

Managing local field variability in the framework of Precision Viticulture

A. Χ. Ταγαράκης¹✉, Κ. Μπινιάρη², Ι. Δασκαλάκης², Μ. Σταυρακάκη², Δ. Παλιοκώστας², Δ. Κατέρης¹, Α. Μπαλαφούτης¹ & Δ. Μπόχτης¹

¹Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Ινστιτούτο Βιο-Οικονομίας και Αγρο-Τεχνολογίας (iBO), Δ. Γεωργιάδου 118, 38333, Βόλος

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Αμπελογιαίας, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα

✉ a.tagarakis@certh.gr

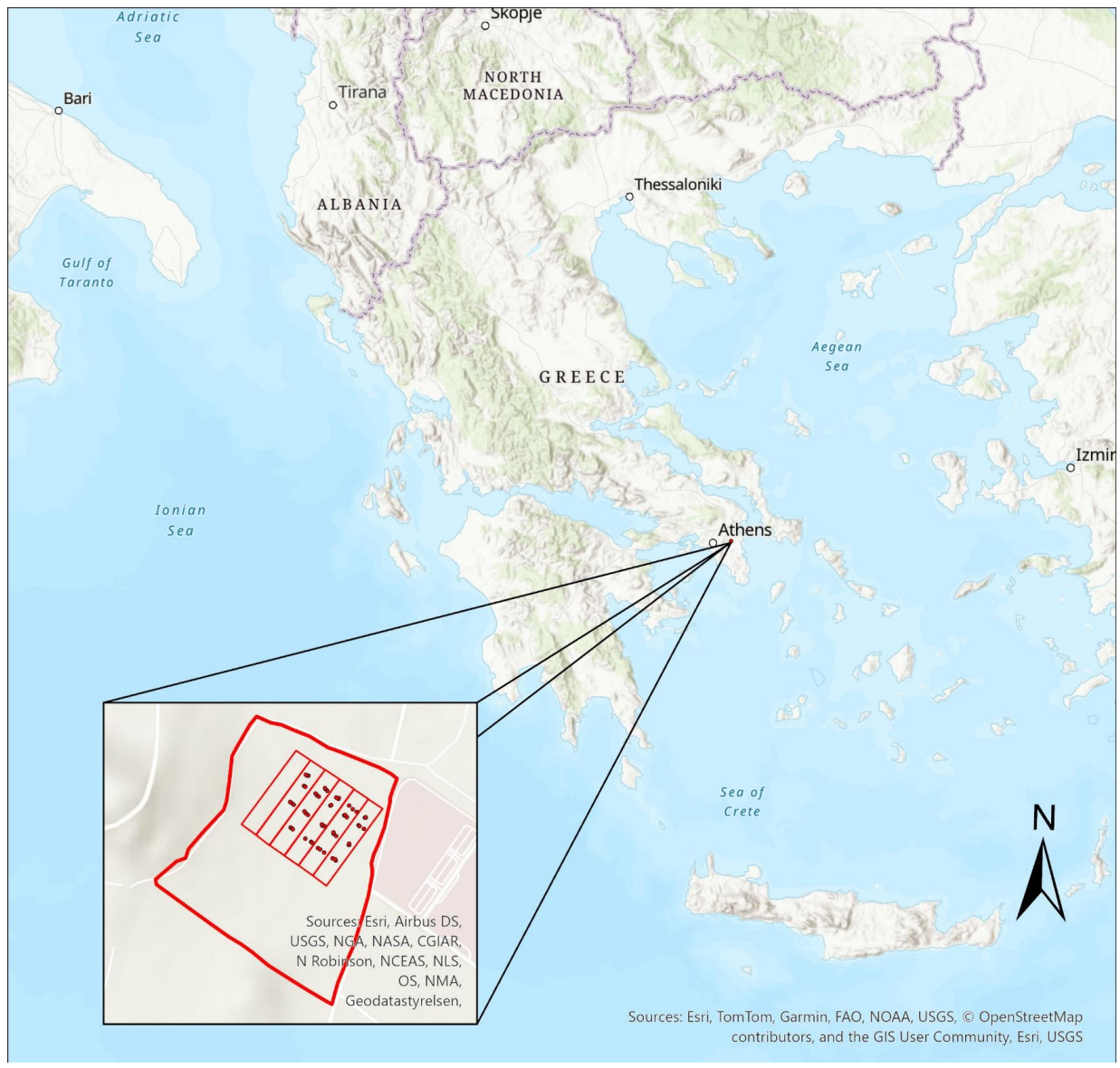


ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαχείριση των αμπελώνων σύμφωνα με τις πρακτικές της Γεωργίας Ακριβείας (ΓΑ) μπορεί να αποδειχθεί πολύτιμο εργαλείο στα χέρια των σύγχρονων αμπελουργών. Η Αμπελουργία Ακριβείας (ΑΑ), δηλαδή η εφαρμογή της ΓΑ στην αμπελουργία, έχει προσελκύσει σημαντικό ενδιαφέρον από αμπελουργούς και επιστήμονες τις τελευταίες δεκαετίες, κυρίως έπειτα από την ανάπτυξη και τη διαθεσιμότητα ψηφιακών τεχνολογιών αφιερωμένων σε γεωργικές εφαρμογές. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή πρακτικών ΑΑ και ψηφιακών τεχνολογιών και η χρήση τους για τον καθορισμό ζωνών διαχείρισης και την εκτίμηση της κατάστασης των πρέμνων από μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου «AGROSYS» σε πειραματικό αμπελώνα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στα Σπάτα Αττικής, σε αμπέλια της ποικιλίας Σαββατιανό (*Vitis vinifera* L.).

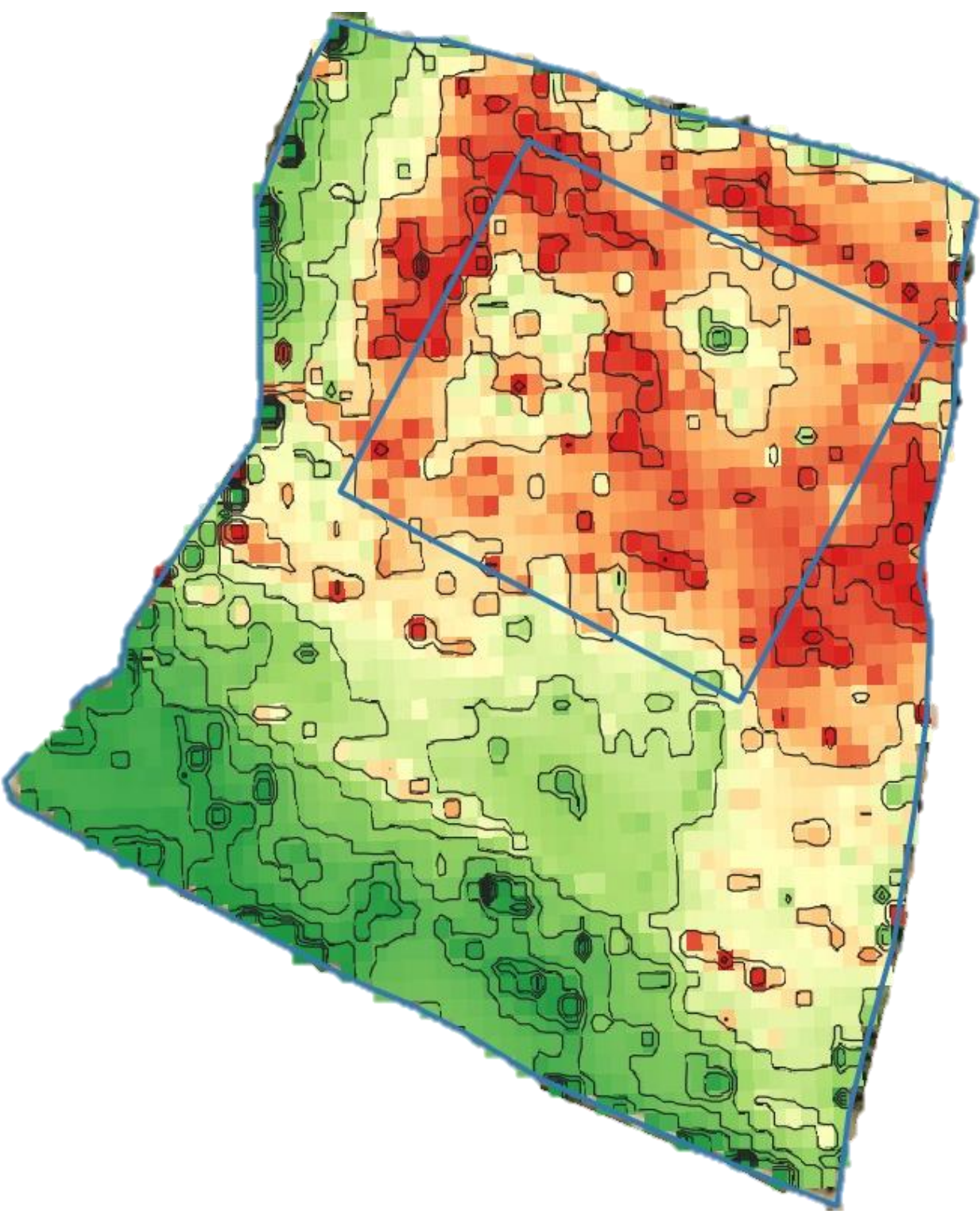
ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ

