

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑ & ΤΟ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΚΛΑΔΟΣ Ι: ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

**«ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ
ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΜΙΧΑΛΗΣ Κ. ΜΑΝΩΛΑΡΑΚΗΣ

Επιβλέπων

Διονύσιος Καλύβας, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2014

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ
ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ»**

ΤΟΥ

ΜΙΧΑΛΗ Κ. ΜΑΝΩΛΑΡΑΚΗ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Διονύσιος Καλύβας, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Γιώργος Παπαδόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Παναγιώτης Μυλωνάς, Εντεταλμένος Ερευνητής Β, Μπενάκειου
Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την περάτωση της παρούσης μεταπτυχιακής μου διατριβής, μου δίνεται η ευκαιρία να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου εκ βαθέων καρδίας, στον κ. Διονύση Καλύβα, Αναπληρωτή Καθηγητή του Γ.Π.Α, για την υπομονή και ανοχή που επέδειξε, την αμέριστη συμπαράστασή του, αλλά προπαντός για τις τεράστιες προσπάθειες που κατέβαλε ποικιλοτρόπως, ώστε να επιτευχθεί η ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Γ. Παπαδόπουλο, Επίκουρο Καθηγητή του Γ.Π.Α. για τη βοήθειά του στο τμήμα της εργασίας μου που άπτεται του επιστημονικού του πεδίου, καθώς και ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον Π. Μυλωνά, Εντεταλμένο Ερευνητή Β΄ του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, ο οποίος ανταποκρίθηκε θετικά στην παροχή των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη και συνέβαλε τα μέγιστα με τις παρατηρήσεις του στην τελική μορφή της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμώς, την υποψήφια διδάκτωρ κα. Παρασκευή Δήμου, η βοήθεια και συμπαράσταση της οποίας έπαιξε καταλυτικό ρόλο στην περάτωση της μελέτης μου, που πιθανά θα ήταν ανέφικτο να επιτευχθεί χωρίς τη συμβολή της.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Ελεάνα μου και τον Κωνσταντίνο μου, μαζί με μία συγγνώμη για όλα τα Σαββατοκύριακα που τους στέρησα και την υπόσχεση ότι δε θα υπάρξουν άλλα τέτοια.

Πίνακας Περιεχομένων

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	V
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	IX
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	IX
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	X
ABSTRACT.....	XI
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	1
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	5
2.1. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	5
2.2. ΕΝΤΟΜΟ	8
2.3. ΠΑΓΙΔΕΣ.....	10
2.4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	11
2.4.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΕΩΝ ΠΑΓΙΔΩΝ	11
2.4.3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ	17
2.5. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	17
2.5.1. ΜΟΝΟΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	18
2.5.2. ΔΙΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	18
2.5.3. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ.....	19
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	32
Σύνολο	38
3.1. ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΣΒΟΛΩΝ	40
3.2. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΓΗΣ ΣΤΟΝ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	87
3.3. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΑΜΠΕΛΟΥ ΣΤΟΝ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	88

3.4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟΝ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	89
3.5. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΡΑΣΙΤΟΕΙΔΟΥΣ ΣΤΟΝ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	90
3.6. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ.....	91
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	97
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	99
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	101
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	117

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Χάρτης Δήμου Βέλου – Βόχας	7
Εικόνα 2 Φερομονική παγίδα σύλληψης εντόμων σε αμπέλι	11
Εικόνα 3 Χωρική κατανομή των παγίδων στην περιοχή Ζευγολατιού	15
Εικόνα 4 DEM Περιοχής ερεύνης.....	33
Εικόνα 5 Χρήσεις γης σύμφωνα με το ψηφιακό αρχείο ΟΣΔΕ – ΟΠΕΚΕΠΕ..	35
Εικόνα 6 Εφαρμογή buffer zone γύρω από κάθε παγίδα.....	36
Εικόνα 7 Χωρική κατανομή του πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 05/05/2005.....	41
Εικόνα 8 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 15/05/2005.....	42
Εικόνα 9 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 21/05/2005.....	43
Εικόνα 10 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 28/05/2005.....	44
Εικόνα 11 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 04/06/2005.....	45
Εικόνα 12 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 11/06/2005.....	46
Εικόνα 13 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 19/06/2005.....	47
Εικόνα 14 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 27/06/2005.....	48
Εικόνα 15 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 02/07/2005.....	49
Εικόνα 16 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 09/07/2005.....	50

Εικόνα 17 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 16/07/2005.....	51
Εικόνα 18 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 23/07/2005.....	52
Εικόνα 19 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 30/07/2005.....	53
Εικόνα 20 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 06/08/2005.....	54
Εικόνα 21 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 13/08/2005.....	55
Εικόνα 22 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 20/08/2005.....	56
Εικόνα 23 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 27/08/2005.....	57
Εικόνα 24 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 03/09/2005.....	58
Εικόνα 25 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 10/09/2005.....	59
Εικόνα 26 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 17/09/2005.....	60
Εικόνα 27 Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού <i>Planococcus ficus</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 24/09/2005.....	61
Εικόνα 28 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 05/05/2005	64
Εικόνα 29 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 15/05/2005	65
Εικόνα 30 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 21/05/2005	66

Εικόνα 31 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 28/05/2005	67
Εικόνα 32 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 04/06/2005	68
Εικόνα 33 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 11/06/2005	69
Εικόνα 34 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 19/06/2005	70
Εικόνα 35 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 27/06/2005	71
Εικόνα 36 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 02/07/2005	72
Εικόνα 37 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 09/07/2005	73
Εικόνα 38 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 16/07/2005	74
Εικόνα 39 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 23/07/2005	75
Εικόνα 40 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 30/07/2005	76
Εικόνα 41 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 06/08/2005	77
Εικόνα 42 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 13/08/2005	78
Εικόνα 43 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 20/08/2005	79
Εικόνα 44 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 27/08/2005	80

Εικόνα 45 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 03/09/2005	81
Εικόνα 46 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 10/09/2005	82
Εικόνα 47 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 17/09/2005	83
Εικόνα 48 Χάρτης Πληθυσμού <i>Anagyrus pseudococci</i> ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 24/09/2005	84
Εικόνα 49 Χωρική παρεμβολή με τη μέθοδο Kriging	93

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Ημερομηνίες δειγματοληψίας.	16
Πίνακας 2. Επικρατούσα χρήση (των γειτονικών καλλιεργειών) ανά παγίδα.	37
Πίνακας 3. Πίνακας μονομεταβλητών αναλύσεων <i>P. Ficus</i> ανά παγίδα για το σύνολο των χρονικών μετρήσεων.	38
Πίνακας 4. Πίνακας μονομεταβλητών αναλύσεων <i>A. pseudococci</i> για το σύνολο των χρονικών μετρήσεων.	39

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Γραφική παράσταση του πληθυσμού του εντόμου <i>P. ficus</i> , ανά παγίδα και ημερομηνία δειγματοληψίας.	63
Διάγραμμα 2. Γραφική παράσταση του πληθυσμού του εντόμου <i>A. pseudococci</i> , ανά παγίδα και χρονική μέτρηση.	86

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη, ερευνήθηκαν τα χωροχρονικά πρότυπα διασποράς του ψευδοκόκκου της αμπέλου, *Planococcus ficus*, σε μια περιοχή καλλιεργούμενη από διάφορες ποικιλίες αμπέλου, στην Πελοπόννησο της Νοτίου Ελλάδος, χρησιμοποιώντας μεθόδους χωρικής ανάλυσης και στηριζόμενοι σε δεδομένα συλλήψεων αρσενικών ενηλίκων του ψευδοκόκκου, καθώς και του φυσικού του εχθρού, υμενόπτερου παρασιτοειδούς *Anagyrus pseudococci*. Κάθε θέση παγίδευσης, αποτελείτο από μία φερομονική παγίδα, εμποτισμένη με 200 mg συνθετικής φερομόνης *lavandulyl senecioate*.

Ο πληθυσμός του ψευδοκόκκου της αμπέλου που συνελήφθη καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου ελέγχου, επέδειξε χωροχρονικές μεταβολές, οι οποίες απεδόθησαν είτε στην βιολογία του εντόμου (αριθμός γενεών), είτε στην παρουσία του παρασιτοειδούς είτε σε άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως το υψόμετρο. Στηριζόμενοι στα αποτελέσματα αυτά εφαρμόστηκαν στη συνέχεια οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής IDW, kriging και co-kriging για την εκτίμηση της χωρικής κατανομής του πληθυσμού του ψευδοκόκκου σε όλη την περιοχή μελέτης.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μέθοδοι χωροχρονικής ανάλυσης και χωρικής παρεμβολής, μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη της δυναμικής στην διάδοση του εντόμου στο χώρο, ακόμη και σε μικρής σχετικά εκτάσεως περιοχές. Τα αποτελέσματα επίσης μας δείχνουν, πως η ενσωμάτωση της γνώσης αυτών των χωρικών προτύπων σε προγράμματα ελέγχου ζωνών, μπορούν κάλλιστα να βελτιώσουν τις προσπάθειες αποτύπωσης των πτήσεων και να επιτύχουν μείωση του κόστους διεξαγωγής των προγραμμάτων αυτών, πολύ δε περισσότερο να συμβάλλουν αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση του ψευδοκόκκου της αμπέλου.

