



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)

"ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

Μεταπτυχιακή (Διπλωματική) Εργασία

**Τίτλος Διπλωματικής: Διερεύνηση ανάπτυξης
συστήματος γεωργίας ακριβείας σε καλλιέργεια αμπέλου**

Όνομα Μεταπτυχιακού Φοιτητή: Βασίλειος Κοτρογιάννης

Επιβλέπων: Καλλιώρας Ανδρέας

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής:
Καλιαμπάκος Δημήτριος, Τσιχριντζής Βασίλειος

Περιβάλλον

και

Ανάπτυξη

Αθήνα, Σεπτέμβριος, 2023

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική μελέτη εκπονήθηκε την περίοδο του ακαδημαϊκού έτους 2022-2023 στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Η εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του Κ. Καλλιώρα Ανδρέα, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Μηχ. Μεταλλείων – Μεταλλουργών, με μέλη εξεταστικής επιτροπής τον κ. Καλλιαμπάκο Δημήτριο, Καθηγητή της Σχολής Μηχ. Μεταλλείων – Μεταλλουργών και τον Τσιχριντζή Βασίλειο, Καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων – Μηχανικών Γεωπληροφορικής.

Αντικείμενο της διπλωματικής αφορά στη διερεύνηση εγκατάστασης δικτύου παρακολούθησης υδρο – περιβαλλοντικών παραμέτρων σε ορεινούς αμπελώνες με στόχο τη βέλτιστη διαχείριση των εδαφοϋδατικών πόρων και το μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα στους τελικούς αποδέκτες (έδαφος ή/και υδροφορέας).

Θα ήθελα από καρδιάς να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Αρχικά να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Κ. Καλλιώρα Ανδρέα, για τη συνεχή επίβλεψη αλλά και για την προσφορά του στο πεδίο μελέτης, όπου συνέβαλε ριζικά στην πραγματοποίηση και ανάλυση των πειραμάτων αλλά και στη δημιουργία του θεωρητικού υποβάθρου. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Κ. Καλλιαμπάκο Δημήτριο και τον Κ. Τσιχριντζή Βασίλειο για τη συνεισφορά τους καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ τον υποψήφιο Διδάκτορα, Κ. Χρυσανθόπουλο Θύμιο, διότι χωρίς την παρουσία του στο πεδίο μελέτης αλλά και στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων η πραγματοποίηση της διπλωματικής θα ήταν ανέφικτη, και την Ζοίνος Winery και το κτήμα Αβέρωφ που μας επέτρεψε να πραγματοποιήσουμε τα πειράματα εντός των οινοποιείων.

Επιπροσθέτως ευχαριστώ θερμά όλους τους καθηγητές, συμφοιτητές και προσωπικό του Ε.Μ.Π., την Κ. Παπαλόη Έφη για τη στήριξη και τη βοήθειά της οποτεδήποτε αυτή χρειαζόταν

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένεια και τους φίλους μου, για την κατανόηση και τη συμπαράσταση που έδειξαν αυτά τα δύσκολα χρόνια του κορονοϊού και έπειτα.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	2
Πίνακας Εικόνων	4
Πίνακας Σχημάτων	4
Περίληψη.....	5
Abstract	6
Σύνοψη.....	8
1. Εισαγωγή	10
2. Γεωργία Ακριβείας, Αμπελουργία Ακριβείας, Ελληνική Πραγματικότητα και Blockchain τεχνολογία.....	11
2.1 Γεωργία Ακριβείας	11
2.2 Αμπελουργία Ακριβείας.....	13
2.3 Ελληνική Πραγματικότητα.....	14
2.4 Εισαγωγή της αμπελουργίας στην τεχνολογία Blockchain.....	17
3. Περιοχή Έρευνας.....	18
3.1 Αμπελώνες, ποικιλίες και στοιχεία Παραγωγής Ζίτσα.....	20
3.2 Αμπελώνες, ποικιλίες και στοιχεία Παραγωγής Μέτσοβο.....	22
4. Γεωφυσικά Χαρακτηριστικά Ζίτσα και Αβέρωφ.....	24
4.1 Ζίτσα	24
4.1.1 Γεωλογία	24
4.1.2 Υδρογεωλογία	26
4.1.3 Υδρομετεωρολογία	27
4.2 Αβέρωφ	29
4.2.1 Γεωλογία	29
4.2.2 Υδρογεωλογία	30
4.2.3 Υδρομετεωρολογία	31
5. Μετρήσεις Πεδίου	34
5.1 Μετρήσεις Διήθησης.....	34
5.2 Μετρήσεις Εδαφών.....	45
6. Σχεδιασμός συστήματος παρακολούθησης	53
6.1 Αισθητήρες Υγρασίας.....	55
6.2 Συστήματα παρακολούθησης εδαφικού νερού.....	61
6.3 Ασύρματο δίκτυο και μετάδοση δεδομένων.....	66
7. Συμπεράσματα.....	68

Παραρτήματα	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Βιβλιογραφία - Αναφορές	69
Ηλεκτρονικές Πηγές.....	72

Καταγραφή Εικόνων

Εικόνα 3. Οι περιοχές Μελέτης Μετσόβου και Ζίτσας συγκριτικά με άλλες του Νομού Ιωαννίνων.....	18
Εικόνα 4.1. Χάρτης Γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδος.....	24
Εικόνα 4.2. Μέση τιμή Θερμοκρασίας από το 1970 έως το 2000.....	32
Εικόνα 5.2.1. Διήθηση με 2 δακτυλίους στην περιοχή Z3.....	45
Εικόνα 5.2.2. Διήθηση με 2 δακτυλίους στην περιοχή Z4.....	46
Εικόνα 5.2.3. Διήθηση με 2 δακτυλίους στην περιοχή Z6.....	47
Εικόνα 5.2.4. Διήθηση με 2 δακτυλίους στην περιοχή Z7.....	48
Εικόνα 5.2.5. Διήθηση με 2 δακτυλίους στην περιοχή Z8.....	49
Εικόνα 5.2.6. Καμπύλη Κοκκομετρικής ανάλυσης για διάφορες περιοχές εντός οινοποιείου.....	52
Εικόνα 6.1. Δορυφορική εικόνα με απεικόνιση κλίσης από την περιοχή μελέτης.....	53
Εικόνα 6.2. Δορυφορική εικόνα από την περιοχή μελέτης δίπλα από την Zoinos Winery.....	54
Εικόνα 6.3. Δορυφορική εικόνα με απεικόνιση μετρητών εδαφικής υγρασίας από την περιοχή μελέτης.....	60
Εικόνα 6.2.1. Σύστημα Αφαίρεσης νερού για παρακολούθηση.....	63
Εικόνα 6.2.2. Δορυφορική εικόνα με απεικόνιση πηγαδιών παρατήρησης εδαφικού νερού από την περιοχή μελέτης.....	65
Εικόνα 6.3. Δορυφορική εικόνα με απεικόνιση ασύρματου δικτύου και μετάδοσης δεδομένων από την περιοχή μελέτης.....	67

Καταγραφή Πινάκων

Πίνακας 4.1 Μετεωρολογικά Στοιχεία για τον δήμο Ζίτσας την περίοδο 2023.....	28
Πίνακας 4.2. Μετεωρολογικά Στοιχεία για τον δήμο Ζίτσας την περίοδο 2023.....	33
Πίνακας 5.1.1. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z1 στο οινοποιείο της Zoinos Winery.....	35
Πίνακας 5.1.2. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z2 στο οινοποιείο της Zoinos Winery.....	36
Πίνακας 5.1.3. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z3 στο οινοποιείο της Zoinos Winery.....	36
Πίνακας 5.1.4. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z4 στο οινοποιείο της Zoinos Winery.....	37
Πίνακας 5.1.5. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z5 στο οινοποιείο της Zoinos Winery.....	38

Πίνακας 5.1.6. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z6 στο οινοποιείο της Zoinos Winery.....	39
Πίνακας 5.1.7. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z7 στο οινοποιείο της Zoinos Winery.....	40
Πίνακας 5.1.8. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z8 στο οινοποιείο της Zoinos Winery.....	41
Πίνακας 5.1.9. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z9 στο οινοποιείο της Zoinos Winery.....	42
Πίνακας 5.1.10. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z10 στο οινοποιείο της Zoinos Winery.....	43
Πίνακας 5.1.11. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z11 στο οινοποιείο της Zoinos Winery.....	44
Πίνακας 5.2.1. Ανάλυση εδαφικών δειγμάτων από περιοχές μελέτης.....	50
Πίνακας 5.2.2. Ανάλυση εδαφικών δειγμάτων από περιοχές μελέτης.....	51
Πίνακας 6.2. Ταξινόμηση συστήματος παρακολούθησης εδαφικού νερού ανά λειτουργία.....	62

Περίληψη

Η Διπλωματική εργασία εστιάζει σε 2 περιοχές μελέτης με στόχο την εφαρμογή αμπελουργίας ακριβείας, και συγκεκριμένα μία ολιστική προσέγγιση στην παρακολούθηση μετεωρολογικών συνθηκών, συνθηκών υγρασίας εδάφους, εδαφικού νερού καθώς και στη δημιουργία δικτύου για τη μετάδοση αυτών. Οι περιοχές αφορούν τη Ζίτσα και το Μέτσοβο, και συγκεκριμένα το οινοποιείο Zoinos Winery και το Κτήμα Αβέρωφ.

Αρχικά, ορίστηκαν ως έννοιες η Γεωργία Ακριβείας, η Αμπελουργία Ακριβείας, η κατάσταση στην Ελλάδα και τα προβλήματα που προκύπτουν αλλά και η τεχνολογία blockchain ως καινούριο μέσο το οποίο δύναται να δώσει λύσεις. Στη συνέχεια αναλύθηκαν οι περιοχές μελέτης ως προς την τοποθεσία τους αλλά και ως προς τα στοιχεία παραγωγής των οινοποιείων. Επίσης εξερευνήθηκαν οι γεωφυσικές συνθήκες στη Ζίτσα και στο Μέτσοβο, ώστε να γίνει πλήρης απεικόνιση των μετεωρολογικών, υδρομετεωρολογικών και γεωλογικών συνθηκών.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλάμβανε μετρήσεις διήθησης και δειγματοληψία εδάφους με στόχο να συσχετισθεί εάν η θεωρία ήταν ίδια με τα αποτελέσματα των πειραμάτων και αφετέρου να πραγματοποιηθεί ένα ολοκληρωμένο σχέδιο με πραγματικά στοιχεία όσον αφορά την αμπελουργία ακριβείας στη συγκεκριμένη περιοχή.

Τα πειράματα, και συγκεκριμένα οι εδαφικές δειγματοληψίες έδειξαν ότι το έδαφος είναι αμμώδες-αμμοπηλώδες στην περιοχή μελέτης, γεγονός το οποίο προσφέρει καλή αποστράγγιση αλλά και πολλές φορές, πραγματοποιώντας τα πειράματα εμφανίστηκαν πολλά ασβεστολιθικά πετρώματα στο υπέργειο μέρος του εδάφους, κατακρατώντας το νερό για πολλές μέρες στην επιφάνεια.

Αυτό εμφανίσθηκε και από τα αποτελέσματα των διηθήσεων με δύο δακτυλίους, τα οποία έδειξαν ότι σχετικά με τον χρόνο το νερό έμνε στάσιμο στον κεντρικό δακτύλιο, γεγονός που έδειχνε ότι δεν υπήρχε σημαντική ροή νερού προς τα υπόγεια στρώματα του εδάφους.

Οι δυσκολίες που προέκυψαν κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων ήταν η μεταφορά νερού από την πηγή προς τις μετρήσεις των διηθήσεων, γεγονός που έδινε αποκλίσεις στα αποτελέσματα αλλά και το γεγονός ότι λόγω κορονοϊού οι μετακινήσεις ήταν πολύ δύσκολες έως ανέφικτες, δεδομένου ότι οι περιοχές μελέτης ήταν εκτός Αττικής και υπήρχε απαγόρευση κυκλοφορίας.

Όσον αφορά το επόμενο στάδιο, θα πρέπει να γίνει δειγματοληψία και μετρήσεις διηθήσεων και στο Κτήμα Αβέρωφ, καθώς λόγω των προαναφερθέντων δεν επετεύχθη κανένα πείραμα. Επίσης θα ήταν επιθυμητό να πραγματοποιηθούν και άλλες μετρήσεις με στόχο την πιο ολοκληρωμένη εφαρμογή της Αμπελουργίας Ακριβείας.

Η παρούσα βιβλιογραφία δεν αναδεικνυε ότι τα εδάφη είναι κυρίως αμμώδη αλλά ότι περιέχουν ιλύ, γεγονός το οποίο δεν επιβεβαιώθηκε από την εδαφική δειγματοληψία. Επίσης δεν υπήρχε καλή αποστράγγιση του εδάφους γρήγορα, λόγω ενδεχομένως της παρουσίας πετρωμάτων στα υπέργεια στρώματα αλλά και άλλων συνθηκών για παράδειγμα κορεσμός εδάφους από πρόσφατη ποτιστική άρδευση ή βροχόπτωση.

Τα αποτελέσματα ανέδειξαν ένα σχέδιο μελέτης όπου για την παρακολούθηση της εδαφικής υγρασίας επιλέχθηκε η μέθοδος του πυριαντηρίου στους 105 - 110 °C, για την παρακολούθηση εδαφικού νερού εγκατάσταση πηγαδιών παρακολούθησης και αφαίρεσης νερού ώστε να μελετηθεί και η ποιότητά του και για τη μετάδοση όλων των δεδομένων η τεχνολογία LoRa καθώς έχει συγκριτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες τεχνολογίες.

Abstract

The Diplomatic Thesis focuses on two areas of study with the aim of implementing precision viticulture, specifically a holistic approach to monitoring meteorological conditions, soil humidity, soil water, and the creation of a network for transmitting this data. The areas of study are Zitsa and Metsovo, specifically the Zoinos Winery and the Averoff Estate.

Initially, Precision Agriculture, Precision Viticulture, the situation in Greece, and the problems that arise were defined, as well as blockchain technology as a new technology that can provide solutions in the agriculture sector. Then, the study areas were analyzed in terms of their location and the production elements of the wineries. Furthermore, the geophysical conditions in Zitsa and Metsovo were explored in order to provide a complete representation of meteorological, hydro-meteorological, and geological conditions.

The methodology followed included soil infiltration measurements and sampling to correlate the theory with the results of the experiments and to create a comprehensive plan with real data regarding precision viticulture in the specific region. The experiments, particularly the soil sampling, showed that the soil in the study area is sandy, sandy loam, which provides good drainage. However, during the experiments, many calcareous rocks were encountered in the subsurface soil layers, retaining water on the surface for several days.

This was also evident from the results of double-ring infiltration tests, which showed that water remained stagnant in the central ring over time, indicating that there was not significant water flow to the underground soil layers.

The difficulties encountered during the experiments included the transportation of water from the source to the infiltration measurements, which resulted in discrepancies in the results. Additionally, due to the COVID-19 pandemic, travel to the study areas was challenging or impossible, as the study areas were located outside of the Attica region, and there were travel restrictions in place.

Regarding the next stage, it is necessary to conduct soil sampling and infiltration measurements at the Averoff Estate since no experiments were carried out there due to the challenges mentioned before. It is also desirable to perform additional measurements to further implement precision viticulture comprehensively.

The existing literature did not indicate that the soils were mainly sandy but rather contained clay, a fact that was not confirmed by the soil sampling. Additionally, there was poor and slow soil drainage, possibly due to the presence of rocks in the subsurface layers and other factors such as soil saturation from recent irrigation or rainfall.

The results revealed a study plan in which the method of the pycnometer at 105 - 110°C was selected for monitoring soil humidity, the installation of monitoring and water extraction wells for studying soil water and its quality, and LoRa technology for transmitting all data, as it has comparative advantages compared to other technologies.

Σύνοψη

Στη συγκεκριμένη διπλωματική στόχος ήταν η διερεύνηση εγκατάστασης δικτύου παρακολούθησης υδρο – περιβαλλοντικών παραμέτρων σε ορεινούς αμπελώνες με στόχο τη βέλτιστη διαχείριση των εδαφοϋδατικών πόρων και το μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα στους τελικούς αποδέκτες (έδαφος ή/και υδροφορέας), την αύξηση απόδοσης των αμπελώνων αλλά και την ενίσχυση της ποιότητας του τελικού προϊόντος από τα οινοποιεία της περιοχής μελέτης.

Για τον σκοπό η παρούσα εργασία εστιάζει να δώσει πρωτίστως ορισμούς για το τί είναι ακριβώς η Γεωργία και Αμπελουργία Ακριβείας η οποία θα εφαρμοστεί στην περιοχή μελέτης. Συνεπώς το διάγραμμα που ακολουθήθηκε στη μελέτη τείνει από το γενικό στο ειδικό. Εν συνεχεία τέθηκαν ακριβή προβλήματα όσον αφορά στην ελληνική πραγματικότητα, τα οποία αφορούν από τη μία ελλιπή μέριμνα από το κράτος και από την άλλη μεριά έλλειψη γνώσης των πολιτών σε σχέση με τις τεχνολογίες και την χρηματοδότηση που δύναται να λάβουν.

Αφού παρουσιάστηκαν και τα οφέλη της τεχνολογίας blockchain στην εφαρμογή της Ακριβούς Αμπελουργίας, αναλύθηκαν οι περιοχές μελέτης ως προς την γεωγραφική τους τοποθεσία, τα στοιχεία παραγωγής τους και τις ποικιλίες, με την εξαιρετική Ντεμπίνα (Π.Ο.Π.), γηγενής ποικιλία της Ηπείρου.

Εν συνεχεία απαιτούμενο ήταν να μελετηθούν σε θεωρητικό υπόβαθρο τα γεωφυσικά χαρακτηριστικά της Ζίτσας και του Μετσόβου και συγκεκριμένα τα μετεωρολογικά, υδρομετεωρολογικά, υδρογεωλογικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά τους. Σε θεωρητικό υπόβαθρο αυτά τα χαρακτηριστικά είχαν αρκετές ομοιότητες (σύσταση εδάφους) αλλά και αρκετές διαφορές ως κυρίως προς τα υδρομετεωρολογικά και μετεωρολογικά στοιχεία, αλλά και του ότι τα εδάφη στο Μέτσοβο ήταν σε πολύ ορεινό σημείο και μάλιστα έντονα επικλινή.

Εφόσον αναπτύχθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας, ακολούθησε το πειραματικό. Παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα δεδομένα των πειραμάτων, διηθήσεων και δειγματοληψίας εδάφους, από 11 σημεία για τις διηθήσεις και 12 σημεία για τα εδαφικά δείγματα, εντός του οινοποιείου Zoinos Winery. Όσον αφορά το κτήμα Αβέρωφ, δυστυχώς λόγω προβλημάτων του κορονοϊού και μετακινήσεων δεν ήταν δυνατή η μέτρηση, δεδομένου ότι δεν προϋπήρχε επικοινωνία με το οινοποιείο εκ των προτέρων και θα έπρεπε να πραγματοποιηθούν πειράματα ξανά στην περιοχή μελέτης.

Από τις αναλύσεις εξήχθησαν τα εξής σημαντικά συμπεράσματα, πρώτον ότι το έδαφος είναι αμμώδες - αμμοπηλώδες στην περιοχή μελέτης, γεγονός το οποίο προσφέρει καλή αποστράγγιση αλλά και πολλές φορές, πραγματοποιώντας τα πειράματα εμφανίστηκαν πολλά ασβεστολιθικά πετρώματα (φλύσχης) στο υπέργειο μέρος του εδάφους, κατακρατώντας το νερό στην επιφάνεια. Αυτό εμφανίστηκε κυρίως από τα αποτελέσματα των διηθήσεων με δύο δακτυλίους, τα οποία έδειξαν ότι σχετικά με τον χρόνο το νερό έμεινε στάσιμο στον κεντρικό δακτύλιο, γεγονός που έδειχνε ότι δεν υπήρχε σημαντική ροή νερού προς τα υπόγεια στρώματα του εδάφους, άρα και σημαντικά καλή αποστράγγιση. Όμως να τονιστεί ότι και η κατακράτηση στα υπέργεια στρώματα δίνει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά στα αμπέλια, ιδίως όμως σε περιοχές χωρίς πολλές κατακρημνίσεις στο έτος. Στην περιοχή μελέτης, σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα, υπάρχουν πολλές βροχοπτώσεις και ιδιαιτέρως στο Μέτσοβο, όπου και η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από αυτήν της Ζίτσας.

Εφόσον καλύφθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο αλλά και εξήχθησαν οι αναλύσεις των δειγμάτων και των πειραμάτων, μέσω των αεροφωτογραφιών της περιοχής μελέτης αλλά και μέσω βιβλιογραφίας, έγινε ένας ολοκληρωτικός σχεδιασμός παρακολούθησης όπου κάλυπτε 3 σημαντικά πεδία.

Οι περιοχές αφορούν αποκλειστικά τη Ζίτσα και είναι 2. Η πρώτη περιοχή μελέτης έχει μία κλίση από βορειοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά, γεγονός που καθιστά τις ποικιλίες που είναι στα κατώτερα επίπεδα να είναι πιο πρώιμες, λόγω συγκράτησης θρεπτικών συστατικών από το νερό, με μεγαλύτερη εδαφική υγρασία, ενώ στα δυτικά-βορειοδυτικά η καλλιέργεια είναι πιο όψιμη και λίγο χειρότερης ποιότητας.

Η δεύτερη βρίσκεται δίπλα από το οινοποιείο, πραγματοποιήθηκαν εδαφικές δειγματοληψίες και διηθήσεις, σε πολύ μικρότερο ποσοστό, με την κλίση να είναι από τα νότια-νοτιοδυτικά σε βόρεια-βορειοδυτικά προς τα βορειοανατολικά.

Το πρώτο σημαντικό πεδίο όπου αναλύθηκε, είναι η μέτρηση εδαφικής υγρασίας. Για τη μέτρηση εδαφικής υγρασίας επιλέχθηκε η Μέθοδος του πυριαντηρίου στους 105 - 110 °C. Δεδομένου του προϋπολογισμού της Ζοίνος, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν περισσότεροι στο νότιο τμήμα της καλλιέργειας, αφού το έδαφος εκεί είναι το κατώτερο σημείο (μετρώντας την κλίση) και έτσι το νερό εισρέει πολύ αργά στο έδαφος, δίνοντας πρώιμηση παραγωγής αλλά ταυτόχρονα μεγαλύτερες πιθανότητες για ασθένειες.

Το 2^ο πεδίο είναι το σύστημα παρακολούθησης εδαφικού νερού. Στο σημείο αυτό, η μέθοδος που επιλέχθηκε είναι τα πηγάδια αφαίρεσης και παρατήρησης, με τη βοήθεια συγκεκριμένων τεχνολογιών, όπου επιλέχθηκαν οι αισθητήρες ποιότητας εδάφους και

λογισμικά μοντελοποίησης εδαφικού νερού. Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί σε όλο το εύρος της περιοχής μελέτης, με λίγο παραπάνω κοντά στην απότομη κλίση του εδάφους, μόλις το έδαφος γίνει επίπεδο.

Το τελευταίο στάδιο ήταν η μετάδοση των δεδομένων μέσω ασυρμάτου δικτύου LoRa, τεχνολογία μεγάλης εμβέλειας και χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας που έχει γίνει δημοφιλής για γεωργικές εφαρμογές λόγω της ικανότητάς της να καλύπτει μεγάλες εκτάσεις. Η Εμβέλεια: Έως 15 χιλιόμετρα σε ανοιχτές αγροτικές περιοχές. Ως εναλλακτική δύναται να αποτελέσει η τεχνολογία 4G/5G, αλλά μεγάλο πρόβλημα αποτελεί η κάλυψη δικτύου, καθώς οι περιοχές μελέτης είναι σχετικά απομακρυσμένες περιοχές, αλλά κατά πολύ βελτιωμένη σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία.

