



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΙΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ**

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Μελέτη διαφοροποίησης ωρίμανσης αμπελοτεμαχίων ποικιλίας Αγιωργίτικο  
για τη ζώνη Π.Ο.Π. της Νεμέας για τα έτη 2015 έως 2020**

**Αναστάσιος Ν. Σωτηρόπουλος  
Χημικός Μηχανικός**

**Επιβλέπων Καθηγητής:**

**Γεώργιος Κοτσερίδης, Καθηγητής ΓΠΑ**

**ΑΘΗΝΑ  
2021**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΙΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**

Μελέτη διαφοροποίησης ωρίμανσης αμπελοτεμαχίων ποικιλίας Αγιωργίτικο  
για τη ζώνη Π.Ο.Π. της Νεμέας για τα έτη 2015 έως 2020

“Study of differentiation of maturation in vineyards of Agiorghitiko variety  
from Nemea’s PDO zone for the years 2015 to 2020”

**Αναστάσιος Ν. Σωτηρόπουλος  
Χημικός Μηχανικός**

Εξεταστική Επιτροπή:

Κοτσερίδης Γεώργιος, Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Καλύβας Διονύσιος, Καθηγητής ΓΠΑ

Καλλίθρακα Σταματίνα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΓΠΑ

## **Μελέτη διαφοροποίησης ωρίμανσης αμπελοτεμαχίων ποικιλίας Αγιωργίτικο για τη ζώνη Π.Ο.Π. της Νεμέας για τα έτη 2015 έως 2020**

*Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής Ανθρώπου  
Εργαστήριο Οινολογίας*

### Περίληψη

Η αμπελοαγωγική ζώνη της Νεμέας έχει συνολική έκταση περίπου 27.000 στρέμματα και είναι η μεγαλύτερη ζώνη παραγωγής οίνων Π.Ο.Π στην Ελλάδα. Λόγω της μεγάλης έκτασής της, εμφανίζει μεγάλη παραλλακτικότητα. Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης είναι η διερεύνηση της διαφοροποίησης στοιχείων ωρίμανσης αμπελοτεμαχίων ποικιλίας Αγιωργίτικου της ζώνης ΠΟΠ της Νεμέας και ο συσχετισμός τους με τοπολογικά και κλιματικά δεδομένα. Η μελέτη βασίστηκε σε αρχεία και ιστορικά στοιχεία που συλλέχθηκαν από οινοποιεία που ανήκουν στην ζώνη της Νεμέας.

Οι μεταβλητές ωρίμανσης που αξιολογούνται είναι η ημερομηνία τρυγητού και η συγκέντρωση σακχάρων σταφυλής κατά τον τρυγητό. Η χρονική περίοδος που εξετάζεται είναι τα έτη 2015 έως και 2020. Η μελέτη περιλαμβάνει δεδομένα από 58 αμπελοτεμάχια, για τα οποία έχουν προσδιοριστεί επακριβώς οι συντεταγμένες τους μέσω αρχείων του ΟΣΔΕ και στην συνέχεια οι τοπολογικές τους μεταβλητές μέσω του Ψηφιακού Υψομετρικού Μοντέλου. Τα κλιματικά δεδομένα για τα έτη 2015 – 2020 προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό στον οινοποιητικό συνεταιρισμό της Νεμέας του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και από βιοκλιματικούς δείκτες σε πλεγματική μορφή από ιστορικά δεδομένα της περιόδου 1970 – 2000. Τα δεδομένα του Ψηφιακού Υψομετρικού Μοντέλου και οι πλεγματικοί κλιματικοί δείκτες παραχωρήθηκαν από την ερευνητική μονάδα GIS του Γεωπονικού Πανεπιστημίου, στα πλαίσια του προγράμματος Χωροχρονικό Παρατηρητήριο Αξιολόγησης Αμπελοαγωγικού και Οινικού Δυναμικού ΟΠΑΠ Νεμέας. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιείται σε δυο κύριους άξονες (μη χωρική και χωρική ανάλυση) με χρήση εργαλείων λογισμικού GIS.

Στην μη χωρική ανάλυση αξιολογείται η διακύμανση των ετήσιων μέσων τιμών των μεταβλητών ωρίμανσης πρώτα στο σύνολο της ζώνης της Νεμέας και έπειτα σε επίπεδο υποπεριοχών. Βάσει γεωγραφικής γεωμετρίας, η ομαδοποίηση των παρατηρήσεων γίνεται στις υποπεριοχές: Ασπρόκαμπος, Κούτσι-Δάφνη, Γυμνό-Μαλαντρένι, Αρχαία Νεμέα-Αρχαίες Κλεωνές και Νεμέα Κάμπος. Γίνεται σύνδεση των αποτελεσμάτων με ετήσιους βιοκλιματικούς δείκτες, βασισμένους στην θερμοκρασία και στο ύψος βροχοπτώσεων, ώστε να αναδειχτεί η επίδραση της χρονιάς (vintage effect) στην σχετική πρωίμηση και στη συσσώρευση σακχάρων σταφυλής κατά τον τρυγητό.

Έπειτα, στην χωρική ανάλυση χρησιμοποιείται η διακύμανση της μέσων μεταβλητών ωρίμανσης ανά εξεταζόμενο αμπελοτεμάχιο σε βάθος εξαετίας (2015 – 2020). Οι μέσες αυτές τιμές συσχετίζονται με τις βασικές τοπολογικές μεταβλητές (υψόμετρο και ποσοστό κλίσης εδάφους) κάθε αμπελοτεμαχίου και με βιοκλιματικούς δείκτες βασισμένους στη θερμοκρασία βλαστικής περιόδου (δείκτες Huglin και GST), όπως προκύπτουν από τα πλεγματικά μετεωρολογικά δεδομένα σε βάθος τριακονταετίας (1970 – 2000). Πραγματοποιείται ταξινόμηση των

αμπελώνων σε τρεις υψομετρικές ζώνες και σε τρεις κατηγορίες κλίσεων. Ο στόχος της χωρικής ανάλυσης είναι η ανάδειξη και η περιγραφή της διαφοροποίησης των μεσο-κλιμάτων υποπεριοχών εντός της ζώνης της Νεμέας.

Τέλος, για τις περιοχές με τα περισσότερα διαθέσιμα πρωτογενή δεδομένα, Κούτσι και Γυμνό, γίνεται η περιγραφή της πορείας ωρίμανσης ορισμένων αμπελοτεμαχίων και διερευνώνται οι διαφοροποιήσεις που προκύπτουν εντός των περιοχών αυτών ανά έτος.

Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις ημερομηνίες τρυγητού λόγω επίδρασης της χρονιάς, αλλά επιπλέον διαφαίνονται διαφορετικές τάσεις μεταξύ των υποπεριοχών. Η χωρική ανάλυση ανάδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο βάσει υψομετρικής ζώνης όσο και βάσει κλίσης. Σκιαγραφούνται μεσο-κλίματα με σημαντικές διακυμάνσεις και διαφορετική σταθερότητα στην μεταβολή των ετησίων καιρικών συνθηκών, ωστόσο χρειάζονται επιπλέον μεταβλητές ωρίμανσης για την ακριβή περιγραφή και μοντελοποίηση των μεσο-κλιμάτων αυτών.

**Επιστημονική Περιοχή:** Οινολογία

**Λέξεις Κλειδιά:** ΠΟΠ Νεμέα, ποικιλία Αγιωργίτικο, Βιοκλιματικοί δείκτες, Μεσο-κλίμα, Ωρίμανση αμπέλου.

## **Study of differentiation of maturation in vineyards of Agiorghitiko variety from Nemea's PDO zone for the years 2015 to 2020**

*Department of Food Science and Human Nutrition*

*Laboratory of Oenology*

### **Abstract**

The viticultural zone of Nemea has a total area of about 27,000 acres and is the largest PDO wine production zone in Greece. Due to its large extent, it shows great variability. The purpose of this thesis is to investigate the differentiation of maturation variables regarding vineyards of the cv. Agiorghitiko in the PDO zone of Nemea, Greece and their correlation with topological and climatic data. The study was based on archives and historical data collected from wineries belonging to the Nemea area.

The maturation variables that are evaluated are the harvest date and the concentration of grape sugars at harvest. The time period under consideration is the years 2015 to 2020. The study includes data from 58 vineyards, for which their coordinates have been precisely determined through viticultural registry files and then their topological variables through the Digital Elevation Model. The climatic data for the years 2015 - 2020 come from the meteorological station in the wine cooperative of Nemea of the National Observatory of Athens and from bioclimatic indicators in grid form from historical data of the period 1970 - 2000. The data of the Digital Elevation Model were granted by the GIS research unit of the Agricultural University, in the framework of the OPAP Nemea Wine and Wine Potential Evaluation Observatory program. Data analysis is performed on two main axes (non-spatial and spatial analysis) using GIS software tools.

In the non-spatial analysis, the variation of the annual mean values of the maturation variables is evaluated first in the whole area of Nemea and then at the level of sub-regions. Based on geographical proximity, the grouping of observations is done in the sub-areas: Asprokampos, Koutsi-Dafni, Gymno-Malandreni, Ancient Nemea-Ancient Kleones and Nemea Kampos. The results are linked to annual bioclimatic indices, based on temperature and rainfall, to highlight the vintage effect on the relative earliness and the accumulation of grape sugars during harvest.

Then, in the spatial analysis, the variation of the mean maturation variables per examined vineyard in depth of six years (2015 - 2020) is used. These mean values are correlated with the basic topological variables (altitude and percentage of soil slope) of each plot and with bioclimatic indices based on the growing season temperature (Huglin and GST indices), as derived from the grid meteorological data aforementioned. The vineyards are classified into three altitude zones and into three categories of slopes. The aim of the spatial analysis is to highlight and describe the differentiation of the meso-climatic sub-regions within the Nemea zone.

Finally, for the areas with the most primary data available, Koutsi and Gymno, based on limited vineyards the maturation curve is described and the variations that occur within these areas per year are investigated.

The results showed statistically significant differences in the harvest dates due to the vintage effect and in addition there are different trends between the sub-regions. The spatial analysis revealed statistically significant differences both in terms of altitude and slope. Cross-climates are outlined with significant fluctuations and different stability in the change of annual weather conditions, however additional maturation variables are needed for the accurate description and modeling of these meso-climates.

**Scientific Field:** Oenology

**Keywords:** PDO Nemea, cv Agiorghitiko, Bioclimatic indices, Meso-climate, Vine maturation.

## Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη εκπονήθηκε με την στήριξη της ερευνητικής μονάδας GIS του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Μέσα από αυτές τις γραμμές θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Καθηγητή Οινολογίας Γεώργιο Κοτσερίδη, υπό την επίβλεψη του οποίου ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη. Ήταν πάντα πρόθυμος να βοηθήσει και να αναλύσει όσα ζητήματα προέκυπταν. Υπήρξε ο άνθρωπος που μου έμαθε τα περισσότερα για τον κόσμο του κρασιού

Θέλω να ευχαριστήσω εκ βαθέων τον Καθηγητή Αξιολόγησης Γαιών, ΓΠΣ & Χωρικής Ανάλυσης Διονύσιο Καλύβα για τον πολύτιμο χρόνο που μου αφιέρωσε όποτε χρειαζόμουν την βοήθεια του. Επίσης τον ευχαριστώ γιατί ήταν εκείνος που με εισήγαγε στο πεδίο των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων και με ενέπνευσε για την ολοκλήρωση αυτής της μελέτης.

Θέλω να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Οινολογίας Σταματίνα Καλλίθρακα, για όλες τις γνώσεις που μου μετέδωσε καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την μητέρα μου Βασιλική για την αγάπη της και την στήριξη της και την σύντροφό μου Λαμπρινή για όλη την ψυχολογική υποστήριξη και την αγάπη της.

Η μελέτη αυτή είναι αφιερωμένη στη μνήμη του πατέρα μου Νικόλαου.

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	i
Abstract .....	iii
Ευχαριστίες .....	v
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> : Εισαγωγή .....	1
1.1 Η έννοια του “Terroir” .....	1
1.1.1 Ιστορική εξέλιξη του όρου terroir.....	2
1.1.2 Σύγχρονες Προσεγγίσεις.....	3
1.2 Κλιματική αλλαγή και αμπελοκαλλιέργεια .....	3
1.2.1 Κλίμα – Γενικά στοιχεία .....	4
1.2.2 Κλιματικές μεταβλητές και οι επιπτώσεις τους.....	6
1.2.3 Βιοκλιματικοί δείκτες και αμπελοκαλλιέργεια.....	11
1.3 Αμπελουργία Ακριβείας.....	14
1.3.1 Εργαλεία της αμπελουργίας ακριβείας.....	16
1.3.2 Εφαρμογές της Αμπελουργίας Ακριβείας.....	21
1.4 Αμπελο-οινική Ζωνοποίηση.....	22
1.4.1 Διαφορές αμπελο-οινικών ζωνών και “terroir” .....	23
1.4.2 Κύριοι στόχοι της αμπελο-οινικής ζωνοποίησης.....	24
1.5 Η περίπτωση της Ελλάδας .....	27
1.5.1 Η περιοχή Νεμέα ΟΠΑΠ.....	29
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> : Δεδομένα και Μέθοδοι .....	31
2.1 Σχεδιασμός μελέτης.....	31
2.2 Συλλογή δεδομένων και προστασία δεδομένων .....	32
2.3 Μεθοδολογία κατά ΟΙV για τις μελέτες ζωνοποίησης σε αμπελοοινικές περιοχές .....	33
2.3.1 Αναγνώριση του λόγου δημιουργίας υποζωνών.....	34
2.3.2 Οδηγία για την δημιουργία υποζωνών σε κλιματικό επίπεδο.....	35
2.3.3 Μέθοδοι επικύρωσης του αμπελοοινικού χωρισμού σε υποζώνες σε εδαφικό και κλιματικό επίπεδο.....	37
2.3.4 Συμπεράσματα ΟΙV.....	37
2.4 Υπολογισμός βιοκλιματικών δεικτών .....	38
2.5 Προετοιμασία - Αξιολόγηση δείγματος.....	40
2.6 Μη Χωρική Στατιστική Ανάλυση.....	40



2.7	Χωρική Στατιστική Ανάλυση .....	41
2.8	Εργαλεία λογισμικού και στατιστική επεξεργασία .....	42
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> : Αποτελέσματα .....		43
3.1	Διερευνητική ανάλυση δεδομένων (exploratory data analysis) .....	43
3.2	Μη Χωρική Ανάλυση.....	48
3.3	Χωρική ανάλυση .....	55
3.4	Προσέγγιση σε επίπεδο υποπεριοχών .....	71
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> : Συμπεράσματα – Συζήτηση .....		77
Παράρτημα .....		81
Βιβλιογραφία .....		86

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εισαγωγή

### 1.1 Η έννοια του “Terroir”

Η έννοια του terroir και η περιγραφή της μέσω γεωπονικών και περιβαλλοντικών επιστημών έχει γίνει δημοφιλής σε πολλά μέρη του κόσμου. Αρχικά αναπτύχθηκε για το κρασί, πλέον όμως το terroir περιλαμβάνει τώρα πολλές άλλες καλλιέργειες, συμπεριλαμβανομένων φρούτων, λαχανικών, τυριών, ελαιόλαδου, καφέ, κακάο και άλλων καλλιεργειών, που συνδέουν τη μοναδικότητα και την ποιότητα ποτών και τροφίμων με το περιβάλλον όπου παράγονται, δίνοντας στον καταναλωτή μια αίσθηση τόπου και προέλευσης. (Vaudour E., et al. 2015)

Το κλίμα, η γεωλογία, η γεωμορφολογία και το έδαφος είναι οι κύριοι φυσικοί παράγοντες που συνδιαμορφώνουν το φαινόμενο του terroir σε διαφορετικές κλίμακες. Αν και συχνά θεωρούνται αμετάβλητοι, οι φυσικοί παράγοντες του terroir είναι στην πραγματικότητα ένα σύνολο διαδικασιών, οι οποίες δημιουργούν μια λεπτή ισορροπία που ρυθμίζει την επίδρασή τους στα προϊόντα στο χώρο και στο χρόνο. Ωστόσο, εξίσου σημαντικές θεωρούνται οι εκάστοτε αμπελουργικές τεχνικές και γενικότερα οι πολιτιστικές ιδιαιτερότητες της κάθε οινοπαραγωγικής περιοχής.

Πριν την εις βάθος εξερεύνηση του όρου και την εκτίμηση της συνεισφοράς του στην σύγχρονη οικική βιομηχανία, παρατίθενται δυο σύγχρονοι ορισμοί του terroir κατά τον Διεθνή Οργανισμό Οίνου και Αμπέλου (OIV) και την UNESCO.

#### **Ορισμός OIV**

Ο όρος αμπελοοινικό "terroir" αναφέρεται σε μια περιοχή, που συμπεριλαμβάνοντας τις συλλογικές γνώσεις για τις αλληλεπιδράσεις του αναγνωρίσιμου φυσικού και βιολογικού περιβάλλοντος και των εφαρμοσμένων αμπελουργικών πρακτικών, παρέχει διακριτά χαρακτηριστικά για το προϊόντα που προέρχονται από αυτήν την περιοχή.

Το “Terroir” περιλαμβάνει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά εδαφών, τοπογραφίας, κλίματος, τοπίου και βιοποικιλότητας. (OIV, DEFINITION OF VITIVINICULTURAL “TERROIR” 2010)

#### **Ορισμός UNESCO**

Ένα terroir είναι ένας οριοθετημένος γεωγραφικός χώρος που ορίζεται από την δραστηριότητα μιας ανθρώπινης κοινότητας που στο πέρας της ιστορίας έχει αποκτήσει ένα σύνολο διακριτικών πολιτιστικών χαρακτηριστικών, γνώσεις και πρακτικές που βασίζονται σε ένα σύστημα αλληλεπιδράσεων μεταξύ του φυσικού περιβάλλοντος και των ανθρώπινων παραγόντων. Η εμπλεκόμενη τεχνογνωσία αποκαλύπτει μια πρωτοτυπία, προσδίδει τυπικότητα και επιτρέπει την αναγνώριση σε προϊόντα ή υπηρεσίες που προέρχονται από αυτό χώρο και επομένως για τους ανθρώπους που ζουν εκεί. Τα terroir είναι ζωντανό και καινοτόμοι χώροι που δεν μπορούν να εξομοιώνονται μόνο με την παράδοση.

Βασιζόμενοι στους παραπάνω ορισμούς, αξίζει να συμπεράνουμε κάποιες ιδιαιτερότητες του όρου. Αρχικά, αξίζει να σημειωθεί ότι ο OIV με τον παραπάνω ορισμό διαχωρίζει την περιγραφική έννοια του “terroir” από τον νομικό ορισμό της Γεωγραφικής Ένδειξης. Επιπροσθέτως, η περιγραφή ενός “terroir”

μπορεί να συνεισφέρει στην αναγνώριση αμπελοοινικών προϊόντων που προέρχονται από αυτό και συνεπώς στην εμπορική τους αξία.

Και από τους δυο ορισμούς, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι πρόκειται για ένα δυναμικό και εξελισσόμενο χαρακτηρισμό προϊόντων με βάση τον τόπο, όπου εμπεριέχονται πολλαπλές επιδράσεις τόσο εδαφοκλιματικές όσο και ανθρωπογενείς.

Τα τελευταία χρόνια, λόγω της ανάπτυξης των τεχνολογιών χωρικής ανάλυσης αλλά και της ανάγκης για καλύτερη κατανόηση των παραλλαγών από περιοχή σε περιοχή στον αγροτικό τομέα, η μελέτη του terroir έχει μετατραπεί από μια περιγραφική περιφερειακή επιστήμη σε έναν πιο εφαρμοσμένο, τεχνικό ερευνητικό τομέα. Επιπλέον, η έκρηξη της διαθεσιμότητας χωρικών δεδομένων και των τεχνολογιών ανίχνευσης έχουν καταστήσει τις μελέτες πεδίου πιο πολύτιμες για τον κάθε καλλιεργητή. Ως εκ τούτου, υπάρχει μεγαλύτερη υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών, αλλά θεματικών που σχετίζονται με χωροχρονικές κλίμακες που απαιτούνται για πρακτικές εφαρμογές, καθώς και τις σχετικές προσεγγίσεις για τη σύνθεση δεδομένων (Vaudour E., et al. 2015).

### 1.1.1 Ιστορική εξέλιξη του όρου terroir

Η έννοια του «terroir» έχει τις ρίζες της στη γαλλική ιστορία του κρασιού και σε υποβλητικές ιστορίες της γης. Κατά γενική ομολογία, ο όρος terroir πρωτοεμφανίστηκε στην περιοχή της Βουργουνδίας, όπου υπάρχει συνεχόμενη παράδοση στην αμπελουργία και στην παραγωγή οίνου για αρκετούς αιώνες. Τον 11<sup>ο</sup> αιώνα στην Βουργουνδία, η εμφάνιση των αμπελώνων “clos”, περιφραγμένοι αμπελώνες που καλλιεργούνται από καθολικούς μοναχούς, θέτει τις βάσεις για την δημιουργία της έννοιας του terroir. Τα μοναστικά τάγματα, ειδικά οι Κιρστεκιανοί, διατήρησαν ζωντανές τις αμπελοοινικές δεξιότητες στην Μεσαιωνική Ευρώπη. Η προσέγγισή τους δεν ήταν επιστημονική αλλά εμπειρική, με βάση τη δοκιμή και το σφάλμα, εν τούτοις κατάφεραν να αναδείξουν διάφορες περιοχές κατάλληλες για αμπελοκαλλιέργεια.

Κατά τον 18<sup>ο</sup> αιώνα πρωτοδημιουργήθηκαν τα “climats”, αγροτεμάχια αφιερωμένα στην αμπελουργία επακριβώς οριοθετημένα, γνωστά με το ίδιο όνομα για αρκετούς αιώνες και των οποίων η ακριβής τοποθεσία, το έδαφος, το υπέδαφος, η όψη, το μικρόκλιμα και η ιστορία αποτελούν το χαρακτηριστικά της μοναδικής έκφρασης στον οίνο, επί της ουσίας ενός terroir.

Με την Γαλλική επανάσταση και την διάλυση των δομών των μοναστηριών οι αμπελώνες αυτοί γίνονται αρχικά δημόσιοι και έπειτα περνούν σε ιδιώτες μέσω δημοπρασιών. Οι λεπτές αλλαγές στις έννοιες που αποδίδονται στο terroir σχετίζονται με αλλαγές στην τεχνική και τις κοινωνικές νόρμες. Μεταξύ των μεταβαλλόμενων νοημάτων στη Γαλλία, το «terroir» παρέμενε προσανατολισμένο στο έδαφος σε ένα συγκεκριμένο είδος γεωργικής παραγωγής.

Στην πιο σύγχρονη εποχή, η έννοια αρχίζει να αποκτά μια πιο διαφορούμενη έννοια, όπου ένας οίνος που «μυρίζει» terroir, μπορεί να έχει και αρνητική χροιά ανάλογα με τον τόπο παραγωγής. Στα τέλη της δεκαετίας του 1960, ξεκίνησε η έκφραση “goût de terroir” (γεύση terroir) να παίρνει ένα επαινετικό νόημα, ενώ νωρίτερα χρησιμοποιήθηκε για να υπονοήσει ελαττώματα που υποτίθεται να προέρχονται από το χώμα (Ballantyne D., et al. 2019).

### 1.1.2 Σύγχρονες Προσεγγίσεις

Σήμερα το terroir είναι σημαντικό ως δείκτης ποιότητας στη διαχείριση του branding για κρασιά υψηλής ποιότητας. Τα γαλλικά κρασιά έχουν επωφεληθεί από την ιστορική τους σχέση με το terroir αλλά ολοένα και περισσότερες οινοπαραγωγικές χώρες υιοθετούν τον όρο, για να αναδείξουν τα χαρακτηριστικά του οίνου που αποδίδονται στον τόπο καταγωγής. Ωστόσο, δεν υπάρχει καθολικά αποδεκτός ορισμός του terroir εκτός από το ότι αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο μέρος.

Παρατηρείται μια πολυσημία κατά την χρήση του όρου terroir, αφενός γιατί συνήθως χρησιμοποιείται αμετάφραστος από την γαλλική γλώσσα και αφετέρου γιατί αξιοποιείται στο έπακρο εμπορικά ως δείκτης αξίας για την σύνδεση των κρασιών με τον τόπο προέλευσης τους.

Τις τελευταίες δυο δεκαετίες, όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μελετών και δημοσιεύσεων που προσεγγίζουν τον όρο επιστημονικά και προσπαθούν να τον περιγράψουν ποσοτικά, με έμφαση την χρήση του για την λήψη αποφάσεων στην οινική βιομηχανία. Ειδικότερα, ο όρος terroir αποδομείται στις συνιστώσες του, δηλαδή στον εδαφικό, τον κλιματικό και τον ανθρωπογενή παράγοντα και αναλύεται εν μέρει και κατά περίπτωση ανάλογα με τους στόχους της εκάστοτε μελέτης. Ο κλιματικός παράγοντας του terroir ίσως είναι και ο καθοριστικός στην εποχή μας καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περιγραφή του αντίκτυπου της κλιματικής αλλαγής στην αμπελοκαλλιέργεια και στην εξαγωγή συμπερασμάτων για τον τρόπο αντιμετώπισής της εντοπισμένα κατά τόπο.

Στην παρούσα εργασία, ο όρος terroir θα χρησιμοποιείται στο εξής σύμφωνα με τον ορισμό του OIV, όπως διατυπώθηκε παραπάνω, εκτός και αν δηλώνεται διαφορετικά.

## 1.2 Κλιματική αλλαγή και αμπελοκαλλιέργεια

Η ύπαρξη και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αναγνωρίζονται πλέον από τη συντριπτική πλειοψηφία των επιστημονικών κοινοτήτων. Μεταξύ των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, η γεωργία και ειδικότερα η αμπελουργία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματολογικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Ως εκ τούτου, η παραγωγή κρασιού επηρεάζεται προφανώς από την κλιματική αλλαγή.

Στις περισσότερες γεωργικές εκμεταλλεύσεις, η απόδοση μιας επένδυσης σχετίζεται με τις στρεμματικές αποδόσεις, άρα η μελέτη της κλιματικής αλλαγής επικεντρώνεται στις επιπτώσεις επί των στρεμματικών αποδόσεων. Ωστόσο, η επένδυση για παραγωγή οίνου καθοδηγείται από την τιμή πώλησης, βάσει ποιότητας, φήμης και ύψους παραγωγής. Εύκολα λοιπόν, καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα ότι στην περίπτωση της αμπελοκαλλιέργειας το πρόβλημα είναι πιο σύνθετο, καθώς πρέπει να μελετηθούν οι επιπτώσεις τόσο στις αποδόσεις όσο και στην ποιότητα.

Ειδικότερα, αξίζει να εξετάσουμε τον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στην φαινολογία και στην ανάπτυξη της αμπέλου, στην ωρίμανση των σταφυλιών και στην τυπικότητα των παραγόμενων οίνων ανάλογα με την προέλευση. Μερικές από αυτές τις αλλαγές είναι ήδη ορατές και μπορεί να ποσοτικοποιηθούν, άλλες είναι προβλέψιμες για τις επόμενες δεκαετίες.

Τα αμπέλια καλλιεργούνται σε μια μεγάλη ποικιλία κλιματολογικών καταστάσεων. Ωστόσο, η πλειονότητα των σημαντικότερων αμπελουργικών περιοχών βρίσκεται μεταξύ του 35<sup>ου</sup> και του 50<sup>ου</sup>

παράλληλου στο Βόρειο Ημισφαίριο και μεταξύ του 30<sup>ου</sup> και του 45<sup>ου</sup> παράλληλου στο νότιο ημισφαίριο. Είναι σχεδόν αδύνατο να παραχθούν οίνοι υψηλής ποιότητας σε τροπικές ή υποτροπικές περιοχές. Η αμπελουργία είναι επίσης περίπλοκη σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη λόγω προβλημάτων που προκαλούνται από τον παγετό την άνοιξη ή το χειμώνα και λόγω απώλειας της γονιμότητας των οφθαλμών σε χαμηλές θερμοκρασίες (Van Leeuwen C., Friant P., et al. 2004).

Οι κλιματολογικές συνθήκες αποτελούν σημαντικό παράγοντα της τυπικότητας του κρασιού σε σχέση με την προέλευσή του. Μεταξύ των περιβαλλοντικών παραγόντων, το κλίμα έχει μεγαλύτερο αντίκτυπο στην ανάπτυξη της αμπέλου και στη σύνθεση των φρούτων σε σύγκριση με το έδαφος και την ποικιλία αμπέλου (Van Leeuwen C., Friant P., et al. 2004). Σε μια δεδομένη οινοπαραγωγική περιοχή, οι κλιματολογικές συνθήκες ποικίλλουν από το ένα έτος στο άλλο. Πρόκειται για την λεγόμενη επίδραση χρονιάς (vintage effect), οι διακυμάνσεις από έτος σε έτος στην απόδοση, την ποιότητα και τυπικότητα. Οι αμπελουργοί έχουν επιλέξει κατάλληλα φυτικά υλικά (ποικιλία, κλώνος και ρίζα) ανάλογα στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η ισορροπία μεταξύ της απόδοσης και της ποιότητας. Οι αμπελουργικές πρακτικές μπορούν να τροποποιηθούν για να προσαρμοστούν στην κλιματική μεταβλητότητα μεταξύ των τρυγητών.

### 1.2.1 Κλίμα – Γενικά στοιχεία

**Κλίμα** είναι ο μέσος όρος των καιρικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή για μεγάλο χρονικό διάστημα τουλάχιστον 25 - 30 ετών. Το κλίμα μιας αμπελουργικής περιοχής μελετάται συχνά σε τρία επίπεδα, που η διάκρισή τους στηρίζεται στην έκταση της περιοχής της οποίας τα κλιματικά χαρακτηριστικά εξετάζουμε (Δ. Καλύβας 2003).

#### **Μακρο-κλίμα**

Το μακρο-κλίμα (macro-clime) μιας περιοχής αναφέρεται στις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής που καθορίζουν και τον τύπο - είδος του κλίματος π.χ. κλίμα ηπειρωτικό, ωκεάνιο – θαλάσσιο (μεσογειακό), κλπ. Το μακρο-κλίμα επηρεάζεται από την γεωγραφική θέση της περιοχής και συγκεκριμένα από το γεωγραφικό πλάτος (latitude), το υψόμετρο, τη γειτνίαση με όγκους νερού (θάλασσα, λίμνες, τα ποτάμια), και με δάση. Μάλιστα τα χαρακτηριστικά αυτά είναι αλληλένδετα. Ανερχομένου του γεωγραφικού πλάτους (βορειότερες περιοχές) φθάνουμε στο όριο ευδοκίμησης κάποιας συγκεκριμένης ποικιλίας ή και γενικά της αμπέλου. Είναι μάλιστα χαρακτηριστικό ότι από την Σητεία της Κρήτης μέχρι την Καβάλα έχουμε μείωση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κατά 0.5 °C για κάθε μοίρα γεωγραφικού πλάτους. Το υψόμετρο έχει επίδραση στην κατανομή και τη συχνότητα των ακραίων χαμηλών θερμοκρασιών. Η σχέση του με το γεωγραφικό πλάτος είναι δεδομένη αρκεί να σκεφτούμε ότι σε περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου, οι οποίες βρίσκονται πλησίον του βόρειου ορίου καλλιέργειας της αμπέλου ασκεί δυσμενή επίδραση ενώ αντίθετα στις μεσημβρινές περιοχές ευνοϊκή αφού εξασφαλίζει τις απαραίτητες συνθήκες θερμοκρασίας για φυσιολογικό λήθαργο. Επίσης για δεδομένο γεωγραφικό πλάτος αύξηση του υψομέτρου κατά 100 μέτρα μειώνει την μέση ετήσια θερμοκρασία κατά 2 °C ενώ αμπελοκομικά επιφέρει επιβράδυνση της ωρίμανσης κατά 2 έως 3 ημέρες.

Η θάλασσα επιδρά στις θερμικές συνθήκες του περιβάλλοντος κάθε περιοχής και συμβάλλει στη ρύθμιση της πορείας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους. Συγκεκριμένα συμβάλλει στην ελάττωση της μέσης θερμοκρασίας του καλοκαιριού και στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του χειμώνα, λόγω υψηλής τιμής της ειδικής θερμότητας του νερού (βλ. Παρ. 3.6). Ο όγκος του νερού σε συνδυασμό με την αλατότητά του θα καθορίσει πόση θερμότητα θα απορροφήσει και πόση θα εκπέμψει ο υδάτινος όγκος ανάλογα με τις επικρατούσες ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες. Αυτός είναι ο λόγος που τα ωκεάνια ή και γενικά τα θαλάσσια κλίματα είναι μακροκλίματα που άμεσα επηρεάζονται από την γειτνίαση με τη θάλασσα. Αντίθετα στα ηπειρωτικά μακροκλίματα η θερμοκρασία του αέρα μπορεί εύκολα και μέσα στην ημέρα να μεταβληθεί γιατί η ξηρά, μη έχοντας τις ιδιότητες του νερού, δεν αποτελεί ρυθμιστή της θερμοκρασίας του αέρα.

Ανάλογα με την γεωγραφική θέση της κάθε αμπελουργικής περιοχής, οι επιδράσεις της γειτνίασης της θάλασσας μπορεί να είναι ωφέλιμες ή επιβλαβείς για την καλλιέργεια της αμπέλου.

Τα δάση όπως και η θάλασσα (αλλά και οι λίμνες και τα ποτάμια) μειώνουν το εύρος της ημερήσιας θερμοκρασίας του αέρα. Έτσι αυτά είναι δυσμενή για τις βόρειες περιοχές και ωφέλιμα για τις μεσημβρινές (Δ. Καλύβας 2003).

### **Μεσο-κλίμα**

Το μεσο-κλίμα (meso-clime) είναι το τοπικό κλίμα μιας περιοχής, π.χ. ενός αμπελώνα. Συχνά οι σχετικοί επιστήμονες το ορίζουν ως το κλίμα που επικρατεί μέσα σε μια ζώνη ύψους λίγων μέτρων πάνω από το έδαφος. Επηρεάζεται από τις τοπικές τοπογραφικές συνθήκες και συγκεκριμένα από την κλίση και έκθεση (κατεύθυνση της κλίσης) του εδάφους, από εμπόδια στην κίνηση του αέρα και από πολύ κοντινούς όγκους νερού που δρουν ως ρυθμιστές της θερμοκρασίας του αέρα.

Σε ορισμένες περιοχές ο άνθρωπος έχει διαμορφώσει συνθήκες μικρο-κλίματος όπως με τη δημιουργία επικλινών εδαφών, τα οποία εκτίθενται περισσότερο στον ήλιο. Πολλοί τέτοιοι κεκλιμένοι αμπελώνες υπάρχουν στην Γερμανία, Αυστρία και Ελβετία και παράγουν μερικά από τα καλύτερα κρασιά παγκοσμίως.

Θετικές επιδράσεις τέτοιων συνθηκών μεσο-κλίματος είναι η βελτίωση της παραγωγής, η μείωση των περιπτώσεων παρουσίασης παγετών αργά την άνοιξη και νωρίς το φθινόπωρο, οι υψηλότερες θερμοκρασίες και η μεγαλύτερη συσσώρευση θερμότητας. Επίσης τα εδάφη δεν παραμένουν υγρά για μεγάλες χρονικές περιόδους, ειδικά την άνοιξη ενώ υπάρχει μεγαλύτερη κίνηση του αέρα η οποία συνεισφέρει στη μείωση των παγετών αλλά και ταυτόχρονα μειώνει τα περιστατικά ασθενειών των αμπελιών (Δ. Καλύβας 2003).

### **Μικρο-κλίμα**

Το τρίτο και τελευταίο είδος κλίματος είναι το μικρο-κλίμα (micro-clime). Αναφέρεται σ' ένα πολύ εξειδικευμένο κλιματικό περιβάλλον, αυτό που επικρατεί μέσα και γύρω από τα πρέμνα. Η φυτοκάλυψη (βλαστοί, φύλλα), η διαμόρφωση επομένως της φυλλικής επιφάνειας θα επηρεάσει τα χαρακτηριστικά του μικρο-κλίματος όπως την ποσότητα και ποιότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, την θερμοκρασία του αέρα, την ταχύτητα του ανέμου, την σχετική υγρασία, την απορρόφηση και επομένως την εκπομπή

ακτινοβολίας από το μεταξύ των πρέμνων χώμα. Πυκνή φυλλική επιφάνεια θα διαμορφώσει εντός των πρέμνων μικροκλίμα με μικρή ηλιοφάνεια, με αυξημένη υγρασία, με μείωση ταχύτητας ανέμου, συνθήκες γενικά διαφορετικές από τις επικρατούσες στην γύρω περιοχή. Είναι φανερό ότι οι καλλιεργητικές τεχνικές

όπως οι αποστάσεις πρέμνων μεταξύ και εντός των γραμμών και τα συστήματα κλαδέματος είναι εκείνα που θα διαμορφώσουν τις ιδιαίτερες συνθήκες του μικροκλίματος ενός αμπελώνα. Επίσης ορισμένες εδαφικές ιδιότητες όπως η υδατοϊκανότητα του εδάφους, η κοκκομετρική του σύσταση θα επηρεάσει ορισμένα χαρακτηριστικά του μικροκλίματος και κυρίως τη θερμοκρασία, μέσω του μηχανισμού της απορρόφησης και ακτινοβολίας ποσού θερμότητας. Σήμερα δίνεται αρκετή βαρύτητα στο μικροκλίμα ως παράγοντα διαμόρφωσης της ποιότητας του σταφυλιού.

Από τις κλιματικές παραμέτρους εκείνες που επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη του αμπελιού και ιδίως την ποσότητα και ποιότητα της παραγωγής των κρασοστάφυλων είναι βασικά η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, η ηλιοφάνεια και δευτερευόντως οι άνεμοι, το χαλάζι και οι υπόλοιπες κλιματικές παράμετροι. Η εξέταση της επίδρασης των κλιματικών συνθηκών γίνεται σε σχέση με τα στάδια ανάπτυξης του αμπελιού (φαινολογικά στάδια) δηλαδή την εκβλάστηση, την άνθιση, την καρπόδεση, την ωρίμανση, τον τρυγητό (Δ. Καλύβας 2003).

### 1.2.2 Κλιματικές μεταβλητές και οι επιπτώσεις τους

Σε αυτή την παράγραφο θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι κύριες μεταβλητές του κλίματος και οι επιπτώσεις στην αμπελοκαλλιέργεια.

#### *Θερμοκρασία*

Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας παγκοσμίως αποτελεί ίσως το πιο πολυσυζητημένο αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής και σύμφωνα με διάφορα κλιματικά μοντέλα θα υπάρξει αύξηση μεταξύ 1° C και 4,5° C μέχρι το τέλος του αιώνα, ανάλογα με τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και τις πολιτικές που θα ακολουθηθούν. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, μια αύξηση τέτοιου επιπέδου στην θερμοκρασία, θα έχει ξεκάθαρες επιπτώσεις στην αμπελουργία και στις παραδοσιακά θερμοθετημένες οινοπαραγωγικές περιοχές.

Αρχικά, τα φαινολογικά στάδια της αμπέλου, η εκβλάστηση, η άνθιση, το γυάλισμα, ελέγχονται από την θερμοκρασία. Μάλιστα η συσχέτισή τους είναι τόσο ισχυρή που η φαινολογία της αμπέλου μπορεί να προβλεφθεί από μοντέλα που βασίζονται μονάχα στην θερμοκρασία. Η θερμοκρασία επηρεάζει επίσης την ωρίμανση των σταφυλιών. Αυξάνει την συσσώρευση σακχάρων, αλλά ορισμένοι δευτερεύοντες μεταβολίτες, όπως οι ανθοκυάνες, επηρεάζονται αρνητικά από την υψηλή θερμοκρασία. Η οξύτητα των σταφυλιών, ιδίως η περιεκτικότητα σε μηλικό οξύ, μειώνεται σε υψηλή θερμοκρασία (Van Leeuwen C. and Darriet P. 2016).

Κατά την διάρκεια της χειμερινής ανάπαυσης οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας δεν επηρεάζουν την άμπελο, εφόσον αυτές δεν είναι χαμηλότερες ενός φυσιολογικού ορίου αντοχής και υψηλότερες της θερμοκρασίας έναρξης βλαστήσεως, η οποία θεωρείται ότι συμβαίνει μεταξύ 8 °C και 10 °C. Όλες όμως οι ποικιλίες δεν εμφανίζουν τα ίδια όρια αντοχής για τις κατώτερες θερμοκρασίες. Χαρακτηριστικά μάλιστα αναφέρεται από ορισμένους επιστήμονες ότι εάν σε μια περιοχή υπάρχει η πιθανότητα να συμβεί θερμοκρασία χαμηλότερη των -20 °C κατά τη διάρκεια μιας εικοσαετούς περιόδου, η περιοχή

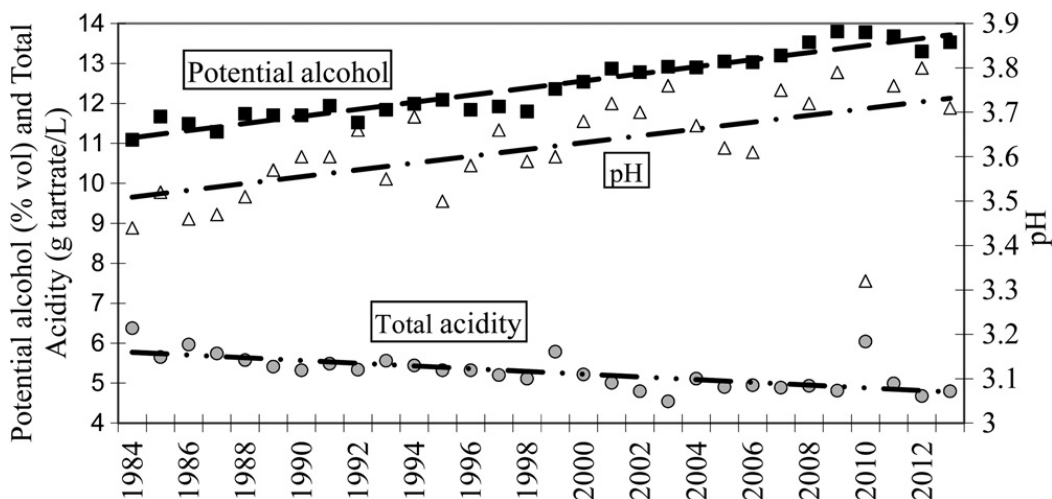
αυτή θεωρείται ακατάλληλη για την *Vitis vinifera* από οικονομικής τουλάχιστον άποψης (Δ. Καλύβας 2003).

