



## Καινοτόμες λύσεις για τη βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική φυτοπροστασία των οπωροκηπευτικών της Ελλάδας, στην Ευρώπη του μέλλοντος

**Παραδοτέο Π1.1.1:** Αποτελέσματα σύγκρισης νέων ηλεκτρονικών και συμβατικών παγίδων

### Πληροφορίες για το έγγραφο

Αριθμός παραδοτέου: **Π1.1.1**

Ενότητα εργασίας: **ΕΕ1**

Επικεφαλής δικαιούχος: **ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ**

Συγγραφείς: **Ελένη Κουτσογεωργίου, Στέφανος Ανδρεάδης, Ελένη Βερυκούκη, Βασίλειος Ροδοβίτης, Έλμα Μπαλή, Νικόλαος Παπαδόπουλος, Όλγα Ανεστίδου, Γεώργιος Παρτσινέβελος, Αικατερίνη Ψωμά, Παναγιώτης Μυλωνάς, Μαριάννα Σταυρακάκη, Εμμανουήλ Ροδιτάκης**

Έκδοση: **1.0**

Είδος Παραδοτέου: **Έκθεση**

Ημερομηνία παράδοσης: **22 - 12 - 2025**

### Στοιχεία Πράξης

Τίτλος: Καινοτόμες λύσεις για τη βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική φυτοπροστασία των οπωροκηπευτικών της Ελλάδας, στην Ευρώπη του μέλλοντος

Τίτλος (EN): InnoPP-Innovations in Plant Protection for sustainable and environmentally friendly pest control

Κωδικός πράξης: ΤΑΕΔΡ-0535675

Ακρωνύμιο έργου: InnoPP

Ημερομηνία έναρξης: 15 Μαΐου 2023

Διάρκεια: 28 Μήνες

Συντονιστής Φορέας: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Συντονιστής/ Επιστημονικός Υπεύθυνος: Ιωάννης Βόντας

## Πίνακας Περιεχομένων

<b>1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ</b> .....	4
<b>2</b>	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ</b> .....	7
<b>2.1</b>	<b>Υλικά και μέθοδοι</b> .....	7
<b>2.2</b>	<b>Αποτελέσματα και Συζήτηση</b> .....	22
	<b>Μύγα της Μεσογείου</b> .....	22
	<b>Ανάρσια της ροδακινιάς</b> .....	36
	<b>Καφέ ασιατική βρωμούσα</b> .....	39
	<b>Υπονομευτής της τομάτας</b> .....	43
<b>3</b>	<b>ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	51
<b>4</b>	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι</b> .....	57
	<b>Βιβλιογραφικές Αναφορές</b> .....	57
	<b>Έλεγχος Καλής Προσαρμογής Μοντέλου GLMM (Ανάλυση 1)</b> .....	59
	<b>Έλεγχος Καλής Προσαρμογής Μοντέλου GLMM (Ανάλυση 2)</b> .....	60
	<b>Έλεγχος Καλής Προσαρμογής Μοντέλου Cox (Ανάλυση 2)</b> .....	61

Το έργο «Καινοτόμες λύσεις για τη βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική φυτοπροστασία των οπωροκηπευτικών της Ελλάδας, στην Ευρώπη του μέλλοντος» στοχεύει στην ανάπτυξη σύγχρονων και καινοτόμων μεθόδων για την προστασία των καλλιεργειών όπως τα κηπευτικά, τα εσπεριδοειδή και το επιτραπέζιο σταφύλι. Περιλαμβάνει τη δημιουργία προηγμένων διαγνωστικών εργαλείων για την ανίχνευση εχθρών και παθογόνων με τεχνολογίες αιχμής, όπως ηλεκτρονικές παγίδες και βιοαισθητήρες, καθώς και πλατφόρμες αλληλούχισης για τον πλήρη προσδιορισμό των ιωμάτων. Επιπλέον, θα αναπτυχθούν μοντέλα πρόβλεψης επιδημιών και καινοτόμα βιοφυτοπροστατευτικά προϊόντα, τα οποία θα αξιολογηθούν για την ασφάλεια τους σε μη στόχους οργανισμούς. Τέλος, οι νέες τεχνολογίες θα ενσωματωθούν σε συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης φυτοπροστασίας και θα δοκιμαστούν σε πραγματικές συνθήκες, ενώ θα αξιολογηθούν οι κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους.

## Σύνοψη της ΕΕ1

Στην ΕΕ1 θα αναπτυχθούν διαγνωστικά εργαλεία και μέθοδοι για την ανίχνευση, ταυτοποίηση και παρακολούθηση εχθρών και παθογόνων, περιλαμβάνοντας καινοτόμες προσεγγίσεις όπως βελτιωμένα συστήματα παρακολούθησης εντομολογικών εχθρών με σύγχρονες παγίδες και νέα ελκυστικά. Θα αναπτυχθούν σύγχρονα μοριακά διαγνωστικά εργαλεία, όπως η τεχνολογία LAMP και κιτ «Ready to Go Lyophilised pellets» για ποιοτική και ποσοτική ταυτοποίηση, καθώς και υπερευαίσθητες πλατφόρμες ακριβείας. Επιπλέον, θα χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης και φασματικές τεχνικές για την αναγνώριση ζιζανίων και ασθενειών, ενώ βιοαισθητήρες θα χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων και ωχρατοξινών. Τέλος, θα αναπτυχθούν νέοι μοριακοί δείκτες ανθεκτικότητας και διαγνωστικά συστήματα για την αξιολόγηση της άμυνας των φυτών και της βιοδραστικότητάς τους.

## Συνοπτική παρουσίαση του παραδοτέου Π1.1.1

Το παραδοτέο Π1.1.1 παρουσιάζει τη συγκριτική αξιολόγηση νέων ηλεκτρονικών παγίδων έναντι συμβατικών παγίδων φερομόνης για την παρακολούθηση τεσσάρων εντόμων-εχθρών υψηλής οικονομικής σημασίας: της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*), της ανάρσιας της ροδακινιάς (*Anarsia lineatella*), της καφέ ασιατικής βρωμούσας (*Halyomorpha halys*) και του υπονομευτή της τομάτας (*Tuta absoluta*). Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε πραγματικές καλλιεργητικές συνθήκες, σε διαφορετικές περιοχές και καλλιεργητικά συστήματα της Ελλάδας. Η αξιολόγηση περιλάμβανε ηλεκτρονικές παγίδες τύπου McPhail, Delta, TrapView, Magic Trap και Shindo, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες συμβατικές παγίδες, με στόχο την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας, της αξιοπιστίας και της λειτουργικότητάς τους. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι ηλεκτρονικές παγίδες καταγράφουν με ακρίβεια τη χωρική και χρονική δυναμική των πληθυσμών, παρουσιάζοντας συγκρίσιμη ή συμπληρωματική απόδοση σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους. Παράλληλα, προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα στην έγκαιρη ανίχνευση, στην απομακρυσμένη συλλογή δεδομένων και στη μείωση των επιτόπιων ελέγχων, ενισχύοντας την εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας και της βιώσιμης φυτοπροστασίας.

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Η παρακολούθηση των πληθυσμιακών διακυμάνσεων των μυγών των φρούτων αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της ολοκληρωμένης αντιμετώπισης τους (El-Sayed et al., 2006; Shaked et al., 2018; Diller et al., 2023). Η μύγα της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς των οπωροκηπευτικών παγκοσμίως, προκαλώντας σημαντικές οικονομικές απώλειες σε περισσότερα από 250 είδη ξενιστών σε Μεσογειακές, τροπικές και υποτροπικές περιοχές (Paradopoulos et al., 2001). Οι συμβατικές παγίδες, όπως η παγίδα McPhail που αναπτύχθηκε το 1935, έχουν εδώ και καιρό αποτελέσει αξιόπιστα εργαλεία για την ανίχνευση και παρακολούθηση των πληθυσμών μυγών της οικογένειας Tephritidae (Diller et al., 2023). Αυτές οι παγίδες βασίζονται κυρίως σε οσφρητικά και οπτικά ερεθίσματα, όπως η έλξη στα διαφορετικά χρώματα, τροφικά ελκυστικά ή φερομόνες (Katsoyannos et al., 1999; El-Sayed et al., 2006), που αποσκοπούν στη σύλληψη και των δύο φύλων (Shaked et al., 2018; Diller et al., 2023). Ακόμη, οι παγίδες τύπου δέλτα (delta traps) αποτελούν μια κατηγορία οικονομικών, τρισδιάστατων, τριγωνικών ή σκηνόμορφων παγίδων με κολλώδη επιφάνεια τοποθετημένη στη βάση του εσωτερικού τους, οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως σε προγράμματα παρακολούθησης εντόμων (Epsky et al., 2008). Η γεωμετρία της παγίδας ενισχύει τόσο τα οπτικά όσο και τα οσφρητικά ερεθίσματα για τα έντομα, ενώ ταυτόχρονα προστατεύει το δόλωμα και την κολλώδη επιφάνεια από τον άνεμο και τη βροχή, αυξάνοντας τη διάρκεια ζωής της στο πεδίο (Howse et al., 2013). Αν και οι παγίδες Delta μοιάζουν μορφολογικά με τις παγίδες Jackson, οι τελευταίες είναι συνήθως μικρότερες και σχεδιασμένες ειδικά για τροπικά είδη μυγών της οικογένειας Tephritidae, διαθέτοντας αποσπώμενη κολλώδη βάση για ευκολότερη συντήρηση (Epsky et al., 2008).

Ωστόσο, τα συμβατικά συστήματα παγίδευσης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη φυσική παρουσία ελεγκτών για την επιτόπια συντήρηση και συλλογή δεδομένων, γεγονός που οδηγεί σε καθυστερήσεις στην απόκτηση πληροφοριών και αυξημένο λειτουργικό κόστος, ιδιαίτερα όταν εφαρμόζονται σε εκτεταμένα δίκτυα παρακολούθησης (Shaked et al., 2018). Πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία αισθητήρων και την τεχνητή νοημοσύνη έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη ηλεκτρονικών ή «έξυπνων» παγίδων που ενσωματώνουν οπτικούς αισθητήρες, κάμερες και ασύρματη επικοινωνία για την αυτοματοποιημένη ανίχνευση εντόμων και τη μετάδοση δεδομένων. Επίσης, τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί ηλεκτρονικές παγίδες Delta, οι οποίες ενσωματώνουν τεχνολογίες ψηφιακής απεικόνισης και επικοινωνίας. Οι σύγχρονες αυτές συσκευές είναι εξοπλισμένες με κάμερες υψηλής ανάλυσης, φωτοβολταϊκά πάνελ, επαναφορτιζόμενες μπαταρίες και μονάδες ασύρματης μετάδοσης δεδομένων, επιτρέποντας την αυτόματη λήψη εικόνων και την εξ αποστάσεως παρακολούθηση των πληθυσμών των εντόμων στο πεδίο (Preti et al., 2021; Suto et al., 2022).

Γενικότερα, οι σύγχρονες ηλεκτρονικές παγίδες χρησιμοποιούν συστήματα απεικόνισης υψηλής ανάλυσης, τροφοδοτούμενα από επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου, για τη λήψη και αποστολή εικόνων των συλληφθέντων εντόμων σε cloud servers για

απομακρυσμένη αναγνώριση μέσω αλγορίθμων βαθιάς μάθησης (Goldshtein et al., 2017; Diller et al., 2023). Κάποια από αυτά τα συστήματα έχουν δοκιμαστεί με επιτυχία για αρκετά σημαντικά είδη μυγών των φρούτων, συμπεριλαμβανομένων των *C. capitata*, *Bactrocera dorsalis* και *Bactrocera zonata*, επιτυγχάνοντας υψηλή ακρίβεια ταξινόμησης (άνω του 90%) και συγκρίσιμους ρυθμούς σύλληψης με τις συμβατικές παγίδες (Manoukakis et al., 2014; Manrakhan et al., 2017; Diller et al., 2023). Επιπλέον, οι ηλεκτρονικές παγίδες προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα στην παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και στην έγκαιρη ανίχνευση, εντοπίζοντας συχνά προσβολές αρκετές ημέρες πριν από τις επιτόπιες παρακολουθήσεις (Goldshtein et al., 2017). Συγκριτικές μελέτες σε πολλές μεσογειακές και αφρικανικές περιοχές έχουν δείξει ότι ενώ και τα δύο συστήματα εμφανίζουν παρόμοια αποτελεσματικότητα στην έλξη και τη σύλληψη, οι ηλεκτρονικές παγίδες προσφέρουν μεγαλύτερη ταχύτητα, αποτελεσματικότητα εργασίας και δυνατότητα κλιμάκωσης-επέκτασης (Shaked et al., 2018; Diller et al., 2023). Η ενσωμάτωση τέτοιων αυτοματοποιημένων ηλεκτρονικών παγίδων στα προγράμματα παρακολούθησης αποτελεί σημαντικό βήμα προς την ακριβή διαχείριση εντόμων-εχθρών, επιτρέποντας συνεχόμενη και οικονομικά αποδοτική παρακολούθηση των εχθρών οικονομικής σημασίας όπως η μύγα της Μεσογείου.

Η ανάρσια της ροδακινιάς (*Anarsia lineatella*), αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς των πυρηνόκαρπων καλλιεργειών, προκαλώντας άμεσα και έμμεσα προβλήματα στην παραγωγή μέσω ζημιών στους βλαστούς και στους καρπούς. Η αποτελεσματική παρακολούθηση του πληθυσμού του εντόμου αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για την έγκαιρη λήψη αποφάσεων φυτοπροστασίας, ιδιαίτερα κατά τις περιόδους αυξημένης δραστηριότητας, όπως το φθινόπωρο και η άνοιξη.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί καινοτόμα συστήματα ηλεκτρονικών παγίδων που επιτρέπουν την αυτόματη καταμέτρηση συλλήψεων, την απομακρυσμένη πρόσβαση στα δεδομένα και τη συνεχή παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο. Η χρήση τους έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους και του απαιτούμενου χρόνου επιτόπιων επισκέψεων, καθώς και βελτίωση της ακρίβειας και της ταχύτητας λήψης αποφάσεων. Ωστόσο, η πραγματική τους απόδοση σε σχέση με τις συμβατικές παγίδες φερομένης χρειάζεται αξιολόγηση υπό πραγματικές καλλιεργητικές και κλιματικές συνθήκες.

Η καφέ ασιατική βρωμούσα, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) αποτελεί έναν σοβαρό γεωργικό εχθρό, με μεγάλο εύρος φυτών ξενιστών και δυνατότητα σημαντικών απωλειών σε καλλιέργειες (Arnold, 2009; Leskey et al., 2015). Στην Ελλάδα, η πρώτη της καταγραφή χρονολογείται το 2011 ως έντομο όχλησης σε σπίτια στο κέντρο της Αθήνας (Milonas and Partsinevelos, 2014), αλλά από το 2017 θεωρείται πλέον σημαντικός εντομολογικός εχθρός ιδιαίτερα των δενδρωδών καλλιεργειών, με τις πρώτες εκτεταμένες ζημιές να σημειώνονται σε οπωρώνες ακτινιδιάς της Βόρειας Ελλάδας (Andreadis et al., 2018). Η παρακολούθηση του πληθυσμού της είναι ζωτικής σημασίας για την έγκαιρη λήψη μέτρων. Οι μέχρι τώρα έρευνες της πληθυσμιακής κατανομής και εποχικής ανάπτυξης του συγκεκριμένου είδους αναφέρουν ότι διαπαύει προαιρετικά στο στάδιο του ενηλίκου (αναπαραγωγική διάπαυση) (Koutsogeorgiou et al., 2022), ενώ σε καλλιέργειες ακτινιδιάς της Β. Ελλάδας (Ημαθία και Πιερία)

συμπληρώνει 2 αλληλοεπικαλυπτόμενες γενεές το έτος (Koutsogeorgiou et al., 2025). Οι παραδοσιακές μέθοδοι παρακολούθησης χρησιμοποιούν συμβατικές παγίδες με φερομόνη, οι οποίες όμως απαιτούν χειρωνακτικό έλεγχο και δεν αξιοποιούν πλήρως όλες τις μορφές επικοινωνίας των εντόμων (Leskey et al., 2012; Weber et al., 2014). Στο πλαίσιο αυτό, οι ηλεκτρονικές παγίδες αναδεικνύονται ως μια καινοτόμος λύση, συνδυάζοντας την προσέλκυση με φερομόνη και την έλξη μέσω ηχητικών κυμάτων (ταλαντώσεων) (Morrison et al., 2015; Rondoni et al., 2022). Η ανάπτυξή τους στηρίχθηκε στην αποκωδικοποίηση των φυσικών μοτίβων δονήσεων που παράγει το *H. halys* και στην πιστή αναπαραγωγή τους από ηλεκτρονικό κύκλωμα, παρέχοντας έναν «βιολογικό» μηχανισμό έλξης. Επιπλέον, η Shindo Trap διαθέτει φωτοβολταϊκό πάνελ που τροφοδοτεί το σύστημα, εξασφαλίζοντας ενεργειακή αυτονομία (Rondoni et al., 2022).

Ο υπονομευτής των φύλλων της τομάτας *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) αποτελεί έναν από τους πλέον καταστροφικούς εχθρούς της καλλιέργειας της τομάτας. Σε περιοχές εντατικής καλλιέργειας, οι πληθυσμοί του παραμένουν σε υψηλά επίπεδα σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με ιδιαίτερα έντονες εξάρσεις κατά τους θερμούς μήνες.

Οι φερομονικές παγίδες τύπου Δ επιτρέπουν την έγκαιρη ανίχνευση ακόμη και χαμηλών πληθυσμιακών πυκνοτήτων και διευκολύνουν την άμεση εφαρμογή κατάλληλων στρατηγικών διαχείρισης. Η συστηματική παρακολούθηση του εχθρού από τους παραγωγούς αποτελεί κρίσιμο και καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχή πορεία της καλλιέργειας.

Με την εξέλιξη των τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας, η αξιοποίηση ηλεκτρονικών παγίδων με αυτοματοποιημένα συστήματα καταγραφής και μετάδοσης δεδομένων αναδεικνύεται ως μια καινοτόμος προσέγγιση για τη βελτίωση της παρακολούθησης του εχθρού και τη βιώσιμη ανάπτυξη της καλλιέργειας της τομάτας.

**Ο σκοπός του παρόντος εγγράφου** είναι η συνολική και συγκριτική αξιολόγηση νέων ηλεκτρονικών παγίδων σε σχέση με τις αντίστοιχες συμβατικές παγίδες φερομόνης για την παρακολούθηση τεσσάρων εντόμων-εχθρών υψηλής οικονομικής σημασίας για τη γεωργική παραγωγή: της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*) (αποτελέσματα των δύο ξεχωριστών συγκριτικών αναλύσεων: ανάλυση 1: 3 τύποι παγίδας σε 5 τοποθεσίες, ανάλυση 2: 2 τύποι παγίδας σε 14 τοποθεσίες), της ανάρσιας της ροδακινιάς (*Anarsia lineatella*), της καφέ ασιατικής βρωμούσας (*Halyomorpha halys*) και του υπονομευτή της τομάτας (*Tuta absoluta*). Το έγγραφο αποσκοπεί στην αποτίμηση της αποτελεσματικότητας των ηλεκτρονικών συστημάτων παρακολούθησης ως προς την ικανότητα έγκαιρης ανίχνευσης και καταγραφής των πληθυσμών, τη συγκρισιμότητα των συλλήψεων με τις συμβατικές μεθόδους, καθώς και την αξιοπιστία, τη σταθερότητα λειτουργίας και τις απαιτήσεις συντήρησης τους υπό πραγματικές καλλιεργητικές και κλιματικές συνθήκες. Μέσω της ενιαίας σύνθεσης αποτελεσμάτων από διαφορετικά εντομολογικά και καλλιεργητικά συστήματα, το παρόν συμβάλλει στη τεκμηριωμένη αξιολόγηση της προστιθέμενης αξίας των ηλεκτρονικών παγίδων και στη διαμόρφωση προτάσεων για την ευρεία ενσωμάτωσή τους σε σύγχρονα προγράμματα φυτοπροστασίας και γεωργίας ακριβείας.

Το παρόν έγγραφο **ακολουθεί την παρακάτω δομή:**

**1. Εισαγωγή και Στόχοι:** Παρουσιάζεται το πλαίσιο της έρευνας και οι στόχοι του εγγράφου.

**2. Περιγραφή των Εργασιών:** 2.1. Υλικά και Μέθοδοι, 2.2. Αποτελέσματα και Συζήτηση.

**3. Σύνοψη και Συμπεράσματα:** Βασικά ευρήματα της έρευνας και σχετικά συμπεράσματα.

**4. Παράρτημα:** Βιβλιογραφικές αναφορές.

## 2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

### 2.1 Υλικά και μέθοδοι

#### Μύγα της Μεσογείου

Στόχος του συγκεκριμένου πειράματος ήταν η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών τύπων παγίδων μέσω της σύγκρισης συμβατικών και ηλεκτρονικών παγίδων για την μύγα της Μεσογείου. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του κάμπου της κεντρικής Μακεδονίας, σε οπωρώνες με διαφορετικούς ξενιστές.

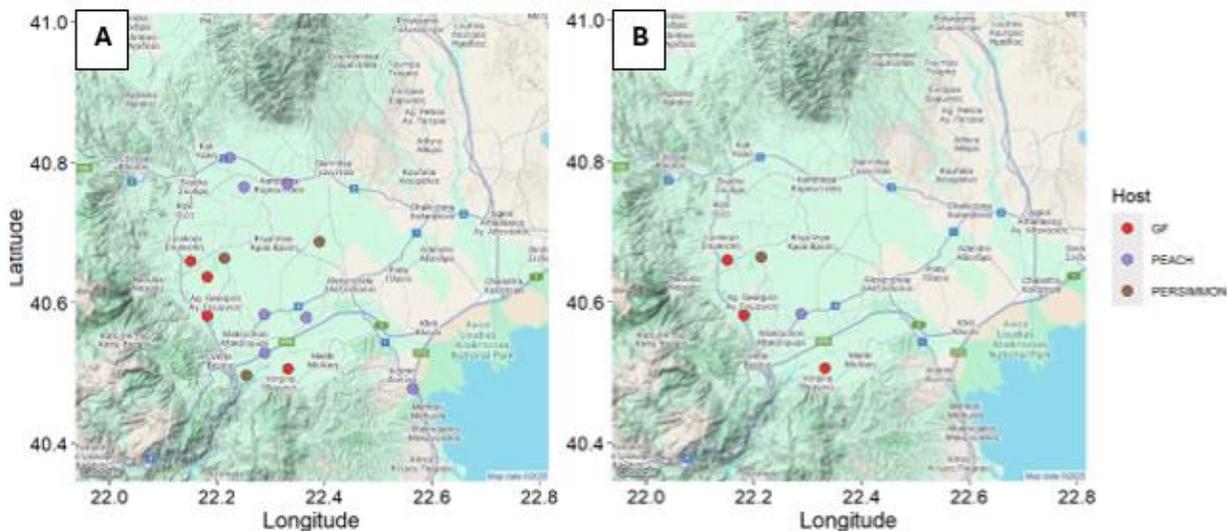
Λόγω της διαθεσιμότητας των παγίδων, πραγματοποιήθηκαν δύο αναλύσεις. Η Ανάλυση 1 εστίασε σε 5 τοποθεσίες (κωδικοί 4, 23, 25, 43, 45) όπου υπήρχαν πλήρη σετ και των τριών συστημάτων παγίδευσης. Η γεωγραφική κατανομή των τοποθεσιών για τις ηλεκτρονικές παγίδες φαίνεται στους χάρτες της Εικόνας 1.1.1-1B. Στους ίδιους οπωρώνες τοποθετήθηκαν και συμβατικές παγίδες. Οι κατηγορίες των παγίδων που συγκρίθηκαν ήταν:

- Delta\_e: Ηλεκτρονική παγίδα τύπου Delta με ελκυστικό trimedlure.
- McPhail\_e: Ηλεκτρονική παγίδα τύπου McPhail με ελκυστικό trimedlure.
- Conventional: Συμβατικός σταθμός παρακολούθησης, αποτελούμενος από το άθροισμα των συλλήψεων δύο παγίδων που τοποθετήθηκαν στην ίδια τοποθεσία: μιας πλαστικής McPhail (με ελκυστικό Biolure) και μιας Jackson (με ελκυστικό trimedlure).

Η Ανάλυση 2 συνέκρινε μόνο την McPhail\_e έναντι του Conventional σταθμού σε ένα ευρύτερο σύνολο 14 τοποθεσιών (Εικόνα 1.1.1-1A).

Οι παγίδες τοποθετήθηκαν στις 27/07/2024. Η συστηματική παρακολούθηση ξεκίνησε στα μέσα Σεπτεμβρίου, με τις ηλεκτρονικές παγίδες να ελέγχονται καθημερινά και τις συμβατικές εβδομαδιαία. Η συλλογή δεδομένων διήρκεσε έως τις 15/11/24. Σημειώθηκαν ορισμένοι περιορισμοί, όπως η απώλεια μιας τοποθεσίας για τις Delta\_e

λόγω κοπής δέντρων και τεχνικά προβλήματα με τις παγίδες McPhail\_e (συμβατότητα, φθορά, διακοπή αποστολής δεδομένων).



**Εικόνα 1.1.1-1.** Τοποθεσίες ηλεκτρονικών παγίδων. Α: Τοποθεσίες ηλεκτρονικών παγίδων McPhail, Β: Τοποθεσίες ηλεκτρονικών παγίδων Delta. Στα ίδια σημεία τοποθετήθηκαν και συμβατικές παγίδες.

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε ξεχωριστά για κάθε μία από τις δύο συγκρίσεις (Ανάλυση 1: 3 τύποι παγίδας (Delta\_e, McPhail\_e, Conventional) σε 5 τοποθεσίες / Ανάλυση 2: 2 τύποι παγίδας (McPhail\_e, Conventional) σε 14 τοποθεσίες), ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα, με τη χρήση του λογισμικού R (έκδοση 4.4.3).

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε περιγραφική στατιστική ανάλυση για την κατανόηση της κατανομής και των βασικών χαρακτηριστικών των δεδομένων για κάθε τύπο παγίδας. Υπολογίστηκαν:

- Ο αριθμός των τοποθεσιών ( $N_{traps}$ ) που συμμετείχαν σε κάθε σύγκριση.
- Ο συνολικός αριθμός συλλήψεων ( $Total\_Captures$ ) ανά τύπο παγίδας για όλη την περίοδο.
- Το ποσοστό των παρατηρήσεων (ημερήσιων ή εβδομαδιαίων ελέγχων) που είχαν τουλάχιστον μία σύλληψη ( $Percent\_Captures$ ), ως δείκτης της συχνότητας ανίχνευσης.
- Ο μέσος ρυθμός συλλήψεων (FTD) και η τυπική του απόκλιση (SD), υπολογισμένα μόνο για τις παρατηρήσεις όπου υπήρξε σύλληψη ( $Mean\_FTD\_Positive$ ,  $SD\_FTD\_Positive$ ), ως δείκτης του μεγέθους των συλλήψεων όταν αυτές συμβαίνουν.
- Ο συνολικός μέσος ρυθμός συλλήψεων (FTD) και η τυπική του απόκλιση (SD), υπολογισμένα επί όλων των παρατηρήσεων ( $Mean\_FTD\_Overall$ ,  $SD\_FTD\_Overall$ ), ως συνολικός δείκτης απόδοσης.

### Ανάλυση ρυθμού συλλήψεων (FTD)

Για τη στατιστική σύγκριση του συνολικού ρυθμού συλλήψεων (FTD), εφαρμόστηκε ένα Γενικευμένο Γραμμικό Μικτό Μοντέλο (Generalized Linear Mixed Model - GLMM),

χρησιμοποιώντας το πακέτο glmmTMB. Η επιλογή αυτής της μεθόδου κρίθηκε απαραίτητη για τους εξής λόγους:

- Φύση Δεδομένων: Η εξαρτημένη μεταβλητή (Total\_Count, ο αριθμός συλλήψεων) είναι δεδομένα απαρίθμησης (count data), τα οποία συχνά παρουσιάζουν υπερδιασπορά (overdispersion) (μεγαλύτερη διακύμανση από τον μέσο όρο). Για τον λόγο αυτό, επιλέχθηκε η Αρνητική Διωνυμική κατανομή (family = nbinom2), η οποία είναι κατάλληλη για τέτοια δεδομένα.
  - Διαφορετική Συχνότητα Παρατήρησης: Για να ληφθεί υπόψη ότι οι ηλεκτρονικές παγίδες ελέγχονταν καθημερινά και οι συμβατικές εβδομαδιαία, και να μοντελοποιηθεί ο ρυθμός (FTD) αντί για τον απόλυτο αριθμό, συμπεριλήφθηκε στο μοντέλο ένας όρος "offset", ίσος με τον φυσικό λογάριθμο των ημερών μεταξύ των παρατηρήσεων [offset = log(Days\_Between)].
  - Επαναλαμβανόμενες Μετρήσεις & Δομή Πειράματος: Δεδομένου ότι οι μετρήσεις επαναλαμβάνονταν στον χρόνο για τις ίδιες παγίδες/τοποθεσίες (blocked design), υπήρχε μη-ανεξαρτησία των παρατηρήσεων. Επιπλέον, αναμενόταν σημαντική μεταβλητότητα στα επίπεδα πληθυσμού μεταξύ των διαφορετικών τοποθεσιών. Για να ληφθούν υπόψη αυτοί οι παράγοντες, η Τοποθεσία (Location) συμπεριλήφθηκε στο μοντέλο ως τυχαίος παράγοντας (random effect) με τη μορφή (1 | Location).
  - Παράγοντας Ενδιαφέροντος: Ο Τύπος Παγίδας (Trap\_Type) ορίστηκε ως ο κύριος σταθερός παράγοντας (fixed effect) του μοντέλου.
- Ο έλεγχος της καλής προσαρμογής του μοντέλου (diagnostics) πραγματοποιήθηκε μέσω του πακέτου DHARMA. Τα αποτελέσματα του μοντέλου και οι κατά ζεύγη συγκρίσεις μεταξύ των τύπων παγίδας (με διόρθωση Tukey για πολλαπλές συγκρίσεις, πακέτο emmeans) εκφράστηκαν ως Λόγοι Ρυθμού Επίπτωσης (Incidence Rate Ratios - IRR) με τα αντίστοιχα 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (95% CI).

## Ανάλυση Ταχύτητας Ανάπτυξης

Για να αξιολογηθεί η ταχύτητα με την οποία κάθε τύπος παγίδας κατέγραφε την πρώτη σύλληψη, εφαρμόστηκε Ανάλυση Επιβίωσης (Survival Analysis), χρησιμοποιώντας το πακέτο survival.

