



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

Μεταπτυχιακή (Διπλωματική) Εργασία

Τίτλος: Καλλιέργεια Αμπελιού με ή χωρίς χρήση
Γεωργίας Ακριβείας

Όνομα ΜΦ: Λιάσος Τραϊανός

Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη

Επιβλέπων: Τάσος Λαμπρόπουλος, ΕΔΙΠ ΕΜΠ
Μέλη: Έφη Δημοπούλου, Καθ. ΕΜΠ
Διονύσιος Καλύβας, Καθ. ΓΠΑ

Η μεταπτυχιακή εργασία με τίτλο «Καλλιέργεια Αμπελιού με ή χωρίς χρήση Γεωργίας Ακριβείας» εκπονήθηκε από τον μεταπτυχιακό φοιτητή του Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξης» του Μετσόβιου Πολυτεχνείου Λιάσο Τραϊανό. Η εκπόνηση της εργασίας γίνεται στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των μεταπτυχιακών σπουδών ενώ την ευθύνη για το περιεχόμενο, τις πηγές και τις αναφορές που αξιοποιήθηκαν φέρει αποκλειστικά ο υπογράφων/συγγραφέας της εργασίας.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	5
Abstract	6
Εισαγωγή.....	7
1. Γεωργία ακριβείας	9
1.1 Εννοιολογική και Ιστορική προσέγγιση	10
1.2 Τεχνολογίες και Συστήματα Αξιοποίησης.....	12
1.3 Οφέλη.....	20
1.3.1 Οικονομικά Οφέλη	21
1.3.2 Περιβαλλοντικά Οφέλη	22
1.3.3 Κοινωνικά Οφέλη	22
2. Υιοθέτηση και Εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας	23
2.1 Ιστορική Ανασκόπηση	24
2.1.1 Ελλάδα.....	24
2.1.2 Παγκόσμια.....	26
2.2 Παράγοντες που οδηγούν στην χρήση της Γεωργίας Ακριβείας.....	27
2.3 Βιβλιογραφική Έρευνα	31
3. Ανάλυση περιοχής και είδους καλλιέργειας	33
3.1 Ανάλυση της περιοχής της Θεσσαλίας.....	33
3.1.1 Γεωγραφικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά	33
3.1.2 Κλιματολογικά χαρακτηριστικά	33
3.1.3 Καλύψεις γης.....	33
3.1.4 Διοικητική Διάρθρωση	34
3.1.5 Πληθυσμιακά και Δημογραφικά χαρακτηριστικά	34
3.1.6 Εκπαιδευτικό – Μορφωτικό επίπεδο του πληθυσμού	35
3.1.7 Οικονομικά Στοιχεία.....	35
3.2 SWOT ανάλυση, Θεσσαλία	36
3.3 Ανάλυση ερευνών με χρήση Γεωργίας Ακριβείας	39
4. Αμπελώνες	50

4.1 Ερευνα Αμπελουργικών Καλλιεργειών	50
4.1.1 Γενικά για το αμπέλι.....	50
4.1.2 Ποικιλίες.....	50
4.1.3 Απαιτήσεις Αμπελιού	52
4.1.4 Εδαφική υγρασία - Άρδευση.....	60
4.1.5 Κλάδεμα	64
4.2 Αμπελουργία Ακριβείας.....	65
5. Συμπεράσματα	67
Βιβλιογραφία	69
Νομοθετικό Πλαίσιο	69
Ελληνική Βιβλιογραφία	69
Ξένη Βιβλιογραφία	70
Παράρτημα Διαγραμμάτων – Εικόνων – Σχημάτων	75

Περίληψη

Είναι ευρέως διαδεδομένη η συνεχόμενη ανάπτυξη της τεχνολογίας και των εφαρμογών της. Μια από τις νέες εφαρμογές που εμφανίστηκαν είναι οι τεχνολογίες γεωργίας ακριβείας. Οι τεχνολογίες αυτές προσδίδουν την δυνατότητα στον γεωργό να μάθει και να χωρίσει σε ζώνες διαχείρισης την καλλιέργεια του. Με αυτόν τον τρόπο θα είναι σε θέση να χρησιμοποιεί τις κατάλληλες εισροές στο χωράφι του ανάλογα με τις ανάγκες του.

Ο στόχος της παρούσας βιβλιογραφικής έρευνας είναι να εντοπιστούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης των εφαρμογών της γεωργίας ακριβείας στην καλλιέργεια του αμπελιού. Πεδίο μελέτης αποτελεί ο Νομός της Θεσσαλίας. Η μεθοδολογική προσέγγιση αρχίζει με την ανάλυση της έννοιας της γεωργίας ακριβείας και συγκεκριμένα των τεχνολογιών που αυτή χρησιμοποιεί και των οφελών που προσδίδει όταν χρησιμοποιείται. Έπειτα γίνεται μια ιστορική ανασκόπηση της χρήσης των τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας τόσο στην Ελλάδα όσο και Παγκόσμια. Στην συνέχεια της έρευνας, αναλύεται η περιοχή μελέτης (Νομός Θεσσαλίας). Συγκεκριμένα δίνονται κάποια γενικά στοιχεία του Νομού και μια ανάλυση SWOT της περιοχής. Για την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών γεωργίας ακριβείας αναλύονται τρεις έρευνες που έκαναν χρήση της γεωργίας ακριβείας σε καλλιέργειες αμπελιού. Ως καλλιέργεια μελέτης αναλύθηκε η καλλιέργεια του αμπελιού. Αυτός είναι ο λόγος που αναφέρθηκαν και αναλύθηκαν κάποια γενικά στοιχεία για τους αμπελώνες και τις απαιτήσεις τους. Τέλος, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί της αμπελοργίας ακριβείας.

Κλείνοντας την έρευνα αποτυπώνεται ότι η γεωργία ακριβείας μπορεί να επιτελέσει σημαντικό ρόλο στην αειφόρο διαχείριση των αμπελώνων και στη παραγωγή υψηλής ποιότητας και ποσότητας σταφυλιών αρκεί να ληφθούν υπόψη οι περιορισμοί που προκύπτουν από την εφαρμογή της.

Abstract

The continuous development of technology and its applications is widespread. One of the new applications that have emerged is precision agriculture technologies. These technologies give the farmer the ability to learn and zone his crop for management. In this way he will be able to use the appropriate inputs in his field according to his needs.

The aim of this literature research is to identify the advantages and disadvantages of using precision agriculture applications in the cultivation of vineyards, with the prefecture of Thessaly as the study area. The methodological approach started with the analysis of precision agriculture as a concept, the technologies it uses and the benefits it confers when used. Furthermore, a historical review of the use of precision agriculture technologies in Greece and Worldwide is made. Afterwards, the study area (Prefecture of Thessaly) is analyzed with some general data of the prefecture and a SWOT analysis of the region. For the effectiveness of precision agriculture applications, three studies that used it in vineyard cultivation are analyzed. Moreover, as a study crop, the vine crop was analyzed. In it, some general information about vineyards and its requirements were analyzed. Finally, some advantages and limitations of precision viticulture are mentioned.

Concluding the research, it is reflected that precision agriculture can play an important role in sustainable vineyard management, and in the production of high quality and quantity of grapes, as long as the appropriate limitations arising from its application are taken into account.

Key words: Precision Agriculture, Grape, Vineyard

Εισαγωγή

Στην σημερινή κοινωνία, η τεχνολογία εξελίσσεται διαρκώς ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται το ανθρώπινο είδος. Λόγω αυτής της εξέλιξης υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη για πρώτες ύλες. Για να μπορέσει επομένως να επιβιώσει αυτήν η αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού είναι σημαντικό με κάποιον τρόπο να αυξηθεί η παραγωγή των ήδη υπαρχόντων εκτάσεων. Εδώ έρχεται να λάβει χώρα η Γεωργία Ακριβείας. Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και η ανάλυση του όρου της Γεωργίας Ακριβείας, τα οφέλη της, η εξέλιξη της μέσα στο χρόνο καθώς και ο κατάλληλος χρόνος χρήσης της αξιοποιώντας ως πεδίο μελέτης την καλλιέργεια του αμπελιού.

Η Γεωργία Ακριβείας (ΓΑ) είναι μια κυκλική διαδικασία. Ξεκινάει με την συλλογή δεδομένων, ακολουθεί η ανάλυση τους, λαμβάνονται οι αποφάσεις διαχείρισης της καλλιέργειας και καταλήγει στην αξιολόγηση των εφαρμοζόμενων πρακτικών. Για την διαχείριση και την ανάλυση όλων αυτών των δεδομένων η ΓΑ έχει κάποια συστήματα. Τα συστήματα αυτά είναι τα εξής: Η Τηλεπισκόπηση (μια από τις σημαντικότερες διαδικασίες συλλογής και ανάλυσης δεδομένων) τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information System – GIS) που είναι η ψηφιακή χωρική βάση δεδομένων που καταχωρούνται όλες οι πληροφορίες και επιτυγχάνεται η επεξεργασία τους και τέλος η χωροχρονική ανάλυση των δεδομένων μέσω της οποίας επιτυγχάνεται ο καθορισμός ζωνών διαχείρισης και ανάπτυξης χαρτών εφαρμογής. Μέσω της εφαρμογής αυτών των συστημάτων πάνω στις καλλιέργειες αναμένεται να προκύψουν σημαντικά οφέλη στην οικονομία, την κοινωνία και στο περιβάλλον (Κ. Αναστασίου, 2020).

Η ΓΑ πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές του 1990 σε αναπτυγμένες χώρες όπως οι ΗΠΑ και η Βρετανία. Αν και η Ελλάδα είναι μια χώρα με έντονο γεωγραφικό πλούτο, η εμφάνιση της ΓΑ καθυστέρησε λόγω κάποιων αντίξοων συνθηκών. Μερικές από αυτές είναι οι μικρές γεωργικές εκτάσεις, το χαμηλό μορφωτικό επίπεδο των γεωργών, η προσκόλληση στις πατροπαράδοτες μεθόδους καλλιέργειας και η επιμονή των γεωργών για επιδότηση προϊόντων (Σ. Φούντας, Θ. Γέμτος, 2015). Στην συνέχεια αποτυπώνεται η βιβλιογραφική έρευνα που ακολουθήθηκε και είχε 4 στάδια ανάλυσης.

Στην συνέχεια της εργασίας, αναλύεται η περιοχή μελέτης, ο Νομός της Θεσσαλίας. Αρχικά αποτυπώνονται κάποια βασικά στοιχεία του Νομού σχετικά με την τοποθεσία του στην Ελλάδα, οικονομικά και κοινωνικά στοιχεία. Έπειτα, με την βοήθεια της μεθόδου SWOT αναλύονται οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις της Θεσσαλίας. Μέσω αυτής της ανάλυσης προκύπτουν ορισμένα συμπεράσματα τα οποία βοηθούν στον εντοπισμό και στην διόρθωση των σφαλμάτων τόσο σε αυτήν την πεδιάδα όσο και γενικότερων σφαλμάτων που αφορούν στον αγροτικό τομέα. Ακόμα, σε αυτό το στάδιο αναλύονται 3 έρευνες που έγιναν στην Ελλάδα και έχουν εφαρμόσει τεχνικές γεωργίας ακριβείας πάνω στην καλλιέργεια του αμπελιού. Η περιοχή αυτή επιλέχτηκε σαν μια από τις μεγαλύτερες πεδιάδες και ταυτόχρονα καλλιεργήσιμες εκτάσεις της Ελλάδας.

Τέλος, αναλύεται ειδικότερα η καλλιέργεια αμπελιού, οι ποικιλίες που υπάρχουν, το κλάδεμα και οι απαιτήσεις που έχει για κάποιες εισροές όπως η άρδευση. Τα

αποτελέσματα που προέκυψαν μέσω της ανάλυσης εξετάζονται έτσι ώστε να εξαχθεί ένα συμπέρασμα για το αν και που αξίζει να γίνει χρήση της ΓΑ.

Κλείνοντας, γίνεται ανασκόπηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν. Επισημαίνεται η σημασία της γεωργίας ακριβείας στην καλλιέργεια του αμπελιού και τα πλεονεκτήματα που μπορεί να προσφέρει. Σε αυτά το σημείο αποτυπώνονται τα στοιχεία που είναι θετικά για την περιοχή μελέτης όσο και για την καλλιέργεια αν τοποθετηθεί σε αυτήν την περιοχή. Τελικά, καταλήγει σε ένα συμπέρασμα ότι η Θεσσαλία είναι μια κατάλληλη περιοχή για έρευνα όσον αφορά την Ελλάδα. Ωστόσο για μια πλήρη αξιοποίηση της γεωργίας ακριβείας πάνω σε καλλιέργεια αμπελιού θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σημαντικοί παράμετροι που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα.

1. Γεωργία ακριβείας

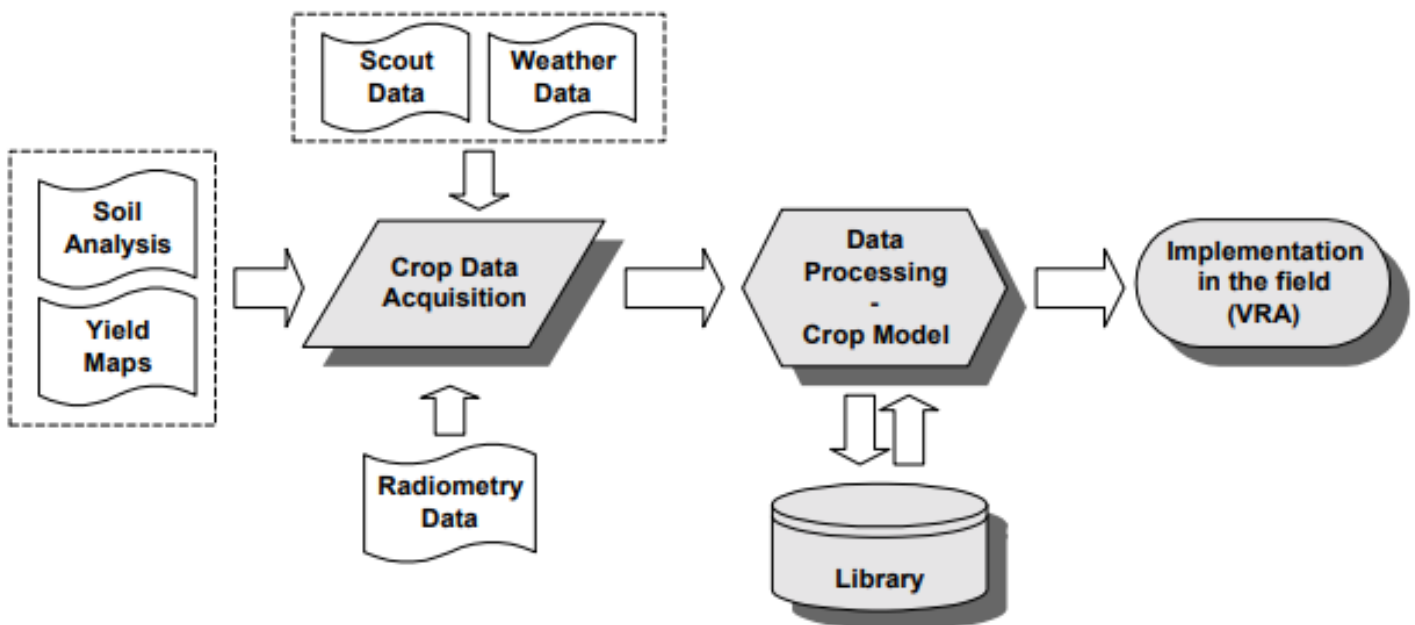
Πριν έρθουν τα έξυπνα συστήματα και γίνει η εκμηχάνιση της γεωργίας κάθε γεωργός ήξερε το χωράφι του. Με αυτόν τον τρόπο ήξερε και διαχειριζόταν πολύ σωστά το χωράφι του. Πιο συγκεκριμένα, στα σημεία που δεν φύτρωνε η καλλιέργεια έριχνε περισσότερους σπόρους ενώ στα σημεία που ήταν αδύναμη η καλλιέργεια έριχνε περισσότερο λίπασμα. Τέλος εκεί που έβλεπε ζιζάνια τα έβγαζε με τα χέρια του.

Με την εκμηχάνιση της γεωργίας και λόγω των αναδασμών, τα χωράφια μεγάλωσαν. Ο συνδυασμός αυτών των δύο παραγόντων οδήγησε τον γεωργό στο να χάσει τον πλήρη έλεγχο της καλλιέργειας του. Ενώ παλαιότερα ένας γεωργός ήξερε τις αδυναμίες του χωραφιού του και φρόντιζε να τις καλύψει, τώρα πια δεν είναι εύκολος ο έλεγχος της καλλιέργειας λόγω της συστηματικής χρήσης των μηχανημάτων. Κατά την εκμηχάνιση και με βάση το ότι το κάθε αγροτεμάχιο είναι ομοιόμορφο, μια κλασική διαχείριση καλλιέργειας γίνεται με δειγματοληψία του αγροκτήματος. Σε αυτές τις ενδείξεις θα βασίζεται και η ποσότητα λιπάσματος που θα χρησιμοποιηθεί σε όλη την καλλιέργεια. Έτσι, σε ένα σημείο που θα χρειάζεται λιγότερο λίπασμα από αυτό που θα χρησιμοποιηθεί, θα γίνεται σπατάλη λιπάσματος και ταυτόχρονα θα μειώνεται η παραγόμενη ποσότητα. Από την άλλη, σε ένα σημείο που θα χρειάζεται περισσότερο λίπασμα από αυτό που θα του χορηγεί ο γεωργός, δεν θα φτάνει στην μέγιστη δυνατότητα παραγωγής, καθώς θα καίγεται ο καρπός με αποτέλεσμα να μειώνεται η ποσότητα παραγωγής του αγροκτήματος. Το ίδιο συμβαίνει και με τις υπόλοιπες εισροές οι οποίες βοηθούν στην διαχείριση και στην ανάπτυξη μιας καλλιέργειας, όπως τα φυτοφάρμακα και το νερό άρδευσης.

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να γίνεται χρήση νέων τεχνολογιών πάνω στην γεωργία, οι οποίες επέτρεψαν να γίνονται μετρήσεις και να εντοπίζονται οι διαφοροποιήσεις εντός κάθε καλλιεργήσιμου αγροτεμαχίου. Αυτά τα συστήματα είναι η λεγόμενη γεωργία ακριβείας. Με τον όρο Γεωργία Ακριβείας ορίζουμε τη διαχείριση της χωρικής και χρονικής διαφοροποίησης των αγρών προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των αγροκτημάτων και/ή να επιτευχθεί η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την μη ορθολογική χρήση των εισροών. Η Γεωργία Ακριβείας είναι ένα σύστημα διαχείρισης των αγροτεμαχίων που με την χρήση της πληροφορικής και τα ηλεκτρονικά συστήματα εφαρμοσμένα στη γεωργία, βοηθούν το γεωργό στη λήψη αποφάσεων για τη καλύτερη διαχείριση του αγροκτήματος. (Gemtos et al., 2002). Με την έννοια καλύτερη διαχείριση ενός αγροτεμαχίου εννοείται η καλύτερη οικονομική απόδοση του, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με την αύξηση της παραγωγής, με τη μείωση των εισροών, είτε με συνδυασμό και των δύο. Το κύριο χαρακτηριστικό της γεωργίας ακριβείας είναι ότι πλέον η φροντίδα της καλλιεργήσιμης έκτασης γίνεται με χρήση διαφορετικής ποσότητας εισροών ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε σημείου και όχι με βάση τον μέσο όρο του αγροτεμαχίου. Η γεωργία ακριβείας μπορεί να βοηθήσει τον κάθε γεωργό να μειώσει το κόστος και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις καθώς, τους επιτρέπει να έχουν ακριβή και βελτιωμένη χρήση όλων των εισροών πάνω στις καλλιέργειές τους (Stafford, 2000).

1.1 Εννοιολογική και Ιστορική προσέγγιση

Όλη η διαδικασία ενός ολοκληρωμένου συστήματος γεωργίας ακριβείας χωρίζεται σε τρία επιμέρους στάδια σύμφωνα με την εικόνα 1. Το πρώτο στάδιο αφορά την συλλογή των δεδομένων από την κάθε καλλιέργεια όπως είναι οι χάρτες παραγωγής και οι αναλύσεις του εδάφους από παλαιότερα έτη. Την περίοδο κατά την οποία καλλιεργείται ένα αγροτεμάχιο συλλέγονται και άλλα στοιχεία όπως δεδομένα καιρού, παρατηρήσεις παθογόνων και τηλεπισκόπησης (Elms & Green, 1997). Αρκετές από τις διαδικασίες αυτές μπορούν να αυτοματοποιηθούν με τα κατάλληλα συστήματα και τους κατάλληλους αισθητήρες. Στο επόμενο στάδιο γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί. Βάσει της καλλιέργειας και του αλγορίθμου που χρησιμοποιήθηκε γίνεται ο συνδυασμός των δεδομένων (McKinion et. al., 2001). Σε αυτό το σημείο είναι αναγκαία η ύπαρξη κατάλληλης βάσης δεδομένων. Σε αυτήν θα στηριχθεί το όλο σύστημα για να εξαχθούν τα αποτελέσματα. Το τελικό αποτέλεσμα θα είναι η δημιουργία ζωνών διαχείρισης (management zones) μέσα σε ένα αγροτεμάχιο. Οι ζώνες θα έχουν κοινά εδαφολογικά ή αγρονομικά χαρακτηριστικά (Blackmore et. al., 2003). Το τρίτο στάδιο αφορά την εφαρμογή των καλλιεργητικών διαδικασιών σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προηγούμενου σταδίου. Σε αυτό το σημείο, είναι αναγκαία η χρήση του εξοπλισμού ώστε να μπορέσουν να εφαρμοστούν σε κάθε ζώνη διαχείρισης του αγροκτήματος οι κατάλληλες ποσότητες των εισροών (εφαρμογή μεταβλητής δόσης) (Variable Rate Application – VRA) (Bowers et. al., 2001). Μπορεί, ακόμα, να γίνει αξιολόγηση των τεχνικών που εφαρμόστηκαν. Μέσω της χαρτογράφησης της παραγωγής και των διαφόρων παραμέτρων μπορεί να γίνει η αρχή για να δημιουργηθούν ζώνες διαχείρισης αλλά και ένα σημείο για να αξιολογηθεί η προηγούμενη χρονιά (Ταγαράκης Χ., 2014).



Εικόνα 1: Ολοκληρωμένο σύστημα Γεωργίας Ακριβείας (Markinos et. al., 2002)

Η έξυπνη γεωργία (smart farming) είναι ένας από τους τελευταίους τρόπους διαχείρισης των γεωργικών εκτάσεων που συνδυάζει τα δεδομένα και την τοποθεσία που πραγματοποιείται σε πραγματικό χρόνο (Wofert et al, 2017). Ένας εναλλακτικός

όρος της έξυπνης γεωργίας είναι η γεωργία ακριβείας (precise agriculture). Η γεωργία ακριβείας ορίζεται ως «η εφαρμογή των σωστών μεθόδων στον σωστό χρόνο και χώρο (Gebbers & Adamchuk, 2010). Ο πρώτος ορισμός, ο οποίος εντοπίζεται το 1997 σε ένα κείμενο πολιτικής των ΗΠΑ σύμφωνα με τους Zhang et al, 2002, λέει ότι η γεωργία ακριβείας είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα γεωργίας το οποίο βασίζεται στις πληροφορίες που του παρέχονται και στην παραγωγή και αποσκοπεί στην αύξηση των κερδών της καλλιεργήσιμης γης. Η αύξηση των κερδών θα γίνει με την αύξηση της αποδοτικότητας, της παραγωγικότητας και με μείωση των ακούσιων επιπτώσεων στη φύση και το περιβάλλον. Η αγροτική βιομηχανία είναι πλέον ικανή συλλέγοντας πιο ολοκληρωμένα δεδομένα για τη μεταβλητότητα της παραγωγής τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο (Zhang et al, 2002).

Περισσότερα από 10 χρόνια μετά, αυτός ο ορισμός έχει φτάσει σε ένα σταυροδρόμι για το πώς θα γίνεται η διαχείριση όλης της γεωργικής παραγωγής με τις σύγχρονες τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνίας. Παρόλο που έχουν παρουσιαστεί πολλές τεχνολογικές καινοτομίες, οι αγρονομικές και οικολογικές αρχές παρουσιάζουν καθυστερήσεις όσον αφορά στις εισροές σε τοπικό επίπεδο. Για αυτό και πολλοί αγρότες δεν είναι σίγουροι αν θα υιοθετήσουν τελικά τις τεχνολογίες της γεωργίας ακριβείας. Τα κίνητρα για την υιοθέτηση των τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας προέρχονται από αυστηρή περιβαλλοντική νομοθεσία, από την ανησυχία των πολιτών για υπερβολική χρήση αγροχημικών, από το οικονομικό κέρδος, από τις μειωμένες γεωργικές εισροές και από τη βελτιωμένη διαχείριση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Τελικά, η επιτυχία των τεχνολογιών της γεωργίας ακριβείας θα πρέπει να μετρηθεί με οικονομικά και περιβαλλοντικά κέρδη (Zhang et al, 2002).

Μέχρι και σήμερα υπάρχουν διάφοροι ορισμοί για την γεωργία ακριβείας. Ξεκινώντας από παλιότερα, οι Bongiovanni & Lowenberg-DeBoer, 2004, ορίζουν ως γεωργία ακριβείας την ηλεκτρονική παρακολούθηση και τον έλεγχο που πραγματοποιείται με την εφαρμογή μεθόδων συλλογής δεδομένων, επεξεργασίας πληροφοριών και συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, με στόχο τη χωρική και χρονική κατανομή των εισροών μιας καλλιέργειας. Αργότερα, οι Reichardt & Jurgens, 2009 πιστεύουν ότι η γεωργία ακριβείας είναι ένα συνεκτικό σύνολο μεθόδων το οποίο αποσκοπεί στην αποτελεσματική διαχείριση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, με στόχο την αύξηση του κέρδους, την απόδοση, την ποιότητα με ταυτόχρονη μείωση του κόστους και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ακόμα, οι Aubert et. al., 2012, ορίζουν τη γεωργία ακριβείας ως την ηλεκτρονική παρακολούθηση και τον έλεγχο που εφαρμόζεται στη συλλογή δεδομένων, την επεξεργασία πληροφοριών και την υποστήριξη αποφάσεων για τη χρονική και χωρική κατανομή των εισροών για τις καλλιέργειες.

Βασικός σκοπός της γεωργίας ακριβείας είναι, η αύξηση του αριθμού των σωστών αποφάσεων ανά μονάδα αγροτεμαχίου που καλλιεργείται, με την ταυτόχρονη υποστήριξη της διαδικασίας λήψης αποφάσεων και λαμβάνοντας υπόψη το διαθέσιμο χρόνο (McBratney et. al., 2005). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εύκολη συλλογή δεδομένων από το κάθε χωράφι καθώς και με τη γρήγορη και αξιόπιστη επεξεργασία τους ώστε να μπορέσουν να εφαρμοστούν στην κάθε καλλιέργεια αντίστοιχα (McBride Daberkow, 2003). Αυτές οι διαδικασίες πραγματοποιούνται με την συνδυαστική χρήση των σύγχρονων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), όπως είναι ο εξοπλισμός ακριβείας, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT), τα μεγάλα δεδομένα (big data), τα συστήματα γεω-εντοπισμού (GPS),

τα μη επανδρωμένα οχήματα, η ρομποτική, οι γεωργικοί αυτοματισμοί και τα πληροφοριακά συστήματα διοίκησης.

Η γεωργία ακριβείας δίνει την δυνατότητα στους αγρότες να καταλαβαίνουν τις αλλαγές στην καλλιέργεια τους, στον χώρο και στον χρόνο. Έτσι, υιοθετούν τις κατάλληλες πρακτικές για να φτάσουν στο μέγιστό (Aubert et. al., 2012). Η τεχνολογία αυτήν είναι μια σύγχρονη γεωργική πρακτική που επιτρέπει να βλέπει κάθε γεωργός το χωράφι του σαν μια ετερογενή οντότητα από όλες τις πλευρές δίνοντας την δυνατότητα να γίνει προσαρμογή των κατάλληλων καλλιεργητικών μεθόδων σε κάθε σημείο. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνονται όχι μόνο η αποδοτικότητα και η παραγωγικότητα της καλλιέργειας, αλλά ταυτόχρονα επιτυγχάνεται και η βιωσιμότητα του περιβάλλοντος. Μπορεί, ίσως, να ειπωθεί ότι η τεχνολογία της έξυπνης γεωργίας είναι πιο διευρυμένη καθώς χρησιμοποιεί στο έπακρο όλες τις διαθέσιμες ΤΠΕ και στοχεύει στη συγκεντρωτική διαχείριση της καλλιέργειας (Wolfert et al, 2017).

1.2 Τεχνολογίες και Συστήματα Αξιοποίησης

Η γεωργία ακριβείας χρησιμοποιεί μια σειρά από τεχνολογίες για να μπορέσει να υλοποιήσει τους στόχους της. Σύμφωνα με τον Markinos et. al, 2002, το πρώτο βήμα για την εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας είναι η λήψη δεδομένων για την κάθε καλλιέργεια, το χωράφι και το περιβάλλον. Για αυτό το στάδιο, η γεωργία ακριβείας χρησιμοποιεί διάφορους αισθητήρες και τεχνολογίες όπως τα συστήματα προσδιορισμού θέσης στη γη – GPS, την τηλεπισκόπηση, ασύρματους αισθητήρες και δίκτυα, αισθητήρες βλάστησης και άλλα. Για την αποθήκευση, ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων αυτών, την παραγωγή χαρτών και ζωνών διαχείρισης, απαιτείται η χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS) και μεθόδων χωρικής ανάλυσης, χωρικής παρεμβολής και θεωρίας γεωστατιστικής.

Όσον αφορά τα παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης και το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης, δίνουν την δυνατότητα του εντοπισμού της ακριβής θέσης βάση συντεταγμένων οποιαδήποτε στιγμή. Με αυτόν τον τρόπο, κάθε μέτρηση που πραγματοποιείται στη γεωργία ακριβείας αποδίδεται σε συντεταγμένες και χωροθετείται άμεσα. Από την άλλη, τα παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης βελτιώθηκαν στις αρχές του 1970, με σκοπό να βελτιωθεί η πλοήγηση στη χρήση δορυφόρων (Weston & Schwiegen, 2010).

Σύμφωνα με τον Δερμάνη, 1999, μέσα σε 24 ώρες τουλάχιστον 4 δορυφόροι στέλνουν σήμα σε οποιοδήποτε σημείο της γης. Χαρακτηριστικό του κάθε δορυφόρου είναι ότι αποτελείται από 4 ατομικά ρολόγια με στόχο τον συνεχή και ακριβή υπολογισμό της ώρας (χρόνος GPS) και της θέσης του δορυφόρου σε ένα ψηφιακό σήμα (Weston & Schwiegen, 2010). Κάθε σύστημα GPS απαρτίζεται από τρία λειτουργικά μέρη. Το πρώτο από αυτά είναι το αποκαλούμενο διαστημικό τμήμα το οποίο συγκροτείται από 24 επιχειρησιακούς δορυφόρους. Χαρακτηριστικό των δορυφόρων αυτών είναι ότι κινούνται σε τροχιά γύρω από τη γη κάθε 12 ώρες (Δερμάνης, 1999). Οι επιχειρησιακοί δορυφόροι τοποθετούνται ανά τετράδες σε έξι τροχιακά επίπεδα. Το κάθε τροχιακό επίπεδο έχει κλίση 55 μοίρες από τον ισημερινό της γης. Κάθε 24 ώρες ένας δορυφόρος ολοκληρώνει 2 κυκλικές στροφές γύρω από την γη. Οι δορυφόροι αυτοί λόγω του μεγάλου υψομέτρου τους και της κλίσης των τροχιών τους είναι ορατοί από όλα τα σημεία της γης (Weston & Schwiegen, 2010).

Το δεύτερο λειτουργικό τμήμα του συστήματος GPS είναι το τμήμα ελέγχου. Αυτό αποτελείται από έντεκα επίγειους σταθμούς παρακολούθησης. Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται στη Χαβάη, στο Kwajalein στον ειρηνικό ωκεανό, στη νήσο Ascension στο νότιο Ατλαντικό και στο Diego Garcia στον ινδικό ωκεανό. Ο κεντρικός σταθμός ελέγχου βρίσκεται στο Colorado Springs των ΗΠΑ (Weston & Schwiegen, 2010). Οι επιχειρησιακοί δορυφόροι εκπέμπουν διαρκώς σήματα τα όποια λαμβάνουν οι σταθμοί παρακολούθησης. Οι σταθμοί παρακολούθησης επεξεργάζονται τα σήματα και τα μεταδίδουν στον κεντρικό σταθμό ελέγχου, ο οποίος έχει την ευθύνη του υπολογισμού των ακριβών τροχιών των δορυφόρων και στην συνέχεια την ενημέρωση των σημάτων πλοήγησης (Δερμάνης, 1999). Τα δεδομένα, αφού επεξεργαστούν στον κεντρικό σταθμό, μεταδίδονται σε κάθε δορυφόρο μέσω μιας από τις τρεις επίγειες κεραιές του εδάφους που βρίσκονται στο Diego Garcia, στην νήσο Ascensio και στο Kwajalein (Weston & Schwiegen, 2010).

Το τρίτο και τελευταίο λειτουργικό τμήμα του συστήματος, είναι το τμήμα χρήσης. Το τμήμα χρήσης αποτελείται κατά βάση από κεραιές GPS και από δέκτες που παρέχουν την πλοήγηση, την θέση και τον χρονισμό πληροφοριών για τους χρήστες. Την τελευταία δεκαετία παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στο είδος και τον αριθμό των δεκτών, οι οποίοι πωλούνται για στρατιωτικές και πολιτικές χρήσεις (Weston & Schwiegen, 2010). Για να καθοριστεί η θέση θα πρέπει να ληφθούν ταυτόχρονα σήματα από τουλάχιστον τέσσερις δορυφόρους. Η απόσταση που απέχει η κεραία από τον κάθε δορυφόρο υπολογίζεται μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται το σήμα, το οποίο ταξιδεύει με την ταχύτητα του φωτός για να φτάσει από τον πομπό, που είναι ο δορυφόρος, στο δέκτη, δηλαδή τη κεραία GPS. Με τη χρήση της τριγωνομετρίας, υπολογίζεται η ακριβής θέση της κεραιάς GPS από τις μετρήσεις των αποστάσεων από τους δορυφόρους.