ABSTRACT

We studied the spatio-temporal dispersion patterns of Vine mealybag, *Planococcus ficus*, in a mixed variety vineyard area in Peloponnisos (southern Greece), using spatial autocorrelation methods to analyze adult trapping data, along with the presence of its natural predator *Anagyrus pseudococci*.

Each trapping station consisted of a pheromone trap baited with 200 mg synthetic feromone *lavandulyl senecioate*.

The population of *Planococcus f.* captured throughout the monitoring season displayed random increases in density which were imputed either to parasitoid's presence or other bioclimate factors.

Our results show that spatial autocorrelation statistics can provide an important tool in studying the spatial dynamics of this insect even in not very large areas. Results also suggest that the incorporation of knowledge on spatial patterns into area-wide control projects may improve monitoring efforts and reduce program costs.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η ενασχόληση του ανθρώπου με την καλλιέργεια της γης και αργότερα η στροφή του προς την εντατικοποίηση αυτών των καλλιεργειών, επέφερε αλλαγές στα οικοσυστήματα, τόσο σε επίπεδο αλλαγής των βιοκλιματικών συνθηκών, όσο και σε επίπεδο αλλαγής των χρήσεων γης, μέσω της μεταβολής της φυτοκάλυψης ή του τρόπου που γίνεται η εκμετάλλευση της γης.

Ως ένα εκ των επακόλουθων ήταν η εμφάνιση, διατήρηση και ανάπτυξη, πλήθους νέων προσβολών στις καλλιέργειες, από είδη εντόμων που είτε δεν προϋπήρχαν είτε βρίσκοντας πρόσφορο έδαφος, πολλαπλασιάστηκαν και ανέπτυξαν μεγάλους πληθυσμούς.

Από την εποχή που το αμπέλι αποτέλεσε συστηματική καλλιέργεια για τον άνθρωπο και φυτό βιοποριστικής για αυτόν σημασίας, η παρουσία ζωικών εχθρών ήταν αναμενόμενο φυσικό επακόλουθο. Ορισμένοι από αυτούς τους εχθρούς, οι οποίοι προϋπήρχαν, αλλά δεν είχαν βρει πρόσφορο έδαφος να αναπτυχθούν, έχοντας πλέον αφθονία τροφής, αναπτύχθηκαν ταχύτερα από τους βιολογικούς τους εχθρούς.

Οι καλλιεργητικές τεχνικές που εφαρμόζονται (χρήση χημικών σκευασμάτων, χρήση ορμονών, κατάχρηση παρασιτοκτόνων, κ.ά.) βοηθούν στην εμφάνιση νέων ζωικών εχθρών, όπως είναι για παράδειγμα το άκαρι των οφθαλμών του αμπελιού, οι θρίπες, ο τετράνυχος (κατάχρηση παρασιτοκτόνων, υπερλιπάνσεις). Ο ψευδόκοκκος του αμπελιού (*Planococcus ficus*) αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα εντόμου που ενδημούσε στα αμπέλια με σπάνιες εξάρσεις και που, με την αλόγιστη χρήση εντομοκτόνων στα επιτραπέζια σταφύλια, θεωρείται πλέον συστηματικός εχθρός και πολύ καταστροφικός.

Η χωρική ανάλυση και η χωρική παρεμβολή που αφορά σε εντομολογικές προσβολές έχει απασχολήσει τους επιστήμονες ανά την υφήλιο εδώ και έτη με αποτέλεσμα αρκετές μελέτες να αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Οι μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση της χωρικής ετερογένειας των πληθυσμών είναι στατιστικοί. Στατιστικές μέθοδοι που βασίζονται στη χωρική συσχέτιση ή πολλαπλή παλινδρόμηση χωρικών μεταβλητών βοηθούν να αποκαλυφθεί η σχέση μεταξύ των εδαφολογικών και κλιματικών παραγόντων και των πληθυσμών των εντόμων.

Οι χωρικές και χρονικές αναλύσεις της περιοχής δειγματοληψίας αποτελούν πρωταρχικής σημασίας ενέργειες για να αντιληφθούμε τη μελέτη που πρόκειται να πραγματοποιήσουμε (Fortin & Dale, 2005). Για παράδειγμα, η κατανομή του πληθυσμού των αφίδων σε μια συγκεκριμένη περιοχή, μπορεί να είναι εντοπισμένη σε μια περιοχή, τυχαία διασκορπισμένη ή τακτικώς αναπτυγμένη, ανάλογα με το εάν αντίστοιχα το δάσος, το δέντρο, ή το φύλλο επιλέγεται ως μονάδα δειγματοληψίας (Begon et al, 1996). Η χωροχρονική διασπορά εντόμων αποθηκών που μολύνουν εγκαταστάσεις αποθήκευσης δημητριακών, έχει απασχολήσει εντόνως τη διεθνή βιβλιογραφία, καθώς μια γνώση της τάσης διάδοσής τους, μπορεί να επιφέρει θεαματικά αποτελέσματα στην καταπολέμηση της προσβολής (Trematerra et al 2003). Η γνώση της εξάπλωσης του σκαθαριού του πεύκου και της έξαρσης του πληθυσμού του, παίζει σημαντικό ρόλο στην προστασία μεγάλων δασών από την καταστροφή (Aukema et al 2008). Σε μια άλλη μελέτη παρουσιάζεται ότι η χωρική στατιστική ανάλυση δεδομένων ενηλίκων κουνουπιών είναι σημαντικός αρωγός στην καταπολέμηση των πληθυσμών των ενοχλητικών δίπτερων και της προστασίας της δημόσιας υγείας (Ryan et al, 2004).

Χωρικές μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι για παράδειγμα οι δείκτες χωρικής αυτοσυσχέτισης π.χ. **Moran**, (Moran, 1950). **Geary**, (Geary, 1954). **Mantel**, (Mantel, 1967) και η ανάλυση των γειτονικών αποστάσεων π.χ. Nearest neighbour, K-function. Επίσης, γεωστατιστικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής (Kriging) μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να προβλεφθεί η κατανομή μιας συνεχούς μεταβλητής στο χώρο και το χρόνο, σε θέσεις που δεν υπάρχουν δεδομένα από δειγματοληψία, με βάση τα δεδομένα που έχουμε λάβει από τις θέσεις που περιλαμβάνονται στην περιοχή ελέγχου (Stein, 1999). Η θερμοκρασία, ένας σημαντικός παράγων της διακύμανσης των πληθυσμών των εντόμων, είναι ένα καλό παράδειγμα

μιας μεταβλητής που θα μπορούσε να απαιτήσει εφαρμογή μεθοδολογίας Kriging, επειδή η πυκνότητα των σταθμών μετεωρολογικής παρατήρησης είναι συνήθως λιγότεροι από αυτούς που απαιτούνται για τη λεπτομερή ανάλυση της μελέτης μας (Aukema et al., 2008). Η χρήση θερμοκρασιών με χωρική παρεμβολή, αντί των θερμοκρασιών από τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό, βοήθησε τους Jarvis & Collier (2002) να προβούν σε μοντελοποίηση της φαινολογίας επιβλαβών οργανισμών σε καλλιέργειες κηπευτικών.

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση και η μοντελοποίηση της χωροχρονικής κατανομής των εντομολογικών δεδομένων που περισυλλέγησαν στα πλαίσια των ερευνητικών εργασιών του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, έπειτα από την τοποθέτηση φερομονικών παγίδων στην περιοχή του Ζευγολατιού Κορινθίας, για την παρακολούθηση της εμφάνισης πληθυσμών του κοκκοειδούς *Planococcus ficus* και του υμενόπτερου παρασίτου του *Anagyrus pseudococci*, σε αμπελώνες της περιοχής. Ο σχεδιασμός της μελέτης στοχεύει στη χωρική και χρονική αποτύπωση της εξέλιξης των πληθυσμών του επιβλαβούς εντόμου *P. ficus*, παράλληλα με αυτούς του παρασιτοειδούς του *A. pseudococci*, σε μια αμπελουργική περιοχή που αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα προσβολής από το πρώτο έντομο.

Στο Κεφάλαιο 2 δίνεται η περιγραφή της περιοχής μελέτης στο Ζευγολατιό Κορινθίας. Αναφέρονται τα κριτήρια επιλογής της εν λόγω περιοχής, το είδος και η χωρική κατανομή των παγίδων που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή των δεδομένων, καθώς και στοιχεία για το έντομο που προσβάλλει την περιοχή.

Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται η μέθοδος συλλογής καθώς και οι χωρικές και οι μη χωρικές μέθοδοι επεξεργασίας των δεδομένων. Εξετάζεται κατά πόσο η εμφάνιση και ο πληθυσμός του επιβλαβούς εντόμου επηρεάζεται από την ποικιλία του αμπελώνα, το είδος των γειτονικών καλλιεργειών, το υψόμετρο της περιοχής και την παρουσία ή μη του παρασιτοειδούς του. Επίσης, εφαρμόζεται χωρική παρεμβολή, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για την

εμφάνιση του εντόμου στο σύνολο της περιοχής όπου διεξήχθη η έρευνα. Τα συμπεράσματα καταγράφονται στο Κεφάλαιο 4.

Στο τέλος παρατίθεται Παράρτημα με τους πίνακες που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων μέσω του προγράμματος SPSS, καθώς και τα διαγράμματα των πληθυσμών του εντόμου και του παρασιτοειδούς του, συναρτήσει του χρόνου και ανά παγίδα.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η Πελοπόννησος είναι το αμπελουργικό διαμέρισμα της χώρας με το μεγαλύτερο οινολογικό ενδιαφέρον. Οι οινοποιήσιμες ποικιλίες καταλαμβάνουν έκταση 210.000 στρεμμάτων περίπου και παράγουν 1.650.000 HL οίνων. Από την ποσότητα αυτή το 75% περίπου διατίθεται ως εμφιαλωμένο και το 25% ως χύμα. Από το εμφιαλωμένο, το 42% περίπου είναι ερυθρό και το 58% λευκό.

Όσον αφορά στις «Όνομασίες Προέλευσης», οι ερυθρές αντιπροσωπεύουν το 8,5% και οι λευκές το 2,7% περίπου των εμφιαλωμένων οίνων. Στο αμπελουργικό διαμέρισμα της Πελοποννήσου παράγονται έξι (6) «Όνομασίες Προέλευσης» και συγκεκριμένα τρεις οίνοι ΟΠΑΠ (Όνομασία Προέλευσης Ανωτέρας Ποιότητας), Νεμέα, Μαντινεία, Πάτρα και τρεις οίνοι ΠΟΠ (Προστατευόμενη Όνομασία Προέλευσης), Μαυροδάφνη Πατρών, Μοσχάτο Πατρών, Μοσχάτο Ρίου Πατρών. Όσον αφορά στους τοπικούς οίνους, παράγονται 14 μικροί και 1 διαμερισματικός. Από αυτούς 11 είναι λευκοί, 11 ερυθροί και 6 ερυθρωποί.

Όσον αφορά στις καλλιεργούμενες ποικιλίες κυριαρχεί ο Ροδίτης (72.000 στρέμματα περίπου), κυρίως στους νομούς Αχαΐας, Ηλείας και Μεσσηνίας και ακολουθούν με μεγάλη διαφορά το Αγιωργίτικο (27.000 στρέμματα περίπου με κύρια περιοχή καλλιέργειας τη Νεμέα), το Σαββατιανό (9.500 στρέμματα περίπου) και το Μοσχοφίλερο (7.500 στρέμματα περίπου με περιοχή καλλιέργειας τη Μαντινεία).

Η αμπελοκαλλιέργεια εκτείνεται σ' όλους τους νομούς της Πελοποννήσου, όπου απαντώνται διαφορετικές εδαφοκλιματικές συνθήκες και μεγάλη ποικιλομορφία τοπογραφικού αναγλύφου. Εμείς θα επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας στο νομό Κορινθίας και ειδικότερα σε περιοχές που βρίσκονται στο Ζευγολατιό Κορινθίας.

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει εκτάσεις του Δημοτικού Διαμερίσματος Ζευγολατιού Κορινθίας, το οποίο ανήκει στον Καλλικρατικό Δήμο Βέλου – Βόχας βρίσκεται δυτικά της Κορίνθου, εντός του Νομού Κορινθίας. Είναι ημιορεινός Δήμος. Έχει εκτεταμένη πεδιάδα (αλλουβιακοί σχηματισμοί) και παράλληλα, αποτελείται από τους μικρούς ορεινούς όγκους της Ευαγγελίστριας, του Φουκά και της Στιμάγκας. Ανήκει στην υδρολογική λεκάνη της Βόρειας Πελοποννήσου και διασχίζεται από τον Ασωπό ποταμό και τους χείμαρρους Χεκάλι, Σιούρι και Ζαπάντι.

Ο Ασωπός ποταμός πηγάζει από τα όρη Φαρμακά και Τραχύ, έχει μήκος 40 χιλιόμετρα και εκβάλλει στο Βέλο με σχηματισμό Δέλτα. Έχει συνεχή παροχή και αποτελεί βασική πηγή αρδευτικού ύδατος και εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφορέα της παράκτιας ζώνης.

Η εκτατική γεωργία και η συνεχόμενη αστικοποίηση ασκούν μεγάλες πιέσεις στους υδατικούς πόρους, ενώ τα υπόγεια και επιφανειακά νερά έχουν υποστεί μεγάλη ποιοτική υποβάθμιση. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από έλλειψη αρδευτικού νερού, υψηλή νιτρορύπανση των υπόγειων νερών με ταυτόχρονη υπεράντληση. Τα αρδευτικά συστήματα που επικρατούν είναι η επιφανειακή άρδευση και η στάγδην.

Το Ζευγολατιό Κορινθίας αποτελεί οικισμό του Δήμου, βρίσκεται 20 χιλιόμετρα δυτικά της Κορίνθου και αριθμεί 3800 κατοίκους. Βασική ασχολία των κατοίκων του Ζευγολατιού είναι η γεωργία και οι βιοτεχνίες και βιομηχανίες τυποποίησης γεωργικών προϊόντων.



Εικόνα 1. Χάρτης Δήμου Βέλου – Βόχας.

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από την πυκνή καλλιέργεια αμπελώνων για την παραγωγή επιτραπέζιων σταφυλιών και σταφίδων. Οι βασικές ποικιλίες που καλλιεργούνται στην Κορινθία είναι τα απύρηνα Τόμσον (Thomson seedless) και η Σουλτανίνα, ενώ καλλιεργούνται και ποικιλίες Βικτώρια. Και τα τρία αυτά είδη παράγουν σταφύλι επιτραπέζιο και σταφίδα.

Η περιοχή μελέτης καλύπτει σχεδόν το σύνολο του δημοτικού διαμερίσματος Ζευγολατιού κι εντοπίζεται σε μια πλαγιά που αντικρίζει βόρεια τον Κορινθιακό κόλπο. Εκτείνεται από θέσεις με εγγύτητα προς τη θάλασσα υψομέτρου 45 – 50 μέτρων, μέχρι ορεινές περιοχές υψομέτρου περίπου 270 μέτρων. Τους μήνες κατά τους οποίους συλλέχθηκαν τα δεδομένα που αναλύονται στην παρούσα διατριβή (Μάιος – Σεπτέμβριος), εμφανίζει μέση μηνιαία θερμοκρασία από 20 °C έως 28.6 °C , ενώ η μέση μηνιαία υγρασία κυμαίνεται, για το ίδιο χρονικό διάστημα, από 55% έως 65% περίπου.

Οι αμπελώνες εκτείνονται σε ήπιες βορινές πλαγιές και δέχονται τους δροσερούς θαλασσινούς ανέμους του Κορινθιακού κόλπου (παραθαλάσσια αμπελοτόπια), που τους προστατεύουν από τις καλοκαιρινές υψηλές θερμοκρασίες. Τα εδάφη ποικίλλουν, από λευκά ασβεστολιθικά, μέχρι γόνιμα αμμοπηλώδη, αλλά με καλή στράγγιση. Το ήπιο κλίμα, το οποίο οφείλεται και στην ύπαρξη πληθώρας χαραδρών, με πλούσια φυσική βλάστηση και μικρά ποτάμια που εκβάλλουν στη θάλασσα, συντελεί στην ήπια ωρίμαση των διαφόρων ποικιλιών, δίνοντας τα πλέον άριστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, στα προϊόντα αυτών.

Στην εξεταζόμενη επιφάνεια 3750 εκταρίων, όλα τα κτήματα χρησιμοποιούν στάγδην άρδευση και οι κληματίδες των πρέμνων υποστηρίζονται από σύστημα υποστήλωσης τύπου T-trellis, 4 συρμάτων.

