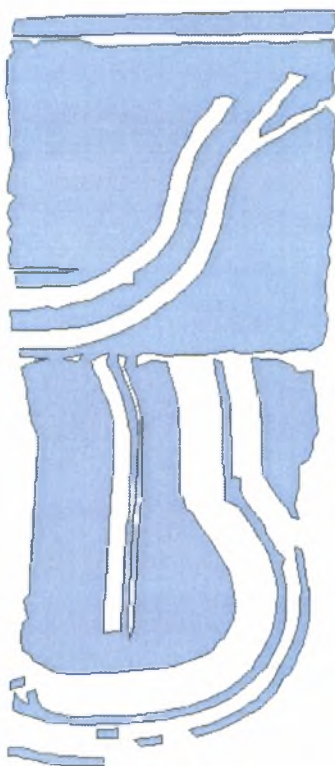
Σχήμα 10. Χάρτης χωραφιού που πρόκειται να ψεκαστεί.



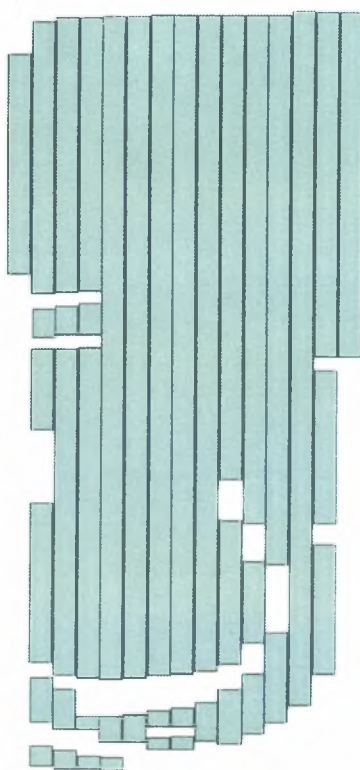
Σχήμα 11. Χάρτης χωραφιού που δείχνει τις διαδρομές για τον ψεκασμό.



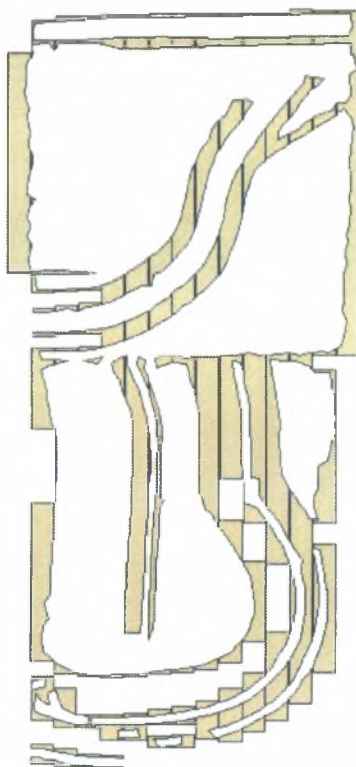
Σχήμα 12. Χάρτης της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που δεν έπρεπε να ψεκαστεί.



Σχήμα 13. Χάρτης χωραφιού που πρόκειται να ψεκαστεί.



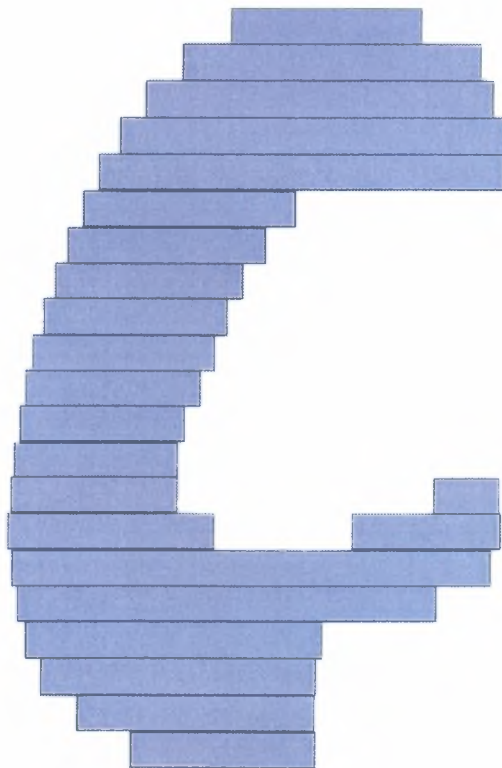
Σχήμα 14. Χάρτης χωραφιού που δείχνει τις διαδρομές για τον ψεκασμό.



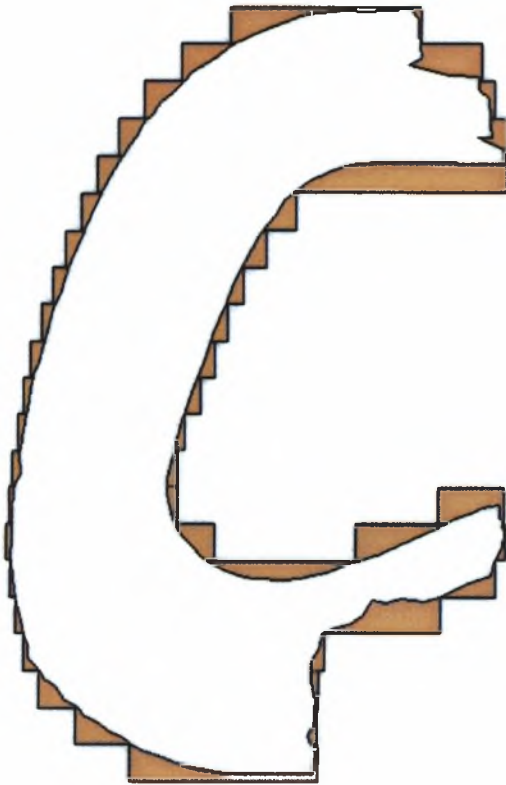
Σχήμα 15. Χάρτης της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που δεν έπρεπε να ψεκαστεί.



Σχήμα 16. Χάρτης χωραφιού που πρόκειται να ψεκαστεί.



Σχήμα 17. Χάρτης χωραφιού που δείχνει τις διαδρομές για τον ψεκασμό.



Σχήμα 18. Χάρτης της επιφάνειας εκτός του χωραφιού που ψεκάστηκε.

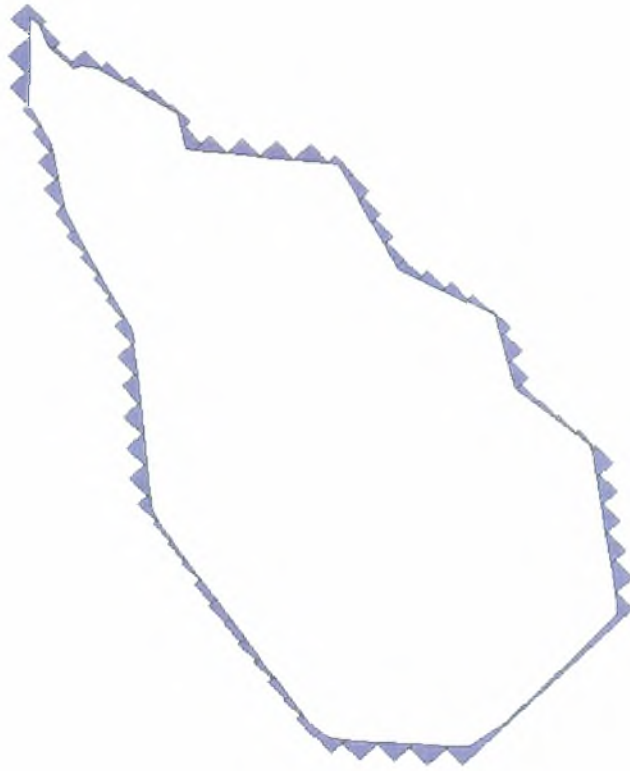




Σχήμα 19. Χάρτης χωραφίου που πρόκειται να ψεκαστεί.



Σχήμα 20. Χάρτης χωραφίου που δείχνει τις διαδρομές για τον ψεκασμό.

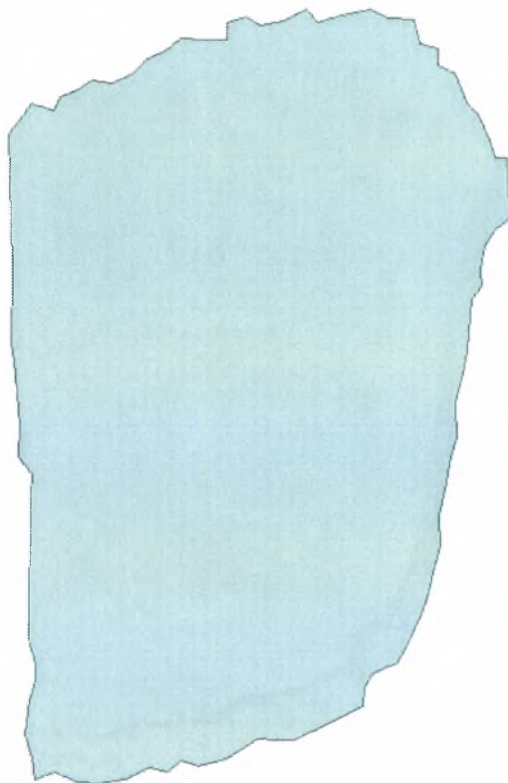


Σχήμα 21. Χάρτης της επιφάνειας εκτός του χωραφιού που ψεκάστηκε..

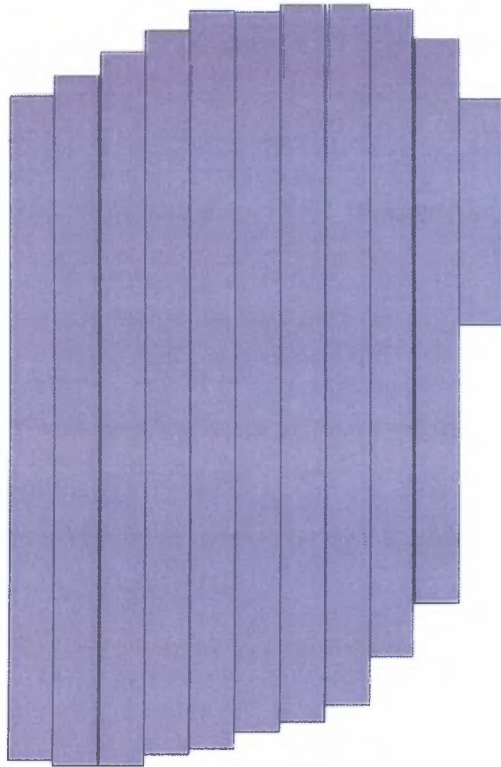
### 5.2.2. Χωράφια που έχουν ψεκαστεί ως προς ένα, τρία, πέντε και δέκα sections

Παρακάτω παρουσιάζονται διάφοροι χάρτες χωραφιών. Στη συνέχεια, στους ίδιους αυτούς χάρτες φαίνονται οι διαδρομές ψεκασμού, έπειτα από ένα θεωρητικό ψεκασμό με ψεκαστικό που έχει βραχίονα μήκους 27.45 m, δηλαδή με βραχίονα χωρισμένο σε ένα, τρία, πέντε και δέκα sections. Ακόμα, γίνεται παρουσίαση των ίδιων χαρτών τονίζοντας την εξωτερική επιφάνεια που δε θα έπρεπε να ψεκαστεί. Ακριβώς κάτω από τους χάρτες παρουσιάζονται πίνακες με το ποσοστό των επιφανειών που δεν έπρεπε να ψεκαστούν καθώς και τα αντίστοιχα διαγράμματα.

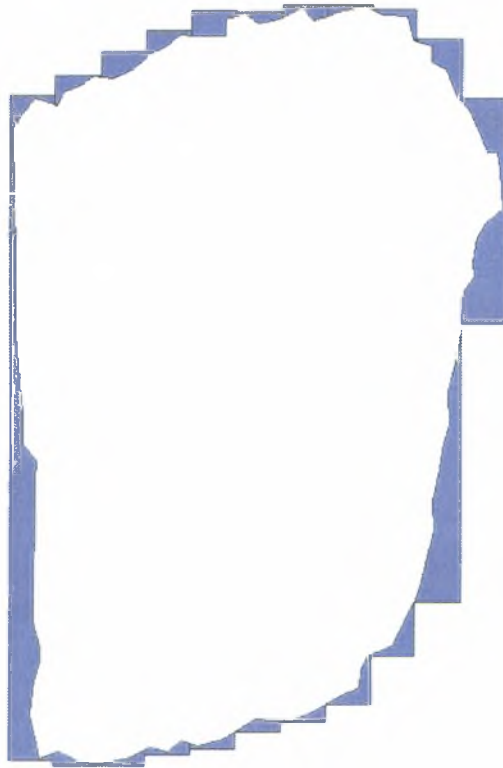
Τα δύο παρακάτω χωράφια που ακολουθούν (Σχήμα 22 και Σχήμα 34) είναι καλλιέργειας σιταριού. Με δεδομένο ότι γίνεται ψεκασμός ζιζανιοκτόνου Basagran 300 ml / στρέμμα υπολογίζεται η δαπάνη χημικών καθώς ψεκάζεται η εξωτερική επιφάνεια του αγρού. Επίσης, γνωρίζοντας ότι το 1 lt του συγκεκριμένου ζιζανιοκτόνου κοστίζει 50 ευρώ υπολογίζεται το κόστος ψεκασμού του αγρού και της εξωτερικής επιφάνειας που ψεκάζεται. Τέλος, γίνεται μια σύγκριση του κόστους αυτού με το κόστος αγοράς ενός συστήματος ελέγχου του ψεκασμού για να αποδειχθεί αν είναι επικερδές για τον παραγωγό ή όχι.



Σχήμα 22. Χάρτης χωραφιού που πρόκειται να ψεκαστεί.



Σχήμα 23. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκασμό με 1 section.



Σχήμα 24. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 1 section.