Σύμφωνα με τους Weston & Schwiegen, 2010, η Ρωσία διαθέτει δικό της σύστημα GNSS το οποίο ονομάζεται GLONASS και το διαχειρίζεται η διαστημική υπηρεσία της Ρωσίας. Από την άλλη, η Κίνα προσπαθεί να αναπτύξει το δικό της σύστημα GNSS. Το σύστημα αυτό ονομάζεται Beidou-1 και σε πρώτη φάση θα βρίσκεται πάνω από την Ασιατική ήπειρο. Το σύστημα αυτό αποτελείται από 4 δορυφόρους ενώ, το νέο σύστημα που αναπτύσσει θα αποτελείται από 35 δορυφόρους και ονομάζεται Beidou-2. Ακόμα, από τα τέλη της δεκαετίας του '90 η Ευρωπαϊκή Ένωση, σε μια προσπάθεια ανάπτυξης αξιόπιστου συστήματος για την χρήση κυρίως στον τομέα των μεταφορών, αναπτύσσει το δικό της σύστημα GNSS με την ονομασία Galileo. Αυτό το σύστημα, θεωρείται 2^{ης} γενιάς και σε συνδυασμό με το GPS θα επωφεληθεί όλους τους χρήστες του συστήματος καθώς, θα προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια στην λειτουργία των δεικτών ευρείας χρήσης (Ταγαράκης Χ., 2014).

Ένα πιο εξελιγμένο σύστημα σε σχέση με το GPS είναι το Differential GPS (DGPS). Το σύστημα αυτό είναι ένα ευρέως γνωστό σύστημα διόρθωσης του σήματος GPS. Από επίγειους σταθμούς, με γνωστή θέση, διορθώνονται τα σήματα GPS και επιτυγχάνεται ακρίβεια μερικών εκατοστών (10cm – 1m) (Ταγαράκης Χ., 2014).

Στις εφαρμογές που χρησιμοποιούνται στον αγροτικό τομέα, όπως στην γεωργία ακριβείας, είναι βασικό να υπάρχει υψηλή ακρίβεια κατά τον υπολογισμό της τοποθεσίας και της πλοήγησης. Για να επιτευχθεί αυτή η ακρίβεια, χρησιμοποιείται το διορθωτικό σήμα RTK (Real Time Kinematic). Αυτό το σήμα εκπέμπεται από

κεραία που εγκαθίσταται σε σημείο ορατό από την κεραία GPS. Έτσι, η ακρίβεια του GPS είναι δυνατόν να φτάσει στα 2cm καθώς είναι δυνατή και οικονομικά βιώσιμη η εφαρμογή ακριβούς πλοήγησης αγροτικών οχημάτων για τις εργασίες στον αγρό από μεγαλογαιοκτήμονες (Buick, 2006).

Ένα πολύ σημαντικό εργαλείο της Γεωργίας Ακρίβειας είναι οι αισθητήρες, με τους οποίους μπορούν να πραγματοποιηθούν εξειδικευμένες μετρήσεις σε πολλές καλλιέργειες. Κάποιοι από αυτούς τους αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν σε μηχανές συγκομιδής και με αυτόν τον τρόπο να χαρτογραφηθεί η παραγωγή της κάθε καλλιέργειας. Άλλοι μπορούν να μετρήσουν τις ιδιότητες της καλλιέργειας του εδάφους ενώ υπάρχουν και αυτοί που μπορούν να μετρήσουν την υγρασία του προϊόντος καθώς γίνεται η συγκομιδή του, την ταχύτητα που γίνεται η συγκομιδή αλλά και το πλάτος εργασίας της μηχανής. Με αυτά τα στοιχεία μπορεί να χαρτογραφηθεί όλη η παραγωγή. Σε μια εκμηχανισμένη καλλιέργεια οι αισθητήρες που μετρούν την ροή της παραγωγής κατά την διάρκεια της συγκομιδής είναι η βάση της χαρτογραφικής παραγωγής. Τα τελευταία χρόνια, ολοένα και περισσότερα συστήματα χαρτογράφησης εμφανίζονται σε καλλιέργειες όπως τα φρούτα και τα λαχανικά. Στην καλλιέργεια του αμπελιού έχουν εμφανιστεί αισθητήρες οι οποίοι προσαρμόζονται πάνω στις τρυγητικές μηχανές. Αυτοί οι αισθητήρες βγήκαν σε εμπορική κλίμακα το 1999. Σε ένα ακόμα στοιχείο μιας παραγωγής που δίνεται βαρύτητα είναι η ποιότητα του συγκομισμένου προϊόντος. Για τις ανάγκες αυτές έχουν εμφανιστεί και αισθητήρες εκτίμησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Παραδείγματα τέτοιων αισθητήρων υπάρχουν για τις καλλιέργειες των σιτηρών, οι οποίες μετρούν την υγρασία και την περιεκτικότητα του σπόρου σε πρωτεΐνη αλλά και την περιεκτικότητα του σπόρου σε έλαια για τις ελαιοδοτικές καλλιέργειες (Ταγαράκης X., 2014).

Συγκεκριμένα, για την καλλιέργεια του αμπελιού έχουν αναπτυχθεί και είναι διαθέσιμοι φορητοί αισθητήρες φθορισμού που από κοντινή απόσταση μπορούν να μετρήσουν τις ποιοτικές παραμέτρους και να πραγματοποιηθεί μια χαρτογράφηση σε πραγματικό χρόνο. Η αρχή για την δημιουργία τέτοιου είδους αισθητήρων βασίζεται στο ότι λόγω του φθορισμού της χλωροφύλλης των σταφυλιών μπορεί να εκτιμηθεί η περιεκτικότητα των ανθοκυανών και άλλων φλαβονοειδών στον φλοιό των σταφυλιών (Ceronic et. all., 2008). Αυτοί οι αισθητήρες φθορισμού έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί από διάφορους ερευνητές για να εκτιμηθεί η περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις, ανθοκυάνες και φλαβονόλες. Οι ίδιοι αισθητήρες έχουν χρησιμοποιηθεί και για την εκτίμηση της περιεκτικότητας του φυτού σε χλωροφύλλη. Άλλες εφαρμογές με βάση την μέτρηση της χλωροφύλλης είναι για την αναγνώριση ζιζανίων, για την εκτίμηση της βλάστησης και της υδατικής κατάστασης των φυτών που εφαρμόζεται στα λάχανα (Ταγαράκης, 2014). Ακόμα, υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν οι αισθητήρες φθορισμού για να διαγνωσθεί η πρόωμη ανάπτυξη ασθενειών σε καλλιέργειες, οι οποίες επηρεάζουν την φωτοσύνθεση πριν εμφανισθούν μεταβολές στους ιστούς και προσβληθεί η καλλιέργεια.

Ένας νέος αισθητήρας που χρησιμοποιείται στην καλλιέργεια του αμπελιού είναι για την εκτίμηση της υδατικής κατάστασης των φυτών. Με την χρήση μαγνητικής πίεσης εξωτερικά σε ένα κομμάτι του ελάσματος των φύλλων μετριούνται οι διαφορές στη σπαργή. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι είναι ένας πολύ αξιόπιστος αισθητήρας, με υψηλή ακρίβεια για την διαχείριση της άρδευσης στην καλλιέργεια των αμπελιών (Ruger et. all., 2010).

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του φυλλώματος έχει γίνει πλέον αποδεκτή ως μη καταστροφική αυτόματη μέθοδος για την εκτίμηση της υδατικής κατάστασης των φυτών. Με την εμπορική χρήση των αισθητήρων μέτρησης της θερμοκρασίας, μέσω υπέρυθρων για τις γεωργικές εφαρμογές, μπορεί κανείς να έχει άμεση και συνεχή δυνατότητα παρακολούθησης και καταγραφής της θερμοκρασίας του φυλλώματος. Σύμφωνα με μελέτες, έχει αποδειχθεί ότι είναι πολύ χρήσιμο εργαλείο για την διάκριση καταπονημένων, μη πρεμνών για τη χαρτογράφηση της υδατικής κατάστασης των φυτών, με σκοπό να βελτιστοποιηθεί το πρόγραμμα άρδευσης και η εφαρμογή της σε μεταβαλλόμενες δόσεις (Cohen et. all., 2005)

Επίσης, η χρήση της τηλεπισκόπησης, δηλαδή των αισθητήρων εκτίμησης δεικτών βλάστησης, έχει εξελιχθεί με γρήγορους ρυθμούς. Οι αισθητήρες από πολυφασματικές κάμερες μπορούν να εγκατασταθούν σε εναέρια μέσα, όπως οι δορυφόροι, τα αεροπλάνα και τα drones, αλλά και σε επίγεια μέσα. Ο συνδυασμός εικόνων ορατού φωτός και εικόνων υπεριώδους ακτινοβολίας παράγει δείκτες που έχουν να κάνουν με χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και των προϊόντων. Στην γεωργία ακριβείας γίνεται εκτενής χρήση των δεικτών εκτίμησης βλάστησης με την βοήθεια των αισθητήρων ανάκλασης της ακτινοβολίας (Stamatiadis et. all., 2006). Σε μια καλλιέργεια ο δείκτης φυλλώματος χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ζωηρότητας της βλάστησης και της ποσότητας του φυτού σε βιομάζα. Μεταξύ όλων των δεικτών βλάστησης, ένας από τους πιο διαδεδομένους δείκτες είναι ο NDVI (Normalized Vegetation Index). Αυτός ο δείκτης είναι ο πιο χρησιμοποιημένος, καθώς εξετάζει τις ιδιότητες του φυλλώματος. Κάποιες από αυτές τις ιδιότητες είναι, η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, η φυλλική επιφάνεια, η φυτική κάλυψη και η συνολική βιομάζα (Ταγαράκης Χ., 2014).

Σύμφωνα με την έρευνα των Humphreys et. al., 2004 που αφορά τη καλλιέργεια σιταριού, ο δείκτης NDVI συσχετίζεται άμεσα με την πρόσληψη αζώτου από το φυτό. Αυτός είναι ο λόγος θα μπορούσε να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο στη διαχείριση της αζωτούχου λίπανσης. Τρεις διαφορετικοί αισθητήρες μέτρησης του δείκτη NDVI, οι Crop circle, NTech red και GreenSeeker, χρησιμοποιήθηκαν από τους Shaver et. all., 2007 με σκοπό να ελέγξουν το πόσο μπορεί να επηρεαστούν οι μετρήσεις του NDVI από εξωτερικούς παράγοντες όπως είναι η ταχύτητα κίνησης του αισθητήρα, ο αέρας, οι αποστάσεις μεταξύ των σειρών, το στάδιο ανάπτυξης του φυτού και το επίπεδο αζωτούχου λίπανσης σε καλλιέργεια καλαμποκιού. Και οι τρεις αισθητήρες τοποθετούνται σε επίγεια μέσα και από μικρή απόσταση περνούν πάνω από την κόμη των φυτών λαμβάνοντας όλες τις πληροφορίες. Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος παρουσίασαν υψηλή συσχέτιση του δείκτη NDVI με την περιεκτικότητα των φύλλων και ολόκληρου του φυτού σε άζωτο με πεδίο μελέτης την καλλιέργεια του καλαμποκιού, ενώ παράλληλα παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής του δείκτη NDVI με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης.

Οι Palumbo et. all., 2007 προσπάθησαν να βρουν τεχνικές μέτρησης της υδάτινης κατάστασης της καλλιέργειας, με σκοπό τον ακριβή προγραμματισμό της άρδευσης. Τα πειράματα που πραγματοποίησαν ήταν πάνω σε καλλιέργεια τομάτας. Με την βοήθεια της τηλεπισκόπησης, του δείκτη βλάστησης NDVI και της ακτινοβολούμενης θερμότητας από την επιφάνεια του φυτού, σε συνδυασμό με τις μετρήσεις που έγιναν σε πραγματικό χρόνο, υπολόγισαν την αγωγιμότητα των στοματίων και της υδατικής κατάστασης του φυλλώματος κατά την αυγή.

Οι αισθητήρες του δείκτη βλάστησης NDVI έχουν χρησιμοποιηθεί και σε αμπελουργία, κυρίως για την χαρτογράφηση της ζωηρότητας των φυτών του αμπελιού (Stamatiadis et. all., 2006). Η χρήση της τηλεπισκόπησης με ανάλυση δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφιών, για την εκτίμηση των δεικτών βλάστησης της καλλιέργειας, χρησιμοποιήθηκε από πολλούς ερευνητές, καθώς δεν είχε γίνει ευρεία η αποδοχή των επίγειων φορητών αισθητήρων εκτίμησης δεικτών βλάστησης από κοντινή απόσταση. Ο τρόπος αυτός, βέβαια, παρουσίασε πολλά μειονεκτήματα όπως το υψηλό κόστος, ο χρόνος που απαιτείται για την επεξεργασία των εικόνων καθώς και η εξάρτηση από τον καιρό τη στιγμή που έγινε η λήψη της φωτογραφίας. Ταυτόχρονα η χρήση τους δεν γινόταν σε μικρά αγροτεμάχια αμπελιού (Stamatiadis et. all., 2006). Σε έρευνες που πραγματοποίησαν οι Bramley et. all., 2011a, έχουν γίνει πλέον εμπορικοί και αποδεκτοί οι φορητοί αισθητήρες εκτίμησης των δεικτών βλάστησης. Συμπεράναν ότι οι δυο μέθοδοι εκτίμησης των δεικτών βλάστησης, επίγειων και δορυφορικών εικόνων, έχουν παρόμοια αποτελέσματα στην απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας των ιδιοτήτων της βλάστησης της καλλιέργειας των αμπελιών. Για τους Ελληνικούς αμπελώνες, η χαρτογράφηση των δεικτών βλάστησης από δορυφορικές εικόνες δεν αποτελεί κατάλληλη επιλογή, γιατί κατά κανόνα οι αμπελώνες είναι μικρής έκτασης ή κατακερματισμένοι με συνέπεια να είναι ασύμφορη η επεξεργασία των εικόνων. Μια καλή λύση είναι οι αισθητήρες μέτρησης από κοντινή απόσταση οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί πολύ τα τελευταία χρόνια, ενώ παράλληλα έχουν χρησιμοποιηθεί σε έρευνες για τη χαρτογράφηση της ζωηρότητας της βλάστησης των αμπελών στην Ελλάδα (Stamatiadis et. all., 2006) όπως και στο εξωτερικό (Bramley et. all., 2011a).

Ένας ακόμα αισθητήρας που χρησιμοποιείται στην γεωργία ακριβείας είναι για την εκτίμηση της φυτομάζας και την ανίχνευση της κόμης, καθώς από τις σημαντικότερες ιδιότητες του φυλλώματος είναι το μέγεθος και η πυκνότητα του. Μελέτες έγιναν για να αξιολογηθεί η γεωμετρία της κόμης με συστήματα λείζερ, υπέρηχους και φασματικές κάμερες. Σύμφωνα με τους Rosell Poll et. al., 2009, οι σαρωτές λείζερ δίνουν την δυνατότητα μέτρησης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των φυτών με ακρίβεια. Πλέον είναι διαθέσιμοι σαρωτές λείζερ που παρέχουν υψηλή ανάλυση με χαμηλό κόστος και μπορούν να τοποθετηθούν σε γεωργικά μηχανήματα.

Σαρωτής λείζερ LiDAR (Light Detection And Ranging) χρησιμοποιήθηκε από τους Van der Zande et. al., 2006 πάνω σε τεχνητά δέντρα. Από αυτήν την μελέτη προέκυψε ότι ήταν η καλύτερη μέθοδος για την μέτρηση της κόμης από το πλάι. Άλλες μελέτες (Wei & Salyani, 2004) κάνουν μετρήσεις με σαρωτές λείζερ σε καλλιέργειες δέντρων για να εκτιμήσουν το ύψος τους, την πυκνότητα τους και τον όγκο της κόμης τους. Για τους αμπελώνες χρησιμοποιήθηκε ο LiDAR με τον συνδυασμό του GPS για να εκτιμηθεί η γεωμετρική ικανότητα της κόμης σε διαφορετικές ποικιλίες και να καθοριστεί η κατάλληλη ροή ψεκασμού σε μεταβλητές δόσεις (Liorens et. al., 2011).

Η μέτρηση του βάρους του ξύλου κλαδέματος σε πολυετείς καλλιέργειες όπως είναι οι δενδρώδεις και τα αμπέλια, αποτελούν έναν σημαντικό δείκτη για την εκτίμηση της παραγόμενης βιομάζας και του κύκλου του άνθρακα. Στην αμπελουργία η μέτρηση και το ζύγισμα της παραγόμενης ξυλείας ανά έτος κατά το κλάδεμα, είναι μια αξιόπιστη μέθοδος εκτίμησης της ζωηρότητας των πρεμνών (Smart & Robinson, 1991). Ακόμα, η συνολική παραγωγή ξύλου στους αμπελώνες έχει αναφερθεί ότι σχετίζεται με τους δείκτες ανάκλασης (Stamatiadis et. al., 2006). Παρόλα αυτά μια

τέτοια διαδικασία ταχείας και άμεσης μέτρησης του βάρους του χειμερινού ξύλου είναι δύσκολη και χρονοβόρα. Μια εναλλακτική μέθοδος είναι η χρήση σαρωτή λέιζερ που εφαρμόζεται στο πλαίσιο της αμπελοργίας ακριβείας. Ο σαρωτής λέιζερ TLS (terrestrial laser scanning) χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της μόνιμης βιομάζας του αμπελιού από τους Keightley & Badwen, 2010 οι οποίοι στην συνέχεια επαλήθευσαν τα αποτελέσματα τους με ζύγιση των τμημάτων που σαρώθηκαν. Από την άλλη, οι Grocholsky et. al., 2011 βρήκαν μια σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μέτρησης του όγκου της κόμης και του βάρους του ξύλου με την χρήση λέιζερ στους αμπελώνες.

Παρόλο το μεγάλο είδος αισθητήρων εδάφους, μόνο οι ηλεκτρικοί και οι ηλεκτρομαγνητικοί αισθητήρες έχουν καλά αποτελέσματα πάνω στην γεωργία ακριβείας (Ταγαράκης, 2014). Από τους Adamchuk et. al., 2004 έγιναν μελέτες για τις δυνατότητες που παρέχουν οι αισθητήρες εδάφους, οι οποίοι μετρούν σε πραγματικό χρόνο τις ιδιότητες του. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και η φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa) του εδάφους εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως την αλατότητα, τη μηχανική σύσταση, το βάθος του επιφανειακού ορίζοντα του εδάφους, την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και την περιεκτικότητα σε υγρασία. Κατά συνέπεια, αυτές οι δυο μετρήσεις, EC και ECa, παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για τις αλλαγές των ιδιοτήτων του εδάφους σε όλο το μήκος του αγρού. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα σε κάθε κτήμα να χωριστεί σε διακριτές ζώνες. Επίσης, η EC σχετίζεται με την παραγωγή και με άλλες ιδιότητες της καλλιέργειας (Ταγαράκης, 2014). Αισθητήρες που μετρούν την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους δημιουργούν χάρτες του αγρού που σχετίζονται με τις παραπάνω παραμέτρους (Humphreys et. al., 2004).

Για να χαρτογραφηθεί ένα αγροτεμάχιο βάσει των ιδιοτήτων του, θα πρέπει να έχει γίνει εδαφική δειγματοληψία με μορφή πλέγματος. Χρησιμοποιώντας την ηλεκτρική αγωγιμότητα θα αναγνωριστούν ζώνες εντός του αγρού με κοινά εδαφικά χαρακτηριστικά. Με αυτόν τον τρόπο θα πραγματοποιηθεί κατευθυνόμενη δειγματοληψία, παίρνοντας δείγματα από σημεία της κάθε ζώνης (Ταγαράκης, 2014). Οι Shaner et. al., 2008, έκαναν χρήση της δειγματοληψίας εδάφους για να προβλέψουν την εδαφική σύσταση και την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Αυτήν η μέθοδο απέδειξε ότι θα μειωθεί κατά πολύ ο αριθμός των απαιτούμενων δειγμάτων εδάφους για να βγούν οι μετρήσεις αξιόπιστες. Στην μελέτη αυτήν πραγματοποιήθηκε αρχικά διαχωρισμός του αγρού σε ομογενείς περιοχές, κάνοντας χρήση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους και τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα από την δειγματοληψία σε μορφή πλέγματος. Το συμπέρασμα ήταν ότι η κατευθυνόμενη δειγματοληψία σε ζώνες οι οποίες προκύπτουν από χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας δίνουν πολλά αποτελέσματα για την σύσταση του αγρού. Το μόνο που πρέπει να αποφευχθεί είναι η λήψη δειγμάτων κοντά στα όρια των ζωνών.

Οι Horney et. al., 2005 πρότειναν ως μεθοδολογία την κατευθυνόμενη δειγματοληψία εδάφους κάνοντας χρήση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Ξεκίνησαν με την χαρτογράφηση της ECa. Έπειτα δημιουργήθηκαν ζώνες διαχείρισης και ακολούθησε η κατευθυνόμενη δειγματοληψία εδάφους για να χαρτογραφηθεί η αλατότητα και να καθοριστούν οι ανάγκες για την επέμβαση και βελτίωση του εδάφους σε όποια περιοχή απαιτούνταν. Ακόμα, οι Corwin & Lesch, 2005 ανέπτυξαν μια μεθοδολογία για το χαρακτηρισμό της ECa. Η διαδικασία που

προτείνουν έχει 6 στάδια. Ξεκινούν με την περιγραφή της περιοχής έρευνας και ακολουθεί η χαρτογράφηση της ECa, η δειγματοληψία του εδάφους, η εργαστηριακή ανάλυση, η χωρική στατιστική ανάλυση και τέλος η δημιουργία βάσεων δεδομένων και εξαγωγή χαρτών μέσω των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών.

Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις που η παραγωγή μιας καλλιέργειας επηρεάζεται από άλλους παράγοντες και όχι από την ηλεκτρική αγωγιμότητα. Για αυτόν τον λόγο, πρέπει να γίνονται παράλληλα με τις μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και άλλες μετρήσεις, με την χρήση άλλων αισθητήρων, ώστε να καλύπτεται ένα μεγαλύτερο φάσμα παραγόντων και χαρακτηριστικών της καλλιέργειας (Corwin & Plant, 2005). Από αυτό προκύπτει το συμπέρασμα, ότι η τηλεπισκόπηση και οι μετρήσεις ECa είναι συμπληρωματικές πληροφορίες. Γενικά, η τηλεπισκόπηση είναι κατάλληλη για χωρική ανάλυση δυναμικών ιδιοτήτων οι οποίες σχετίζονται άμεσα με το φυτό, ενώ η ECa είναι κατάλληλη για την ανάλυση της χωρικής παραλλακτικότητας στατικών ιδιοτήτων του εδάφους όπως είναι η αλατότητα (Corwin & Plant, 2005).

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των αισθητήρων εισάγεται και η ασύρματη τεχνολογία μέσα στους αισθητήρες. Σύμφωνα με ερευνητές, έχουν γίνει συνδυασμοί αισθητήρων οι οποίοι μετρούν τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους σε διαφορετικά βάθη και με την βοήθεια των ασύρματων δικτύων στέλνουν τα αποτελέσματα σε μια μονάδα ελέγχου και επεξεργασίας (Hautala & Tiisanen, 2007). Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως σε πολυετείς φυτείες και συγκεντρώνουν σε πραγματικό χρόνο διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας, όπως την κατάσταση των φυτών, το έδαφος κλπ. Με αυτούς τους αισθητήρες κάθε παραγωγός θα μπορεί να ελέγχει και να παρεμβαίνει έγκαιρα και με τον κατάλληλο τρόπο στις καλλιέργειες του σε κάθε τμήμα του αγρού.

Σύμφωνα με μια έρευνα των Wang et. al., 2006, διαπιστώθηκε ότι η χρήση ασύρματων δικτύων σε συνδυασμό με αισθητήρες διευκολύνει τη λήψη μετρήσεων για πολλές εφαρμογές. Πάνω στον τομέα της γεωργίας, έχουν χρησιμοποιηθεί ασύρματα δίκτυα αισθητήρων για να συλλεχθούν χωρικά δεδομένα για την εφαρμογή τεχνολογιών, μεταβλητών εισροών και για την παροχή δεδομένων και προειδοποιήσεων στους παραγωγούς. Μια εφαρμογή WSN πραγματοποιήθηκε από τους Brasa-Ramos et. al., 2010 σε αμπελώνα της Ισπανίας. Το δίκτυο αυτό είχε 12 κόμβους που ο καθένας είχε έως και 4 διαφορετικούς αισθητήρες οι οποίοι μετρούσαν την υγρασία του περιβάλλοντος, την υγρασία, τη θερμοκρασία του εδάφους και την ηλικιακή ακτινοβολία. Οι μετρήσεις αυτές μεταδίδονταν ασύρματα με την χρήση LAN, WLAN ή μέσω διαδικτύου. Μάλιστα χρησιμοποιήθηκαν και για την παρακολούθηση των βασικών παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα και την ανάπτυξη ενός συστήματος που είναι προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις μιας αμπελοκαλλιέργειας κάνοντας με αυτόν τον τρόπο εύκολη την ανάλυση των δεδομένων.

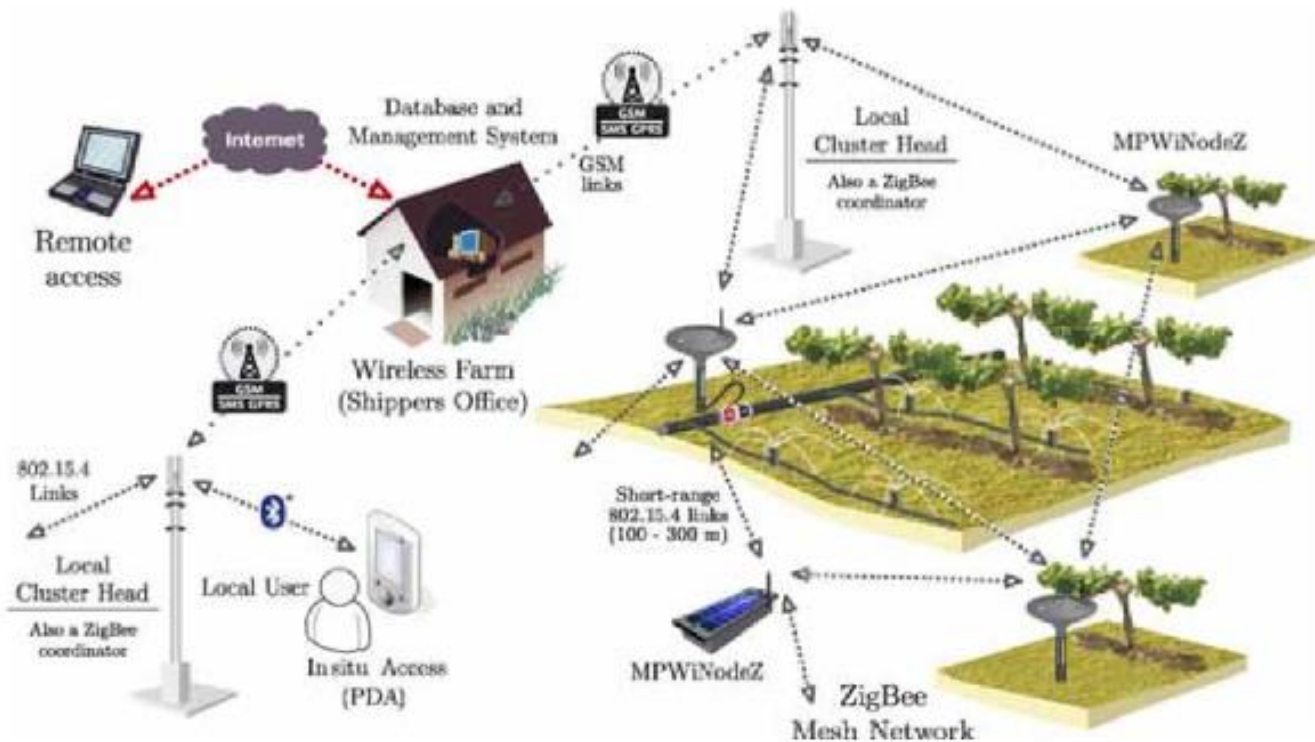
Οι Pierce & Elliott, 2008 για τις ανάγκες του Πολιτειακού Πανεπιστημίου της Washington των ΗΠΑ, δημιούργησαν ένα ασύρματο δίκτυο για να προστατεύσουν τις καλλιέργειες στέλνοντας τις κατάλληλες ειδοποιήσεις για πιθανό παγετό. Η μελέτη έγινε τόσο σε επίπεδο αγροκτήματος όσο και σε επίπεδο Περιφέρειας. Οι Burrell et. al., 2004, χρησιμοποίησαν ασύρματο δίκτυο αισθητήρων σε καλλιέργεια αμπελιού στην Καλιφόρνια δημιουργώντας ένα σύστημα από προειδοποιήσεις για

παγετό και για επιδρομές πουλιών. Ακόμα, οι Marino et. al., 2008, σε μια εφαρμογή που πραγματοποίησαν σε πειραματικό στάδιο, δημιούργησαν ασύρματο δίκτυο από αισθητήρες για να καταγράψουν κλιματικά και βιολογικά δεδομένα σε καλλιέργεια αμπελιού, με στόχο να αξιολογηθούν διάφορα βιολογικά μοντέλα. Κάνοντας μια ανασκόπηση των εφαρμογών ασύρματων δικτύων, οι Wang et. al., 2006 παρουσίασαν μια σειρά από τρόπους με τους οποίους μπορούν να εφαρμοστούν τα συστήματα αυτά. Χρήση μπαταριών με χαμηλή ενέργεια και ταυτόχρονα μεγάλης διάρκειας που μπορούν να τροφοδοτούνται από μικρά φωτοβολταϊκά ή από ηλιοσυλλέκτες παρέχουν την δυνατότητα να ελαχιστοποιηθεί το κόστος εγκατάστασης των συστημάτων ασύρματων αισθητήρων ώστε να είναι βιώσιμο.

Η τεχνολογία των ασύρματων αισθητήρων έχει εφαρμογή σε συστήματα χαρτογράφησης της παραγωγής ακόμα και στο κομμάτι της μεταβλητής λίπανσης και άρδευσης πάνω στην γεωργία ακριβείας (Cugati et. al., 2003). Οι Lee et. al., 2002, ανέπτυξαν ένα ασύρματο σύστημα μέτρησης της παραγωγής ενός σιλοκοπτικού μηχανήματος. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τις δυναμοκυψέλες, τον μετρητή υγρασίας, το GPS, έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και το σύστημα Bluetooth για να γίνεται η ασύρματη επικοινωνία των αισθητήρων με τον υπολογιστή. Οι Vellidis et. al., 2008 έκαναν χρήση των ασύρματων συστημάτων για να ελέγξουν και να προγραμματίσουν την άρδευση. Άλλη μια έρευνα που έγινε πάνω σε μια καλλιέργεια έκτασης 1500 εκταρίων από τους Damas et. al., 2001 απέδειξε ότι με την εφαρμογή των ασύρματων συστημάτων για την μεταβλητή άρδευση εξοικονομεί από 30% έως και 60% αρδευτικό νερό παρέχοντας μετεωρολογικά δεδομένα, μετρήσεις του αγρού και πληροφορίες για τις ιδιαιτερότητες του κάθε τμήματος του αγρού.

Όσο αναπτύσσεται η τεχνολογία, τόσο εξελίσσονται και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και καθίστανται πιο οικονομικά, πιο προσιτά και φιλικά προς τη χρήση. Από τους Morais et. al., 2008 δημιουργήθηκε ένα σύστημα γεωργίας ακριβείας σε καλλιέργεια αμπελιού. Στην εικόνα 2 παρουσιάζεται η δομή του δικτύου αυτού. Η παρακάτω αρχιτεκτονική παρέχει μεγάλη αυτονομία καθώς μπορεί να αντλήσει ενέργεια από τρεις πηγές, τους ηλιακούς συλλέκτες, τις ανεμογεννήτριες και τις συσκευές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας τη ροή του νερού στους σωλήνες άρδευσης. Ο σκοπός του δικτύου είναι να εγκατασταθούν σε κρίσιμα σημεία του αμπελώνα οι αισθητήρες ώστε να είναι δυνατή η ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης της παραγωγής και των ποιοτικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας.

Στην αμπελουργία μπορεί να φανεί χρήσιμη η χρήση των ασύρματων αισθητήρων κατά την διάρκεια όλης της διαδικασίας παραγωγής, από την καλλιέργεια των σταφυλιών έως και την παραγωγή και εμπορεία του οίνου (Arampatzis et. al., 2005). Ένα δίκτυο ασύρματων αισθητήρων αναπτύχθηκε από τους Ghobakhlou et. al., 2009, που μετρά, παρακολουθεί και αποθηκεύει τις πληροφορίες για το μικροκλίμα και το περιβάλλον στο επίπεδο της καλλιέργειας. Απώτερος στόχος του είναι να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή ενός μοντέλου που θα συνδυάζει τις κλιματικές συνθήκες με την ανάπτυξη των φυτών του αμπελιού και με την ποιότητα του κρασιού το οποίο θα παράγεται.



Εικόνα 2: Δομή ασύρματου δικτύου τύπου “ZigBee” σε αμπελώνα (Morais et. al., 2008)

Η επεξεργασία όλων των δεδομένων που λαμβάνονται από τον αγρό γίνεται κατά κύριο λόγο από τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών. Τα γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα (Geographical Information Systems, GIS) είναι πληροφοριακά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή, ανάκτηση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση των γεωγραφικών δεδομένων (με ακριβείς συντεταγμένες). Αυτά έχουν ως κύριο στόχο την υποστήριξη διαδικασιών λήψης αποφάσεων ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής. Ένας από τους πιο γνωστούς τρόπους χρήσης του GIS είναι η οργάνωση της χωρικής λειτουργίας σε επίπεδα (layers) πάνω σε ένα αγροτεμάχιο ή σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Πολλά από τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί με άλλες τεχνολογίες γεωργίας ακριβείας μπορούν να αποτυπωθούν σε κάθε ένα από τα επίπεδα όπως εδαφολογικές μετρήσεις ή επεξεργασμένες θεματικές πληροφορίες (Καλύβας 2022).

Σε μελέτη που έγινε από τους Kalivas D., 2019, αναφέρθηκε ότι οι γεωχωρικές τεχνολογίες έχουν συνεισφέρει σημαντικά στην αμπελουργία και κυρίως σε μικρής κλίμακας σταφύλια, τα οποία χρειάζονται ακριβή διαχείριση. Σε αυτήν την μελέτη τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, όπως η εδαφική ανάλυση και τα δεδομένα από τους αισθητήρες φυλλώματος, μελετήθηκαν με την χρήση του GIS για να εντοπιστεί η παραλλακτικότητα του αγρού. Αυτό που αναδεικνύεται από την μελέτη αυτήν είναι ότι τα τεχνολογικά μέσα σε έναν αμπελώνα και στην αμπελουργία ακριβείας είναι πολύ σημαντικά στην εύρεση της παραλλακτικότητας ειδικά αν έχει μεταβλητά χαρακτηριστικά ο αγρός.