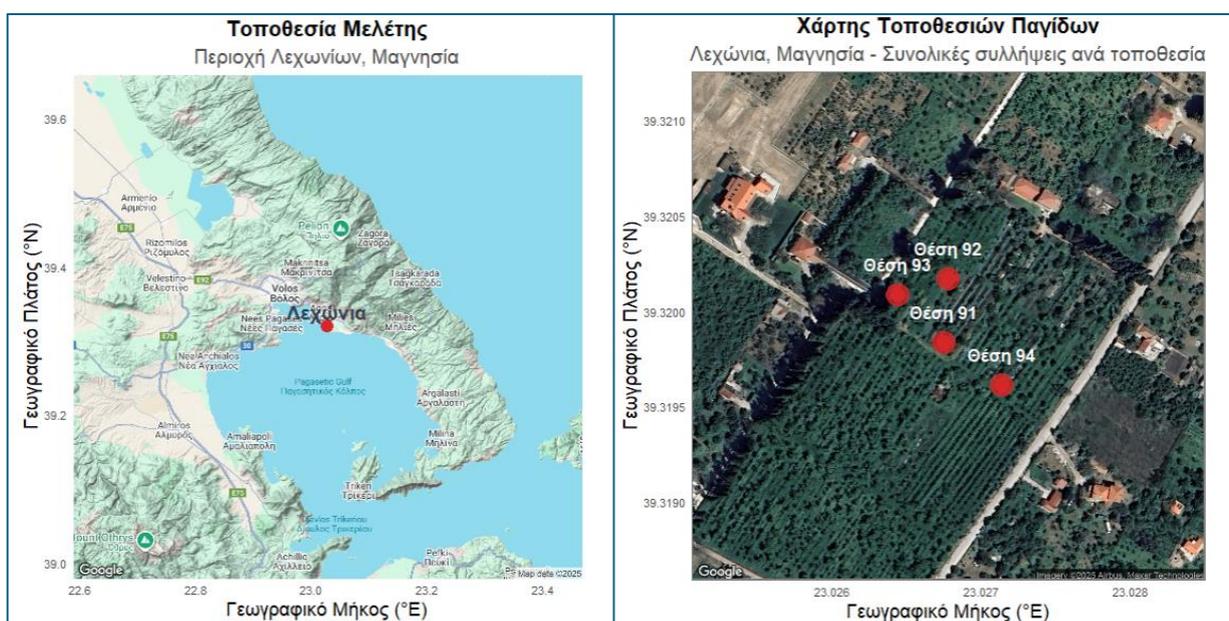
Για κάθε παγίδα (Trap\_ID), ορίστηκε ο χρόνος (Time) ως οι ημέρες από την έναρξη της παρακολούθησης έως την πρώτη σύλληψη και το γεγονός (Event) ως 1 εάν έγινε σύλληψη ή 0 εάν η παγίδα δεν έπιασε τίποτα μέχρι το τέλος (censored).

Οι διαφορές οπτικοποιήθηκαν με διαγράμματα Kaplan-Meier (με log-rank test). Για την ποσοτικοποίηση της επίδρασης του τύπου παγίδας, εφαρμόστηκε ένα μοντέλο Αναλογικών Κινδύνων του Cox (Cox Proportional Hazards model), στρωματοποιημένο ανά Location (strata (Location)). Λόγω του πλήρους διαχωρισμού (complete separation) στα δεδομένα της Ανάλυσης 1 (όπου ο συμβατικός σταθμός ήταν πάντα ταχύτερος), για τη συγκεκριμένη ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Firth penalized likelihood (πακέτο coxphf) για τη σταθεροποίηση των εκτιμήσεων των συντελεστών. Για την Ανάλυση 2, χρησιμοποιήθηκε το κλασικό μοντέλο Cox. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως Λόγοι Κινδύνου (Hazard Ratios - HR) με τα 95% CIs. Η παραδοχή των αναλογικών κινδύνων ελέγχθηκε με βάση τα υπόλοιπα Schoenfeld (cox.zph).

Επιπλέον, για την Ανάλυση 1, πραγματοποιήθηκαν κατά ζεύγη συγκρίσεις (pairwise comparisons) μεταξύ των τριών τύπων παγίδας χρησιμοποιώντας το log-rank test με διορθωση της τιμής  $p$  κατά Holm.

## Σύγκριση ηλεκτρονικών παγίδων και συμβατικών παγίδων Jackson

Η μελέτη διεξήχθη σε τέσσερις τοποθεσίες στα Λεχώνια Μαγνησίας (Εικόνα 1.1.1-2) για τη σύγκριση της αποτελεσματικότητας ηλεκτρονικών παγίδων (GDT) και συμβατικών παγίδων Jackson για την παρακολούθηση της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*). Όλες οι παγίδες χρησιμοποιήσαν trimedlure ως ελκυστικό.



**Εικόνα 1.1.1-2.** Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης στα Λεχώνια Μαγνησίας. Οι τέσσερις τοποθεσίες παγίδων απεικονίζονται με κόκκινα σημεία.

Η μελέτη διαρθρώθηκε σε δύο περιόδους. Κατά την πρώτη περίοδο (23 Μαΐου - 2 Αυγούστου 2025), σε κάθε τοποθεσία τοποθετήθηκαν μία GDT και μία Jackson παγίδα (αναλογία 1:1). Στη δεύτερη περίοδο (2 Αυγούστου - 10 Σεπτεμβρίου 2025), προστέθηκε δεύτερη Jackson παγίδα ανά τοποθεσία (αναλογία 1:2).

Οι ηλεκτρονικές παγίδες GDT καταγράφουν τις συλλήψεις καθημερινά, ενώ οι συμβατικές παγίδες Jackson ελέγχονται περιοδικά. Για τη σωστή σύγκριση, εφαρμόστηκε ανάλυση βάσει διαστημάτων (interval-based analysis). Συγκεκριμένα, για κάθε επιτήρηση των Jackson παγίδων, υπολογίστηκε το άθροισμα των συλλήψεων των GDT παγίδων στο ίδιο χρονικό διάστημα, και στη συνέχεια υπολογίστηκαν ημερήσιοι ρυθμοί σύλληψης (catches per day) για κάθε διάστημα επιτήρησης.

Για κάθε περίοδο διεξήχθησαν paired Wilcoxon signed-rank test (μη-παραμετρικό) και paired t-test για τους ημερήσιους ρυθμούς σύλληψης. Επιπλέον, για κάθε περίοδο εφαρμόστηκαν γραμμικά μικτά μοντέλα (Linear Mixed-Effects Models, LMMs) με τη μορφή  $\text{Interval\_Catches} \sim \text{Trap\_Type} + (1|\text{Location})$ , όπου η τοποθεσία συμπεριλήφθηκε ως τυχαία επίδραση (random intercept) για να ληφθεί υπόψη η επαναλαμβανόμενη φύση των μετρήσεων στις ίδιες τοποθεσίες. Για τη συνολική

ανάλυση, εφαρμόστηκε μοντέλο με αλληλεπίδραση:  $Interval\_Catches \sim Trap\_Type * Period + (1|Location)$ , για τον έλεγχο πιθανής επίδρασης της περιόδου στη διαφορά μεταξύ των τύπων παγίδας. Στη δεύτερη περίοδο, οι συλλήψεις των δύο Jackson παγίδων αθροίστηκαν ανά τοποθεσία για σύγκριση με τη μία GDT παγίδα.

Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό R (version 4.5.2, R Core Team 2025). Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε σε  $\alpha = 0.05$  για όλες τις αναλύσεις.

### Ανάρσια της ροδακινιάς

Πραγματοποιήθηκε πείραμα με σκοπό τη σύγκριση συμβατικών και καινοτόμων/βελτιωμένων ηλεκτρονικών παγίδων για την παρακολούθηση των πληθυσμών του εντόμου *Anarsia lineatella*.

Κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2024 (06/09/2024), τοποθετήθηκαν δύο ηλεκτρονικές φερομονικές παγίδες τύπου Trapview και δύο συμβατικές φερομονικές παγίδες τύπου δέλτα για την παρακολούθηση του πληθυσμού του εντόμου *A. lineatella* (Εικόνα 1.1.1-3). Οι παγίδες τοποθετήθηκαν σε συμβατικό οπωρώνα ροδακινιάς έκτασης 6 στρεμμάτων στον Άγιο Βασίλειο Ν. Κορινθίας (37°49'08.8"N, 22°48'11.5"E) (Εικόνα 1.1.1-4). Η παρακολούθηση πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, από 12/09/2024 έως 19/11/2024.



**Εικόνα 1.1.1-3.** Τοποθέτηση συμβατικών και ηλεκτρονικών παγίδων σε οπωρώνα στον Άγιο Βασίλειο Ν. Κορινθίας.

Οι τέσσερις παγίδες τοποθετήθηκαν σε τεθλασμένη διάταξη στο κέντρο του οπωρώνα. Σε κάθε παγίδα τοποθετήθηκε διαχυτήρας φερομόνης. Η καταγραφή των συλλήψεων στις ηλεκτρονικές παγίδες έγινε απομακρυσμένα μέσω της εφαρμογής Trapview app, με αυτόματη λήψη και αποστολή φωτογραφιών δύο φορές ημερησίως, καθημερινή καταγραφή θερμοκρασίας και ποσοστού υγρασίας μέσω ενσωματωμένου αισθητήρα, ενώ παράλληλα λαμβανόταν εβδομαδιαία αναφορά (weekly report, Εικόνα 1.1.1-5). Στις συμβατικές παγίδες η καταγραφή πραγματοποιήθηκε επιτόπια, με εβδομαδιαίες επισκέψεις στον οπωρώνα.



**Εικόνα 1.1.1- 4.** Ο οπωρώνας στον Άγιο Βασίλειο Ν. Κορινθίας, όπου τοποθετήθηκαν οι παγίδες για την παρακολούθηση του πληθυσμού του εντόμου *Anarsia lineatella*, το φθινόπωρο του 2024.

Την άνοιξη του 2025 (03/04/2025) εγκαταστάθηκαν συνολικά τρεις ηλεκτρονικές παγίδες τύπου Trapview και τρεις συμβατικές φερομονικές παγίδες τύπου δέλτα σε τρεις οπωρώνες ροδακινιάς στην περιοχή της Ημαθίας (Εικόνα 1.1.1-6), για την παρακολούθηση και πάλι του πληθυσμού του εντόμου *A. lineatella*. Το χρονικό διάστημα της παρακολούθησης ήταν από τις αρχές Απριλίου (03/04/2025) έως τα μέσα Ιουνίου (18/06/25). Στόχος της εγκατάστασης ήταν η συστηματική καταγραφή της πρώιμης ανοιξιάτικης δραστηριότητας του εντόμου και η σύγκριση της αποτελεσματικότητας των δύο τύπων παγίδων.

Στο πλαίσιο αυτό, πραγματοποιήθηκε εγκατάσταση παγίδων τύπου δέλτα σε τρεις διακριτές περιοχές της Νάουσας Ημαθίας (Εικόνα 1.1.1-6) με στόχο την παρακολούθηση του πληθυσμού του εντόμου. Συγκεκριμένα, στην περιοχή Πατρίδα (40°34'30.1"N, 22°10'48.8"E), σε οπωρώνα ροδακινιάς ποικιλίας Μπορντώ έκτασης 10 στρεμμάτων, με εκτιμώμενη ημερομηνία συγκομιδής την 15/06/2025, τοποθετήθηκαν

μία ηλεκτρονική και μία συμβατική παγίδα. Η καλλιέργεια γειτνιάζε με οπωρώνες βερικοκιάς, δαμασκηνιάς και ροδακινιάς ποικιλίας Sweet Dream.

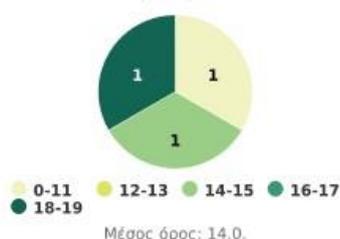


## WEEKLY REPORT 20.04.2025 - 27.04.2025

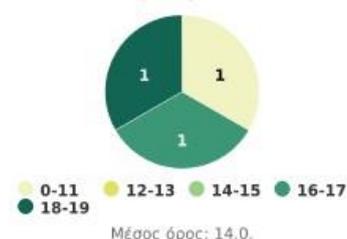
Χρήστες	Olga Anestidou (Tractor GPS/Μpenakeio Idryma)	27.04.2025
Παράσιτο	Peach twig borer ( <i>Anarsia lineatella</i> )	
Καλλιέργεια	Όλες οι καλλιέργειες	
Αρ. Συσκευών	3	

## HIGHLIGHTS

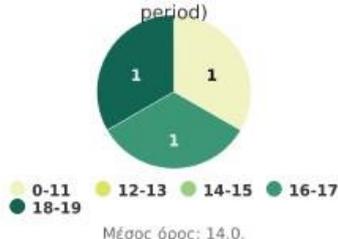
Accumulated pest pressure (week)



Accumulated pest pressure (month)



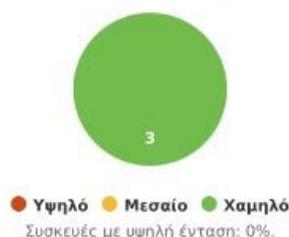
Accumulated pest pressure (mon. period)



Pest forecast



Development stages



Δελτίο καιρού



### Εικόνα 1.1.1-5. Εβδομαδιαίο TrapView app report

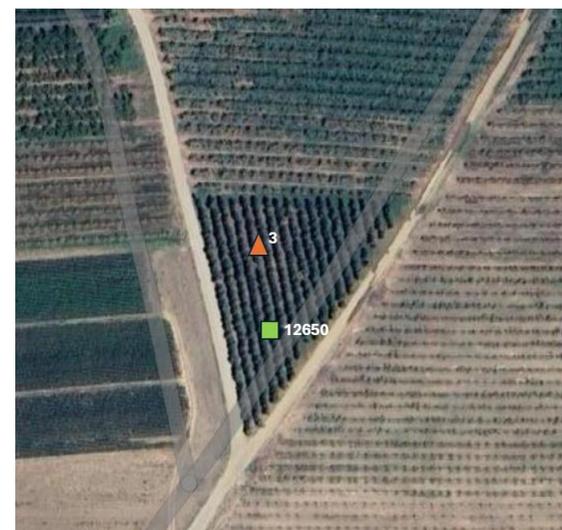
Επιπλέον, στην περιοχή Άγιος Γεώργιος (40°35'57.9"N, 22°11'12.9"E), εγκαταστάθηκαν κατά τον ίδιο τρόπο μία ηλεκτρονική και μία συμβατική παγίδα σε οπωρώνα ροδακινιάς (συμπύρην) έκτασης 8 στρεμμάτων, με εκτιμώμενη ημερομηνία συγκομιδής την 10/08/2025, όπου οι γειτνιάζουσες καλλιέργειες αποτελούνταν αποκλειστικά από οπωρώνες ροδακινιάς. Τέλος, στην περιοχή Επισκοπή (40°41'40.0"N, 22°08'10.5"E), ίδιο ζεύγος παγίδων (μία ηλεκτρονική και μία συμβατική) τοποθετήθηκαν σε οπωρώνα νεκταρινιάς ποικιλίας Caltesse 2000 (λευκόσαρκη), έκτασης 3,5 στρεμμάτων, με εκτιμώμενη συγκομιδή στις 25/06/2025. Γειτνιάζουσες καλλιέργειες σε αυτή την περίπτωση ήταν καλλιέργειες ακτινιδιάς (Πίνακας 1.1.1-1). Σε όλες τις παγίδες τοποθετήθηκε ελκυστικό φερομόνης. Η παρακολούθηση των ηλεκτρονικών παγίδων πραγματοποιήθηκε απομακρυσμένα μέσω της εφαρμογής Trapview app, με αυτόματη λήψη και αποστολή εικόνων δύο φορές ημερησίως, καθημερινή καταγραφή θερμοκρασίας και ποσοστού υγρασίας μέσω ενσωματωμένου αισθητήρα, ενώ παράλληλα λαμβανόταν εβδομαδιαία αναλυτική αναφορά των συλλήψεων (weekly report). Η καταγραφή των συλλήψεων στις συμβατικές παγίδες

διενεργήθηκε με επιτόπιες επιθεωρήσεις σε εβδομαδιαία βάση. Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο SPSS v.30.0.0.



**Εικόνα 1.1.1- 6.** Τοποθέτηση συμβατικών και ηλεκτρονικών παγίδων σε οπωρώνες στη Νάουσα, Ημαθίας

**Πίνακας 1.1.1-1.** Συνοπτική παρουσίαση των οπωρώνων που επιλέχθηκαν για το πείραμα.



<b>Πατριδα, Νάουσα Ημαθίας</b> (40°34'30.1"N 22°10'48.8"E)	<b>Άγιος Γεώργιος, Νάουσα Ημαθίας</b> (40°35'57.9"N 22°11'12.9"E)	<b>Επισκοπή, Νάουσα Ημαθίας</b> (40°41'40.0"N, 22°08'10.5"E)
<b>Έκταση:</b> 10στρ.	<b>Έκταση:</b> 8στρ.	<b>Έκταση:</b> 3,5στρ.
<b>Καλλιέργεια:</b> Ροδακινιά (συγκομιδή ≈ 15/6)	<b>Καλλιέργεια:</b> Ροδακινιά (συγκομιδή ≈ 10/8)	<b>Καλλιέργεια:</b> Νεκταρινιά (συγκομιδή ≈ 25/6)
<b>Γειτονικές καλλιέργειες:</b> Βερικοκιά, δαμασκηνιά, ροδακινιά (ποικιλίας sweet dream)	<b>Γειτονικές καλλιέργειες:</b> Ροδακινιά	<b>Γειτονικές καλλιέργειες:</b> Ακτινιδιά
<b>Ποικιλία:</b> Μπορντώ (χνουδωτά, κιτρινόσαρκα)	<b>Ποικιλία:</b> Συμπύρηνια (για κομπόστα)	<b>Ποικιλία:</b> Caltesse 2000 (λευκόσαρκα)

## Καφέ ασιατική βρωμούσα

Η συγκριτική αξιολόγηση των ηλεκτρονικών παγίδων (τύπου Shindo) και των συμβατικών παγίδων πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου σε τρεις αντιπροσωπευτικούς οπωρώνες ροδακινιάς, που βρίσκονται στις περιοχές Έδεσσα, Μελίκη και Επισκοπή της Κεντρικής Μακεδονίας. Τα τρία αγροτεμάχια επελέγησαν λόγω της γνωστής παρουσίας πληθυσμών του *H. halys* και της ομοιογενούς γεωμορφολογίας τους, ώστε να διασφαλιστεί η συγκρισιμότητα των δεδομένων. Σε κάθε οπωρώνα εγκαταστάθηκαν 3 ηλεκτρονικές παγίδες Shindo και 3 συμβατικές παγίδες τύπου ρουκέτας, συνολικά 6 παγίδες ανά περιοχή. Η επιλογή του αριθμού και της χωρικής τους διασποράς έγινε έτσι ώστε να καλύπτεται αντιπροσωπευτικά η έκταση κάθε αγρού χωρίς η μία παγίδα να επηρεάζει την άλλη. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ παγίδων του ίδιου τύπου ήταν 100 μέτρα και μεταξύ διαφορετικών τύπων ήταν 20 μέτρα, προκειμένου να περιοριστεί η αλληλεπίδραση της προσελκυστικής ουσίας και να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος επικάλυψης στις ζώνες προσέλκυσης.

Όλες οι παγίδες (ηλεκτρονικές και συμβατικές) ήταν εφοδιασμένες με τη φερομόνη συνάθροισης του *H. halys* (μίγμα ~3.5:1 των ουσιών (3S,6S,7R,10S)- και (3R,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol (SSRS και RSRS αντίστοιχα), σε συνδυασμό με τη συνεργιστική ουσία methyl (2E,4E,6Z)-2,4,6-decatrienoate (MDT)), σύμφωνα με τις οδηγίες του παραγωγού, ώστε να διασφαλιστεί η λειτουργική ισοδυναμία των δύο συστημάτων ως προς το χημικό προσελκυστικό. Στην περίπτωση των παγίδων Shindo, η φερομόνη συνδυάστηκε με το ενσωματωμένο σύστημα δόνησης της παγίδας, το οποίο λειτουργεί με φωτοβολταϊκή τροφοδοσία και εκπέμπει συγκεκριμένα μηχανικά σήματα χαμηλής συχνότητας, αντίστοιχα με τα φυσικά σήματα επικοινωνίας του εντόμου. Οι παγίδες τύπου ρουκέτας χρησιμοποιήθηκαν ως συμβατικός τύπος παγίδας, χωρίς ηλεκτρονική ενίσχυση της έλξης. Η εγκατάσταση των παγίδων πραγματοποιήθηκε σε κλαδιά ροδακινιάς σε ύψος περίπου 1,5 μέτρου από το έδαφος, θέση που θεωρείται αντιπροσωπευτική του ύψους μετακίνησης και δραστηριότητας των ενήλικων και των ανήλικων κινητών σταδίων του εντόμου. Οι παγίδες τοποθετήθηκαν σε σημεία προστατευμένα από άμεση έκθεση σε ακραία καιρικά φαινόμενα (ισχυρούς ανέμους, βροχόπτωση, χαλαζόπτωση), ώστε να διασφαλιστεί η αδιάλειπτη λειτουργία τόσο των ηλεκτρονικών παγίδων όσο και των συμβατικών συστημάτων συλλογής. Στην περίπτωση των ηλεκτρονικών παγίδων εξασφαλίστηκε η έκθεση του φωτοβολταϊκού πάνελ στην ηλιακή ακτινοβολία για τη σωστή λειτουργία τους.

Η παρακολούθηση του πληθυσμού του *H. halys* πραγματοποιήθηκε με εβδομαδιαία επιθεώρηση όλων των παγίδων (διαστήματα αναφοράς 18/04/2024 – 13/11/2024 και 30/04/2025 – 29/10/2025). Σε κάθε επίσκεψη καταγραφόταν ξεχωριστά ο αριθμός των ατόμων ανά βιολογικό στάδιο, με διάκριση μεταξύ ανήλικων κινητών σταδίων (L<sub>2</sub>-L<sub>5</sub>) και ενήλικων ατόμων. Η διακριτή καταγραφή των σταδίων είναι κρίσιμη, καθώς τα στάδια αυτά εμφανίζουν διαφορετικές προτιμήσεις ως προς τις ελκυστικές συνθήκες και διαφορετική κινητικότητα, γεγονός που επιτρέπει την πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση της λειτουργικότητας των παγίδων σε όλο το φάσμα της βιολογίας του εντόμου. Σε κάθε καταγραφή σημειώνονταν επίσης παρατηρήσεις σχετικά με την κατάσταση της κάθε παγίδας, την επάρκεια της φερομόνης, την παρουσία άλλων ειδών (bycatch),

καθώς και τυχόν παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ελκυστικότητα (π.χ. σκιάσεις, προσβολές από καιρικά φαινόμενα, φυλλική πυκνότητα).

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με σταθερό πρωτόκολλο ώστε να μπορούν να συγκριθούν αξιόπιστα μεταξύ των τριών περιοχών και των δύο τύπων παγίδας. Η συστηματική εβδομαδιαία δειγματοληψία επέτρεψε την παρακολούθηση της πληθυσμιακής κατανομής του *H. halys* κατά τη διάρκεια της περιόδου και παρείχε επαρκές υλικό για τη στατιστική σύγκριση της αποτελεσματικότητας των παγίδων ως προς τη συνολική τους απόδοση, αλλά και ως προς την ειδική ικανότητα ανίχνευσης διαφορετικών σταδίων ανάπτυξης του εντόμου. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε εφαρμόζοντας Generalized Linear Model (GLM) (IBM SPSS Statistics, Version 29.0, IBM Corp©).

### Υπονομευτής της τομάτας

Η παρούσα πειραματική έρευνα πραγματοποιήθηκε σε εμπορικό θερμοκήπιο έκτασης 5 στρεμμάτων, με καλλιέργεια υδροπονικής τομάτας cv Tantem στην περιοχή της Ιεράπετρας για δύο συνεχόμενες καλλιεργητικές περιόδους.

Οι αυτόματες ηλεκτρονικές παγίδες που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία ήταν η παγίδα TrapView (TV) και η παγίδα Magic trap.

Η αυτόματη ηλεκτρονική φερομονική παγίδα TrapView κατασκευάζεται από την εταιρεία EFOS d.o.o. (Σλοβενία) και είναι εμπορικά διαθέσιμη (<https://trapview.com/>). Στην Ελλάδα διατίθεται από την εταιρεία TractorGPS, Καλοχώρι Θεσσαλονίκης (<https://tractorgps.gr/>). Ο σχεδιασμός της TrapView διαφοροποιείται σημαντικά από τον αντίστοιχο της συμβατικής παγίδας τύπου Δ, καθώς ενσωματώνει εκτενή περιφερειακό εξοπλισμό (Εικόνα 1.1.1-7).

Η ηλεκτρική τροφοδοσία της παγίδας εξασφαλίζεται μέσω επαναφορτιζόμενης μπαταρίας, η οποία φορτίζεται αυτόνομα με τη χρήση ενσωματωμένου φωτοβολταϊκού στοιχείου. Η τεχνολογία TrapView επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση της πληθυσμιακής δυναμικής εντόμων-στόχων, όπως το *T. absoluta*, σε σχεδόν πραγματικό χρόνο.

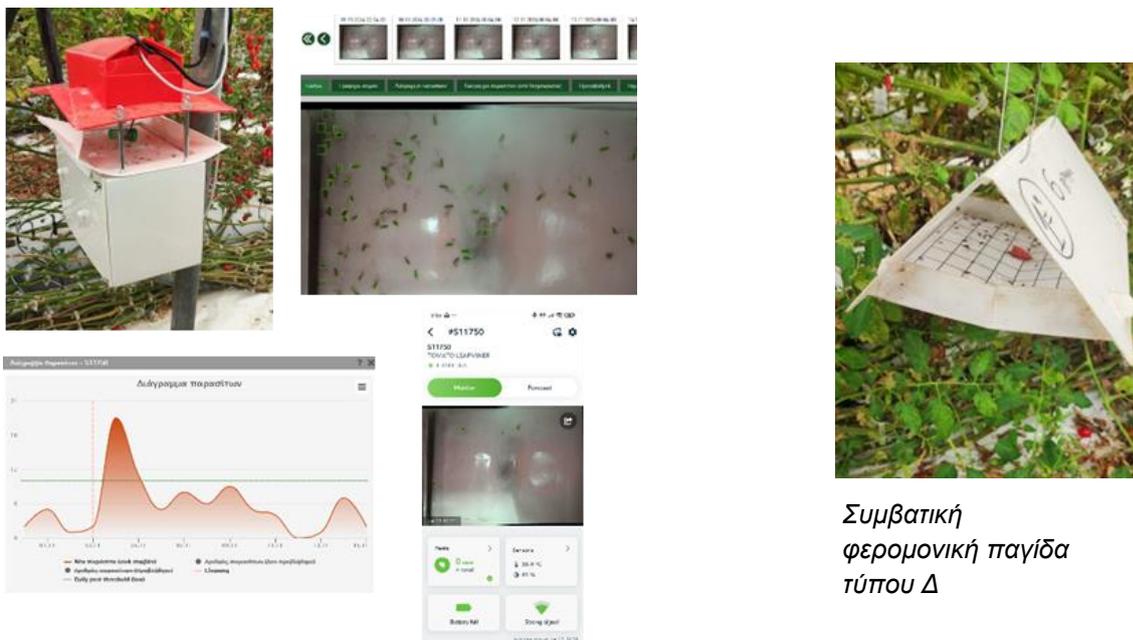
Το πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα της παγίδας, το οποίο συνδυάζει τη χρήση φερομόνης και ενσωματωμένης ψηφιακής κάμερας, καταγράφει σε τακτά χρονικά διαστήματα την κολλητική επιφάνεια με τα συλληφθέντα ενήλικα έντομα, δημιουργώντας ψηφιακές εικόνες (μορφή JPG). Οι εικόνες αποστέλλονται ημερησίως (μία φορά) μέσω δικτύου GSM 5G σε ειδική ηλεκτρονική πλατφόρμα, όπου πραγματοποιείται αυτόματη ανάλυση.

Το σύστημα αναγνωρίζει και καταμετρά τα έντομα που βρίσκονται στην κολλητική επιφάνεια και στη συνέχεια καταχωρεί, σε καθημερινή βάση, τα δεδομένα σε λογισμικό απομακρυσμένης πρόσβασης, παρέχοντας άμεση ενημέρωση στον τελικό χρήστη. Επιπλέον, όταν ο αριθμός των συλληφθέντων εντόμων υπερβεί ένα προκαθορισμένο όριο (περίπου 200 άτομα), η επιφάνεια «καθαρίζεται» αυτόματα μέσω ειδικής μηχανικής διαδικασίας, ώστε να διασφαλίζεται η αξιόπιστη ανάλυση της εικόνας με το μικρότερο δυνατό σφάλμα από το λογισμικό αναγνώρισης.

Η κολλητική επιφάνεια αποτελείται από ειδική μεμβράνη με εντομολογική κόλλα μεγάλης διάρκειας, η οποία είναι τυλιγμένη σε μορφή περιστρεφόμενου ρολού, με την κολλητική επιφάνεια στην εξωτερική πλευρά. Ο «καθαρισμός» της επιφάνειας

παρατήρησης επιτυγχάνεται μέσω της αυτόματης περιστροφής του ρολού, με την πλήρη απομάκρυνση της επιφάνειας που φέρει τα συλληφθέντα έντομα και την αντικατάστασή της από νέα, καθαρή κολλητική επιφάνεια. Με τον τρόπο αυτό, στον τελικό χρήστη δημιουργείται η αίσθηση καθαρισμού της επιφάνειας, ενώ στην πράξη πραγματοποιείται αντικατάστασή της.

Η διαδικασία περιστροφής είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και δεν απαιτεί παρέμβαση του χρήστη, παρά μόνο όταν ολοκληρωθεί το μήκος του ρολού και απαιτηθεί αντικατάσταση. Ένα περιστρεφόμενο ρολό έχει διάρκεια χρήσης περίπου μίας καλλιεργητικής περιόδου (8–9 μήνες). Το σύστημα ενημερώνει εγκαίρως τον χρήστη, μέσω ειδοποίησης στην εφαρμογή, για την επικείμενη ανάγκη αντικατάστασης του ρολού, ώστε να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία της παγίδας. Παράλληλα, η παγίδα TrapView καταγράφει βασικά μετεωρολογικά δεδομένα της θέσης εγκατάστασής της, όπως τη θερμοκρασία (T) και τη σχετική υγρασία (RH), ενισχύοντας περαιτέρω τη δυνατότητα ερμηνείας των πληθυσμιακών δεδομένων του εντόμου-στόχου.