Σχετικά με τις υψηλές θερμοκρασίες οι βλάβες που μπορούν να προκληθούν στα φυτικά μέρη και στις ρώγες εξαρτώνται και από τις άλλες κλιματικές παραμέτρους όπως από την απ' ευθείας έκθεση στον ήλιο ενώ διαφοροποιούνται από ποικιλία σε ποικιλία. Περισσότερο ευαίσθητα εμφανίζονται τα σταφύλια (εγκαύματα μπορεί να προκληθούν και σε θερμοκρασίες 38 °C - 40 °C) ενώ στα φύλλα βλάβες μπορεί να παρατηρηθούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες (42 °C - 46 °C).

### Μετρήσιμες Επιπτώσεις

Αύξηση της θερμοκρασίας, που είναι μια από τις σημαντικότερες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, προκαλεί πρωίμηση στα στάδια της φαινολογίας της αμπέλου. Από τη δεκαετία του 1980, οι ημερομηνίες συγκομιδής έχουν προχωρήσει δύο εβδομάδες σε περιοχές της Γαλλίας, όπως στην Αλσατία και το Μπρντώ (Van Leeuwen C. και Darriet P., *The Impact of Climate Change on Viticulture and 2016*). Η μέχρι στιγμής πρωίμηση της φαινολογίας μπορεί να αξιολογηθεί θετικά στις βόρειες περιοχές, καθώς οι παραγωγοί μπορούν να τρυγήσουν σταφύλια με καλύτερη ωριμότητα. Ωστόσο, στις μεσογειακές περιοχές η υψηλότερη αυτή ωρίμανση δεν χρειάζεται. Σε κάποιες περιπτώσεις, έχει παρατηρηθεί πρόοδος της ημερομηνίας τρυγητού μέχρι και τέσσερις εβδομάδες.

Γενικά, η τάση αύξησης της θερμοκρασίας επηρεάζει ποικιλοτρόπως την σύνθεση του παραγόμενου μούστου και οίνου. Οδηγούμαστε προοδευτικά, σε αύξηση του αλκοολικού τίτλου, μείωση της ολικής οξύτητας και της ενεργού οξύτητας (pH). Ενδεικτικά στο Διάγραμμα 1.1 φαίνεται η αλλαγή αυτή διαχρονικά από το 1984 σε δείγματα από της περιοχή του Languedoc.



**Διάγραμμα 1.1:** Δυναμικός αλκοολικός τίτλος, ολική οξύτητα και pH σε μούστο πριν τον τρυγητό στην περιοχή Languedoc από το 1984 μέχρι το 2013 (πηγή: Dubernet laboratory) (Van Leeuwen C. και Darriet P., *The Impact of Climate Change on Viticulture and 2016*)



Η επίδραση στα φαινορικά συστατικά από την θερμοκρασία είναι επίσης ένα τεράστιο θέμα. Το χρώμα στους ερυθρούς οίνους εξαρτάται κυρίως από τις θερμοκρασίες. Οι ενδείξεις δείχνουν ότι πολύ ψυχρές ή πολύ υψηλές θερμοκρασίες σχετίζονται με φτωχά σε χρώμα γλεύκη και κατά συνέπεια και φτωχά σε χρώμα κρασιά. Το καλύτερο εύρος διακύμανσης της θερμοκρασίας για τη σύνθεση των ανθοκυανών φαίνεται να είναι από 17 °C έως 26 °C. Γενικά έχει βρεθεί ότι ζεστές ημέρες με κρύες νύκτες είναι οι καλύτερες συνθήκες για τη σύνθεση ανθοκυανών σε ορισμένες ποικιλίες ενώ υψηλή θερμοκρασία πάνω από 35 °C περιορίζει ή και σταματά την παραγωγή ανθοκυανών.

Η επίδραση της θερμοκρασίας στα συστατικά της γεύσης και του αρώματος στηρίζεται στην εξάρτηση από την θερμοκρασία των ενζυμικών συστημάτων που η χημική τους δράση – ενεργότητα είναι απαραίτητη για την σύνθεση αυτών των συστατικών από τα σάκχαρα στο φλοιό των ραγών.

### **Προβλεπόμενες Επιπτώσεις**

Είναι δυνατόν να μοντελοποιηθεί η προβλεπόμενη φαινολογία χρησιμοποιώντας προβολές θερμοκρασίας έως το τέλος του αιώνα. Η άνθιση θα προχωρήσει έως και 15 ημέρες στο εγγύς μέλλον (2020-2050) και 30 ημέρες ως το τέλος του αιώνα. Η ωριμότητα θα αυξηθεί κατά 25 και 45 ημέρες, αντίστοιχα. Αυτές οι πρώιμες ημερομηνίες τρυγητού δεν είναι συμβατές με την παραγωγή εξαιρετικών κρασιών terroir (Van Leeuwen C. και Darriet P., The Impact of Climate Change on Viticulture and 2016).

Μελλοντικά, η αύξηση της θερμοκρασίας θα οδηγήσει σε οίνους με υπερβολικά υψηλό αλκοόλ και χαμηλές οξύτητες, που μεταφράζεται σε έλλειψη γευστικής ισορροπίας και σε δύσκολη μικροβιακή σταθεροποίηση.

Όσο για τα συστατικά του αρώματος επηρεάζονται ποικιλοτρόπως. Ενδεικτικά, οι συγκέντρωση των πυραζινών μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ για τα τερπένια υπάρχουν αντικρουόμενα αποτελέσματα.

### *Υδατικό καθεστώς/Βροχοπτώσεις*

Σπουδαία θέση μεταξύ των παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη των αμπελιών κατέχει η εδαφική υγρασία, η οποία βέβαια προέρχεται από τις βροχοπτώσεις ή και από τα ποτίσματα.

Οι ανάγκες της αμπέλου σε νερό είναι μικρές. Κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου το αμπέλι έχει ανάγκη 150 – 250 χιλιοστά διαθέσιμου νερού που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, την ηλιοφάνεια και θερμοκρασία, από ορισμένες εδαφικές ιδιότητες, την ποικιλία της αμπέλου και το σχήμα μόρφωσης. Τα περισσότερα μάλιστα ποιοτικά κρασιά παράγονται σε περιοχές όπου το συνολικό ετήσιο ύψος βροχής δεν ξεπερνά τα 700 – 800 χιλιοστά. Τα πρέμνα καταναλώνουν το 15 % των συνολικών αναγκών τους σε νερό από την έναρξη της βλάστησης μέχρι την καρπόδεση ενώ το 85 % από την καρπόδεση έως το τέλος της βλαστικής περιόδου.

Μικρό ύψος βροχής το οποίο δεν συμπληρώνεται από πότισμα θα μειώσει τελικά την ποσότητα της απόδοσης. Αντίθετα υπερβολική υγρασία οδηγεί σε κατωτέρας ποιότητας παραγωγή. Στρες υγρασίας κατά την άνθιση και καρπόδεση έχει ως αποτέλεσμα σημαντική μείωση της παραγωγής. Υπερβολικές όμως βροχές κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι μπορεί να προκαλέσουν ανθόρροια ή να συμβάλλουν στην εμφάνιση του περονόσπορου.

### **Μετρήσιμες Επιπτώσεις**

Η έλλειψη νερού βελτιώνει ποιοτικά το δυναμικό για την παραγωγή κόκκινου κρασιού επειδή προκαλεί πρόωρη παύση της βλαστικής ανάπτυξης, μειώνει το μέγεθος των ραγών και ενισχύει την συγκέντρωση φαινολικών στον φλοιό. Αυτά τα αποτελέσματα προέρχονται από την περιοχή του Μπορντό και συνεπώς δεν μπορούν να αναπαραχθούν αυτόματα σε ξηρότερες περιοχές, όπου η απόδοση και η ποιότητα ενδέχεται να υποφέρουν από υπερβολικό υδατικό στρες, ιδίως σε εδάφη με χαμηλή ικανότητα συγκράτησης νερού (Van Leeuwen C., Trégoat O., et al. 2009).

Ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής στα αρώματα και τις πρόδρομες αρωματικές ενώσεις είναι διαφορετικός ανάλογα με την κατηγορία των εξεταζόμενων ενώσεων. Η περιεκτικότητα της ράγας σε πτητικές πρόδρομες θειικές ενώσεις μειώνεται από το υδατικό στρες ενώ μπορεί να αυξηθεί με μετριασμένο ελλειμματικό υδατικό καθεστώς. Ενώ, τα μονοτερπένια, μια άλλη οικογένεια ενώσεων αρώματος, δεν επηρεάστηκαν από την υδατική κατάσταση της αμπέλου.

### **Προβλεπόμενες Επιπτώσεις**

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες θα αυξήσουν την εξατμισοδιαπνοή και πιθανές τροποποιήσεις στα πρότυπα βροχοπτώσης είναι δύσκολο να προβλεφθούν. Είναι πιθανό ότι οι βροχοπτώσεις θα υπόκεινται σε μεγάλες χωρικές και χρονικές παραλλαγές. Σε ορισμένες περιοχές, οι βροχοπτώσεις θα είναι υψηλότερες, ενώ άλλες μπορεί να αντιμετωπίσουν μεγαλύτερες περιόδους ξηρασίας. Η κατανομή των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια του έτους ενδέχεται επίσης να υποστούν σημαντικές αλλαγές. Ως εκ τούτου, είναι δύσκολο να προβλεφθεί ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής στην ισορροπία των υδάτων. Επιπλέον, ο αναπαραγωγικός κύκλος της αμπέλου θα συμπιεστεί σε θερμότερες περιοχές. Όταν η συγκομιδή γίνεται νωρίτερα μέσα στο χρόνο (δηλαδή τον Αύγουστο στο Βόρειο Ημισφαίριο), η πιο έντονη περίοδος της πίεσης του νερού θα συμβεί μετά τον τρυγητό.

Παρά αυτές τις αβεβαιότητες, οι περισσότερες αμπελουργικές περιοχές θα υπόκεινται σε αυξημένα ελλείμματα νερού λόγω της αυξημένης εξατμισοδιαπνοής στην ισορροπία του νερού. Ο πρώτος αντίκτυπος του ελλείμματος νερού είναι η μειωμένη απόδοση, λόγω μικρότερου μεγέθους ραγών και μειωμένης γονιμότητας οφθαλμών. Όλες οι αμπελουργικές περιοχές στον κόσμο θα βιώσουν μειωμένες αποδόσεις, αν και το μέγεθος μπορεί να διαφέρει. Ο αντίκτυπος της αύξησης του υδατικού στρες στην ποιότητα του κρασιού ποικίλλει. Στην παραγωγή κόκκινου κρασιού, το έλλειμμα νερού (αλλά όχι σοβαρό στρες) βελτιώνει την ποιότητα. Για παράδειγμα, στο Μπορντό, μέχρι σήμερα συνολικά η ποιότητα του τρύγων δεν έχει ποτέ τεθεί σε κίνδυνο από υπερβολικό έλλειμμα νερού, ακόμη και σε εξαιρετικά ξηρό τρύγο όπως το 2005, όταν οι βροχοπτώσεις ήταν σχεδόν οι μισές από τις κανονικές έτος. Αντίστοιχα, η ποιότητα του κόκκινου κρασιού θα αυξηθεί με την ανάπτυξη ελλειμμάτων νερού στις περισσότερες αμπελουργικές περιοχές του Ατλαντικού και της Βόρειας Ευρώπης. Αντίθετα, στη Μεσόγειο ή άλλα πολύ ξηρά κλίματα, η ποιότητα μπορεί να υποφέρει από υπερβολικό υδατικό στρες, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη φωτοσύνθεση και νέκρωση φύλλων, ιδιαίτερα σε εδάφη με χαμηλή ικανότητα συγκράτησης νερού. Τέλος, δεν έχει δημοσιευτεί καμία σοβαρή μελέτη σχετικά με τη συχνότητα καταστάσεων στις οποίες η ποιότητα μπορεί να επωφεληθεί από περισσότερα ελλείμματα νερού έναντι εκείνων στα οποία μπορεί να υποφέρει η ποιότητα.

### *Ηλιακή ακτινοβολία - Ηλιοφάνεια*

Η εκτίμηση της ηλιοφάνειας μιας περιοχής γίνεται αθροίζοντας τις ώρες ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια της ευνοϊκής περιόδου βλαστήσεως της αμπέλου (πρακτικά σε θερμοκρασίες πάνω από 10 °C). Στην βιβλιογραφία αναφέρεται ως κατώτερο όριο το άθροισμα, μέχρι το τρύγο, των 1250 ωρών κάτω του οποίου οι αποδόσεις κρίνονται ως μη ικανοποιητικές. Από άποψη συσχέτισης γεωγραφικής θέσης και ηλιοφάνειας ισχύει ότι η ένταση του φωτός γενικά αυξάνει καθώς το γεωγραφικό πλάτος μειώνεται, αν και οι ημέρες του καλοκαιριού γίνονται μεγαλύτερες καθώς το γεωγραφικό πλάτος αυξάνεται. Η ηλιοφάνεια επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη της αμπέλου και την παραγωγή προϊόντων ποιότητας. Γενικά ισχύει ότι για την αμπελοκαλλιέργεια είναι επιθυμητές απεριόριστες ώρες ηλιοφάνειας. Ο ρυθμός φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φύλλων εξαρτάται άμεσα από την ηλιοφάνεια. Η ποσότητα των υδατανθράκων που συντίθεται στα φύλλα επηρεάζει την ανάπτυξη και ζωηρότητα της βλάστησης, καθώς και την πορεία ωρίμανσης των σταφυλιών. Η ποσότητα της ενεργής φωτοσυνθετικά ακτινοβολίας που δέχονται τα σταφύλια είναι πάνω από 2500 E/m<sup>2</sup>sec κάτω από καθαρό ουρανό και μεταξύ 300 και 1000 E/m<sup>2</sup>sec όταν υπάρχει συννεφιά. Η ενεργή φωτοσυνθετικά ακτινοβολία των 700 E/m<sup>2</sup>sec είναι το βέλτιστο για τη φωτοσύνθεση και 15 με 30 E/m<sup>2</sup>sec είναι το σημείο κάτω από το οποίο τα φύλλα καταναλώνουν όσους υδρογονάνθρακες παράγουν (Δ. Καλύβας 2003).

Η επίδραση της ηλιοφάνειας εξετάζεται και σε συνδυασμό και με την θερμοκρασία ενώ είναι φανερή η συσχέτισή της και με την υγρασία. Ο κανόνας είναι ότι οι ώρες ηλιοφάνειας συσχετίζονται θετικά τόσο με την ποσότητα όσο και με την ποιότητα της απόδοσης μόνο όταν οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας είναι οι επιθυμητές.

Ένας άλλος παράγοντας συνδεδεμένος με την ηλιοφάνεια είναι το μήκος κύματος του φωτός που προσπίπτει στη φυλλική επιφάνεια. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως ένας εντελώς καινούργιος παράγοντας αναφερόμενος ως «ποιότητα ηλιακής ακτινοβολίας – μήκος κύματος φωτός» Τελευταία ερευνητικά δεδομένα δείχνουν ότι στα διάφορα επίπεδα της φυλλικής επιφάνειας, από το ψηλότερο προς το χαμηλότερο σημείο, δεν φθάνει το ίδιο μήκος κύματος, λόγω της σταδιακής και συνεχούς απορρόφησης ακτινοβολίας από τα εξωτερικά φύλλα. Οι διαφορές αυτές έχουν σημαντική επίδραση στην φυσιολογία της ανάπτυξης του αμπελιού και πιθανόν άμεση επίδραση στην ποιότητα των σταφυλιών (Δ. Καλύβας 2003).

### **Μετρήσιμες Επιπτώσεις**

Τις τελευταίες δεκαετίες, η ακτινοβολία αυξάνεται σταθερά, ιδίως το UV-B ακτινοβολία (280–320 nm). Ωστόσο, η έκταση αυτού του φαινομένου αναφέρεται στη βιβλιογραφία διαφέρει ανάλογα με την περιοχή. Η αύξηση της ακτινοβολίας UV-B είναι περίπου 1-2% ανά δεκαετία, αλλά μπορεί να φτάσει το 8% ανά δεκαετία σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Η υψηλότερη ακτινοβολία UV-B βελτιώνει τη σύνθεση του χρώματος, των φλαβονολών και των τανινών στα κόκκινα σταφύλια, αλλά μπορεί να οδηγήσει στην σύνθεση ανεπιθύμητων γευστικά ενώσεων στα λευκά σταφύλια, όπως ο-Ακετοαμινοφαινόνη και 1,1,6-τριμεθυλο-1,2- διυδροναφθαλίνη (TDN) (Van Leeuwen C., Friant P., και συν. 2004).

### **Προβλεπόμενες Επιπτώσεις**

Η αύξηση της ακτινοβολίας μπορεί να προκαλέσει ηλιακά εγκαύματα στα σταφύλια, ιδιαίτερα στην περίοδο πριν τον περκασμό. Η αύξηση της ακτινοβολίας UV-B μπορεί να είναι ευνοϊκή στην παραγωγή κόκκινου κρασιού λόγω της αυξημένης φαινολικών στον φλοιό, αλλά μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του λευκού οίνου, προκαλώντας άτυπη γήρανση. Το ποσοστό της ακτινοβολίας UV-B σχετίζεται κυρίως με τις αλλαγές στο στρώμα του όζοντος.

#### 1.2.3 Βιοκλιματικοί δείκτες και αμπελοκαλλιέργεια

Όπως έχει ήδη διατυπωθεί στις προηγούμενες παραγράφους, ο καιρός παίζει πρωταρχικό ρόλο στην ανάπτυξη των αμπέλων, καθώς και οι περιβαλλοντικές συνθήκες καθορίζουν τη φυσιολογία και την ανάπτυξη των αμπέλων. Μια ισχυρή συσχέτιση έχει διαπιστωθεί μεταξύ της απόδοσης σταφυλιών και του κλίματος, όπως η μέση μηνιαία θερμοκρασία και συνολική βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για μια συγκεκριμένη περιοχή. Συχνά, το κλίμα περιγράφεται ως ο βαθύτερος παράγοντας για τον προσδιορισμό της ικανότητας μιας περιοχής για την παραγωγή ποιοτικών σταφυλιών (Badr G., et al. 2018).

Στην προσπάθεια ποσοτικοποίησης του κλιματικού παράγοντα έχουν αναπτυχθεί διάφοροι δείκτες, συνήθως ονομάζονται βιοκλιματικοί στην βιβλιογραφία. Αποτελούν ένα από τα βασικά εργαλεία για την λήψη αποφάσεων για την καταλληλότητα μιας περιοχής για την καλλιέργεια αμπέλου, για την επιλογή ποικιλιών και υποκειμένων κατά την εγκατάσταση των αμπελώνων και για τις αμπελουργικές μεθόδους σε μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο επίπεδο. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές κλιματικής ζωνοποίησης σε οινοπαραγωγικές περιοχές και στην εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής μέσω μελλοντικών κλιματικών μοντέλων.

Ο κατάλογος των βιοκλιματικών δεικτών είναι τεράστιος, ωστόσο παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι εξ αυτών και ταυτόχρονα οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι. Οι βιοκλιματικοί δείκτες χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: (1) βιοκλιματικοί δείκτες που εστιάζουν στη συσσώρευση μονάδων θερμότητας (διακύμανση θερμοκρασίας), (2) βιοκλιματικοί δείκτες που εστιάζουν στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, (3) βιοκλιματικοί δείκτες που εστιάζουν στην ελάχιστη θερμοκρασία και (4) βιοκλιματικοί δείκτες που εστιάζουν στην βροχόπτωση.

*Βιοκλιματικοί δείκτες που εστιάζουν στη συσσώρευση μονάδων θερμότητας (διακύμανση θερμοκρασίας)*

- **Δείκτες τύπου Winkler (Winkler Index, WI) ή ενεργό θερμικό άθροισμα**

Πρόκειται για το άθροισμα των θερμοκρασιών αέρα άνω των 10 °C (θερμοκρασία Μηδενός Βλαστήσεως), από την 1η Απριλίου έως τις 31 Οκτωβρίου (βόρειο ημισφαίριο) ή από την 1η Οκτωβρίου

έως τις 30 Απριλίου (νότιο ημισφαίριο) (OIV, OIV GUIDELINES FOR VITIVINICULTURE ZONING METHODOLOGIES ON A SOIL AND CLIMATE LEVEL 2012).

Η πορεία της θερμοκρασίας και η τιμή του ενεργού αθροίσματος από το στάδιο της άνθησης μέχρι την έναρξη της ωρίμανσης επιδρά στην εκδήλωση της έναρξης της ωρίμανσης και αποτελεί σταθερή ιδιότητα για κάθε ποικιλία μέσω της οποίας μπορούμε να προβλέψουμε την ημερομηνία ωρίμανσης και συγκομιδής των σταφυλιών για κάθε έτος (Δ. Καλύβας 2003).

- **Δείκτες τύπου Huglin (Huglin Index, HI) ή ηλιοθερμικοί δείκτες**

Είναι το άθροισμα μιας συγκεκριμένης θερμοκρασίας που λαμβάνεται, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση του θερμοκρασίας το απόγευμα (θερμοκρασίες κοντά στο μέγιστο), όταν η φωτοσυνθετική δραστηριότητα της αμπέλου είναι στο μέγιστο. Εισάγει επίσης τον συντελεστή διάρκειας ημερών, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, για την ενσωμάτωση του δυνητικά υψηλότερου φωτοσυνθετικού δυναμικού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου της αμπέλου σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη (OIV, OIV GUIDELINES FOR VITIVINICULTURE ZONING METHODOLOGIES ON A SOIL AND CLIMATE LEVEL 2012).

Βάσει του ηλιοθερμικού δείκτη μπορούμε να αξιολογήσουμε μια περιοχή για την καταλληλότητά της για να ευδοκιμήσει μια ποικιλία αμπέλου εφ' όσον γνωρίζουμε τις ηλιοθερμικές απαιτήσεις της συγκεκριμένης ποικιλίας (Δ. Καλύβας 2003).

- **Βιολογικά ενεργό θερμικό άθροισμα (Biologically effective degree days ,BEDD)**

Πρόκειται για δείκτες που αντιπροσωπεύουν τις συσσωρεύσεις θερμότητας που ορίζονται από ανώτερα και κατώτερα όρια θερμοκρασίας (μεταξύ 10 και 19 °C). Εισήχθη από τον Gladstones (1992), που τροποποίησε τον WI, προσθέτοντας το άνω όριο των 19 °C και χρησιμοποιώντας τον συντελεστή διάρκειας ημερών από τον HI (Badr G., et al. 2018).

Η διαδικασία υπολογισμού του είναι αρκετά πολύπλοκη.

*Βιοκλιματικοί δείκτες που εστιάζουν στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου*

- **Δείκτης καταλληλότητας βλαστικής περιόδου (Growing season suitability , GSS)**

Καταλληλότητα καλλιεργητικής περιόδου είναι το κλάσμα των ημερών από Απρίλιο έως Οκτώβριο με ημερήσια μέση θερμοκρασία αέρα πάνω από 10 °C. Χρησιμοποιείται για την διευκόλυνση της σύγκρισης διάφορων περιοχών.

Μπορεί να διατυπωθεί και ως διάρκεια βλαστικής περιόδου, αν χρησιμοποιηθεί το άθροισμα κλάσμα των ημερών από Απρίλιο έως Οκτώβριο με ημερήσια μέση θερμοκρασία αέρα πάνω από 10 °C (Badr G., et al. 2018).

- **Δείκτης ημερών χωρίς παγετό (Frost Free Days Index, FFD)**

Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της διάρκειας της βλαστικής περιόδου. Ορίζεται ως η περίοδος μεταξύ του τελευταίου παγετού (θερμοκρασίες κάτω από 0 ° C) την άνοιξη και του πρώτου παγετού το φθινόπωρο.

Αξιοποιείται σε ψυχρότερες οινοπαραγωγικές περιοχές ή για την εκτίμηση της πιθανότητας ύπαρξης παγετού κατά την βλαστική περίοδο (Badr G., et al. 2018).

*Βιοκλιματικοί δείκτες που εστιάζουν στην ελάχιστη θερμοκρασία*

- **Δείκτης νυκτερινού δρόσου (Cool night Index, CI)**

Λαμβάνει υπόψη την ελάχιστη θερμοκρασία κατά την ωρίμανση των σταφυλιών, που είναι συνήθως ο μέσος όρος ελάχιστη θερμοκρασία αέρα το Σεπτέμβριο.

Πρόκειται για ένα δείκτη ιδιαίτερα σημαντικό για την φαινολική ωριμότητα των ερυθρών σταφυλιών. Είναι από τους λίγους δείκτες που μπορούν να αξιολογήσουν την παραγωγή δευτερευόντων μεταβολιτών των σταφυλιών και μπορεί να συνδεθεί με το χρώμα και το αρωματικό προφίλ των οίνων (Tonietto J. and Carbonneau A., A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide 2004).

- **Δείκτης Fregoni (Fregoni Index, IF)**

Βασίζεται στην ίδια αρχή ενσωματώνοντας τόσο το ημερήσιο εύρος θερμοκρασίας όσο και τη διάρκεια μέσα στη ημέρα όπου η θερμοκρασία παραμένει κάτω των 10 ° C, για περίοδο 30 ημερών πριν από την ωρίμανση του σταφυλιού.

Χρειάζονται οι ωριαίες θερμοκρασίες, ωστόσο η απλοποιημένη έκδοση ισχύει για ημερήσια δεδομένα για το κλίμα. Η διαδικασία υπολογισμού του είναι αρκετά πολύπλοκη (OIV, OIV GUIDELINES FOR VITIVINICULTURE ZONING METHODOLOGIES ON A SOIL AND CLIMATE LEVEL 2012).

- **Δείκτες βροχοπτώσεων βλαστικής περιόδου (Growing Season Precipitation indices, GSP)**

Ο δείκτης βροχόπτωσης της βλαστικής περιόδου παρέχει τη γενική καταλληλότητα για αμπελουργία ανά κλιματική ζώνη και πρόκειται για τον μέσο όρο βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ωστόσο, ισχύει μόνο για περιοχές με μη αρδευόμενους αμπελώνες (Badr G., et al. 2018).

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες παραλλαγές, βάσει την χρονικής διάρκειας υπολογισμού των βροχοπτώσεων, όπως δείκτης βροχοπτώσεων καλοκαιρινών μηνών, ανάλογα με το σκοπό της εκάστοτε μελέτης.

- **Υδροθερμικός δείκτης ( Hydrothermic Index, Hyl)**

Υπολογίζεται ως το άθροισμα των γινομένων της μέσης θερμοκρασίας επί το ύψος των βροχοπτώσεων (σε mm) κάθε ενός μήνα της ευνοϊκής περιόδου βλαστήσεως. Ο δείκτης αυτός δημιουργήθηκε για την εκτίμηση του κινδύνου προσβολών της καλλιέργειας της αμπέλου από ασθένειες. Πραγματικά η εκδήλωση και η ανάπτυξη ασθενειών όπως ο περονόσπορος, η φαιά σήψη, κ.α. σε μια αμπελουργική περιοχή επηρεάζεται όχι μόνο από τις βροχοπτώσεις αλλά και από τις θερμοκρασίες που επικρατούν στην περιοχή κατά το διάστημα της ενεργούς βλαστήσεως (Δ. Καλύβας 2003).

### 1.3 Αμπελουργία Ακριβείας

Ο αυξανόμενος ανταγωνισμός στο κλάδο της αμπελουργίας τα τελευταία χρόνια οδήγησε στην ανάγκη να επιτευχθούν υψηλότερα ποιοτικά πρότυπα κατά την παραγωγική διαδικασία στον αμπελώνα. Η υγεία και η παραγωγικότητα του αμπελιού (*Vitis vinifera*) επηρεάζονται από ένα πλήθος φυσικών, βιολογικών και χημικών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των χωρικών διακυμάνσεων στην τοπογραφία, των χαρακτηριστικών του εδάφους και της συχνότητας εμφάνισης ασθενειών και παρασίτων. Η διακύμανση αυτών των παραγόντων έχει ως αποτέλεσμα τη χωρική διακύμανση στην απόδοση παραγωγής και στην ποιότητα των σταφυλιών μέσα στο ίδιο τεμάχιο, που τις περισσότερες φορές οδηγεί σε συνολική μείωση της ποιότητας και της ποσότητας του παραγόμενου οίνου και κατά συνέπεια σε μείωση των οικονομικών εσόδων για τους παραγωγούς.

Ο κύριος **στόχος της αμπελουργίας ακριβείας** είναι η κατάλληλη διαχείριση των διακυμάνσεων, που προαναφέρθηκαν, στις καλλιέργειες αμπέλου σε συνδυασμό με την αύξηση των οικονομικών εσόδων και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αποτελείται από ένα σύνολο εργαλείων για την λήψη αποφάσεων για τους παραγωγούς και τους οινοποιούς.

Η αμπελουργία ακριβείας (Precision Viticulture) εντάσσεται γενικότερα στις πρακτικές της γεωργίας ακριβείας (Precision Agriculture) με στόχο τη βελτιστοποίηση της καλλιέργειας αμπέλου. Η αμπελουργία ακριβείας, όπως και οι περισσότερες εφαρμογές της γεωργίας ακριβείας, είναι μια συνεχής κυκλική

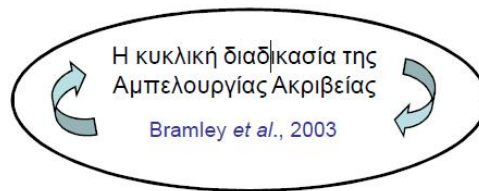
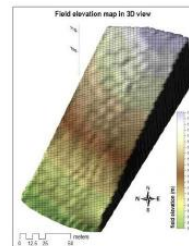
διαδικασία που συνήθως περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων, την ανάλυση των δεδομένων, τη δημιουργία και σχεδιασμό διαφορετικών ζωνών διαχείρισης, τις αποφάσεις διαχείρισης και την αξιολόγηση των εφαρμοσμένων πρακτικών (Bramley 2003).

Συλλογή δεδομένων  
του αμπελώνα



1

γεωγραφικά  
συσχετισμένα  
(υψόμετρο,  
κλίση)



Ανάλυση  
δεδομένων



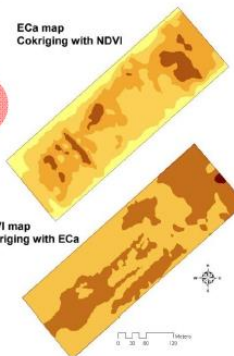
3

Λήψη αποφάσεων:  
Μεταβλητή διαχείριση  
(τρυγητός,  
φυτοπροστασία,  
λίπανση, άρδευση κλπ.)



Καθορισμός  
ζωνών  
διαχείρισης

2



**Εικόνα 1.1:** Κυκλική διαδικασία της αμπελουργίας ακριβείας (Bramley 2003)

Οι καλλιέργειες αμπελιών διαθέτουν ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που ευνοούν τις πρακτικές της αμπελουργίας ακριβείας. Αρχικά, καθώς τα αμπέλια αναπτύσσονται σε γραμμές και με σταθερή απόσταση φύτευσης, καθίσταται δυνατή η εφαρμογή τεχνικών σε επιμέρους τμήματα του αμπελώνα (γραμμή, πρέμνο) με αξιοποίηση γεωαναφερμένων δεδομένων. Επιπρόσθετα αν η συλλογή δεδομένων είναι διαχρονική καθίσταται δυνατή η δημιουργία βάσης γεωχωρικών πληροφοριών με σημαντική αξία για τη διαχείριση του τρύγου κάθε έτους. Η χωρική διακύμανση της απόδοσης παραγωγής (εσοδείας) θεωρείται ότι διατηρεί σε μεγάλο ποσοστό κοινό μοτίβο από τον ένα χρόνο στον άλλο καθώς το αμπέλι είναι πολυετές φυτό (Arno J., και συν. 2009).

Η "χαρτογράφηση" (mapping) της απόδοσης παραγωγής των αμπελιών αλλά και των ιδιοτήτων εδάφους και των ασθενειών, κατέστη δυνατή από τις πρόσφατες εξελίξεις στην τηλεπισκόπηση. Εκτός από την απόδοση παραγωγής ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η συμβολή της αμπελουργίας ακριβείας σε



ζητήματα σχετικά με την ποιότητα των σταφυλιών. Σίγουρα, η δυνατότητα διαχωρισμού ζωνών διαφορετικής ποιότητας μέσα στο ίδιο τεμάχιο είναι μία από τις προτεραιότητες της αμπελουργίας ακριβείας.

### 1.3.1 Εργαλεία της αμπελουργίας ακριβείας

Πρωταρχικό εργαλείο για την εφαρμογή της αμπελουργίας ακριβείας αποτελεί η διαδικασία παρακολούθησης του αμπελώνα. Με την παρακολούθηση επιτυγχάνεται η απόκτηση του μέγιστου αριθμού γεωγραφικών πληροφοριών εντός του αμπελώνα. Ένα ευρύ φάσμα αισθητήρων που αποσκοπούν στην παρακολούθηση διαφόρων παραμέτρων που χαρακτηρίζουν το περιβάλλον ανάπτυξης φυτών, χρησιμοποιούνται στην αμπελουργία ακριβείας για απομακρυσμένη και συνεχή παρακολούθηση γεωγραφικών δεδομένων.

Η γεωαναφορά (georeference) είναι η διαδικασία συσχετισμού μεταξύ χωρικών πληροφοριών του αμπελώνα ως προς την γεωγραφική του θέση. Αυτό καθιστά δυνατή τη σύγκριση μεταξύ των διαφόρων χωρικών δεδομένων που ανιχνεύονται στον αμπελώνα, όπως τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, την απόδοση της καλλιέργειας και το υδατικό του δυναμικό ή περιεκτικότητα του εδάφους σε λιπάσματα (Vieri M., et al., 2012). Μέσω του παγκόσμιου συστήματος εντοπισμού θέσης (GPS) καθίσταται δυνατός ο εντοπισμός θέσης του αμπελώνα με ακρίβεια εκατοστών παρέχοντας τη δυνατότητα της χαρτογράφησης της καλλιέργειας με στόχο τη βελτίωση των δειγματοληψιών του εδάφους και την εφαρμογή των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων σε κατάλληλες δοσολογίες (Matese A. and Di Gennaro S., 2015).

Οι τεχνικές απομακρυσμένης ανίχνευσης (remote sensing) παρέχουν γρήγορα την περιγραφή του σχήματος, του μεγέθους και της ευρωστίας της αμπέλου και επιτρέπουν την εκτίμηση της μεταβλητότητας αυτών των παραμέτρων εντός του αμπελώνα. Αυτό καθίσταται δυνατό μέσω της ανίχνευσης και της καταγραφής του ηλιακού φωτός που αντανακλάται από την επιφάνεια των πρέμνων στο έδαφος.

Τα δεδομένα των τεχνικών απομακρυσμένης ανίχνευσης επιτρέπουν την περιγραφή της φυσιολογίας των φυτών με τη χρήση δεικτών βλάστησης, όπως ο **δείκτης NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index), ο οποίος εκμεταλλεύεται τη διαφορετική απόκριση της βλάστησης στις φασματικές ζώνες ορατών (κόκκινων) και οριακά υπέρυθρων ακτινών (N-IR) που συνδέονται στενά με την κατάσταση των καλλιεργειών. Η αντανάκλαση της κόμης του φυλλώματος, στα ορατά και οριακά υπέρυθρα φάσματα, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό τόσο από τις δομικές (περιεκτικότητα σε λιπίδια [LAI]) όσο και από τις βιοχημικές ιδιότητές του (περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη).

Ο συνδυασμός της βιομάζας των φύλλων της αμπέλου και της φωτοσυνθετικά ενεργής βιομάζας ορίζεται ως **δείκτης φωτοσυνθετικού δυναμικού (PAB)** και οι τεχνικές απομακρυσμένης ανίχνευσης μπορούν να υπολογίσουν τον δείκτη PAB μέσω του συνδυασμού των επιμέρους τιμών των εικονοστοιχείων (pixel) που υποδεικνύουν την ενεργά φωτοσυνθετική βιομάζα και της κατανομής τους που υποδεικνύουν την συνολική βιομάζα, σε συγκεκριμένο φάσμα. Ο δείκτης PAB σε έναν αμπελώνα επηρεάζεται από γεωμορφολογικές συνθήκες και η διαφοροποίησή του μέσα σε έναν αμπελώνα προκαλεί μια χωρική διαφοροποίηση στα χαρακτηριστικά της κόμης του φυλλώματος. Η ευρωστία των πρέμνων, η οποία παραδοσιακά μετριέται με παραμέτρους όπως η περιοχή σταυρώματος του κορμού, το μέσο μήκος

βλαστών και το βάρος των κληματίδων κλαδέματος, αναφέρει ότι έχει σημαντική επίδραση στην απόδοση και την ποιότητα των καρπών.

Οι τρεις πλατφόρμες που χρησιμοποιούνται κυρίως στην τηλεανίχνευση είναι δορυφόροι , αεροσκάφη και μη επανδρωμένα οχήματα (UAV), με διαφορετικές μεθόδους εφαρμογής και τύπους αισθητήρων.

Η χρήση δορυφόρων στην γεωργία ακριβείας ξεκίνησε το 1978 όταν το Landsat 1 τέθηκε σε τροχιά. Η πρώτη εφαρμογή στον τομέα της απομακρυσμένης ανίχνευσης έγινε όταν χρησιμοποιήθηκαν εικόνες χέρσου εδάφους από το Landsat για να εκτιμηθεί η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ύλη (Bhatti A., Mulla D. and Frazier B., 1991, Mulla D, 2013). Παρά το γεγονός ότι, η χρήση δορυφόρων στην τηλεπισκόπηση έχει μεγάλες δυνατότητες στον τομέα την γεωργίας ακριβείας, στην αμπελουργία ακριβείας οι χωρικές αναλύσεις που παρέχουν δεν επαρκούν λόγω των στενών αποστάσεων μεταξύ των πρέμων. Ένας άλλος περιορισμός είναι η περιοδική ανάλυση που παρέχουν και η κάλυψη από σύννεφα που μπορεί να συμβεί κατά τη διέλευση του δορυφόρου. Τέλος, το κόστος των εικόνων είναι βιώσιμο μόνο σε μεγάλες εκτάσεις άνω των 50 εκτάρων, δεδομένου του μεγέθους μίας μόνο εικόνας (Marçal A., et al., 2007).

Τα αεροσκάφη επιτρέπουν την παρακολούθηση εδάφους με ευρεία κλίμακα πτήσεων και μεγάλο ωφέλιμο φορτίο σε βάρος και διαστάσεις, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα διαχείρισης μεγάλου αριθμού αισθητήρων. Το αεροσκάφος παρακάμπτει ορισμένους περιορισμούς της δορυφορικής εφαρμογής και παρέχει εικόνες υψηλότερης ανάλυσης του εδάφους, ανάλογα με το ύψος πτήσης. Ωστόσο, η μειωμένη ευελιξία της απόκτησης χρόνου, λόγω του αυστηρού χρονοδιαγράμματος του σχεδιασμού των πτήσεων και του υψηλού λειτουργικού κόστους, το καθιστά οικονομικά βιώσιμο μόνο σε εκτάσεις άνω των 10 εκταρίων (Matese A. and Di Gennaro S., 2015).

Η τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της αυτοματοποίησης έχει τροφοδοτήσει την αμπελουργία ακριβείας με μια νέα λύση για απομακρυσμένη παρακολούθηση, τα μη επανδρωμένα οχήματα. Αυτές οι πλατφόρμες σταθερής ή περιστροφικής πτέρυγας είναι ικανές να πετούν αυτόνομα. Ονομάζονται επίσης και drones. Τα UAV μπορούν να είναι είτε τηλεχειριζόμενα σε οπτικό πεδίο από έναν πιλότο που βρίσκεται στο έδαφος ή να πετούν αυτόνομα σε ένα καθορισμένο από το χρήστη σύνολο σημείων, μέσω ενός πολύπλοκου συστήματος αισθητήρων ελέγχου πτήσης (γυροσκοπικό σύστημα, μαγνητικές πυξίδες, GPS, αισθητήρες πίεσης και τριαξονικά επιταχυνσιόμετρα ) που ελέγχεται από ένα μικροεπεξεργαστή. Αυτές οι πλατφόρμες μπορούν να εξοπλιστούν με μια σειρά αισθητήρων, οι οποίοι επιτρέπουν μια ευρέως φάσματος λειτουργία παρακολούθησης. Η ιδιαιτερότητα της εφαρμογής των UAV στην τηλεπισκόπηση είναι η υψηλή χωρική ανάλυση εδάφους (σε μέγεθος εκατοστών) και η δυνατότητα εξαιρετικά ευέλικτης και έγκαιρης παρακολούθησης, λόγω του μειωμένου χρόνου προγραμματισμού. Αυτά τα χαρακτηριστικά το καθιστούν ιδανικό σε αμπελώνες μεσαίου έως μικρού μεγέθους (1-10 εκτάρια), ειδικά σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλή διαμερισματοποίηση λόγω της αυξημένης ετερογένειάς τους. Χρησιμοποιούνται και τα αποτελέσματά τους μελετώνται ευρέως σε αμπελουργικές χώρες όπως οι ΗΠΑ, η Ισπανία, η Γαλλία, η Ιταλία και η Αυστραλία. Παρά τις θετικές πτυχές, οι πλατφόρμες UAV παρουσιάζουν σαν βασικό μειονέκτημα το βάρος του ωφέλιμου φορτίου και τους χρόνους λειτουργίας.