1.3 Οφέλη

Οι μεθοδολογίες που εφαρμόζονται στην γεωργία ακριβείας μπορούν να προσφέρουν πολλά οφέλη, οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά. Βάση των διαφόρων αναγκών των φυτών, τόσο χωρικά όσο και χρονικά, προκύπτουν οι παραπάνω ωφέλειες. Παρακάτω θα αναλυθούν κάποιες έρευνες που αποτυπώνουν τα οφέλη που παρατηρήθηκαν από την εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας.

1.3.1 Οικονομικά Οφέλη

Σε πολλές έρευνες αυτό που έχει παρατηρηθεί είναι η μεγάλη μείωση των εισροών, καθώς μπορεί να επιτευχθεί σε οποιαδήποτε είδος καλλιέργειας. Αρχικά, η ορθή διαχείριση του νερού έχει επιτρέψει την εξοικονόμηση μεγάλων ποσοτήτων νερού. Έρευνα που αφορούσε τις ποώδεις καλλιέργειες έδειξε ότι υπάρχει μια μέση εξοικονόμηση νερού έως 20%. Ακόμα, κατά την εφαρμογή της μηχανικής μάθησης για τον προγραμματισμό της άρδευσης πάνω στην καλλιέργεια φράουλας, πέτυχαν ποσοστό εξοικονόμησης έως και 20,5%. Ένα μεγάλο ποσοστό εξοικονόμησης αναφέρεται σε έρευνα που με την χρήση του συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων για άρδευση, και έχοντας δεδομένα πραγματικού χρόνου σε σύγκριση με τις υπάρχουσες γεωργικές πρακτικές είχε ως αποτέλεσμα έως 85% εξοικονόμηση νερού σε καλλιέργεια αμυγδάλου. Τέλος, σε έρευνα που έγινε χρήση ενός συστήματος λήψης αποφάσεων με βοήθεια των καιρικών δεδομένων και δεδομένων που έχουν σχέση με την καλλιέργεια πετυχαίνοντας ένα ποσοστό 25% εξοικονόμησης νερού σε οινοποιήσιμα σταφύλια (Αναστασίου, 2020).

Όσον αφορά τον ψεκασμό ακριβείας, σε πολλές έρευνες που έγιναν με χρήση ψεκαστικών μηχανημάτων με δυνατότητα μεταβλητής δόσης τόσο σε δενδρώδεις όσο και σε αροτραίες καλλιέργειες, παρατηρήθηκε σημαντική εξοικονόμηση στις φυτοπροστατευτικές ουσίες. Πιο αναλυτικά, οι Wandkar et. al., 2018 σε εφαρμογή τους πάνω σε δενδρώδεις καλλιέργειες και αμπελώνες με ψεκασμό από μηχάνημα που είχε αισθητήρες φυλλώματος για να ρυθμίζει τις δόσεις, αναφέρουν ότι η εξοικονόμηση σε φυτοπροστατευτικές ουσίες μπορεί να φτάσει έως και 80%. Επίσης, άλλη μελέτη αναφέρετε ότι υπήρξε εξοικονόμηση έως 43% σε ποσότητα ζιζανιοκτόνων στην καλλιέργεια καρότων. Τέλος, σε καλλιέργεια αμπελιού με ψεκασμό με βάση ζωνών διαχείρισης που είχαν καθοριστεί με την χρήση της τηλεπισκόπησης οι Campos et. al., 2019 εξοικονόμησαν έως 38% ποσότητα ψεκαστικού υγρού. Ακόμα, οι ίδιοι αναφέρουν ότι δεν υπήρχαν αλλαγές στο ποσοστό κάλυψης του ψεκαστικού υγρού στο φύλλωμα αλλά δεν άλλαξε ούτε το ποσοστό έντασης της προσβολής από ωΐδιο.

Σε ένα ακόμα σημείο που παρατηρείται οικονομικό όφελος ως προς το κόστος της καλλιέργειας είναι η λίπανση ακριβείας με την χρήση μεθόδων και τεχνολογιών μεταβλητής δόσης. Ειδικότερα, με την εφαρμογή μεταβλητής δόσης λιπάσματος βασισμένη σε χάρτες εφαρμογής, εξοικονομήθηκε έως και 42% ποσότητα λιπάσματος (Αναστασίου, 2020). Ακόμα, σε άλλη μελέτη χρησιμοποιώντας μεταβλητή δόση με την χρήση αισθητήρων φυλλώματος, κατάφεραν να εξοικονομήσουν έως και 16.9% μείωση αζώτου σε σχέση με την συμβατική λίπανση. Μια επιπλέον εφαρμογή είναι σε καλλιέργεια σιταριού που πραγματοποιήθηκε εξοικονόμηση έως και 50% αζωτούχο λίπασμα όταν εφάρμοσαν μεταβλητή δόση με την χρήση δορυφορικής απεικόνισης (Αναστασίου, 2020).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι λίγες είναι οι έρευνες της γεωργίας ακριβείας πάνω στην σπορά και την κατεργασία του αγρού. Παρόλα αυτά και σε αυτήν την διαδικασία επεξεργασίας του αγρού παρατηρούνται οφέλη στον οικονομικό τομέα. Οι Corassa et. al., 2018 παρατήρησαν μια εξοικονόμηση έως και 18% στην ποσότητα σπόρων με την χρήση μεταβλητής δόσης σπόρων. Με παρόμοιο τρόπο, με διαδικασία μεταβλητής δόσης σπόρου, σε άλλη μελέτη οι ερευνητές οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι μπορεί να εξοικονομηθεί μέχρι και 12% ποσότητα σπόρων καλαμποκιού, η οποία οδήγησε και σε μια αύξηση της παραγωγής. Όσον αφορά την κατεργασία του εδάφους, οι Goruku et. al., 2001 διαπίστωσαν ότι με την εφαρμογή μεταβλητού βάθους κατά την κατεργασία μπορεί να εξοικονομηθεί έως και 28% του καυσίμου. Μια παρόμοια έρευνα αναφέρει μια εξοικονόμηση 52% καυσίμου καθώς χρησιμοποίησαν βαθιά άροση με παρελκόμενο που υποστήριζε μεταβλητό βάθος (Αναστασίου, 2020).

1.3.2 Περιβαλλοντικά Οφέλη

Από τα παραπάνω, είναι κατανοητό ότι η γεωργία ακριβείας μπορεί να επιφέρει πολλά οικονομικά οφέλη, όπως εξοικονόμηση νερού, λιπάσματος, φυτοπροστατευτικών προϊόντων, σπόρων και καυσίμων. Εκτός από το μικρότερο κόστος παραγωγής η γεωργία ακριβείας μπορεί να προσφέρει σημαντικά και στο περιβάλλον. Σύμφωνα με έρευνες, κατά την χρήση άρδευσης ακριβείας μειώνεται η ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα αλλά και των επιφανειακών υδάτων από άζωτο και φώσφορο, καθώς μειώνεται και η διήθηση λόγω της μειωμένης δόσης άρδευσης. Παρόμοιο όφελος για το περιβάλλον προσφέρει και η εφαρμογή μεταβλητής δόσης λίπανσης και ψεκασμού, η οποία αποτρέπει από την ρύπανση των υδάτων και από επικίνδυνες φυτοπροστατευτικές ουσίες επειδή γίνεται εφαρμογή μόνο της απαραίτητης ποσότητας (Αναστασίου, 2020). Με τον ψεκασμό ακριβείας μειώνεται η διασπορά του ψεκαστικού νέφους, που είναι επιβλαβής για τους φυτικούς και τους ζωικούς οργανισμούς που δεν είναι στόχοι. Επιπροσθέτως, με την γεωργία ακριβείας μειώνεται η διάβρωση και η υποβάθμιση της γονιμότητας του εδάφους. Τέλος, οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, στην γεωργία ακριβείας, βοηθούν στο περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς έχουν μειωμένες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O) που δημιουργείται από τις μειωμένες εισροές (Αναστασίου, 2020).

1.3.3 Κοινωνικά Οφέλη

Η γεωργία ακριβείας έχει οφέλη και στην κοινωνία. Με την γεωργία ακριβείας η παραγωγή των προϊόντων γίνεται ασφαλέστερη για τον άνθρωπο, γιατί έχει μικρότερη ποσότητα φυτοφαρμάκων, αλλά και είναι διατροφικά ασφαλέστερη (Gebbers and Adamchuk, 2010). Επίσης, με την χρήση της σωστής δόσης αλλά και την αξιοποίηση της την κατάλληλη στιγμή οδηγείται η παραγωγή στην καλύτερη ποιότητα προϊόντων. Τέλος, οι γεωργοί με την χρήση μεθόδων γεωργίας ακριβείας εξοικονομούν χρόνο σε σύγκρισή με την συμβατική γεωργία. Έτσι, προάγεται η ευζωία (Αναστασίου, 2020)

2. Υιοθέτηση και Εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας

Η προώθηση της έξυπνης γεωργίας και της γεωργίας ακριβείας είναι ένας από τους βασικούς στόχους της ευρωπαϊκής πολιτικής για τα επόμενα χρόνια. Τον Απρίλιο του 2019 υπογράφηκε από 23 κράτη-μέλη της ΕΕ, μαζί με την Ελλάδα, η διακήρυξη συνεργασίας για 'Ένα έξυπνο και βιώσιμο ψηφιακό μέλλον για την ευρωπαϊκή γεωργία και την ύπαιθρο', σηματοδοτώντας τις συστηματικές προσπάθειες που πρόκειται να ακολουθήσουν σε αυτόν τον τομέα (European Commission, 2019). Μέχρι το 2025 στις χώρες της ΕΕ αναμένεται να τοποθετηθούν πάνω από 16 εκατομμύρια συσκευές που χρησιμοποιούν τεχνολογίες αισθητήρων και IoT, σχεδόν τα διπλάσια από το 2017 που ήταν 7.8 εκατομμύρια (Καλαμαρά, 2018). Ταυτόχρονα ο Κοπέρνικος αναμένεται να υποστηρίξει τις προσπάθειες για την ανάπτυξη των τεχνολογιών που αφορούν τις ευρωπαϊκές γεωργικές εκμεταλλεύσεις παρέχοντας υπηρεσίες όπως η χαρτογράφηση και η συλλογή δεδομένων από το χωράφι (Αμπατζίδη, 2019). Ανάλογες πρωτοβουλίες σε επίπεδο πολιτικής εντοπίζονται και στην Ελλάδα, με ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα το τριμερές μνημόνιο συνεργασίας για την γεωργία ακριβείας μεταξύ του Υπουργείου Ψηφιακής Πολιτικής Τηλεπικοινωνιών και Ενημέρωσης, κ. Νίκου Παππά και τις πρωτανικές αρχές του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης που υπογράφηκε, στις 15-4-19, μνημόνιο συνεργασίας για την ανάληψη κοινών δράσεων με στόχο την κατάρτιση και προώθηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων ενίσχυσης των ψηφιακών δεξιοτήτων των φοιτητών και αποφοίτων των Γεωτεχνικών Σχολών της χώρας μας. Η συμφωνία προβλέπει, επίσης, τη μακροπρόθεσμη αξιοποίηση των νέων μεγάλων δημόσιων μετρητικών υποδομών παρατήρησης της Γης που δημιουργούνται από το Υπουργείο Ψηφιακής Πολιτικής Τηλεπικοινωνιών και Ενημέρωσης.

Ωστόσο, κάθε χώρα και κάθε περιοχή έχει και τον δικό της ρυθμό υιοθέτησης της γεωργίας ακριβείας. Μια έρευνα που έγινε στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1998 έδειξε ότι μόνο ένα 15% αγροτών έχει κάνει χρήση της γεωργίας ακριβείας. Επίσης την ίδια χρονολογία σε έρευνα που έγινε από το USDA αποδείχθηκε ότι στην καλλιέργεια καλαμποκιού και σόγιας υπάρχει το μεγαλύτερο ποσοστό υιοθέτησης. Σε αυτές τις φάρμες κυρίως χρησιμοποιήθηκε VRT για τον έλεγχο των φυτοφαρμάκων (Νάκη, 2016).

Το 1980 ξεκίνησαν και οι πρώτες έρευνες για την γεωργία ακριβείας σε χώρες όπως οι ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Αυστραλία και η Δυτική Ευρώπη. Παρόλο που έγιναν σημαντικές προσπάθειες και έρευνες, είναι μικρό το ποσοστό των αγροτών που έχουν κάνει χρήση όλων των τεχνολογιών της γεωργίας ακριβείας.

Η κύρια τεχνολογία που οδήγησε στην ανάπτυξη της γεωργία ακριβείας ήταν το Παγκόσμιο Σύστημα Συντεταγμένων (GPS), το οποίο βασίζεται σε μια τροχιά δορυφόρων που τοποθετήθηκαν από το υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ (Stafford, 2000). Τα συστήματα αυτά παρόλο που εφαρμόστηκαν πρώτη φορά το 1970 δεν ήταν ελεύθερα μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Σε εφαρμογές της γεωργίας ακριβείας μετρούνταν η ροή και η υγρασία των σιτηρών κατά την λειτουργία της μηχανής συγκομιδής συνδυαστικά με την θέση και την ταχύτητα της. Αυτά τα

στοιχεία ήταν η βάση για την παραγωγή χαρτών με χωρική κατανομή της παραγωγής κατά την χρήση λογισμικού (GIS) (Γέμτος, κ.α., 2006)

Διάφοροι ερευνητές κατέληξαν σε συμπεράσματα όπως, ότι η επιτυχία της γεωργίας ακριβείας θα πρέπει να αξιολογείται με βάση τα οικονομικά και περιβαλλοντικά κέρδη. Ακόμα ότι η γεωργία ακριβείας δίνει την δυνατότητα στους γεωργούς να βελτιώσουν τις αποφάσεις κατανομής των εισροών. Αυτό μπορεί εύκολα να γίνει με την χρήση χαρτών GIS. Παρόλα αυτά οι πληροφορίες για το πόσο αποδοτικές είναι αυτές οι νέες τεχνολογίες δεν είναι άμεσα διαθέσιμες κατά τα πρώτα στάδια έγκρισης (Νάκη, 2016).

Γενικά, μεγάλη επιρροή αποτελούν οι διάφορες πηγές πληροφόρησης κατά την διάρκεια της κάθε φάσης της διαδικασίας έγκρισης. Τα μέσα μαζικής ενημέρωσης είναι μια από τις πιο κοινές πηγές πληροφόρησης, από την οποία οι αγρότες γνωρίζουν για την ύπαρξη μιας καινοτομίας (Νάκη, 2016).

Για να υπάρξει αύξηση της υιοθέτησης της γεωργίας ακριβείας, οι McBratney et al., 2005, πιστεύουν ότι θα πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή σε κάποια συγκεκριμένα θέματα, τα οποία με σειρά σπουδαιότητας είναι η ύπαρξη των κατάλληλων κριτηρίων για την οικονομική αξιολόγηση της γεωργίας ακριβείας, η έλλειψη εστίασης στο σύνολο της εκμετάλλευσης, η ποιότητα των μεθόδων αξιολόγησης των καλλιεργειών, η παρακολούθηση και η ιχνηλασιμότητα του προϊόντος και ο περιβαλλοντικός έλεγχος.

2.1 Ιστορική Ανασκόπηση

2.1.1 Ελλάδα

Τα τελευταία χρόνια σε πολλές χώρες όπως στις ΗΠΑ, στην Αυστραλία και στη Βόρεια Ευρώπη έγιναν αξιολογήσεις σε μεγάλες εκμεταλλεύσεις με μεταβλητές συνθήκες του εδάφους, οι οποίες χρησιμοποιούσαν την γεωργία ακριβείας και τα αποτελέσματα ήταν πολύ θετικά (Stafford, 2000). Από την άλλη πλευρά, στην Νότια Ευρώπη οι εκμεταλλεύσεις χαρακτηρίζονται από μικρό μέγεθος, χαμηλή προσαρμογή σε νέες τεχνολογίες και από μεγάλους σε ηλικία ιδιοκτήτες (Γέμτος, 2002).

Σε αυτήν την κατηγορία με τις μικρές εκτάσεις καλλιεργειών ανήκει και η Ελλάδα με μέσο όρο κάθε περιοχής τα 5,6 εκτάρια. Η πιο σημαντική αροτραία καλλιέργεια στην Ελλάδα είναι αυτήν του βαμβακιού με κάλυψη μεγαλύτερη από 400.000 εκτάρια ανά έτος. Αυτήν η έκταση είναι περίπου η μισή από αυτήν που μπορεί να καλλιεργηθεί. Για αυτήν την καλλιέργεια έχουν γίνει μεγάλες επενδύσεις για την συλλογή νερού και σε ανθρώπινες δεξιότητες και πλέον είναι πλήρως μηχανοποιημένη. Ωστόσο, οι χαμηλές τιμές λόγω της μεταρρύθμισης της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής της ΕΕ και οι συμφωνίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Εμπορίου απειλούν την βιωσιμότητα των καλλιεργειών (Νάκη, 2016).

Στην χώρα μας, όπως και στο Ευρωπαϊκό Νότο, υπάρχει μια καθυστέρηση στην υιοθέτηση και την εφαρμογή τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας όπως συμβαίνει βέβαια και στις περισσότερες νέες τεχνολογίες. Αυτήν η καθυστέρηση οφείλεται στις επικρατούσες συνθήκες του ευρωπαϊκού νότου. Συγκεκριμένα, ο κατακερματισμός των γεωργικών εκμεταλλεύσεων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της ελληνικής γεωργίας και φαίνεται να εμποδίζει την διάδοση και την εφαρμογή της

γεωργίας ακριβείας από τους περισσότερους παραγωγούς (Γέμτος, 2006). Ένας ακόμα παράγοντας είναι ο ανθρώπινος. Το μορφωτικό επίπεδο των παραγωγών της Ελλάδας καθιστά τους παραγωγούς προσηλωμένους στις παραδοσιακές μορφές καλλιέργειας και στις επιδοτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης ενώ η υψηλή μέση ηλικία τους τους καθιστά απρόθυμους να αναζητήσουν και να εφαρμόσουν νέες τεχνολογίες.

Ακόμα, οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις στην Ελλάδα είναι διασκορπισμένες γεγονός που αποτελεί μια μεγάλη δυσκολία για την παροχή γνώσεων και πληροφοριών από τους αρμόδιους οργανισμούς προς τους αγρότες. Η έλλειψη κατάλληλα εκπαιδευμένων γεωπόνων και πηγών εξειδικευμένων συμβουλών είναι ένας ακόμη εμπόδιο στην υιοθέτηση της γεωργίας ακριβείας. Τέλος, η οικονομική κρίση που βιώνει η χώρα τα τελευταία χρόνια καθιστά ανασφαλές την επένδυση στον εξοπλισμό που απαιτείται για την εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας ακόμα και σε μεγάλες εκτάσεις. Εδώ μπορεί να αναφερθεί ότι σε μικρές εκτάσεις το όφελος από την χρήση της γεωργίας ακριβείας θα ήταν οριακό (Κουλούδης, 2021).

Η πρώτη γνωστή εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας στην Ελλάδα έγινε στην περιοχή της Καρδίτσας το φθινόπωρο του 2001 σε καλλιέργεια βαμβακιού. Σύμφωνα με τα πρώτα αποτελέσματα η έρευνα σε τρία χωράφια απέδειξε μεγάλη διαφοροποίηση της παραγωγής στο χωράφι. Με την χρήση της γεωργίας ακριβείας έγινε η επεξεργασία των στοιχείων και χαρακτηρίστηκαν οι ζώνες παραγωγής (Markinos et. al., 2002).

Μια ακόμα εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας έγινε στην περιοχή των Πύργων Πτολεμαΐδας πάνω σε πολυετή καλλιέργεια μήλων. Από αυτήν την εφαρμογή παρατηρήθηκε μεγάλη παραλλακτικότητα στην παραγωγή και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών (Γέμτος κ.α., 2006).

Στις αρχές του 2010 ξεκίνησε η υλοποίηση του ερευνητικού προγράμματος HydroSense (www.hydrosense.org). Εφαρμόζοντας τις αρχές της γεωργίας ακριβείας πάνω στην καλλιέργεια βαμβακιού στην περιοχή του θεσσαλικού κάμπου είχε ως στόχο να επιδείξει νέες τεχνολογίες για την εξοικονόμηση αρδευτικού νερού, αζωτούχου λίπανσης και φυτοπροστατευτικών ουσιών (Νάκη, 2016).

Ακόμα, προσπάθειες για εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας έχουν γίνει και στην περίπτωση της συγκομιδής της ελιάς. Από τις έρευνες αποδείχθηκε ότι η μηχανική συγκομιδής ρίχνει σημαντικά το κόστος. Ωστόσο οι περισσότερες εκτάσεις στην Ελλάδα είναι μικρές και κατακερματισμένες και δεν δικαιολογούν την αγορά πολύ ακριβών μηχανημάτων τα οποία θα αποσβεστούν πολύ δύσκολα. Μια λύση θα μπορούσε να είναι η ενοικίαση τέτοιων μηχανημάτων από εταιρίες ή η οργάνωση συνεταιρισμών που θα αγοράζουν αυτά τα μηχανήματα και στην συνέχεια θα τα παραχωρούσαν στα μέλη τους (Τσελές, 2011).

Σύμφωνα με την έρευνα που έγινε από τους Μιχαηλίδης κ.α., 2010 για όλες τις περιφέρειες της χώρας, προέκυψε ότι ο σημαντικότερος λόγος για να υιοθετήσουν και να εφαρμόσουν την γεωργία ακριβείας οι παραγωγοί είναι η αύξηση της απόδοσης που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του εισοδήματός τους. Από την άλλη το μεγάλος κόστος για την εγκατάσταση του εξοπλισμού, η απουσία εμπιστοσύνης για τα αποτελέσματα, η έλλειψη της εκπαίδευσης και κάποιες αποτυχημένες προσπάθειες φαίνεται να είναι αποτρεπτικοί παράγοντες υιοθέτησης.

Σε συνέχεια της έρευνας παρατηρήθηκε ότι η εξοικείωση των αγροτών με την έννοια της γεωργίας ακριβείας παρουσιάζει μεγάλες διαφορές από περιφέρεια σε περιφέρεια. Για παράδειγμα, οι αγρότες που βρίσκονται στις περιφέρειες της κεντρικής Μακεδονίας, της Θεσσαλίας και της Αττικής είναι πολύ πιο εξοικειωμένοι με τα θέματα της γεωργίας ακριβείας σε σχέση με αγρότες της Δυτικής Μακεδονίας και της Ηπείρου που η εξοικείωση τους στην υιοθέτηση της πρακτικής αυτής ήταν ιδιαίτερα χαμηλή (Μιχαηλίδης κ.α., 2010).

Στην Ελλάδα, μια από τις πιο σημαντικές πρωτοβουλίες είναι το σύστημα έξυπνης γεωργίας Gaiasense. Πρόκειται για ένα καινοτόμο εργαλείο παροχής συμβουλευτικής υποστήριξης στους αγρότες αναφορικά με τη χρήση των σύγχρονων τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας σε διάφορες γεωργικές εργασίες όπως η λίπανση, η άρδευση και η φυτοπροστασία (<https://www.neuropublic.gr/ypiresies/eyfyis-georgia-gaiasense/>). Το σύστημα αυτό διαθέτει πάνω από 200 σταθμούς σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Στους σταθμούς αυτούς συλλέγονται δεδομένα σχετικά με τις καλλιέργειες και τις εργασίες που γίνονται στις περιοχές υποστηρίζοντας τις κυριότερες καλλιέργειες της χώρας (ελιά, σταφύλι, ροδάκινο, βαμβάκι κ.α.). Μετά από 2 χρόνια πιλοτικής χρήσης της εφαρμογής αυτής παρατηρήθηκαν σημαντικά οφέλη για τους παραγωγούς καθώς μειώθηκε το κόστος παραγωγής ενώ ταυτόχρονα αυξήθηκε και η απόδοση της παραγωγής με ποσοστό από 18% - 36% ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας (Καλαμαρά, 2018). Ένας αγρότης χρειάζεται ένα μικρό ποσό για να συμμετάσχει στο σύστημα αυτό και δεν απαιτεί να κάνει σημαντικές επενδύσεις. Για αυτό και είναι μια ευκαιρία για τους Έλληνες αγρότες που επιθυμούν να βελτιώσουν την παραγωγή τους με τη χρήση συστημάτων έξυπνης γεωργίας.

Στην χώρα μας η ανάπτυξη της γεωργίας ακριβείας φαίνεται να αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη μέθοδο λόγω της μεγάλης παραλλακτικότητας των εδαφολογικών χαρακτηριστικών της που με την πάροδο των χρόνων αναμένεται να διαδοθεί περισσότερο και να προσφέρει στην αγροτική παραγωγή της χώρας.

2.1.2 Παγκόσμια

Η πρώτη πραγματική εφαρμογή, παρόλο που τα περισσότερα πειράματα επικεντρώθηκαν σε εφαρμογές VRT λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων, ήταν η κατασκευή συστήματος μίξης και διανομής λιπασμάτων σε κίνηση. Η κατασκευή αυτήν έγινε από την εταιρεία SoilTeq των Η.Π.Α και χρησιμοποιούσε πληροφορίες από αεροφωτογραφία και εδαφικές αναλύσεις με χρήση πλέγματος συντεταγμένων ώστε να παράγει ένα χάρτη εφαρμογής λιπασμάτων (Fairchild, 1988).

Μια έρευνα που έγινε στο Ηνωμένο Βασίλειο σε περίπου 350 αγρότες έδειξε ότι το 25% αυτών χρησιμοποιούν το GPS για τη χαρτογράφηση της απόδοσης. Αυτό το εφαρμόζουν σε κρίσιμες περιπτώσεις για να μπορέσουν οι αγρότες να πάρουν καλές συμβουλές από γεωπόνους σχετικά με την ερμηνεία αυτών των χαρτών απόδοσης με απώτερο στόχο να τα μετατρέψουν σε σχέδια διαχείρισης (Griffin, 2000).

Σε μια άλλη έρευνα που έγινε από τους Cooketal, 2000 αποδείχθηκε ότι οι αγρότες στην Αυστραλία υιοθετούν τις τεχνολογίες πιο αργά σε σχέση με αυτό που αναμενόταν. Αυτό οφείλεται στο κόστος έκδοσης, στην έλλειψη του αντιληπτού οφέλους και στην περιορισμένη χρηματοδότηση. Οι περισσότεροι αγρότες στην Αυστραλία δεν διαθέτουν τις κατάλληλες γνώσεις και δεξιότητες που απαιτούνται για

την παροχή αυτών των τεχνολογιών. Επίσης, ο συντηρητισμός των συμβουλευτικών υπηρεσιών φάνηκε ότι δημιουργούσε περισσότερες δυσκολίες παρά ο συντηρητισμός των αγροτών πάνω στην υιοθέτηση των τεχνολογιών.

Μια παρόμοια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Αρκάνσας παρουσιάζει ότι οι πρώτες εφαρμογές της γεωργίας ακριβείας δεν αντιπροσωπεύουν μεγάλο ποσοστό αγροτών φτάνοντας μόνο ένα 20% αυτών. Αυτό το ποσοστό αναφέρεται σε νέους αγρότες, μορφωμένους, έμπειρους γεωργούς που ασχολούνται κυρίως με το ρύζι και την σόγια (Popp and Griffin, 2000).

Μιλώντας γενικότερα για την γεωργία ακριβείας είναι μια προσέγγιση η οποία αναδιοργανώνει το συνολικό σύστημα της γεωργικής παραγωγής και αποσκοπεί στην βελτίωση των εισροών. Σε αυτό συμφωνεί και η πρώιμη βιβλιογραφία η οποία υποστηρίζει ότι η κερδοφορία και η μείωση του κόστους των εισροών με την χρήση αυτής της καινοτομίας παίζει μεγάλο ρόλο στον βαθμό και στον ρυθμό υιοθέτησης της γεωργίας ακριβείας (Νάκη, 2016).

2.2 Παράγοντες που οδηγούν στην χρήση της Γεωργίας Ακριβείας

Οι κύριες κατηγορίες παραγόντων για την υιοθέτηση της γεωργίας ακριβείας είναι οι δημογραφικοί, οι οργανωσιακοί και οι τεχνολογικοί.

Σύμφωνα με αρκετές έρευνες διαπιστώθηκε ότι το εκπαιδευτικό επίπεδο, η ηλικία και ο βαθμός εξοικείωσης των αγροτών με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές είναι βασικοί παράγοντες υιοθέτησης τεχνολογιών της γεωργίας ακριβείας. Επίσης, υποστηρίζεται ότι οι αγρότες οι οποίοι έχουν γνώσεις χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή και/ή έχουν υψηλό επίπεδο εκπαίδευσης νιώθουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση και τείνουν να είναι περισσότερο πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν τις νέες τεχνολογίες, δεδομένου μάλιστα ότι η εκπαίδευση σχετίζεται θετικά με την απόκτηση τεχνολογικών και επιχειρηματικών δεξιοτήτων (Αμπατζίδα, 2019).

Από την άλλη, όσον αφορά στην ηλικία οι απόψεις δίστανται. Σε κάποιες μελέτες βρέθηκε ότι όσο πιο νέος είναι ο αγρότης τόσο πιθανότερο είναι να υιοθετήσει εφαρμογές της γεωργίας ακριβείας καθώς έχει μακροχρόνιο εργασιακό ορίζοντα. Σε άλλη, όμως, μελέτη αναφέρεται ότι, όσο πιο μεγάλος είναι ένας αγρότης τόσο αυξάνεται ο βαθμός υιοθέτησης αυτής της πρακτικής με τους αγρότες άνω των 50 ετών να παρουσιάζονται πιο πρόθυμοι να κάνουν χρήση των εφαρμογών κυρίως λόγω εμπειρίας ή διαθεσιμότητας κεφαλαίων προς επένδυση. Αντίστοιχα, άλλες έρευνες δείχνουν ότι ο συνδυασμός της μικρότερης ηλικίας, του υψηλού επιπέδου και της εργασίας σε μεγάλες εταιρίες στο κλάδο του καθιστούν τον αγρότη πιο ικανό να αποδεχτεί και να εφαρμόσει τις νέες τεχνολογίες (Αμπατζίδα, 2019).

Όσον αφορά στην εργασιακή εμπειρία, σύμφωνα με διάφορες έρευνες, τα αποτελέσματα είναι ανάμικτα. Από την μια πλευρά, πολλές μελέτες έδειξαν ότι όσο αυξάνεται η εργασιακή εμπειρία στις καλλιέργειες τόσο αυξάνεται και ο βαθμός υιοθέτησης των εφαρμογών γεωργίας ακριβείας. Επίσης, όσο πιο έμπειρος είναι ένας αγρότης τόσο πιο ενημερωμένος είναι για τις τεχνολογικές εξελίξεις στην αγορά. Από την άλλη πλευρά, σε έρευνα που έγινε στην Ιρλανδία φαίνεται ότι οι αγρότες άνω των 65 ετών είναι απρόθυμοι να εγκαταλείψουν τις συμβατικές μεθόδους καλλιέργειας

και αντιστέκονται στην ψηφιοποίηση της καλλιέργειας τους κάτι που φαίνεται να περνάει από γενιά σε γενιά (Αμπατζίδα, 2019).

Τέλος, στους δημογραφικούς παράγοντες ανήκει το είδος της εργασίας, αν, δηλαδή ένας αγρότης δουλεύει με μερική ή πλήρη απασχόληση. Στην μελέτη των Paustian and Theuvsen, 2017, αποδείχθηκε ότι υπάρχει διαφορά στο ποσοστό υιοθέτησης της γεωργίας ακρίβειας ανάμεσα στους αγρότες πλήρους και μερικής απασχόλησης. Συγκεκριμένα το 34% των αγροτών πλήρους απασχόλησης υιοθετούν μεθόδους γεωργίας ακρίβειας ενώ μόνο το 11% των αγροτών μερικής απασχόλησης.

Στα οργανωσιακά χαρακτηριστικά ανήκει ο τύπος ιδιοκτησίας, το είδος της καλλιέργειας, η περιοχή της γεωργικής έκτασης και το μέγεθος της. Αυτά τα χαρακτηριστικά αποτελούν μεγάλης σημασίας μεταβλητές για την χρήση ή μη των τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας. Κυρίως στις μικρές ιδιοκτησίες, η στάση του ιδιοκτήτη παίζει μεγάλο ρόλο στην υιοθέτηση τέτοιων μορφών καλλιέργειας. Η στάση του εξαρτάται από το πόσο καινοτόμος είναι, το εισόδημα του, το διαθέσιμο κεφάλαιο και τις δυνατότητες άντλησης πληροφόρησης για τις τεχνολογικές εξελίξεις (Αμπατζίδα, 2019).

Σύμφωνα με έρευνες ένας παράγοντας που επηρεάζει τον βαθμό υιοθέτησης είναι το πόσο ενημερωμένος είναι ο γεωργός με το κόστος και τα οφέλη των τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας. Αυτός ο παράγοντας, βέβαια, επηρεάζεται και από την διαθεσιμότητα των πληροφοριών από το ευρύτερο περιβάλλον της γεωργίας όπως οι αγροτικοί συνεταιρισμοί, οι συμβουλευτικές, τα ερευνητικά κέντρα, οι κρατικοί φορείς και άλλοι επαγγελματίες. Όπως αναφέρεται, η έγκυρη και σωστή πληροφόρηση είναι καθοριστικής σημασίας για την ενσωμάτωση των σύγχρονων τεχνολογιών στον αγροτικό κλάδο (Αμπατζίδα, 2019).

Το είδος της καλλιέργειας (οικογενειακή, συμβατική, οικολογική κτλ.) είναι ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει τον βαθμό υιοθέτησης. Από μελέτες αναφέρεται ότι σύμφωνα με τους γεωργούς οι συμβατικές καλλιέργειες είναι καταλληλότερες για την εφαρμογή τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας καθώς έχουν μεγαλύτερα οφέλη στην απόδοση και εξοικονομούν το κόστος στα καύσιμα και στα φυτοφάρμακα. Επίσης και η τοποθεσία της καλλιέργειας παίζει ρόλο στην υιοθέτηση μεθόδων της γεωργίας ακρίβειας. Έχει παρατηρηθεί ότι εφαρμόζουν πιο συχνά την γεωργία ακρίβειας σε καλλιέργειες που βρίσκονται σε μέρη με υψηλή φυσική αξία γιατί αυτές οι περιοχές παρέχουν τη δυνατότητα στο γεωργό να προσλάβει κάποιον εξωτερικό σύμβουλο τεχνολογίας (Αμπατζίδα, 2019).