- Η μελέτη πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2024 σε εμπορικό αμπελώνα στην περιοχή της Αττικής (23.9059097°Ε, 37.9872950°Ν). Η πειραματική έκταση ήταν 35 στρέμματα, τμήμα ενός αμπελώνα 260 στεμμάτων.
- Η φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους (ECa) χαρτογραφήθηκε αρχικά με τον ηλεκτρομαγνητικό αισθητήρα EM38-MK2 (Geonics LTD, Ontario, Canada).
- Οι ιδιότητες του εδάφους και του ανάγλυφου αναλύθηκαν με χρήση του αλγορίθμου ασαφούς ομαδοποίησης (Fuzzy clustering) και δημιουργήθηκαν ζώνες διαχείρισης, βάσει των οποίων ορίστηκαν τα πειραματικά τεμάχια.
- Σε κάθε τεμάχιο επιλέχθηκαν τρία αντιπροσωπευτικά πρέμνα, τα οποία μετρήθηκαν ως προς τη φυσιολογική και φαινοτυπική τους κατάσταση με χειροκίνητες μεθόδους και ψηφιακές τεχνολογίες.
- Η ανάπτυξη των πρέμνων μετρήθηκε με χρήση πολυφασματιών αισθητήρων με επίγεια και εναέρια συστήματα: α) CropCircle (Holland Scientific Inc., Lincoln, NE, USA) σε μη επανδρωμένο επίγειο όχημα (UGV) Thorvald (SAGA Robotics SA, Oslo, Norway), β) μη επανδρωμένο εναέριο όχημα MAVIC 3M (DJI Technology Co., Ltd., Shenzhen, China), με πολυφασματικό αισθητήρα και GNSS υψηλής ακρίβειας (RTK).
- Η θερμοκρασία του φυλλώματος μετρήθηκε με φορητή θερμική (IR) κάμερα (FLIR Systems, Inc.).
- Οι επίγειες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο στάδια ανάπτυξης των πρέμνων, στον περκασμό (*veraison*) και στη συγκομιδή (με UAV μόνο στη συγκομιδή, λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών)
- Στατιστική ανάλυση: περιγραφικά στατιστικά, ανάλυση της παραλλακτικότητας (ANOVA) και ανάλυση συσχέτισης (Pearson's Correlation).