Τέλος, έγινε μία ανάλυση των συμπερασμάτων της παρούσας εργασίας, καθώς και παρατέθηκαν τα παραρτήματα εικόνων και πινάκων, αλλά και η σχετική βιβλιογραφία.

1. Εισαγωγή

Η διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την εφαρμογή της αμπελουργίας ακριβείας στις περιοχές της Ζίτσας και του Μετσόβου. Ως περιοχές έρευνας έχουν επιλεγεί αγροτεμάχια του συνεταιριστικού οινοποιείου Ηπείρου, και συγκεκριμένα του οινοποιείου Zoinos Winery, καθώς και του κτήματος γινιέτς, το οποίο ανήκει στο οινοποιείο Αβέρωφ του Μετσόβου. Για τον σκοπό αυτόν αναλύθηκαν οι περιοχές έρευνας ως προς τα στοιχεία παραγωγής, τις ποικιλίες και τους αμπελώνες. Όσον αφορά τα περιβαλλοντικά στοιχεία, έγινε μελέτη ως προς το μικροκλίμα, την υδρογεωλογία και την υδρομετεωρολογία.

Για την ακριβέστερη καταγραφή του κάθε αμπελώνα αλλά και την πλήρη εφαρμογή της αμπελουργίας ακριβείας, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες εδάφους καθώς και διηθήσεις, ώστε να υπολογιστεί η σύσταση εδάφους αλλά και να μετρηθεί η ταχύτητα κατά την οποία το νερό εισέρχεται στο έδαφος. Οι δειγματοληψίες καθώς και οι διηθήσεις διαδραματίστηκαν μόνο στη Ζίτσα, λόγω προβλημάτων μετακίνησης από την εποχή του κορονοϊού. Τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων και των διηθήσεων έδωσαν τη δυνατότητα μίας πιο ολιστικής προσέγγισης στην κατανομή των συστημάτων άρδευσης και της ροής του νερού. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά αλλά και πρόσφατες έρευνες έγινε αναφορά και στην τεχνολογία blockchain και του IoT(Internet of Things), καθώς η συγκεκριμένη τεχνολογία βοηθάει και ενισχύει τις δυνατότητες της αμπελουργίας ακριβείας.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε ένας γενικός σχεδιασμός συστήματος παρακολούθησης, το οποίο αφορά αισθητήρες υγρασίας, συστήματα παρακολούθησης εδαφικού νερού καθώς

και την εγκατάσταση ενός ασυρμάτου δικτύου και τη μετάδοση των δεδομένων από αυτό, το οποίο εμπίπτει και στην τεχνολογία του blockchain.

2. Γεωργία Ακριβείας, Αμπελουργία Ακριβείας, Ελληνική Πραγματικότητα και Blockchain τεχνολογία

Η γεωργία ακριβείας, όσον αφορά την Ελλάδα, βρίσκεται σε αρκετά πρώιμο στάδιο, λόγω γραφειοκρατικών ζητημάτων, υψηλού αρχικού κόστους εγκατάστασης, κατακερματισμός αγροτεμαχίων και άλλους παράγοντες οι οποίοι θα αναλυθούν παρακάτω. Η αμπελουργία ακριβείας δύναται να αποτελέσει το μέλλον στην Ελλάδα, με την τεχνογνωσία στον οίνο να εξελίσσεται ραγδαία και με προσθήκη νέου πληθυσμού στον κλάδο. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμη ζητήματα που αφορούν την ελληνική πραγματικότητα και δεν παρακάμπτονται εύκολα.

2.1 Γεωργία Ακριβείας

Με τον όρο Γεωργία Ακριβείας ορίζουμε τη διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας των αγρών, προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των αγροκτημάτων και να επιτευχθεί μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την μη ορθολογική χρήση των εισροών (Bonjiovanni & Lowenberg, 2004).

Μπορεί να ισχυριστεί κανείς πως με την τεχνολογία αυτή (Γεωργία Ακριβείας) δίνεται η δυνατότητα στους αγρότες να παίρνουν αποφάσεις για την βέλτιστη διαχείριση των αγροτεμαχίων τους. Και ως βέλτιστες ορίζουμε την αυξημένη οικονομική απόδοση μεν αλλά και τον σεβασμό του περιβάλλοντος δίνοντας την κατάλληλη ποσότητα εισροών (π.χ. λιπασμάτων) σε κάθε αγροτεμάχιο ανάλογα με τις πραγματικές του ανάγκες.

Ένας άλλος ορισμός είναι ότι η Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture) είναι μια νέα μέθοδος διαχείρισης των αγρών, σύμφωνα με την οποία οι εισροές (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, σπόρος, νερό άρδευσης) και οι καλλιεργητικές πρακτικές εφαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών, καθώς αυτές διαφοροποιούνται στον χώρο και στον χρόνο (Whelan and McBratney, 2000).

Οι κύριοι στόχοι της Γεωργίας Ακριβείας είναι:

- Αύξηση της αποδοτικότητας της παραγωγής
- Βελτίωση ποιότητας
- Ορθολογική χρήση γεωργικών φαρμάκων
- Προστασία εδάφους και υδάτων

- Μείωση της άσκοπης κατανάλωσης ενέργειας.

Επιπρόσθετος ορισμός είναι η «αντιστοίχιση των αγρονομικών εισροών και πρακτικών με τις τοπικές συνθήκες εντός ενός πεδίου και τη βελτίωση της ακρίβειας της εφαρμογής τους (Gemtos et al., 2002).

Η γεωργία ακρίβειας (PA) αναπτύχθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1980, και αυτό έχει καταχωριστεί μεταξύ των κορυφαίων δέκα εξελίξεων στη γεωργία τις τελευταίες δεκαετίες (Crackston, 2006).

Περιλαμβάνει ένα ευρύ σύνολο τεχνικών και τεχνολογιών που στοχεύουν στην αποτελεσματικότερη διαχείριση των καλλιεργειών βάσει των αναγκών του εκάστοτε παραγωγού. Η αναγκαιότητά της προκύπτει από το γεγονός ότι τα σημαντικά χαρακτηριστικά του, όπως το νερό και τα διάφορα θρεπτικά συστατικά, συχνά ποικίλλουν σημαντικά ακόμα και εντός ενός στρέμματος).

Παρατηρείται ότι η Γεωργία Ακρίβειας έχει περισσότερη απήχηση στις βόρειες χώρες κυρίως με ιδιαίτερη επικράτηση στην Δανία, η οποία υπήρξε και πρωτοπόρος στην παραγωγή αγροτικών μηχανημάτων με τη χρήση GPS. Οι νότιες χώρες αντιθέτως φαίνεται να μην προτιμούν τέτοιου είδους καλλιεργητικές τεχνικές. Η προσαρμογή της Γεωργίας Ακρίβειας στους αμπελώνες έχει ονομαστεί ως «Αμπελουργία Ακρίβειας» (Precision Viticulture) και εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στην Αυστραλία και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και συγκεκριμένα στην Καλιφόρνια κατά το έτος 1999 σε αμπελώνες όπου η συγκομιδή γινόταν με τη βοήθεια μηχανημάτων (Wample et al., 1999; Bramley et al., 2001) ενώ στη συνέχεια εφαρμόστηκε και στην Γαλλία (Tisseyre et al., 2001). Η αμπελουργία ακρίβειας θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Η επαναστατική τεχνολογία που ήρθε για να βελτιώσει την Γεωργία και Αμπελουργία Ακρίβειας είναι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things). Όταν αναφερόμαστε στο IoT (Internet Of Things) και στον αγροτικό τομέα, αναπόσπαστο κομμάτι αποτελεί η συγχώνευση των τεχνολογιών του IOT για την συλλογή δεδομένων αγροτικής εκμετάλλευσης, διότι υπαινίσσεται ένα σύστημα αυτό-σχεδιαζόμενου απομακρυσμένου συστήματος και συλλογής πληροφοριών. Αυτό το σύστημα διαχείρισης πληροφοριών είναι πολύ χρήσιμο για τους τελικούς χρήστες (αγρότες) για να έχουν γνώση της ευρείας χρήσης της εφαρμογής που χρησιμοποιούν, διότι αυτό το σύστημα είναι σύνολο μηχανημάτων που επικοινωνούν μεταξύ τους (Ojo & Giordano & Procissi & Seitanidis, 2018).

Απώτερος σκοπός του IoT είναι να σχετίζει - να φέρνει σε επικοινωνία αντικείμενα απτά, οπουδήποτε είναι εγκατεστημένα ανά τον κόσμο και αναλόγως της τεχνολογίας να επικοινωνούν, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Η τεχνολογία αυτή θα συμβάλει

σημαντικά στον σχεδιασμό της ακριβούς γεωργίας στην περιοχή μελέτης, όπου θα διερευνηθεί παρακάτω.

2.2 Αμπελουργία Ακριβείας

Αμπελουργία Ακρίβειας (PV) αντιστοιχεί στο τμήμα της Ακριβούς Γεωργίας (Precision Agriculture) που αφιερώνεται στη διαχείριση του αμπελώνα. Η εφαρμογή της εκάστοτε τεχνολογίας, είτε PA είτε PV, συνεπάγεται την προσαρμογή του αμπελώνα σε συγκεκριμένο λίπασμα, φυτοχημικά και / ή νερού μέσω αρδεύσεως στις συγκεκριμένες ανάγκες του κάθε αγροτεμαχίου του αμπελώνα (Srinivasan, 2006).

Οι τεχνικές παρακολούθησης δεδομένων και μετάδοσης πληροφοριών είναι οι εξής:

1. **Απομακρυσμένη ανίχνευση:** Αυτή η τεχνολογία περιλαμβάνει τη χρήση δορυφορικών ή αεροπορικών δεδομένων για την παρακολούθηση του αμπελώνα και τη λήψη αποφάσεων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της υγείας των φυτών από ασθένειες, της κατάστασης του εδάφους και άλλων παραγόντων που μπορεί να επηρεάσουν την παραγωγή των σταφυλιών.
2. **Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS):** Τα GIS χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και ερμηνεία των χωρικών και χρονικών δεδομένων που συλλέγονται από τους αμπελώνες. Βοηθούν στη διαχείριση και σχεδιασμό των δραστηριοτήτων του αμπελώνα με αποτελεσματικό τρόπο.
3. **Σύστημα Παγκόσμιας Θέσης (GPS):** Το GPS χρησιμοποιείται στην Ακριβή Αμπελουργία (Precision Viticulture) για τον ακριβή καθορισμό της θέσης διάφορων σημείων στον αμπελώνα. Αυτό είναι κρίσιμο για τη δημιουργία χαρτών και την εφαρμογή πρακτικών διαχείρισης του.
4. **Αυτόνομα Αεροσκάφη (UAVs) ή Drones:** Τα drones εξοπλισμένα με πολυφασματικές κάμερες χρησιμοποιούνται για τη λήψη εικόνων υψηλής ανάλυσης των αμπελώνων. Αυτές οι εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό περιοχών όπου υπάρχει stress στον αμπελώνα, την παρακολούθηση της υγείας των καλλιεργειών και την καθοδήγηση της ακριβούς άρδευσης και λίπανσης.
5. **Τεχνολογία Μεταβλητού Ρυθμού (VRT):** Η VRT επιτρέπει την ακριβή εφαρμογή εισροών όπως νερό, λιπάσματα και φυτοφάρμακα με βάση τις συγκεκριμένες ανάγκες διάφορων περιοχών εντός του αμπελώνα. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές εξοικονομήσεις κόστους και περιβαλλοντικά οφέλη.

6. **Αισθητήρες Εδάφους και Καιρού:** Αυτοί οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση διάφορων παραμέτρων όπως η υγρασία του εδάφους, η θερμοκρασία, η υγρασία και η βροχόπτωση. Αυτά τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μπορούν να βοηθήσουν στη λήψη ενημερωμένων αποφάσεων σχετικά με την άρδευση και άλλες πρακτικές διαχείρισης του αμπελώνα. Στο σχεδιασμό μελέτης αναλύονται περισσότερο οι μετρητές υγρασίας εδάφους.
7. **Μηχανική Μάθηση και Τεχνητή Νοημοσύνη (AI):** Αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της τεράστιας ποσότητας δεδομένων που συλλέγονται από διάφορες πηγές όπως τα drones και διάφοροι αισθητήρες. Μπορούν να βοηθήσουν στην πρόβλεψη της απόδοσης, την ανίχνευση ασθενειών και τη βελτιστοποίηση των πρακτικών διαχείρισης του αμπελώνα.
8. **Ρομποτική:** Τα ρομπότ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορες εργασίες στον αμπελώνα όπως το κλάδεμα, τη συγκομιδή και το ψεκάσμο. Μπορούν να εργάζονται όλο το 24ωρο και να βοηθήσουν στη μείωση του κόστους εργασίας. Αφορά κυρίως τις προηγμένες χώρες του κόσμου.
9. **Internet of Things (IoT):** Οι συσκευές IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από διάφορα σημεία στον αμπελώνα. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση των συνθηκών του αμπελώνα και τη λήψη έγκαιρων αποφάσεων.
10. **Φασματική Απεικόνιση:** Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιεί τόσο ορατό όσο και μη ορατό φως για την αξιολόγηση της υγείας των φυτών και των συνθηκών του εδάφους. Μπορεί να βοηθήσει στην πρόωμη ανίχνευση ασθενειών και έντασης στον αμπελώνα.
11. **Τεχνολογία Lidar:** Το Lidar (Light Detection and Ranging) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία λεπτομερών 3D χαρτών του αμπελώνα. Μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση του εδάφους και των συνθηκών του μικροκλίματος του αμπελώνα.

2.3 Ελληνική Πραγματικότητα

Η ακριβής γεωργία έχει τη δυνατότητα να φέρει πολλά οφέλη στους αγρότες της Ελλάδας, όπως αυξημένη αποδοτικότητα, υψηλότερες αποδόσεις σε παραγωγή και μείωση των δαπανών. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης αρκετά μειονεκτήματα της ακριβούς γεωργίας που αφορούν την Ελλάδα. Αυτά είναι:

- **Δυσκολίες με την κυριότητα της γης και την κατακερματισμένη ιδιοκτησία:** Η Ελλάδα έχει σχετικά υψηλό ποσοστό κατακερματισμού της γης, πράγμα που μπορεί να καθιστά δυσκολότερη τη χρήση της ακριβούς γεωργίας. Επιπλέον, ζητήματα κυριότητας της γης μπορούν επίσης να αποτελούν σημαντικό εμπόδιο για την υιοθέτηση της. Οι πρόσφατες τοπογραφικές μελέτες αρχίζουν και αντιμετωπίζουν το χρόνιο αυτό πρόβλημα.
- **Έλλειψη υποδομών:** Η Ελλάδα έχει έλλειψη υποδομών που μπορούν να υποστηρίξουν την ακριβή γεωργία, όπως έλλειψη υψηλής ταχύτητας διαδικτύου και αξιόπιστου προμηθευτή ηλεκτρικού ρεύματος στις αγροτικές περιοχές, πράγμα που καθιστά δύσκολη την πρόσβαση και χρήση της τεχνολογίας της ακριβούς γεωργίας για τους αγρότες.
- **Περιορισμένη πρόσβαση σε χρηματοδότηση:** Πολλοί αγρότες στην Ελλάδα έχουν περιορισμένη πρόσβαση σε χρηματοδότηση ή το κράτος δεν έχει μεριμνήσει ώστε οι πολίτες να έχουν πρόσβαση σε προγράμματα, την οποία την έχει αναλάβει κυρίως ο ιδιωτικός τομέας και ιδιωτικές επιχειρήσεις, πράγμα που δυσκολεύει την αγορά ακριβούς γεωργικής τεχνολογίας και εξοπλισμού.
- **Έλλειψη τεχνικής εμπειρογνωμοσύνης:** Η ακριβής γεωργία απαιτεί ένα επίπεδο τεχνικής εμπειρογνωμοσύνης για να εφαρμοστεί και να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά. Στην Ελλάδα, μπορεί να υπάρχει έλλειψη προγραμμάτων εκπαίδευσης και εκπαιδευτικών προγραμμάτων για την ανάπτυξη των απαραίτητων δεξιοτήτων μεταξύ των αγροτών.
- **Κλιματικές και μετεωρολογικές συνθήκες:** Οι καιρικές συνθήκες στην Ελλάδα είναι συχνά απρόβλεπτες, γεγονός που μπορεί να δυσκολέψει τους αγρότες να κάνουν ακριβείς προβλέψεις για την ανάπτυξη των καλλιεργειών και τα κλιματικά μοτίβα. Αυτό μπορεί να δυσκολέψει την αποτελεσματική χρήση της ακριβούς γεωργίας.
- **Υψηλό Κόστος:** Η αρχική επένδυση για τις τεχνολογίες ακριβείας στη γεωργία μπορεί να είναι αρκετά υψηλή. Αυτό περιλαμβάνει το κόστος αγοράς και συντήρησης εξοπλισμού, λογισμικού και υπηρεσιών.
- **Τεχνολογική Πολυπλοκότητα:** Η χρήση των τεχνολογιών ακριβείας στη γεωργία απαιτεί ένα ορισμένο επίπεδο τεχνικών γνώσεων και δεξιοτήτων. Οι αγρότες μπορεί να χρειαστεί να παρακολουθήσουν εκπαίδευση για να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά αυτές τις τεχνολογίες.

- **Διαχείριση Δεδομένων:** Η ακριβής γεωργία παράγει μια μεγάλη ποσότητα δεδομένων που πρέπει να διαχειριστούν και να αναλυθούν. Αυτό μπορεί να είναι δύσκολο, ειδικά για τους αγρότες που δεν είναι εξοικειωμένοι με την ανάλυση δεδομένων.
- **Εξάρτηση από την Τεχνολογία:** Υπάρχει κίνδυνος να γίνουμε υπερβολικά εξαρτημένοι από την τεχνολογία. Οποιαδήποτε τεχνικά ζητήματα ή αποτυχίες θα μπορούσαν να επηρεάσουν σημαντικά τις γεωργικές εργασίες.
- **Περιβαλλοντικές Ανησυχίες:** Παρόλο που η ακριβής γεωργία μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της περιβαλλοντικής επίπτωσης της γεωργίας, υπάρχουν ακόμη πιθανές περιβαλλοντικές ανησυχίες. Για παράδειγμα, η χρήση drones και άλλου εξοπλισμού μπορεί να έχει επίπτωση στην άγρια ζωή.
- **Κίνδυνος ασφάλειας δεδομένων:** Όπως με κάθε σύστημα που βασίζεται στην ψηφιακή τεχνολογία και τη συνδεσιμότητα, υπάρχει κίνδυνος διαρροής δεδομένων ή επιθέσεις χάκινγκ. Ευαίσθητες πληροφορίες σχετικά με τις λειτουργίες ενός αγροκτήματος θα μπορούσαν να εκτεθούν εάν δεν προστατεύονται σωστά.
- **Ανιση Πρόσβαση:** Όχι όλοι οι αγρότες έχουν ίση πρόσβαση στις τεχνολογίες ακριβείας στη γεωργία. Αυτό θα μπορούσε ενδεχομένως να διευρύνει το χάσμα μεταξύ των μεγάλων, τεχνολογικά προηγμένων αγροκτημάτων και των μικρότερων, λιγότερο τεχνολογικά έμπειρων.
- **Ρυθμιστικές Προκλήσεις:** Καθώς εισάγονται νέες τεχνολογίες, μπορεί να υπάρχουν ρυθμιστικές προκλήσεις ή αβεβαιότητες. Για παράδειγμα, η χρήση drones για γεωργικούς σκοπούς υπόκειται σε κανονισμούς που διαφέρουν ανά χώρα και περιοχή.
- **Αξιοπιστία της Τεχνολογίας:** Ενώ η τεχνολογία μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αποδοτικότητα, μπορεί επίσης να αποτύχει. Οι βλάβες του εξοπλισμού ή τα λάθη του λογισμικού μπορούν να οδηγήσουν σε διακοπή λειτουργίας και πιθανές απώλειες.
- **Απώλεια Θέσεων Εργασίας:** Η αυξημένη αυτοματοποίηση που σχετίζεται με την ακριβή γεωργία θα μπορούσε να οδηγήσει σε απώλεια θέσεων εργασίας στον γεωργικό τομέα. Ενώ μπορεί να δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας σε τομείς όπως η ανάλυση δεδομένων και η λειτουργία drones, μπορεί να χαθούν παραδοσιακές γεωργικές θέσεις εργασίας.
- **Ζητήματα Ιδιωτικότητας:** Η χρήση τεχνολογιών όπως τα drones και η παρακολούθηση GPS μπορεί να προκαλέσει ζητήματα ιδιωτικότητας, τόσο για τους

αγρότες όσο και για τα άτομα που ζουν κοντά σε γεωργικές εγκαταστάσεις. Η τεχνολογία blockchain μπορεί βέβαια να επιλύσει αυτό το πρόβλημα, λόγω της ιδιωτικότητας μεταφοράς των δεδομένων

- **Χρόνος Προσαρμογής:** Χρειάζεται χρόνος για να μάθει και να προσαρμοστεί κανείς σε νέες τεχνολογίες. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, μπορεί να υπάρξει μείωση της παραγωγικότητας.
- **Γηραιός πληθυσμός:** Πολλοί νέοι δε στρέφονται στον αγροτικό τομέα, οι οποίοι θα μπορούσαν με τις γνώσεις τους να προσφέρουν και να εντάξουν τους γαιοκτήμονες σε χρήση της αμπελουργίας ακριβείας.

Αυτά τα προβλήματα, στο μεγαλύτερο μέρος τους δεν έχουν λυθεί, και έτσι σε σύγκριση με άλλα κράτη της Ευρώπης και όχι μόνον, η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις χώρες οι οποίες δεν έχουν αναπτύξει ακόμη καταλλήλως την Αμπελουργία Ακριβείας (Precision Agriculture). Ένας φαύλος κύκλος μεταξύ κρατικών προβλημάτων και συμφερόντων των παραγωγών δεν δίνει εύκολα λύση σε ένα μείζον ζήτημα, αυτού της ανάπτυξης της τεχνολογίας στα αμπέλια, αλλά και στη γεωργία ευρύτερα.

2.4 Εισαγωγή της αμπελουργίας στην τεχνολογία Blockchain

Η τεχνολογία του blockchain έχει τεράστια δυναμική στον γεωργικό τομέα αυξάνοντας τη διαφάνεια, την ιχνηλασιμότητα και την αποδοτικότητα σε διάφορες διαδικασίες.

Ένα από τα κύρια οφέλη του blockchain στη γεωργία και ειδικότερα στην αμπελουργία, είναι η ικανότητά του να παρέχει ένα ασφαλές αρχείο των συναλλαγών. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην αλυσίδα εφοδιασμού, όπου το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καταγραφή της κίνησης των προϊόντων από το αγρόκτημα στον καταναλωτή.

Για παράδειγμα, οι αγρότες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το blockchain για να καταγράψουν πληροφορίες σχετικά με τις καλλιέργειές τους, όπως η ποικιλία των σπόρων, τα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν και η ημερομηνία συγκομιδής. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν στη συνέχεια να παρακολουθηθούν από ενδιάμεσους, όπως οι λιανοπωλητές, και τελικά να κοινοποιηθούν στους καταναλωτές. Αυτό μπορεί να αυξήσει την εμπιστοσύνη στην ποιότητα και την προέλευση των τροφίμων και να βοηθήσει στη διασφάλιση ότι τα προϊόντα είναι ασφαλή για κατανάλωση.