### δορυφορικές εικόνες



832 km από τη Γη  
60x60 km  
Μεγάλες περιοχές  
Ανάλυση >3m  
Orbview®  
Geosys®

### αεροφωτογραφίες



Kodak-Nikon DCS420  
3 km από το έδαφος  
Ανάλυση <1m  
Τοπικό επίπεδο  
Specterra®  
Agrosat® etc

### Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα



Τηλεκατευθυνόμενα  
Επίπεδο αμπελώνων  
Υψηλή ανάλυση  
Φτηνότερα  
Πολλαπλά περάσματα

Εικόνα 1.2: Βασικές τεχνικές τηλεπισκόπησης για την αμπελουργία ακριβείας (Πηγή: Κουνδουράς Σ., Ημερίδα για την Αμπελουργία Ακριβείας)

Όλες οι εφαρμογές τηλεπισκόπησης στην αμπελουργία ακριβείας επικεντρώνονται κυρίως στον προσδιορισμό της αντανάκλασης μέσω φασμάτων, μια οπτική τεχνική που βασίζεται στη μέτρηση της ανάκλασης της προσπίπτουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε διαφορετικά μήκη κύματος, ιδιαίτερα στην ορατή περιοχή (400-700 nm), κοντά στην υπέρυθρη ακτινοβολία (700-1.300 nm) και θερμική υπέρυθρη ακτινοβολία (7.500-15.000 nm). Η σχέση μεταξύ της έντασης της ανακλώμενης και της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι συγκεκριμένη για κάθε τύπο επιφάνειας. Η αντανάκλαση ενός σώματος σε φάσματα, όπως μια καλλιέργεια ή έδαφος, ονομάζεται «φασματική υπογραφή» (spectral signature) και αντιπροσωπεύεται σε ένα γράφημα δύο αξόνων (X και Y) με την τιμή ανάκλασης να παρουσιάζεται στον άξονα της τεταγμένης και το μήκος κύματος του φάσματος στον άξονα της τετμημένης (Arkun S., et al., 2000). Για την εφαρμογή του προσδιορισμού αντανάκλασης σε φάσματα είναι απαραίτητη η χρήση αισθητήρων. Οι πιο συνηθισμένες κατηγορίες αισθητήρων είναι ικανές να ανιχνεύουν μεταβολή της διαπνοής ή της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας στην επιφάνεια του φύλλου. Οι θερμικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την απομακρυσμένη μέτρηση της θερμοκρασίας των φύλλων, η οποία αυξάνεται σε συνθήκες υδατικού στρες και ακολουθεί το κλείσιμο των στοματιών της επιφάνειας του φύλλου, το οποίο μειώνει την απώλεια νερού και συγχρόνως διακόπτεται η λειτουργία της εξατμισοδιαπνοής (Johnson L., 2003). Οι μεταβολές στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα συνδέονται με τη θρεπτική κατάσταση και την ευρωστία των πρέμνων και μπορούν να ανιχνευθούν με πολυφασματικούς και υπερφασματικούς αισθητήρες. Η ανακλαστικότητα των φύλλων επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες σε συγκεκριμένες περιοχές των φασμάτων: στις ορατές από τις φωτοσυνθετικές

χρωστικές ουσίες, όπως η χλωροφύλλη α, η χλωροφύλλη β και τα καροτενοειδή, στην περιοχή κοντά στο υπέρυθρο φάσμα από τη δομή των φύλλων (μέγεθος και κατανομή του αέρα και του νερού μέσα στο φύλλωμα). και στο υπέρυθρο από την παρουσία νερού και βιοχημικών ουσιών, όπως η λιγνίνη, η κυτταρίνη, το άμυλο, η πρωτεΐνη και το άζωτο.

Την τελευταία δεκαετία εφαρμόζεται η χρήση ασύρματου δικτύου αισθητήρων ως μέθοδος παρακολούθησης των καλλιεργειών. Το 2008 αναπτύχθηκε στο πανεπιστήμιο της Washington ένα δίκτυο ασύρματων αισθητήρων που προστάτευε τις καλλιέργειες από τον παγετό, στέλνοντας κατάλληλες προειδοποιήσεις (Pierce F. and Elliott T., 2008). Στην πολιτεία της Georgia χρησιμοποιήθηκε την ίδια χρονιά ασύρματο δίκτυο αισθητήρων για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο της άρδευσης (Vellidis G., et al., 2008). Οι ασύρματες τεχνολογίες εφαρμόζονται όλο και περισσότερο εφαρμοσμένη αμπελουργία ακριβείας παρακολουθώντας και συλλέγοντας μικρομετεωρολογικά δεδομένα στους αμπελώνες (Matese A., et al., 2009). Προβλήματα όπως η παροχή ρεύματος ξεπεράστηκαν χρησιμοποιώντας την ηλιακή και την κινητική ενέργεια για την τροφοδοσία των αισθητήρων (ηλιακοί συλλέκτες, υδρογεννήτριες στο σύστημα άρδευσης και ανεμογεννήτριες) (Morais R., et al., 2008). Για να χρησιμοποιηθεί το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων στον αμπελώνα, θεμελιώδες ζήτημα είναι να διαιρεθεί η έκταση σε ζώνες ανάλογα με την παραλλακτικότητα που παρουσιάζουν και να τοποθετηθεί ένας αισθητήρας ανά ζώνη, για καλύτερη κατανομή των διαθέσιμων πόρων (Tagarakis A., et al., 2011).

Μια σημαντική εφαρμογή των καινοτόμων τεχνικών στην αμπελουργία ακριβείας είναι η εγγύς παρακολούθηση της μεταβλητότητας του εδάφους, η οποία περιλαμβάνει τη χρήση ενός ευρέως φάσματος αισθητήρων. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται κυρίως είναι ηλεκτρικοί και ηλεκτρομαγνητικοί, όμως έχουν διεξαχθεί έρευνες σχετικά με τους αισθητήρες εδάφους που βασίζονται σε οπτικές και ραδιομετρικές αρχές, καθώς και σε μηχανικές, ακουστικές, πνευματικές και ηλεκτροχημικές αρχές (Adamchuk V., et al., 2004). Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους μπορεί να ανιχνευθεί από κινητές πλατφόρμες εξοπλισμένες με ηλεκτρομαγνητικούς αισθητήρες εδάφους και GPS για συνεχείς μετρήσεις (Corwin D. and Lesch S., 2005). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα, είναι μια παράμετρος που συσχετίζεται έντονα με πολλές ιδιότητες εδάφους, όπως με την υφή και το βάθος, την ικανότητα συγκράτησης νερού, την περιεκτικότητα οργανικής ύλης και την αλατότητα. Υπάρχουν επίσης αισθητήρες για τη μέτρηση του pH καθώς και τον προσδιορισμό ιόντων αζώτου και καλίου του εδάφους. Αυτές οι ιδιότητες του εδάφους παίζουν σημαντικό ρόλο στην αμπελοκαλλιέργεια, οπότε η γνώση της χωρικής μεταβλητότητας τέτοιων χαρακτηριστικών του εδάφους μέσα σε έναν αμπελώνα επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση της μεταβλητότητας των πρέμνων του αμπελώνα (Samouëlian A., et al., 2005).

Συστήματα επίσης, έχουν αναπτυχθεί για την παρακολούθηση αμπελώνων, τα οποία παρέχουν μια υψηλής ανάλυσης εικόνα της κόμης του φυλλώματος σε όλο το μήκος της γραμμής φύτευσης, σε συνδυασμό με ένα σύστημα GPS για γεωαναφορά δεδομένων (Zhang X., et al., 2002). Τέτοιοι αισθητήρες, παρέχουν πληροφορίες για το ύψος και την δομή της βλάστησης και την πυκνότητα της κόμης του φυλλώματος, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό δεικτών βλάστησης. Αυτοί οι αισθητήρες σχεδιάζονται για να τοποθετούνται σε μηχανές και ελκυστήρες, επιτρέποντας την απόκτηση χωρικών δεδομένων κατά τη διάρκεια της καθημερινής διαχείρισης των αμπελώνων. (Hall A., et al., 2002). Μια άλλη καινοτόμα λύση, είναι η χρήση των αισθητήρων LiDAR, οι οποίοι παρέχουν μια τρισδιάστατη αναπαράσταση για κάθε μεμονωμένο πρέμνο και να δημιουργούν χάρτες χωρικής μεταβλητότητας αναφορικά με το μέγεθος και τον όγκο της κόμης του φυλλώματος, άμεσα συσχετιζόμενο με το LAI. Χάρη σε αυτά τα εγγύτατα συστήματα παρακολούθησης, καθίσταται δυνατή η ανάλυση της χωρικής μεταβλητότητας με υψηλότερη ανάλυση από την απομακρυσμένη (Matese A. and Di Gennaro S., 2015). Πολλά συστήματα έχουν αναπτυχθεί για την απόκτηση γεωγραφικών πληροφοριών

για την απόδοση των αμπελώνων, συστήματα κυρίως ενσωματωμένα μηχανές συγκομιδής των σταφυλών. Συνήθως, η αρχή λειτουργίας αυτών των συστημάτων, βασίζεται στην μέτρηση του όγκου της ράγας της σταφυλής κατά τη μηχανική συλλογή. Πραγματοποιούν άμεση μέτρηση του μεταφερόμενου βάρους των σταφυλιών με τη βοήθεια κυψελών φορτίου. Αυτά τα εργαλεία δίνουν στον αμπελουργό τη δυνατότητα να χαρτογραφεί την παραγωγικότητα του αμπελώνα με μια ανάλυση που δεν είχε επιτευχθεί ποτέ προηγουμένως (Arnó J., *et al.*, 2009) Οι χάρτες απόδοσης που πραγματοποιούνται με αυτούς τους αισθητήρες αποτελούν ένα εξαιρετικό εργαλείο για την επαλήθευση της αποτελεσματικότητας των πρακτικών διαχείρισης που εφαρμόζονται στον αμπελώνα.

Συστήματα επίσης, έχουν αναπτυχθεί για την παρακολούθηση αμπελώνων, τα οποία παρέχουν μια υψηλής ανάλυσης εικόνα της κόμης του φυλλώματος σε όλο το μήκος της γραμμής φύτευσης, σε συνδυασμό με ένα σύστημα GPS για γεωαναφορά δεδομένων (Zhang X., *et al.*, 2002). Τέτοιοι αισθητήρες, παρέχουν πληροφορίες για το ύψος και την δομή της βλάστησης και την πυκνότητα της κόμης του φυλλώματος, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό δεικτών βλάστησης. Αυτοί οι αισθητήρες σχεδιάζονται για να τοποθετούνται σε μηχανές και ελκυστήρες, επιτρέποντας την απόκτηση χωρικών δεδομένων κατά τη διάρκεια της καθημερινής διαχείρισης των αμπελώνων. (Hall A., *et al.*, 2002). Μια άλλη καινοτόμα λύση, είναι η χρήση των αισθητήρων LiDAR, οι οποίοι παρέχουν μια τρισδιάστατη αναπαράσταση για κάθε μεμονωμένο πρέμνο και να δημιουργούν χάρτες χωρικής μεταβλητότητας αναφορικά με το μέγεθος και τον όγκο της κόμης του φυλλώματος, άμεσα συσχετιζόμενο με το LAI. Χάρη σε αυτά τα εγγύτατα συστήματα παρακολούθησης, καθίσταται δυνατή η ανάλυση της χωρικής μεταβλητότητας με υψηλότερη ανάλυση από την απομακρυσμένη (Matese A. and Di Gennaro S., 2015). Πολλά συστήματα έχουν αναπτυχθεί για την απόκτηση γεωγραφικών πληροφοριών για την απόδοση των αμπελώνων, συστήματα κυρίως ενσωματωμένα μηχανές συγκομιδής των σταφυλών. Συνήθως, η αρχή λειτουργίας αυτών των συστημάτων, βασίζεται στην μέτρηση του όγκου της ράγας της σταφυλής κατά τη μηχανική συλλογή. Πραγματοποιούν άμεση μέτρηση του μεταφερόμενου βάρους των σταφυλιών με τη βοήθεια κυψελών φορτίου. Αυτά τα εργαλεία δίνουν στον αμπελουργό τη δυνατότητα να χαρτογραφεί την παραγωγικότητα του αμπελώνα με μια ανάλυση που δεν είχε επιτευχθεί ποτέ προηγουμένως (Arnó J., *et al.*, 2009) Οι χάρτες απόδοσης που πραγματοποιούνται με αυτούς τους αισθητήρες αποτελούν ένα εξαιρετικό εργαλείο για την επαλήθευση της αποτελεσματικότητας των πρακτικών διαχείρισης που εφαρμόζονται στον αμπελώνα.

Εκτός από τους εγκατεστημένους αισθητήρες σε μηχανικούς τρυγητές, υπάρχουν και «χειροκίνητα» όργανα με οπτικούς αισθητήρες που παρέχουν στο χρήστη τις απαραίτητες μετρήσεις. Μεταξύ των σημαντικότερων διαθέσιμων συσκευών, είναι ένα φορητό φασματοφωτόμετρο με ενσωματωμένο GPS, σχεδιασμένο να παρακολουθεί την ωρίμανση των σταφυλιών μέσω παραμέτρων όπως η συγκέντρωση σακχάρων, η οξύτητα, η συγκέντρωση ανθοκυανών και η περιεκτικότητά τους σε νερό. Άλλο είδος οπτικού αισθητήρα χρησιμοποιεί τον φθορισμό για να ποσοτικοποιήσει την περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες και χλωροφύλλη, τόσο στα φύλλα στόχου όσο και στα σταφύλια (Ceronic Z., *et al.*, 2008). Η επεξεργασία των αποκτηθέντων δεδομένων επιτρέπει να ληφθούν δείκτες που σχετίζονται με τη συγκέντρωση σε φλαβονόλες, ανθοκυάνες, χλωροφύλλη και αζωτούχες ενώσεις.

### 1.3.2 Εφαρμογές της Αμπελουργίας Ακριβείας

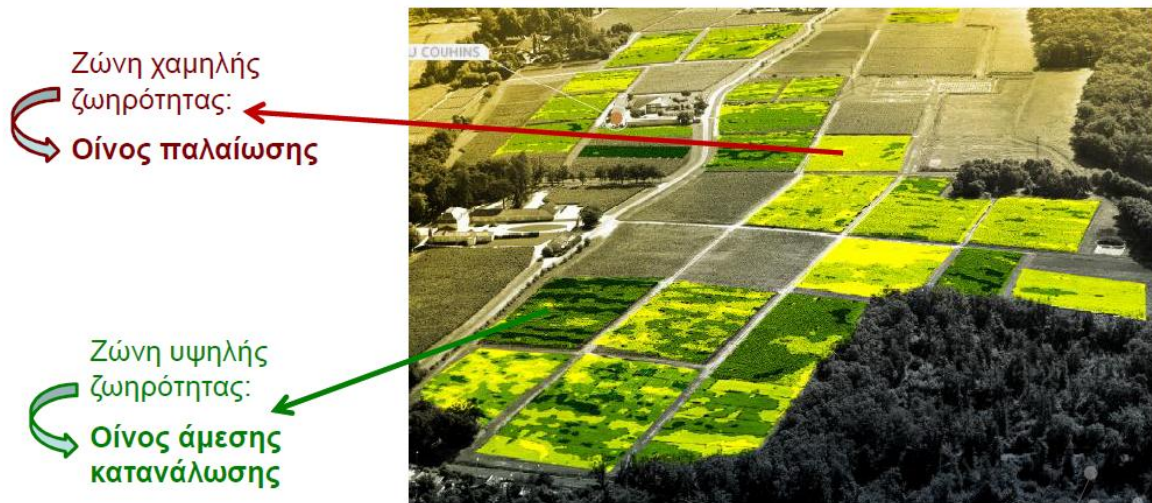
Με βάση όλα τα παραπάνω, οι κύριες εφαρμογές της Αμπελουργίας Ακριβείας για την οينوπαραγωγή, ειδικά για την περίπτωση της Ελλάδας που επί το πλείστο υπάρχουν μικρής έως μεσαίας κλίμακας εκμεταλλεύσεις, συνοψίζονται στις εξής:

- **Διαφοροποιημένη διαχείριση αμπελώνων**

Βασίζεται στον χωρισμό σε ζώνες διαχείρισης με σκοπό την αύξηση της αποτελεσματικότητας των διαφόρων εφαρμογών στον αμπελώνα, μειώνοντας την χρήση φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων αλλά και νερού. Συνεπώς, συνεισφέρει στον εξορθολογισμό του κόστους καλλιέργειας, μειώνει το αποτύπωμα του διοξειδίου του άνθρακα και αυξάνει την ασφάλεια των καταναλωτών.

- **Επιλεκτικός τρυγητός**

Επιτρέπει την διαφοροποιημένη μεταχείριση της παραγωγής ανάλογα με τον προσδοκώμενο τύπο και την αξία του παραγόμενου οίνου.



Εικόνα 1.3: Απεικόνιση ζωνών διαχείρισης σε αμπελώνα με βάσει τον δείκτη NDVI (Πηγή: Κουνδουράς Σ., Ημερίδα για την Αμπελουργία Ακριβείας)

- **Προετοιμασία εγκατάστασης αμπελώνων**

Κάνοντας χρήση συστημάτων GIS για την απεικόνιση εδαφολογικών και κλιματικών παραμέτρων, γίνεται ακριβέστερα η επιλογή ποικιλίας και υποκειμένου, η εκτίμηση της πυκνότητας φύτευσης και ο σχεδιασμός συστημάτων άρδευσης αν απαιτείται.

- **Υποβοήθηση της δειγματοληψίας**

Με βάση τις τεχνικές της αμπελουργίας ακριβείας μπορεί να γίνει αποτελεσματικότερη παρακολούθηση της ωρίμανσης και εκτίμηση της παραγωγής. Επιπρόσθετα, μειώνεται ο χρόνος δειγματοληψίας και ο αριθμός των απαιτούμενων δειγμάτων.

## 1.4 Αμπελο-οινική Ζωνοποίηση

Οι ανάγκες της εξελισσόμενης διεθνούς αγοράς κρασιού, και επομένως η ανάγκη δημιουργίας αμπελουργικών ζωνών, έχουν δει σημαντικές αλλαγές τα τελευταία χρόνια. Κατά συνέπεια, περισσότερες χώρες και μεμονωμένες οινοπαραγωγικές περιοχές έχουν συμμετάσχει σε μελέτες ζωνών. Παρόλο που πολλές από αυτές τις μελέτες ξεκίνησαν στην Ευρώπη, οι ανάγκες ζωνοποίησης φτάνουν πολύ πέρα από τις χώρες με αιώνες αμπελουργικής ιστορίας. Η οριοθέτηση των καταχωρημένων ονομασιών προέλευσης ή των προστατευόμενων γεωγραφικών ενδείξεων είναι ένας από τους πιο προφανείς στόχους ζωνοποίησης. Οι πρώτες αμπελουργικές ζώνες εμφανίστηκαν τον 19<sup>ο</sup> αιώνα στην Ευρώπη, αλλά τώρα συναντώνται ευρέως ακόμη και στις πιο πρόσφατα αναδυόμενες αμπελουργικές χώρες του Νέου Κόσμου. Άλλοι σημαντικοί στόχοι της ζωνοποίησης, που δεν σχετίζονται απαραίτητα με τις οριοθετημένες περιοχές, περιλαμβάνουν συχνά την κατάτμηση μιας περιοχής αμπελώνων σε ομοιογενείς μονάδες για τη διαχείριση επιβλαβών οργανισμών, την κατανομή γης, τις εργασίες αναδιάρθρωσης αμπελώνων, τη διαχείριση της συγκομιδής ή την επιλογή τοποθεσίας για νέους αμπελώνες. Οι ομοιογενείς μονάδες που λαμβάνονται μέσω αμπελουργικής ζώνης αναφέρονται συχνά ως μονάδες «terroir» (Vaudour E. και Shaw A.B. 2005).

Οι μελέτες αμπελουργικού ζονάζ μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες προσεγγίσεις: η πρώτη προσέγγιση βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη γεωγραφική διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών του κρασιού, του σταφυλιού ή της αμπέλου, ενώ η δεύτερη προσέγγιση επικεντρώνεται στη γεωγραφική διαφοροποίηση της ικανότητας γης ή στις μελέτες καταλληλότητας αμπελώνων στις οποίες το έδαφος και το κλίμα είναι συνήθως οι βασικές περιβαλλοντικές μεταβλητές που χρησιμοποιούνται με διαφορετικούς βαθμούς σημαντικότητας.

Οι μέθοδοι ψηφιακής χαρτογράφησης και οι τεχνικές τηλεπισκόπησης έχουν φέρει επανάσταση στην αμπελουργική ζωνοποίηση σε όλα τα επίπεδα, που κυμαίνονται από το αμπελοτεμάχιο έως το επίπεδο περιφερειών. Σε χωράφι ή τοπική κλίμακα, οι προσεγγίσεις καταλληλότητας μπορεί να περιλαμβάνουν αμπελουργία ακριβείας, η οποία κατευθύνεται κυρίως προς την κατανόηση της οικοφυσιολογίας της αμπέλου. Σε περιφερειακή ή παγκόσμια κλίμακα, οι προσεγγίσεις καταλληλότητας μπορεί να προσανατολίσουν στον χαρακτηρισμό ευρέων γεωγραφικών προτύπων χρήσεων γης. Η πρόκληση με

τις διαφορετικές προσεγγίσεις είναι να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα που λαμβάνονται σε περιφερειακό επίπεδο με αυτά των δειγμάτων τοποθεσιών σε τοπική κλίμακα.

Ο όρος ζωνοποίηση αναφέρεται στον προγραμματισμό και την οριοθέτηση μιας συγκεκριμένης γεωργικής δραστηριότητας σε μια δεδομένη περιοχή, κατανέμοντας την σε ζώνες για τις οποίες καθορίζονται οι προϋποθέσεις χρήσεων γης. Για τους οινοπαραγωγούς ή τις επαγγελματικές οργανώσεις, η αμπελουργική ζώνη αφορά τον χωρικό χαρακτηρισμό των ζωνών που είναι πιθανό να παράγουν σταφύλια ή κρασιά παρόμοιων συνθέσεων, επιτρέποντας παράλληλα την εφαρμογή επιχειρησιακών αποφάσεων στα διάφορα στάδια παραγωγής. Αυτές οι ζώνες ονομάζονται συχνά *terroirs* ή μονάδες *terroir*. Είτε πρόκειται για παραδοσιακή αμπελουργία είτε πρωτοποριακή αμπελουργία, κάθε αμπελουργικός χώρος περικλείεται από όρια. Ορισμένες οριοθετήσεις είναι προκαθορισμένες, ενώ άλλες πρέπει να καθοριστούν. Δεν απαιτείται η οριοθέτηση όλων των γεωγραφικών ορίων, ειδικά όταν αυτά έχουν ήδη οριστεί με τη μορφή διοικητικών μονάδων ή αγροτεμαχίων που συμπίπτουν τουλάχιστον εννοιολογικά με τα όρια που χαρακτηρίζουν το φαινόμενο. Η ζώνη συνδέεται συνήθως με χάρτες. Εφόσον τα όρια είναι ήδη διαθέσιμα, ο χωρικός χαρακτηρισμός γίνεται έτσι σε βασικό επίπεδο, για παράδειγμα με τη χρήση ή τη συγχώνευση οριοθετημένων ορίων. Ωστόσο, προκειμένου οι ζώνες που ορίζονται να πληρούν καλύτερα τις απαιτήσεις του οινοποιού ή του τεχνικού συμβούλου, οι χαρτογραφικές μέθοδοι και η χωρική μοντελοποίηση είναι προτιμότερες για την αμπελουργική ζωνοποίηση (Vaudour E. και Shaw A.B. 2005).

#### 1.4.1 Διαφορές αμπελο-οινικών ζωνών και “terroir”

Είναι απαραίτητο να δοθεί έμφαση σε μια συζήτηση ορολογίας που προκύπτει από την ιστορία των ζωνών ή των σχετικών με το *terroir* μελετών που προέκυψαν μεταξύ των όρων «ζώνες» και «*terroir*».

Στις παραδοσιακά αμπελουργικές χώρες, πάντα δινόταν ιδιαίτερη προσοχή στην επίδραση των συνθηκών του αμπελώνα στην ποιότητα των σταφυλιών και στα διακριτικά τους χαρακτηριστικά, μια επιρροή που αποτυπώνεται στην γαλλική έννοια του «*terroir*». Όσον αφορά το σταφύλι και το κρασί, το «*terroir*» μπορεί να οριστεί ως χωρική και χρονική οντότητα που χαρακτηρίζεται από ομοιογενή ή κυρίαρχα χαρακτηριστικά του τοπίου και του κλίματος του εδάφους σε δεδομένες χωρικές και χρονικές κλίμακες εντός μιας περιοχής με βάση κοινωνικές και ιστορικές εμπειρίες και τεχνικές επιλογές. Η ευρωπαϊκή αμπελουργία συμμαρύνει την πεποίθηση για τη σημασία των ανθρώπινων και ιστορικών πτυχών, όπως η εμπειρική γνώση / μνήμη μαζί με την ιστορική και κοινωνική κληρονομιά. Λόγω της πολιτιστικής κληρονομιάς της, η γαλλική αμπελουργία αντιμετώπισε τον δύσκολο και παράδοξο συνδυασμό του μύθου του *terroir* με τον εξορθολογισμό του *terroir*. Εκτός από τον πολιτιστικό (υποκειμενικό) δεσμό που υπάρχει μεταξύ του *terroir* και των ανθρώπινων πτυχών, τα αντικειμενικά κριτήρια *terroir* δεν είναι εύκολο να επιλεγούν και να διαχειριστούν. Προκειμένου να αποφευχθεί οποιαδήποτε λεξική ασάφεια, «αμπελουργικές δυνατότητες», «αμπελουργικές ζώνες», «έδαφος», «αμπελουργικό περιβάλλον» συχνά προτιμώνται από εκείνη των «αμπελουργικών αμπελουργικών *terroir*». Χρησιμοποιώντας τον όρο «αμπελουργικές ζώνες», οι αμπελουργοί στον Νέο Κόσμο προσπάθησαν να αποφύγουν αυτό το δίλημμα. Η περιπλοκή με ανθρώπινες πτυχές του *terroir* δεν συναντάται πάντα σε κάθε αμπελώνα του κόσμου, ιδιαίτερα στις νέες χώρες παραγωγής. Ενώ ο όρος «αμπελουργικές ζώνες» παρέχει έναν σχετικά απλό χαρακτηρισμό του αμπελώνα, ο όρος «*terroir*» είναι



πιθανό να απαιτεί περισσότερα χαρακτηριστικά και, σε κάθε περίπτωση, μια πιο προσεκτική προσέγγιση. Από τη σκοπιά του Νέου Κόσμου, δόθηκε μεγάλη έμφαση στο κλίμα και μάλλον ελάχιστη προσοχή στο έδαφος και στην περίπλοκη αλληλεπίδρασή του με τα σταφύλια του κρασιού. Στο άλλο άκρο, το «terroir» έχει συχνά εσφαλμένα συσχετιστεί με τα χαρακτηριστικά του εδάφους εις βάρος των κλιματολογικών παραγόντων. Στην πραγματικότητα, υπάρχει ένα φάσμα από διάφορες επιστημονικές έννοιες του «terroir», που κυμαίνονται από το πολύ απλό έως το πιο περίπλοκο. Για παράδειγμα, μια απλή έκφραση του «terroir» μπορεί να περιλαμβάνει μόνο το έδαφος ή το κλίμα. Ένα πιο περίπλοκο θα μπορούσε να ενσωματώσει ένα ευρύ φάσμα παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των εξής: έδαφος αμπελώνα, εδαφολογία υποστρώματος, αλληλεπίδραση «εδάφους × κλίμα», το αμπελουργικό αγρο-οικοσύστημα (αλληλεπίδραση «εδάφους × κλίμα × γονότυποι φυτών × σύστημα κατάρτισης × σύνθεση σταφυλιών»), το αμπελουργικό αγρο-οικοσύστημα (αλληλεπίδραση «εδάφους × κλίμα × γονότυποι φυτών × σύστημα μόρφωσης × σύνθεση σταφυλιών × δεξιότητες οινοποίησης»), και το ιστορικό και κοινωνιολογικό αμπελουργικό αγρο-οικοσύστημα. Το τελευταίο θεωρείται πιο κοντά στη γνωστή αποδοχή του «terroir», το οποίο βασίζεται στην κοσμική και συλλογική μνήμη και την εμπειρία του σταφυλιού / κρασιού με τη έννοια «typicité» (Vaudour E. και Shaw A.B. 2005).

#### 1.4.2 Κύριοι στόχοι της αμπελο-οινικής ζωνοποίησης

##### **Κύριες ζώνες**

Η οριοθέτηση των καταχωρημένων ονομασιών προέλευσης, των ονομασιών προέλευσης ή των προστατευόμενων γεωγραφικών ενδείξεων είναι ένας από τους πιο προφανείς στόχους δημιουργίας ζωνών. Αυτή η πρακτική, που ξεκίνησε ήδη από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα στην Ευρώπη, εφαρμόζεται πλέον ευρέως στο σχετικά νέες αμπελουργικές χώρες, όπως η Νότια Αφρική, Καναδάς, Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία. Μια καταχωρημένη ονομασία προέλευσης αποτελεί εγγύηση για τον καταναλωτή ότι το προϊόν προέρχεται από μια επίσημα αναγνωρισμένη περιοχή ή οριοθετημένη αμπελουργική περιοχή. Ως ελάχιστη απαίτηση, μια ονομασία προέλευσης συνήθως δέχεται το 85% ή το 100% της συγκομιδής από την καθορισμένη περιοχή ή ορίζει ότι το κρασί θα παρασκευάζεται από 100% σταφύλια που καλλιεργούνται στην αναφερόμενη περιοχή. Άλλες αυστηρές απαιτήσεις μπορεί να περιλαμβάνει κοινούς κανόνες παραγωγής, όπως καθορισμένες ποικιλίες και τρόπους κατάρτισης, ανώτατο όριο απόδοσης, ελάχιστη περιεκτικότητα σε ζάχαρη κατά τη συγκομιδή και ελάχιστη πυκνότητα φύτευσης, που όλοι μαζί είναι πιθανό να ευνοούν την ομοιότητα των τελικών προϊόντων μεταξύ διαφορετικών οινοποιών εντός της περιοχής. Πρέπει να σημειωθεί ότι μόνο είκοσι χώρες, συμπεριλαμβανομένης της Γαλλίας, της Ιταλίας, της Πορτογαλίας, της Ουγγαρίας, της Σλοβακίας, της Βουλγαρίας, της Τσεχικής Δημοκρατίας και της Ελλάδας επικύρωσαν τη Συμφωνία της Λισαβόνας (1958) για την προστασία των ονομασιών προέλευσης και της διεθνούς καταχώρισής τους. Η έννοια της ονομασίας προέλευσης βασίζεται στην ύπαρξη terroirs, δηλαδή σε οριοθετημένες περιοχές ονομασίας που μπορεί να περιέχουν μία ή περισσότερες συγκεκριμένες μονάδες terroir (Vaudour E. και Shaw A.B. 2005).

Οι απαιτήσεις για τα προϊόντα από περιοχές με ονομασία προέλευσης μπορεί να είναι πολύ δεσμευτικές ως προς τα επιθυμητά χαρακτηριστικά και να συνοδεύονται και από οργανοληπτικό έλεγχο, όπως συμβαίνει συνήθως στις Ευρωπαϊκές χώρες, ή να αποτελούνται από μια ευρύτερη περιγραφή ποιότητας,

συνήθως απαντάται σε προϊόντα από χώρες του νέου κόσμου. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση προκύπτει το ίδιο ερώτημα, πώς οριοθετούνται οι προστατευόμενες αμπελουργικές περιοχές;

Σύμφωνα με τις έως τώρα πρακτικές, η οριοθέτηση βασίζεται συχνά σε προϋπάρχοντα όρια περιοχής, κοινότητας ή αγροτεμαχίου, τα οποία πρέπει να αντιστοιχιστούν σε μια τάξη που ορίζεται από μια μοναδική ποιοτική μεταβλητή που περιλαμβάνει τρεις τρόπους (Vaudour 2003):

- ανήκει στην καθορισμένη αμπελουργική περιοχή
- δεν ανήκει στην καθορισμένη αμπελουργική περιοχή
- θα μπορούσε να ανήκει στην καθορισμένη αμπελουργική περιοχή υπό την προϋπόθεση ότι πληρούνται ορισμένα κριτήρια.

Τα κριτήρια εκχώρησης της οριοθέτησης AOC ήταν συχνά: (1) ιστορικά (βασισμένα σε διαφορετικά έθιμα και προηγούμενα) ή (2) φυσικά (με βάση τα γεωλογικά ή φυσιογραφικά χαρακτηριστικά). Άλλα κριτήρια μπορεί να βασίζονται σε εμφανή όρια που σχηματίζονται από το υδρολογικό δίκτυο, την τοπογραφία, το οδικό δίκτυο ή τους κλιματολογικούς παράγοντες. Η εκχώρηση βάσει ιστορικών κριτηρίων μπορεί να θεωρηθεί εμπειρική, αλλά, παραδόξως τα λεγόμενα περιβαλλοντικά μοντέλα terroir που στερούνται οποιασδήποτε προγενέστερης αμπελουργικής χρήσης και κοινών κανόνων παραγωγής δεν χαίρουν αποδοχής και συχνά είναι αταίριαστα με την έννοια του terroir.

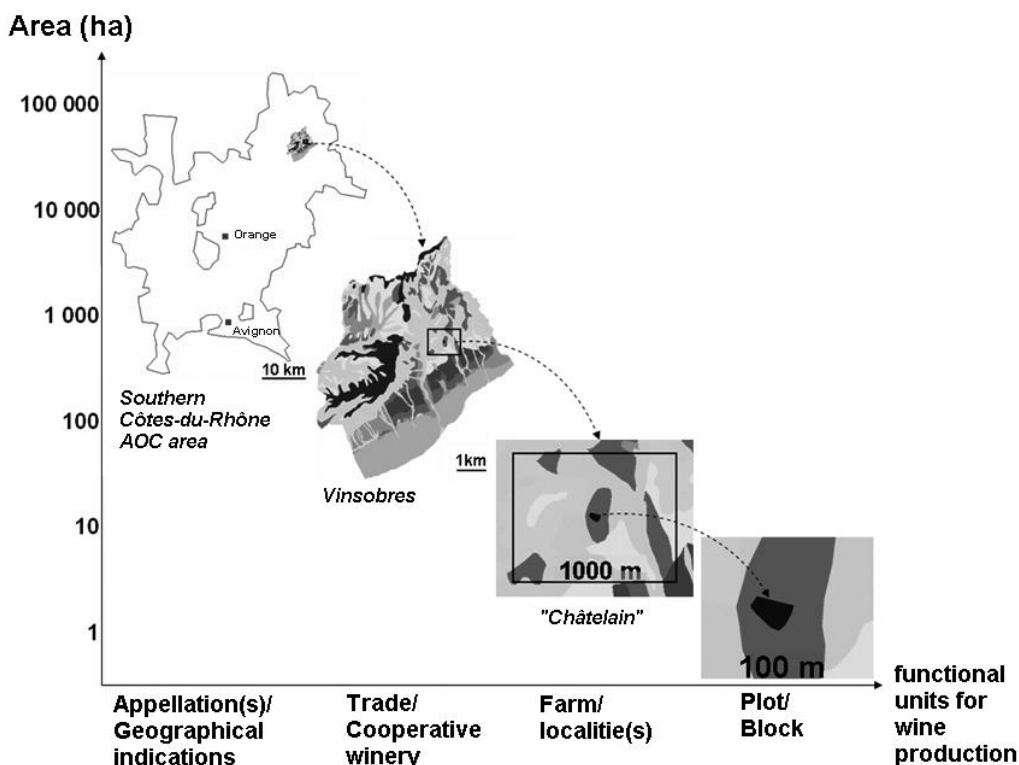
### Υποζώνες

Υπάρχουν και άλλοι σημαντικοί στόχοι ζωνοποίησης εκτός από τον στόχο που αφορά την προστασία μιας περιοχής παραγωγής από το σφετερισμό της γεωγραφικής της ονομασίας. Για παράδειγμα, σε πολλές περιοχές αμπελώνων, τα όρια έχουν ήδη καθοριστεί ως καταχωρημένη ονομασία προέλευσης ή περιοχές γεωγραφικής ένδειξης. Ωστόσο, συχνά αυτά είναι σκληρά διοικητικά όρια που δεν είναι κατάλληλα για την τεχνική διαχείριση του αμπελουργικού χώρου. Ίσως είναι απαραίτητο να τμηματοποιηθεί η περιοχή γεωγραφικής ένδειξης σε ομοιογενείς μονάδες διαχείρισης παρασίτων, ανακατανομής γης, εργασιών αναδιάρθρωσης αμπελώνων, διαχείριση ποιότητας τρυγητού σταφυλιών ή επιλογή τοποθεσίας για νέους αμπελώνες (Vaudour E. και Shaw A.B. 2005).

Αυτές οι αμπελουργικές δραστηριότητες εγείρουν μια σειρά από ερωτήσεις, οι οποίες είναι κοινές στις περισσότερες μελέτες υποζωνών, σχετικά με την καταλληλότητα του τόπου και την αξιολόγηση της ικανότητας του τόπου, όπως:

- i) πού βρίσκονται οι πιο κατάλληλοι αμπελώνες για συγκεκριμένες επιλεγμένες ποικιλίες;
- ii) πού βρίσκονται οι καλύτερες τοποθεσίες για την παραγωγή μιας συγκομιδής με υψηλές οξύτητες και σάκχαρα;
- iii) ποια είναι τα καλύτερα terroir για την παραγωγή εκλεκτών κρασιών;

Κάθε μία από αυτές τις ερωτήσεις οδηγεί σε διαφορετικούς στόχους μια αμπελουργικής ζωνοποίησης.



**Εικόνα 1.4:** Κύρια χωρικά επίπεδα αμπελο-οινικής ζωνοποίησης, παράδειγμα περιοχής Ροδανού (Vaudour 2003)

Η πρώτη ερώτηση σχετίζεται με την αναζήτηση περιοχών που αντιστοιχούν σε υψηλή, μέτρια, χαμηλή ή καθόλου καταλληλότητα για μια δεδομένη ποικιλία σταφυλιών ή μια συγκεκριμένη ρίζα. Οι χωρικές μονάδες κατατάσσονται στη συνέχεια σε σχέση με τον βαθμό καταλληλότητας

Το δεύτερο ερώτημα αφορά την επιλογή των περιοχών που είναι πιθανό να βελτιώσουν ή να διευκολύνουν τη συλλογή των σταφυλιών σε έναν αμπελουργικό χώρο. Αυτό οδηγεί τελικά στη δημιουργία χαρτών ικανότητας των αμπελώνων. Οι χάρτες ικανότητας είναι συνηθισμένοι στην αμπελουργία ακριβείας και σπάνια καλύπτουν περιοχές μεγαλύτερες από λίγα εκτάρια. Στην Εικόνα 1.4 φαίνεται ένα παράδειγμα χάρτη δυνατοτήτων για το νότιο κομμάτι της περιοχής Côtes-du-Rhône, που προκύπτει από τη διασταύρωση ενός πιθανού χάρτη μονάδας terroir και τα δεδομένα ωριμότητας συγκομιδής από 67 οικόπεδα με το Grenache noir, καλύπτοντας μια περίοδο 17 ετών (Vaudour E. και Shaw A.B. 2005).

Το τρίτο ερώτημα αφορά την ιεραρχία αμπελουργικών περιοχών που κυμαίνονται από το καλύτερο έως το χειρότερο, όπου ο στόχος είναι να δημιουργηθεί ένα σύστημα παραγωγής ελίτ οίνων. Οι κατηγορίες ικανοτήτων προέρχονται από μια σειρά ποσοτικών και περιβαλλοντικών / οικοφυσιολογικών κριτηρίων όπως στην περίπτωση του Ribera del Duero (Ισπανία). Εδώ οι Sotés et al. (1994) χρησιμοποίησαν 14 περιβαλλοντικά κριτήρια που περιλάμβαναν τα εξής: περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους, βάθος εδάφους, ενεργό CaCO<sub>3</sub>, περιεκτικότητα οργανικής ύλης επιφανειακού ορίζοντα, ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, περιεκτικότητα σε K, υφή ορίζοντα B, λιθολογία υποστρώματος, ανύψωση, γωνία κλίσης, συνθήκες αποστράγγισης και υπερχειλίση και ζώνες με μικτά υποστρώματα. Αυτού του είδους οι μελέτες η αμπελουργικών ζωνών σπάνια πραγματοποιούνται λόγω του μεγάλου αριθμού μεταβλητών για τα

οποία τα δεδομένα είναι σπάνια διαθέσιμα, δυσκολία στην κατάταξη τους και την πολυπλοκότητα των αναλύσεων (Sotés V., et al. 1994).

Η επιλογή τοποθεσιών νέων αμπελώνων περιλαμβάνει όλους τους στόχους χωροταξίας. Εκτός από τον περιβαλλοντικό χαρακτηρισμό της τοποθεσίας, άλλοι στόχοι μπορεί να σχετίζονται με την επιλογή κατάλληλου φυτικού υλικού, τα συστήματα μόρφωσης και τις αμπελουργικές τεχνικές. Σε νέες περιοχές, η έλλειψη εμπειρικών αμπελουργικών δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε ανακριβή προσδιορισμό της τοποθεσίας. Συγκριτικά, όταν τα δεδομένα υπήρχαν εδώ και αρκετό καιρό στις παλιές παραδοσιακές αμπελουργικές περιοχές και όπου τα terroir ήταν πάντα γνωστά για τα εκλεκτά κρασιά τους, η διαδικασία επιλογής τοποθεσίας είναι λιγότερο δύσκολη. Στην περίπτωση της Αυστραλίας, η επιλογή των κατάλληλων ποικιλιών και οι αμπελουργικές τεχνικές τείνουν να καθοδηγούνται από εκείνες που υιοθετούνται σε ευρωπαϊκούς αμπελώνες που είναι προικισμένοι με παρόμοιες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτό αναφέρεται ως «προσέγγιση του ομοιοκλίματος» (homoclimate approach) (Dry P.R. και Smart R.E. 1988).

Τέλος, προσπαθώντας να αντιμετωπίσει το ζήτημα της αειφορίας του terroir, η δημιουργία αμπελουργική ζώνη μπορεί να στοχεύει στη διατήρηση του εδάφους μέσω εκτίμησης του κινδύνου διάβρωσης των εδαφών (Vaudour E. και Shaw A.B. 2005).

### 1.5 Η περίπτωση της Ελλάδας

Γύρω από την έννοια του terroir έχει συγκροτηθεί όλη η οινική νομοθεσία και κατ' επέκταση και η ελληνική. Ακριβώς την έννοια αυτή έρχονται να εκφράσουν οι Αμπελοοινικές περιοχές της Ελλάδας. Η ελληνική οινική νομοθεσία διακρίνει και θεσμοθετεί 4 κατηγορίες οίνων ως προς τη γεωγραφική προέλευση. Όλες οι κατηγορίες οίνων έχουν θεσπιστεί και οριοθετηθεί με βάση τα διοικητικά όρια των φορέων αυτοδιοίκησης της χώρας.