Όσον αφορά το Σχήμα 24, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 1 section, είναι 11,6 στρέμματα (2,9 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 107,21 στρέμματα (26,8 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$107,21 \text{ στρέμματα} + 11,6 \text{ στρέμματα} = 118,81 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$300 \text{ ml} * 118,81 \text{ στρέμματα} = 35643 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$300 \text{ ml} * 107,21 \text{ στρέμματα} = 32163 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$35643 \text{ ml} - 32163 \text{ ml} = 3480 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 35643 \text{ ml}}$$

$$x = (35643 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 1782150 \text{ ευρώ} / 1000 = 1782 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

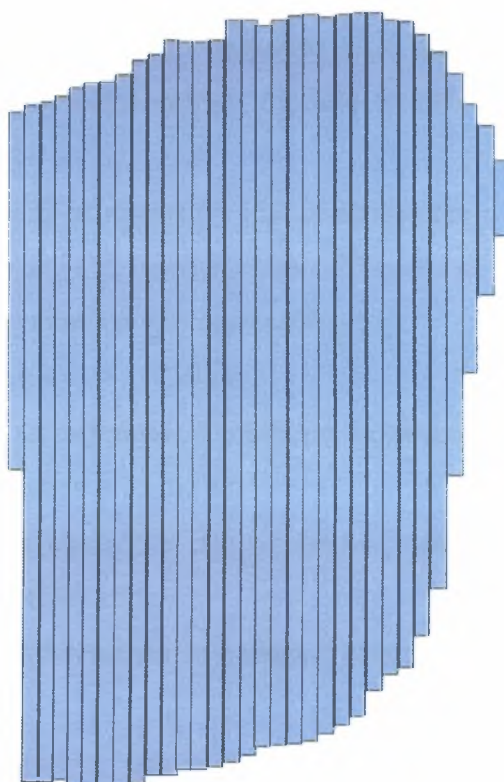
$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 32163 \text{ ml}}$$

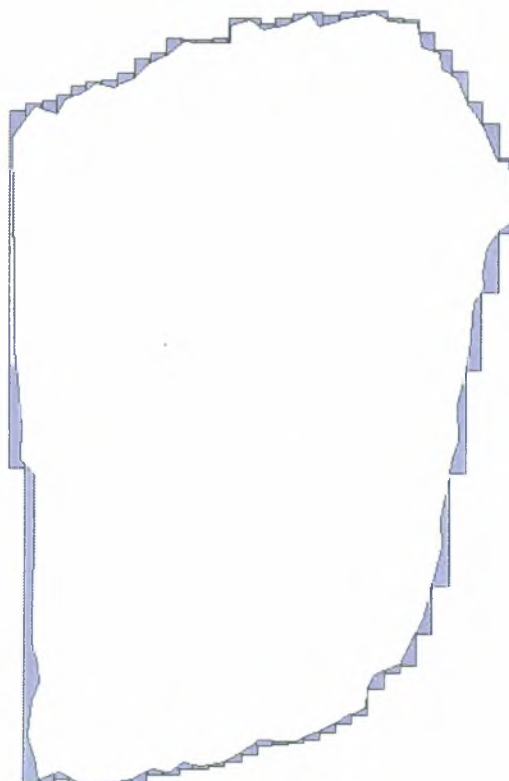
$$x = (32163 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 1608150 \text{ ευρώ} / 1000 = 1608 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$1782 \text{ ευρώ} - 1608 \text{ ευρώ} = 174 \text{ ευρώ}$$



Σχήμα 25. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκασμό με 3 sections.



Σχήμα 26. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκαστεί, με 3 sections.



Όσον αφορά το Σχήμα 26, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 3 sections, είναι 5,32 στρέμματα (1,33 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 107,21 στρέμματα (26,8 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$107,21 \text{ στρέμματα} + 5,32 \text{ στρέμματα} = 112,53 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$300 \text{ ml} * 112,53 \text{ στρέμματα} = 33759 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$300 \text{ ml} * 107,21 \text{ στρέμματα} = 32163 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$33759 \text{ ml} - 32163 \text{ g} = 1596 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$x \text{ ευρώ τα } 33759 \text{ ml}$$

$$x = (33759 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 1687950 \text{ ευρώ} / 1000 = 1688 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

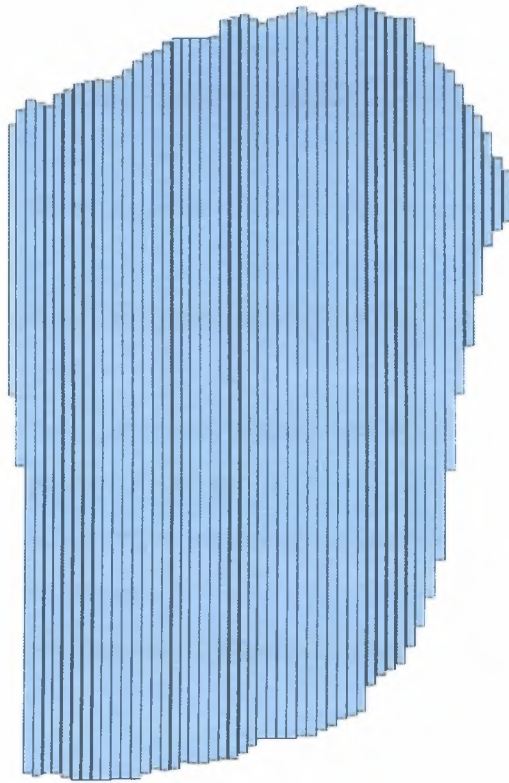
$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$x \text{ ευρώ τα } 32163 \text{ ml}$$

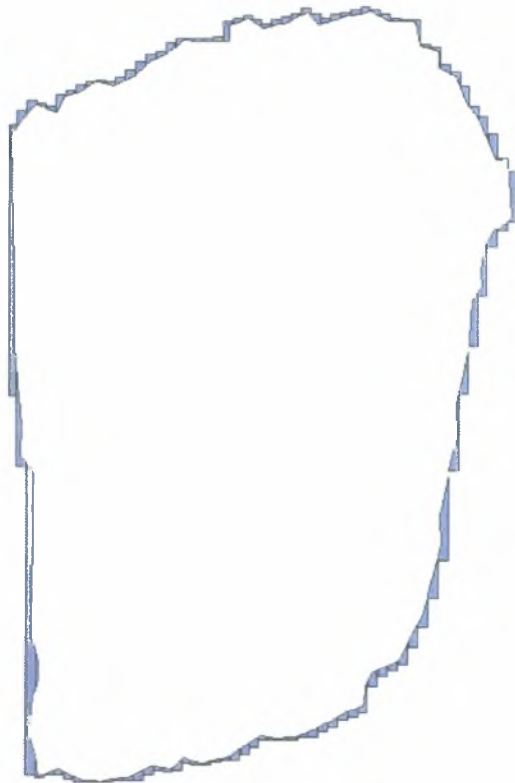
$$x = (32163 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 1608150 \text{ ευρώ} / 1000 = 1608 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$1688 \text{ ευρώ} - 1608 \text{ ευρώ} = 80 \text{ ευρώ}$$



Σχήμα 27. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκάσμο με 5 sections.



Σχήμα 28. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκάσσει, με 5 sections.

Όσον αφορά το Σχήμα 28, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 5 sections, είναι 3,96 στρέμματα (0,99 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 107,21 στρέμματα (26,8 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$107,21 \text{ στρέμματα} + 3,96 \text{ στρέμματα} = 111,17 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$300 \text{ ml} * 111,17 \text{ στρέμματα} = 33351 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$300 \text{ ml} * 107,21 \text{ στρέμματα} = 32163 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$33351 \text{ ml} - 32163 \text{ ml} = 1188 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$x \text{ ευρώ τα } 33351 \text{ ml}$$

$$x = (33351 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 1667550 \text{ ευρώ} / 1000 = 1667 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

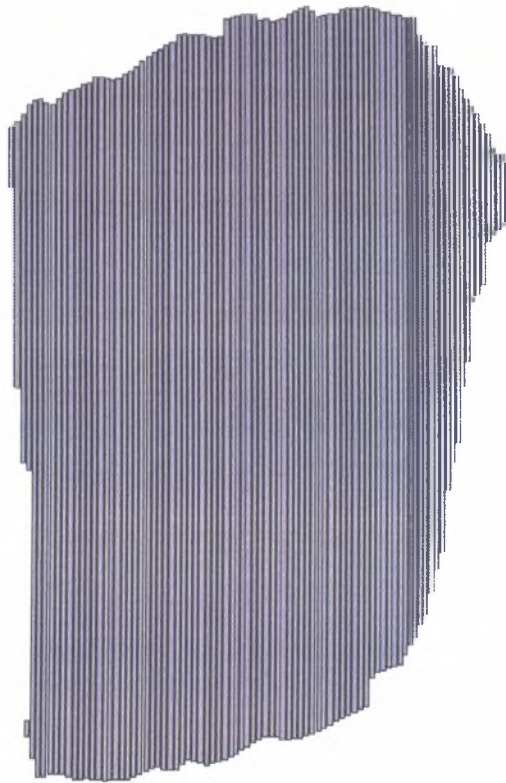
$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$x \text{ ευρώ τα } 32163 \text{ ml}$$

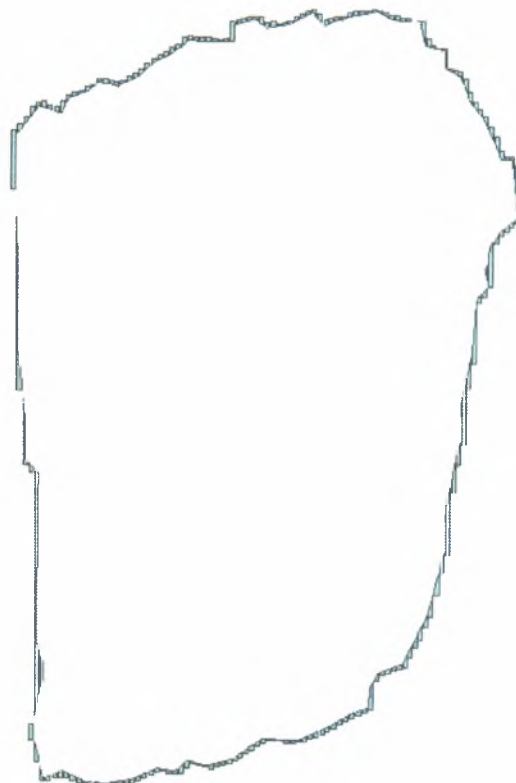
$$x = (32163 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 1608150 \text{ ευρώ} / 1000 = 1608 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$1667 \text{ ευρώ} - 1608 \text{ ευρώ} = 59 \text{ ευρώ}$$



Σχήμα 29. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκασμό με 10 sections.



Σχήμα 30. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκαστεί, με 10 sections.

Όσον αφορά το Σχήμα 30, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 10 sections, είναι 2,2 στρέμματα (0,55 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 107,21 στρέμματα (26,8 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$107,21 \text{ στρέμματα} + 2,2 \text{ στρέμματα} = 109,41 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$300 \text{ ml} * 109,41 \text{ στρέμματα} = 32823 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$300 \text{ ml} * 107,21 \text{ στρέμματα} = 32163 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$32823 \text{ ml} - 32163 \text{ ml} = 660 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 32823 \text{ ml}}$$

$$x = (32823 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 1641150 \text{ ευρώ} / 1000 = 1641 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 32163 \text{ ml}}$$

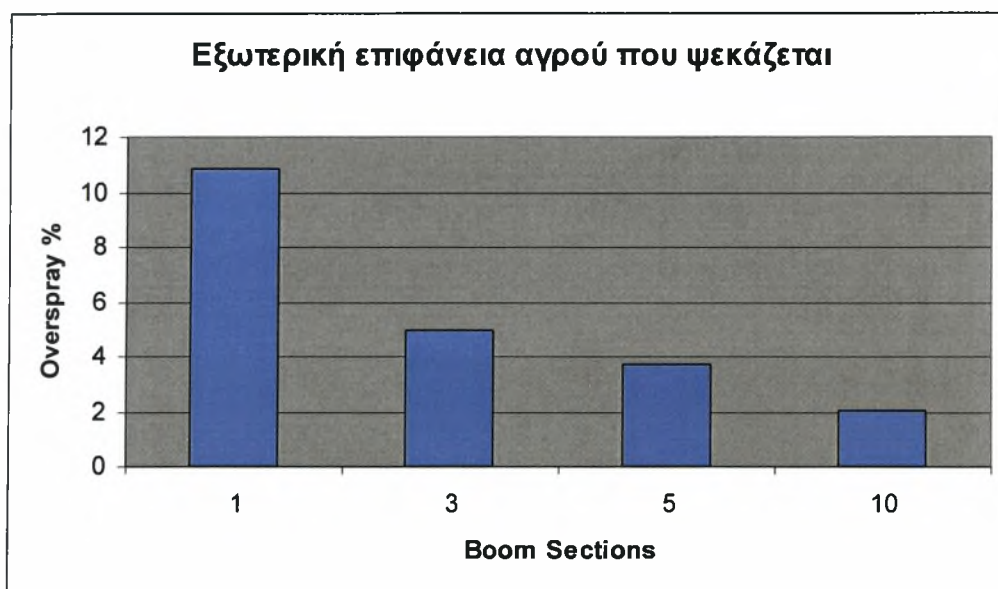
$$x = (32163 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 1608150 \text{ ευρώ} / 1000 = 1608 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$1641 \text{ ευρώ} - 1608 \text{ ευρώ} = 33 \text{ ευρώ}$$

Πίνακας 2. Συνολική επιφάνεια χωραφιού που δεν έπρεπε να ψεκάσθει.

Field	Boom Sections	Total Area (acres)	Area of Overspray (acres)	Overspray (Area of Overspray/Total Area)	Overspray %
Σχήμα 24	1	26,8	2,9	0,108209	10,8209
Σχήμα 26	3	26,8	1,33	0,049627	4,962687
Σχήμα 28	5	26,8	0,99	0,03694	3,69403
Σχήμα 30	10	26,8	0,55	0,020522	2,052239



Σχήμα 31. Εξωτερική επιφάνεια που ψεκάζεται ενώ δεν χρειάζεται % ανάλογα με τα τμήματα του ιστού που ελέγχονται από το σύστημα μεταβλητών δόσεων.

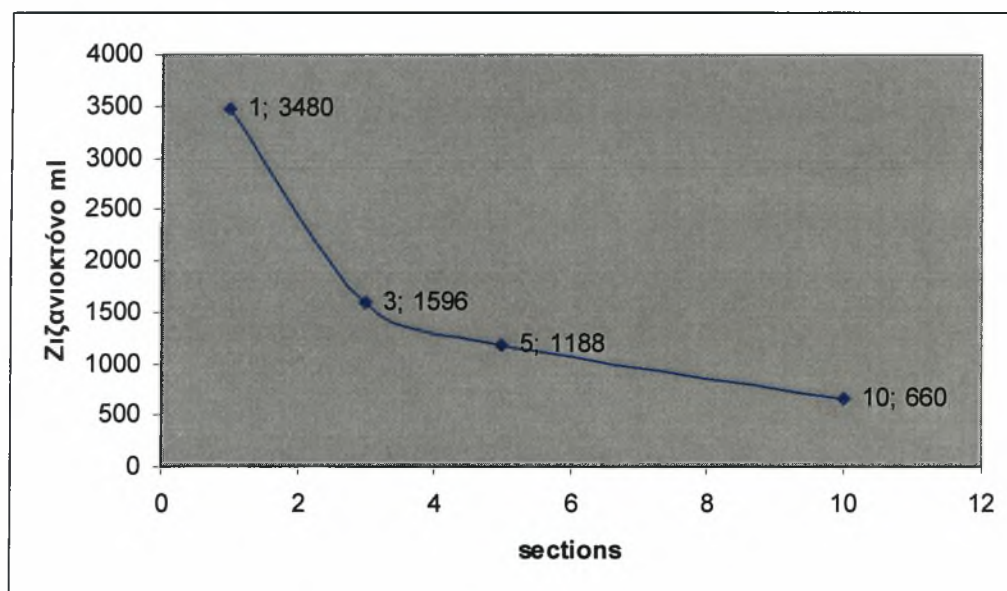
Από τον Πίνακα 2 και Σχήμα 31 παρατηρείται ότι σε όσο περισσότερα τμήματα είναι χωρισμένος ο βραχίονας του ψεκαστικού τόσο μικρότερη είναι η εξωτερική επιφάνεια που ψεκάζεται άσκοπα.

