



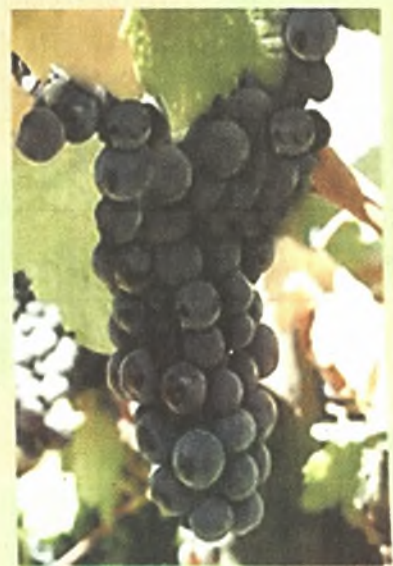
# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών μεταξύ  
του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής &  
Αγροτικού Περιβάλλοντος και του Τμήματος Γεωπονίας  
Ζωϊκής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος

Αθ. Τ. Χατζηνίκος



Ανάλυση της παραλλακτικότητας ποιοτικών  
και ποσοτικών παραμέτρων σε αμπελώνες  
της Ραψάνης Λάρισας



Βόλος, 2007



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

Αριθ. Εισ.: 3526/1

Ημερ. Εισ.: 28-03-2008

Δωρεά: Συγγραφέα

Ταξιθετικός Κωδικός: Δ

634.8

ΧΑΤ

**Ανάλυση της παραλλακτικότητας ποιοτικών  
και ποσοτικών παραμέτρων σε αμπελώνες  
της Ραψάνης Λάρισας**

Θ. Α. Γέμος, Καθηγητής Γεωργικής Μηχανολογίας,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Γ. Δ. Νάνος, Αν. Καθηγητής Δενδροκομίας  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Α. Δημήτρου, Αν. Καθηγήτρια Εδαφολογίας  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου, κο. Θ. Γέμτο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την πολύτιμη βοήθειά του και την καθοδήγηση κατά τη διάρκεια της εργασίας. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω και τους Καθηγητές – εξεταστές κα. Α. Δημήρκου, Αν. Καθηγήτρια και Γ. Νάνο, Αν. Καθηγητή για τις πολύτιμες συμβουλές. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συνεργάτες μου κο. Σπύρο Φουντά, Διδάκτορα, κα. Κατερίνα Αγγελοπούλου, Υποψήφια Διδάκτορα, καθώς και τους Βαρδούλη Γεώργιο και Ταγαράκη Αριστοτέλη, Μεταπτυχιακοί Φοιτητές, για τις συμβουλές τους και τη βοήθεια τους στη διαδικασία του πειράματος και στη συγγραφή της εργασίας. Τέλος θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες στην οικογένειά μου που με βοήθησαν κατά τη διάρκεια του πειράματος και της συγγραφής της εργασίας.

## Περίληψη

Σε δύο διαφορετικούς αμπελώνες της αμπελουργικής περιοχής Ραψάνης, έγινε προσπάθεια εφαρμογής αμπελουργίας ακριβείας. Είναι γνωστό ότι οι αμπελώνες έχουν μεγάλη παραλλακτικότητα ως προς τις ιδιότητές τους (παραγωγή, εδαφικές ιδιότητες). Αυτό όμως παρόλο που ο παραγωγός γνώριζε ποια σημεία έχουν μεγαλύτερη παραγωγή, δεν μπορούσε να γνωρίσει όμως το μέγεθος αυτής της παραλλακτικότητας. Με τη χρήση τεχνολογιών Γεωργίας Ακριβείας, αυτή την παραλλακτικότητα μπορεί πλέον να την ποσοτικοποιήσει, αλλά και να μπορεί να τη συσχετίσει με άλλες ιδιότητες.

Σε πρώτη φάση έγινε μέτρηση της παραγωγής, από όπου αποκτήθηκαν οι χάρτες παραγωγής, ενώ παράλληλα έγινε συλλογή δειγμάτων από σταφύλια, για ανάλυση ποιοτικών χαρακτηριστικών (σάκχαρα, οξύτητα και pH χυμού). Τα δεδομένα αυτά θα χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης για κατευθυνόμενη δειγματοληψία εδάφους. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης είναι η ασαφής ομαδοποίηση κατά k-means (fuzzy k-means clustering). Ο αριθμός των ζωνών που χωρίστηκε ο αμπελώνας είναι τέσσερις.

Στο δεύτερο στάδιο έγινε δειγματοληψία εδάφους, όπου λήφθηκαν 40 δείγματα εδάφους, δύο δείγματα διαφορετικού βάθους από κάθε σημείο (0-30 και 30-60 εκ.), και πέντε από κάθε ζώνη. Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών χρησιμοποιήθηκαν γραφική αναπαράσταση της παραλλακτικότητας του εδάφους του αμπελώνα.

Στο τελευταίο στάδιο δημιουργήθηκε η γραμμική εξίσωση που συνδέει την παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά με τις εδαφικές παραμέτρους. Από την εξίσωση προκύπτει ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά επηρεάζονται περισσότερο από τις εδαφικές ιδιότητες παρά από την παραγωγή. Απότερος σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να συνεχιστεί η χαρτογράφηση της παραγωγής και η συλλογή των δεδομένων, ώστε να επιβεβαιωθεί ή να βελτιωθεί το μοντέλο υπολογισμού των παραμέτρων.

<b>Περιεχόμενα</b>	
<b>Ευχαριστίες</b>	<b>i</b>
<b>Περίληψη</b>	<b>ii</b>
<b>Περιεχόμενα</b>	<b>iii</b>
<b>Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
1.1. Γενικά	1
1.2. Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture)	2
1.3. Τεχνολογίες Γεωργίας Ακριβείας	4
1.3.1. Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning System)	4
1.3.2. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information Systems)	6
1.3.2.1. Παρουσίαση Δεδομένων	7
1.3.2.2. Μέθοδος Kriging	8
1.3.2.3. Μέθοδος Inverse Distance	8
1.4. Ζώνες Διαχείρισης (Management Zones)	8
1.4.1. Δορυφορικές Φωτογραφίες	9
1.4.2. Εμπειρικές στατιστικές μέθοδοι	10
1.4.3. Στατιστικές Μέθοδοι – Data Clustering (Ταξινόμηση δεδομένων)	10
1.4.4. Στατιστικές Μέθοδοι – Factor Analysis (Παραγοντική ανάλυση)	15
1.4.5. Χρήση αισθητήρων	15
1.5. Μεταβλητές Καλλιεργητικές φροντίδες (Variable Rate Application)	18
1.6. Αμπελουργία Ακριβείας	19
1.6.1. Γενικά	19
1.6.2. Εφαρμογή Αμπελουργίας Ακριβείας στον κόσμο	20
1. Αυστραλία	20
2. Ισπανία	21
3. Γαλλία	22
4. Χιλή	22
5. Παγκόσμια	23
<b>Κεφάλαιο 2. Αμπέλι</b>	<b>24</b>
2.1. Γενικά	24
2.2. Στοιχεία Αμπελουργίας	25

2.3. Αμπελουργία στην Ελλάδα	26
2.4. Στοιχεία Οινολογίας – Νομοθεσία	28
2.5. Ιδιότητες του κρασιού	31
2.6. Συσχετίσεις ποιότητας με εδαφικούς και χημικούς παράγοντες	31
<b>Κεφάλαιο 3. Ραψάνη</b>	<b>35</b>
3.1. Γενικά	35
3.2. Το κρασί της Ραψάνης	36
3.2.1. Ποικιλίες που καλλιεργούνται στην περιοχή της Ραψάνης	36
3.2.2. Καλλιέργεια	37
3.3. Γενικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης αμπελουργικής ζώνης της Ραψάνης	38
3.4. Σχήματα – Πίνακες	40
<b>Κεφάλαιο 4. Υλικά και μέθοδοι</b>	<b>48</b>
4.0. Εισαγωγή	48
4.1. Χαρτογράφηση παραγωγής	50
4.2. Δειγματοληψία ποιοτικών χαρακτηριστικών	50
4.3. Αναπαράσταση δεδομένων σε χάρτες	51
4.4. Δημιουργία ζωνών διαχείρισης	52
4.5. Επιλογή σημείων δειγματοληψίας	53
4.6. Ανάλυση – Αναπαράσταση των εδαφικών παραμέτρων	53
4.7. Συσχέτιση εδαφικών παραμέτρων με ποιοτικά χαρακτηριστικά και παραγωγή	54
4.8. Πιθανές βελτιώσεις	54
<b>Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα</b>	<b>55</b>
5.1. Χαρτογράφηση παραγωγής	55
5.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά	57
5.3. Δημιουργία ζωνών διαχείρισης	59
5.4. Δειγματοληψία εδάφους	61
5.5. Συσχέτιση εδαφικών παραμέτρων με παραγωγή και ποιοτικά χαρακτηριστικά	69
<b>Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα – Μελλοντική εργασία</b>	<b>73</b>
<b>Κεφάλαιο 7. Βιβλιογραφία</b>	<b>75</b>



# Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

## 1.1. Γενικά

Πριν από την εποχή που ο άνθρωπος χρησιμοποίησε τα μηχανήματα στις γεωργικές εργασίες, καλλιεργούσε τη Γη συνήθως με τα χέρια ή με τα ζώα, κυρίως με βόδια, άλογα ή μουλάρια. Ο άνθρωπος κινούνταν συνεχώς στο χωράφι και γνώρισε κάθε πιθαμή του. Ο άνθρωπος γνώριζε ποια σημεία του χωραφιού του είναι αρκετά παραγωγικά και ποια δεν ήταν, ενώ μπορούσε να καθορίζει και τις εισροές του όπως σπόρο, νερό, κοπριά κ.ά. ανάλογα με το σημείο του χωραφιού. Επιπλέον η συγκομιδή ξεκινούσε πάντοτε από τα σημεία όπου είχε ωριμάσει νωρίτερα το προϊόν. Με την ανάπτυξη και εξέλιξη των γεωργικών μηχανημάτων, οι αγρότες είχαν τη δυνατότητα να καλλιεργούν μεγαλύτερες εκτάσεις χωρίς να έχουν πλέον άμεση επαφή με το χωράφι. Μέχρι σήμερα το σύστημα καλλιέργειας που χρησιμοποιείται είναι η συμβατική γεωργία, η οποία στηρίζεται στις εφαρμογές των εισροών και των άλλων καλλιεργητικών φροντίδων με βάση το μέσο όρο των χαρακτηριστικών του χωραφιού. Ο γεωργός εφαρμόζε ομοιόμορφα καλλιεργητικές φροντίδες παρ' όλο που από εμπειρίες και παρατηρήσεις γνώριζε ότι οι απαιτήσεις και η παραγωγή διέφεραν σημαντικά στα διάφορα σημεία του αγρού. Οι εφαρμογές των εισροών στοχεύουν είτε στην αντικατάσταση των στοιχείων που απομακρύνθηκαν από την καλλιέργεια, είτε στη μεγιστοποίηση της απόδοσης με βάση το δυναμικό παραγωγής του κάθε χωραφιού. Στόχος του συστήματος ήταν να επιτευχθούν όσο το δυνατό μεγαλύτερες αποδόσεις που οδηγούν στην αυτάρκεια για να καλύπτουν τις διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες του πληθυσμού. Με τη χρήση της συμβατικής γεωργίας είχαμε μεγάλες αυξήσεις στις αποδόσεις των καλλιεργειών. Αυτό επιτεύχθηκε χάρη στη βελτίωση των καλλιεργούμενων ποικιλιών, στη βελτίωση των καλλιεργητικών τεχνικών, στην αύξηση της χρήσης χημικών (λιπάσματα, φυτοφάρμακα). Παράλληλα άρχισαν να εμφανίζονται σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Κατά τα τέλη της δεκαετίας του '80 και στις αρχές της δεκαετίας του '90, ο άνθρωπος άρχισε να προβληματίζεται για τις συνέπειες που προκλήθηκαν στο περιβάλλον με την αλόγιστη χρήση χημικών ουσιών (λιπάσματα, φυτοφάρμακα) προσπαθώντας να αυξήσει την παραγωγή του. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να στραφεί σε άλλα συστήματα καλλιέργειας, τα οποία δεν θα έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο

περιβάλλον. Ένα από αυτά τα συστήματα καλλιέργειας είναι η βιολογική γεωργία, στην οποία δεν γίνεται καμία εφαρμογή χημικών ουσιών αλλά με σημαντική μείωση της παραγωγής. Ανάμεσα στη βιολογική καλλιέργεια και τη συμβατική είναι η **Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παραγωγής (Integrated Crop Management, ICM)**, όπου η ολοκληρωμένη διαχείριση της παραγωγής στοχεύει στη βελτίωση των καλλιεργητικών τεχνικών με στόχο τη βελτίωση της ασφάλειας και υγιεινής των προϊόντων και παράλληλα στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στη γεωργία, στο περιβάλλον, στην εξοικονόμηση πόρων, στη βελτίωση των παραμέτρων της παραγωγής, όπως είναι η γονιμότητα του εδάφους, και στην αειφορία της γεωργίας.

Ήδη από τη δεκαετία του 1950 και 1960 έγινε κατανοητό ότι η ομοιόμορφη εφαρμογή των εισροών δεν οδηγούσε σε ορθολογική χρήση τους. Η καταγραφή και η διαχείριση της παρατηρούμενης παραλλακτικότητας δεν ήταν όμως δυνατή με την υπάρχουσα τεχνολογία. Η εισαγωγή ηλεκτρονικών αισθητήρων και της πληροφορικής στη γεωργία έδωσε στο γεωργό μία νέα εικόνα της καλλιέργειάς του και άνοιξε το δρόμο προς ένα καινούριο τρόπο διαχείρισης. Αυτό επιτεύχθηκε με τη δυνατότητα της ποσοτικοποίησης της διαφοροποίησης της απόδοσης και της ποιότητας της καλλιέργειας που προκύπτει στα διάφορα σημεία του χωραφιού αλλά και τις διαφορές από χρόνο σε χρόνο. Αυτή η μέθοδος διαχείρισης ονομάστηκε **Γεωργία Ακριβείας**.

## 1.2. Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture)

Μέχρι σήμερα έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί στον όρο «Γεωργία Ακριβείας» (Precision Agriculture, PA). Το 1997 το Αμερικάνικο Κογκρέσο όρισε ότι είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα καλλιέργειας το οποίο βασίζεται στην παραγωγή και έχει σχεδιασθεί για να αυξήσει μακροπρόθεσμα το δυναμικό του χωραφιού σε μεμονωμένα σημεία του ή ακόμα και σε όλο το χωράφι, την αποδοτικότητα και την κερδοφορία, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιούνται στο ελάχιστο οι ανεπιθύμητες επιδράσεις στην άγρια ζωή και στο περιβάλλον. Μία άλλη ερμηνεία που αποδόθηκε στον όρο Γ.Α. είναι ότι αποτελεί μία νέα προσέγγιση διαχείρισης που λαμβάνει υπόψη της τη χωρική παραλλακτικότητα των παραμέτρων μέσα σε ένα χωράφι και επιτάσσει μεταβλητές καλλιεργητικές φροντίδες από σημείο σε σημείο (Γέμτος, 2006). Ένας άλλος ορισμός, ο οποίος περιέχει και τους δύο

προηγούμενους ορισμούς που αναφέραμε, ότι είναι σύστημα διαχείρισης της χωρικής και χρονικής διαφοροποίησης (παραλλακτικότητα) των αγρών προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των αγροκτημάτων και/ή να επιτευχθεί η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την ορθολογική χρήση των εισροών (Γέμτος, 2006).

Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι η Γ.Α. με τη χρήση της τεχνολογίας σε συνεργασία με την αγρονομική εμπειρία μπορεί να (Taylor, 2004):

- α) βελτιστοποιήσει το δυναμικό παραγωγής,
- β) βελτιστοποιήσει την ποιότητα του προϊόντος,
- γ) βελτιστοποιήσει το εισόδημα του παραγωγού
- δ) ελαχιστοποιήσει τις περιβαλλοντικές επιδράσεις και
- ε) ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο επένδυσης.

Η Γεωργία Ακρίβειας περιλαμβάνει μία συλλογή ενός μεγάλου όγκου δεδομένων που έχουν σχέση με την απόδοση της καλλιέργειας και τις παραμέτρους των ιδιαίτερων περιοχών παραγωγής (αγροί, και επιμέρους τεμάχια κ.ά.) σε υψηλή χωρική ανάλυση. Σκοπός της είναι να γίνει διαχείριση της καλλιέργειας με τέτοιο τρόπο ώστε να αναγνωριστεί η παραλλακτικότητα που εμφανίζεται στο χωράφι.

Σημαντική ώθηση στη Γ.Α. έδωσαν οι αισθητήρες παραγωγής που χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στις θεριζοαλωνιστικές στις Η.Π.Α.. Στα μέσα της δεκαετίας του '90 τα συστήματα αυτά βελτιώθηκαν, άλλα σε αυτό συνέβαλλε κυρίως η βελτίωση των συστημάτων εντοπισμού της θέσης (GPS), καταφέροντας να βελτιώσουν σημαντικά την ακρίβεια των στοιχείων σε λίγα μέτρα ή ακόμα και σε λίγα εκατοστά.

Τα πρώτα χρόνια τεχνολογίες Γ.Α. εφαρμόστηκαν στα σιτηρά, καθώς σε αυτά χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό αισθητήρες παραγωγής, υγρασίας και εντοπισμού της θέσης στις αρχές της δεκαετίας του '90 (Godwin et al., 1995). Αργότερα, προς το τέλος της δεκαετίας του '90, άρχισαν να παράγονται αισθητήρες παραγωγής και για τα άλλα φυτά μεγάλης καλλιέργειας όπως είναι το βαμβάκι, η βιομηχανική τομάτα, η πατάτα και τα τεύτλα. Τα τελευταία χρόνια άρχισαν να χρησιμοποιούνται αισθητήρες και για άλλες μορφές καλλιέργειας, όπως είναι τα κηπευτικά και τα δέντρα. Επίσης τέλος εφαρμογή γίνεται και στο χώρο της κτηνοτροφίας όπου στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται το κάθε ζώο ως χωριστή μονάδα.

### 1.3. Τεχνολογίες Γεωργίας Ακριβείας

Η εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας στο χωράφι απαιτεί μια σειρά αισθητήρων, την ύπαρξη διαφόρων συστημάτων τα οποία είναι απαραίτητα για την εφαρμογή τους. Τέτοια συστήματα είναι το σύστημα εντοπισμού της θέσης (GPS) και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS)

#### 1.3.1. Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού θέσης (Global Positioning System, GPS)

Απαραίτητα εργαλεία για την συλλογή των δεδομένων της Γ.Α. είναι το Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS), όπως αναφέρθηκε παραπάνω, και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information System, GIS). Το GPS αποτελεί ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού της θέσης στην επιφάνεια της Γης (Παπαοικονόμου, 2001). Αποτελείται από 24 συνολικά δορυφόρους που αναπτύχθηκε το 1970 από Υπουργείο Άμυνας των Η.Π.Α. για τον υπολογισμό του γεωγραφικού στίγματος σε κάθε σημείο πάνω στη Γη. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '90 δεν ήταν ελεύθερη η χρήση του.

Οι δορυφόροι αυτοί βρίσκονται σε σταθερή τροχιά σε ύψος είκοσι χιλιάδων χιλιομέτρων από την επιφάνεια της Γης, με μικρές αποκλίσεις οφειλόμενες στις επιδράσεις του βαρυτικού πεδίου του Ήλιου και της Σελήνης. Κάθε ένας από αυτούς τους δορυφόρους διαθέτει ατομικό ρολόι ακριβείας. Εκπέμπει ένα ηλεκτρομαγνητικό σήμα, το οποίο λαμβάνεται από τους δέκτες GPS που βρίσκονται πάνω στην επιφάνεια της Γης και χρησιμοποιείται για τον ακριβή υπολογισμό της γεωγραφικής θέσης του δέκτη. Το σήμα που εκπέμπεται περιέχει πληροφορίες για την ταυτότητα του δορυφόρου, την ακριβή χρονική στιγμή που έγινε η εκπομπή κ.ά. Ο δέκτης υπολογίζει τη θέση του σημείου υπολογίζοντας την χρονική καθυστέρηση του σήματος, την οποία χρησιμοποιεί για να μετρήσει την απόστασή του από το δορυφόρο. Όταν δέχεται σήμα από τους τρεις δορυφόρους, υπολογίζει το στίγμα, δηλαδή το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, ενώ αν λαμβάνει από τέσσερις δορυφόρους υπολογίζει και το υψόμετρο. Τέτοιοι δέκτες εφαρμόζονται τα τελευταία χρόνια στη γεωργία με αξιοσημείωτα αποτελέσματα. Τα συστήματα αυτά βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στη Γεωργία, κυρίως στην κατεύθυνση των γεωργικών

μηχανημάτων στο χωράφι, στην αυτοματοποίηση των οχημάτων μέσα στο χωράφι (αυτόνομα οχήματα) και κυρίως στην χαρτογράφηση της παραγωγής.

Υπάρχει Ρωσικό σύστημα εντοπισμού της θέσης, το GLONASS και αποτελείται από 15 δορυφόρους σε τροχιές ύψους 19 χιλιάδων χιλιομέτρων. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια από την Ε.Ε. και την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ESA), να λειτουργήσει το δικό της αυτόνομο σύστημα, το οποίο θα ονομάζεται Galileo. Το σύστημα θα τεθεί σε λειτουργία στα τέλη του 2008. Το σύστημα αυτό θα λειτουργεί με τη χρήση 30 δορυφόρων που θα βρίσκονται σε ύψος 24.000 χιλιομέτρων. Σε συνεργασία με το σύστημα GPS θα αυξηθεί σημαντικά η ακρίβεια της θέσης.

Η ακρίβεια ενός τέτοιου συστήματος εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες (Παπαοικονόμου, 2001):

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

Πρέπει ο δέκτης να βρίσκεται σε μία θέση όπου δεν θα επηρεάζεται από ψηλά κτίρια ή από άλλα αντικείμενα που προκαλούν ανάκλαση του σήματος του δορυφόρου πάνω σε αυτά και να μειώνει την ακρίβεια. Η διαφορική διόρθωση είναι ένας τρόπος εξάλειψης του σφάλματος που προκαλείται από τους διάφορους περιοριστικούς παράγοντες της ακρίβειας του GPS που αναφέραμε παραπάνω. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται επίγειος σταθμός με γνωστές συντεταγμένες και πομπό GPS. Αυτός υπολογίζει το βαθμό που επηρεάζεται το σήμα του δορυφόρου από τους διάφορους παράγοντες. Το σύστημα GPS που χρησιμοποιεί τη μέθοδο αυτή λέγεται διαφορικό GPS (Differential GPS, dGPS). Είναι σαφές ότι η ακρίβεια που παρέχει ένας δέκτης GPS εξαρτάται από την τεχνολογία του, ενώ όσο ανεβαίνει η ακρίβεια τόσο αυξάνει το κόστος.

### 1.3.2. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information Systems, GIS)

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία στη Γ.Α. Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών είναι ένα καλά οργανωμένο σύστημα, αποτελούμενο από πολύ καλά εκπαιδευμένο προσωπικό καθώς και από ένα υπολογιστή με το κατάλληλο λογισμικό πρόγραμμα, σχεδιασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να εισάγει, αποθηκεύει, ενημερώνει, διαχειρίζεται, αναλύει και εμφανίζει όλες τις μορφές των γεωγραφικά σχετιζόμενων πληροφοριών. Ουσιαστικά δηλαδή το GIS είναι μια πολύ δυναμική Γεωγραφική βάση δεδομένων (Φλωράς, 2004). Σε συνεργασία με το GPS και τις ψηφιακές δορυφορικές εικόνες βοηθούν τους παραγωγούς να καταγράψουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τις καλλιέργειές τους καθώς και να εντοπίσουν τα σημεία στα οποία επηρεάζεται η παραγωγικότητα. Η δυνατότητα των GIS να ενσωματώνουν πληροφορίες από διαφορετικές πηγές, τα κάνει πολύ ελκυστικά στην χρησιμοποίησή τους από τους παραγωγούς. Τέτοιες πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα συστήματά αυτά είναι οι εδαφικοί παράμετροι (pH, EC, συγκεντρώσεις στοιχείων), η παραγωγή, ποιοτικά χαρακτηριστικά κ.ά. Αυτά μπορούν να συνδυαστούν με τον τρόπο και την ποσότητα άρδευσης, με το σύστημα κλαδέματος, με την ποικιλία και να συμπεραίνουμε ποια ποικιλία είναι καλύτερη για το συγκεκριμένο χωράφι. Μέχρι τώρα χρησιμοποιούνταν κυρίως για την επίτευξη όσο το δυνατό μεγαλύτερης παραγωγής, αλλά τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται για την μεγιστοποίηση της ποιότητας. Χρησιμοποιώντας υπολογιστή και το GIS μπορούμε μέσα από πολλά σενάρια να καταλήξουμε σε ένα άριστο συνδυασμό ποιότητας και παραγωγής.

Τα οφέλη από την χρησιμοποίηση των εφαρμογών της Γ.Α. είναι τα ίδια με τις άλλες καλλιεργητικές τεχνικές διαχείρισης των αγροκτημάτων (Φλωράς, 2004 & Παπαοικονόμου, 2001)

- Γίνεται αποτελεσματική χρήση των εισροών (λιπάσματα, άρδευση, φυτοφάρμακα) και αυτό οδηγεί σε μείωση του κόστους και αειφορικότητα.
- Γίνεται ξεχωριστή συγκομιδή ανάλογα με τις ποιοτικές προδιαγραφές, αυξάνοντας το εισόδημα του παραγωγού, ενώ η ποιότητα του προϊόντος δεν μειώνεται. Επίσης γίνεται ξεχωριστή συγκομιδή ανάλογα με τις προτιμήσεις

και τις απαιτήσεις του κοινού καθώς και από την ποσότητα που αποθηκεύεται.

- Μπορεί να προβλέψει την παραγωγικότητα
- Καλύτερη πληρωμή για τους παραγωγούς, ενώ εξασφαλίζει την ποιότητα κατά διάφορα πρωτόκολλα (ISO, HACCP).
- Μπορεί να αποτελέσει την αρχή ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας καθώς και επιβεβαιώσεις με συμμορφώσεις προς αγροπεριβαλλοντικές δράσεις.

### 1.3.2.1 Παρουσίαση δεδομένων

Την παρουσίαση των πραγματικών φαινομένων σε πρόγραμμα GIS, γίνεται είτε με διανυσματική μορφή (vector), είτε με δίκτυο κυψελίδων (raster). Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα σημεία, τα πολύγωνα, ενώ στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα συνεχή δεδομένα, αλλά σε κυψελωτή μορφή (grid).

Τα δεδομένα που συγκεντρώνουμε με τη μέθοδο δειγματοληψίας είναι διανυσματικά, ενώ όσα συλλέγονται με τη χρήση αισθητήρα (παραγωγής) είναι δεδομένα κυψελίδων.

Όμως τα δεδομένα τα οποία συλλέγουμε, προσδιορίζουν μόνο το σημείο της δειγματοληψίας, δηλαδή τα σημεία ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας δεν έχουμε κάποια ένδειξη για την τιμή της μεταβλητής. Για αυτό απαιτείται μία διαδικασία κατά την οποία γίνεται εκτίμηση των υπολοίπων σημείων του χωραφιού βάση των υπαρχόντων δεδομένων, η οποία ονομάζεται εσωεκτίμηση.

**Εσωεκτίμηση** (interpolation) είναι η διαδικασία κατά την οποία γίνεται εκτίμηση, με βάση τις τιμές των ήδη υπαρχόντων σημείων, της τιμής ενός παράγοντα σε ενδιάμεσα σημεία όπου δεν έχουμε δεδομένα (Surfer guide,2001). Αντίστοιχα η διαδικασία εκτίμησης σε σημεία εκτός της περιοχής όπου έχουμε δεδομένα ονομάζεται **εξωεκτίμηση** (extrapolation) (Φλωράς, 2004).

Στόχος της εσωεκτίμησης είναι η μετατροπή των σημειακών δεδομένων σε συνεχείς επιφάνειες, κάτι που βοηθάει καλύτερα στην εξήγηση των φυσικών φαινομένων.

Ανάλογα με τα δεδομένα που διαθέτουμε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διάφορες γεωστατιστικές μεθόδους, με τις οποίες θα κάνουμε την εσωεκτίμηση. Οι

δύο βασικότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι το **Kriging** και το **Inverse distance**.

### 1.3.2.2. Μέθοδος Kriging

Η μέθοδος **Kriging** είναι μία γεωστατιστική μέθοδος, η οποία αποδείχτηκε πολύ χρήσιμη και δημοφιλής σε πολλά πεδία (Surfer guide,2001). Η μέθοδος αυτή παράγει χάρτες από ακανόνιστα δεδομένα, δηλαδή δεν έχουν σταθερή απόσταση αλλά είναι τυχαία κατανομημένα. Τέτοια δεδομένα θεωρούνται τα δεδομένα που λαμβάνονται από κατευθυνόμενη δειγματοληψία. Επίσης προσπαθεί να κάνει εξομάλυνση των δεδομένων, έτσι ώστε να φαίνεται η τάση τους. Για παράδειγμα, οι υψηλές τιμές ενώνονται γύρω από μία κορυφή, για να αποφευχθεί το φαινόμενο των ισουψών του ματιού του ταύρου (Bull's eye contour). Χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, την **σημειακή** (Point Kriging) και την **τμηματική** (Block Kriging). Η πρώτη υπολογίζει την τιμή των σημείων στους κόμβους της κυψελωτής διάταξης από τα υπάρχοντα σημεία (δεδομένα), ενώ στη δεύτερη υπολογίζει το μέσο όρο των σημείων μέσα σε μία κυψέλη.