Η περιοχή ελέγχου επιλέχθηκε με κύριο κριτήριο το ιστορικό προσβολής της από τον ψευδόκοκκο και τη μεγάλη οικονομική σημασία που αυτή επιφέρει στις επιτραπέζιες ποικιλίες σταφυλιών που ευδοκιμούν στην περιοχή. Η περιοχή παγιοδοτήσης καλύπτει σχεδόν το σύνολο του παρατηρούμενου αναγλύφου της περιοχής· ανάγλυφο το οποίο παρουσιάζει εξάρσεις και περιλαμβάνει καλλιεργητικές περιοχές που ξεκινούν από περιοχές που εφάπτονται στη θάλασσα και εκτείνονται μέχρι μικρές πεδιάδες, σε υψόμετρο άνω των πεντακοσίων μέτρων, κατάφυτες από αμπελώνες.

2.2. ENTOMO

Ένα από τα σημαντικότερα έντομα εχθρούς της αμπέλου είναι ο ψευδόκοκκος του αμπελιού (*Planococcus ficus*). Η αντιμετώπισή του σήμερα βασίζεται κυρίως στη χρήση χημικών εντομοκτόνων. Η έντονη χρήση τους όμως έχει δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα, τόσο στην καθεαυτή αντιμετώπιση του εντόμου, όσο και γενικότερα στο περιβάλλον. Μια από τις συνέπειες της έντονης και συνεχούς χρήσης εντομοκτόνων, είναι η μείωση πληθυσμών ωφελίμων εντόμων που αποτελούν φυσικούς εχθρούς του *P. ficus*. Για το λόγο αυτό, η προσπάθεια καταπολέμησης του ψευδόκοκκου πρέπει να εστιάζεται στην προστασία των φυσικών του εχθρών.

Βιολογικός κύκλος: Ο ψευδόκοκκος του αμπελιού διαχειμάζει σε όλα τα στάδια, κυρίως ως ενήλικα κάτω από τις φλούδες του φλοιού του πρέμνου και κυρίως στις διχάλες, αλλά και στις ρίζες στο έδαφος. Τα αυγά από ωχροκίτρινα γίνονται πορτοκαλόχροα, που υποδηλώνει ότι πλησιάζει ο χρόνος εκκόλαψης των προνυμφών. Η ζωηρή κίνηση των μυρμηγκιών στο πρέμνο υποδηλώνει παρουσία του ψευδόκοκκου. Η μεταφορά όμως μπορεί να γίνει με δυνατό άνεμο, με τις καλλιεργητικές εργασίες (ξεφύλλισμα, λάστιχα ραντίσματος κλπ), από τα πουλιά, από μεγαλύτερα έντομα π.χ. ακρίδες από πρέμνο σε πρέμνο, με τη βοήθεια των συρμάτων υποστύλωσης που τα διασχίζουν οι κινητές νεαρές νύμφες. Την άνοιξη (τέλη Μαρτίου-αρχές Απριλίου) εκκολάπτονται και οι νεαρές προνύμφες μετακινούνται με την έκπτυξη των οφθαλμών στους νεαρούς βλαστούς, απομυζώντας το χυμό, για να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους. Τα θηλυκά γεννούν 200 – 400 αυγά σε ωόσακκο, όπου και αρχίζει η ανάπτυξη της 2^{ης} γενεάς. Στη 2^η γενεά οι κινούμενες προνύμφες μετακινούνται στα φύλλα και τα σταφύλια, όπου συνεχίζουν τον ίδιο κύκλο. Το έντομο έχει 3-4 γενεές το χρόνο. Το φθινόπωρο μετακινείται κάτω από τις φλούδες, στις διχάλες των βραχιόνων και τον κορμό, όπου διαχειμάζει.

Φυσικοί εχθροί: Υπάρχει μεγάλος αριθμός φυσικών εχθρών του ψευδόκοκκου: αρπακτικά Δίπτερα της οικογένειας Cecidomyiidae, κολεόπτερα όπως τα *Nephus includens* και *Cryptolaemus mantrouzieri* και υμενόπτερα παράσιτα. Τα σπουδαιότερα υμενόπτερα παράσιτα είναι τα *Anagyrus pseudococci*, *Leptomastidea abnormis*, *Leptomastix flavus* και *Leptomastix dactylopii*.

Το *A. pseudococci* το οποίο θα μας απασχολήσει στην εργασία μας, χρησιμοποιείται κυρίως σε καλλιέργειες εσπεριδοειδών, καθώς επίσης και στην άμπελο για την αντιμετώπιση του ψευδόκοκκου. Τα ενήλικα παρασιτούν και κυρίως προνύμφες τρίτης ηλικίας του *P. ficus*. Το ενήλικο εναποθέτει τα ώα του μέσα στο *P. ficus*, όπου η εκκολαπτόμενη προνύμφη αναπτύσσεται. Το παρασιτισμένο άτομο ψευδόκοκκου, καθώς αναπτύσσεται εσωτερικά η προνύμφη του παρασιτοειδούς, εμφανίζεται διογκωμένο και σκληραίνει. Ο εξωσκελετός παρουσιάζει την εικόνα «μούμιας». Από τις «μούμιες» τελικά

εξέρχεται το ενήλικο παρασιτοειδές, περίπου μετά από δύο εβδομάδες σε θερμοκρασία 25°.

2.3. ΠΑΓΙΔΕΣ

Για τη συλλογή των δεδομένων των σχετικών με τους πληθυσμούς του εξεταζόμενου εντόμου, χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα παρακολούθησης που βασίστηκε στην τοποθέτηση φερομονικών παγίδων. Οι φερομόνες είναι πτητικά μόρια που διασπείρονται μέσω του αέρα και γίνονται αισθητά από το έντομο. Συγκεκριμένα, οι παγίδες ήταν τύπου Δ και έφεραν κολλητική επιφάνεια με εντομολογική κόλλα και εξατμιστήρα φερομόνης εμποτισμένο με 200 μg συνθετικής φερομόνης *lavandulyl senecioate*, φερομόνη που εντοπίστηκε και αναπτύχθηκε για την ανίχνευση και παρακολούθηση του ψευδόκοκκου του αμπελιού, σε ποσότητα που κρίνεται επαρκής για μια περίοδο παρακολούθησης έξι μηνών. Η συλλογή και καταμέτρηση των παγιδευθέντων εντόμων έγινε σε εβδομαδιαία βάση, μεταξύ των αρχών του Μαΐου του 2005 και του τέλους Σεπτεμβρίου του ίδιου έτους.



Εικόνα 2. Φερομονική παγίδα σύλληψης εντόμων σε αμπέλι.

2.4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.4.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΕΩΝ ΠΑΓΙΔΩΝ

Στην περιοχή ελέγχου τοποθετήθηκαν συνολικά τριάντα φερομονικές παγίδες (κωδικοί θέσεων παγίδων 1 έως 30), εκ των οποίων εικοσιπέντε (25) σε αμπελώνες ποικιλίας Σουλτανίνα και πέντε (5) σε αμπελώνες ποικιλίας Βικτώρια (θέσεις παγίδων 8, 9, 16, 17, 30). Η τοποθέτηση των παγίδων έγινε βαθμιαία, σύμφωνα με τη διακύμανση του υψόμετρου, ωστόσο σημαντικό ρόλο για την επιλογή της τελικής θέσης διαδραμάτισε η ευκολία πρόσβασης στους αμπελώνες.

Η παγίδα M1 έχει τοποθετηθεί μέσα σε αμπελώνα της ποικιλίας Σουλτανίνα, σε πεδινή θέση, βορείως της Εθνικής Οδού, σε υψόμετρο 56 μέτρων και σε απόσταση 1100 μέτρων από τη θάλασσα. Βρίσκεται σε μία αμιγώς

αμπελοκαλλιεργούμενη περιοχή, όπου συνυπάρχει με καλλιέργειες εσπεριδοειδών.

Η παγίδα M2 έχει τοποθετηθεί σε αμπελώνα της ποικιλίας Σουλτανίνα, επίσης σε πεδινή θέση, υψόμετρου 52 μέτρων, βορείως της Εθνικής Οδού και γειτνιάζουσα άμεσα με τον αστικό ιστό της περιοχής (βρίσκεται μέσα στο χωριό).

Οι παγίδες M3 και M4 έχουν τοποθετηθεί επίσης σε αμπελώνες ποικιλίας Σουλτανίνα, σε κοντινές θέσεις μεταξύ τους (συγκεκριμένα, σε απόσταση 230 μέτρων), σε περιοχή κοινού αναγλύφου (η μεν M3 σε υψόμετρο 36 μέτρων, η δε M4 σε υψόμετρο 35 μέτρων) και περιβάλλονται αμφότερες από συγκαλλιέργειες αμπελιού με εσπεριδοειδή.

Η παγίδα M5 έχει τοποθετηθεί σε υψόμετρο 131 μέτρων και αποτελεί την ανατολικότερη όλων των παγίδων. Βρίσκεται επίσης εντός αμπελώνας Σουλτανίνας και γειτονεύει με ελαιοκαλλιέργειες. Ο αμπελώνας βρίσκεται στους πρόποδες του επερχόμενου ορεινού όγκου.