Η πιο σημαντική κατηγορία είναι οι οίνοι ΠΟΠ - Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης, που περιλαμβάνονται οι οίνοι ΟΠΑΠ -Ονομασίας Προέλευσης Ανώτερης Ποιότητας και οι οίνοι ΟΠΕ – Ονομασίας Προέλευσης Ελεγχόμενης. Οι οινοπαραγωγικές ζώνες Ελλάδος ΟΠΑΠ και ΟΠΕ είναι ζώνες παραγωγής οίνου εξαιρετικής ποιότητας. Η ποιότητα ή τα χαρακτηριστικά του οίνου οφείλονται ουσιαστικά ή αποκλειστικά στο ιδιαίτερο γεωγραφικό περιβάλλον που περιλαμβάνει τους εγγενείς φυσικούς και ανθρώπινους παράγοντες που λαμβάνουν χώρα μέσα στη κάθε ζώνη. Η παραγωγή και η οινοποίηση του οίνου πραγματοποιούνται μόνο εντός της οριοθετημένης γεωγραφικής περιοχής.

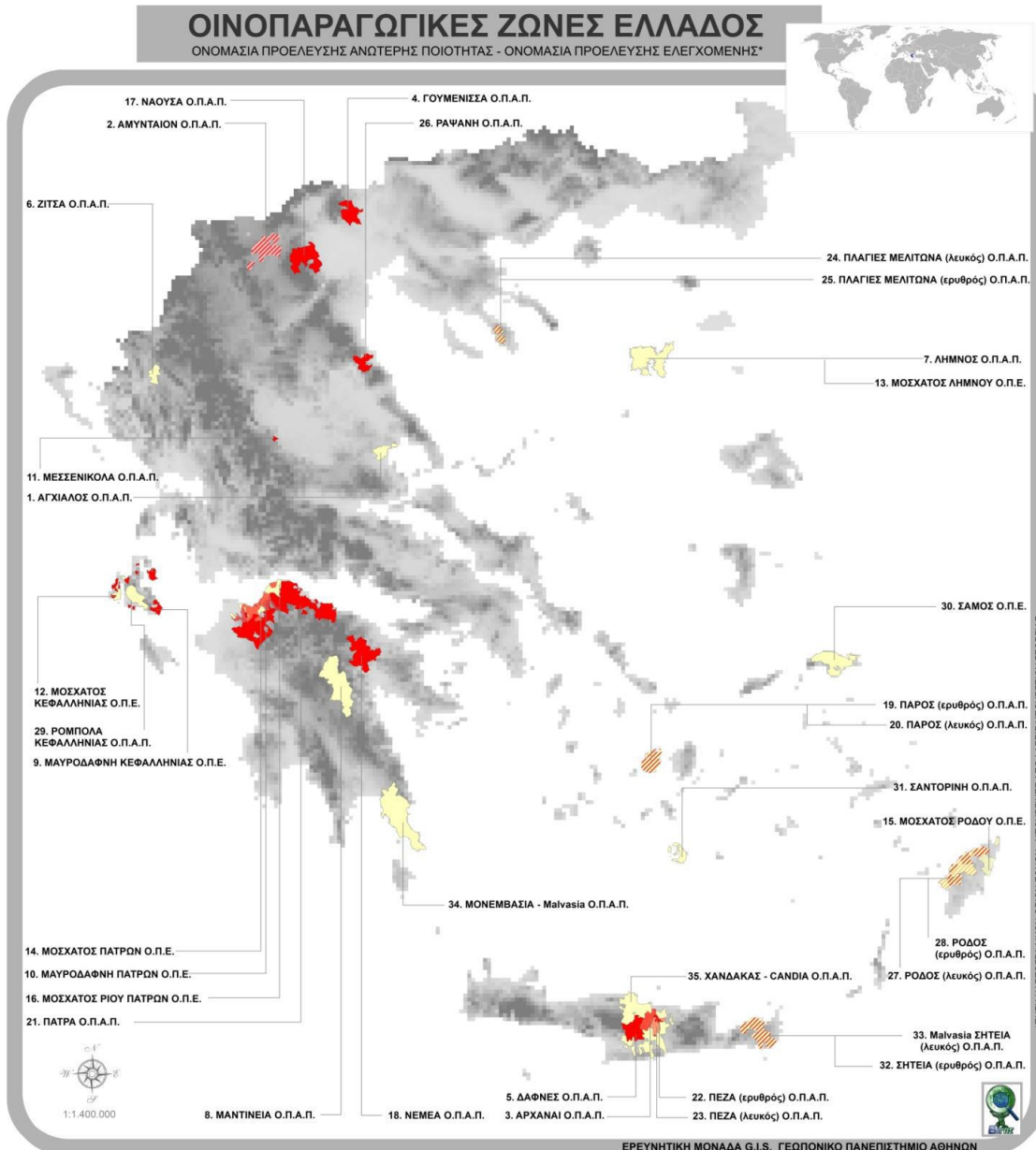
Οι άλλες κατηγορίες είναι:

οι οίνοι ΠΓΕ - Προστατευόμενη Γεωγραφική Ένδειξη. Σε αυτή την κατηγορία οίνων εντάσσονται όλοι οι Τοπικοί Οίνοι και όσοι από τους οίνους με «Ονομασία κατά Παράδοση» έχουν ταυτοχρόνως και θεσπισμένη γεωγραφική ένδειξη, δηλαδή η Βερντέα και 15 ρετσίνες.

Ποικιλιακοί οίνοι. Είναι μια κατηγορία οίνων, στην οποία εντάσσονται όσοι επιτραπέζιοι οίνοι πληρούν τις προϋποθέσεις και τους ελέγχους που ορίζονται στο άρθρο 63 του Κανονισμού 607/2009. Οι οίνοι

αυτοί αποκτούν το δικαίωμα αναγραφής της χρονιάς εσοδείας και της ποικιλιακής τους σύνθεσης (αλλά όχι της γεωγραφικής τους ένδειξης), σε αντίθεση με τους απλούς επιτραπέζιους οίνους.

Ελληνικοί οίνοι. Αποτελεί μια κατηγορία οίνων όπου εντάσσονται όλα τα κρασιά που δεν ανήκουν φυσικά στις κατηγορίες ΠΟΠ και ΠΓΕ, αλλά ούτε και στην κατηγορία των ποικιλιακών οίνων. Οι Ελληνικοί οίνοι εξακολουθούν να μην έχουν το δικαίωμα αναγραφής ούτε της χρονιάς εσοδείας, ούτε των ποικιλιών που συμμετέχουν στη σύνθεσή τους (Καλύβας και Δήμου 2013).



**Εικόνα 1.5:** Χάρτης απεικόνισης οινοπαραγωγικών ζωνών της Ελλάδας (Καλύβας και Δήμου 2013)

### 1.5.1 Η περιοχή Νεμέα ΟΠΑΠ

Η οριοθετημένη περιοχή για την παραγωγή οίνων Ονομασίας Προέλευσης Ανωτέρας Ποιότητας (Ο.Π.Α.Π) «Νεμέα» καθορίστηκε από το Βασιλικό Διάταγμα αριθμού 539/4-8-1971 (ΦΕΚ 159/Α/14-8-1971) το οποίο στη συνέχεια τροποποιήθηκε με το Προεδρικό Διάταγμα αριθμού 446/10-6-1974 (ΦΕΚ 174/Α/25-6-1974), με το Προεδρικό Διάταγμα αριθμού 457/15-9-1988 (ΦΕΚ 210/Α/26-9-1988) και με το Προεδρικό Διάταγμα αριθμού 21/21-1-1995 (ΦΕΚ 16/Α/31-1-1995). Το Βασιλικό Διάταγμα του 1971 αναγνώριζε σαν ονομασία προέλευσης «Νεμέα» δύο τύπους ερυθρών οίνων: ξηρό και γλυκό ποικιλίας Αγιωργίτικο, ενώ πλέον αναγνωρίζεται και ο ημίγλυκος οίνος. Η αμπελουργική ζώνη της Νεμέας βρίσκεται στη βορειοανατολική πλευρά της Πελοποννήσου και περιλαμβάνει τις κοινότητες Αηδόνια, Αρχαίες Κλεωνές, Αρχαία Νεμέα, Ασπρόκαμπος, Γαλατάς, Δάφνη, Καστράκι, Κεφαλάρι, Κούτσι, Λεόντιο, Μποζικά, Νεμέα, Πετρί, Τιτάνη και Ψάρι που ανήκουν στον Νομό Κορινθίας και τις κοινότητες Γυμνό και Μαλαδρένι που ανήκουν στο Νομό Αργολίδος.



**Εικόνα 1.6:** Οριοθετημένη ζώνη ΟΠΑΠ Νεμέα (πηγή: Ερευνητική Μονάδα GIS ΓΠΑ)

Η αμπελουργική ζώνη έχει συνολική έκταση περίπου 27.000 στρέμματα, είναι η μεγαλύτερη ζώνη παραγωγής οίνων Π.Ο.Π στην Ελλάδα. Λόγω της μεγάλης έκτασής της, εμφανίζει μεγάλη παραλλακτικότητα. Για το λόγο αυτό, υποδιαιρείται σε τρεις υποζώνες με διαφορές τόσο στο κλίμα όσο και στην τοπογραφία. Οίνοι από τις διαφορετικές ζώνες παρουσιάζουν διαφορές στα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά. Οι τρεις ζώνες διακρίνονται με βάση το υψόμετρό τους σε :

i) Πεδινή, με υψόμετρο έως 320m, και περιλαμβάνει τον κάμπο της Νεμέας (Ξηρόκαμπο) και την περιοχή της Αρχαίας Νεμέας.

ii) Ημιορεινή, με υψόμετρο από 320m έως 550m, και περιλαμβάνει τις πλαγιές των λόφων που περιβάλλουν τον κάμπο και

iii) Ορεινή, με υψόμετρο από 550m και πάνω, και περιλαμβάνει κυρίως τα δυτικά υψίπεδα της Νεμέας και τους πρόποδες της Κυλλήνης (Ζήρεια).

Τα εδάφη στην πλειονότητά τους είναι αργιλοπηλώδη, βαθιά, καλώς αποστραγγιζόμενα, μέτριας γονιμότητας, με μέτρια αλκαλικά pH και με την περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο να είναι σχετικά υψηλή. Κλιματολογικά, η περιοχή της Νεμέας χαρακτηρίζεται από κλίμα τύπου Μεσογειακό με μέση θερμοκρασία 19,9οC (1973-1989) και μέση ετήσια βροχόπτωση 750mm, εκ των οποίων ποσοστό μικρότερο του 20% να είναι διαθέσιμο κατά τη διάρκεια του κύκλου ανάπτυξης των πρέμνων (Koundouras S., et al. 2006).

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης είναι η αξιολόγηση της διαφοροποίησης δεδομένων ωρίμανσης αμπελοτεμαχίων από την ζώνη Π.Ο.Π Νεμέα, χωρικά και χρονικά, σε συσχετισμό με μετεωρολογικά δεδομένα. Τα δεδομένα ωρίμανσης που αξιολογούνται είναι η ημερομηνία τρυγητού ανά έτος και η συσσώρευση σακχάρων σταφυλής κατά την ημερομηνία αυτή.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Δεδομένα και Μέθοδοι

### 2.1 Σχεδιασμός μελέτης

Η παρούσα μελέτη στηρίχθηκε σε δεδομένα από οινοποιεία της ζώνης ΠΟΠ Νεμέας για την χρονική περίοδο 2015 έως 2020.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε συλλογή δεδομένων ωρίμανσης με στοιχεία από τα οινοποιεία της ζώνης, σε όσο το δυνατό μεγαλύτερο εύρος ετών. Λόγω των εγγενών δυσκολιών της διαδικασίας αυτής και της ετερογένειας των δεδομένων, η συλλογή επικεντρώθηκε γύρω από μετρήσεις σακχαροπεριεκτικότητας σταφυλιών και στις ημερομηνίες των δειγματοληψιών αυτών. Τα δεδομένα αποτελούνται σε μεγάλο μέρος από την ημερομηνία και την σακχαροπεριεκτικότητα κατά την ημερομηνία τρυγητού, αλλά και από δεδομένα κατά την περίοδο ωρίμανσης της σταφυλής μετά τον περκασμό. Συνεπώς, τα δεδομένα ωρίμανσης οργανώνονται σε δυο ομάδες:

1. Δεδομένα ημερομηνίας τρυγητού με την αντίστοιχη σακχαροπεριεκτικότητα ανά αμπελοτεμάχιο ανά έτος.
2. Δεδομένα εξέλιξης ωρίμανσης σταφυλής ανά αμπελοτεμάχιο σε πολλαπλές ημερομηνίες (2-5 σημεία) μέχρι τον τρυγητό με τις αντίστοιχες σακχαροπεριεκτικότητες.

Οι ημερομηνίες δειγματοληψιών για κάθε έτος έχουν μετατραπεί σε αύξοντα αριθμό ημερών από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του εκάστοτε έτους (**Days of Year, DoY**), με σκοπό να είναι ευκολότερη και αποτελεσματικότερη η στατιστική τους επεξεργασία. Επίσης, όλες οι μετρήσεις σακχαροπεριεκτικότητας έχουν μετατραπεί σε βαθμούς Baume. Αξίζει να σημειωθεί, ότι τα δεδομένα της δεύτερης κατηγορίας είναι σαφώς λιγότερα, καθώς για τα περισσότερα αμπελοτεμάχια υπάρχει μια μόνο δειγματοληψία ανά έτος.

Η μεταβλητή κλειδί που επέτρεψε την σύνδεση των δεδομένων ωρίμανσης με τις χωρικές μεταβλητές είναι ο 13-ψήφιος κωδικός αμπελουργικού μητρώου (Temax Code). Πέρα από το γεγονός ότι αποτελεί μοναδικό στοιχείο ταυτότητα του εκάστοτε αμπελοτεμαχίου, ήταν απαραίτητος για την εύρεση των συντεταγμένων των αμπελοτεμαχίων. Ωστόσο, η σύνδεση των δεδομένων ωρίμανσης με τον αριθμό αμπελουργικού μητρώου αποδείχτηκε δύσκολη διαδικασία σε επίπεδο οινοποιείων.

Σε συνεργασία με το εργαστήριο GIS του γεωπονικού πανεπιστημίου Αθηνών έγινε συσχετισμός των χωρικών δεδομένων με τα προαναφερθέντα αμπελοτεμάχια. Μέσω του Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρου (Digital Elevation Model DEM), ο κάθε αριθμός αμπελουργικού μητρώου αντιστοιχίζεται με το υψόμετρο και την κλίση του πεδίου.

Όσον αφορά τα πρωτογενή μετεωρολογικά δεδομένα, αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό στην Νεμέα του Αστεροσκοπείου Αθηνών που λειτουργεί από το 2008. Για τον υπολογισμό των βιοκλιματικών δεικτών, οι οποίοι θα αναλυθούν εκτενέστερα σε επόμενη παράγραφο, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα θερμοκρασίας και ύψους υετού από το 2012 έως το 2020, έτη για τα οποία υπάρχουν και στοιχεία ωρίμανσης.

Όλες οι προαναφερθείσες ομάδες δεδομένων αξιοποιήθηκαν αρχικά μέσω της διαδικασίας της διερευνητικής ανάλυσης δεδομένων (exploratory data analysis), ώστε να αναδειχθούν στατιστικά



σημαντικές διαφορές στις ημερομηνίες τρυγητού, στο εύρος της συνολικής περιόδου συγκομιδής και στον βαθμό ωρίμανσης των σταφυλιών ανά τα έτη.

Τα παραπάνω διερευνητικά αποτελέσματα συσχετίστηκαν με μη χωρικές μεταβλητές. Για την μη χωρική ανάλυση (non spatial analysis) υπολογίστηκαν μέσω των πρωτογενών καιρικών δεδομένων οι βιοκλιματικοί δείκτες ανά έτος για την περιοχή της Νεμέας. Επιλέχθηκαν οι εξής βιοκλιματικοί δείκτες βάσει της καταλληλότητας τους για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης:

- i. Δείκτες βασισμένοι στην θερμοκρασία: ηλιοθερμικός δείκτης Huglin (**Huglin's Index, HI**) και δείκτης νυκτερινού δρόσου (**Cool nights Index, CI**)
- ii. Δείκτες βασισμένοι στο ύψος βροχόπτωσης: δείκτης βροχοπτώσεων βλαστικής περιόδου (**Growing Season Precipitation, GSP**) και δείκτης καλοκαιρινών βροχοπτώσεων (**Summer Precipitation, SP**)

Άλλα βασικά κριτήρια για την επιλογή των συγκεκριμένων δεικτών αποτέλεσαν η σχετικά απλή διαδικασία υπολογισμού τους, για την αποφυγή πολύπλοκων αλγόριθμων με αυξημένο υπολογιστικό σφάλμα και η παρουσία τους σε αντίστοιχες μελέτες σε εθνικό (Koufos G. C. , et al. 2017) και διεθνές επίπεδο (Moral F. J., et al. 2016).

Στην συνέχεια, λαμβάνει χώρα η χωρική ανάλυση των δεδομένων (spatial analysis) με σκοπό να αποτυπωθούν διαφορετικές τάσεις σε υποπεριοχές της αμπελουργικής ζώνης Π.Ο.Π Νεμέας. Η απεικόνιση αυτών των περιοχών γίνεται με μεθόδους περιγραφικής χαρτογράφησης και στατιστικής ανάλυσης βάσει τοπολογικών χαρακτηριστικών κάθε αμπελοτεμαχίου.

## 2.2 Συλλογή δεδομένων και προστασία δεδομένων

### **Δεδομένα Ωρίμανσης**

Η συλλογή δεδομένων για την παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε με την συνεισφορά δεδομένων που συντηρούσαν στα αρχεία τους οινοποιεία από την ζώνη ΠΟΠ Νεμέα. Πρωτίστως, υπήρξε έγγραφη συγκατάθεση από τον εκάστοτε υπεύθυνο του οινοποιείου που συναινούν στην επεξεργασία των δοθέντων δεδομένων για τους ερευνητικούς σκοπούς της παρούσας μεταπτυχιακής ερευνητικής μελέτης. Αφετέρου, από την πλευρά του συγγραφέα της μελέτης υπήρξαν εγγυήσεις εμπιστευτικότητας κατά την αποθήκευση και επεξεργασία των δεδομένων. Επιπλέον, υπάρχει δέσμευση περί μη δημοσίευσης επώνυμων στοιχείων ή στατιστικών και υποχρέωση να καταστούν ανώνυμα τα δεδομένα πριν την δημοσίευση των σχετικών αποτελεσμάτων. Για τις ανωτέρω δεσμεύσεις έλαβαν γνώση και υπέγραψαν ο υπεύθυνος και ο συντονιστής καθηγητής και δημιουργήθηκε έγγραφο συναίνεσης για τα οινοποιεία.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αποτελούνται από ημερομηνίες και σακχαροπεριεκτικότητες για αμπελοτεμάχια ποικιλίας Αγιωργίτικο που βρίσκονται εντός της ζώνης ΠΟΠ Νεμέα. Οι μετρήσεις σακχάρων πραγματοποιήθηκαν από το εκάστοτε οινοποιείο και η τελευταία μέτρηση ημερολογιακά για κάθε αμπελοτεμάχιο ανά έτος, θεωρήθηκε ότι αντικατοπτρίζει την ωρίμανση κατά τον τρυγητό. Επίσης, τα δεδομένα ωρίμανσης συνδέθηκαν με τον 13-ψήφιο αριθμό αμπελουργικού μητρώου, με σκοπό την εξαγωγή των συντεταγμένων του κάθε πεδίου.

Η δημιουργία της βάσης δεδομένων ωρίμανσης που περιγράφεται παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια συγκρότησης βάσης με μετρήσεις από διαφορετικά οινοποιεία. Ωστόσο, από την φύση των δεδομένων δεν μπορεί να ληφθεί υπόψιν η πιθανός διαφορετικός στόχος τεχνολογικής ωριμότητας για κάποιους αμπελώνες, ανάλογα με το τύπο οίνου που επιδιώκεται από τους οινοποιούς. Τέλος, είναι δυνατή η εξαγωγή περαιτέρω στοιχείων, όπως το έτος φύτευσης και το ύψος ετήσιας παραγωγής μέσω του αμπελουργικού μητρώου, όμως απαιτείται αδειοδότηση για αυτές τις διαδικασίες.

### Μετεωρολογικά Δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα συλλέχθηκαν από τον **μετεωρολογικό σταθμό στη Νεμέα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών** που βρίσκεται στον Οινοποιητικό Συνεταιρισμό Νεμέας σε υψόμετρο 290m και σε συντεταγμένες 37.83360° N , 22.65421° E. Τα δεδομένα του σταθμού είναι ελεύθερα για όλους και δεν χρειάστηκε καμία διαδικασία για την απόκτησή τους.

Ειδικότερα, τα πρωτογενή δεδομένα αφορούν την περίοδο 1<sup>η</sup> Απριλίου μέχρι 30 Σεπτεμβρίου για τα έτη 2012 έως 2020. Η προαναφερθείσα περίοδος κάθε έτους θεωρήθηκε ως βλαστική περίοδος για την άμπελο και επιπλέον επιλέχθηκε γιατί εξυπηρετούσε για τον υπολογισμό των κατάλληλων βιοκλιματικών δεικτών. Καταγράφηκαν οι ημερήσιες μετρήσεις μέσης (Mean Temperature, T Mean), μέγιστης (Maximum Temperature, T Max) και ελάχιστης θερμοκρασίας (Minimum Temperature, T Min) εκφρασμένες σε °C, καθώς και το ημερήσιο ύψος υετού σε mm (Precipitation, P).

Για την εξεταζόμενη περίοδο, οι βλάβες στην καταγραφή των δεδομένων, όπως παρουσιάζονται στις πληροφορίες λειτουργίας του σταθμού, είναι οι εξής:

- Απώλεια δεδομένων και βροχόπτωσης 01-20/09/2018. (Χάθηκαν ~20 mm)
- Απώλεια δεδομένων 19/05/2017 23:10 - 20/05/2017 00:50. (Δε χάθηκε βροχή).

Από τα πρωτογενή δεδομένα υπολογίστηκαν βιοκλιματικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην βιβλιογραφία για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με την αμπελουργία, όπως θα αναλυθούν σε επόμενη παράγραφο.

### 2.3 Μεθοδολογία κατά ΟΙV για τις μελέτες ζωνοποίησης σε αμπελοοινικές περιοχές

Τα χαρακτηριστικά ενός αμπελοοινικού προϊόντος είναι σε μεγάλο βαθμό το αποτέλεσμα της επίδρασης του εδάφους και του κλίματος στη συμπεριφορά της αμπέλου. Γι'αυτό τον λόγο ο ΟΙV προτείνει ότι ο χωρισμός σε υποζώνες μπορεί να πραγματοποιηθεί σε δυο επίπεδα, σε εδαφολογικό και σε κλιματικό. Σε αυτή την παράγραφο θα παρουσιαστεί μια επισκόπηση της μεθοδολογίας για την δημιουργία υποζωνών σε κλιματικό επίπεδο, σύμφωνα με το RESOLUTION ΟΙV-VITI 423-2012 REV1 (ΟΙV, ΟΙV GUIDELINES FOR VITIVINICULTURE ZONING METHODOLOGIES ON A SOIL AND CLIMATE LEVEL 2012).

### 2.3.1 Αναγνώριση του λόγου δημιουργίας υποζωνών

Το πρώτο βήμα στον σχεδιασμό και την δημιουργία υποζωνών είναι ο καθορισμός των αντικειμένων λόγω των οποίων πραγματοποιείται η εκάστοτε μελέτη. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι βασικές αιτίες δημιουργίας υποζωνών σε αμπελοοινικές περιοχές και η επίδραση σε αυτές του εδαφολογικού ή του κλιματικού παράγοντα και η αλληλεπίδραση αυτών.

**Πίνακας 2.1:** Αντικείμενα και αιτίες πραγματοποίησης του zonage, και η σχετική ισχύς του εδαφικού και κλιματικού παράγοντα και τις αλληλεπίδρασης τους ( ++: ισχυρή, +: μέτρια, 0: μηδενική), για δεδομένη ποικιλία αμπέλου (RESOLUTION OIV-VITI 423-2012 REV1).

Στόχος μελέτης δημιουργίας υποζωνών	Εδαφικός Παράγοντας	Κλιματικός Παράγοντας	Αλληλεπίδραση εδάφους/κλίματος
Οριοθέτηση περιοχών σύμφωνα με τις δυνατότητές τους να παράγουν οίνους ορισμένης ποιότητας και με ορισμένα τυπικά χαρακτηριστικά.	++	++	++
Ζώνες της πιθανής σχετικής ωριμότητας (ανάπτυξη αμπέλου και κινητική ωρίμανσης σταφυλιών)	+	++	0 (αθροιστικό αποτέλεσμα)
Βελτιστοποίηση τεχνικής διαχείρισης με προσαρμογή του φυτικού υλικού	++	++	0
Βελτιστοποίηση της τεχνικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης με προσαρμογή των καλλιεργητικών πρακτικών	++	+	+
Διαχείριση ρίσκου ανά περιοχή για την προστασία των καλλιεργειών	+	++	+
Επιλογή αγροτεμαχίων	++	+	0
Διαχείριση ανά περιοχή πιθανών υδάτινων πόρων	++	++	++
Κλιματικοί κίνδυνοι και περιορισμοί	0	++	0
Προστασία του terroir από διάφορες απειλές ιδίως από αστικοποίηση	++	0	0
Υποζώνες σύμφωνα με την καταλληλότητα μιας περιοχής αμπελουργικά ή για την καλλιέργεια συγκεκριμένων ποικιλιών	+	++	+

### 2.3.2 Οδηγία για την δημιουργία υποζωνών σε κλιματικό επίπεδο

#### **Στάδιο Α**

Σε πρώτη φάση είναι απαραίτητο να γίνει επιλογή των κατάλληλων κλιματικών δεικτών σε σχέση με την αιτία διεξαγωγής της μελέτης χωρισμού σε υποζώνες. Η επιλογή επεκτείνεται στο είδος και στις πηγές των δεδομένων και θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν η καταλληλότητά τους καθώς και η διαθεσιμότητα αυτών.

Συνοπτικά, παρουσιάζονται παρακάτω σε μορφή πίνακα πως μπορεί να γίνει η επιλογή των κλιματικών δεδομένων στο πρότυπο του ΟΙΥ.

**Πίνακας 2.2:** Κλιματικά δεδομένα και βιοκλιματικοί δείκτες σε συνάρτηση του σκοπού πραγματοποίησης του αμπελουργικού ζοναζέ βάσει κλίματος αμπέλου (RESOLUTION ΟΙΥ-VITI 423-2012 REV1).

Αντικείμενο ζοναζέ και κριτήρια ανάλυσης	Κλιματικά δεδομένα και Βιοκλιματικοί Δείκτες	Χρονική κλίμακα
Σχετική Πρωιμότητα	GDD, AvGST	Μήνας, Ημέρα, Ώρα
Δυνατότητα παραγωγής οίνων ορισμένων χαρακτηριστικών	WB, RR (άνθηση-τρυγητός), ETO, AMP., Min,GDD, AvGST	Μήνας, Ημέρα, Ώρα
Διαχείριση Υδατικών Πόρων	WB, RR (βλαστικής περιόδου), ETO	Ημέρα, Ώρα
Φυτοπροστασία	TM, RH, DH, Μοντέλα κινδύνων φυτοϋγείας	Ημέρα, Ώρα
Απειλή παγετού	TN, TS, GDD	Ημέρα, Ώρα
Απειλή χαλαζιού	Μετεωρολογικά ραντάρ	Ημέρα, Ώρα
Απειλή ακραία υψηλής θερμοκρασίας	TX	Ημέρα, Ώρα
Προβλήματα Ανέμου	W	Ημέρα, Ώρα

Ακρωνύμια: AvGST: μέση θερμοκρασία βλαστικής περιόδου

GDD: Ενεργό θερμικό Άθροισμα ( Δείκτης Winkler, δείκτης Huglin και παραλλαγές)

RR: Αθροιστική βροχόπτωση

AMP: Δείκτες βάσει του εύρους θερμοκρασίας κατά την περίοδο ωρίμανσης

Σημειώνεται ότι οπουδήποτε είναι εφικτό προτιμώνται ευρέως χρησιμοποιούμενοι δείκτες για προφανείς λόγους σύγκρισης και αξιολόγησης της εκάστοτε χρησιμοποιούμενης μεθοδολογίας για την δημιουργία αμπελοοικονικών υποζωνών.

## **Στάδιο Β**

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται η επιλογή της πηγής των κλιματικών δεδομένων προς χρήση. Τα δεδομένα θα πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας και κατάλληλα για κλιματικό zonage.

Τρεις είναι οι πιθανές πηγές κλιματικών δεδομένων: δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς, δεδομένα τηλεπισκόπησης ( δορυφόροι και ραντάρ) και δεδομένα από δυναμικά κλιματικά μοντέλα ( γενικά μοντέλα κυκλοφορίας ή περιφερειακά δυναμικά μοντέλα).

Ωστόσο, ανάλογα με την πηγή προέλευσης των κλιματικών δεδομένων χρειάζεται να γίνουν οι απαραίτητοι χειρισμοί πριν την κύρια επεξεργασία αυτών.

Τα δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς συνήθως είναι κατάλληλα για την δημιουργία των βιοκλιματικών δεικτών, αφού όμως πρώτα αξιολογηθεί η ομοιομορφία των καταγραφών λόγω τοποθεσίας και μικροκλίματος και εξαλειφθούν ψευδή και άτυπα δεδομένα. Η χωρική απεικόνιση των δεδομένων αυτών είναι απαραίτητη πριν την χρήση τους για το zonage και πραγματοποιείται είτε με υποκειμενική οριοθέτηση από χαρτογραφική εμπειρία ή με χωρική παρεμβολή. Τέλος, η εξάλειψη την αβεβαιότητας λόγω χωρικής παρεμβολής γίνεται είτε από ένα ξεχωριστό σύνολο δεδομένων επικύρωσης ή με επικύρωση τύπου 'leave-one-out'.

Η τηλεπισκόπηση παρέχει κλιματικά δεδομένα σε μεγάλες χωρικές κλίμακες και σε συνεχές χρονικό διάστημα. Αυτά τα δεδομένα πρέπει συχνά να προεπεξεργαστούν προτού χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο της δημιουργίας υποζωνών (λ.χ. εξάλειψη της κάλυψης από σύννεφα). Επίσης, είναι σημαντικός ο έλεγχος της ομοιομορφίας των δεδομένων λόγω σφαλμάτων από το δορυφορικό σήμα (ανομοιομορφία από εικόνες προερχόμενες από διαφορετικούς δορυφόρους).

Τα δυναμικά μοντέλα (μοντέλα περιφερειακής / παγκόσμιας κυκλοφορίας) παράγουν πολύ μεγάλες ποσότητες δεδομένων για το κλίμα, καλύπτοντας μια ευρεία χωρική κλίμακα (σχεδόν ολόκληρος ο κόσμος). Ωστόσο, η χωρική ανάλυση των δεδομένων είναι σχετικά χαμηλή (μεταξύ 50 και αρκετών εκατοντάδων χιλιομέτρων) και η εκτίμηση της ποιότητας των δεδομένων που παράγονται από αυτά τα μοντέλα είναι προβληματική από μεθοδολογική άποψη (μέγεθος pixel / σύγκριση μετεωρολογικών σταθμών).

## **Στάδιο Γ**

Το τελευταίο στάδιο είναι η αναγνώριση κλιματικά ομοιογενών υποζωνών. Στις περισσότερες περιπτώσεις για το zonage βάσει κλίματος αξιοποιούνται τρέχοντα ποσοτικά δεδομένα, σε αντιθεση με την εδαφολογική προσέγγιση που βασίζεται σε ποιοτικά δεδομένα. Ως εκ τούτου, οι ομοιογενείς υποζώνες πρέπει να οριοθετούνται σύμφωνα με ορισμένες κλιματικές παραμέτρους και να μπορούν να συσχετιστούν με αμπελουργικά κριτήρια, ώστε να μπορούν να επαληθευτούν. Οπότε, η χωρική μεταβλητότητα στις κλιματικά ομοιογενείς υποζώνες πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση με το σφάλμα χαρτογράφησης.

Επιπλέον, δεδομένου ότι το κλίμα μπορεί να ποικίλλει σημαντικά με την πάροδο του χρόνου, το zonage βάσει το κλίμα πρέπει να βασίζεται σε περιγραφικά στατιστικά στοιχεία που υπολογίζονται για επαρκή αριθμό ετών για να είναι αξιόπιστο.

Τέλος, ποιοτικές μέθοδοι μπορούν να ληφθούν υπ' όψιν, χρησιμοποιώντας ανάλυση του τοπίου και ανάγλυφου με την βοήθεια την Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων. Είναι σαφώς μια πιο υποκειμενική προσέγγιση, αλλά απαλλαγμένη από την ανάγκη για κλιματικά δεδομένα, επομένως είναι πιο εύκολο να εφαρμοστεί. Από την άλλη πλευρά, είναι εγγενώς περιορισμένη λόγω της απουσίας ποσοτικών μετρήσεων των μεταβλητών που μελετώνται.

### 2.3.3 Μέθοδοι επικύρωσης του αμπελοοινικού χωρισμού σε υποζώνες σε εδαφικό και κλιματικό επίπεδο

Ανάλογα με τους επιδιωκόμενους στόχους, η ευστάθεια του εκάστοτε *zonage* είτε σε εδαφικό ή σε κλιματικό επίπεδο μπορεί να αξιολογηθεί με διάφορες μεθόδους:

- Με μελέτες φυσιολογίας αμπέλου. Αυτές οι μέθοδοι εστιάζουν στην απόκριση των πρέμνων σε περιβαλλοντικούς παράγοντες. Επιτρέπουν μια επεξήγηση της λειτουργίας της αμπέλου σε σχέση με το έδαφος στο επίπεδο της υδατικής κατάστασης, των θρεπτικών (ιδίως του αζώτου), της φαινολογίας της, της βλαστικής έκφρασής και της ωρίμανσης των σταφυλιών. Μπορούν να είναι είτε σημειακές (ένα δίκτυο οικοπέδων αναφοράς) είτε χωρικές (χάρτες ευρωστίας, καθεστώτος νερού, διατροφής αζώτου, συστατικών σταφυλιών σε ωριμότητα κ.α.).
- Με έρευνες αγροτεμαχίων για τη μελέτη της σχέσης μεταξύ της εμπειρικής γνώσης των παραγωγών και του δυναμικού της αμπελουργίας.
- Με οργανοληπτικό έλεγχο της ποιότητας και των χαρακτηριστικών του σταφυλιού και του κρασιού που λαμβάνεται, είτε με οινοποιήσεις μεγάλης κλίμακας είτε με μικρο-οινοποιήσεις.
- Για *zonage* που σχετίζονται με κλιματικούς ή με κινδύνους παρασίτων, συγκρίνοντας τη ζημία που παρατηρείται στα οικόπεδα με το επίπεδο κινδύνου που υπολογίζεται από τους χάρτες.

### 2.3.4 Συμπεράσματα ΟΙV

Η ποιότητα των δεδομένων προέλευσης είναι ο καθοριστικός παράγοντας για το *zonage* υπό το πρίσμα του κλίματος. Οι αβεβαιότητες που σχετίζονται με τις μετρήσεις, ιδίως εκείνες σε μεγάλη κλίμακα, μπορεί μερικές φορές να είναι μεγαλύτερες από τη χωρική μεταβλητότητα του δείκτη που μελετάται. Επιπλέον, η διαδικασία χαρτογράφησης (χωρική απεικόνιση των δεδομένων) μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά σφάλματα υπολογισμού λόγω της αβεβαιότητας που συνδέεται με τον εξοπλισμό μέτρησης ή τις συνθήκες μικροκλίματος στον μετεωρολογικό σταθμό. Επομένως, είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί η συνολική αβεβαιότητα που σχετίζεται με τη μέθοδο παράλληλα με τη οριοθέτηση των κλιματικών υποζωνών. Το *zonage* μπορεί να επικυρωθεί χρησιμοποιώντας φαινολογική παρατήρηση, ανάλυση του κρασιού, οικονομικές πληροφορίες ή νέες τεχνολογίες, όπως τηλεπισκόπηση. Οι έρευνες μεταξύ των αμπελουργών ενδέχεται να βοηθήσουν τα αποτελέσματα της επικύρωσης.

Η δημιουργία υποζωνών παραμένει ένα εργαλείο, όπου η εγκυρότητα και η αξιοπιστία εκτιμώνται εν μέρει από την ευκολία χρήσης και την ικανότητά του να ικανοποιεί τις προσδοκίες των παραληπτών.

## 2.4 Υπολογισμός βιοκλιματικών δεικτών

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης επιλέχθηκαν και υπολογίστηκαν δυο βιοκλιματικοί δείκτες με βάση την θερμοκρασία και δυο με την βροχόπτωση. Για λόγους συγκρίσιμότητας με αντίστοιχες μελέτες επιλέχθηκαν δείκτες ευρέως χρησιμοποιούμενοι και με απλό τρόπο υπολογισμού για την αποφυγή υπολογιστικών σφαλμάτων.

### **Δείκτης Huglin (HI)**

Ο πρώτος δείκτης ανήκει στην κατηγορία δεικτών Ενεργού Θερμικού Αθροίσματος, ειδικότερα ο δείκτης Huglin (Huglin's Index, HI). Ο τύπος υπολογισμού του φαίνεται παρακάτω στην σχέση 1.

$$HI = k \times \sum HDD$$
$$HDD = \max \left[ \left( \frac{\left( \frac{T_{\min} + T_{\max}}{2} - 10 \right) + (T_{\max} - 10)}{2} \right); 0 \right] \quad (1)$$

Όπου: T<sub>min</sub>: ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία

T<sub>max</sub>: μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία

k: συντελεστής διάρκειας ημέρων, εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος.

**Πίνακας 2.3:** Τιμές συντελεστή k για γεωγραφικά πλάτη 40° έως 50° (OIV, OIV GUIDELINES FOR VITIVINICULTURE ZONING METHODOLOGIES ON A SOIL AND CLIMATE LEVEL 2012)

Γεωγραφικό Πλάτος	40° – 42°	42.1° – 44°	44.1° – 46	46.1° – 48°	48.1° – 50°
Συντελεστής k	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06

Ωστόσο, ο συντελεστής k λαμβάνει τιμές από 1.005 έως 1.02 ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και για νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη (Koufos G. C. , και συν. 2017). Στην περίπτωση της ζώνης της Νεμέας το γεωγραφικό πλάτος κυμαίνεται μεταξύ 37.4° και 37.55° και ο συντελεστής θεωρήθηκε σταθερός και ίσος με 1.005 για τους σκοπούς της συγκεκριμένης μελέτης.

Το άθροισμα των ηλιοθερμικών ημερών (HDD) υπολογίστηκε για το εξάμηνο 1<sup>η</sup> Απριλίου έως 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου για κάθε έτος, σύμφωνα με την συνήθη πρακτική υπολογισμού των δεικτών αυτών για το βόρειο ημισφαίριο (Koufos G. C. , και συν. 2017) (Badr G., και συν. 2018).

Η συνήθης ταξινόμηση της καταλληλότητας του κλίματος για αμπελοκαλλιέργεια βάσει του δείκτη Huglin φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 2.4:

**Πίνακας 2.4:** Ταξινόμηση καταλληλότητας κλίματος για αμπελοκαλλιέργεια βάσει του δείκτη Huglin (Tonietto J. and Carbonneau A., A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide 2004)

Κλάση καταλληλότητας για αμπελοκαλλιέργεια	Εύρος Κλάσης βάσει HI
Πολύ ψυχρό	$HI \leq 1500$
Ψυχρό	$1500 < HI \leq 1800$
Εύκρατο	$1800 < HI \leq 2100$
Εύκρατο προς θερμό	$2100 < HI \leq 2400$
Θερμό	$2400 < HI \leq 2700$
Πολύ θερμό	$2700 < HI \leq 3000$
Υπερβολικά Θερμό	$HI > 3000$

### Δείκτης νυκτερινού δρόσου (CI)

Ο δεύτερος δείκτης που χρησιμοποιείται είναι ουσιαστικά ο μέσος όρος των ελάχιστων θερμοκρασιών των ημερών της περιόδου ωρίμανσης. Συνήθως ως περίοδος ωρίμανσης ορίζεται ο μήνας Σεπτέμβριος για το βόρειο ημισφαίριο. Εντούτοις, ο μήνας ωρίμανσης μπορεί να θεωρηθεί να μετατοπιστεί ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε περιοχής (OIV, OIV GUIDELINES FOR VITIVINICULTURE ZONING METHODOLOGIES ON A SOIL AND CLIMATE LEVEL 2012).

Στην περίπτωση της Νεμέας, όπου ο τρυγητός του Αγιωργίτικου ολοκληρώνεται μέχρι την 15<sup>η</sup> του Σεπτεμβρίου, η περίοδος ωρίμανσης θεωρήθηκε η περίοδος 15 Αυγούστου έως 15 Σεπτεμβρίου. Ο τύπος υπολογισμού φαίνεται στην εξίσωση (2).

$$CI = \sum_{\frac{15}{8}}^{\frac{15}{9}} T_{min} / 30 \quad (2)$$

### Δείκτες ύψους βροχοπτώσεων (GSP και SP)

Πρόκειται για δυο απλούς δείκτες τον δείκτη βροχοπτώσεων βλαστικής περιόδου (GSP) και τον δείκτη θερινών βροχοπτώσεων (SP). Υπολογίζονται από τα αθροιστικά χιλιοστά βροχόπτωσης για την βλαστική περίοδο (1<sup>η</sup> Απριλίου έως 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου) και τους θερινούς μήνες (1<sup>η</sup> Ιουνίου έως 31<sup>η</sup> Αυγούστου) αντίστοιχα, για το βόρειο ημισφαίριο (Moral F. J., και συν. 2016).

Οι εξισώσεις υπολογισμού φαίνονται παρακάτω.

$$GSP = \sum_{\frac{1}{4}}^{\frac{30}{9}} mm \text{ precipitation} \quad (3) \quad \text{και} \quad SP = \sum_{\frac{1}{6}}^{\frac{31}{8}} mm \text{ precipitation} \quad (4)$$



## 2.5 Προετοιμασία - Αξιολόγηση δείγματος

Το πρώτο στάδιο επεξεργασίας μετά την συλλογή των πρωτογενών δεδομένων από τα οινοποιεία είναι η αξιολόγηση και η προετοιμασία των δεδομένων αυτών για στατιστική ανάλυση.