Ένα άλλο πεδίο όπου το blockchain μπορεί να είναι χρήσιμο στη γεωργία είναι η διαχείριση των δικαιωμάτων και της ιδιοκτησίας της γης. Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, η

ιδιοκτησία της γης μπορεί να είναι δύσκολο να αποδειχθεί και οι διαφωνίες είναι συνηθισμένες. Το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία αναλλοίωτων κτηματολογίων, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη της απάτης και στην αύξηση της διαφάνειας των συναλλαγών γης. Επιπλέον, οι αγρότες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το blockchain για τη δημιουργία έξυπνων συμβάσεων, οι οποίες μπορούν να αυτοματοποιήσουν τη διαδικασία αγοραπωλησίας γης, κάνοντάς την πιο εύκολη και αποτελεσματική. Επίσης, θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα marketplace πληρώνοντας σε σταθερό νόμισμα (USDT, USDC) και να γίνονται οι συναλλαγές πολύ γρήγορα, με ασφάλεια χωρίς την παρέμβαση τραπεζών.

Το blockchain μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της αποδοτικότητας της γεωργικής χρηματοδότησης. Οι αγρότες συχνά αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην απόκτηση δανείων από παραδοσιακές τράπεζες επειδή λείπουν τα απαραίτητα δικαιολογητικά και ιστορικό πιστοληπτικής ικανότητας. Οι πλατφόρμες που βασίζονται στο blockchain μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία αποκεντρωμένων χρηματοοικονομικών συστημάτων, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν τους αγρότες να έχουν πρόσβαση σε χρηματοδότηση, όπως ήδη πράττουν διάφορα κρυπτονομίσματα (AAVE protocol). Επιπλέον, οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας της δανειοδότησης και του δανεισμού, κάνοντάς την πιο γρήγορη και αποτελεσματική.

Συνοψίζοντας, ενώ η τεχνολογία αυτή είναι ακόμα σχετικά νέα, είναι σαφές ότι το blockchain έχει δυναμική να μεταμορφώσει τον γεωργικό τομέα. Μπορεί να παρέχει ένα ασφαλές και διαφανές αρχείο των συναλλαγών, να βελτιώσει την αποδοτικότητα των αλυσίδων εφοδιασμού και να αυξήσει τη διαφάνεια των δικαιωμάτων και της ιδιοκτησίας της γης. Καθώς η τεχνολογία του blockchain συνεχίζει να εξελίσσεται και να χρησιμοποιείται ευρέως, αναμένεται ότι θα διαδραματίσει όλο και πιο σημαντικό ρόλο στο μέλλον της γεωργίας.

3. Περιοχή Έρευνας

Η Περιφερειακή Ενότητα Ιωαννίνων ανήκει διοικητικά στην περιφέρεια της Ηπείρου. Είναι ένας από τους μεγαλύτερους σε έκταση νομούς της Ελλάδας (4.990 τ. χλμ) και καταλαμβάνει τη μισή περίπου έκταση του γεωγραφικού διαμερίσματος της Ηπείρου. Ο πληθυσμός της ανέρχεται σε 167.901 σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Πρωτεύουσα της ενότητας είναι η πόλη των Ιωαννίνων.

Ο Δήμος Ζίτσας είναι ο δήμος της Περιφέρειας Ηπείρου που συστάθηκε το 2010, διά της συνένωσης των προϋπάρχοντων δήμων Εκάλης, Ευρυμενών, Ζίτσας, Μολοσσών και Πασσαρώνος, βάσει των διατάξεων του «Καλλικράτη», Ν. 3852/2010 (ΦΕΚ 87/Α'/7-6-2010).

Ο νέος Καλλικρατικός Δήμος Μετσόβου έχει έδρα τον ομώνυμο οικισμό και προέκυψε με την εφαρμογή του Νόμου 3852/2010 (ΦΕΚ87(Α')/07-6-2010) από τη συνένωση των Δήμων Μετσόβου και Εγνατίας, καθώς και της κοινότητας Μηλέας. Πιο συγκεκριμένα, ο νέος Καλλικρατικός Δήμος περιλαμβάνει τη δημοτική κοινότητα Μετσόβου και τις τοπικές κοινότητες Ανηλίου, Ανθοχωρίου, Βοτονοσίου (820 μ.), Μικρής Γότιστας (840 μ.) και Μεγάλης Γότιστας (900μ.), Μικρού Περιστερίου (990 μ.) και Μεγάλου Περιστερίου (900μ.), Σίτσαινων (880 μ.), Χρυσοβίτσας (920 μ.) και Μηλέας.

Ο Δήμος ανήκει διοικητικά στην Περιφερειακή Ενότητα Ιωαννίνων και την Περιφέρεια Ηπείρου. Βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της ενότητας Ιωαννίνων και γειτνιάζει ανατολικά με την Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων (Περιφέρεια Θεσσαλίας) από τα όρη Ζυγό και Ψήλωμα, βορειοανατολικά με την Περιφερειακή Ενότητα Γρεβενών (Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας) από το όρος Μαυροβούνι, δυτικά με την περιοχή Ζαγορίου με τον ποταμό Αώο και νότια με τα Τζουμέρκα ορίζεται από το όρος Λάκμος και το διευρυμένο Δήμο Ιωαννίνων (Εικόνα 1).



Εικόνα 3. Οι περιοχές Μελέτης Μετσόβου και Ζίτσας συγκριτικά με άλλες του Νομού Ιωαννίνων. (Περιφέρεια Ηπείρου, 2018)

3.1 Αμπελώνες, ποικιλίες και στοιχεία Παραγωγής Ζίτσα

Το Οινοποιείο Συνεταιρισμού Ζοίνος Winery είναι ένα οινοποιείο που βρίσκεται στην περιοχή της Ζίτσας. Το οινοποιείο είναι γνωστό για την παραγωγή υψηλής ποιότητας κρασιών από την ποικιλία κυρίως της Ντεμπίνα. Το οινοποιείο ιδρύθηκε στις αρχές του 20ού αιώνα από μια ομάδα τοπικών αμπελουργών που είδαν την αξία της ποικιλίας(τοπική) και ήθελαν να δημιουργήσουν μια συλλογική προσπάθεια για την παραγωγή και την αγορά των κρασιών τους.

Η ντεμπίνα καλλιεργείται στην περιοχή της Ηπείρου από τον 7^ο αιώνα, όπως αναφέρουν ιστορικές πηγές, ανελλιπώς μέχρι σήμερα. Παλιότερα χρησιμοποιείτο στην χωρική οινοποίηση αλλά από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα όταν δημιουργήθηκαν στην περιοχή σύγχρονα οινοποιεία, η ποικιλία οινοποιήθηκε με σύγχρονες μεθόδους οινοποίησης με αποτέλεσμα την ανάδειξη όλων των ιδιοτήτων της.

Πρόκειται για μια ποικιλία που καλλιεργείται αποκλειστικά στην Ήπειρο και δίνει οίνους ποιότητας τόσο ξηρούς όσο και αφρώδης. Ειδικότερα η Ντεμπίνα είναι ιδανική για την παραγωγή λευκών οίνων. Η παρουσία της σε διεθνείς διαγωνισμούς και οι βραβεύσεις που έχει αποσπάσει αποδεικνύουν την ποιότητά του κρασιού που παράγεται από την ποικιλία αυτή.

Είναι μια λευκή ποικιλία σταφυλιού που είναι γνωστή για την υψηλή οξύτητα και το άρωμά της. Το οινοποιείο παράγει μια ευρεία γκάμα κρασιών, συμπεριλαμβανομένων των λευκών, αφρωδών οίνων, κόκκινα, ροζέ και άλλα. Το οινοποιείο χρησιμοποιεί επίσης σύγχρονες τεχνικές οινοποίησης για να παράγει κρασιά τα οποία μεγάλο μέρος τους εξάγονται στο εξωτερικό.

Τα τελευταία χρόνια η μεγαλύτερη ηλιοφάνεια κατά τους χειμερινούς μήνες καθώς και οι υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τον Σεπτέμβριο-Οκτώβριο, δίνουν πρωίμιση στις όψιμες γηγενείς ποικιλίες, καλύτερη ωρίμαση και απουσία ασθενειών που ταλαιπωρούσαν την ζώνη της Ζίτσας τα προηγούμενα χρόνια.

Οι αμπελώνες του οινοποιείου βρίσκονται σε υψόμετρο 600-800 μέτρων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και εκτίθενται στον ήλιο για το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας. Αυτό παρέχει ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης για τα πρέμνα, που παρέχουν πολλούς τόνους σταφυλιών, στο δροσερό ορεινό κλίμα. Τα σταφύλια συλλέγονται κατά την περίοδο του Σεπτεμβρίου, και έπειτα επεξεργάζονται στο Οινοποιείο Ζοίνος για την παραγωγή κρασιού και όχι μόνον

Ο συνεταιρισμός διαθέτει συνολικά 2100 στρέμματα αμπελώνων. Οι αμπελώνες βρίσκονται σε υψόμετρο γύρω στα 600-700 μέτρα. Το έδαφος στους αμπελώνες είναι κυρίως ασβεστολιθικά και επικλινή, το οποίο βέβαια θα αναλυθεί και σε παρακάτω κεφάλαιο.

.Την τελευταία δεκαετία το οινοποιείο και το αποστακτήριο έχουν εκσυγχρονιστεί και είναι επισκέψιμα. Η Zoipos Winery έχει πιά στην κατοχή της 130 στρέμματα ιδιόκτητους αμπελώνες βιολογικής καλλιέργειας με τις γηγενής ποικιλίες. Ο συνεταιρισμός στην Ζίτσα είναι ένας από τους πιο γνωστούς στη χώρα. Ο αμπελώνας είναι γνωστός για την παραγωγή υψηλής ποιότητας κρασιών και έχει μια μακρά ιστορία η οποία ξεκινάει πριν το 1980.

Ο συνεταιρισμός παράγει μια μεγάλη ποικιλία κρασιών και διαθέτει ποικίλες αμπέλου. Οι πιο σημαντικές ποικιλίες σταφυλιών που καλλιεργούνται στους αμπελώνες είναι:

- Ντεμπίνα(ΠΟΠ), παράγει λευκά κρασιά, η φρεσκάδα και το νεύρο της ποικιλίας είναι τα βασικά πλεονεκτήματα.
- Βλάχικο, δίνει κρασιά μέτριας έντασης χρώματος, πολύπλοκων αρωμάτων που θυμίζουν μαύρο πιπέρι, κόκκινα και μαύρα φρούτα του δάσους και δαμάσκηνα με υψηλή οξύτητα στο στόμα.
- Merlot, μια κόκκινη ποικιλία αμπέλου που είναι γνωστή για την παραγωγή κρασιών με μαλακή, φρουτώδη γεύση.
- Cabernet Sauvignon, έχει άρωμα μαύρο φραγκοστάφυλο, βατόμουρο, χρώμα βαθύ και πλούσιο σώμα. Οι ταννίνες είναι υψηλές.
- Αγιωργίτικο, έντονο άρωμα φρέσκων κόκκινων φρούτων, μέτρια οξύτητα, μαλακές ταννίνες.
- Διάφορες γηγενείς ηπειρώτικες ποικιλίες.

Για τον Λευκό ξηρό οίνο(παρόμοια για ημίξηρο) ακολουθούν τα αναλυτικά επιτρεπόμενα χαρακτηριστικά (από την Ντεμπίνα Π.Ο.Π)

1. Ελάχιστος φυσικός αλκοολικός τίτλος: 11% Vol
2. Ολικός αλκοολικός τίτλος του cuvee: Ελάχιστος 11% Vol
3. Ελάχιστος αποκτημένος αλκοολικός τίτλος: 11,5% Vol
4. Περιεκτικότητα σε ολικά σάκχαρα (g/l): 32-50 g/l
5. Ολική οξύτητα εκφρασμένη σε τρυγικό οξύ(g/l): Ελάχιστη 4,8
6. Πτητική οξύτητα εκφρασμένη σε οξικό οξύ(g/l): Μέγιστη 1,08

7. Υπερπίεση στη φιάλη: Ελάχιστη 3,5 bar
8. Μέγιστη περιεκτικότητα των οίνων σε ολικό διοξείδιο του θείου (mg/l): 185

Στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του συμπεριλαμβάνεται ότι έχει χρώμα φωτεινό κιτρινοπράσινο χρώμα έως αχυρόχρουν. Οσμή εσπεριδοειδών μήλου και αχλαδιού και λευκών ανθών και αρωματική με έντονη οξύτητα γεύση, που τονίζεται από την παρουσία του CO₂ και ελαφρώς γλυκιά επίγευση.

Παράγει συνολικά 2,5 εκατομμύρια λίτρα κρασιού τον χρόνο (Zoinos Winery, 2011). Το μεγαλύτερο μέρος του παραγόμενου κρασιού είναι κόκκινο (70%), ενώ το υπόλοιπο 30% είναι λευκό κρασί. Η Zoinos Winery παράγει επίσης μια μικρή ποσότητα αφρώδους κρασιού και άλλων αποσταγμάτων. Εξάγει τα κρασιά της σε πολλές χώρες παγκοσμίως και έχει φημισμένο όνομα για την παραγωγή υψηλής ποιότητας κρασιών.

3.2 Αμπελώνες, ποικιλίες και στοιχεία Παραγωγής Μέτσοβο

Η ιστορία της παραγωγής κρασιού στο κτήμα Αβέρωφ χρονολογείται από την αρχαιότητα, με αποδείξεις καλλιέργειας σταφυλιών στην περιοχή που χρονολογούνται από τη ρωμαϊκή περίοδο. Ωστόσο, δεν ήταν παρά μόνο τον 19ο αιώνα που η παραγωγή κρασιού στο Αβέρωφ άρχισε να αποκτά αναγνώριση, με τα κρασιά του χωριού να βραβεύονται σε διεθνείς εκθέσεις. Σήμερα, οι αμπελώνες είναι γνωστοί για την παραγωγή υψηλής ποιότητας κρασιών που απολαμβάνονται από λάτρεις του κρασιού σε όλο τον κόσμο.

Το κτήμα είναι γνωστό για τους όμορφους, επικλινείς αμπελώνες του και την παραγωγή υψηλής ποιότητας κρασιού. Το χωριό βρίσκεται στην οροσειρά της Πίνδου, όπου το μοναδικό μικροκλίμα και οι συνθήκες του εδάφους παρέχουν το ιδανικό περιβάλλον για την καλλιέργεια διαφόρων ποικιλιών αμπελιών.

Στο Γινιέτς, που στη βλάχικη τοπική διάλεκτο σημαίνει αμπελότοπος, καλλιεργούνται οι ποικιλίες Cabernet Sauvignon, Merlot, Cabernet Franc, Pinot Noir, Traminer, Βλάχικο, καθώς και άλλες, λιγότερο γνωστές τοπικές ποικιλίες της περιοχής.

Για τον Ερυθρό ξηρό οίνο(παρόμοια για γλυκό και ημίγλυκο) ακολουθούν τα αναλυτικά επιτρεπόμενα χαρακτηριστικά

1. Ελάχιστος αποκτημένος αλκοολικός τίτλος: 11,5% Vol
2. Ολικός αλκοολικός τίτλος: Ελάχιστος 11,5% Vol

Διπλωματική Εργασία

3. Ελάχιστος φυσικός αλκοολικός τίτλος: 11% Vol
4. Περιεκτικότητα σε ολικά σάκχαρα (g/l): Μέγιστη 9.0
5. Ολική οξύτητα εκφρασμένη σε τρυγικό οξύ(g/l): Ελάχιστη 3,5 – Μέγιστη 7
6. Πτητική οξύτητα εκφρασμένη σε οξικό οξύ(g/l): Μέγιστη 1,2
7. Μέγιστη περιεκτικότητα των οίνων σε ολικό διοξείδιο του θείου (mg/l): 150

Στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του συμπεριλαμβάνεται ότι έχει χρώμα βαθύ ερυθρό με πορφυρές, ιώδεις και κυανές ανταύγειες το οποίο μπορεί να γίνει κεραμιδί μετά από μακρόχρονη παλαίωση. Σύνθετη πιπεράτη μύτη με νότες κόκκινων φρούτων τυπικά των ποικιλιών από τις οποίες παράγεται και αναλόγως των ποσοστών της κάθε μίας.

Για τον Λευκό ξηρό οίνο(παρόμοια για γλυκό και ημίγλυκο) ακολουθούν τα αναλυτικά επιτρεπόμενα χαρακτηριστικά

1. Ελάχιστος αποκτημένος αλκοολικός τίτλος: 11% Vol
2. Ολικός αλκοολικός τίτλος: Ελάχιστος 11% Vol
3. Ελάχιστος φυσικός αλκοολικός τίτλος: 10,5% Vol
4. Περιεκτικότητα σε ολικά σάκχαρα (g/l): Μέγιστη 9.0
5. Ολική οξύτητα εκφρασμένη σε τρυγικό οξύ(g/l): Ελάχιστη 3,5 – Μέγιστη 7
6. Πτητική οξύτητα εκφρασμένη σε οξικό οξύ(g/l): Μέγιστη 1,08
7. Μέγιστη περιεκτικότητα των οίνων σε ολικό διοξείδιο του θείου (mg/l): 250

Στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του συμπεριλαμβάνεται ότι έχει χρώμα αχυρόχρουν με πράσινες ανταύγειες το οποίο μπορεί να γίνει βαθύ κίτρινο μετά από παλαίωση. Σύνθετη έντονη μύτη με νότες φρούτων και λουλουδιών τυπικά των ποικιλιών από τις οποίες παράγεται και αναλόγως των ποσοστών κάθε μίας.

Οι αμπελώνες στο Αβέρωφ φροντίζονται και συντηρούνται προσεκτικά για να εξασφαλίζεται η υψηλότερη ποιότητα παραγωγής κρασιού. Τα σταφύλια συλλέγονται χειροκίνητα την τέλεια στιγμή ωρίμασης(γύρω στον Σεπτέμβριο, σπάνια και Τέλη Αυγούστου και πολλές φορές αρχές Οκτώβρη) και η διαδικασία παραγωγής του κρασιού γίνεται σε μικρές παρτίδες για να διατηρούνται τα μοναδικά χαρακτηριστικά κάθε ποικιλίας σταφυλιού.

Σύμφωνα με τα δεδομένα παραγωγής, η παραγωγή κρασιού στο Αβέρωφ αυξάνεται σταθερά κατά τα τελευταία χρόνια. Την τελευταία δεκαετία, ο αριθμός των αμπελώνων στην περιοχή έχει αυξηθεί κατά 15%, με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής κρασιού κατά 20% (Αβέρωφ, 2020).

4. Γεωφυσικά Χαρακτηριστικά Ζίτσα και Αβέρωφ

Τα γεωφυσικά χαρακτηριστικά στο δήμο Ζίτσας και Μετσόβου έχουν μικρές αλλά σημαντικές διαφοροποιήσεις, οι οποίες διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των αμπελώνων. Για παράδειγμα, μέχρι και η διαφορετική μέση κατεύθυνση του ανέμου, επηρεάζει το μικροκλίμα και το κλίμα της περιοχής, και συνεπώς τους αμπελώνες, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Για τον σκοπό αυτό, αν και η Ζίτσα με το Αβέρωφ είναι κοντά ως περιοχές, εν τούτοις θα πρέπει να αναλυθούν ξεχωριστά..

4.1 Ζίτσα

Τα κυριότερα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής του Δήμου Ζίτσας είναι όμοια με αυτά που γενικά επικρατούν στην Π.Ε. Ιωαννίνων και συνοψίζονται στην επικράτηση ψηλών και επιμηκών οροσειρών που συνδυάζονται με στενές κοιλάδες. Το μικροκλίμα όμως της Ζίτσας διαφέρει πολύ και λόγω υψομέτρου αλλά και λόγω θέσης σε σχέση με άλλες περιοχές των Ιωαννίνων (βορειοδυτικά).

4.1.1 Γεωλογία

Γεωλογικά, οι οροσειρές στον Νομό Ιωαννίνων είναι κυρίως αντίκλινα, που αποτελούνται από ασβεστόλιθους, ενώ οι κοιλάδες είναι σύγκλινα, που αποτελούνται από φλύσχη.

Αναλυτικότερα, η ευρύτερη περιοχή ανήκει στην Ιόνια γεωτεκτονική ζώνη. Η τεκτονική της Ιόνιας ζώνης χαρακτηρίζεται από μία σειρά επάλληλων μεγάλων αντικλίνων και συγκλίνων που επωθούνται και εφιππεύουν το ένα το άλλο προς τα δυτικά. Οι άξονες των μεγάλων αυτών αντικλίνων και συγκλίνων παρουσιάζουν γενικά διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Η στρωματογραφική της ακολουθία είναι η εξής:

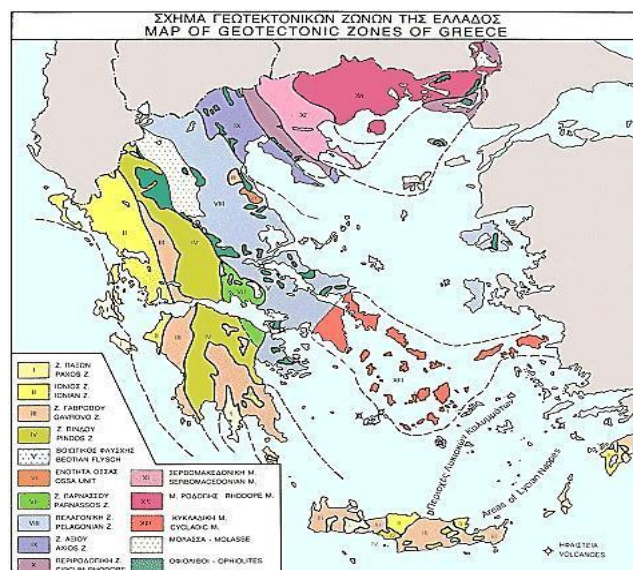
- Εβαποριτική σειρά και τριαδικά λατυποπαγή: εμφανίζονται κοιτάσματα γύψου και ανυδρίτη και σχηματισμοί που αποτελούνται από λατύπες μαύρων δολομιτωμένων ασβεστολίθων μέσα σε αργιλικό συνδετικό υλικό.

- Ανθρακική σειρά: αποτελείται κυρίως από Δολομίτες και ασβεστολίθους.
- Φλύσχης αδιαίρετος: χαρακτηρίζεται από εναλλαγές ιλυωδών μαργών και μεσόκοκκων έως χονδροκόκκων ψαμμιτών.

Στην ευρύτερη περιοχή εντοπίζονται κυρίως γύψοι και τριαδικά λατυποπαγή, ασβεστόλιθοι Ηωκαίνου οι οποίοι είναι λεπτοπλακώδεις μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με πυριτικούς (Εικόνα 2).

Τα εδάφη συγκεκριμένα στην περιοχή όπου βρίσκεται η Zoinos Winery αποτελούνται κυρίως από εδάφη αμμώδη και αμμόπηλώδη εδάφη. Τα εδάφη, λόγω συνεκτικότητας, κατακρατούν το νερό στα υπέργεια στρώματα(κάτι το οποίο παρατηρείται και στις αναλύσεις διήθησης) και είναι πλούσια σε μέταλλα που είναι ευεργετικά για την ανάπτυξη των αμπελιών. Επίσης είναι γνωστά για την καλή αποστράγγιση, η οποία βοηθά να αποτραπεί η ανάπτυξη μυκήτων και άλλων πιθανών ασθενειών που μεταφέρονται μέσω των ριζών, αλλά και κατακράτηση νερού για πολλές μέρες στα υπέργεια στρώματα.