### 1.3.2.3. Μέθοδος Inverse Distance

Η **Inverse Distance** (αντίστροφη απόσταση) είναι μία γεωστατιστική μέθοδος η οποία χρησιμοποιεί το μέσο σταθμισμένο όρο (Surfer Guide,2001). Τα δεδομένα σταθμίζονται κατά την εσωεκτίμηση έτσι ώστε η επιρροή από το ένα σημείο στο άλλο να μειώνεται όσο αυξάνεται η απόσταση από τον κόμβο. Η μείωση της επιρροής εξαρτάται από το βαθμό της δύναμης. Αυτό σημαίνει ότι όσο είναι μεγαλύτερη η δύναμη, τόσο μειώνεται η επιρροή. Γενικά παρατηρείται το φαινόμενο του Bull's eye contours γύρω από τα σημεία των δεδομένων.

## 1.4. Ζώνες διαχείρισης (Management Zones)

Η βάση της εφαρμογής ενός συστήματος Γ.Α. είναι η διαμόρφωση στο χωράφι ζωνών διαχείρισης, που στόχο έχουν την καλύτερη εφαρμογή καλλιεργητικών εργασιών. Ως **ζώνη διαχείρισης (management zone)** ορίζεται ένα επιμέρους



τμήμα ενός αγρού που χαρακτηρίζεται από ένα λειτουργικά ομοιογενή συνδυασμό ιδιοτήτων (Παπαοικονόμου, 2001). Ειδικότερα ζώνη διαχείρισης είναι το μέρος του αγρού που έχει κοινά χαρακτηριστικά και όπου η διαχείριση μπορεί να είναι ενιαία (Kitchen et. al., 2005). Βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να πληροί είναι τα εξής :

- Σταθερότητα στο χρόνο
- Ευκολία στη οριοθέτηση
- Σχέση με την παραγωγή
- Χαμηλό κόστος προσδιορισμού

Όμως πριν από τη δημιουργία των ζωνών είναι απαραίτητο να διευκρινίσουμε ποιες μεταβλητές είναι απαραίτητες για την απεικόνιση αυτών. Συνήθως χρησιμοποιούνται ο χάρτης της παραγωγής μόνος του ή σε συνδυασμό με τους εδαφικούς παραμέτρους. Όλες οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό πρέπει να μετατραπούν σε δεδομένα με την ίδια κλίμακα, έτσι ώστε να γίνει πιο εύκολα η απεικόνιση των ζωνών διαχείρισης.

Για την απεικόνιση των ζωνών διαχείρισης χρησιμοποιούνται διάφοροι μέθοδοι είτε χρησιμοποιώντας παραμέτρους βασισμένες σε δορυφορικές εικόνες είτε χρησιμοποιώντας στατιστικά μεγέθη, είτε τέλος χρησιμοποιώντας αισθητήρες.

#### 1.4.1. Δορυφορικές φωτογραφίες

Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται πολυφασματικές δορυφορικές φωτογραφίες του χωραφιού, από την οποία έχουμε τέσσερις διαφορετικούς παραμέτρους με κύριο το NDVI (Normalized Difference Vegetative Index) το οποίο είναι το παρακάτω κλάσμα :

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Όπου NIR και R είναι η απορρόφηση του σώματος που μας ενδιαφέρει, στην περίπτωση μας είναι η καλλιέργεια και το έδαφος, στο κοντινό υπέρυθρο και το κόκκινο αντίστοιχα.

## 1.4.2. Εμπειρικές στατιστικές μέθοδοι

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται στατιστικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό των ζωνών διαχείρισης. Οι εμπειρικές στατιστικοί μέθοδοι στηρίζονται στη λογική του διαχωρισμού των ζωνών βάση του συντελεστή παραλλακτικότητας (Coefficient of Variance) και το μέσο όρο του δείγματος. Η σχετική παραγωγή, δηλαδή η μετατροπή των δεδομένων σε τυπικής μορφής μονάδες, με μέσο όρο το 0 και τυπική απόκλιση 1, χωρίζεται σε 2 ή περισσότερες τάξεις, ανάλογα με το πόσο εύκολη ή δύσκολη είναι η διαφορετική διαχείριση τους. Στην περίπτωση αυτή χωρίζονται αν μία τιμή είναι παραπάνω από το μέσο όρο κατά κάποια μονάδα τυπικής απόκλισης ή βάση κάποιου ποσοστού (συντελεστής παραλλακτικότητας). Στην Αυστραλία (Bramley et. al., 2004) ο διαχωρισμός των ζωνών έγινε βάση το μέσο όρο κάθε χρονιάς και οι διάφορες τάξεις είναι ανάλογα με το πόσες χρονιές η τιμή μιας περιοχής είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από το μέσο όρο ( $\mu=0$ ).

## 1.4.3. Στατιστικές μέθοδοι - Data Clustering (Ταξινόμηση δεδομένων)

Μία καινούρια μορφή ταξινόμησης δεδομένων, η **Ανάλυση συστάδων** ή όπως είναι πιο γνωστή με τον αγγλικό της όρο **cluster analysis**, κάνει μείωση στη διάσταση των δεδομένων. Δηλαδή ταξινομεί τα σημεία ή παρατηρήσεις σε 2 ή περισσότερες κλάσεις βασισμένη σε συνδυασμούς των διάφορων μεταβλητών. Στόχος της είναι η ελαχιστοποίηση της παραλλακτικότητας εντός της κλάσης και η μεγιστοποίηση της παραλλακτικότητας μεταξύ των κλάσεων. Στην εικόνα 1.1 φαίνεται οι βασικές κατηγορίες που χωρίζεται η cluster analysis.

Η διαδικασία που ακολουθείται για τη cluster analysis είναι η εξής :

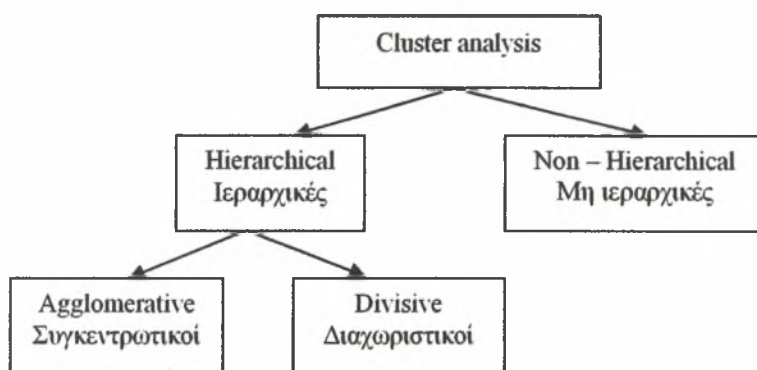
1. Αρχικά γίνεται η αναπαράσταση των στοιχείων (δεδομένα) καθώς και η επιλογή κάποιων από τα χαρακτηριστικά των στοιχείων.
2. Ακολουθεί το κατάλληλο μέτρο ομοιότητας μεταξύ των στοιχείων (η απόσταση μεταξύ των στοιχείων)
3. Η επιλογή του κατάλληλου αλγορίθμου
4. Αφαίρεση των δεδομένων όταν χρειάζεται
5. Εκτίμηση του αποτελέσματος (Ανάλογα με την περίπτωση)

Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει το διαχωρισμό των χαρακτηριστικών των στοιχείων που μας ενδιαφέρουν για να προχωρήσει η διαδικασία της ομαδοποίησης. Είναι πολύ σημαντικό ότι πολλά δεδομένα χρειάζεται να υποστούν μετατροπή, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν στην ταξινόμηση.

Μέτρο ομοιότητας μεταξύ των στοιχείων καθορίζεται από μια συνάρτηση απόστασης. Ένα απλό μέτρο απόστασης όπως η **Ευκλείδεια** απόσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντικατοπτρίσει την διαφορά-ανομοιότητα μεταξύ δύο στοιχείων. Χρησιμοποιείται η ευκλείδεια απόσταση στην περίπτωση όπου έχουμε ανεξάρτητες στατιστικά μεταβλητές. Η **Διαγώνια** απόσταση είναι η απόσταση από τη διαίρεση κάθε σειράς με την παραλλακτικότητα της συσχετιζόμενης μεταβλητής. Άλλο μέτρο απόστασης που χρησιμοποιείται είναι η **Mahalanobis**. Υπολογίζει μόνο στην περίπτωση που έχουμε μεταβλητές με άνισες παραλλακτικότητες. (Frigden et. al., 2002).

Η επιλογή του αλγορίθμου εξαρτάται από τον τρόπο τον οποίο θέλουμε να ξεχωρίσουμε τις κατηγορίες. Παρακάτω θα αναφερθούν αναλυτικά οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των κλάσεων.

Το επόμενο στάδιο είναι η αφαίρεση δεδομένων, όπου αφαιρούνται δεδομένα τα οποία δεν θα μας φανούν χρήσιμα, καθώς και αυτά τα οποία η τιμή τους είναι υπερβολική σε σχέση με το μέσο όρο του δείγματος. Τέλος για την εκτίμηση του αποτελέσματος στην περίπτωση αυτή είναι οι ζώνες διαχείρισης στις οποίες θα χωριστεί ο χώρος.

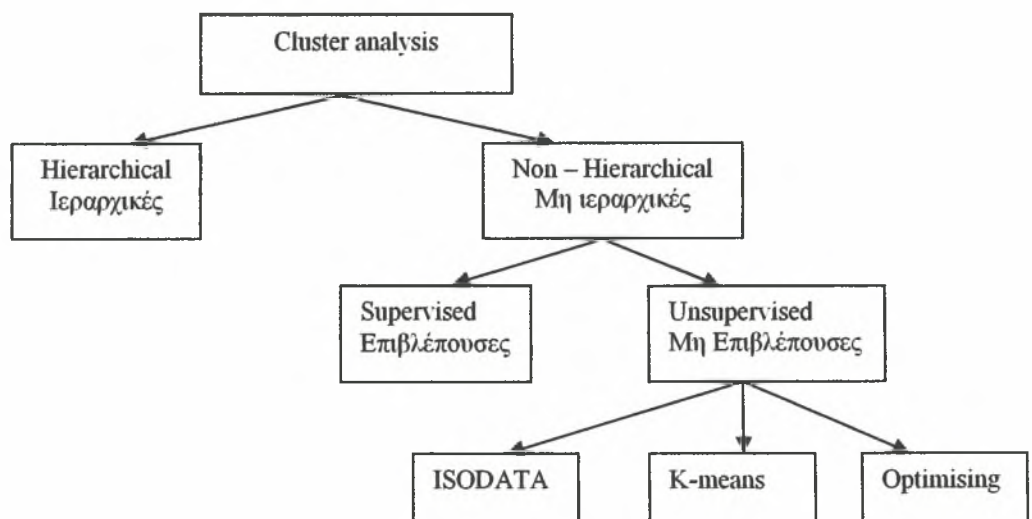


**Εικόνα 1.1. Διαχωρισμός Cluster Analysis**

Οι δύο βασικές κατηγορίες που χωρίζεται η Cluster Analysis είναι οι **ιεραρχικές (Hierarchical)** και οι **μη-ιεραρχικές (non-Hierarchical)** (Εικόνα 1.1.). Το

χαρακτηριστικό γνώρισμα των ιεραρχικών μεθόδων είναι το δένδρογραμμα. Οι ιεραρχικές μέθοδοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τις **συγκεντρωτικές (Agglomerative)** και σε **διαχωριστικές (Divisive)**. Στην πρώτη κατηγορία, κάθε δεδομένο ή παρατήρηση αποτελεί μία κατηγορία, ενώ σε κάθε στάδιο και ανάλογα το κριτήριο της απόστασης έχουμε την ομαδοποίηση των δεδομένων σε λιγότερες κλάσεις ώσπου να καταλήξουμε στην ικανοποίηση μίας συνθήκης. Σε αντίθεση με τις συγκεντρωτικές, οι διαχωριστικές αρχίζουν με όλα τα δεδομένα να αποτελούν μία κατηγορία ή κλάση, σε κάθε επόμενο στάδιο έχουμε συνεχή διάσπαση των δεδομένων σε μικρότερες κλάσεις. Αυτό συνεχίζεται έως τότε που έχει ικανοποιηθεί η συνθήκη τερματισμού. Για τον καθορισμό της εντός της κλάσης απόστασης χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μέθοδοι :

1. **Απλή σύνδεση** (βασίζεται στην μικρότερη απόσταση μεταξύ των αντικειμένων).
2. **Πλήρης σύνδεση** (βασίζεται στην μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των αντικειμένων).
3. **Μέση σύνδεση** (βασίζεται στην μέση απόσταση μεταξύ των αντικειμένων).
4. **Μέθοδος Ward** (βασίζεται στο άθροισμα των τετραγώνων μεταξύ δύο κλάσεων, με αθροισμένες όλες τις μεταβλητές)
5. **Μέθοδος κεντροειδούς** (Βασίζεται στην απόσταση μεταξύ των κέντρων κάθε κλάσης).



**Εικόνα 1.2. Διαχωρισμός μη-ιεραρχικών μεθόδων**

Οι **μη-ιεραρχικές μέθοδοι** (εικόνα 1.2.) κάνουν διαχωρισμό των δεδομένων. Κάθε κλάση έχει ένα σημείο αναφοράς γύρω από το οποίο βρίσκονται τα σημεία που έχουν την καθορισμένη απόσταση για να ανήκουν στην κατηγορία αυτή. Οι μη-ιεραρχικές μέθοδοι θεωρούνται κατάλληλοι στις περιπτώσεις που οι πληθυσμοί έχουν έλλειψη ιεραρχικής δομής (Webster and Oliver, 1990).

Οι μη-ιεραρχικές μέθοδοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις **επιβλέπουσες** (supervised) και στις **μη-επιβλέπουσες** (unsupervised). Στις επιβλέπουσες μεθόδους γίνεται συνδυασμός της εργασίας στο χωράφι, χαρτών, αεροφωτογραφιών και προσωπικής εμπειρίας έτσι ώστε να χαρακτηριστούν προ-ομαδοποιημένα σημεία (training sites) για όλη την έκταση, και μέσα από αυτά τα σημεία να κατατάξουμε τα υπόλοιπα σημεία, τα οποία βρίσκονται εκτός αυτών των σημείων (Mausel et al., 1990). Σε αντίθεση με τις επιτηρούμενες, οι μη-επιτηρούμενες μέθοδοι δεν απαιτούν να ορίσουμε αυτά τα σημεία, αλλά μπορούν να παράγουν φυσικές κατηγορίες στο χώρο των παραμέτρων. Αυτές οι μέθοδοι οδηγούν σε φυσικές ομάδες των δεδομένων στο διάστημα των παραμέτρων (Jensen, 1996). Έτσι η κατηγοριοποίηση είναι απόλυτα οδηγούμενη από τα δεδομένα (data driven) και παράγεται μόνο από αυτά.

Οι μη-επιβλέπουσες μέθοδοι χωρίζονται σε τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις :

1. **Το παράλληλο όριο (Parallel Threshold)**. Εδώ ανήκει η διαδικασία της ISODATA (Iterative Self-Organising Data Analysis Technique) όπου οι κλάσεις μπορούν να συγχωνεύονται ή διαιρούνται ανάλογα με την απόσταση των κέντρων δύο κλάσεων. Ο αλγόριθμος ISODATA υπολογίζει πρώτα το μέσο της κλάσης εξίσου σε όλο το χώρο των δεδομένων και μετά με επαναλήψεις κάνει κλάσεις ελαχιστοποιώντας την Ευκλείδεια απόσταση του κάθε σημείου από κάθε κέντρο κλάσης. Σε κάθε επανάληψη οδηγούμαστε σε νέα εκτίμηση των κέντρων κάθε κλάσης. Η διαδικασία αυτή σταματάει όταν φτάσουμε στο μέγιστο αριθμό επαναλήψεων ή τα σημεία των δεδομένων αλλάζουν πολύ ελάχιστα από το προκαθορισμένο όριο.

2. **Το διαδοχικό όριο (Sequential Threshold)** . Αυτό βασίζεται στη διαδοχική εισαγωγή δεδομένων, όπου η συμμετοχή σε μία κλάση εκπληρώνεται προτού επιλεγεί άλλο δεδομένο. Αυτή η διαδικασία ακολουθείται με τον αλγόριθμο K-means. Εδώ σε αντίθεση με τον αλγόριθμο ISODATA, τα δεδομένα δεν απαιτούν να ακολουθούν κανονική κατανομή.

3. Το **βέλτιστο (Optimising)**. Είναι ίδιο ακριβώς με τα προηγούμενα με τη διαφορά ότι επιτρέπει τον επαναπροσδιορισμό των αντικειμένων σε άλλη κλάση βασισμένη σε κριτήρια βελτιστοποίησης.

Ο Zadeh το 1965 εισήγαγε τη **θεωρία των ασαφών συνόλων (fuzzy set theory)** ως γενίκευση της κλασσικής θεωρίας των συνόλων. Σε αντίθεση με την κανονική ή σκληρή θεωρία των συνόλων, όπου κάθε δεδομένο ανήκει σε μία συγκεκριμένη κλάση, η ασαφής θεωρία των συνόλων επιτρέπει στο κάθε σημείο να έχει συμμετοχή σε διαφορετικά σύνολα. Ο Ruspini (1969) εισήγαγε τον όρο ασαφή ομαδοποίηση (fuzzy clustering), όπου κάθε σημείο μπορεί να συμμετέχει σε κάθε τάξη ή κλάση. Η εφαρμογή της ασαφούς θεωρίας στους αλγόριθμους ομαδοποίησης, αποδείχθηκε ότι έχει καλύτερα αποτελέσματα για φυσικά φαινόμενα που παρουσιάζουν συνεχή παραλλακτικότητα. Παράδειγμα που μπορούμε να αναφέρουμε είναι το ύψος των ανθρώπων, όπου οι κλάσεις δεν είναι τόσο ακριβείς και είναι συνεχής μεταβλητή.

Πρόεκταση του αλγόριθμου k-means στην θεωρία των ασαφών συνόλων είναι ο ασαφής (fuzzy) k-means αλγόριθμος. Ο ασαφής k-means χρησιμοποιεί ένα ζυγισμένο συντελεστή, με τον οποίο καθορίζει το βαθμό με τον οποίο μπορεί να συμμετέχει σε κάθε κλάση. Ο αλγόριθμος αυτός χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στην Γεωργία Ακριβείας (χάρτης παραγωγής, κλάσεις εδαφών).

Έχουν δημιουργηθεί πολλά προγράμματα τα οποία χρησιμοποιούν την ασαφή k-means συσταδοποίηση για τη ταξινόμηση των δεδομένων μέσα στο χώρο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι το FuzMe του Κέντρου για την Γεωργία Ακριβείας στην Αυστραλία (Πανεπιστήμιο του Σύδνεϋ) και το MZA (Management Zone Analyst) του Πανεπιστημίου του Μιζούρι στις Η.Π.Α σε συνεργασία με το ARS (Agricultural Research Service).

Το κριτήριο για το πόσες ζώνες διαχείρισης θα χωριστεί ο πειραματικός αγρός είναι οι συντελεστές FPI (Fuzziness Exponent Index) που υπολογίζει πόσο σε διαφορετικές τάξεις μπορούν να υπάρχουν οι ίδιες μονάδες ή σημεία, και ο MPE (Modified Partition Entropy) που κάνει εκτίμηση της αποδιοργάνωσης που προκαλείται από συγκεκριμένο αριθμό τάξεων. Και οι δύο συντελεστές παίρνουν τιμές από 0 έως 1. Όταν ο FPI πλησιάζει τη τιμή 1, τότε οι τιμές δεν μπορούν εύκολα να διακριθούν, ενώ όταν πλησιάζει το 0, οι τάξεις γίνονται πιο διακριτές. Όταν ο MPE έχει τιμή κοντά στο 1, τότε σημαίνει ότι υπάρχει μεγάλη αποδιοργάνωση στις

κλάσεις, ενώ όταν τείνει στο 0, έχουμε ανώτερη οργάνωση. Όταν και οι δύο συντελεστές ελαχιστοποιούνται τότε έχουν τον άριστο αριθμό κλάσεων.

#### 1.4.4. Στατιστικές μέθοδοι – Factor Analysis (Παραγοντική Ανάλυση)

Άλλη στατιστική μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι **Παραγοντική Ανάλυση (Factor Analysis)**. Στην περιοχή Raimat (Lleyda) της Ισπανίας χρησιμοποιήθηκε η factor analysis ως μέθοδος δημιουργίας ζωνών διαχείρισης (Arno et al., 2005). Factor analysis είναι η μέθοδος κατά την οποία όλες οι παράμετροι (εδαφικοί ή καλλιεργητικοί) ομαδοποιούνται σε 2 ή περισσότερους παράγοντες. Οι παράγοντες αποτελούν εξισώσεις των παραμέτρων. Οι παράμετροι για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν πρέπει να πληρούν την προϋπόθεση ότι ο συντελεστής Kaiser της επάρκειας του δείγματος είναι μεγαλύτερος του 0,5. Ο συντελεστής Kaiser πλέον αναφέρεται ως KMO (Kaiser-Meyer-Olkin). Εάν δύο μεταβλητές μοιράζονται ένα κοινό παράγοντα με άλλες μεταβλητές, η μερική τους συσχέτιση θα είναι μικρή, οπότε μοιράζονται την παραλλακτικότητα. Μικρές τιμές δείχνουν ότι γενικά οι μεταβλητές δεν έχουν κοινά στοιχεία. Εάν δεν πληρούν την προϋπόθεση αυτή τότε δεν μπορούν να συμμετέχουν στους παράγοντες. Στην περίπτωση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 3 παράγοντες.

#### 1.4.5. Χρήση αισθητήρων

Δημιουργία ζωνών διαχείρισης γίνεται με τη βοήθεια αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Αυτή η μέθοδος θεωρείται μία από τις εύκολες καθώς ο αισθητήρας δίνει απευθείας τον χάρτη της ηλεκτρικής αγωγιμότητας  $EC_a$  που συσχετίζεται με την μηχανική σύσταση του εδάφους. Με βάση την  $EC_a$  μπορούν να δημιουργηθούν ζώνες διαχείρισης με μια από τις γεωστατιστικές μεθόδους που περιγράφηκαν. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μία ιδιότητα του εδάφους και ορίζεται ως η ευκολία με την οποία διέρχεται το ηλεκτρικό ρεύμα από την μάζα του. Παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η μηχανική σύσταση του εδάφους, η συμπίεση του εδάφους, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC), η υγρασία, η θερμοκρασία, η αλατότητα και η οργανική ουσία. Η ιδιότητα αυτή είναι

σταθερή στο πέρασμα των χρόνων και μόνο μεγάλες αλλαγές την επηρεάζουν όπως η προσθήκη εδαφοβελτιωτικών ή μεγάλη ποσότητα οργανικής ουσίας και το βαθύ όργωμα. Αυτή μπορεί να μετρηθεί σε διάφορα σημεία κάνοντας χημικές αναλύσεις ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί αισθητήρας εδάφους όπως είναι το Veris ή το EM38.

Το Veris (Veristech, Εικόνα 1.3) είναι ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από ένα δέκτη σήματος GPS, από τα ηλεκτρόδια καθώς και από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας καταγραφής των δεδομένων. Ο δέκτης του σήματος στέλνει τις πληροφορίες στην κεντρική κονσόλα, έτσι ώστε να έχει συντεταγμένες από το χωράφι. Τα ηλεκτρόδια είναι τοποθετημένα πάνω σε ένα πλαίσιο το οποίο είναι ρυμουλκούμενο (διαθέτει τροχούς). Τα εσωτερικά ηλεκτρόδια μετράνε τη διαφορά δυναμικού σε βάθος 0-30 εκ., ενώ τα εξωτερικά σε βάθος 0-90εκ. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η κίνηση του ρεύματος μέσα στο έδαφος απεικονίζεται στην εικόνα 1.4. Τα δεδομένα τα οποία προέρχονται από τη διαφορά δυναμικού δίνονται στην κεντρική κονσόλα. Τα δεδομένα από την θέση και από την διαφορά δυναμικού (ηλεκτρική αγωγιμότητα), μετατρέπονται σε αρχείο τύπου ASCII και παραλαμβάνονται με τη χρήση δισκέτας.



(α)

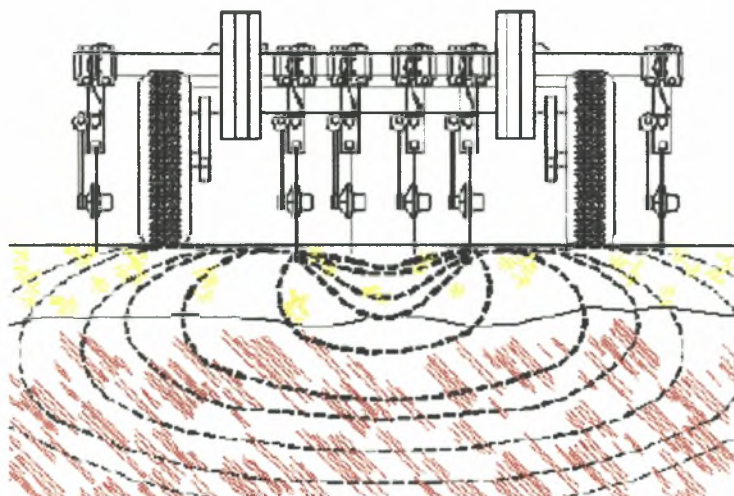


(β)

**Εικόνα 1.3. Αισθητήρας εδάφους Veris, ο οποίος κινείται από αγροτικό αυτοκίνητο και στο (β) απεικονίζεται η κεντρική μονάδα**

Πλεονέκτημα του είναι η δυνατότητα ρυμούλκησης και από αυτοκίνητα (εικ.1.3), κάτι που επιταχύνει τη διαδικασία. Μειονέκτημά του είναι το μεγάλο πλάτος του, το οποίο δεν επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση σε δενδρώδεις καλλιέργειες με μικρό πλάτος μεταξύ των σειρών όπως είναι το αμπέλι.





**Εικόνα 1.4. Τρόπος λειτουργίας του Veris**

Σε αντίθεση με το Veris, το EM38 (Geonics) είναι πολύ πιο μικρό σε διαστάσεις, ενώ μπορεί να καταγράψει τα δεδομένα με την ίδια ταχύτητα. Επίσης μπορεί να μετρήσει την αγωγιμότητά του σε αμπέλι. Το EM38 μετράει τη διαφορά δυναμικού σε βάθη 0-75 εκ και 0-150εκ. Τα δεδομένα από τη θέση και από τις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας καταγράφονται σε data logger.

Στις ΗΠΑ τα τελευταία χρόνια άρχισαν να χρησιμοποιούνται νέοι αισθητήρες που λειτουργούν όπως περίπου και οι δορυφόροι, δηλαδή υπάρχει ένας πομπός φωτός που εκπέμπει δέσμη φωτός προς το έδαφος και ένας δέκτης, ο οποίος απορροφάει όλη την ανακλώμενο φως από τα διάφορα σώματα. Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για εντοπισμό πιθανών προβλημάτων που μπορεί να παρατηρηθούν κατά την περίοδο όπως κάποια ασθένεια ή τροφοπενία σε κάποιο στοιχείο. Ένα παράδειγμα τέτοιου αισθητήρα είναι το Greenseeker.

Το Greenseeker (NTech Industries, εικόνα 1.5.) είναι ένα μηχάνημα το οποίο επιτρέπει την «εν κινήσει» μέτρηση της ανάγκης του φυτού για άζωτο. Χρησιμοποιώντας δείκτες NDVI, όπως χρησιμοποιούνται και από τους δορυφόρους, μπορεί να προσδιορίζει την τελική δυνατή τιμή της παραγωγής ακόμα και με δύσκολες συνθήκες (νύχτα με σύννεφα). Οι χάρτες οι οποίοι παράγονται χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή αζώτου ανάλογα με τις ανάγκες που προέκυψαν σε κάθε σημείο ή ζώνη χωριστά.



**Εικόνα 1.5. Αισθητήρας NDVI που χρησιμοποιείται από το Greenseeker**

## **1.5. Μεταβλητές καλλιεργητικές φροντίδες (Variable Rate Application, VRA)**

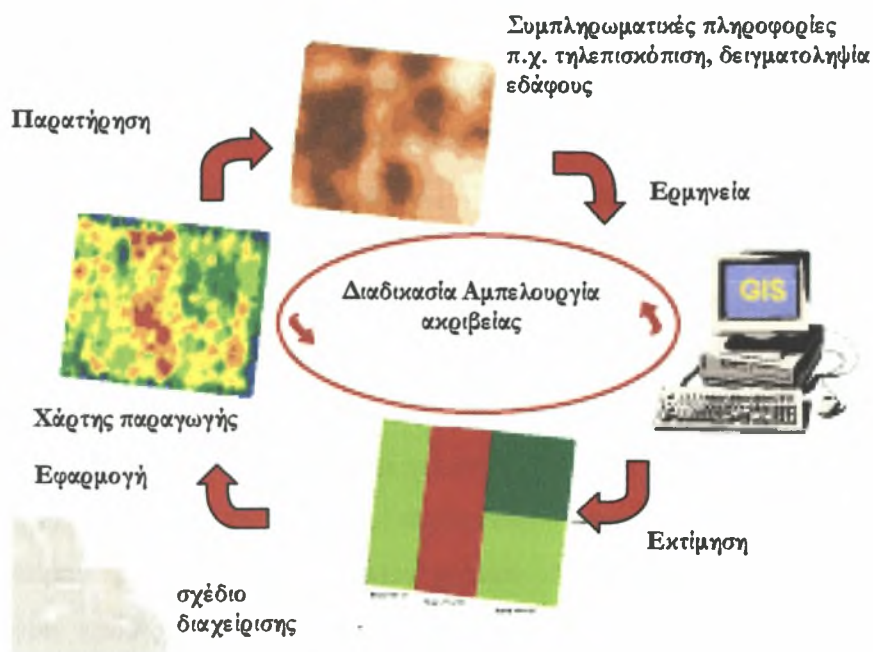
Το επόμενο στάδιο μετά από τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης είναι η εφαρμογή διαφορετικής στρατηγικής σε κάθε ζώνη χωριστά. Δηλαδή να γίνει εφαρμογή μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων. Για την εφαρμογή τους γίνεται με δύο διαφορετικούς τρόπους, με τη χρήση χαρτών και τη χρήση αισθητήρων. Για να γίνει η εφαρμογή τους και στις δύο περιπτώσεις προϋποθέτει ότι έχουμε τον απαραίτητο εξοπλισμό για την εφαρμογή της. Ο απαραίτητος εξοπλισμός αποτελείται από τον αισθητήρα, την κεντρική μονάδα και τον εφαρμογέα. Ο αισθητήρας που χρησιμοποιείται στην περίπτωση του χάρτη είναι ένας δέκτης GPS ο οποίος μας δίνει το στίγμα καθώς και γνώση της παραλλακτικότητας του εδάφους μέσα από ψηφιακούς χάρτες, ενώ στην άλλη περίπτωση ο αισθητήρας δέχεται πληροφορίες κατευθείαν από την καλλιέργεια. Τέτοιος αισθητήρας αναφέρθηκε με την χρήση του Greenseeker παραπάνω. Ανάλογα με το σήμα του αισθητήρα, η κεντρική μονάδα δίνει εντολή για εκτέλεση ή μη κάποιας εργασίας. Επίσης σε αυτή βρίσκεται και μονάδα αποθήκευσης των δεδομένων. Τέλος ο εφαρμογέας είναι προσαρμοσμένος σε κάποιο παρελκόμενο, π.χ. λιπασματοδιανομέας και ενεργεί ανάλογα με την εντολή που δέχεται.