Πίνακας 3. Συνολική ποσότητα και κόστος ζιζανιοκτόνου.

Sections	Συνολική επιφάνεια (στρέμματα)	Ζιζανιοκτόνο (ml)	Έξοδα ζιζανιοκτόνου (ευρώ)
1	118,81	35643	1782
3	112,53	33759	1688
5	111,17	33351	1667
10	109,41	32823	1641

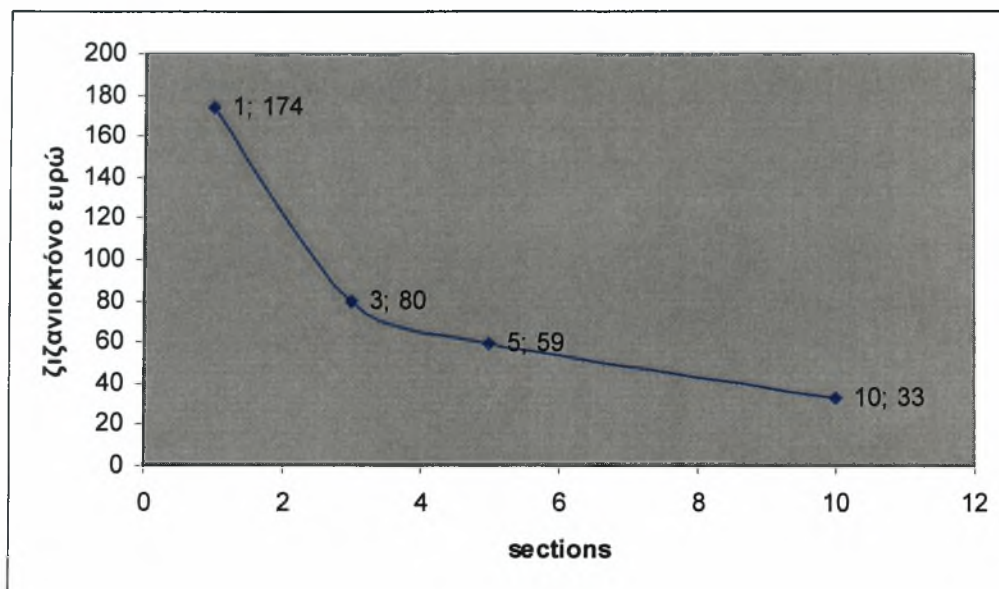
Πίνακας 4. Ποσότητα και κόστος ζιζανιοκτόνου στην εξωτερική επιφάνεια που δεν έπρεπε να ψεκαστεί.

Sections	Εξωτερική επιφάνεια (στρέμματα)	Ζιζανιοκτόνο (ml)	Έξοδα ζιζανιοκτόνου (ευρώ)
1	11,6	3480	174
3	5,32	1596	80
5	3,96	1188	59
10	2,2	660	33



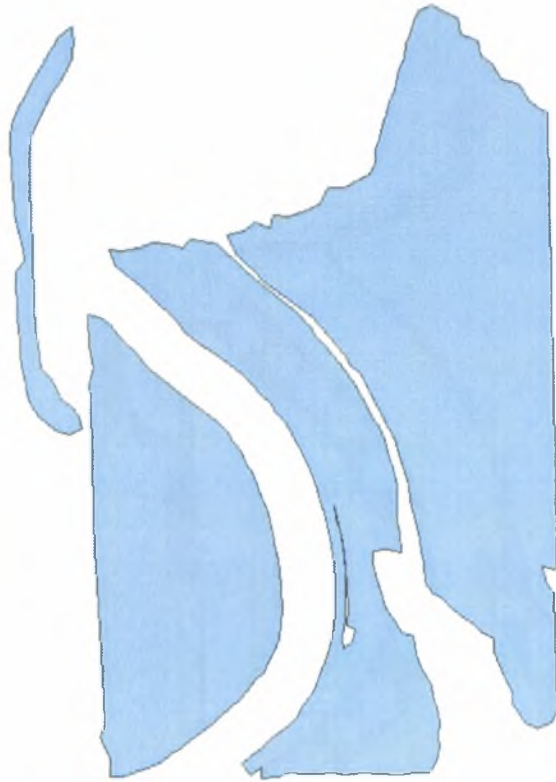
Σχήμα 32. Εφαρμογή ζιζανιοκτόνου στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού ανάλογα με τα τμήματα του ιστού που ελέγχονται από το σύστημα μεταβλητών δόσεων.



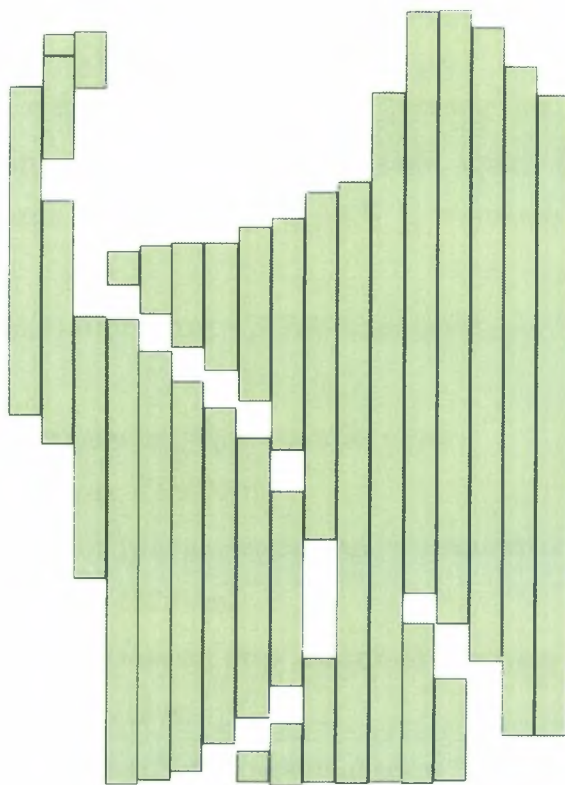


Σχήμα 33. Κόστος ζιζανιοκτόνου που εφαρμόζεται στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού ανάλογα με τα τμήματα του ιστού που ελέγχονται από το σύστημα μεταβλητών δόσεων.

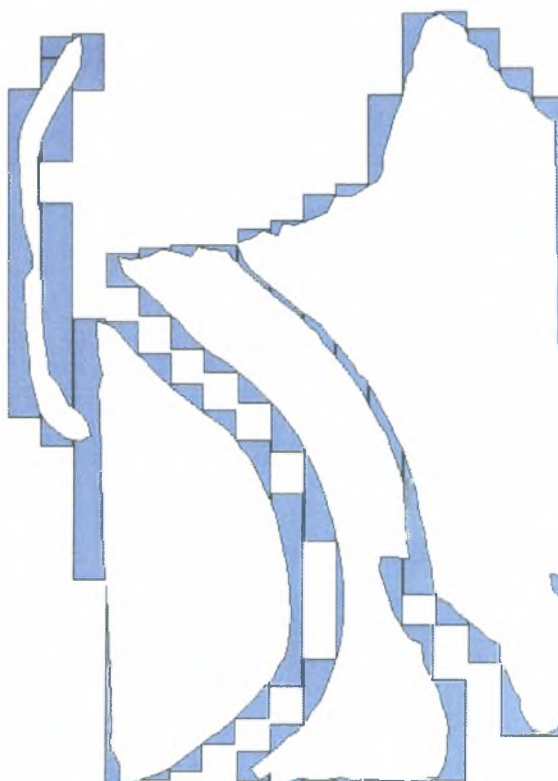
Από το Σχήμα 32 και Σχήμα 33 παρατηρείται ότι όταν χρησιμοποιείται βραχίονας ψεκαστικού που δεν είναι χωρισμένος σε τμήματα υπάρχει μεγαλύτερη δαπάνη ζιζανιοκτόνου στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού και συνεπώς και χρημάτων από ότι όταν χρησιμοποιείται ψεκαστικό με βραχίονα χωρισμένο σε τμήματα τα οποία κλείνουν ή ανοίγουν αυτόματα όταν βγουν από τα όρια του αγρού ή μπουν αντίστοιχα. Σε όσο περισσότερα τμήματα είναι χωρισμένος ο βραχίονας του ψεκαστικού τόσο μικρότερη δαπάνη υπάρχει.



Σχήμα 34. Χάρτης χωραφιού που πρόκειται να ψεκαστεί.



Σχήμα 35. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκασμό με 1 section.



Σχήμα 36. Χάρτης της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που δεν έπρεπε να ψεκάσθει, με 1 section.

Όσον αφορά το Σχήμα 36, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 1 section, είναι 46,44 στρέμματα (11,61 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 171 στρέμματα (42,75 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$171 \text{ στρέμματα} + 46,44 \text{ στρέμματα} = 217,44 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$300 \text{ ml} * 217,44 \text{ στρέμματα} = 65232 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκάσθει ο αγρός είναι:

$$300 \text{ ml} * 171 \text{ στρέμματα} = 51300 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$65232 \text{ ml} - 51300 \text{ ml} = 13932 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκάσμο είναι:

$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 65232 \text{ ml}}$$

$$x = (65232 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 3261600 \text{ ευρώ} / 1000 = 3262 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

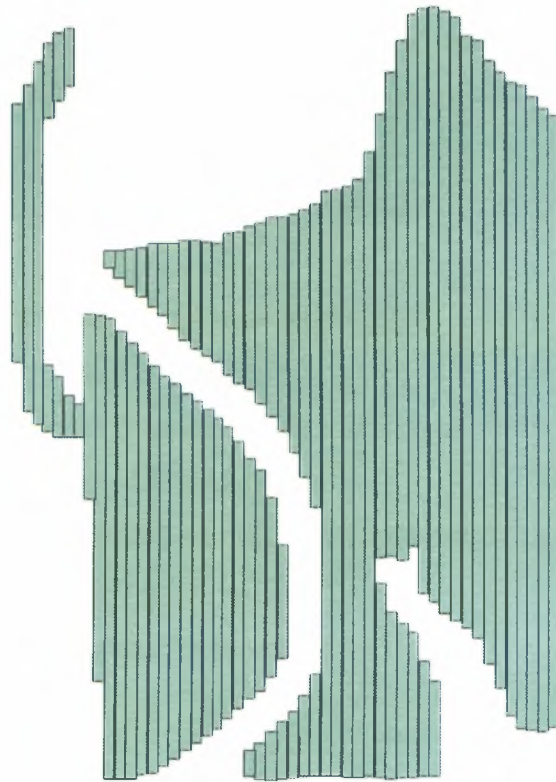
50 ευρώ τα 1000 ml

x ευρώ τα 51300 ml

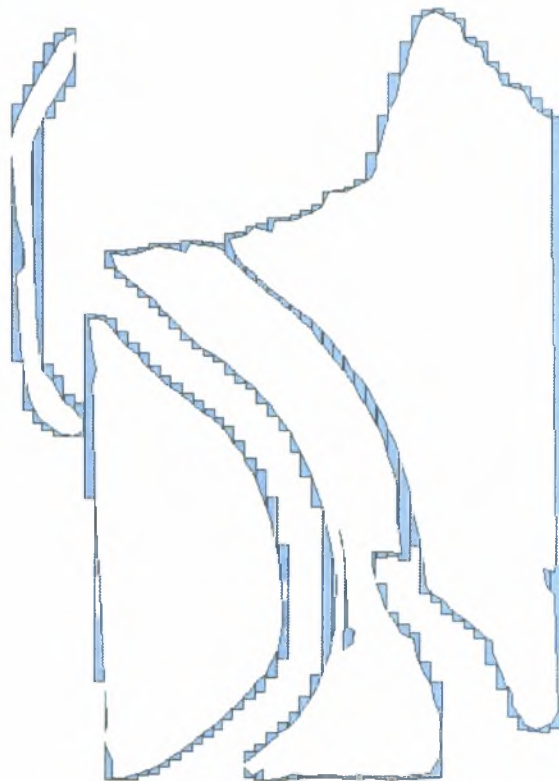
$$x = (51300 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 2565000 \text{ ευρώ} / 1000 = 2565 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$3262 \text{ ευρώ} - 2565 \text{ ευρώ} = 697 \text{ ευρώ}$$



Σχήμα 37. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκασμό με 3 sections.



Σχήμα 38. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκαστεί, με 3 sections.

Όσον αφορά το Σχήμα 38, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 3 sections, είναι 22,2 στρέμματα (5,55 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 171 στρέμματα (42,75 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$171 \text{ στρέμματα} + 22,2 \text{ στρέμματα} = 193,2 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$300 \text{ ml} * 193,2 \text{ στρέμματα} = 57960 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$300 \text{ ml} * 171 \text{ στρέμματα} = 51300 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$57960 \text{ ml} - 51300 \text{ ml} = 6660 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$x \text{ ευρώ τα } 57960 \text{ ml}$$

$$x = (57960 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 2898000 \text{ ευρώ} / 1000 = 2898 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

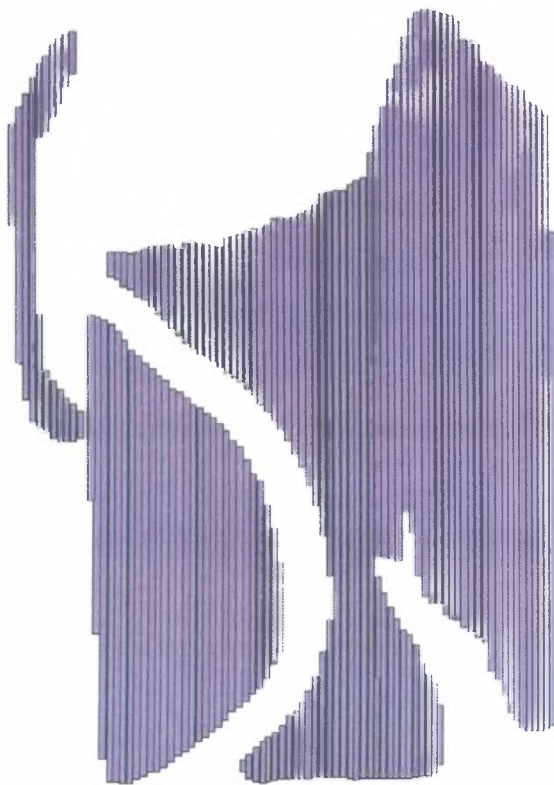
$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$x \text{ ευρώ τα } 51300 \text{ ml}$$

$$x = (51300 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 2565000 \text{ ευρώ} / 1000 = 2565 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$2898 \text{ ευρώ} - 2565 \text{ ευρώ} = 333 \text{ ευρώ}$$



Σχήμα 39. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκασμό με 5 sections.