Το πρώτο βήμα αποτελείται από την αντιστοίχιση κάθε αμπελοτεμαχίου με ένα αριθμό αναφοράς (Parcel ID), ώστε να καταστεί πλήρως ανώνυμο σύμφωνα με τον κανονισμό που διέπει την επεξεργασία ευαίσθητων δεδομένων. Ταυτόχρονα, πραγματοποιείται και ο εντοπισμός της ενότητας αγροτεμαχίων (ilot) που ανήκει το κάθε αμπελοτεμάχιο στον Αμπελουργικό Μητρώο του ΥΠΑΑΤ, οι εν λόγω συντεταγμένες εξάγονται βάσει του 13ψήφιου αριθμού του ΟΣΔΕ.

Το δεύτερο βήμα είναι η δημιουργία ενός ενιαίου συνόλου δεδομένων (dataset), όπου κάθε μέτρηση κωδικοποιείται βάσει συνεχών μεταβλητών και τριών κατηγορικών μεταβλητών. Αναλυτικότερα, κάθε μέτρηση περιγράφεται από το ζεύγος ημερομηνία μέτρησης (μετρημένο με αύξοντα αριθμό ημέρας μέσα στο έτος, DoY) και την εκάστοτε σακχαροπεριεκτικότητα (μετρημένη σε βαθμούς Baume, Be) σε συνδυασμό με την μεταβλητή της χρονιάς (Year Count) και την μεταβλητή της γεωγραφικής υποπεριοχής (Subregion) που ανήκει το αμπελοτεμάχιο. Τα χρόνια που μελετώνται είναι από το 2015 έως και το 2020 και ο γεωγραφικός χωρισμός έγινε σε πέντε υποπεριοχές (Ασπρόκαμπος, Κούτσι-Δάφνη, Γυμνό-Μαλαντρένι, Αρχαία Νεμέα-Αρχαίες Κλεωνές και Νεμέα κάμπος). Επιπρόσθετα, λόγω της ύπαρξης πολλαπλών μετρήσεων κατά την πορεία ωρίμανσης κάθε αμπελοτεμαχίου μέσα στην ίδια χρονιά κάθε μεταβλητή DoY και Be ακολουθεί την αρίθμηση  $DoY_{1,2,\dots,final}$  και  $Be_{1,2,\dots,final}$ , όπου το ζεύγος  $DoY_{final}$  και  $Be_{final}$  αποτελεί την ημερομηνία και την σακχαροπεριεκτικότητα κατά τον τρυγητό του κάθε αμπελώνα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχουν για όλα τα αμπελοτεμάχια δεδομένα για όλο το χρονικό εύρος της μελέτης (2015-2020), ούτε ίδιος αριθμός μετρήσεων παρακολούθησης πορείας ωρίμανσης. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στο γεγονός ότι τα δεδομένα προέρχονται από διαφορετικά οινοποιεία και λαμβάνονται υπόψιν στην περαιτέρω στατιστική επεξεργασία και στην εξαγωγή πιθανών συμπερασμάτων.

## 2.6 Μη Χωρική Στατιστική Ανάλυση

Η μη χωρική ανάλυση ως προς την διαφοροποίηση της ωρίμανσης αποτελείται από την διερευνητική ανάλυση των δεδομένων και την μετέπειτα ανάλυση της διακύμανσης αυτών. Ο όρος μη χωρική αυτόματα καθορίζει ως βασική παράμετρο ανάλυσης τον χρόνο. Με οινολογικούς όρους, η διαφοροποίηση της ωρίμανσης προσεγγίζεται βάσει της επίδρασης της χρονιάς (vintage effect) και γίνεται προσπάθεια συσχέτισής της με κλιματικούς παράγοντες.

Τα δεδομένα ομαδοποιούνται ανά έτος και πραγματοποιείται διερευνητική ανάλυση για τις δυο μετρούμενες μεταβλητές, την ημέρα τρυγητού και την σακχαροπεριεκτικότητα τρυγητού, για κάθε έτος. Όπως ήδη έχει αναφερθεί στην προηγούμενη παράγραφο, λαμβάνει χώρα άλλη μια ταξινόμηση βάσει υποπεριοχής που βρίσκεται ο κάθε αμπελώνας.

Η διερευνητική ανάλυση αποτελείται από την εξαγωγή των περιγραφικών στατιστικών μεγεθών (μέσος όρος, τυπικό σφάλμα, τυπική απόκλιση, εύρος, μέγιστη/ελάχιστη τιμή, διακύμανση) και από την δημιουργία θηκογραμμάτων. Ειδικότερα, τα θηκογράμματα πέρα από την οπτικοποίηση των βασικών χαρακτηριστικών ενός δείγματος, αναδεικνύουν τις ακραίες τιμές κάθε δείγματος ώστε να απαλειφθούν πριν την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA).

Στην συνέχεια πραγματοποιείται ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), όπου φαίνεται αν οι διαφορές στους δειγματικούς μέσους (κάθε έτος και κάθε υποπεριοχής) κρίνονται στατιστικά σημαντικές σε σχέση με την μεταβλητότητα (διακύμανση) εντός των δειγμάτων. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές ταυτοποιούνται βάσει της δοκιμασίας F-test για επίπεδο σημαντικότητας  $p < 0.05$ .

Στις περιπτώσεις που εντοπίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές, πραγματοποιείται έλεγχος πολλαπλών συγκρίσεων για να διαπιστωθεί ποια από τα δείγματα διαφέρουν μεταξύ τους. Ο έλεγχος που εφαρμόζεται είναι ο Tukey HSD test, καθώς είναι ο πιο συντηρητικός από τους συνήθεις ελέγχους στην προστασία από σφάλμα κατά πείραμα Τύπου I (απόρριψη μηδενικής υπόθεσης ενώ είναι σωστή).

Τέλος, γίνεται μια παρουσίαση της εξέλιξης της ωρίμανσης ανά έτος, ομαδοποιημένη σε υποπεριοχές για όσα αμπελοτεμάχια υπάρχουν δεδομένα εξέλιξης ωρίμανσης.

## 2.7 Χωρική Στατιστική Ανάλυση

Στην παρούσα μελέτη, με τον όρο χωρική ανάλυση (spatial analysis) περιγράφεται η συσχέτιση των δεδομένων ωρίμανσης με τα τοπολογικά δεδομένα του κάθε αμπελοτεμαχίου. Για τον λόγο αυτό το πρώτο βήμα είναι ο προσδιορισμός των επακριβώς ορίων του κάθε αμπελοτεμαχίου μέσω των αρχείων του αμπελουργικού μητρώου και του 13-ψήφιου κωδικού του ΟΣΔΕ (temaxcode). Η διαδικασία ταυτοποίησης παρουσιάζει δυσκολίες λόγω ελλείψεων στα αρχεία του μητρώου και σε πολλές περιπτώσεις χρειάζεται διασταύρωση με τα συνεργαζόμενα οινοποιεία.

Μετά την ταυτοποίηση και την ψηφιοποίηση των αμπελοτεμαχίων σε πολύγωνα πραγματοποιείται η εξαγωγή τοπολογικών δεδομένων από το Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (Digital Elevation Model, DEM), πνευματικής ιδιοκτησίας της ερευνητικής μονάδας GIS του Γεωπονικού Πανεπιστημίου. Ειδικότερα, για κάθε αμπελοτεμάχιο εξάγεται το υψόμετρο, η μέση κλίση και ο προσανατολισμός της κυρίαρχης πλαγιάς. Τα δεδομένα αυτά συνδυάζονται με την μέση ημερομηνία τρυγητού και την μέση συγκέντρωση σακχάρων (σε βαθμούς Baume) κατά τον τρυγητό. Οι μέσες αυτές τιμές υπολογίζονται από τις επιμέρους για τα εξεταζόμενα έτη (2015 – 2020).

Για την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), τα τοπολογικά δεδομένα ταξινομούνται σε κλάσεις. Υψομετρικά τα δεδομένα χωρίζονται σε τρεις κλάσεις:

- Πεδινή ζώνη (έως 320m)
- Ημιορεινή ζώνη (320 - 550m)
- Ορεινή ζώνη (πάνω από 550m).

Ως προς το ποσοστό κλίσης δημιουργούνται οι παρακάτω κλάσεις:

- Έως 5% κλίση (Μικρή)
- 5 – 10% κλίση (Μεσαία)
- Πάνω από 10% (Υψηλή)

Η ταξινόμηση ως προς τον προσανατολισμό της κυρίαρχης πλευράς του κάθε αμπελοτεμαχίου δεν αξιολογήθηκε λόγω των μη επαρκών δεδομένων για την δημιουργία οκτώ κλάσεων σε σχέση με τα σημεία του ορίζοντα.

Στην συνέχεια, διερευνάται η διακύμανση της ημερομηνίας τρυγητού και της συγκέντρωσης σακχάρων ως προς τις τοπολογικές μεταβλητές και δημιουργούνται οι αντίστοιχοι χάρτες σύγκρισης χαρακτηριστικών. Επίσης, διερευνάται η συσχετίσεις των ανωτέρων μεταβλητών.

Στην συνέχεια, πραγματοποιείται η εξαγωγή μέσω τιμών βιοκλιματικών δεικτών για κάθε αμπελοτεμάχιο, από κλιματικά δεδομένα της τριακονταετίας 1970 – 2000. Τα δεδομένα για τις μεταβλητές του κλίματος αντλήθηκαν από το World Clim version 2.0 (<http://www.worldclim.org/>) για την περίοδο από το 1970 - 2000. Συγκεκριμένα οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν είναι (περίοδος αναφοράς 1970 – 2000):

- Μέγιστη θερμοκρασία ανά μήνα
- Ελάχιστη θερμοκρασία ανά μήνα
- Μέση θερμοκρασία ανά μήνα
- Βροχόπτωση ανά μήνα

Η ανάλυση των δεδομένων raster που παρέχει η πλατφόρμα World Clim είναι 1km<sup>2</sup>. Τα δεδομένα παραχωρήθηκαν από την ερευνητική μονάδα GIS του ΓΠΑ.

Στην παρούσα φάση συσχετίζονται με τα εξεταζόμενα αμπελοτεμάχια δυο δείκτες που βασίζονται στην θερμοκρασία. Ο δείκτης Huglin (HI), όπως περιγράφεται στις προηγούμενες παραγράφους και ο δείκτης GST που πρόκειται για την μέση θερμοκρασία βλαστικής περιόδου με τύπο υπολογισμού

$$GST = \frac{\sum_{\frac{1}{4}}^{\frac{30}{4}} (Tmax + Tmin)}{2} * 30 / N \quad (5)$$

Ο δείκτης GST μετριέται σε °C και συσχετίζεται ευρέως με την πρόβλεψη ωριμότητας των ποικιλιών αμπελοκαλλιέργειας που αναπτύσσονται σε πολλές αμπελουργικές περιοχές.

Δημιουργούνται χάρτες με τους παραπάνω δείκτες και την μέση σακχαροπεριεκτικότητα κάθε αμπελοτεμαχίου. Πραγματοποιείται ανάλυση διακύμανσης ημερομηνίας και συγκέντρωσης σακχάρων τρυγητού ως προς τον δείκτη Huglin, βάσει της ταξινόμησης του Πίνακα 2.4.

## 2.8 Εργαλεία λογισμικού και στατιστική επεξεργασία

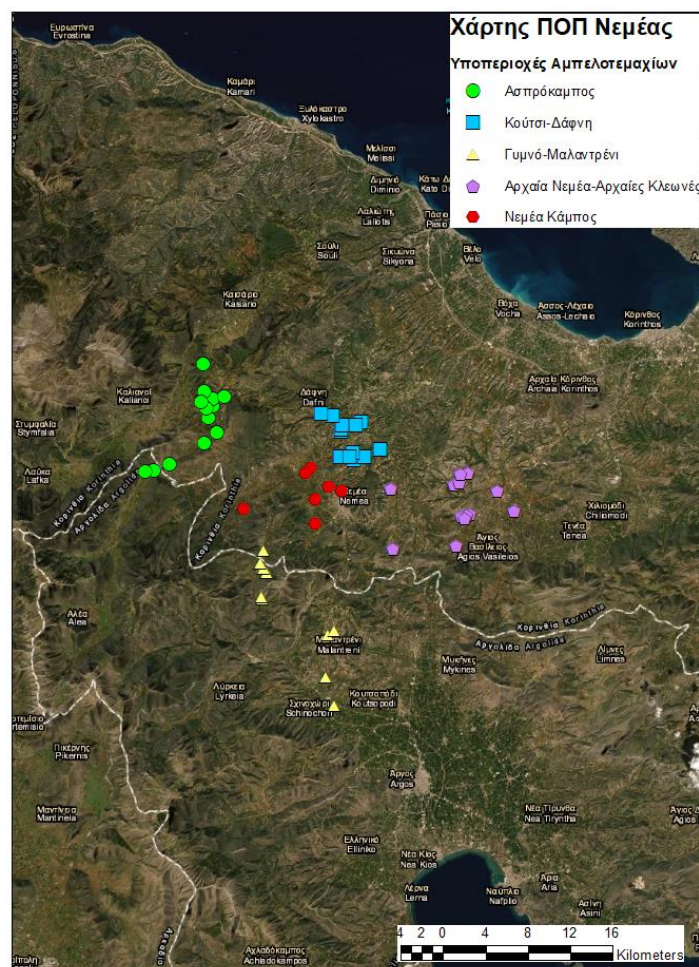
Για την παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη αξιοποιήθηκε το ArcGIS 10.8 της ESRI και το πακέτο στατιστικής επεξεργασίας SPSS v.26 της IBM.

Το Tukey's HSD (honest significant difference) test χρησιμοποιήθηκε για την σύγκριση των δειγμάτων, όταν παρουσίαζαν σημαντικές διαφορές μετά τη εφαρμογή ANOVA ( $p < 0.05$ ) στα αποτελέσματα των αναλύσεων. Στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια αναγράφεται το μέσο σφάλμα των δεδομένων ως μπάρες όταν τα αποτελέσματα απεικονίζονται σε γράφημα. Με a, b, c κ.ο.κ χαρακτηρίζεται η στατιστική διαφορά των δειγμάτων (σε επίπεδο 0.05%), ενώ δείγματα με ίδιο γράμμα δεν παρουσιάζουν σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ τους.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Αποτελέσματα

### 3.1 Διερευνητική ανάλυση δεδομένων (exploratory data analysis)

Τα δεδομένα έχουν ομαδοποιηθεί βάσει του έτους (2015 – 2020) και της περιοχής όπου βρίσκεται το αμπελοτεμάχιο. Συνολικά συλλέχθηκαν δεδομένα για 58 αμπελοτεμάχια, λόγω όμως της προέλευσης των δεδομένων δεν υπάρχουν δεδομένα για όλα τα αμπελοτεμάχια για τα έξη εξεταζόμενα έτη. Η ομαδοποίηση βάσει περιοχής φαίνεται στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 3.1) και έγινε για λόγους επεξεργασίας των δεδομένων και δεν αποτελεί σε καμία περίπτωση δείκτης ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των αμπελοτεμαχίων στην παρούσα φάση.



**Εικόνα 3.1:** Απεικόνιση των αμπελοτεμαχίων του δείγματος χωρισμένα σε υποπεριοχές της ζώνης της Νεμέας.

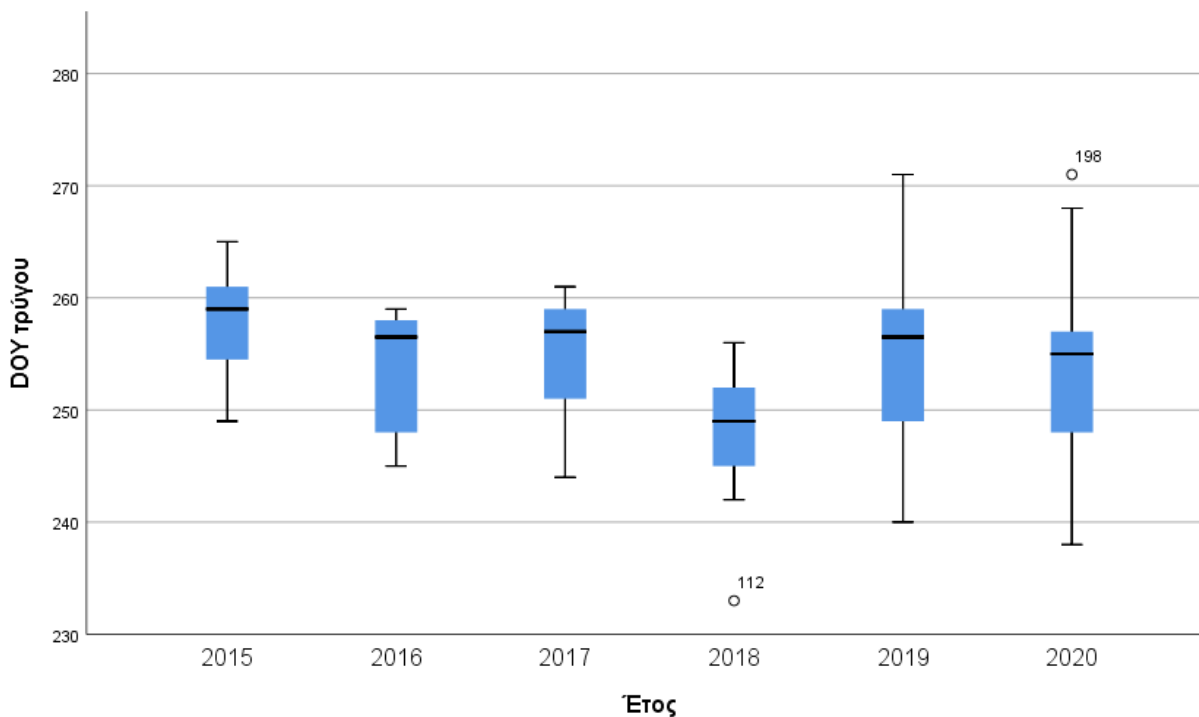
Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά περιγραφικά στατιστικά μεγέθη του συνόλου δεδομένων ωρίμανσης αμπελοτεμαχίων που συλλέχθηκαν από οινοποιεία της ζώνης ΠΟΠ Νεμέας.

**Πίνακας 3.1:** Περιγραφικά στατιστικά μεγέθη των δειγμάτων ομαδοποιημένα κατά έτος

<b>Ομαδοποίηση κατά έτος</b>							
<b>Έτος</b>		<b>DOYτρυγού</b>	<b>Βετρύγου</b>	<b>Έτος</b>		<b>DOYτρυγού</b>	<b>Βετρύγου</b>
<b>2015</b>	N	32	32	<b>2018</b>	N	31	31
	Μέσος	257.9	13.05		Μέσος	248.3	12.82
	Τυπικό σφάλμα	0.79	0.17		Τυπικό σφάλμα	0.90	0.24
	Τυπική Απόκλιση	4.45	0.97		Τυπική Απόκλιση	5.02	1.33
	Εύρος	16	3.83		Εύρος	23	5.70
	Ελάχιστο	249	11.37		Ελάχιστο	233	9.10
	Μέγιστο	265	15.20		Μέγιστο	256	14.80
	Διακύμανση	19.77	0.94		Διακύμανση	25.16	1.76
	Συντ. Μεταβλητοτητας	0.08	0.07		Συντ. Μεταβλητοτητας	0.10	0.14
<b>2016</b>	N	32	32	<b>2019</b>	N	36	36
	Μέσος	253.9	13.17		Μέσος	255.4	12.67
	Τυπικό σφάλμα	0.89	0.17		Τυπικό σφάλμα	1.41	0.17
	Τυπική Απόκλιση	5.01	0.94		Τυπική Απόκλιση	8.46	1.00
	Εύρος	14	3.80		Εύρος	31	3.28
	Ελάχιστο	245	11.50		Ελάχιστο	240	11.02
	Μέγιστο	259	15.30		Μέγιστο	271	14.30
	Διακύμανση	25.15	0.88		Διακύμανση	71.56	1.00
	Συντ. Μεταβλητοτητας	0.10	0.07		Συντ. Μεταβλητοτητας	0.28	0.08
<b>2017</b>	N	32	32	<b>2020</b>	N	55	55
	Μέσος	255.1	13.22		Μέσος	253.4	12.77
	Τυπικό σφάλμα	0.89	0.15		Τυπικό σφάλμα	0.92	0.12
	Τυπική Απόκλιση	5.02	0.84		Τυπική Απόκλιση	6.84	0.88
	Εύρος	17	3.76		Εύρος	33	4.20
	Ελάχιστο	244	11.69		Ελάχιστο	238	10.56
	Μέγιστο	261	15.45		Μέγιστο	271	14.76
	Διακύμανση	25.18	0.71		Διακύμανση	46.77	0.77
	Συντ. Μεταβλητοτητας	0.10	0.05		Συντ. Μεταβλητοτητας	0.18	0.06

Παρατηρείται ότι το εύρος ημερομηνιών τρυγητού διαφέρει σημαντικά ανά έτος, ο τρύγος το 2016 έχει εύρος δυο εβδομάδων, ενώ το 2019 και 2020 ξεπερνάει τον ένα μήνα. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να συσχετιστεί με τις κλιματικές συνθήκες κάθε έτους.

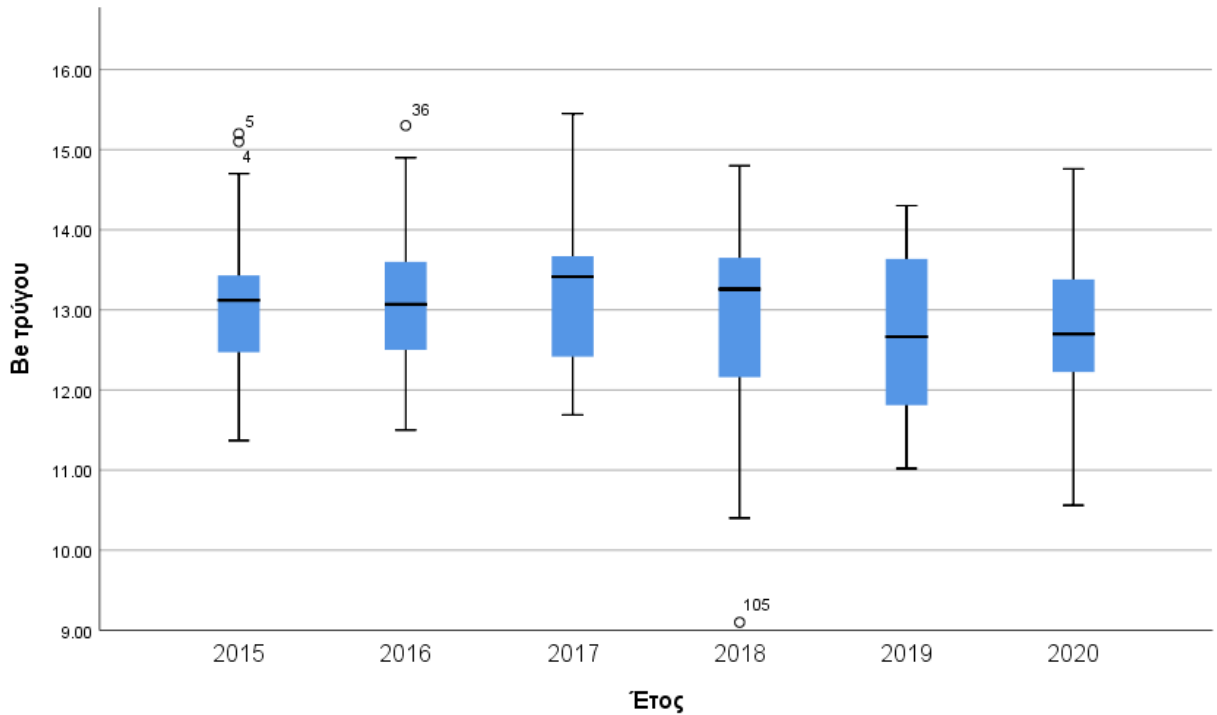
Αξίζει να σημειωθεί ότι για το έτος 2020 ο αριθμός των παρατηρήσεων είναι σχεδόν διπλάσιος σε σύγκριση με τα προηγούμενα έτη που εξετάζονται. Επίσης, κάποιες από τις ομαδοποιήσεις δεν είναι ομοιογενείς (συντελεστής μεταβλητότητας  $CV > 0.1$ ). Αυτό συνεπάγεται ότι θα πρέπει να γίνει έλεγχος για την απαλοιφή ακραίων τιμών μέσω των θηκογραμμάτων των Διαγραμμάτων 3.1 και 3.2.



**Διάγραμμα 3.1:** Θηκογράμματα ημερομηνίας τρυγητού ανά έτος

Οι ακραίες τιμές (outliers) που εντοπίζονται απαλείφονται πριν το στάδιο της ανάλυσης διακύμανσης ώστε οι πληθυσμοί να είναι κανονικοί. Οι αριθμοί που παρουσιάζονται δίπλα στις ακραίες τιμές αντιστοιχούν στον αύξοντα αριθμό της παρατήρησης στο σύνολο δεδομένων.

Σε πρώτη ανάλυση, ο τρυγητός του 2018 φαίνεται να είναι πιο πρώιμος σε σχέση με τους υπόλοιπους. Το ολικό εύρος για όλα τα έτη είναι από 21<sup>η</sup> Αυγούστου (DoY 233) έως 28<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου (DoY 271).



**Διάγραμμα 3.2:** Θηκογράμματα σακχαροπεριεκτικότητας τρυγητού ανά έτος

Από το θηκόγραμμα των βαθμών Baume φαίνεται ότι υπάρχει συχνά το φαινόμενο της τεχνολογικής υπερωρίμανσης, γεγονός που μπορεί να αιτιολογηθεί είτε λόγω της απότομης αύξησης των σακχάρων λόγω θερμοκρασιών ή λόγω της ασύγχρονης τεχνολογικής και φαινολικής ωριμότητας. Ο τελευταίος λόγος συνεπάγεται την απόφαση τρυγητού σε υψηλότερες σακχαροπεριεκτικότητες για την επίτευξη των επιθυμητών φαινολικών χαρακτηριστικών (χρωματικών, είδος τανινών).

Επιπρόσθετα, οι μέσοι όροι των ημερομηνιών τρυγητού παρουσιάζει μεγαλύτερη διακύμανση από τους μέσους όρους των σακχαροπεριεκτικότητων.

**Πίνακας 3.2:** Περιγραφικά στατιστικά μεγέθη των δειγμάτων ομαδοποιημένα κατά περιοχή

Ομαδοποίηση κατά περιοχή							
Υποπεριοχή		DOYτρυγου	Βετύγου	Υποπεριοχή		DOYτρυγου	Βετύγου
<b>Ασπρόκαμπος</b>	N	63	63	<b>Αρχαία Νεμέα - Αρχαίες Κλεωνές</b>	N	13	13
	Μέσος	259.1	12.09		Μέσος	254.6	12.46
	Τυπικό σφάλμα	0.65	0.10		Τυπικό σφάλμα	1.69	0.16
	Τυπική Απόκλιση	5.18	0.82		Τυπική Απόκλιση	6.076	0.59
	Εύρος	22	4.91		Εύρος	26	2.01
	Ελάχιστο	249	9.10		Ελάχιστο	238	11.35
	Μέγιστο	271	14.01		Μέγιστο	264	13.36
	Διακύμανση	26.83	0.67		Διακύμανση	36.923	0.35
	Συντ. Μεταβλητοτητας	0.10	0.06		Συντ. Μεταβλητοτητας	0.15	0.03
<b>Κούτσι - Δάφνη</b>	N	69	69	<b>Νεμέα Κάμπος</b>	N	17	17
	Μέσος	250.0	13.61		Μέσος	252.6	12.78
	Τυπικό σφάλμα	0.66	0.10		Τυπικό σφάλμα	1.53	0.21
	Τυπική Απόκλιση	5.45	0.85		Τυπική Απόκλιση	6.32	0.87
	Εύρος	25	3.95		Εύρος	19	3.41
	Ελάχιστο	240	11.50		Ελάχιστο	240	10.56
	Μέγιστο	265	15.45		Μέγιστο	259	13.97
	Διακύμανση	29.69	0.721		Διακύμανση	39.99	0.75
	Συντ. Μεταβλητοτητας	0.12	0.05		Συντ. Μεταβλητοτητας	0.16	0.06
<b>Γυμνό - Μαλαντρένι</b>	N	56	56				
	Μέσος	253.4	13.18				
	Τυπικό σφάλμα	0.82	0.09				
	Τυπική Απόκλιση	6.11	0.70				
	Εύρος	38	3.19				
	Ελάχιστο	233	11.65				
	Μέγιστο	271	14.84				
	Διακύμανση	37.38	0.49				
	Συντ. Μεταβλητοτητας	0.15	0.04				

Από τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 3.2) φαίνεται ότι η πιο πρώιμη περιοχή είναι η περιοχή Κούτσι-Δάφνη και η πιο όψιμη ο Ασπρόκαμπος με τρυγητό κατά μέσο όρο 9 ημέρες αργότερα. Όσον αφορά το επίπεδο σακχάρων, οι μέσοι όροι δείχνουν ότι τα αμπελοτεμάχια στην περιοχή Κούτσι-Δάφνη και Γυμνό-



Μαλαντρένι τρυγούνται πάνω από τους 13 °Baume, ενώ στις υπόλοιπες υποπεριοχές χαμηλότερα από τους 13 °Baume.

Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι σε αυτή την προσέγγιση οι περιοχές του Καμπου της Νεμέας και Αρχαία Νεμέα – Αρχαίες Κλεωνές έχουν σαφώς μικρότερη αξιοπιστία και ακρίβεια, καθώς το μέγεθος του δείγματος είναι αρκετά μικρότερο ( $N < 20$ ) σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις. Στην παρούσα διερευνητική φάση συμπεριλήφθηκαν στα αποτελέσματα.

### 3.2 Μη Χωρική Ανάλυση

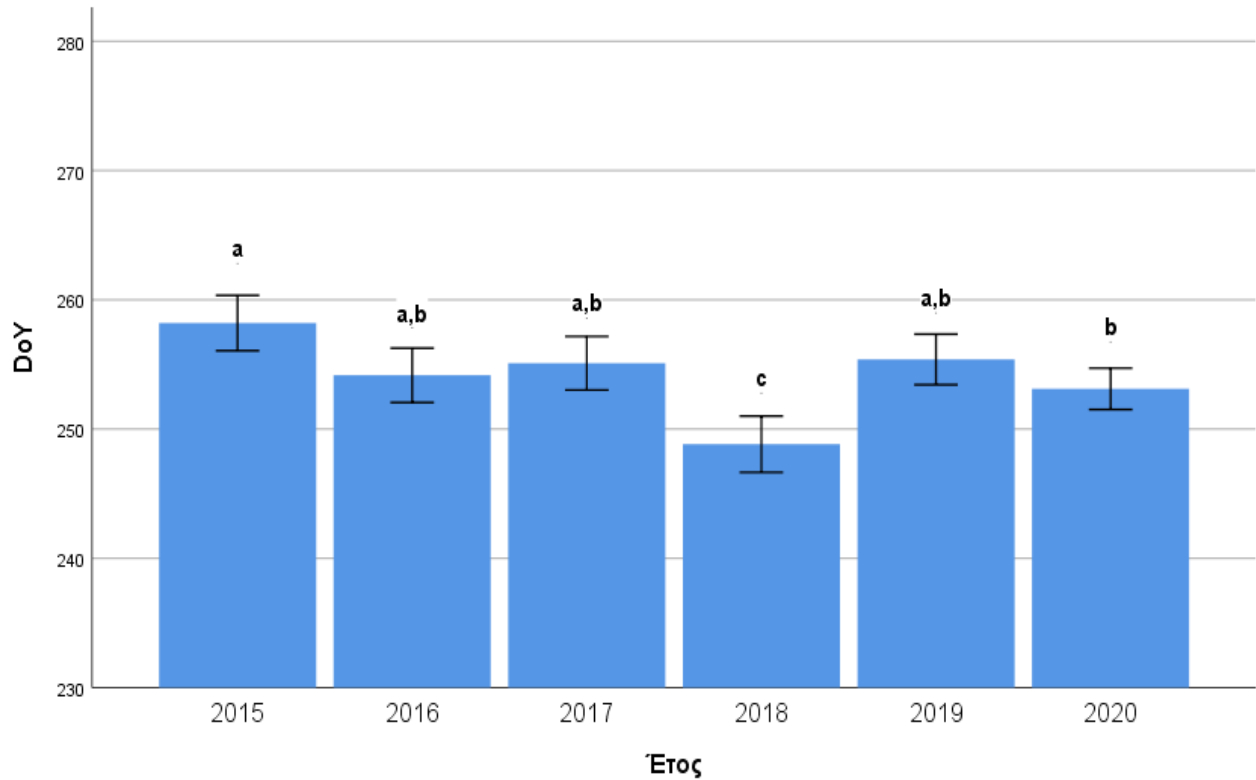
Στην παράγραφο αυτή εξετάζεται η διαφοροποίηση της ωρίμανσης με ανεξάρτητη μεταβλητή τον χρόνο. Για τον σκοπό αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης της ημερομηνίας τρυγητού και της συγκέντρωσης σακχάρων για τα έτη 2015 έως 2020.

**Πίνακας 3.3:** Ανάλυση διακύμανσης ημερομηνίας και συγκέντρωσης σακχάρων τρυγητού με παράγοντα διακύμανσης το έτος. Για επίπεδο σημαντικότητας  $p < 0.05$  υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)						
		Αθροισμα Τετραγώνων	df	Τετράγωνο Μέσου	F	Σημαντικότητα
DOY τρύγου	Μεταξύ Δειγμάτων	1454.733	5	290.947	8.240	<b>0.000</b>
	Εντός δειγμάτων	7273.739	206	35.309		
	Συνολικά	8728.472	211			
Be τρύγου	Μεταξύ Δειγμάτων	7.577	5	1.515	1.754	<b>0.124</b>
	Εντός δειγμάτων	177.949	206	0.864		
	Συνολικά	185.526	211			

Οι ημερομηνίες τρυγητού έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές και μάλιστα το επίπεδο σημαντικότητας είναι  $p < 0.001$ , ενώ η συγκέντρωση σακχάρων κατά τον τρυγητό δεν παρουσιάζει διαφορές ανά τα χρόνια.

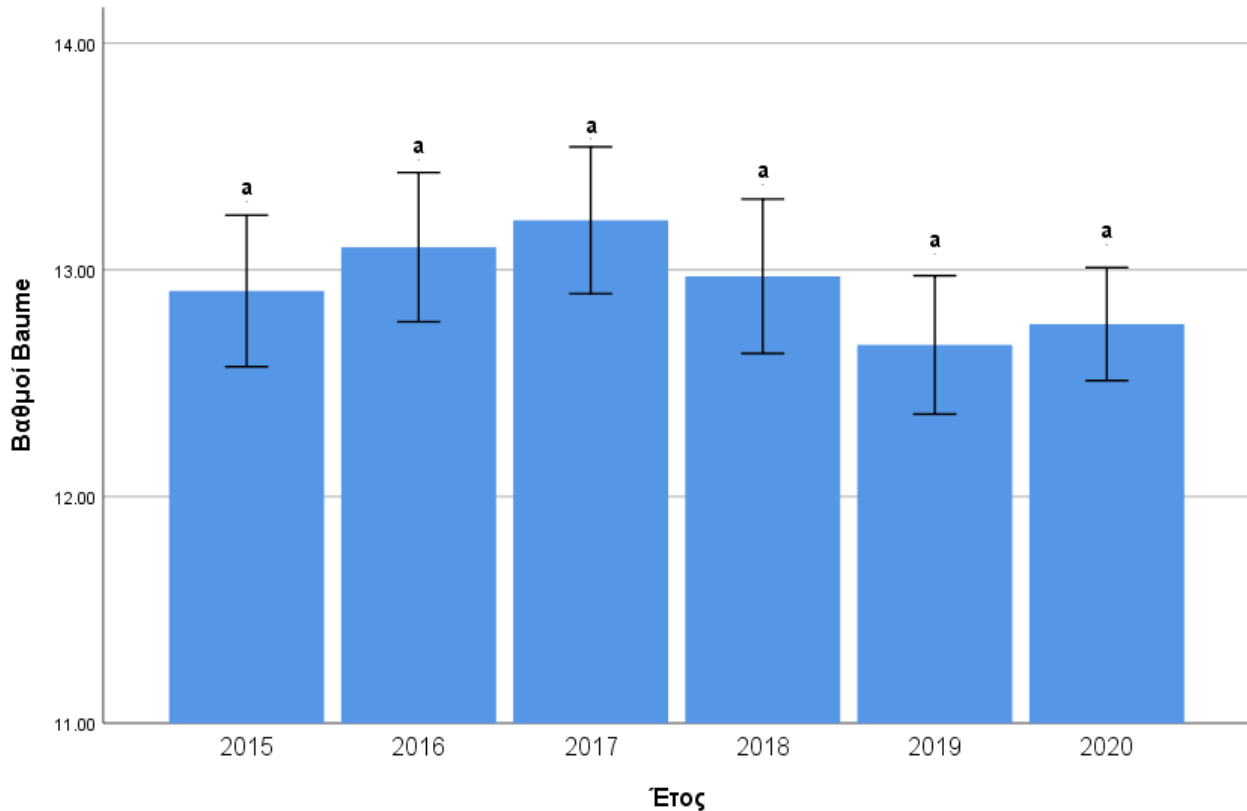
Παρακάτω φαίνονται τα διαγράμματα των μέσων ημερομηνιών και συγκεντρώσεων για κάθε εξεταζόμενο έτος και οι στατιστικά σημαντικές διαφορές τους, όπου υπάρχουν. Οι αναλυτικοί πίνακες των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey HSD test συμπεριλαμβάνονται στο Παράρτημα.



**Διάγραμμα 3.3:** Μέση ημερομηνία τρυγητού ανά έτος. Οι μπάρες δείχνουν το  $\pm$  διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου όρου των τιμών. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ )

Στο παραπάνω διάγραμμα επιβεβαιώνεται ότι ο τρυγητός του 2018 ήταν σημαντικά πιο πρώιμος σε σχέση με τα υπόλοιπα έτη, με βεβαιότητα κατά 95%. Αξίζει να διερευνηθεί με βάση τα κλιματικά στοιχεία η αιτία αυτής της διαφοράς. Υπάρχουν και άλλες στατιστικά σημαντικές διαφορές με τα έτη 2015, 2018 και 2020 να διαφοροποιούνται, ενώ τα υπόλοιπα έτη 2016, 2017 και 2019 δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους.

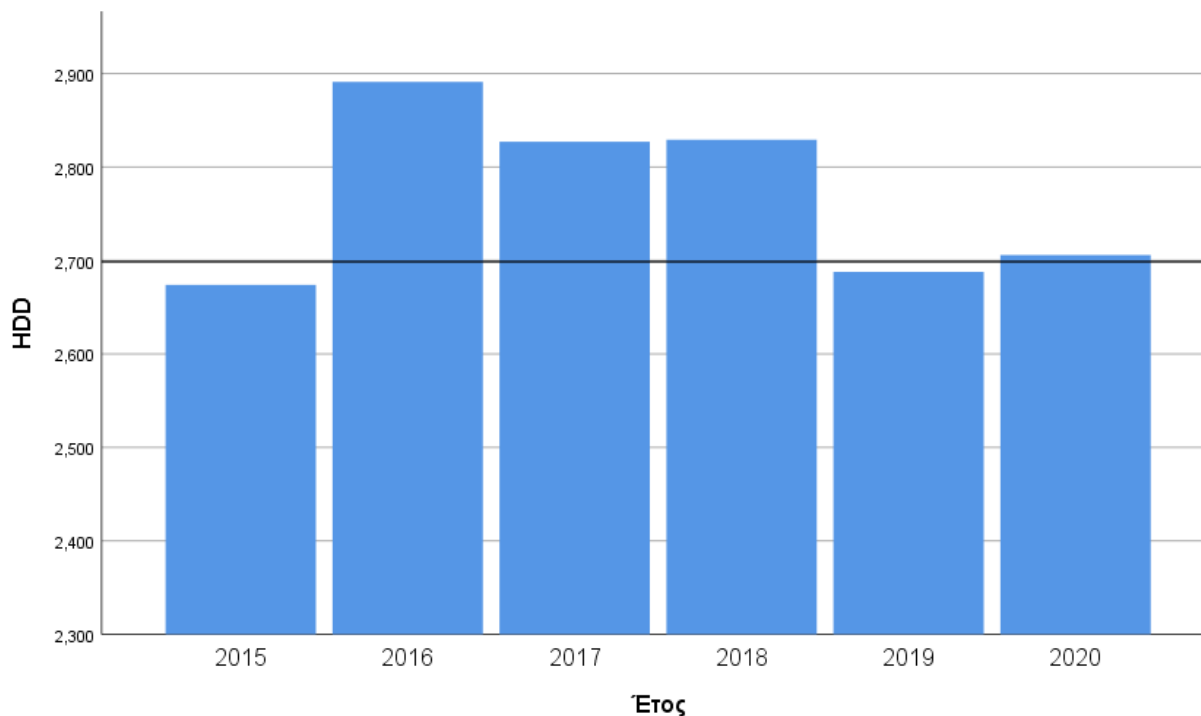
Στον αντίποδα στο Διάγραμμα 3.4 με τις μέσες συγκεντρώσεις σακχάρων ανά έτος δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται στατιστικά λόγω της ύπαρξης σχετικά υψηλού διαστήματος εμπιστοσύνης και από οινολογική πλευρά επιβεβαιώνει ότι στην Νεμέα δεν υπάρχει πρόβλημα ωρίμανσης ως προς τα σάκχαρα οπότε τα οινοποιεία φτάνουν κάθε χρόνο σταθερά την επιθυμητή τεχνολογική ωριμότητα.



**Διάγραμμα 3.4:** Μέση συγκέντρωση σακχάρων κατά τον τρυγητό ανά έτος. Οι μπάρες δείχνουν το  $\pm$  διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου όρου των τιμών. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ )

Στην συνέχεια παρατίθενται οι βιοκλιματικοί δείκτες που υπολογίστηκαν για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα έτη. Τα πρωτογενή μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό στον Συνεταιρισμό της Νεμέας του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών σε υψόμετρο 290m με συντεταγμένες 37.83360° N, 22.65421° E.