Τέλος, ο σημαντικότερος οργανωσιακός παράγοντας είναι το μέγεθος της εκμετάλλευσης. Όπως παρατηρήθηκε από μελέτες, εκτάσεις άνω των 500 εκταρίων θεωρούνται καταλληλότερες για την χρήση τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας καθώς επιτρέπουν την επίτευξη οικονομιών λόγω κλίμακας. Οι περισσότερες έρευνες δείχνουν ότι οι ιδιοκτήτες μεγάλων εκτάσεων είναι περισσότερο διατεθειμένοι να υιοθετήσουν τις τεχνολογίες αυτές. Εκτός αυτού, όσο πιο μεγάλη είναι μια έκταση τόσο πιο κερδοφόρα θα είναι, για αυτό θα υπάρχει και μεγαλύτερο κεφάλαιο για επένδυση. Αξίζει τέλος να σημειωθεί, ότι οι μεγαλύτερες γεωργικές εκτάσεις έχουν αναβαθμισμένες δυνατότητες δικτύωσης με ερευνητικά κέντρα, συμβουλευτικές εταιρίες και άλλους οργανισμούς, με αποτέλεσμα να ενημερώνονται ευκολότερα για

τις τεχνολογικές εξελίξεις διατηρώντας παράλληλα καλύτερη πρόσβαση σε εξωτερικά κεφάλαια και δανεισμό (Αμπατζίδα, 2019).

Οι τεχνολογικοί παράγοντες είναι η τελευταία κατηγορία που επηρεάζει την γεωργία ακριβείας. Σύμφωνα με τους Kutter et. al., 2011, αποδείχθηκε ότι οι γεωργοί που υιοθετούν τεχνολογίες γεωργίας ακριβείας είναι πιο σίγουροι για τα οικονομικά τους οφέλη και τα πλεονεκτήματα τους σε σχέση με τη χρήση συμβατικών μεθόδων. Παράλληλα θεωρούν και εύκολη την εφαρμογή τους. Ακόμα σε άλλη έρευνα διαπιστώθηκε ότι όταν μια νέα τεχνολογία θεωρείται αξιόπιστη και λειτουργική, με την παράλληλη σιγουριά της οικονομικής απόσβεσης, ο βαθμός υιοθέτησης της είναι μεγαλύτερος (Αμπατζίδα, 2019).

Σημαντικός είναι και ο παράγοντας της αντίληψης του οικονομικού οφέλους που μπορεί να προσφέρει η χρήση μιας τεχνολογίας γεωργίας ακριβείας. Επισημαίνεται ότι η επιθυμία για ενημέρωση σχετικά με την τεχνολογία αυξάνει την τάση υιοθέτησης της. Το ίδιο συμβαίνει και όταν ένας αγρότης θεωρεί ότι υπάρχει περιορισμένος βαθμός αβεβαιότητας. Συνοψίζοντας, η έλλειψη επαρκούς πληροφόρησης των γεωργών σχετικά με την οικονομική απόδοση των επενδύσεων και η περιορισμένη ικανότητα αξιολόγησης αυτών των τεχνολογιών είναι τα βασικά εμπόδια υιοθέτησης της γεωργίας ακριβείας. Για αυτό το επίπεδο εμπιστοσύνης σε μια νέα τεχνολογία αυξάνει και την πρόθεση ενσωμάτωσής της (Αμπατζίδα, 2019).

Η ευκολία προσαρμογής των γεωργών στις τρέχουσες γεωργικές πρακτικές είναι ακόμα ένας παράγοντας. Σύμφωνα με τους Pieraoli et. al., 2013, αναδείχθηκε ότι για να γίνει αποδεκτή πλήρως μια νέα τεχνολογία θα πρέπει οι αγρότες να θεωρούν ότι αυτήν δεν απαιτεί πολλές και κρίσιμες αλλαγές στον τρόπο διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Ωστόσο, για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο θα πρέπει να υπάρχει και η ανάλογη εξοικείωση με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, το δίκτυο καθώς και να υπάρχει ένα κατάλληλο εκπαιδευτικό επίπεδο.

Τέλος, η ευκολία χρήσης, όπως είναι η δυνατότητα δοκιμής, η ευκολία αντιμετώπισης τεχνικών προβλημάτων και η ευκολία συντήρησης και αναβάθμισης, σε συνδυασμό με την τεχνολογική εξειδίκευση του γεωργού παίζουν μεγάλο ρόλο στην απόφαση χρήσης των τεχνολογιών. Συμπερασματικά, οι παράγοντες που κάνουν τους αγρότες να διαμορφώσουν την στάση τους απέναντι στις νέες τεχνολογίες γεωργίας ακριβείας είναι πολλοί και συμπεριλαμβάνουν τόσο τους οργανωσιακούς όσο και τους τεχνολογικούς παράγοντες ενώ δεν περνάει απαρατήρητο και το κοινωνικό-δημογραφικό και επαγγελματικό τους προφίλ.

Ακόμα, οι Adrianet et. al., 2005, σε έρευνα που έκαναν σχετικά με την γεωργία ακριβείας παρουσιάζουν τους κύριους παράγοντες που σχετίζονται με την απόφαση των γεωργών να υιοθετήσουν αυτή την καινοτομία. Παρακάτω αναφέρονται οι παράγοντες αυτοί:

- Αντιληπτή ωφέλεια: Η αντιληπτική ωφέλεια ορίζεται η πεποίθηση ότι η χρήση μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας θα ενισχύσει την απόδοση της εργασίας του δυνητικού χρήστη. Αυτός ο παράγοντας επηρεάζει τις προθέσεις των αγροτών για να υιοθετήσουν τέτοιες τεχνολογίες.

- Αντιληπτή ευκολία χρήσης: Ένας πιθανός μελλοντικός χρήστης μιας τέτοιας τεχνολογίας, που με την χρήση της επιτυγχάνεται εύκολη δουλειά, είναι πολύ πιθανόν να πιστεύει ότι η υιοθέτηση της είναι πολύ χρήσιμη.
- Εμπιστοσύνη: Η γεωργία ακριβείας παρέχει αρκετές πληροφορίες, γεγονός που απαιτεί νέες δεξιότητες στη χρήση πληροφοριακών συστημάτων για την προσαρμογή του υπάρχοντος εξοπλισμού και για την ερμηνεία των γεωγραφικών χαρτών. Για αυτόν τον λόγο όταν ένας γεωργός έχει εμπιστοσύνη στον εαυτό του και στο ότι μπορεί να μάθει και να χρησιμοποιεί αυτές τις τεχνολογίες, θα του είναι πολύ πιο εύκολο να υιοθετήσει την γεωργία ακριβείας σε σχέση με έναν άλλο που δεν θα είναι τόσο σίγουρος για τον εαυτό του.
- Αντιληπτό καθαρό όφελος: Κάποια από τα πιθανά οφέλη της γεωργίας ακριβείας είναι η μείωση των δαπανών, η αύξηση των αποδόσεων, η προστασία του περιβάλλοντος ενώ ταυτόχρονα παρέχει και μεγάλες ποσότητες πληροφοριών που βοηθούν στην διαχείριση μεγάλων αγροκτημάτων. Ένας γεωργός που θα καταλάβει τα πιθανά καθαρά οφέλη της γεωργίας ακριβείας θα είναι πιο πιθανό να την υιοθετήσει.
- Περιορισμένη χρηματοδότηση: Κατά την διάρκεια της οικονομικής κρίσης η πρόσβαση στο κεφάλαιο είναι πολύ δύσκολη και αυτό φυσικά επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την υιοθέτηση της γεωργία ακριβείας.
- Χωρικοί περιορισμοί: Η ετερογένεια της εκμετάλλευσης που εκφράζεται στην ανομοιομορφία του εδάφους, επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την υιοθέτηση της γεωργίας ακριβείας.

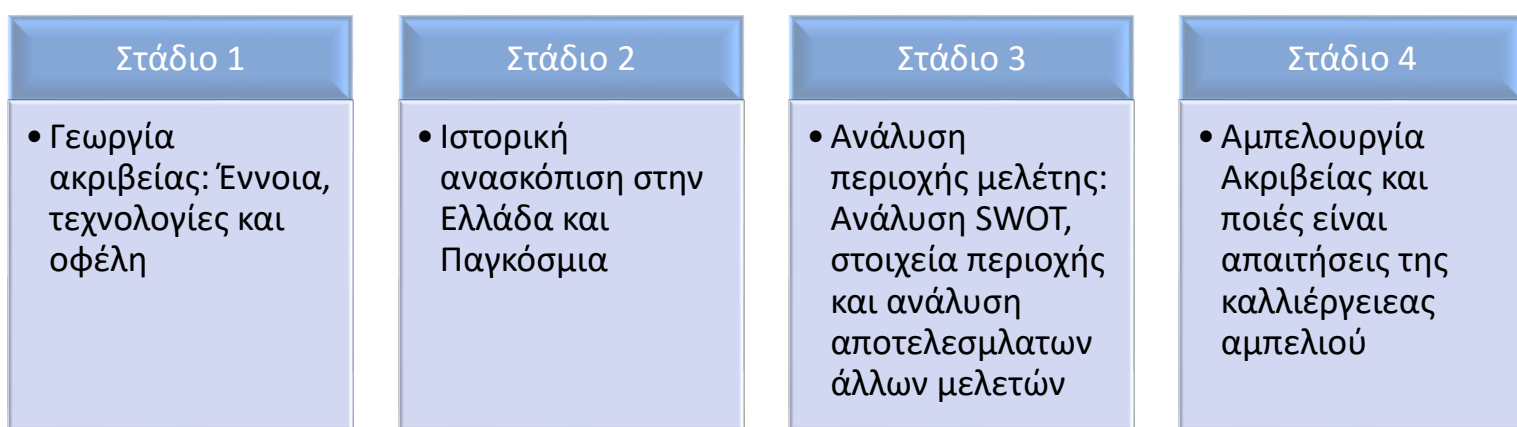
Σύμφωνα με τους Zhang et. al., 2002, αν ξεπεραστούν τα ακόλουθα εμπόδια θα είναι εύκολη και γρήγορη η υλοποίηση της γεωργίας ακριβείας.

- i. Υπερχείλιση δεδομένων για την διαχείριση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί αναπτύσσοντας εργαλεία ενοποίησης δεδομένων, έμπειρα συστήματα και συστήματα υποστήριξης αποφάσεων.
- ii. Έλλειψη ορθολογικών διαδικασιών και στρατηγικών για τον καθορισμό απαιτούμενων εφαρμογών και παράλληλα η έλλειψη επιστημονικών και επικυρωμένων αποδεικτικών στοιχείων για τα οφέλη της γεωργίας ακριβείας.
- iii. Ένταση εργασίας και δαπανηρή συλλογή δεδομένων.
- iv. Έλλειψη καναλιών μεταφοράς τεχνολογίας και προσωπικού. Εκπαιδευτικά προγράμματα, ερευνητές, βιομηχανίες και σύμβουλοι είναι μερικά από τα απαραίτητα εφόδια ώστε να υιοθετηθεί η γεωργία ακριβείας.

Πιθανότατα η γεωργία ακριβείας να γίνει πιο αποδεκτή και αναγνωρίσιμη όταν τα πρόσθετα οφέλη της, όπως η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και η αύξηση της ροής πληροφοριών, αναγνωριστούν ως μέρος της ανταμοιβής των ωφελειών από την υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών (Auernhammer, 2011).

2.3 Βιβλιογραφική Έρευνα

Το πλάνο της συγκεκριμένης έρευνας βασίστηκε σε έναν σκοπό και στους στόχους. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση του ορισμού της γεωργίας ακριβείας και συγκεκριμένα των τεχνολογιών που αυτή χρησιμοποιεί, των οφελών της και της εξέλιξης της στο πέρασμα των χρόνων. Η έρευνα αυτή αποσκοπεί στο να δουν οι γεωργοί τα θετικά και τα αρνητικά που έχουν οι τεχνολογίες αυτές κυρίως όταν εφαρμόζονται στην καλλιέργεια του αμπελιού. Η περιοχή μελέτης είναι η Θεσσαλία καθώς έχει από τους μεγαλύτερους κάμπους και καλλιεργήσιμες εκτάσεις



Εικόνα 3: Απεικόνιση Μεθοδολογίας

στην Ελλάδα. Παρακάτω αναλύονται και τα στάδια μελέτης αυτής της έρευνας.

Αρχικά, στο πρώτο στάδιο της παρούσας έρευνας αναλύεται η έννοια της γεωργίας ακριβείας, από την ύπαρξη της και την εξέλιξη της στο πέρασμα του χρόνου έως σήμερα. Η γεωργία ακριβείας εφαρμόζεται σε διάφορες καλλιέργειες. Με τη χρήση της γεωργίας ακριβείας ένας γεωργός γνωρίζει το χωράφι του πολύ καλά και το χωρίζει σε μικρότερα τμήματα που θα είναι και πιο εύκολα διαχειρίσιμα, ανάλογα με τις απαιτήσεις του σε πρώτες ύλες, όσον αφορά την ανάπτυξη του. Η γεωργία ακριβείας χρησιμοποιεί διάφορες τεχνολογίες με πιο γνωστές το GPS, τους αισθητήρες και την τηλεπισκόπηση. Ακόμα σε αυτό το στάδιο αναλύονται και οι ωφέλειες που μπορούν να προέλθουν από την χρήση γεωργίας ακριβείας, οι οποίες μπορεί να είναι τόσο οικονομικές όσο και κοινωνικές και περιβαλλοντικές.

Στο 2^ο στάδιο της έρευνας γίνεται μια ανασκόπηση της χρήση τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας στην Ελλάδα και τον κόσμο. Σε κάποιες χώρες, όπως είναι οι

ΗΠΑ, η Αυστραλία και ο Καναδάς, η χρήση τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας έχει ξεκινήσει εδώ και αρκετές δεκαετίες και συγκεκριμένα το 1980. Τον πρώτο καιρό δεν ήταν ελεύθερη η χρήση των συστημάτων αυτών. Στην Ελλάδα η αρχή χρήσης των τεχνολογιών αυτών έγινε το 2001 με μια έρευνα στην Καρδίτσα πάνω στην καλλιέργεια βαμβακιού. Επίσης, σε αυτό το στάδιο αναλύονται και κάποιοι παράγοντες που επηρεάζουν το ποσοστό χρήσης των εφαρμογών γεωργίας ακριβείας, μερικοί από τους οποίους είναι οι δημογραφικοί, οι οργανωσιακοί και οι τεχνολογικοί.

Στο 3^ο στάδιο της έρευνας, γίνεται ανάλυση της περιοχής μελέτης. Η ανάλυση αυτή γίνεται ως προς την γεωγραφία και τις συνθήκες που επικρατούν σε αυτήν την περιοχή. Ακόμα, με την βοήθειά της ανάλυσης SWOT αναλύονται τα δυνατά και αδύναμα σημεία της περιοχής ως προς το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον. Τέλος, αναλύονται τα αποτελέσματα ερευνών που εφάρμοσαν την γεωργία ακριβείας σε αμπελοκαλλιέργειες στην Ελλάδα και συγκεκριμένα δίνεται έμφαση στο που και πόσο βοηθούν στην ανάπτυξη ενός αμπελώνα.

Στο 4^ο στάδιο γίνεται έρευνα πάνω στις καλλιέργειες αμπελιού. Αναφέρονται κάποια γενικά στοιχεία σχετικά με το αμπέλι όπως το πότε πρωτοεμφανίστηκε και τις ποικιλίες του. Στην συνέχεια αναλύονται οι απαιτήσεις που έχει ένας αμπελώνας όπως είναι τα συστατικά του εδάφους και το νερό και πως αυτά με την σωστή χρήση, δηλαδή με την αμπελουργία ακριβείας, θα βοηθήσουν έναν αμπελώνα να έχει καλύτερη ποιότητα στην παραγόμενη ράγα και τον οίνο.

Συμπερασματικά, όλα αυτά τα στάδια θα βοηθήσουν έναν γεωργό να καταλάβει αν τον συμφέρει ή όχι, ανάλογα με τις ικανότητες που διαθέτει σαν άτομο αλλά και ανάλογα με τους αμπελώνες, να κάνει χρήση των τεχνολογιών αυτών.

3. Ανάλυση περιοχής και είδους καλλιέργειας

3.1 Ανάλυση της περιοχής της Θεσσαλίας

3.1.1 Γεωγραφικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά

Η Περιφέρεια Θεσσαλίας βρίσκεται στο κεντρικό-ανατολικό τμήμα του ηπειρωτικού κορμού της Ελλάδας. Συνορεύει προς τα βόρεια με τις Περιφέρειες Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας, προς τα δυτικά με την Περιφέρεια Ηπείρου και προς τα νότια με την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας ενώ ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος. Καταλαμβάνει έκταση ίση με 14.037 km², γεγονός που αναλογεί στο 10,6% της συνολικής έκτασης της χώρας, κατατάσσοντας την 5^η σε έκταση περιφέρεια της Ελλάδας. Η περιφέρεια αυτήν είναι κυρίως ορεινή με ποσοστό 45,7%, το 37% είναι πεδινό ενώ το υπόλοιπο 17,3% είναι ημιορεινό (ΠΕΠ Θεσσαλίας, 2014-2020).

3.1.2 Κλιματολογικά χαρακτηριστικά

Σύμφωνα με την Χριστοπούλου, 2016, η Θεσσαλία διαιρείται σε τρεις κλιματικές περιοχές:

- Ανατολική παράκτια και ορεινή με μεσογειακό κλίμα
- Κεντρική πεδινή με ηπειρωτικό κλίμα
- Δυτική ορεινή με ορεινό κλίμα

Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 16°C - 17°C με τους θερμότερους μήνες να είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος ενώ οι ψυχροί μήνες είναι ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος και ο Δεκέμβριος. Από το Νοέμβριο μέχρι τον Απρίλιο παρουσιάζονται αρκετά συχνά παγετοί.

Όσον αφορά στις βροχοπτώσεις οι ετήσιες τιμές είναι 468 mm στο σταθμό Λάρισας, 550 mm στο σταθμό Τυρνάβου και 1.142 mm στον πιο ορεινό σταθμό του Μουζακίου. Στο σύνολο του διαμερίσματος η μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση εκτιμάται στα 678mm. Η περίοδος από τον Οκτώβριο έως τον Ιανουάριο είναι η πιο βροχερή ενώ τον Ιούλιο και τον Αύγουστο επικρατεί ξηρασία. Η μέση ετήσια υγρασία κυμαίνεται από 67% - 72%. Η ξηρή περίοδος που εμφανίζεται στην Περιφέρεια κυμαίνεται στους 4 – 5 μήνες στα ανατολικά της, στους 2 – 4 μήνες στα κεντρικά – δυτικά της και στους 1 – 2 μήνες στα δυτικά ορεινά της (Χριστοπούλου, 2016).

Οι χιονοπτώσεις είναι συχνές, κυρίως στα ορεινά τμήματα, και γίνονται πιο έντονες από τα νότια προς τα βόρεια και από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Τους μήνες Φεβρουάριο και Ιανουάριο διαπιστώνονται οι πιο πολλές χιονοπτώσεις. Οι χαλαζοπτώσεις είναι επίσης συχνές, και πέφτουν κυρίως τους μήνες Μάιο και Ιούνιο στα βόρεια τμήματα της Περιφέρειας ενώ στο νότιο-ανατολικό τμήμα τους μήνες από Φεβρουάριο έως Απρίλιο (Χριστοπούλου, 2016).

3.1.3 Καλύψεις γης

Το μεγαλύτερο κομμάτι της Περιφέρειας καλύπτεται από γεωργικές και δασικές εκτάσεις. Αναλυτικότερα, οι γεωργικές εκτάσεις καταλαμβάνουν το 54% των

εκτάσεων και το 29% των καλλιεργήσιμων εκτάσεων αρδεύονται. Ένα μεγάλο ποσοστό που φτάνει το 44% περίπου έχουν και οι δασικές εκτάσεις της Περιφέρειας ενώ μόνο 2% μένει για τις υπόλοιπες καλύψεις γης (Χριστοπούλου, 2016).

3.1.4 Διοικητική Διαίρεση

Με το πρόγραμμα ‘Καλλικράτης’, η Περιφέρεια της Θεσσαλίας χωρίζεται σε τέσσερις Περιφερειακές Ενότητες, της Λάρισας, της Μαγνησίας, των Τρικάλων και της Καρδίτσας. Η μεγαλύτερη σε έκταση ΠΕ είναι της Λάρισας και καταλαμβάνει το 38,3% της συνολικής έκτασης της περιφέρειας. Ακολουθεί η ΠΕ Τρικάλων με ποσοστό 24,1% και η ΠΕ Μαγνησίας και της Καρδίτσας που έχουν την ίδια έκταση σε ποσοστό 18,8%.

3.1.5 Πληθυσμιακά και Δημογραφικά χαρακτηριστικά

Η Θεσσαλία είναι η 3^η σε μέγεθος περιφέρεια της χώρας με πληθυσμό 722.065 κατοίκους το 2018, δηλαδή ποσοστό που αγγίζει το 6.7% του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Η Θεσσαλία έχει σημαντικές αστικές συγκεντρώσεις και είναι η 3^η περιφέρεια σε επίπεδο αστικοποίησης με το 67% του πληθυσμού της να ζει σε πόλεις. Ωστόσο έχει αναπτύξει ένα σχετικά ισόρροπο αστικό σύστημα με την παρουσία δύο μεγάλων και δύο μεσαίων αστικών κέντρων, αλλά και με την παρουσία πολλών μικρότερων αστικών κέντρων που διατηρούν ένα ικανοποιητικό επίπεδο πληθυσμού. Από την άλλη όμως αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα γήρανσης με το σχετικό δείκτη να εμφανίζει την 3^η υψηλότερη θέση στη χώρα (ΠΕΠ 2021-2027).

Οι παραγωγικές ηλικίες του πληθυσμού της Θεσσαλίας εξυπηρετούν μεγαλύτερο πληθυσμό εξαρτώμενων ατόμων, 0 – 14 και 65 +, από ότι της χώρας. Πιο συγκεκριμένα κατά την περίοδο 2008 – 2013 υφίσταται σημαντική μείωση στις νεότερες ηλικιακά ομάδες του πληθυσμού και αύξηση σε ηλικίες 40+. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η μείωση του πληθυσμού εργάσιμης ηλικίας 15 – 65 ετών σχεδόν κατά 8.000 άτομα που αναλογεί σε 1,7%. Πολύ σημαντικό είναι και το γεγονός ότι έχουν μειωθεί οι γεννήσεις. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η αλλαγή στους δημογραφικούς δείκτες της Περιφέρειας, όπως είναι ο δείκτης εξάρτησης, ο δείκτης γήρανσης και ο δείκτης αναπλήρωσης. Σύμφωνα με την Χριστοπούλου, 2016:

- Ο δείκτης εξάρτησης της Θεσσαλίας, 56,20%, είναι σταθερά και σημαντικά υψηλότερος για την Περιφέρεια Θεσσαλίας σε σύγκριση με το σύνολο της χώρας που είναι 50,69%. Δηλαδή, το σύνολο των παραγωγικών ηλικιών είναι μειωμένο σε σχέση με το σύνολο του πληθυσμού της περιφέρειας.
- Ο δείκτης γήρανσης του πληθυσμού της Θεσσαλίας, 149,69%, είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της χώρας που είναι 133,82%. Οι τιμές αυτές δείχνουν την προοπτική δημογραφικής συρρίκνωσης, τόσο για την χώρα όσο και για την Περιφέρεια της Θεσσαλίας με ένα μεσοπρόθεσμο διάστημα.
- Καθώς οι παραπάνω δείκτες είναι μικρότεροι από τους αντίστοιχους δείκτες της χώρας, αποδεικνύεται ότι η ανανέωση των γενεών είναι περιορισμένη. Όσο λιγότεροι νέοι ανανεώνουν τον πληθυσμό ή αντικαθιστούν με τη σειρά τους τις γηραιότερες ηλικιακές ομάδες τόσο μειώνεται ο παράγοντας του ανθρώπινου κεφαλαίου στην παραγωγική διαδικασία με προφανείς συνέπειες στην ανάπτυξη.

$$\Delta. \text{ Γήρανσης} = \frac{\text{Πληθυσμός 65 ετών \& άνω}}{\text{Πληθυσμός από 0-14}} \times 100$$

$$\Delta. \text{ Εξάρτησης} = \frac{\text{Πληθυσμός 0-14 + 65 ετών \& άνω}}{\text{Πληθυσμός από 15-64}} \times 100$$

$$\Delta. \text{ Αντικατάστασης A} = \frac{\text{Πληθυσμός 10-14 ετών}}{\text{Πληθυσμός από 60-64}} \times 100$$

$$\Delta. \text{ Αντικατάστασης B} = \frac{\text{Πληθυσμός 15-19 ετών}}{\text{Πληθυσμός από 65-69}} \times 100$$

Εικόνα 4: Δείκτες δημογραφικών φαινομένων (Χριστοπούλου, 2016)

3.1.6 Εκπαιδευτικό – Μορφωτικό επίπεδο του πληθυσμού

Σύμφωνα με το ΠΕΠ Θεσσαλίας, 2014 – 2020, ως τα τέλη του 2000 το μορφωτικό επίπεδο του πληθυσμού στην Περιφέρεια Θεσσαλίας ήταν αρκετά μειωμένο σε σχέση με το σύνολο της χώρας, καθώς ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού της περιφέρειας δεν προχωρούσε σε περαιτέρω σπουδές όταν τελείωνε την δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Αυτό συνέβαινε κυρίως γιατί η ενασχόληση του πληθυσμού της Θεσσαλίας με τον πρωτογενή τομέα απέφερε ένα αξιοπρεπές εισόδημα γεγονός που απαιτούσε άτομα νεαρής ηλικίας να αποτελούν το κυριότερο εργατικό δυναμικό χωρίς απαραίτητα να έχουν κάποια ιδιαίτερη εξειδίκευση. Το γεγονός αυτό δικαιολογεί την όλη παραγωγική διόρθωση που υπήρχε για πολλά χρόνια στην Θεσσαλία. Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια θετική εξέλιξη και οι αντίστοιχοι δείκτες τείνουν να συγκλίνουν με αυτούς της χώρας. Συγκριτικά και με τις άλλες Περιφέρειες της χώρας, το εκπαιδευτικό επίπεδο του πληθυσμού της Θεσσαλίας εξελίσσεται με ταχύτερους ρυθμούς και συγκλίνει με τα αντίστοιχα επίπεδα της χώρας.

3.1.7 Οικονομικά Στοιχεία

Η Θεσσαλία είναι η 3^η σε μέγεθος οικονομία της χώρας με ΑΕΠ ίσο με 9,349 εκ. ευρώ το 2019, που αντιστοιχεί στο 5.1% του ΑΕΠ της χώρας. Η μέση ετήσια μεταβολή του ΑΕΠ από το 2008 – 2019 ήταν αρνητική, -2,3%, ενώ παρόμοια είχε και η χώρα, -2,4% (ΠΕΠ 2021-2027).

Βάση του κατά κεφαλή ΑΕΠ, το επίπεδο ανάπτυξης της Περιφέρειας ανέρχεται στα 13.009 ευρώ το 2019, γεγονός που ισοδυναμεί με το 76% του εθνικού μέσου

όρου και το 40% του μέσου όρου της ΕΕ. Μέσα στην Περιφέρεια το ανατολικό και το δυτικό τμήμα της παρουσιάζουν κάποιες διαφοροποιήσεις. Ανά ΠΕ το κατά κεφαλήν ΑΕΠ είναι: ΠΕ Λάρισας 14.065 ευρώ, ΠΕ Μαγνησίας 12.602 ευρώ, ΠΕ Τρικάλων 11.091 ευρώ και ΠΕ Καρδίτσας 10.397 ευρώ. Η διαφοροποίηση αυτή εξηγείται από τη γεωγραφική θέση και από την δραστηριοποίηση του πληθυσμού. Το ανατολικό τμήμα είναι πεδινό και παραθαλάσσιο, ενώ το δυτικό τμήμα είναι πεδινό, ορεινό και ημιορεινό (ΠΕΠ 2021-2027).

Η Περιφέρεια αυτήν της Θεσσαλίας είναι κατεξοχήν αγροτική. Ο πρωτογενής τομέας της είναι ιδιαίτερα σημαντικός και παράγει το 11,8% του ΑΕΠ ενώ αντιπροσωπεύει το 19,9% της απασχόλησης της Θεσσαλίας. Βάσει των ποσοστών αυτών η Θεσσαλία κατατάσσεται στην 1^η και 4^η θέση αντίστοιχα μεταξύ των περιφερειών της χώρας. Ο πρωτογενής τομέας παρουσίασε σημαντική ανθεκτικότητα κατά τη διάρκεια της κρίσης και αύξησε την παραγωγή του τόσο στο εθνικό, όσο και στο περιφερειακό επίπεδο (ΠΕΠ 2021-2027).

Η μεταποίηση, παρά την φθίνουσα πορεία που έχει από την δεκαετία του '90, παράγει το 19,3% του Περιφερειακού ΑΕΠ και κατατάσσει την Θεσσαλία στην 5^η θέση στην χώρα. Η μεταποίηση παρέχει το 8,6% της απασχόλησης της περιφέρειας και παρουσίασε μια ανθεκτικότητα κατά τη διάρκεια της κρίσης καθώς είχε μια αύξηση της παραγωγής στην περίοδο 2010-2017 με ποσοστό 9%, ενώ το ποσοστό της χώρας την ίδια περίοδο είχε μειωθεί κατά -9% (ΠΕΠ 2021-2027).

Ο τριτογενής τομέας είναι μικρότερος σε σχέση με το μέσο όρο της χώρας, 70% και 79,2% αντίστοιχα. Ωστόσο σε μερικές περιοχές δείχνει να είναι ο κυρίαρχος τομέας, ειδικά στο νησιωτικό τμήμα, όπου η εξειδίκευση στον τουρισμό είναι έντονη (ΠΕΠ 2021-2027).

Μια αδυναμία της Θεσσαλίας, όπως και της χώρας, είναι το μικρό μέγεθος των περισσότερων επιχειρήσεων, με μικρό βαθμό εξειδίκευσης και εξωστρέφειας. Το μέσο μέγεθος απασχόλησης στην μεταποίηση στη Θεσσαλία (Χώρα) αντίστοιχά είναι: 4,6 (5,6) εργαζόμενοι ανά επιχείρηση, στο εμπόριο 1,9 (3,0) και στο τουρισμό 3,4 (4,8). Όλο αυτό έχει ως συνέπεια, η μέση παραγωγικότητα εργασίας της περιφέρειας να είναι σχετικά χαμηλή και ίση με το 80% του εθνικού και το 53% του Ευρωπαϊκού μέσου όρου (ΠΕΠ 2021-2027).

Μια ακόμα αδυναμία είναι η έλλειψη συσπειρώσεων, συνεργειών και αλυσίδων αξίας μεταξύ των κλάδων εξειδίκευσης σε περιφερειακό επίπεδο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι περιορισμένες οι πολλαπλασιαστικές επιδράσεις σε επίπεδο εισοδήματος και απασχόλησης αλλά και το γεγονός ότι ένα μεγάλο μέρος της καταναλωτικής δαπάνης διαφεύγει προς άλλες περιφέρειες ή το εξωτερικό (ΠΕΠ 2021-2027).

3.2 SWOT ανάλυση, Θεσσαλία

Δυνατά Σημεία (S):

- Το κλίμα που έχει η Θεσσαλία είναι κατάλληλο για την καλλιέργεια αμπελιών, καθώς επικρατούν ήπιοι χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια. Αυτό

μπορεί να οδηγήσει σε υψηλή ποιότητα στους αμπελώνες και την παραγωγή κρασιού.

- Διαφοροποιημένα μικροκλίματα: Κατάλληλες εδαφικές συνθήκες με δυνατότητα καλλιέργειας πολλών και διάφορων προϊόντων υψηλής αξίας και ποιότητας.
- Ποικιλία αμπελοειδών: Η Θεσσαλία παράγει μια μεγάλη ποικιλία αμπελοειδών, όπως Ξινόμαυρο, Λήμνιο, Μαλαγουζιά και Σαββατιανό, που μπορούν να προσφέρουν μοναδικά και ποιοτικά κρασιά.
- Τουριστική ζήτηση: Η Θεσσαλία έχει αναδειχθεί ως δημοφιλής τουριστικός προορισμός με αυξημένη ζήτηση για τοπικά προϊόντα, όπως το κρασί. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει ευκαιρίες για την πώληση και προώθηση των προϊόντων αμπελουργίας ακριβείας.
- Γεωγραφική θέση: Η Θεσσαλία βρίσκεται στο κέντρο της Ελλάδας με καλές συγκοινωνιακές συνδέσεις και πρόσβαση σε κοντινές αγορές. Αυτό μπορεί να διευκολύνει τη διανομή και την εξαγωγή των προϊόντων. Δίνει τη δυνατότητα πρόσβασης στις μεγάλες αγορές της χώρας και του εξωτερικού με προϋπόθεση τη βελτίωση των υποδομών.
- Μεγάλη γόνιμη πεδιάδα: Περίπου 5.000 Km² είναι η πεδιάδα της Περιφέρειας και αποτελεί μια ισχυρή παραγωγική βάση για την παραγωγή άφθονης πρώτης ύλης για εμπορία και μεταποίηση.
- Μεγάλο ποσοστό αρδευόμενων εκτάσεων.
- Ανθρώπινο δυναμικό με ικανότητα προσαρμογής σε νέες καλλιέργειες και πρακτικές.
- Τεχνογνωσία και εμπειρία των παραγωγών.
- Μοναδικότητα ορισμένων καλλιεργειών.
- Πιστοποιημένα προϊόντα ΠΟΠ
- Παράδοση στην παραγωγή καλών και αυθεντικών τοπικών και παραδοσιακών προϊόντων.

Αδύνατα Σημεία (W):

- Έλλειψη κεφαλαίου: Η ανάπτυξη μιας αμπελουργίας ακριβείας μπορεί να απαιτεί σημαντικές επενδύσεις σε τεχνολογία, εξοπλισμό και εκπαίδευση. Η έλλειψη κεφαλαίου μπορεί να αποτελέσει πρόκληση για τους αγρότες και τους παραγωγούς.
- Έλλειψη εξειδίκευσης: Η αμπελουργία ακριβείας απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις και δεξιότητες για τη χρήση τεχνολογίας και τη διαχείριση των αμπελώνων. Η έλλειψη εξειδίκευσης μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της επιχείρησης.
- Πιθανοί περιβαλλοντικοί περιορισμοί: Οι αυξημένες απαιτήσεις για την χρήση νερού και ενέργειας στην αμπελουργία ακριβείας μπορεί να έρθουν σε σύγκρουση με περιβαλλοντικές προκλήσεις, όπως η διαχείριση των νερών και η αειφορία.
- Η έλλειψη επαρκών ποσοτήτων νερού για τις αρδευόμενες καλλιέργειες (Εξάντληση υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, κατέχει την πρώτη θέση (το ¼ της πανελλήνιας κατανάλωσης νερού).
- Πανσπερμία ποικιλιών στις διάφορες καλλιέργειες (βαμβάκι) δημιουργεί δυσκολίες στην τυποποίηση.