## 1.6. Αμπελουργία Ακριβείας

### 1.6.1. Γενικά

Η Γ.Α. στο αμπέλι αποτελεί μία συνεχή κυκλική διαδικασία, (Bramley 2001, Bramley et al. 2003), όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.6, και που απαρτίζεται από τα εξής τέσσερα στάδια. Το πρώτο στάδιο (παρατήρηση) περιλαμβάνει την χαρτογράφηση της παραγωγής (yield mapping) στον αγρό χρησιμοποιώντας μετρητές παραγωγής με τη βοήθεια του GPS. Το δεύτερο στάδιο (ερμηνεία) περιλαμβάνει τη συσχέτιση του χάρτη παραγωγής με άλλες διαθέσιμες πληροφορίες όπως δορυφορικές φωτογραφίες, χάρτες εδαφικών ιδιοτήτων, επιδράσεις παρασίτων, ανωμαλίες του εδάφους και άλλα, χρησιμοποιώντας ειδικό λογισμικό (GIS). Η κάθε μία πληροφορία αποτελεί μία στρώση (layer) σε ένα πρόγραμμα GIS. Οι χάρτες των εδαφικών ιδιοτήτων μπορούν να δημιουργηθούν με δειγματοληψία εδάφους σε διάφορα σημεία του χωραφίου. Τρίτο στάδιο (εκτίμηση) αποτελεί τη διαδικασία που ακολουθείται έτσι ώστε να έχουμε σχέδιο διαχείρισης του αγροκτήματος. Τελευταίο στάδιο είναι η εφαρμογή του σχεδίου διαχείρισης του προηγούμενου σταδίου το οποίο αξιολογείται από το χάρτη παραγωγής. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της διαχείρισης, οδηγεί τους παραγωγούς σε νέες παρατηρήσεις, με διαφορετικά αποτελέσματα.

Υπάρχουν δύο βασικά είδη δειγματοληψίας που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στη Γ.Α., η κυψελωτή δειγματοληψία (grid sampling), όπου δείγματα παίρνονται σε σταθερές αποστάσεις, και η κατευθυνόμενη δειγματοληψία (directed sampling), όπου η δειγματοληψία γίνεται κατά ζώνες. Όλες αυτές οι πληροφορίες συσχετίζονται μαζί σε ένα πρόγραμμα GIS, όπου κάθε πληροφορία θεωρείται ένα στρώμα. Το αποτέλεσμα της συσχέτισης των πληροφοριών μας οδηγεί στην δημιουργία των ζωνών διαχείρισης (zone management) και στην εφαρμογή μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων όπως αναφερθήκαμε παραπάνω.



**Εικόνα 1.6. Κύκλος της Αμπελουργίας ακριβείας (Bramley 2001, Bramley et. al., 2003)**

## 1.6.2. Εφαρμογή Αμπελουργία Ακριβείας στον κόσμο

### 1. Αυστραλία

Η Εφαρμογή τεχνολογιών Γ.Α. σε αμπελώνες είχε πρώτα ξεκινήσει από την Αυστραλία κατά την σοδειά του 1998. Στην πρώτη χρονιά εφαρμογής του πειράματος η συγκομιδή και η μέτρηση της παραγωγής έγινε με τα χέρια καθώς δεν υπήρχαν αισθητήρες που υπολογίζουν το συγκομισθέν προϊόν. Από την επόμενη χρονιά χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά αισθητήρας, κάτι που βοήθησε στην εξέλιξη των πειραμάτων. Σε διάφορους αμπελώνες της Αυστραλίας έγινε το πείραμα κατά τη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων 1999-2003, όπου έγινε προσπάθεια να εξηγηθεί η παραλλακτικότητα των αμπελώνων καθώς και να βρεθεί η συνολική τάση (Bramley & Hamilton, 2004). Σε κάθε ένα αμπελώνα χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές μεθοδολογίες για τη δημιουργία των ζωνών, η χρησιμοποίηση των αλγορίθμων k-means καθώς και η μέθοδος της τιμής στόχου της παραγωγής. Ανάμεσα στις δύο μεθοδολογίες βρέθηκαν παρόμοια αποτελέσματα, κάτι που επιτρέπει να χρησιμοποιηθούν και οι δύο.

Κατά τη διάρκεια των ίδιων πειραμάτων έγινε εξήγηση πόσο μπορεί να γίνει επικερδής η εφαρμογή τεχνολογιών Αμπελουργίας Ακριβείας. Το οικονομικό αποτέλεσμα ήταν σημαντικότερο καθότι με τη διαδικασία της επιλεκτικής συγκομιδής (Bramley R. et al., 2005) επιτράπηκε στον παραγωγό να αυξηθεί σημαντικά η ποσότητα που έχει υψηλή ποιότητα. Η σύγκριση έγινε με τέσσερις διαφορετικές μεθοδολογίες ανάμεσα στην κλασσική συγκομιδή και την επιλεκτική. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε δορυφορική εικόνα κατά την περίοδο του γεμίσματος του σταφυλιού και με τη χρήση των συντελεστών απορρόφησης χωρίστηκε το χωράφι σε δύο περιοχές και η συγκομιδή έγινε σε δύο διαφορετικές ημερομηνίες. Στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης τάσης της παραγωγής των προηγούμενων χρόνων. Δηλαδή στη μηχανή συγκομιδής υπήρχαν δύο κάδοι, όπου ο πρώτος αποτελεί την υψηλή ποιότητα και ο δεύτερος τη χαμηλότερη ποιότητα. Συνολικά παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στη τελική τιμή πώλησης του κρασιού.

Στην τρίτη περίπτωση έγιναν τέσσερα διαφορετικά πειραματικά τεμάχια με τέσσερις διαφορετικές μεθοδολογίες (ομοιόμορφη, επιλεκτική την ίδια ημέρα, επιλεκτική διαφορετικές ημερομηνίες συγκομιδής και επιλεκτική με διαφορετικές ημερομηνίες συγκομιδής με τοποθέτηση ορίων στις ζώνες). Ανάμεσα σε αυτές τις μεθόδους η τέταρτη ήταν πιο επικερδής παρόλο που είχαμε σημαντικές απώλειες από την εγκατάσταση των ορίων. Τέλος σε αμπελώνες με υψηλής ποιότητας αμπέλια, η συγκομιδή γίνεται με τα χέρια, κάτι που ευνοεί την επιλεκτική συγκομιδή, αλλά αυξάνει σημαντικά το κόστος παραγωγής. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να έχει πολύ σημαντικό κέρδος ο παραγωγός σε σχέση με την ομοιόμορφη συγκομιδή.

## 2. Ισπανία

Στην περιοχή της Καταλονίας Raimat, όπου βρίσκεται αμπελώνας που παράγει υψηλής ποιότητας κρασί, όπου έγινε χαρτογράφηση παραγωγής σε δύο αμπελώνες κατά την καλλιεργητική περίοδο 2002 (Argno et al., 2005). Στο πείραμα αυτό έγινε επίσης δειγματοληψία εδαφικών ιδιοτήτων σε κυψελωτή διάταξη (grid). Έγινε συσχέτιση των διαφόρων παραμέτρων (έδαφος, ποιότητα, τοπογραφία) σε σχέση με την παραγωγή, ενώ χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση παραγόντων (Factor Analysis) που αναφέραμε παραπάνω, έτσι ώστε να γίνει διαχωρισμός των Ζωνών Διαχείρισης. Το

κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε για την καταλληλότητα των παραμέτρων είναι ο συντελεστής Kaiser ή KMO όπως είναι σήμερα γνωστός.

### 3. Γαλλία

Η εφαρμογή Αμπελουργία Ακριβείας στη Γαλλία ξεκίνησε κατά την καλλιεργητική περίοδο 1999 (Tisseyre, 2001) στην περιοχή του Montpellier. Στο αρχικό στάδιο του πειράματος φάνηκε ποιες από τις παραμέτρους είναι απαραίτητες έτσι ώστε να γίνουν αναλύσεις μέσα στο χωράφι (Tisseyre, 2000). Κάθε καλλιεργητική περίοδο γίνονται μετρήσεις παραγωγής, ποιοτικών χαρακτηριστικών (σάκχαρα, οξύτητα) καθώς και μορφολογία του φυτού. Για την χαρτογράφηση της παραγωγής χρησιμοποιείται αισθητήρας παραγωγής της Pellenc (1997), ενώ για τη μέτρηση της ποιότητας χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες εν κινήσει, που ήταν εγκατεστημένοι πάνω στη μηχανή συγκομιδής. Για την κατάσταση των πρέμων χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες.

Η γνώση της παραλλακτικότητας των ποιοτικών χαρακτηριστικών οδηγεί σε καλύτερη διαχείριση της παραγωγής, δηλαδή διαφοροποίηση στους ψεκασμούς ή διαφορετική διαδικασία συγκομιδής.

Ο Tisseyre (2003) χρησιμοποίησε άλλες μεθόδους γεωστατιστικής, εκτός της κλασσικής Kriging έτσι ώστε να περιορίσει το σφάλμα που προέκυπτε. Το σφάλμα αυτό προέκυπτε επειδή από τα δεδομένα που δεν ήταν ομοιογενή, δηλαδή με το ίδιο μέγεθος κυψέλης. Στόχος του ήταν να γίνει συνδυασμός των δεδομένων (Paoli et al., 2005) έτσι ώστε να περιοριστεί το σφάλμα των άλλων μεθόδων και να μπορεί να εξηγήσει καλύτερα τα χωρικά δεδομένα που προκύπτουν. Επίσης στη Γαλλία έγινε διαγράμμιση ζωνών διαχείρισης χρησιμοποιώντας δείκτες καλλιέργειας όπως είναι ο NDVI (Opazo et al., 2007).

### 4. Χιλή

Στην περιοχή της Κεντρικής Χιλής, έγινε εφαρμογή τεχνολογιών Αμπελουργίας Ακριβείας σε δύο εμπορικούς αμπελώνες (Ortega et al., 2003). Πρώτη χρονιά που εφαρμόστηκε ήταν την περίοδο 2001-2002. Στόχος της εργασίας ήταν να διευκρινιστεί η παραλλακτικότητα της παραγωγής, των ποιοτικών και εδαφολογικών

παραμέτρων. Επίσης προσδιορίστηκε το όφελος της διαφορετικής διαχείρισης στο χωράφι, όπως διαφορετική συγκομιδή ή διαφορετικές δόσεις αζώτου.

Η παραγωγή μετρήθηκε με δειγματοληψία σε διάφορα πρέμνα με συχνότητα 20 δειγμάτων ανά εκτάριο, ενώ για κάθε σημείο έγινε και δειγματοληψία για ανάλυση ποιοτικών παραμέτρων. Στα εδαφολογικά χαρακτηριστικά η δειγματοληψία δεν είχε κυψελωτή δομή, αλλά ακανόνιστα σημεία μέσα στο χώρο. Γενικά παρουσιάστηκε μεγάλη ανομοιομορφία στα χωράφια, παρόλο που ακολουθήθηκαν ομοιόμορφες διαχειρίσεις. Χρησιμοποιώντας κριτήρια ποιότητας, χώρισε τα χωράφια σε δύο περιοχές, σε πρώτη ποιότητα και σε δεύτερη ποιότητα. Το κέρδος από αυτή τη διαχείριση εκτιμήθηκε σε περίπου 200 \$ ανά εκτάριο. Η διαφορετική διαχείριση λίπανση αζώτου στηρίζεται στη διαφορά ανάμεσα στην παροχή αζώτου από το έδαφος και από τις ανάγκες της καλλιέργειας σε αυτό. Όταν είναι αρνητική η διαφορά, αυτό σημαίνει ότι το έδαφος χρειάζεται αζωτούχα λίπανση, ενώ σε περίπτωση που είναι θετικό, τότε σημαίνει το έδαφος μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του εδάφους σε λίπανση.

## 5. Παγκόσμια

Σε πολλές χώρες ξεκίνησαν να γίνονται πειράματα Αμπελουργίας Ακριβείας. Στη Σλοβενία (Lakota et al., 2003) μέσα από την απόκτηση δεδομένων γίνεται καλύτερη πρόβλεψη πότε θεωρείται καλύτερο για τους παραγωγούς να συγκομίζουν την παραγωγή τους. Στις ΗΠΑ έγιναν διάφορα πειράματα εφαρμογής τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας όπως στην Καλιφόρνια (Dobronski et al., 2002) όπου χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες, ενώ στο Πανεπιστήμιο του Όρεγκον, χρησιμοποιήθηκαν κάμερες για ανίχνευση ασθενειών και την παραλλακτικότητα της παραγωγής (Lang et al., 2000). Τέλος στην Ελλάδα πρώτη εφαρμογή Αμπελουργία Ακριβείας έχουμε στις αμπελουργικές περιοχές του Δαμασίου και της Ραψάνης στην Κεντρική Ελλάδα (Tagarakis et al., 2006) και σε αμπελώνες της Βόρειας Ελλάδας (Stamatiadis et al., 2007).

## Κεφάλαιο 2.Αμπέλι

### 2.1. Γενικά

Το αμπέλι ή άμπελος η οиноφόρος (*Vitis vinifera*) είναι πολυετές φυτό, το οποίο είναι γνωστό για τον καρπό του (σταφύλι). Η ιστορία του φυτού είναι συνυφασμένη με την ιστορία του κρασιού. Το άγριο Ευρωπαϊκό αμπέλι, *Vitis sylvestris* (σε κάποιες κατατάξεις αναφέρεται ως *V. Vinifera subsp. sylvestris*) είναι ενδημικό είδος της ευρύτερης λεκάνης της Μεσογείου και επεκτείνεται ως την περιοχή της Καυκασίας όπου θεωρείται τόπος καταγωγής του.

Σε αντίθεση με το ενδημικό είδος το *V. Sylvestris* είναι δίοικο, κάτι το οποίο σημαίνει ότι απαιτείται για τη γονιμοποίηση θηλυκά και αρσενικά λουλούδια.

Η καλλιέργεια του *Vitis vinifera* ανάγεται στα προϊστορικά προς τα πρώιμα ιστορικά χρόνια. Αλλαγές στο σχήμα του γίγαρτου (σπόρος, πιο στενός στις εγχώριες ποικιλίες) παρατηρούν στα 3000-3500 π.Χ στη Νοτιοδυτική Ασία ή στην περιοχή της Καυκασίας. Από εκεί πέρασε στην Ελλάδα, περνώντας από τη Φοινίκη. Η λέξη οίνος, η οποία έχει φοινικική ρίζα, πέρασε και στις υπόλοιπες χώρες όπου καλλιεργήθηκε το αμπέλι (vino, vin). Στα 1600 η καλλιέργεια επεκτάθηκε μεσώ των αποικιών στη Νότια Αμερική. Στη Βόρεια Αμερική εμφανίστηκε υβριδισμένο με ενδημικά είδη *Vitis* στην περιοχή. Κάποια από αυτά τα είδη χρησιμοποιήθηκαν αργότερα για την καταπολέμηση του εντόμου της φυλλοξήρας που πρόσβαλλε τα περισσότερα αμπέλια της Ευρωπαϊκής ηπείρου.

Τα άγρια σταφύλια μαζεύονταν από τους κυνηγούς και τους πρώτους αγρότες. Η χρήση των σταφυλιών ανάγεται στα 6000 π.Χ., όταν οι Αιγύπτιοι και οι Μεσοποτάμιοι είχαν εφαρμόσει σχέδιο για την καλλιέργεια του αμπελιού. Οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι είχαν αναφέρει την ιαματική ιδιότητα των σταφυλιών και των παράγωγων τους (κρασί). Στην Αρχαία Ελλάδα το αμπέλι μαζί με την ελιά αποτέλεσε τη βάση της οικονομίας που ανέδειξε τον Ελληνικό πολιτισμό. Από τους Αρχαίους Έλληνες πέρασε η καλλιέργεια του σε ολόκληρη τη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία. Οι γιατροί της εποχής, ανάμεσα τους ο Ιπποκράτης και ο Γαληνός αναγνώρισαν τις ευεργετικές ιδιότητες του στην υγεία, και το χρησιμοποιούσαν θεραπευτικά, κάνοντας το, ίσως το παλιότερο φάρμακο, γνωστό εδώ και 5000 χρόνια.

Το αμπέλι, όπως αναφέραμε είναι πολυετές φυτό και ανήκει στην οικογένεια των Αμπελοδών (*Vitaceae*), με χαρακτηριστικό γνώρισμα τον ξυλώδη αναρριχόμενο



βλαστό του, ο οποίος λέγεται πρέμνο. Αυτό μπορεί να φτάσει σε μήκος τα 35 m., αλλά σε συνθήκες καλλιέργειας περιορίζεται με ετήσιο κλάδεμα σε 1-3 m. Τα φύλλα του είναι λεπτά, κυκλικά προς κυκλικά ωοειδή, οδοντωτά ή πριονωτά, έλοβα με 5-7 λοβούς, με πλάτος ελάσματος 5-23 εκ. Τα άνθη μικρά, πρασινωπά συγκεντρωτικά σε ανθοταξίες σύνθετου βότρου, ο δε καρπός (σταφύλι) έχει διαφορετικά σχήματα, μεγάλος – μικρός – στρόγγυλος ή μακρόστενος, σε διάφορα χρώματα, κίτρινο, πράσινο – βιολετί, ή ακόμα και μπλε.

## 2.2. Στοιχεία αμπελουργίας

Το αμπέλι θεωρείται ένα από τα ανθεκτικά, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, φυτά σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η αντοχή του οφείλεται στο ότι βρίσκεται σε λήθαργο κατά τη διάρκεια του χειμώνα, δηλαδή οι χυμοί σταματούν να κινούνται μέσα στο κορμό του. Το αμπέλι αρχίζει να δραστηριοποιείται μόλις η θερμοκρασία του περιβάλλοντος φτάσει στους 15°C. Όμως στην εποχή αυτή είναι πάρα πολύ ευαίσθητο σε παγετούς, ιδιαιτέρως τα μικρότερα πρέμνα.

Είναι σημαντικό για την καινούρια καλλιεργητική περίοδο να γίνει η σωστή προετοιμασία μετά την περίοδο του τρυγητού. Αυτό σημαίνει ότι αν χρειαστεί ποτίζουμε ή λιπαίνουμε ελαφρά, έτσι ώστε να αντεπεξέρχεται κατά τη διάρκεια της έναρξης της βλάστησης. Στην αρχή της βλάστησης θα πρέπει το φυτό να έχει τις τροφές έτοιμες ώστε να ξεκινήσει τη λειτουργία. Για να μπορέσουν οι οφθαλμοί να μεγαλώσουν θα πρέπει να καλυφθούν οι ανάγκες του σε νερό και λιπάσματα, να έχει πολύ καλή υγιεινή κατάσταση, ενώ τέλος πρέπει να προστατευτεί από τους διάφορους κινδύνους, είτε αναφέρονται αυτοί ως ασθένειες, είτε σε εχθρούς ή ακόμα και από χαλαζόπτωση.

Τα σημαντικότερα στάδια ανάπτυξης του αμπελιού είναι από την άνθιση μέχρι και την ωρίμανση του καρπού. Κατά τη διάρκεια της άνθισης θα ήταν επιθυμητό για τους παραγωγούς να έχουν θερμοκρασίες μεταξύ 20-25°C, χωρίς βροχοπτώσεις, έτσι ώστε να έχουν την όσο μεγαλύτερη επικονίαση. Στο στάδιο της ανάπτυξης των ραγών, τα σταφύλια είναι πολύ ευαίσθητα σε ασθένειες και αυτό μπορεί να ζημιώσει σημαντικά το φυτό. Οι ράγες είναι κυρίως ευαίσθητες στην αυξημένη υγρασία σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες, κάτι που αυξάνει τον κίνδυνο προσβολής από περονόσπορο και βοτρυτή. Υψηλές θερμοκρασίες οδηγούν σε μειωμένη διαπνοή και

ακολούθως περιορισμένη ανάπτυξή τους. Οι ιδανικότερες θερμοκρασίες για την ανάπτυξη των σταφυλιών είναι μεταξύ 25 και 35°C.

Το σημαντικότερο στάδιο για τη ράγα είναι το γυάλισμα ή φούσκωμα. Αυτό το στάδιο διαρκεί συνήθως 20-30 ημέρες και οδηγεί στην πλήρη ωρίμανση του σταφυλιού. Το μέγεθος της ράγας σε αυτό το στάδιο διπλασιάζεται ή πιθανόν και περισσότερο, ενώ σιγά σιγά αλλάζει ο χρωματισμός στις έγχρωμες ή λευκές ποικιλίες. Ταυτόχρονα αρχίζει η διάσπαση των οξέων σε σάκχαρα, κυρίως στη μορφή της φρουκτόζης και γλυκόζης. Οι ανάγκες της ράγας σε νερό και κάλιο είναι ιδιαίτερα μεγάλες, καθώς το φυτό πρέπει να αντιμετωπίσει τις υψηλές θερμοκρασίες με την παράλληλη αύξηση του μεγέθους. Τελευταίο στάδιο είναι η ωρίμανση, όπου συμπληρώνεται ο βιολογικός κύκλος, ο οποίος ανάλογα με την ποικιλία διαρκεί από τη βλάστηση μέχρι την ωρίμανση 110-200 μέρες. Το σταφύλι στην πλήρη ωρίμανση περιέχει τις παρακάτω ουσίες :

Νερό 75-80%

Σάκχαρα 15-25%

Αζωτούχες ενώσεις 1%

Οξέα 3-8%

Χρωστικές ουσίες

Ανόργανα άλατα, βιταμίνες

### **2.3. Αμπελουργία στην Ελλάδα**

Γενικά η αμπελουργία τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα έχει υποβαθμιστεί σημαντικά, λόγω της μετανάστευσης του πληθυσμού προς τις αστικές περιοχές μετά τον Εμφύλιο πόλεμο καθώς και της κακής επιλογής Αμερικάνικων υποκειμένων για την αντιμετώπιση της φυλλοξήρας. Η τάση εγκατάλειψης συνεχίζεται ακόμα και τώρα, κυρίως από τα κίνητρα που δίνονται για ξερίζωμα των αμπελώνων από την Ε.Ε.

Στην Ελλάδα καλλιεργούνται περίπου 1.900.000 στρέμματα αμπελιών εκ των οποίων τα 300.000 είναι επιτραπέζια, 650.000 είναι σταφίδες και τα 950.000 είναι οινοποιήσιμες ποικιλίες. Στον πίνακα 2.1. φαίνεται η κατανομή των εκτάσεων της αμπελοκαλλιέργειας ανά γεωγραφικό διαμέρισμα, και στην εικόνα 2.1. παρουσιάζονται οι περιοχές όπου υπάρχουν αμπελουργικές εκτάσεις.

**Πίνακας 2.1. Αμπελουργική έκταση σε εκτάρια ανά γεωγραφικό διαμέρισμα και παραγωγή κρασιού σε εκατόλιτρα (Οι δρόμοι του Ελληνικού κρασιού)**

Γεωγραφικό διαμέρισμα	Έκταση (ha)	Παραγωγή οίνων (hL)
Πελοπόννησος	60.419	1.525.590
Κρήτη	50.581	959.480
Στερεά Ελλάδα & Εύβοια	28.849	1.988.790
Μακεδονία & Θράκη	15.500	514.760
Θεσσαλία	8.696	423.910
Επτάνησα	8.716	215.840
Νησιά Αιγαίου Πελάγους	9.131	151.300
Δωδεκάνησα	3.438	128.850
Ήπειρος	1.022	30.620
<b>Συνολικά</b>	<b>186.350</b>	<b>5.939.140</b>



**Εικόνα 2.1. Χάρτης με τις αμπελουργικές περιοχές (με πράσινο χρώμα)**

Οι κυριότερες περιοχές παραγωγής επιτραπέζιων σταφυλιών βρίσκονται στην Κρήτη (Αρχάνες), στην Κορινθία καθώς και σε περιοχές της Θεσσαλίας (Τίρναβος). Στην περιοχή της Κορίνθου έχουμε την μεγαλύτερη παραγωγή σταφίδας (σουλτανίνα) στην Ελλάδα με περίπου 350.000 στρέμματα. Κυριότερες περιοχές όπου έχουμε οινοποιήσιμες ποικιλίες είναι η Ραψάνη Λάρισας, η Νάουσα, το Άγιο Όρος, η Σαντορίνη, η Νεμέα Κορινθίας και η Χαλκιδική (Κούσουλας, 1995).

#### 2.4. Στοιχεία οινολογίας – Νομοθεσία

Πριν γίνει αναφορά στις βασικές κατηγορίες που χωρίζονται τα κρασιά, θα πρέπει να οριστούν οι βασικότεροι όροι που χρησιμοποιούνται παγκόσμια στην αμπελουργία και οινολογία. Το **κρασί** είναι το προϊόν που προκύπτει από την αλκοολική ζύμωση των σακχάρων του χυμού του σταφυλιού. Αποτελείται συνήθως από 85% νερό, 10-12% αλκοόλη, 0,3-0,6% οξέα και από ένα μεγάλο αριθμό στοιχείων και ενώσεων (πάνω από 600). Η λέξη είναι συνώνυμη με τη λέξη οίνος και προέρχεται από τη λέξη κράμα, δηλαδή την ανάμειξή του με νερό που έκαναν οι Αρχαίοι Έλληνες προκειμένου να αποφύγουν τις συνέπειες της μέθης.

Περιοχές ή ακόμα και κάποιοι συγκεκριμένοι αμπελώνες μπορούν να αποτελέσουν ένα **Terroir**. Η λέξη **Terroir** προέρχεται από τα Γαλλικά και σημαίνει έδαφος. Στην περίπτωση της αμπελουργίας αναφέρεται σε μία συγκεκριμένη περιοχή ή ακόμα και έκταση με ιδιαίτερες εδαφοκλιματικές συνθήκες. Μέσα σε μια τέτοια περιοχή ανήκουν πολλοί αμπελώνες με συγκεκριμένη ονομασία, οι οποίες μοιράζονται τους ίδιους τύπους εδάφους και κλιματικές συνθήκες και προσδίδουν στο συγκεκριμένο είδος κρασιού προσωπικότητα. Στον όρο αυτό κάποιοι αναφέρονται σε διακριτές και μοναδικές περιοχές της προέλευσης. Σε αυτή την περίπτωση αναφερόμαστε σε ειδικές κατηγορίες κρασιών όπως είναι το Ο.Π.Α.Π. και οι επιτραπέζιοι οίνοι.

Στον ευρύτερο Ελλαδικό χώρο αναπτύχθηκαν περιοχές στις οποίες η οικονομία τους στηρίζονταν κατά κύριο λόγο στην αμπελουργία, είτε σε οινοποιήσιμα αμπέλια είτε επιτραπέζια. Σε πολλές περιοχές επικράτησαν κυρίως οι οινοποιήσιμες ποικιλίες, όπως στη Ραψάνη, στη Νάουσα και στη Σαντορίνη. Οι περισσότερες από αυτές τις ποικιλίες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υψηλής ποιότητας κρασιού. Τα κρασιά αυτά είναι ονομασίας προέλευσης (**Ο.Π.Α.Π.**, Ονομασία Προέλευσης Ανώτερης Ποιότητας ή **V.Q.P.R.D.**, Vins de Qualite Produits dans des Pegions

Determinees), δηλαδή η περιοχή στην οποία γίνεται η παραγωγή των σταφυλιών, έχει τις κατάλληλες εδαφοκλιματικές συνθήκες ώστε να παραχθεί υψηλής ποιότητας κρασί.

Οι προϋποθέσεις που απαιτούνται για να είναι ένα κρασί Ο.Π.Α.Π., ορίζεται από την κείμενη νομοθεσία, είτε εθνική είτε ευρωπαϊκή. Οι αμπελώνες που βρίσκονται σε Ο.Π.Α.Π. είναι απαραίτητο η στρεμματική απόδοσή τους να είναι χαμηλή (συνήθως μέγιστο είναι 1 τόνος το στρέμμα) έτσι ώστε τα αμπέλια να αποδίδουν περισσότερα χαρακτηριστικά τους στο κρασί, ενώ και η διαδικασία της οινοποίησης πρέπει να γίνεται στην ευρύτερη περιοχή. Οι κυριότερες τοπικές ποικιλίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των Ο.Π.Α.Π. είναι το Αθήρι, το Ασύρτικο, η Ρόμπολα, το Ξινόμαυρο και το Αγιωργίτικο. Πρέπει να τονιστεί ότι σε πολλά κρασιά Ο.Π.Α.Π. δεν αποτελούνται από μία ποικιλία, αλλά από πολλές ποικιλίες μαζί, όπως συμβαίνει στην περίπτωση του Ο.Π.Α.Π. Σαντορίνης, όπου συμμετέχουν το Αθήρι και το Ασύρτικο.