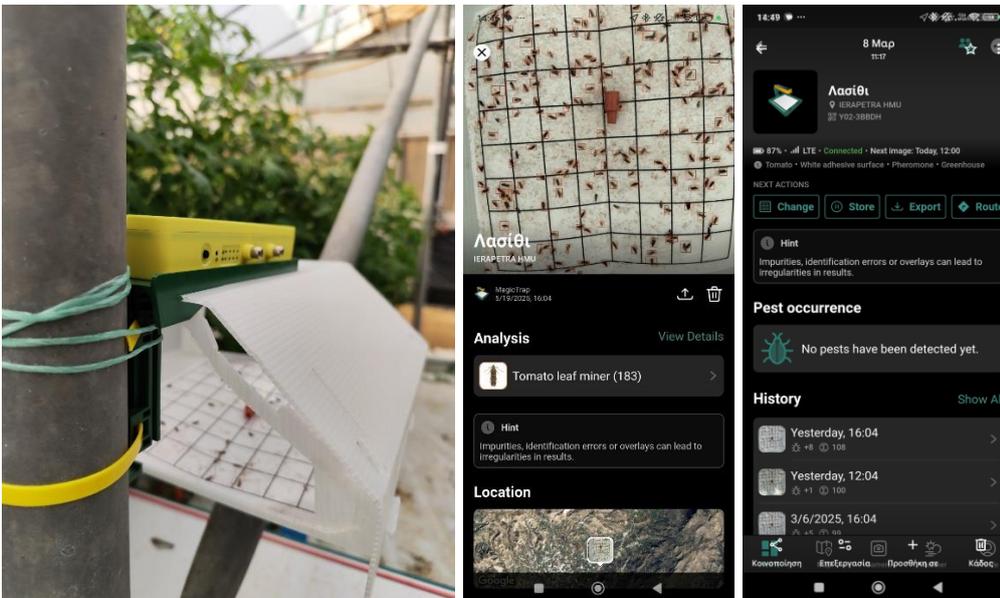


Συμβατική  
φερομονική παγίδα  
τύπου Δ

**Εικόνα 1.1.1-7.** Η αυτόματη ηλεκτρονική φερομονική παγίδα TrapView και screenshots από το σχετικό διαδικτυακό interface και από το software app για smartphone. Η συμβατική φερομονική παγίδα τύπου Δ στα δεξιά.

Η αυτόματη ηλεκτρονική φερομονική παγίδα Magic Trap κατασκευάζεται από την εταιρεία Bayer AG και δεν είναι εμπορικά διαθέσιμη. Η τεχνολογία της Magic Trap επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση της πληθυσμιακής δυναμικής εντόμων, με σύστημα παρεμφερές με αυτό της TrapView. Ειδικότερα, η παγίδα τροφοδοτείται από επαναφορτιζόμενη μπαταρία με αυτόνομη φόρτιση μέσω φωτοβολταϊκού στοιχείου και διαθέτει ενσωματωμένη ψηφιακή κάμερα για τη φωτογραφική καταγραφή των συλλήψεων. Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω δικτύου GSM σε ηλεκτρονική πλατφόρμα επεξεργασίας, όπου πραγματοποιείται ανάλυση εικόνας, αυτόματη καταμέτρηση των εντόμων και καταχώρηση των μετρήσεων σε βάση δεδομένων, προσβάσιμη απομακρυσμένα από τον τελικό χρήστη μέσω του ειδικού λογισμικού «MagicScout».

Ο σχεδιασμός της παγίδας Magic Trap προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό εκείνον της συμβατικής φερομονικής παγίδας τύπου Δ (Εικόνα 1.1.1-8), σε αντίθεση με την TrapView, η οποία διαφοροποιείται σημαντικά ως προς τη μορφολογία και τον εξοπλισμό της. Επιπλέον, μία ακόμη βασική διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων αφορά την κολλητική επιφάνεια. Η Magic Trap χρησιμοποιεί το ίδιο σύστημα κολλητικής επιφάνειας με τη συμβατική παγίδα τύπου Δ, ενώ η TrapView αξιοποιεί περιστρεφόμενο ρολό με κολλητική επιφάνεια μεγάλης διάρκειας. Η παγίδα Magic Trap δεν διαθέτει μηχανισμό αυτόματου «καθαρισμού» της κολλητικής επιφάνειας. Ως εκ τούτου, η αντικατάσταση της κολλητικής επιφάνειας πραγματοποιείται από τον τελικό χρήστη, με τρόπο αντίστοιχο εκείνου που εφαρμόζεται στη συμβατική παγίδα τύπου Δ.



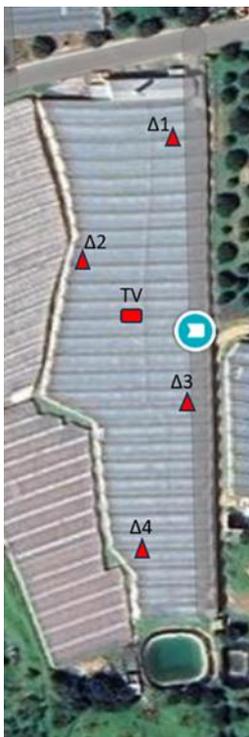
**Εικόνα 1.1.1-8.** Ηλεκτρονική φερομονική παγίδα Magic Trap με screen shots από το mobile-app interface Magic Scout

## Καλλιεργητική περίοδος (2023-2024)

Σε συνολική καλλιεργούμενη έκταση 5 στρεμμάτων τοποθετήθηκαν τέσσερις φερομονικές παγίδες τύπου Δ, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 1.1.1-9, ενώ στο κέντρο της έκτασης εγκαταστάθηκε μία αυτόματη ηλεκτρονική παγίδα TrapView (TV). Στο κέντρο κάθε παγίδας τοποθετήθηκε ειδικός εξατμιστήρας φερομόνης για τον υπό μελέτη εχθρό (*T. absoluta*) (Pherodis®, Koppert Biological Systems, Netherlands). Η αντικατάσταση των εξατμιστήρων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Η ηλεκτρονική παγίδα TrapView αξιολογήθηκε συγκριτικά σε σχέση με την υφιστάμενη γεωργική πρακτική. Οι συλλήψεις των παγίδων τύπου Δ καταγράφονταν σε εβδομαδιαία βάση, όπως εφαρμόζεται συνήθως στη γεωργική πράξη, ενώ για την ηλεκτρονική παγίδα TrapView οι καταγραφές πραγματοποιούνταν καθημερινά, μέσω του αυτόματου συστήματος παρακολούθησης. Η περίοδος συγκριτικής καταγραφής των συλλήψεων των ενήλικων ατόμων διήρκεσε από τις 14 Νοεμβρίου 2023 έως τις 14 Μαΐου 2024, κατά τη διάρκεια της οποίας πραγματοποιήθηκαν συνολικά 27 χρονικές μετρήσεις. Οι συγκρίσεις πραγματοποιήθηκαν εντός της καλλιεργητικής περιόδου και βασίστηκαν στις ημερήσιες συλλήψεις.

Για τις παγίδες τύπου Δ υπολογίστηκε ο μέσος όρος των συλλήψεων ( $n = 4$ ) για κάθε ημερολογιακή μέτρηση και ακολούθως έγινε αναγωγή των δεδομένων σε «συλλήψεις/ημέρα», με βάση το χρονικό διάστημα καταγραφής (τυπικό διάστημα: 7 ημέρες). Για την ηλεκτρονική παγίδα TrapView υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ημερήσιων συλλήψεων ( $n = 7$ ) για κάθε ημερολογιακή ημερομηνία. Η συγκριτική αξιολόγηση των συστημάτων παρακολούθησης πραγματοποιήθηκε επί των μέσων τιμών της μεταβλητής «συλλήψεις/ημέρα» για κάθε σύστημα.



Συμβατικές  
φερομονικές  
παγίδες τύπου Δ



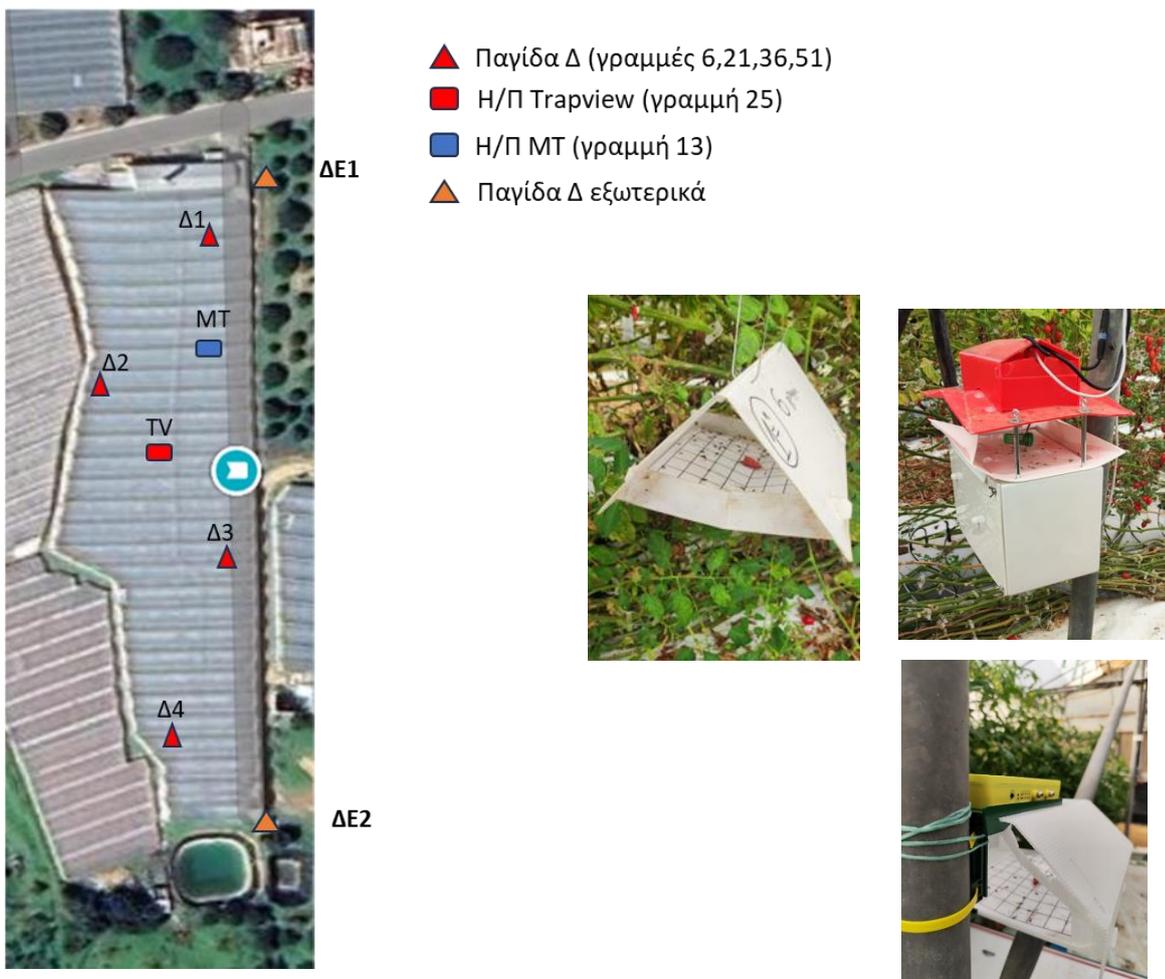
Ηλεκτρονική  
φερομονική παγίδα  
TrapView.

**Εικόνα 1.1.1-9.** Διάταξη παγίδων στο θερμοκήπιο. Δ= συμβατικές φερομονικές παγίδες τύπου Δ, TV = ηλεκτρονική φερομονική παγίδα TrapView.

## Καλλιεργητική περίοδος (2024-2025)

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2024-2025 τοποθετήθηκαν δύο αυτόματες ηλεκτρονικές παγίδες στην ίδια θερμοκηπιακή εγκατάσταση που χρησιμοποιήθηκε και κατά το προηγούμενο έτος. Οι ηλεκτρονικές παγίδες αξιολογήθηκαν συγκριτικά σε σχέση με την υφιστάμενη γεωργική πρακτική, δηλαδή τις συμβατικές φερομονικές παγίδες τύπου Δ.

Εντός της καλλιέργειας εγκαταστάθηκαν τέσσερις φερομονικές παγίδες τύπου Δ στις γραμμές 6, 21, 36 και 51, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 1.1.1-10, ενώ στο κέντρο της θερμοκηπιακής εγκατάστασης (γραμμή 25) τοποθετήθηκε η ηλεκτρονική παγίδα TrapView (TV). Η ηλεκτρονική παγίδα Magic Trap (MT) εγκαταστάθηκε σε μεταγενέστερο στάδιο της καλλιεργητικής περιόδου, στη γραμμή 13 (Εικόνα 1.1.1-9). Στο κέντρο κάθε παγίδας τοποθετήθηκε ειδικός εξατμιστήρας φερομόνης για τον υπό μελέτη εχθρό (*T. absoluta*) (Pherodis®, Koppert Biological Systems, Netherlands). Η αντικατάσταση των εξατμιστήρων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.



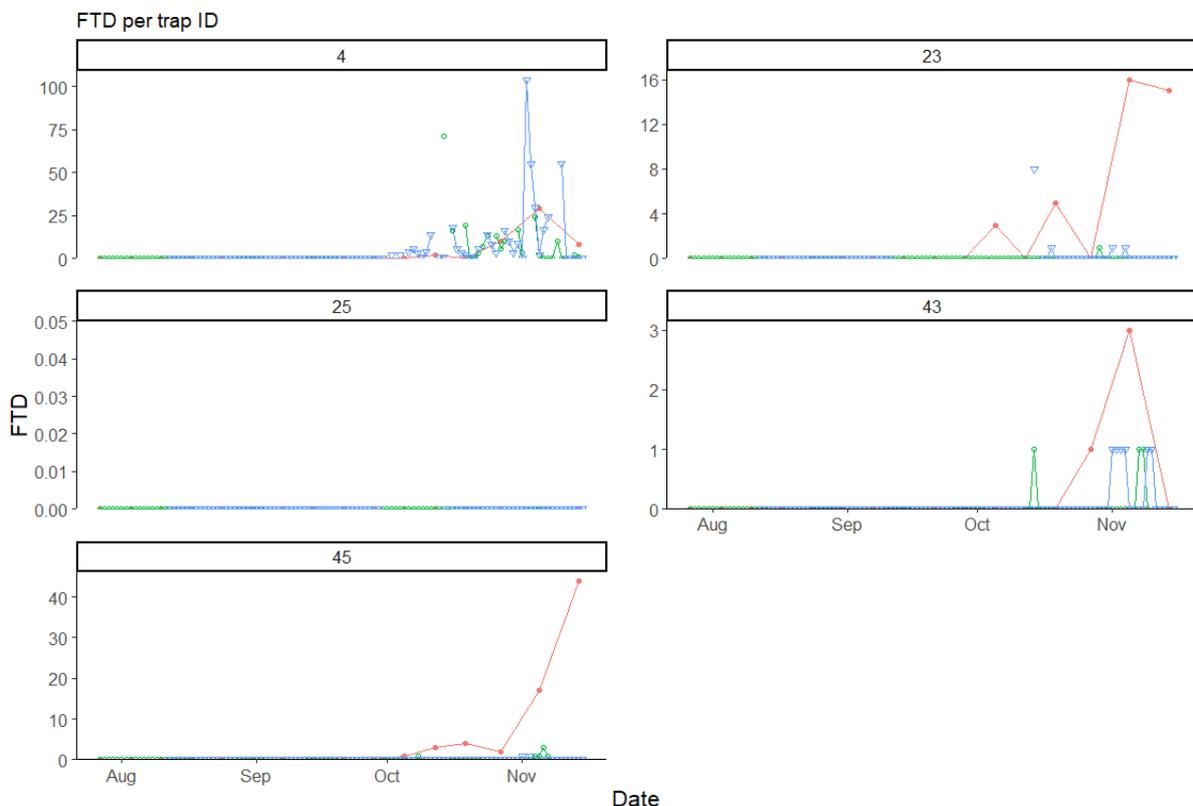
**Εικόνα 1.1.1-10.** Διάταξη παγίδων στο θερμοκήπιο. Δ= συμβατικές φερομονικές παγίδες τύπου Δ εσωτερικά, ΔΕ= συμβατικές φερομονικές παγίδες τύπου Δ εξωτερικά (στα πλαίσια άλλου παραδοτέου), TV = ηλεκτρονική φερομονική παγίδα TrapView, MT = ηλεκτρονική φερομονική παγίδα Magic Trap.

Η περίοδος συγκριτικής καταγραφής των συλλήψεων των ενήλικων ατόμων για την ηλεκτρονική παγίδα TrapView διήρκεσε από τις 14 Σεπτεμβρίου 2024 έως τις 4 Ιουνίου 2025, κατά τη διάρκεια της οποίας πραγματοποιήθηκαν συνολικά 38 μετρήσεις. Αντίστοιχα, για την ηλεκτρονική παγίδα Magic Trap η περίοδος καταγραφής διήρκεσε από τις 18 Ιανουαρίου έως τις 4 Ιουνίου 2025, με συνολικά 21 μετρήσεις. Οι συγκρίσεις πραγματοποιήθηκαν εντός της καλλιεργητικής περιόδου και βασίστηκαν στις ημερήσιες συλλήψεις, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιγράφηκε ανωτέρω. Η συγκριτική αξιολόγηση των συστημάτων παρακολούθησης πραγματοποιήθηκε επί των μέσων τιμών της μεταβλητής «συλλήψεις/ημέρα» για κάθε σύστημα, ακολουθώντας την ίδια προσέγγιση με την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο.

## 2.2 Αποτελέσματα και Συζήτηση

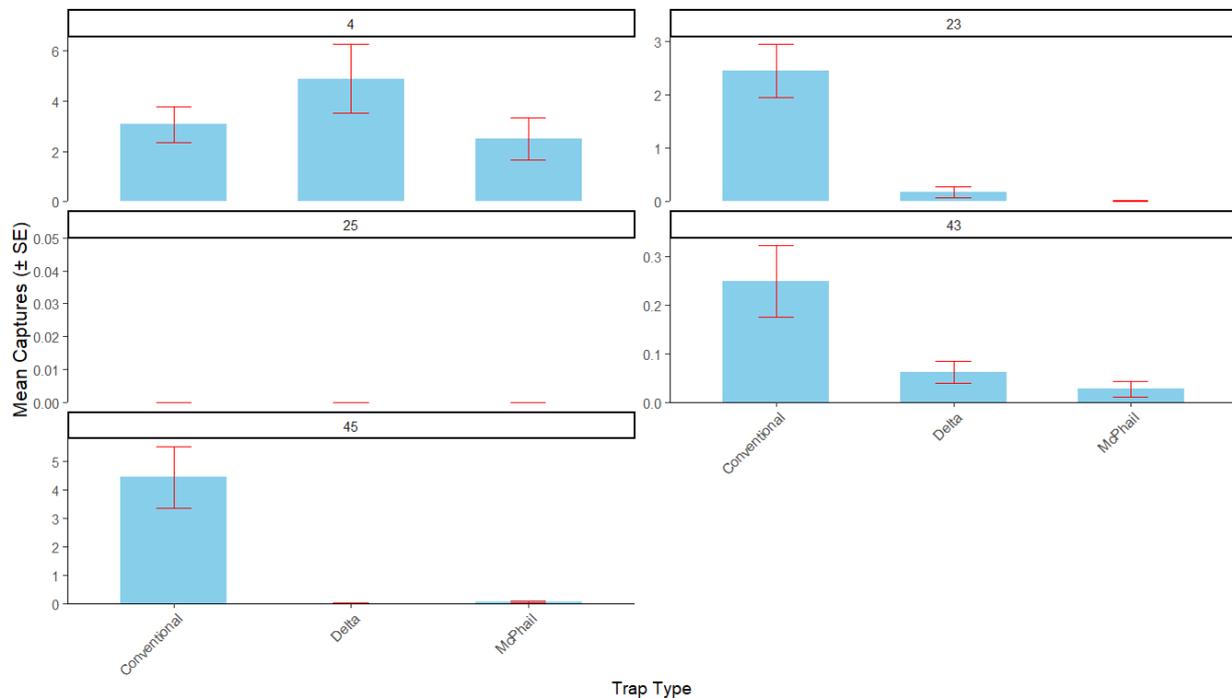
### Μύγα της Μεσογείου

Για τις 5 τοποθεσίες όπου έγινε η σύγκριση και των τριών τύπων παγίδας (Ανάλυση 1), το Διάγραμμα 1.1.1-1 απεικονίζει τις χρονοσειρές των ημερήσιων συλλήψεων (FTD) για κάθε τύπο παγίδας ξεχωριστά ανά τοποθεσία (με κωδικούς 4, 23, 25, 43, 45). Στα διαγράμματα αυτά, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των συλλήψεων για τις ηλεκτρονικές παγίδες McPhail (μπλε), Delta (πράσινο) και το συμβατικό ζεύγος (κόκκινο) κατά τη διάρκεια της περιόδου επιτήρησης (27/07/2024-15/11/2024).



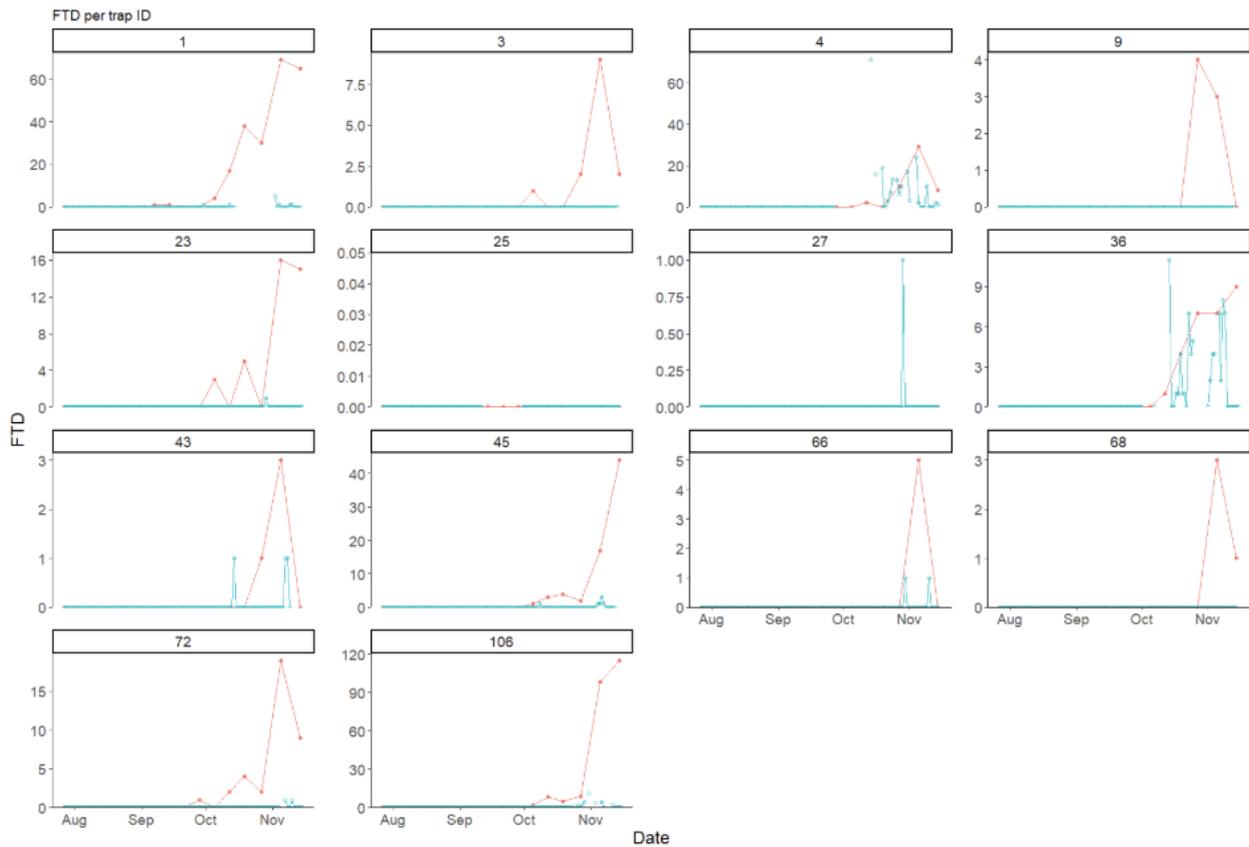
**Διάγραμμα 1.1.1-1.** Συλλήψεις ανά παγίδα ανά ημέρα για τις ηλεκτρονικές παγίδες McPhail (μπλε) και Delta (πράσινο) και το συμβατικό ζεύγος παγίδων McPhail και Jackson (κόκκινο) στα έξι σημεία που ήταν τοποθετημένες οι ηλεκτρονικές παγίδες Delta για την περίοδο επιτήρησης 27/07/2024-15/11/2024.

Το Διάγραμμα 1.1.1-2 συμπληρώνει οπτικά την Ανάλυση 1, παρουσιάζοντας υπό μορφή ράβδων τον μέσο όρο των συνολικών συλλήψεων ( $\pm$  SE) για κάθε τύπο παγίδας (Conventional, Delta, McPhail) εντός της κάθε τοποθεσίας.



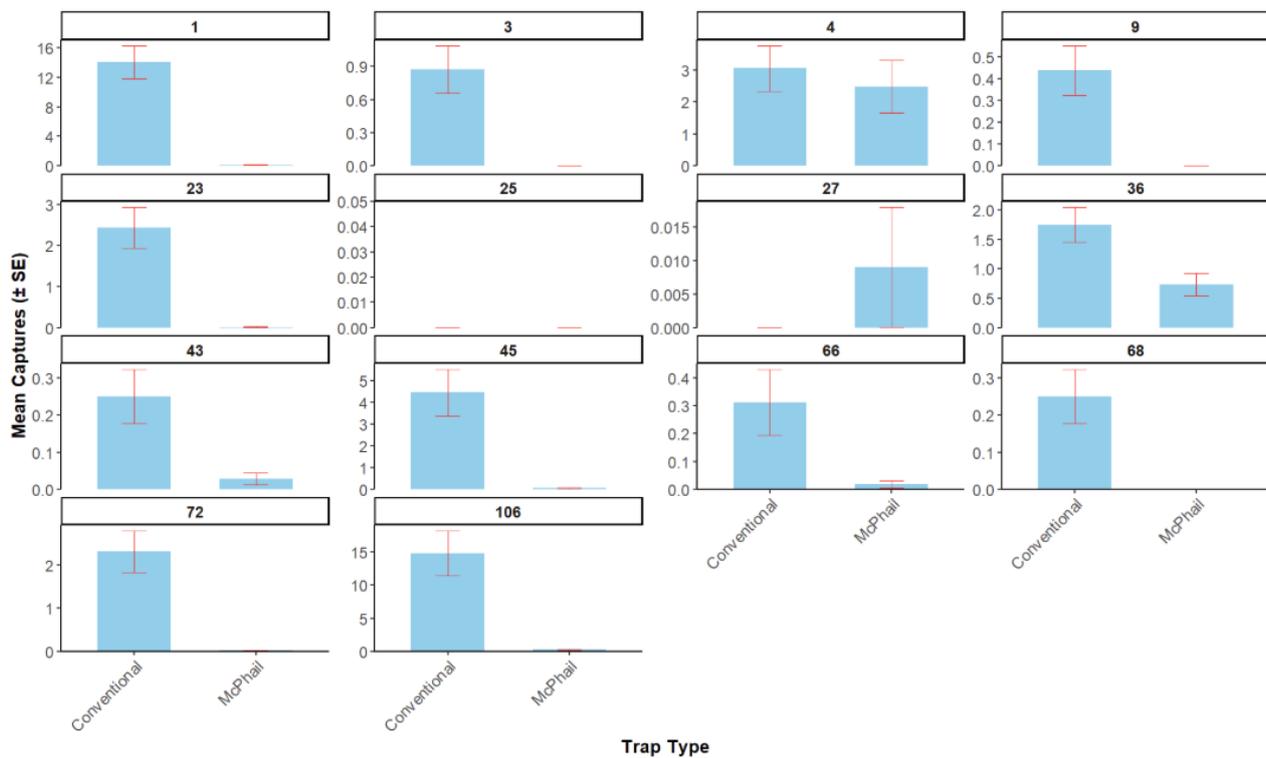
**Διάγραμμα 1.1.1-2.** Μέσος όρος συνολικών συλλήψεων στους διαφορετικούς τύπους παγίδων για την κάθε τοποθεσία.

Αντίστοιχα, για την Ανάλυση 2 (σύγκριση McPhail\_e vs Conventional στις 14 τοποθεσίες), το Διάγραμμα 1.1.1-3 παρουσιάζει τις χρονοσειρές των ημερήσιων συλλήψεων για τις ηλεκτρονικές παγίδες McPhail (μπλε) και το συμβατικό ζεύγος (κόκκινο) σε καθεμία από τις 14 τοποθεσίες.



**Διάγραμμα 1.1.1-3.** Συλλήψεις ανά παγίδα ανά ημέρα για τις ηλεκτρονικές παγίδες McPhail (μπλε) και τις συμβατικό ζεύγος παγίδων McPhail και Jackson (κόκκινο) στα 14 σημεία που ήταν τοποθετημένες οι ηλεκτρονικές παγίδες McPhail για την περίοδο επιτήρησης 27/07/2024-15/11/2024.

Το Διάγραμμα 1.1.1-4 συνοψίζει οπτικά την Ανάλυση 2, δείχνοντας υπό μορφή ράβδων τον μέσο όρο των συνολικών συλλήψεων ( $\pm$  SE) για τους δύο τύπους παγίδας (Conventional, McPhail) σε καθεμία από τις 14 τοποθεσίες.



**Διάγραμμα 1.1.1-4.** Μέσος όρος συνολικών συλλήψεων στους διαφορετικούς τύπους παγίδων για την κάθε τοποθεσία.

### Σύγκριση 3 τύπων παγίδας (5 Τοποθεσίες)

Η αναλυτική περιγραφική στατιστική (Πίνακας 1.1.1-2) παρέχει μια πρώτη εικόνα της απόδοσης των παγίδων στις 5 ισοσταθμισμένες τοποθεσίες. Ο συμβατικός σταθμός (Conventional) παρουσίασε την υψηλότερη συχνότητα ανίχνευσης, καταγράφοντας τουλάχιστον μία σύλληψη στο 23.0% των ελέγχων του. Αντίθετα, η Delta\_e (10.0%) και η McPhail\_e (4.9%) είχαν σημαντικά χαμηλότερη συχνότητα. Ωστόσο, όσον αφορά το μέγεθος της σύλληψης όταν αυτή συνέβαινε (Mean\_FTD\_Positive), η Delta\_e υπερείχε κατά πολύ, πιάνοντας κατά μέσο όρο 8.8 μύγες/ημέρα, έναντι 4.0 της McPhail\_e και μόλις 0.8 του συμβατικού σταθμού. Η μεγάλη τυπική απόκλιση (SD=18.1) για την Delta\_e υποδηλώνει ότι αυτός ο υψηλός μέσος όρος οφείλεται σε λίγες, αλλά πολύ μεγάλες, συλλήψεις. Ο συνολικός μέσος ρυθμός (Mean\_FTD\_Overall), που συνδυάζει συχνότητα και μέγεθος, ήταν αριθμητικά υψηλότερος για την Delta\_e (0.879), ακολουθούμενος από την McPhail\_e (0.210) την Conventional (0.206).