- Υψηλό κόστος παραγωγής των προϊόντων.
- Έλλειψη προβολής και διαφήμισης των προϊόντων.
- Έλλειψη ομάδας παραγωγών για κάθε προϊόν.
- Έλλειψη δημοπρατηρίου για την πώληση των παραγόμενων προϊόντων με αποτέλεσμα έσοδα για τον παραγωγό και χαμηλότερες τιμές για τον καταναλωτή.
- Έλλειψη μεταποιητικών μονάδων.
- Έλλειψη ενιαίου μητρώου εμπορών αγροτικών προϊόντων, εκροών και εισροών.
- Οι οργανωτικές ελλείψεις στο κύκλωμα παραγωγής, μεταποίησης και εμπορίας των προϊόντων καθώς και ελλείψεις στις υποδομές.
- Έλλειψη πιστοποιημένων προϊόντων και προϊόντων ονομασίας προέλευσης ή προϊόντων με γεωγραφική ένδειξη ή και άλλου σήματος.
- Ο έντονος ανταγωνισμός από ομοειδή προϊόντα άλλων χωρών τόσο στην εγχώρια όσο και στη διεθνή αγορά.
- Έλλειψη συμπληρωματικότητας ζωικής και φυτικής παραγωγής.

(Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2011)

Ευκαιρίες (Ο):

- Αύξησης της ποιότητας του κρασιού: Με την εφαρμογή τεχνικών ακριβείας, όπως η χρήση αισθητήρων και τηλεπισκόπησης, μπορεί να επιτευχθεί βελτίωση της ποιότητας του κρασιού και νέες γευστικές εμπειρίες.
- Επέκταση σε εξωτερικές αγορές: Η Θεσσαλία μπορεί να αξιοποιήσει τη γεωγραφική της θέση και την αναγνωρισμένη ποιότητα των προϊόντων της για να επεκτείνει τις εξαγωγές του κρασιού της.
- Η κατοχύρωση των κατάλληλων Θεσσαλικών προϊόντων ως Προϊόντα Προστασίας Ονομασίας Προέλευσης ή ως Προϊόντα Γεωγραφικής Ένδειξης (π.χ. Δαμάσκηνο Σκοπέλου κλπ.)
- Η παραγωγή πιστοποιημένων βιολογικών προϊόντων θα διευρύνει σημαντικά τους ορίζοντες εμπορίας και κερδοφορίας.
- Ο μεγάλος αριθμός τουριστών που επισκέπτεται την περιοχή και η προβολή της «μεσογειακής διατροφής», επίκεντρο της οποίας είναι πολλά Θεσσαλικά προϊόντα, αποτελεί μία σημαντική αγορά.
- Σημαντική ευκαιρία αποτελεί επίσης η διασύνδεση του αμπελοοινικού τομέα με τον τουρισμό και τον αγροτουρισμό σε συνδυασμό με τα περιφερειακά οινοποιεία («Δρόμοι του κρασιού της Θεσσαλίας»).
- Αυξανόμενη κοινωνική αποδοχή της βιολογικής γεωργίας.
- Βιολογικά αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά.
- Ευκαιρίες για την ανάπτυξη του αγροτουρισμού και άλλων συναφών υπηρεσιών αναψυχής στον αγροτικό χώρο.

(Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2011)

Απειλές (Τ):

- Ανταγωνισμός: Η αγορά του κρασιού είναι ανταγωνιστική, τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Ο ανταγωνισμός μπορεί να δυσκολέψει την είσοδο νέων επιχειρήσεων και την ανάπτυξη των υφιστάμενων.
- Κλιματικές αλλαγές: Οι κλιματικές αλλαγές μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την παραγωγή των αμπελώνων, με αυξημένο κίνδυνο ακραίων και ασταθώς καιρικών φαινομένων.
- Νομοθετικοί περιορισμοί: Οι αυξημένες ρυθμίσεις και περιορισμοί στον τομέα της γεωργίας και της οινοποιίας μπορεί να δημιουργήσουν πρόκληση για την αμπελουργία ακριβείας.
- Η τυχόν περαιτέρω υποβάθμιση της ποιότητας του φυσικού περιβάλλοντος.
- Περιορισμένη εγχώρια ζήτηση για βιολογικά προϊόντα

(Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2011)

3.3 Ανάλυση ερευνών με χρήση Γεωργίας Ακριβείας

1^η Έρευνα:

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθούν κάποιες έρευνες που έκαναν χρήση τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας σε καλλιέργειας αμπελιού, δηλαδή αμπελουργία ακριβείας.

Η πρώτη έρευνα που θα αναλυθεί είναι σε αμπελώνα της Νεμέας. Βασικός στόχος της έρευνας ήταν να προσδιοριστεί ποιοτικά η χωρική παραλλακτικότητα πάνω σε Αγιωργήτικη ποικιλία. Στην αρχή της έρευνας έγιναν αναλύσεις στις ράγες και στον παραγόμενο οίνο. Έπειτα, έγιναν μετρήσεις στα σταφύλια (ανθοκυάνες, φαινολικά και τανίνες). Τέλος, πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος στους οίνους. Σκοπός της έρευνας ήταν η βελτίωση της παραγόμενης ποιότητας ενώ παράλληλα η ύπαρξη μείωσης του κόστους παραγωγής. Επιπλέον, σε αυτήν την έρευνα αντλήθηκαν πληροφορίες για την καλύτερη διαχείριση του αμπελώνα για μια καλύτερη παραγωγή και διαχείριση των εισροών (Κολυβά, 2014).

Η μελέτη έγινε σε αμπελώνα 10 στρεμμάτων ο οποίος δεν αρδευόταν. Η ποικιλία που καλλιεργούνταν εκεί ήταν ερυθρή (*Vitis vinifera* L.) cv Αγιωργήτικο. Ο αμπελώνας βρίσκεται σε υψόμετρο 800 μέτρων και ήταν ηλικίας 3 ετών. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν το 2013 και οι αισθητήρες βλάστησης που χρησιμοποιήθηκαν για της μετρήσεις του πεδίου είναι το GPS, NDVI και ο αισθητήρας EM38 (Κολυβά, 2014).

Για τις μετρήσεις αρχικά έγινε χαρτογράφηση του αμπελώνα με χρήση GPS την ημέρα του τρύγου. Έγινε χαρτογράφηση της ευρωστίας της κόμης του αμπελιού με τη χρήση οργάνου CropCircle sensor με χρήση GPS χωρίς επαφή με το φυτό. Τα σταφύλια συλλέχθηκαν, ζυγίστηκαν με ζυγαριά ακριβείας και με χρήση ατομικού δέκτη GPS. Μετρήθηκε επίσης η ηλεκτρική αγωγιμότητα με EM-38, ανίχνευση με GPS και καταγραφέα δεδομένων. Η αγωγιμότητα του εδάφους μετρήθηκε με τα πόδια κάθετα του αμπελώνα μεταξύ των γραμμών και με το Differential GPS καταγράφηκε μια τιμή ανά δευτερόλεπτο. Χρησιμοποιήθηκε το ArcMap για να υπολογιστεί ο μέσος όρος των τιμών ECa. Ακόμα μετρήθηκε το υψόμετρο και η τοπική κλίση του εδάφους με την χρήση δορυφόρου και του προγράμματος Global Mapper (Κολυβά, 2014).

Έπειτα έγινε χαρτογράφηση της ποιότητας ύστερα από δειγματοληψία ραγών. Ο αμπελώνας χωρίστηκε σε 21 τμήματα. Σε κάθε ένα από τα 21 τμήματα έγινε κοπή 200 ραγών. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν μία στις 30 Αυγούστου 2013, μία στις 7 Σεπτεμβρίου 2013 και μια την περίοδο του τρύγου που έγινε στις 17 Σεπτεμβρίου 2013. Επιπλέον, ένα δείγμα 50 ραγών συλλέχθηκε στις δύο τελευταίες δειγματοληψίες και μετρήθηκε εκτός από το σύνολο των διαλυτών ουσιών, η ολική οξύτητα και το pH και οι συγκεντρώσεις των ανθοκυανών, φαινολικών και συμπυκνωμένων ταννινών (Κολυβά, 2014).

Όσον αφορά στον οργανοληπτικό έλεγχο, για να προσδιοριστούν οι διαφορές στην ποιότητα των οίνων που παρήχθησαν από τα 21 τμήματα του αμπελώνα, πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος. 12 δοκιμαστές χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει ο έλεγχος του οίνου. Οι δοκιμαστές αυτοί είχαν πραγματοποιήσει οινογνωσία σε πρότυπα κρασιά ποικιλίας Αγιωργήτικου πριν την έναρξη του ελέγχου ενώ είχαν εξοικειωθεί με τυχόν ελαττώματα που θα μπορούσαν να εμφανιστούν στα προς δοκιμή δείγματα. Ο έλεγχος κράτησε 6 ημέρες. Κάθε μέρα οι δοκιμαστές δοκίμαζαν 10 ή 11 δείγματα την ημέρα ενώ υπήρχε και διακοπή ανάμεσα σε κάθε δείγμα για 20 λεπτά. Τρεις φορές δοκιμάστηκε το κάθε κρασί. Κάθε δείγμα είχε έναν τριψήφιο αριθμό και δινόταν με τυχαία σειρά βάση του παρακάτω πίνακα (Κολυβά, 2014).

Οι δοκιμαστές συμπλήρωσαν για το κάθε δείγμα την εξής κλίμακα.

Εμφάνιση	0	1	2			
Άρωμα	0	1	2	3	4	5
Οξύτητα	0	1				
Ισορροπία	0	1	2			
Εξέλιξη	0	1	2	3		
Γεύση	0	1	2	3		
Τελείωμα	0	1	2			
Σύνολο	0	1	2	3		

Εικόνα 5: Κλίμακα αρίθμησης οίνου (Κολυβά, 2014).

Αφού έγινε ο γευστηγνωστικός έλεγχος, με την χρήση του προγράμματος Statistica V.7 αποκλείστηκαν οι δοκιμαστές με μικρή επαναληψιμότητα και ο στατιστικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε 10 μόνο δοκιμαστές. Αφού βρήκαν τα στατιστικά αποτελέσματα έγινε χρήση του προγράμματος SPSS Statistics 20 για να γίνει η συσχέτιση των τιμών (Κολυβά, 2014).

Τα αποτελέσματα που βρήκαν είχαν χαρτογραφική απεικόνιση. Οι χάρτες αυτοί είναι για (Κολυβά, 2014):

- Μετρήσεις εδάφους: Χάρτης μέτρηση απόδοσης, Χάρτης φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας – ECa, Χάρτης τοπικής κλίσης εδάφους.
- Αναλύσεις δειγμάτων σταφυλιών, 3 δειγματοληψίες σταφυλιών: Χάρτης βάρους ραγών, Χάρτης μέτρησης διαθλασιμετρίας – Brix, Χάρτης ολικής οξύτητας, Χάρτης ενεργής οξύτητας – pH, Χάρτης για τις ανθοκυάνες, Χάρτης για τα ολικά φαινολικά στις ράγες, Χάρτης μέτρησης συμπυκνωμένων ταννινών με Methyl cellulose σε ράγες.
- Ανάλυση δειγμάτων οίνου: Χάρτης ολικής οξύτητας οίνου, Χάρτης μέτρησης συμπυκνωμένων ταννινών με Methyl cellulose στον οίνο, Χάρτης για τον αλκοολικό βαθμό, χάρτης πτητικής οξύτητας, χάρτης για τον δείκτη φαινολικών ουσιών, Χάρτης έντασης, Χάρτης απόχρωσης, Χάρτης υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC), Χάρτης ολικών ανθοκυανών, Χάρτης δείκτη ιονισμού, Χάρτης για τα ολικά φαινολικά με χρήση του δείκτη Folin-Ciocalteu, Χάρτης με δείκτη υδροχλωρικού οξέος – Δ.HCl%, Χάρτης ταννινών με την μέθοδο Harbertson, Χάρτης ταννινών με βρασμό, Χάρτης μεθόδου εκτίμησης των φλαβονολών και των προανθοκυανιδινών με το αντιδραστήριο DMAC, Χάρτης οργανοληπτικού ελέγχου.

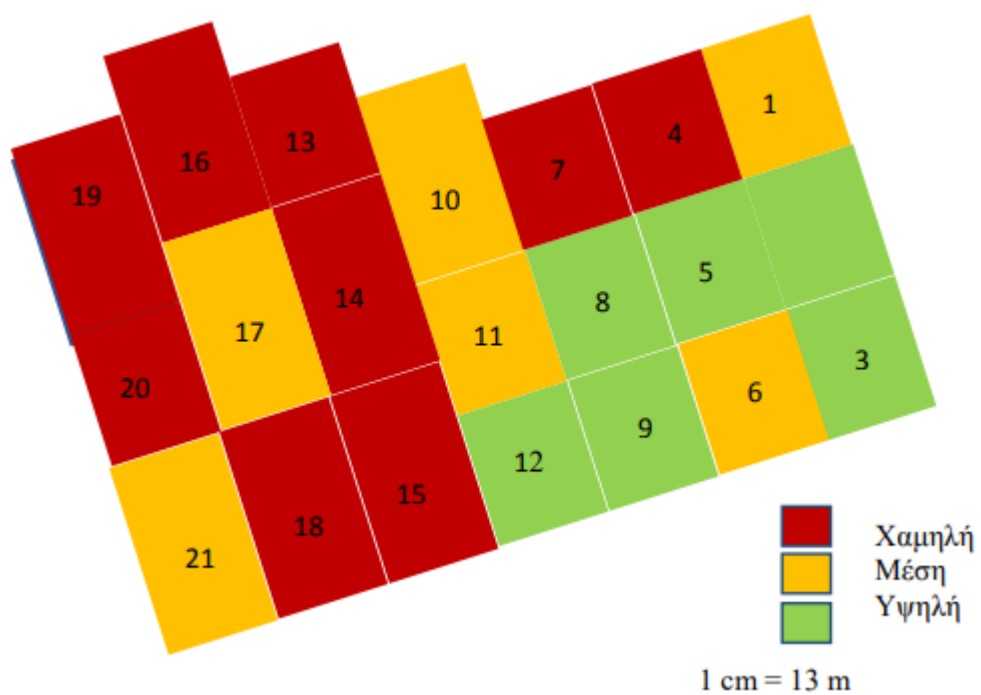
Αφού πραγματοποιήθηκαν οι παραπάνω αναλύσεις και έγινε η απεικόνιση αυτών σε χάρτες, στην συνέχεια έγινε σύγκριση των δειγμάτων. Η ανάλυση ήταν μονόδρομης διακύμανσης (One – way ANOVA, $p < 0.05$). Από τα 21 τεμάχια, βρέθηκαν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές. Από αυτές επιλέχθηκαν οι πιο σημαντικές που επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του οίνου (Κολυβά, 2014).

Με βάση όλη την ανάλυση, το αγροτεμάχιο 14 παρουσιάζει υψηλές τιμές ανθοκυανών και ολικών φαινολών. Το αγροτεμάχιο 15 εμφανίζει υψηλές τιμές στην συγκέντρωση ολικών φαινολικών αλλά και ολικών και συμπυκνωμένων ταννινών. Τα αγροτεμάχια 16 και 20 παρουσιάζουν υψηλές τιμές στα ολικά φαινολικά και στην συγκέντρωση ταννινών. Τέλος, τα αγροτεμάχια 18, 19, 20 και 21 παρουσιάζουν την υψηλότερη ένταση (Κολυβά, 2014).

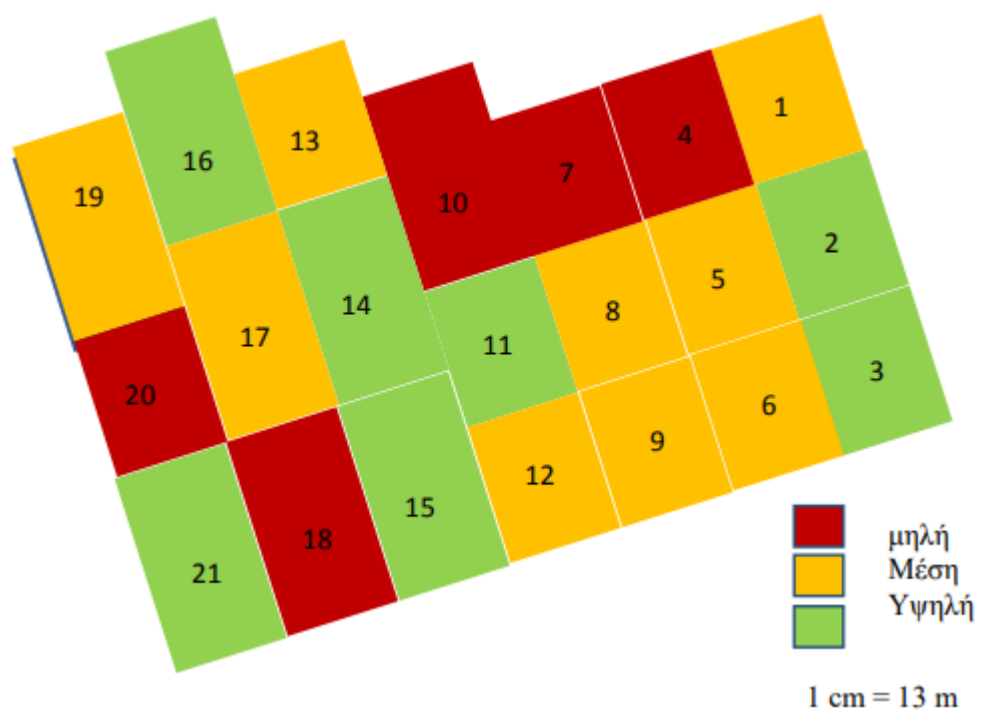
Συμπερασματικά, με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις μεθόδους ανάλυσης, τα σταφύλια και ο οίνος δεν μπορούν να συσχετιστούν με την διακύμανση των εδαφικών μετρήσεων και της τοπογραφίας. Οι εξαιρέσεις σε αυτά είναι το βάρος της ράγας το οποίο εμφάνισε και θετική και αρνητική συσχέτιση με την κλίση του εδάφους, την απόδοση και την ECa αλλά και η συγκέντρωση ολικών και φαινολικών και η ένταση που επηρεάζεται από την ECa. Όπως αναφέρεται, μια αύξηση της ECa οδηγεί στην μείωση της συγκέντρωσης ολικών φαινολικών στον οίνο (Κολυβά, 2014).

Μια διαδικασία Αμπελουργίας Ακριβείας, όπως είναι και αυτήν η μελέτη, μπορεί να προσδιορίσει τα κατάλληλα σημεία σε έναν αμπελώνα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή κρασιού διαφορετικών ποιοτήτων. Ωστόσο αυτό θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με τον συνδυασμό αυτής της μελέτης και μιας επαναληπτικής σε λίγα χρόνια από τότε για να βελτιωθούν τα αποτελέσματα.

Παρακάτω παρουσιάζονται και κάποιοι από τους χάρτες ανάλυσης που έγιναν:



Εικόνα 6: Απόδοση αμπελώνα (τόνος/εκτάριο) (Κολυβά, 2014)



Εικόνα 7: Φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα - ECa (Κολυβά, 2014)

2^η Έρευνα:

Η δεύτερη έρευνα που μελετήθηκε ήταν σε έναν εμπορικό αμπελώνα επιτραπέζιων σταφυλιών (Αναστασίου, 2020). Ο αμπελώνας αυτός βρίσκεται στην περιοχή της Στιμάγκας Κορινθίας και η μελέτη έγινε τα έτη 2015, 2016 και 2017. Ο αμπελώνας αυτός φυτεύτηκε το 2006 με ποικιλία Thompson Seedless (*Vitis vinifera* L. cv. Thompson Seedless) και είναι 1.4 εκτάρια. Η περιοχή αυτήν χωρίστηκε σε 36 αγροτεμάχια, με έκταση από 298 τ.μ. – 404 τ.μ., για να μπορούν να λειτουργήσουν ως περιοχές κανονικοποιημένης δειγματοληψίας για τη χωρική ανάλυση του αμπελώνα.

Ο αμπελώνας τα 3 αυτά έτη δέχτηκε πολλές καλλιεργητικές μεταχειρίσεις για να αυξηθεί το επίπεδο στρεμματικής απόδοσης αλλά και ποιότητας. Οι επεμβάσεις αυτές ήταν με φυτοπροστατευτικές ουσίες, άρδευση, διαχείριση φυλλικής επιφάνειας και κατεργασία εδάφους για καταπολέμηση ζιζανίων και για την βελτίωση της δομής του εδάφους. Αναλυτικά, το 2015 έγιναν 20 ψεκασμοί, το 2016 15 ψεκασμοί και το 2017 έγιναν 16 ενώ παράλληλα πραγματοποιήθηκαν έξι επεμβάσεις διαχείρισης της φυτοκόμης και δύο κατεργασίες εδάφους πριν από την συγκομιδή κάθε έτους (Αναστασίου, 2020).

Σε αυτήν την αμπελοκαλλιέργειά ήταν εγκατεστημένος και ένας μετεωρολογικός σταθμός από τον οποίον συλλέγονταν δεδομένα βροχόπτωσης, θερμοκρασίας, υγρασίας, έντασης και της κατεύθυνσης του αέρα. Για την ανάλυση του εδάφους συλλέχθηκαν 36 δείγματα, 1 από το κέντρο κάθε αγροτεμαχίου. Ακόμα, χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας EM38 για την χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του αμπελώνα σε βάθος 1m. Η μέτρηση αυτή έγινε μια φορά και με την χρήση του DGPS έγινε γεωαναφορά των συλλεγόντων δεδομένων. Έγιναν επίσης και μετρήσεις φασματικών δεικτών βλάστησης και ημερομηνίες συλλογής. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν με χρήση πολυφασματικού αισθητήρα φυλλώματος, με χρήση δορυφορικών εικόνων και με δείκτες βλάστησης (απλούς και σωρευτικούς) (Αναστασίου, 2020).

Για τις μετρήσεις των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών έγινε δειγματοληπτικός έλεγχος. 50 ράγες λήφθηκαν τρεις φορές κατά την διάρκεια του περκασμού έως την τεχνολογική ωρίμανση καθενός από τα 36 αγροτεμάχια με σκοπό την παρακολούθηση της πορείας της ωρίμανσης. Οι τρεις αυτές δειγματοληψίες έγιναν στην αρχή του περκασμού, στην μέση του περκασμού και στην τεχνολογική ωρίμανση. Εκτιμήθηκε και το μέγεθος την παραγωγής κατά την διάρκεια της συγκομιδής. Όσο αφορά τις εργαστηριακές μετρήσεις που έγιναν ήταν πάνω στις 50 ράγες ανά αγροτεμάχιο. Αυτές οι μετρήσεις ήταν: το βάρος των 50 ραγών, η διάμετρός τους, ο όγκος τους, τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, η ολική οξύτητα, ο δείκτης pH, η δύναμη συμπίεσης ράγας και η δύναμη αποκοπής ράγας. Τέλος, έγινε η σύντηξη των δεδομένων υψηλής ανάλυσης για τον καθορισμό ζωνών διαχείρισης (Αναστασίου, 2020).

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το λογισμικό του Excel 2016 της πλατφόρμας εφαρμογών του office 2016. Μέσα σε αυτό το λογισμικό επεξεργάστηκαν τα αποτελέσματα έτσι ώστε να είναι κατάλληλα για χρήση σε λογιστικά στατιστικά, επεξεργασίας και δημιουργίας χαρτών αλλά και για την δημιουργία δεικτών βλάστησης. Το ArcGIS 10.2 χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία χαρτών ενώ η στατιστική ανάλυση έγινε με το λογισμικό Stat graphics 16.

Η στατιστική ανάλυση περιλάμβανε περιγραφική στατιστική, συσχέτιση κατά Pearson και μοντέλα παλινδρόμησης. Ακόμα, για τον καθορισμό ζωνών διαχείρισης χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά Management Zone Analyst 1.0.1 και Isatis 2017.1. (Αναστασίου, 2020).

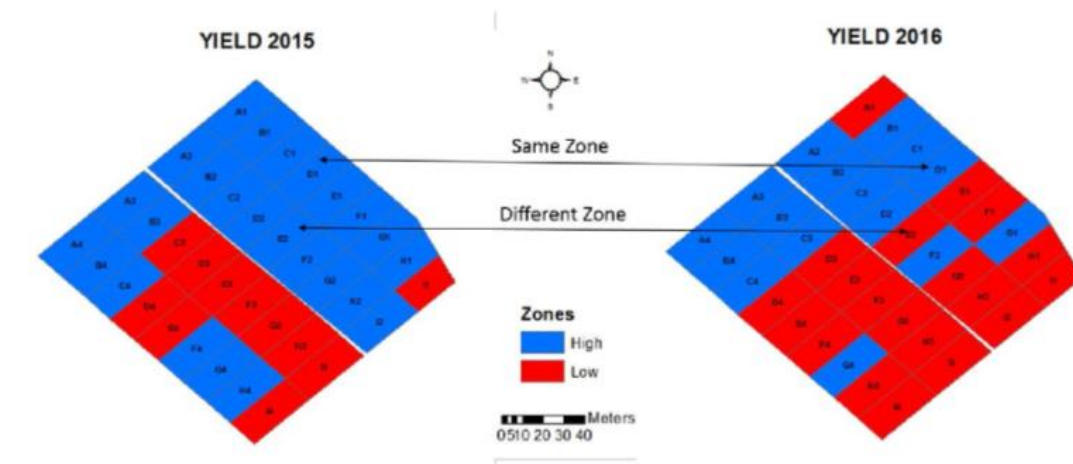
Από τα αποτελέσματα βρήκαν απεικονίσεις καιρικών δεδομένων, εδαφολογικών δεδομένων, φασματικών δεδομένων και δεδομένων παραγωγής. Έπειτα, έγινε αξιολόγηση της χωροχρονικής παραλλακτικότητας των εδαφοκλιματικών συνθηκών ως προς την παραγομένη ποσότητα και ποιότητα. Αρχικά, έγινε συσχέτιση του καιρού και των παραγόντων του εδάφους με την παραγόμενη ποσότητα και ποιότητα των σταφυλιών. Από αυτές τις συσχετίσεις αποδείχθηκε ότι οι καιρικές συνθήκες αποτελούν τον πιο σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την παραγόμενη ποσότητα και ποιότητα ενώ οι παράμετροι του εδάφους επηρεάζουν την παραγόμενη ποσότητα των σταφυλιών και τα 3 έτη που εξετάστηκαν (Αναστασίου, 2020).

Επίσης, βρέθηκε η χωροχρονική σταθερότητα των ζωνών διαχείρισης, που καθορίστηκαν με την δειγματοληψία που έγινε ανά υποτεμάχιο. Το συμπέρασμά μετά από αυτήν την ανάλυση ήταν ότι η οριοθέτηση ζωνών διαχείρισης σε επιτραπέζια σταφύλια είναι περίπλοκη διαδικασία και πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράμετροι για μια παραγωγή σταθερών χωροχρονικά ζωνών διαχείρισης, άρα απαιτούνται και περαιτέρω μελέτες (Αναστασίου, 2020).

Επιπροσθέτως, έγινε σύγκριση μη καταστροφικής εκτίμησης της ποσότητας και ποιότητας της παραγωγής με την χρήση επίγειας και δορυφορικής τηλεπισκόπησης. Η συσχέτιση αυτήν έγινε κατά Pearson και με την ανάλυση παλινδρόμησης και για τα τρία έτη της μελέτης. Επιπλέον, έγινε αξιολόγηση των απλών και σωρευτικών δεικτών βλάστησης στην εκτίμηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών του επιτραπέζιου σταφυλιού. Τέλος, έγινε καθορισμός των ζωνών διαχείρισης για την καλλιέργεια με την χρήση επίγειων δεδομένων υψηλής ανάλυσης (Αναστασίου, 2020).

Συμπερασματικά και βάση των αποτελεσμάτων αυτής της έρευνας, είναι κατανοητό ότι η γεωργία ακριβείας είναι μια χρήσιμη προσέγγιση με ξεκάθαρα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που βελτιώνουν την παραγωγή επιτραπέζιων σταφυλιών. Ωστόσο για μια πλήρη αξιοποίηση της γεωργίας ακριβείας πάνω σε καλλιέργειες επιτραπέζιων σταφυλιών πρέπει να ληφθούν υπόψη σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητά της. Κάποιες από αυτές τις παραμέτρους είναι οι κλιματικές και οι εδαφικές συνθήκες. Επίσης, με την υψηλή ανάλυση δεδομένων αλλά και την χρήση δεδομένων που προήλθαν από δειγματοληψία πλέγματος οι ζώνες διαχείρισης δεν θα είναι σταθερές. Αυτό επηρεάζεται από τις καλλιεργητικές πρακτικές που πραγματοποιούνται και τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν ανά έτος. Επιπλέον, ο κατάλληλος χρόνος για να μην γίνει μια καταστροφική εκτίμηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών επηρεάζεται από το τι πλατφόρμα θα χρησιμοποιηθεί, επίγεια η δορυφορική. Τέλος, η ακρίβεια των αποτελεσμάτων από μια μη καταστροφική εκτίμηση διαφέρουν ανά δείκτη βλάστησης, φαινολογικό στάδιο και τρόπο χρήσης των δεικτών βλάστησης, απλοί ή σωρευτικοί (Αναστασίου, 2020).

Παρακάτω αποτυπώνονται και οι βαθμοί συμφωνίας που είχαν οι αναλύσεις που έγιναν αυτά τα 2 χρόνια.



Εικόνα 8: Βαθμός συμφωνίας ως προς την παραγωγή για τα έτη 2015 2016 (Αναστασίου, 2020)

Παράμετρος	Βαθμός Συμφωνίας		
	2015-2016	2015-2017	2016-2017
Απόδοση (kg/ha)	69%	75%	78%
Βάρος Ράγας (g)	67%	58%	47%
Διάμετρος Ράγας (mm)	53%	69%	39%
pH	69%	53%	50%
Σάκχαρο (°Brix)	42%	58%	50%
Ολική Οξύτητα (%)	44%	58%	58%
Δείκτης Ωρίμασης	53%	44%	53%
Σάκχαρο x Διάμετρος Ράγας	44%	75%	53%
Συμπίεση Ράγας (N/mm)	50%	47%	64%
Αποκοπή Ράγας (N)	31%	64%	33%

Εικόνα 9: Βαθμός συμφωνίας ανάμεσα στην ίδια παράμετρο για τα έτη 2015 και 2016 (Αναστασίου, 2020)

3^η Έρευνα:

Η 3^η έρευνα έγινε σε έναν αμπελώνα ο οποίος καλλιεργούνταν συστηματικά τα τελευταία 10 έτη και βρίσκεται σε μια αγροτική περιοχή των Μικροθηβών στον Νομό Μαγνησίας. Ο αμπελώνας είχε έκταση 10 στρεμμάτων και ήταν φυτεμένος με την ποικιλία Αγιωργήτικο (*Vitis vinifera* L.), ενώ ήταν ενταγμένος και σε πρόγραμμα βιολογικής καλλιέργειας. Ο αμπελώνας βρισκόταν σε πλαγιά που είχε έως και 20% κλίση, γεγονός που πιθανόν να προκαλούσε ανομοιομορφία και παραλλακτικότητα στις ιδιότητες του εδάφους με αποτέλεσμα να επηρεαζόταν και η παραγωγή και η ποιότητα των σταφυλιών κατά μήκος του αμπελώνα (Ταγαράκης, 2014).

Οι καλλιεργητικές μεταχειρίσεις που γινόντουσαν στον αγρό ήταν παρόμοιες κάθε έτος. Αυτό που μεταβαλλόταν ήταν ο χρόνος εφαρμογής των μεταχειρίσεων κατά λίγες μέρες ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, τον χρόνο του παραγωγού αλλά και την ανάπτυξη του αμπελιού. Οι εργασίες ήταν το κλάδεμα και η καύση των κληματίδων, η λίπανση με κοπριά, το βλαστολόγημα για την αφαίρεση λαίμαργων βλαστών και ταυτόχρονα το πέρασμα των νεαρών βλαστών από τα σύρματα στήριξης, οι εφαρμογές με χαλκό για πρόληψη του περονόσπορου, ο ψεκασμός με

θείο και ωϊδίο και ο ψεκάσμος με Βάκιλο Θουριγγίας για την αντιμετώπιση εντομολογικών προσβολών. Ακόμα ο παραγωγός πραγματοποιούσε τακτική κατεργασία του εδάφους μεταξύ των γραμμών φύτευσης, εκτελούσε μηχανικό ξεφύλλισμα και κορυφολόγημα. Όσον αφορά στις αρδεύσεις, ο παραγωγός έκανε 2 – 4 αρδεύσεις το έτος στις περιόδους μεγάλης ξηρασίας ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες (Ταγαράκης, 2014).

Οι μετρήσεις ανά έτος ήταν (Ταγαράκης, 2014):

1^ο Έτος:

- Χαρτογράφηση του ανάγλυφου του αγρού με χρήση RTK-GPS
- Μέτρηση και χαρτογράφηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας με αισθητήρα EM38 της εταιρίας GEONICS (3 μετρήσεις)
- Δειγματοληψία του εδάφους για πραγματοποίηση αναλύσεων μηχανικής σύστασης και θρεπτικών στοιχείων.
- Εγκατάσταση ασύρματου δικτύου μέτρησης υγρασίας εδάφους, θερμοκρασίας αέρα και ηλικιακής ακτινοβολίας στην διάρκεια της βλαστικής περιόδου.
- Εγκατάσταση ενσύρματου συστήματος καταγραφής της υγρασίας του εδάφους με δύο αισθητήρες.
- Μέτρηση και χαρτογράφηση ανάκλασης φωτός από τα φυτά και εκτίμηση των συντελεστών βλάστησης στην διάρκεια της βλαστικής περιόδου με χρήση του οργάνου CropCircle (Holland Scientific) (5 μετρήσεις).
- Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης μέτρησης και καταγραφής της παραγωγής.
- Μέτρηση και χαρτογράφηση της παραγωγής.
- Μέτρηση και χαρτογράφηση των παραμέτρων ποιότητας των παραγόμενων σταφυλιών.