Τα αμμώδη εδάφη(λιγότερο τα πηλώδη) έχουν επίσης καλή αποστράγγιση και παρέχουν καλό αερισμό για τις ρίζες των αμπελών. Τα εδάφη στην ευρύτερη περιοχή της Ζίτσας έχουν επίσης υψηλό pH, το οποίο είναι ιδανικό για την ανάπτυξη των τοπικών ποικιλιών. Αυτό βοηθά στην ισορροπία της οξύτητας του σταφυλιού και παρέχει ένα καλό περιβάλλον για την εγγυημένη ποιότητα του τελικού προϊόντος. Επιπλέον, τα εδάφη είναι πλούσια σε μέταλλα, όπως κάλιο και μαγνήσιο, τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των σταφυλιών και εν γένει των αμπελιών. Η συνδυασμένη παρουσία εδαφών ασβεστόλιθου και αμμώδους εδαφούς με υψηλό αλκαλικό επίπεδο pH και πλούσια σε μέταλλα παρέχει ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης, προσδίδοντάς του τα μοναδικά αρώματα και χαρακτηριστικά που το ξεχωρίζουν από άλλες ποικιλίες σταφυλιού. Για αυτό το λόγο, ο Συνεταιρισμός σε θέση να παράγει υψηλής ποιότητας κρασιά και άλλα αποστάγματα.



Εικόνα 4.1 Χάρτης Γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδος(Νιάρος,2007)

4.1.2 Υδρογεωλογία

Η υδρογεωλογία είναι η μελέτη της κίνησης και της κατανομής του ύδατος στα υπόγεια και υπέργεια εδαφικά στρώματα, αναλόγως με τη συνεκτικότητα και τον τύπο των εδαφών και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην περιοχή της Ζίτσας.

Αυτοί οι γεωλογικοί σχηματισμοί έχουν υψηλή διαπερατότητα, επιτρέποντας την εύκολη κίνηση του ύδατος μέσα σε αυτούς αλλά και αποτελεσματική κατακράτηση του νερού ώστε να εμπλουτίζεται το έδαφος με θρεπτικά συστατικά.

Ως αποτέλεσμα, η περιοχή χαρακτηρίζεται από μια σειρά από καρστικές πηγές, οι οποίες δημιουργούνται όταν το νερό από τα υπόγεια στρώματα εκβάλλεται στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές αποτελούν σημαντική πηγή νερού για την περιοχή και χρησιμοποιούνται για πολλούς αιώνες για άρδευση, πόσιμο νερό και άλλες χρήσεις. Εκτός από τις καρστικές πηγές, υπάρχει επίσης μια σειρά ποταμών και ρεμάτων στην περιοχή(όχι όμως πολύ κοντά στην περιοχή μελέτης), τα οποία αποτελούν σημαντικές πηγές νερού.

Αυτές οι επιφανειακές πηγές νερού υπόκεινται συχνά σε εποχιακές διακυμάνσεις και μπορεί να γίνουν ελάχιστες κατά τη διάρκεια των καλοκαιριών όπου επικρατεί περισσότερη ξηρασία. Η υδρογεωλογία της περιοχής επηρεάζεται επίσης από την παρουσία ρωγμών στους γεωλογικούς σχηματισμούς. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να λειτουργήσουν ως διέξοδοι για το νερό να κυκλοφορεί ελεύθερο μέσα στα υπόγεια στρώματα και μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη ροή και την κατανομή του ύδατος.

Ωστόσο, οι συνθήκες υδρογεωλογίας στη Ζίτσα έχουν και ορισμένες αρνητικές επιπτώσεις στους αμπελώνες. Για παράδειγμα, οι πολύπλοκοι γεωλογικοί σχηματισμοί στην περιοχή μπορούν να οδηγήσουν σε μεταβλητότητα στη διαθεσιμότητα και την ποιότητα του νερού. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα εποχιακές διακυμάνσεις στην παροχή του νερού και αλλαγές στη χημική σύνθεση του νερού, που μπορεί να επηρεάσουν την υγεία και την ανάπτυξη των αμπελώνων.

Επιπλέον, οι γεωλογικοί σχηματισμοί μπορούν να προκαλέσουν τη μόλυνση του νερού με μέταλλα και άλλες ουσίες, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα των σταφυλιών και τη συνολική απόδοση των αμπελώνων. Η υδρογεωλογία στην περιοχή επηρεάζεται επίσης από την ανθρώπινη δραστηριότητα, όπως οι αντλήσεις νερού για άρδευση, οικιακή και βιομηχανική χρήση(πολύ περιορισμένη), καθώς και κατασκευαστικές

και μεταλλευτικές δραστηριότητες. Αυτές οι δραστηριότητες μπορούν να επηρεάσουν τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων στην περιοχή και να οδηγήσουν στην εξάντληση του υπόγειου νερού, το οποίο είναι ένα μεγάλο πρόβλημα στην Ελλάδα. Μέχρι στιγμής κάτι τέτοιο δεν έχει παρατηρηθεί, τουλάχιστον σε μεγάλο βαθμό στην περιοχή μελέτης στα αμπελοτεμάχια της Zoinos Winery.

4.1.3 Υδρομετεωρολογία

Η υδρομετεωρολογία είναι η μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ του νερού και της ατμόσφαιρας. Το κλίμα στην Ζίτσα χαρακτηρίζεται από ζεστά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες, με το μεγαλύτερο μέρος των βροχοπτώσεων να συμβαίνει κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα. Η περιοχή επίσης υπόκειται σε περιοδικές καταιγίδες και πλημμύρες, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές σε καλλιέργειες, υποδομές και άλλες περιοχές. Η υδρομετεωρολογία της περιοχής επηρεάζεται επίσης από την παρουσία των γύρω οροσειρών, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν την κατανομή των βροχοπτώσεων και τη θερμοκρασία. Συγκεκριμένα, το μικροκλίμα στην Ζίτσα, έχει αρκετές βροχές τον χειμώνα και λιγότερες τους άλλους μήνες, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Οι οροσειρές μπορούν να αποτελέσουν εμπόδιο στην κίνηση των αέριων μαζών, οδηγώντας στον σχηματισμό διαφορετικών μικροκλιμάτων σε διάφορες περιοχές (στην Ζίτσα είναι συνήθως ΒΔ ο άνεμος). Η υδρομετεωρολογία της περιοχής επηρεάζεται επίσης από την παρουσία της οροσειράς της Πίνδου, η οποία ανάλογα με την κατεύθυνση του ανέμου φέρνει καταβατικούς και μη, οι οποίοι επηρεάζουν τον σχηματισμό βροχοπτώσεων και διάφορων κατακρημνισμάτων. Συνήθως, οι περιοχές δυτικά της Πίνδου δέχονται λιγότερες βροχές από αυτές που είναι ακριβώς στα ανατολικά.

Οι υδρομετεωρολογικές συνθήκες στη Ζίτσα επηρεάζουν επίσης το χρονισμό διάφορων αγροτικών εργασιών στους αμπελώνες, όπως η φύτευση, η κλάδευση και η συγκομιδή. Για παράδειγμα, η φύτευση πρέπει να γίνεται κατά τη διάρκεια της βροχερής περιόδου για να διασφαλιστεί ότι τα πρέμνα λαμβάνουν επαρκή ποσότητα νερού. Η κλάδευση πρέπει να γίνεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν υπάρχει το φαινόμενο του ληθάργου, για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ασθενειών. Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, όταν τα σταφύλια έχουν μικρότερο κίνδυνο να πληγούν από ασθένειες, κυρίως μυκητιάσεις. Στη Ζίτσα η συγκομιδή γίνεται κυρίως τον μήνα Σεπτέμβριο, η πρωίμιση και η οψιμότητα συνήθως επηρεάζεται από το κλίμα της εκάστοτε χρονιάς. Αξιοσημείωτο είναι ότι επειδή οι αμπελώνες της Ζίτσας έχουν κλίση, ο χρόνος συγκομιδής ενδέχεται να διαφέρει μέχρι και σε έκταση 1 στρέμματος.

Οι επικρατούσες συνθήκες επηρεάζουν επίσης τους υδατικούς πόρους της περιοχής, καθώς οι αλλαγές στις βροχοπτώσεις και τη θερμοκρασία μπορούν να επηρεάσουν τη

διαθεσιμότητα νερού στην περιοχή. Για παράδειγμα, οι ξηρασίες μπορούν να οδηγήσουν σε έλλειψη νερού στην περιοχή, ενώ έντονες βροχοπτώσεις μπορούν να προκαλέσουν πλημμύρες και κατολισθήσεις.

Η σχετική υγρασία είναι ένας άλλος κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει τους αμπελώνες στην περιοχή. Υψηλά επίπεδα υγρασίας μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη μυκητών, οι οποίες μπορούν να βλάψουν τα αμπέλια και να μειώσουν την ποιότητα των σταφυλιών. Στην περιοχή της Ζίτσας μεγάλο πρόβλημα αποτελεί η Ίσκα(ασθένεια του ξύλου που επηρεάζει πρέμνα κυρίως ηλικίας 10 ετών και άνω) και φυσικά ο περονόσπορος. Αντίθετα, χαμηλά επίπεδα υγρασίας μπορούν να οδηγήσουν σε έλλειψη υδροδότησης, η οποία μπορεί να έχει παρόμοιες επιπτώσεις στα αμπέλια. Στη Ζίτσα, η μέση σχετική υγρασία κυμαίνεται από 60% έως 70%, που είναι κατάλληλη για την ανάπτυξη των αμπελιών.

Συνολικά, η υδρομετεωρολογία της Ζίτσας χαρακτηρίζεται από ζεστά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες, με το μεγαλύτερο μέρος των βροχοπτώσεων να συμβαίνει κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα. Η περιοχή υπόκειται επίσης σε περιοδικές καταιγίδες και πλημμύρες. Οι γύρω οροσειρές και η οροσειρά της Πίνδου παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανομή των βροχοπτώσεων και τη θερμοκρασία, καθώς και στον σχηματισμό διαφορετικών μικροκλιμάτων και μετεωρολογικών μοτίβων. Οι υδρομετεωρολογικές συνθήκες επηρεάζουν επίσης τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων στην περιοχή, επομένως είναι σημαντικό να παρακολουθούνται προσεκτικά από τον Συνεταιρισμό και τους φορείς.

Παρακάτω επισυνάπτονται τα στοιχεία του 2023(μετεωρολογικά) για τον δήμο Ζίτσας στα 730 μέτρα από την επιφάνεια νερού (Πίνακας 1).

Πίνακας 4.1 Μετεωρολογικά Στοιχεία για τον δήμο Ζίτσας την περίοδο 2023(<https://penteli.meteo.gr/stations/zitsa/>, 2023)

Year	Month	Mean Temp	Mean High Temp	Mean Low Temp	Abs High Temp	Abs Day	Abs Low Temp	Max Day	Mean Rain Daily	Abs Rain	Mean Speed Wind	Dom Dir
2023	01	6	10	3.4	14.3	01	-0.1	30	211.2	46.2	2.9	NE
2023	02	5.2	11.9	1.5	18.1	20	-6.5	06	6	3	3	NNE
2023	03	8.5	15	4.9	21.5	24	-0.3	29	88.2	21.8	3.1	WNW

2023	04	9.8	1.8	.1	22.8	29	0.9	07	85.4	15.8	3.2	WN W
2023	05	14.4	20.6	11.2	26.5	15	8.5	04	114.6	16.4	1.8	ENE
2023	06	19.5	26	15.4	30.6	23	11.9	04	94.8	26	2.2	WN W
2023	07	25.4	32.8	20.2	36.9	25	15.8	06	5.6	5.6	3	WN W
2023	08	23.5	31.7	18.4	36.3	21	15.2	07	47.6	25.8	2.4	WN W
2023	09	19.8	26.2	15.8	32.2	03	12.3	05	60.2	23	2.4	NE

4.2 Αβέρωφ

Μολονότι τα γεωλογικά χαρακτηριστικά δεν διαφέρουν και πολύ στο Μέτσοβο, το κλίμα είναι αρκετά διαφορετικό. Το Μέτσοβο έχει κατά κύριο λόγο περισσότερες βροχές, περισσότερο κρύο, μεγαλύτερη κλίση στους αμπελώνες και περισσότερους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Αναλυτικά, οι διαφορές των 2 περιοχών μελέτης εξετάζονται σε αυτό το κεφάλαιο όσον αφορά τα γεωφυσικά χαρακτηριστικά.

4.2.1 Γεωλογία

Τα στοιχεία του εδάφους στο αμπελώνα Αβέρωφ στο Μέτσοβο διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη και παραγωγή των σταφυλιών. Ο αμπελώνας βρίσκεται στην οροσειρά της Πίνδου, η οποία είναι γνωστή για την ποικιλία των γεωλογικών σχηματισμών και των ειδών εδάφους. Το έδαφος στον αμπελώνα Αβέρωφ αποτελείται κυρίως αμμώδες, αμμώδες-αργιλοπηλώδες, που είναι χαρακτηριστικό της γύρω περιοχής.

Τα αμμώδη – αργιλοπηλώδη εδάφη είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και διατηρούν καλά το νερό, καθιστώντας τα ιδανικά για την καλλιέργεια των σταφυλιών. Από την άλλη πλευρά, έχουν καλή αποστράγγιση και παρέχουν καλό αερισμό στις ρίζες των πρέμνων, που είναι ουσιώδη στοιχεία για την ανάπτυξη και την εξέλιξη των αμπελώνων.

Το έδαφος στον αμπελώνα επηρεάζεται επίσης από την παρουσία βράχων και χαλικιών, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν την αποστράγγιση του νερού στο έδαφος και να μη διευκολύνουν τη ροή του.

Ο αμπελώνας βρίσκεται σε υψόμετρο 1000(1100 οι αμπελώνες γιγιέτς) μέτρων και άνω, επομένως το έδαφος επηρεάζεται επίσης από τη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις και είναι ο αμπελώνας που βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο στην Ελλάδα.

Οι ψυχρότερες θερμοκρασίες σε μεγάλο υψόμετρο μπορούν να επιβραδύνουν την ανάπτυξη των σταφυλιών, αλλά μπορεί επίσης να ενισχύσει την οξύτητα, το χρώμα και το άρωμα των σταφυλιών. Το έδαφος στον αμπελώνα Αβέρωφ χαρακτηρίζεται επίσης από τη χαμηλή γονιμότητα και υψηλή οξύτητα, κάτι το οποίο εξισορροπείται με τη συχνή βροχόπτωση. Βέβαια, αυτό μπορεί να αποτελέσει πρόκληση για την καλλιέργεια των σταφυλιών.

Ωστόσο, αυτό μπορεί επίσης να είναι επωφελές καθώς μπορεί να οδηγήσει σε μικρότερες αποδόσεις αλλά και υψηλότερη ποιότητα των σταφυλιών.

4.2.2 Υδρογεωλογία

Η περιοχή του Αβέρωφ χαρακτηρίζεται από μια πολύπλοκη γεωλογία, περιλαμβάνοντας σχηματισμούς από άργιλο, πηλό και άμμο όπως προαναφέρθηκε. Μέσω αυτών των σχηματισμών το νερό διεισδύει στο έδαφος και κινείται μέσω των διαπερατών πετρωμάτων και εδαφών, φτάνοντας στις ρίζες των αμπελιών και παρέχοντας την απαραίτητη υγρασία για την ανάπτυξή τους. Ωστόσο, οι συνθήκες στο Αβέρωφ παρουσιάζουν και ορισμένες προκλήσεις για τους αμπελώνες. Για παράδειγμα, η γεωλογία της περιοχής μπορεί να προκαλέσει διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητα του νερού, οδηγώντας σε εποχικές αλλαγές στην παροχή νερού για την άρδευση. Έχει παρατηρηθεί στο Μέτσοβο, όχι μόνο καλή υπόγεια κυκλοφορία του νερού αλλά και κατακράτηση στα υπέργεια στρώματα, λόγω της μεγάλης κλίσης στις καλλιέργειες, μεγαλύτερες και από αυτές της Ζίτσας.

Επιπλέον, η ποιότητα του νερού μπορεί να επηρεαστεί από την πολύπλοκη γεωλογία, με ορισμένες περιοχές να αντιμετωπίζουν υψηλά επίπεδα μετάλλων και άλλων ρύπων που μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη και την υγεία των αμπελιών. Για να αντιμετωπίσουν αυτές τις προκλήσεις, η εταιρεία Αβέρωφ χρησιμοποιεί μια ποικιλία στρατηγικών για τη διαχείριση των στοιχείων υδρογεωλογίας και τη διασφάλιση της υγείας και παραγωγικότητας των αμπελώνων τους. Για παράδειγμα, εφαρμόζει πρακτικές εξοικονόμησης νερού, όπως μείωση της χρήσης νερού και αύξηση της αποδοτικότητας των συστημάτων άρδευσης(σε αυτό θα βοηθούσε μια πιο οργανωμένη ανάπτυξη της αμπελουργίας ακριβείας). Επίσης χρησιμοποιούν, σε μικρό ποσοστό τεχνικές όπως η ανάλυση του εδάφους και η παρακολούθηση της ροής του νερού για να κατανοήσουν την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα του νερού στους αμπελώνες τους και να κάνουν τις απαραίτητες προσαρμογές στις πρακτικές άρδευσης τους(να επισημανθεί ότι δεν υπάρχει ακόμα οργανωμένο στρατηγικό σχέδιο ακριβούς αμπελουργίας).

Μια άλλη στρατηγική που χρησιμοποιείται είναι η χρήση συστημάτων συλλογής από κατακρημνίσεις στην περιοχή. Αυτά τα συστήματα συλλέγουν και αποθηκεύουν το νερό,

παρέχοντας μια αξιόπιστη πηγή νερού για άρδευση και μειώνοντας την εξάρτηση από το υπόγειο νερό. Αυτό δεν βοηθά μόνο στην εξοικονόμηση των υδατικών πόρων, αλλά βελτιώνει επίσης την ποιότητα του νερού, καθώς το νερό από κατακρημνίσεις είναι συνήθως πιο καθαρό και λιγότερο μολυσμένο από το υπόγειο νερό(ειδικότερα σε ορεινές περιοχές με χαμηλή βιομηχανική δραστηριότητα).

Εκτός από τις στρατηγικές διαχείρισης του νερού, στο Αβέρωφ θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν επίσης τεχνικές για την αντιμετώπιση της εδαφικής διάβρωσης, η οποία μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία και την παραγωγικότητα των αμπελώνων. Για παράδειγμα, μπορεί να εφαρμόσουν τεχνικές θεμελίωσης, κατατομής εδάφους και άλλες πρακτικές συντήρησης για τη μείωση της διάβρωσης του εδάφους και την προστασία των ριζών των αμπελώνων.

Τέλος, η χρήση τεχνικών στην γεωργία ακριβείας, όπως τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS), αποτελεί μελλοντική πρόκληση για τους αμπελώνες. Αυτές οι τεχνικές επιτρέπουν στους διαχειριστές των αμπελώνων να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται τους αμπελώνες τους με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, παρέχοντας πραγματικού χρόνου δεδομένα για τα επίπεδα υγρασίας του εδάφους, την ποιότητα του νερού και άλλες σημαντικές παραμέτρους. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη ενημερωμένων αποφάσεων σχετικά με την άρδευση και άλλες γεωργικές πρακτικές, βελτιώνοντας την υγεία και την παραγωγικότητα των αμπελώνων. Σε αυτό το σημείο βέβαια να αναφερθεί ότι αυτό δεν αποτελεί μέθοδο λειτουργίας και βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό επίπεδο.

4.2.3 Υδρομετεωρολογία

Η υδρομετεωρολογία της περιοχής επηρεάζεται από την παρουσία της οροσειράς της Πίνδου, η οποία λειτουργεί ως φράγμα μεταξύ της περιοχής και του Ιονίου Πελάγους. Συγκεκριμένα επηρεάζεται το μικροκλίμα της περιοχής αναλόγως της κατεύθυνσης του ανέμου.

Οι υδρομετεωρολογικές συνθήκες μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων στην περιοχή, καθιστώντας σημαντικό την προσεκτική παρακολούθησή τους. Για παράδειγμα, η ξηρασία μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη νερού στην περιοχή, ενώ έντονες βροχοπτώσεις μπορεί να προκαλέσουν πλημμύρες και κατολισθήσεις. Συνήθως η ξηρασία είναι σπάνια για την περιοχή ακόμη και τους ξηρούς μήνες(Ιούλιος, Αύγουστος).

Η βροχή αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την επιτυχία της υγιούς ανάπτυξης των πρέμνων, καθώς παρέχει το απαραίτητο νερό για την ανάπτυξη των αμπελώνων. Ωστόσο, υπερβολική ή ανεπαρκής βροχόπτωση μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στον

αμπελώνα. Στο Αβέρωφ, η ετήσια μέση βροχόπτωση είναι περίπου 800 mm, με το μεγαλύτερο μέρος της να συμβαίνει κατά τους χειμερινούς μήνες. Αυτή η βροχόπτωση βοηθά στη διατήρηση των επιπέδων υγρασίας του εδάφους και παρέχει νερό για του αμπελώνες στο κτήμα γινιέτς, αλλά αν υπάρχει υπερβολική ποσότητα μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική υγρασία του εδάφους και σε διάβρωση του εδάφους, με επιζήμιες επιπτώσεις στα αμπέλια. Αντίθετα, σε περίπτωση έλλειψης βροχόπτωσης, ο αμπελώνας μπορεί να αντιμετωπίσει συνθήκες ξηρασίας, μείωση της απόδοσης και ποιότητας των σταφυλιών. Αυτό το φαινόμενο βέβαια είναι εξαιρετικά σπάνιο και δεν αποτελεί πρόβλημα.

Η θερμοκρασία είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας για την επιτυχή ανάπτυξη των αμπελώνων στον Αβέρωφ. Κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης των σταφυλιών, η μέση θερμοκρασία είναι περίπου 19°C -22°C, με τους θερμότερους μήνες να είναι οι Ιούλιος και Αύγουστος. Αυτή η θερμοκρασία παρέχει κατάλληλες συνθήκες για τα σταφύλια, αλλά οι υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να είναι επιβλαβείς, προκαλώντας αφυδάτωση και μείωση της ανάπτυξης. Οι υψηλές θερμοκρασίες είναι σπάνιες για την περιοχή του Μετσόβου και σπανίως καθιστούν πρόβλημα. Επιπλέον, οι ακραίες θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν ζημιές και να μειώσουν την απόδοση και την ποιότητα των σταφυλιών (συνήθως οι αρνητικές για το Μέτσοβο)

Η υγρασία είναι ένα άλλο σημαντικό υδρομετεωρολογικό στοιχείο. Υψηλά επίπεδα υγρασίας μπορούν να οδηγήσουν σε διάφορες προσβολές από μυκητιάσεις (όπως και στη Ζίτσα) και προσβολές από έντομα, ενώ χαμηλά επίπεδα υγρασίας καθυστερούν την ωρίμαση των σταφυλιών. Στους αμπελώνες της περιοχής, η μέση σχετική υγρασία είναι περίπου 70%, παρέχοντας ένα κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη των αμπελιών.