Στην νομοθεσία ορίζονται και άλλες βαθμίδες κρασιών. Δεύτερη σημαντική κατηγορία που χωρίζονται τα κρασιά, είναι ο **Επιτραπέζιος οίνος**. Η σημαντικότερη διαφορά σε σχέση με τα Ο.Π.Α.Π. είναι ότι ο οινοποιός δεν είναι υποχρεωμένος να τηρεί κάποιες προδιαγραφές. Εδώ ο τρόπος κατά τον οποίο ακολουθείται η οινοποίηση εξαρτάται και από παράγοντες της αγοράς (όπως γεύση ή χρώμα). Στην ίδια κατηγορία ανήκουν οι **Τοπικοί οίνοι** και οι **Οίνοι Ονομασία κατά παράδοση**. Οι τοπικοί οίνοι αναφέρονται σε συγκεκριμένη περιοχή, δηλαδή μικρές εκτάσεις που βρίσκονται σε κτήματα, μοναστήρια ή αρχοντικά (chateau), και με συγκεκριμένο τρόπο καλλιέργειας.

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα εκτός από τις ποικιλίες που χρησιμοποιούνται για τα Ο.Π.Α.Π., άρχισαν να χρησιμοποιούνται και ξένες ποικιλίες, κυρίως Γαλλικές όπως το Cabernet Sauvignon, Syrah, Merlot και άλλες. Η χρησιμοποίηση αυτών των ποικιλιών, αναβάθμισε σε πολλές περιπτώσεις την ποιότητα των παραγόμενων κρασιών, καθώς έχουν πολύ καλές οργανοληπτικές ιδιότητες.

Τα κρασιά χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το χαρακτηριστικό που ενδιαφερόμαστε. Έτσι σύμφωνα με το χρώμα της επιδερμίδας του καρπού, χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, τα **λευκά**, τα **κόκκινα** και τα **ροζέ**.

Η διαδικασία της οινοποίησης αρχίζει με τη σύνθλιψη των σταφυλιών και από εκεί παραλαμβάνεται ο χυμός τους, ο μούστος. Τα λευκά κρασιά παράγονται με τη

διαδικασία της λευκής οινοποίησης δηλαδή η ζύμωση γίνεται μόνο με το μούστο, ενώ τα κόκκινα κρασιά στη ζύμωση συμμετέχουν και τα στέμφυλα και ο μούστος αποκτάει το χρώμα της σάρκας. Τα ροζέ κρασιά προέρχονται από τις ποικιλίες των κόκκινων σταφυλιών με τη διαφορά ότι ακολουθείται η διαδικασία της λευκής οινοποίησης ή μπορεί να ακολουθηθεί η μέθοδος της ερυθράς οινοποίησης με τη διαφορά ότι στη ζύμωση τα στέμφυλα έχουν πολύ μικρή συμμετοχή.

Ανάλογα με την περιεκτικότητα του κρασιού σε αζύμωτα σάκχαρα χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες. Τα **Ξηρά** (dry-sec) έχουν περιεκτικότητα μέχρι 4 γραμμάρια το λίτρο, τα **Ημίξηρα** (demi-sec) από 4 μέχρι 15 γρ. το λίτρο, τα **Ημίγλυκα** μεταξύ 15 και 25 γρ. το λίτρο και τέλος τα **Γλυκά** με συγκέντρωση μεγαλύτερη από 25 γρ. το λίτρο. Στα γλυκά κρασιά, τα σάκχαρα μπορεί να προέρχονται απευθείας από το σταφύλι ή να έχουν προστεθεί στο κρασί σε κάποιο στάδιο της παραγωγής.

Τέλος τα κρασιά τα χωρίζουμε ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε διοξείδιο του άνθρακα σε **ήσυχα**, **ημιαφρώδη**, **αφρώδη**, **ημιαεριούχα** και **αεριούχα**. Τα αεριούχα και αφρώδη περιέχουν ανθρακικό οξύ, με τη διαφορά ότι στα πρώτα έχει προστεθεί από τον οινοποιό ενώ στα δεύτερα παράγονται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Τα ήσυχα είναι τα κρασιά τα οποία περιέχουν την ελάχιστη ποσότητα ανθρακικού (λιγότερο από 1 γρ. το λίτρο) και ο αφρισμός του είναι πολύ μικρός. Οι άλλες δύο κατηγορίες είναι κρασιά με τη μισή ποσότητα ανθρακικού, είτε προέρχεται από τον οινοποιό (ημιαεριούχα), είτε με τη διαδικασία της ζύμωσης (ημιαφρώδη).

Τα βασικά προϊόντα που παράγονται με τη διαδικασία της οινοποίησης είναι η αιθυλική αλκοόλη, διοξείδιο του άνθρακα και οξέα. Το ποσοστό περιεκτικότητας σε αιθυλική αλκοόλη είναι σημαντικό καθώς είναι ο βασικός παράγοντας ποιότητας, ενώ διατρέχει λιγότερους κινδύνους κατά τη συντήρησή του. Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί σημαντικό ποσοστό κυρίως σε αφρώδεις οίνους καθώς η ζύμωση συμπληρώνεται μέσα στις φιάλες. Τέλος τα οξέα πρέπει να είναι όσο το δυνατό λιγότερα, καθώς σε μεγάλες ποσότητες δίνει άσχημη γεύση.

Η συγκέντρωση των σακχάρων μέσα στο μούστο υπολογίζεται εργαστηριακά με τη χρήση διαθλασίμετρου. Οι μονάδες οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της συγκέντρωσης των σακχάρων είναι οι βαθμοί Baume και οι βαθμοί Brix. Η κλίμακα Baume είναι μία υδρομετρική κλίμακα, η οποία υπολογίζει την πυκνότητα των διαφόρων υγρών. Για τον υπολογισμό των σακχάρων στις ράγες υπάρχει και άλλη κλίμακα, η κλίμακα brix. Αυτή η κλίμακα υπολογίζει την αναλογία της

διαλυμένης σακχαρόζης σε μέρη νερού μέσα σε ένα υγρό που στη περίπτωση μας είναι το κρασί. Οι μονάδες συνδέονται με την ακόλουθη σχέση  $Brix = 1,8 \times Baume$ .

## 2.5. Ιδιότητες του κρασιού

Ανά τους χρόνους, έχει αποδειχθεί ότι το κρασί έχει ευεργητικές ιδιότητες. Ο Ιπποκράτης έχει αναφέρει ότι χρησιμοποιούνταν για την αντιμετώπιση πυρετών, οίνους αραιωμένους με νερό. Ειδικότερα το κόκκινο κρασί περιέχει υψηλές ποσότητες φαινολών, με επικρατέστερες τις **Ρεσβερατρόλες**, (χημικό στοιχείο που βρίσκεται στις φλούδες των σταφυλιών), που έχουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες.

Έρευνα απέδειξε ότι το κρασί μειώνει σημαντικά τους θανάτους από τις καρδιαγγειακές παθήσεις. Αυτό αποδείχτηκε όταν οι θάνατοι στη Γαλλία είναι λιγότεροι κατά 57% και 79% από τις Η.Π.Α. και τη Βρετανία αντίστοιχα, παρόλο που στη Γαλλία είχαμε μεγαλύτερη κατανάλωση κεκορεσμένων λιπών. Η διαφορά αυτή στους θανάτους οφείλεται στο κρασί και το φαινόμενο αυτό ονομάζεται Γαλλικό παράδοξο. Μάλιστα σε συνέδριο του πανεπιστημίου του Harvard το κρασί έχει περιέλθει στην καθημερινή διατροφή του ανθρώπου (Τούσης, 2003).

Γενικά οι ευεργητικές ιδιότητες του κρασιού είναι οι παρακάτω : α) αντιφλεγμονώδης δράση, β) αντιαλλεργική δράση και γ) αντιελκωτική δράση. Σε πολλές έρευνες έγινε συσχέτιση ανάμεσα στην κατανάλωσή του και την προληπτική δράση σε καρκίνο και διάφορες δερματοπάθειες (Βλασσόπουλος, 2003).

Όμως οι ευεργητικές συνέπειες του κρασιού μπορούν να μην υπάρχουν σε περιπτώσεις κατάχρησης, όπου μπορεί να οδηγηθεί σε τελειώς αρνητικές συνέπειες, όπως κίρρωση του ήπατος. Βραχυπρόθεσμα μπορεί να προκαλέσει πονοκεφάλους, μείωση των αντανακλαστικών και μείωση της κρίσης. Οι συνέπειες είναι περισσότερο επικίνδυνες στις γυναίκες από ότι στους άνδρες και αυτό οφείλεται ότι οι άνδρες έχουν στο στομάχι μεγαλύτερη ποσότητα ενζύμου που μεταβολίζει την αλκοόλη (Τούσης, 2003).

## 2.6. Συσχετίσεις ποιότητας με εδαφικούς και χημικούς παραμέτρους

Ανάμεσα στην ποιότητα του κρασιού και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες υπάρχει συσχέτιση. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα είναι το κλίμα, το έδαφος και η διαχείριση της καλλιέργειας. Ο Seguin (1986) αναφέρει ως

σημαντικότερο παράγοντα το έδαφος. Σε περιοχές του Bordeaux, σε αμπελώνες με καλά αεριζόμενα και με καλή δομή εδάφη, παρατήρησε ότι σε αυτούς παρήχθησαν υψηλής ποιότητας κρασί.

Σε αντίθεση με το Seguin, ο Charters (2000) αναφέρει ότι το έδαφος δεν παίζει σημαντικό ρόλο στο άρωμα και τη γεύση του κρασιού. Όμως οι τελευταίες μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχει επίδραση του τύπου του εδάφους στην ποιότητα των σταφυλιών και συσχετίζεται με την αλληλεπίδραση ανάμεσα στη ζωντάνια του πρέμνου και στη συγκράτηση του εδαφικού νερού (Saayman and Kleyhans, 1978).

Για να προσδιορίσουμε τις σχέσεις ανάμεσα στις εδαφικές ιδιότητες και στην απόδοση του αμπελώνα, θα πρέπει να προσδιορίσουμε τις παραμέτρους που αναφέρονται σε αυτή. Τέτοιοι είναι το μέγεθος της ρώγας του σταφυλιού, χαμηλή κατανάλωση νερού ή μειωμένη ζωντάνια. Η τιμή στόχος που επιθυμούμε σε κάθε μία από αυτές τις παραμέτρους εξαρτάται από την οικονομική κατάσταση της αγοράς (Van Huyssteen, 1989). Όμως πολλές φορές αυτοί οι στόχοι είναι ενδεικτικοί, καθώς δεν εξάγουν καθαρές συσχετίσεις ανάμεσα στις εδαφικές ιδιότητες και την ποιότητα της ρώγας. Τέτοιοι ενδεικτικοί δείκτες γενικά για όλες τις ποικιλίες καθώς και για δύο συγκεκριμένες ποικιλίες σε περιοχή της Χιλής, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

**Πίνακας 2.2. Στόχοι για τη σύνθεση των σταφυλιών για ποιοτικά κρασιά**

Παράμετροι	Στόχος	Παραδείγματα	
		Carmenerè	Pinot Noir (Ortega, 2001)
Βαθμοί Baume	12-14,5	>12,2	>13,3-15
pH	3,3-3,5	3,3,-3,5	3,3-3,5
Ολικά οξέα	>6,5 g	>4	5,5-6,3

Bishop and Thomas, 2002

Κατά τον Tisseyre (2007) ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα και την παραγωγή στο κρασί είναι το νερό. Όμως αυτό βρίσκεται πάντα σε συνάρτηση με τις γενικές κλιματικές συνθήκες (ηλιοφάνεια, άνεμος) καθώς και από το είδος του χωραφιού. Τα εδάφη χωρίζονται σε γενικές κατηγορίες ανάλογα με τις ιδιότητες τους, με βασικότερη τη συγκράτηση νερού και θρεπτικών συστατικών. Σε



όσα χωράφια το νερό δεν είναι περιοριστικός παράγοντας, τότε το μέγεθος του ριζικού συστήματος έχει ευθεία επίδραση στην αύξηση και την καλή λειτουργία του φυτού (Rowe, 1993, Wang et al., 2001).

Άλλες ιδιότητες του εδάφους που επηρεάζουν την παραγωγικότητα και την ποιότητα είναι η πυκνότητα του εδάφους. Συνήθως στα χωράφια υπάρχει μεγάλη συμπίεση από μηχανήματα που κάνουν τις διάφορες εργασίες, και αυτό μειώνει σημαντικά τους πόρους του εδάφους, όπου μπορεί και αναπνέει το ριζικό σύστημα. Όμως η κίνηση του αέρα μέσα στο έδαφος μειώνεται και σε περίπτωση υπερβολικής άρδευσης ή σε ισχυρή βροχόπτωση.

Η αλατότητα και η νατρίωση των εδαφών θεωρούνται ως οι πιο επιβαρυντικοί παράγοντες για το οικοσύστημα του εδάφους, καθώς έχουν οσμωτική και τοξική επιρροή στην παραγωγή, στην ποιότητα καθώς και σε αυξημένες συγκεντρώσεις σε ιόντα χλωρίου και νατρίου μέσα στον καρπό (Priet et al., 1992). Γενικά δεν παρατηρείται σημαντική μείωση του σακχαρικού βαθμού, αλλά υπάρχει η τάση να τον μειώσει.

Οι αρνητικές συνέπειες της νατρίωσης στην ανάπτυξη έχει να κάνει κυρίως με τις αρνητικές συνέπειες της κακής δομής του εδάφους που είναι συνέπεια της νατρίωσης. Όπως και η αλατότητα, η νατρίωση είναι συνέπεια της άρδευσης με κακής ποιότητας νερού και υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι εδάφη με αλατότητα ανέχονται υψηλότερα επίπεδα νατρίωσης από τα φυσιολογικά (Lanyon, 2004).

Η θρεπτική κατάσταση του εδάφους επηρεάζει όλα τα στάδια της ανάπτυξης του αμπελιού. Όμως δεν έχει ποσοτικοποιηθεί η θρεπτική κατάσταση κάτι που οφείλεται στη πολυπλοκότητα του ριζικού συστήματος και του εδάφους. Γνώση όμως της χημείας εδάφους μας παρέχει βάση για την ερμηνεία αποτελεσμάτων ανάλυσης ιστών και για τη δυναμική των εφαρμοσμένων λιπασμάτων και τα πιθανά αποτελέσματα στη σύνθεση των σταφυλιών (Lanyon, 2004). Η διαθεσιμότητα των στοιχείων επηρεάζεται κυρίως από το εδαφικό pH. Όμως ο Seguin (1986) αναφέρει ότι το pH δεν επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα του κρασιού.

Γενικά το αμπέλι δεν αναπτύσσεται κανονικά σε  $pH < 5$  εξαιτίας της μικρής ανάπτυξης του ριζικού συστήματος (Conradie, 1983). Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι σε υψηλό pH ( $pH > 8.0$ ) παρατηρείται σημαντική μείωση της διαθεσιμότητας των περισσότερων στοιχείων (κυρίως αζώτου, ασβεστίου και ιχνοστοιχείων) (Saayman, 1981). Στα περισσότερα μακροστοιχεία έχουν αναφερθεί

αρκετά στη βιβλιογραφία για την επίδρασή τους, ενώ τα περισσότερα ιχνοστοιχεία σχετίζονται με αρνητικές συνέπειες στα φυτά (τοξικότητες, τροφопενείες).

## Κεφάλαιο 3. Ραψάνη

### 3.1. Γενικά

Το χωριό της Ραψάνης βρίσκεται στην είσοδο της κοιλάδας των Τεμπών από την βορειανατολική της πλευρά, σε υψόμετρο 500 μέτρων, στις πλαγιές του όρους Όλυμπος. Κατά τη μυθολογία στην περιοχή βρίσκονταν οι 12 θεοί της αρχαίας Ελλάδας. Γενικά η περιοχή της Ραψάνης φημίζονταν από την αρχαιότητα για την πολύ καλή ποιότητα σταφυλιών, λόγω της πολύ καλής θέσης της. Η αμπελοκαλλιέργεια θεωρείται η βασική πηγή εισοδήματος της περιοχής.

Από το 17<sup>ο</sup> και τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, η αμπελουργία θεωρούνταν ως μία από τις βασικές πηγές εισοδήματος των κατοίκων της περιοχής, μαζί με τη σηροτροφία και την υφαντουργία. Από τις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα είχαμε σημαντική μείωση στην υφαντουργία και τη σηροτροφία, οπότε το ενδιαφέρον των κατοίκων στρέφεται σχεδόν αποκλειστικά στην αμπελουργία. Το 1932, το Ελληνικό κράτος αναγνώρισε επίσημα το τοπικό κρασί σε Ονομασία Προέλευσης, εποχή κατά την οποία το εισόδημα των Ραψανιωτών προέρχονταν κατά 53% από την καλλιέργεια του αμπελιού.

Το κλίμα της Ραψάνης είναι κατάλληλο για ερυθρές ποικιλίες υψηλής ποιότητας. Ο χειμώνας χαρακτηρίζεται ως βαρύς με πολλές βροχές και χιόνια, υγρή άνοιξη και ξηρό καλοκαίρι. Το καλοκαίρι οι υψηλές θερμοκρασίες της ημέρας εναλλάσσονται με τις χαμηλές της νύχτας, βοηθώντας έτσι σε μια φυσιολογική ωρίμανση των σταφυλιών και σε μία αύξηση του αρωματικού δυναμικού των ποικιλιών. Σε σχετικά μεγάλο υψόμετρο (400-800 μέτρα) υπάρχει πρόμη ηλιοφάνεια με ένταση και συγχρόνως τοπικούς ανέμους που απομακρύνουν την ομίχλη και το τοπικό νέφος, θετικοί παράγοντες για την προστασία των αμπελώνων από μυκητιάσεις. Η θάλασσα (Αιγαίο Πέλαγος) που γειτνιάζει με την αμπελουργική ζώνη, δεν επιτρέπει τα ακραία καιρικά φαινόμενα, ενώ μετριάζει τη ζέση του καλοκαιριού. Ο Όλυμπος προστατεύει την περιοχή από τους βοριάδες, ενώ παρέχει μεγάλη ποσότητα νερού από το λιώσιμο των πάγων.

## 3.2. Το κρασί της Ραψάνης

Το κρασί της Ραψάνης έχει αναγνωρισθεί ως «Όνομασίας Προέλευσης Ανώτερης Ποιότητας» (Ο.Π.Α.Π.) από το 1971 και αφορά σε ερυθρούς ξηρούς οίνους. Είναι ο μοναδικός οίνος ονομασίας προέλευσης ο οποίος αποτελείται από τις τρεις τοπικές ποικιλίες, Ξινόμαυρο, Σταυρωτό και Κρασάτο, και παλαιώνουν τουλάχιστον για ένα χρόνο σε δρύινα βαρέλια. Η στρεμματική απόδοση δεν ξεπερνά τα 1000 κιλιά. Η συγκομιδή της παραγωγής διαρκεί από τα τέλη Σεπτεμβρίου για τις πιο πρώιμους αμπελώνες μέχρι και τα τέλη Οκτωβρίου για τους όψιμους και πιο ορεινούς αμπελώνες.

Το φυσικό περιβάλλον της περιοχής (μικροκλίμα, έδαφος, μορφολογία του εδάφους, φυσική βλάστηση, έκθεση, κλπ) και οι καλλιεργούμενες ποικιλίες κάνουν τον αμπελώνα της Ραψάνης έναν από τους ωραιότερους αμπελώνες της Ελλάδος. Ο ερυθρός οίνος Ραψάνη Ο.Π.Α.Π. είναι βαθύχρωμος, με σύνθετο μπουκέτο κόκκινων φρούτων, δαμάσκηνων, βανίλιας, κανέλας, και γεύση με πλούσιο σώμα, μαλακές τανίνες και μακρά διάρκεια.

### 3.2.1. Ποικιλίες που καλλιεργούνται στην περιοχή της Ραψάνης

Το κρασί Ο.Π.Α.Π. της περιοχής Ραψάνης το αποτελούν τρεις ποικιλίες, το **Ξινόμαυρο**, το **Κρασάτο** και το **Σταυρωτό**. Το **Ξινόμαυρο** είναι η ευγενέστερη ερυθρή ποικιλία της Βόρειας και Κεντρικής Ελλάδας και καλλιεργείται σε εκτάσεις 18.000 στρεμμάτων. Άλλες ονομασίες για το Ξινόμαυρο ανάλογα της περιοχής είναι Μαύρο Ναουστιανό, Ποπόλκα και Ξινόγκαλτσο. Το Ξινόμαυρο παρουσιάζει σημαντική παραλλακτικότητα κυρίως όσον αφορά στα οινολογικά χαρακτηριστικά (σάκχαρο, χρώμα, αρωματικό δυναμικό), που εντείνεται από τις διαφορετικές εδαφοκλιματικές συνθήκες κάτω από τις οποίες καλλιεργείται. Ωριμάζει μετά τις 20 Σεπτεμβρίου. Σε περιοχές με κάποιο υψόμετρο, όπου μπορεί να ωριμάσει, στα κατάλληλα εδάφη και με μικρές αποδόσεις ανά πρέμνο, μπορεί να δώσει θαυμάσια ερυθρά, ξηρά κρασιά, με καλό χρώμα, τυπικά αρώματα, καλή οξύτητα, υψηλόβαθμα, πλούσια σε τανίνες και επιδεικτικά παλαιώσης. Σε περιοχές μεγάλου υψόμετρου μπορεί να δώσει αξιόλογα ροζέ, ήρεμα αλλά και αφρώδη κρασιά, με χαρακτηριστικά αρώματα κόκκινων φρούτων και ιδίως φράουλας. Μπορεί ακόμα να δώσει και λευκούς οίνους (blanc de noirs), με χαρακτηριστικό χρώμα και άρωμα, και ζωνή γεύση.

Το **Κρασάτο** είναι κόκκινη ποικιλία, η οποία ωριμάζει τέλη Σεπτεμβρίου. Δίνει κρασιά υψηλόβαθμα, μέτριας οξύτητας και χρωματικής έντασης, και πλούσια σε τανίνες, τα οποία γερνάνε γρήγορα.

Τέλος το **Σταυρωτό** είναι ερυθρή ποικιλία, καλλιεργούμενη στο νομό Λαρίσης, ιδιαίτερα στα Αμπελάκια και τη Ραψάνη και σποραδικά στο Τρίκωμο Γρεβενών και στους νομούς Κοζάνης και Μαγνησίας. Ωριμάζει τέλη Σεπτεμβρίου με αρχές Οκτωβρίου. Το Σταυρωτό δίνει κρασιά μέτριου αλκοολικού τίτλου, μέτριας οξύτητας, με μέτριο χρώμα και αρκετές τανίνες, που δεν αντέχουν στο χρόνο.

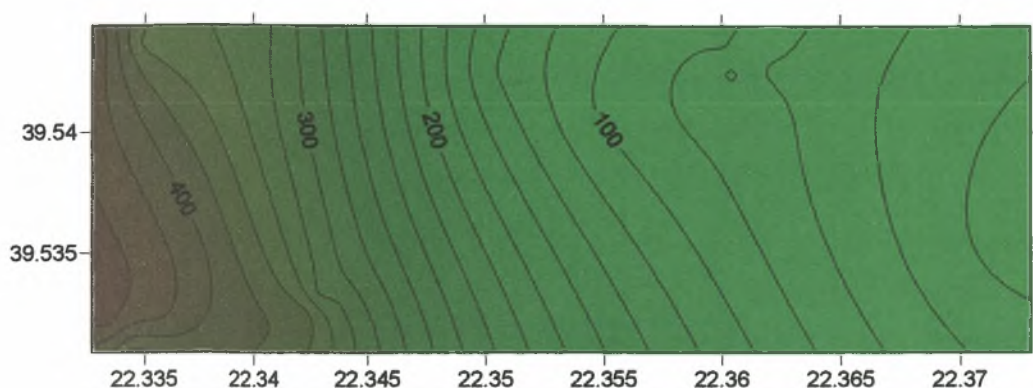
Στη περιοχή της Ραψάνης άρχισαν να καλλιεργούνται και άλλες ποικιλίες εκτός από τις ποικιλίες Ο.Π.Α.Π. και κυρίως η Γαλλική ποικιλία **Schirraz** (ή Syrah). Η **Schirraz** είναι ερυθρή ποικιλία, που έγινε γνωστή χάρη στα θαυμάσια κρασιά, που δίνει στην κοιλάδα του Ροδανού (Γαλλία) και η οποία καλλιεργείται σήμερα σε πολλές περιοχές στον κόσμο. Στην Ελλάδα η καλλιέργειά της ξεκίνησε από τη Σιθωνία (Χαλκιδική), ενώ τα τελευταία χρόνια καλλιεργείται σε πολλές περιοχές της χώρας (Πελοπόννησος, Κρήτη, Δωδεκάνησα, Μακεδονία, Θράκη, Στερεά Ελλάδα, Θεσσαλία). Ωριμάζει τέλη Αυγούστου με αρχές Σεπτεμβρίου. Ανάλογα με τον κλώνο, το κλάδεμα, το έδαφος και την περιοχή, η ποικιλία αυτή μπορεί να δώσει λιγότερο ή περισσότερο "δυνατά" κρασιά, μέτριας οξύτητας, με έντονο χρώμα, έντονα αρώματα, που γίνονται πολυπλοκότερα κατά την παλαίωση. Χρησιμοποιείται κυρίως σε μίγματα με τις τοπικές ποικιλίες ή άλλες ποικιλίες, επειδή έχει πολύ έντονο χρώμα.

### 3.2.2. Καλλιέργεια

Όλες οι εργασίες γίνονται με το χέρι, από το κλάδεμα και το αραίωμα μέχρι και τη συγκομιδή. Πολλοί αμπελώνες βρίσκονται σε αναβαθμίδες (πεζούλες) από πέτρινους τοίχους, καθώς υπάρχει μεγάλη κλίση του εδάφους, για να προστατεύσουν το έδαφος από τη διάβρωση. Επίσης σε παλιούς αμπελώνες που βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο, δεν υπάρχει γραμμική καλλιέργεια, καθώς η διαμόρφωση του εδάφους δεν επιτρέπει τη γραμμική.

### 3.3. Γενικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης αμπελουργικής ζώνης της Ραψάνης

Στο σχήμα 3.1. φαίνεται το τοπογραφικό της ευρύτερης περιοχής της Ραψάνης. Η περιοχή που καλύπτει ο χάρτης είναι μεταξύ των χωριών του Πυργετού, του ιστορικού οικισμού των Αμπελακίων και της Ραψάνης. Η αμπελουργική ζώνη της Ραψάνης βρίσκεται σε πρόγραμμα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παραγωγής από το 2001.



Σχήμα 3.1. Τοπογραφικό διάγραμμα περιοχής Ραψάνης

Η αμπελουργική περιοχή της Ραψάνης καλύπτει μία ζώνη περίπου 4.000 στρεμμάτων, μαζί με τις γύρω περιοχές. Οι αμπελώνες γύρω από το χωριό της Ραψάνης είναι περίπου 1200 στρέμματα, ενώ κάποτε ήταν περίπου 3000 στρέμματα. Η αμπελουργική ζώνη χωρίζεται σε 3 βασικές κατηγορίες ανάλογα με το υψόμετρο. Η ζώνη Α βρίσκεται στο επίπεδο της θάλασσας και φτάνει και λίγο πιο πάνω από τον Εθνικό δρόμο Αθηνών-Θεσσαλονίκης. Η ζώνη Β είναι η μεγαλύτερη ζώνη που φτάνει μέχρι λίγο πιο κάτω από το χωριό της Ραψάνης (υψόμ. 400 μέτρα) και τέλος η ζώνη Γ όπου είναι οι αμπελώνες που φτάνουν μέχρι και υψόμετρο 1000 μέτρα. Η περιοχή της αμπελουργικής ζώνης βρίσκεται στις δύο πλευρές της κοιλάδας των Τεμπών, την οποία διασχίζει ο μακρύτερος ποταμός της Θεσσαλίας ο Πηνειός. Στην πλευρά του Ολύμπου, το υπέδαφος αποτελείται από μαρμαρικούς και μπλε σχιστόλιθους, κάτι που βοηθάει στην καλή υδατοπερατότητα. Αντίθετα στην άλλη πλευρά υπάρχει και ασβεστόλιθος. Γενικά τα εδάφη χαρακτηρίζονται από καλή δομή που επιτρέπει ομαλή ανάπτυξη του

ριζικού συστήματος σε μεγάλο βάθος. Η τοπογραφία της περιοχής σε συνδυασμό με τη δομή του εδάφους εξασφαλίζουν μία φυσική αποστράγγιση του νερού.

Στα πλαίσια του προγράμματος της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης, κατά τα έτη 2003 και 2004 έγιναν εδαφολογικές αναλύσεις από το Περιφερειακό Εργαστήριο Γεωργικών Εφαρμογών και Ανάλυσης Λιπασμάτων (Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ.) Κεντρικής Ελλάδας, στην αμπελουργική ζώνη έτσι ώστε να εκτιμηθεί η θρεπτική κατάσταση των αμπελώνων και να βρεθούν πιθανόν λύσεις των διάφορων προβλημάτων.

Γενικά τα εδάφη της περιοχής Ραψάνης θεωρούνται σχετικώς βαριάς σύστασης. Η βασική διαφορά ανάμεσα στα εδάφη της ζώνης Α και των ζωνών Β και Γ είναι ότι τα εδάφη της ζώνης Α είναι πηλοαμμώδους σύστασης (Σχήμα 3.2).