2ο Έτος:

- Πραγματοποίηση αναλύσεων μηχανικής σύστασης και θρεπτικών στοιχείων των δειγμάτων εδάφους.
- Βελτίωση ασύρματου δικτύου μέτρησης υγρασίας εδάφους, θερμοκρασίας αέρα και ηλιακής ακτινοβολίας στην διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Παρακολούθηση ενσύρματου συστήματος καταγραφής της υγρασίας του εδάφους με δύο αισθητήρες (CropSence, John Deere Ltd.).
- Μέτρηση και χαρτογράφηση ανάκλασης φωτός από τα φυτά και εκτίμηση των συντελεστών βλάστησης στην διάρκεια της βλαστικής περιόδου με χρήση του οργάνου CropCircle (Holland Scientific) (8 μετρήσεις).
- Μέτρηση και χαρτογράφηση του υδατικού δυναμικού βλαστού των φυτών της αμπέλου χρησιμοποιώντας θάλαμο πίεσης.
- Μέτρηση και χαρτογράφηση της φωτοσύνθεσης και παραμέτρων της φυσιολογίας των φυτών της αμπέλου με συσκευή μέτρησης των φωτοσυνθετικών παραμέτρων LC Pro+ του οίκου ADC Αγγλίας.
- Μέτρηση και χαρτογράφηση του χειμερινού ξύλου κατά το κλάδεμα με χρήση Laser Scanner (LMS 200 30106, SIC AG, Germany).
- Μέτρηση και χαρτογράφηση του βάρους του χειμερινού ξύλου με ζύγιση των κληματίδων μετά το κλάδεμα.
- Μέτρηση και χαρτογράφηση της παραγωγής.

- Μέτρηση και χαρτογράφηση των παραμέτρων ποιότητας των παραγόμενων σταφυλιών.

3^ο Έτος:

- Παρακολούθηση ενσύρματου συστήματος καταγραφής της υγρασίας του εδάφους με δύο αισθητήρες (CropSence, John Deere Ltd.).
- Μέτρηση και χαρτογράφηση ανάκλασης φωτός από τα φυτά και εκτίμηση των συντελεστών βλάστησης στην διάρκεια της βλαστικής περιόδου με χρήση του οργάνου CropCircle (Holland Scientific) (8 μετρήσεις).
- Μέτρηση και χαρτογράφηση του υδατικού δυναμικού βλαστού των φυτών της αμπέλου χρησιμοποιώντας θάλαμο πίεσης.
- Μέτρηση και χαρτογράφηση της φωτοσύνθεσης και παραμέτρων της φυσιολογίας των φυτών της αμπέλου με συσκευή μέτρησης των φωτοσυνθετικών παραμέτρων LC Pro+ του οίκου ADC Αγγλίας.
- Μέτρηση και χαρτογράφηση του χειμερινού ξύλου κατά το κλάδεμα με χρήση Laser Scanner (LMS 200 30106, SIC AG, Germany).
- Μέτρηση και χαρτογράφηση του βάρους του χειμερινού ξύλου με ζύγιση των κληματίδων μετά το κλάδεμα.
- Μέτρηση και χαρτογράφηση της παραγωγής.
- Μέτρηση και χαρτογράφηση των παραμέτρων ποιότητας των παραγόμενων σταφυλιών.

Στην συνέχεια, αναλύθηκαν τα αποτελέσματα που εντοπίστηκαν. Οι αναλύσεις έγιναν με βάση τα παρακάτω κριτήρια: το τοπογραφικό ανάγλυφο, το βάθος του εδάφους, την φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa, EM-38), τα αποτελέσματα των εδαφικών αναλύσεων, τα μετεωρολογικά δεδομένα, την υγρασία του εδάφους, των δείκτη NDVI, την χαρτογράφηση του ξύλου κλαδέματος, την χαρτογράφηση του υδατικού δυναμικού, την χαρτογράφηση της φωτοσύνθεσης και παραμέτρων της φυσιολογίας της αμπέλου, την χαρτογράφηση της παραγωγής και την χαρτογράφηση της χρονικής τάσης των ποιοτικών παραμέτρων (Ταγαράκης, 2014).

Όσον αφορά στις ζώνες διαχείρισης, αρχικά δημιουργήθηκε ένας εμπειρικός χάρτης με κατηγοριοποίηση του αμπελώνα σε 5 ζώνες βασισμένες στην εμπειρία του παραγωγού που διαχειρίζεται τον αμπελώνα. Η κατηγοριοποίηση του αμπελώνα αποδεικνύει την επίδραση που έχει το τοπογραφικό ανάγλυφο και η κλίση του αμπελώνα στην κρίση του παραγωγού που το διαχωρίζει σε ζώνες που έχουν την ίδια κλίση. Τελικός στόχος για την δημιουργία ζωνών είναι να ληφθούν υπόψη κάποιοι βασικοί συλλογισμοί ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις ιδιαιτερότητες της κάθε εφαρμογής. Οι παράμετροι που καθορίζουν τον τρόπο καθορισμού των ζωνών διαχείρισης είναι (Ταγαράκης, 2014) :

- Το μέγεθος του αγροτεμαχίου: Μικρά αγροτεμάχια δεν είναι δυνατό να χωριστούν σε μεγάλο αριθμό ζωνών επειδή η έκταση της κάθε ζώνης θα είναι ιδιαίτερα μικρή και κατά συνέπεια δεν θα είναι πρακτικά διαχειρίσιμη.
- Ο σκοπός δημιουργίας των ζωνών και η εφαρμογή τους: Οι βασικοί στόχοι της αμπελοργίας ακριβείας είναι η παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Αυτά τα 2 δεν συμβαδίζουν χωρικά και χρονικά. Έτσι δεν είναι δυνατό ο διαχωρισμός ζωνών που θα μπορέσει να χρησιμοποιηθεί για

όλους τους σκοπούς. Κάθε φορά οι ζώνες είναι διαφορετικές ανάλογα με την εφαρμογή και τον στόχο αυτής. Έτσι για κάθε διαφορετική μεταχείριση δημιουργείται διαφορετικός χάρτης εφαρμογής.

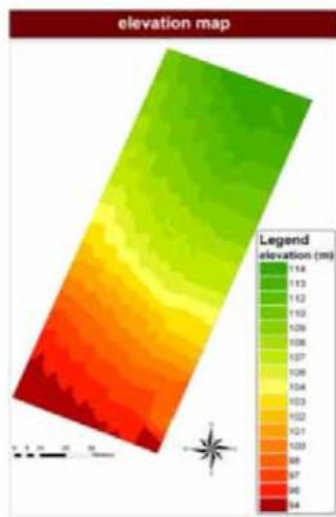
- Ο τρόπος εφαρμογής: Σε αυτοματοποιημένες εφαρμογές που γίνονται μηχανοποιημένα υπάρχει συνήθως καθυστέρηση στη μεταβίβαση της εντολής από τον επεξεργαστή στο μέσο εφαρμογής. Κατά συνέπεια συχνή εναλλαγή μεταξύ των ζωνών διαχείρισης έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής.

Έτσι στην παρούσα έρευνα δημιουργήθηκαν ζώνες από μετρήσεις εδάφους, από μετρήσεις των ιδιοτήτων του αμπελιού και των σταθερών ιδιοτήτων εδάφους. Τέλος πραγματοποιήθηκε η ανάλυση ποσοστού ταύτισης σε πλέγμα 5x5 (Ταγαράκης, 2014).

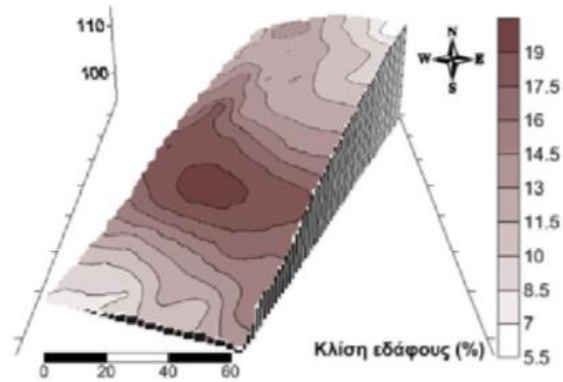
Συμπερασματικά, μετά την διαδικασία για την οριοθέτηση ζωνών διαχείρισης που έγινε σε αυτήν την έρευνα εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα (Ταγαράκης, 2014):

- Η σύγκριση μονοπαραγοντικών χαρτών ζωνών για την εύρεση του βαθμού ταύτισης μεταξύ τους αποδείχθηκε μια χρήσιμη μέθοδος για την αξιολόγηση των σχέσεων μεταξύ των εδαφικών και των παραμέτρων του αμπελιού με την παραγωγή και την ποιότητα των σταφυλιών.
- Η ανάλυση δεδομένων με την χρήση ασαφούς ομαδοποίησης για τις επιλεγμένες παραμέτρους σύμφωνα με την ανάλυση ταύτισης οδήγησε σε ομοιογενείς ζώνες διαχείρισης για τα 2 έτη της έρευνας.
- Η συγκεκριμένη ανάλυση μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την οριοθέτηση ζωνών διαχείρισης και την βελτίωση της διαχείρισης των αμπελώνων.
- Οι παραγόμενες ζώνες διαχείρισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή εισροών και μεταχειρίσεων σε μεταβλητές δόσεις, Αυτό οδηγεί σε αποτελεσματικότερη διαχείριση του αμπελώνα για την βελτιστοποίηση της παραγωγής και την ποιότητας του τελικού προϊόντος σε όλη την έκταση του αμπελώνα.
- Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για τα έτη 2009 και 2010 ξεχωριστά. Η σύγκριση των ζωνών διαχείρισης μεταξύ των ετών έδειξε ιδιαίτερα υψηλή ταύτιση υποδεικνύοντας χρονική σταθερότητα των ζωνών διαχείρισης.

Παρακάτω φαίνονται και τα αποτελέσματα που βρήκαν από τους χάρτες ζωνών ανάλυσης:

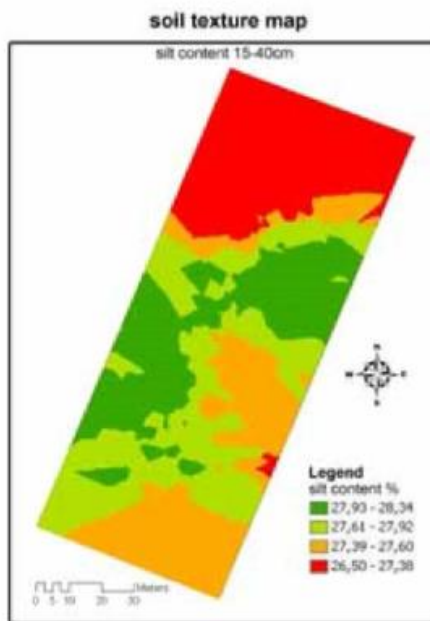
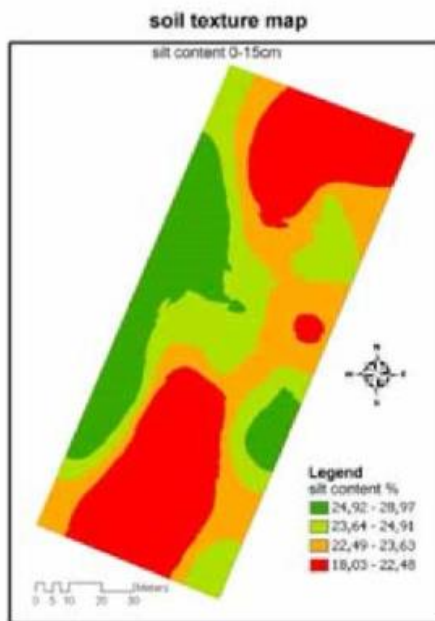


(α)



(β)

Εικόνα 10: Χάρτες ανάγλυφου του αμπελώνα: Χάρτης υψομέτρου από την επιφάνεια της θάλασσας (α), χάρτης εδαφικής κλίσης (%) (β) (Ταγαράκης, 2014)



Εικόνα 11: Χάρτες μηχανικής σύστασης. Περιεκτικότητα % σε ιλύ για τα βάθη 0-15cm (αριστερά) και 15-40cm (δεξιά) (Ταγαράκης, 2014)

4. Αμπελώνες

4.1 Ερευνα Αμπελουργικών Καλλιεργειών

4.1.1 Γενικά για το αμπέλι

Το αμπέλι είναι μια δυναμική καλλιέργεια η οποία έχει υψηλό κόστος παραγωγής και εγκατάστασης αλλά αποφέρει υψηλά κέρδη. Για την διαχείριση ενός αμπελιού απαιτείται πολύ μεγάλη φροντίδα και πολλές επεμβάσεις κυρίως όταν είναι βιολογικός αμπελώνας, γεγονός που αυξάνει τα εργατικά έξοδα. Ακόμα με την βελτιστοποίηση της ποιότητας των παραγόμενων σταφυλιών κυρίως στις οινοποιήσιμες ποικιλίες, μπορεί να αυξηθεί σημαντικά η ποιότητα και η τιμή του παραγόμενου οίνου. Συνεπώς, οι γεωργοί που κάνουν χρήση της γεωργίας ακριβείας στον τομέα της αμπελουργίας μπορούν να λάβουν άμεσα και μεγάλα οικονομικά οφέλη (Ταγαράκης Χ., 2014).

Η καλλιέργεια του αμπελιού έχει ξεκινήσει εδώ και πολλά χρόνια, από την νεολιθική εποχή. Οι πρώτες αναφορές για την παραγωγή κάποιου είδους οίνου χρονολογούνται από το 3.000 π.Χ. στην περιοχή της Μέσης Ανατολής. Στον Ελλαδικό χώρο η οινοπαραγωγή και η αμπελοκαλλιέργεια επηρεάστηκε από τους πολιτισμούς της Ανατολής και μεταφέρθηκε στις Ελληνικές αποικίες της Δύσης (Ταγαράκης Χ., 2014).

Το αμπέλι είναι ένα πολυετές αγγειόσπερμο φυτό που ανήκει στην τάξη των Ραμνωδών και στην οικογένεια των Αμπελοειδών. Η οικογένεια αυτήν έχει ξυλώδη και αναρριχώμενα φυτά τα οποία φέρουν έλικες και ταξιανθίες απέναντι από τα φύλλα. Τα σταφύλια μπορεί να έχουν λευκό, κόκκινο και μαύρο χρώμα ανάλογα με τη ποικιλία (Αναστασίου, 2020).

Η συνολική έκταση της καλλιέργειας αμπελιών παγκοσμίως ανέρχεται στα 76.600.000 στρέμματα, σύμφωνα με στοιχεία του 2009. Αναλυτικότερα, στην Ευρώπη εντοπίζονται τα 44.428.000 στρέμματα ενώ στην Ασία τα 16.315.580 στρέμματα. Στην Ευρώπη την μεγαλύτερη έκταση την έχει η Ισπανία με 11.740.000 στρέμματα. Στην δεύτερη θέση βρίσκεται η Γαλλία με 9.170.000 στρέμματα και ακολουθεί η Ιταλία με 9.080.000 στρέμματα. Η Ελλάδα κατέχει την 15^η θέση στον κόσμο με συνολική έκταση 1.290.000 στρέμματα (Ταγαράκης Χ., 2014).

4.1.2 Ποικιλίες

Υπάρχει μεγάλος αριθμός ποικιλιών αμπελιού παγκοσμίως, οι οποίες χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Επιτραπέζιες (νωπή κατανάλωση)
- Οινοποιήσιμες (παραγωγή οίνου)
- Ποικιλίες σταφιδοποίησης (παραγωγή σταφίδας)
- Το είδος *Vitis* από το οποίο προκύπτουν οι ποικιλίες υποκειμένων που προορίζονται για την παραγωγή υποκειμένων που παρουσιάζουν ιδιαίτερα φυσιολογικά χαρακτηριστικά, ανθεκτικότητα σε εχθρούς, ασθένειες, ξηρασία, ζωηρή βλάστηση κ.α. (Ταγαράκης Χ., 2014).

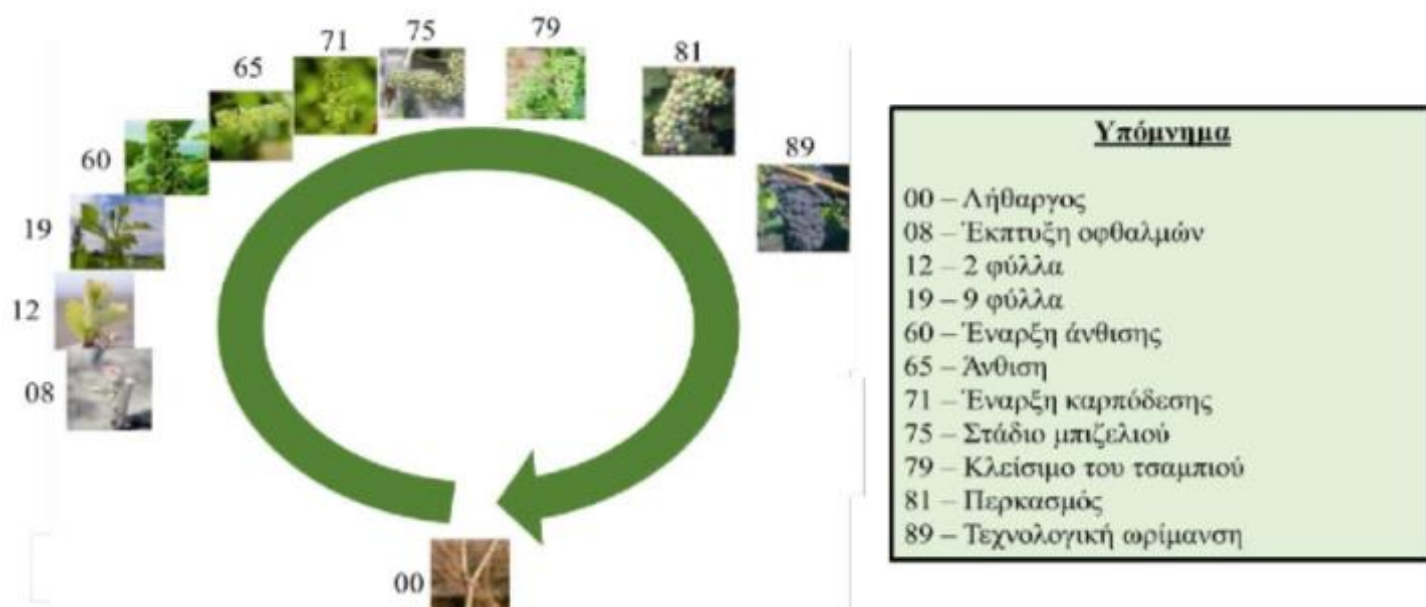
Σύμφωνα με μια μελέτη ο καταγεγραμμένος αριθμός ποικιλιών το 2017 ανέρχεται σε πάνω από 10.000 (Αναστασίου, 2020). Αυτός ο μεγάλος αριθμός ποικιλιών οφείλεται στην ύπαρξη του αμπελιού από την αρχαιότητα, στην μεγάλη εξάπλωση του αμπελιού σε όλον τον πλανήτη και στην μεγάλη παραλλακτικότητα που παρουσιάζουν οι αμπελώνες καθώς υπάρχουν συνδυασμοί και μεταλλάξεις των γόνων (Καραγιαννοπούλου, 2018).

Ένας μεγάλος αριθμός ποικιλιών αμπελιού καλλιεργείται και στην Ελλάδα. Ο μεγαλύτερος αριθμός από αυτές είναι γηγενής. Οι πρώτες ελληνικές ποικιλίες διαμορφώθηκαν από αυτοφυείς τύπους αμπελιού που καλλιεργήθηκαν και βελτιώθηκαν μέσω της μαζικής επιλογής. Τέλος, οι ποικιλίες διακρίνονται και σύμφωνα με το χρώμα σε λευκές και ερυθρές (Ταγαράκης Χ., 2014).

Υπάρχουν πολλές κλίμακες οι οποίες περιγράφουν τα φαινολογικά στάδια του αμπελιού. Η πιο διαδεδομένη είναι η κλίμακα BBCH. Σύμφωνα με αυτήν την κλίμακα ο κύκλος στο αμπέλι χαρακτηρίζεται από 10 φαινολογικά στάδια από τα οποία τα βασικότερα είναι τα εξής: (Lorenz et. al., 1995)

- i. Έκπτυξη των οφθαλμών (bud burst)
- ii. Ανάπτυξη των φύλλων
- iii. Εμφάνιση των ταξιανθιών (inflorescence)
- iv. Άνθηση (flowering)
- v. Καρπόδεση (Fruit set)
- vi. Ωρίμαση των ραγών/περκασμός
- vii. Γήρανση των φυτών (Senescence)

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται κάποια από τα στάδια αυτά.



Εικόνα 12: Σημαντικά φαινολογικά στάδια αμπελιού (Αναστασίου, 2020)

4.1.3 Απαιτήσεις Αμπελιού

Το αμπέλι είναι μια καλλιέργεια που προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορες εδαφοκλιματικές συνθήκες και δεν έχει μεγάλες θρεπτικές ανάγκες σε σχέση με άλλες καλλιέργειες. Κατά κύριο λόγο το μεσογειακό κλίμα θεωρείται αρκετά ευνοϊκό για να αναπτυχθεί ένα αμπέλι και μάλλον για αυτό οφείλεται και η ευρύτατη διάδοση της αμπελοκαλλιέργειας στο χώρο της Μεσογείου η οποία χαρακτηρίζεται από χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα και ξηροθερμικές συνθήκες το καλοκαίρι (Ταγαράκης Χ., 2014).

Για να γίνει μια σωστή εγκατάσταση ενός αμπελώνα με την κατάλληλη ποικιλία είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη ο τύπος του εδάφους, η κλίση, το μικροκλίμα (θερμοκρασία, υγρασία, άνεμος), το σύστημα μόρφωσης, οι αποστάσεις φύτευσης, ο προσανατολισμός των φυτών, ο μηχανολογικός εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί και το κόστος εγκατάστασης. Η πυκνότητα φύτευσης ενός αμπελώνα μπορεί να διαφέρει σημαντικά και κυμαίνεται από 100 πρεμνά ανά στρέμμα έως και 900 πρεμνά ανά στρέμμα (Creasy and Creasy, 2018).

Έχει διαπιστωθεί ότι η άμπελος απαιτεί χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα και σταδιακή καταπόνηση από έλλειψη ύδατος καθώς πλησιάζει το καλοκαίρι. Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσεται ένα αμπέλι είναι ποικίλες. Ωστόσο η ελάχιστη θερμοκρασία είναι οι 10°C (Sluys, 2006). Το αμπέλι μπαίνει σε κατάσταση λήθαργου τον χειμώνα σε περιοχές που δεν είναι τροπικές γεγονός που το καθιστά ανθεκτικό ακόμα και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες έως -45°C. Παρόλα αυτά σε περίπτωση παγετού κατά το στάδιο της έκπτυξης των οφθαλμών, το αμπέλι αντέχει το πολύ έως -3,4°C, ανάλογα κιόλας με το στάδιο ανάπτυξης του (Creasy and Creasy, 2018).

Βασικό παράγοντα ώστε να ολοκληρωθεί η ωρίμανση ενός αμπελιού αποτελεί η ηλιοφάνεια, με ελάχιστη απαιτούμενη διάρκεια, για την περίοδο από τον Απρίλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο, να είναι οι 1200 ώρες ή 200 ώρες ανά μήνα (Ταγαράκης Χ., 2014). Παρόλα αυτά οι απαιτήσεις σε ηλιοφάνεια μεταβάλλονται ανάλογα με την θερμοκρασία, η οποία επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας. Στις θερμότερες περιοχές απαιτείται μεγαλύτερη ηλιοφάνεια για να έλθει η ωρίμανση του σταφυλιού καθώς, όταν επικρατούν αυξημένες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, αυξάνεται η αναπνοή των φυτών και μειώνεται το καθαρό προϊόν της φωτοσύνθεσης. Όσον αφορά στις Ελληνικές συνθήκες η ηλιοφάνεια δεν είναι περιοριστικός παράγοντας. Ωστόσο η αυξημένη ζοηρότητα των φυτών μπορεί να οδηγήσει στην μείωση της ενεργού φυλλικής επιφάνειας λόγω της σκίασης των φύλλων στο εσωτερικό του φυλλώματος (Gladstones, 1992).

Η ποσότητα βροχοπτώσεων είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ποιότητα των σταφυλιών καθώς η υδατική κατάσταση που βρίσκεται ένα αμπέλι επηρεάζεται άμεσα από την ζοηρότητα και τις μεταβολικές διαδικασίες. Κατά μέσο όρο 100-300 mm νερού απαιτούνται κατά τη βλαστική περίοδο (Gladstones, 1992). Η υγρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει σημαντικά την εξατμισοδιαπνοή. Σε συνθήκες υψηλής υγρασίας του αέρα τα στομάτια των φύλλων κλείνουν και έτσι τα φυτά δεν μπορούν να απορροφήσουν νερό από το έδαφος με έναν ικανοποιητικό ρυθμό. Στον Ελλαδικό χώρο το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι το χαμηλό βροχομετρικό ύψος κατά την περίοδο του καλοκαιριού όταν ωριμάζουν τα σταφύλια, γεγονός που έχει επίπτωση στην παραγωγή και την ποιότητα των σταφυλιών, καθώς όταν υπάρχει υψηλή υδατική

καταπόνηση κατά την διάρκεια της ωρίμανσης προκαλείται μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και της παραγωγής σακχάρων. Όταν υπάρχουν τέτοιου είδους περιπτώσεις είναι αναγκαία η εφαρμογή άρδευσης (Ταγαράκης X., 2014).

Εξίσου σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι έχουν αναπτυχθεί δείκτες που χρησιμοποιούν τις μετρήσεις της θερμοκρασίας για να προβλέψουν σε πιο φαινολογικό στάδιο βρίσκεται το αμπέλι και κατά συνέπεια να προγραμματίσουν τις γεωργικές εργασίες. Ο πιο σημαντικός δείκτης είναι αυτός των βαθμομερών (Αναστασίου 2020).

Οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά που έχει το έδαφος, όπως είναι η δομή του και η μηχανική σύσταση, παίζουν σημαντικό ρόλο στην αμπελοκαλλιέργεια καθώς επηρεάζουν την παραγωγή και την ποιότητα του σταφυλιού. Η μηχανική σύσταση είναι η περιεκτικότητα του εδάφους σε άμμο, άργιλο και ιλύ. Για να βγει μια ποιοτική παραγωγή σταφυλιών χρειάζεται έδαφος με καλή στράγγιση όπως αμμοπηλώδη ελαφράς σύστασης, τα οποία θερμαίνονται και αερίζονται καλύτερα με αποτέλεσμα τη γρήγορη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των αμπελιών και την προΐμιση της ωρίμανσης του καρπού. Επίσης, καλές ιδιότητες παρουσιάζουν και τα μέσης σύστασης εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε άργιλο. Η άργιλος είναι ένα βασικό συστατικό του εδάφους και έχει την δυνατότητα συγκράτησης ιόντων και παίζει σημαντικό ρόλο στην γονιμότητα του εδάφους. Στα ορυκτά αργίλου περιέχονται και μεγάλες ποσότητες καλίου. Άρα σε αργιλώδη εδάφη θα υπάρχουν και μεγάλες ποσότητες καλίου, ένα χαρακτηριστικό που είναι απαραίτητο για την καλλιέργεια του αμπελιού (Ταγαράκης X., 2014). Εδάφη που έχουν περιεκτικότητα αργίλου μέχρι 25% παρουσιάζουν πολύ καλές αμπελουργικές ιδιότητες, παρέχοντας επαρκή γονιμότητα και υδατοχωρητικότητα αλλά ταυτόχρονα και καλή στράγγιση και αερισμό για την ανάπτυξη της ρίζας (Νικολάου, 2005).

Ακόμα για την επιλογή εγκατάστασης ενός αμπελώνα, το έδαφος είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες, γιατί προσφέρει στήριξη, θρεπτικά στοιχεία και νερό που επηρεάζουν άμεσα την παραγόμενη ποιότητα και ποσότητα. Παρόλο που η καλλιέργεια του αμπελιού πραγματοποιείται σε ένα πλήθος διαφορετικών εδαφών παγκοσμίως οι αποδόσεις διαφέρουν σημαντικά. Αυτό οφείλεται τόσο στην συμβολή του κλίματος όσο και στις καλλιεργούμενες ποικιλίες και τα υποκείμενα (Creasy and Creasy). Οι πλαγιές λόφων αποτελούν μια ιδανική τοποθεσία για την εγκατάσταση αμπελώνα, καθώς τα εδάφη αυτά είναι συνήθως λιγότερο γόνιμα, με ελαφρά σύσταση και καλή αποστράγγιση ενώ το κλίμα της περιοχής είναι ηπιότερο. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά παράγουν λιγότερα αλλά πιο ποιοτικά σταφύλια (Ταγαράκης X., 2014). Τέλος, όσον αφορά στο βάθος του ριζοστρώματος αυτό εξαρτάται κυρίως από τη μηχανική σύσταση και το πορώδες του εδάφους. Εδάφη που έχουν ελαφρά σύσταση παρουσιάζουν καλό πορώδες, καλή διήθηση του νερού και καλό αερισμό, παράγοντες που ευνοούν την ανάπτυξη της ρίζας και ταυτόχρονα όλου του αμπελιού (Ταγαράκης X., 2014).

Το pH και το δυναμικό οξειδοαναγωγής αποτελούν από τους βασικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τη διαλυτότητα των στοιχείων. Όταν το pH τείνει να γίνει αλκαλικό το διαθέσιμο άζωτο NH_3 μειώνεται λόγω εξάτμισης. Το pH του εδάφους επηρεάζει και την διαθεσιμότητα του P καθώς, όταν το pH έχει τιμές μικρότερες του 5 και μεγαλύτερες του 7,5, ο P από το φωσφορικό λίπασμα

μετατρέπεται σε μορφή μη αφομοιώσιμη από τα φυτά. Ο παρακάτω πίνακας αποτυπώνει την ταξινόμηση των εδαφών ανάλογα με την τιμή του pH (Ταγαράκης X., 2014).

χαρακτηρισμός εδάφους	τιμή pH
πολύ ισχυρά όξινα	3-4
ισχυρά όξινα	4-5
Μετρίως όξινα	5-6
ελαφρώς όξινα	6-7
ελαφρώς αλκαλικά	7-8
Μετρίως αλκαλικά	8-9
ισχυρά αλκαλικά	9-10
πολύ ισχυρά αλκαλικά	10-11

Εικόνα 13: Χαρακτηρισμός του εδάφους ως προς το Ph (Ταγαράκης X., 2014).

Η κατάλληλη τιμή pH για την αμπελοκαλλιέργεια κυμαίνεται μεταξύ 6-7, εφόσον το αμπέλι αναπτύσσεται καλύτερα σε ουδέτερα εδάφη. Ωστόσο το αμπέλι αναπτύσσεται ικανοποιητικά και σε τιμές pH εκτός αυτών των ορίων (Ταγαράκης X., 2014).

Η οργανική ουσία αυξάνει την οξύτητα του εδάφους. Αυτό αποτελεί παράγοντα βελτίωσης των φυσικών εδαφών. Αρχικά, βελτιώνει το πορώδες, αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας και της διηθητικότητας και ελαχιστοποιεί τις επιπτώσεις λόγω συμπίεσης του εδάφους. Επίσης, προάγει την ανάπτυξη μικροβιακής δραστηριότητας και αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα του pH και της αλατότητας. Τέλος, αυξάνει την ικανότητα για ανταλλαγή κατιόντων και ταυτόχρονα περιέχει βασικά μακροστοιχεία όπως το άζωτο, το θείο και ο φώσφορος (Ταγαράκης X., 2014). Στον παρακάτω πίνακα γίνεται κατηγοριοποίηση των εδαφών βάσει της περιεκτικότητας τους σε οργανική ουσία.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	Περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (%)
Πολύ υψηλή	> 6
Υψηλή	4,3 – 6
Μέση	2,1 – 4,2
Χαμηλή	1,0 – 2
Πολύ χαμηλή	<1

Εικόνα 14: Κατηγοριοποίηση εδαφών βάση της περιεκτικότητας τους σε οργανική ουσία (Ταγαράκης Χ., 2014).

Τα διαθέσιμα θρεπτικά στοιχεία εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ποσότητα και την φύση των στοιχείων αυτών στο εδαφικό διάλυμα, στον ανταγωνισμό μεταξύ των στοιχείων καθώς και στη στερεή φάση του εδάφους. Επειδή τα φυτά προσλαμβάνουν θρεπτικά στοιχεία σε μορφή ιόντων τα ανταλλάξιμα ιόντα παίζουν σημαντικό ρόλο στη θρέψη των φυτών. Πιο αναλυτικά, τα στοιχεία όπως το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το κάλιο και το αμμώνιο είναι κατιόντα στο εδαφικό διάλυμα. Όσον αφορά στην διαθεσιμότητα των στοιχείων αυτών στο έδαφος έχουν καθοριστεί από έρευνες τα φυσιολογικά και κρίσιμα όρια των βασικών στοιχείων για τα φυτά που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Ταγαράκης Χ., 2014).

Θρεπτικό στοιχείο	Μονάδα μέτρησης	Τιμή
P	(mg/kg)	17-25
K	(mg/kg)	150-250
Mg	(mg/kg)	50-70
Fe	(mg/kg)	12-14
Zn	(mg/kg)	1.5
Mn	(mg/kg)	22
Cu	(mg/kg)	1.2
B	(mg/kg)	0.7

Εικόνα 15: Φυσιολογικά όρια των βασικών στοιχείων στο έδαφος (Ταγαράκης Χ., 2014).

Τα θρεπτικά στοιχεία που απορροφώνται από το αμπέλι κατατάσσονται με βάση τη ποσότητα που προσλαμβάνεται σε δυο βασικές κατηγορίες. Αυτές οι κατηγορίες είναι τα μακροθρεπτικά στοιχεία ή αλλιώς μακροστοιχεία και τα μικροστοιχεία ή αλλιώς ιχνοστοιχεία. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν στοιχεία που προσλαμβάνονται σε μεγάλες ποσότητες κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και αυτά είναι

το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο, το θείο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο. Στην άλλη κατηγορία ανήκουν ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο, το βόριο και ο ψευδάργυρος. Αν υπάρξει έλλειψη κάποιου από τα παραπάνω θρεπτικά στοιχεία δημιουργούνται συμπτώματα τροφοπενιών. Όσο αφορά στην καλλιέργεια του αμπελιού τα σύνηθες θρεπτικά στοιχεία που εμφανίζουν έλλειψη είναι το άζωτο, το κάλιο, ο ψευδάργυρος, το βόριο, το μαγνήσιο, ο σίδηρος και ο φώσφορος. Όταν υπάρχει έλλειψη σε βασικά μακροστοιχεία σημειώνεται μειωμένη αύξηση των φυτών του αμπελιού (Ταγαράκης Χ., 2014).