Σχήμα 40. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκάσει, με 5 sections.



Όσον αφορά το Σχήμα 40, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 5 sections, είναι 15,16 στρέμματα (3,79 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 171 στρέμματα (42,75 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$171 \text{ στρέμματα} + 15,16 \text{ στρέμματα} = 186,16 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$300 \text{ ml} * 186,16 \text{ στρέμματα} = 55848 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$300 \text{ ml} * 171 \text{ στρέμματα} = 51300 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$55848 \text{ ml} - 51300 \text{ ml} = 4548 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 55848 \text{ ml}}$$

$$x = (55848 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 2792400 \text{ ευρώ} / 1000 = 2792 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 51300 \text{ ml}}$$

$$x = (51300 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 2565000 \text{ ευρώ} / 1000 = 2565 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$2792 \text{ ευρώ} - 2565 \text{ ευρώ} = 227 \text{ ευρώ}$$



Σχήμα 41. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκασμό με 10 sections.



Σχήμα 42. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκάσει, με 10 sections.

Όσον αφορά το Σχήμα 42, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 10 sections, είναι 11,4 στρέμματα (2,85 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 171 στρέμματα (42,75 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$171 \text{ στρέμματα} + 11,4 \text{ στρέμματα} = 182,4 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$300 \text{ ml} * 182,4 \text{ στρέμματα} = 54720 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$300 \text{ ml} * 171 \text{ στρέμματα} = 51300 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$54720 \text{ ml} - 51300 \text{ ml} = 3420 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 54720 \text{ ml}}$$

$$x = (54720 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 2736000 \text{ ευρώ} / 1000 = 2736 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

$$50 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 51300 \text{ ml}}$$

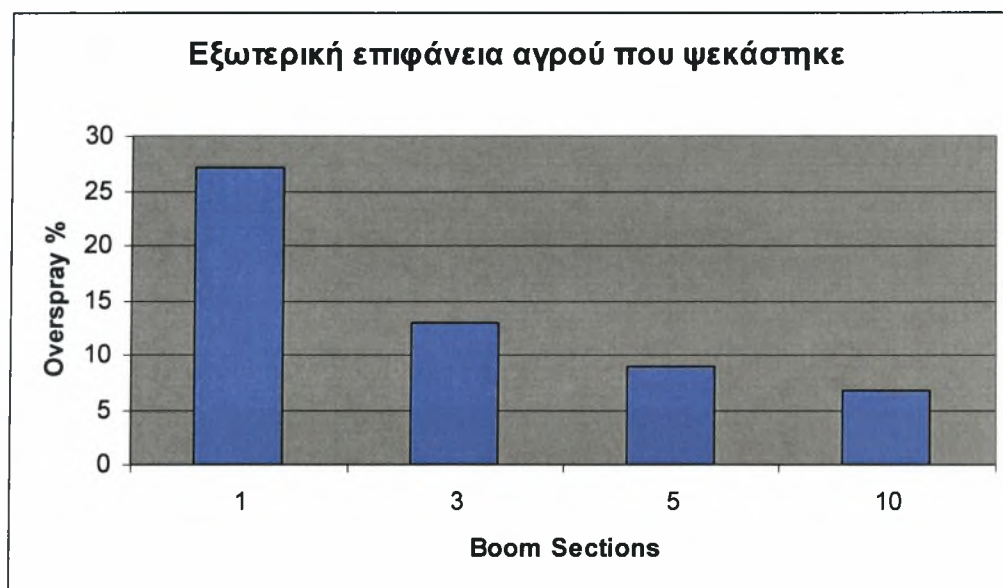
$$x = (51300 \text{ ml} * 50 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 2565000 \text{ ευρώ} / 1000 = 2565 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$2736 \text{ ευρώ} - 2565 \text{ ευρώ} = 171 \text{ ευρώ}$$

Πίνακας 5. Συνολική επιφάνεια χωραφιού που δεν έπρεπε να ψεκάσθει.

Field	Boom Sections	Total Area (acres)	Area of Overspray (acres)	Overspray (Area of Overspray/Total Area)	Overspray %
Σχήμα 32	1	42,75	11,61	0,271579	27,15789
Σχήμα 34	3	42,75	5,55	0,129825	12,98246
Σχήμα 36	5	42,75	3,79	0,088655	8,865497
Σχήμα 38	10	42,75	2,85	0,066667	6,666667



Σχήμα 43. Εξωτερική επιφάνεια που ψεκάζεται ενώ δεν χρειάζεται % ανάλογα με τα τμήματα του ιστού που ελέγχονται από το σύστημα μεταβλητών δόσεων.

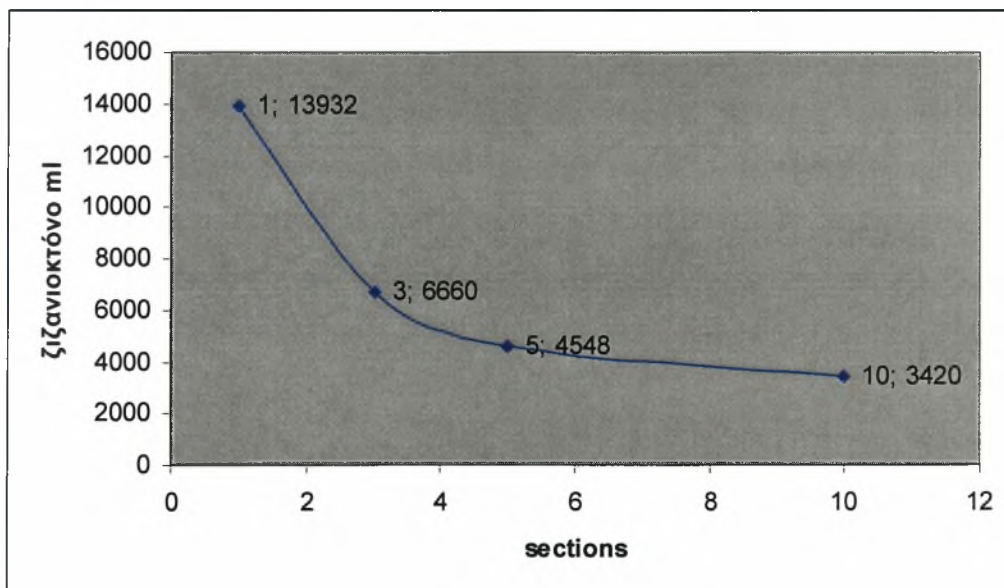
Από τον Πίνακα 5 και Σχήμα 43 παρατηρείται ότι σε όσο περισσότερα τμήματα είναι χωρισμένος ο βραχίονας του ψεκαστικού τόσο μικρότερη είναι η εξωτερική επιφάνεια που ψεκάζεται άσκοπα.

Πίνακας 6. Συνολική ποσότητα και κόστος ζιζανιοκτόνου.

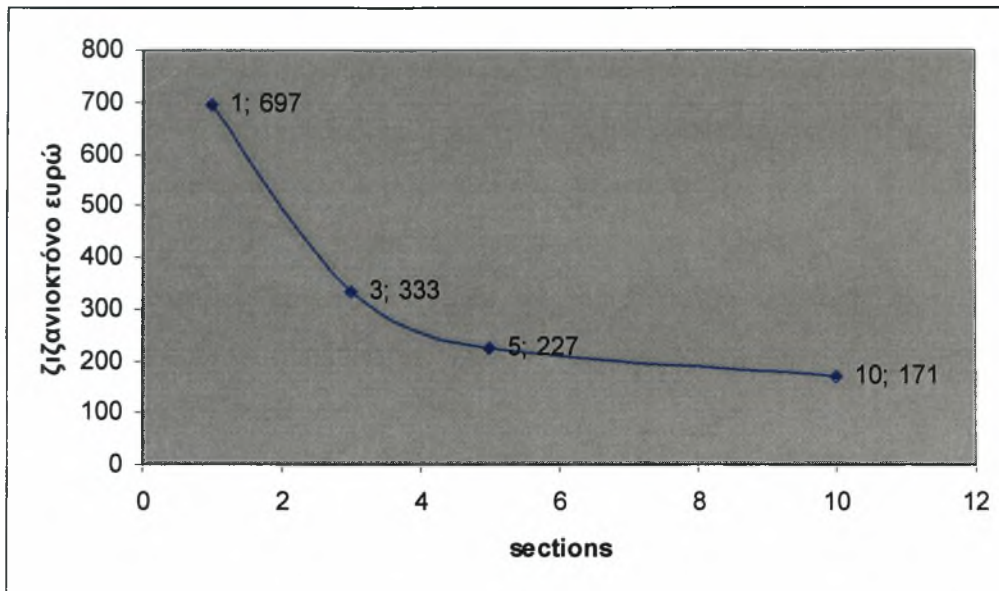
Sections	Συνολική επιφάνεια (στρέμματα)	Ζιζανιοκτόνο (ml)	Έξοδα ζιζανιοκτόνου (ευρώ)
1	217,44	65232	3262
3	193,2	57960	2898
5	186,16	55848	2792
10	182,4	54740	2736

Πίνακας 7. Ποσότητα και κόστος ζιζανιοκτόνου σε εξωτερική επιφάνεια που δεν έπρεπε να ψεκαστεί.

Sections	Εξωτερική επιφάνεια (στρέμματα)	Ζιζανιοκτόνο (ml)	Έξοδα ζιζανιοκτόνου (ευρώ)
1	46,44	13932	697
3	22,2	6660	333
5	15,16	4548	227
10	11,4,	3420	171



Σχήμα 44. Εφαρμογή ζιζανιοκτόνου στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού ανάλογα με τα τμήματα του ιστού που ελέγχονται από το σύστημα μεταβλητών δόσεων.



Σχήμα 45. Κόστος ζιζανιοκτόνου στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού ανάλογα με τα τμήματα του ιστού που ελέγχονται από το σύστημα μεταβλητών δόσεων.

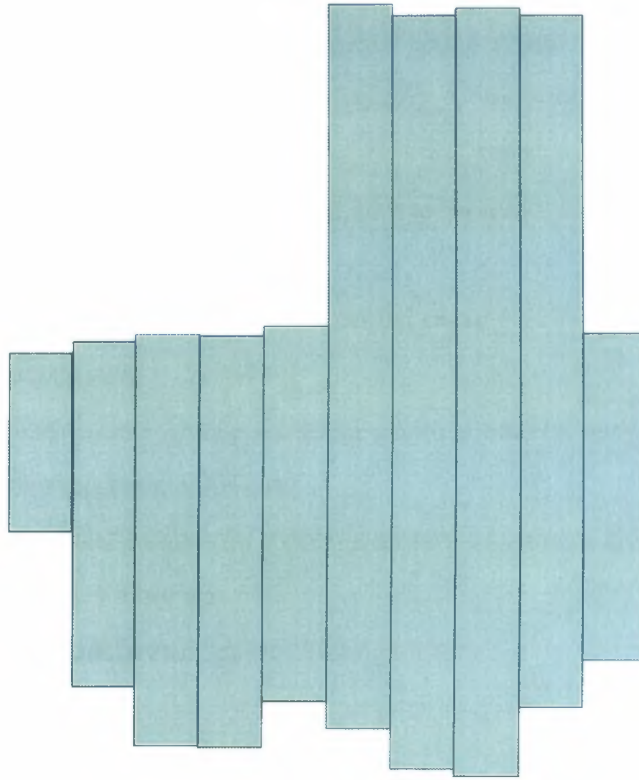
Από το Σχήμα 44 και Σχήμα 45 παρατηρείται ότι όταν χρησιμοποιείται βραχίονας ψεκαστικού που δεν είναι χωρισμένος σε τμήματα υπάρχει μεγαλύτερη δαπάνη ζιζανιοκτόνου στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού και συνεπώς και χρημάτων από ότι όταν χρησιμοποιείται ψεκαστικό με βραχίονα χωρισμένο σε τμήματα τα οποία κλείνουν ή ανοίγουν αυτόματα όταν βγουν από τα όρια του αγρού ή μπουν αντίστοιχα. Σε όσο περισσότερα τμήματα είναι χωρισμένος ο βραχίονας του ψεκαστικού τόσο μικρότερη δαπάνη υπάρχει.

Τα δύο παρακάτω χωράφια που ακολουθούν (Σχήμα 46 και Σχήμα 58) είναι καλλιέργειας βαμβακιού. Με δεδομένο ότι γίνεται ψεκασμός του ζιζανιοκτόνου Sonalan 400 ml / στρέμμα υπολογίζεται η δαπάνη λιπάσματος καθώς λιπαίνεται η εξωτερική επιφάνεια του αγρού. Επίσης, γνωρίζοντας ότι το 1 lt ζιζανιοκτόνου κοστίζει 20 ευρώ υπολογίζεται το κόστος ψεκασμού του αγρού και της εξωτερικής επιφάνειας που ψεκάζεται. Τέλος, γίνεται μια σύγκριση του κόστους αυτού με το κόστος αγοράς ενός συστήματος ελέγχου του ψεκασμού για να αποδειχθεί αν είναι επικερδές για τον παραγωγό ή όχι.