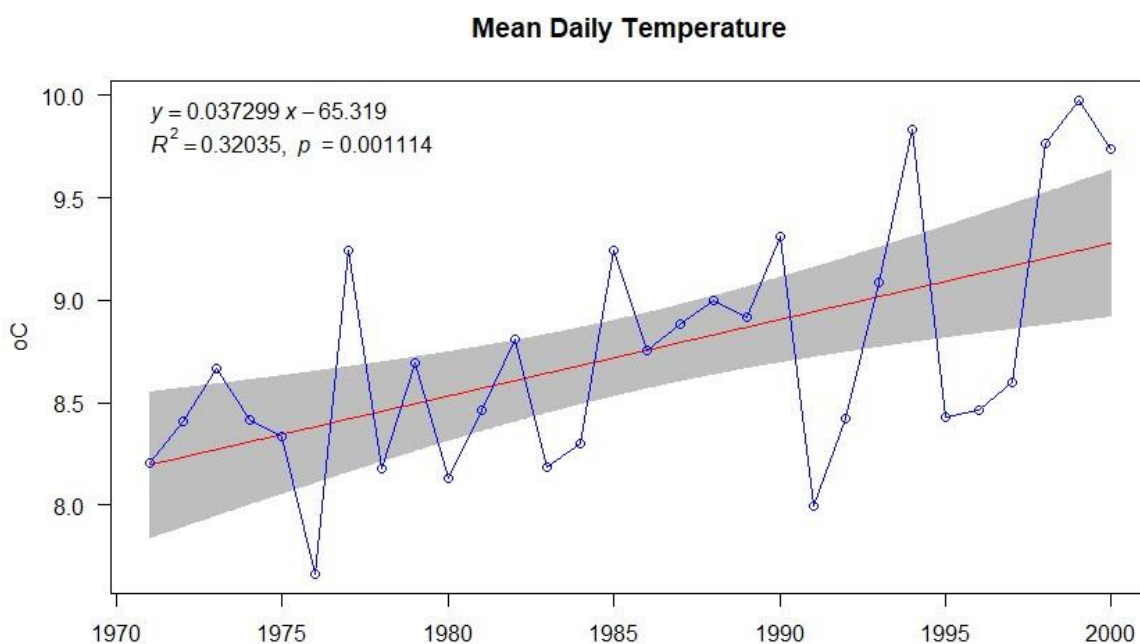
Σύμφωνα με τα ιστορικά δεδομένα της περιόδου 1971-2000, όπως προέκυψαν από την επεξεργασία των ημερήσιων τιμών 4 περιοχικών μοντέλων καθοδηγούμενων από 3 Παγκόσμια μοντέλα, η μέση ημερήσια θερμοκρασία στην ευρύτερη περιοχή του Μετσόβου ανέρχεται σε 8,7 °C, η μέση μέγιστη ημερήσια σε 14,0 °C και η μέση ελάχιστη σε 3,5 °C.

Οι παρατηρούμενες κλιματικές μεταβολές στην περιοχή του Μετσόβου είναι αντίστοιχες με τις μεταβολές που έχουν καταγραφεί σε άλλες ορεινές περιοχές της Ευρώπης.

Η μέση θερμοκρασία παρουσιάζει τάση αύξησης 0,37 °C/δεκαετία, η μέση μέγιστη 0,36 °C/δεκαετία και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία 0,22 °C/δεκαετία. Σε εποχικό επίπεδο η τάση αύξησης της μέσης θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη τους καλοκαιρινούς μήνες, με ρυθμό αύξησης 0,87 °C/δεκαετία.

Ο ετήσιος υετός κυμαίνεται μεταξύ 637 και 802 mm/έτος με τάση μείωσης 82 mm/δεκαετία και η μέση ετήσια χιονόπτωση μεταξύ 130 και 468 mm/έτος με τάση μείωσης 44 mm/δεκαετία.

Η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου ανέρχεται σε 4,1 m/s και η μέση ετήσια σχετική υγρασία σε 75,2% ενώ σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική τάση μεταβολής την περίοδο 1971-2000 και για τις δύο μεταβλητές(Εικόνα 3 και Πίνακας 2)



Εικόνα 4.2. Μέση τιμή Θερμοκρασίας από το 1970 έως το 2000(<https://penteli.meteo.gr/stations/metsovo/>, 2023)

Παρακάτω, δίνονται Μετεωρολογικά δεδομένα Μετσόβου από τον μετεωρολογικό σταθμό για το έτος 2023.

Πίνακας 4.2. Μετεωρολογικά Στοιχεία για τον δήμο Μετσόβου την περίοδο 2023 (<https://penteli.meteo.gr/stations/metsovo/>, 2023)

Year	Month	Mean Temp	Mean High Temp	Mean Low Temp	Abs High Temp	Abs Day	Abs Low Temp	Abs Day	Total Rain(mm)	Mean Speed Wind	Dom Dir

2023	01	2.4	6.1	-0.3	13.7	02	-0.1	31	268.8	4.5	NE
2023	02	1	5.6	-2.9	14.1	23	-6.5	06	29.2	4.6	NNE
2023	03	4.6	9	0.9	16.4	24	-0.3	29	135.6	4.1	WNW
2023	04	6	10.6	2.4	15.8	30	0.9	08	144.4	4.4	WNW
2023	05	10.7	14.7	7.4	21.7	15	8.5	13	148.7	4.1	ENE
2023	06	15.8	21.3	11.3	27.4	23	11.9	02	182	4.2	WNW
2023	07	21.5	28.2	14.9	33.0	21	15.8	01	6	5.0	WNW
2023	08	19.5	25.5	13.9	29.8	04	15.2	07	36.4	4.6	WNW
2023	09	15.7	20.6	11.8	25.4	03	12.3	01	402.8	5.8	NE

5. Μετρήσεις Πεδίου

Οι μετρήσεις Πεδίου έλαβαν μέρος στο νότιο τμήμα των αμπελώνων της Zoinos winery αλλά και στον αμπελώνα που βρίσκεται ακριβώς δίπλα από το οινοποιείο. Οι μετρήσεις αυτές θα βοηθήσουν στην περαιτέρω ανάπτυξη της γεωργίας ακριβείας, δίνοντας σαφείς λύσεις για τη μέτρηση της άρδευσης, το πρόβλημα των επικλινών εδαφών καθώς και των ασθενειών. Η ανάπτυξη της ακριβούς γεωργίας στην περιοχή θα συνεισφέρει στην αποδοτικότητα των αμπελώνων και προφανώς στην οικονομία των πόρων του οινοποιείου

5.1 Μετρήσεις Διήθησης

Οι μετρήσεις διήθησης χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν το πόσο γρήγορα μπορεί το νερό να εισέλθει στο έδαφος. Είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τον προσδιορισμό των αναγκών σε άρδευση καθώς και για τον προσδιορισμό του κατά πόσο υπάρχει καλή αποστράγγιση από το έδαφος. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για τον μετρικό προσδιορισμό του ρυθμού διήθησης σε αμπελώνες.

1. Μέθοδος διπλού κυλίνδρου: Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει τη χρήση 2 δακτυλίων για τη μέτρηση του ρυθμού διήθησης. Είναι μία συσκευή που αποτελείται από δύο

συγκεντρικούς κύκλους, έναν για τη μέτρηση του επιπέδου του νερού και έναν άλλον για τη μέτρηση της ροής. Η συσκευή τοποθετείται στο έδαφος, και το νερό προστίθεται στον εξωτερικό κύκλο με σταθερό ρυθμό. Ο ρυθμός με τον οποίο το

2. Αναλύσεις υδατογραφημάτων: Οι αναλύσεις των υδατογραφημάτων υπολογίζουν τον ρυθμό διήθησης λαμβάνοντας υπόψη το πλημμυρογράφημα στην έξοδο της λεκάνης και το αντίστοιχο βροχογράφημα που το προκάλεσε

Για τις μετρήσεις διήθησης χρησιμοποιήθηκε το **σύστημα 2 κυλίνδρων**. Αποτελείται από δύο 2 δακτυλίους που τοποθετούνται στην επιφάνεια του εδάφους. Ο εξωτερικός δακτύλιος χρησιμεύει για να περιορίσει τη ροή νερού προς τα έξω, ενώ ο εσωτερικός δακτύλιος χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ταχύτητας διήθησης.

Παρακάτω παρατίθενται οι μετρήσεις διηθήσεων στο πεδίο μελέτης:

1. Z1 : Ντεμπίνα, χωρίς Ίσκα

Συντεταγμένες:

x= 212414,350 μ

y= 4403872,263

Πίνακας 5.1.1. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z1 στο οινοποιείο της Zoinos Winery (2020)

TIME (min)	ΣΤΑΘΜΗ(mm) πριν	ΣΤΑΘΜΗ(mm) μετά
0		50
3		50
6		50
11	32	50
16	30	50
21	20	50
26	30	50
31	30	τέλος

2. Z2: Ντεμπίνα

Συντεταγμένες

X= 2124420,996

Y= 4403917,541

Πίνακας 5.1.2. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z2 στο οινοποιείο της Zoinos Winery (2020)

TIME (min)	ΣΤΑΘΜΗ(mm) πριν	ΣΤΑΘΜΗ(mm) μετά
0		50
1	30	50
2	40	70
4	60	60
6	30	50
8	35	50
10	40	60
13	30	50
16	35	50
21	20	70
25	45	50
29	25	50
33	25	τέλος

3. Z3: Ντεμπίνα & Cabernet

Συντεταγμένες

X=

2064556,124

Y= 3973898,457

Προβλήματα: μία παροχή νερού, μεταφορά νερού, απόκλιση second κατά το γέμισμα των δακτυλίων. Απουσία αλφαδιού. Απόκλιση ίσης απόστασης κυλίνδρων (2cm)

Πίνακας 5.1.3. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z3 στο οινοποιείο της Zoinos Winery (2020)

TIME (min)	ΣΤΑΘΜΗ(mm) πριν	ΣΤΑΘΜΗ(mm) μετά
0		50
1	35	60
4	35	50
7	35	50
10	30	50
14	30	50
18	35	50
22	35	50
26	35	τέλος

4. Z4: Cabernet & Ντεμπίνα

Συντεταγμένες

X=

2064576,552

Y= 3973923,790

Προβλήματα: μακριά από την παροχή νερού, χρονικά μεγάλα διαστήματα από κάθε μέτρηση, μεγάλη κλίση, μη ομοιόμορφη κατανομή νερού στους κυλίνδρους

Πίνακας 5.1.4. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z4 στο οινοποιείο της Zoinos Winery (2020)

TIME (min)	ΣΤΑΘΜΗ(mm)	ΣΤΑΘΜΗ(mm)
0		50
1	40	50
4	35	50
7	40	50
10	40	50
13	35	50
16	40	50
19	40	55
22	40	50
25	35	50
28	35	τέλος

5. Z5: Ντεμπίνα

Συντεταγμένες:

X=

2064528,207

Y= 3973908,097

Μετεωρολογικά δεδομένα: θερμοκρασία 32 °C, σχετική υγρασία 30%, άπνοια

Προβλήματα: όπως Z4 έντονη κλίση εδάφους, εναλλαγές με σκίαση οπότε λιγότερη εξάτμιση νερού.

Πίνακας 5.1.5. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z5 στο οινοποιείο της Zoinos Winery (2020)

TIME (min)	ΣΤΑΘΜΗ(mm) πριν	ΣΤΑΘΜΗ(mm) μετά
0		50

3	40	50
6	35	50
9	35	50
12	40	50
15	40	50
18 (εμφάνιση ήλιου)	35	50
21	40	50
24	40	50
27	40	τέλος

6. Z6: Ντεμπίνα

Συντεταγμένες

X=

2064555,034

Y= 3973945,883

Μετεωρολογικά δεδομένα: θερμοκρασία 32 °C, σχετική υγρασία 28%, άνεμοι 2 Beaufort, εναλλαγές με ήλιο/σκίαση

Προβλήματα: μακριά από την παροχή νερού, χρονικά μεγάλα διαστήματα από κάθε μέτρηση, μεγάλη κλίση, μη ομοιόμορφη κατανομή νερού στους κυλίνδρους), απουσία αλφαδιού, απόκλιση ίσης απόστασης κυλίνδρων (+- 2cm).

Πίνακας 5.1.6. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z6 στο οινοποιείο της Zoinos Winery (Zoinos, 2020)

TIME (min)	ΣΤΑΘΜΗ(mm) πριν	ΣΤΑΘΜΗ(mm) μετά
0		50
1 σκίαση	45	50
3 ήλιος	40	50

6	35	50
9	40	50
12 σκίαση	42	50
15	40	50
18 ήλιος	35	50
21 εναλλαγές	40	50
24	40	50
27	40	τέλος

7. Z7: Ντεμπίνα

Συντεταγμένες

X=

2064480,887

Y= 3473926,951

Μετεωρολογικά δεδομένα: θερμοκρασία 33 °C, σχετική υγρασία 25%. Άνεμοι 2 Beaufort

Προβλήματα: Παρόμοια με Z6, χωρίς όμως το έδαφος να έχει κλίση

Πίνακας 5.1.7. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z7 στο οινοποιείο της Zoinos Winery (Zoinos, 2020)

TIME (min)	ΣΤΑΘΜΗ(mm) πριν	ΣΤΑΘΜΗ(mm) μετά
0		50
1 σκίαση	40	50
3	45	50
6	38	50
9	40	60
12 ήλιος	35	50

15	40	50
18	40	50
21	40	τέλος

8. Z8: Ντεμπίνα

Συντεταγμένες:

X=

20.64483371

Y= 39.73914280

Μετεωρολογικά Δεδομένα: θερμοκρασία 32 °C, σχετική υγρασία 30%, νεφοκάλυψη 80%, ταχύτητα ανέμου 3 Beaufort

Προβλήματα: Παρόμοια με Z6, χωρίς κλίση εδάφους και από τη μία μεριά έλλειψη πρέμνου

Πίνακας 5.1.8. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z8 στο οινοποιείο της Zoinos Winery (Zoinos, 2020)

TIME (min)	ΣΤΑΘΜΗ(mm) πριν	ΣΤΑΘΜΗ(mm) μετά
0		50
1 ήλιος	42	50
3 σκίαση	42	50
6 εναλλαγές	41	50
9 σκίαση	43	50
12 εναλλαγές	41	50
15	45	50
18	42	50
21	45	50

24	42	50
27 ήλιος	42	50
30	42	50
33	42	τέλος

9. Z9: Ντεμπίνα (Νεόφυτα)

Συντεταγμένες

X=

20.64507987

Y= 39.73934148

Μετεωρολογικά δεδομένα: θερμοκρασία 28 °C, 35% σχετική υγρασία, 90% νεφοκάλυψη, άνεμοι 3 Beaufort

Προβλήματα: παρόμοια με Z6, τα πρέμνα είναι ελαφρώς αρδευόμενα.

Πίνακας 5.1.9. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z9 στο οινοποιείο της Zoinos Winery (Zoinos, 2020)

TIME (min)	ΣΤΑΘΜΗ(mm) πριν	ΣΤΑΘΜΗ(mm) μετά
0		50
1 ήλιος	40	50
3 ήλιος	42	50
6 εναλλαγές	35	50
9 σκίαση	35	50
12 εναλλαγές	38	50
15 σκίαση	38	50
18	40	50
21	38	50

24	38	50
27	38	50
30	37	τέλος

10. Z10: Ντεμπίνα(Νεόφυτα)

Συντεταγμένες

X=

20.64520592

Y= 39.73977292

Μετεωρολογικά δεδομένα: θερμοκρασία 28 °C, σχετική υγρασία 35%, άνεμοι 3 Beaufort, νεφοκάλυψη 50%

Προβλήματα: Παρόμοια με Z6, μεγαλύτερη κλίση σε σχέση με Z9 (γύρω στις 5 μοίρες), μη ποιοτική μέτρηση

Πίνακας 5.1.10. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z10 στο οινοποιείο της Zoinos Winery (Zoinos, 2020)

TIME (min)	ΣΤΑΘΜΗ(mm) πριν	ΣΤΑΘΜΗ(mm) μετά
0		50
1 ήλιος	42	50
3 σκίαση	42	50
6 εναλλαγές	30	50
9 ήλιος	36	50
12 ήλιος	35	50
15 εναλλαγές	32	50
18	32	52
21 ήλιος	35	50

24 σκίαση	35	50
27	30	50
30	35	50
33	35	τέλος

11. Z11: Νεόφυτο(πίσω από το οινοποιείο)

Συντεταγμένες

X=

20.63984844

Y= 39.75419424

Μετεωρολογικά δεδομένα: θερμοκρασία 31 °C, σχετική υγρασία 22%, άνεμοι 4-5 Beaufort, νεφοκάλυψη 0%

Προβλήματα: απώλειες λόγω εδάφους, σφάλμα μετρήσεων μεγάλο

Πίνακας 5.1.11. Μετρήσεις διήθησης από την περιοχή Z11 στο οινοποιείο της Zoinos Winery (Zoinos, 2020)

TIME (min)	ΣΤΑΘΜΗ(mm) πριν	ΣΤΑΘΜΗ(mm) μετά
0		50
1	35	50
3	38	60
6	35	50
9	30	50
12	30	50
15	30	τέλος

Παρατηρείται ότι σχεδόν σε όλες τις μετρήσεις υπάρχει αρκετά **χαμηλός ρυθμός διήθησης**. Ένας αργός ή χαμηλός ρυθμός διήθησης υποδηλώνει ότι το έδαφος δεν είναι ικανό να απορροφήσει το νερό γρήγορα. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες,

συμπεριλαμβανομένης της υψής του εδάφους ή της παρουσίας αδιαπερατών στρωμάτων. Ουσιαστικά, είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί αποδοτική άρδευση σε περιοχές με χαμηλό ρυθμό διήθησης. Υπάρχουν και άλλοι λόγοι για τους οποίους μπορεί να συμβαίνει αυτό. Στην παρούσα μελέτη το αμμώδες έδαφος που προκύπτει από τα αποτελέσματα θα έπρεπε να φέρνει καλύτερη αποστράγγιση εδάφους και ταχύτερη διήθηση. Οι λόγοι μπορεί να είναι οι εξής

Σημείο Κορεσμού. Εάν το βάθος του νερού στο εσωτερικό δακτυλίου παραμένει σταθερό για εκτεταμένο χρονικό διάστημα, μπορεί να υποδεικνύει ότι το έδαφος έχει φτάσει σε σημείο κορεσμού. Δηλαδή, το έδαφος έχει απορροφήσει όσο νερό μπορεί να αντέξει στις συγκεκριμένες συνθήκες. Αυτό μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και την αρχική του υγρασία.

Περιορισμένη Κίνηση του Νερού. Ορισμένα έδαφη μπορεί να έχουν αργό ρυθμό διήθησης κοντά στην επιφάνεια αλλά καλύτερη διήθηση του νερού σε μεγαλύτερο βάθος. Σε τέτοιες περιπτώσεις, είναι σημαντικό να αξιολογηθούν οι ιδιότητες του εδάφους σε διάφορα επίπεδα βάθους για να υπάρχει πλήρης εικόνα όσον αφορά την κίνηση του νερού στα κατώτερα στρώματα.

Εποχικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες. Ο ρυθμός διήθησης μπορεί να ποικίλλει αναλόγως με τις περιβαλλοντικές συνθήκες στην περιοχή, όπως η υγρασία και η θερμοκρασία του εδάφους. Οι παρούσες διηθήσεις πραγματοποιήθηκαν τον Μήνα Σεπτέμβριο, γεγονός που ενδέχεται να επηρεάζει τα αποτελέσματα και την ακρίβειά τους.

Παρουσία πετρωμάτων: Στην περιοχή μελέτης παρατηρήθηκαν αρκετά ογκώδη πετρώματα, κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Το γεγονός αυτό μπορεί να κατακρατεί το νερό στα υπέργεια στρώματα του εδάφους και να μην το αφήνει να περάσει γρήγορα προς τα υπόγεια στρώματα.

5.2 Μετρήσεις Εδαφών

Για τις μετρήσεις των εδαφών καταγράφηκε η περιοχή έρευνας αναλυτικά με συντεταγμένες, έγινε η ανάλυση των εδαφικών δειγμάτων στο εργαστήριο και εν συνεχεία βγήκαν τα αποτελέσματα των αναλύσεων, εξάγοντας την κοκκομετρική ανάλυση. Συλλέχτηκαν επιφανειακά στα 10-15 εκατοστά, λόγω της δομής του εδάφους. Παρακάτω παρατίθενται τα εδαφολογικά δείγματα μαζί με τις συντεταγμένες τους.

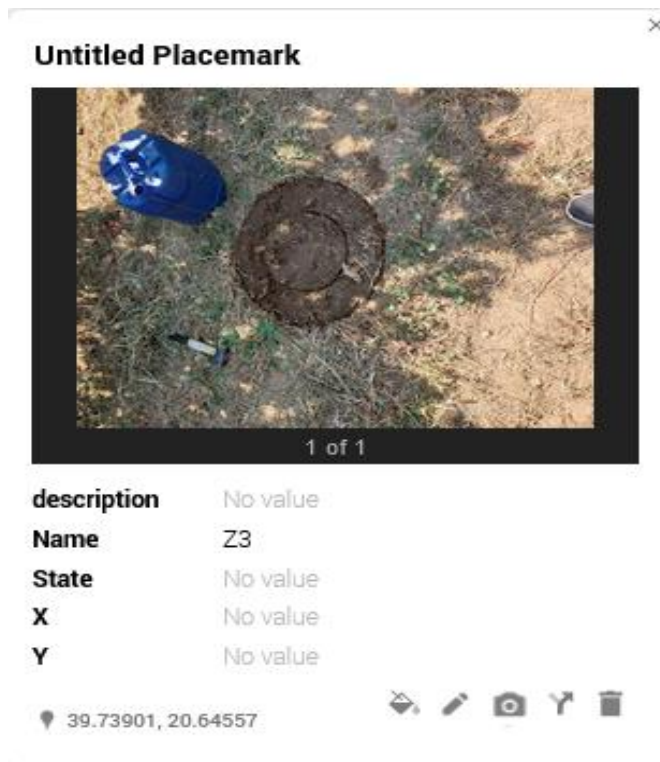
Εδαφολογικά δείγματα:

Z3 συντεταγμένες (Εικόνα 3)

X=

20.64529381

Y= 39.73908617



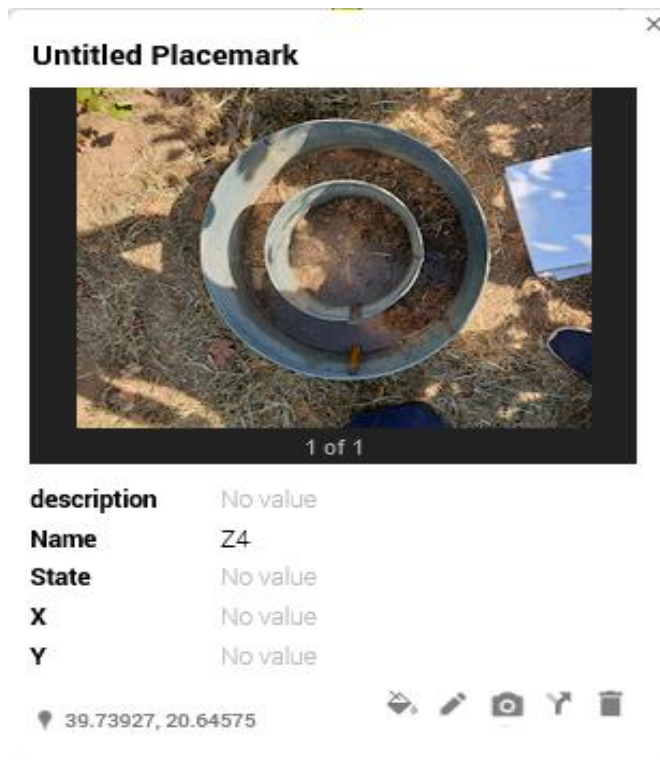
Εικόνα 5.2.1. Διήθηση με 2 δακτυλίους στην περιοχή Z3 (Zoinos, 2020)

Z4 συντεταγμένες (Εικόνα 5)

X=

20.64557816

Y= 39.73946532



Εικόνα 5.2.2. Διήθηση με 2 δακτυλίους στην περιοχή Z4 (Zoinos, 2020)