Η παγίδα M6 βρίσκεται σε υψόμετρο 106 μέτρων, εντός ποικιλίας Σουλτανίνας, σε αμιγώς αμπελοκαλλιεργούμενη περιοχή, πλησίον του ασφαλτοστρωμένου επαρχιακού δρόμου, παραπλεύρως μιας κείμενης άρχουσας ρεματιάς.

Η παγίδα M7 έχει τοποθετηθεί σε υψόμετρο 176 μέτρων, σε ποικιλία αμπελώνα Σουλτανίνα, 650 μέτρα νοτίως της M6, επίσης στους πρόποδες της ίδιας ρεματιάς.

Οι παγίδες M8 και M9 έχουν τοποθετηθεί σε αμπελώνα της ποικιλίας Βικτώρια, σε υψόμετρο 192 και 191 μέτρων αντίστοιχα και ακολουθούν την ίδια πορεία προς τα νότια με την προηγούμενη ρεματιά, στην οποία πλησιάζουν οι M6 και M7, και ταυτόχρονα περικλείονται στενά από τους αμέσως ακολουθούντες ορεινούς όγκους. Οι γειτονικές καλλιέργειες είναι σχεδόν κατά αποκλειστικότητα ελαιώνες.

Η παγίδα M10, τοποθετημένη σε αμπελώνα Σουλτανίνας, αποτελεί τη νοτιότερη παγίδα όλων και συνάμα την παγίδα που βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο, σε ύψος 271 μέτρων. Σε ό,τι έχει να κάνει με τη μορφολογία του

εδάφους γύρω από τη θέση της, βρίσκεται ακριβώς πριν την κατακόρυφη αύξηση του υψομέτρου, λόγω του επερχόμενου ορεινού όγκου.

Η παγίδα M11 βρίσκεται με τη σειρά της πάλι, βορειότερα, σε ύψος 92 μέτρων και σε κοντινή σχετικά απόσταση με την Εθνική Οδό, σε πεδινό αμπελώνα ποικιλίας Σουλτανίνα, που συνυπάρχει με ελαιοτεμάχια.

Η παγίδα M12 βρίσκεται 300 μέτρα νοτιανατολικά της προηγούμενης, στην ίδια πεδινή περιοχή (ακριβές υψόμετρο 100 μέτρα), επίσης σε αμπελώνα Σουλτανίνας, αλλά οι γειτονικές της καλλιέργειες είναι κατά το πλείστον εσπεριδοειδή.

Οι παγίδες M13, M14, M15, M16, M17, M18, M19, M20, M21 και M22 βρίσκονται όλες εντός του ιδίου οροπεδίου, σε υψόμετρο από 220 έως 250 μέτρα. Είναι τοποθετημένες εντός αμπελώνων ποικιλίας Σουλτανίνα, πλην των M16 και M17 που είναι τοποθετημένες εντός αμπελώνων ποικιλίας Βικτώρια, και στο σύνολό τους γειτνιάζουν αποκλειστικά με ελαιώνες.

Η παγίδα M23 βρίσκεται δυτικότερα, σε πεδινότερη περιοχή, υψομέτρου 170 μέτρων, εντός αμπελώνα ποικιλίας Σουλτανίνα. Γειτνιάζει δε με ελαιοκαλλιέργειες και δασική έκταση.

Οι παγίδες M24 και M25 βρίσκονται επίσης προς τα πεδινά, σε υψόμετρο 90 μέτρων, απέχουν μεταξύ τους 100 μέτρα, βρίσκονται μέσα σε αμπελώνες ποικιλίας Σουλτανίνα, ενώ συνυπάρχουν με μόνιμες καλλιέργειες εσπεριδοειδών. Κοινό χαρακτηριστικό των δύο παγίδων είναι ότι έχουν τοποθετηθεί με μεγάλη εγγύτητα στον ασφαλτοστρωμένο δρόμο.

Η παγίδα M26 αποτελεί τη νοτιοδυτικότερη παγίδα. Είναι τοποθετημένη σε μεγάλο υψόμετρο 258 μέτρων, μέσα σε αμπελώνα ποικιλίας Σουλτανίνα και βρίσκεται και αυτή πολύ κοντά σε δασική έκταση.

Η παγίδα M27 είναι τοποθετημένη βόρεια, προς την Εθνική Οδό, σε υψόμετρο 123 μέτρων, εντός αμπελώνα ποικιλίας Σουλτανίνα, ευρισκόμενου σε πεδινή περιοχή με ελαιοκαλλιέργειες.

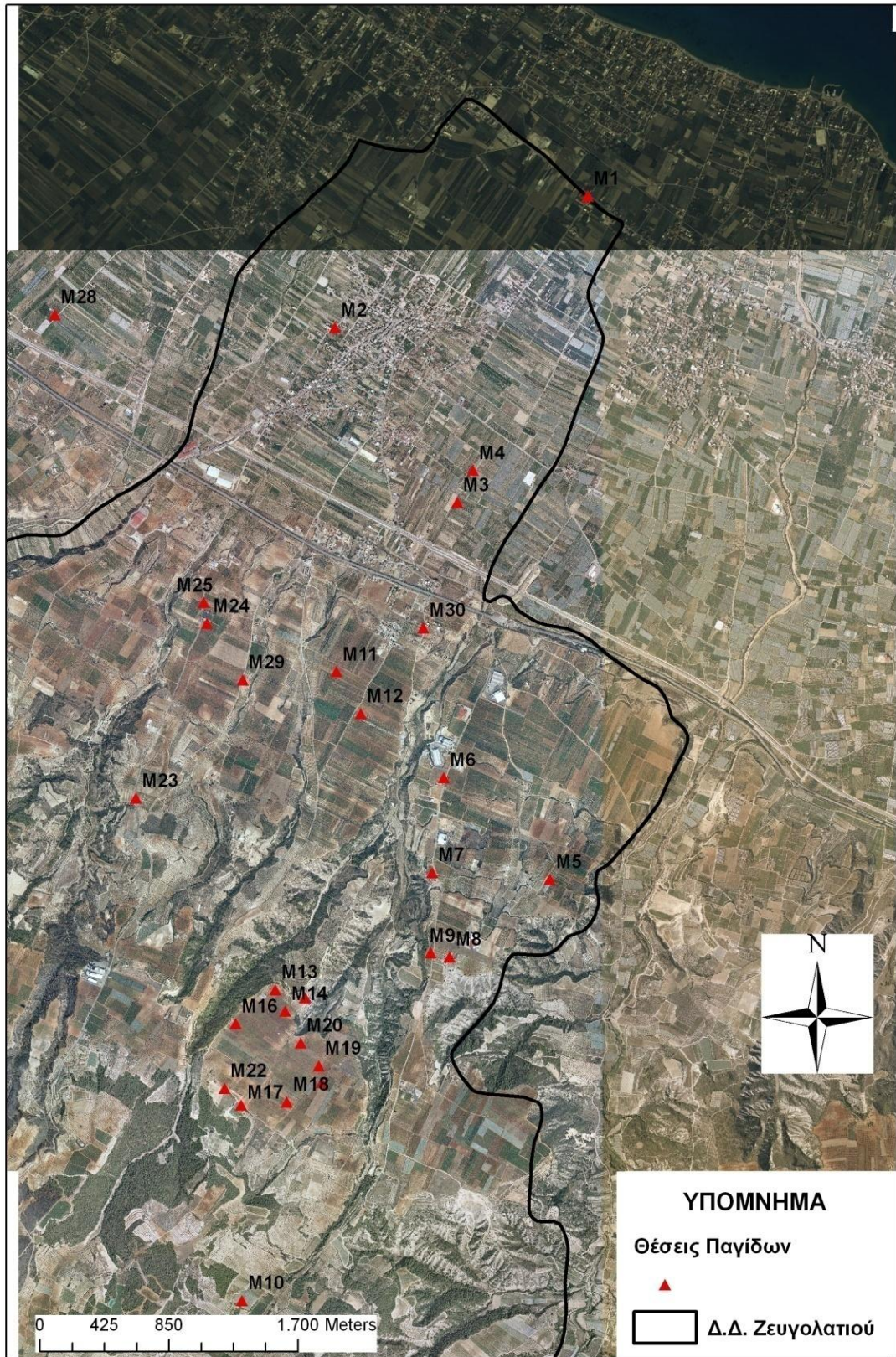
Η παγίδα M28 βρίσκεται βορείως της Εθνικής Οδού, σε αμπελώνα ποικιλίας Σουλτανίνα και σε υψόμετρο 53 μέτρων από το επίπεδο της θάλασσας, και περιβάλλεται από καλλιέργειες εσπεριδοειδών.