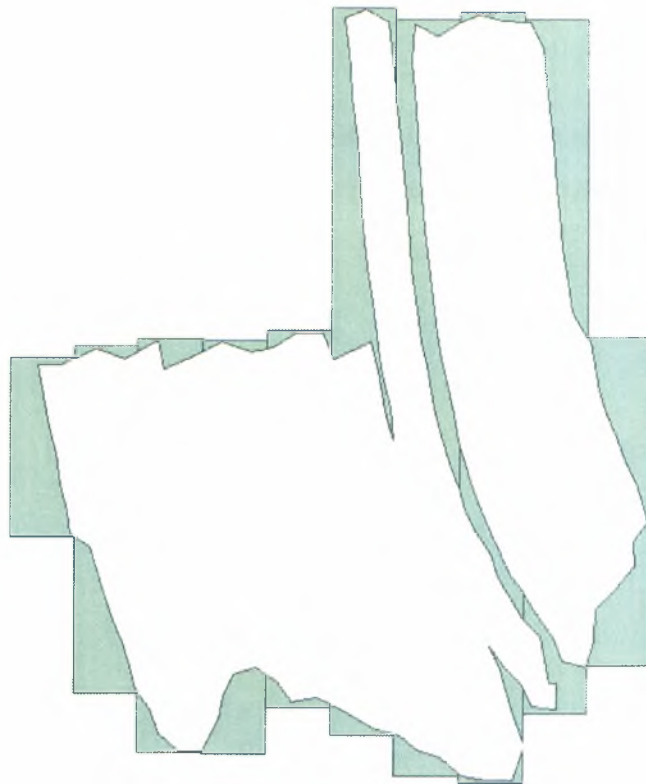


Σχήμα 46. Χάρτης χωραφιού που πρόκειται να ψεκαστεί.





Σχήμα 47. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκάσμο με 1 section.



Σχήμα 48. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκάσσει με 1 section.

Όσον αφορά το Σχήμα 48, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 1 section, είναι 13,12 στρέμματα (3,28 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 45,04 στρέμματα (11,26 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$45,04 \text{ στρέμματα} + 13,12 \text{ στρέμματα} = 58,16 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$400 \text{ ml} * 58,16 \text{ στρέμματα} = 23264 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$400 \text{ ml} * 45,04 \text{ στρέμματα} = 18016 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$23264 \text{ ml} - 18016 \text{ ml} = 5248 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$x \text{ ευρώ τα } 23264 \text{ ml}$$

$$x = (23264 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 465280 \text{ ευρώ} / 1000 = 465 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για τον ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

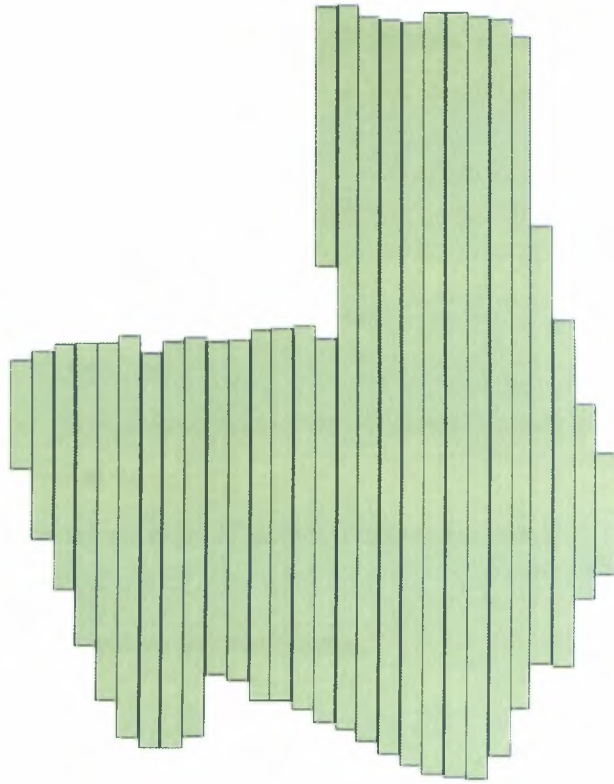
$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$x \text{ ευρώ τα } 18016 \text{ ml}$$

$$x = (18016 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 360320 \text{ ευρώ} / 1000 = 360 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$465 \text{ ευρώ} - 360 \text{ ευρώ} = 105 \text{ ευρώ}$$



Σχήμα 49. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκασμό με 3 sections.



Σχήμα 50. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκαστεί, με 3 sections.

Όσον αφορά το Σχήμα 50, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφίου που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 3 sections, είναι 6,16 στρέμματα (1,54 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 45,04 στρέμματα (11,26 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$45,04 \text{ στρέμματα} + 6,16 \text{ στρέμματα} = 51,2 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$400 \text{ ml} * 51,2 \text{ στρέμματα} = 20480 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$400 \text{ ml} * 45,04 \text{ στρέμματα} = 18016 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$20480 \text{ ml} - 18016 \text{ ml} = 2464 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 20480 \text{ ml}}$$

$$x = (20480 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 409600 \text{ ευρώ} / 1000 = 410 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

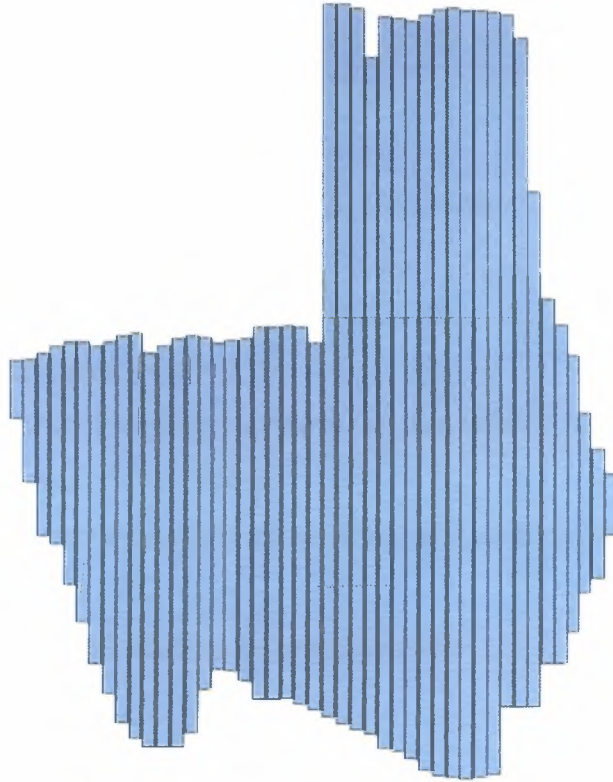
$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 18016 \text{ ml}}$$

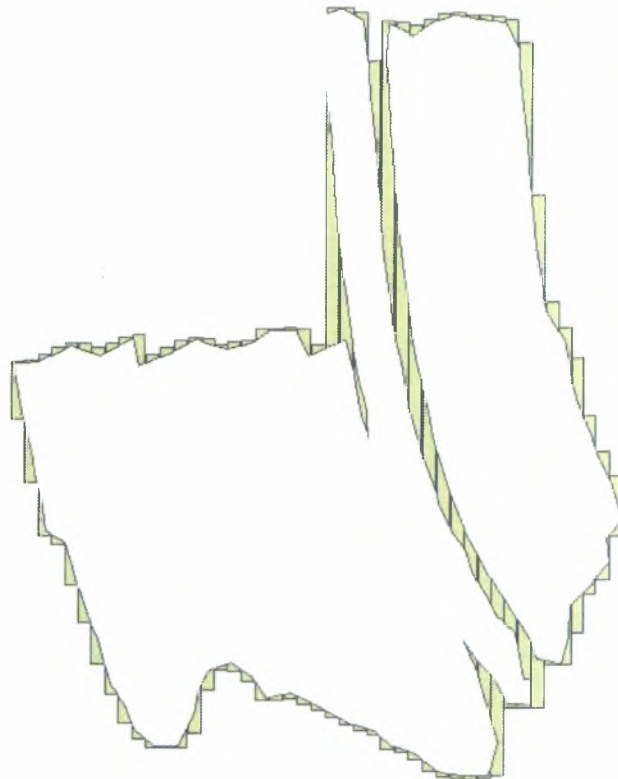
$$x = (18016 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 360320 \text{ ευρώ} / 1000 = 360 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$410 \text{ ευρώ} - 360 \text{ ευρώ} = 50 \text{ ευρώ}$$



Σχήμα 51. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκάσμό με 5 sections.



Σχήμα 52. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκάσει, με 5 sections.

Όσον αφορά το Σχήμα 52, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 5 sections, είναι 4,88 στρέμματα (1,22 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 45,04 στρέμματα (11,26 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$45,04 \text{ στρέμματα} + 4,88 \text{ στρέμματα} = 49,92 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$400 \text{ ml} * 49,92 \text{ στρέμματα} = 19968 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$400 \text{ ml} * 45,04 \text{ στρέμματα} = 18016 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$19968 \text{ ml} - 18016 \text{ ml} = 1952 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$x \text{ ευρώ τα } 19968 \text{ ml}$$

$$x = (19968 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 399360 \text{ ευρώ} / 1000 = 399 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

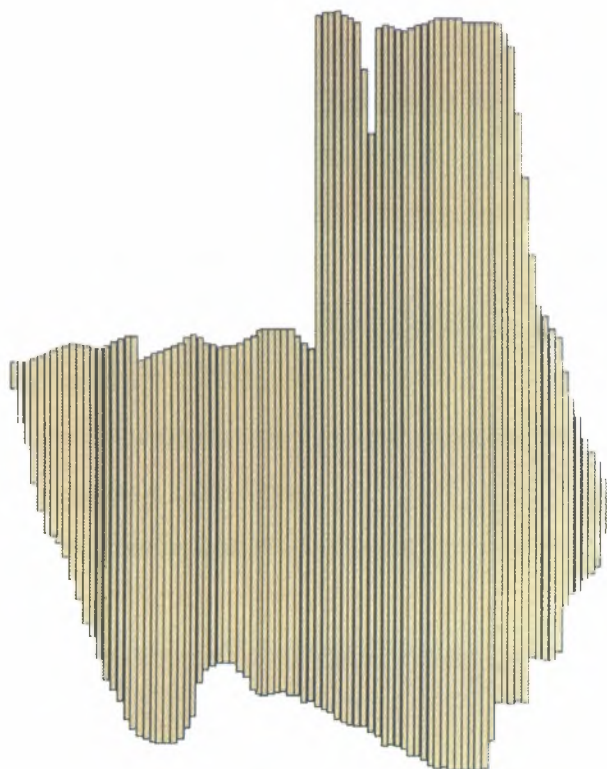
$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$x \text{ ευρώ τα } 18016 \text{ ml}$$

$$x = (18016 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 360320 \text{ ευρώ} / 1000 = 360 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$399 \text{ ευρώ} - 360 \text{ ευρώ} = 39 \text{ ευρώ}$$



Σχήμα 53. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκασμό με 10 sections.



Σχήμα 54. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκάσει, με 10 sections.



Όσον αφορά το Σχήμα 54, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 10 sections, είναι 4,28 στρέμματα (1,07 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 45,04 στρέμματα (11,26 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$45,04 \text{ στρέμματα} + 4,28 \text{ στρέμματα} = 49,32 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$400 \text{ ml} * 49,32 \text{ στρέμματα} = 19728 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$400 \text{ ml} * 45,04 \text{ στρέμματα} = 18016 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$19728 \text{ ml} - 18016 \text{ ml} = 1712 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 19728 \text{ ml}}$$

$$x = (19728 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 394560 \text{ ευρώ} / 1000 = 395 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 18016 \text{ ml}}$$

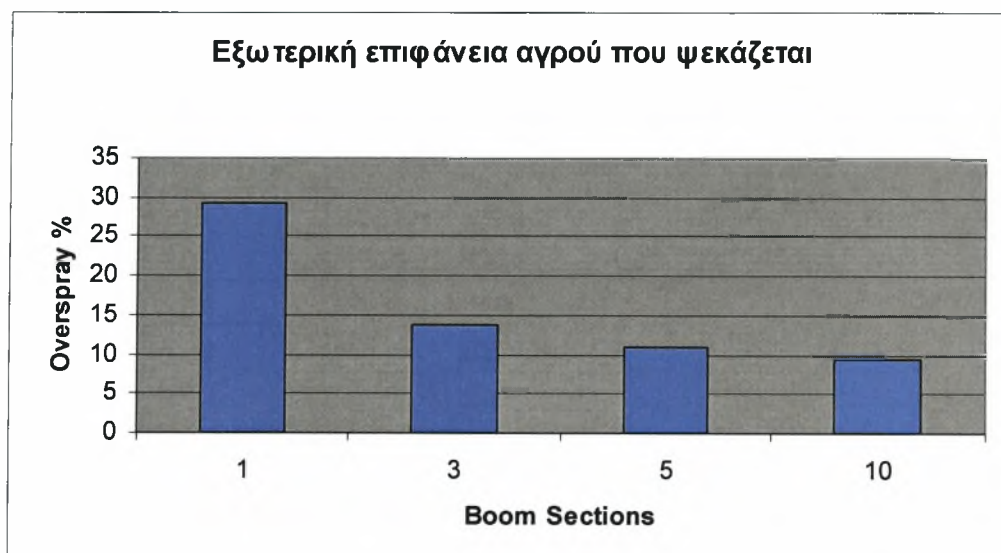
$$x = (18016 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 360320 \text{ ευρώ} / 1000 = 360 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$395 \text{ ευρώ} - 360 \text{ ευρώ} = 35 \text{ ευρώ}$$

Πίνακας 8. Συνολική επιφάνεια χωραφιού που δεν έπρεπε να ψεκαστεί.

Field	Boom Sections	Total Area (acres)	Area of Overspray (acres)	Overspray (Area of Overspray/Total Area)	Overspray %
Σχήμα 42	1	11,26	3,28	0,291297	29,12966
Σχήμα 44	3	11,26	1,54	0,136767	13,67673
Σχήμα 46	5	11,26	1,22	0,108348	10,83481
Σχήμα 48	10	11,26	1,07	0,095027	9,502664



Σχήμα 55. Εξωτερική επιφάνεια που ψεκάζεται ενώ δεν χρειάζεται % ανάλογα με τα τμήματα του ιστού που ελέγχονται από το σύστημα μεταβλητών δόσεων.