Z5 συντεταγμένες

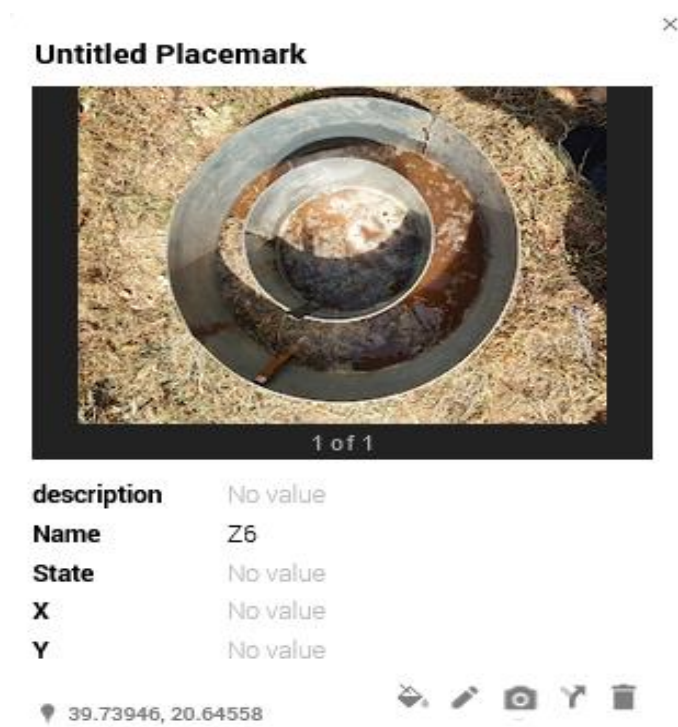
X= 20.64483090

Y= 39.73916646

Z6 συντεταγμένες (Εικόνα 6)

X= 20.64476717

Y= 39.73950360



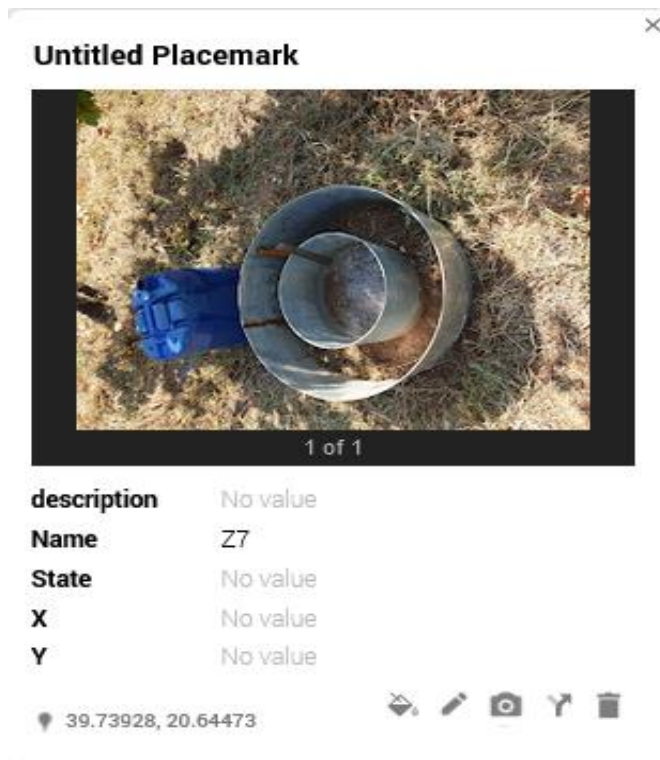
Εικόνα 5.2.3. Διήθηση με 2 δακτυλίους στην περιοχή Z6 (Zoinos, 2020)

Z7 συντεταγμένες (Εικόνα 7)

X=

20.64570466

Y= 39.74066423



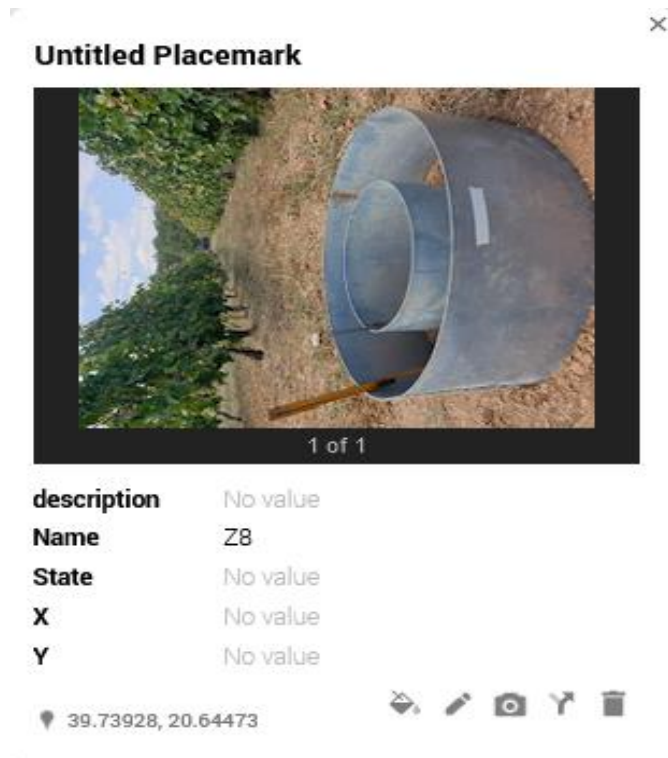
Εικόνα 5.2.4. Διήθηση με 2 δακτυλίους στην περιοχή Z7 (Zoinos, 2020)

Z8 συντεταγμένες- Νεόφυτο (Εικόνα 8)

X=

20.63985707

Y= 39.75417802



Εικόνα 5.2.5. Διήθηση με 2 δακτυλίους στην περιοχή Z8 (Zoinos, 2020)

Z9 συντεταγμένες

X= 20.63968404
Y= 39.75446952

Z10 συντεταγμένες

X= 20.63915224
Y= 39.75471258

Z11 συντεταγμένες

X= 20.63919122
Y= 39.75525739

Z12 συντεταγμένες

X= 20.63936868
Y= 39.75553833

Z13 συντεταγμένες

X= 20.63916147
Y= 39.75586045

Z14 συντεταγμένες

X=

20.63878637

Y= 39.75591367

Πίνακας 5.2.1. Ανάλυση εδαφικών δειγμάτων από περιοχές μελέτης (Χρυσανθόπουλος 2021)

	Z1	Z2	Z4	Z5	Z6	Z7
Diameter(mm.)	Passing(%)	Passing(%)	Passing(%)	Passing(%)	Passing(%)	Passing(%)
19	100	100	100	100	100	100
4,75	86,70449939	81,7296223	93,69621773	87,69412227	86,1616351	82,41262683
2	66,96392379	61,7693837	78,40704423	70,45409868	68,06675417	62,77715145
0,85	41,60924199	39,6023857	54,31258755	49,02693139	44,10275642	39,60916949
0,425	23,87515201	21,7097416	29,29757855	32,2783566	27,95799737	21,5520481
0,25	14,89663559	13,0218688	17,43045827	22,52801258	17,11981999	12,70199173
0,15	9,160924199	7,37574553	11,106664	15,13662276	10,23813988	7,215332582
0,075	3,708958249	2,98210736	5,003001801	7,352073914	4,51903244	2,668169861
Παιπαλη	0	0	0	0	0	0

Ο πίνακας 14 δείχνει τα αποτελέσματα μιας ανάλυσης εδαφικών δειγμάτων, συγκεκριμένα των δειγμάτων "Z1" έως "Z7" η οποίες στην πραγματικότητα είναι "Z3" έως "Z8". Η ανάλυση που παρουσιάζεται στον πίνακα είναι μια ανάλυση της κατανομής των σωματιδίων του εδάφους ανάλογα με τη διάμετρό τους.

Στον πίνακα, η στήλη "Diameter(mm.)" αναφέρεται στη διάμετρο των σωματιδίων του εδάφους σε χιλιοστά (mm). Οι υπόλοιπες στήλες (Z1, Z2, Z4, Z5, Z6, Z7) αναφέρονται στα διάφορα δείγματα εδάφους που αναλύθηκαν. Οι τιμές σε αυτές τις στήλες αντιπροσωπεύουν το ποσοστό των σωματιδίων του εδάφους που περνούν μέσα από ένα κόσκινο με την αντίστοιχη διάμετρο.

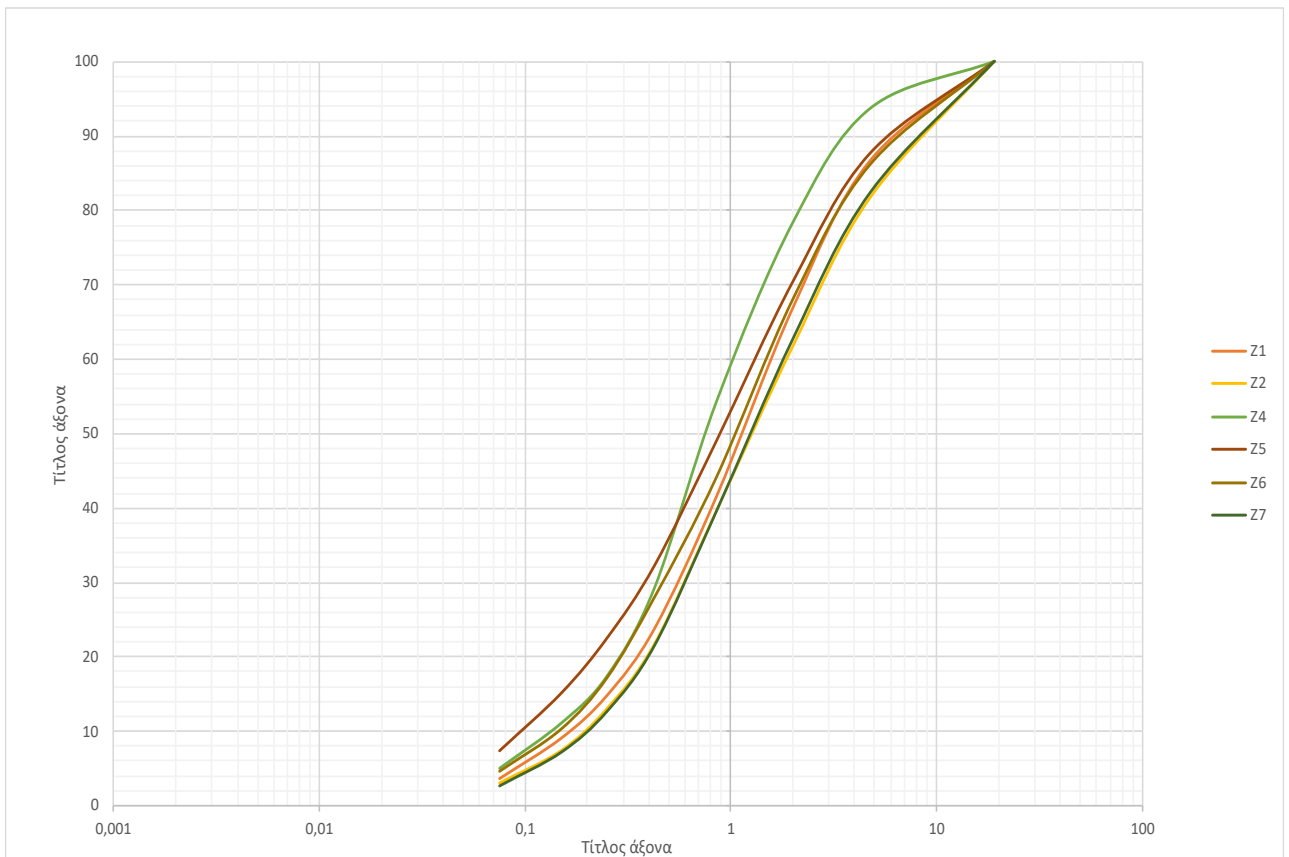
Για παράδειγμα, στη γραμμή με διάμετρο 4,75 mm, οι τιμές στις στήλες Z1 και Z2 είναι 86,70449939 και 81,7296223 αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι το 86,70% των σωματιδίων του δείγματος Z1 και το 81,73% των σωματιδίων του δείγματος Z2 περνούν μέσα από ένα κόσκινο με διάμετρο 4,75 mm.

Αυτός ο τύπος ανάλυσης είναι χρήσιμος για την κατανόηση της υφής του εδάφους και της διανομής των σωματιδίων του εδάφους, που μπορεί να επηρεάσει τις ιδιότητες του εδάφους, όπως η διαπερατότητα.

Ο τύπος εδάφους των δειγμάτων Z1-Z7 είναι κυρίως αμμώδης- αμμοπηλώδης (Εικόνα 9 και Πίνακας 15) και υπάρχουν στρώματα φλύσχη στο υπέργειο μέρος. Αυτό είναι σημαντικό ώστε να γίνει αντιληπτό ότι το έδαφος παρουσιάζει αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού για πολλές μέρες αλλά και καλή αποστράγγιση μετά. Λόγω μεγάλης ταχύτητας διάχυσης του νερού μέσα στην άμμο δημιουργούνται καλές συνθήκες αερισμού για την ανάπτυξη των φυτών. Επίσης, επειδή υπάρχουν πετρώματα στο υπέργειο τμήμα του εδάφους, το νερό κατακρατείται για πολλές μέρες και στα υπέργεια στρώματα, καθιστώντας την άρδευση δύσκολη αλλά και αναγκαία ανά μη τακτά χρονικά διαστήματα. Η καμπύλη έχει ευρύ, ομαλό σχήμα, επομένως υποδηλώνει μια καλή κατανομή διαφόρων μεγεθών σωματιδίων, υποδηλώνοντας ένα καλά διαβαθμισμένο έδαφος.

Πίνακας 5.2.2. Ανάλυση εδαφικών δειγμάτων από περιοχές μελέτης (Δρ Μενέλαος Θεοχάρης, 2015)

Ονομασία	Διάμετρος τεμαχιδίων		Αριθμός τεμαχιδίων ανά gr εδάφους	Επιφάνεια cm ² ανά gr εδάφους
	(mm)	(μm)		
Πολύ χοντρή άμμος	2,00 - 1,00	2000- 1000	90	11
Χοντρή άμμος	1,00 - 0,50	1000- 500	722	23
Ενδιάμεση άμμος	0,50 - 0,25	500-250	5.777	45
Λεπτή άμμος	0,25 - 0,10	250-100	46.213	91
Πολύ λεπτή άμμος	0,10 - 0,05	100-50	722.074	227
Ιλύς	0,05- 0,002	50-2	5.776.674	454
Άργιλος	□ 0,002	< 2	90.260.853.860	8.000.000



Εικόνα 5.2.6. Καμπύλη Κοκκομετρικής ανάλυσης για διάφορες περιοχές εντός οينوποιείου (Χρυσανθόπουλος, 2021)

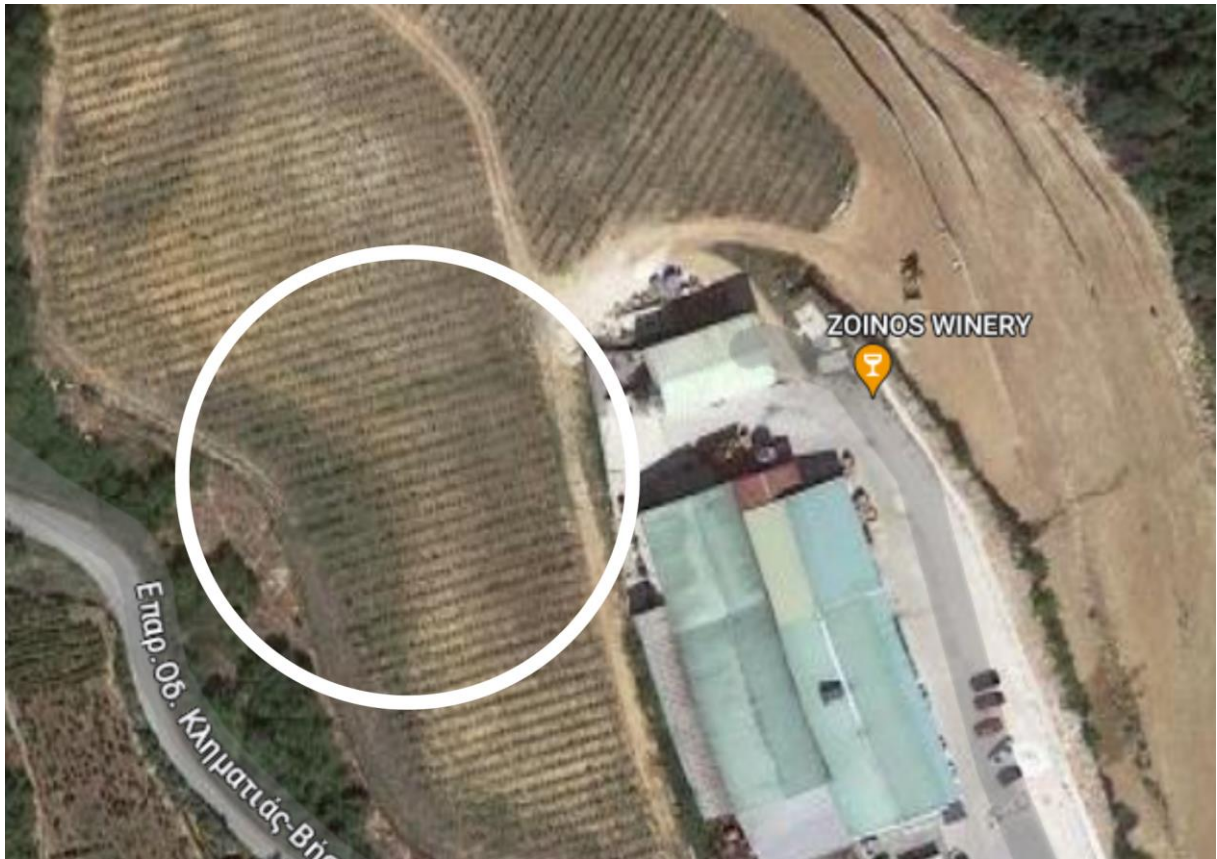
6. Σχεδιασμός συστήματος παρακολούθησης

Η περιοχή μελέτης έχει μία κλίση από βορειοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά (Εικόνα 10), γεγονός που καθιστά τις ποικιλίες που είναι στα κατώτερα επίπεδα να είναι πιο πρώιμες, λόγω συγκράτησης θρεπτικών συστατικών από το νερό, με μεγαλύτερη εδαφική υγρασία, ενώ στα δυτικά-βορειοδυτικά η καλλιέργεια είναι πιο όψιμη και λίγο χειρότερης ποιότητας.



Εικόνα 6.1. Δορυφορική εικόνα με απεικόνιση κλίσης από την περιοχή μελέτης (Google maps, 2022)

Δίπλα από το οινοποιείο, πραγματοποιήθηκαν εδαφικές δειγματοληψίες και διηθήσεις, σε πολύ μικρότερο ποσοστό, με την κλίση να είναι από τα νότια-νοτιοδυτικά σε βόρεια-βορειοδυτικά προς τα βορειοανατολικά (Εικόνα 11).



Εικόνα 6.2. Δορυφορική εικόνα από την περιοχή μελέτης δίπλα από την Zoinos Winery (Google maps, 2022)

6.1 Αισθητήρες Υγρασίας

Οι μέθοδοι και οι τεχνολογίες παρακολούθησης της εδαφικής υγρασίας είναι οι εξής:

1. Μέθοδος του πυριαντηρίου στους 105 - 110 °C.

Η μέθοδος αυτή είναι κλασική. Παρουσιάζει όμως το μειονέκτημα ότι από τη στιγμή που παίρνεται το δείγμα από το έδαφος, μέχρι το αποτέλεσμα περνάει χρόνος από 24 έως 48 ώρες.

Η λήψη εδαφικών δειγμάτων από διάφορες θέσεις και βάθη του χωραφιού είναι η πιο απλή, η πιο χρησιμοποιούμενη και πιθανόν η καλύτερη μέθοδος μέτρησης της υγρασίας. Το εδαφικό δείγμα τοποθετείται σε αεροστεγές δοχείο π.χ. ένα αλουμινένιο κουτί ή ένα γυάλινο δοχείο που σφραγίζεται αμέσως για να εμποδιστεί η απώλεια υγρασίας στο δρόμο προς το εργαστήριο. Οι σχηματιζόμενοι υδρατμοί μέσα στο δοχείο πρέπει να ζυγιστούν και να περιληφθούν στον προσδιορισμό της υγρασίας επειδή ήταν μέρος της υγρασίας του εδάφους όταν πάρθηκε το δείγμα. Τα υγρά δείγματα ζυγίζονται, ξηραίνονται σε θερμοκρασία 105 - 110 ° C και ξαναζυγίζονται. Η διαφορά σε βάρος οφείλεται στην απώλεια

νερού και διαιρείται με το βάρος ξηρού εδάφους για να δώσει το ποσοστό εδαφικής υγρασίας, εκφρασμένο στα % ξηρού βάρους εδάφους.

Όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος αυτή, παίρνονται συνήθως δείγματα από αρκετές θέσεις του χωραφιού και αναμειγνύονται, για να δώσουν ένα μέσο όρο. Τα δείγματα παίρνονται με τη χρήση εδαφοληπτών που δίνουν πυρήνες περίπου ίσου όγκου, ή ειδικά τρυπάνια που επιτρέπουν τη δειγματοληψία σε διάφορα βάθη. Αν επιθυμούμε να εξασφαλίσουμε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα πρέπει να πάρουμε αρκετές προφυλάξεις και να χρησιμοποιηθεί ένα φτυάρι. Η μέθοδος αυτή είναι κουραστική και χρονοβόρα εκτός από τα επιφανειακά δείγματα. Στην περίπτωση ανάμειξης των δειγμάτων πρέπει να χρησιμοποιούνται ίσοι περίπου όγκοι εδάφους από τα επιμέρους δείγματα.

2. Προσδιορισμός υγρασίας βάσει των ηλεκτρικών ιδιοτήτων πορώδους σώματος.

Η υγρασία του εδάφους μπορεί να προσδιορισθεί με τη βοήθεια της ηλεκτρικής αντίστασης (ή αγωγιμότητας), της ηλεκτρικής χωρητικότητας, καθώς και της διηλεκτρικής σταθεράς πορώδων σωμάτων, οι οποίες επηρεάζονται από την μεταβολή της υγρασίας. Ειδικές πορώδεις πλάκες με δεδομένες ηλεκτρικές ιδιότητες τοποθετούνται μέσα στο έδαφος. Όταν μεταβάλλεται η υγρασία των πλακών, μεταβάλλονται και οι ηλεκτρικές ιδιότητες τους. Η μέτρηση της υγρασίας βάσει της ηλεκτρικής χωρητικότητας, ή της διηλεκτρικής σταθεράς, δεν απέδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Αντίθετα η μέθοδος με την ηλεκτρική αντίσταση (ή αγωγιμότητα) αποδείχτηκε επιτυχής, και έτσι διαθέτονται σήμερα τελειοποιημένες συσκευές που βασίζονται σ' αυτή την αρχή.

Ο Γ. Ι. Βουγιούκος επινόησε συσκευή που αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια ενσωματωμένα σε πλάκα από γύψο. Η πλάκα τοποθετείται στο έδαφος και έτσι η υγρασία της τείνει να εξισωθεί με την υγρασία του εδάφους. Όσο αυξάνεται η υγρασία της πλάκας, αυξάνεται και το ποσοστό της γύψου που διαλύεται, οπότε η μεταξύ των δυο ηλεκτροδίων αντίσταση ελαττώνεται. Για την κατασκευή των πλακών χρησιμοποιούνται επίσης και άλλα υλικά, όπως πλαστικό, συνθετικό γυαλί και συνδυασμός αυτών με τη γύψο.

Η παραπάνω συσκευή βελτιώθηκε και τελειοποιήθηκε, και έτσι σήμερα υπάρχουν πολλοί τύποι με πλάκες διαφόρων σχημάτων και ηλεκτρόδια διαφόρων μεγεθών και μορφής.

Γενικά, οι συσκευές από πλαστικό, ή συνθετικό γυαλί, είναι περισσότερο ευαίσθητες σε υψηλά ποσοστά υγρασίας και χαμηλές επιφανειακές τάσεις του εδαφικού νερού. Οι πλαστικές συσκευές είναι οι πιο κατάλληλες για επιφανειακές τάσεις μικρότερες από 2 Atm, ενώ οι συσκευές γύψου δίνουν καλά αποτελέσματα μεταξύ 1 μέχρι 15 Atm. Οι πλάκες γύψου είναι ευδιάλυτες και φθείρονται μετά από χρήση ενός έως τριών ετών.