**Πίνακας 1.1.1-2.** Αναλυτικά Περιγραφικά Στατιστικά (Ανάλυση 1)

Τύπος παγίδας	Αριθμός τοποθεσιών	Συνολικές συλλήψεις	<sup>1</sup> Mean_FTD_Positive (³SD)	<sup>2</sup> Mean_FTD_Overall (³SD)
Conventional	5	230	0.896 (1.164)	0.206 (0.668)
Delta_e	5	443	8.811 (18.149)	0.879 (6.256)
McPhail_e	5	228	4.267 (3.552)	0.210 (1.206)

1. Mean\_FTD\_Positive: Ο μέσος ρυθμός σύλληψης (FTD) υπολογισμένος μόνο από τους ελέγχους όπου υπήρξε σύλληψη (>0 μύγες),

2.Mean\_FTD\_Overall: Ο συνολικός μέσος ρυθμός σύλληψης (FTD) υπολογισμένος από όλους τους ελέγχους (συμπεριλαμβανομένων των μηδενικών).

3.SD: Standard Deviation

## Ρυθμός συλλήψεων

Τα αποτελέσματα του μοντέλου GLMM παρουσιάζονται στους Πίνακες 2-4 και στο Διάγραμμα 5. Ο Πίνακας 1.1.1-3, χρησιμοποιώντας τον συμβατικό σταθμό ως αναφορά, δείχνει ότι οι συλλήψεις στη Delta\_e όσο και στη McPhail\_e ήταν σημαντικά λιγότερες συλλήψεις σε σχέση με τον συμβατικό σταθμό (IRR = 0.041 (0.17, 0.97),  $p = 0.042$  και IRR (95%CI) = 0.17(0.07, 0.41),  $p < 0.001$ , αντίστοιχα).

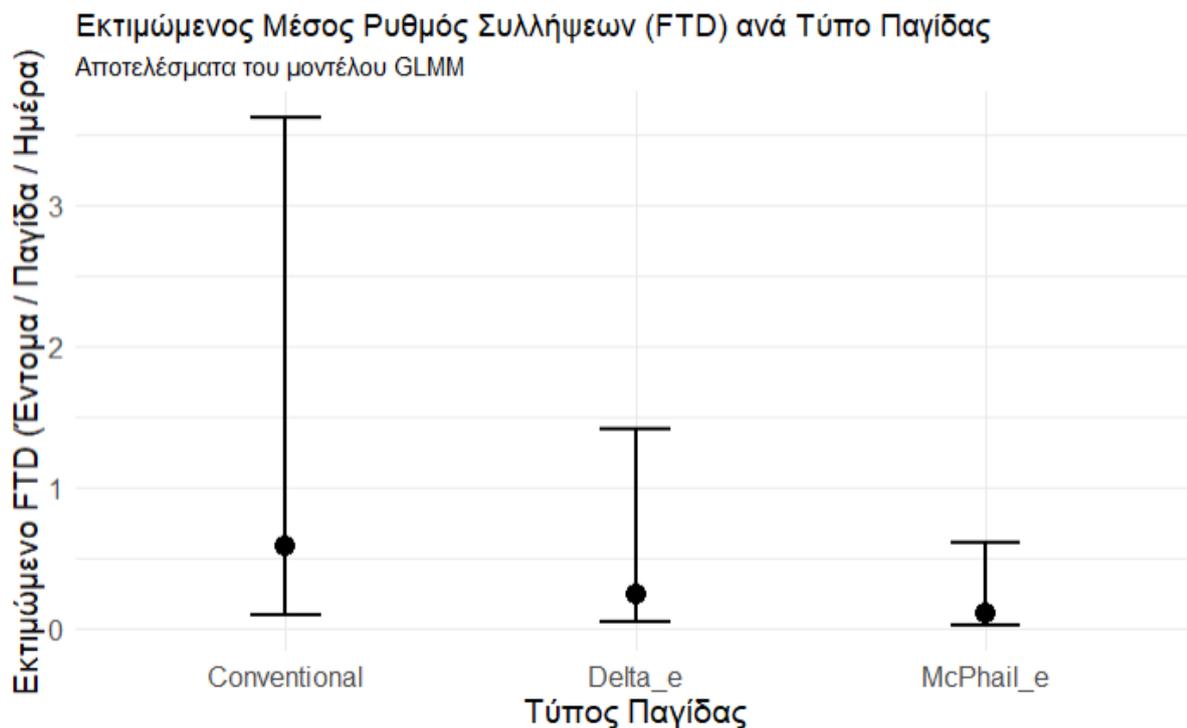
**Πίνακας 1.1.1-3.** Αποτελέσματα του Γενικευμένου Γραμμικού Μικτού Μοντέλου (GLMM) για τον ρυθμό συλλήψεων (FTD), εκφρασμένα ως Λόγοι Ρυθμού Επίπτωσης (IRR) με 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (CI). Η κατηγορία Conventional χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς.

Τύπος παγίδας	IRR (95%CI)	p
Conventional (αναφορά)	1	-
Delta_e	0.405 (0.170, 0.969)	<b>0.042</b>
McPhail_e	0.170 (0.070, 0.411)	<0.001

Ο Πίνακας 1.1.1-4 και το Διάγραμμα 1.1.1-4 δείχνουν τον εκτιμώμενο μέσο ρυθμό FTD για κάθε παγίδα, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της τοποθεσίας. Οπτικά στο Διάγραμμα 3.2.1, τα διαστήματα εμπιστοσύνης για Conventional και Delta\_e αλληλοεπικαλύπτονται ελαφρώς, ενώ η McPhail\_e βρίσκεται χαμηλότερα.

**Πίνακας 1.1.1-4.** Εκτιμώμενος Μέσος Οριακός Ρυθμός Σύλληψεων (FTD, μύγες/παγίδα/ημέρα) με 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (CI) για κάθε τύπο παγίδας, όπως υπολογίστηκε από το μοντέλο GLMM.

Τύπος παγίδας	Εκτιμώμενο FTD (95%CI)
Conventional	0.579 (0.093, 3.618)
Delta_e	0.235 (0.039, 1.416)
McPhail_e	0.098 (0.016, 0.602)



**Διάγραμμα 1.1.1-5.** Εκτιμώμενος Μέσος Οριακός Ρυθμός Συλλήψεων (FTD, μύγες/παγίδα/ημέρα) ανά τύπο παγίδας, όπως προέκυψε από το μοντέλο GLMM (Ανάλυση 1). Οι τελείες αναπαριστούν την εκτιμώμενη μέση τιμή και οι κάθετες γραμμές το 95% Διάστημα Εμπιστοσύνης (CI).

Οι κατά ζεύγη συγκρίσεις (Πίνακας 1.1.1-5) επιβεβαιώνουν ότι: α) Δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του συμβατικού σταθμού και της ηλεκτρονικής Delta\_e ( $p = 0.105$ ). β) ο συμβατικός σταθμός ήταν σημαντικά ανώτερος από την ηλεκτρονική McPhail\_e (IRR (95%CI) = 5.88 (2.05, 16.90) ,  $p = 0.0002$ ). γ) Η ηλεκτρονική Delta\_e ήταν επίσης σημαντικά ανώτερη από την McPhail\_e (IRR (95%CI) = 2.38 (1.07, 5.33),  $p = 0.031$ ).

**Πίνακας 1.1.1-5.** Αποτελέσματα των κατά ζεύγη συγκρίσεων (post-hoc tests) μεταξύ των τύπων παγίδας από το μοντέλο GLMM, εκφρασμένα ως Λόγοι Ρυθμού Επίπτωσης (IRR) με 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (CI) και p-values διορθωμένα με τη μέθοδο Tukey.

Σύγκριση	IRR (95% CI)	p
Conventional/ Delta_e	2.47 (0.87, 6.99)	0.105
Conventional / McPhail_e	5.88 (2.05, 16.90)	0.0002
Delta_e / McPhail_e	2.38 (1.07, 5.33)	0.031

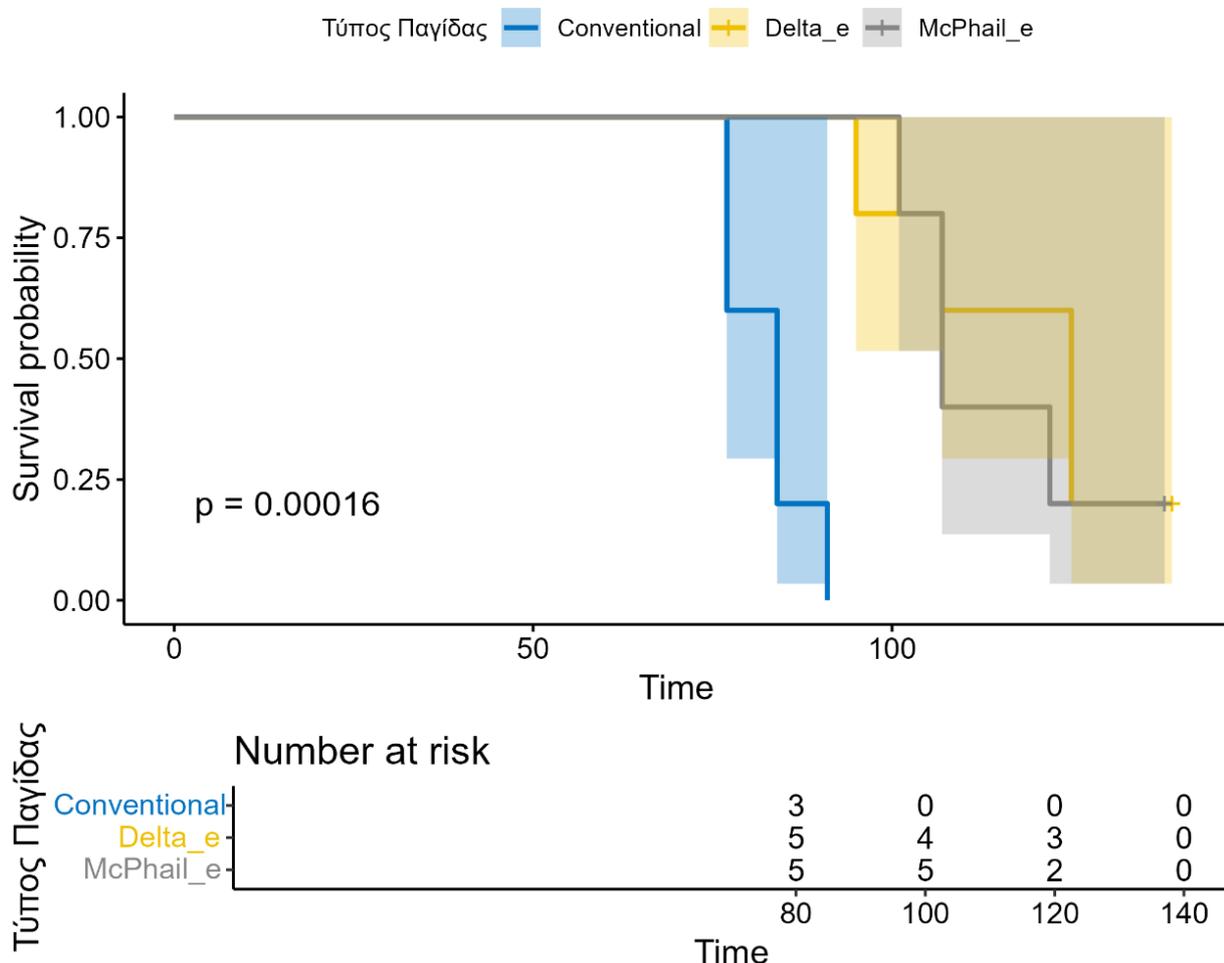
Ο διαγνωστικός έλεγχος του μοντέλου GLMM (Διάγραμμα 1.1.1-Π1, Παράρτημα) ήταν ικανοποιητικός. Όλα τα p-values (KS  $p=0.85$ , Dispersion  $p=0.79$ , Outlier  $p=0.73$ ) ήταν μη-στατιστικά σημαντικά, επιβεβαιώνοντας την εγκυρότητα του.

## Ταχύτητα ανίχνευσης

Η Ανάλυση Επιβίωσης (Διάγραμμα 1.1.1-6, Πίνακας 1.1.1-6) έδειξε στατιστική διαφορά στη χρονική στιγμή της πρώτης ανίχνευσης (Log-rank  $p = 0.007$ ). Στο Διάγραμμα 6 φαίνεται ότι η καμπύλη επιβίωσης για τον συμβατικό σταθμό (Conventional, μπλε) πέφτει πολύ νωρίτερα από τις καμπύλες των ηλεκτρονικών παγίδων (Delta\_e κίτρινο, McPhail\_e γκρι).

Οι κατά ζεύγη συγκρίσεις (με διόρθωση Holm) έδειξαν ότι ο συμβατικός σταθμός (Conventional) διέφερε στατιστικά σημαντικά και από την Delta\_e ( $p = 0.0057$ ) και από την McPhail\_e ( $p = 0.0057$ ), ενώ οι δύο ηλεκτρονικές παγίδες δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ( $p = 0.659$ ).

## Χρόνος μέχρι την Πρώτη Σύλληψη (Kaplan-Meier)



**Διάγραμμα 1.1.1-6.** Ανάλυση Kaplan-Meier για τον χρόνο μέχρι την πρώτη σύλληψη (Ανάλυση 1). Οι καμπύλες δείχνουν την πιθανότητα οι παγίδες να μην έχουν καταγράψει ακόμη σύλληψη (Survival Probability) συναρτήσεως του χρόνου (ημέρες). Οι σκιασμένες περιοχές αναπαριστούν το 95% Διάστημα Εμπιστοσύνης. Το p-value ( $p=0.00016$ ) προέρχεται από το log-rank test που συγκρίνει τις τρεις καμπύλες.

Το μοντέλο Cox με διόρθωση Firth (Πίνακας 1.1.1-6) ποσοτικοποίησε αυτή τη διαφορά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και οι ηλεκτρονικές παγίδες ήταν σημαντικά πιο αργές

στην ανίχνευση της πρώτης μύγας σε σύγκριση με την συμβατική. Συγκεκριμένα, σε σύγκριση με τη συμβατική παγίδα, η Delta\_e είχε πολύ μικρότερη πιθανότητα να καταγράψει πρώτη σύλληψη, περίπου 2.1% της αντίστοιχης πιθανότητας της Conventional (HR = 0.021, 95% CI: 0.0001–0.256,  $p = 0.0008$ ). Αντίστοιχα, η McPhail\_e είχε περίπου 3.5% της πιθανότητας πρώτης σύλληψης σε σχέση με τη συμβατική παγίδα (HR = 0.035, 95% CI: 0.0003–0.360,  $p = 0.0023$ ).

Η διόρθωση Firth έδωσε σταθερές εκτιμήσεις παρά τον πλήρη διαχωρισμό που παρατηρήθηκε στα δεδομένα. Δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ταχύτητα μεταξύ των δύο ηλεκτρονικών παγίδων (τα CI τους αλληλεπικαλύπτονται). Ο έλεγχος της παραδοχής των αναλογικών κινδύνων για αυτό το μοντέλο ήταν ικανοποιητικός (Global Schoenfeld test,  $p = 0.83$ ).

**Πίνακας 1.1.1-6.** Αποτελέσματα του μοντέλου Αναλογικών Κινδύνων του Cox με διόρθωση Firth (Firth penalized Cox regression) για τον χρόνο μέχρι την πρώτη σύλληψη (Ανάλυση 1). Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως Λόγοι Κινδύνου (Hazard Ratios - HR) με 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (CI). Η κατηγορία Conventional χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς.

Τύπος παγίδας	HR (95%CI)	p
Conventional	1	-
Delta_e (vs Conventional)	0.021 (0.0001 - 0.256)	0.0008
McPhail_e (vs Conventional)	0.035 (0.0003 - 0.360)	0.0023

### Σύγκριση McPhail vs Conventional (14 Τοποθεσίες)

Στο ευρύτερο σύνολο των 14 τοποθεσιών (Πίνακας 1.1.1-7), η διαφορά στη συχνότητα ανίχνευσης ήταν έκδηλη: ο συμβατικός σταθμός (Conventional) κατέγραψε συλλήψεις στο 24.6% των ελέγχων, συχνότητα σχεδόν 6 φορές υψηλότερη από την McPhail\_e (4.1%). Αντίθετα, το μέσο μέγεθος της σύλληψης όταν αυτή συνέβαινε (Mean\_FTD\_Positive) ήταν παρόμοιο για της δύο παγίδες (περίπου 3.1 ενήλικα/ημέρα). Αυτό υποδηλώνει ότι η κύρια διαφορά στην απόδοση οφείλεται στη συχνότητα ανίχνευσης.

**Πίνακας 1.1.1-7.** Αναλυτικά Περιγραφικά Στατιστικά για της 14 τοποθεσίες.

Τύπος παγίδας	Αριθμός τοποθεσιών	Συνολικές συλλήψεις	Mean_FTD_Positive (SD)	Mean_FTD_Overall (SD)
Conventional	14	2358	3.129 (7.074)	0.77 (3.746)
McPhail_e	14	340	3.145 (2.931)	0.129 (0.858)

## Ρυθμός συλλήψεων

Η ανάλυση GLMM (Πίνακας 1.1.1-8) επιβεβαίωσε την στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0.001$ ) μεταξύ των δύο τύπων παγίδας. Συγκεκριμένα, η McPhail\_e είχε ρυθμό συλλήψεων που αντιστοιχούσε μόλις στο 8.7% αυτού του συμβατικού σταθμού (IRR = 0.087, 95% CI [0.051 – 0.147]).

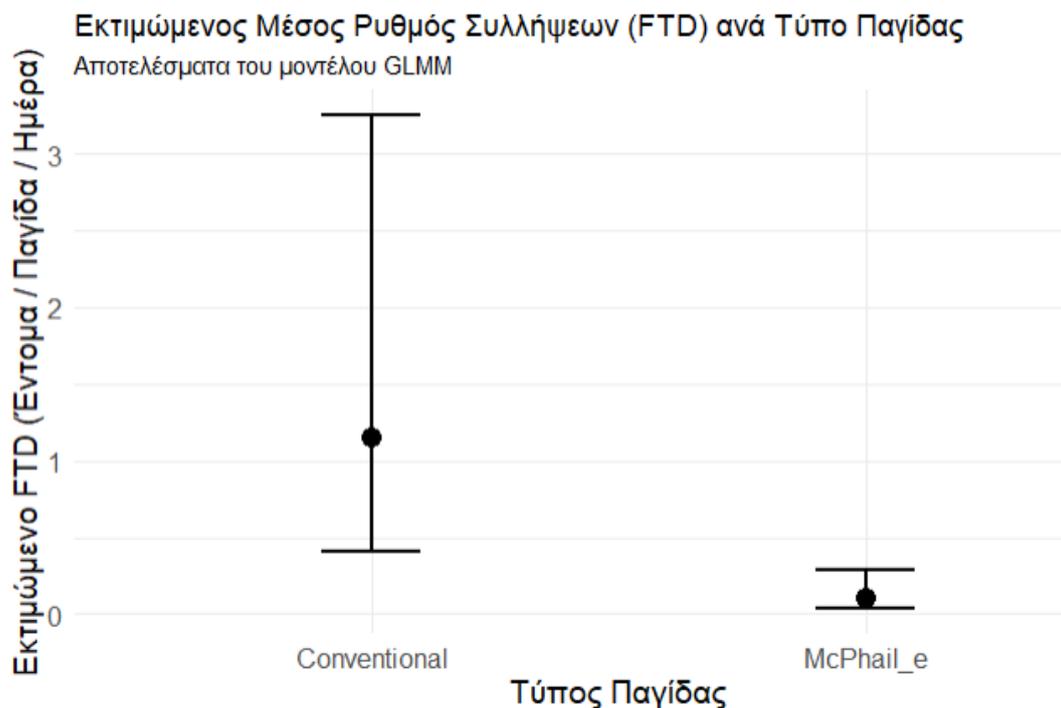
**Πίνακας 1.1.1-8.** Αποτελέσματα του Γενικευμένου Γραμμικού Μικτού Μοντέλου (GLMM) για τον ρυθμό συλλήψεων (FTD) στην Ανάλυση 2. Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως Λόγοι Ρυθμού Επίπτωσης (IRR) με 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (CI). Η κατηγορία Conventional χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς.

Τύπος παγίδας	IRR (95%CI)	p
Conventional (αναφορά)	1	-
McPhail_e	0.087 (0.051, 0.147)	<0.001

Ο εκτιμώμενος μέσος ρυθμός συλλήψεων (FTD) από το μοντέλο (Πίνακας 1.1.1-9, Διάγραμμα 1.1.1-7) ήταν 1.15 μύγες/ημέρα για τον συμβατικό σταθμό και μόλις 0.10 μύγες/ημέρα για την ηλεκτρονική McPhail\_e.

**Πίνακας 1.1.1-9.** Εκτιμώμενος Μέσος Οριακός Ρυθμός Συλλήψεων (FTD, μύγες/παγίδα/ημέρα) με 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (CI) για κάθε τύπο παγίδας, της υπολογίστηκε από το μοντέλο GLMM.

Τύπος παγίδας	Εκτιμώμενο FTD (95%CI)
Conventional	1.15 (0.407, 3.250)
McPhail_e	0.099 (0.035, 0.284)



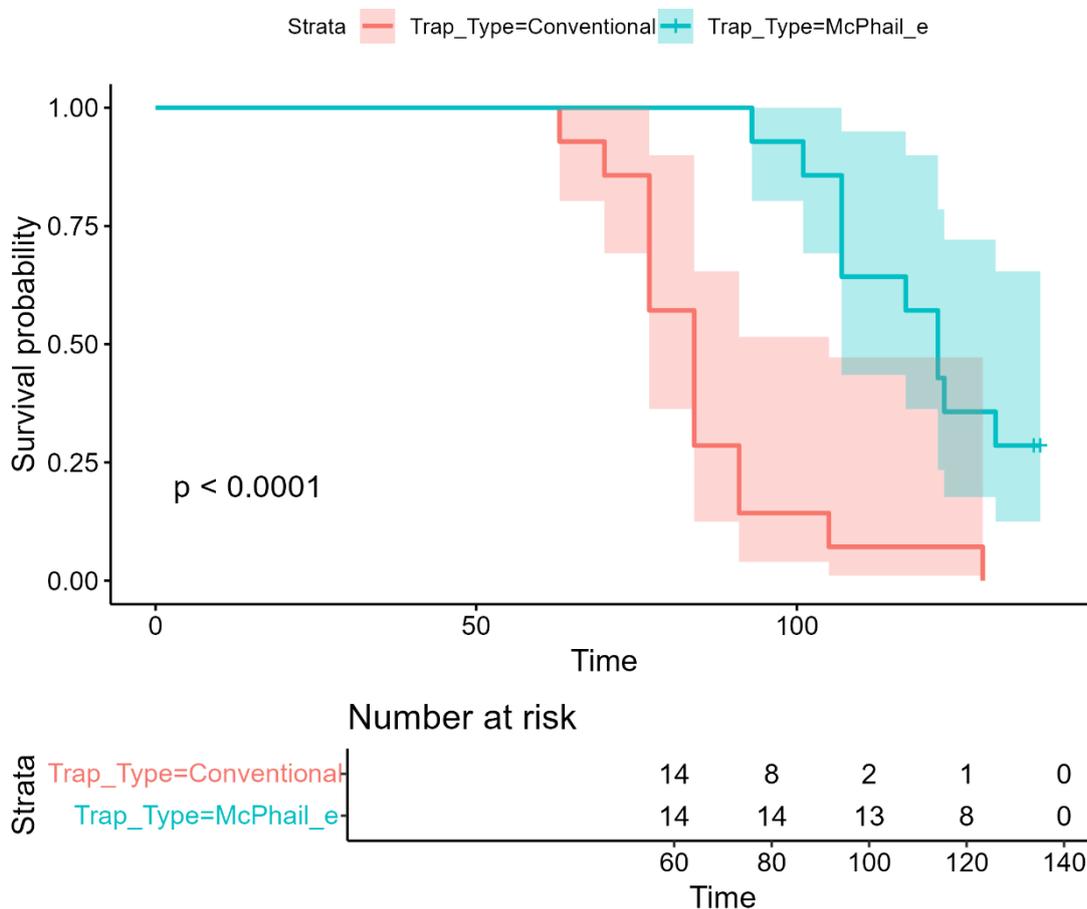
**Διάγραμμα 1.1.1-7.** Εκτιμώμενος Μέσος Οριακός Ρυθμός Συλλήψεων (FTD, μύγες/παγίδα/ημέρα) ανά τύπο παγίδας, της προέκυψε από το μοντέλο GLMM (Ανάλυση 2). Οι τελείες αναπαριστούν την εκτιμώμενη μέση τιμή και οι κάθετες γραμμές το 95% Διάστημα

Εμπιστοσύνης (CI).

Ο διαγνωστικός έλεγχος του μοντέλου GLMM (Διάγραμμα 1.1.1-Π2, Παράρτημα) ήταν ικανοποιητικός. Όλα τα p-values (KS  $p=0.89$ , Dispersion  $p=0.74$ , Outlier  $p=0.11$ ) ήταν μη-στατιστικά σημαντικά, επιβεβαιώνοντας την εγκυρότητα του μοντέλου και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Το μοντέλο έλαβε της υπόψη τη σημαντική μεταβλητότητα μεταξύ των 14 τοποθεσιών (Variance = 3.334).

### Ταχύτητα ανίχνευσης

Η διαφορά στην ταχύτητα ανίχνευσης απεικονίζεται στο Διάγραμμα 1.1.1-8 (Kaplan-Meier). Το συνολικό log-rank test έδειξε στατιστική διαφορά ( $p < 0.0001$ ). Η καμπύλη Conventional (κόκκινο) δείχνει ότι σχεδόν το 80% των παγίδων είχαν καταγράψει σύλληψη μέχρι την 90ή ημέρα, ενώ στην McPhail\_e (μπλε) το ποσοστό αυτό ήταν κάτω από 25%.



**Διάγραμμα 1.1.1-8.** Ανάλυση Kaplan-Meier για τον χρόνο μέχρι την πρώτη σύλληψη (Ανάλυση 2). Οι καμπύλες δείχνουν την πιθανότητα οι παγίδες να μην έχουν καταγράψει ακόμη σύλληψη (Survival Probability) συναρτήσεως του χρόνου (ημέρες). Οι σκιασμένες περιοχές αναπαριστούν το 95% Διάστημα Εμπιστοσύνης. Το p-value ( $p < 0.0001$ ) προέρχεται από το log-rank test που συγκρίνει της δύο καμπύλες.

Το μοντέλο αναλογικών κινδύνων του Cox (Πίνακας 1.1.1-10) έδειξε ότι η McPhail\_e κατέγραψε την πρώτη σύλληψη σημαντικά αργότερα σε σύγκριση με τον συμβατικό

σταθμό ( $p = 0.013$ ). Συγκεκριμένα, η πιθανότητα η McPhail\_e να καταγράψει πρώτη σύλληψη σε οποιαδήποτε δεδομένη χρονική στιγμή ήταν περίπου 92% μικρότερη σε σχέση με τη Conventional (HR = 0.077, 95% CI: 0.010–0.588).

**Πίνακας 1.1.1-10.** Αποτελέσματα του μοντέλου Αναλογικών Κινδύνων του Cox για τον χρόνο μέχρι την πρώτη σύλληψη στην Ανάλυση 2 (σύγκριση McPhail\_e vs Conventional της 14 τοποθεσίες). Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως Λόγοι Κινδύνου (Hazard Ratios – HR) με 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (CI). Η κατηγορία Conventional χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς.

Τύπος παγίδας	HR (95%CI)	p
Conventional	1	-
McPhail_e (vs Conventional)	0.077 (0.010, 0.588)	0.0134

Ο έλεγχος της παραδοχής των αναλογικών κινδύνων για αυτό το μοντέλο (Διάγραμμα 1.1.1-Π3, Παράρτημα) έδειξε στατιστικά σημαντική παραβίαση (Schoenfeld test,  $p = 0.0068$ ), υποδεικνύοντας ότι η σχετική διαφορά στην ταχύτητα ανίχνευσης μεταξύ των δύο τύπων παγίδας μειωνόταν με την πάροδο του χρόνου.

### Σύγκριση ηλεκτρονικών παγίδων και συμβατικών παγίδων Jackson

Οι αθροιστικές συλλήψεις ανά τοποθεσία παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1.1-11.

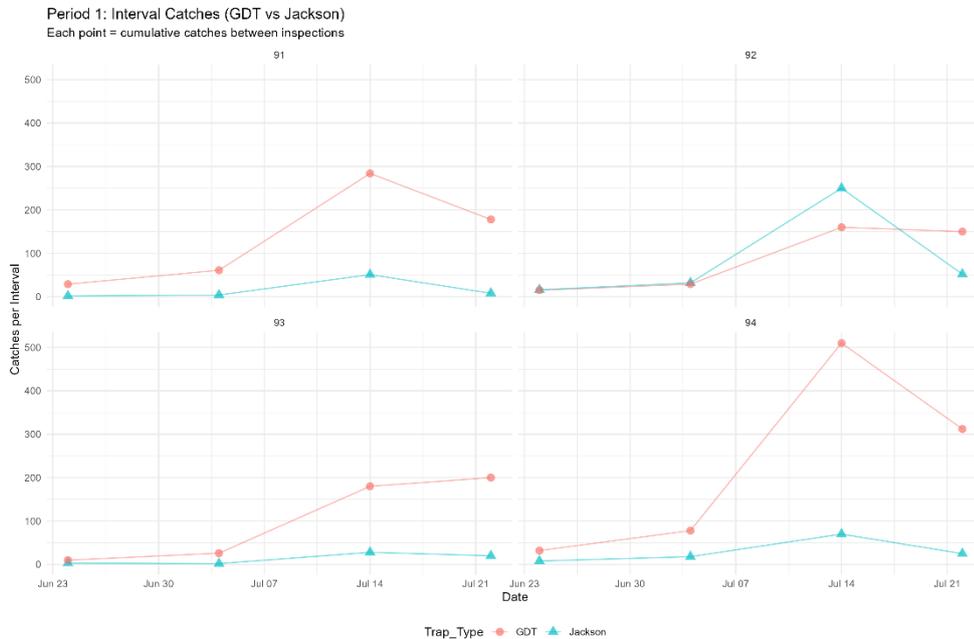
**Πίνακας 1.1.2-11.** Περιγραφικά στατιστικά συλλήψεων ανά τοποθεσία και περίοδο.