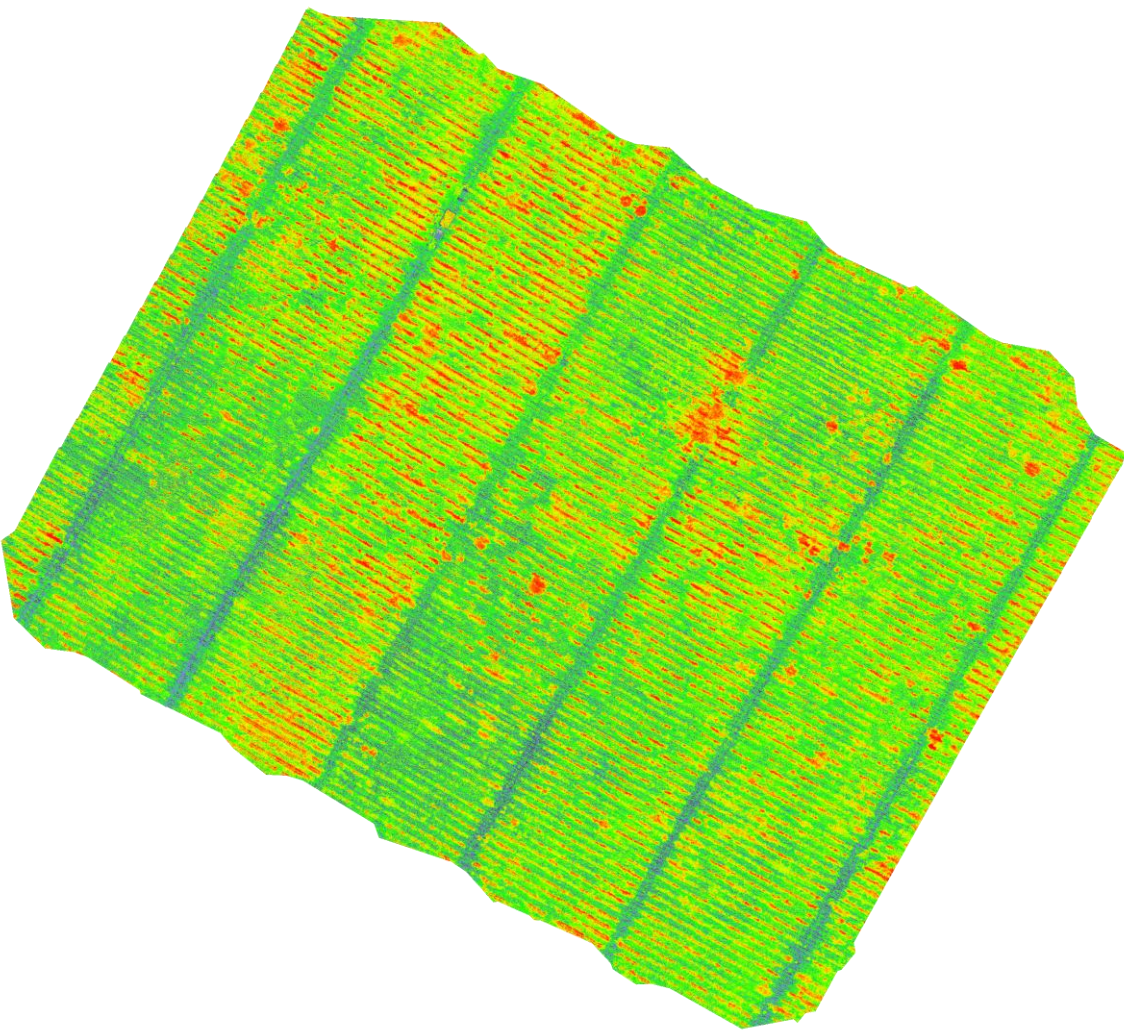


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η χωρική ανάλυση των παραμέτρων εδάφους και τοπογραφικού ανάγλυφου οδήγησε στο διαχωρισμό του πειραματικού αμπελώνα σε τέσσερις ζώνες.



Εικόνα 1. Πειραματικός αμπελώνας – ζώνες διαχείρισης σύμφωνα με την ανάλυση των ιδιοτήτων του εδάφους



Εικόνα 2. Ορθομωσαϊκό (NDVI) από πτήση με UAV κατά τη συγκομιδή

Περιγραφικά ατατιστικά:

- Οι δείκτες βλάστησης NDVI και NDRE, από τα επίγεια και εναέρια συστήματα, εμφάνισαν υψηλή παραλλακτικότητα, σε αντίθεση με τις μετρήσεις θερμοκρασίας του φυλλώματος.