Συγκρινόμενες όμως με τις πλαστικές, ή με τις πλάκες από συνθετικό γυαλί, οι γύψινες πλάκες υφίστανται σε μικρότερο βαθμό την επίδραση των διαλυτών αλάτων, λόγω της παρουσίας μέσα στο νερό της πλάκας ποσότητας διαλυμένης γύψου. Συνήθως οι πλάκες, και ιδιαίτερα οι γύψινες, διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τις ηλεκτρικές ιδιότητές τους.

Επίσης εμφανίζεται μεταβολή των ιδιοτήτων της ίδιας πλάκας, κατά την διάρκεια της ίδιας αρδευτικής περιόδου.

Ειδικές πορώδεις πλάκες και όργανα εφοδιασμένα με τρανζίστορς, για τη μέτρηση των ηλεκτρικών ιδιοτήτων, διαθέτονται στο εμπόριο και χρησιμοποιούνται σε πολλές περιοχές για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της υγρασίας του εδάφους.

3. Τασίμετρα.

Το τασίμετρο αποτελείται από κλειστό δοχείο με πορώδη τοιχώματα, το οποίο γεμίζεται με νερό και συνδέεται με κατάλληλο μανόμετρο. Αφού διανοιχτεί μία τρύπα δεδομένου βάθους στο έδαφος, ρίχνεται στον πυθμένα της μικρή ποσότητα χαλαρού εδαφικού υλικού, μέσα στο οποίο βυθίζεται το παραπάνω δοχείο.

Κατόπιν, προστίθεται και άλλο εδαφικό υλικό μέχρις ότου να καλυφθεί το δοχείο, ώστε να εξασφαλισθεί πλήρης επαφή του με το έδαφος. Μετά την πάροδο λίγου χρόνου αποκαθίσταται, προσωρινά, επικοινωνία μεταξύ του νερού που είναι μέσα στο δοχείο και του εκτός του δοχείου εδαφικού νερού.

Η κίνηση του νερού από το δοχείο στο έδαφος, που προκαλείται είτε από την αναρρόφηση, είτε από την επιφανειακή τάση, δημιουργεί κενό στο δοχείο, το οποίο σημειώνεται στο μετρητή. Αντίθετα όταν αυξάνεται η υγρασία του εδάφους, ελαττώνεται η επιφανειακή τάση και το νερό κινείται προς το δοχείο, οπότε η ένδειξη του μανομέτρου είναι μικρότερη.

Το τασίμετρο σημειώνει τις διακυμάνσεις της υγρασίας του εδάφους, εφ' όσον η επιφανειακή τάση δεν ξεπερνά τις 0,8 Atm περίπου. Για μεγαλύτερες τιμές της επιφανειακής τάσης μπαίνει αέρας μέσα στο δοχείο, ο οποίος επηρεάζει την ακρίβεια της μέτρησης. Η επιφανειακή τάση μειώνεται ύστερα από βροχόπτωση ή άρδευση. Για το λόγο αυτό το δοχείο πρέπει να γεμιστεί πάλι με νερό ώστε να καταστεί δυνατή η κανονική λειτουργία της συσκευής.

Μετά την εμφάνιση των πρώτων τασιμέτρων, τα οποία επινοήθηκαν από τους L.A. Richards και Willard Gardner του Πανεπιστημίου της Πολιτείας Utah των Η.Π.Α., αυτά τελειοποιήθηκαν και σήμερα αποδίδουν πάρα πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Επειδή, όπως αναφέρθηκε, αυτές οι συσκευές λειτουργούν ικανοποιητικά μόνο εφ' όσον η επιφανειακή τάση δεν ξεπερνά τις 0,8 Atm, ενδείκνυνται σε περιπτώσεις όπου η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε σημαντικό ποσοστό της διαθέσιμης υγρασίας, πράγμα το οποίο συμβαίνει στα αμμώδη εδάφη, ή σε εκτάσεις με καλλιέργειες που απαιτούν άρδευση με μεγάλη συχνότητα. Το παρακάτω παράδειγμα επεξηγεί τον τρόπο χρήσης των τασιμέτρων για τον προσδιορισμό της συχνότητας των αρδεύσεων.

Εάν το τασίμετρο σταματήσει να λειτουργεί αφού περάσουν τρεις μέρες μετά την άρδευση, πιθανόν για ορισμένη καλλιέργεια η χορήγηση νερού σε αμμώδες μεν έδαφος θα πρέπει να γίνεται ανά χρονικό διάστημα διπλάσιο από την περίοδο αυτή ήτοι ανά εξ ημέρες, ενώ σε ιλυοπηλώδες έδαφος το νερό θα πρέπει να χορηγείται ανά χρονικό διάστημα τριπλάσιο, ήτοι ανά εννέα ημέρες.

Στην παραπάνω περίπτωση το τασίμετρο χρησιμοποιείται για την ένδειξη του ρυθμού μείωσης της υγρασίας του εδάφους, αλλά δεν μπορεί να μετρήσει ολόκληρη τη μεταβολή της. Για το λόγο αυτό το τασίμετρο, λόγω της μικρής κλίμακας του, είναι κατάλληλο για μετρήσεις σε υγρά εδάφη, ενώ στα ξηρότερα πρέπει να χρησιμοποιούνται πορώδεις πλάκες.

Μερικές φορές χρησιμοποιούνται και οι δύο συσκευές, δεδομένου ότι οι πορώδεις πλάκες δίνουν καλές μετρήσεις από εκείνο το ποσοστό υγρασίας και πέρα, για το οποίο το τασίμετρο παύει να λειτουργεί. Τα τασίμετρα πρέπει να τοποθετούνται μέσα στο ριζόστρωμα των φυτών, ώστε να είναι όσο το δυνατό περισσότερο ευαίσθητα στις μεταβολές της υγρασίας του εδάφους. Πάντως, η διαθέσιμη υγρασία σε βαθύτερα στρώματα δεν πρέπει να αγνοείται, όταν τα τασίμετρα τοποθετούνται σε μικρότερα βάθη.

4. Μέθοδος των νετρονίων.

Η μέθοδος αυτή συνίσταται στο βομβαρδισμό του εδάφους με νετρόνια. Λόγω της παρουσίας του εδαφικού νερού, η κίνηση των ταχέων νετρονίων επιβραδύνεται και έτσι αυτά μετατρέπονται σε βραδέα. Ειδικό όργανο, που τοποθετείται μέσα στο έδαφος, μετράει μόνο τα βραδέα νετρόνια.

Όσο η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία είναι μεγαλύτερη, τόσο περισσότερα ταχεία νετρόνια μετατρέπονται σε βραδέα και μετρούνται από το όργανο. Το κυριότερο στοιχείο, το οποίο απορροφά τα ταχεία νετρόνια, είναι το υδρογόνο. Δεδομένου δε ότι το νερό αποτελεί τη βασική πηγή υδρογόνου μέσα στο έδαφος, υπάρχει στενή σχέση μεταξύ της ποσότητας του εδαφικού νερού και του αριθμού των βραδέων νετρονίων που σημειώνονται από το όργανο μετρήσεως.

Η παραπάνω μέθοδος εφαρμόζεται ως εξής: Με χειροκίνητο εδαφοτρύπανο ανοίγεται στο έδαφος οπή, μέσα στην οποία εισάγεται ένας σωλήνας για τη συγκράτηση του εδάφους. Μέσα στην οπή και στο επιθυμητό βάθος τοποθετείται η συσκευή εκπομπής των νετρονίων και ο μετρητής.

Ο αριθμός βραδέων νετρονίων, που σημειώνονται από τον μετρητή στη μονάδα του χρόνου, είναι ανάλογος με το ποσοστό υγρασίας του γύρω εδάφους. Για να πετύχουμε αντιπροσωπευτικότερο αποτέλεσμα συνιστάται να ανοιχτούν αρκετές οπές σε διάφορα σημεία της περιοχής και εκτελεσθούν μετρήσεις σε κάθε μία από αυτές.

Ορισμένα ορυκτά, όπως επίσης το βόριο και το χλώριο, απορροφούν επίσης ταχέα νετρόνια και έτσι επηρεάζουν τη μέτρηση. Η μέτρηση επηρεάζεται πάλι από τη διαμόρφωση του εδάφους. Ο αριθμός των σημειούμενων βραδέων νετρονίων στη μονάδα του χρόνου, όταν ο μετρητής βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, διαφέρει σημαντικά από εκείνον που σημειώνεται σε μεγαλύτερο βάθος με το ίδιο ποσοστό υγρασίας, λόγω της υφιστάμενης διαφοράς στη διαμόρφωση του εδάφους γύρω από το μετρητή.

Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία, τόσο η επίδραση της διαμόρφωσης του εδάφους στην ακρίβεια των μετρήσεων είναι μικρότερη. Οι συσκευές νετρονίων έχουν σήμερα βελτιωθεί σημαντικά. Το βάρος τους έχει περιοριστεί, οι κίνδυνοι από την ακτινοβολία των νετρονίων έχουν ουσιαστικά εξουδετερωθεί, και οι ενδείξεις του μετρητή έγιναν ακριβέστερες. Η εφαρμογή της μεθόδου δεν συνεπάγεται απώλεια χρόνου, δεδομένου ότι οι ενδείξεις παίρνονται αμέσως μόλις τοποθετηθεί η συσκευή. Εξ άλλου, είναι δυνατή η επανάληψη της μέτρησης στην ίδια θέση κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

Γενικά, λόγω των προοπτικών που υπάρχουν για παραπέρα βελτίωση των συσκευών νετρονίων, προβλέπεται ότι η μέθοδος αυτή θα καταστεί πολύ αποτελεσματική και πρακτική για τη μέτρηση της υγρασίας του εδάφους.

5. Προσδιορισμός της υγρασίας από τη θερμική αγωγιμότητα του εδάφους.

Η υγρασία του εδάφους μπορεί επίσης να προσδιοριστεί βάσει της θερμικής αγωγιμότητάς του, δεδομένου ότι τα μεγέθη αυτά βρίσκονται σε άμεση εξάρτηση. Η μέθοδος εφαρμόζεται με τη χρησιμοποίηση θερμικά ευαίσθητης συσκευής, και στηρίζεται στην επίδραση της θερμοκρασίας στη θερμική αγωγιμότητα.

Η συσκευή αποτελείται από πορώδες υλικό, μέσα στο οποίο ενσωματώνεται ένα όργανο πολύ ευαίσθητο στις μεταβολές των θερμικών ιδιοτήτων.

Οι αισθητήρες εδαφικής υγρασίας θα βοηθήσουν τις καλλιέργειες σε πολλά επίπεδα. Μερικά από αυτά είναι:

- **Βέλτιστη Άρδευση:** Το υπερβολικό πότισμα μπορεί να οδηγήσει σε σπατάλη νερού και να προωθήσει συνθήκες που ευνοούν τις μυκητιάσεις, μειώνοντας την απόδοση και την ποιότητα του προϊόντος. Στόχος της εδαφικής υγρασίας είναι η άμεση αντιμετώπιση σε συνθήκες κορεσμού του εδάφους
- **Προώθηση Ανάπτυξης Ριζών:** Τα κατάλληλα επίπεδα υγρασίας ενθαρρύνουν την βαθύτερη ανάπτυξη των ριζών, καθιστώντας τους αμπελώνες πιο ανθεκτικούς στην ξηρασία και βελτιώνοντας την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων.
- **Πρόληψη Ασθενειών:** Η υπερβολική υγρασία μπορεί να προωθήσει την ανάπτυξη ορισμένων ασθενειών, κυρίως μυκητιάσεων. Η παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη και πρόληψη.
- **Διατήρηση Νερού:** Με ακριβή δεδομένα, οι αμπελοκαλλιέργειες μπορούν να μειώσουν τη χρήση νερού, οδηγώντας σε οικονομίες και περιβαλλοντικά οφέλη.
- **Βελτίωση Ποιότητας Σταφυλιού:** Ο ελεγχόμενος υδατικός στρες σε συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης μπορεί να ενισχύσει τη γεύση και τη συγκέντρωση του σταφυλιού, οδηγώντας σε κρασιά υψηλότερης ποιότητας.
- **Αποφάσεις Βασισμένες στα Δεδομένα:** Με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, οι διαχειριστές αμπελοτεμαχίων μπορούν να λαμβάνουν ενημερωμένες αποφάσεις, βελτιστοποιώντας την υγεία του αμπελώνα και την παραγωγή σταφυλιού.

Για την παρούσα περιοχή μελέτης η **Μέθοδος του πυριαντηρίου στους 105 - 110 °C**. Δεδομένου του προϋπολογισμού της Ζοίνος, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν περισσότεροι στο νότιο τμήμα της καλλιέργειας, όπου το έδαφος είναι πιο επικλινές (Εικόνα 12).



Εικόνα 6.3. Δορυφορική εικόνα με απεικόνιση μετρητών εδαφικής υγρασίας από την περιοχή μελέτης (Google maps, 2022)

6.2 Συστήματα παρακολούθησης εδαφικού νερού

Τα εδαφικό νερό, ιδιαιτέρως στα υπόγεια στρώματα, είναι ένας εκτεταμένος, κρυμμένος και απρόσιτος πόρος και (σε αντίθεση με τα επιφανειακά νερά) οι αλλαγές σε ποσότητα και ποιότητα είναι συχνά πολύ αργές διαδικασίες που συμβαίνουν κάτω από μεγάλες εκτάσεις γης. Αυτές οι αλλαγές δεν μπορούν να προσδιοριστούν μόνο από στιγμιαίες έρευνες και απαιτούν πιο περίπλοκα δίκτυα παρακολούθησης και ερμηνείας δεδομένων. Ο κύριος στόχος της διαχείρισης εδαφικού νερού είναι να ελέγχει την ποσότητα του υπόγειου νερού και τη ρύπανση του ύδατος.

Η αξιολόγηση του εδαφικού νερού και η εφαρμογή λύσεων διαχείρισης απαιτούν υδρογεωλογικά δεδομένα που είναι εν μέρει «βασικά» και εν μέρει «χρονικά μεταβλητά» σε χαρακτήρα (Πίνακας 15) - η συλλογή του «χρονικά μεταβλητού στοιχείου» είναι αυτό που συνήθως θεωρείται «παρακολούθηση εδαφικών νερών». Έτσι, η παρακολούθηση των υπογείων νερών περιλαμβάνει τη συλλογή, ανάλυση και αποθήκευση μιας σειράς δεδομένων τακτικά ανάλογα με τις συγκεκριμένες συνθήκες και στόχους, στη συγκεκριμένη περίπτωση της Zoinos Winery. Ο τύπος και ο όγκος των απαιτούμενων δεδομένων θα

ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με το ζήτημα διαχείρισης που αντιμετωπίζεται, αλλά είναι επίσης αναπόφευκτα εξαρτημένος από τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους.

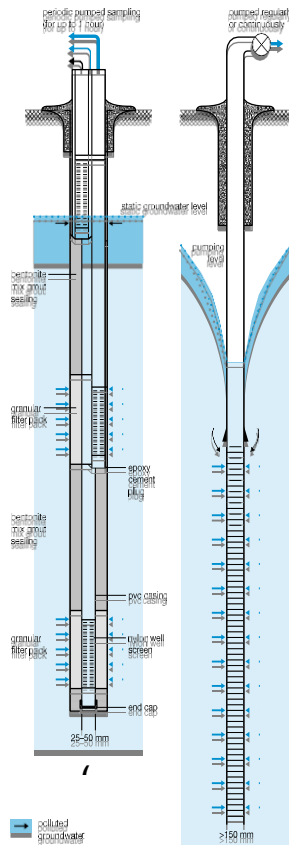
Πίνακας 6.2. Ταξινόμηση συστήματος παρακολούθησης εδαφικού νερού ανά λειτουργία (Albert Tuinhof, Stephen Foster, Karin Kemper, Hector Garduno, Marcella Nanni, 2006)

Σύστημα	Βασική Λειτουργία	Περιοχή γεωτρήσεων
Πρωτογενές (Παρακολούθηση αναφοράς)	Αξιολόγηση της γενικής συμπεριφοράς του εδαφικού νερού: <ul style="list-style-type: none"> • τάσεις που προκύπτουν από την αλλαγή της χρήσης γης • διαδικασίες όπως η ροή και η διάχυτη ρύπανση. 	<ul style="list-style-type: none"> • παρακολούθηση επιπέδου υπογείων νερών • παρακολούθηση ποιότητας υπογείων νερών
Δευτερογενές (Παρακολούθηση προστασίας)	Προστασία από τις πιθανές επιπτώσεις των ακόλουθων: <ul style="list-style-type: none"> • στρατηγικός σχεδιασμός παρακολούθησης εδαφικού νερού • πεδία πηγαδιών/πηγές για δημόσια υδροδότηση • υποβάθμιση εδάφους από διάφορες χρήσεις • οικοσυστήματα που εξαρτώνται από τα υπόγεια νερά. 	<ul style="list-style-type: none"> • Γύρω από περιοχές/εγκαταστάσεις/χαρακτηριστικά που απαιτούν προστασία.

Σύστημα	Βασική Λειτουργία	Περιοχή γεωτρήσεων
Τριτογενές (Περιορισμός ρύπανσης)	<p>Πρώιμη προειδοποίηση για τις επιπτώσεις στα υπόγεια νερά από:</p> <ul style="list-style-type: none"> • εντατική γεωργική χρήση γης • βιομηχανικοί χώροι • χωματερές στερεών αποβλήτων • περιοχές ανάπτυξης γης • λατομεία και ορυχεία. 	<ul style="list-style-type: none"> • Σε μεγάλες κλίσεις

Οι γεωτρήσεις για δημιουργία πηγαδιών επιτρέπουν τις μετρήσεις πίεσης και ποιότητας των υπογείων νερών να γίνονται και έτσι παρέχουν πληροφορίες από τις οποίες μπορεί να κριθεί η ποιότητα, ποσότητα και άλλες παράμετροι του εδαφικού νερού.

Πηγάδια Αφαίρεσης. Η γεώτρηση για εύρεση πηγαδιών νερού, παρέχει μοναδικά δεδομένα in-situ για την κατάσταση των υπογείων νερών και την παραλλαγή τους ανάλογα με το βάθος και τα δεδομένα που αποκτώνται κατά τη διάρκεια της γεώτρησης και αποτελούν κύριες πληροφορίες αναφοράς για την ποσότητα και ποιότητα των υπογείων νερών (Εικόνα 13). Ωστόσο, τα δεδομένα που συλλέγονται από πηγάδια νερού είναι συνήθως πιο δύσκολο να ερμηνευτούν, επειδή τα επίπεδα των υπογείων νερών επηρεάζονται από τον κύκλο εξαφάνισης-ανάκτησης και η ποιότητα του δείγματος που αντλείται αντικατοπτρίζει το μεταβλητό μείγμα των υπογείων νερών από μια ευρεία σειρά βαθμίδων στο έδαφος και χρόνων διαμονής.



Εικόνα 6.2.1. Σύστημα Αφαίρεσης νερού για παρακολούθηση (Albert Tuinhof, Stephen Foster, Karin Kemper, Hector Garduno, Marcella Nanni, 2006)

Πηγάδια Παρατήρησης. Αυτοί είναι σταθμοί παρακολούθησης, τοποθετημένοι και σχεδιασμένοι για να ανιχνεύσουν πιθανές αλλαγές στη ροή και ποιότητα των υπογείων νερών - οι παράμετροι σχεδιασμού περιλαμβάνουν την επιλογή βάθους για το φίλτρο εισαγωγής, συχνότητα μέτρησης (εάν δεν είναι συνεχής) και επιλογή παραμέτρων ποιότητας.

Άλλες τεχνολογίες παρακολούθησης εδαφικού νερού είναι:

Καταγραφείς δεδομένων και τηλεμετρία: Οι καταγραφείς δεδομένων χρησιμοποιούνται για τη συνεχή καταγραφή δεδομένων σχετικά με το επίπεδο νερού και την ποιότητα του νερού. Τα συστήματα τηλεμετρίας επιτρέπουν την απομακρυσμένη παρακολούθηση των δεδομένων, πράγμα που μπορεί να είναι κρίσιμο για την πραγματοποίηση πραγματικού χρόνου αξιολόγησης και πρόωρης ανίχνευσης αλλαγών στις συνθήκες του εδαφικού νερού.

Drones και Τηλεπικοινωνιακά συστήματα: Τα drones, εξοπλισμένα με θερμικές κάμερες ή πολυφασματικούς αισθητήρες μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό αλλαγών στη

βλάστηση ή στο έδαφος που μπορεί να υποδείξουν αλλαγές στα επίπεδα του υπόγειου νερού ή τη ρύπανση του.

Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS): Η τεχνολογία GIS χρησιμοποιείται για την αποθήκευση, την ανάλυση και τον απεικονισμό δεδομένων εδαφικού νερού, μαζί με άλλες σχετικές χωρικές πληροφορίες, βοηθώντας στη διαχείριση και τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Ανάλυση Ισοτόπων: Η ανάλυση ισοτόπων των δειγμάτων εδαφικού νερού μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για την προέλευση και την ποιότητα του νερού.

Λογισμικά Μοντελοποίησης εδαφικού νερού: Το λογισμικό μοντελοποίησης του εδαφικού νερού, όπως το HYDRUS-1D, χρησιμοποιείται για την προσομοίωση της ροής του υπόγειου νερού και τη μεταφορά ρύπων, επιτρέποντας την πρόβλεψη μελλοντικών συνθηκών του(ποιότητα, ποσότητα) και την αξιολόγηση στρατηγικών αντιμετώπισης.

Πιεζόμετρα Εδαφικού Νερού: Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν σε παρατηρητικά πηγάδια για να παρέχουν συνεχείς, πραγματικού χρόνου δεδομένα για τη μέτρηση κορεσμού του εδάφους. Δύναται να χρησιμοποιηθούν και στην παρούσα περίπτωση.