Η παγίδα M29 έχει τοποθετηθεί πλησίον και νοτίως της Εθνικής Οδού, σε υψόμετρο 53 μέτρων, εντός αμπελώνα ποικιλίας Σουλτανίνα, ευρισκόμενου εντός οικισμού. Οι πέριξ του αμπελώνος καλλιέργειες είναι ως επί το πλείστον ελαιώνες.

Τέλος, η παγίδα M30 βρίσκεται εντός αμπελώνα ποικιλίας Βικτώρια, επίσης εντός οικισμού, σε χαμηλό υψόμετρο 74 μέτρων και περιβάλλεται από ελαιοκαλλιέργειες.

Στον χάρτη που ακολουθεί απεικονίζεται η χωρική κατανομή των παγίδων στην περιοχή μελέτης.

Χάρτης θέσεων παγίδων στο Ζευγολατιό Κορινθίας



Εικόνα 3. Χωρική κατανομή των παγίδων στην περιοχή Ζευγολατιού.

2.4.2. ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η συλλογή και η καταμέτρηση των παγιδευθέντων εντόμων στις φερομονικές παγίδες έγινε σε 21 χρονικές στιγμές, μεταξύ του διαστήματος 5 Μαΐου και 24 Σεπτεμβρίου του έτους 2005. Συγκεκριμένα, οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν στις ημερομηνίες που εμφανίζονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 1. Ημερομηνίες δειγματοληψίας.

5/5/2005	27/6/2005	13/8/2005
15/5/2005	2/7/2005	20/8/2005
21/5/2005	9/7/2005	27/8/2005
28/5/2005	16/7/2005	3/9/2005
4/6/2005	23/7/2005	10/9/2005
11/6/2005	30/7/2005	17/9/2005
19/6/2005	6/8/2005	24/9/2005

Η διαδικασία είχε ως εξής:

- συλλογή των παγίδων από τις θέσεις ελέγχου
- λεπτομερής και σχολαστικός έλεγχος των συλληφθέντων αρσενικών εντόμων, τόσο των επιβλαβών *P. ficus*, όσο και των ωφέλιμων *A. pseudococci*

- απομάκρυνση των εντόμων και καταγραφή του ακριβούς πληθυσμού τους
- επανατοποθέτηση των παγίδων στις πρότερες θέσεις ελέγχου.

Τα στοιχεία που προέκυψαν από την καταμέτρηση των πληθυσμών των δύο εντόμων κατά τις 21 δειγματοληψίες, συγκεντρώθηκαν κι εν συνεχεία διαχωρίστηκαν ανά έντομο.

2.4.3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ

Για τα χαρακτηριστικά του αναγλύφου της περιοχής, αντλήσαμε δεδομένα από τα ψηφιακά αρχεία της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού για τις ισοϋψείς καμπύλες της περιοχής ενδιαφέροντος μας (Η ΓΥΣ παρέχει υψομετρικές καμπύλες ανά 4μ ή και 20μ. για όλη τη χώρα από ψηφιοποίηση διαγραμμάτων 1:5.000 και τοπογραφικών χαρτών 1:50.000, αντίστοιχα).

Παράλληλα, για την πλήρη γνώση της φυτοκάλυψης με λεπτομέρειες της περιοχής, πέρα από την επιτόπια παρατήρηση στην οποία προβήκαμε, κάναμε χρήση του ψηφιακού αρχείου των χρήσεων γης, το οποίο μετά από αίτησή μας, χορηγήθηκε από τον αρμόδιο Οργανισμό του Υπουργείου Αγρ. Ανάπτυξης & Τροφίμων, ΟΠΕΚΕΠΕ, ο οποίος είναι επιφορτισμένος με την τήρηση, ανανέωση και επικαιροποίηση τόσο αυτού, όσο και πλήθους άλλων ψηφιακών αρχείων.

2.5. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων υπολογίστηκαν τα μονομεταβλητά μεγέθη για τον πληθυσμό του *P. ficus* και του *A. pseudococci* ανά παγίδα. Χρησιμοποιήθηκαν μονομεταβλητές αναλύσεις δεδομένων με τη βοήθεια του

στατιστικού προγράμματος SPSS. Για κάθε μεταβλητή, υπολογίσαμε το εύρος, την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή, τη μέση τιμή, την τυπική απόκλιση και το τυπικό σφάλμα.

2.5.1. ΜΟΝΟΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Στις μονομεταβλητές αναλύσεις ανήκουν μεγέθη που περιγράφουν την κεντρική θέση ή την διασπορά των τιμών των παρατηρήσεων.

Το εύρος ορίζεται ως η διαφορά της μεγαλύτερης παρατήρησης από τη μικρότερη. Το εύρος θεωρείται ως ένα πρόχειρο μέτρο διασποράς, καθώς βασίζεται μόνο στις ακραίες παρατηρήσεις και επηρεάζεται σημαντικά από το μέγεθος του δείγματος, καθώς κάθε νέα παρατήρηση μπορεί να αλλάξει την τιμή της μικρότερης ή της μεγαλύτερης παρατήρησης στο δείγμα.

Η μέση τιμή δίνει την πιο αντιπροσωπευτική εικόνα για ένα σύνολο δεδομένων και ορίζεται ως το άθροισμα των παρατηρήσεων διά του πλήθους τους, δηλαδή ουσιαστικά πρόκειται για τον υπολογισμό του αριθμητικού μέσου όρου.

Η τυπική απόκλιση ορίζεται ως η θετική τετραγωνική ρίζα της διακύμανσης, η οποία με τη σειρά της δίνει το μέτρο της απόστασης των παρατηρήσεων από τη μέση τιμή, ενώ το τυπικό σφάλμα του μέσου είναι η τυπική απόκλιση της δειγματικής κατανομής και εκφράζει το βαθμό της τυχαίας απόκλισης των δειγματικών μέσων από τον πληθυσμιακό μέσο.

2.5.2. ΔΙΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Μετά τον προσδιορισμό των παραγόντων στους οποίους θα επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον της έρευνάς μας, σειρά έχει η διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ τους και η αναγνώριση χωρικών προτύπων για κάθε ένα από αυτούς τους παράγοντες. Η στατιστική ανάλυση της σχέσης των τιμών που εξήχθησαν, πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή τεχνικών μέτρησης του βαθμού συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών, όπως η εύρεση του Pearson correlation coefficient ή του μη παραμετρικού Spearman correlation coefficient (SPSS Statistics) και έχει ως κύριο σκοπό την εξέταση της στατιστικής ανεξαρτησίας

των δεδομένων για κάθε παράγοντα, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητή, σε αναλύσεις οι οποίες το απαιτούν.

Επίσης, για καθέναν από τους παράγοντες που θα εξετάσουμε, ορίζουμε μια μηδενική και μια εναλλακτική υπόθεση και με τη βοήθεια του *T-test*, συγκρίνουμε τη στατιστική σημαντικότητα των διαφορών των μέσων όρων της ίδιας μεταβλητής, σε δύο ανεξάρτητα δείγματα.

2.5.3. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ

Καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης, το λογισμικό ArcGIS της ESRI, αποτέλεσε βασικό εργαλείο, από την αποτύπωση της περιοχής μελέτης, των θέσεων των παγίδων και τη μορφολογία του αναγλύφου, μέχρι τη χρήση μεθόδων χωρικής παρεμβολής, με τη δυνατότητα γεωστατιστικής ανάλυσης που αυτό μας παρέχει.

Η χωρική παρεμβολή (*interpolation*), αποτελεί μία διαδικασία μέσω της οποίας μπορούμε να κάνουμε πρόβλεψη για τις τιμές συγκεκριμένων χαρακτηριστικών που μας ενδιαφέρουν, σε θέσεις στις οποίες δεν υπάρχουν μετρήσεις, κάνοντας χρήση τιμών των χαρακτηριστικών αυτών, σε σημεία όπου υπάρχουν δεδομένα.

IDW

Η μέθοδος *Inverse Distance Weighting* (IDW) που χρησιμοποιούμε είναι μια από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους χωρικής παρεμβολής. Η συγκεκριμένη μέθοδος λαμβάνει απόλυτα υπόψη, ότι τα αντικείμενα που είναι εγγύτερα το ένα στο άλλο, έχουν περισσότερες ομοιότητες από αυτά που είναι απομακρυσμένα. Η γενική παραδοχή την οποία δέχεται, είναι πως οι τιμές των ιδιοτήτων κάθε συγκεκριμένου ζεύγους σημείων σχετίζονται μεταξύ τους, αλλά η ομοιότητά τους είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης μεταξύ των σημείων αυτών. Το μοντέλο βασίζεται στην υπόθεση ότι κάθε μετρημένο σημείο ασκεί μία επιρροή η οποία φθίνει με την απόσταση και αποδίδει μεγαλύτερα βάρη στα σημεία που βρίσκονται πιο κοντά.