Σε γενικές γραμμές τα εδάφη είναι αρκετά αλκαλικά, ενώ σε μεγάλο ποσοστό (24,2% σε βάθος 0-30 εκ., 47,4% σε βάθος 30-60 εκ. και 48% σε βάθος 60-90 εκ., Σχήμα 3.3) έχουν pH μεγαλύτερο από 8,4, κάτι που σημαίνει ότι είναι πολύ αλκαλικά και η διαχείριση τους είναι πολύ προβληματική. Σε αντίθεση με το pH, το ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ) στα περισσότερα χωράφια στα οποία έγιναν αναλύσεις, έδειξαν ότι δεν υπάρχει καθόλου ή βρίσκεται σε ίχνη (Σχήμα 3.4). Η οργανική ουσία των εδαφών θεωρείται σε ποσοστά χαμηλή, όπως είναι συνήθως στα περισσότερα Ελληνικά εδάφη και κυμαίνεται μεταξύ 0,6 με 1,9% (65% των εδαφών, Σχήμα 3.5).

Όσον αφορά τα θρεπτικά στοιχεία, ο φωσφόρος δεν βρίσκεται σε ικανοποιητικές ποσότητες στα περισσότερα χωράφια σε βάθος 0-30 εκ., ενώ σε βάθος 30-60 εκ. βρίσκεται σε ακόμη μικρότερες συγκεντρώσεις (Σχήμα 3.6). Το κάλιο βρίσκεται σε πιο επαρκή κατάσταση (60 % των εδαφών έχει συγκέντρωση μεταξύ 0,2 και 0,8 meq/100 g εδάφους) και στα διαφορετικά βάθη (Σχήμα 3.7). Στο Σχήμα 3.8. παρουσιάζεται η συγκέντρωση του βορίου σε όλη τη ζώνη.

Σε αντίθεση με τα κύρια θρεπτικά στοιχεία, τα περισσότερα ιχνοστοιχεία βρίσκονται σε πιο ικανοποιητικές συγκεντρώσεις για τα αμπέλια. Ο ψευδάργυρος βρίσκεται σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από ότι χρειάζεται το φυτό (Σχήμα 3.9). Αντίστοιχα έχουμε υψηλές συγκεντρώσεις βορίου (περίπου 68 % των χωραφιών μεταξύ 0,8 και 2,0 ppm). Σημαντικές συγκεντρώσεις μαγγανίου (Σχήμα 3.10) υπάρχουν στα εδάφη (μεγαλύτερες από 13 ppm, σε ποσοστό μεγαλύτερο από 50 % των αμπελώνων), κάτι που μπορεί να προκαλέσει τοξικότητες. Τέλος το μαγνήσιο (Σχήμα 3.11) βρίσκεται

σε διάφορες συγκεντρώσεις, αλλά η διαθεσιμότητα εξαρτάται από τη συγκέντρωση της αργίλου στο έδαφος (Σχήμα 3.2). Βάση του σχήματος 3.11. συμπεραίνουμε ότι η διαθεσιμότητα του στα εδάφη είναι πάρα πολύ υψηλή (ποσοστό που προσεγγίζει το 90%). Όλοι οι πίνακες και τα σχήματα προέκυψαν από τις ανάλυσεις που έκανε το ΠΕΓΕΑΛ.

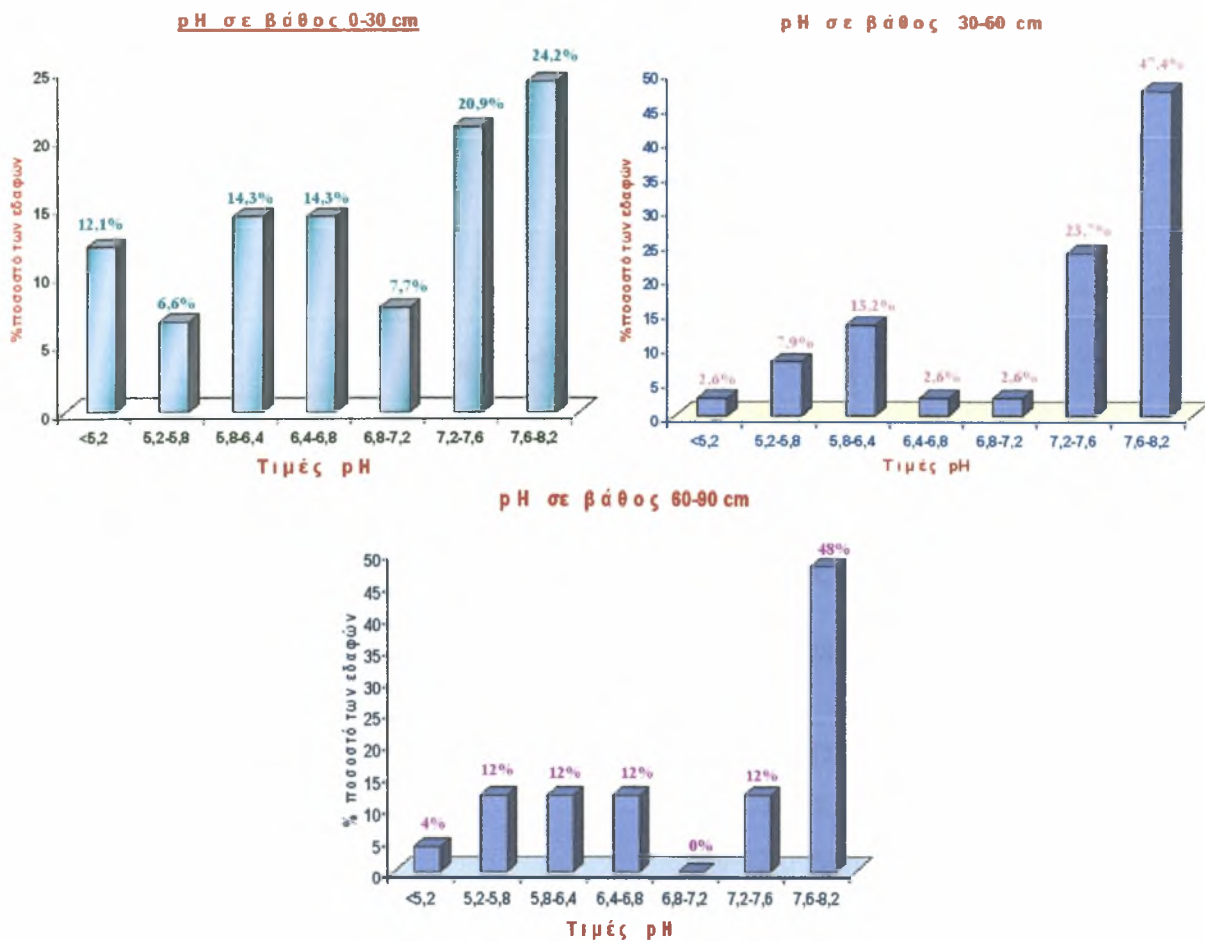
Τέλος στο σχήμα 3.12 φαίνεται πως παραλλάσσονται τα θρεπτικά στοιχεία και τα ιχνοστοιχεία στα εδάφη της ζώνης Β της αμπελουργικής ζώνης. Οι συντεταγμένες του σχήματος 3.12. είναι στο γεωδαιτικό σύστημα WGS 84.

### 3.4. Σχήματα – Πίνακες



Σχήμα 3.2. Μηχανική σύσταση

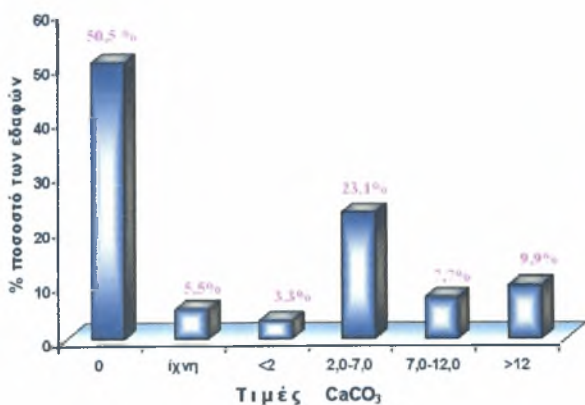




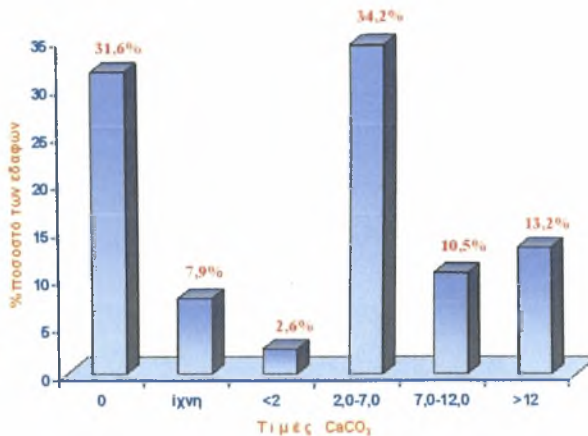
**Σχήμα 3.3. ρΗ σε διάφορα βάθη**

- <math><5,2</math> Πολύ ισχυρά όξινα
- 5,2-5,8 Ισχυρά όξινα
- 5,8-6,4 Μέτρια όξινα
- 6,4-6,8 Ελαφρά όξινα
- 6,8-7,2 Ουδέτερα
- 7,2-7,6 Ελαφρά αλκαλικά
- 7,6-8,2 Ισχυρά αλκαλικά

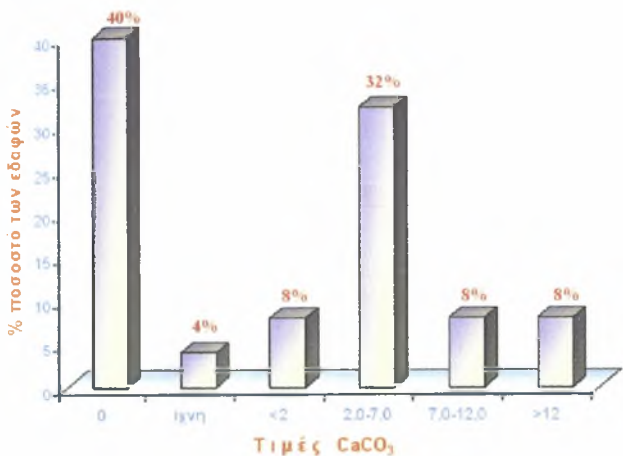
**% ολικό CaCO<sub>3</sub> σε βάθος 0-30 cm**



**% ολικό CaCO<sub>3</sub> σε βάθος 30-60 cm**



**% ολικό CaCO<sub>3</sub> σε βάθος 60-90cm**



**Σχήμα 3.4. CaCO<sub>3</sub> σε διάφορα βάρη**

0 χωρίς ανθρακούχο ασβέστιο

Ιχνη

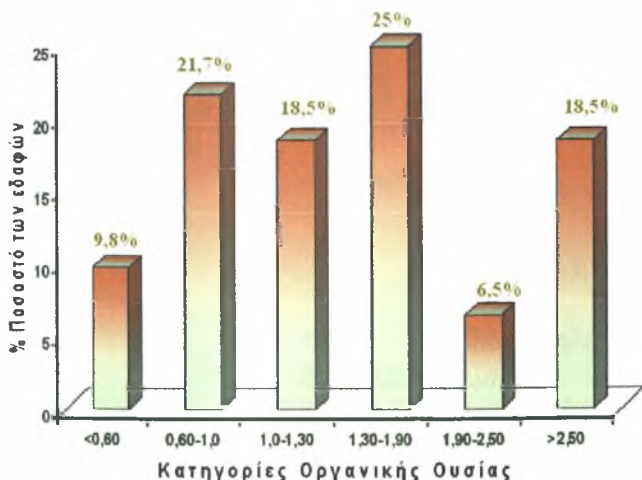
<2 Πολύ χαμηλή

2,0-7,0 Χαμηλή

7,0-12,0 Μέτρια

>12,0 Υψηλή

**ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ (%)**



**Εικόνα 3.5. Οργανική ουσία**

<0,6 Πολύ χαμηλή

0,6-1,0 Χαμηλή

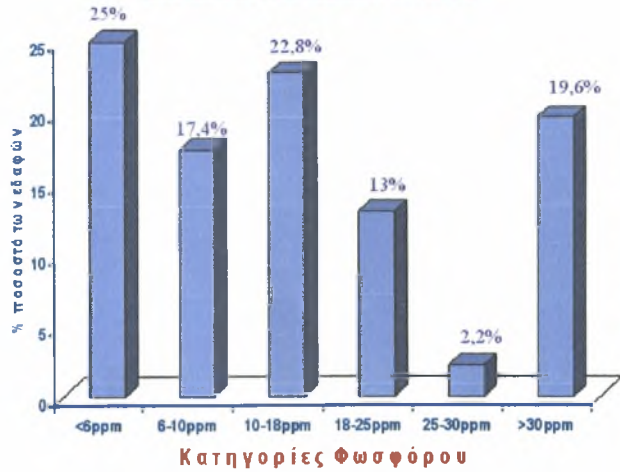
1,0-1,3 Ελαφρώς Χαμηλή

1,3-1,9 Μέτρια

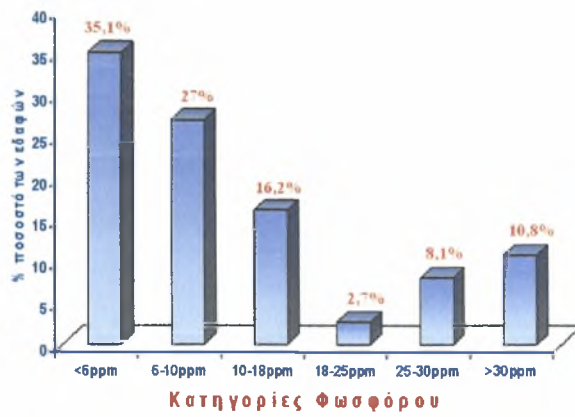
1,9-2,5 Ελαφρώς Υψηλή

>2,5 Υψηλή

**ΦΩΣΦΟΡΟΣ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 0-30 cm**



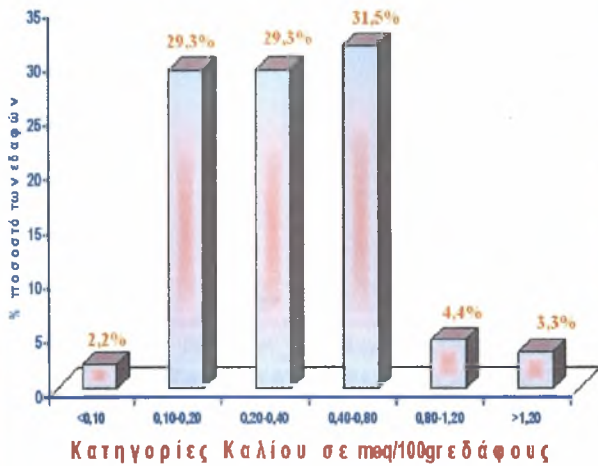
**ΦΩΣΦΟΡΟΣ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 30-60 cm**



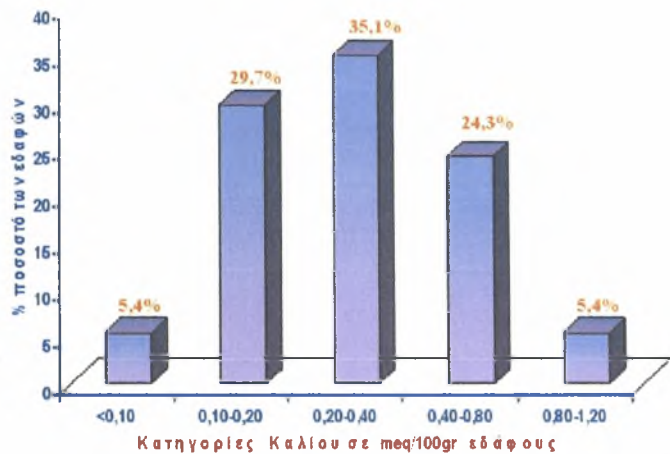
**Σχήμα 3.6. Διαθεσιμότητα φωσφόρου**

< 6	Πολύ χαμηλή	18-25	Μέτρια
6-10	Χαμηλή	25-30	Υψηλή
10-18	Λίγο χαμηλή	> 30	Πολύ υψηλή

**ΚΑΛΙΟ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 0-30 cm**



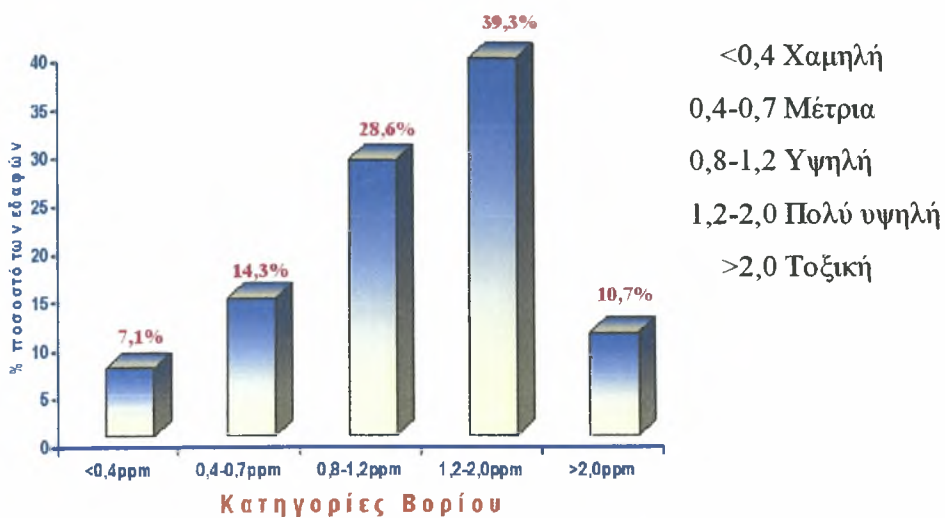
**ΚΑΛΙΟ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 30-60 cm**



**Σχήμα 3.7. Διαθεσιμότητα καλίου**

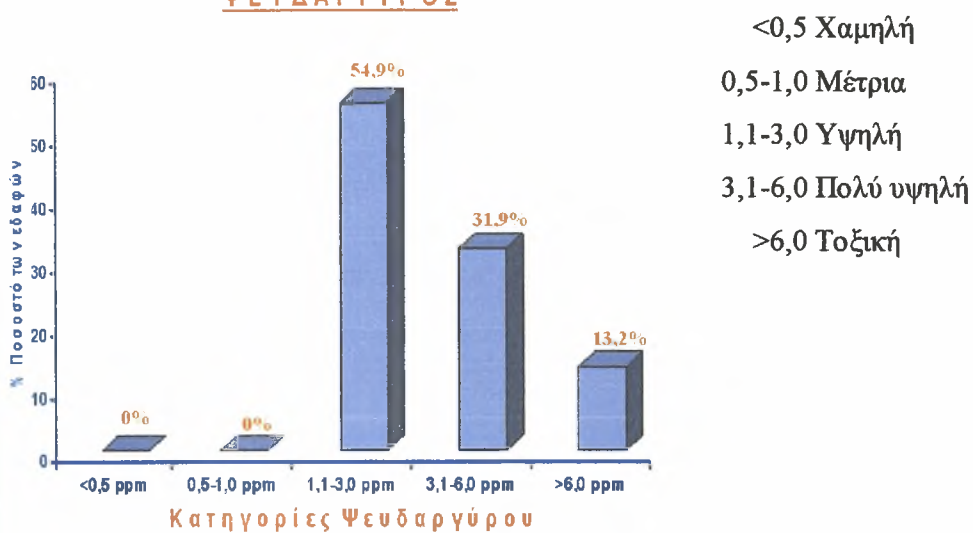
< 0,1	Πολύ χαμηλή	0,40-0,80	Μέτρια
0,10-0,20	Χαμηλή	0,80-1,20	Υψηλή
0,20-0,40	Λίγο χαμηλή	> 1,20	Πολύ υψηλή

### Β Ο Ρ Ι Ο



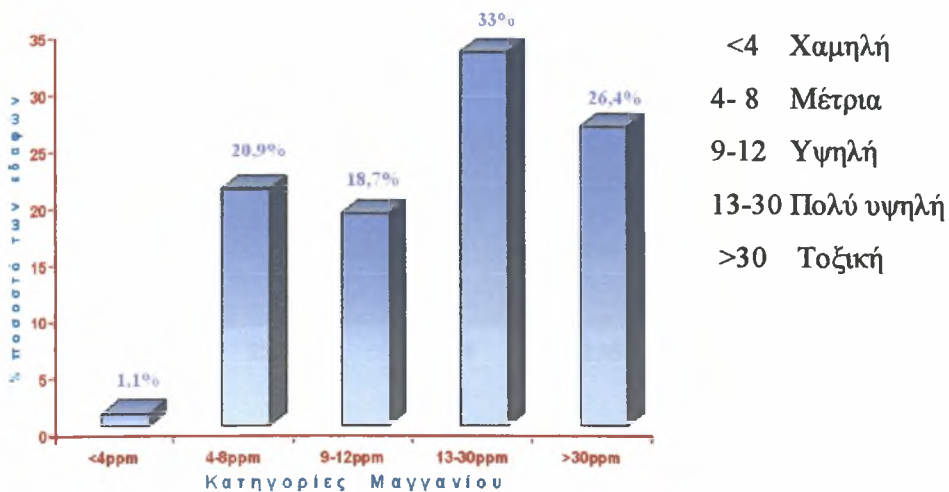
Σχήμα 3.8. Διαθεσιμότητα Βορίου

### Ψ Ε Υ Δ Α Ρ Γ Υ Ρ Ο Σ



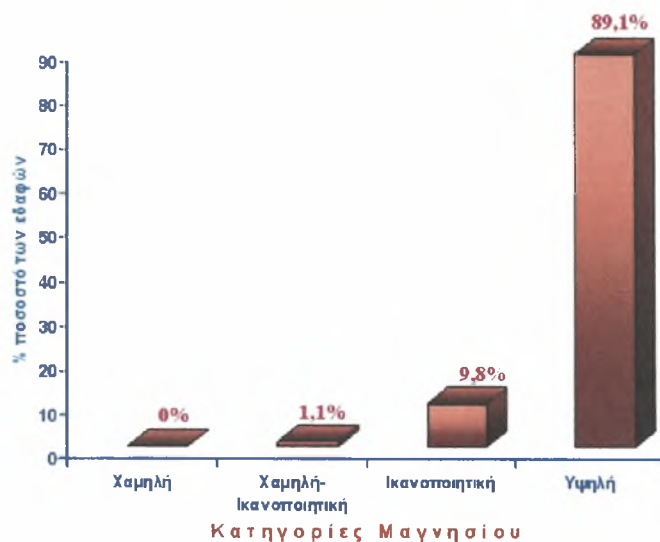
Σχήμα 3.9. Διαθεσιμότητα Ψευδαργύρου

### ΜΑΓΓΑΝΙΟ



Σχήμα 3.10. Διαθεσιμότητα Μαγγανίου

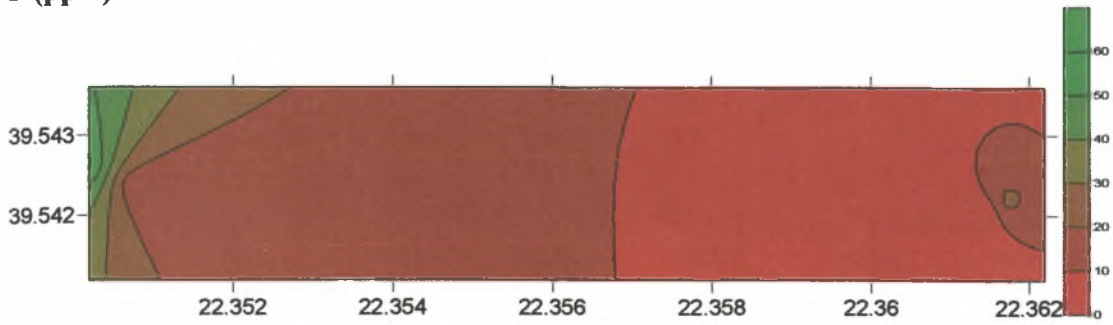
### ΜΑΓΝΗΣΙΟ ( mg/100gr εδάφους )



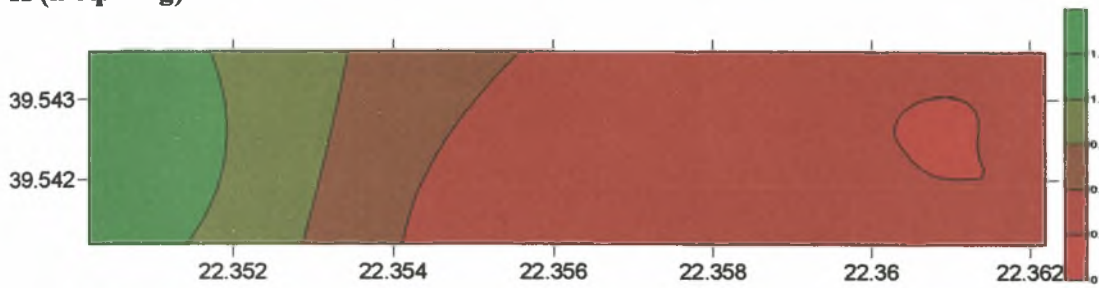
Σχήμα 3.11. Διαθεσιμότητα Μαγνησίου

Σχήμα 3.12. Χάρτες εδαφικής ανάλυσης στη ζώνη Β

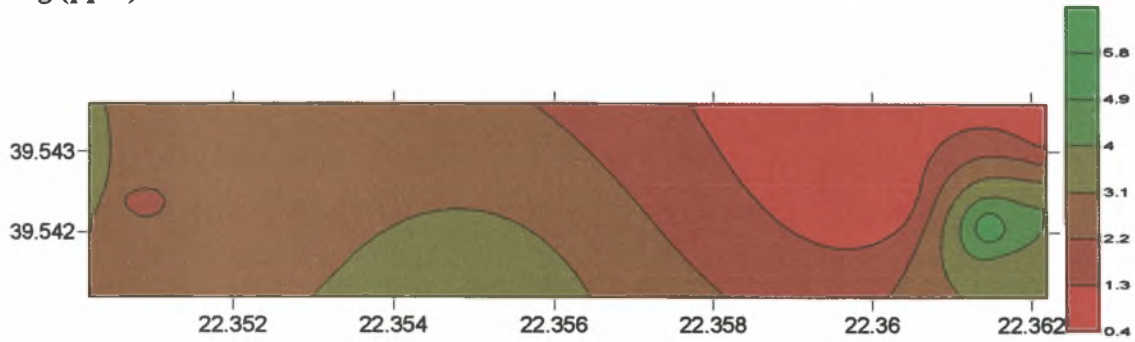
**P (ppm)**



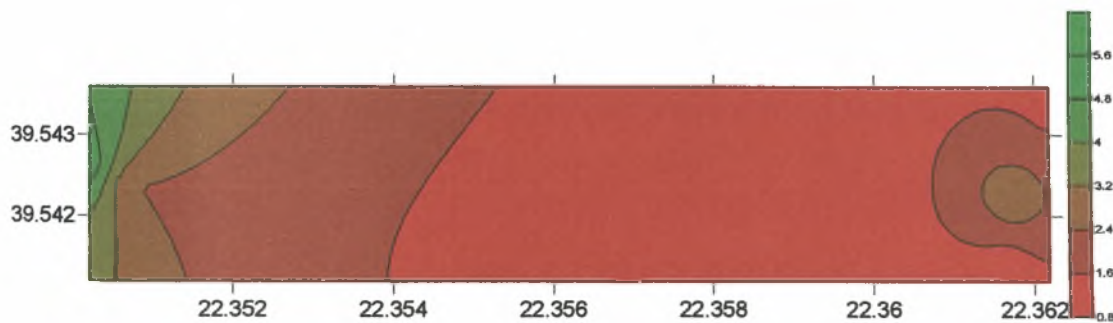
**K (meq/100g)**



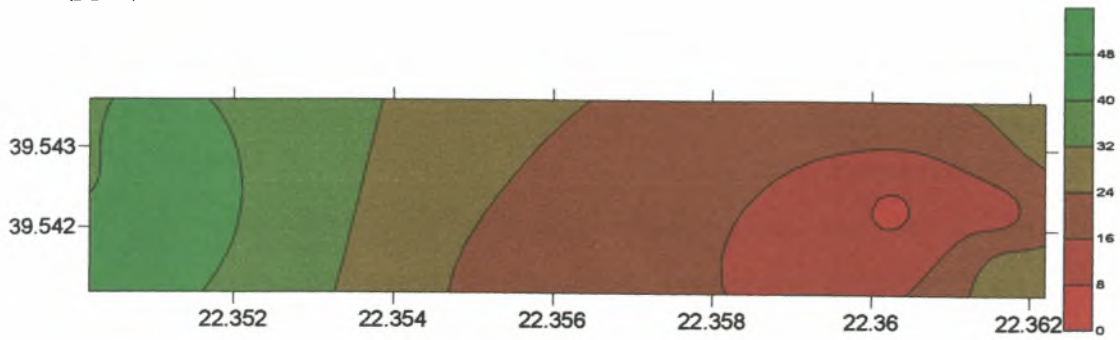
**Mg (ppm)**



**Zn (ppm)**



**Mn (ppm)**



## Κεφάλαιο 4

### 4.0. Εισαγωγή

Σε δύο διαφορετικούς αμπελώνες της αμπελουργικής ζώνης της Ραψάνης, έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής, κατά την καλλιεργητική περίοδο 2005. Και οι δύο αμπελώνες ανήκουν στην Β' ζώνη της Ραψάνης. Χαρακτηριστικό της ζώνης είναι τα αργιλοπηλώδη εδάφη και βρίσκονται σε χαμηλό σχετικά υψόμετρο, αλλά με αρκετή απόσταση από τη θάλασσα. Στον πρώτο αμπελώνα, στην περιοχή Καψάλη της Ραψάνης (7 στρέμματα, μέσο υψόμετρο 85 μ., 39°,54' 36'' Β, 22°,36' Α), χαρακτηριστικό του οποίου είναι ότι έχει κλίση περίπου 5%. Η ποικιλία που χρησιμοποιείται στον αμπελώνα είναι Schirgaz, και τα αμπέλια είναι ηλικίας 5 ετών.