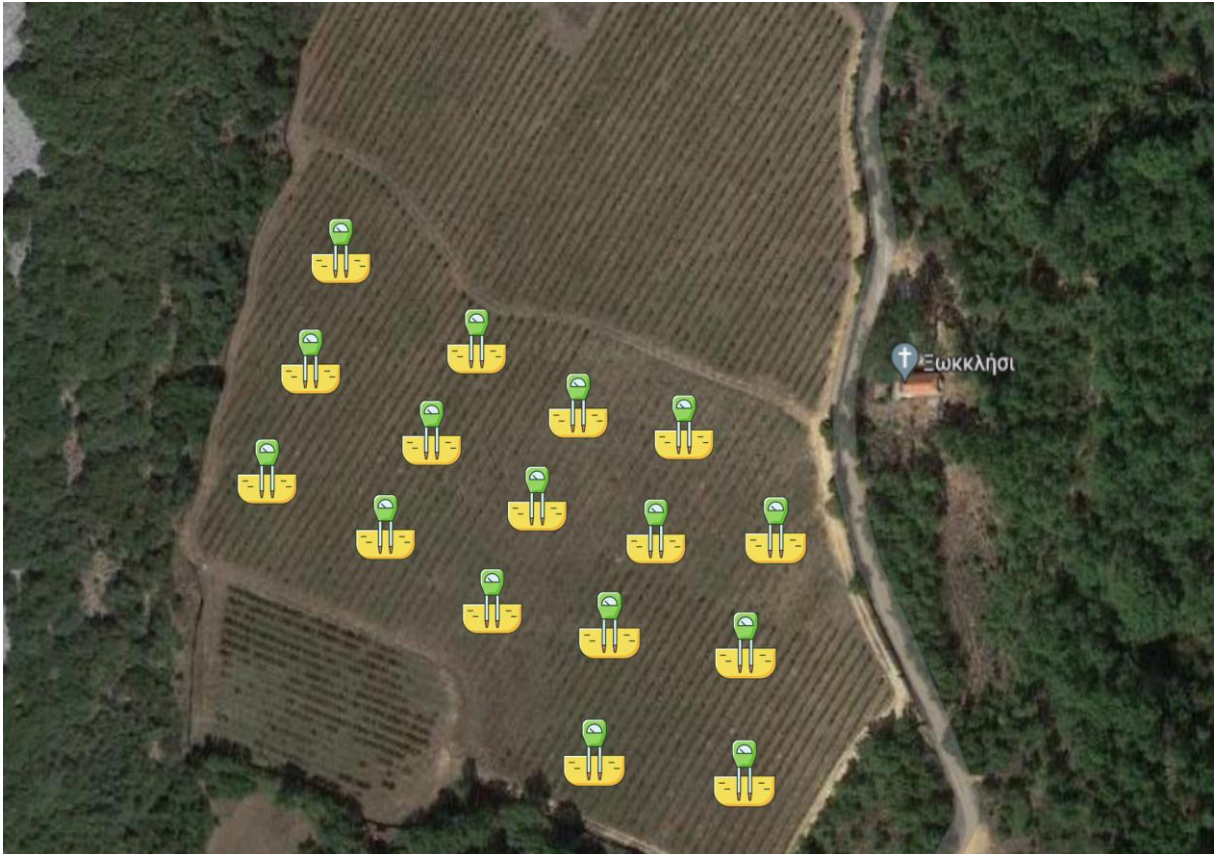
Η αποτελεσματικότητα της παρακολούθησης του εδαφικού νερού μπορεί να αυξηθεί σημαντικά με προσεκτική προσοχή στον σχεδιασμό του δικτύου, την υλοποίηση του συστήματος και την ερμηνεία των δεδομένων καθώς και με τους εξής τρόπους:

- Αξιοποιώντας τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από προηγούμενες δραστηριότητες παρακολούθησης.
- Επιλέγοντας σταθμούς παρακολούθησης που, όσο το δυνατόν περισσότερο, είναι εύκολα προσβάσιμοι.
- Αξιοποιώντας πλήρως τους δείκτες για να μειώσουν το κόστος ανάλυσης.
- ενσωματώνοντας διαδικασίες ελέγχου ποιότητας και διασφάλισης ποιότητας.

Η κυριότερη τεχνολογία παρακολούθησης εδαφικού νερού είναι η άμεση παρακολούθηση της αφαίρεσης εδαφικού νερού σε μεμονωμένα πηγάδια νερού με τη χρήση γεωτρήσεων. Συνήθως δίνει ακριβείς μετρήσεις, αλλά (ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες) μπορεί να είναι δαπανηρό να λειτουργεί και δύσκολο να διατηρηθεί.

Στην περίπτωση της Ζίτσας (Zoinos winery) θα μπορούσε εκεί που έχει παρατηρηθεί χειρότερη ποιότητα σταφυλιών, μυκητιάσεις ή διάφορες ασθένειες που προσβάλλουν την

άμπελο από τη ρίζα, να πραγματοποιηθούν περισσότερες παρακολουθήσεις εδαφικού νερού, αλλά και στην περιοχή όπου υπάρχει **μεγαλύτερη κλίση** με τη βοήθεια των **πιεζόμετρων** και **αισθητήρων υγρασίας του εδάφους** και με **λογισμικά μοντελοποίησης εδαφικού νερού (HYDRUS-1D)**. Στην παρακάτω εικόνα (14) παρατίθεται το σχέδιο παρακολούθησης εδαφικού νερού και η τοποθεσία των πηγαδιών/αισθητήρων.



Εικόνα 6.2.2. Δορυφορική εικόνα με απεικόνιση πηγαδιών παρατήρησης εδαφικού νερού από την περιοχή μελέτης (Google maps, 2022)

6.3 Ασύρματο δίκτυο και μετάδοση δεδομένων

Ενώ ένα δίκτυο μπορεί συχνά να καλύπτει μία αμπελοκαλλιέργεια,, η διαθεσιμότητα περισσότερων από ένα μπορεί να προσφέρει επανάληψη και να εξασφαλίζει συνεχή μετάδοση δεδομένων. Για τη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης θα ήταν αρκετό ένας κεντρικός σταθμός ασύρματου δικτύου για τη μετάδοση των δεδομένων (Εικόνα 15). Η οικονομική επιβάρυνση θα είναι υποδιπλάσια και το αποτέλεσμα σχεδόν το ίδιο για τα στρέμματα που έχουμε στην περιοχή μελέτης

Wi-Fi:

Μια συνηθισμένη ασύρματη τεχνολογία που επιτρέπει στις συσκευές να επικοινωνούν σε σύντομες έως μεσαίες αποστάσεις. Είναι κατάλληλο για μικρότερα αμπέλια ή συγκεκριμένες ζώνες όπου απαιτούνται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων. Εμβέλεια: Συνήθως έως 100 μέτρα εσωτερικά και έως αρκετές εκατοντάδες μέτρα εξωτερικά, ανάλογα με το περιβάλλον και τον εξοπλισμό.

Πλεονεκτήματα: Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων, συμβατότητα με πολλές συσκευές και καθιερωμένη τεχνολογία.

Μειονεκτήματα: Περιορισμένη εμβέλεια, μπορεί να επηρεάζεται από φυσικά εμπόδια και καταναλώνει υψηλά ποσοστά ενέργειας ενέργειας.

LoRa (Long Range):

Μια τεχνολογία μεγάλης εμβέλειας και χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας που έχει γίνει δημοφιλής για γεωργικές εφαρμογές λόγω της ικανότητάς της να καλύπτει μεγάλες εκτάσεις. Εμβέλεια: Έως 15 χιλιόμετρα σε ανοιχτές αγροτικές περιοχές.

Πλεονεκτήματα: Μεγάλη εμβέλεια, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και κατάλληλο για απομακρυσμένες περιοχές.

Μειονεκτήματα: Χαμηλότεροι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων σε σύγκριση με το Wi-Fi.

Zigbee:

Μια ασύρματη τεχνολογία που αναπτύχθηκε για επικοινωνίες σύντομης εμβέλειας και χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων. Συχνά χρησιμοποιείται σε δικτυακές διαμορφώσεις τύπου mesh. Εμβέλεια: 10-100 μέτρα, αλλά η εμβέλεια μπορεί να επεκταθεί χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο τύπου mesh.

Πλεονεκτήματα: Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, ασφαλές και μπορεί να δημιουργήσει αυτο-επουλωτικά δίκτυα.

Μειονεκτήματα: Σύντομη εμβέλεια σε σύγκριση με το LoRa.

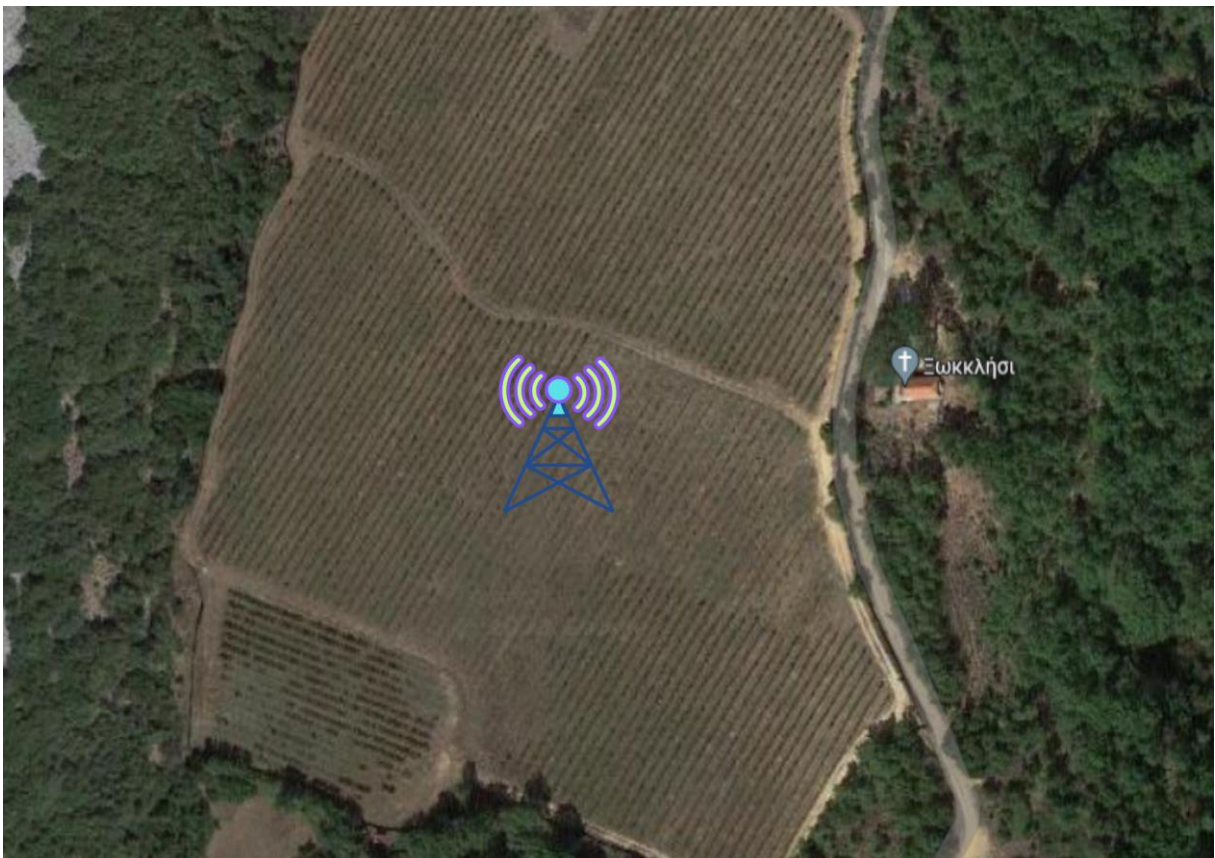
Ασύρματο δίκτυο (4G/5G): Περιγραφή: Χρησιμοποιώντας κινητά δίκτυα για τη μετάδοση δεδομένων. Κατάλληλο για απομακρυσμένες καλλιέργειες χωρίς άλλες μορφές συνδεσιμότητας. Εμβέλεια: Εξαρτάται από τον πλησιέστερο πύργο κινητής τηλεφωνίας.

Διπλωματική Εργασία

Πλεονεκτήματα: Ευρεία κάλυψη, υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων (ιδιαίτερα με το 5G) και αξιόπιστο.

Μειονεκτήματα: Συνεχή κόστη υπηρεσίας, πιθανές κενές ζώνες κάλυψης σε απομακρυσμένες περιοχές (όπως η Ζίτσα και το Μέτσοβο)

Για την περιοχή μελέτης η τεχνολογία LoRa θα ήταν η καλύτερη, πιο επιθυμητή εφόσον έχει μεγάλη εμβέλεια και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Η πύλη δικτύου θα τοποθετηθεί δίπλα στο ξωκκλήσι και ο server στα κεντρικά της Ζοινος. Ως εναλλακτική κάλυψη επιλέγεται το δίκτυο 4G/5G. με μειονέκτημα ότι η περιοχή μελέτης βρίσκεται σε απομακρυσμένες περιοχές που αντιμετωπίζουν πρόβλημα κάλυψης δικτύου



Εικόνα 6.3. Δορυφορική εικόνα με απεικόνιση ασύρματου δικτύου και μετάδοσης δεδομένων από την περιοχή μελέτης (Google maps, 2022)

7. Συμπεράσματα

Η περιοχή μελέτης στη Ζίτσα και στο Αβέρωφ στο Μέτσοβο είχε πολλές ομοιότητες αλλά και πολύ σημαντικές διαφορές. Το μικροκλίμα, τα γεωφυσικά στοιχεία καθώς και οι

διαφορετικές ποικιλίες σταφυλιών και προσέγγισης των αμπελώνων δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα και προφανώς διαφορετικές εφαρμογές στην αμπελουργία ακριβείας.

Τα δεδομένα για το Αβέρωφ ήταν ελάχιστα, καθώς δεν εφαρμόστηκαν διηθήσεις και δειγματοληψία εδάφους, λόγω των δυσκολιών που έφερε ο κορονοϊός, εμποδίζοντας τις μετακινήσεις. Το γεγονός αυτό συντέλεσε στο να βγουν αποτελέσματα και στρατηγικός σχεδιασμός για την αμπελουργία ακριβείας μόνο για τη Ζίτσα, όπου τα αμπελοτεμάχια ανήκουν στη Zoinos Winery.

Η υδρομετεωρολογικές συνθήκες, η μεγάλη κλίση και η καλή ποιότητα εδάφους, καθώς και το ότι η αύξηση της θερμοκρασίας τα τελευταία χρόνια βοηθούν τα αμπέλια σε μεγάλα υψόμετρα καθιστά τη Ζίτσα ως μία από τις περιοχές όπου το τελικό προϊόν είναι τρομερά ποιοτικό. Βέβαια, η υγρασία καθώς και οι πολλές βροχές των περιοχών δίνουν πολλές ασθένειες, γεγονός που και με άλλα προβλήματα καθιστούν την αμπελουργία ακριβείας και ένα σύστημα διαχείρισης των αμπελώνων επιτακτική ανάγκη. Τα αποτελέσματα των διηθήσεων και των εδαφικών δειγμάτων απέδειξαν ότι το έδαφος στη Ζίτσα είναι ποιοτικό, παρέχει εξαιρετική αποστράγγιση του νερού αλλά και τα χαλίκια δίνουν μία περαιτέρω κατακράτηση, σημαντική ώστε τα θρεπτικά στοιχεία να εισέρχονται μέσω των ριζών ευκολότερα στα αμπέλια. Οι διηθήσεις έγιναν και σε νεόφυτο αμπελώνα αλλά και σε αμπελώνα κάποιων ετών. Η πρωίμιση της παραγωγής στους αμπελώνες όπου βρίσκονται στο τέλος της κατηφορικής κλίσης είναι αναμενόμενη, καθώς το νερό συσσωρεύεται περισσότερο εκεί.

Ως πλάνο στρατηγικού σχεδιασμού, κυρίως για τη μελέτη υγρασίας, εδαφικού νερού, υγρασίας εδάφους και ασύρματο δίκτυο επιλέχθηκε η μέθοδος του πυριαντηρίου στους 105 - 110 °C, κυρίως στο νότιο τμήμα, και στον αμπελώνα δίπλα στο οινοποιείο στο βόρειο, για τη παρακολούθηση εδαφικού νερού πηγάδια αφαίρεσης και παρατήρησης σε διάφορα σημεία του αμπελώνα και για ασύρματο δίκτυο και μετάδοσης δεδομένων η LoRa.

Βιβλιογραφία - Αναφορές

1. Σπύρος Φουντάς, Θεοφάνης Γέμτος, ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ, www.kallipos.gr
2. Λιάκος Βασίλειος(2013), Εφαρμογές Γεωργίας Ακριβείας: Εμπειρίες από εφαρμογές στην Ελλάδα, Φανάρι Καρδίτσας ομιλία
3. John V. Stafford (2000), *Implementing Precision Agriculture in the 21st Century, presented at AgEng 2000, 2-7 July 2000*
4. Naiqian Zhang, Maohua Wang, Ning Wang(2002), *Precision agriculture, a worldwide overview, Published by Elsevier Science B.V.*

5. Robin Gebbers, Viacheslav I. Adamchuk(2010), *Precision Agriculture and Food Security*, New York
6. P.C. Robert(2002) *Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management*, University of Minnesota
7. James Taylor, Bruno Tisseyre, John-Paul Praat(2005), *Bottling Good Information: Mixing Tradition and Technology in vineyards*, Montpellier France
8. David J. Mulla(2012), *Twnty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps*, University of Minnesota, USA
9. L.G. Santesteban, S. Guillaume, J. B. Royo, B. Tisseyre(2012), *Are precision agriculture tools and methods relevant at the whole-vineyard scale*, Springer
10. Farzad Kiani, Amir Seyyedabbasi(2018), *Wireless Sensor Network and Internet of Things in Precision Agriculture*, Istanbul Turkey
11. Sridevi Navulur, A. S. C. S. Sastry, M. N. Giri Prasad(2017), *Agricultural Management through Wireless Sensors an Internet of Things*, Konery Lakshmiiah University, India
12. Ευάγγελος Νικολάου(2011), *Ήπειρος: το πλουσιότερο υδατικό διαμέρισμα της Ελλάδας*, Ιωάννινα
13. Δήμος Ζίτσας(2016), *ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΗΜΟΥ ΖΙΤΣΑΣ (2016 – 2019) Α' Φάση – Στρατηγικός Σχεδιασμός*, Ζίτσα
14. Βασίλειος Νιάρος(2007), *Στρατηγικό Σχέδιο Ανάπτυξης Νομού Ιωαννίνων*, Βόλος
15. G. Vellidis, M. Tucker, C. Perry, C. Kvien, C. Bednarz(2007), *A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation*, University of Georgia, USA
16. Zoinos Winery(2007), *ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ*, Ζίτσα
17. Μέτσοβο(2007), *ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ*, Μέτσοβο
18. Γεώργιος Δρούβης(2003), *Η ΑΜΠΕΛΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ*, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Καλαμάτα
19. Σ. Πετροπούλου Καραγιαννοπούλου(2016), *Σημειώσεις Αμπελουργίας*, ΤΕΙ Πελοποννήσου
20. Μαρία Πανωραία Καχριμάνη(2011), *Η ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΟ ΝΕΟ ΔΗΜΟ ΜΕΤΣΟΒΟΥ*, Αθήνα
21. Αθανάσιος Α. Κουτίνης(2020), *ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ: ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ*, Πανεπιστήμιο Πατρών
22. Σμαραγδή Πετροπούλου Καραγιαννοπούλου(2018), *Σημειώσεις Αμπελουργίας*, Καλαμάτα
23. Ανδρέας Μουσουλιώτης, *Σύσταση φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, τμήμα Γεωργίας – Κλάδος χρήσης γης & ύδατος*

24. Δεληγιάννη Σπυριδούλα(2018), ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ, Τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας
25. Δήμος Ζίτσας(2020), Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δήμου Ζίτσας (2020 – 2023) Α' Φάση – Στρατηγικός σχεδιασμός, Ζίτσα
26. Francis J. Pierce and Peter Nowak(1999), *Aspects of Precision Agriculture*
27. Uferah Shafi, Rafia Mumtaz, Jose Garcia-Nieto, Syed Ali Hassan, Syed Ali Raza Zaidi, Naveed Iqbal(2019), *Precision Agriculture Techniques and Practices: From Considerations to Applications*, MDPI
28. Biswabara Sahu, Snigdha Chatterjee, Siddhartha Mukherjee, Chothmal Sharma(2019), *Tools of precision agriculture: A review*, *International Journal of Chemical Studies*
29. Νάκη Βενετία(2016), Γεωργία Ακριβείας και Χρήση Νέων Τεχνολογιών στη Γεωργία, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
30. Πολύχρου Αικατερίνη(2018), Γεωργία Ακριβείας στην Φυτική Παραγωγή και Μελέτη Περίπτωσης Μυδοκαλλιέργειας, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
31. Χρυσικοπούλου Αγγελική(2020), Ανάπτυξη επιχειρηματικού μοντέλου για δημιουργία υπηρεσιών διαδικτύου των πραγμάτων σε δίκτυα 5G στην Γεωργία «Ακριβείας»(Precision Agriculture) σε ορεινές περιοχές του νομού Γρεβενών, Πανεπιστήμιο Πειραιώς
32. Εμμανουήλ Ι. Μαργαρίτης(2019), Ολοκληρωμένη φυτοπροστασία στο αμπέλι με τη χρήση ευφυούς γεωργίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
33. Χλόππιος Ιωάννης(2017), Χρήση ασύρματου δικτύου αισθητήρων πάνω στη γεωργία ακριβείας, Κοζάνη
34. Οικονόμου Δήμητρα(2021), Αμπελουργία Ακριβείας στο Μαρκόπουλο Αττικής Χαρτογράφηση Παραγωγής, Αθήνα
35. Luis G. Santesteban(2019), *Precision viticulture and advanced analytics. A short review*, Spain
36. J.V. Stafford(1996), *Essential Technology for Precision Agriculture*, United Kingdom
37. Marc Window(2019), *Security in Precision Agriculture Vulnerabilities and risk of agricultural systems*, Sweden
38. Yu-Pin Lin, Joy R. Petway, Johnathan Anthony, Hussnain Mukhtar, Shih-Wei Liao, Cheng-Fu Chou, Yi-Fong Ho(2017), *Blockchain: The Evolutionary Next Step for ICT E-Agriculture*, MDPI
39. Oscar Berneo-Almeida, Mario Cardenas-Rodriguez(2018), Teresa Samaniego-Cobo, Enrique Ferruzola-Gomez, Roberto Cabezas-Cabezas, William Bazan-Vera, *Blockchain in Agriculture: A Systematic Literature Review*, University of Ecuador

40. Umesh Bodkhe, Sudeep Tanwar, Pronaya Bhattacharya, Neeraj Kumar(2020), *Blockchain for precision irrigation: Opportunities and challenges*
41. Αικατερίνη Δεμάγκου(2019), *Αμπελουργία Ακριβείας: Αυτόματος εντοπισμός πρέμνων αμπέλου διαμόρφωσης 'Κουλούρα' Σαντορίνης σε τηλεπισκοπικά δεδομένα πολύ υψηλής χωρικής ανάλυσης*
42. Alessandro Matese, Salvatore Filippo Di Gennaro(2015), *Technology in precision viticulture: a state of the art review, Italy*
43. Mohamed Torky, Aboul Ella Hassanein(2020), *Integrating Blockchain and the Internet of Things in Precision Agriculture: Analysis, Opportunities, and Challenges, Egypt*
44. Σταθάκη Μαρία(2021), *Αμπελουργία ακριβείας και η δυνατότητα χρήσης τεχνολογικών μέσων σε ελληνικούς αμπελώνες, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής*
45. Ευαγγελία Σακκούλα(2014), *Κοκκομετρική και γ-φασματοσκοπική ανάλυση δειγμάτων χώματος από την περιοχή της Μεγαλόπολης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*
46. Albert Tuinhof, Stephen Foster, Karin Kemper, Hector Garduno, Marcella Nanni(2006), *Groundwater Monitoring Requirements for managing aquifer response and quality threats, The World Bank*
47. Αθηνά Ε. Παππά(2010), *Βέλτιστη Διαχείριση Παράκτιου Υδροφορέα με Χρήση Μοντέλου Προσωμοίωσης και του Μοντέλου Βελτιστοποίησης GWM(Ground Water Management), Χανιά*

Ηλεκτρονικές Πηγές

1. Zoinos Winery, <https://zoinos.gr/>, Ανάκτηση Μάρτιος 21, 2023, από <https://shorturl.at/loWX5>
2. Meteo, <https://meteo.gr/>, Ανάκτηση Ιανουάριος 17 2022 και Σεπτέμβριος 20 2023, από <https://penteli.meteo.gr/stations/metsovo/>
3. Meteo, <https://meteo.gr/>, Ανάκτηση Ιανουάριος 17 2022 και Σεπτέμβριος 20 2023, από <https://penteli.meteo.gr/stations/zitsa/>
4. Κατώγι Αβέρωφ, <https://katogiaveroff.gr/>, Ανάκτηση Μάρτιος 10, 2023, από <https://katogiaveroff.gr/o-topos-mas>

5. Κατώγι Αβέρωφ, <https://katoqiaveroff.gr/>, Ανάκτηση Μάρτιος 10, 2023, από <https://katoqiaveroff.gr/ta-proionta-mas>
6. Zoinos Winery, <https://winemakersofnorthgreece.gr/zoinos-winery/>, Ανάκτηση Απρίλιος 10, 2022