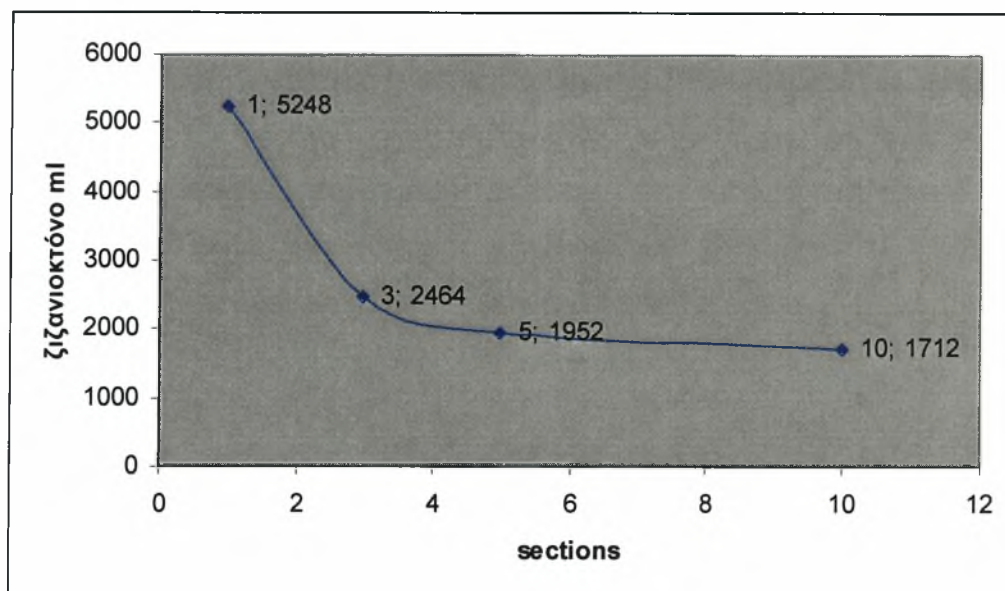
Από τον Πίνακα 8 και Σχήμα 55 παρατηρείται ότι σε όσο περισσότερα τμήματα είναι χωρισμένος ο βραχίονας του ψεκαστικού τόσο μικρότερη είναι η εξωτερική επιφάνεια που ψεκάζεται άσκοπα.

Πίνακας 9. Συνολική ποσότητα και κόστος λιπάσματος.

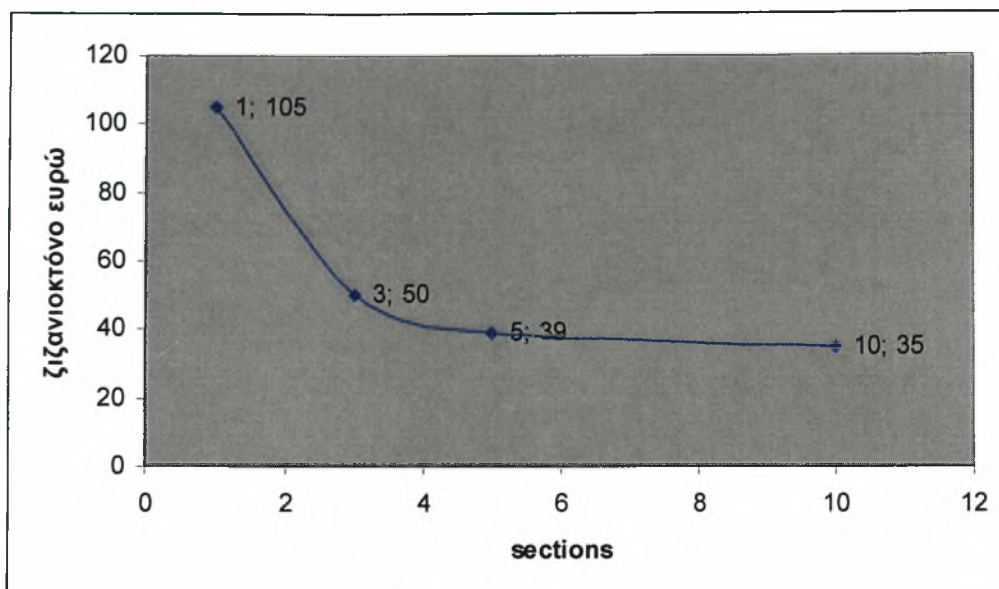
Sections	Συνολική επιφάνεια (στρέμματα)	Ζιζανιοκτόνο (ml)	Έξοδα ζιζανιοκτόνου (ευρώ)
1	58,16	23264	465
3	51,2	20480	410
5	49,92	19968	399
10	49,32	19728	395

Πίνακας 10. Ποσότητα και κόστος λιπάσματος σε εξωτερική επιφάνεια που δεν έπρεπε να ψεκαστεί.

Sections	Εξωτερική επιφάνεια (στρέμματα)	Ζιζανιοκτόνο (ml)	Έξοδα λιπάσματος (ευρώ)
1	13,12	5248	105
3	6,16	2464	50
5	4,88	1952	39
10	4,28	1712	35

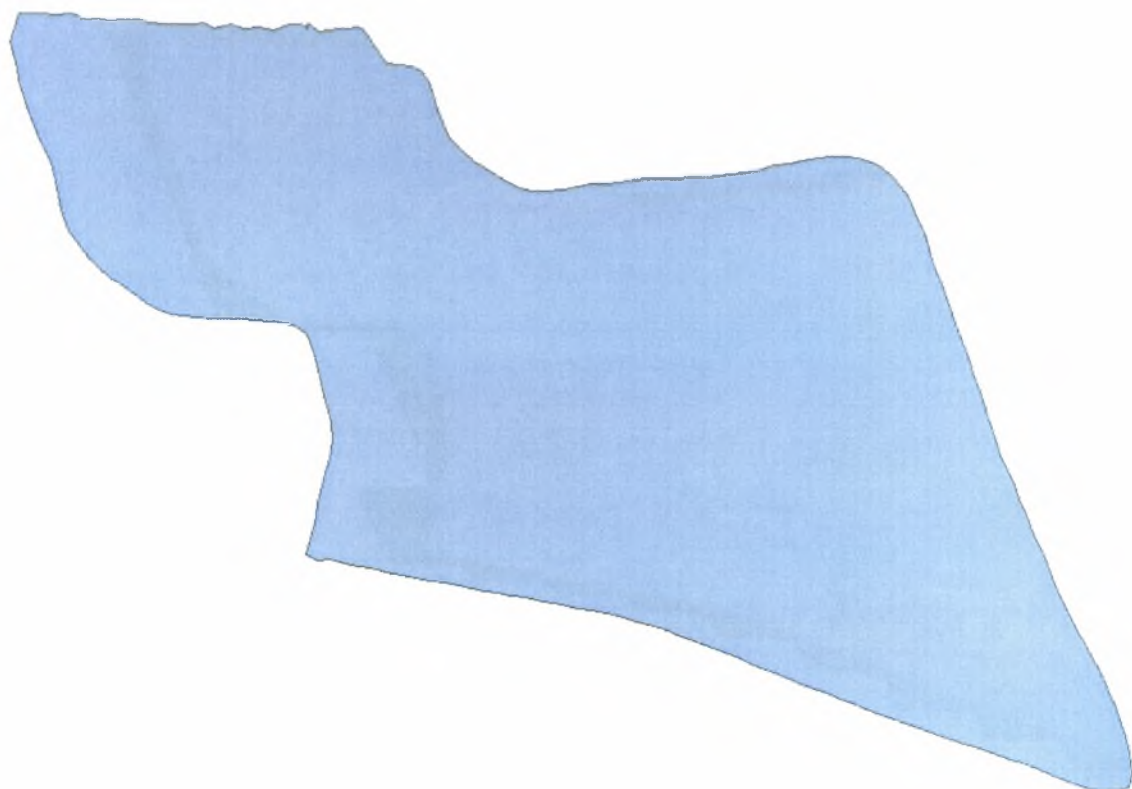


Σχήμα 56. Εφαρμογή ζιζανιοκτόνου στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού ανάλογα με τα τμήματα του ιστού που ελέγχονται από το σύστημα μεταβλητών δόσεων.

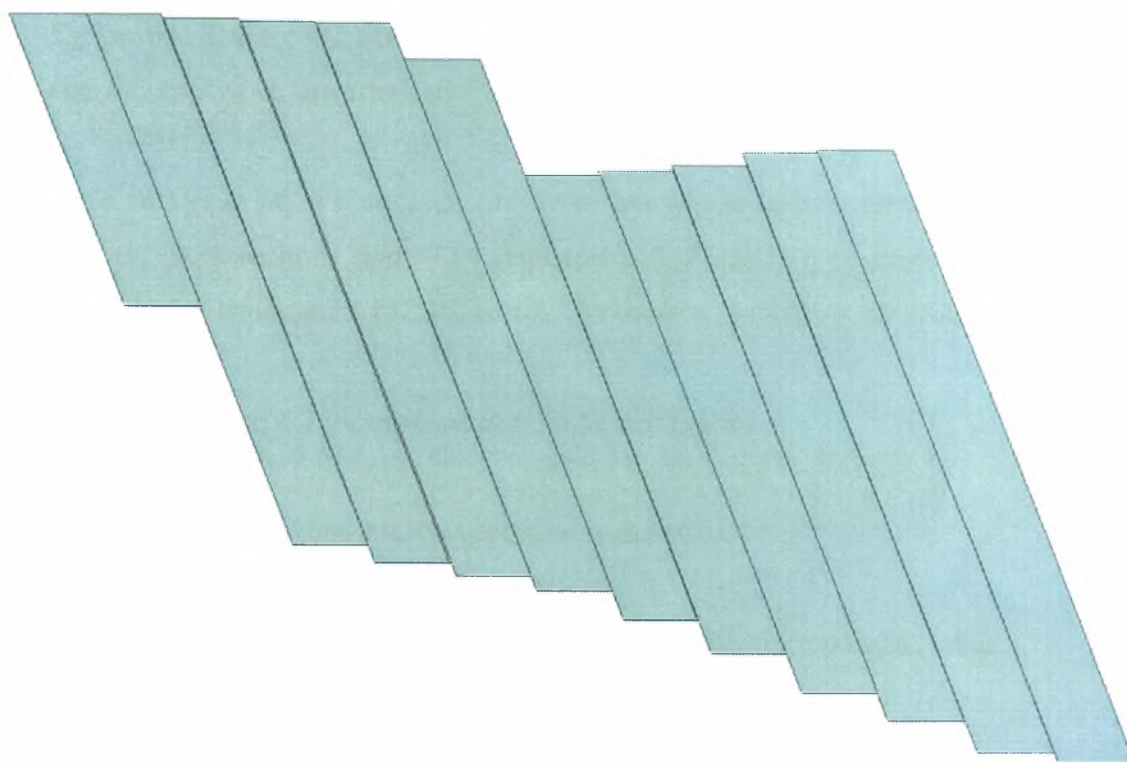


Σχήμα 57. Κόστος ζιζανιοκτόνου στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού ανάλογα με τα τμήματα του ιστού που ελέγχονται από το σύστημα μεταβλητών δόσεων.

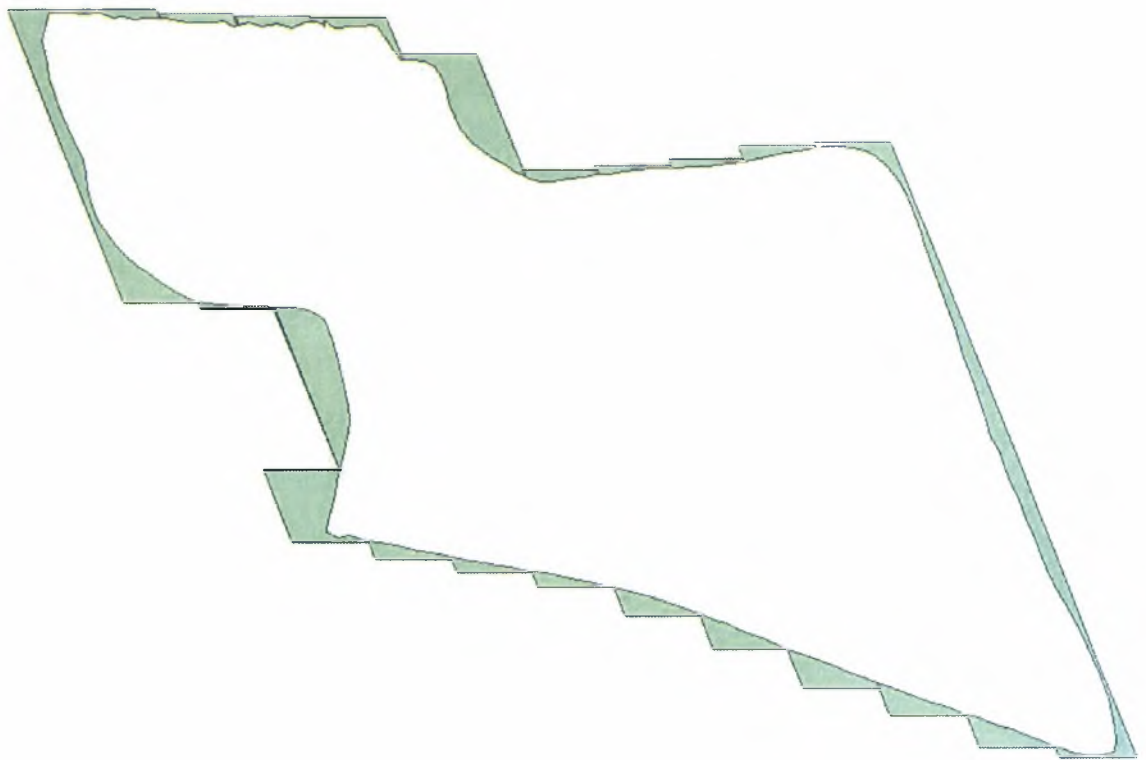
Από το Σχήμα 56 και Σχήμα 57 παρατηρείται ότι όταν χρησιμοποιείται βραχίονας ψεκαστικού που δεν είναι χωρισμένος σε τμήματα υπάρχει μεγαλύτερη δαπάνη ζιζανιοκτόνου στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού και συνεπώς και χρημάτων από ότι όταν χρησιμοποιείται ψεκαστικό με βραχίονα χωρισμένο σε τμήματα τα οποία κλείνουν ή ανοίγουν αυτόματα όταν βγουν από τα όρια του αγρού ή μπουν αντίστοιχα. Σε όσο περισσότερα τμήματα είναι χωρισμένος ο βραχίονας του ψεκαστικού τόσο μικρότερη δαπάνη υπάρχει.



Σχήμα 58. Χάρτης χωραφίου που πρόκειται να ψεκαστεί.



Σχήμα 59. Χάρτης χωραφίου μετά τον ψεκασμό με 1 section.



Σχήμα 60. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκαστεί, με 1 sections.