Πολλές μελέτες σχετικά με την χωρική αλληλεπίδραση, υποστηρίζουν πως η μείωση της χωρικής συσχέτισης μεταξύ δύο τυχαίων σημείων δεν είναι αποκλειστικά ανάλογη της απόστασης (Fotheringham and O'Kelly, 1989), γεγονός που έχει σαν συνέπεια να γίνεται χρήση δυνάμεων ή εκθετικών συναρτήσεων, ώστε να αλλάξει το βάρος της απόστασης κατά την μοντελοποίηση της χωρικής τους αλληλεπίδρασης.

Παρόλα αυτά, η μέθοδος IDW παρουσιάζει περιορισμούς στην επιλογή των παραμέτρων των βαρών, οι οποίες πρέπει να επιλέγονται a priori και όχι εμπειρικά. Επίσης εμφανίζει αδυναμία στην εκτίμηση διακυμάνσεων των τιμών στα σημεία ενδιαφέροντος που δεν υπάρχουν μετρήσεις, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με άλλες γεωστατιστικές μεθόδους, όπως το kriging (Burrough and McDonnell, 1998). Τέλος, περιορισμό επίσης για τη μέθοδο, αποτελεί το ότι η παράμετρος περί της αντίστροφης σχέσης με την απόσταση, εφαρμόζεται ομοιόμορφα στο σύνολο της περιοχής μελέτης, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η κατανομή των δεδομένων μέσα σ' αυτήν. Συνοψίζοντας, για την εφαρμογή του IDW σε ένα σύνολο δεδομένων, απαιτείται να υπάρχει μια σταθερή αντίστροφη σχέση ομοιότητας τιμών – απόστασης στο χώρο, ακόμη και αν αυτό δε συμβαίνει στην πραγματικότητα.

Η υπόθεση που ισχύει κατά τη χρήση της μεθόδου είναι ότι η τιμή μιας μεταβλητής z σε κάποιο τυχαίο σημείο όπου δεν έχει υπάρξει προηγούμενη μέτρηση της μεταβλητής, ισούται με έναν μέσο όρο των σημείων στα οποία υπάρχουν μετρήσεις και βρίσκονται εντός της γειτονιάς του σημείου αναφοράς.

Ο μέσος όρος υπολογίζεται από έναν αλγόριθμο που μας παρέχει τους συντελεστές βαρύτητας στα σημεία όπου έχουμε δεδομένα, με βάση την απόστασή τους από το μη μετρούμενο σημείο.

$$\hat{z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad \text{με} \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

όπου τα βάρη λ_i δίνονται από τον τύπο :

$$\lambda_i = \frac{d_i^{-2}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-2}}$$

Kriging

Η μέθοδος Kriging από την άλλη (Matheron, 1965) που χρησιμοποιούμε είναι μια από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους χωρικής παρεμβολής. Εμφανίζει διαφοροποίηση σε σχέση με τις κλασσικές μεθόδους παρεμβολής, καθώς παρέχει τιμές που ενδέχεται να είναι είτε μικρότερες είτε μεγαλύτερες από τις τιμές των δειγμάτων, ενώ οι παραδοσιακές τεχνικές περιορίζονται στο εύρος των τιμών δειγματοληψίας. Επειδή προφανώς η πραγματική τιμή σε κάποιο σημείο δεν μπορεί να είναι κυριολεκτικά γνωστή, η μέθοδος Kriging κάνει χρήση ενός πιθανολογικού τυχαίου μοντέλου λειτουργίας των πραγματικών τιμών (Isaaks and Srivastava, 1989).

Η μέθοδος αυτή της χωρικής παρεμβολής είναι απλή στη σύλληψή της και επιτυγχάνει εκτίμηση των τιμών των μεταβλητών σε θέσεις που δεν διατίθεται δειγματοληψία, χρησιμοποιώντας το αρχικό σύνολο των τιμών και τις πληροφορίες που μας δίνει το βαριόγραμμα (Burrough and McDonnell, 1998).

Η μέθοδος kriging ανήκει στους γραμμικούς εκτιμητές καθώς αποτελεί έναν από εκείνους που σχηματίζονται με γραμμική ζύγιση των διαθέσιμων δειγμάτων, δηλαδή:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (1)$$

Όπου τα λ_i είναι τα βάρη, και η εκτίμηση $Z^*(x_0)$ είναι ένα ζυγισμένο άθροισμα όλων των δεδομένων τιμών $Z(x_i)$ σε κάθε σημείο x .

Πέραν των προηγούμενων, το kriging αποτελεί αμερόληπτο εκτιμητή, εφόσον ισχύει η συνθήκη αμεροληψίας, η οποία καθορίζει ότι το σφάλμα που πρέπει να αναμένουμε $E[Z^*(x_0) - Z(x_0)]$ είναι ίσο με μηδέν.

Τέλος, επειδή η πραγματική κατάσταση σε ένα άγνωστο σημείο δε μας είναι γνωστή, χρειαζόμαστε μία μέθοδο για να την εκτιμήσουμε. Επομένως, η μέθοδος kriging είναι ο βέλτιστος γραμμικός αμερόληπτος εκτιμητής της ποσότητας που εκτιμάται. Ουσιαστικά τις ιδιότητες αυτές η μέθοδος kriging τις πληροί γιατί προσδίνει στα δείγματα που συμμετέχουν στην εκτίμηση, βάρη σχεδιασμένα ώστε να υπολογίζεται μια εκτίμηση με το ελάχιστο μέσο τετραγωνισμένο σφάλμα. Αυτό που κάνει το Kriging να διαφέρει από τους άλλους εκτιμητές είναι ότι στηρίζεται σταθερά στο μοντέλο βαριογράμματος ως συνάρτηση βάρους. Εξαιτίας αυτού, τα βάρη του Kriging αποδίδονται κατά τρόπο που να αντικατοπτρίζουν το χωρικό συσχετισμό των ίδιων των δειγμάτων.

Η κανονική μέθοδος Kriging (Ordinary Kriging - OK), βασίζεται στη χωρική συνάρτηση:

$$Z(x) = \mu + \delta(x) \quad (2)$$

όπου, μ ο μέσος όρος και $Z(x)$ τυχαία συνάρτηση με τα χαρακτηριστικά της εσωτερικής σταθερότητας (intrinsic stationarity) και βαριόγραμμα:

$$2\gamma(h) = \text{var}[z(x) - z(x + h)] \quad (3)$$

Σύμφωνα λοιπόν με τη θεωρία των περιφερειακών μεταβλητών, η τιμή μιας συνεχούς χωρικής μεταβλητής δίνεται από το άθροισμα δυο συνισταμένων, μιας πρώτης και μιας δεύτερης τάξης. Αν θεωρήσουμε ότι η συνισταμένη πρώτης τάξης είναι ο γενικευμένος (για ολόκληρη την περιοχή μελέτης) μέσος όρος $\mu(x)$, ο οποίος είναι σταθερός και δεν χρειάζεται να εκτιμηθεί από τις παρατηρηθείσες τιμές (μια τέτοια παραδοχή είναι απόλυτα αποδεκτή στατιστικά, Cressie, 1991). Τότε αν η τιμή αυτή αφαιρεθεί από τις παρατηρούμενες τιμές σε κάθε σημείο του δείγματος τα υπόλοιπα δίνουν τις τιμές $V(x)$ με γνωστή διακύμανση σ^2 .

Λόγω του τρόπου που η στατιστική αντιμετωπίζει τα διάφορα προβλήματα είναι απολύτως κατανοητό να θεωρηθεί ότι οι παραπάνω εκτιμήσεις

αποτελούν ένα γραμμικό, με βάρη, συνδυασμό των παρατηρούμενων τιμών των περιφερειακών μεταβλητών (υπόλοιπα), που παίρνει τη μορφή:

$$V^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i V(x_i) \quad (4)$$

όπου, $V(x_0)$ η εκτιμηθείσα τιμή στη θέση x_0 , $V(x_i)$ η παρατηρηθείσα τιμή στο σημείο x_i , λ_i είναι τα βάρη που αντιστοιχούν σε κάθε σημείο του δείγματος x_i , δηλαδή εξαρτώνται από τη θέση τους σε σχέση με την υπό εκτίμηση θέση x_0 .

Τα βάρη λ_i επιλέγονται έτσι ώστε η εκτίμηση $V(x_0)$ να τηρεί τον όρο της μη-προκατάληψης (αμεροληψίας - unbiased) και η εκτιμηθείσα διακύμανση να είναι μικρότερη από κάθε άλλο γραμμικό συνδυασμό των παρατηρούμενων τιμών.