Τοποθεσία	Περίοδος	Jackson Σύνολο	Jackson Μέσος	n διαστήματα	GDT Σύνολο	GDT Μέσος	Αναλογία GDT:Jackson
91	Περίοδος 1	65	16.2	23.3	552	138	116
91	Περίοδος 2	129	32.2	20.8	336	84	62.7
92	Περίοδος 1	350	87.5	109	354	88.5	77.1
92	Περίοδος 2	187	46.8	37.4	317	79.2	66.6
93	Περίοδος 1	53	13.2	12.8	416	104	99.9
93	Περίοδος 2	89	22.2	11.5	339	84.8	69.5
94	Περίοδος 1	121	30.2	27.4	932	233	222
94	Περίοδος 2	158	39.5	28.2	583	146	65.2

### Περίοδος 1: Σύγκριση 1:1

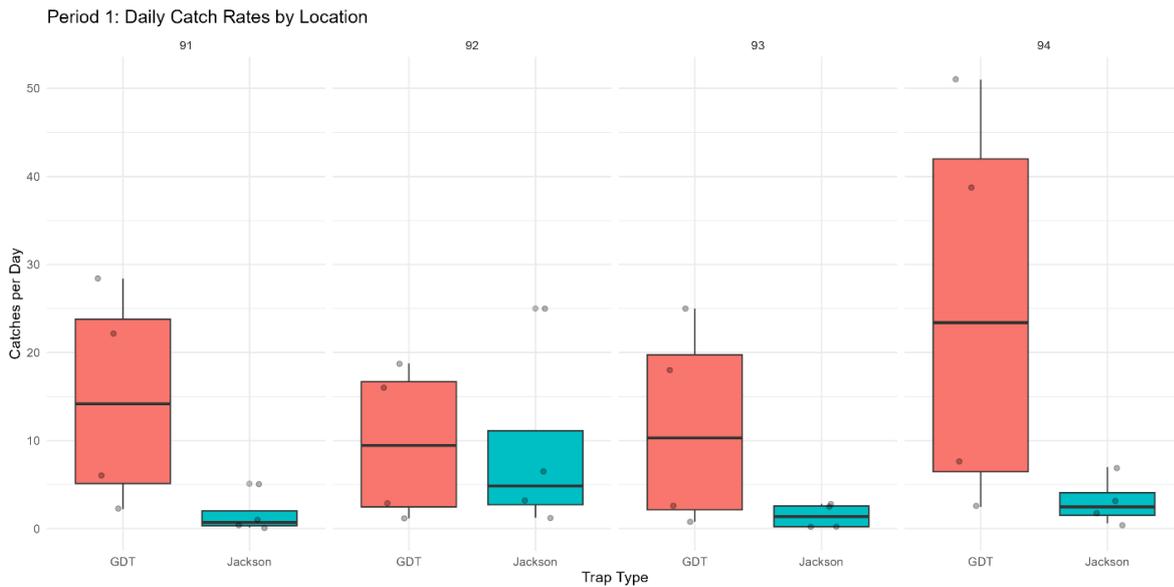
Κατά την πρώτη περίοδο αναλύθηκαν 16 διαστήματα επιτήρησης σε 4 τοποθεσίες, με μέσο διάστημα μεταξύ επιθεωρήσεων 10.2 ημέρες. Οι ηλεκτρονικές παγίδες GDT

κατέγραψαν συνολικά 2.254 συλλήψεις, ενώ οι συμβατικές παγίδες Jackson κατέγραψαν 589 συλλήψεις, δίνοντας αναλογία GDT:Jackson 3.8:1 (Διάγραμμα 1.1.1-9).



**Διάγραμμα 1.1.1-9.** Συλλήψεις ανά διάστημα επιτήρησης κατά την Περίοδο 1 (1:1 σύγκριση). Κάθε σημείο αντιπροσωπεύει το σύνολο των συλλήψεων μεταξύ δύο διαδοχικών επιθεωρήσεων. Οι ηλεκτρονικές παγίδες GDT (μπλε) παρουσιάζουν σταθερά υψηλότερες συλλήψεις σε όλες τις τοποθεσίες.

Οι μέσοι ημερήσιοι ρυθμοί σύλληψης ήταν 15.3 μύγες/ημέρα για τις GDT παγίδες και 3.8 μύγες/ημέρα για τις Jackson παγίδες, με μέση διαφορά 11.5 μύγες/ημέρα (95% CI: 3.7-19.2) (Διάγραμμα 1.1.1-10).



**Διάγραμμα 1.1.1-10.** Κατανομή ημερήσιων ρυθμών σύλληψης κατά την Περίοδο 1 ανά τοποθεσία. Τα boxplots δείχνουν τη διάμεσο, τα τεταρτημόρια και τις ακραίες τιμές. Οι GDT παγίδες υπερτερούν σημαντικά σε όλες τις τοποθεσίες.

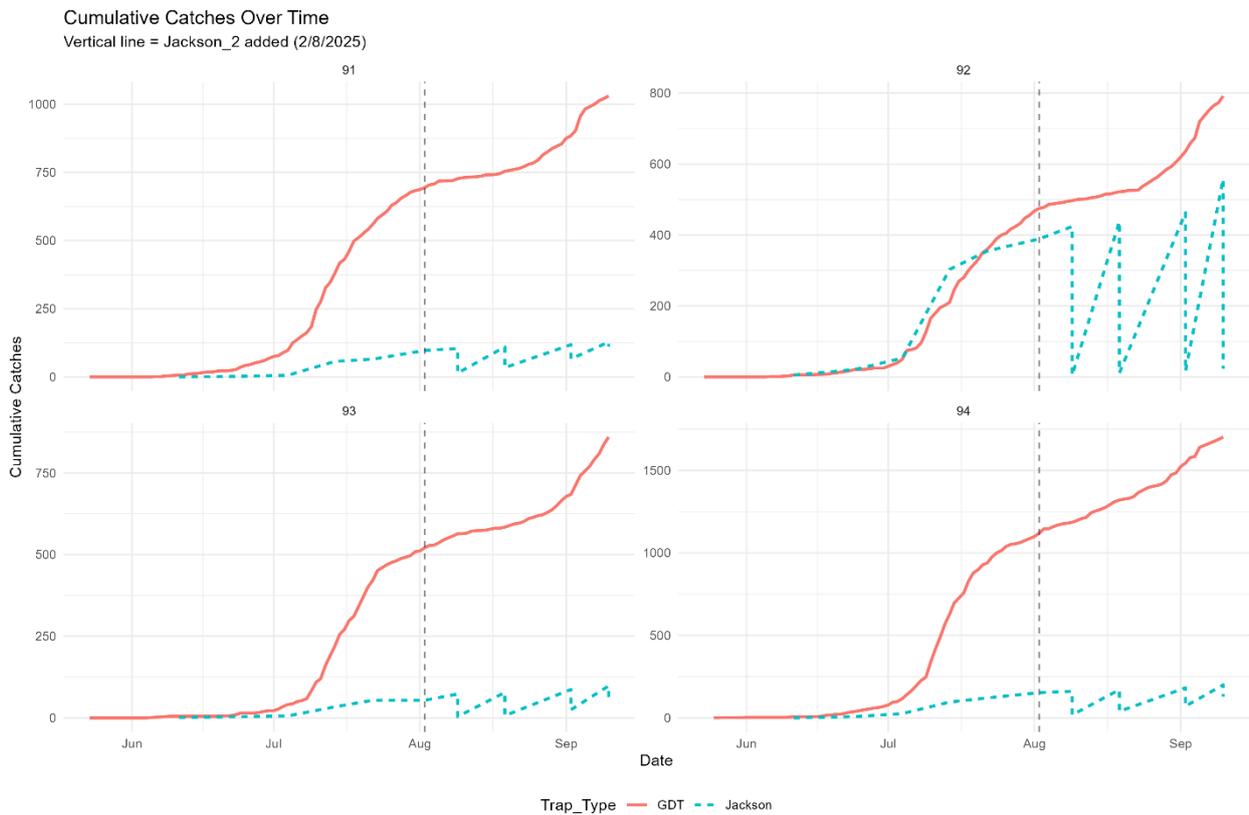
Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι ηλεκτρονικές παγίδες GDT παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες συλλήψεις από τις συμβατικές παγίδες Jackson (Wilcoxon  $V = 12$ ,  $p = 0.004$ ; Paired t-test:  $t_{15} = -3.16$ ,  $p = 0.006$ ). Το γραμμικό μικτό μοντέλο επιβεβαίωσε την κύρια επίδραση του τύπου παγίδας ( $F_{1,14} > 20$ ,  $p < 0.001$ ), με τις GDT παγίδες να καταγράφουν κατά μέσο όρο 104.1 περισσότερα έντομα ανά διάστημα επιτήρησης σε σχέση με τις Jackson παγίδες, μετά τον έλεγχο για τη μεταβλητότητα μεταξύ τοποθεσιών. Η τυχαία επίδραση της τοποθεσίας ήταν στατιστικά σημαντική, υποδεικνύοντας σημαντική διακύμανση στις συλλήψεις μεταξύ των τεσσάρων τοποθεσιών (Πίνακας 1.1.1-11).

## Περίοδος 2: Σύγκριση 1 GDT vs 2 Jackson

Στη δεύτερη περίοδο αναλύθηκαν 16 διαστήματα επιτήρησης με δύο συμβατικές παγίδες ανά τοποθεσία. Η μία GDT παγίδα κατέγραψε συνολικά 1575 συλλήψεις, ενώ οι δύο Jackson παγίδες συνδυασμένα κατέγραψαν 563 συλλήψεις. Αυτό αντιστοιχεί σε αναλογία GDT:Jackson ανά παγίδα 5.6:1, υποδεικνύοντας ακόμη μεγαλύτερη σχετική υπεροχή των ηλεκτρονικών παγίδων. Οι ημερήσιοι ρυθμοί σύλληψης ήταν 10.3 μύγες/ημέρα για τις GDT και 3.9 μύγες/ημέρα για τις Jackson (συνδυασμένο), με διαφορά 6.4 μύγες/ημέρα (95% CI: 3.6-9.2).

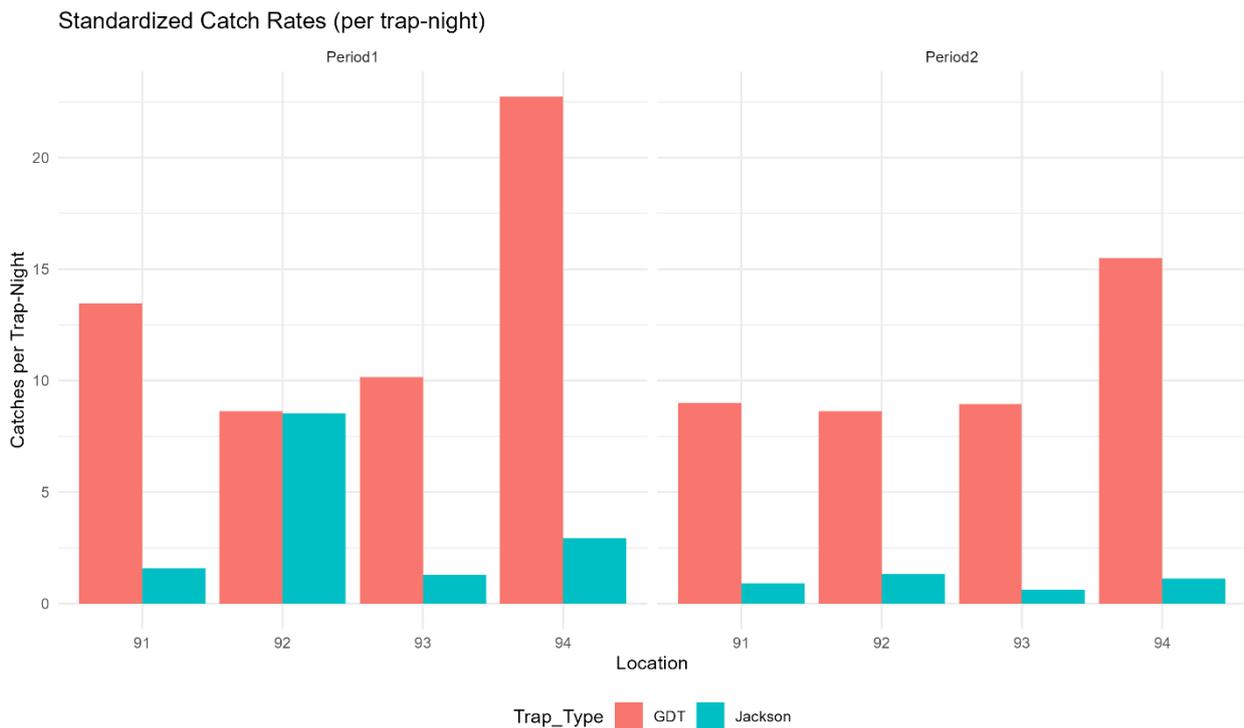
Η υπεροχή των GDT παγίδων επιβεβαιώθηκε και στην περίοδο αυτή με ισχυρή στατιστική σημαντικότητα (Wilcoxon  $V = 4$ ,  $p = 0.001$ ; Paired t-test:  $t_{15} = -4.86$ ,  $p = 0.0002$ ). Αξιοσημείωτο είναι ότι ακόμη και με τη διπλάσια πυκνότητα συμβατικών παγίδων, οι GDT παγίδες εξακολουθούσαν να υπερτερούν σημαντικά.

Η χρονική εξέλιξη των αθροιστικών συλλήψεων (Εικόνα 4) καταδεικνύει τη σταθερή υπεροχή των GDT παγίδων καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης. Η προσθήκη της δεύτερης Jackson παγίδας στις 2 Αυγούστου (κάθετη γραμμή στο Διάγραμμα 1.1.1-11) δεν οδήγησε σε σημαντική βελτίωση της συνολικής απόδοσης των συμβατικών παγίδων σε σύγκριση με τις GDT.



**Διάγραμμα 1.1.1-11.** Χρονική εξέλιξη αθροιστικών συλλήψεων ανά τύπο παγίδας και τοποθεσία. Η κάθετη διακεκομμένη γραμμή δείχνει την προσθήκη της δεύτερης Jackson παγίδας (2/8/2025). Οι GDT παγίδες (μπλε συνεχείς γραμμές) διατηρούν σταθερά υψηλότερο ρυθμό συλλήψεων σε όλες τις τοποθεσίες και περιόδους.

Με τυποποίηση των συλλήψεων ανά παγίδα-νύχτα (trap-night) για ολόκληρη τη διάρκεια της μελέτης, οι συνολικοί ρυθμοί σύλληψης ήταν 11.7 μύγες/trap-night για τις GDT παγίδες και 1.6 μύγες/trap-night για τις Jackson παγίδες, δίνοντας συνολική αναλογία 7.3:1 υπέρ των ηλεκτρονικών παγίδων (Διάγραμμα 1.1.1-12).



**Διάγραμμα 1.1.1-12.** Τυποποιημένοι ρυθμοί σύλληψης (ανά παγίδα-νύχτα) για κάθε περίοδο και τοποθεσία. Οι GDT παγίδες (μπλε) υπερτερούν σταθερά σε όλες τις τοποθεσίες και περιόδους, με αναλογία 7,3:1 έναντι των Jackson παγίδων (κόκκινο).

Το γραμμικό μικτό μοντέλο με αλληλεπίδραση περιόδου και τύπου παγίδας επιβεβαίωσε την κύρια επίδραση του τύπου παγίδας σε ολόκληρη τη διάρκεια της μελέτης ( $F_{1,60} > 40$ ,  $p < 0.001$ ). Η επίδραση της περιόδου δεν ήταν στατιστικά σημαντική ( $p > 0.05$ ), ενώ η αλληλεπίδραση Τύπος Παγίδας × Περίοδος δεν ήταν επίσης σημαντική ( $p > 0.05$ ), υποδεικνύοντας ότι η υπεροχή των GDT παγίδων παρέμεινε σταθερή και στις δύο περιόδους, ανεξάρτητα από τον αριθμό των συμβατικών παγίδων που χρησιμοποιήθηκαν. Η τυχαία επίδραση της τοποθεσίας παρέμεινε σημαντική, επιβεβαιώνοντας τη σημαντική χωρική μεταβλητότητα στις συλλήψεις.

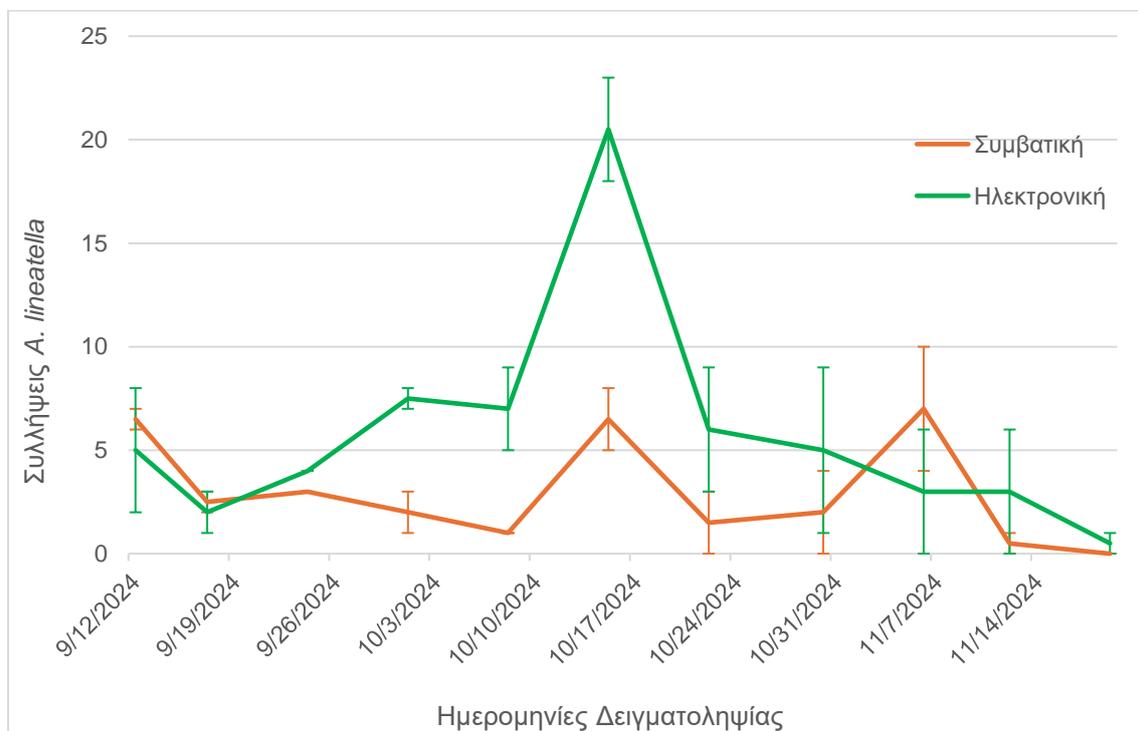
### Ανάρσια της ροδακινιάς

Η εβδομαδιαία καταγραφή των συλλήψεων τόσο στις συμβατικές όσο και στις ηλεκτρονικές παγίδες και για τα δύο έτη, αποτυπώθηκε σε αρχείο excel και μετέπειτα σε γραφήματα (Εικόνα 1.1.1-5 και 1.1.1-6).

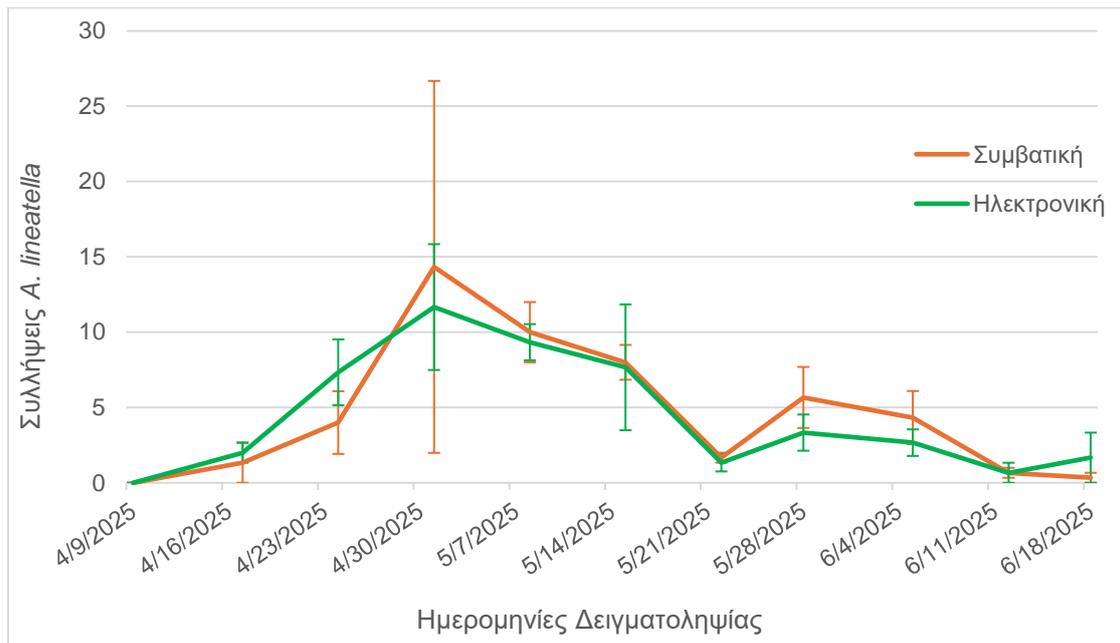
Ακολούθησε στατιστική ανάλυση και σύγκριση του συνόλου των συλλήψεων του εντόμου *A. lineatella* με ηλεκτρονικές και με συμβατικού τύπου παγίδες. Πραγματοποιήθηκε μη παραμετρική ανάλυση 2 ανεξάρτητων δειγμάτων.

Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων του έτους 2024 (Κόρινθος) διαπιστώθηκε ότι, στις περιόδους κατά τις οποίες παρατηρήθηκε πτήσεις ενηλίκων (3/10/2024 έως 24/10/2024), οι ηλεκτρονικές παγίδες κατέγραψαν υψηλότερο αριθμό συλλήψεων σε σχέση με τις συμβατικές παγίδες τύπου δέλτα. Παρόλα αυτά η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, Mann-Whitney U test (ή Wilcoxon Rank Test,  $p < 0.05$ ) έδειξε ότι οι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο τύπων παγίδων ( $z = -1,549$ ,  $P = 0,333$ ) (Διάγραμμα 1.1.1-13).

Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων του έτους 2025 (Νάουσα) δεν διαπιστώθηκε, κατά τις περιόδους πτήσεις ενηλίκων (16/4/2025 έως 21/5/2025), διαφορά στο συνολικό αριθμό συλλήψεων μεταξύ ηλεκτρονικών και συμβατικών παγίδων τύπου δέλτα. Η παρατήρηση αυτή επιβεβαιώθηκε και με στατιστική ανάλυση όπου το Mann-Whitney U test (ή Wilcoxon Rank Test,  $p < 0.05$ ) έδειξε ότι οι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο τύπων παγίδων ( $z = -0,886$ ,  $P = 0,4$ ) (Διάγραμμα 1.1.1-14).



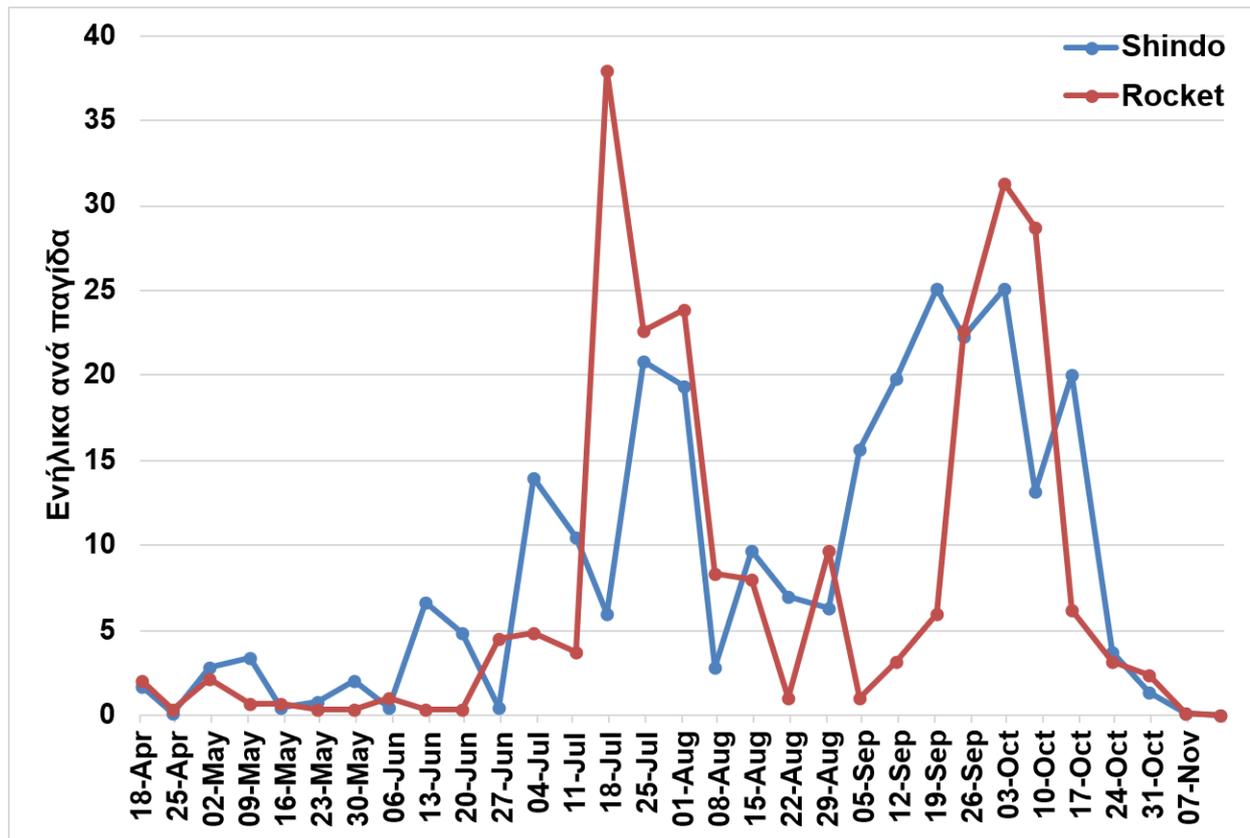
**Διάγραμμα 1.1.1- 13.** Παρακολούθηση πληθυσμού *A. lineatella* με ηλεκτρονικές και συμβατικού τύπου παγίδες σε οπωρώνα ροδακινιάς στην Κόρινθο (2024).



**Διάγραμμα 1.1.1-14.** Παρακολούθηση πληθυσμού *A. lineatella* με ηλεκτρονικές και συμβατικού τύπου παγίδες σε οπωρώνες ροδακινιάς στη Νάουσα (2025).

## Καφέ ασιατική βρωμούσα Καλλιεργητική περίοδος 2024

Κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2024, οι εβδομαδιαίες συλλήψεις ενηλίκων *H. halys* παρουσίασαν διακριτή εποχική διακύμανση και για τους δύο τύπους παγίδων, με εμφανείς διαφοροποιήσεις στο χρονικό μοτίβο σύλληψης (Διάγραμμα 1.1.1-15).

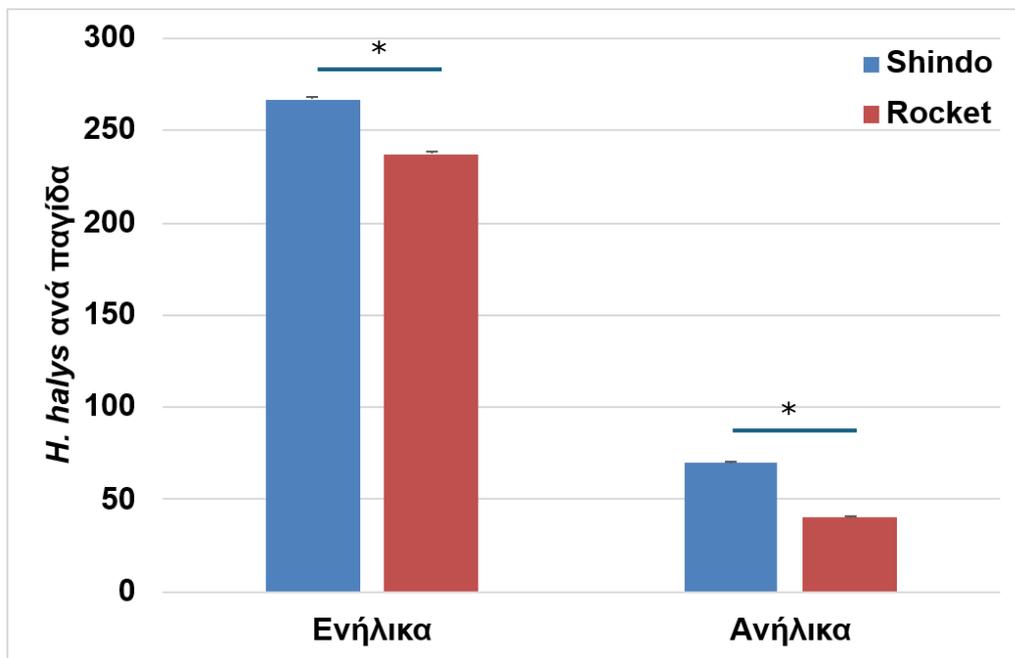


**Διάγραμμα 1.1.1-15.** Εβδομαδιαίες συλλήψεις ενηλίκων *H. halys* ανά παγίδα σε ηλεκτρονικές (Shindo) και συμβατικές παγίδες (Rocket) σε οπωρώνες ροδακινιάς κατά την καλλιεργητική περίοδο 2024 (διάστημα αναφοράς 18/04/2024 – 13/11/2024)

Οι ηλεκτρονικές παγίδες Shindo κατέγραψαν σταθερή ανοδική πορεία από τα τέλη Ιουνίου, με κορύφωση μεταξύ τέλη Ιουλίου και μέσα Αυγούστου, όπου παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες εβδομαδιαίες τιμές (περίπου 20–22 άτομα ανά παγίδα), καταγράφοντας την 1<sup>η</sup> γενεά του εντόμου. Μετά από μια παροδική μείωση στα τέλη Αυγούστου, οι συλλήψεις αυξήθηκαν ξανά στα μέσα Σεπτεμβρίου, με δεύτερη κορυφή περίπου στα 20–25 ενήλικα άτομα (2<sup>η</sup> γενεά), πριν μειωθούν σταδιακά προς το τέλος Οκτωβρίου και μηδενιστούν στις αρχές Νοεμβρίου. Αντίστοιχα, οι συμβατικές παγίδες τύπου ρουκέτας εμφάνισαν παρόμοια κατανομή στο χρόνο, με έντονη κορύφωση στις 11 Ιουλίου (περίπου 38 άτομα ανά παγίδα), ακολουθούμενη από μια δεύτερη κορύφωση τον Σεπτέμβριο (περίπου 30–32 άτομα ανά παγίδα). Στα ενδιάμεσα χρονικά σημεία, οι εβδομαδιαίες συλλήψεις των παγίδων ρουκέτας εμφάνισαν έντονες διακυμάνσεις (συμπεριλαμβανομένων περιόδων σχεδόν μηδενικών τιμών), καταγράφοντας ωστόσο

σημαντικές αυξήσεις σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές της περιόδου. Συνολικά, το μοτίβο συλλήψεων των δύο παγίδων ανέδειξε κοινές περιόδους αυξημένης πληθυσμιακής δραστηριότητας, αλλά και σαφείς διαφορές στην ένταση και στο εύρος των κορυφώσεων.