Όσον αφορά το Σχήμα 60, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 1 section, είναι 7,04 στρέμματα (1,76 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 49,04 στρέμματα (12,26 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$49,04 \text{ στρέμματα} + 7,04 \text{ στρέμματα} = 56,08 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$400 \text{ ml} * 56,08 \text{ στρέμματα} = 22432 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$400 \text{ ml} * 49,04 \text{ στρέμματα} = 19616 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$22432 \text{ ml} - 19616 \text{ ml} = 2816 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

20 ευρώ τα 1000 ml

x ευρώ τα 22432 ml

$$x = (22432 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 448640 \text{ ευρώ} / 1000 = 449 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

20 ευρώ τα 1000 ml

x ευρώ τα 19616 ml

$$x = (19616 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 392320 \text{ ευρώ} / 1000 = 392 \text{ ευρώ}$$

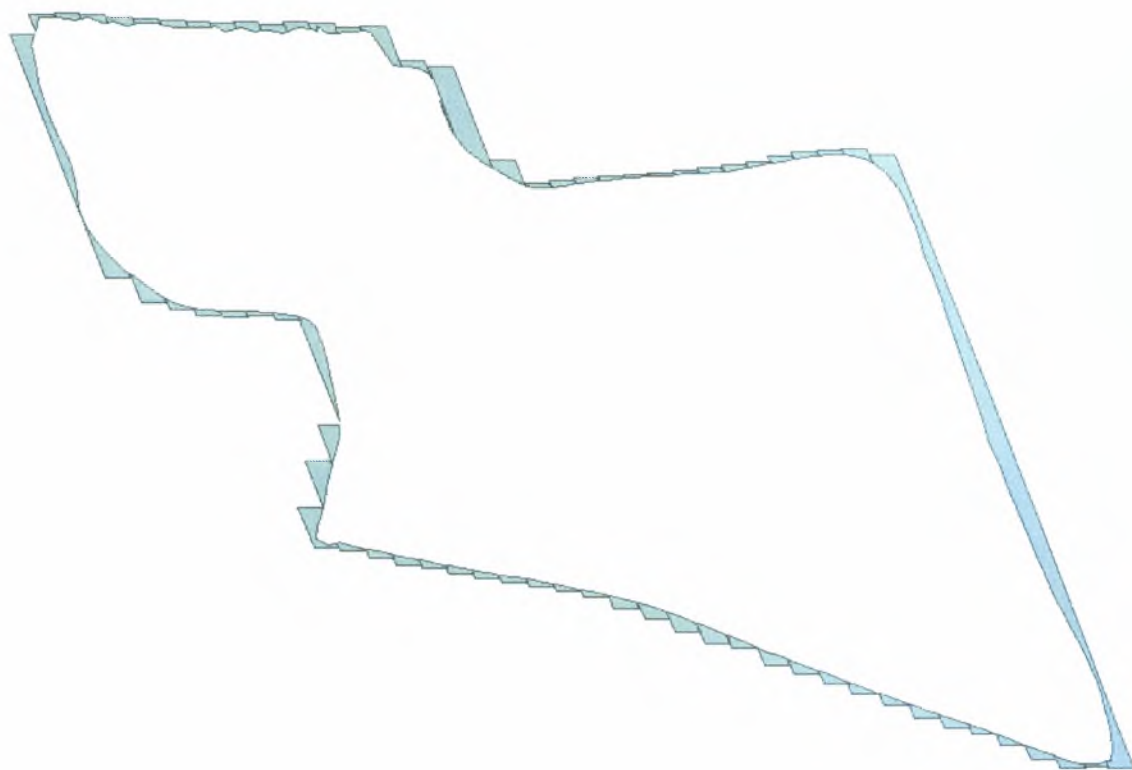
Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$449 \text{ ευρώ} - 392 \text{ ευρώ} = 57 \text{ ευρώ}$$





Σχήμα 61. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκασμό με 3 sections.



Σχήμα 62. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκαστεί με 3 sections.

Όσον αφορά το Σχήμα 62, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφίου που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 3 sections, είναι 3,32 στρέμματα (0,83 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 49,04 στρέμματα (12,26 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$49,04 \text{ στρέμματα} + 3,32 \text{ στρέμματα} = 52,36 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$400 \text{ ml} * 52,36 \text{ στρέμματα} = 20944 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$400 \text{ ml} * 49,04 \text{ στρέμματα} = 19616 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$20944 \text{ ml} - 19616 \text{ ml} = 1328 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$x \text{ ευρώ τα } 20944 \text{ ml}$$

$$x = (20944 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 418880 \text{ ευρώ} / 1000 = 419 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

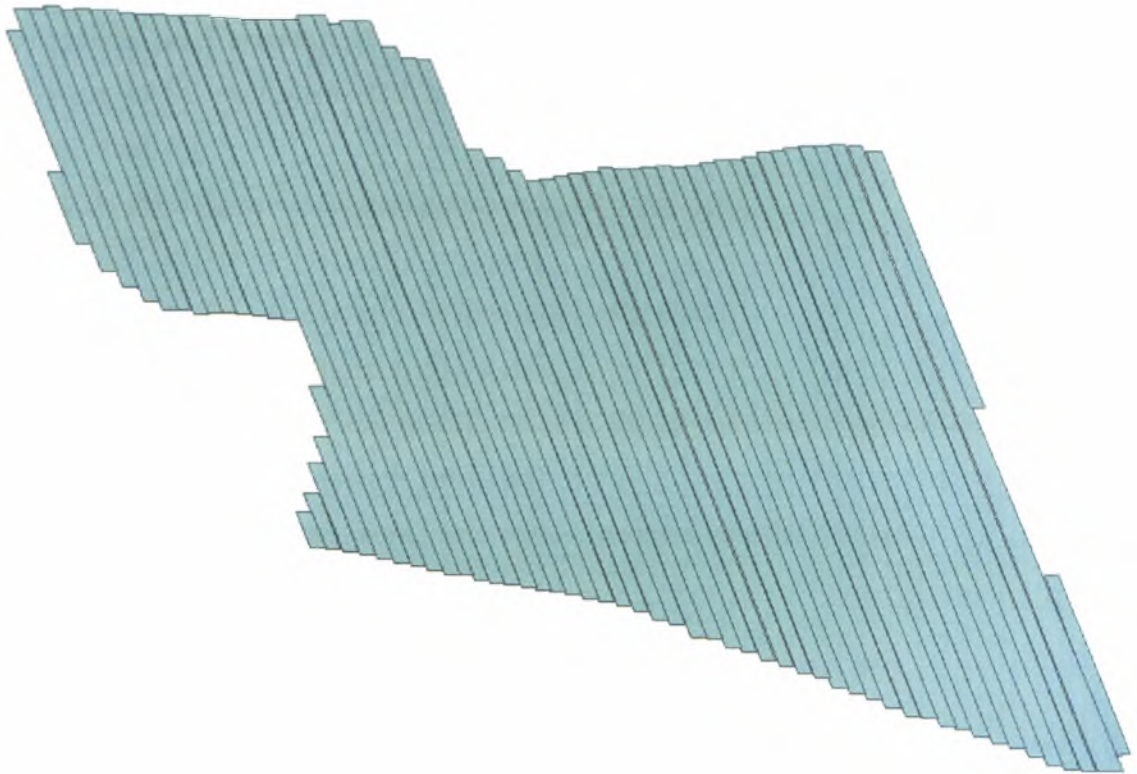
$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$x \text{ ευρώ τα } 19616 \text{ ml}$$

$$x = (19616 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 392320 \text{ ευρώ} / 1000 = 392 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$419 \text{ ευρώ} - 392 \text{ ευρώ} = 27 \text{ ευρώ}$$



Σχήμα 63. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκασμό με 5 sections.



Σχήμα 64. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκάσει, με 5 sections.

Όσον αφορά το Σχήμα 64, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 5 sections, είναι 2,08 στρέμματα (0,52 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 49,04 στρέμματα (12,26 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$49,04 \text{ στρέμματα} + 2,08 \text{ στρέμματα} = 51,12 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$400 \text{ ml} * 51,12 \text{ στρέμματα} = 20448 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$400 \text{ ml} * 49,04 \text{ στρέμματα} = 19616 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$20448 \text{ ml} - 19616 \text{ ml} = 832 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 20448 \text{ ml}}$$

$$x = (20448 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 408960 \text{ ευρώ} / 1000 = 409 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

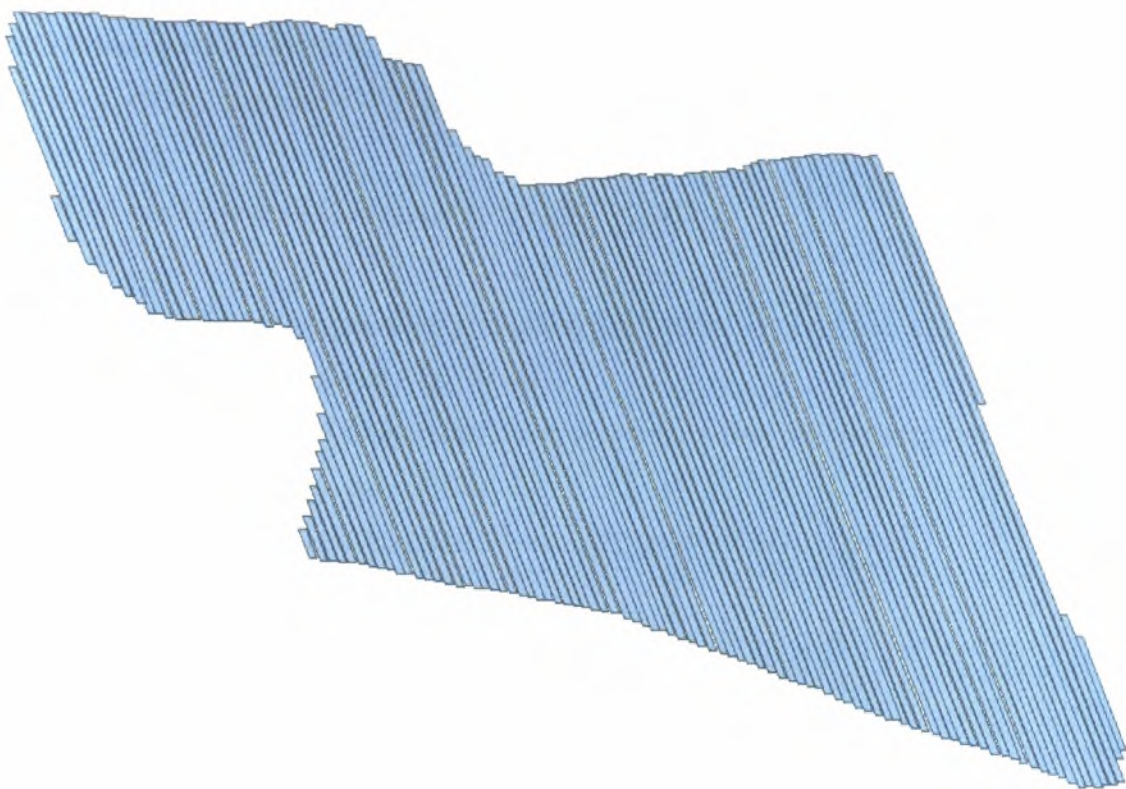
$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 19616 \text{ ml}}$$

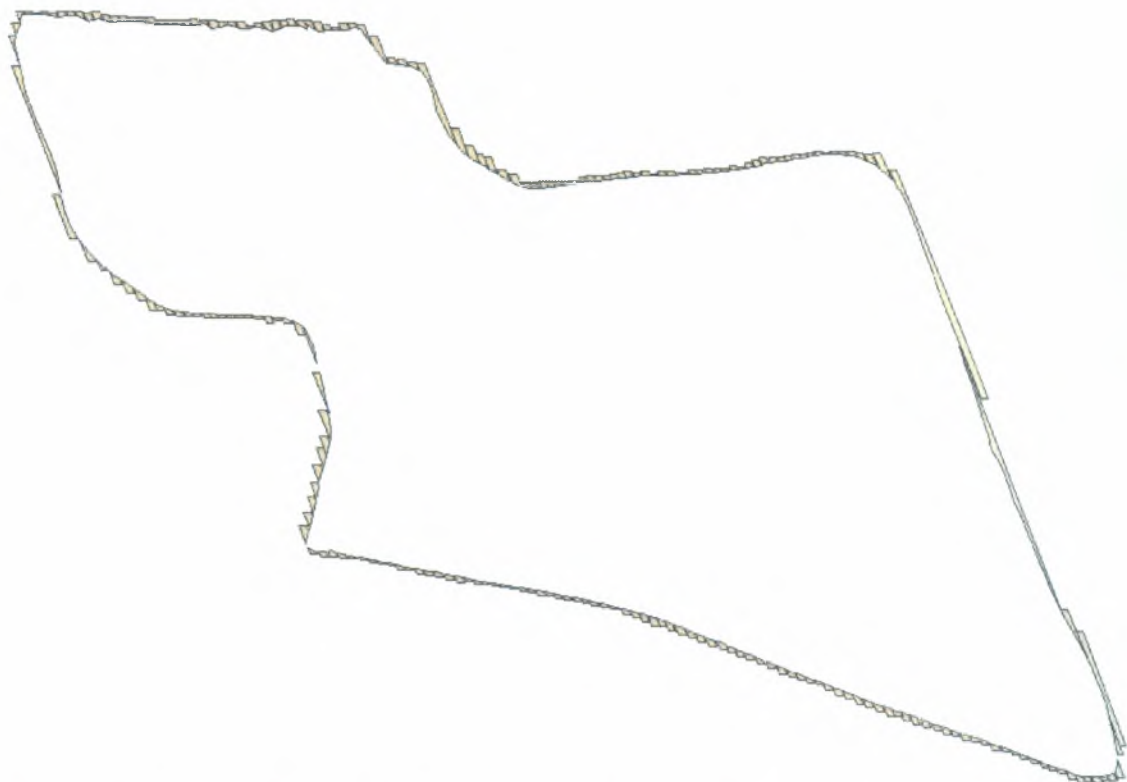
$$x = (19616 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 392320 \text{ ευρώ} / 1000 = 392 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$409 \text{ ευρώ} - 392 \text{ ευρώ} = 17 \text{ ευρώ}$$



Σχήμα 65. Χάρτης χωραφιού μετά τον ψεκασμό με 10 sections.



Σχήμα 66. Χάρτης της εξωτερικής επιφάνειας του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δεν έπρεπε να ψεκαστεί, με 10 sections.