Στο δεύτερο αμπελώνα, στην περιοχή Σμίξη (6,5 στρ., υψόμετρο 56 μ., 39°,54' 25'' Β, 22°,36' 05'' Α), χαρακτηριστικό του οποίου είναι ότι το έδαφος έχει αλλαχθεί για τις ανάγκες των έργων στις σήραγγες του σιδηροδρομικού δικτύου στις παρακείμενες περιοχές των Τεμπών και του Πλαταμώνα. Στον αμπελώνα καλλιεργούνται οι 3 τοπικές ποικιλίες, που αποτελούν το κρασί Ο.Π.Α.Π. της Ραψάνης. Ο συσχετισμός των ποικιλιών δεν είναι σταθερός και αλλάζει συνέχεια, και αυτό γιατί έτσι θεωρούν οι μεγαλύτεροι σε ηλικία ότι είναι καλύτερο για την ποιότητα του κρασιού.

Ανάμεσα στις ερυθρές ποικιλίες, υπάρχουν πρέμνα με λευκές ποικιλίες, έτσι ώστε να δίνουν καλύτερα χαρακτηριστικά στο κρασί. Τα πρέμνα είναι κατά μέσο όρο ηλικίας 30 ετών, ενώ σε διάφορα σημεία έχουν απεγκατασταθεί και είναι κενά ή υπάρχουν πρέμνα μικρής ηλικίας, τα οποία δεν έχουν φτάσει στην καρποφορία. Τα σημεία τα οποία βρίσκονται οι αμπελώνες απεικονίζονται στη δορυφορική εικόνα 4.1.

Γενικά κατά την καλλιεργητική περίοδο 2005, δεν είχαμε έντονες προσβολές ευδεμίδας, όπως συνήθως γίνεται στην ευρύτερη περιοχή τα προηγούμενα χρόνια και αυτό οφείλεται κυρίως στις κλιματικές συνθήκες οι οποίες δεν θα άφηναν την ανάπτυξη των γενεών της.

Η διαδικασία η οποία ακολουθήθηκε για την εκτέλεση του πειράματος είναι η εξής :

**1. Χαρτογράφηση παραγωγής :** έγινε κατά την ημέρα της συγκομιδής





**Εικόνα 4.1. Δορυφορική εικόνα της αμπελουργικής ζώνης Ραψάνης με τους υπό εξέταση αμπελώνες (Google Earth, 2007)**

- 2. Δειγματοληψία καρπών (ράγα) για ποιοτικά χαρακτηριστικά :** έγινε κατά την ημέρα της συγκομιδής
- 3. Αναπαράσταση δεδομένων σε χάρτες :** Τα δεδομένα αναπαραστήθηκαν σε χάρτες με τη βοήθεια του προγράμματος Surfer
- 4. Δημιουργία ζωνών διαχείρισης :** Με τη χρήση των ασαφών k-means αλγορίθμων έγινε η δημιουργία ζωνών διαχείρισης (MZA)
- 5. Επιλογή σημείων για δειγματοληψία εδάφους :** Τα σημεία στα οποία έγινε η δειγματοληψία εδάφους προέκυψε από τις ζώνες διαχείρισης.
- 6. Αναπαράσταση εδαφολογικών αναλύσεων :** Τα αποτελέσματα των εδαφολογικών αναλύσεων αναπαρίστανται σε χάρτες με τη βοήθεια του Surfer. Η ανάλυση των εδαφολογικών αναλύσεων έγινε κατά την περίοδο του Ιανουαρίου 2006.

**7. Συσχέτιση εδαφολογικών παραμέτρων με παραγωγή και ποιοτικά χαρακτηριστικά – Σύγκριση ζωνών διαχείρισης:** Η συσχέτιση των δεδομένων γίνεται με τη βοήθεια στατιστικών πακέτων (SAS). Σύγκριση των ζωνών διαχείρισης του 4<sup>ου</sup> σταδίου με αυτές που αποκτούμε σε αυτό το στάδιο

#### **8. Πιθανές βελτιώσεις**

Η συγκομιδή της παραγωγής έγινε για τον πρώτο αμπελώνα στις 25 Σεπτεμβρίου 2005, ενώ ο άλλος συγκομίστηκε στις 6 Οκτωβρίου. Τέλος η δειγματοληψία εδάφους έγινε στις 13 Δεκεμβρίου.

Η παραπάνω διαδικασία ακολουθήθηκε για τον πρώτο αμπελώνα όπου είχαμε πλήρη δεδομένα εδαφολογικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών. Στον άλλο αμπελώνα έχουμε μόνο τη χαρτογράφηση της παραγωγής και κάποια περιορισμένα δεδομένα για τις ποιοτικές παραμέτρους των καρπών, λόγω της ελλιπούς ανάλυσης ποιοτικών χαρακτηριστικών από την Εταιρία Ευαγ. Τσάνταλης Α.Ε.

#### **4.1. Χαρτογράφηση παραγωγής**

Σε όλους τους αμπελώνες της Ραψάνης, τα σταφύλια συλλέγονται με τα χέρια, λόγω της μεγάλης ανομοιομορφίας των αμπελώνων και των πολύ μικρών εκτάσεων, κάτι που δεν επιτρέπει τη μηχανική συγκομιδή. Οι καρποί τοποθετούνται σε κλούβες με βάρος περίπου 25 kg. Οι κλούβες τοποθετούνται κατά μήκος των γραμμών. Οι μετρήσεις της παραγωγής γινότανε με ζύγιση των κλουβών με τη χρήση κοινής ζυγαριάς του εμπορίου με κλίμακα 0-60 κιλά, με ανάλυση 500 γραμμαρίων. Οι μετρήσεις γίνανε επί της σειράς (η απόσταση μεταξύ των σειρών είναι 2 μέτρα, ενώ επί της σειράς είναι 1 μέτρο) ανά 6 μέτρα ή αντίστοιχα πρέμνα, όπου ήταν τοποθετημένα τσιμεντένια δοκάρια, που χρησιμοποιούνταν για τη στήριξη των πρέμνων. Οι μετρήσεις γενικεύτηκαν με τη χρήση GPS.

#### **4.2. Δειγματοληψία ποιοτικών χαρακτηριστικών**

Παράλληλα με τη συγκομιδή και τη διαδικασία χαρτογράφησης, έγινε και η δειγματοληψία για την ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Κάθε δείγμα αποτελείται από ράγες σταφυλιών που βρίσκεται διασκορπισμένα μέσα στα τελάρα ή πάνω στο πρέμνο. Η μέθοδος δειγματοληψίας που ακολουθείται είναι η κυψελωτή

διάταξη. Το μέγεθος κάθε κυψελίδας, που αποτελεί ένα δείγμα, εξαρτάται από τις διαστάσεις του αμπελώνα. Έτσι στο πρώτο χωράφι οι διαστάσεις της κυψελίδας είναι 12 x 36 μ. και στο δεύτερο 8 x 48 μ. Και στους δύο αμπελώνες ο αριθμός των δειγμάτων ήταν 16.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τα οποία αναλύθηκαν είναι το pH του χυμού των σταφυλιών, τα σάκχαρα σε βαθμούς Baume και η συνολική οξύτητα σε mg Οξικού οξέος σε λίτρο χυμού. Η μέτρηση του pH έγινε με τη χρήση ειδικού εργαστηριακού πεχαμέτρου που μετράει το pH σε υγρές ουσίες. Η μέτρηση των σακχαρικών βαθμών γίνεται με τη χρήση πυκνομέτρου. Τέλος για τη μέτρηση της οξύτητας χρησιμοποιούνται αντιδραστήρια. Το αποτέλεσμα προκύπτει από την ποσότητα 0,1 N NaOH που απαιτείται για να εξουδετερωθεί η οξύτητα (pH=8,2). Οι αναλύσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών έγιναν στο χημικό εργαστήριο του εργοστασίου της εταιρίας Ευαγ. Τσάνταλη στον Άγιο Παύλο Χαλκιδικής.

#### 4.3. Αναπαράσταση δεδομένων σε χάρτες

Τα αρχικά δεδομένα τα οποία αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια συγκομιδής συγκεντρώνονται σε πίνακες σε μορφή Microsoft Excel. Στις πρώτες δύο στήλες τοποθετούνται οι συντεταγμένες των σημείων, ενώ στην τρίτη στήλη οι τιμές των παραμέτρων. Οι πιο ακραίες τιμές των δεδομένων απορρίπτονται (συνήθως τιμές οι οποίες είναι που απέχουν από το μέσο όρο περισσότερο από  $\pm 3$  μονάδες τυπικής απόκλισης). Ακολουθεί η διαδικασία επιλογής της κατάλληλης μεθόδου για την πραγματοποίηση της έσω-εκτίμησης. Σε περιπτώσεις που τα δεδομένα είναι λίγα, όπως συμβαίνει στο πείραμα, η πιο αντιπροσωπευτική μέθοδος είναι η Kriging. Το τελευταίο στάδιο είναι η επιλογή της ανάλυσης της οποίας επιθυμούμε να προχωρήσει η έσω-εκτίμηση, δηλαδή το μέγεθος του εικονοστοιχείου (pixel). Για τα αμπέλια ανάλυση σε διάστημα 2 x 2 μ. θεωρείται ικανοποιητική, καθώς το πλάτος της σειράς είναι 2 μ. Το πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη εκτέλεση της έσω-εκτίμησης είναι το Surfer (Golden Software, Surfer 8.05., 2004).

Αφού αποκτήθηκαν οι χάρτες από τα δεδομένα τα οποία έχουμε, ακολουθεί η διαδικασία εξομάλυνσης των δεδομένων. Γενικά στους χάρτες όπου υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα στις τιμές των δεδομένων παρατηρείται το φαινόμενο του ματιού του ταύρου (Bull's eye spot), όπου σημειακές τιμές προκαλούν απότομη μεταβολή σε

κλάσεις. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, καθώς και τη μείωση της παραλλακτικότητας στο τελικό χάρτη, χρησιμοποιείται το πρόγραμμα VESPER (Variogram Estimation and Spatial Prediction plus Error) του ACPA (Australian Centre of Precision Agriculture, Sydney). Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιείται κυρίως σε δεδομένα συνεχή ή πυκνής δειγματοληψίας (raster). Για αυτό το σκοπό αυτό το πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε μόνο για τους χάρτες της παραγωγής.

#### 4.4. Δημιουργία ζωνών διαχείρισης

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

Ακολούθως εισάγονται τα δεδομένα τα οποία προήλθαν από την έσω-εκτίμηση των παραμέτρων σε φύλλο εργασίας του Microsoft Excel. Τα δεδομένα του φύλλου εργασίας εισάγονται σε πρόγραμμα που κάνει διαγράμμιση των ζωνών διαχείρισης με τη χρησιμοποίηση του αλγόριθμου fuzzy k-means (ασαφής κ-μέσοι). Το πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιείται για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης είναι το MZA 1.0.1, 2000 (Management Zone Analyst) του University of Missouri σε συνεργασία με το ARS (Agricultural Research Service).

Στην αρχή εισάγονται ποιες από τις παραμέτρους θέλουμε να συμμετάσχουν στη δημιουργία των ζωνών. Ακολούθως επιλέγεται η μέθοδος με την οποία υπολογίζουμε την απόσταση του σημείου από το κέντρο της κλάσης. Συνήθως επιλέγεται η ευκλείδεια απόσταση, για λόγους ευκολίας και μεγαλύτερης ευχέρειας. Διαλέγουμε πόσες κλάσεις επιθυμούμε καθώς και το συντελεστή ασάφειας (Fuzzy exponent). Το αρχείο το οποίο δημιουργείται δίνει τις πιθανές περιπτώσεις κάθε σημείου, σε ποια κλάση ανήκει, ανάλογα με τον αριθμό των κλάσεων που έχουμε επιλέξει.

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

σηματική παράσταση τις ζώνες, με τη μορφή του χάρτη. Οι ζώνες οι οποίες παράγονται χρησιμοποιούνται αργότερα για τη δειγματοληψία εδάφους.

#### **4.5. Επιλογή σημείων δειγματοληψίας**

Αφού έγινε η χάραξη των ζωνών διαχείρισης, γίνεται η επιλογή των σημείων δειγματοληψίας. Υπάρχει η δυνατότητα συλλογής δειγμάτων με δύο μεθόδους, με κυψελωτή διάταξη καθώς και με κατευθυνόμενη δειγματοληψία. Όμως όπως αναφέρθηκε ακολουθήθηκε η μέθοδος της κατευθυνόμενης δειγματοληψίας. Από κάθε ζώνη λαμβάνεται ίσος αριθμός δειγμάτων εδάφους. Ο αριθμός των σημείων εξαρτάται από τις ζώνες διαχείρισης που προκύπτουν, από το χρόνο που απαιτείται για να γίνει η συλλογή και η ανάλυση των δειγμάτων και την οικονομική δυνατότητα για την εκτέλεση όλων των απαραίτητων εργασιών.

#### **4.6. Ανάλυση - Αναπαράσταση των εδαφικών παραμέτρων**

Αφού έγινε η συλλογή των εδαφικών δειγμάτων, ακολουθήσε η διαδικασία της ανάλυσης των εδαφικών δειγμάτων. Σε κάθε σημείο δειγματοληψίας λαμβάνονται δύο δείγματα σε δύο διαφορετικά βάθη, το ένα επιφανειακό 0-30 εκ. και ένα βαθύτερο 30-60 εκ. Στα εδαφικά δείγματα προσδιορίστηκε τη μηχανική σύσταση (περιεκτικότητα σε άργιλο, άμμο και ιλύ), το pH, η περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία και ανθρακικό ασβέστιο καθώς και οι συγκεντρώσεις σε στοιχεία (κύρια και ιχνοστοιχεία). Οι αναλύσεις εδάφους έγιναν στο εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ο προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης έγινε με τη μέθοδο Βουγιούκου. Το pH μετρήθηκε σε κορεσμένο με νερό εδάφος με τη χρήση πεχαμέτρου. Η οργανική ουσία του εδάφους προσδιορίστηκε με τη μέθοδο WALKLEY-BLACK που στηρίζεται στην οξειδωση της οργανικής ουσίας με διχρωμικό κάλιο. Τα νιτρώδη και νιτρικά ιόντα μετρούνται με την μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας, ενώ τα αμμωνιακά ιόντα υπολογίζονται με τη μέθοδο Kjeldahl. Η συγκέντρωση των ιόντων φωσφόρου προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του Olsen. Τα ιόντα καλίου μετρήθηκαν στο φλωγοφωτόμετρο, αφού προηγουμένως βαθμονομήθηκε το όργανο με τη χρήση διάφορων συγκεντρώσεων  $K^+$  και ακολούθησε εισαγωγή του εκχειλισμένου με οξικό αμμώνιο (1M και pH=7,0) δείγματος εδάφους. Τα ιόντα μαγνησίου μετρήθηκαν με τη

μέθοδο της ατομικής απορρόφησης, όπου εδώ χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα διαλύματα συγκεντρώσεων μεταξύ 0 και 1  $\mu\text{g Mg}^{2+}$ . Τα ιόντα των βαρέων μετάλλων ιχνοστοιχείων ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ) και τα ιόντα του νατρίου μετρήθηκαν στην ατομική απορρόφηση με γραφίτη (IAAS).

#### **4.7. Συσχέτιση εδαφικών παραμέτρων με ποιοτικά χαρακτηριστικά και παραγωγή**

Τα δεδομένα τα οποία αποκτήθηκαν από τη διαδικασία της εσωεκτίμησης, χρησιμοποιήθηκαν για τη συσχέτιση των εδαφικών παραμέτρων με την παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Απαραίτητη η προϋπόθεση παράγοντας για τις συσχετίσεις ήταν η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού ( $R^2$ ) να είναι αρκετά υψηλή (όσο η τιμή του  $R^2$  είναι κοντά στο ένα τόσο πιο ισχυρή συσχέτιση έχουν οι μεταβλητές).

Στην περίπτωση της πολλαπλής συσχέτισης, θα πρέπει οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στην εξίσωση να έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αυτό μπορεί να φανεί μέσα από το t-test, όπου αν η σημαντικότητα είναι μικρότερη από 0,05, τότε οι διαφορές των μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντικές. Κατόπιν οι ποιοτικοί παράμετροι και η παραγωγή συσχετίζονται με τις εδαφικές που πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις. Τελευταίο στάδιο ήταν η δημιουργία της σχέσης με το μεγαλύτερο συντελεστή προσδιορισμού.

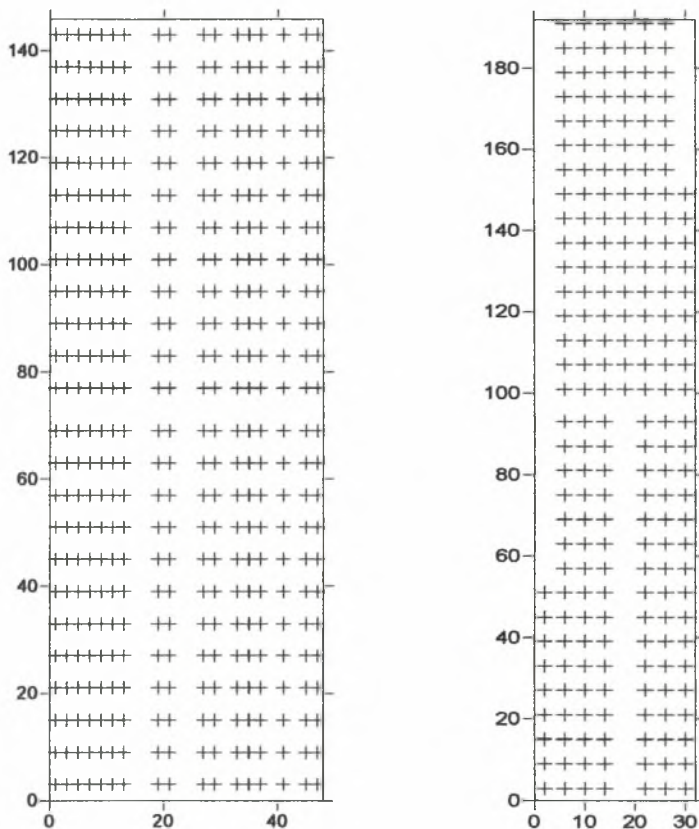
#### **4.8. Πιθανές βελτιώσεις**

Στόχος μας είναι η συνεχής βελτίωση της μεθοδολογίας, έτσι ώστε να οδηγηθούμε σε όσο το δυνατό σωστό αποτέλεσμα. Πιθανά σημεία όπου μπορούμε να έχουμε βελτίωση είναι όσον αφορά την πυκνότητα των δεδομένων, δηλαδή τα σημεία για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά να είναι πιο πυκνά, έτσι ώστε να έχουμε καλύτερη εκτίμηση για το τελικό αποτέλεσμα. Εδώ ίσως μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα αυτά έτσι ώστε να γίνει αντίστοιχα κατευθυνόμενη δειγματοληψία για την ανάλυση ποιοτικών χαρακτηριστικών ανάλογα με τις παραμέτρους οι οποίες επηρεάζουν περισσότερο. Ενώ επίσης μπορεί να μετρηθεί η παραγωγή ανά τελάρο, κάτι που σημαίνει ότι πρέπει να σημειώνεται το σημείο που βρίσκεται το τελάρο και να σημειώνεται η παραγωγή του.

## Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα

### 5.1. Χαρτογράφηση παραγωγής

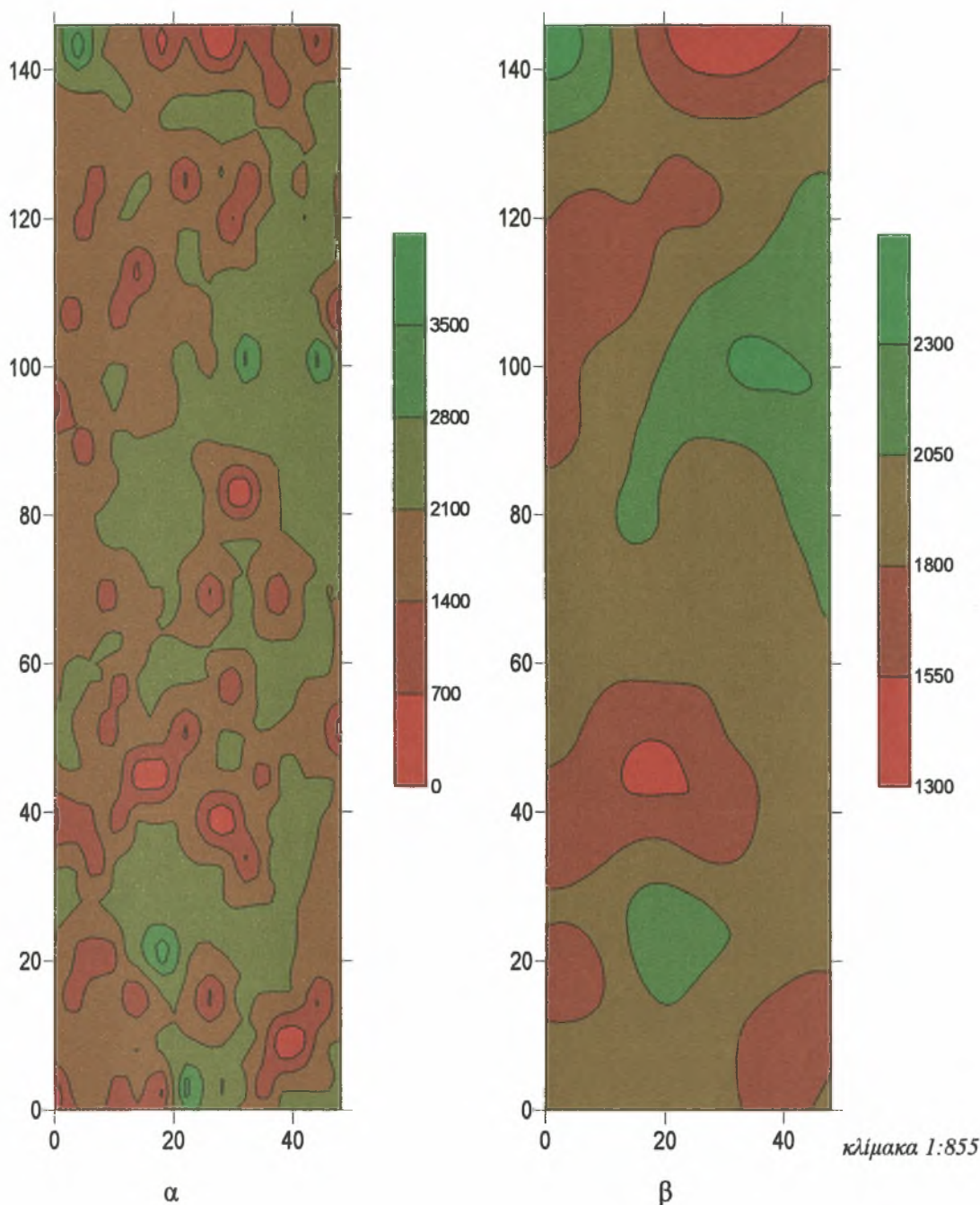
Το πρώτο στάδιο του πειράματος περιλαμβάνει την χαρτογράφηση της παραγωγής. Αρχικά τα σημεία στα οποία έγινε η δειγματοληψία παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.1. Ακολούθως γίνεται χρήση του προγράμματος που ελαχιστοποιεί τις μεγάλες διακυμάνσεις (VESPER). Στην Σχήμα 5.2 παρουσιάζονται οι χάρτες του πρώτου χωραφιού και στην Σχήμα 5.3 (α,β) οι χάρτες του δεύτερου αμπελώνα. Οι συντεταγμένες είναι σχετικές και οι αποστάσεις είναι σε μέτρα.



Σχήμα 5.1. Σημεία στα οποία έγινε δειγματοληψία παραγωγής

Στο πρώτο χωράφι (Σχήμα 5.2.) οι υψηλές τιμές παραγωγής παρουσιάζονται στη μέση του χωραφιού, κάτι που οφείλεται στο ανάγλυφο του αμπελώνα. Στο βόρειο και στο νότιο τμήμα υπάρχουν μεγάλες κλίσεις, ενώ στη μέση η κλίση είναι πολύ πιο μικρή. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι στα ανατολικά και δυτικά του γειτνιάζει με αμπελώνα, κάτι που δεν επηρεάζει σημαντικά την απόδοση, ενώ στο βόρειο

γειτνιάζει με ελαιώνα. Τέλος λόγω της μεγάλης κλίσης στο νότιο τμήμα δεν γειτνιάζει με κάποιο άλλο χωράφι, αλλά υπάρχει μόνο ο αγροτικός δρόμος.

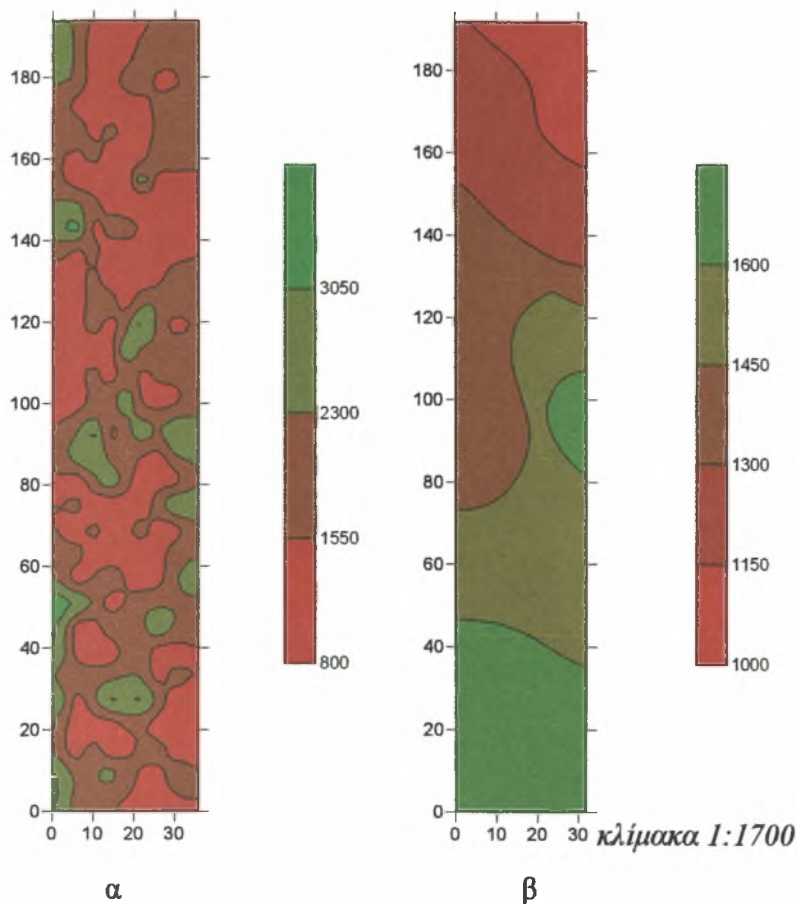


**Σχήμα 5.2. Χάρτης παραγωγής σε kg/στρ. του αμπελώνα Schirraz. Στον χάρτη (α) είναι χωρίς τη χρήση του VESPER ενώ στο (β) είναι με τη χρήση του.**

Στο δεύτερο χωράφι (Σχήμα 5.3.) δεν έχουμε ακριβή εικόνα καθώς σε πολλά σημεία έχουμε αντικατάσταση παλιών πρέμων με καινούρια, κάτι που σημαίνει ότι σε πολλά σημεία έχουμε χαμηλή παραγωγή που οφείλεται κυρίως στη μειωμένη πυκνότητα των πρέμων. Επίσης το έδαφος του έχει επηρεαστεί σημαντικά από τις



εργασίες που έγιναν για τις παρακαείμενες σιδηροδρομικές σήραγγες, κάτι που δεν επιτρέπει να ξεχωρίσουμε με ακρίβεια τις ζώνες. Όμως μπορούμε να πούμε ότι στο βόρειο τμήμα του η παραγωγή είναι χαμηλή, ενώ προς τα κάτω συνεχώς αυξάνεται.