Η συνολική απόδοση κάθε τύπου παγίδας την καλλιεργητική περίοδο 2024, όπως αποτυπώθηκε στο άθροισμα των συλλήψεων ανά παγίδα για τα ενήλικα άτομα και τα ανήλικα κινητά στάδια (L<sub>2</sub>-L<sub>5</sub>), ανέδειξε επιπλέον ποσοτικές διαφοροποιήσεις (Διάγραμμα 1.1.1-16).



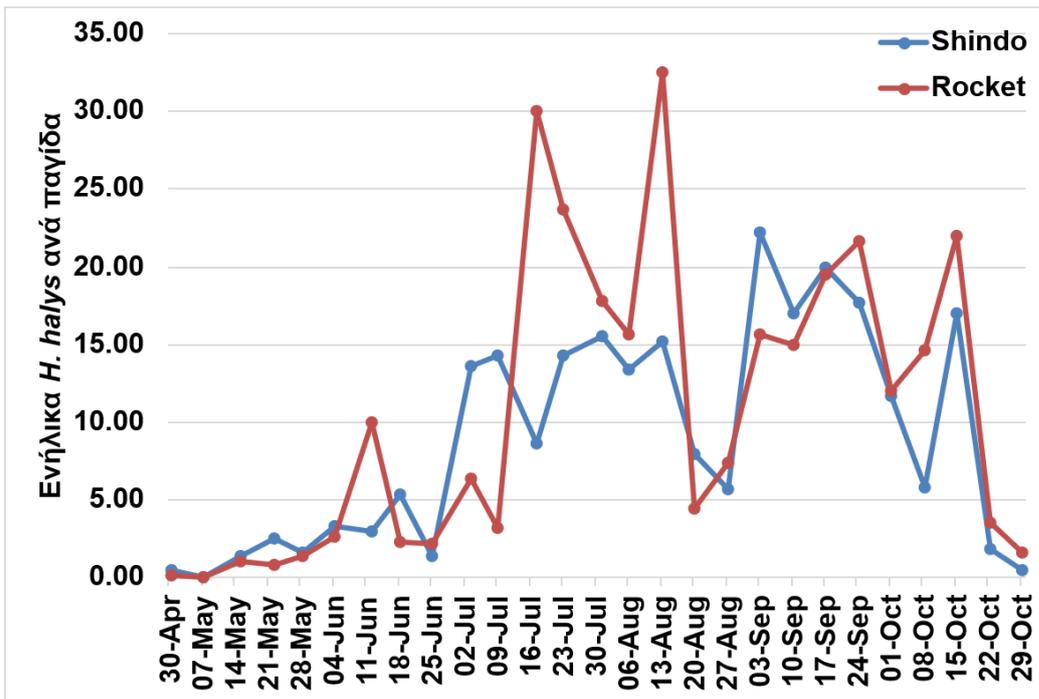
**Διάγραμμα 1.1.1-16.** Συλλήψεις ενήλικων ατόμων και ανήλικων σταδίων (L<sub>2</sub> - L<sub>5</sub>) του *H. halys* ανά παγίδα σε ηλεκτρονικές (Shindo) και συμβατικές παγίδες (Rocket) σε οπωρώνες ροδακινιάς κατά την καλλιεργητική περίοδο 2024 (διάστημα αναφοράς 18/04/2024 - 13/11/2024)

Οι ηλεκτρονικές παγίδες Shindo κατέγραψαν συνολικά περίπου **267 ενήλικα άτομα ανά παγίδα** και περίπου **70 ανήλικα άτομα ανά παγίδα**, τιμές υψηλότερες από εκείνες των συμβατικών παγίδων τύπου ρουκέτας, οι οποίες συγκέντρωσαν περίπου **233 ενήλικα άτομα ανά παγίδα** και περίπου **40 ανήλικα άτομα ανά παγίδα**. Η διαφορά μεταξύ Shindo και Rocket κατέστη εμφανής τόσο στη συνολική εποχική καταγραφή ενήλικων όσο και στη συλλογή ανήλικων κινητών σταδίων, με τις ηλεκτρονικές παγίδες να σημειώνουν υψηλότερες συλλήψεις πληθυσμού του εντόμου και στις δύο κατηγορίες. Η κατανομή των τιμών ήταν σταθερή μεταξύ των επαναλήψεων ανά τύπο παγίδας, γεγονός που αντικατοπτρίζεται στις μικρές αποκλίσεις (error bars) γύρω από τον μέσο όρο των συνολικών συλληφθέντων σταδίων. Τα αποτελέσματα αυτά προσφέρουν μια ολοκληρωμένη εικόνα της αποδοτικότητας των δύο συστημάτων παγίδευσης κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του 2024,

τόσο σε επίπεδο εβδομαδιαίων διακυμάνσεων όσο και ως προς τη συνολική εποχική καταγραφή.

### Καλλιεργητική περίοδος 2025

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2025 (διάστημα αναφοράς 30/04/2025 – 29/10/2025), η εξέλιξη των εβδομαδιαίων συλλήψεων ενηλίκων *H. halys* ανέδειξε παρόμοιες εποχικές τάσεις με την προηγούμενη χρονιά (Διάγραμμα 1.1.1-17).

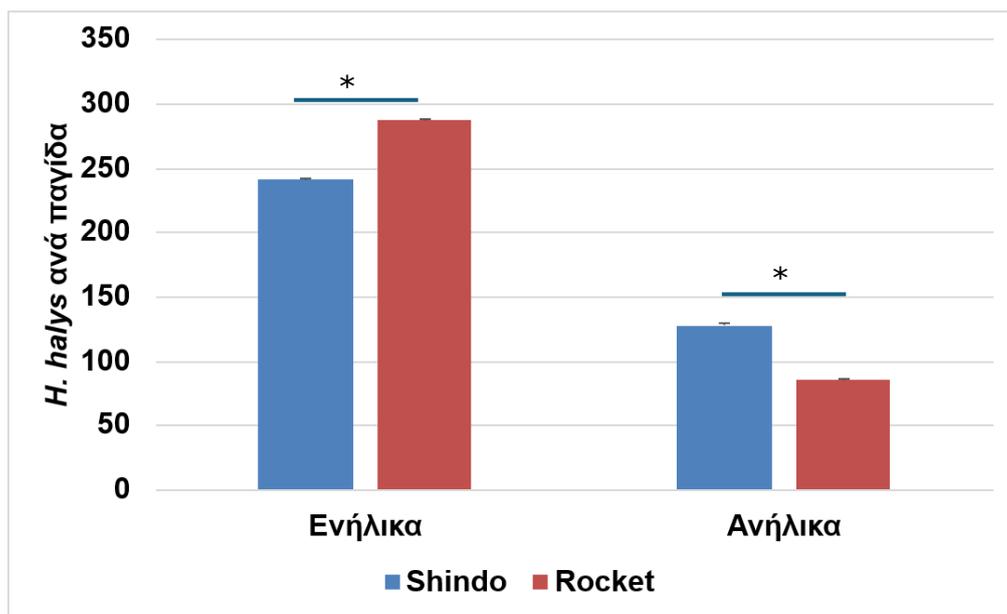


**Διάγραμμα 1.1.1-17.** Εβδομαδιαίες συλλήψεις ενηλίκων *H. halys* ανά παγίδα σε ηλεκτρονικές (Shindo) και συμβατικές παγίδες (Rocket) σε οπωρώνες ροδακινιάς κατά την καλλιεργητική περίοδο 2025 (διάστημα αναφοράς 30/04/2025 – 29/10/2025)

Οι ηλεκτρονικές παγίδες Shindo εμφάνισαν αρχικά χαμηλές συλλήψεις έως τα τέλη Μαΐου, ακολουθούμενες από σταδιακή αύξηση τον Ιούνιο, με τις πρώτες σημαντικές τιμές να κυμαίνονται μεταξύ 5 και 15 ατόμων ανά παγίδα. Η πυκνότητα του πληθυσμού των ενηλίκων κορυφώθηκε στα μέσα και τέλη Ιουλίου (1<sup>η</sup> γενεά), όπου οι εβδομαδιαίες συλλήψεις σταθεροποιήθηκαν γύρω από τα 13–16 άτομα, με μεταγενέστερη μείωση στις αρχές Αυγούστου και εκ νέου αύξηση στα τέλη Αυγούστου και στις αρχές Σεπτεμβρίου (2<sup>η</sup> γενεά), φτάνοντας έως και 20 άτομα ανά παγίδα. Προς τα τέλη Σεπτεμβρίου, οι συλλήψεις μειώθηκαν σταδιακά, ολοκληρώνοντας την περίοδο με σχεδόν μηδενικές τιμές. Αντίστοιχα, οι συμβατικές παγίδες τύπου ρουκέτας κατέγραψαν επίσης χαμηλές συλλήψεις κατά τον Μάιο και τις αρχές Ιουνίου, ακολουθούμενες από έντονες διακυμάνσεις, με συλλήψεις που έφθασαν τα 10 άτομα στα τέλη Ιουνίου και τα 30 άτομα ανά παγίδα στις 2–3 υψηλότερες τιμές του καλοκαιριού. Μετά από σύντομη περίοδο χαμηλών συλλήψεων στις αρχές Αυγούστου, οι παγίδες ρουκέτας σημείωσαν νέα αύξηση από τα τέλη Αυγούστου έως τα μέσα Σεπτεμβρίου, με εβδομαδιαίες τιμές μεταξύ 15 και 22 ατόμων ανά παγίδα, πριν ακολουθήσει σταδιακή μείωση στα τέλη του

μήνα. Το συνολικό μοτίβο συλλήψεων καταδεικνύει ότι και οι δύο τύποι παγίδων κατέγραψαν παρόμοιες περιόδους αυξημένης δραστηριότητας, με διαφοροποιήσεις στην ένταση των μέγιστων συλληφθέντων τιμών.

Η συνολική πυκνότητα του πληθυσμού των ενηλίκων και ανήλικων ατόμων του *H. halys* που συλλήφθηκε ανά παγίδα ανέδειξε σαφείς ποσοτικές διαφορές μεταξύ των δύο τύπων (Διάγραμμα 1.1.1-18). Οι ηλεκτρονικές παγίδες Shindo σημείωσαν μέσο όρο **241 ενηλίκων ατόμων ανά παγίδα**, τιμή χαμηλότερη από εκείνη των συμβατικών παγίδων, οι οποίες συγκέντρωσαν **287 ενήλικα άτομα ανά παγίδα**. Αντίθετα, η σχέση αντιστράφηκε στην καταγραφή των ανήλικων κινητών σταδίων (L<sub>2</sub>-L<sub>5</sub>), όπου οι παγίδες Shindo κατέγραψαν σημαντικά υψηλότερη συνολική απόδοση, με **128 ανήλικα άτομα ανά παγίδα**, έναντι **86 ανήλικων ατόμων ανά παγίδα** που καταγράφηκαν στις παγίδες ρουκέτας. Οι τιμές αυτές δείχνουν ότι οι συμβατικές παγίδες είχαν την υψηλότερη συνολική σύλληψη ενηλίκων κατά τη διάρκεια της περιόδου, ενώ οι ηλεκτρονικές παγίδες υπερείχαν καθαρά στη σύλληψη των ανήλικων σταδίων.



**Διάγραμμα 1.1.1-18.** Συλλήψεις ενηλίκων ατόμων και ανήλικων σταδίων (L<sub>2</sub> - L<sub>5</sub>) του *H. halys* ανά παγίδα σε ηλεκτρονικές (Shindo) και συμβατικές παγίδες (Rocket) σε οπωρώνες ροδακινιάς κατά την καλλιεργητική περίοδο 2025 (διάστημα αναφοράς 30/04/2025 - 29/10/2025)

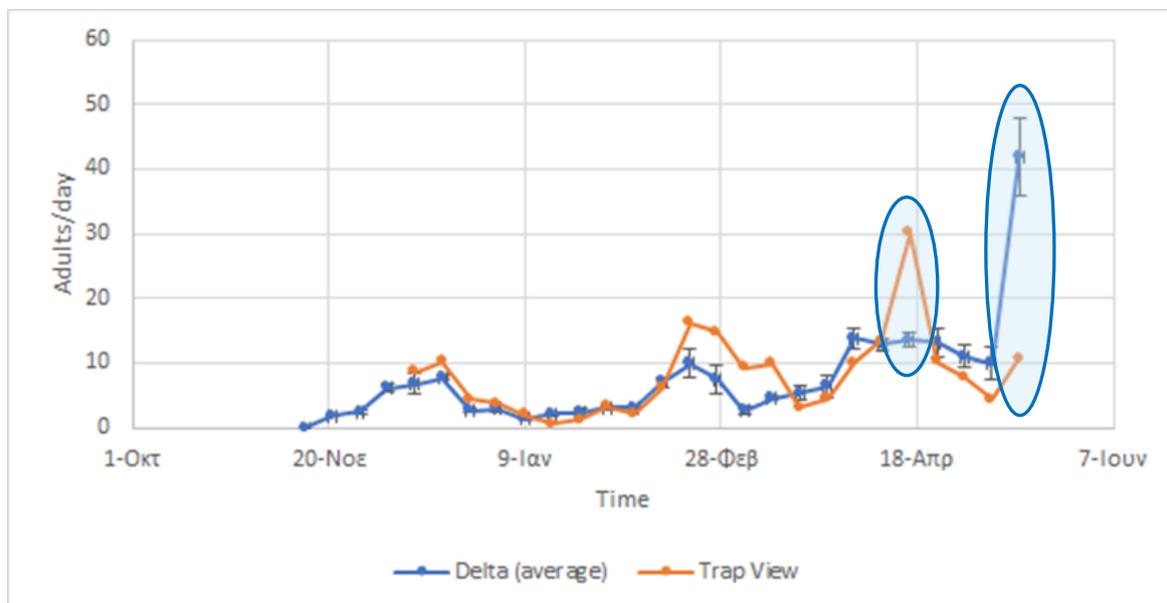
## Υπονομευτής της τομάτας

Η παρούσα μελέτη τεκμηριώνει τη συγκριτική αξιολόγηση της συμβατικής παρακολούθησης των πληθυσμών του *T. absoluta* μέσω φερομονικών παγίδων τύπου Δ έναντι καινοτόμων αυτόματων ηλεκτρονικών παγίδων, υπογραμμίζοντας τον κρίσιμο ρόλο της ενσωμάτωσης τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας στον πρωτογενή τομέα για τον εκσυγχρονισμό της φυτοπροστασίας.

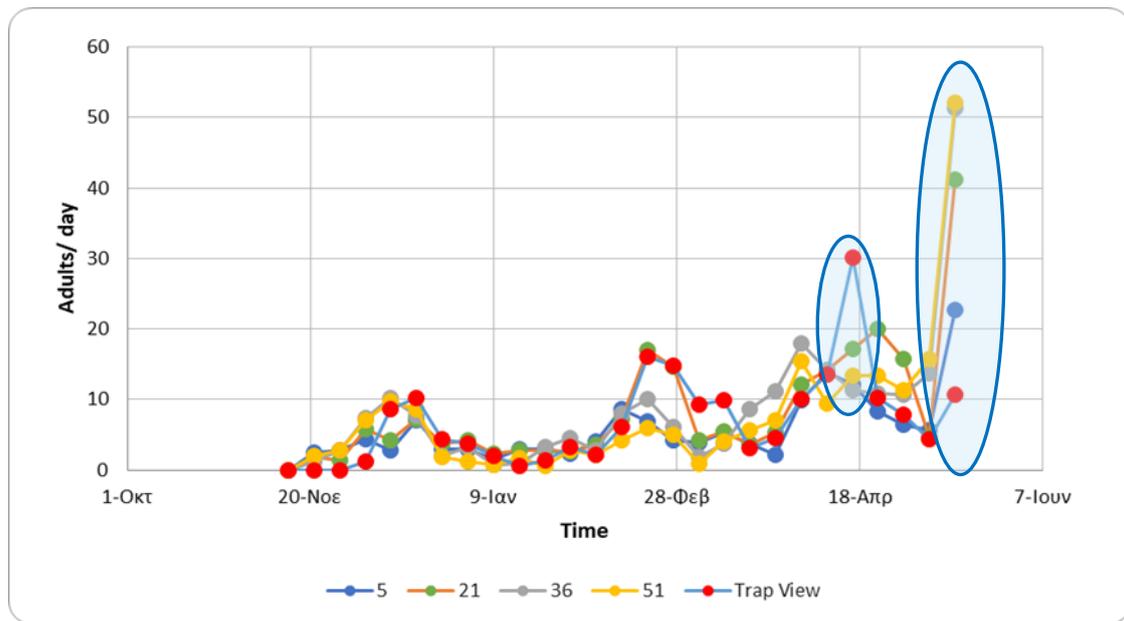
## Καλλιεργητική περίοδος (2023-2024)

### Η ηλεκτρονική παγίδα Trapview

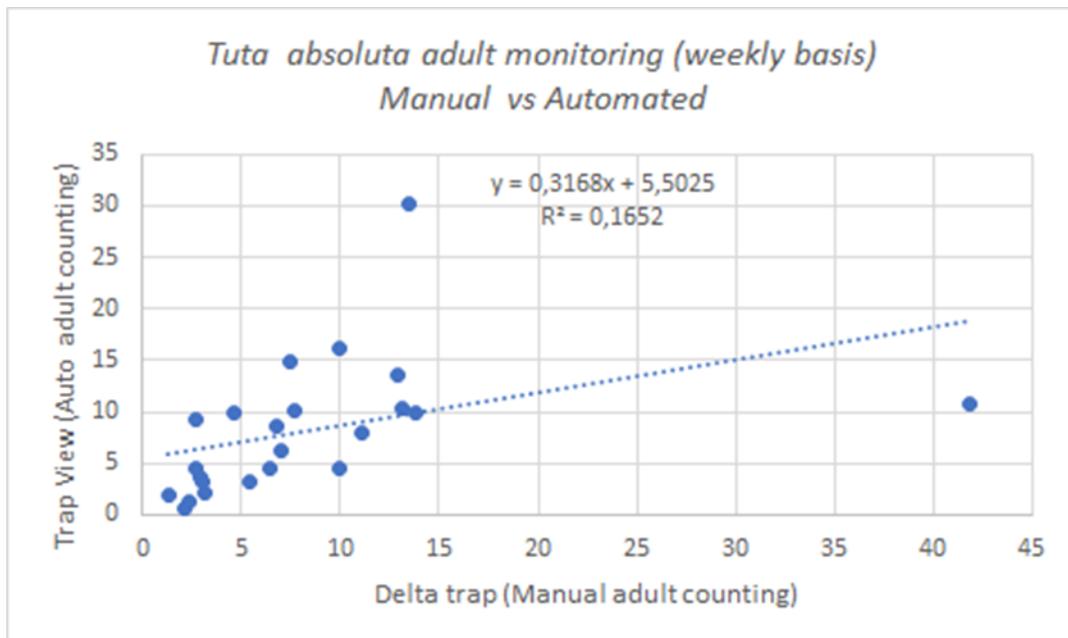
Τα πρώτα αποτελέσματα δείχνουν ισχυρή συσχέτιση στις συλλήψεις ενηλίκων από τις ψηφιακές παγίδες Trapview με τις συμβατικές τύπου Δέλτα. Ωστόσο, καταγράφηκαν αποκλίσεις σε συγκεκριμένες ημερομηνίες. (Διαγράμματα 1.1.1-19, 1.1.1-20). Οι αποκλίσεις αυτές επηρέασαν αρνητικά τον συντελεστή συσχέτισης Pearson ( $r=0.41$  / Διάγραμμα 1.1.1-21) που όμως παραμένει στατιστικά σημαντικός. Δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις μεταξύ των μεμονωμένων παγίδων ( $n=5$ , 4 συμβατικές Δ, και 1 ηλεκτρονική, Διάγραμμα 1.1.1-20) Παρά την υψηλή ακρίβεια των ψηφιακών παγίδων σε δυο περιπτώσεις, παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις που ενδέχεται να επηρεάσουν συστήματα λήψης αποφάσεων. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι δύο τύποι παγίδων δεν διαφέρουν σημαντικά (Wilcoxon Signed Rank Test,  $p<0.05$ ) Η αξιοπιστία των Trapview για τον υπονομευτή της τομάτας παραμένει υπό αξιολόγηση.



**Διάγραμμα 1.1.1-19.** Σύγκριση συλλήψεων ενηλίκων *T. absoluta* ανά ημέρα μεταξύ των συμβατικών παγίδων τύπου Δέλτα (μέση τιμή,  $n=4$ , μπλε γραμμή) και της ηλεκτρονικής παγίδας Trapview (πορτοκαλί γραμμή) κατά τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης. Οι αποκλίσεις στις συλλήψεις σε συγκεκριμένες ημερομηνίες είναι εμφανείς (σε γαλάζιο οβάλ).



**Διάγραμμα 1.1.1-20.** Κατανομή συλλήψεων ενηλίκων *T. absoluta* ανά ημέρα για τις τέσσερις παγίδες τύπου Δ (5, 21, 36, 51) σε σύγκριση με την ηλεκτρονική παγίδα Trapview (κόκκινη γραμμή). Σημειώνεται η έντονη διακύμανση στις συλλήψεις κατά την περίοδο αιχμής. Οι αποκλίσεις στις συλλήψεις σε συγκεκριμένες ημερομηνίες είναι εμφανείς (σε γαλάζιο οβάλ).

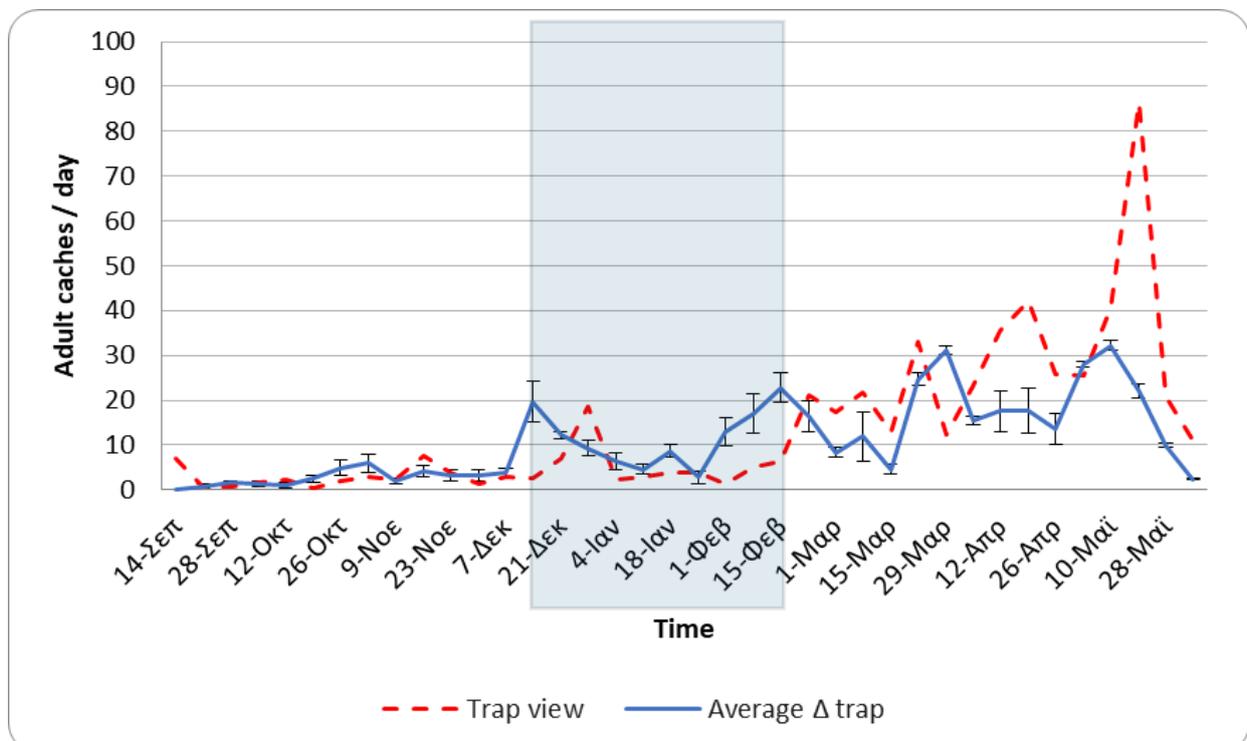


**Διάγραμμα 1.1.1-21.** Διάγραμμα διασποράς που παρουσιάζει τη συσχέτιση των συλλήψεων ενηλίκων *T. absoluta* από της συμβατικές παγίδες τύπου Δέλτα (οπτική καταγραφή) και της ηλεκτρονικής παγίδας Trapview (αυτόματη ψηφιακή καταγραφή). Η εξίσωση και ο συντελεστής  $R^2$  αποτυπώνουν την αξιοπιστία της συσχέτισης.

## Καλλιεργητική περίοδος (2024-2025)

### Η ηλεκτρονική παγίδα Trapview

Τα πρώτα αποτελέσματα (Διάγραμμα 1.1.1-22) καταδεικνύουν ισχυρή συσχέτιση στις συλλήψεις των ενήλικων ατόμων μεταξύ της ψηφιακής παγίδας TrapView και των συμβατικών φερομονικών παγίδων τύπου Δ, σε συμφωνία με τα ευρήματα της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου. Παρά τη γενικά καλή συμφωνία μεταξύ των δύο συστημάτων παρακολούθησης, καταγράφηκαν σημαντικές αποκλίσεις σε συγκεκριμένες ημερομηνίες κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Συγκεκριμένα, στις 16 Νοεμβρίου, 28 Δεκεμβρίου, 1 και 8 Μαρτίου, καθώς και στις 12, 19 και 26 Απριλίου και στις 21 Μαΐου, παρατηρήθηκε υπερεκτίμηση των συλλήψεων από την παγίδα TrapView σε σύγκριση με τις συμβατικές παγίδες τύπου Δ. Αντιθέτως, στις ημερομηνίες 14 Δεκεμβρίου, 18 Ιανουαρίου και 1, 8 και 15 Φεβρουαρίου καταγράφηκε συστηματική υποεκτίμηση των συλλήψεων από την παγίδα TrapView. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι το φαινόμενο της υποεκτίμηση εμφανίστηκε συστηματικά σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο μετά τις 14 Δεκεμβρίου. Η εν λόγω περίοδος εξετάστηκε ενδελεχώς και πραγματοποιήθηκε επιτόπιος έλεγχος της παγίδας, προκειμένου να διερευνηθούν πιθανοί τεχνικοί ή λειτουργικοί παράγοντες που ενδέχεται να επηρέασαν την ακρίβεια των καταγραφών. Η αλληλουχία των γεγονότων και τα σχετικά ευρήματα αναλύονται στη συνέχεια.



**Διάγραμμα 1.1.1-22.** Σύγκριση συλλήψεων ενήλικων *T. absoluta* ανά ημέρα μεταξύ των συμβατικών παγίδων τύπου Δέλτα (μπλε γραμμή) και της ηλεκτρονικής παγίδας Trapview (πορτοκαλί διακεκομμένη γραμμή), για την καλλιεργητική περίοδο 2024-2025. Οι αποκλίσεις στις συλλήψεις σε συγκεκριμένες ημερομηνίες είναι εμφανείς. Γαλάζιο περίγραμμα: περίοδος που η παγίδα Trapview λειτούργησε με αστοχία υλικού ως προς την κολλητική επιφάνεια.

### Περίοδος λειτουργίας της παγίδας Trapview με αστοχία υλικού και σχετικές ενέργειες

Στα μέσα Δεκεμβρίου κρίθηκε αναγκαία η αντικατάσταση του ειδικού περιστρεφόμενου ρολού κολλητικής επιφάνειας της ηλεκτρονικής παγίδας TrapView, καθώς το υφιστάμενο ρολό είχε ολοκληρώσει τη διάρκεια λειτουργίας του και η συσκευή παρείχε σχετική ένδειξη αντικατάστασης. Συγκεκριμένα, στις 7 Δεκεμβρίου 2024 το παλιό ρολό αντικαταστάθηκε με νέο, το οποίο προμηθεύτηκε από την κατασκευάστρια εταιρεία.

Κατά την περίοδο μετά τις 14 Δεκεμβρίου 2024 παρατηρήθηκαν έντονες αποκλίσεις των καταγραφών της παγίδας TrapView σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο παρακολούθησης (φερομονικές παγίδες τύπου Δ). Ειδικότερα, καταγράφηκε συστηματική υποεκτίμηση των συλλήψεων από την παγίδα TrapView, σε αντίθεση με την περίοδο πριν από την αντικατάσταση της κολλητικής επιφάνειας. Η σαφής διαφοροποίηση των καταγραφών σε σχέση με την προγενέστερη περίοδο δημιούργησε εύλογα ερωτήματα στην ερευνητική ομάδα σχετικά με τη λειτουργικότητα του συστήματος.

Ως εκ τούτου, πραγματοποιήθηκε επιτόπιος έλεγχος της συσκευής από εξειδικευμένο προσωπικό του εργαστηρίου. Κατά τον έλεγχο διαπιστώθηκε αστοχία υλικού, καθώς η κολλητική επιφάνεια του νέου ρολού έφερε εξαιρετικά λεπτή στρώση εντομολογικής κόλλας. Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα τα ενήλικα πτερωτά λεπιδόπτερα να μην προσκολλώνται επαρκώς στην επιφάνεια, να μην συγκρατούνται και, συνεπώς, να μην καταγράφονται από το σύστημα, οδηγώντας σε συστηματική υποεκτίμηση των συλλήψεων.