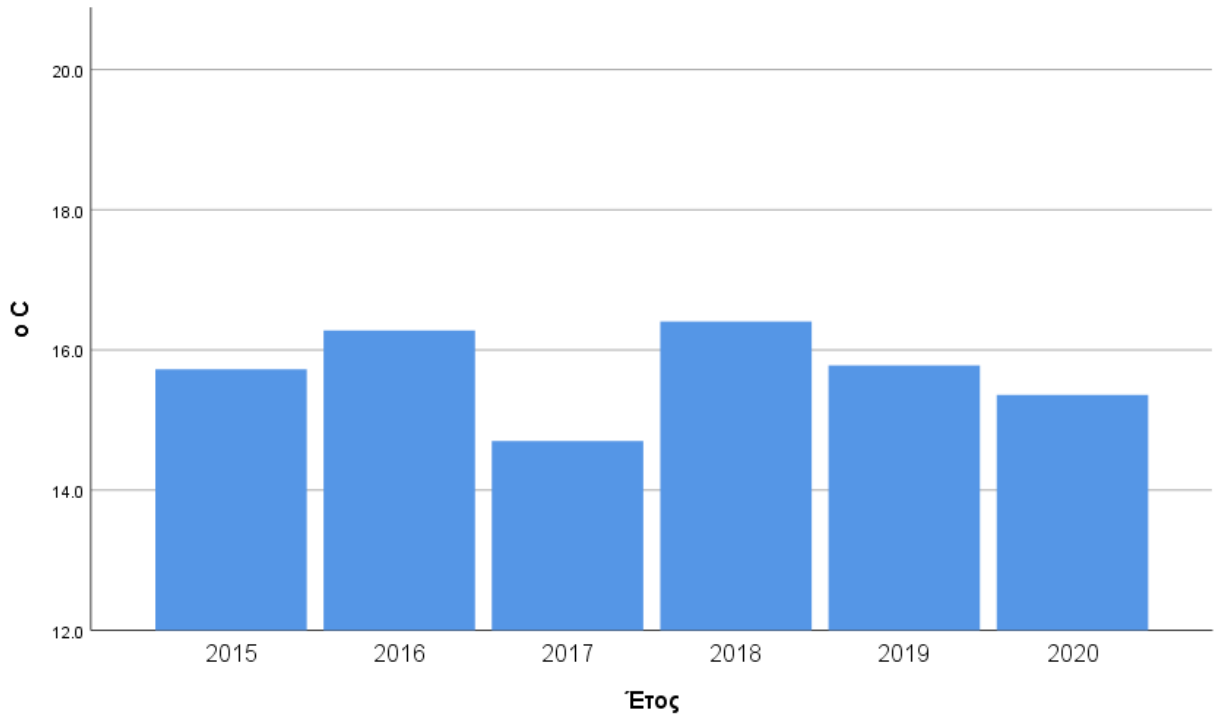
Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.5 ο ηλιοθερμικός δείκτης Huglin για την περιοχή της Νεμέας βρίσκεται σταθερά στην περιοχή τιμών  $HI \approx 2700$ , που σημαίνει ότι το κλίμα της Νεμέας είναι θερμό με τάση προς πολύ θερμό για αμπελοκαλλιέργεια. Μάλιστα, τα έτη 2016-2018 ο δείκτης βρίσκεται στην πολύ θερμή κλάση, γεγονός που καθιστά το μεσο-κλίμα της Νεμέας ευαίσθητο σε περαιτέρω αύξηση της μέσης θερμοκρασία βλαστικής περιόδου. Ωστόσο, η ποικιλία του Αγιωργίτικου είναι πιθανώς μια ποικιλία καλά προσαρμοσμένη στα θερμά κλίματα.



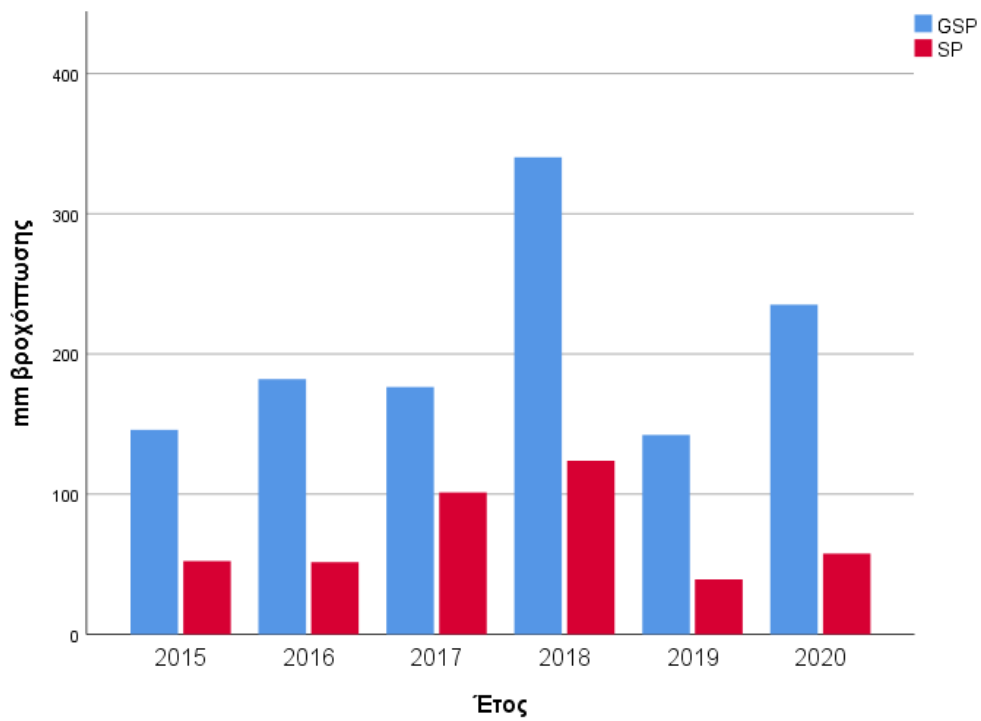
**Διάγραμμα 3.5:** Ηλιοθερμικός δείκτης Huglin ανά έτος για την περιοχή της Νεμέας

Ο δείκτης νυκτερινού δρόσου (Διάγραμμα 3.6) βρίσκεται σταθερά κάτω από τους 18° C που θεωρείται το όριο, όπου οι νύκτες θεωρούνται θερμές. Ο εν λόγω δείκτης έχει υπολογιστεί για την περίοδο 15 Αυγούστου έως 15 Σεπτεμβρίου όπου είναι η μέση περίοδος ωρίμανσης για το Αγιωργίτικο στην Νεμέα και σημαίνει ότι από άποψη νυκτερινής θερμοκρασίας δεν επηρεάζεται ο μεταβολισμός δευτερογενών μεταβολιτών ( αρωματικές και φαινολικές ενώσεις), χωρίς όμως αυτός ο ισχυρισμός να μπορεί να τεκμηριωθεί μέσω των δεδομένων της παρούσας μελέτης.

Από τα δυο αυτά διαγράμματα προκύπτει ότι τα έτη 2016 και 2018 ήταν τα πιο θερμά από τα εξεταζόμενα. Αυτό δικαιολογεί εν μέρει και την σχετική πρωίμηση του τρυγητού κατά το 2018.



**Διάγραμμα 3.6:** Δείκτης νυκτερινού δρόσου (Cool Night Index) ανά έτος για την περιοχή της Νεμέας



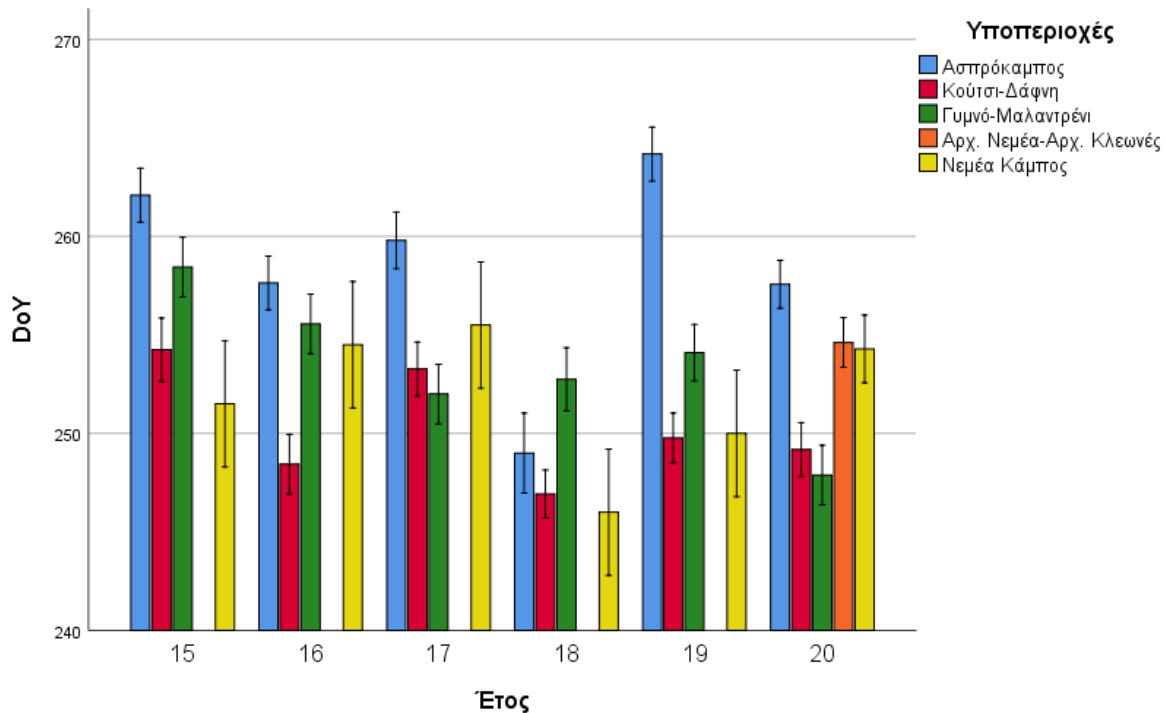
**Διάγραμμα 3.7:** Δείκτες αθροιστικών βροχοπτώσεων βλαστικής περιόδου (GSP, μπλε) και θερινών μηνών (SP, κόκκινο) ανά έτος για την περιοχή της Νεμέας

Οι δείκτες αθροιστικών βροχοπτώσεων βλαστικής περιόδου και θερινών μηνών ανά έτος, όπως παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 3.7, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση του υδατικού στρες στα πρέμνα, καθώς πολλοί από τους εξεταζόμενους αμπελώνες είναι αρδευόμενοι όπως προκύπτει από τα αρχεία του ΟΣΔΕ.

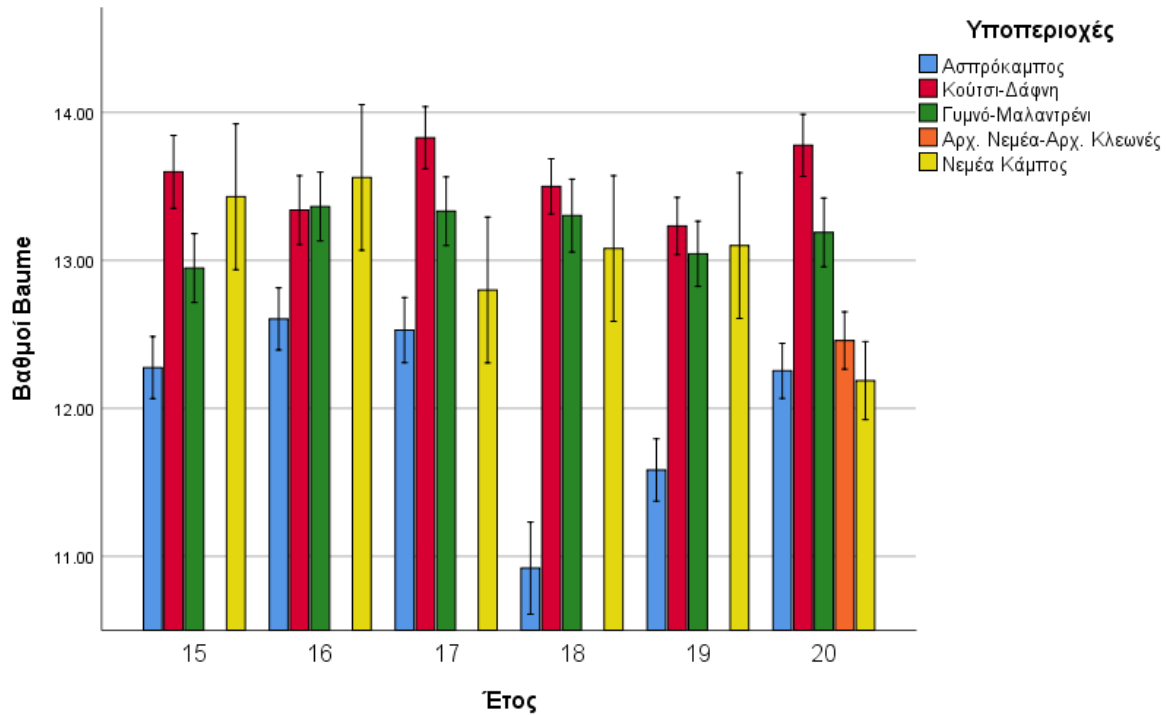
Ωστόσο, φαίνεται μια συσχέτιση των βροχοπτώσεων, ειδικά κατά τους θερινούς μήνες, με την πρωίμηση της περιόδου τρυγητού. Αυτό φαίνεται καθώς το 2018 είχε μακράν τις περισσότερες βροχοπτώσεις και ήταν το πιο πρώιμο έτος με στατιστικά σημαντική διαφορά. Το επόμενο έτος σε όρους πρωιμότητας είναι το 2020, όπου είναι και το 2<sup>ο</sup> σε αθροιστική βροχόπτωση.

Στο επόμενο στάδιο παρουσιάζεται μια προσέγγιση των δεδομένων μέσω της μεθόδου της παραγοντικής ανάλυσης διακύμανσης (Factorial ANOVA). Ο συνδυασμός των παραγόντων διακύμανσης αποτελείται τόσο από το έτος όσο και από τις υποπεριοχές της ζώνης της Νεμέας, όπως αυτές ορίστηκαν νωρίτερα στο τρέχον κεφάλαιο.

Ουσιαστικά, πρόκειται για μια περαιτέρω παραμετροποίηση με σκοπό να πραγματοποιηθεί μια σύνδεση με την χωρική ανάλυση που θα ακολουθήσει σε επόμενη παράγραφο.



**Διάγραμμα 3.8:** Εκτιμώμενη μέση ημερομηνία τρυγητού ανά έτος και ανά υποπεριοχή για την περιοχή της Νεμέας. . Οι μπάρες δείχνουν το  $\pm$  τυπικό σφάλμα του μέσου όρου των τιμών.



**Διάγραμμα 3.9:** Εκτιμώμενη μέση σακχαροπεριεκτικότητα κατά τον τρυγητό ανά έτος και ανά υποπεριοχή για την περιοχή της Νεμέας. . Οι μπάρες δείχνουν το  $\pm$  τυπικό σφάλμα του μέσου όρου των τιμών.

Από τα παραπάνω δυο διαγράμματα είναι φανερό ότι η συνιστώσα της υποπεριοχής παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάλυση της διακύμανσης ανά έτος, ιδιαίτερα μάλιστα στην περίπτωση της συγκέντρωσης σακχάρων όπου κατά την εφαρμογή της μονοπαραγοντικής ANOVA δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Σημειώνεται ότι για την υποπεριοχή Αρχαία Νεμέα – Αρχαίες Κλεωνές δεν υπάρχουν στοιχεία παρά μόνο για το έτος 2020.

Σε δεύτερη ανάγνωση των διαγραμμάτων φαίνεται ότι οι υποπεριοχές δεν ακολουθούν την ίδια τάση μεταβολής ανάμεσα στα έτη, που υποδηλώνει την ύπαρξη πολύ διαφορετικών μικροκλιμάτων εντός της ζώνης ΠΟΠ Νεμέας. Για παράδειγμα, ενώ η υποπεριοχή Γυμνό – Μαλαντρένι έχει μικρή μεταβλητότητα, η περιοχή του Ασπρόκαμπος δείχνει υψηλή μεταβλητότητα τόσο στις ημερομηνίες τρυγητού, όσο και σε επίπεδο συγκέντρωσης σακχάρων. Επισημαίνεται ότι το 2018 ο Ασπρόκαμπος ήταν ταυτόχρονα πολύ πρώιμος και με μη ικανοποιητική μέση τεχνολογική ωρίμανση ( $<11$  °Be). Εν αντιθέσει, η υποπεριοχή Κούτσι – Δάφνη πετυχαίνει σταθερά υψηλές συσσωρεύσεις σακχάρων με μέσο όρο 13.6 Be.

### 3.3 Χωρική ανάλυση

Όπως ήδη αναφέρθηκε στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο, το πρώτο στάδιο της χωρικής ανάλυσης είναι η δημιουργία των ψηφιακών πολυγώνων των αμπελοτεμαχίων στις ακριβείς συντεταγμένες τους (γεωαναφορά). Ωστόσο, λόγω ελλείψεων των αρχείων του ΟΣΔΕ κάποια από τα αμπελοτεμάχια δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστούν επακριβώς (παρά μόνο σε επίπεδο ενότητας). Τα συγκεκριμένα αμπελοτεμάχια δεν λαμβάνονται υπόψιν στο δείγμα της παρούσας ανάλυσης, καθώς δεν ήταν δυνατόν να υπολογιστούν τα τοπολογικά δεδομένα τους. Εντέλει, το μέγεθος του δείγματος διαμορφώνεται σε 48 αμπελοτεμάχια, μειωμένο κατά 10 σε σχέση με την μη χωρική ανάλυση.

Το δείγμα των εξεταζόμενων αμπελοτεμαχίων τροποποιείται με την προσθήκη των τριών τοπολογικών μεταβλητών (υψόμετρο, κλίση και προσανατολισμός) και την ταξινόμησή τους σε κλάσεις, όπως περιγράφεται στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο, καθώς και με τον υπολογισμό της μέσης ημερομηνίας τρυγητού και της μέσης συγκέντρωσης σακχάρων τρυγητού για κάθε αμπελοτεμάχιο.

Παρακάτω φαίνεται η ανάλυση της διακύμανσης των μεταβλητών της ημερομηνίας και της συγκέντρωσης σακχάρων τρυγητού σε σχέση με τις τρεις τοπολογικές μεταβλητές.

**Πίνακας 3.4:** Ανάλυση διακύμανσης ημερομηνίας και συγκέντρωσης σακχάρων τρυγητού με παράγοντες διακύμανσης το υψόμετρο, την κλίση και τον προσανατολισμό. Για επίπεδο σημαντικότητας  $p < 0.05$  υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

ANOVA F-test							
Τοπολογική Μεταβλητή			Αθροισμα Τετραγώνων	df	Τετράγωνο Μέσου	F	Σημαντικότητα
<b>Υψόμετρο</b>	Ημερομηνία Τρυγητού (DOYhar.)	Μεταξύ Δειγμάτων	1849.154	2	924.577	27.14 0	<b>0.000</b>
		Εντός δειγμάτων	6370.556	187	34.067		
		Συνολικά	8219.711	189			
	Συγκέντρωση Σακχάρων Τρυγητού (Be har.)	Μεταξύ Δειγμάτων	68.693	2	34.347	55.10 0	<b>0.000</b>
		Εντός δειγμάτων	116.566	187	0.623		
		Συνολικά	185.259	189			
<b>Κλίση</b>	Ημερομηνία Τρυγητού (DOYhar.)	Μεταξύ Δειγμάτων	1429.841	2	714.920	19.69 0	<b>0.000</b>
		Εντός δειγμάτων	6789.870	187	36.309		
		Συνολικά	8219.711	189			

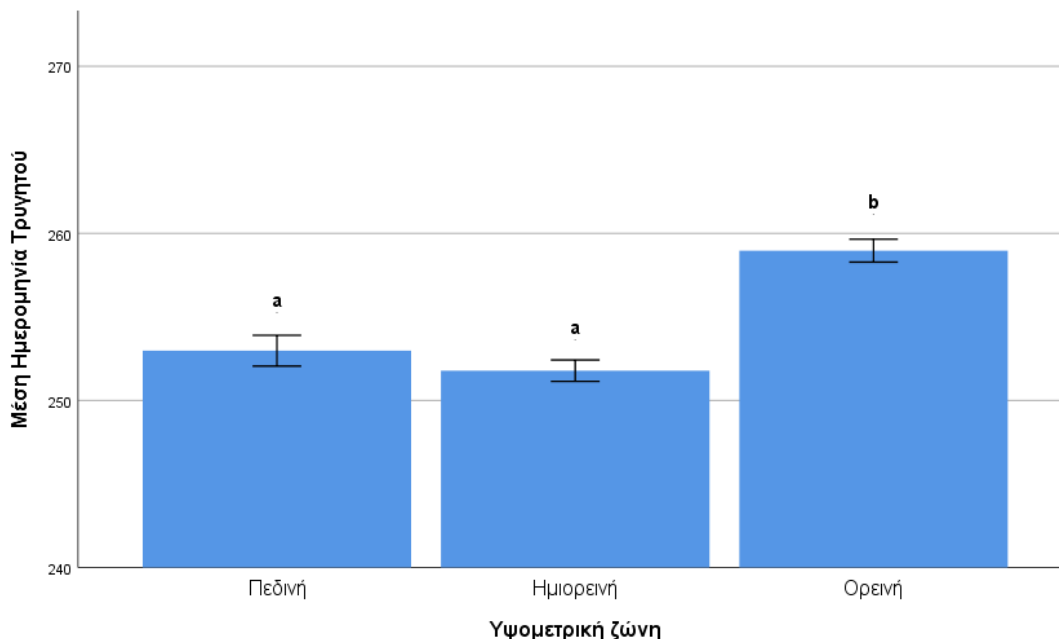


	Συγκέντρωση Σακχάρων Τρυγητού (Behar.)	Μεταξύ Δειγμάτων	25.584	2	12.792	14.98 <sub>1</sub>	<b>0.000</b>
		Εντός δειγμάτων	159.675	187	0.854		
		Συνολικά	185.259	189			
<b>Προσανατολισμός</b>	Ημερομηνία Τρυγητού (DOYhar.)	Μεταξύ Δειγμάτων	1080.029	6	180.005	4.614	<b>0.000</b>
		Εντός δειγμάτων	7139.681	183	39.015		
		Συνολικά	8219.711	189			
	Συγκέντρωση Σακχάρων Τρυγητού (Behar.)	Μεταξύ Δειγμάτων	22.271	6	3.712	4.168	<b>0.001</b>
		Εντός δειγμάτων	162.988	183	0.891		
		Συνολικά	185.259	189			

Εφόσον υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για κάθε μία από τις μεταβλητές, πραγματοποιήθηκε η παραμετρική δοκιμή πολλαπλών συγκρίσεων Tukey's HSD Test για κάθε έναν από τους έξι συνδυασμούς μεταβλητών, ώστε να διερευνηθεί που εντοπίζονται οι διαφορές και ποια ομοιογενή υποσύνολα σχηματίζονται.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα επιμέρους αποτελέσματα με τους αντίστοιχους χάρτες, ώστε να γίνεται αντιληπτή και η πραγματική γεωγραφική κατανομή των διαφορών που προκύπτουν στατιστικά.

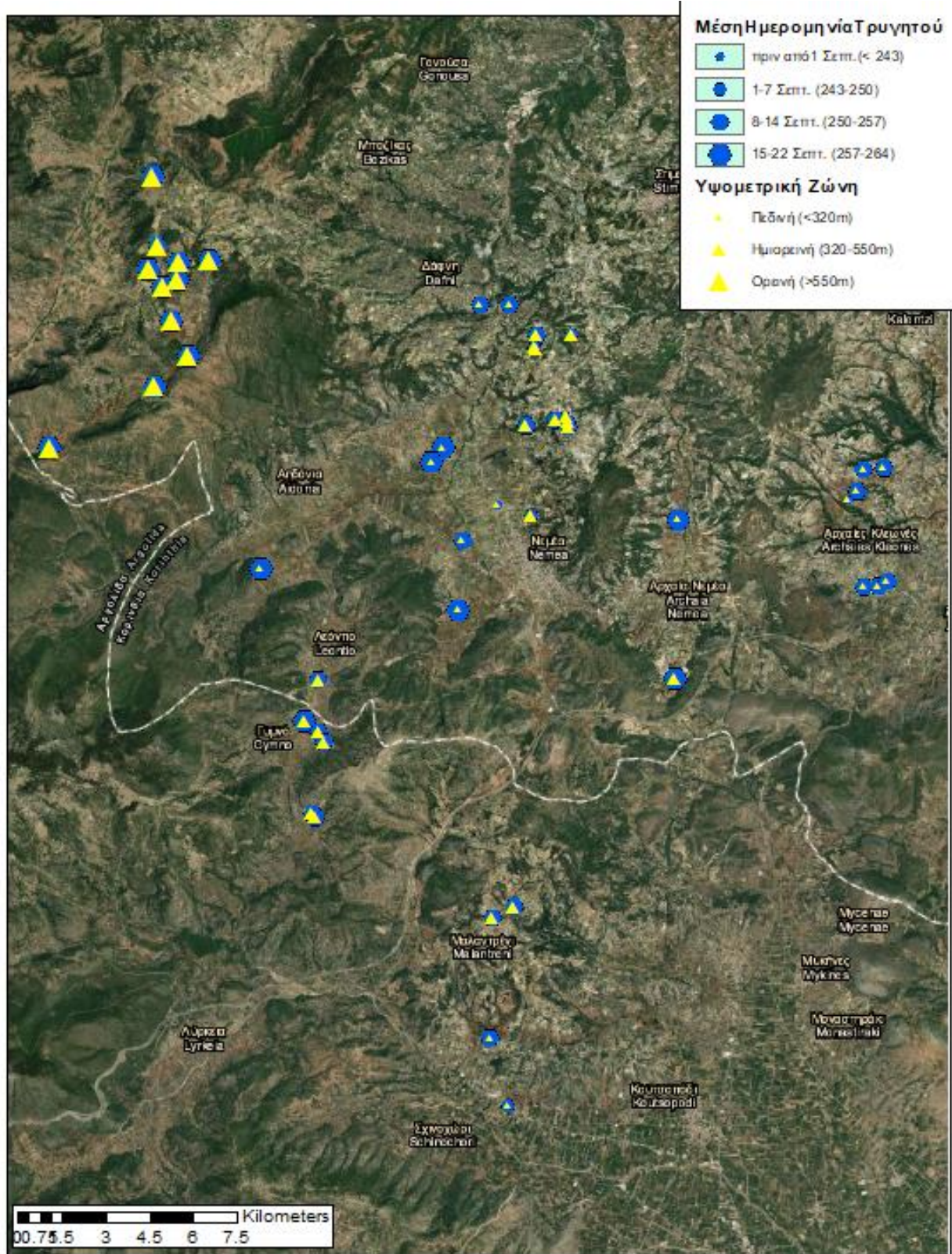
### Ανάλυση της ημερομηνίας τρυγητού ως προς τοπολογικές μεταβλητές



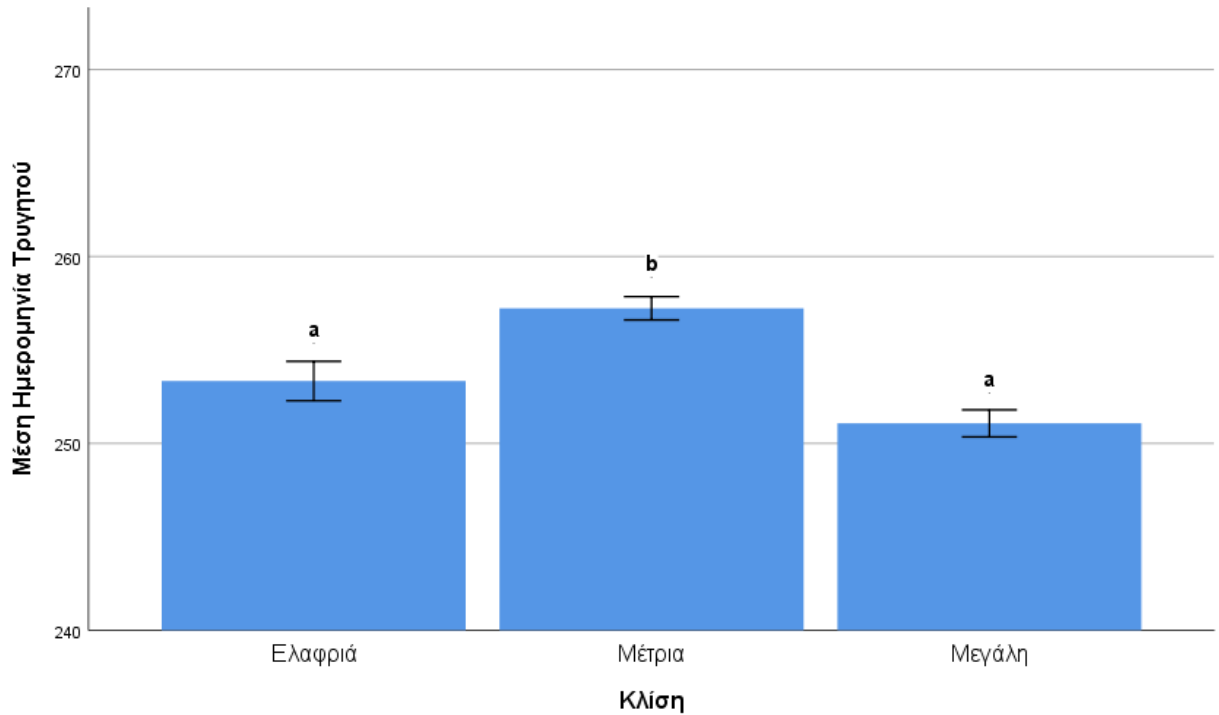
**Διάγραμμα 3.10:** Μέση ημερομηνία τρυγητού συναρτήσει της υψομετρικής ζώνης. Οι μπάρες δείχνουν το  $\pm$  τυπικό σφάλμα του μέσου όρου των τιμών. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ )

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η ορεινή ζώνη της Νεμέας είναι στατιστικά πιο όψιμη (περιοχή Ασπρόκαμπου, Εικόνα 3.2) και ακολουθεί η ημιορεινή (περιοχές Κούτσι και Γυμνό), γεγονός αναμενόμενο λόγω της συσχέτισης της οψιμότητας με το υψόμετρο. Ωστόσο, η μεγαλύτερη ανομοιογένεια παρατηρείται στην πεδινή ζώνη όπου υπάρχουν από αμπελοτεμάχια εξαιρετικά πρώιμα έως με μέση ημερομηνία τρυγητού παρόμοια με της ορεινής ζώνης. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να διερευνηθούν άλλοι τοπολογικοί παράγοντες που να εξηγούν την ανομοιογένεια αυτή και να ληφθεί υπόψιν η ύπαρξη παραγόντων όπως οι ασθένειες της αμπέλου που όμως ξεφεύγουν από τις παραμέτρους της παρούσας μελέτης.

Γενικά, το συντριπτικό ποσοστό των εξεταζόμενων αμπελοτεμαχίων τρυγούνται κατά μέσο όρο εξαιτίας μέσα σε διάστημα τριών εβδομάδων από 1<sup>η</sup> έως 22<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου.



**Εικόνα 3.2:** Χάρτης απεικόνισης της μέσης ημερομηνίας τρυγητού (κόκκινο πεντάγωνο) και της υψομετρικής ζώνης (κίτρινο τρίγωνο) για αμπελοτεμάχια της περιοχής ΠΟΠ Νεμέας

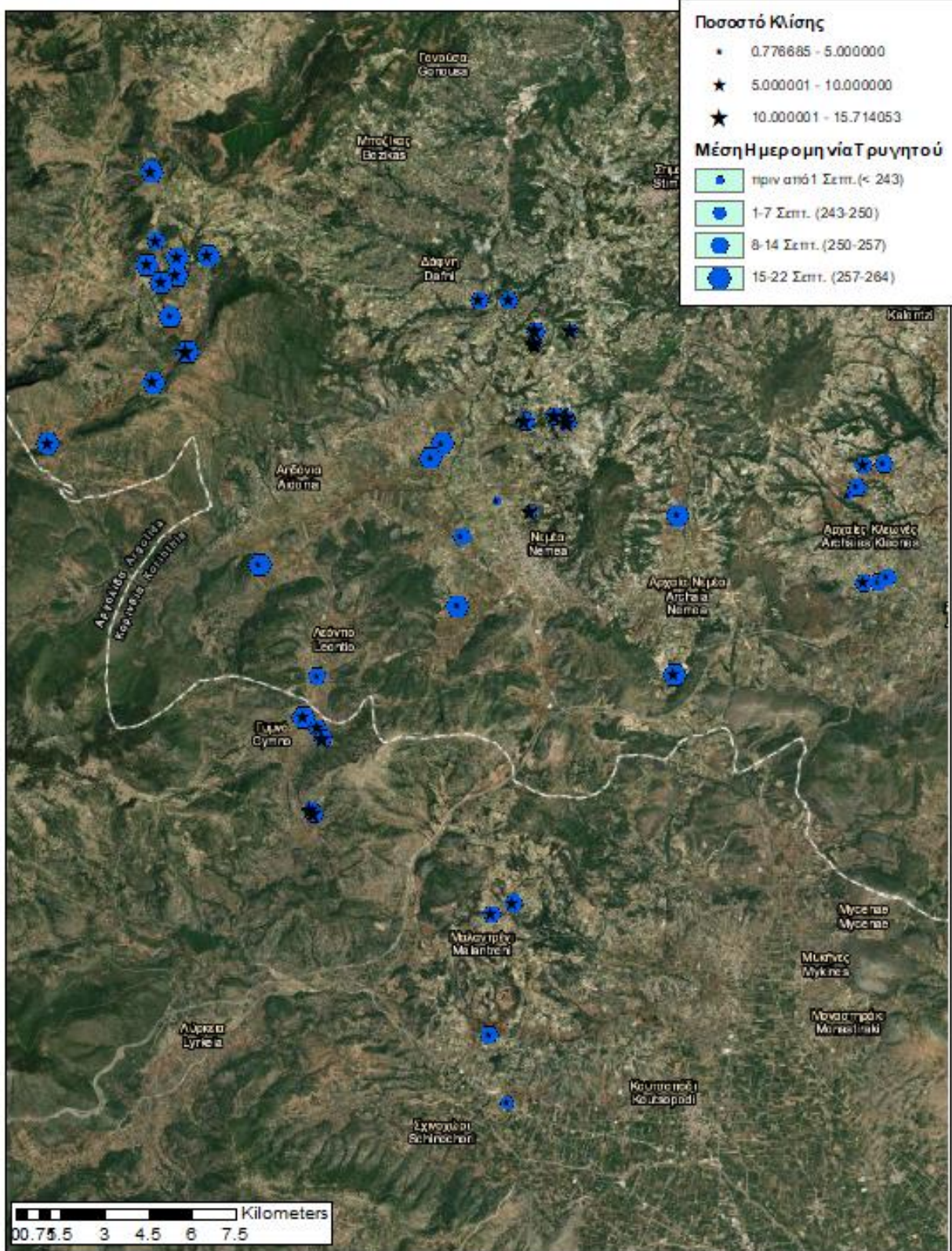


**Διάγραμμα 3.11:** Μέση ημερομηνία τρυγητού συναρτήσει της κλίσης. Οι μπάρες δείχνουν το  $\pm$  τυπικό σφάλμα του μέσου όρου των τιμών. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ )

Σχετικά με την εξάρτηση της πρωιμότητας με το ποσοστό κλίσης παρατηρούμε στο διάγραμμα 3.11 ότι τα αμπελοτεμάχια με ποσοστό κλίσης 5 -10% είναι στατιστικά οψιμότερα σε σχέση με τις άλλες δυο κλάσεις.

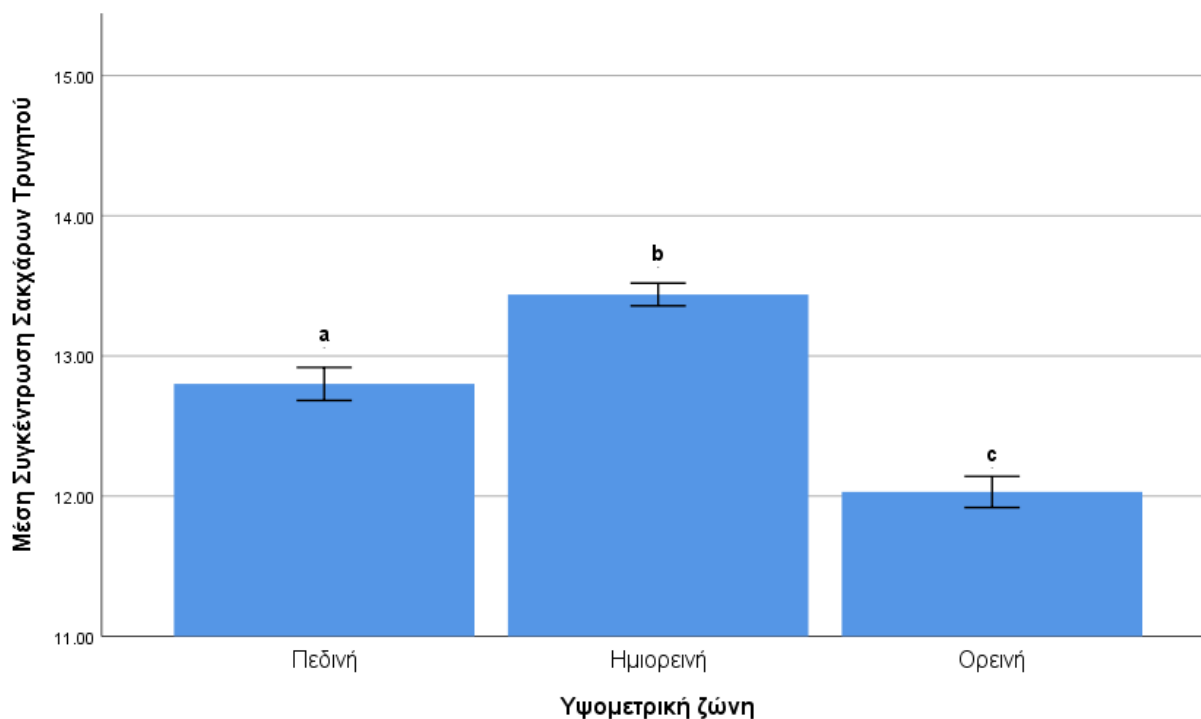
Μάλιστα, στην περιοχή του Ασπρόκαμπου το ποσοστό κλίσης δεν φαίνεται να επιδρά σημαντικά στην ημερομηνία τρυγητού. Αντίθετα στις υπόλοιπες υποπεριοχές φαίνεται να υπάρχει μια συσχέτιση ανάμεσα στο ποσοστό κλίσης και της πρωιμότητα του αμπελώνα. Ωστόσο, αυτή η υπόθεση θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω μέσω στατιστικών συσχετίσεων.

Οι αναλυτικοί πίνακες με τις πολλαπλές συγκρίσεις και το Tukey' HSD test εμπεριέχονται στο Παράρτημα.



**Εικόνα 3.3:** Χάρτης απεικόνισης της μέσης ημερομηνίας τρυγητού (κόκκινο πεντάγωνο) και του ποσοστού κλίσης (μαύρο αστέρι) για αμπελοτεμάχια της περιοχής ΠΟΠ Νεμέας

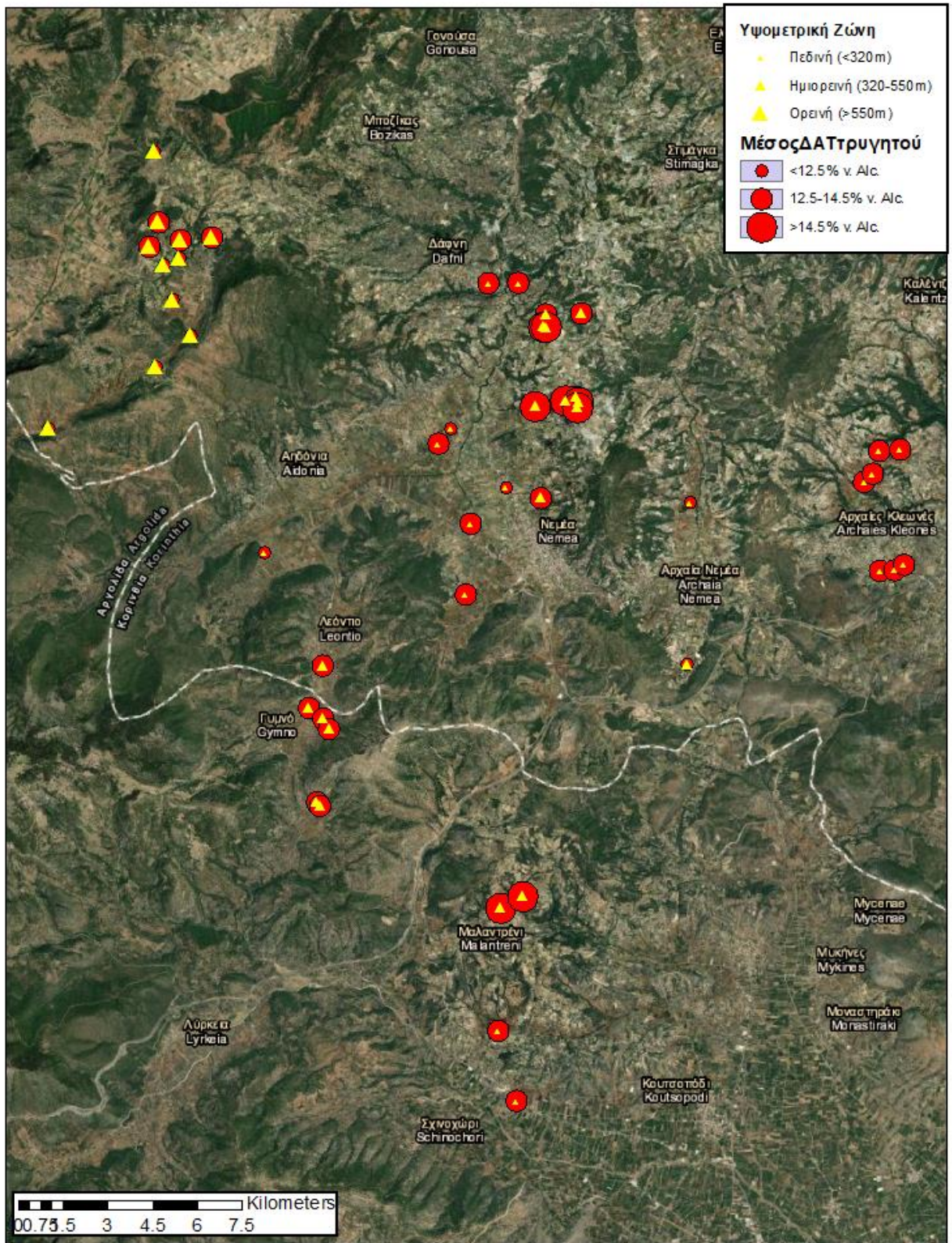
### Ανάλυση της συγκέντρωσης σακχάρων κατά τον τρυγητό ως προς τοπολογικές μεταβλητές



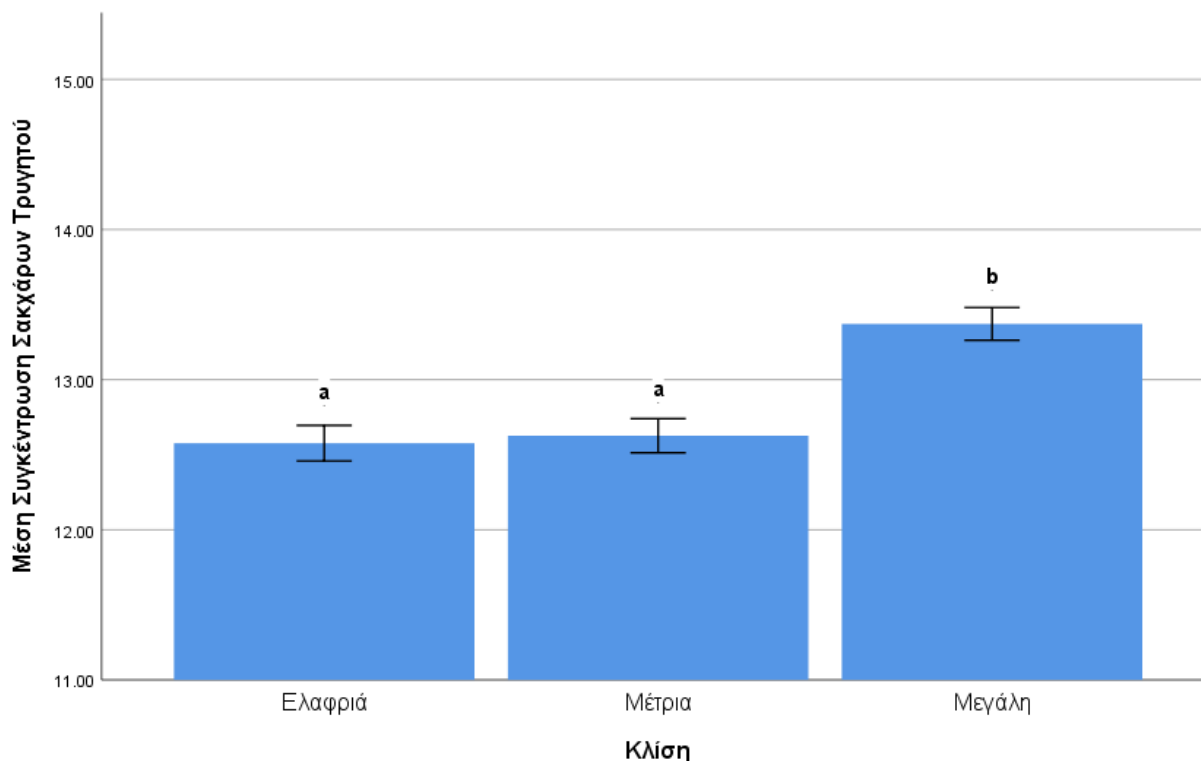
**Διάγραμμα 3.12:** Μέση Συγκέντρωση σακχάρων κατά τον τρυγητό συναρτήσει της υψομετρικής ζώνης. Οι μπάρες δείχνουν το  $\pm$  τυπικό σφάλμα του μέσου όρου των τιμών. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ )

Στο παραπάνω διάγραμμα 3.12 παρατηρείται ότι τα αμπελοτεμάχια διαφέρουν στατιστικά και για τις τρεις υψομετρικές ζώνες ως προς την μέση συγκέντρωση σακχάρων κατά τον τρυγητό. Στον χάρτη που ακολουθεί η σακχαροπεριεκτικότητα έχει εκφραστεί ως δυναμικός αλκοολικός τίτλος για την διευκόλυνση του αναγνώστη.