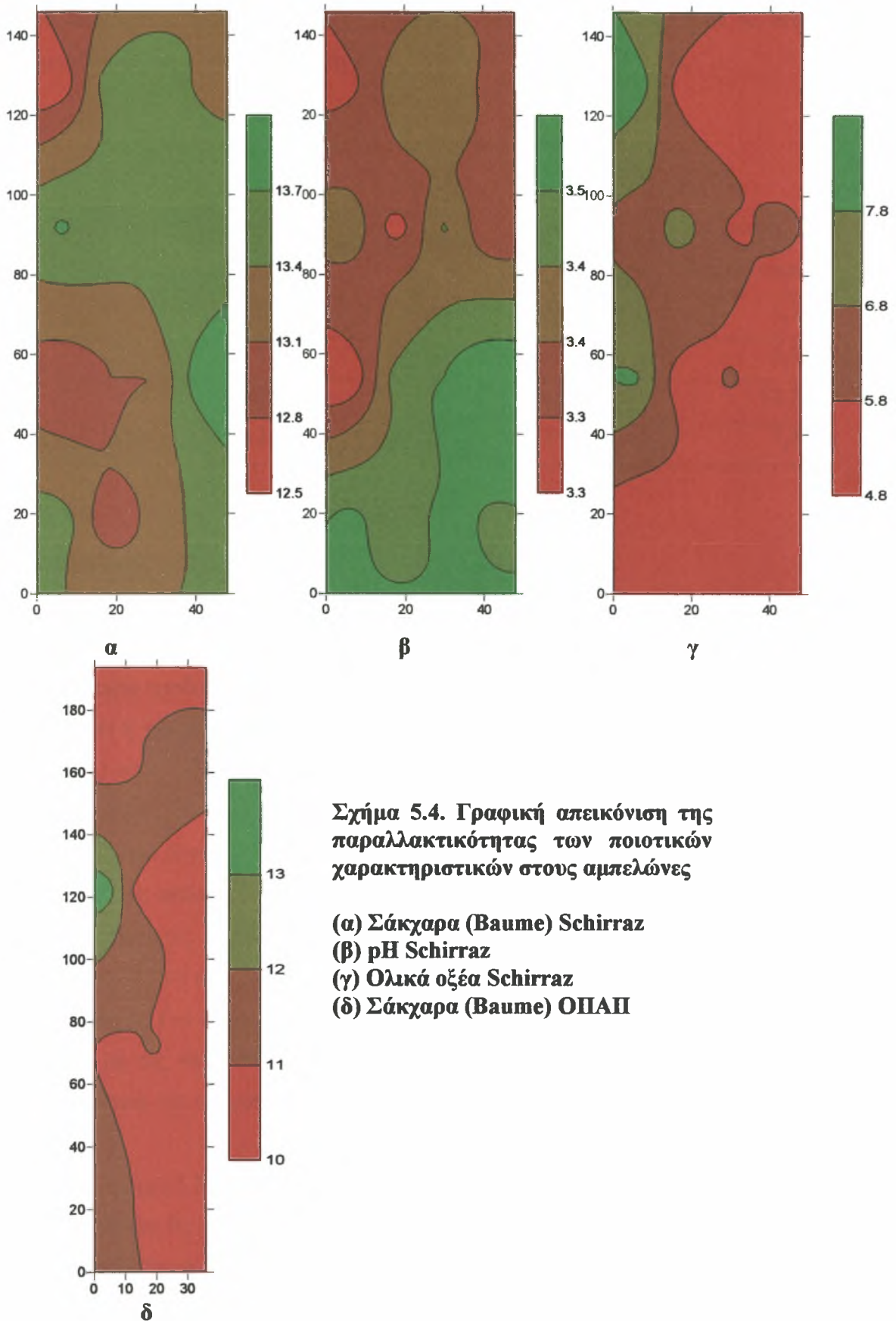
**Σχήμα 5.3. Χάρτης παραγωγής σε kg/στρ. του αμπελώνα ΟΠΑΠ. Στον χάρτη (α) είναι χωρίς τη χρήση του VESPER ενώ στο (β) είναι με τη χρήση του.**

## 5.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Το σχήμα 5.4. δείχνει την γραφική απεικόνιση της παραλλακτικότητας στα δύο χωράφια των ποιοτικών παραμέτρων, ενώ στον πίνακα 5.1. παρουσιάζονται τα βασικά στατιστικά για κάθε μία μεταβλητή.

Οι βαθμοί Baumè γενικά δεν έχουν έντονη παραλλακτικότητα μέσα στο χωράφι, καθώς οι περισσότερες τιμές κυμαίνονται γύρω από την τιμή του μέσου όρου. Στις περιοχές που παρατηρούνται οι χαμηλότερες τιμές του σακχαρικού βαθμού γενικά παρατηρούνται υψηλές τιμές παραγωγής και ολικής οξύτητας. Υψηλό pH παρατηρείται κυρίως στην περιοχή που είναι δίπλα στο δρόμο ενώ αυτή που βρίσκεται προς το βόρειο τμήμα έχει χαμηλό pH. Παρόλα αυτά η παραλλακτικότητα

δεν είναι πολύ μεγάλη για να μπορούν να παρατηρηθούν μεγάλες διαφορές.



Αντιθέτως στην Ολική Οξύτητα παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις. Στο νότιο και ανατολικό τμήμα παρατηρούνται χαμηλές τιμές οξύτητας σε αντίθεση με το δυτικό τμήμα όπου έχουμε μεγαλύτερες τιμές.

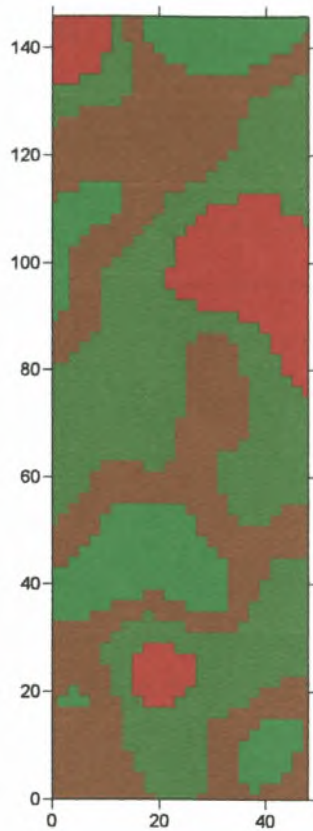
**Πίνακας 5.1. Βασικά στατιστικά των ποιοτικών παραμέτρων**

	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Παραλλακτικότητα	Τυπικό λάθος	Συντελεστής παραλλακτικότητας
Baume	13,34	0,227	0,0516	0,00528	1,704
pH	3,46	0,049	0,0024	0,00114	1,426
O.O.	5,89	0,750	0,5629	0,01744	12,748
Baume 2	11,00	0,823	0,6773	0,20575	7,481

### 5.3. Δημιουργία ζωνών διαχείρισης

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι χαμηλότερες τιμές παρατηρούνται στην δεύτερη ομαδοποίηση (ποιοτικά χαρακτηριστικά). Όμως στην ομαδοποίηση δεν συμμετέχει η παραγωγή, η οποία επηρεάζει άμεσα και την ποιότητα. Αυτό φαίνεται (Πίν. 5.2.) ότι σε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς ανάμεσα στην παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά έχει ίδιες τιμές FPI και MPE, κάτι που σημαίνει ότι η παραγωγή στην δημιουργία των ζωνών διαχείρισης παίζει σημαντικό ρόλο. Για αυτό προτιμάται ως επιλογή να χρησιμοποιηθεί η πρώτη κατηγορία, όπου συμμετέχουν όλοι οι παράγοντες. Οι συντελεστές FPI και MPE δίνουν τον άριστο αριθμό κλάσεων. Όμως η μικρότερη τιμή του FPI παρατηρείται στις 4 κλάσεις ενώ του MPE βρίσκεται στις 2 κλάσεις. Για να αποφασιστεί πόσες κλάσεις χρειάζονται τελικά, θα επιλέξουμε ανάλογα με τις τιμές του συντελεστή στην ίδια κλάση. Από τον Πίνακα 5.2. συμπεραίνεται ότι ο αριθμός κλάσεων που δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα είναι οι τέσσερις.

Στο Σχήμα 5.5. παρουσιάζεται ο χάρτης ο οποίος δείχνει τις τέσσερις ζώνες, με βάση τις οποίες θα γίνει η κατευθυνόμενη δειγματοληψία εδάφους, και στον Πίνακα 5.3. παρουσιάζονται οι τιμές «κέντρα» κάθε κλάσης.



Σχήμα 5.5. Ζώνες για τη δειγματοληψία εδάφους

Πίνακας 5.2. Διάγραμμα όλων των πιθανών συνδυασμών των συντελεστών FPI και MPE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στον αμπελώνα.

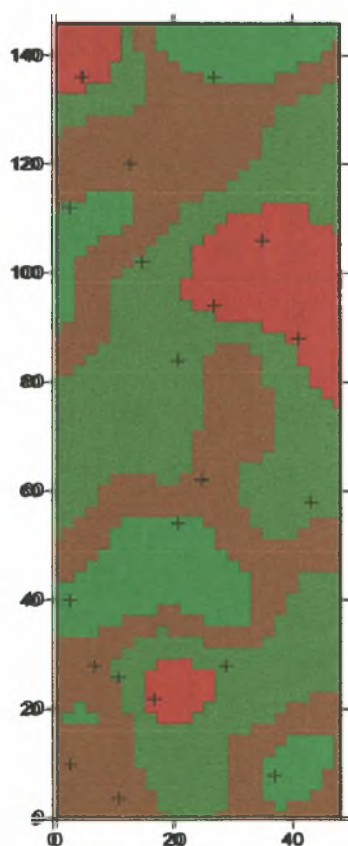
Κλάσεις	Παραγωγή-pH Παραγωγή-ΟΟ Παραγωγή-Baume		Όλα τα ποιοτικά Baume-O.O		pH- Ολ. Οξύτητα		Baume-pH	
	FPI	MPE	FPI	MPE	FPI	MPE	FPI	MPE
2	0,0449	0,0162	0,0132	0,0049	0,0131	0,0048	0,0415	0,0150
3	0,0426	0,0204	0,0279	0,0135	0,0194	0,0093	0,0427	0,0206
4	0,0360	0,0198	0,0558	0,0299	0,0376	0,0201	0,0511	0,0274
5	0,0417	0,0239	0,0423	0,0248	0,0361	0,0210	0,0460	0,0269
6	0,0376	0,0222	0,0506	0,0310	0,0397	0,0235	0,0526	0,0314

**Πίνακας 5.3. Κέντρα κάθε κλάσης**

κλάση	Παραγωγή (kg/στρ.)	Βαθμοί Baume
1	2215,15	13,4837
2	1991,99	13,3004
3	1823,23	13,3588
4	1621,53	13,2720

#### 5.4. Δειγματοληψία εδάφους

Στο Σχήμα 5.6. παρουσιάζονται τα σημεία στα οποία έγινε η δειγματοληψία εδάφους. Τα αποτελέσματα των εδαφικών αναλύσεων για βάθος 0-30 εκ. και 30-60 εκ. παρουσιάζονται στους πίνακες 5.4. και 5.5. αντίστοιχα. Οι συγκεντρώσεις των  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cu^+$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $NO_2^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$  και P είναι σε ppm, ενώ οι τιμές της αργίλου, άμμου, ιλύος, οργανικής ουσίας και ανθρακικού ασβεστίου είναι σε ποσοστιαία αναλογία. Στα σχήματα 5.7. και 5.8. απεικονίζονται οι χάρτες των εδαφικών παραμέτρων στον αμπελώνα σε βάθος 0-30 εκ. και 30-60 εκ. αντίστοιχα.



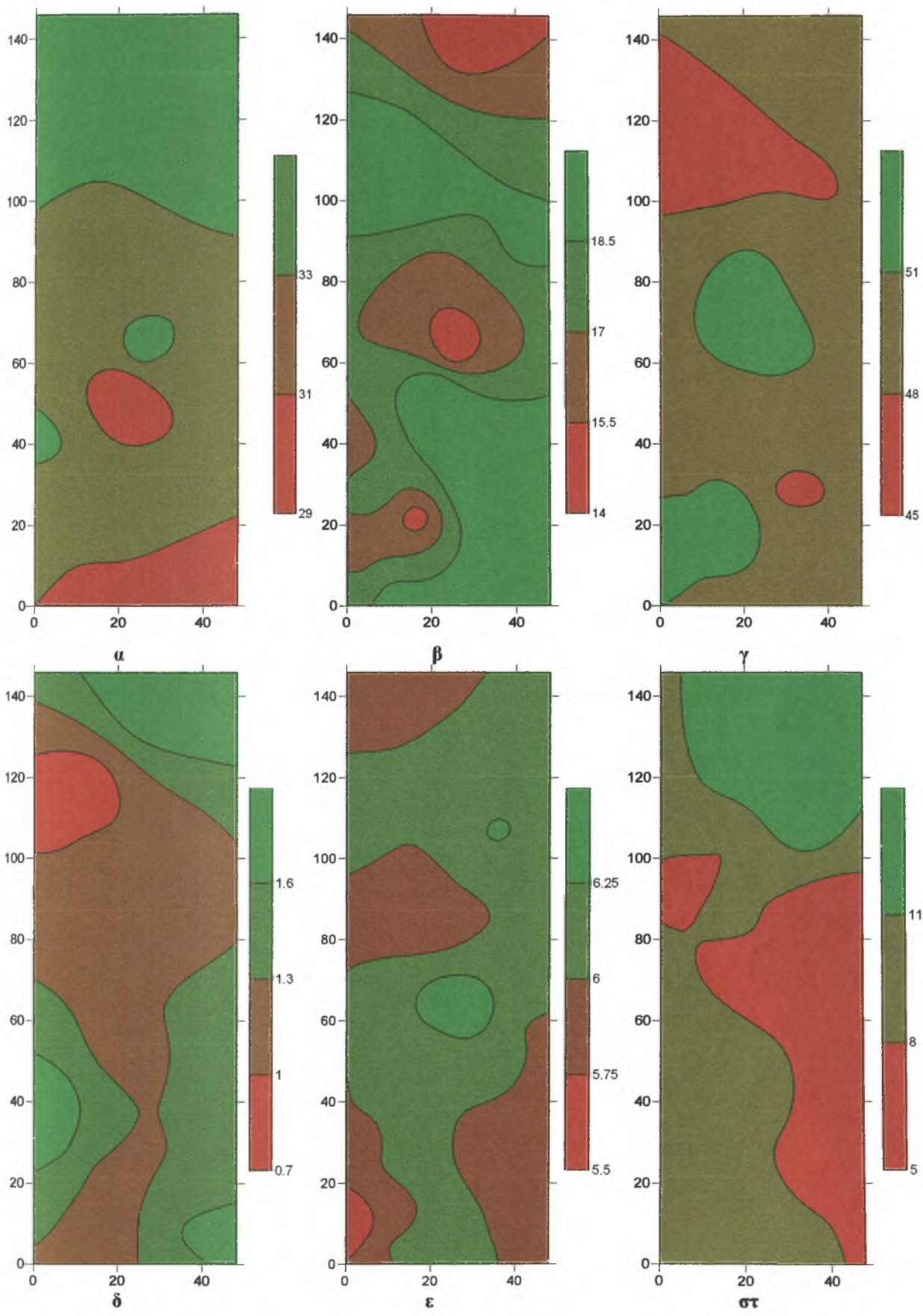
**Σχήμα 5.6. Σημεία όπου πάρθηκαν δείγματα για εδαφική ανάλυση στον αμπελώνα**

Πίνακας 5.4. Αναλύσεις δειγματοληψίας εδάφους σε βάθος 0 – 30 εκ. στον αμπελώνα

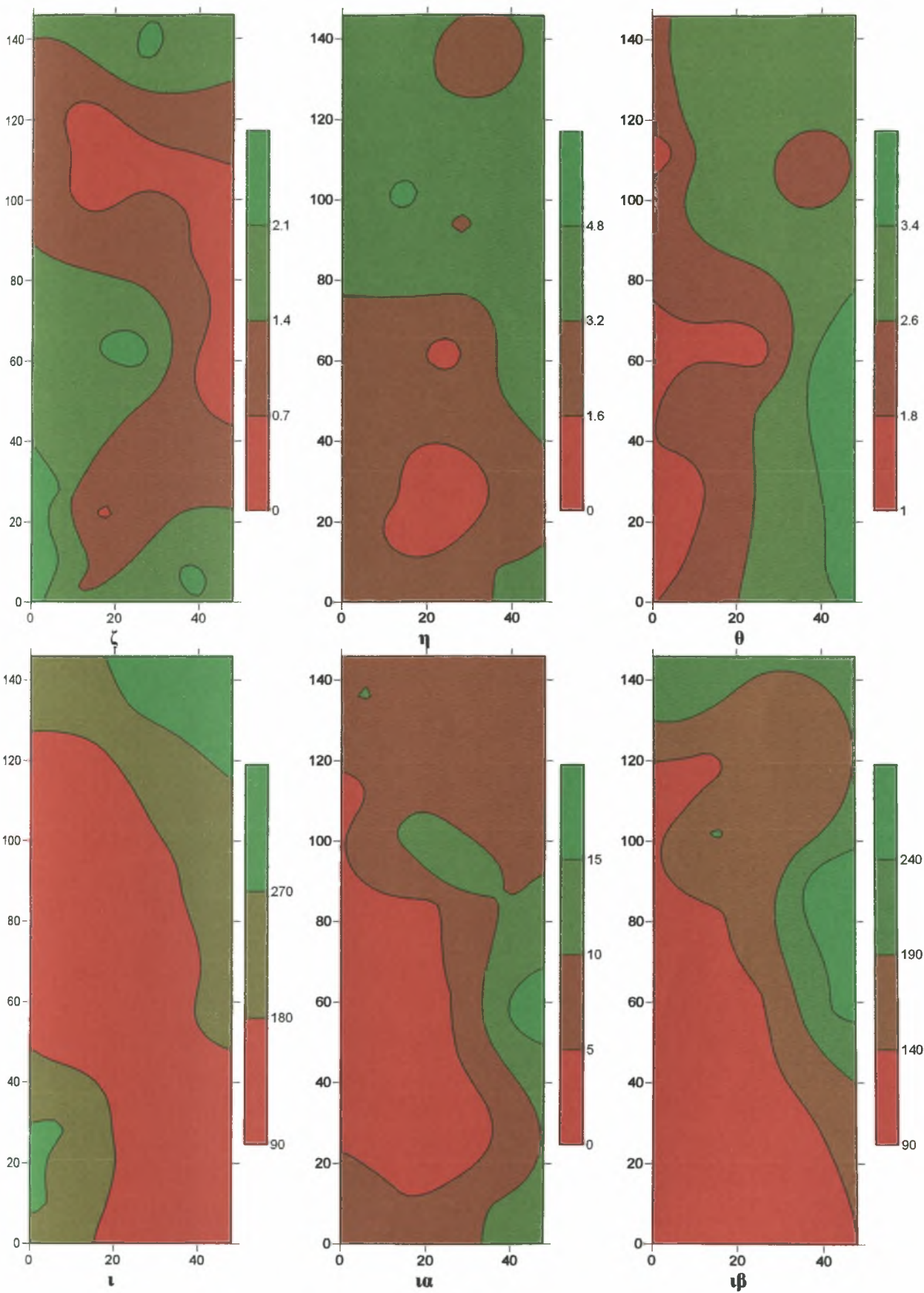
	pH	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Cu <sup>+</sup>	Zn <sup>++</sup>	Mn <sup>++</sup>	Fe <sup>++</sup>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	P	άργιλ	άμμο	λύς	O.O	CaCO <sub>3</sub>
N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	19	18	20	17	17	17	17	17
Mean	6,024	182,1	92,8	147,1	119,6	1,92	1,67	13,62	15,00	1,32	2,85	2,48	6,77	32,35	49,68	17,96	1,29	8,79
Std. Dev.	0,207	62,48	62,32	54,87	37,03	0,63	0,63	2,86	4,23	0,76	1,31	0,80	4,65	1,71	2,29	2,25	0,35	1,92
Var.	0,043	3909	3883	3010	1371	0,40	0,39	8,15	17,88	0,57	1,71	0,63	21,65	2,92	5,22	5,04	0,13	3,72
CV	3,428	34,30	67,15	37,29	30,96	33,06	37,63	20,97	28,18	57,13	45,95	32,10	68,73	5,29	4,60	12,50	27,40	21,95
Std. Err.	0,046	13,97	13,93	12,27	8,28	0,141	0,140	0,638	0,94	0,17	0,30	0,19	1,04	0,41	0,55	0,54	0,086	0,467

Πίνακας 5.5. Αναλύσεις δειγματοληψίας εδάφους σε βάθος 30 – 60 εκ. στον αμπελώνα

	pH	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Cu <sup>+</sup>	Zn <sup>++</sup>	Mn <sup>++</sup>	Fe <sup>++</sup>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	P	άργιλ	άμμο	λύς	O.O	CaCO <sub>3</sub>
N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	19	19	20	18	18	18	18	18
Mean	5,92	166,8	91,35	150,1	135,6	0,836	1,46	6,66	8,47	1,39	2,20	2,49	5,99	33,22	48,89	18,02	1,31	8,72
Std. Dev.	0,15	52,04	57,75	57,79	48,48	0,544	0,73	3,28	4,35	0,89	1,51	1,05	3,30	2,36	2,24	2,10	0,31	1,53
Var.	0,023	2708	3334	3340	2350	0,29	0,53	10,78	18,94	0,79	2,27	1,12	10,92	5,55	5,06	4,40	0,09	2,35
CV	2,59	31,20	63,21	38,49	35,75	65,08	49,89	49,28	51,37	63,77	68,57	42,46	55,14	7,09	4,60	11,64	23,60	17,60
Std. Err.	0,003	11,64	12,91	12,92	10,84	0,121	0,163	0,734	0,97	0,198	0,34	0,24	0,74	0,56	0,53	0,49	0,07	0,363