Η προβληματική κολλητική επιφάνεια παρέμεινε σε λειτουργία από τις 14 Δεκεμβρίου 2024 έως τις 15 Φεβρουαρίου 2025, καλύπτοντας συνολικά δέκα (10) μετρήσεις, έως ότου αντικαταστάθηκε με νέο ειδικό ρολό κολλητικής επιφάνειας. Πριν από την εγκατάσταση του νέου υλικού πραγματοποιήθηκε έλεγχος της κολλητικής του ιδιότητας, χωρίς να διαπιστωθεί οποιαδήποτε αστοχία. Το νέο ρολό εγκαταστάθηκε επιτυχώς στη συσκευή και η λειτουργία της παγίδας επανήλθε σε κανονικά επίπεδα καταγραφής μετά από τις 15 Φεβρουαρίου 2025.

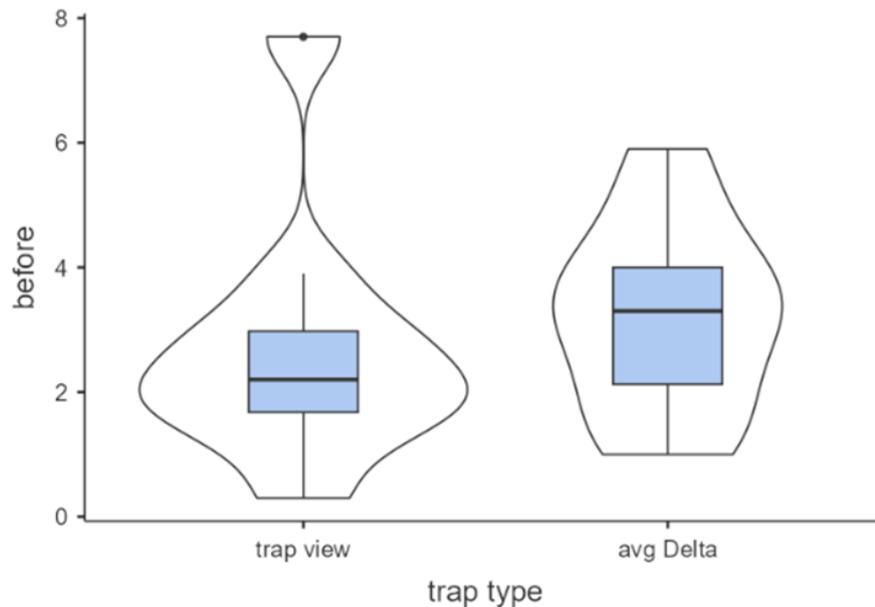
### Διαπίστωση σημαντικών διαφοροποιήσεων σε σχέση με την παγίδα Trapview κατά την περίοδο λειτουργίας με αστοχία υλικού

Με την ολοκλήρωση της συνολικής περιόδου καταγραφής για την καλλιεργητική περίοδο 2024–2025 και λαμβάνοντας υπόψη τις παρατηρήσεις που αφορούσαν την αστοχία υλικού της ηλεκτρονικής παγίδας TrapView, οι μετρήσεις διαχωρίστηκαν σε τρεις διακριτές υποπεριόδους:

- α) πριν, την περίοδο χρήσης του άστοχου υλικού
- β) κατά τη διάρκεια χρήσης του άστοχου υλικού (14/12/24– 15/02/25)
- γ) μετά την περίοδο χρήσης του άστοχου υλικού.

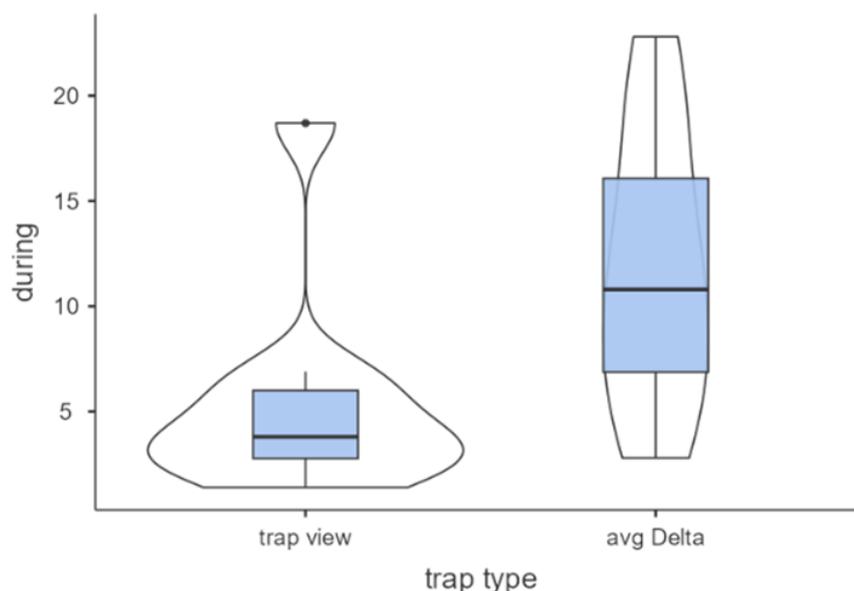
Στη συνέχεια, οι μετρήσεις κάθε υποπεριόδου συγκρίθηκαν στατιστικά μεταξύ των δύο συστημάτων παρακολούθησης (ηλεκτρονική παγίδα TrapView vs συμβατικών φερομονικών παγίδων τύπου Δ), με εφαρμογή του μη παραμετρικού ελέγχου Wilcoxon rank test, για χρονικό διάστημα δέκα (10) διαδοχικών μετρήσεων σε κάθε υποπερίοδο. Όπως απεικονίζεται στο Διάγραμμα 1.1.1-23, οι συλλήψεις της ηλεκτρονικής παγίδας TrapView συγκρίθηκαν με τις αντίστοιχες συλλήψεις των παγίδων τύπου Δ (μέση τιμή, N = 4) κατά την περίοδο Α) 'πριν την περίοδο χρήσης του άστοχου υλικού'. Η στατιστική

ανάλυση έδειξε ότι **δεν παρατηρήθηκαν** στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων παρακολούθησης (Wilcoxon rank test,  $p > 0,05$ ).



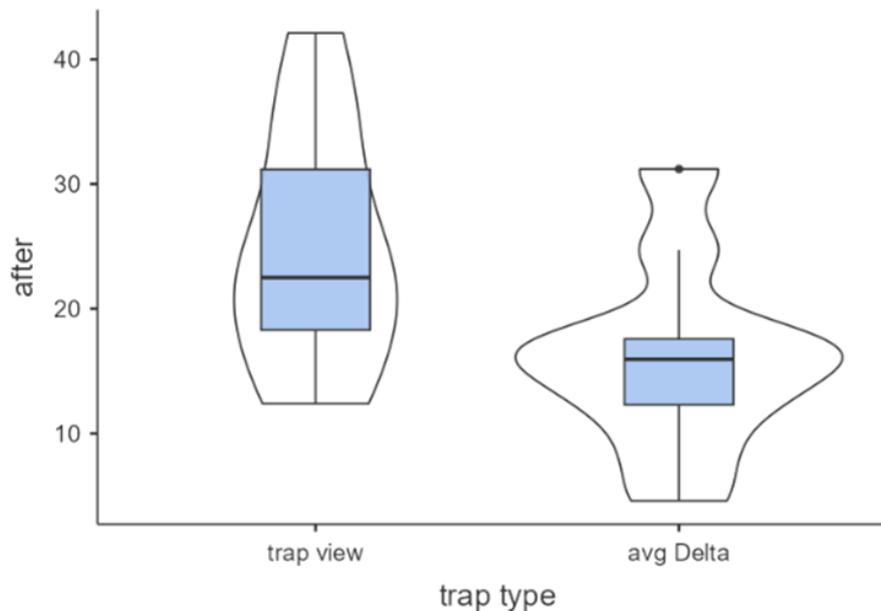
**Διάγραμμα 1.1.1-23.** Διακύμανση συλλήψεων ενήλικων για τους δυο τύπους παγίδων ανά ημέρα πριν την περίοδο χρήσης του άστοχου υλικού (Wilcoxon rank test,  $p = 0,507$ ,  $n = 10$ ).

Στη συνέχεια, κατά την υποπερίοδο χρήσης του άστοχου υλικού (14 Δεκεμβρίου – 15 Φεβρουαρίου, Διάγραμμα 1.1.1-24), η εφαρμογή του ελέγχου Wilcoxon rank test έδειξε ότι οι συλλήψεις της ηλεκτρονικής παγίδας TrapView **διέφεραν στατιστικά σημαντικά** από τις αντίστοιχες συλλήψεις των συμβατικών παγίδων τύπου Δ (μέση τιμή,  $n = 4$ ) ( $p = 0,037$ ). Ειδικότερα, η παγίδα TrapView υποεκτιμούσε συστηματικά και σε στατιστικά σημαντικό βαθμό τα επίπεδα των συλλήψεων κατά την εν λόγω υποπερίοδο.



**Διάγραμμα 1.1.1-24.** Διακύμανση συλλήψεων ενήλικων για τους δυο τύπους παγίδων ανά ημέρα κατά την περίοδο χρήσης του άστοχου υλικού (Wilcoxon rank test,  $p = 0,037$ ,  $n = 10$ ).

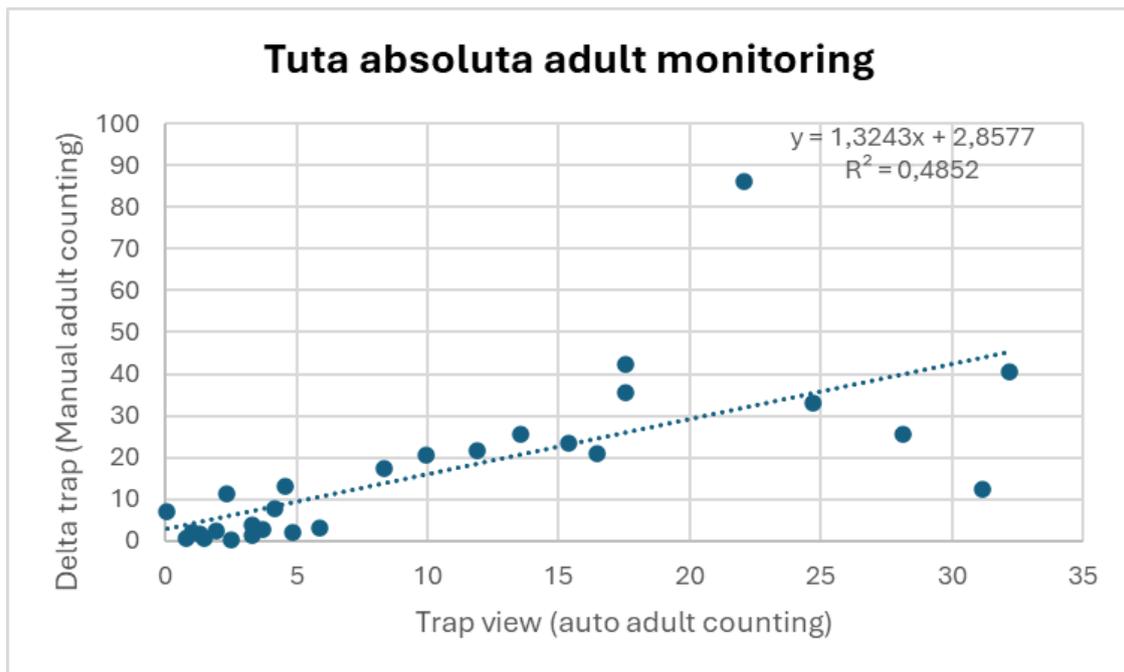
Μετά την αντικατάσταση της προβληματικής κολλητικής επιφάνειας (από τις 15 Φεβρουαρίου 2025 και έπειτα), η ανάλυση Wilcoxon rank test κατέδειξε ότι **δεν υφίστανται πλέον στατιστικά σημαντικές διαφορές** μεταξύ των δύο τύπων παγίδων ( $p > 0,05$ , Διάγραμμα 1.1.1-25), γεγονός που υποδηλώνει την αποκατάσταση της λειτουργικής αξιοπιστίας της ηλεκτρονικής παγίδας TrapView.



**Διάγραμμα 1.1.1-25.** Διακύμανση συλλήψεων ενήλικων για τους δυο τύπους παγίδων ανά ημέρα `μετά την περίοδο χρήσης του άστοχου υλικού'. Wilcoxon rank test,  $p = 0,059$ ,  $n = 10$ .

#### Ανάλυση δεδομένων για την παγίδα Trapview λαβαίνοντας υπόψη την περίοδο λειτουργίας με αστοχία υλικού

Στη συνέχεια, αξιολογήθηκε ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ των δύο τύπων παγίδων, εξαιρώντας την περίοδο χρήσης του άστοχου υλικού, για λόγους αντικειμενικότητας, δεδομένου του τεχνικού σφάλματος που διαπιστώθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Η ανάλυση συσχέτισης Pearson (Διάγραμμα 1.1.1-26) έδειξε ότι οι δύο τύποι παγίδων παρουσιάζουν ισχυρή, θετική και στατιστικά σημαντική συσχέτιση ( $r = 0,697$ ,  $n = 28$ ,  $p < 0,05$ ), γεγονός που υποδηλώνει υψηλό βαθμό συμφωνίας μεταξύ της ηλεκτρονικής παγίδας TrapView και των συμβατικών φερομονικών παγίδων τύπου Δ, όταν το σύστημα λειτουργεί χωρίς τεχνικούς περιορισμούς.



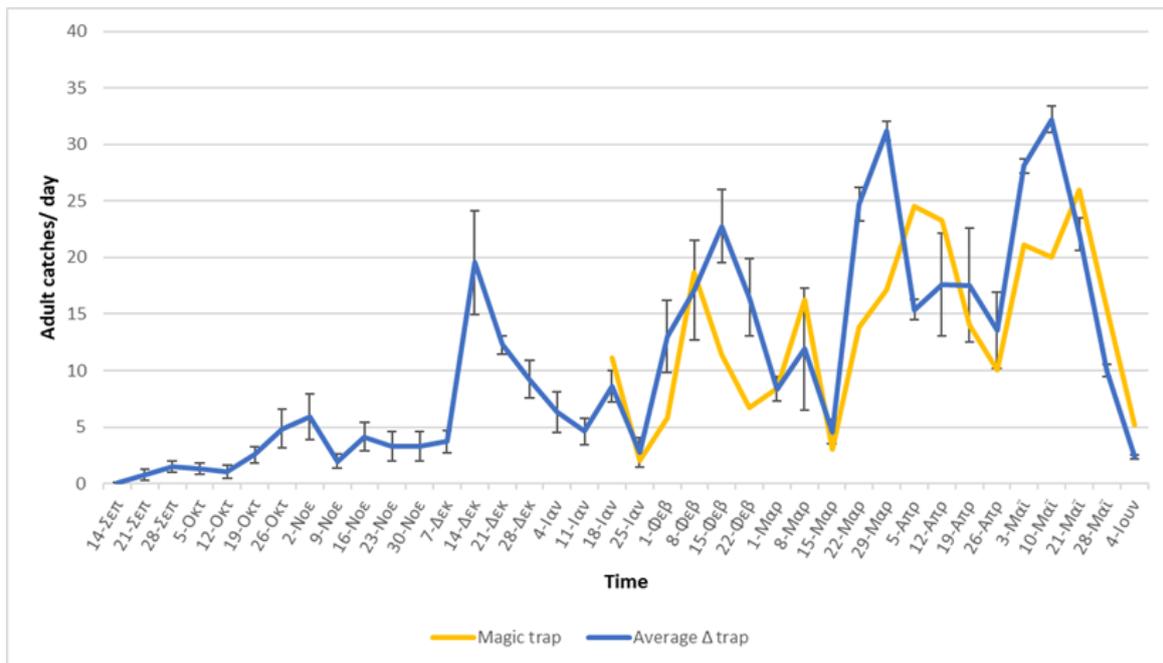
**Διάγραμμα 1.1.1-26.** Διάγραμμα διασποράς που παρουσιάζει τη συσχέτιση των συλλήψεων ενήλικων *T. absoluta* από της συμβατικές παγίδες τύπου Δέλτα (οπτική καταγραφή) και της ηλεκτρονικής παγίδας Trapview (αυτόματη ψηφιακή καταγραφή) χωρίς να περιλαμβάνονται οι τιμές της 'περιόδου χρήσης του άστοχου υλικού' για την καλλιεργητική περίοδο 2024-2025. Η εξίσωση και ο συντελεστής  $R^2$  αποτυπώνουν την αξιοπιστία της συσχέτισης.

### Η ηλεκτρονική παγίδα Magic Trap

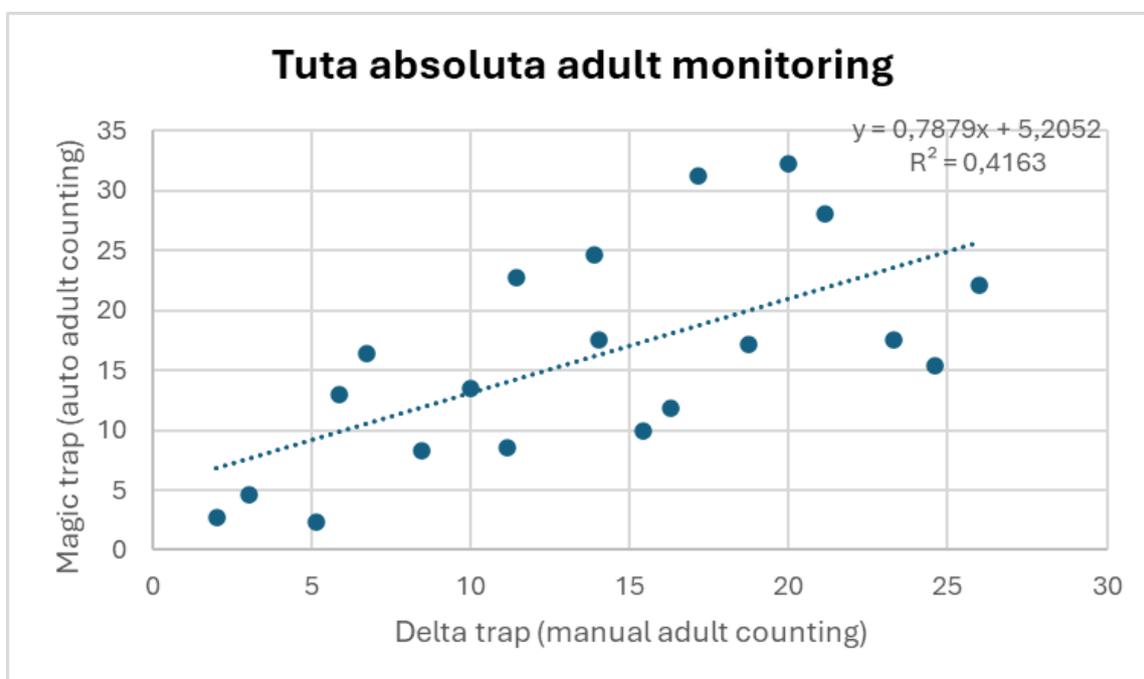
Στο Διάγραμμα 1.1.1-27 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συλλήψεων της ηλεκτρονικής παγίδας Magic Trap σε σύγκριση με τις συμβατικές φερομονικές παγίδες τύπου Δ. Οι αποκλίσεις που καταγράφηκαν για την Magic Trap ήταν περιορισμένες και εμφανίστηκαν σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με την παγίδα TrapView. Συγκεκριμένα, στις 8 και 15 Φεβρουαρίου, 15 και 22 Μαρτίου, καθώς και στις 3 και 10 Μαΐου, παρατηρήθηκε υποεκτίμηση των συλλήψεων από την παγίδα Magic Trap.

Η εφαρμογή του ελέγχου Wilcoxon rank test έδειξε ότι δεν υφίστανται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο τύπων παγίδων ( $p > 0,05$ ,  $n = 21$ ), γεγονός που υποδηλώνει συγκρίσιμη απόδοση της ηλεκτρονικής παγίδας Magic Trap σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο παρακολούθησης.

Η ανάλυση συσχέτισης Pearson (Διάγραμμα 1.1.1-28) κατέδειξε ότι οι δύο τύποι παγίδων παρουσιάζουν ισχυρή, θετική και στατιστικά σημαντική συσχέτιση ( $r = 0,645$ ,  $n = 21$ ,  $p < 0,05$ ), επιβεβαιώνοντας τον υψηλό βαθμό συμφωνίας μεταξύ της Magic Trap και των παγίδων τύπου Δ κατά την εξεταζόμενη καλλιεργητική περίοδο.



**Διάγραμμα 1.1.1-27.** Σύγκριση συλλήψεων ενήλικων *T. absoluta* ανά ημέρα μεταξύ των συμβατικών παγίδων τύπου Δέλτα (μπλε γραμμή) και της ηλεκτρονικής παγίδας Magic trap (κίτρινη γραμμή) κατά τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης για την καλλιεργητική περίοδο 2024-2025. Οι αποκλίσεις στις συλλήψεις σε συγκεκριμένες ημερομηνίες είναι εμφανείς.



**Διάγραμμα 1.1.1-28.** Διάγραμμα διασποράς που παρουσιάζει τη συσχέτιση των συλλήψεων ενήλικων *T. absoluta* από της συμβατικές παγίδες τύπου Δέλτα (οπτική καταγραφή) και της ηλεκτρονικής παγίδας Magic trap (αυτόματη ψηφιακή καταγραφή) για την καλλιεργητική περίοδο 2024-2025. Η εξίσωση και ο συντελεστής  $R^2$  αποτυπώνουν την αξιοπιστία της συσχέτισης.

### 3 ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αποτελεσματικότητα τριών τύπων συστημάτων παγίδευσης (ηλεκτρονικές Delta e-trap και McPhail e-trap, και συμβατικός σταθμός Conventional) για την παρακολούθηση της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*) αξιολογήθηκε σε πείραμα πεδίου σε 5 τοποθεσίες στην Κεντρική Μακεδονία (Ανάλυση 1). Επιπλέον, η McPhail e-trap συγκρίθηκε με τον Conventional σταθμό σε 14 τοποθεσίες (Ανάλυση 2). Αξιολογήθηκαν ο ρυθμός συλλήψεων (FTD, μέσω GLMM) και η ταχύτητα ανίχνευσης (χρόνος πρώτης σύλληψης, μέσω Ανάλυσης Επιβίωσης). Η Ανάλυση 1 έδειξε ότι ο συμβατικός σταθμός (Conventional) και η Delta e-trap ήταν στατιστικά ισοδύναμοι στον ρυθμό συλλήψεων, ενώ η McPhail e-trap ήταν σημαντικά κατώτερη. Ο συμβατικός σταθμός ήταν σημαντικά ταχύτερος στην ανίχνευση από τις δύο ηλεκτρονικές παγίδες. Η Ανάλυση 2 επιβεβαίωσε την ισχυρή υστέρηση της McPhail e-trap έναντι του συμβατικού σταθμού, τόσο στον ρυθμό συλλήψεων όσο και στην ταχύτητα ανίχνευσης.

Η παρούσα μελέτη παρείχε μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας νέων ηλεκτρονικών παγίδων (Delta e-trap, McPhail e-trap) έναντι του συμβατικού σταθμού παρακολούθησης (McPhail + Jackson) για τη μύγα της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η Delta e-trap και ο συμβατικός σταθμός παρουσίασαν στατιστικά ισοδύναμο ρυθμό συλλήψεων, ενώ η McPhail e-trap ήταν σημαντικά λιγότερο αποτελεσματική (IRR (95%CI) = 0.17 (0.070, 0.411) στην Ανάλυση 1 και 0.087 (0.051, 0.147) στην Ανάλυση 2,  $p < 0.001$ ). Όσον αφορά την ταχύτητα ανίχνευσης, ο συμβατικός σταθμός ανίχνευσε στατιστικά νωρίτερα τις πρώτες συλλήψεις σε όλες τις τοποθεσίες ( $p < 0.01$ ), ενώ οι δύο ηλεκτρονικές παγίδες δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.

Τα ευρήματα συνάδουν εν μέρει με προηγούμενες μελέτες. Οι Diller et al. (2023) ανέφεραν παρόμοιους ρυθμούς συλλήψεων μεταξύ ηλεκτρονικών και συμβατικών παγίδων McPhail στη Μεσόγειο και την Αφρική, ενώ οι Goldshtein et al. (2017) τεκμηρίωσαν ικανοποιητική απόδοση ηλεκτρονικών παγίδων σε εσπεριδοειδή και ελαιώνες. Η ισοδυναμία της Delta e-trap με τον συμβατικό σταθμό στη μελέτη μας επιβεβαιώνει την καταλληλότητά της για εκτίμηση πληθυσμιακής πυκνότητας, ενώ η υποδεέστερη McPhail e-trap φαίνεται να επηρεάστηκε από τεχνικές αστοχίες (Πίνακας 1.1.1-12) όπως διακοπές μετάδοσης δεδομένων, αστοχίες τροφοδοσίας και φθορά αισθητήρων σε δύο τοποθεσίες. Οι παράγοντες αυτοί πιθανόν οδήγησαν σε τεχνητή υποεκτίμηση του ρυθμού συλλήψεων και στη χαμηλότερη ταχύτητα ανίχνευσης.

Η ανωτερότητα του συμβατικού σταθμού στην ανίχνευση μπορεί να αποδοθεί σε πολλαπλούς παράγοντες: συνδυασμό δύο ελκυστικών (trimmedlure και Biolure) με διαφορετική συμπεριφορική στόχευση (Katsoyannos et al., 1999; El-Sayed et al., 2006), συχνότερη συντήρηση που διατηρεί τη δραστηριότητα των ελκυστικών, καθώς και μικροπεριβαλλοντικές διαφορές (θερμοκρασία, υγρασία, σκίαση) που επηρεάζουν τη διάχυση πτητικών ουσιών (Papadopoulos et al., 2001). Επιπλέον, το ύψος τοποθέτησης και ο φωτοτροπισμός της *C. capitata* ενδέχεται να επηρεάζουν τις συλλήψεις κατά τόπους.

**Πίνακας 3.** Τεχνικά προβλήματα των ηλεκτρονικών παγίδων κατά τη διάρκεια της περιόδου επιτήρησης.

Unique trap ID	Trap type	Days without picture or black picture (taken during the night) N (%)	Days that the trap was out for repair, N(%)	Days with half picture, N (%)
1	McPhail_e-trap	32 (28.5)	0 (0.0)	0 (0.0)
3	McPhail_e-trap	40 (35.7)	0 (0.0)	0 (0.0)
4	McPhail_e-trap	31 (27.6)	1 (0.9)	0 (0.0)
9	McPhail_e-trap	15 (13.4)	0 (0.0)	0 (0.0)
23	McPhail_e-trap	9 (8.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
25	McPhail_e-trap	39 (34.8)	0 (0.0)	0 (0.0)
27	McPhail_e-trap	10 (8.9)	0 (0.0)	0 (0.0)
36	McPhail_e-trap	19 (16.9)	6 (5.3)	0 (0.0)
43	McPhail_e-trap	15 (13.4)	0 (0.0)	0 (0.0)
45	McPhail_e-trap	10 (8.9)	0 (0.0)	0 (0.0)
66	McPhail_e-trap	9 (8.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
68	McPhail_e-trap	15 (13.4)	0 (0.0)	0 (0.0)
72	McPhail_e-trap	14 (12.5)	0 (0.0)	0 (0.0)
106	McPhail_e-trap	30 (26.8)	0 (0.0)	0 (0.0)
4	Delta_e-trap	2 (1.8)	0 (0.0)	8 (7.1)
23	Delta_e-trap	56 (50.0)	2 (1.8)	1 (0.9)
25	Delta_e-trap	6 (5.3)	0 (0.0)	2 (1.8)
43	Delta_e-trap	2 (1.8)	0 (0.0)	0 (0.0)
45	Delta_e-trap	1 (0.9)	0 (0.0)	1 (0.9)

Η ανωτερότητα του συμβατικού σταθμού στην ανίχνευση μπορεί να αποδοθεί σε πολλαπλούς παράγοντες: συνδυασμό δύο ελκυστικών (trimmedlure και Biolure) με διαφορετική συμπεριφορική στόχευση (Katsoyannos et al., 1999; El-Sayed et al., 2006), συχνότερη συντήρηση που διατηρεί τη δραστικότητα των ελκυστικών, καθώς και μικροπεριβαλλοντικές διαφορές (θερμοκρασία, υγρασία, σκίαση) που επηρεάζουν τη διάχυση πτητικών ουσιών (Papadopoulos et al., 2001). Επιπλέον, το ύψος τοποθέτησης και ο φωτοτροπισμός της *C. capitata* ενδέχεται να επηρεάζουν τις συλλήψεις κατά τόπους.

Παρά την υστερημένη ανίχνευση, οι ηλεκτρονικές παγίδες παρουσιάζουν σημαντικά λειτουργικά πλεονεκτήματα. Η δυνατότητα συνεχούς και αυτόματης μετάδοσης δεδομένων μειώνει δραστικά τις ανάγκες επιτόπιων ελέγχων και το κόστος παρακολούθησης, ενώ επιτρέπει ανάλυση σε πραγματικό χρόνο (Goldshtein et al., 2017; Manoukakis et al., 2014). Η Delta e-trap απέδωσε συγκρίσιμα αποτελέσματα ως προς τον ρυθμό συλλήψεων και θα μπορούσε να ενταχθεί σε προγράμματα μαζικής παγίδευσης ή προληπτικής παρακολούθησης σε περιοχές υψηλής πυκνότητας πληθυσμών.

Σε επίπεδο μεθοδολογίας, η παρατηρηθείσα απόκλιση στα κλιμακωτά υπόλοιπα των GLMM υποδεικνύει ότι η αρνητική διωνυμική κατανομή ενδέχεται να μην περιγράφει πλήρως την πολυπλοκότητα των δεδομένων. Για την ανάλυση επιβίωσης, το φαινόμενο του πλήρους διαχωρισμού (complete separation) στην Ανάλυση 1 αντιμετωπίστηκε με τη χρήση Firth Cox regression, ενώ στην Ανάλυση 2, η παραβίαση της παραδοχής των αναλογικών κινδύνων (Schoenfeld test,  $p < 0.05$ ) υποδηλώνει ότι ο εκτιμώμενος λόγος κινδύνου (HR) αποτελεί μια μέση επίδραση και περιορίζει την ακριβή ποσοτικοποίηση της διαφοράς ανίχνευσης κατά τη διάρκεια του χρόνου. Μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να ενσωματώσουν μεγαλύτερο δείγμα, πιο εκτεταμένη παρακολούθηση και βελτιστοποιημένα πρωτόκολλα συντήρησης (π.χ. αντικατάσταση ελκυστικών, καθαρισμός αισθητήρων), ώστε να αξιολογηθεί με ακρίβεια η απόδοση των ηλεκτρονικών παγίδων σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Συνολικά, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι ο συμβατικός σταθμός παραμένει η πιο αξιόπιστη επιλογή για έγκαιρη προειδοποίηση, ενώ η Delta e-trap παρέχει ισοδύναμη εκτίμηση πληθυσμιακής πυκνότητας με ουσιαστικά λειτουργικά πλεονεκτήματα. Με περαιτέρω τεχνολογική βελτίωση και ανθεκτικότερο εξοπλισμό, οι ηλεκτρονικές παγίδες θα μπορούσαν να αποτελέσουν βασικό εργαλείο σε προγράμματα ολοκληρωμένης φυτοπροστασίας και έγκαιρης ανίχνευσης εντόμων-εχθρών.