Όσον αφορά το Σχήμα 66, η εξωτερική επιφάνεια του χωραφιού που ψεκάστηκε ενώ δε χρειαζόταν, με 10 sections, είναι 1,8 στρέμματα (0,45 acres). Η επιφάνεια του αγρού είναι 49,04 στρέμματα (12,26 acres). Δηλαδή η συνολική επιφάνεια που ψεκάζεται είναι:

$$49,04 \text{ στρέμματα} + 1,8 \text{ στρέμματα} = 50,84 \text{ στρέμματα}$$

Άρα, το συνολικό ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

$$400 \text{ ml} * 50,84 \text{ στρέμματα} = 20336 \text{ ml}$$

Από τα οποία το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να ψεκαστεί ο αγρός είναι:

$$400 \text{ ml} * 49,04 \text{ στρέμματα} = 19616 \text{ ml}$$

Επομένως, το ζιζανιοκτόνο που δαπανάται στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$20336 \text{ ml} - 19616 \text{ ml} = 720 \text{ ml}$$

Τα συνολικά χρήματα που ξοδεύονται για το ψεκασμό είναι:

$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 20336 \text{ ml}}$$

$$x = (20336 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 406720 \text{ ευρώ} / 1000 = 407 \text{ ευρώ}$$

Από τα οποία για το ψεκασμό του αγρού ξοδεύονται τα:

$$20 \text{ ευρώ τα } 1000 \text{ ml}$$

$$\underline{x \text{ ευρώ τα } 19616 \text{ ml}}$$

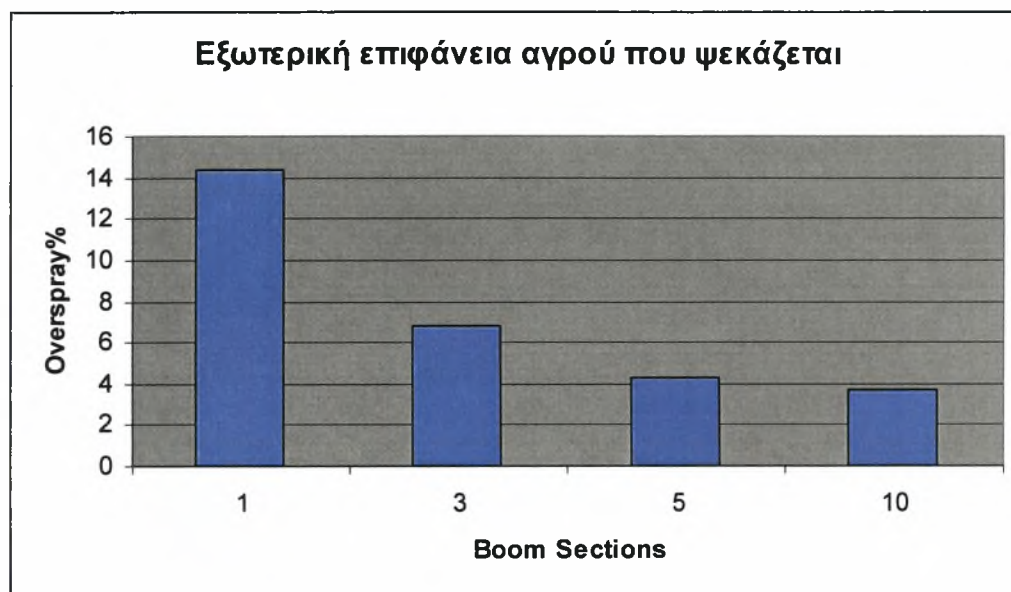
$$x = (19616 \text{ ml} * 20 \text{ ευρώ}) / 1000 \text{ ml} = 392320 \text{ ευρώ} / 1000 = 392 \text{ ευρώ}$$

Επομένως, τα χρήματα που ξοδεύονται άσκοπα για την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$$407 \text{ ευρώ} - 392 \text{ ευρώ} = 15 \text{ ευρώ}$$

Πίνακας 11. Συνολική επιφάνεια χωραφιού που δεν έπρεπε να ψεκαστεί.

Field	Boom Sections	Total Area (acres)	Area of Overspray (acres)	Overspray (Area of Overspray/Total Area)	Overspray %
Σχήμα 52	1	12,26	1,76	0,143556	14,35563
Σχήμα 54	3	12,26	0,83	0,0677	6,769984
Σχήμα 56	5	12,26	0,52	0,042414	4,241436
Σχήμα 58	10	12,26	0,45	0,036705	3,670473



Σχήμα 67. Εξωτερική επιφάνεια που ψεκάζεται ενώ δεν χρειάζεται % ανάλογα με τα τμήματα του ιστού που ελέγχονται από το σύστημα μεταβλητών δόσεων.

Από τον Πίνακα 11 και Σχήμα 67 παρατηρείται ότι σε όσο περισσότερα τμήματα είναι χωρισμένος ο βραχίονας του ψεκαστικού τόσο μικρότερη είναι η εξωτερική επιφάνεια που ψεκάζεται άσκοπα.

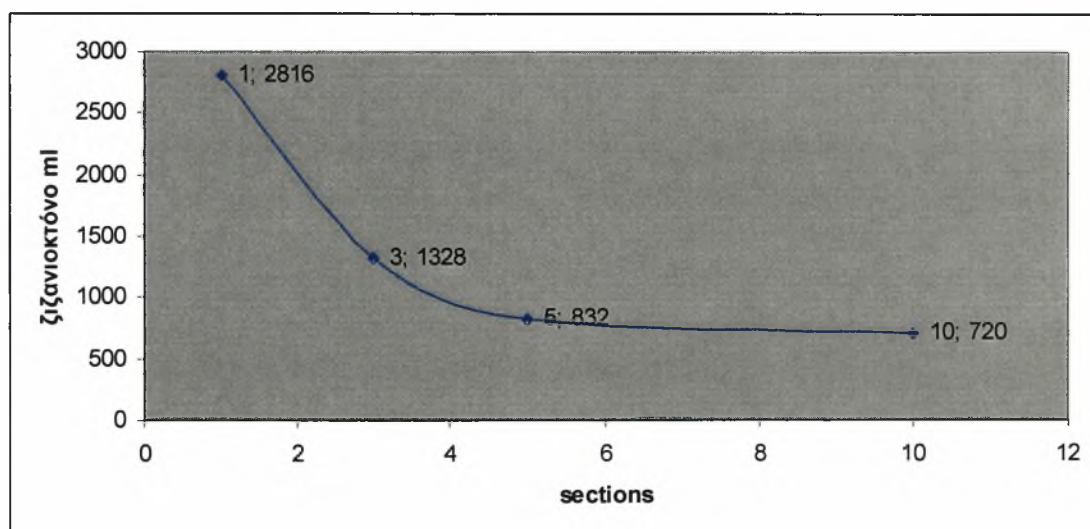


Πίνακας 12. Συνολική ποσότητα και κόστος ζιζανιοκτόνου.

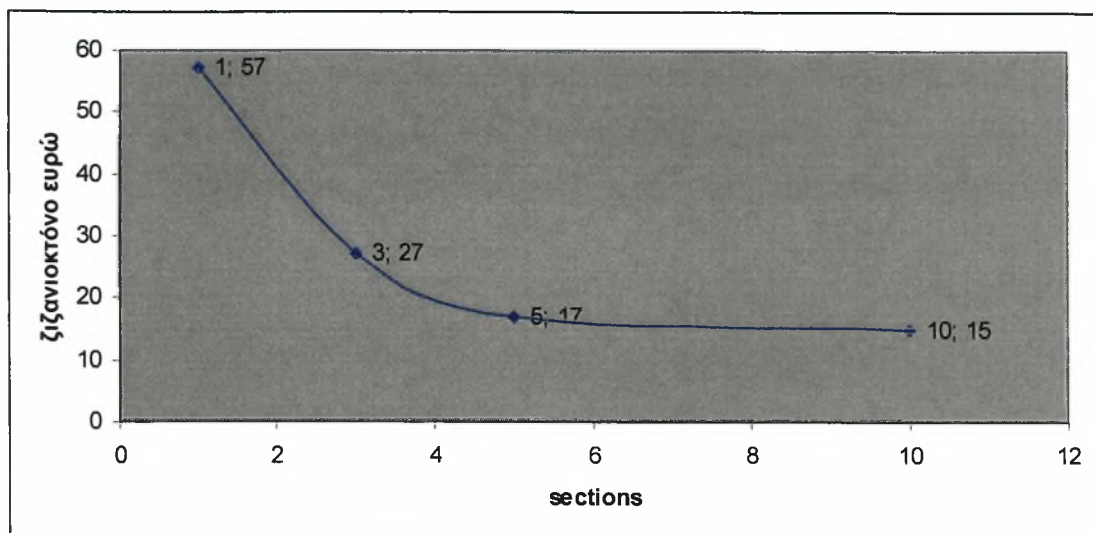
Sections	Συνολική επιφάνεια (στρέμματα)	ζιζανιοκτόνο (ml)	Έξοδα ζιζανιοκτόνου (ευρώ)
1	56,08	22432	499
3	52,36	20944	419
5	51,12	20448	409
10	50,84	20336	407

Πίνακας 13. Ποσότητα και κόστος ζιζανιοκτόνου σε εξωτερική επιφάνεια που δεν έπρεπε να ψεκαστεί.

Sections	Εξωτερική επιφάνεια (στρέμματα)	ζιζανιοκτόνο (ml)	Έξοδα ζιζανιοκτόνου (ευρώ)
1	7,04	2816	57
3	3,32	1328	27
5	2,08	832	17
10	1,8	720	15



Σχήμα 68. Εφαρμογή ζιζανιοκτόνου στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού ανάλογα με τα τμήματα του ιστού που ελέγχονται από το σύστημα μεταβλητών δόσεων.



Σχήμα 69. Κόστος ζιζανιοκτόνου στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού ανάλογα με τα τμήματα του ιστού που ελέγχονται από το σύστημα μεταβλητών δόσεων.

Από το Σχήμα 68 και Σχήμα 69 παρατηρείται ότι όταν χρησιμοποιείται βραχίονας ψεκαστικού, που δεν είναι χωρισμένος σε τμήματα, υπάρχει μεγαλύτερη δαπάνη ζιζανιοκτόνου στην εξωτερική επιφάνεια του αγρού και συνεπώς και χρημάτων από ότι όταν χρησιμοποιείται ψεκαστικό με βραχίονα χωρισμένο σε τμήματα τα οποία κλείνουν ή ανοίγουν αυτόματα όταν βγουν από τα όρια του αγρού ή μπουν αντίστοιχα. Σε όσο περισσότερα τμήματα είναι χωρισμένος ο βραχίονας του ψεκαστικού τόσο μικρότερη δαπάνη υπάρχει.

Από ότι φαίνεται από τα αποτελέσματα υπάρχει εξοικονόμηση χρημάτων χρησιμοποιώντας κάποιο σύστημα που ελέγχει τον ψεκασμό. Επομένως από την στιγμή που αυτά τα συστήματα στοιχίζουν από 550 ευρώ μέχρι 2100 ευρώ θα ήταν προς το συμφέρον των παραγωγών η αγορά κάποιου τέτοιου συστήματος. Βέβαια θα πρέπει να ληφθεί υπόψη σε κάθε περίπτωση η έκταση του αγρού, το σχήμα του καθώς και ο αριθμός των ψεκασμών που γίνονται μέσα σε ένα χρόνο και το κόστος των χημικών που χρησιμοποιούνται.

## 6. Συμπεράσματα

Η έρευνα αυτή έγινε με σκοπό να διαπιστωθεί αν τα συστήματα αυτόματου ελέγχου του ψεκασμού δουλεύουν σύμφωνα με τον κατασκευαστή τους. Για αυτό τον λόγο, παρουσιάστηκαν χάρτες που δείχνουν την εξωτερική επιφάνεια που ψεκάζεται χωρίς κάποιο σύστημα ελέγχου του ψεκασμού καθώς και χάρτες που δείχνουν την εξωτερική επιφάνεια που ψεκάζεται ανάλογα με τα πόσα τμήματα είναι χωρισμένος ο ιστός του ψεκαστικού. Από τους χάρτες και τους υπολογισμούς που έγιναν προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα.

- Όταν χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα που ελέγχει το ψεκασμό, ανεξάρτητα από τον αριθμό των τμημάτων που είναι χωρισμένος ο ιστός, υπάρχει εξοικονόμηση χημικών επομένως και χρημάτων.
- Σε όσα περισσότερα τμήματα είναι χωρισμένος ο ιστός τόσο μικρότερη είναι η επιφάνεια που ψεκάζεται έξω από τον αγρό και επομένως εφαρμόζεται λιγότερη ποσότητα χημικών ξοδεύοντας λιγότερα χρήματα.
- Η διαφορά που υπάρχει στην ποσότητα χημικών που εφαρμόζεται όταν ο ιστός είναι χωρισμένος σε 5 τμήματα σε σχέση με αυτή των δέκα είναι αρκετά μικρή.
- Από την στιγμή που τα συστήματα αυτά στοιχίζουν μέχρι 2100 ευρώ, από τους υπολογισμούς που έγιναν φαίνεται ότι συμφέρει τους παραγωγούς οικονομικά να χρησιμοποιούν ένα τέτοιο σύστημα.

## 7. Βιβλιογραφία

### Ελληνική Βιβλιογραφία

- 1) Καρύδας Χ., Συλλαίος Ν.. Πεδία και τρόποι καταγραφής της παραλλακτικότητας στη Γεωργία Ακριβείας.  
[http://users.auth.gr/~silleos/new\\_page\\_6.htm](http://users.auth.gr/~silleos/new_page_6.htm)
- 2) Τσατσαρέλη Κ.. Διαχείριση γεωργικών μηχανημάτων.

### References

- 1) Cox S. (2002). Information technology: the global key to precision agriculture and sustainability.
- 2) Fiengo G., Domenico D. and Glielmo L. (2007). A hybrid procedure strategy for vehicle localization system: Design and prototyping.
- 3) Fix R. and Burt T. (1995). Global Positioning System: an effective way to map a small area or catchment.
- 4) Robinson E. (2004). Is precision farming right for you?
- 5) Schellberg J., Hill M., Gerhards R., Rothmund M. and Braun M. (2007). Precision agriculture on grassland: Applications, perspectives and constraints.
- 6) Stafford J. (2000). Implementing Precision Agriculture in the 21st Century.
- 7) Zhang N., Wang M. and Wang N. (2002). Precision agriculture — a worldwide overview.

### Web – sites References

- 1) <http://www.agleader.com/products.php?Product=directcommand>
- 2) <http://www.farmscan.net.au/default.aspx?ContentID=106>
- 3) <http://www.ravenprecision.com/us/Products/productCat2.jsp?cat1=3&cat2=2>
- 4) <http://www.ravenprecision.com/us/Products/productCat2.jsp?cat1=3&cat2=3>
- 5) <http://rinex.com.au/as7500.asp>
- 6) <http://www.mid-tech.com/english/home/products/precision-farming-products/boom-section-control/boompilot™.aspx>
- 7) <http://www.trimble.com/agriculture/ez-boom.aspx?dtID=overview>
- 8) [http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-321643/022503-245\\_EZ-Boom\\_FS\\_0706\\_AG\\_lr.pdf](http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-321643/022503-245_EZ-Boom_FS_0706_AG_lr.pdf)
- 9) <http://web.ebscohost.com.spot.lib.auburn.edu/ehost/pdf?vid=4&hid=109&sid=b86e2828-f609-4e98-a48c-5e790ba35421%40sessionmgr107>





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000100662