ANOVA:

- Χαρακτηριστικά όπως το βάρος και το μήκος ραγών, καθώς και ποιοτικές παράμετροι όπως τα διαλυτά στερεά (Brix), οι συνολικές φιανόλες, το γαλλικό οξύ, το ασκορβικό οξύ και το τρυγικό οξύ εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ζωνών.
- Αντίστοιχα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν για τη θερμοκρασία φυλλώματος και τις μετρήσεις NDVI με UAV.

Ανάλυση συσχέτισης (Pearson's Correlation):

- Ο UAV NDVI συσχετίστηκε ($p < 0.05$) με το NDVI του επίγειου αισθητήρα ($r = 0.706$).
- Επιπλέον, συσχετίστηκε με παραμέτρους ποιότητας και φυσιολογίας (περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη/ $r = 0.87$, $p < 0.001$).
- Ο CropCircle NDRE κατά τη συγκομιδή συσχετίστηκε με παραμέτρους ποιότητας: Brix ($r = 0.696$, $p < 0.05$), τρυγικό οξύ, ($r = 0.677$, $p < 0.05$), μηλικό οξύ ($r = 0.602$, $p < 0.05$).
- Στον περκασμό, οι δείκτες NDRE και NDVI συσχετίστηκαν αρνητικά με τη θερμοκρασία φυλλώματος ($r = -0.706$, $p < 0.05$ και $r = -0.698$, $p < 0.05$ αντίστοιχα) υποδεικνύοντας τη δυνατότητα ανίχνευσης υδατικού στρες των πρέμνων. Η συσχέτιση παρατηρήθηκε μόνο στον περκασμό λόγω υψηλών θερμοκρασιών και έλλειψης βροχοπτώσεων. Αντίθετα, οι βροχοπτώσεις πριν τη συγκομιδή εξάλειψαν τα φαινόμενα στρες.
- Η θερμοκρασία φυλλώματος κατά τη συγκομιδή συσχετίστηκε με φυσιολογικά χαρακτηριστικά όπως το βάρος ράγας ($r = -0.6$, $p < 0.05$) και το μήκος ράγας ($r = -0.616$, $p < 0.05$).
- Η θερμοκρασία φυλλώματος κατά τον περκασμό συσχετίστηκε με ποιοτικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά με σημαντικότερη για το μήκος ράγας ($r = -0.801$, $p < 0.01$), τη διαπνοή ($r = -0.814$, $p < 0.01$) και τη στοματική αγωγιμότητα κατά τη συγκομιδή ($r = -0.82$, $p < 0.01$).
- Σημαντικές συσχετίσεις παρατηρήθηκαν μεταξύ της θερμοκρασίας φυλλώματος κατά τον περκασμό με παραμέτρους όπως το ποσοστό βάρους φλοιού ανά ράγα, το φουμαρικό οξύ, η χλωροφύλλη, με υψηλότερη συσχέτιση να εμφανίζεται με το μήκος ραγών ($r = -0.801$, $p < 0.01$), τη διαπνοή (E) ($r = -0.814$, $p < 0.01$) και η στοματική αγωγιμότητα (gs) ($r = -0.821$, $p < 0.01$).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Τα αποτελέσματα της μελέτης υποδεικνύουν τη σημασία του terroir στην ανάπτυξη των πρέμνων, την επίδρασή του στην απόδοση και την ποιότητα των σταφυλιών και του παραγόμενου οίνου.
- Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές στις φυσιολογικές και ποιοτικές παραμέτρους μεταξύ των ζωνών υπογραμμίζουν τα οφέλη της διαχείρισης της τοπικής χωρικής παραλλακτικότητας σε εμπορικούς αμπελώνες.
- Επιπλέον, αναδείχθηκε η δυναμική των UAV και UGV και των σύγχρονων συστημάτων ψηφιακής γεωργίας για την παρακολούθηση της φυσιολογικής κατάστασης των πρέμνων και την πρόβλεψη ποιοτικών παραμέτρων των σταφυλιών.