- **Άζωτο:** Το άζωτο αποτελεί το κυριότερο μακροστοιχείο. Σε μορφές ουρίας, αμμωνίας και νιτρικών λαμβάνουν τα φυτά άζωτο. Το άζωτο επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τόσο την ποιότητα και την παραγωγή των σταφυλιών όσο και την αύξηση και ανάπτυξη του αμπελιού. Είναι ένα στοιχείο που παίζει ρόλο σε όλες τις μεταβολικές διαδικασίες ανάπτυξης και ωρίμανσης του φυτού και των σταφυλιών. Είναι βασικό στοιχείο στα φύλλα ώστε να αυξηθεί η φωτοσύνθεση του φυτού. Τέλος, βοηθάει το φυτό να αποκτήσει μεγάλα φύλλα με έντονο χρώμα, αυξάνει τον βλαστό και προσδίδει υγεία στο φυτό ώστε να σχηματίσει μεγάλη φυλλική επιφάνεια (Ταγαράκης Χ., 2014).
- **Φώσφορος:** Ο φώσφορος είναι ένα συστατικό των κυτταρικών μεμβρανών. Συμβάλει στην μεταφορά ενέργειας μέσα στα κύτταρα και μεταξύ των διαφορετικών μερών του φυτού. Όταν υπάρχει μειωμένη διαθεσιμότητα του παρατηρείται μείωση της ανάπτυξης των ριζών, της υγείας του φυτού, της πυκνότητας των φύλλων και υπάρχει μια καθυστέρηση της ωρίμανσης των σταφυλιών. Τέλος, σε περίπτωση έντονης έλλειψης δημιουργείται ερύθρωση των φύλλων και πρόωρη φυλλόπτωση (Ταγαράκης Χ., 2014).
- **Κάλιο:** Το κάλιο μαζί με το άζωτο είναι τα βασικότερα στοιχεία για το αμπέλι. Το στοιχείο αυτό είναι υπεύθυνο για την ρύθμιση της κίνησης του νερού μέσα στο φυτό και η μεγαλύτερη ποσότητα βρίσκεται στις ράγες των σταφυλιών. Γενικά, βοηθάει στην αύξηση των φυτών. Αυξάνει την αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες, αυξάνει τους καλοσχηματισμένους οφθαλμούς, βοηθάει στην έναρξη της ωρίμανσης και αυξάνει το μέγεθος των ραγών. Οι ποσότητες πρόσληψης καλίου από το έδαφος είναι μικρές. Όταν υπάρχει έλλειψη καλίου πραγματοποιείται μετακίνηση του από τους ιστούς και τα φύλλα προς τις ράγες. Ακόμα παρατηρείται καρούλιασμα και ξήρανση περιμετρικά του ελάσματος των φύλλων και στην βάση του φυτού. Μεγάλες ποσότητες καλίου μπορεί να προκαλέσουν μείωση του ασβεστίου και του μαγνησίου στους ιστούς και υψηλές τιμές pH (Ταγαράκης Χ., 2014).
- **Μαγνήσιο:** Το μαγνήσιο είναι ένα συστατικό της χλωροφύλλης. Αυξάνει την ποιότητα των σταφυλιών, βοηθάει στο να γίνει σύνθεση των πρωτεϊνών και βιταμινών και αυξάνει την περιεκτικότητα των σταφυλιών σε σάκχαρα (Ταγαράκης Χ., 2014).
- **Ασβέστιο:** Το ασβέστιο είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του εδάφους. Είναι στοιχείο το οποίο ανεβάζει το εδαφικό pH με αποτέλεσμα να επηρεάζει την διαθεσιμότητα πολλών στοιχείων. Ωστόσο, αυτήν η αύξηση του pH προκαλεί μείωση της διαθεσιμότητας ιχνοστοιχείων και βασικών στοιχείων. Η μειωμένη διαθεσιμότητα στοιχείων μετριάζεται όταν αυξάνεται η οργανική ουσία και μειώνεται η υγρασία. Όταν στο έδαφος υπάρχει πάνω από 10% ανθρακικό ασβέστιο το έδαφος χαρακτηρίζεται ασβεστόχο. Το ανθρακικό ασβέστιο βελτιώνει την ποιότητα των σταφυλιών καθώς αυξάνει τα

σάκχαρα και τις αρωματικές ενώσεις. Για αυτό και ένας μεγάλος αριθμός ποιοτικών αμπελώνων αναπτύσσεται σε ασβεστούχα εδάφη. Τέλος, είναι πολύ σημαντικός ο προσδιορισμός του ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος πριν γίνει η εγκατάσταση του αμπελιού (Ταγαράκης Χ., 2014).

- Ιχνοστοιχεία: Τα βασικότερα ιχνοστοιχεία είναι (Ταγαράκης Χ., 2014):
 - Σίδηρος: Αποτελεί συστατικό των πρωτεϊνών και βοηθά στην παραγωγή χλωροφύλλης. Όταν υπάρχει έλλειψη αυτού δημιουργείται μεσονεύρια χλώρωση στα νεαρά φύλλα και μειώνεται η ανάπτυξη της βλάστησης.
 - Χαλκός: Βοηθά στην σύνθεση χλωροφύλλης και σε βιοχημικές αντιδράσεις ενζύμων. Η έλλειψη αυτού είναι σπάνια και δημιουργεί μειωμένη ζωηρότητα και παραγωγή.
 - Μαγγάνιο: Συμμετέχει στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Η έλλειψη αυτού είναι σπάνια και παρατηρείται κυρίως σε αμπέλια τα οποία είναι εγκατεστημένα σε ασβεστούχα και αμμώδη εδάφη.
 - Βόριο: Βοηθά την σύνθεση συστατικών ενδυνάμωσης του φυτικού ιστού και στην καρπόδεση. Η έλλειψη αυτού συναντάται κυρίως σε ξερικούς αμπελώνες και προκαλεί μειωμένη καρπόδεση και ανάπτυξη των βλαστών.
 - Ψευδάργυρος: Συμβάλει στην σύνθεση των πρωτεϊνών, στην παραγωγή ορμονών, στη γονιμοποίηση και στην καρπόδεση. Έλλειψη του μπορεί να προκαλέσει μειωμένη καρπόδεση.
 - Μολυβδαίνιο: Βοηθάει στην μετατροπή του αζώτου σε μεταβολίσιμη μορφή. Έτσι όταν υπάρχει έλλειψη αυτού χαρακτηρίζεται ως έλλειψη αζώτου.
 - Αργίλιο: Βρίσκεται σε όλα τα εδάφη. Όταν το pH είναι όξινο, παρατηρείται τοξικότητα αργιλίου προκαλώντας μείωση της καλής λειτουργίας του ριζικού συστήματος.

Σε κάθε αμπελώνα κρίνεται αναγκαία η εκτίμηση των ιδιοτήτων του εδάφους και η πραγματοποίηση εδαφικών αναλύσεων τόσο πριν γίνει η εγκατάσταση ενός αμπελώνα όσο και μετά την εγκατάσταση αυτού ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Για να γίνει μια εδαφολογική ανάλυση, αρχικά θα πρέπει να γίνει δειγματοληψία του εδάφους σε σημεία τα οποία έχουν ομοιογένεια και να είναι σε βάθος μέχρι 60cm. Για να γίνει μια δειγματοληψία πιο βαθιά πρέπει να υπάρχει ιδιαίτερος λόγος (Νικολάου, 2005).

Σύμφωνα με τον Νικολάου, 2005, όταν γίνεται εδαφική ανάλυση για μια καλλιέργεια αμπελιού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παράγοντες:

- Μηχανική σύσταση
- Δομή
- Οργανική ουσία
- pH
- Εναλλακτική ικανότητα
- Ελεύθερο και ενεργό ανθρακικό ασβέστιο
- Τα κυριότερα μακροστοιχεία
- Τα κυριότερα ιχνοστοιχεία

Θεωρητικά, κάθε χρόνο όσες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων αφαιρούνται από το έδαφος τόσες θα πρέπει και να προστίθενται πίσω σε αυτό μέσω της λίπανσης. Από τους παρακάτω πίνακες παρέχεται η δυνατότητα να γίνει υπολογισμός των αναγκών των αμπελώνων σε λίπασμα. Μέσα στους υπολογισμούς θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και ποσότητες φυτικής μάζας που παραμένουν στο χωράφι, όπως είναι το ξύλο κλαδέματος, τα φύλλα και οποιαδήποτε άλλη οργανική ύλη. Στους πίνακες 4 και 5 παρουσιάζονται οι ποσότητες των θρεπτικών ουσιών που απομακρύνονται από το χωράφι κατά τον τρύγο (Ταγαράκης Χ., 2014).

Παραγωγή (t/ha)	Kg/ha που απομακρύνονται					
	N	P	K	Ca	Mg	S
5-10	17	2	19	1	1	1
11-15	29	4	32	2	2	1
16-20	41	5	45	3	3	2
21-25	51	7	56	4	4	2
26-30	63	8	69	5	5	3
31-35	74	10	82	6	6	3

Εικόνα 16: Ποσότητα των θρεπτικών ουσιών που απομακρύνονται από το αμπέλι κατά τον τρύγο ανάλογα με την παραγωγή (Ταγαράκης Χ., 2014).

	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg (MgO)
Απώλειες (kg) ανά τόνο παραγωγής	8	3	10	2

Εικόνα 17: Ποσότητα θρεπτικών ουσιών που απομακρύνονται από το χωράφι κατά τον τρύγο για κάθε τόνο παραγόμενο σταφυλιού (οινοποίηση) (Ταγαράκης Χ., 2014).

Όταν υπάρχει ισορροπία στην ποσότητα αζώτου στον αμπελώνα αυξάνεται η γονιμότητα των οφθαλμών αυξάνοντας και την παραγωγή. Από την άλλη όταν υπάρχει χαμηλή διαθεσιμότητα αζώτου μειώνεται η παραγωγή και η ζωνρότητα του φυτού ενώ τα νεαρά φύλλα παρουσιάζουν χλώρωση υποδεικνύοντας έλλειψη χλωροφύλλης. Αν υπάρχει έλλειψη αζώτου κατά την περίοδο της ανθοφορίας τότε παρουσιάζεται μειωμένη καρπόδεση και μικρό μέγεθος και αριθμός σταφυλιών (Νικολάου, 2005). Όταν εφαρμοστεί υπερβολική λίπανση αζώτου προκαλείται έντονη ζωνρότητα των φυτών που οδηγεί σε καθυστερημένη ωρίμανση των σταφυλιών, παρατεταμένη αύξηση της ετήσιας βλάστησης που συνεχίζεται και κατά την ωρίμανση των σταφυλιών, αύξηση του αριθμού των βλαστανόντων οφθαλμών, επιδρά αρνητικά στη διαφοροποίηση των ανθέων με συνέπεια να μειωθεί η παραγωγή (Ταγαράκης Χ., 2014). Ακόμα, όταν υπάρχει περίσσεια αζώτου, υπάρχει μεγάλη αύξηση για προσβολή των σταφυλιών από μυκητολογικές ασθένειες, καθυστέρηση

της ωρίμανσης των βλαστών και επιβράδυνση της φυλλόπτωσης. Τέλος, οι ανάγκες για νερό είναι αυξημένες ενώ παρατηρείται υποβάθμιση της ποιότητας των σταφυλιών που παρουσιάζονται με μειωμένη περιεκτικότητα σε σάκχαρα, χρωστικές καθώς και μειωμένη εκχυλίσματικότητα των ανθοκυανών (Ταγαράκης Χ., 2014).

Έρευνες τονίζουν ότι η περίσσια αζώτου επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα του παραγόμενου οίνου. Έτσι, προκαλούνται αρνητικές επιπτώσεις στον αλκοολικό τίτλο, την περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις και την οξύτητα. Σε τριετής μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε αμπελώνα που δεν είχε λιπανθεί τα προηγούμενα 7 χρόνια, εφαρμόστηκαν διάφορα επίπεδα αζώτου και αναλύθηκαν τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου χυμού. Διαπιστώθηκε ότι η λίπανση αζώτου επηρεάζει την κινητική της αλκοολικής ζύμωσης και την ποιότητα του παραγόμενου οίνου. Μια λίπανση με 112 kg N/ha αποδείχθηκε ότι ήταν αρκετή για να επιτευχθεί γρηγορότερη ζύμωση και καλή ποιότητα οίνου. Από την άλλη, ο χυμός που προήλθε από τα φυτά που δεν έλαβαν λίπανση καθυστέρησε να αποζυμωθεί και ο οίνος που παράχθηκε ήταν κατώτερης ποιότητας (Ταγαράκης Χ., 2014).

Η έρευνα των Lacroux et. al., 2008, απέδειξε ότι η διαφυλλική λίπανση με άζωτο και η διαφυλλική λίπανση με άζωτο και θείο βελτιώνει το ποικιλιακό άρωμα του οίνου στην ποικιλία Sauvignon Blanc χωρίς ωστόσο να αυξάνει την ζωηρότητα του αμπελιού και την ευαισθησία του στην προσβολή από βοτρυτή. Πολύ πιθανό να συμβαίνει και σε άλλες παρόμοιες ποικιλίες αμπελιού οι οποίες περιέχουν στη ράγα πτητικές θειόλες.

Μετά από έρευνα που έγινε για την επίδραση του καλίου και της άρδευσης στην ποιότητα των παραγόμενων σταφυλιών και οίνου σε αμπελώνες της Καλιφόρνιας σε ποικιλία Carignan διαπιστώθηκε ότι, υπάρχει μικρή επίδραση του καλίου στο βάρος του καρπού και καμία επίδραση στο pH, την οξύτητα και τη συγκέντρωση καλίου στο γλεύκος. Άλλοι ερευνητές μελέτησαν την επίδραση που έχει η άρδευση, το φορτίο παραγωγής και η καλιούχος λίπανση στην παραγωγή και την ποιότητα των σταφυλιών σε ποικιλία Concord. Αυτή η έρευνα έγινε σε αμπέλι 14 ετών στο οποίο δεν είχε γίνει ποτέ λίπανση με κάλιο. Κατά το πρώτο έτος εφαρμογής καλίου, παρατηρήθηκε αύξηση της παραγωγής και της ανάπτυξης των φυτών (Ταγαράκης Χ., 2014).

Έρευνα που διήρκησε δέκα χρόνια μελετήθηκε η επίδραση που έχουν τα βασικά μακροστοιχεία αζώτου, του φωσφόρου και καλίου, στη σύσταση των φύλλων και των σταφυλιών πάνω στην ποικιλία Chenin blanc. Η λίπανση αζώτου προκάλεσε μια μικρή αύξηση της περιεκτικότητας του αζώτου στους μίσχους και στο έλασμα. Επίσης δεν παρατηρήθηκε επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ποιότητα των σταφυλιών και του οίνου. Όσο αφορά στην λίπανση φωσφόρου παρατηρήθηκε αύξηση της περιεκτικότητας σε φώσφορο στο έλασμα, τους μίσχους και στο γλεύκος. Στο φυτό παρατηρήθηκαν σημάδια έλλειψης φωσφόρου όταν η περιεκτικότητα φωσφόρου στο μίσχος έφτασε το 0,08%. Η λίπανση φωσφόρου είχε ελάχιστη επίδραση στην ποιότητα των σταφυλιών και του οίνου. Τέλος, η λίπανση με κάλιο αύξησε την ποσότητα καλίου στο φύλλο και το γλεύκος (Ταγαράκης Χ., 2014).

Ακόμα σε μια έρευνα που έγινε σε ποικιλία Concord παρατηρήθηκε αύξηση του καλίου στο γλεύκος όταν έγινε καλιούχος λίπανση. Παράλληλα αυξήθηκε και το pH του γλεύκους ενώ η ολική οξύτητα μειώθηκε. Το ασβέστιο και το μαγνήσιο

παρουσίασαν υψηλή αρνητική συσχέτιση σε σχέση με το κάλιο. Τελικά, η λίπανση με κάλιο μείωσε τον αριθμό των πράσινων ραγών στο σταφύλι κατά την συγκομιδή (Ταγαράκης Χ., 2014).

Σε έναν αμπελώνα που είναι εγκατεστημένος στον Νομό Καβάλας έγινε μελέτη στην ποικιλία Ροζακί σχετικά με την επίδραση της θρέψης του αμπελιού σε σχέση με την απόδοση του. Παρατηρήθηκε ότι με την αύξηση του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της περιεκτικότητας του εδάφους σε κάλιο, ασβέστιο, βόριο, και σίδηρο παρουσιάζεται αυξημένη παραγωγή. Από την άλλη πλευρά αυξημένη θρέψη σε φώσφορο, μαγνήσιο, μαγγάνιο, ψευδάργυρο και χαλκό καθώς και σε οργανική ουσία ανθρακικού ασβεστίου επηρέασαν αρνητικά την απόδοση, με τον πιο σημαντικό παράγοντα να αποτελεί το μαγνήσιο (Ταγαράκης Χ., 2014).

4.1.4 Εδαφική υγρασία - Άρδευση

Για την αμπελουργία είναι πλέον αποδεδειγμένο ότι η άρδευση αποτελεί μια πολύ σημαντική πρακτική, καθώς η εδαφική υγρασία είναι ένας καίριος παράγοντας που ρυθμίζει τη βλάστηση, την παραγωγικότητα των φυτών και την ωρίμανση των σταφυλιών (Ταγαράκης Χ., 2014). Όπως αναφέρει το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων το 2007 μόνο ένα 33% από το σύνολο όλων των καλλιεργούμενων εκτάσεων στην Ελλάδα αρδεύεται. Κατά συνέπεια, ένα μεγάλο μέρος των ελληνικών αμπελώνων καταπονείται λόγω έλλειψης νερού. Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει κυρίως την περίοδο του καλοκαιριού που χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα ξηροθερμικές συνθήκες. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μειωμένη βλαστική ανάπτυξη και παραγωγή και ταυτόχρονα την υποβάθμιση της ποιότητας με αποτέλεσμα την μείωση του οικονομικού κέρδους από την αμπελοκαλλιέργεια (Ταγαράκης Χ., 2014).

Η ποσότητα του διαθέσιμου νερού επηρεάζει σημαντικά την φυσιολογική λειτουργία και την ανάπτυξη ενός αμπελιού. Όταν υπάρχει έλλειψη νερού παρατηρείται αναστολή της αύξησης, μείωση της στοματικής αγωγιμότητας, μείωση της σπάργης των κυττάρων τα οποία χάνουν την ικανότητα μεγέθυνσης, μείωση της φυλλικής επιφάνειας και επιβράδυνση του μεταβολισμού, με συνέπεια τη μη ομαλή ωρίμανση των σταφυλιών και τη μείωση της παραγωγής. Από την άλλη, όταν υπάρχουν μεγάλες ποσότητες νερού, παρατηρείται αυξημένη ζωηρότητα των φυτών του αμπελιού με αποτέλεσμα να επιδεινώνεται η συνθήκη φωτισμού του φυλλώματος, να μειώνεται η ενεργός φυλλική επιφάνεια και να εμφανίζεται ανταγωνισμός στα προϊόντα της φωτοσύνθεσης μεταξύ βλαστικών και αναπαραγωγικών οργάνων, συνθήκες που είναι δυσμενείς προκειμένου να ωριμάσει σωστά η παραγωγή (Ταγαράκης Χ., 2014).

Από διάφορες μελέτες έχει αποδειχθεί ότι όταν επικρατούν συνθήκες υδατικής καταπόνησης επιταχύνεται η ωρίμανση των σταφυλιών, αυξάνεται η περιεκτικότητα τους σε ολικά διαλυτά στερεά και χρωστικές και μειώνεται η ολική οξύτητα του γλεύκους. Από την άλλη όμως, άλλοι ερευνητές συμπέραναν ότι το υδατικό καθεστώς δεν επηρεάζει την περιεκτικότητα των σταφυλιών σε σάκχαρα (Ταγαράκης Χ., 2014).

Οι ανάγκες για νερό διαφέρουν από περίοδο σε περίοδο βάσει του σταδίου ανάπτυξης του αμπελιού. Συγκεκριμένα, στο στάδιο της εκβλάστησης λόγω της βλαστικής αύξησης υπάρχουν και μεγάλες απαιτήσεις για νερό που καλύπτονται από

την υγρασία του εδάφους που έχει αποθηκευτεί όλο τον χειμώνα. Μεγάλες απαιτήσεις νερού χρειάζονται και στο στάδιο από την άνθιση ως την καρπόδεση. Αν παρατηρηθεί έλλειψη νερού σε αυτό το στάδιο θα υπάρξει μείωση της καρπόδεσης, ανθοροία και μικρορραγία. Στα επόμενα στάδια, από την καρπόδεση μέχρι τον περκασμό είναι το σημείο που πραγματοποιείται αύξηση των ραγών. Αν υπάρξει έλλειψη νερού σε αυτό το σημείο συνήθως παρατηρείται μειωμένο μέγεθος της ράγας και μειωμένη παραγωγή. Ωστόσο, σε ερυθρές οινοποιήσιμες ποικιλίες, αν υπάρξει μικρή έλλειψη νερού σε αυτό το στάδιο, μετά την καρπόδεση, μπορεί να επωφεληθεί το αμπέλι, καθώς υπάρχει μεγαλύτερη αναλογία μεταξύ στερεού υπολείμματος και γλεύκους στις ράγες κάτι που αυξάνει το δυναμικό εκχύλισης κατά την οινοποίηση. Μικρή έλλειψη νερού είναι ιδανική κατά το στάδιο ανάμεσα από τον περκασμό και την ωρίμανση. Όπως αναφέρεται και σε έρευνες, η ύπαρξη μειωμένης υδατικής διαθεσιμότητας μετά το στάδιο του περκασμού βοηθάει στην μη επαναδραστηριοποίηση της βλάστησης και δεν έχει επίπτωση στη φυσιολογία του αμπελιού. Παρόλα αυτά αν υπάρξει μεγάλη καταπόνηση νερού σε αυτό το στάδιο, θα μειωθεί σημαντικά η φωτοσύνθεση, άρα θα μειωθεί η συγκέντρωση σακχάρων στο γλεύκος και η περιεκτικότητα σε χρωστικές και αρωματικές ενώσεις. Κατά κύριο λόγο και σύμφωνα με πολλούς ερευνητές, σε αυτό το στάδιο η μειωμένη διαθέσιμη ποσότητα νερού έχει θετική επίδραση στην περιεκτικότητα του φλοιού σε ανθοκυάνες. Στο τελευταίο στάδιο, από την συγκομιδή μέχρι και την φυλλόπτωση, είναι αναγκαία η αποκατάσταση της εδαφικής υγρασίας για την παραγωγή νέων ριζών και την ξυλοποίηση των βλαστών. Παρόλα αυτά δεν είναι σχεδόν ποτέ αναγκαία η άρδευση καθώς εκείνη την εποχή, το φθινόπωρο, ξεκινούν οι βροχοπτώσεις που καλύπτουν τις απαιτήσεις του αμπελιού σε νερό (Ταγαράκης Χ., 2014).

Η διαχείριση της άρδευσης είναι ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει την παραγωγή και την ποιότητα των σταφυλιών και του παραγόμενου κρασιού. Σύμφωνα με τον Ταγαράκη Χ., 2014, εδώ και κάποια χρόνια πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με την υδατική σχέση των φυτών του αμπελιού, την άρδευση του και την μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης του νερού. Στην σύγχρονη αμπελουργία γίνεται χρήση της ελλειμματικής άρδευσης καθώς αναφέρεται ότι βελτιώνει την ποιότητα και ταυτόχρονα μειώνει τις εισροές. Η εφαρμογή αυτήν ορίζεται ως η ελεγχόμενη καταπόνηση στο νερό στο στάδιο μετά την καρπόδεση ώστε να επιβραδυνθεί η βλάστηση, να μειωθεί το μέγεθος της ράγας και να βελτιωθεί το μικροκλίμα στα σταφύλια καθώς περιορίζεται η σκίαση. Σύμφωνα με τον Κουνδουρά, 2013, στο στάδιο της ωρίμασης χρησιμοποιείται καταπόνηση νερού με σταθερή παροχή νερού ώστε να συντηρηθεί μια σταθερή μεταβολική λειτουργία για να μεγιστοποιηθεί η ποιότητα. Για να χρησιμοποιηθεί αυτήν η εφαρμογή, θα χρειαστεί να υπάρχει επάρκεια νερού, αρδευτική εγκατάσταση, κατάλληλη υποδομή και γνώση για να γίνονται οι απαραίτητες μετρήσεις και εκτιμήσεις της υδατικής κατάστασης των φυτών μέσω κατάλληλων εργαλείων (Ταγαράκης Χ., 2014).

Για να μπορέσει να επιτευχθεί μια σωστή διαχείριση των υδατικών σχέσεων με την υδατική κατάσταση σε όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για την παραγωγή ποιοτικών σταφυλιών, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα ελέγχου των επιπέδων νερού σε όλη την διάρκεια του ετήσιου κύκλου. Έτσι, για να γίνει ο κατάλληλος προγραμματισμός της άρδευσης είναι αναγκαία η παρακολούθηση του

κάθε αμπελώνα με μετρήσεις του νερού των φυτών χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο εξοπλισμό (Κουνδουράς, 2013).

Η εκτίμηση της υδατικής κατάστασης των φυτών ενός αμπελιού μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

- Άμεσα, με μέτρηση και καταγραφή των παραμέτρων φυσιολογίας
- Έμμεσα, με μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με αισθητήρες εδάφους ή της εξάτμισοδιαπνοής από μετεωρολογικούς σταθμούς.

Μια από τις βασικές άμεσες μετρήσεις για να γίνει εκτίμηση της υδατικής κατάστασης των φυτών είναι η μέτρηση του υδατικού δυναμικού με χρήση του θαλάμου πίεσης τύπου Scholander, που αποτελεί ευρέως χρησιμοποιούμενο και αξιόπιστο δείκτη της υδατικής κατάστασης των φυτών της αμπέλου (Ταγαράκης X., 2014). Η μέτρηση του υδατικού δυναμικού γίνεται πριν την ανατολή του ήλιου ή κατά το ηλιακό μεσημέρι. Όσο αφορά στη δεύτερη μέτρηση θα πρέπει να έχει γίνει αρχικά ο εγκλεισμός των φύλλων της μέτρησης σε αδιαφανείς σακούλες για να εξισορροπηθεί η υγρασία με τον βλαστό (Κουνδουράς, 2013). Με βάση τις τιμές του υδατικού δυναμικού μπορεί να εκτιμηθεί η υδατική κατάσταση των φυτών του αμπελιού όπως φαίνεται στον πίνακα 6 παρακάτω.

	Πρωινό υδατικό δυναμικό Ψ_p (bar)	Μεσημβρινό υδατικό δυναμικό βλαστού Ψ_s (bar)
Απουσία υδατικής καταπόνησης	> -2	> -5
Έναρξη υδατικής καταπόνησης	-2 έως -4	-5 έως -8
Ήπια υδατική καταπόνηση	-4 έως -6	-8 έως -11
Μέτρια υδατική καταπόνηση	-6 έως -8	-11 έως -14

Εικόνα 18: Κρίσιμες τιμές υδατικού δυναμικού ανάλογα με την ένταση της υδατικής καταπόνησης της αμπέλου (Ταγαράκης X., 2014)

Μετά από πειράματα και πολλές πρακτικές εφαρμογές για την χρήση του υδατικού δυναμικού των φυτών του αμπελιού, μελετήθηκε το ιδανικό υδατικό καθεστώς για το κάθε στάδιο αύξησης και ανάπτυξης. Μέχρι το στάδιο της καρπόδεσης είναι απαραίτητο να επικρατεί επάρκεια νερού ($\Psi_s > -8$ bar) για να ικανοποιείται η ανάπτυξη του φυλλώματος και να αποφευχθεί η ανθορροία και η μικρορραγία από την άνθιση μέχρι και την καρπόδεση. Μετά το στάδιο της καρπόδεσης μέχρι και τον περκασμό μπορεί να επικρατεί ήπια υδατική καταπόνηση (έως $\Psi_s = -14$ bar) για να ανασταλεί η αύξηση της βλάστησης ώστε τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης να μένουν στον καρπό. Η ήπια υδατική καταπόνηση συμβάλει στην βελτίωση του φωτισμού και του αερισμού των σταφυλιών και ταυτόχρονα στην αύξηση της ενεργής φυλλικής επιφάνειας. Στο βασικότερο στάδιο, αυτό της ωρίμανσης, που καθορίζονται τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος, προτείνεται η εφαρμογή ήπιας υδατικής καταπόνησης ($-11 < \Psi_s < -13$ bar) κυρίως σε ερυθρές ποικιλίες, για να αυξηθούν οι φαινολικές ενώσεις και να βελτιωθεί η αναλογία σακχάρων και οξέων. Στις λευκές ποικιλίες συνιστάται ένα πιο ευνοϊκό υδατικό καθεστώς. Αν στο στάδιο της ωρίμανσης επικρατεί μεγάλη καταπόνηση στο νερό ($\Psi_s < -14$) το παραγόμενο κρασί θα έχει υψηλή περιεκτικότητα σε αλκοόλη, χαμηλή οξύτητα και στυπτικές τανίνες

γεγονός που δεν ενδείκνυται για παλαιώση. Παρόλο που το υδατικό δυναμικό αποτελεί ιδιαίτερα αξιόπιστη μέτρηση έχει κάποια μειονεκτήματα καθώς η διαδικασία της δεν είναι αυτοματοποιημένη, είναι χρονοβόρα και καταστροφική, με συνέπεια να είναι δύσκολη έως και αδύνατη η επίτευξη υψηλής χωρικής ανάλυσης των μετρήσεων εντός των αμπελώνων όπως απαιτεί η εφαρμογή της Γ.Α. (Ταγαράκης Χ., 2014).

Σύμφωνα με τον Ταγαράκη Χ., 2014, για την έμμεση εκτίμηση της υδατικής κατάστασης έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες που με συνδυασμό των ασύρματων δικτύων επιτυγχάνουν αυτόματα και άμεσα την λήψη των μετρήσεων. Μέσα σε αυτά περιλαμβάνονται οι αισθητήρες εδαφικής υγρασίας, τα θερμομέτρα υπέρυθρων για την εκτίμηση της θερμοκρασία του φυλλώματος και την επεξεργασία δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφιών. Παρόλο που αυτές οι μέθοδοι δεν παρέχουν μεγάλη ακρίβεια, τα πλεονεκτήματα είναι πολύ σημαντικά καθώς υπάρχει αυτόματη συλλογή και επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων.

Με την καλύτερη και αποτελεσματικότερη άρδευση αυξάνεται η παραγωγή, βελτιστοποιείται η ποιότητα και εξοικονομείται νερό. Με βάση τα παραπάνω είναι κατανοητό ότι αν γίνει εφαρμογή τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας για την άρδευση των αμπελώνων, τα οφέλη που μπορεί να προκύψουν θα είναι σημαντικά στην παραγωγή και την ποιότητα καθώς θα βελτιωθεί η συνολική διαχείριση της άρδευσης. Όπως γίνεται στην παραδοσιακή άρδευση, η ποσότητα νερού που εφαρμόζεται είναι ομοιόμορφη σε όλο το αμπέλι κάτι που σημαίνει ότι κάποια κομμάτια έχουν μικρότερες ανάγκες για νερό και δέχτηκαν περισσότερο ενώ σε άλλες περιπτώσεις έχει γίνει το αντίθετο. Η εφαρμογή μεταβλητής δόσης νερού ανάλογα με τις πραγματικές ανάγκες του αγρού μπορεί να αποτελέσει ένα σημείο κλειδί για την βελτιστοποίηση της άρδευσης και να οδηγήσει στην βελτίωση της ποιότητας του σταφυλιού και στην εξοικονόμηση νερού ενώ δεν θα μειωθεί η πρόσοδος του παραγωγού.

Υπάρχουν ερευνητές που ασχολήθηκαν με την χωρική παραλλακτικότητα της υδατικής κατάστασης των φυτών της αμπέλου μέσω της εφαρμογής γεωργίας ακριβείας. Σε μελέτη που έγινε προσπάθησαν ερευνητές να καταγράψουν την υδατική κατάσταση των φυτών αμπελιών μέσω θερμικών εικόνων. Καθώς λάμβαναν τις εικόνες έκαναν μετρήσεις των παραμέτρων όπως είναι το υδατικό δυναμικό, η στοματική αγωγιμότητα του φυλλώματος και ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας. Τη μεγαλύτερη συσχέτιση με την υδατική κατάσταση της καλλιέργειας παρουσίασε η στοματική αγωγιμότητα, με $R^2 = 0,91$). Ωστόσο είναι μια παράμετρος που δεν μπορεί να μετρηθεί εύκολα στο πλαίσιο συστημάτων αμπελοργίας ακριβείας (Ταγαράκης Χ., 2014).

Σε άλλη έρευνα, έγινε ανάλυση αεροφωτογραφιών υψηλής χωρικής ανάλυσης και ιδιοτήτων εδάφους που είχαν σκοπό να δημιουργήσουν ζώνες υδατικής κατάστασης σε αμπελώνες. Η ανάλυση των εικόνων ήταν 1 m^2 και περιείχαν πληροφορίες για το δείκτη NDVI της καλλιέργειας. Με την ανάλυση των εικόνων δημιουργήθηκαν ζώνες στις οποίες εκτιμήθηκε η υδατική κατάσταση του αμπελιού, η βλάστηση, η ηλεκτρική αντίσταση του εδάφους, το ύψος παραγωγής και η ποιότητα των σταφυλιών. Στατιστικά υπήρχαν σημαντικές διαφορές σε όλους τους παράγοντες που μετρήθηκαν στις ζώνες εκτός από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Το συμπέρασμα της έρευνας ήταν ότι η δημιουργία ζωνών χρησιμοποιώντας μετρήσεις του δείκτη NDVI μπορούν να

οδηγήσουν σε εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της παραγωγής βάσει της υδατικής υγρασίας (Ταγαράκης Χ., 2014).

4.1.5 Κλάδεμα

Το κλάδεμα είναι ακόμα μια βασική εργασία για την καλλιέργειας του αμπελιού. Με το κλάδεμα ρυθμίζεται η βλάστηση και καθορίζεται η τελική παραγόμενη ποσότητα και ποιότητα των σταφυλιών (Αναστασίου, 2020). Υπάρχουν δύο είδη κλαδέματος, το κλάδεμα διαμόρφωσης και το κλάδεμα καρποφορίας. Με το πρώτο είδος κλαδέματος κατά τα πρώτα χρόνια φύτευσης των ριζών γίνεται η διαμόρφωση του σχήματος του αμπελιού για την παραγωγική του αξιοποίηση. Το κλάδεμα καρποφορίας διακρίνεται με τη σειρά του σε χειμερινό και θερινό κλάδεμα. Το χειμερινό κλάδεμα έχει ως σκοπό να ελέγξει τον αριθμό των οφθαλμών που θα βλαστήσουν και τον αριθμό των κληματίδων. Ο αριθμός των οφθαλμών που θα μείνουν στο φυτό επηρεάζονται από το σύστημα μόρφωσης και την ποικιλία. Έτσι, το χειμερινό κλάδεμα επηρεάζει την τελική παραγόμενη ποσότητα και ποιότητα του αμπελιού (Αναστασίου, 2020). Το θερινό κλάδεμα χωρίζεται σε βλαστολόγημα, κορυφολόγημα, ξεφύλλισμα, χαραγή και αφαίρεση σταφυλιών (Καραγιαννοπούλου, 2018).