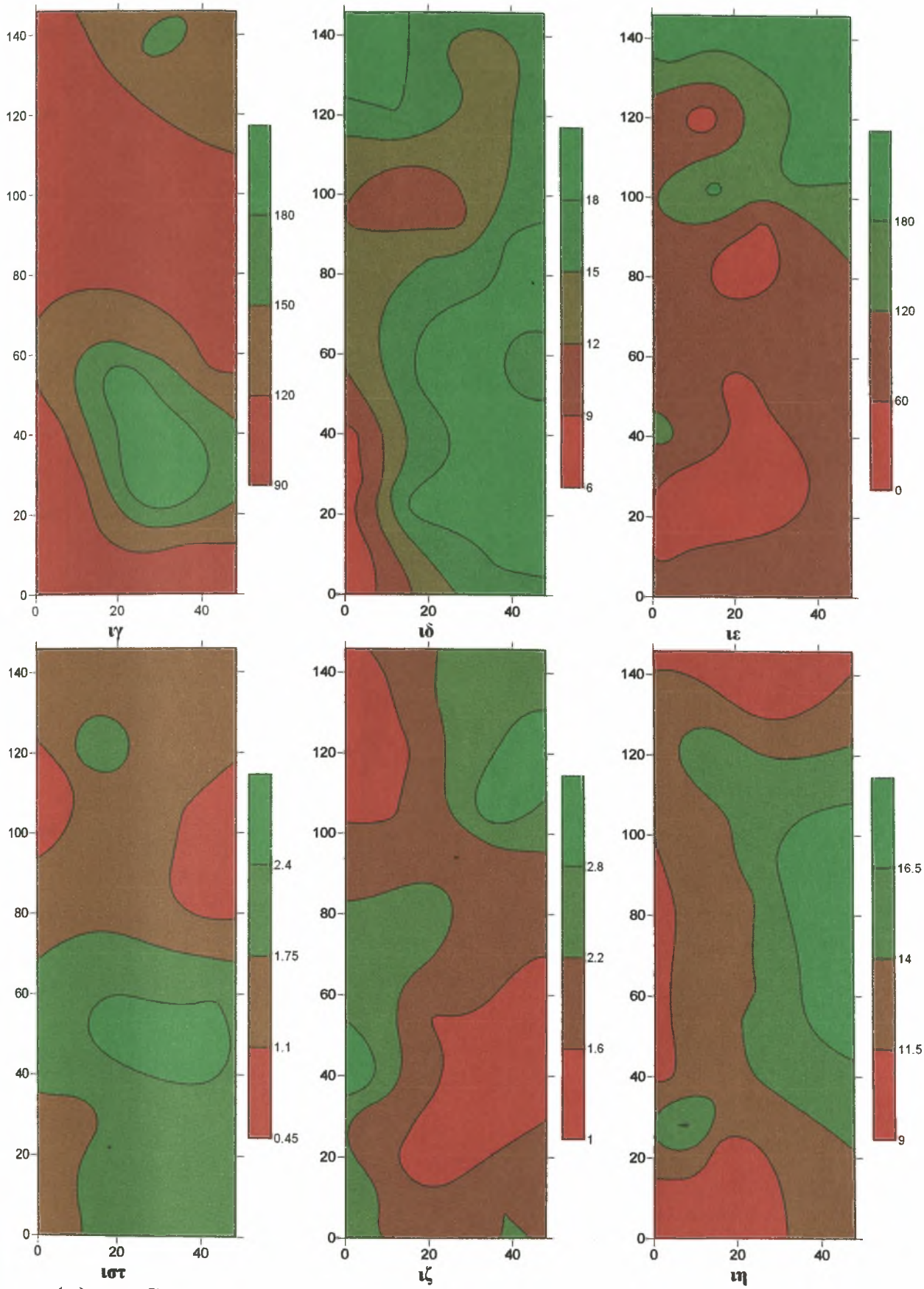


**(α) Άργιλος %, (β) ιλύς %, (γ) άμμος %, (δ) Οργανική ουσία %, (ε) pH, (στ) CaCO<sub>3</sub> %**

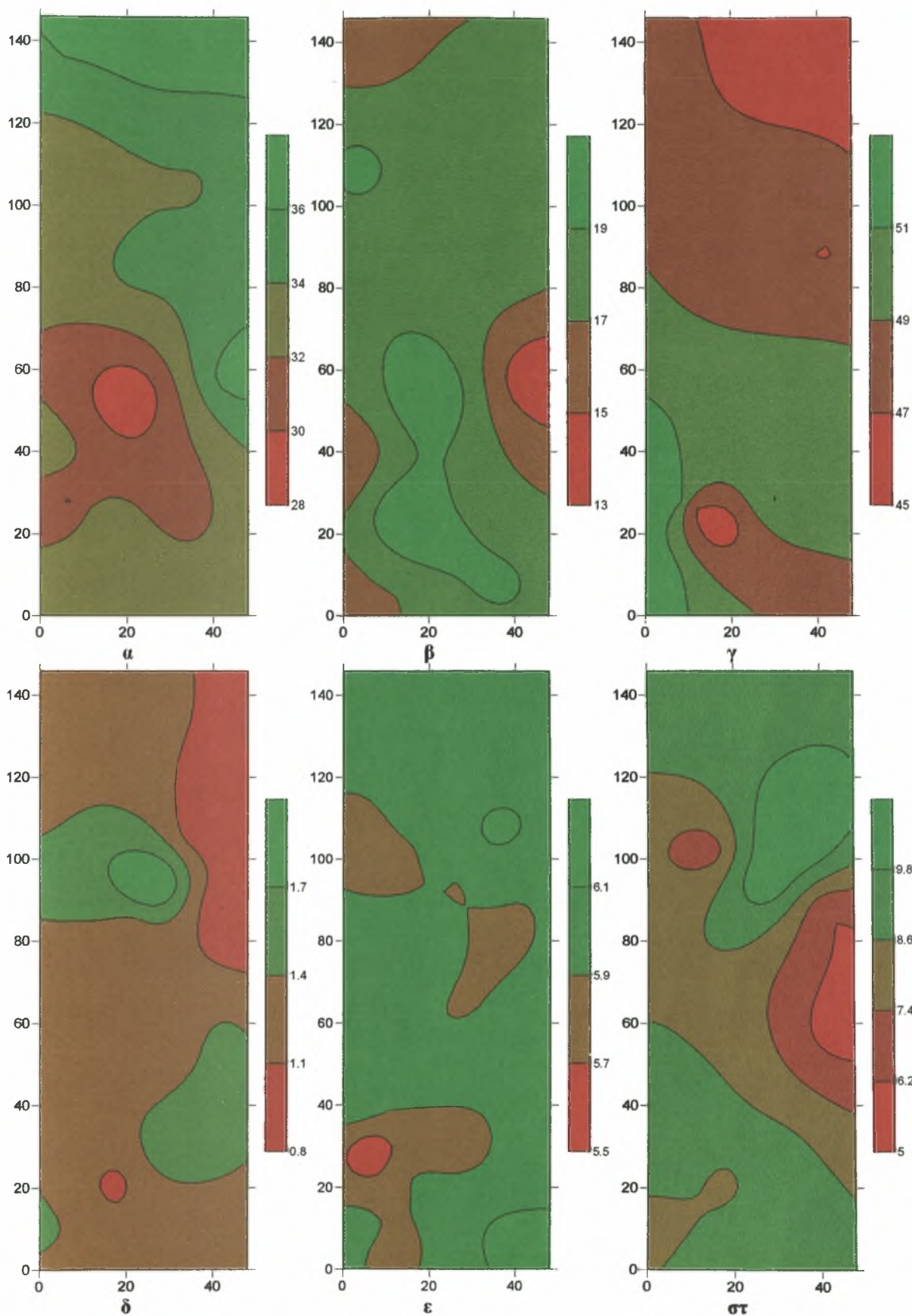


**(ζ) ppm NO<sub>2</sub>, (η) ppm NO<sub>3</sub>, (θ) ppm NH<sub>4</sub>, (ι) ppm K, (ια) ppm P, (ιβ) ppm Mg**

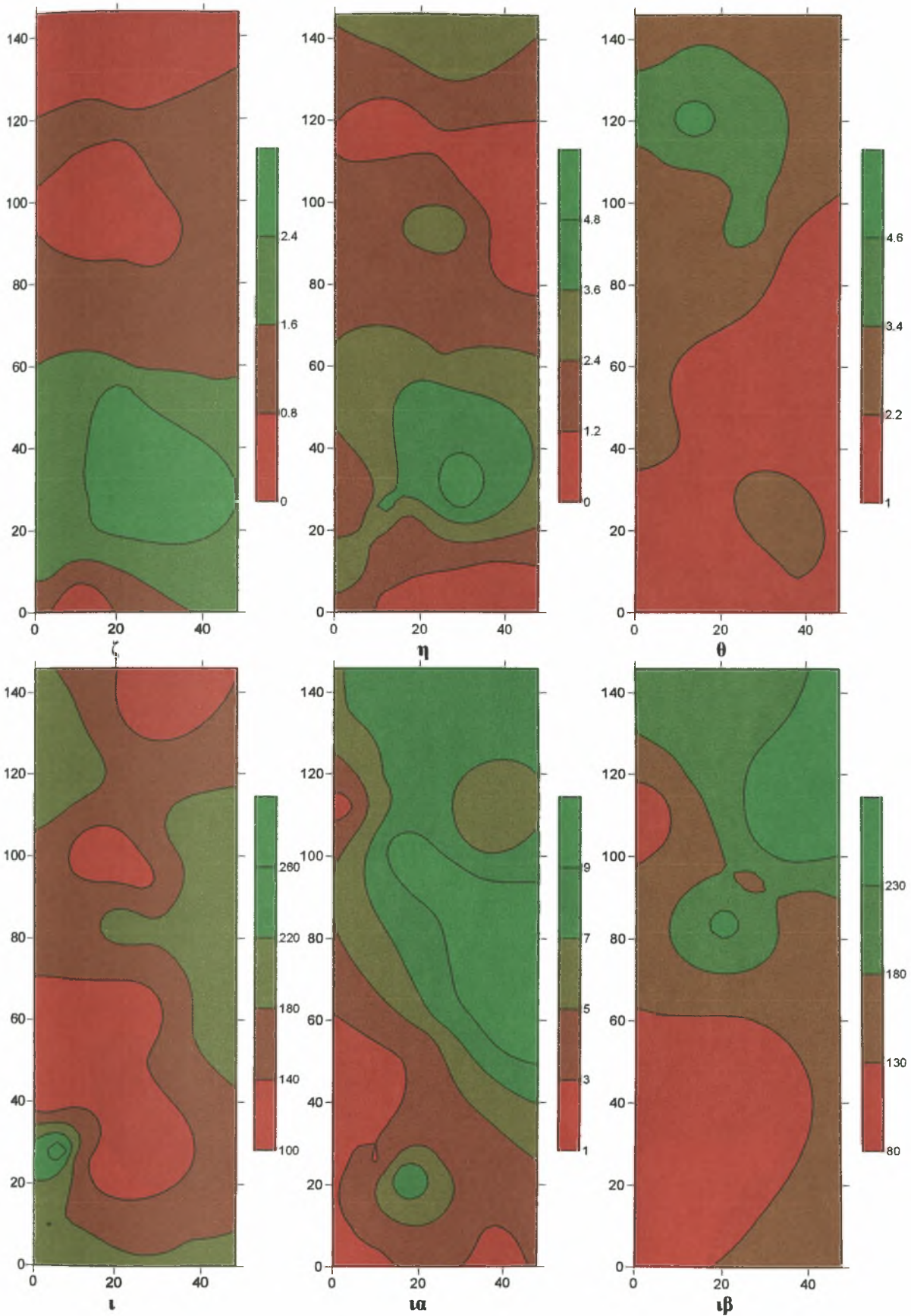




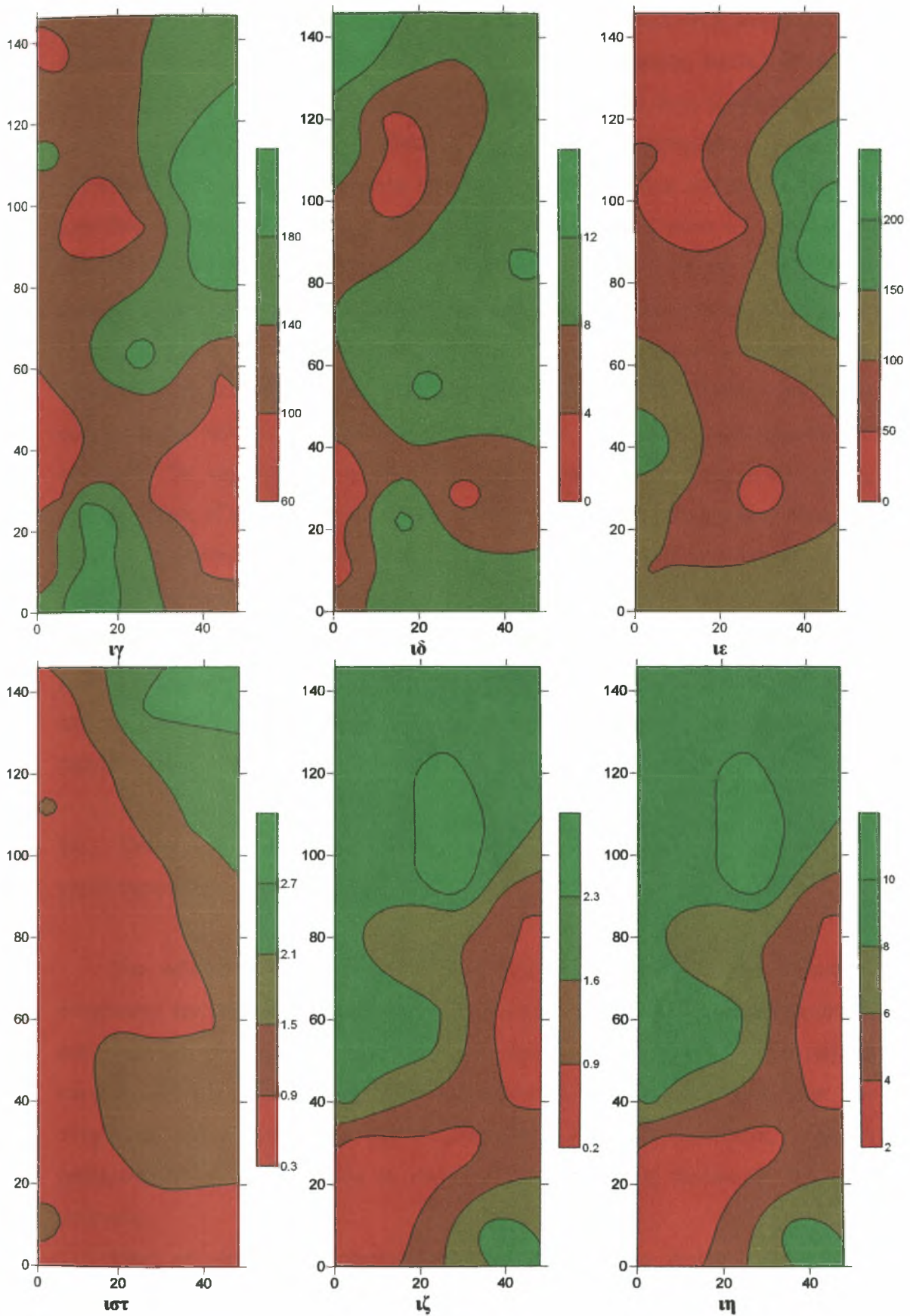
(γ) ppm Ca, (ιδ) ppm Fe, (ιε) ppm Na, (ιστ) ppm Zn, (ιζ) ppm Cu, (ιη) ppm Mn  
**Σχήμα 5.7. Χάρτες εδαφικών παραμέτρων για βάθος 0-30 εκ.**



**(α) Άργιλος %, (β) ιλύς %, (γ) άμμος %, (δ) Οργανική ουσία %, (ε) pH, (στ) CaCO<sub>3</sub> %**



**(ζ) ppm NO<sub>2</sub>, (η) ppm NO<sub>3</sub>, (θ) ppm NH<sub>4</sub>, (ι) ppm K, (ια) ppm P, (ιβ) ppm Mg**



**(γ) ppm Ca, (ιδ) ppm Fe, (ε) ppm Na, (ιστ) ppm Zn, (ιζ) ppm Cu, (ιη) ppm Mn  
Σχήμα 5.8. Χάρτες εδαφικών παραμέτρων για βάθος 30-60 εκ.**

Από τους παραπάνω πίνακες μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η κατηγορία που ανήκουν τα εδάφη του αμπελώνα είναι SCL (αμμοαργιλώδης πηλός) βάση της κατάταξης της USDA. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία είναι ελαφρώς χαμηλή, χαρακτηριστική ενός τυπικού εδάφους της Ελληνικής επικράτειας. Επειδή η συγκέντρωση του αζώτου δεν είναι σταθερή κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, θα χρησιμοποιήσουμε σαν δείκτη διαθεσιμότητας μόνο τα νιτρικά, και αυτό γιατί είναι άμεσα προσλήψιμα από τα φυτά σε σχέση με τις άλλες μορφές (νιτρώδη, αμμωνιακά), τα οποία πρέπει να αναχθούν για να τα προσλάβουν τα φυτά. Η διαθεσιμότητα του αζώτου με τη μορφή των νιτρικών είναι πολύ χαμηλή και είναι απαραίτητη η λίπανση. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι το έδαφος έχει καλή συγκέντρωση καλίου, ασβεστίου και μαγνησίου, ενώ είναι ελλειμματικό σε φωσφόρο. Τα περισσότερα ιχνοστοιχεία βρίσκονται σε κανονικές προς υψηλές συγκεντρώσεις (Cu, Fe), ενώ η συγκέντρωση σε ψευδάργυρο και μαγγάνιο είναι στα όρια της τοξικότητας. Ο συντελεστής SAR έχει τιμή 1,33, κάτι που σημαίνει ότι η συγκέντρωση του νατρίου είναι χαμηλή και φυσικά πολύ χαμηλό κίνδυνο νατρίωσης του εδάφους. Ένα θετικό στοιχείο είναι ότι οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων μειώνονται σημαντικά σε βάθος 30-60, κάτι που μπορεί να περιορίζει τις συνέπειες από τη φυτοτοξικότητα, καθώς σε αυτό το βάθος το αμπέλι προσλαμβάνει τα περισσότερα θρεπτικά στοιχεία.

### **5.5. Συσχέτιση εδαφικών παραμέτρων με παραγωγή και ποιοτικά χαρακτηριστικά**

Στο τελευταίο στάδιο της ανάλυσης των στοιχείων γίνεται η διαδικασία συσχέτισης των εδαφικών παραμέτρων με παραγωγή και ποιοτικά χαρακτηριστικά έτσι ώστε να γίνει παρατήρηση ποιοι από όλες τις παραμέτρους έχουν μεγάλη επιρροή στο τελικό αποτέλεσμα. Οι συσχετίσεις θα γίνουν όπως έγιναν και στη συσχέτιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών με την παραγωγή, δηλαδή χρησιμοποιούνται τα δεδομένα τα οποία εξάγονται από τη διαδικασία της εσω-εκτίμησης.

Όλες οι μεταβλητές συσχετίζονται χωριστά για να δούμε ποια έχει τη μεγαλύτερη επιρροή και ακολούθως γίνεται t-test για να δούμε ποιες από αυτές τις διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές. Οι παράγοντες όπου οι διαφορές είναι σημαντικές στατιστικά ( $<0,05$ ), τότε θα γίνει χρήση των παραμέτρων αυτών. Στη

γραμμική συσχέτιση στόχος είναι ο συντελεστής προσδιορισμού ( $R^2$ ) να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερος. Ένας καλός συντελεστής συσχέτισης είναι μεγαλύτερος από 0,75, όπου το 75% της παραλλακτικότητας της εξαρτημένης μεταβλητής εξηγείται.

Στην περίπτωση των βαθμών Baume χρησιμοποιούμε την εξίσωση που παρουσιάζεται στον πίνακα 5.6.

**Πίνακας 5.6. Αποτελέσματα του t-test των μεταβλητών με εξαρτημένη μεταβλητή τους βαθμούς Baume και η τελική εξίσωση.**

	t	Σημαντικότητα
Σταθερά	103,255	0,000
Mg <sup>2+</sup>	14,542	0,000
Na <sup>+</sup>	-10,654	0,000
NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-7,723	0,000
P	14,824	0,000
άργιλος	19,705	0,000
K	32,354	0,000
Οργ. Ουσία	-29,265	0,000

Εξαρτημένη μεταβλητή είναι τα σάκχαρα (βαθμοί Baume)

Η εξίσωση παίρνει την μορφή

$$\text{Baume} = 11,169 + 0,002 * [\text{Mg}^{2+}] - 0,001 * [\text{Na}^+] - 0,046 * [\text{NO}_3^{2-}] + 0,020 * [\text{P}] + 0,067 * (\text{άργιλος } \%) + 0,002 * [\text{K}^+] - 0,448 * [\text{Οργ. Ουσία}]$$

$$R^2 = 0,747$$

**Πίνακας 5.7. Αποτελέσματα του t-test των μεταβλητών με εξαρτημένη μεταβλητή το pH και η τελική εξίσωση.**

	t	Σημαντικότητα
Σταθερά	122,661	0,000
NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	13,395	0,000
P	-30,978	0,000
άργιλος	25,872	0,000
Οργ. Ουσία	-32,950	0,000
Ca <sup>2+</sup>	-19,345	0,000
Fe <sup>2+</sup>	-18,639	0,000
Zn <sup>2+</sup>	20,835	0,000
pH εδάφους	-28,447	0,000
Mg <sup>2+</sup>	16,835	0,000

Εξαρτημένη μεταβλητή είναι το pH

Η εξίσωση παίρνει την μορφή :

$$\text{pH} = 4,062 + 0,016 * [\text{NO}_3^{2-}] - 0,010 * [\text{P}] + 0,015 * (\text{άργιλος } \%) - 0,087 * [\text{Οργ. ουσία}] - 0,001 * (\text{Ca}^{2+}) - 0,006 * [\text{Fe}^{2+}] + 0,047 * [\text{Zn}^{2+}] - 0,156 * (\text{pH}) + 0,001 * [\text{Mg}^{2+}]$$

$$R^2 = 0,783$$

Πίνακας 5.8. Αποτελέσματα του t-test των μεταβλητών με εξαρτημένη μεταβλητή την οξύτητα, και η τελική εξίσωση.

	t	Σημαντικότητα
Σταθερά	38,947	0,000
Fe <sup>+2</sup>	30,548	0,000
P	34,497	0,000
Mn <sup>2+</sup>	-8,132	0,000
K <sup>+</sup>	-21,234	0,000
άργιλος	-17,305	0,000
Οργ. Ουσία	23,135	0,000
Zn <sup>2+</sup>	-26,919	0,000
NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-14,045	0,000
Mg <sup>2+</sup>	-25,666	0,000

Εξαρτημένη μεταβλητή είναι η οξύτητα

Η εξίσωση παίρνει την μορφή :

$$\text{Οξύτητα (mg/l)} = 13,202 + 0,145 * [\text{Fe}^{+2}] + 0,166 * [\text{P}] - 0,047 * [\text{Mn}^{+2}] - 0,006 * [\text{K}^{+}] + - 0,178 * (\text{άργιλος } \%) + 1,299 * [\text{Οργ. Ουσία}] - 0,980 * [\text{Zn}^{+2}] - 0,337 * [\text{NO}_3^{2-}] - 0,014 * [\text{Mg}^{2+}]$$

$$R^2 = 0,766$$

Πίνακας 5.9. Αποτελέσματα του t-test των μεταβλητών με εξαρτημένη μεταβλητή την παραγωγή, και η τελική εξίσωση.

	t	Σημαντικότητα
Σταθερά	30,752	0,000
Ca <sup>2+</sup>	-18,792	0,000
Cu <sup>+</sup>	11,607	0,000
Fe <sup>2+</sup>	12,372	0,000
K <sup>+</sup>	-18,424	0,000
Mg <sup>2+</sup>	6,330	0,000
Mn <sup>2+</sup>	20,556	0,000
Na <sup>+</sup>	22,700	0,000
NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-26,872	0,000
Οργ. Ουσία	-17,252	0,000
pH	-23,688	0,000

Zn <sup>2+</sup>	-4,197	0,000
------------------	--------	-------

Εξαρτημένη μεταβλητή είναι η παραγωγή

Η εξίσωση παίρνει την μορφή :

$$\text{Παραγωγή (kg/στρ.)} = 9246,476 - 3,349 * [\text{Ca}^{2+}] + 123,799 * [\text{Cu}^+] + 22,840 * [\text{Fe}^{2+}] - 2,301 * [\text{K}^+] + 1,214 * [\text{Mg}^{2+}] + 61,648 * [\text{Mn}^{2+}] + 4,513 * [\text{Na}^+] - 281,476 * [\text{NO}_3^{2-}] - 375,843 * [\text{Οργ. Ουσία}] - 1192,701 * [\text{pH}] - 48,223 * [\text{Zn}^{2+}]$$

$$R^2 = 0,525$$

Στους πίνακες 5.7, 5.8 και 5.9 φαίνονται αντίστοιχα οι εξισώσεις από τις εξαρτημένες μεταβλητές pH, οξύτητα και παραγωγή. Από όλους τους πίνακες μπορούμε να συμπεράνουμε ότι στα ποιοτικά χαρακτηριστικά η συσχέτιση με τους εδαφικούς παράγοντες είναι πολύ υψηλότερη από αυτή που παρατηρείται στην παραγωγή, όπου η συσχέτιση με τους εδαφικούς παράγοντες είναι πάρα πολύ μικρή ( $R^2 = 0,525$ ). Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη σχέση αυτή. Σε αυτή την περίπτωση μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε για μελλοντικούς υπολογισμούς και την ύπαρξη τάσης.



## Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα – Μελλοντική εργασία

Η εφαρμογή τεχνολογιών Αμπελουργίας Ακριβείας θα έχει μεγάλο ενδιαφέρον καθώς οι αμπελώνες έχουν μεγάλη παραλλακτικότητα. Όμως αυτή την παραλλακτικότητα που υπάρχει από πρέμνο σε πρέμνο, ο παραγωγός δεν μπορούσε να την αντιληφθεί καθώς τον ενδιέφερε πιο πολύ ο μέσος όρος του αμπελώνα και όχι τόσο που είναι τα πιο παραγωγικά σημεία του χωραφιού και που δεν υπάρχει μεγάλη παραγωγή.

Με τη χρήση τεχνολογιών Αμπελουργίας Ακριβείας, και κυρίως τη χρήση των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων, γίνεται κατανοητή η παραλλακτικότητα του αμπελώνα, χωρίς την υπάρχουσα εμπειρία. Είναι σημαντικό να αναφερθεί και η χρησιμότητα των στατιστικών μεθόδων με τις οποίες γίνεται είτε η συσχέτιση των δεδομένων είτε μπορούμε να οδηγηθούμε σε σημαντικότερα συμπεράσματα, όπως είναι η ομαδοποίηση κατά συστάδες. Χρησιμοποιώντας αυτή τη μεθοδολογία οδηγηθήκαμε στη δημιουργία ζωνών διαχείρισης, με απώτερο σκοπό την κατευθυνόμενη δειγματοληψία κατά ζώνες.

Επίσης έγινε κατανοητό ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά επηρεάζονται πολύ περισσότερο από τις εδαφικές ιδιότητες σε σχέση με την παραγωγή. Συνήθως η παραγωγή περιορίζεται μόνο στην περίπτωση που κάποιο χαρακτηριστικό βρίσκεται σε έλλειψη. Όμως αυτό αντιμετωπίζεται σημαντικά από τη ετήσια λίπανση που εφαρμόζει κάθε χρονιά ο παραγωγός. Γενικά τα στοιχεία τα οποία δεν συμμετέχουν στα συνθετικά λιπάσματα (συνήθως ιχνοστοιχεία και σε κάποιες περιπτώσεις κάποια μακροστοιχεία), είναι αυτά κυρίως που επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (συσχετίσεις).

Βάση των αποτελεσμάτων αυτών, στόχος είναι η συνέχιση του πειράματος τις επόμενες χρονιές, έτσι ώστε να γίνει επαλήθευση ή βελτίωση του μοντέλου υπολογισμού των διαφόρων χαρακτηριστικών (παραγωγή – ποιοτικά χαρακτηριστικά). Θα γίνει προσπάθεια έτσι ώστε να μειωθεί σημαντικά το στατιστικό λάθος, το οποίο προέρχεται από την επεξεργασία ανομοιογενών παραμέτρων, όπως είναι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπου δεν είναι από τα ίδια σημεία οι αναλύσεις, όπως των εδαφολογικών δειγμάτων που βρίσκονται τυχαία μέσα στο χώρο.

Σημαντικό είναι επίσης να γίνει δημιουργία ζωνών με διαφορετικά κριτήρια κάθε φορά. Αυτό σημαίνει ότι ανάλογα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και τις κατηγορίες που χωρίζονται ποιοτικά τα κρασιά, θα γίνει διαχωρισμός του χωραφιού,

σε περιοχή υψηλής ποιότητας, που σημαίνει καλύτερη τιμή και σε περιοχή χαμηλότερης ποιότητας, της οποίας τα σταφύλια θα χρησιμοποιούνται για το κρασί που παράγεται μέχρι τώρα.

Είναι σημαντικό να γίνουν και ζώνες διαχείρισης, όπου τα εδαφικά χαρακτηριστικά που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα, θα συγκριθούν με τις ζώνες διαχείρισης που προκύπτουν από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και θα μπορούν να επαληθεύτουν τα δεδομένα. Για να μπορούμε να είμαστε σίγουροι για τα αποτελέσματα απαιτείται να συνεχιστεί το πείραμα και τις επόμενες χρονιές, ώστε να επαναληφθούν οι δειγματοληψίες παραγωγής, ποιοτικών χαρακτηριστικών καθώς και εδαφικών παραμέτρων.

## Κεφάλαιο 7. Βιβλιογραφία

Acevedo-Opazo, C., Tissevere, B., Guillame, S., Ojeda H., (2007), Test of NDVI information for a relevant vineyard zoning related to vine water status, 6<sup>th</sup> European Conference on Precision Agriculture, Skiathos, Greece, pp.547-554

Arnó, J., Bordes, X., Ribes-Dasi, M., Blanco, R., Rosell, J.R., Esteve, J. (2005) Obtaining grape yield maps and analysis of within-field variability in Raimat (Spain) 5<sup>th</sup> European Conference on Precision Agriculture, Uppsala, Sweden pg.899-906

Bramley, R.G.V., Proffitt, A.P.B., Hinze, C.J., Pearse, B., Hamilton, R.P., (2005), Generating benefits from Precision Viticulture through selective harvesting, 5<sup>th</sup> European Conference on Precision Agriculture, Uppsala, Sweden pg. 891-898

Bramley, R.G.V., (2001), Progress in the development of Precision Viticulture - Variation in Yield, Quality and Soil Properties in Contrasting Australian Vineyards. In: L.D. Currie and P. Loganathan (eds), Precision tools for improving land management. Occasional report No. 14., Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, Palmerston North, pp. 25-43

Bramley, R.G.V and Williams, S.K. (2001) A protocol for the construction of yield maps from data collected using commercially available grape yield monitors

Bramley, R., Pearse, B., Chamberlain, P., (2003), Being profitable precisely - a case study of precision viticulture from Margaret River. Australian Grapegrower and Winemaker, 473a. pp 84-87

Bramley, R.G.V., Hamilton, R.P., (2004), Understanding variability in winegrape production systems 1. Within vineyard variation in yield over several vintages  
Variability in winegrape production systems: 1 Australian Journal of Grape and Wine Research 10, pp. 32-45

Charters, S., (2000), The world of wine. In: 'The global encyclopedia of wine' (Harper Collins Publishers, Australia) pp. 14-61

Conradie, W.J., (1983), Liming and choice of rootstock as cultural techniques for vines in acid soils. South African Journal of Enology and Viticulture 4, 39-44

Dobrowski, S. Z., Ustin, S.L., Wolpert, J.A., (2002), Remote estimation of vineyard canopy density in vertically shoot positioned vineyards: determining optimal vegetative indices. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 8(2), pp117-125

European Space Agency (ESA), [www.esa.int](http://www.esa.int)

Fridgen, J. Jon, Kitchen, R. Newell, Sudduth, A. Kenneth, Drummond, T. Scott, Wiebold, J. William, Fraisse, W. Clyde (2004) *Management Zone Analyst (MZA) : Software for Subfield Management*, *Agron. J.* 96 100-108.

Jensen, J.R. 1996. *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ

Kitchen, N.R., Sudduth, K.A., Myers, D.B. Drummond, S.T., Hong, S.Y., (2005). Delineating productivity zones on claypan soil fields apparent soil electrical conductivity. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 285-308.

Lakota, M., Vrsic, S., Stajanko, D., Valdhuber, J., (2003) Adoption of precision agriculture in Slovenia and precision viticulture on faculty vineyard Meranovo. In: J.V. Stafford and A. Werner (eds). *Proceedings of the 4<sup>th</sup> European Conference on Precision Agriculture*. June 15-19, 2003, Berlin, Germany, pp335-340

Lang, N.S., Silbernagel, J., Perry, E.M., Smithyman, R. Mills, L. AND Wample, R.L., (2000), Remote image and leaf reflectance analysis to evaluate the impact of environmental stress on canopy metabolism, *HorTechnology* 10(3), pp468-474

Lanyon, D.M., Cass, A., Hansen, D. (2004), *The effect of soil properties on vine performance*, CSIRO Land and Water Technical Report No. 34/04

Mausel, P.W., Kamber, W.J., Lee, J.K., (1990). Optimum band selection for supervised classification of multispectral data. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 56:55-60.

Ntech, [www.ntech.com](http://www.ntech.com)

Ortega, R.A., Esser, A., Santibanez, O., (2003) Spatial variability of wine grape yield and quality in Chilean vineyards: economic and environmental impacts. In: J.V. Stafford and A. Werner (eds). *Proceedings of the Fourth European Conference on Precision Agriculture*. June 15-19, 2003, Berlin, Germany pp499-506

Paoli, J-N., Tisseyre, B., Strauss, O., Roger, J-M., Guillame, S.,(2005), Combination of heterogeneous data sets in Precision Viticulture, 5<sup>th</sup> European Conference on Precision Agriculture, Uppsala, Sweden pg. 915–922

Prior, L.D., Grieve, A.M. and Cullis, B.R., (1992), Sodium chloride and soil texture interactions in irrigated field grown sultana grapevines. I. Yield and fruit quality. Australian Journal of Agricultural Research 43, 1051-1066

Rowe, R.N., (1993), Grapevine devigoration. The Australian and New Zealand Wine Industry Journal 8, 326-328

Saayman, D., van Huyssteen, L., (1981), The efficiency of different methods of lime application during soil preparation. South African Journal of Enology and Viticulture 2, 29-36.

Saayman, D., Kleynhans, P.H., (1978), The effect of soil type on wine quality. Proceedings of the South African Society of Enology and Viticulture, 21st Annual meeting, Cape Town, pp.105-119

SAS Institute Inc., (2002) JMP® Statistics and Graphics Guide, Version 5. Cary, NC, USA

Seguin, G., (1986), 'Terriors' and pedology of wine growing. Experientia 42, 861-872. Surfer Guide, Golden Software, 2001

Stamatiadis, S., Taskos, D., Tsadila, E., Christofides, C., Tsadilas, C., Schepers, J.S., Proximal remote sensing : Techonological advances and application in vineyards, Poster, 6<sup>th</sup> European Conference on Precision Agriculture, Skiathos, Greece.

Taylor, J.A. 2004 Digital Terroirs and Precision Viticulture: Investigations into the application of information technologies in Australian vineyards. PhD Thesis, University of Sydney, Australia.

Van Huyssteen, L., (1989), The effect of soil management and fertilization on grape compostion and wine quality with special reference to South African conditions. Seventh Australian. Wine Industry Technical Conference. Sydney, pp.16-25.

Tisseyre B., Ardoin N., Mazzoni C., Clipet C., (2000) Mesure des paramètres de rendement et de qualité en viticulture de précision : application en vue d'une récolte sélective, *Actes du colloque UMR Cemagref-ENESAD, Dijon, France, 265-277*

Tisseyere, B., McBratney, A.B., (2007), A technical opportunity index based on mathematical morphology for site-specific management using yield monitor data : application to viticulture, 6<sup>th</sup> European Conference on Precision Agriculture, Skiathos, Greece, pp. 249-256

Tisseyere, B., Mazzoni, C., Ardoin, N., Clipet, C., (2001), Yield and Harvest quality measurement in precision viticulture – Application for a selective vintage, 3<sup>th</sup> European Conference on Precision Agriculture, Montpellier, France, pp.133-138

US HOUSE OF REPRESENTATIVES (1997). *Bill No. H.R.2534. An Act to reform, extend and repeal certain agricultural research, extension and education programs and for other purposes. Title IV - New research, extension and education initiatives. Subtitle B -Precision Agriculture*

Veristech, [www.veristech.com](http://www.veristech.com)

Wang, S., Okamoto, G., Hirano, K., Lu, J., Zhang, C., (2001), Effects of restricted rooting volume on vine growth and berry development of Kyoho grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 52, 248-253.

Webster, R., and M.A. Oliver. 1990. *Statistical methods in soil and land resource survey*. Oxford Univ. Press, New York.

Zadeh, L.A., (1965), Fuzzy sets, *Inf. Control* 8:338-353

Βαγιανός, Ι., (1986), *Πρακτική Αμπελουργία*, Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα

Βικιπαιδεία [el.wikipedia.org](http://el.wikipedia.org)

Βλασσόπουλος, Ν., (2003), *Vitis vinifera – Θεραπευτικές ιδιότητες*, Αναφορά στο [www.iama.gr](http://www.iama.gr)

Γέμτος, Θ.Α., (2006), *Πανεπιστημιακές παραδόσεις*.

Ευάγγελος Τσάνταλης Α.Ε., [www.tsantalis.gr](http://www.tsantalis.gr)

Κούσουλας, Κ.Ι., (1995), *Αμπελουργία*, Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική, Αθήνα

Ντζούφρας, Ι., (2001) *Στοιχεία Πολυμεταβλητής Ανάλυσης Δεδομένων*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις

Οι δρόμοι του Ελληνικού κρασιού, [www.wineroads.gr](http://www.wineroads.gr)

Παπαοικονόμου, Μ.,(2001), *Οδηγίες Χρήσης Γεωργίας Ακριβείας*

Τούσης, Δ.Α., (2003), Οίνος –Υγεία – Διατροφή, Αναφορά στο [www.iama.gr](http://www.iama.gr)

Φλωράς, Σ. (2004) Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, Πανεπιστημιακές παραδόσεις



Το παρόν έργο αποτελεί προϊόν της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος «Επένδυση στην Έρευνα και την Καινοτομία» (ΕΠΕΚΕ) του Εθνικού Οργανισμού Έρευνας και Τεχνολογίας (ΕΟΕΤΑ) (2003) και του προγράμματος «Επένδυση στην Έρευνα και την Καινοτομία» (ΕΠΕΚΕ) του Εθνικού Οργανισμού Έρευνας και Τεχνολογίας (ΕΟΕΤΑ) (2004) με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
  
004000091203