Ειδικότερα, για την ορεινή περιοχή σημειώνεται ο χαμηλότερος μέσος όρος γύρω στα 12 Baume, όπου στον χάρτη φαίνεται ότι η περιοχή του Ασπρόκαμπου έχει αρκετά αμπελοτεμάχια που θα έδιναν οίνους με χαμηλό αλκοολικό τίτλο. Έπειτα, η ημιορεινή περιοχή σημειώνει την υψηλότερη μέση σακχαροπεριεκτικότητα. Εντούτοις εντοπίζονται φαινόμενα οριακής υπερωρίμανσης ειδικά στην περιοχή του Κουτσίου και στο Μαλαντρένι. Χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση για την δικαιολόγηση των φαινομένων υπό και υπερωρίμανσης που εντοπίζονται τοπικά.



**Εικόνα 3.4:** Χάρτης απεικόνισης της μέσης συγκέντρωσης σακχάρων κατά τον τρυγητό (κόκκινος κύκλος) και της υψομετρικής ζώνης (κίτρινο τρίγωνο) για αμπελοτεμάχια της περιοχής ΠΟΠ Νεμέας



**Διάγραμμα 3.13:** Μέση Συγκέντρωση σακχάρων κατά τον τρυγητό συναρτήσει της κλίσης. Οι μπάρες δείχνουν το  $\pm$  τυπικό σφάλμα του μέσου όρου των τιμών. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ )

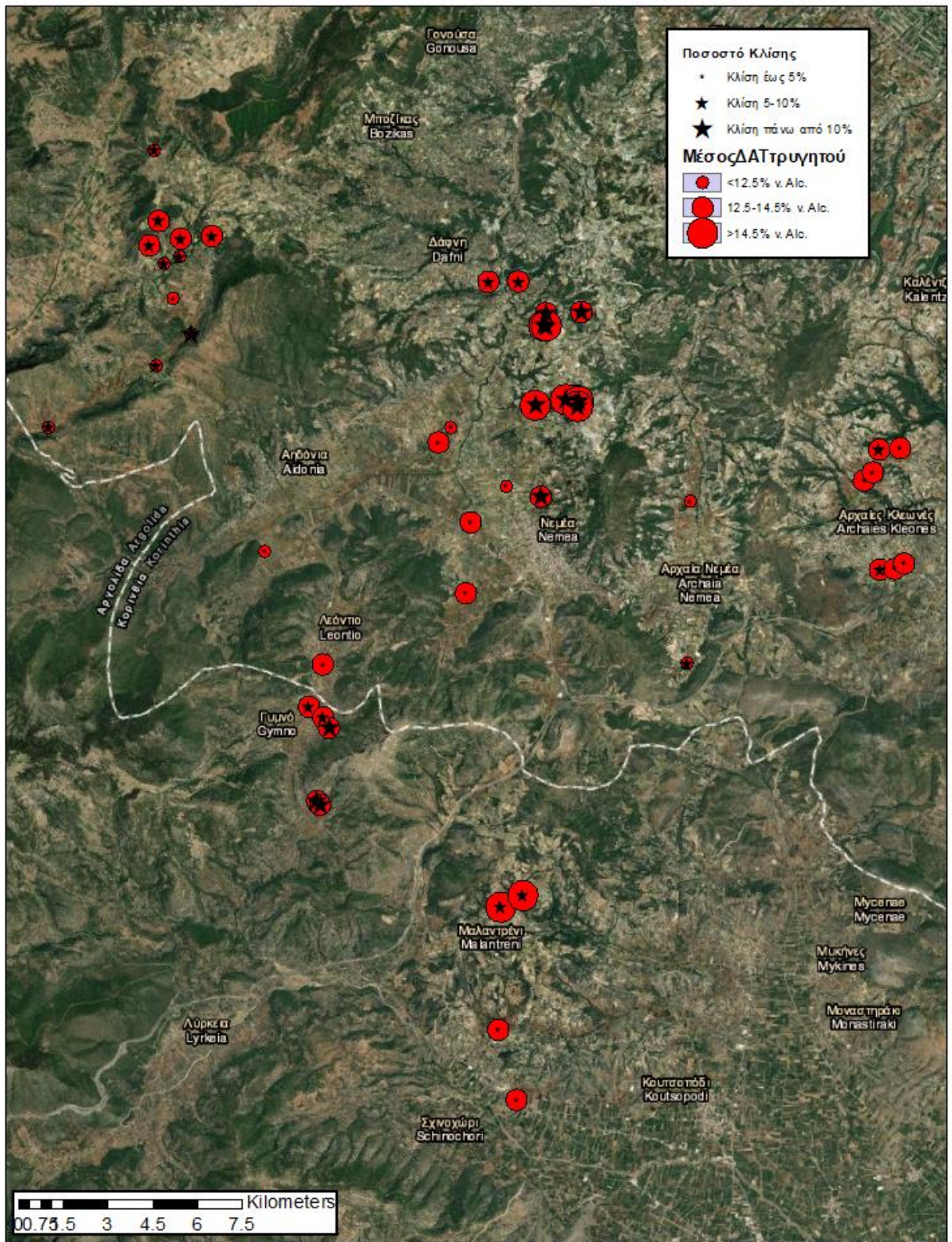
Σύμφωνα με το διάγραμμα 3.13, η μεγάλη κλίση (πάνω από 10%) δίνει και μεγαλύτερη συγκέντρωση σακχάρων με στατιστικά σημαντική διαφορά. Το γεγονός αυτό συμβαδίζει με την βιβλιογραφία περί ωρίμανσης της αμπέλου όπου η μεγάλη κλίση δίνει και μεγαλύτερη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία και καλύτερη διακύμανση της ακτινοβολίας που οδηγούν σε δυνατότητα μεγαλύτερης συγκέντρωσης σακχάρων.

Το παραπάνω βιβλιογραφικό συμπέρασμα έχει μεγαλύτερη ισχύ σε ορεινές περιοχές, όπως φαίνεται και στον χάρτη της εικόνας 3.5 για την περιοχή του Ασπρόκαμπου όπου οι μεγαλύτερες κλίσεις δίνουν υψηλότερους αλκοολικούς τίτλους, ενώ τα αμπέλια με μικρή κλίση δίνουν οριακά μη ικανοποιητικούς τίτλους, τουλάχιστον για οίνους ΠΟΠ Νεμέα.

Στην περιοχή του Κουτσίου (ημιορεινή ζώνη), φαίνεται ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεγάλων κλίσεων (πάνω από 10%) με τους πολύ υψηλούς αλκοολικούς τίτλους (πάνω από 14,5% vol).

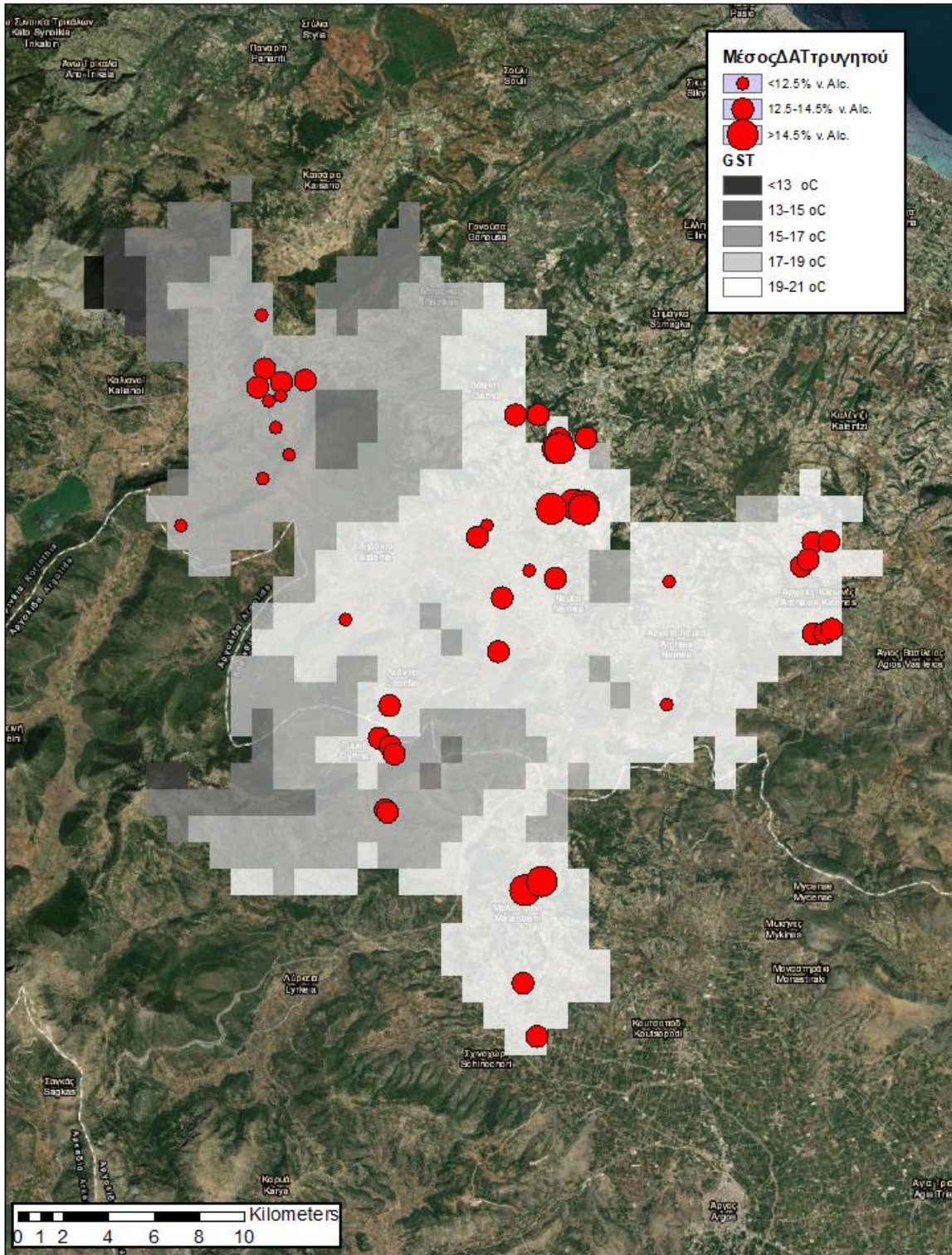
Στις υπόλοιπες περιοχές οι συσχετίσεις με το ποσοστό κλίσης φαίνεται να είναι ασθενέστερες.



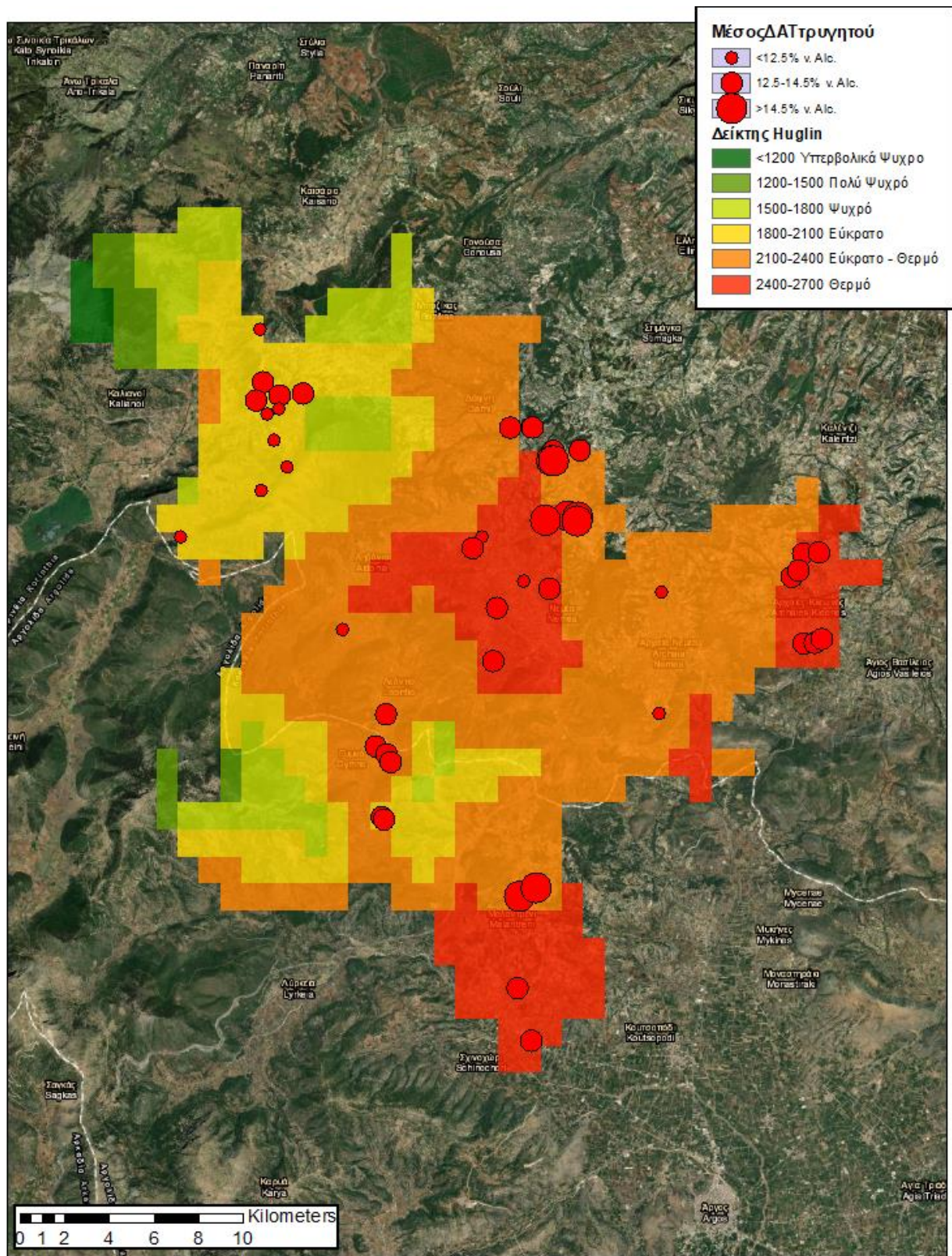


**Εικόνα 3.5:** Χάρτης απεικόνισης της μέσης συγκέντρωσης σακχάρων κατά τον τρυγητό (κόκκινος κύκλος) και του ποσοστού κλίσης (μαύρο αστέρι) για αμπελοτεμάχια της περιοχής ΠΟΠ Νεμέας

**Ανάλυση της συγκέντρωσης σακχάρων κατά τον τρυγητό ως προς βιοκλιματικούς δείκτες θερμοκρασίας**



**Εικόνα 3.6:** Χάρτης απεικόνισης της μέσης συγκέντρωσης σακχάρων κατά τον τρυγητό (κόκκινος κύκλος) και του δείκτη GST σε μορφή ψηφιδωτού για αμπελοτεμάχια της περιοχής ΠΟΠ Νεμέας



**Εικόνα 3.7:** Χάρτης απεικόνισης της μέσης συγκέντρωσης σακχάρων κατά τον τρυγητό (κόκκινος κύκλος) και του δείκτη Huglin σε μορφή ψηφιδωτού για αμπελοτεμάχια της περιοχής ΠΟΠ Νεμέας

Από τους παραπάνω χάρτες φαίνεται ότι η βορειοδυτική πλευρά της ζώνης ΠΟΠ, στον Ασπρόκαμπο και προς τα όρια με την Στυμφαλία είναι σαφώς ψυχρότερη, όπως επίσης και στους λόφους γύρω από το γυμνό. Οι θερμότερες υποπεριοχές περιλαμβάνουν τον κάμπο της Νεμέας, τις Αρχαίες Κλεωνές και την περιοχή ανάμεσα στο Μαλαντρένι και το Σχινοχώρι.

Ως προς τα εξεταζόμενα αμπελοτεμάχια ανήκουν σε ένα εύρος 17-21 °C για τον δείκτη GST και φαίνεται να υπάρχει υψηλή συσχέτιση του δείκτη με το υψόμετρο των αμπελώνων. Όσο αφορά την κλιματική ταξινόμηση βάσει Huglin, τα αμπελοτεμάχια ανήκουν σε τρεις κλάσεις, από εύκρατο στον Ασπρόκαμπο έως θερμό στις πιο πεδινές περιοχές.

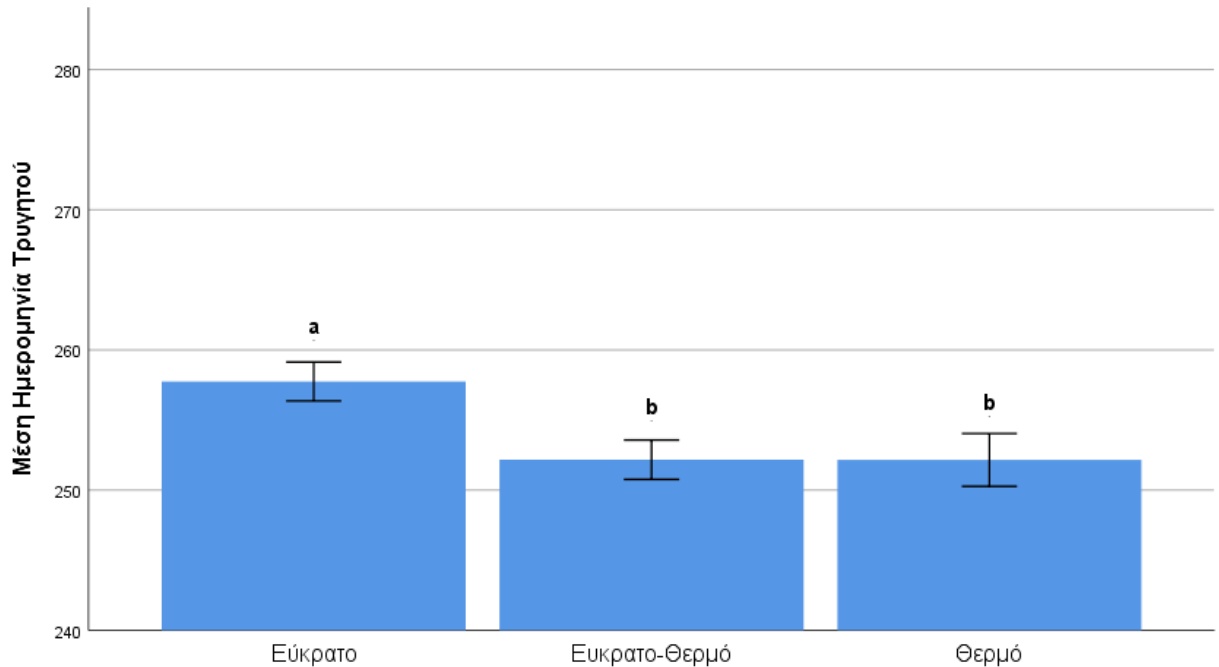
Ωστόσο, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποιο ξεκάθαρο μοτίβο μεταξύ του μέσου ΔAT κατά τον τρυγητό και της κατανομής των παραπάνω δεικτών. Το μόνο που μπορεί να παρατηρηθεί είναι το γεγονός ότι οι πολύ υψηλοί ΔAT (>14,5% vol) εντοπίζονται κυρίως στην κλάση εύκρατο προς θερμό κατά Huglin (2100-2400).

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατανομές των δεικτών στα εικονιζόμενα ψηφιδωτά έχουν προκύψει από μοντέλα μετρήσεων για την περίοδο 1970-2000 και αν συγκρίνουμε με τον υπολογισμό του δείκτη Huglin από σημειακές μετρήσεις στον κάμπο της Νεμέας για τα έτη 2015-2020, όπως παρουσιάζονται στην προηγούμενη παράγραφο (Διάγραμμα 3.5) φαίνεται μια τάση οι θερμή περιοχή του κάμπου να εξελίσσεται σε πολύ θερμή (2700-3000). Θα πρέπει να διερευνηθεί αν την τάση αυτή την ακολουθούν και οι υπόλοιπες περιοχές της ζώνης.

**Πίνακας 3.5:** Ανάλυση διακύμανσης ημερομηνίας και συγκέντρωσης σακχάρων τρυγητού με παράγοντες τον δείκτη Huglin. Για επίπεδο σημαντικότητας  $p < 0.05$  υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

<b>ANOVA F-test</b>						
		Αθροισμα Τετραγώνων	df	Τετράγωνο Μέσου	F	Σημαντικότητα
Ημερομηνία Τρυγητού (DOYhar.)	Μεταξύ Δειγμάτων	1352.285	2	676.143	18.411	<b>0.000</b>
	Εντός δειγμάτων	6867.425	187	36.724		
	Συνολικά	8219.711	189			
Συγκέντρωση Σακχάρων Τρυγητού (Be har.)	Μεταξύ Δειγμάτων	51.593	2	25.796	36.089	<b>0.000</b>
	Εντός δειγμάτων	133.666	187	0.715		
	Συνολικά	185.259	189			

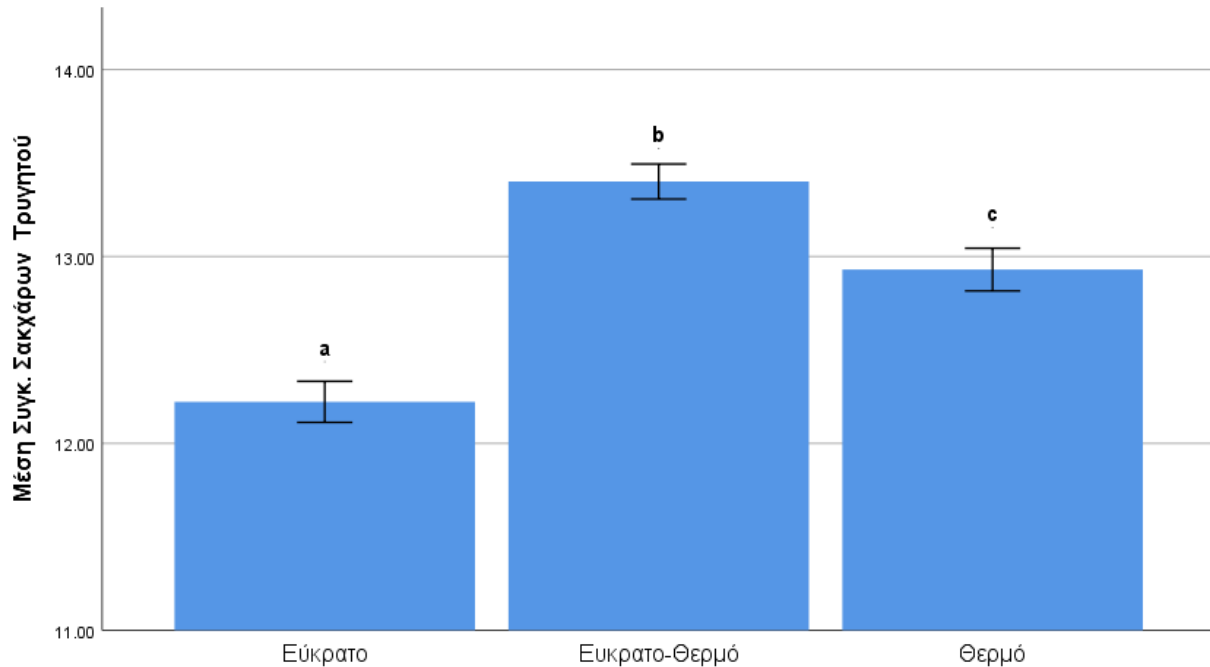
Υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές και στην ημερομηνία τρυγητού και στην συγκέντρωση σακχάρων για τα αμπελοτεμάχια που ανήκουν στις διαφορετικές κλιματικές κλάσεις κατά Huglin. Οι διαφορές εντοπίζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν.



**Διάγραμμα 3.14:** Μέση ημερομηνία τρυγητού συναρτήσει του δείκτη Huglin. Οι μπάρες δείχνουν το  $\pm$  τυπικό σφάλμα του μέσου όρου των τιμών. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ )

Η εύκρατη κλάση είναι μια περίπου μια βδομάδα πιο όψιμη κατά μέσο όρο, ενώ οι δυο θερμότερες κλάσεις έχουν παρόμοιες μέσες ημερομηνίες τρυγητού.

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει το ιστόγραμμα των μέσων συγκεντρώσεων σακχάρων με τον δείκτη Huglin, καθώς κάθε κλάση παρουσιάζει στατιστικά διαφορές με τις υπόλοιπες. Μάλιστα, η ενδιάμεση κλάση παρουσιάζει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από την θερμή, γεγονός που θα μπορούσε να εξηγηθεί βάσει μερικής ανάσχεσης του μεταβολισμού της αμπέλου και ισοπέδωση του ρυθμού συσσώρευσης σακχάρων σε μέρες με πολύ ψηλές θερμοκρασίες στις θερμές υποπεριοχές της Νεμέας.



**Διάγραμμα 3.15:** Μέση Συγκέντρωση σακχάρων κατά τον τρυγητό συναρτήσει του δείκτη Huglin. Οι μπάρες δείχνουν το  $\pm$  τυπικό σφάλμα του μέσου όρου των τιμών. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ )

### **Γραμμικές Συσχετίσεις κατά Pearson**

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι συντελεστές γραμμικής συσχέτισης κατά Pearson για όλες τις μεταβλητές που εξετάστηκαν κατά την χωρική ανάλυση των δεδομένων της παρούσας μελέτης.

Ως προς την ημερομηνία τρυγητού, με στατιστική σημαντικότητα, εντοπίζεται ασθενής θετική συσχέτιση ( 0.369) με το υψόμετρο και ασθενείς αρνητικές συσχετίσεις με τους βιοκλιματικούς δείκτες για την θερμοκρασία (-0.371) για τον δείκτη Huglin και (-0.390) για τον GST.

Η συγκέντρωση σακχάρων κατά τον τρυγητό έχει ασθενείς στατιστικά σημαντικές θετικές συσχετίσεις με το ποσοστό κλίσης του εδάφους (0.304) και τους δείκτες Huglin και GST, (0.365) και (0.372) αντίστοιχα.

Σημειώνεται ότι προκύπτουν πολύ ισχυρές αρνητικές συσχετίσεις του υψομέτρου με τους δυο βιοκλιματικούς δείκτες Huglin (-0.948) και GST (-0.977). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την άμεση εξάρτηση του υψομέτρου με την πτώση της μέσης θερμοκρασίας.

**Πίνακας 3.6:** Συντελεστές γραμμικής συσχέτισης κατά Pearson. Τα \*\* δηλώνουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση ( $p < 0.01$ )

		Ημερομηνία Τρυγητού	Συγκ. Σακχάρων Τρυγ.	Υψόμετρο	Κλίση	HI	GST
Ημερομηνία Τρυγητού	Pearson Correlation	1	<b>-.284**</b>	<b>.369**</b>	-.189**	-.371**	<b>-.390**</b>
	Sig. (2- tailed)		0.000	0.000	0.009	0.000	0.000
	N	190	190	190	190	190	190
Συγκ. Σακχάρων Τρυγ.	Pearson Correlation	-.284**	1	<b>-.363**</b>	<b>.304**</b>	<b>.365**</b>	<b>.372**</b>
	Sig. (2- tailed)	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
	N	190	190	190	190	190	190
Υψόμετρο	Pearson Correlation	.369**	-.363**	1	.225**	<b>-.948**</b>	<b>-.977**</b>
	Sig. (2- tailed)	0.000	0.000		0.002	0.000	0.000
	N	190	190	190	190	190	190
Κλίση	Pearson Correlation	-.189**	.304**	.225**	1	-.272**	-.244**
	Sig. (2- tailed)	0.009	0.000	0.002		0.000	0.001
	N	190	190	190	190	190	190
HI	Pearson Correlation	-.371**	.365**	-.948**	-.272**	1	.978**
	Sig. (2- tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
	N	190	190	190	190	190	190
GST	Pearson Correlation	-.390**	.372**	-.977**	-.244**	.978**	1
	Sig. (2- tailed)	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	
	N	190	190	190	190	190	190

### 3.4 Προσέγγιση σε επίπεδο υποπεριοχών

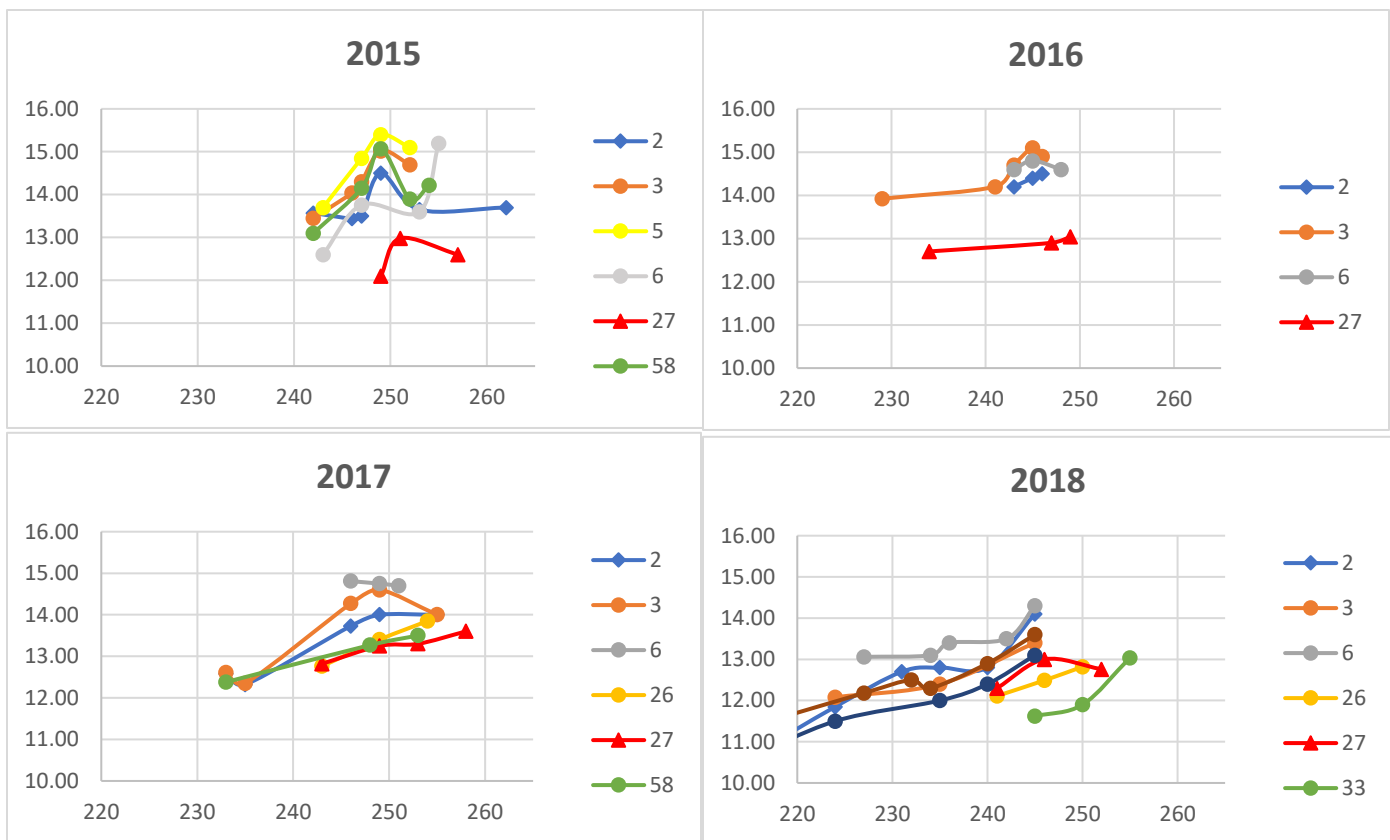
Σε αυτή την παράγραφο γίνεται εστίαση σε δυο υποπεριοχές, Κούτσι και Γυμνό – Μαλαντρένι, για τις οποίες υπάρχουν δεδομένα εξέλιξης της ωρίμανσης ανά έτος για ορισμένα αμπελοτεμάχια.

#### Αμπελοτεμάχια στο Κούτσι - Δάφνη



**Εικόνα 3.8:** Χάρτης αμπελοτεμαχίων στην υποπεριοχή Κούτσι-Δάφνη με απεικόνιση υψομετρικής ζώνης. Απεικονίζεται ο μοναδικός για κάθε αμπελοτεμάχιο αριθμός Parcel ID, που χρησιμοποιήθηκε κατά την διαδικασία ανωνυμοποίησης





**Διάγραμμα 3.16:** Διαγράμματα εξέλιξης σακχαροπεριεκτικότητας (σε βαθμούς Baume) συναρτήσει ημερομηνίας δειγματοληψίας (εκφρασμένο σε DoY) για τα έτη 2016-2018 για αμπελοτεμάχια από την περιοχή του Κουτσίου

Γενικά, για κάθε ένα από τα έτη 2015 – 2018 για την υποπεριοχή του Κουτσίου καταγράφονται τιμές σακχάρων πολύ υψηλές, που υποδηλώνουν πιθανή ασύγχρονη φαινολική ωρίμανση και προσπάθεια καθυστέρησης της ημερομηνίας τρυγητού. Το φαινόμενο πτώσης της συγκέντρωσης των σακχάρων σταφυλής, μπορεί να δικαιολογηθεί ή από ανομοιογένεια στον τρόπο δειγματοληψίας ή ειδικά στις περιπτώσεις που είναι πιο έντονο από πιθανή σταφιδοποίηση των υπερώριμων σταφυλών υπό καθεστώς υδατικού στρες. Παρακάτω συγκεντρώνονται σε ένα πίνακα το έτος φύτευσης, η ύπαρξη άρδευσης και τοπολογικές μεταβλητές για κάθε τεμάχιο.

Για το 2015, λαμβάνοντας υπόψιν το Διάγραμμα 3.6, όπου ήταν οι χαμηλότερες βροχοπτώσεις για τα εξεταζόμενα έτη μπορεί να δικαιολογηθεί η μεγάλη πτώση στην συγκέντρωση σακχάρων από σταφιδοποίηση κατά την αναμονή απόκτησης της επιθυμητής φαινολικής ωρίμανσης στα αμπελοτεμάχια 2 και 58, που δεν είναι ποτιστικά. Εν αντιθέσει, η πτώση της σακχαροπεριεκτικότητας στα αρδύσιμα αμπελοτεμάχια είναι σαφώς μικρότερη (5 και 27). Το αμπελοτεμάχιο 6 φαίνεται σαφώς να έχει μεγαλύτερη παραγωγικότητα, αλλά δεν υπάρχουν περαιτέρω στοιχεία για αυτό.

Το 2016 ήταν αρκετά πρώιμο, που επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι μετρήθηκε η υψηλότερη τιμή του δείκτη Huglin κατά το 2016, σχεδόν 2900 (Διάγραμμα 3.5). Οι κλίσεις από τις γραμμές εξέλιξης σακχαροπεριεκτικότητας υποδηλώνουν ισοπέδωση του ρυθμού ωρίμανσης και φωτοσύνθεσης.

Το 2017 φαίνεται ότι τα αμπελοτεμάχια τρυγήθηκαν στο πλατώ της αύξησης των σακχάρων που σημαίνει πιο ομαλή πορεία ωρίμανσης και πιθανώς καλύτερο συγχρονισμό φαινολικής ωριμότητας.

Το 2018 είναι το πιο πρώιμο από τα εξεταζόμενα έτη και παρουσιάζει και τις περισσότερες βροχοπτώσεις. Η διαφορά στις βροχοπτώσεις φαίνεται να οδήγησε το σύνολο των αμπελοτεμαχίων σε αυξημένο ρυθμό συσσώρευσης σακχάρων που σε συνδυασμό με την σχετική πρωίμηση υποδεικνύει μεγάλη πιθανότητα χαμηλής φαινολικής ωρίμανσης.