Το βλαστολόγημα αναφέρεται στην απομάκρυνση μη παραγωγικών βλαστών από το φυτό. Αυτοί οι μη παραγωγικοί βλαστοί είναι οι λαίμαργοι, οι οποίοι φύτρωσαν από λανθάνοντες οφθαλμούς που βρίσκονται στο φυτό αλλά και βλαστούς οι οποίοι δεν φέρουν ταξιανθίες. Σκοπός του βλαστολογήματος είναι να αφαιρεθούν οι βλαστοί που επιβαρύνουν την ανάπτυξη του αμπελιού και να αυξηθεί η ποιότητα και η ποσότητα. Έτσι, με το βλαστολόγημα επιτυγχάνεται καλύτερη ισορροπία ανάμεσα στους βλαστούς και στους καρπούς (Καραγιαννοπούλου, 2018).

Το κορυφολόγημα είναι το κλάδεμα των κορυφών των κληματίδων. Το κορυφολόγημα έχει ως σκοπό την αποφυγή της μεταφοράς των χυμών του αμπελιού προς την κορυφή και κατά συνέπεια προς την ανάπτυξη της βλάστησης του αμπελιού. Έτσι, επιτυγχάνεται η μεταφορά των χυμών προς τα σταφύλια με αποτέλεσμα να ενισχύονται τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της παραγωγής. Η ένταση και ο αριθμός των κορυφολογημάτων επηρεάζεται από τον ρυθμό ανάπτυξης των φυτών καθώς και από την επιδιωκόμενη τελική ποιότητα και ποσότητα της παραγωγής (Καραγιαννοπούλου, 2018).

Το ξεφύλλισμα έχει σκοπό την αφαίρεση φύλλων για να βελτιωθεί το μικροκλίμα στο αμπέλι και να βοηθήσει στον αερισμό των σταφυλιών και την έκθεση τους στον ήλιο. Όλο αυτό έχει ως αποτέλεσμα να βελτιώνεται η τελική ποιότητα της παραγωγής, όπως το χρώμα των ραγών και οι ανθοκυάνες, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η προσβολή από μυκητολογικές ασθένειες (Καραγιαννοπούλου, 2018).

Χαράκωμα ή χαραγή είναι η τεχνική κατά την οποία το φυτό χαράζεται περιφερειακά στην βάση του. Αυτήν η διαδικασία έχει ως σκοπό τη μείωση της μεταφοράς των χυμών, που περιέχουν τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης, προς τις ρίζες και την αποθήκευσή τους στα σταφύλια. Αυτήν η διαδικασία ενισχύει τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των σταφυλιών ενώ παράλληλα μπορεί να επιτευχθεί πρωϊμηση της παραγωγής (Καραγιαννοπούλου, 2018).

Η αφαίρεση σταφυλιών πραγματοποιείται σε αμπέλια με υψηλές παραγωγές και έχει σκοπό την βελτίωση της ποιότητας. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται προώμιση της παραγωγής. Η πρακτική εφαρμόζεται σε σταφύλια που είναι όψιμα, κακοσχηματισμένα ή βρίσκονται σε ακατάλληλες θέσεις (Καραγιαννοπούλου, 2018).

4.2 Αμπελουργία Ακριβείας

Με βάση τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι η καλλιέργεια του αμπελιού εμφανίζει αρκετές ιδιαιτερότητες και ανάγκες στον τρόπο καλλιέργειας που αν ληφθούν υπόψη θα βελτιποιηθεί η ποιότητα και η ποσότητα της παραγωγής. Με τον συμβατικό τρόπο καλλιέργειας δεν είναι επιτεύξιμες πλήρως όλες αυτές οι ανάγκες. Η λύση βρίσκεται στην εφαρμογή τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας στο αμπέλι. Ο όρος αμπελουργία ακριβείας είναι η εφαρμογή γεωργίας ακριβείας σε ένα αμπέλι. Σύμφωνα με τους Bramley et. al., 2003, η αμπελουργία ακριβείας είναι μια κυκλική διαδικασία που σε αυτήν συλλέγονται δεδομένα από το πεδίο, αναλύονται και στην συνέχεια λαμβάνονται αποφάσεις διαχείρισης και αξιολόγησης των εφαρμοσμένων πρακτικών. Ο κύριος στόχος της αμπελουργίας ακριβείας είναι η διαχείριση της παραλλακτικότητας των αμπελώνων με τον καθορισμό ζωνών διαχείρισης. Μέσα σε αυτές τις ζώνες διαχείρισης της παραλλακτικότητας η επίδραση του εδάφους και άλλων παραγόντων στις παραμέτρους του αμπελιού, όπως είναι η απόδοση, η ευρωστία και η σύνθεση σταφυλιών, θεωρείται παρόμοια. Το ίδιο ισχύει και για τις παραμέτρους της ποιότητας και τη ποσότητας των σταφυλιών (Αναστασίου, 2020).

Σύμφωνα με τον Αναστασίου, 2020, η αμπελουργία ακριβείας έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Βελτιωμένη εγκατάσταση αμπελώνων
- Στοχευμένη διαχείριση της καλλιέργειας
- Μείωση κόστους καλλιέργειας (άμεσα ή έμμεσα)
- Αυξημένη αιφορία για την αμπελοκαλλιέργεια
- Βελτίωση του τρόπου δειγματοληψίας και σχεδιασμού πειραμάτων
- Εφαρμογή ζωνών διαχείρισης

Παρόλα αυτά υπάρχουν και περιορισμοί της χρήσης της αμπελουργίας ακριβείας. Αυτοί είναι (Αναστασίου, 2020):

- Προϋπόθεση της κατανόησης της φύσης, των οδών της μεταβλητότητας και παροχή σύνδεσης με τον τύπο του προϊόντος (παραγωγή σταφυλιών και κρασιού) για να μεγιστοποιηθούν τα πλεονεκτήματα της αμπελουργίας ακριβείας
- Τα γενικά κριτήρια και οι συστάσεις για μια καλλιέργεια αμπελιού πρέπει να εφαρμόζονται σε κάθε τύπο προϊόντος και δεν μπορούν να γενικεύονται σε διαφορετικές συνθήκες.
- Απαιτείται χρήση εξοπλισμού υψηλής τεχνολογίας
- Απαιτείται η εφαρμογή της αμπελουργίας ακριβείας να είναι αποτελεσματική ως προς το τελικό κόστος της καλλιέργειας.

Η αμπελουργία ακριβείας πρωτοεμφανίστηκε στην Αυστραλία και στις ΗΠΑ το 1999 σε αμπελώνες που γινόταν η συγκομιδή τους μηχανικά. Στην Χιλή το 2001

έγιναν πειράματα εκτίμησης της χωρικής παραλλακτικότητας, της παραγωγής και της ποιότητας των καρπών. Στην Ισπανία η αρχή χαρτογράφησης της παραγωγής ξεκίνησε το 2002. Όσον αφορά στην Ελλάδα το 2006 πραγματοποιήθηκε χαρτογράφηση της παραγωγής και της ποιότητας σε αμπελώνες στην Θεσσαλία (Ταγαράκης, 2014).

Από τα πρώτα βήματα στην αμπελουργία ακριβείας είναι η καταγραφή των διαφόρων παραμέτρων που έχουν να κάνουν με την καλλιέργεια. Σε αυτό το σημείο λαμβάνονται μετρήσεις για τα χαρακτηριστικά του εδάφους, την παραγωγή, την ποιότητα και τη φυσιολογία των φυτών οι οποίες χαρτογραφούνται αυτόματα από τους αισθητήρες ή μέσω δειγμάτων που έχουν περάσει από εργαστηριακή ανάλυση. Στην συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση και η επεξεργασία δεδομένων που έχουν συλλεχθεί κατά τη καλλιεργητική περίοδο και κατά τη διάρκεια των προηγούμενων ετών. Μια σημαντική πηγή δεδομένων είναι τα ιστορικά δεδομένα καθώς αποκαλύπτουν πληροφορίες για παραμέτρους που παρουσίαζαν χρονική σταθερότητα και τα αίτια μιας χρονικής παραλλακτικότητας. Ο τελικός στόχος αυτής της διαδικασίας είναι η δημιουργία ζωνών διαχείρισης σε διάφορα τμήματα του αμπελώνα ανάλογα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του (Ταγαράκης, 2014).

5. Συμπεράσματα

Η αύξηση του πληθυσμού της γης αυξάνει τις ανάγκες των ανθρώπων για πρώτες ύλες. Η ανάγκη αυτήν σε συνδυασμό με το ότι οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις δεν αυξάνονται δημιουργεί σκέψεις για τον τρόπο αύξησης της ποσότητας των πρώτων υλών διατηρώντας όμως τις ίδιες καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Σε αυτό το σημείο καθοριστικό ρόλο έχει η γεωργία ακριβείας. Η γεωργία ακριβείας αποτελεί έναν νέο πολλά υποσχόμενο τρόπο καλλιέργειας που βασίζεται στην εφαρμογή και αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών και μεθόδων επεξεργασίας δεδομένων. Ανώτερος στόχος της γεωργίας ακριβείας είναι ο καθορισμός ζωνών διαχείρισης και η εφαρμογή διαφορετικών καλλιεργητικών πρακτικών (άρδευση, λίπανση, κλάδεμα, συγκομιδή) με σκοπό την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των πόρων για την επίτευξη κοινωνικής, οικονομικής και περιβαλλοντικής αειφορίας. Με την εφαρμογή των τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας σε μια καλλιέργεια δίνεται η δυνατότητα να αυξηθεί η ποιότητα αλλά και η ποσότητα του καλλιεργήσιμου προϊόντος χωρίς ωστόσο να αυξηθεί η καλλιεργήσιμη έκταση. Αυτές οι τεχνολογίες γεωργίας ακριβείας μπορούν να αποτελέσουν μια λύση στο πρόβλημα των πρώτων υλών.

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω, η χρήση γεωργίας ακριβείας ωφελεί οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά. Οι οικονομικές ωφέλειες ενδιαφέρουν περισσότερο τους γεωργούς καθώς με την γεωργία ακριβείας εξοικονομείται νερό, λίπασμα, φυτοπροστατευτικά προϊόντα ακόμη και καύσιμα. Τα αντίστοιχα ποσοστά που έχουν εξοικονομηθεί σε διάφορες μελέτες είναι 20% νερό, 40% λίπασμα, 15% σπόροι, 40% φυτοπροστατευτικές ουσίες και 30% καύσιμο. Οι οικονομικές ωφέλειες είναι κυρίως σε νερό, φυτοπροστατευτικές ουσίες, ψεκαστικό υγρό, λίπασμα, σπόροι και καύσιμα. Εκτός από το μικρότερο κόστος παραγωγής η γεωργία ακριβείας μπορεί να προσφέρει και στο περιβάλλον. Όπως έχει αναφερθεί σε έρευνες, με την χρήση γεωργίας ακριβείας μπορεί να μειωθεί η ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα και του φαινομένου του θερμοκηπίου. Όσον αφορά στην κοινωνία η γεωργία ακριβείας συμβάλλει στο να γίνει η καλλιέργεια της γης ασφαλέστερη, με ποιοτικότερα αποτελέσματα και εξοικονόμηση χρόνου προάγοντας με αυτόν τον τρόπο την ευζωία.

Κάθε χώρα και κάθε περιοχή έχει τον δικό της ρυθμό υιοθέτησης της γεωργίας ακριβείας. Παρόλο που από το 1980 έχει ξεκινήσει η χρήση γεωργίας ακριβείας, μόνο ένα μικρό ποσοστό αγροτών κάνουν χρήση όλων των τεχνολογιών της. Αυτό οφείλεται στις πηγές πληροφόρησης κατά την διάρκεια της κάθε φάσης της διαδικασίας έγκρισης. Προϋπόθεση για την υιοθέτηση της γεωργίας ακριβείας αποτελούν με σειρά σπουδαιότητας η ύπαρξη κατάλληλων κριτηρίων για την οικονομική αξιολόγηση της γεωργίας ακριβείας, η έλλειψη εστίασης στο σύνολο της εκμετάλλευσης, η ποιότητα των μεθόδων αξιολόγησης των καλλιεργειών, η παρακολούθηση και η ιχνηλασιμότητα του προϊόντος και ο περιβαλλοντικός έλεγχος. Ωστόσο, οι κύριοι παράγοντες που οδηγούν στην χρήση της γεωργίας ακριβείας είναι το εκπαιδευτικό επίπεδο, η ηλικία και ο βαθμός εξοικείωσης των αγροτών με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Εκτός από τους παραπάνω παράγοντες που αφορούν τους παραγωγούς σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και ο τύπος ιδιοκτησίας, το είδος της καλλιέργειας, η περιοχή της γεωργικής έκτασης και το μέγεθος της καλλιέργειας. Παρόλα αυτά δεν πρέπει να παραλειφθεί και η οικονομική δυνατότητα του κάθε παραγωγού.

Η Θεσσαλία, που αποτελεί το πεδίο ερευνάς, είναι το 5^ο μεγαλύτερο γεωγραφικό διαμέρισμα της χώρας, της οποίας η πεδιάδα φτάνει τα 5.000 km² και ένα μεγάλο ποσοστό της είναι αρδευόμενη. Αυτός είναι ο λόγος που ένα μεγάλο ποσοστό, κοντά στο 19,9%, των αγροτών ασχολείται με τον πρωτογενή τομέα. Ακόμα η Θεσσαλία κατέχει τη 3^η θέση στην οικονομία της χώρας ενώ παρά το γεγονός ότι παρατηρείται άνοδος όσον αφορά στο μορφωτικό επίπεδο των αγροτών, η Θεσσαλία, παραμένει πιο κάτω από τον μέσο όρο της υπόλοιπης Ελλάδας. Επίσης παρατηρείται έλλειψη παραγωγικών ατόμων καθώς η ανανέωση των γενεών είναι περιορισμένη. Τέλος, μια ακόμη αδυναμία της Θεσσαλίας, όπως και της χώρας γενικότερα, είναι το μικρό μέγεθος των περισσότερων επιχειρήσεων και ο μικρός βαθμός εξειδίκευσης και εξωστρέφειας.

Μια δυναμική καλλιέργεια, η οποία προσδίδει υψηλό εισόδημα, παρά το υψηλό κόστος παραγωγής και εγκατάστασης και που μπορεί να ευδοκιμήσει στη Θεσσαλία, είναι ο αμπελώνας. Η καλλιέργεια αυτήν δεν έχει μεγάλες θρεπτικές ανάγκες σε σχέση με άλλες καλλιέργειες και προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορες εδαφοκλιματικές συνθήκες με αποτέλεσμα να θεωρείται η Θεσσαλία μια κατάλληλη περιοχή να καλλιεργηθεί κυρίως λόγω του μεσογειακού κλίματος που αυτή διαθέτει.

Στην Θεσσαλία, εάν εφαρμοστεί σωστά η γεωργία ακριβείας στην αμπελουργία, θα αποκτήσει αρκετά ωφελεί. Αρχικά θα αυξηθεί η ποιότητα του κρασιού που παράγει. Ακόμα λόγω της τοποθεσίας της και του αυξημένου τουρισμού της περιοχής θα αυξηθεί η παραγωγή κρασιού και οι πωλήσεις του. Επίσης, οι καλλιέργειες μπορούν να γίνουν βιολογικές κατοχυρώνοντας μια πιστοποίηση Π.Ο.Π. γεγονός που θα συμβάλλει στην αναγνωρισιμότητα τους τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό.

Είναι φανερό, λοιπόν, ότι η γεωργία ακριβείας είναι μια προσέγγιση με ξεκάθαρα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που βελτιώνουν την παραγωγή των αμπελώνων. Ωστόσο για να εφαρμοστεί αποτελεσματικά η γεωργία ακριβείας πάνω στη καλλιέργεια αμπελιού θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σημαντικοί παράμετροι κάποιοι από τους οποίους είναι οι κλιματικές και οι εδαφικές συνθήκες.

Βιβλιογραφία

Νομοθετικό Πλαίσιο

Νόμος 3852/2010 περί Σύστασης-Συγκρότησης Αυτοδιοίκησης και Αποκεντρωμένης Διοίκησης

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αμπατζίδη Κ., 2019. Οι Αντιλήψεις των Ελλήνων Γεωργών για την Έξυπνη Γεωργία.

Αναστασίου Ε., 2020, Εφαρμογή γεωργίας ακριβείας σε καλλιέργεια επιτραπέζιων σταφυλιών.

Γέμτος Θ. Α., Φουντάς Σπ., Μαρκινός Α., Blackmore S., 2002, Γεωργία Ακριβείας: Προοπτικές Εφαρμογής στην Ελλάδα και στην Νότια Ευρώπη. ΗΑΙCΤΑ Συνέδριο, Αθήνα, Ιούλιος, 2002.

Γέμτος, Θ., Φουντάς, Σ., Μαρκινός, Α., Αγγελοπούλου, Α. και Α. Χατζηνίκος (2006). Εφαρμογές και προοπτική γεωργίας ακριβείας στην Ελλάδα. Τόμος επιστημονικών εργασιών της ΕΠΕΓΕ- Παράρτημα Β. Ελλάδα, σσ. 41-51.

Δερμάνης Α., 1999. Διαστημική Γεωδαισία και Γεωδυναμική – GPS. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρειας Θεσσαλίας, 2014-2020

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρειας Θεσσαλίας, 2021-2027

Καλαμαρά, Λ., 2018. Πώς η «έξυπνη» γεωργία αυξάνει την παραγωγικότητα στο χωράφι.

Καλύβας Δ., 2022. Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα, Η επιστήμη κλειδί για μια ψηφιακή ευφυή γεωργία. "Γεωργία – Κτηνοτροφία" τεύχος 7/2022, Ιούλιος σελ. 16-19.

Καραγιαννοπούλου Σ., 2018. Σημειώσεις Αμπελουργίας. Καλαμάτα. ΤΕΙ Πελοποννήσου.

Κολυβά Φ., 2014. Εφαρμογή γεωργίας ακριβείας σε αμπελώνα της Νεμέας.

Κουλούδης Ι, 2021. Γεωργική Συμβουλευτική και Γεωργία Ακριβείας.

Κουνδουράς Σ., 2013. Άρδευση της αμπέλου. Η σημασία της για την ποιότητα της παραγωγής. "Γεωργία – Κτηνοτροφία" τεύχος 10/2012, Δεκέμβριος σελ. 56-59.

Μιχαηλίδης, Α., Παπαδάκη-Κλαυδιανού, Α. και Γ. Κούντιος (2010). Υιοθέτηση Διάδοση Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών στην Ελληνική Γεωργία Γεωπονικά 01/2010, 444:14-21.

- Νάκη Β., 2016. Γεωργία Ακριβείας και Χρήση Νέων Τεχνολογιών στη Γεωργία.
- Νικολάου Ν.Α., 2005. Γενική Αμπελουργία, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2011 Επιχειρησιακό σχέδιο: «Καλάθι προϊόντων Περιφέρειας Θεσσαλίας»
- Ταγαράκης Α. Χ., 2014. Σύγχρονη διαχείριση αμπελώνων με χρήση συστημάτων πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών στο πλαίσιο εφαρμογής γεωργίας ακριβείας.
- Τσελές, Δ., 2011. Νέες τεχνολογίες στην γεωργία- Γεωργία Ακριβείας . Πρόγραμμα Γ.Γ.Ν.Γ.: Επιστημονική υποστήριξη νέων αγροτών. 9-16\
- Χριστοπούλου Ό., 2016. Η διαχείριση των υδατικών πόρων στον Θεσσαλικό κάμπο.

Ξένη Βιβλιογραφία

- Adamchuk V.I., Hummel J.W., Morgan M.T. & Upadhyaya S.K., 2004. On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 44, 71-91.
- Adrian, A. M., Norwood, S. H. & Mask, P. L. (2005). Producers' perceptions and attitudes toward precision agriculture technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 48:256-271.
- Aragues R., Medina E. T., Claveria I., Martinez-Cob A. & Faci J., 2014. Regulated deficit irrigation, soil salinization and soil solidification in a table grape vineyard drip-irrigated with moderately saline waters. *Agricultural Water Management*. 134, 84-93.
- Arampatzis T., Lygeros J. & Manesis S., 2005. A Survey of Applications of Wireless Sensors and Wireless Sensor Networks. In: *Proceedings of the 13th Mediterranean Conference on Control and Automation Limassol, Cyprus, June 27-29*.
- Ashley R., 2011. Grapevine nutrition-an Australian perspective. *Fosters Wine Estates Americas*.
- Aubert, B. A., Schroeder, A., & Grimaudo, J., 2012. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision support systems*, 54(1), 510-520.
- Auernhammer, H., (2001). Precision farming the environmental challenge. *Computers and Electronics in Agriculture* 32 (2001), 31_/43.
- Blackmore B.S., Godwin R. & Foundas S., 2003. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. *Biosystems Engineering* 84 (4), 455-466.
- Bongiovanni, R., & Lowenberg-DeBoer, J., 2004. Precision agriculture and sustainability. *Precision Agriculture*, 5(4), 359-387.

- Bowers C.G., Roberson G.T., Cassel D.K., Naderman G.C. & Brownie C., 2001. Variable Rate Liquid Nitrogen Application for Cotton and Corn Production. ASAE Annual International Meeting, Sacramento, CA, ASAE Paper No. 01-1201.
- Bramley R.G.V., Trought M.C.T. & Praat J.P., 2011a. Vineyard variability in Marlborough, New Zealand: characterizing variation. *Australian Journal of Grapes and Wine Research* 17, 72-78.
- Braso Ramos A., Montero Riquelme F., Montero Garcia F., Orozco L. & Roncero J.J., 2010. Precision viticulture using a Wireless Sensor Network. *Acta Horticulture (ISHS)* 931,307-313.
- Buick R., 2006. RTK base station network driving adoption of GPS +/- 1-inch automated steering among crop growers. Trimble Agricultural Division, Westminster, Colorado, USA.
- Burell J., Brooke T. & Beckwith R., 2004. Vineyard Computing: Sensor Networks in Agriculture Production. *IEEE Pervasive Computing*, 1536-1268.
- Cerovic Z. G., Moise N., Agati G., Latouche G., Ben Ghazlen N. & Meyer S., 2008. New portable optical sensors for the assessment of winegrape phenolic maturity based on berry fluorescence. *Journal of Food Composition and Analysis* 21, 650-654.
- Cohen Y., Alchanatis V., Meron M., Saranga Y. & Tsipris J., 2005. Estimation of leaf water potential by thermal imagery and spatial analysis. *Journal of Experimental Botany* 56(417), 1843-1852.
- Corassa G. M., Amado T. J., Strieder M. L., Schwalbert R., Pires J. L., Carter P. R. & Ciampitti I. A., 2018. Optimum soybean seeding rates by yield environment in southern Brazil. *Agronomy Journal*, 110(6), 2430-2438.
- Corwin D.L. & Lesch S.M., 2005. Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity: I. survey protocols. *Computers and Electronics in Agriculture* 46, 103-133.
- Corwin D.L. & Plant R.E., 2005. Applications of apparent soil electrical conductivity in precision agriculture. Editorial. *Computers and Electronics in Agriculture* 46, 1-10.
- Creasy G. L. and Creasy L.L., 2018. *Grapes*. CABI.
- Cugati S., Miller W. & Schueller J., 2003. Automation concepts for the variable rate fertilizer applicator for tree farming. In: *The Proceedings of the 4th European Conference in Precision Agriculture*, Berlin, Germany, June 14-19.
- Damas M., Prados A.M., Gomez F. & Olivares G., 2001. HidroBus system: fieldbus for integrated management of extensive areas of irrigated land. *Microprocessors Microsyst* 25, 177-184.
- De Baermaeker J., Delcroix R. & Lindemans P, 1985. Monitoring the grain flow on combines. In *Agri-Mation* 1, 329-338. ASAE, St Joseph, Michigan.

Elms M.K. & Green C.J., 1997, Spatial variability of yield in irrigated cotton. In: Dugger P. & Richter D. A. (Eds.), Proceedings Beltwide Cotton Conference (pp. 598-600), 6-10 January 1997, New Orleans, LA. National Cotton Council of America, Memphis, TN.

Fairchild D S (1988). Soil information system for farming by kind of soil. In: Proceedings, International Interactive Workshop on Soil Resources: Their Inventory, Analysis and Interpretations for Use in the 1990's, pp 159}164 University of Minnesota, St Paul, MN, USA Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach.

Gebbers, R., & Adamchuk, V. I., 2010. Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828-831.

Ghobahlou A., Shanmuganthan S. & Sallis P., 2009. Wireless Sensor Networks for Climate Data Management Systems. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009.

Gladstones J., 1992. Viticulture and Environment. Winetitles, Adelaide, 310p.

Gorucu S., Khalilian A., Han Y.J., Dodd R.B., Wolak F.J. & Keskin M., 2001. Variable depth tillage based on geo-referenced soil compaction data in coastal plain region of South Carolina. *ASAE*, 1, 1-11.

Griffin, S.J., 2000. Benefits and problems of using yield maps in the UK*/a survey of users. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16/19, 2000. Bloomington, MN, USA.

Grosholsky B., Nuske S., Aasted M., Achar S. *& Bates T., 2011. A camera and laser system for automatic vine balance assessment. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 7, 5530-5544.

Hautala M. & Tiusanen J., 2007. Depth determination of a wireless underground Siol Scout. In: Proceedings of the 6th European Conference on Precision Agriculture, Skiathos, Greece.

Horney R.D., Taylor B., Munk D.S., Roberts B.A., Lesch S.M. & Plant R.E., 2005. Development of practical site-specific management methods for reclaiming salt-affected soil. *Computers and Electronics in Agriculture* 46, 379-397.

Humphreys M.T., Raun W.R., Martin K.L., Freeman K.W., Johnson G.V. & Stone M.K., 2004. Indirect Estimates of Soil Electrical Conductivity for Improves Prediction of Wheat Grain Yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 35(17 & 18), 2639-2653.

Kalivas D., Priovolou A., Papadopoulos A., Stateras D., Aggelopoulos N., 2019. Geospatial technologies in spatially defined viticulture: Case study of vineyard with Agiorgitiko variety in Koutsi, Nemea, Greece.

Keightley K.E. & Bawden G.W., 2010. 3D volumetric modeling of grapevine biomass using Tripod LiDAR. *Computers and Electronics in Agriculture* 74, 305-312.

Kutter, T., Tiemann, S., Siebert, R., & Fountas, S., 2011. The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming. *Precision Agriculture*, 12(1), 2-17.

Lacroux F., Tregoat O., Van Leeuwen C., Pons a., Tominaga T., Lavignecruege V. & Dubourdiou D., 2008. Effect of foliar nitrogen and Sulphur application on aromatic expression of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* 42(3), 125-132.

Lee W.S., Burks T.F. & Schueller J.K., 2002. Silage yield monitoring system. ASAE Paper No.: 02-1165., St. Joseph, Michigan, USA.

Liorens J., Gil E., Llop J. & Escola A., 2010. Variable rate dosing in precision viticulture. Use of electronic devices to improve application efficiency. *Crop Protection* 29, 239-248.

Lorenz D.H., Eichhorn K.W., Bleiholder H., Klise R., Meier U. & Weber E., 1995. Growth Stages of the Grapevine: Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *Vinifera*)-Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1(2), 100-103.

Marino P., Fontan F.P., Dominguez M.A., Otero S., 2008. Experimental wireless Sensor Network for Viticulture Research. International association for development of the information society (IADIS), ISBN: 978-972=8924-62-1.

Markinos A., Gemtos T.A., Toullos L., Pateras D., & Zervas G., 2002. Yield mapping of cotton crop in Greece. In: Proceedings of the 1st HAICTA Conference (pp. 56-62), Athens, Greece, 6-7 June.

McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T. and J. Bouma, 2005. Future Directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*, 6(1):7-23.

McKinion J.M., Jenkins J.N., Akins D., Turner S.B., Willers J.L., Jallas E. & Whisaler F.D., 2001. Analysis of a precision agriculture approach to cotton production. *Computers and Electronics in Agriculture* 32, 213-228.

Morais R., Fernandes M.A., Matos S.G., Serodio C., Ferreira P.J.S.G. & Reis M.J.C.S., 2008. A ZigBee multi-powered wireless acquisition device for remote sensing applications in precision viticulture. *Computers and electronics in agriculture* 62, 94-106.

Nesbitt A., Dorling S. & Lovett A., 2018. A suitability model for viticulture in England and Wales: opportunities for investment, sector growth and increased climate resilience. *Journal of Land Use Science*, 13(4), 414-438.

Palumbo A.D., Campi P., Modungo F., Mastroilli M., 2007. Crop water status estimated by remote sensing information. Agricultural Research Council – Research Unit Cropping Systems in Dry Environments (CRA – SCA), Bari, Italy.

Paustian, M., & Theuvsen, L., 2017. Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers. *Precision Agriculture*, 18(5), 701-716.

Pierce F.L. & Elliott T.V., 2008. Regional and on-farm wireless sensor networks for agricultural systems in Eastern Washington. *Computers and Electronics in Agriculture* 61, 32-43.

Pierpaoli, E., Carli, G., Pignatti, E., & Canavari, M., 2013. Drivers of precision agriculture technologies adoption: a literature review. *Procedia Technology*, 8, 61-69.

Popp, J., Griffin, T., (2000). Adoption trends of early adopters of precision farming in Arkansas. *Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD)*, July 16 /19, 2000. Bloomington, MN, USA.

Reichardt, M., & Jürgens, C., 2009. Adoption and future perspective of precision farming in Germany: results of several surveys among different agricultural target groups. *Precision Agriculture*, 10(1), 73-94.

Ruger S., Netzer Y., Westhoff M., Zimmermann D., Reuss R., Ovadiya S. et. all., 2010. Remote monitoring of leaf turgor pressure of grapevines subjected to different irrigation treatments using the leaf patch clamp pressure probe. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16(3), 405-412.

Shaner D.L., Khosla R., Brodahl M.K., Buchleiter G.W. & Farahani H.J., 2008. How Well Does Zone Sampling Based on Soil Electrical Conductivity Maps Represent Soil Variability. *Agronomy Journal* 100(5), 1472-1480.

Shaver D.M., Westfall D.G. & Brodahl M.K., Buchleiter G.W. & Farahani H.J., 2008. How Well Does Zone Sampling Bases on Soli Electrical Conductivity Maps Represent Soil Variability. *Agronomy Journal* 100(5), 1472-1480.

Sluys S.L., 2006. Climatic influences on the grapevine: A study of viticulture in the Waipara Basin. University of Canterbury.

Smart R. & Robinson M., 1991. *Sunlight into Wine: A Handbook for winegrape and Canopy Management*. Winetitles, Adelaide.

Stafford J.V., 2000, Implementing precision agriculture in the 21st century, *journal of Agricultural Engineering Research* 76 (3), 267-275.

Stamatiadis S., Taskos D., Tsalidas C., Christoforides C., Tsalida E. & Schepers J.S., 2006. Relation of Ground-Sensor Canopy Reflectance to Biomass Production and Grape Color in two merlot Vineyards. *American Journal of Ecology and Viticulture* 57, 415-422.

Van der Zande D., Hoet W., Jonckheere I., van Aardt J. & Coppin P., 2006. Influence of Measurement Set-Up of Ground-Bases LiDAR for Derivation of Tree Structure. *Agricultural and Forest Meteorology* 141, 147-160.

Vellidis G., Tucker M., Perry C., Kvien C. & Bednarz C., 2008. A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture* 61, 44-50.

Wandkar S.V., Bhatt Y.C., Jain H.K., Nalawade S.M. & Pawar S.G., 2018. Real-Time Variable Rate Spraying in Orchards and Vineyards: A Review. Journal of The Institution of Engineers (India): Series A, 99(2), 385-390.

Wang N., Zhang N. & Wang M., 2006. Wireless sensors in agriculture and food industry-Recent development and future perspective. Computers and Electronics in Agriculture 50, 1-14.

Weston D.N. & Schwiegen V., 2010. Cost Effective GNSS Positioning Techniques. International Federation of Surveyors (FIG), Copenhagen, Denmark, 6-14.

Wie J. & Salyani M., 2004. Development of a laser scanner for measuring tree canopy characteristics: phase 1. Prototype development. Transactions of the ASAE 47(6), 2101-2107.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J., 2017. Big data in smart farming—a review. Agricultural Systems, 153, 69-80

Zhang, N., Wang, M., & Wang, N., 2002. Precision agriculture-a worldwide overview. Computers and Electronics in Agriculture, 36(2-3), 113-132.

Παράρτημα Διαγραμμάτων – Εικόνων – Σχημάτων

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ (MARKINOS ET. AL., 2002)	10
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΔΟΜΗ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΥΠΟΥ “ZIGBEE” ΣΕ ΑΜΠΕΛΩΝΑ (MORAIS ET. AL., 2008).....	20
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ	31
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΔΕΙΚΤΕΣ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ (ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ, 2016)	35
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΚΛΙΜΑΚΑ ΑΡΙΘΜΗΣΗΣ ΟΙΝΟΥ (ΚΟΛΥΒΑ, 2014).....	40
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΜΠΕΛΩΝΑ (ΤΟΝΟΣ/ΕΚΤΑΡΙΟ) (ΚΟΛΥΒΑ, 2014) ...	42
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ - ECA (ΚΟΛΥΒΑ, 2014)	42
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΒΑΘΜΟΣ ΣΥΜΦΩΝΙΑΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2015 2016 (ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 2020)	45
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΒΑΘΜΟΣ ΣΥΜΦΩΝΙΑΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΙΔΙΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2015 ΚΑΙ 2016 (ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 2020)	45
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΎΧΑΡΤΕΣ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ ΤΟΥ ΑΜΠΕΛΩΝΑ: ΧΑΡΤΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ (Α), ΧΑΡΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΚΛΙΣΗΣ (%) (Β) (ΤΑΓΑΡΑΚΗΣ, 2014).....	49
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΧΑΡΤΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ % ΣΕ ΙΛΥ ΓΙΑ ΤΑ ΒΑΘΗ 0-15CM (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ 15-40CM (ΔΕΞΙΑ) (ΤΑΓΑΡΑΚΗΣ, 2014)	49
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΑΜΠΕΛΙΟΥ (ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 2020)	51
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΡΗ (ΤΑΓΑΡΑΚΗΣ Χ., 2014).	54
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΔΑΦΩΝ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥΣ ΣΕ ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ (ΤΑΓΑΡΑΚΗΣ Χ., 2014).	55

ΕΙΚΟΝΑ 15: ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ (ΤΑΓΑΡΑΚΗΣ Χ., 2014).	55
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΠΟΥ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΑΜΠΕΛΙ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΤΡΥΓΟ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΤΑΓΑΡΑΚΗΣ Χ., 2014).	58
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΠΟΥ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΧΩΡΑΦΙ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΤΡΥΓΟ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΤΟΝΟ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΣΤΑΦΥΛΙΟΥ (ΟΙΝΟΠΟΙΗΣΗ) (ΤΑΓΑΡΑΚΗΣ Χ., 2014).	58
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΤΙΜΕΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΤΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ ΤΑΓΑΡΑΚΗΣ Χ., 2014).	62