Η σύγκριση της απόδοσης ηλεκτρονικών και συμβατικών παγίδων τύπου δέλτα για την παρακολούθηση του εντόμου *A. lineatella* έδειξε ότι, και για τα δύο έτη μελέτης (2024 και 2025), δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον συνολικό αριθμό συλλήψεων μεταξύ των δύο τύπων παγίδων. Παρότι το 2024 (Κόρινθος) παρατηρήθηκε τάση για υψηλότερες συλλήψεις στις ηλεκτρονικές παγίδες κατά τις περιόδους πτήσεων των ενηλίκων, η διαφορά αυτή δεν επιβεβαιώθηκε στατιστικά. Αντίστοιχα, το 2025 (Νάουσα) δεν διαπιστώθηκε ούτε τάση διαφοροποίησης μεταξύ των δύο συστημάτων παγίδευσης.

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι ηλεκτρονικές παγίδες παρουσιάζουν συγκρίσιμη αποτελεσματικότητα με τις συμβατικές παγίδες τύπου δέλτα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικό εργαλείο παρακολούθησης του πληθυσμού του

εντόμου καθώς προσφέρουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα όπως απομακρυσμένη πρόσβαση, καθημερινή καταγραφή και μείωση επιτόπιων επισκέψεων στον αγρό.

Η μελέτη σύγκρισης ηλεκτρονικών παγίδων με συμβατικές παγίδες Jackson κατέδειξε τη σαφή και συστηματική υπεροχή των ηλεκτρονικών παγίδων GDT έναντι των συμβατικών παγίδων Jackson για την παρακολούθηση του δάκου της Μεσογείου. Οι ηλεκτρονικές παγίδες παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες συλλήψεις σε όλες τις αναλύσεις ( $p < 0.01$ ), με 7.3 φορές περισσότερες συλλήψεις ανά παγίδα-νύχτα σε σχέση με τις συμβατικές παγίδες όταν εξετάστηκε ολόκληρη η περίοδος της μελέτης. Η υπεροχή αυτή επιβεβαιώθηκε και στις δύο περιόδους της μελέτης με διαφορετικό πειραματικό σχεδιασμό, υποδεικνύοντας αξιόπιστη και συνεπή απόδοση ανεξαρτήτως πυκνότητας παγίδων. Ιδιαίτερα αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στη δεύτερη περίοδο, όπου χρησιμοποιήθηκαν δύο συμβατικές παγίδες ανά τοποθεσία, η μία ηλεκτρονική παγίδα εξακολούθησε να καταγράφει σημαντικά περισσότερες συλλήψεις από το σύνολο των δύο συμβατικών παγίδων (αναλογία 5.6:1 ανά παγίδα). Η έλλειψη στατιστικά σημαντικής αλληλεπίδρασης μεταξύ τύπου παγίδας και περιόδου στο μικτό μοντέλο υποδηλώνει ότι η σχετική αποτελεσματικότητα των GDT παγίδων παρέμεινε σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης.

Η συνδυασμένη υψηλή ευαισθησία και η δυνατότητα πραγματικού χρόνου καταγραφής των GDT παγίδων τις καθιστούν ιδανικές για προγράμματα έγκαιρης προειδοποίησης και παρακολούθησης πληθυσμών του δάκου της Μεσογείου. Η σημαντική διαφορά στην αποτελεσματικότητα που παρατηρήθηκε υποδηλώνει ότι οι ηλεκτρονικές παγίδες μπορούν να ανιχνεύσουν χαμηλότερες πυκνότητες πληθυσμού πολύ πιο αποτελεσματικά από τις συμβατικές παγίδες, γεγονός κρίσιμο για έγκαιρες διαχειριστικές παρεμβάσεις και την πρόληψη οικονομικά σημαντικών προσβολών. Η σταθερή απόδοση των GDT παγίδων σε όλες τις τοποθεσίες και περιόδους, σε συνδυασμό με την αυτοματοποιημένη καταγραφή που μειώνει το εργατικό κόστος επιθεωρήσεων, υποδηλώνει ότι η υιοθέτησή τους σε προγράμματα ολοκληρωμένης διαχείρισης του δάκου θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα της παρακολούθησης, την έγκαιρη λήψη αποφάσεων, και την οικονομική βιωσιμότητα των συστημάτων επιτήρησης.

Η παρούσα μελέτη αξιολόγησε συγκριτικά την αποτελεσματικότητα των νέων ηλεκτρονικών παγίδων (Shindo), οι οποίες συνδυάζουν φερομόνη συνάθροισης με μηχανικά ερεθίσματα (ηχητικές ταλαντώσεις), και των συμβατικών παγίδων τύπου ρουκέτας (Rocket) στην παρακολούθηση του πληθυσμού της καφέ ασιατικής βρωμούσας σε οπωρώνες ροδακινιάς τριών περιοχών της Κεντρικής Μακεδονίας. Η εποχική διακύμανση του πληθυσμού που καταγράφηκε στις δύο καλλιεργητικές περιόδους συμφωνεί με τα ήδη τεκμηριωμένα δεδομένα εποχικής ανάπτυξης του είδους στη Βόρεια Ελλάδα (Koutsogeorgiou et al., 2022; 2025), ενώ οι δύο τύποι παγίδων ανέδειξαν κοινές περιόδους αυξημένης δραστηριότητας, αντανακλώντας την πραγματική δυναμική του πληθυσμού στο πεδίο. Ωστόσο, τα αποτελέσματα ανέδειξαν και ουσιαστικές ποσοτικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο συστημάτων παγίδευσης, υποδηλώνοντας ότι ο τρόπος λειτουργίας και το είδος του ελκυστικού σήματος επηρεάζουν διαφοροποιημένα την προσέλκυση τόσο των ενηλίκων όσο και των ανήλικων κινητών σταδίων.

Οι συμβατικές παγίδες τύπου ρουκέτας κατέγραψαν υψηλότερες συνολικές συλλήψεις ενηλίκων και στις δύο χρονιές παρακολούθησης, στοιχείο που συνάδει με διεθνείς έρευνες που τεκμηριώνουν την αποτελεσματικότητα των χημικών ελκυστικών βασισμένων στη φερομόνη συνάθροισης (Leskey et al., 2015; Weber et al., 2014). Αντίθετα, οι ηλεκτρονικές παγίδες Shindo παρουσίασαν σημαντικά αυξημένη αποτελεσματικότητα στην καταγραφή των ανήλικων κινητών σταδίων (L<sub>2</sub>-L<sub>5</sub>), εύρημα που ενδεχομένως συνδέεται με την απόκριση των νεότερων σταδίων σε μηχανικά ερεθίσματα, όπως έχει προταθεί στη διεθνή βιβλιογραφία (Morrison et al., 2015; Rondoni et al., 2022). Το γεγονός ότι οι δύο τύποι παγίδων υπερείχαν σε διαφορετικές κατηγορίες (ενήλικα – ανήλικα) υποδεικνύει ότι δεν λειτουργούν ανταγωνιστικά αλλά συμπληρωματικά ως προς την καταγραφή του συνολικού πληθυσμού στο πεδίο.

Τα ευρήματα του παρόντος παραδοτέου αναδεικνύουν ότι η αξιοποίηση παγίδων πολλαπλών ελκυστικών σημάτων, όπως οι Shindo, μπορεί να εμπλουτίσει σημαντικά τα προγράμματα παρακολούθησης του *H. halys*, ιδιαίτερα στα ανήλικα κινητά στάδια όπου η πληροφορία παραμένει συχνά περιορισμένη. Παράλληλα, η σταθερή και υψηλή απόδοση των συμβατικών παγίδων σε ενήλικα άτομα επιβεβαιώνει τη χρησιμότητά τους ως κεντρικό εργαλείο καταγραφής των βασικών κορυφώσεων του πληθυσμού, όπως ήδη έχει καταγραφεί σε προηγούμενες μελέτες διεθνώς (Leskey et al., 2012).

Συνολικά, τα αποτελέσματα υποστηρίζουν την εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης που θα συνδυάζει τους δύο τύπους παγίδων, στο πλαίσιο μιας πιο ολοκληρωμένης και ακριβούς προσέγγισης της πληθυσμιακής δυναμικής του εντόμου. Η χρήση καινοτόμων εργαλείων παρακολούθησης, όπως τα ηλεκτρονικά συστήματα με δονητικά σήματα, ευθυγραμμίζεται με τις σύγχρονες κατευθύνσεις της έρευνας στη φυτοπροστασία, που στοχεύουν σε προηγμένες, περιβαλλοντικά φιλικές και ενεργειακά αυτόνομες λύσεις. Στο πλαίσιο της εμβληματικής δράσης «Καινοτόμος Φυτοπροστασία», τα αποτελέσματα του Π1.1.1 προσφέρουν τεκμηριωμένα δεδομένα που μπορούν να αξιοποιηθούν σε μελλοντικά διαχειριστικά πρωτόκολλα, να ενισχύσουν την έγκαιρη προειδοποίηση των παραγωγών και να συνεισφέρουν στην κατεύθυνση μιας περισσότερο στοχευμένης και βιώσιμης φυτοπροστασίας των δενδρωδών καλλιεργειών της Ελλάδας.

Η παρούσα μελέτη ανέδειξε τη δυνατότητα αξιοποίησης καινοτόμων ηλεκτρονικών παγίδων ως εναλλακτικών των συμβατικών φερομονικών παγίδων τύπου Δ, λειτουργώντας ως εξίσου αξιόπιστα εργαλεία παρακολούθησης των πληθυσμών του εχθρού *T. absoluta* σε συνθήκες επαγγελματικού θερμοκηπίου τομάτας.

Η συσχέτιση των συλλήψεων των ενηλίκων ατόμων του *T. absoluta* μεταξύ των συμβατικών παγίδων τύπου Δ (οπτική καταγραφή) και της ηλεκτρονικής παγίδας TrapView κατά την καλλιεργητική περίοδο 2023–2024 χαρακτηρίστηκε ως μέτρια (Pearson,  $r = 0,41$ ). Το αποτέλεσμα αυτό αποδίδεται κυρίως στις αποκλίσεις που καταγράφηκαν σε συγκεκριμένες ημερομηνίες, οι οποίες επηρέασαν τη συνολική ανάλυση και ενδέχεται να επηρεάσουν τη λήψη αποφάσεων στο πλαίσιο της πρακτικής διαχείρισης του εχθρού.

Όσον αφορά την καλλιεργητική περίοδο 2024–2025, παρατηρήθηκαν και πάλι αποκλίσεις σε ορισμένες ημερομηνίες μεταξύ των καταγραφών των αυτόματων ηλεκτρονικών παγίδων και των συμβατικών φερομονικών παγίδων τύπου Δ. Επιπλέον, στην περίπτωση της ψηφιακής παγίδας TrapView καταγράφηκε μία εκτεταμένη περίοδος

έντονης ασυμφωνίας σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο παρακολούθησης, η οποία αποδόθηκε στη χρήση κολλητικής επιφάνειας με αστοχία υλικού. Συγκεκριμένα, μετά την αντικατάσταση της κολλητικής επιφάνειας λόγω ολοκλήρωσης του περιστρεφόμενου ρολού, το νέο υλικό παρουσίασε τεχνική αστοχία, καθώς η κολλητική του ιδιότητα φάνηκε να έχει αλλοιωθεί. Ως αποτέλεσμα, τα ενήλικα λεπιδόπτερα δεν προσκολλώνταν επαρκώς στην επιφάνεια, οδηγώντας σε συστηματική υποεκτίμηση των συλλήψεων από την παγίδα TrapView. Χάρη στη συνεχή σύγκριση των δεδομένων με εκείνα που προέρχονταν από τις συμβατικές φερομονικές παγίδες τύπου Δ, κατέστη δυνατός ο έγκαιρος εντοπισμός του προβλήματος. Ακολούθησε επιτόπια αξιολόγηση της κατάστασης της κολλητικής επιφάνειας και άμεση αντικατάστασή της. Η στατιστική ανάλυση (Wilcoxon rank test,  $p = 0,037$ ) επιβεβαίωσε ότι κατά την περίοδο χρήσης του άστοχου υλικού υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα επίπεδα των συλλήψεων μεταξύ των δύο συστημάτων παρακολούθησης. Μία τέτοιου είδους τεχνική αστοχία ενδέχεται να έχει σοβαρές πρακτικές συνέπειες σε επίπεδο καλλιέργειας, καθώς η παροχή λανθασμένων –και ειδικότερα υποεκτιμημένων– μετρήσεων στον παραγωγό μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερημένη ή πλήρη απουσία λήψης μέτρων φυτοπροστασίας, με δυνητικά καταστροφικές επιπτώσεις για την καλλιέργεια. Στην παρούσα μελέτη, η ύπαρξη παράλληλης παρακολούθησης με παγίδες τύπου Δ επέτρεψε τον έγκαιρο εντοπισμό και τη διόρθωση του προβλήματος, μια δυνατότητα που δεν είναι πάντοτε διαθέσιμη σε επίπεδο μεμονωμένου παραγωγού. Αντιθέτως, η ηλεκτρονική παγίδα Magic Trap δεν παρουσίασε τεχνικά ζητήματα ή περιόδους συστηματικής απόκλισης κατά την εξεταζόμενη καλλιεργητική περίοδο, γεγονός που υποδηλώνει σταθερή και αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος.

Η ηλεκτρονική παγίδα TrapView είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και παρέχει καθημερινές μετρήσεις των ακμαίων, καθώς και συμπληρωματικά δεδομένα που αφορούν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αντιθέτως, η ηλεκτρονική παγίδα Magic Trap προσφέρει επίσης καθημερινή αυτοματοποιημένη καταγραφή των συλλήψεων, ωστόσο απαιτεί περιοδική αντικατάσταση της κολλητικής επιφάνειας από χειριστή.

Για καθεμία από τις ηλεκτρονικές παγίδες πραγματοποιήθηκε συσχέτιση των συλλήψεων με την κλασική μέθοδο παρακολούθησης μέσω φερομονικών παγίδων τύπου Δ. Η ανάλυση συσχέτισης Pearson έδειξε ότι τόσο για την TrapView ( $r = 0,697$ ) όσο και για τη Magic Trap ( $r = 0,645$ ) υφίσταται ισχυρή και θετική συσχέτιση με τις συμβατικές παγίδες, γεγονός που υποδηλώνει ότι η εγκατάσταση ηλεκτρονικών παγίδων μπορεί να αποτελέσει εξίσου αξιόπιστο μέτρο παρακολούθησης των πληθυσμών σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης αναδεικνύουν ότι η αξιοπιστία των ηλεκτρονικών συστημάτων παρακολούθησης μπορεί να επηρεαστεί από απρόβλεπτους τεχνικούς παράγοντες, όπως η αστοχία της κολλητικής επιφάνειας. Τέτοιου είδους τεχνικά προβλήματα ενδέχεται να οδηγήσουν σε λανθασμένη εκτίμηση των πληθυσμιακών επιπέδων και, κατ' επέκταση, σε ακατάλληλες αποφάσεις φυτοπροστασίας από τον παραγωγό, εάν δεν υφίσταται παράλληλος μηχανισμός ελέγχου ή επιβεβαίωσης των δεδομένων.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι οι ηλεκτρονικές παγίδες μπορούν να λειτουργήσουν ως αξιόπιστα εργαλεία παρακολούθησης των πληθυσμών του *T. absoluta*, υπό την προϋπόθεση ότι διασφαλίζεται η τεχνική αξιοπιστία των αναλωσίμων και η ύπαρξη μηχανισμών ελέγχου των δεδομένων. Οι συμβατικές παγίδες τύπου Δ

εξακολουθούν να αποτελούν κρίσιμο σημείο αναφοράς και εργαλείο επικύρωσης, ιδιαίτερα σε επαγγελματικά συστήματα φυτοπροστασίας.

## 4 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

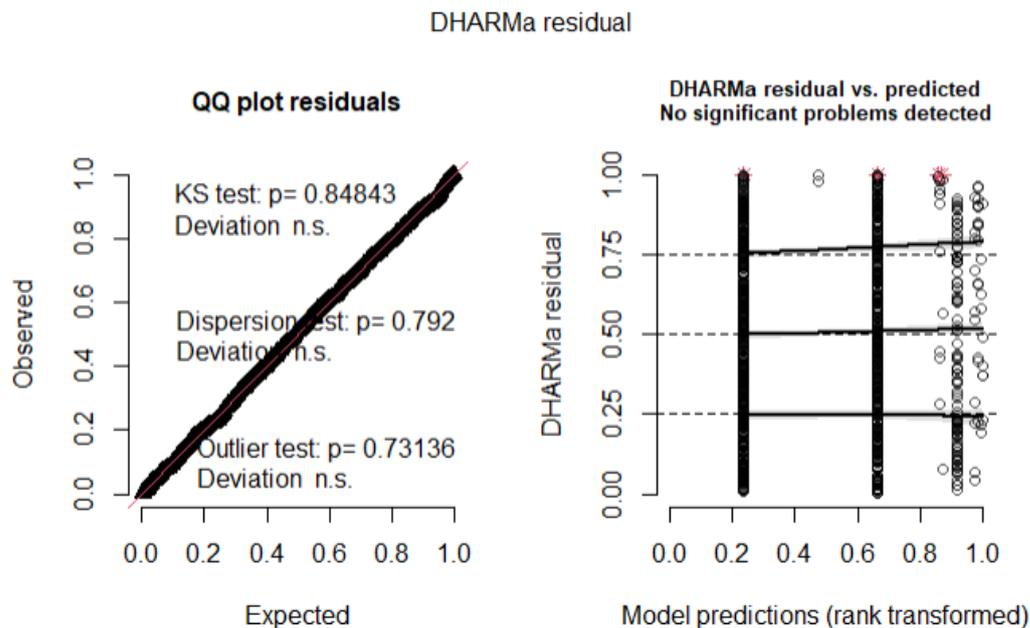
### Βιβλιογραφικές Αναφορές

1. Andreadis SS, Navrozidis EI, Farmakis A and Pisalidis A, First evidence of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) infesting Kiwi fruit (*Actinidia chinensis*) in Greece. J Entomol Sci **53**:402–405 (2018).
2. Arnold K, *Halyomorpha halys* (Stål, 1855), eine für die europäische fauna neu nachgewiesene wanzenart (Insecta: Heteroptera: Pentatomidae: Cappaeini). Mitt Thüringer Entomol **16**:19 (2009).
3. Benvenega SR, Gravena FOA, S, (2007) Decision making for integrated pest management of the South American tomato pinworm based on sexual pheromone traps. Horticult Bras 25:164–169
4. Diller, Y., Shamsian, A., Shaked, B., Altman, Y., Danziger, B. C., Manrakhan, A., & Nestel, D. (2023). A real-time remote surveillance system for fruit flies of economic importance: sensitivity and image analysis. Journal of Pest Science, 96(2), 611-622.
5. El-Sayed, A. M., Suckling, D. M., Wearing, C. H., & Byers, J. A. (2006). Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species. Journal of Economic Entomology, 99(5), 1550-1564.
6. Epsky, N. D., Morrill, W. L., & Mankin, R. W. (2008). Traps for capturing insects. In Encyclopedia of entomology (pp. 3887-3901). Springer, Dordrecht.
7. Goldshtein, E., Cohen, Y., Hetzroni, A., Gazit, Y., Timar, D., Rosenfeld, L., Grinshpon, Y., Hoffman, A., & Mizrach, A. (2017). Development of an automatic monitoring trap for Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) to optimize control applications frequency. Computers and Electronics in Agriculture, 139, 115-125.
8. Howse, P., Stevens, J. M., & Jones, O. T. (2013). Insect pheromones and their use in pest management. Springer Science & Business Media.
9. Katsoyannos, B. I., Kouloussis, N. A., & Carey, J. R. (1999). Seasonal and annual occurrence of Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) on Chios island, Greece: differences between two neighboring citrus orchards. Annals of the Entomological Society of America, 92(1), 42-51.
10. Koutsogeorgiou EI, Kouloussis NA, Koveos DS and Andreadis SS, Females of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) experience a facultative reproductive diapause in Northern Greece. Insects **13**:866 (2022).
11. Koutsogeorgiou, Eleni I., Moysiadis T, Navrozidis EI, Kouloussis NA, and Andreadis SS, Seasonal population dynamics and voltinism of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in Northern Greece. *Insect Science* (2025).
12. Leskey TC, Agnello A, Bergh JC, Dively GP, Hamilton GC, Jentsch P, Khimian A, Krawczyk G, Kuhar TP, Lee D-H, et al., Attraction of the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) to traps baited with semiochemical stimuli across the United States. Environ Entomol **44**:746–756 (2015).
13. Leskey TC, Wright SE, Short BD and Khimian A, Development of behaviorally-based monitoring tools for the brown marmorated stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) in commercial tree fruit orchards. J Entomol Sci **47**:76–85 (2012).

14. Manoukis, N. C., Jang, E. B., Mau, R. F. L., Shelly, T. E., & Rendon, P. (2014). Prospects for control of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) with a new solid lure. *Florida Entomologist*, 97(4), 1554-1561.
15. Manrakhan, A., Venter, J. H., & Hattingh, V. (2017). The progressive invasion of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in South Africa. *Biological Invasions*, 19(1), 2803-2809.
16. Milonas, P. G., and G. K. Partsinevelos. "First report of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) in Greece." *EPPO Bulletin* **44.2**: 183-186 (2014).
17. Monserrat Delgado A (2008) La polilladel tomate *T. absoluta* en la region de Murcia: bases para su control. Ministry of Agriculture and Water, Murcia.
18. Morrison WR, 3rd, Cullum JP and Leskey TC, Evaluation of trap designs and deployment strategies for capturing *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *J Econ Entomol* **108**:1683–1692 (2015).
19. Papadopoulos, N. T., Katsoyannos, B. I., Kouloussis, N. A., Hendrichs, J., Carey, J. R., & Heath, R. R. (2001). Early detection and population monitoring of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in a mixed-fruit orchard in northern Greece. *Journal of Economic Entomology*, 94(4), 971-978.
20. Preti, M., Moretti, C., Scarton, G., Giannotta, G., & Angeli, S. (2021). Developing a smart trap prototype equipped with camera for tortricid pests remote monitoring. *Bulletin of insectology*, 74(1), 147-160.
21. Rondoni G, Chierici E, Marchetti E, Nasi S, Ferrari R and Conti E, Improved captures of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, using a novel multimodal trap. *InSects* **13**:527 (2022).
22. Shaked, B., Amore, A., Ioannou, C., Valdés, F., Alorda, B., Papanastasiou, S., & Nestel, D. (2018). Electronic traps for detection and population monitoring of adult fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology*, 142(1-2), 43-51.
23. Suto, J. (2022). Codling moth monitoring with camera-equipped automated traps: A review. *Agriculture*, 12(10), 1721.
24. Weber DC, Leskey TC, Walsh GC and Khrimian A, Synergy of aggregation pheromone with methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *J Econ Entomol* **107**:1061–1068 (2014).

## Έλεγχος Καλής Προσαρμογής Μοντέλου GLMM (Ανάλυση 1)

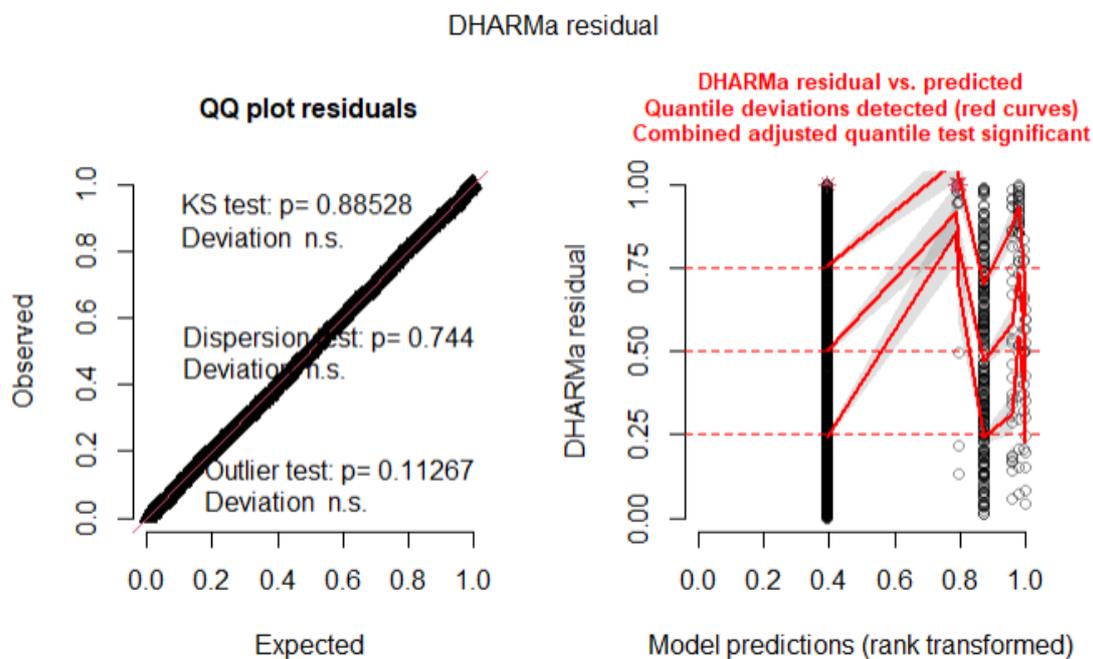
Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τα αποτελέσματα του διαγνωστικού ελέγχου (DHARMA scaled residual plots) για το μοντέλο GLMM που χρησιμοποιήθηκε στην Ανάλυση 1 (σύγκριση 3 τύπων παγίδας στις 5 τοποθεσίες).



**Διάγραμμα 1.1.1-Π1.** Διαγνωστικός έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου GLMM για την Ανάλυση 1. Το QQ plot (αριστερά) δείχνει ότι τα υπόλοιπα ακολουθούν την ομοιόμορφη κατανομή (σημεία πάνω στην ευθεία). Τα τεστ Kolmogorov-Smirnov (KS), Dispersion και Outlier ήταν όλα μη-στατιστικά σημαντικά (n.s.), υποδεικνύοντας γενικά καλή προσαρμογή.

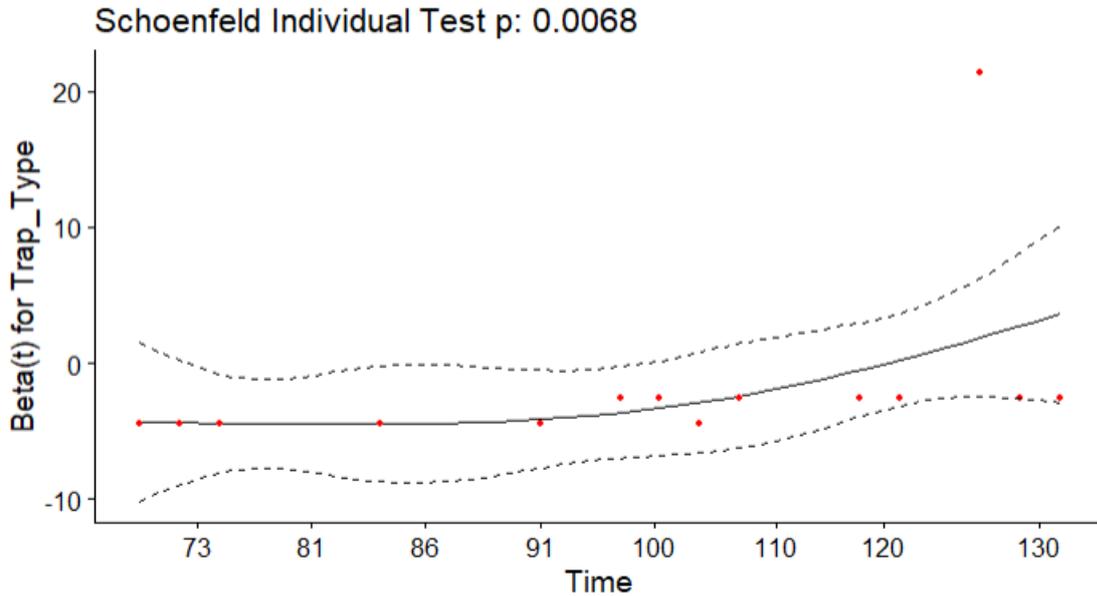
## Έλεγχος Καλής Προσαρμογής Μοντέλου GLMM (Ανάλυση 2)

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τα αποτελέσματα του διαγνωστικού ελέγχου (DHARMA scaled residual plots) για το μοντέλο GLMM που χρησιμοποιήθηκε στην Ανάλυση 2 (σύγκριση McPhail\_e vs Conventional στις 14 τοποθεσίες).



**Διάγραμμα 1.1.1-Π1.** Διαγνωστικός έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου GLMM για την Ανάλυση 2. Το QQ plot (αριστερά) δείχνει ότι τα υπόλοιπα ακολουθούν την ομοιόμορφη κατανομή. Τα τεστ Kolmogorov-Smirnov (KS), Dispersion και Outlier ήταν όλα μη-στατιστικά σημαντικά (n.s.), υποδεικνύοντας γενικά καλή προσαρμογή. Ωστόσο, το διάγραμμα υπολοίπων έναντι προβλέψεων (δεξιά) εντόπισε στατιστικά σημαντικές αποκλίσεις στα κλιμακωτά υπόλοιπα (quantile deviations detected, κόκκινες γραμμές), υποδηλώνοντας πιθανές μικρές ατέλειες στην προσαρμογή του μοντέλου σε όλο το εύρος των προβλέψεων.

## Έλεγχος Καλής Προσαρμογής Μοντέλου Cox (Ανάλυση 2)



**Διάγραμμα 1.1.1-Π1.** Έλεγχος της παραδοχής των αναλογικών κινδύνων (Proportional Hazards Assumption) για τον παράγοντα Trap\_Type στο μοντέλο Cox της Ανάλυσης 2, βάσει των υπολοίπων Schoenfeld. Το διάγραμμα δείχνει τα κλιμακωμένα υπόλοιπα Schoenfeld (κόκκινες τελείες) έναντι του χρόνου (ημέρες), τη γραμμή προσαρμογής (μαύρη γραμμή) και τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης (διακεκομμένες γραμμές). Το στατιστικά σημαντικό p-value ( $p = 0.0068$ ) και η ανοδική τάση της γραμμής προσαρμογής υποδεικνύουν παραβίαση της παραδοχής των αναλογικών κινδύνων.