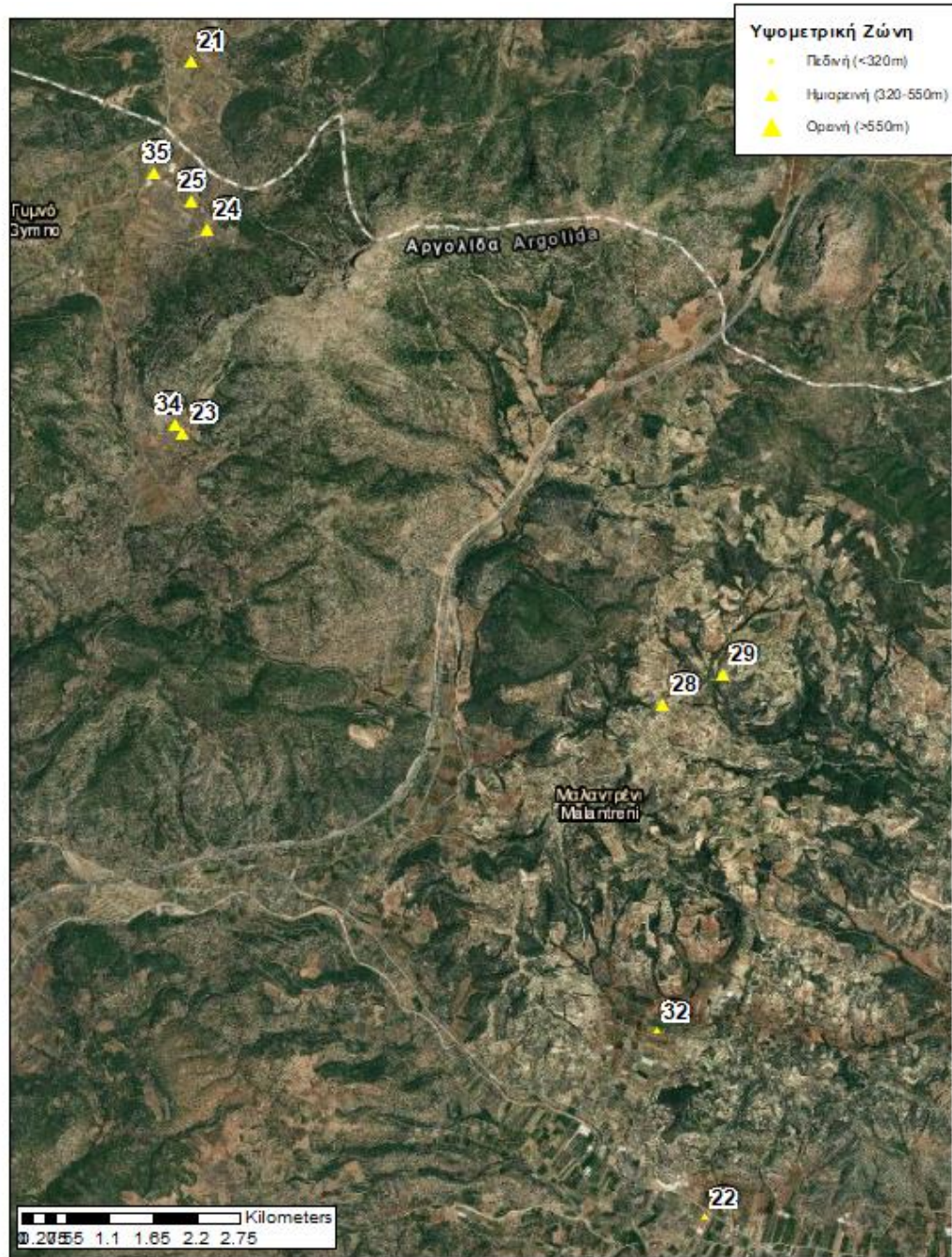
**Πίνακας 3.7:** Ύπαρξη άρδευσης, έτος φύτευσης και τοπολογικά στοιχεία για τα αμπελοτεμάχια με δεδομένα εξέλιξης ωρίμανσης στην περιοχή του Κουτσίου

Parcel_ID	Άρδευση	Έτος Φύτευσης	Υψόμετρο	Ποσ. Κλίσης
2	όχι	1998	479	11.2
3	-	-	481	12.4
5	ναι	1996	384	14.2
6	-	-	-	-
26	όχι	1998	336	14.3
27	ναι	1996	349	13.0
58	όχι	1998	454	15.7

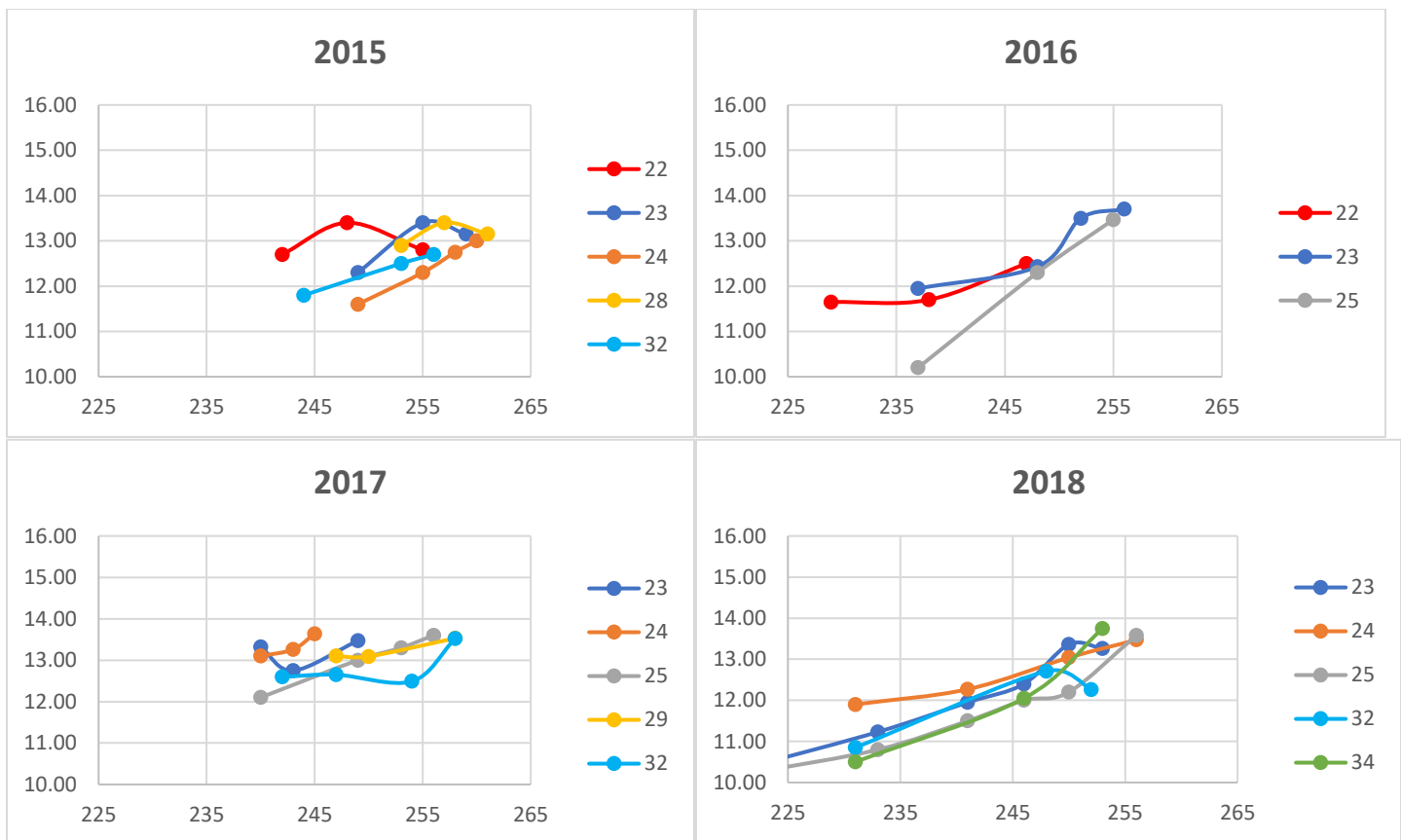
Τα αμπελοτεμάχια που παρουσιάστηκαν έχουν σχετική ομοιογένεια ως προς το υψόμετρο, το ποσοστό κλίσης και τα έτη φύτευσης.

Τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν είναι σαφώς ελλιπή για ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων ωστόσο δείχνουν μια τάση για επιμήκυνση της περιόδου ωρίμανσης, λόγω γρήγορης συσσώρευσης σακχάρων από τις υψηλές θερμοκρασίες κατά την περίοδο ωρίμανσης. Πιθανώς, η επιμήκυνση αυτή να έχει ως στόχο την επίτευξη της ζητούμενης φαινολικής ωριμότητας για ένα οίνο ΠΟΠ Νεμέα, θυσιάζοντας μέρος της οξύτητας, η οποία είναι ευκολότερο να διορθωθεί σε οινολογικό επίπεδο. Επίσης φαίνεται ότι ο περιοριστικός παράγοντας για την σχετική πρωίμηση της χρονιάς είναι το ύψος των βροχοπτώσεων, όπως φαίνεται από το έτος 2018.

### Αμπελοτεμάχια στο Γυμνό - Μαλαντρένι



**Εικόνα 3.9:** Χάρτης αμπελοτεμαχίων στην υποπεριοχή Γυμνό-Μαλαντρένι με απεικόνιση υψομετρικής ζώνης. Απεικονίζεται ο μοναδικός για κάθε αμπελοτεμάχιο αριθμός Parcel ID, που χρησιμοποιήθηκε κατά την διαδικασία ανωνυμοποίησης



**Διάγραμμα 3.16:** Διαγράμματα εξέλιξης σακχαροπεριεκτικότητας (σε βαθμούς Baume) συναρτήσει ημερομηνίας δειγματοληψίας (εκφρασμένο σε DoY) για τα έτη 2016-2018 για αμπελοτεμάχια από την περιοχή του Γυμνού και Μαλαντρένι

Γενικά, τα αμπελοτεμάχια με διαθέσιμα δεδομένα ωρίμανσης για την περιοχή Γυμνό – Μαλαντρένι παρουσιάζουν διαφορετική εικόνα ωρίμανσης σε σχέση με την περιοχή του Κουτσίου. Παρατηρούνται σχετικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις σακχάρων και πιο όψιμοι τρυγητοί. Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.8 υπάρχει ανομοιογένεια στα αμπελοτεμάχια στο Γυμνό και στο Μαλαντρένι, τόσο στην υψομετρική ζώνη όσο και στην τάξη του ποσοστού κλίσης, που μεταφράζεται σε διαφορετικό μέσο και μικρο-κλίμα για τα αμπελοτεμάχια 22 και 32.

**Πίνακας 3.8:** Ύπαρξη άρδευσης, έτος φύτευσης και τοπολογικά στοιχεία για τα αμπελοτεμάχια με δεδομένα εξέλιξης ωρίμανσης στην περιοχή Γυμνό και Μαλαντρένι

Parcel_ID	Άρδευση	Έτος Φύτευσης	Υψόμετρο	Ποσ. Κλίσης
22	ναι	2007	96	1.8
23	όχι	1998	524	10.2
24	όχι	1998	465	11.1
25	όχι	1998	420	9.4
28	-	-	397	8.0
29	-	-	355	5.6
32	ναι	1998	133	1.9
34	όχι	2013	527	10.6

Στο 2015, παρατηρείται και εδώ το φαινόμενο μείωσης των σακχάρων αλλά με πολύ μικρότερη ένταση, που πιθανώς υποδηλώνει σαφώς μικρότερο υδατικό στρες για τα μη αρδευόμενα αμπελοτεμάχια (23 και 24) και αρκετά ψυχρότερο μικρο-κλίμα. Ειδικά, τα αμπελοτεμάχια 24 και 32 φαίνεται να έχουν μεγάλη παραγωγικότητα, κρίνοντας από το ρυθμό συσσώρευσης σακχάρων.

Το 2016, το αμπελοτεμάχιο 22 που είναι πεδινό φαίνεται πιο πρώιμο σχεδόν κατά 10 ημέρες σε σχέση με το 2015, ενώ τα αμπελοτεμάχια στο Γυμνό δεν έχουν μεγάλη διαφορά στην πρωίμηση αλλά παρουσιάζουν τελείως διαφορετικό ρυθμό συσσώρευσης σακχάρων. Τα στοιχεία αυτά φαίνεται να επιβεβαιώνουν τον χάρτη της εικόνας 3.7, όπου βάσει του δείκτη Huglin φαίνεται ότι γύρω από την περιοχή του Γυμνού υπάρχουν ψυχρότερες περιοχές που ίσως επηρεάζουν το μεσο-κλίμα της περιοχής και το κάνουν αυθεκτικότερο στην αύξηση της θερμοκρασίας.

Το 2017, φαίνεται κάποια από τα αμπελοτεμάχια του γυμνού να είναι αισθητά πιο πρώιμα (23 και 24) ακόμα και σε σχέση με αμπέλια από το Μαλαντρένι (32). Ωστόσο, δεν υπάρχουν στοιχεία που να δικαιολογούν την παρέκκλιση αυτή και ο ρυθμός συσσώρευσης σακχάρων κατά τον τρυγητό υποδηλώνει συγχρονη φαινολική ωρίμανση.

Το 2018, φαίνεται να ήταν χρονιά αυξημένης παραγωγικότητας και υψηλού ρυθμού συσσώρευσης σακχάρων κατά τον τρυγητό για ορισμένα αμπέλια (24, 25 και 34), που υποδηλώνει ασθενή φαινολική ωρίμανση.

Η ομαδοποίηση της περιοχής του Γυμνού με αυτή γύρω από το Μαλαντρένι γίνεται μόνο για λόγους γεωγραφικής εγγύτητας, ωστόσο φαίνεται ότι οι δυο περιοχές διαφέρουν τόσο στις κλιματικές ταξινομήσεις όσο και στους τοπολογικούς παράγοντες. Τα παραπάνω συνηγορούν στην υπόθεση ότι έχουν διαφορετικό μεσο-κλίμα και πιθανώς παράγουν και οίνους με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Συνολικά για την περιοχή του Γυμνού, φαίνεται να υπάρχει μια σταθερότητα τόσο ως προς την πρωίμηση όσο και ως προς την συσσώρευση σακχάρων.

Τα δεδομένα δεν είναι αρκετά ώστε να πραγματοποιηθεί ανάλυση διακύμανσης και περαιτέρω στατιστική επεξεργασία. Τέλος, τα δεδομένα για τις υπόλοιπες περιοχές δεν ήταν αρκετά για να γίνει προσέγγιση της πορείας ωρίμανσης.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Συμπεράσματα – Συζήτηση

Στόχος της παρούσας μελέτης υπήρξε η διερεύνηση της διαφοροποίησης της ωρίμανσης αμπελοτεμαχίων της ζώνης Π.Ο.Π. της Νεμέας. Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε βασίζεται στην επεξεργασία ιστορικών στοιχείων και αρχείων από οινοποιεία της Νεμέας για τα έτη 2015 έως 2020. Η περίοδος αυτή επιλέχθηκε, καθώς ήταν η μεγαλύτερη δυνατή χρονική περίοδος όπου μπορούσε να πραγματοποιηθεί αξιόπιστη στατιστική επεξεργασία βάσει των δεδομένων που συλλέχθηκαν.

Λόγω εγγενών δυσκολιών κατά την συλλογή των δεδομένων από τα οινοποιεία, για την ωρίμανση των αμπελιών αξιολογείται ως μεταβλητή ουσιαστικά η σακχαροπεριεκτικότητα κατά τον τρυγητό και η αντίστοιχη ημερομηνία που προκύπτει για κάθε έτος. Για τα υπόλοιπα παραδοσιακά μετρούμενα μεγέθη κατά την ωρίμανση της αμπέλου, όπως ενεργή οξύτητα, συγκέντρωση τρυγικού/μηλικού οξέος και χρωματικά χαρακτηριστικά, τα δεδομένα υπήρξαν ανεπαρκή για επεξεργασία, οπότε δεν αξιολογούνται στην παρούσα μελέτη. Συνεπώς, ο όρος ωρίμανση χρησιμοποιείται διασταλτικά για την περιγραφή μέρους της τεχνολογικής ωρίμανσης. Ωστόσο, η μελέτη αυτή παραμένει πρωτότυπη επειδή προσεγγίζει την διαφοροποίηση στην ωρίμανση για μεγάλο αριθμό αμπελοτεμαχίων και για μεγάλο χρονικό εύρος.

Τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάστηκαν σε δυο κύριους άξονες. Ο ένας άξονας ακολουθεί την χωρική ανάλυση, κατ' ουσίαν χρονική και ο άλλος την χωρική.

Από την διακύμανση της μέσης ημερομηνίας τρυγητού ως προς το έτος φαίνεται ότι το 2018 ήταν ο πιο πρώιμος τρυγητός ενώ το 2015 ο πιο όψιμος με στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.05$ ). Το μοτίβο της πρώιμης ανά έτος συμπίπτει με αυτό των αθροιστικών βροχοπτώσεων. Παρατηρείται ότι τα έτη με το μεγαλύτερο ύψος των βροχοπτώσεων, ειδικά των καλοκαιρινών, είτε το 2018 και το 2020, είναι τα πιο πρώιμα. Αντίθετα, η διακύμανση της μέσης συσσώρευσης σακχάρων κατά τον τρυγητό δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές ανά έτος. Αυτό εν μέρει είναι αναμενόμενο, καθώς η θερμοκρασία, που είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας για την συσσώρευση σακχάρων στην ράγα είναι σταθερά υψηλή κάθε χρόνο κατά την περίοδο ωρίμανσης κατά μέσο όρο στην περιοχή της Νεμέας.

Εμβαθύνοντας όμως, όταν συνυπολογίζεται ο παράγοντας της υποπεριοχής στην ανάλυση της διακύμανσης της σακχαροπεριεκτικότητας και της ημερομηνίας τρυγητού ανά έτος, σημειώνονται ιδιαίτερα σημαντικές διαφορές ανά υποπεριοχή. Όσον αφορά την ημερομηνία τρυγητού, φαίνεται πως οι επιμέρους μεταβολές ανά υποπεριοχή δεν ακολουθούν όλες το ίδιο μοτίβο σε κάθε τρυγητό. Ισχυρό παράδειγμα αυτού του ισχυρισμού αποτελεί το έτος 2018 όπου συνολικά ήταν στατιστικώς σημαντικά πιο πρώιμο, όμως η διαφορά αυτή δεν φαίνεται στην υποπεριοχή του Γυμνού όπου δεν έχει σχετική πρώιμηση.

Στην περίπτωση της συσσώρευσης σακχάρων, είναι αξιοσημείωτο ότι ενώ στο σύνολο της περιοχής της Νεμέας δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε επίπεδο υποπεριοχών υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις. Ιδιαίτερα για τον Ασπρόκαμπο φαίνεται ότι η επίδραση των καιρικών φαινομένων είναι μεγαλύτερη και ότι ανά χρονιές παρατηρούνται ιδιαίτερα χαμηλές συγκεντρώσεις σακχάρων, με ελάχιστο το 2018 με μέση συγκέντρωση σακχάρων τρυγητού  $\approx 10.9$  Be. Εν αντιθέσει, η υποπεριοχή του Κουτσίου – Δάφνης παρουσιάζει χαμηλή διακύμανση και σημειώνει σε όλα τα εξεταζόμενα έτη υψηλές συσσωρεύσεις σακχάρων με μέσο όρο 13.6 Be. Τα παραπάνω ευρήματα συνηγορούν στην ύπαρξη διαφορετικών μεσοκλιμάτων στην ευρύτερη περιοχή της Νεμέας και επιπροσθέτως ότι τα μεσοκλίματα αυτά δείχνουν διαφορετικές τάσεις μεταβολής στην επίδραση της χρονιάς (vintage effect). Ωστόσο, η έλλειψη αναλυτικών κλιματικών δεδομένων σε κάθε υποπεριοχή δεν επιτρέπει την εξαγωγή ασφαλών

συμπερασμάτων για τα μεσοκλίματα της ζώνης της Νεμέας, παρά μόνο την διατύπωση ενδείξεων για την κάθε υποπεριοχή στο τέλος του παρόντος κεφαλαίου.

Τα κλιματικά δεδομένα υπεισερχονται δυο φορές στην παρούσα μελέτη, μια στο μη χωρικό επίπεδο που αποτελούνται από δεδομένα της περιόδου 2015-2020 από τον μετεωρολογικό σταθμό στον οιοποιητικό συνεταιρισμό της Νεμέας και την άλλη κατά την χωρική ανάλυση που αξιολογούνται πλεγματικά κλιματικά δεδομένα για το σύνολο της ζώνης που προκύπτουν από ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων της περιόδου 1970 – 2020 μέσω της πλατφόρμας WolrdClim του UC Davis. Από την παραπάνω συνθήκη προκύπτουν κάποιες παραδοχές και κάποια συμπεράσματα. Αρχικά, παρατηρείται μια διαφορά στο μέσο Δείκτη Huglin για την πρώτη περίοδο  $HI_{2015-2020}= 2790$  και την δεύτερη περίοδο  $HI_{1970-2000}=2482$  πάνω από 300 μονάδες, αναφερόμενοι στο ίδιο σημείο στον κάμπο της Νεμέας (συντεταγμένες  $37.83360^{\circ} N$ ,  $22.65421^{\circ} E$ ). Το γεγονός αυτό συνηγορεί με την αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και αμπελουργικά υποδηλώνει ότι πιθανότατα ο κάμπος της Νεμέας έχει ανέβει στην ταξινόμηση κατά Huglin από θερμό σε πολύ θερμό κλίμα για αμπελοκαλλιέργεια. Ο ισχυρισμός αυτός ωστόσο θα πρέπει να μετρηθεί για περισσότερα χρόνια και να εξεταστεί στα κατάλληλα σημεία, τέτοια ώστε να φανεί αν η τάση αυτή της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας βλαστικής περιόδου υπάρχει και στις υπόλοιπες υποπεριοχές της ζώνης της Νεμέας. Από την θετική πλευρά, θα πρέπει να εξεταστεί κατά σε ποιο ποσοστό η ποικιλία του Αγιωργίτικου στην Νεμέα έχει προσαρμοστεί στις υψηλές θερμοκρασίες, καθώς το πολλαπλασιαστικό υλικό καλά προσαρμοσμένων στο ξηροθερμικό κλίμα ποικιλιών θα είναι απαραίτητο στις επόμενες δεκαετίες. Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκε ως παραδοχή ότι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας είναι ομοιόμορφη εντός της ζώνης και συνεπώς χρησιμοποιούνται τα ιστορικά κλιματικά δεδομένα για την εκτίμηση των διαφορών κατά τον τρυγητό.

Γενικά, ο δείκτης Huglin κυμαίνεται πάνω από το όριο 2700 της κλάσης του πολύ θερμού κλίματος για τα έτη 2016 – 2018, με μέγιστο 2891 το 2016. Ο δείκτης CI, που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του νυκτερινού δρόσου, κυμαίνεται σταθερά στην περιοχή  $14 - 16^{\circ} C$ , αρκετά κάτω από τους  $18^{\circ} C$  που σηματοδοτούν τις θερμές νύκτες και συνεπάγεται μη ανάσχεση του μεταβολισμού δευτερογενών μεταβολιτών, που διαμορφώνουν τις αρωματικές ενώσεις και τα χρωματικά χαρακτηριστικά του γλεύκους. Οι δείκτες αθροιστικών βροχοπτώσεων δείχνουν μεγαλύτερη διακύμανση από τους δείκτες βάσει θερμοκρασίας με το 2018 να σημειώνει σχεδόν τριπλάσιο όγκο βροχοπτώσεων σε σχέση με το 2015. Φαίνεται ότι οι αυξημένες βροχοπτώσεις συντελούν σημαντικά στην σχετική πρωίμηση, ειδικά όταν συνδυάζονται με αυξημένες θερμοκρασίες λ.χ. το 2018.

Συνεχίζοντας με την χωρική ανάλυση φαίνεται ότι τόσο η μέση ημερομηνία τρυγητού όσο και η μέση συγκέντρωση σακχάρων κατά τον τρυγητό παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές βάσει το υψόμετρο και την κλίση του πεδίου. Σημειώνεται ότι η ορεινή ζώνη είναι η πιο όψιμη, όπως ήταν αναμενόμενο, όμως η πεδινή ζώνη δεν παρουσιάζει διαφορές ως προς την πρωίμηση με την ημιορεινή. Το τελευταίο θα μπορούσε να εξηγηθεί από την ισοπέδωση του ρυθμού συσσώρευσης σακχάρων στην πεδινή ζώνη κατά τις πολύ ζεστές μέρες της περιόδου ωρίμανσης λόγω ανάσχεσης του μεταβολισμού της αμπέλου.

Όσον αφορά την μέση συγκέντρωση σακχάρων κατά τον τρυγητό, η ημιορεινή ζώνη δίνει τις υψηλότερες τιμές, ακολουθεί η πεδινή και έπειτα η ορεινή με όλες τις διαφορές να παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα. Σε αντιστοιχία, η μεγάλες κλίσεις (>10%) δίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην τελική συγκέντρωση σακχάρων, αυξημένες κατά μέσο όρο κατά ένα βαθμό Baume από τις μικρότερες κλίσεις.

Αναλυτικότερα και εστιάζοντας στις υποπεριοχές της Νεμέας, παρατηρείται ότι στην ορεινή ζώνη της Νεμέας γύρω από την περιοχή του Ασπρόκαμπου βρίσκονται τα πιο όψιμα αμπελοτεμάχια (τρυγητός κατά μέσο όρο την 3<sup>η</sup> εβδομάδα του Σεπτεμβρίου), όπως είναι αναμενόμενο, αλλά οι αμπελώνες με μικρή κλίση δίνουν χαμηλές μέσες συσσωρεύσεις σακχάρων κατά τον τρυγητό, ενώ οι μεσαίες κλίσεις δίνουν γλεύκη με ικανοποιητικές συγκεντρώσεις, αν θεωρήσουμε ότι προορίζονται για οίνους ΠΟΠ Νεμέα.

Συνεχίζοντας με την ημιορεινή ζώνη (320 – 550m) παρατηρείται η μεγαλύτερη παραλλακτικότητα στα μεσο-κλίματα των υποπεριοχών. Οι δυο βασικότερες ημιορεινές περιοχές είναι το Κούτσι και το Γυμνό.

Στα εξεταζόμενα αμπελοτεμάχια του Κουτσίου καταγράφονται οι πιο υψηλές συσσωρεύσεις σακχάρων, σε κάποιες περιπτώσεις στα όρια της υπερωρίμανσης. Οι ψηλές αυτές συσσωρεύσεις φαίνεται να ενισχύονται από την μεγάλη κλίση ( 6 στα 8 αμπελοτεμάχια με κλίση >10% έχουν μέσο ΔΑΤ >14.5% vol Alc.). Οι ημερομηνίες τρυγητού κυμαίνονται στις πρώτες δυο εβδομάδες του Σεπτεμβρίου, γεγονός που χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση ώστε να βγουν συμπεράσματα σε σχέση με το επίπεδο συγχρονισμού της φαινολικής ωρίμανσης και των αρωματικών ενώσεων.

Στην περιοχή του Γυμνού όλα τα εξεταζόμενα αμπελοτεμάχια βρίσκονται σε ενιαίο επίπεδο συσσώρευσης σακχάρων κατά τον τρυγητό (μέσος ΔΑΤ 12.5 - 14.5% vol Alc.) ανεξαρτήτου κλίσεως. Οι μέσες ημερομηνίες τρυγητού κυμαίνονται στην 2<sup>η</sup> εβδομάδα του Σεπτεμβρίου με κάποιες περιπτώσεις στη 3<sup>η</sup>. Και σε αυτή την υποπεριοχή χρειάζεται να γίνει σύνδεση με την φαινολική ωρίμανση.

Για τις υπόλοιπες περιοχές, που ανήκουν κατά κύριο λόγο στην πεδινή ζώνη, δεν μπορούν να βγουν κάποιες χαρακτηριστικές τάσεις. Φαίνεται να υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα τόσο στην σχετική πρώιμη όσο και στο επίπεδο συγκέντρωσης σακχάρων κατά τον τρυγητό, που όμως δεν παρουσιάζουν κάποιο μοτίβο με την κλίση του εδάφους. Ωστόσο, σε περιπτώσεις συνδυασμού υψηλών συσσωρεύσεων σακχάρων με πρώιμη συγκομιδή (μέχρι και 1<sup>η</sup> εβδομάδα Σεπτεμβρίου), υπάρχει μεγάλη πιθανότητα μη ικανοποιητικής φαινολικής ωρίμανσης.

Όσον αφορά την μέση θερμοκρασία βλαστικής περιόδου, τα εξεταζόμενα αμπελοτεμάχια φαίνεται να χωρίζονται σε δυο κλάσεις. Η πιο ψυχρή είναι στην περιοχή του Ασπρόκαμπου και στην περιοχή γύρω από το Γυμνό. Ως προς τον δείκτη Huglin, βάσει των ιστορικών κλιματικών δεδομένων, τα αμπελοτεμάχια ανήκουν σε τρεις διαφορετικές κλιματικές ταξινομήσεις. Στον Ασπρόκαμπο και με κάποιες περιοχές του Γυμνού τα αμπελοτεμάχια είναι στην κλάση του εύκρατου κλίματος. Το Κούτσι, η Δάφνη η Αρχαία Νεμέα, το Λεόντιο και η κοιλάδα στο Γυμνό κατατάσσονται στο εύκρατο προς θερμό κλίμα. Τέλος, ο κάμπος της Νεμέας η περιοχή γύρω από το Σχοινοχώρι και οι Αρχαίες Κλεωνές ανήκουν στην κλάση του θερμού κλίματος. Μάλιστα, οι θερμοκρασιακοί δείκτες έχουν σχεδόν γραμμική αρνητική συσχέτιση με το υψόμετρο (συντελεστής Pearson για τον HI -0.948 και για τον GST -0.977). Σημειώνεται ξανά ότι πιθανότατα οι ταξινομήσεις να έχουν ανέβει κατά μία κλάση λόγω αύξησης της μέσης θερμοκρασίας παγκοσμίως, γεγονός που θα πρέπει να αξιολογηθεί και να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα αντιμετώπισης (αλλαγή αποστάσεων πρέμνων από το έδαφος, εδαφοκάλυψη, ετήσιες καλλιεργητικές τεχνικές) για την διασφάλιση της ποιότητας συγκομιδής μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμος.

Συνεχίζοντας με την ανάλυση συσχετίσεων, παρατηρούνται μόνο ασθενείς συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών τρυγητού (ημερομηνία και συσσώρευση σακχάρων) με τις τοπολογικές και κλιματικές μεταβλητές στην κατεύθυνση που είναι γνωστή από την βιβλιογραφία.



Εν κατακλείδι, η παρούσα μελέτη βρίσκεται στην τροχιά περιγραφής λειτουργικών ομοιογενών υποζωνών για την αμπελοοινική ζώνη της Νεμέας, ωστόσο για τον σκοπό αυτό χρειάζονται περισσότερα δεδομένα. Τα δεδομένα χρειάζεται να αναπτυχθούν σε δυο κατευθύνσεις. Πρωτίστως, στην ανάλυση και άλλων παραμέτρων κατά την ωρίμανση της σταφυλής (ενεργός οξύτητα, ολική οξύτητα χρωματικά χαρακτηριστικά και περιγραφή ποικιλιακού αρώματος) συναρτήσει εδαφικών και τοπολογικών χαρακτηριστικών και βιοκλιματικών δεικτών. Δευτερευόντως, η ανάλυση θα πρέπει να περιλαμβάνει ικανό αριθμό σημείων (τουλάχιστον 100 σημεία) ώστε να εφαρμοστούν μέθοδοι χωρικής παρεμβολής και να εξαχθούν πιθανά μοντέλα μελλοντικών συνθηκών με αξιόπιστα αποτελέσματα.

## Παράρτημα

**Πίνακας Π1:** Πολλαπλές συγκρίσεις ανά έτος της μέσης ημερομηνίας τρυγητού με την εφαρμογή Tukey HSD test

<b>Πολλαπλές συγκρίσεις DoY τρύγου / έτος</b>						
Dependent Variable: DOY τρύγου						
Tukey HSD						
(I) YearCount		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
2015	16	4.039	1.522	0.089	-0.34	8.42
	17	3.106	1.510	0.314	-1.24	7.45
	18	9.372*	1.547	0.000	4.92	13.82
	19	2.811	1.469	0.397	-1.41	7.04
	20	5.089*	1.353	0.003	1.20	8.98
2016	15	-4.039	1.522	0.089	-8.42	0.34
	17	-0.932	1.497	0.989	-5.24	3.38
	18	5.334*	1.535	0.008	0.92	9.75
	19	-1.228	1.456	0.959	-5.42	2.96
	20	1.050	1.339	0.970	-2.80	4.90
2017	15	-3.106	1.510	0.314	-7.45	1.24
	16	0.932	1.497	0.989	-3.38	5.24
	18	6.266*	1.523	0.001	1.88	10.65
	19	-0.295	1.444	1.000	-4.45	3.86
	20	1.983	1.326	0.667	-1.83	5.80
2018	15	-9.372*	1.547	0.000	-13.82	-4.92
	16	-5.334*	1.535	0.008	-9.75	-0.92
	17	-6.266*	1.523	0.001	-10.65	-1.88
	19	-6.561*	1.483	0.000	-10.83	-2.30
	20	-4.284*	1.368	0.024	-8.22	-0.35
2019	15	-2.811	1.469	0.397	-7.04	1.41
	16	1.228	1.456	0.959	-2.96	5.42
	17	0.295	1.444	1.000	-3.86	4.45
	18	6.561*	1.483	0.000	2.30	10.83
	20	2.278	1.279	0.480	-1.40	5.96
2020	15	-5.089*	1.353	0.003	-8.98	-1.20

16	-1.050	1.339	0.970	-4.90	2.80
17	-1.983	1.326	0.667	-5.80	1.83
18	4.284*	1.368	0.024	0.35	8.22
19	-2.278	1.279	0.480	-5.96	1.40

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**Πίνακας Π2:** Υποσύνολα ετών μετά την εφαρμογή Tukey HSD test, ως προς την μέση ημερομηνία τρυγητού

Στατιστικά σημαντικά υποσύνολα DoY τρύγου / έτος				
Tukey HSD <sub>a,b</sub>				
YearCount	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2018	29	248.83		
2020	54		253.11	
2016	31		254.16	254.16
2017	32		255.09	255.09
2019	36		255.39	255.39
2015	30			258.20
Sig.		1.000	0.616	0.063

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 33.780.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

**Πίνακας Π3:** Τεστ Factorial Anova (two-way Anova)

MANOVA Multivariate Tests <sup>a</sup>						
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	1.000	236082.395 <sup>b</sup>	2.000	186.000	0.000
	Wilks' Lambda	0.000	236082.395 <sup>b</sup>	2.000	186.000	0.000
	Hotelling's Trace	2538.520	236082.395 <sup>b</sup>	2.000	186.000	0.000
	Roy's Largest Root	2538.520	236082.395 <sup>b</sup>	2.000	186.000	0.000
YearCount	Pillai's Trace	0.217	4.552	10.000	374.000	0.000
	Wilks' Lambda	0.788	4.714 <sup>b</sup>	10.000	372.000	0.000
	Hotelling's Trace	0.263	4.874	10.000	370.000	0.000

	Roy's Largest Root	0.238	8.911 <sup>c</sup>	5.000	187.000	0.000
subregion	Pillai's Trace	0.560	18.179	8.000	374.000	0.000
	Wilks' Lambda	0.449	22.922 <sup>b</sup>	8.000	372.000	0.000
	Hotelling's Trace	1.210	27.974	8.000	370.000	0.000
	Roy's Largest Root	1.194	55.800 <sup>c</sup>	4.000	187.000	0.000
YearCount * subregion	Pillai's Trace	0.368	2.807	30.000	374.000	0.000
	Wilks' Lambda	0.665	2.807 <sup>b</sup>	30.000	372.000	0.000
	Hotelling's Trace	0.455	2.808	30.000	370.000	0.000
	Roy's Largest Root	0.283	3.528 <sup>c</sup>	15.000	187.000	0.000

a. Design: Intercept + YearCount + subregion + YearCount \* subregion

b. Exact statistic

c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

**Πίνακας Π4:** Εκτιμώμενες μέσες ημερομηνίες τρυγητού ανά έτος και ανά υποπεριοχή

Εκτιμώμενοι Μέσοι Έτος * Υποπεριοχή							
Εξαρτημένη Μεταβλητή			Μέσος	Τυπικό σφάλμα	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης		
					Κάτω όριο	Πάνω όριο	
DOY τρυγητού	2015	Ασπρόκαμπος	262.091	1.367	259.394	264.788	
		Κούτσι Δάφνη	254.250	1.603	251.088	257.412	
		Γύμνό-Μαλαντρένι	258.444	1.511	255.463	261.426	
		Αρχ. Νεμέα-Αρχ. Κλ.	. <sup>a</sup>				
		Νεμέα Κάμπος	251.500	3.206	245.175	257.825	
	2016	Ασπρόκαμπος	257.636	1.367	254.939	260.333	
		Κούτσι Δάφνη	248.444	1.511	245.463	251.426	
		Γύμνό-Μαλαντρένι	255.556	1.511	252.574	258.537	
		Αρχ. Νεμέα-Αρχ. Κλ.	. <sup>a</sup>				
		Νεμέα Κάμπος	254.500	3.206	248.175	260.825	
	2017	Ασπρόκαμπος	259.800	1.434	256.971	262.629	
		Κούτσι Δάφνη	253.273	1.367	250.576	255.970	
		Γύμνό-Μαλαντρένι	252.000	1.511	249.018	254.982	
		Αρχ. Νεμέα-Αρχ. Κλ.	. <sup>a</sup>				
		Νεμέα Κάμπος	255.500	3.206	249.175	261.825	
	2018	Ασπρόκαμπος	249.000	2.028	245.000	253.000	
		Κούτσι Δάφνη	246.929	1.212	244.538	249.319	

	Γύμνό-Μαλαντρένι	252.750	1.603	249.588	255.912
	Αρχ. Νεμέα-Αρχ. Κλ.	. <sup>a</sup>			
	Νεμέα Κάμπος	246.000	3.206	239.675	252.325
2019	Ασπρόκαμπος	264.182	1.367	261.485	266.879
	Κούτσι Δάφνη	249.769	1.258	247.288	252.250
	Γύμνό-Μαλαντρένι	254.100	1.434	251.271	256.929
	Αρχ. Νεμέα-Αρχ. Κλ.	. <sup>a</sup>			
	Νεμέα Κάμπος	250.000	3.206	243.675	256.325
2020	Ασπρόκαμπος	257.571	1.212	255.181	259.962
	Κούτσι Δάφνη	249.182	1.367	246.485	251.879
	Γύμνό-Μαλαντρένι	247.889	1.511	244.907	250.871
	Αρχ. Νεμέα-Αρχ. Κλ.	254.615	1.258	252.135	257.096
	Νεμέα Κάμπος	254.286	1.714	250.905	257.667

a. This level combination of factors is not observed, thus the corresponding population marginal mean is not estimable.

**Πίνακας Π5:** Εκτιμώμενες μέσες συγκεντρώσεις σακχάρων κατά τον τρυγητό ανά έτος και ανά υποπεριοχή

Εκτιμώμενοι Μέσοι Έτος * Υποπεριοχή						
Εξαρτημένη Μεταβλητή			Μέσος	Τυπικό σφάλμα	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης	
Βε τρυγητού	Έτος	Υποπεριοχή			Κάτω όριο	Πάνω όριο
2015	Βε τρυγητού	Ασπρόκαμπος	12.275	0.210	11.861	12.690
		Κούτσι Δάφνη	13.599	0.246	13.113	14.085
		Γύμνό-Μαλαντρένι	12.948	0.232	12.490	13.406
		Αρχ. Νεμέα-Αρχ. Κλ.	. <sup>a</sup>			
		Νεμέα Κάμπος	13.430	0.493	12.458	14.402
2016	Βε τρυγητού	Ασπρόκαμπος	12.605	0.210	12.190	13.019
		Κούτσι Δάφνη	13.340	0.232	12.882	13.798
		Γύμνό-Μαλαντρένι	13.363	0.232	12.905	13.821
		Αρχ. Νεμέα-Αρχ. Κλ.	. <sup>a</sup>			
		Νεμέα Κάμπος	13.560	0.493	12.588	14.532
2017	Βε τρυγητού	Ασπρόκαμπος	12.529	0.220	12.094	12.964

	Κούτσι Δάφνη	13.829	0.210	13.415	14.243
	Γύμνό-Μαλαντρένι	13.332	0.232	12.874	13.790
	Αρχ. Νεμέα-Αρχ. Κλ.	. <sup>a</sup>			
	Νεμέα Κάμπος	12.800	0.493	11.828	13.772
2018	Ασπρόκαμπος	10.920	0.312	10.305	11.535
	Κούτσι Δάφνη	13.500	0.186	13.133	13.867
	Γύμνό-Μαλαντρένι	13.303	0.246	12.817	13.788
	Αρχ. Νεμέα-Αρχ. Κλ.	. <sup>a</sup>			
	Νεμέα Κάμπος	13.080	0.493	12.108	14.052
2019	Ασπρόκαμπος	11.584	0.210	11.169	11.998
	Κούτσι Δάφνη	13.232	0.193	12.851	13.613
	Γύμνό-Μαλαντρένι	13.044	0.220	12.609	13.479
	Αρχ. Νεμέα-Αρχ. Κλ.	. <sup>a</sup>			
	Νεμέα Κάμπος	13.100	0.493	12.128	14.072
2020	Ασπρόκαμπος	12.254	0.186	11.886	12.621
	Κούτσι Δάφνη	13.777	0.210	13.363	14.192
	Γύμνό-Μαλαντρένι	13.189	0.232	12.731	13.647
	Αρχ. Νεμέα-Αρχ. Κλ.	12.458	0.193	12.077	12.840
	Νεμέα Κάμπος	12.187	0.263	11.668	12.707

a. This level combination of factors is not observed, thus the corresponding population marginal mean is not estimable.

## Βιβλιογραφία

- Arno J., Martínez-Casasnovas, J. A., Ribes-Dasi M., και Rosell J. R. «Review. Precision Viticulture. Research topics, challenges and opportunities in site-specific vineyard management.» *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2009: 779-790.
- Badr G., Hoogenboom G., Abouali M., Moyer M., και Keller M. «Analysis of several bioclimatic indices for viticultural zoning in the Pacific Northwest.» *CLIMATE RESEARCH*, 2018: 203–223.
- Ballantyne D., Terblanche N. S., Lecat B., και Chapuis C. «Old world and new world wine concepts of terroir.» *Journal of Wine Research*, 2019.
- Bramley, R. «Smarter thinking on soils survey.» *Australian and New Zealand Wine Industry Journal*, 2003: 88–94.
- Dry P.R., και Smart R.E. «Vineyard site selection.» Στο *Viticulture, tome I*, 190 - 204. Adelaide: Winetitles, 1988.
- Koufos G. C. , Mavromatis T., Koundouras S., και Jones G. V. «Response of viticulture-related climatic indices and zoning to historical and future climate conditions in Greece.» *INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY*, 2017.
- Koundouras S., Marinos V., Gkoulioti A., Kotseridis Y., και van Leeuwen C. «Influence of Vineyard Location and Vine Water Status on Fruit Maturation of Nonirrigated Cv. Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.), Effects on Wine Phenolic and Aroma Components.» *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006: 5077-5086.
- Moral F. J., Rebollo F. J., Paniagua L. L., και García-Martín A. «A GIS-based multivariate clustering for characterization and ecoregion mapping from a viticultural perspective.» *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2016.
- OIV. «DEFINITION OF VITIVINICULTURAL “TERROIR” .» *RESOLUTION OIV/VITI 333*. 2010.
- OIV. «OIV GUIDELINES FOR VITIVINICULTURE ZONING METHODOLOGIES ON A SOIL AND CLIMATE LEVEL.» 2012.
- Sotés V., Gómez-Sánchez P., Laya H., και Gómez-Miguel V. «Cuantificación de las variables implicadas en la delimitación y caracterización de zonas vitícolas en la D.O Ribera del Duero.» *7th GESCO*. Valladolid, 1994. 248-256.
- Tonietto J., και Carbonneau A. «A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide.» *Agricultural and Forest Meteorology*, 2004.
- . «A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide.» *Agro Forest Meteorology*, 2004: 214-251.
- Van Leeuwen C., Friant P., Choné X., Tregoat O., Koundouras S., και Dubourdieu D. «Influence of climate, soil and cultivar on terroir.» *American Journal of Enology*, 2004: 207–217.

- Van Leeuwen C., Trégoat O., Choné X., Bois B., και Pernet D. «Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine.» *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 2009: 121–134.
- Van Leeuwen C., και Darriet P. «The Impact of Climate Change on Viticulture and.» *Journal of Wine Economics*, 2016: 150–167.
- Vaudour E., Costantini E., Jones G. V., and Mocali S. "An overview of the recent approaches to terroir." *SOIL Discuss*, 2015: 287–312.
- Vaudour E., και Shaw A.B. «A Worldwide Perspective on Viticultural Zoning.» *South African Journal for Enology and Viticulture*, 2005.
- Vaudour, E. *Les terroirs viticoles. Définitions, caractérisation et protection*. Paris: Dunod, 2003.
- Καλύβας, Δ., και Π. Δήμου. «ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΟΙΝΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.» *1ο Συνέδριο Χωρικής Ανάλυσης*. Αθήνα, 2013.
- Καλύβας, Διονύσης. *Εδαφολογία Αξιολόγηση εδαφών, τοποκλιματικές συνθήκες και κρασί*. Ίων, 2003.