Η συνθήκη της αμεροληψίας συνεπάγεται ότι:

$$E[V^*(x_0) - V(x_0)] = 0 \quad (5)$$

$$E \left[\left\{ \sum_{i=1}^N \lambda_i V(x_i) \right\} - V(x_0) \right] = 0 \quad (6)$$

Εάν η $V(x)$ είναι στάσιμη, η προσδοκία για το $V(x)$ είναι ίση με το μέσο:

$$E[V(x_i)] = \mu \quad (7)$$

Και επίσης η προσδοκία για την πραγματική περιεκτικότητα $V(x_0)$ είναι ίση με το μέσο:

$$E[V(x_0)] = \mu \quad (8)$$

Έτσι, εάν η $V(x)$ είναι στάσιμη οι αναμενόμενες τιμές για την πραγματική τιμή και κάθε τιμή μετρημένου δείγματος είναι ίσες και οι δυο με το μέσο, και μπορούμε να γράψουμε τη συνθήκη της αμεροληψίας ως εξής:

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i \mu - \mu = 0 \quad (9)$$

Μπορούμε να παραγοντοποιήσουμε την τελευταία έκφραση λαμβάνοντας την τιμή μ ως κοινό παράγοντα:

$$\mu \left(\sum_{i=1}^N \lambda_i - 1 \right) = 0$$

Διαιρώντας και τις δυο πλευρές δια μ έχουμε:

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i - 1 = 0 \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad (11)$$

Με βάση τα παραπάνω, η απαίτηση για βέλτιστη πρόβλεψη οδηγεί στην ελαχιστοποίηση της ποσότητας Q (η αναμενόμενη εις το τετράγωνο διαφορά μεταξύ εκτιμούμενης και πραγματικής τιμής) ως εξής:

$$Q = E[\{(V(x_0) - V^*(x_0))\}^2] = E\left[\left(V(x_0) - \sum_{i=1}^N V(x_i)\right)^2\right] \quad (12)$$

Που μπορεί να πάρει τη μορφή:

$$Q = E\left[\left\{(V(x_0) - \mu) - \sum_{i=1}^N \lambda_i (V(x_i) - \mu)\right\}^2\right] \quad (13)$$

Με ύψωση στο τετράγωνο η σχέση γίνεται:

$$Q = E[(V(x_0) - \mu)^2 - \left\{\sum_{i=1}^N \lambda_i (V(x_i) - \mu)\right\}^2 - 2 \sum_{i=1}^N \lambda_i (V(x_i) - \mu)(V(x_0) - \mu)] \quad (14)$$

Ο μεσαίος όρος της παραπάνω σχέσης μπορεί να γραφεί:

$$\begin{aligned} \left\{\sum_{i=1}^N \lambda_i (V(x_i) - \mu)\right\}^2 &= \left\{\sum_{i=1}^N \lambda_i (V(x_i) - \mu)\right\} \left\{\sum_{j=1}^N \lambda_j (V(x_j) - \mu)\right\} \\ &= \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_i \lambda_j (V(x_i) - \mu)(V(x_j) - \mu) \end{aligned} \quad (15)$$

Με βάση την παραπάνω εξίσωση η (12) γίνεται:

$$\begin{aligned}
Q &= E[(V(x_0) - \mu)^2] \\
&+ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_i \lambda_j E[(V(x_i) - \mu)(V(x_j) - \mu)] \\
&- 2 \sum_{i=1}^N \lambda_i (V(x_i) - \mu)(V(x_0) - \mu)
\end{aligned}$$

Από τους τρεις όρους, ο πρώτος είναι η διασπορά της τυχαίας συνάρτησης δηλαδή $C(x_0, x_0)$, στο μεσαίο όρο η αναμενόμενη ποσότητα είναι η συνδιασπορά των μεταβλητών στις θέσεις x_i, x_j , δηλαδή $C(x_i, x_j)$, ενώ στον τρίτο όρο η αναμενόμενη ποσότητα είναι η συνδιασπορά της μεταβλητής που θέλουμε να προβλεφθεί και της μεταβλητής στη θέση x_i , δηλαδή $C(x_i, x_0)$, επομένως:

$$Q = C(x_0, x_0) + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_i \lambda_j C(x_i, x_j) - 2 \sum_{i=1}^N \lambda_i C(x_i, x_0) \quad (16)$$

$$= \gamma(x_0, x_0) + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i, x_j) - 2 \sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, x_0) \quad (17)$$

Σύμφωνα με τη θεωρία για την ελαχιστοποίηση της τιμής μιας συνάρτησης (Q) από λ_i χρειάζεται να θέσουμε τις μερικές παραγώγους ως προς τα λ_i να είναι μηδέν. Όταν υπάρχει σταθερά ($C=0$) η αρχή Lagrange αναφέρει ότι πρέπει να ελαχιστοποιηθεί η $\Phi=Q+2gC$, όπου g είναι ο συντελεστής Lagrange.

Με βάση τις εξισώσεις (10) και (17) η Φ παίρνει τη μορφή:

$$\Phi = \gamma(x_0, x_0) + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i, x_j) - 2 \sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, x_0) + 2g \left(\sum_{i=1}^N \lambda_i - 1 \right) \quad (18)$$

Όπως αναφέρθηκε οι βέλτιστοι παράμετροι που ελαχιστοποιούν την Q προκύπτουν από το μηδενισμό των μερικών πρώτων παραγώγων της Φ ως προς λ και g, επομένως:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \lambda_i} = 0 \Rightarrow \sum_{j=1}^N \lambda_j \gamma(x_i, x_j) + g = \gamma(x_0, x_i) \quad j = 1, 2, 3, \dots, N$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial g} = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad i = 1, 2, 3, \dots, N$$

Οι παραπάνω αποτελούν και το σύστημα εξισώσεων της κανονικής μεθόδου kriging (Ordinary Kriging – OK), η επίλυση του οποίου μας δίνει τους βέλτιστους σταθμικούς συντελεστές για την πρόβλεψη $z^*(x_0)$. Γράφοντας το σύστημα ως

$$A X = B \text{ ή } X=B/A$$

Όπου,

$$[X] = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_N \\ 1 \end{bmatrix}, [B] = \begin{bmatrix} \gamma(x_0, x_1) \\ \gamma(x_0, x_2) \\ \vdots \\ \gamma(x_0, x_N) \\ 1 \end{bmatrix}, [A] = \begin{bmatrix} 0 & \gamma(x_1, x_2) & \dots & \gamma(x_1, x_N) & 1 \\ \gamma(x_2, x_1) & 0 & \dots & \gamma(x_2, x_N) & 1 \\ \gamma(x_3, x_1) & \gamma(x_3, x_2) & \dots & \gamma(x_3, x_N) & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma(x_N, x_1) & \gamma(x_N, x_2) & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Αφού υπολογιστούν οι συντελεστές λ υπολογίζεται η Q ενώ από την (4) προσδιορίζεται η ζητούμενη τιμή $V^*(x_0)$.

Cokriging (CK)

Η μέθοδος cokriging επιτυγχάνει την επέκταση της αρχής της καλύτερης εκτίμησης κάνοντας χρήση της θεωρίας των περιφερειακών μεταβλητών (regionalized variables) στις περιπτώσεις αυτές, όπου υπάρχουν δύο ή περισσότερες μεταβλητές που εμφανίζεται χωρική εξάρτηση των τιμών τους

και καλούνται συνχωρικές (co-regionalized) (McBratney and Webster, 1983). Μέσω αυτού του τρόπου, δίνεται η δυνατότητα εκτίμησης της χωρικής μεταβολής των τιμών μίας ιδιότητας για την οποία διαθέτουμε μικρό αριθμό δεδομένων, από τη χωρική μεταβολή μίας συνμεταβλητής της για την οποία έχουμε επαρκή δεδομένα. Βασική προϋπόθεση για να γίνει αυτό είναι η ύπαρξη στατιστικά σημαντικής συσχέτισης μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Έστω δύο σύνολα τιμών Y και V χωρικά εξαρτημένων, τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πληροφορίες για τη χωρική διακύμανση της V με σκοπό να βελτιώσουμε την πρόβλεψη της Y . Η cokriging τιμή της μεταβλητής Y υπολογίζεται ως η σταθμισμένη μέσω των κατάλληλων συντελεστών, μέση τιμή των τιμών από γνωστές θέσεις μεταβλητών Y και V . Στην εκτίμηση αυτή συνυπολογίζονται μόνο όσες τιμές βρίσκονται μέσα σε προκαθορισμένη απόσταση από το εκτιμώμενο σημείο. Εάν υπάρχουν n μεταβλητές $n=1,2,\dots,V$ και κάθε μια έχει μετρηθεί σε n_V θέσεις $x_{ik}=1,2,\dots,n_k$, τότε η τιμή της μεταβλητής Y στο x_0 εκτιμάται ως:

$$z_Y^*(x_0) = \sum_{k=1}^V \sum_{i=1}^{n_V} \lambda_{ik} z(x_{ik}) \quad (34) \quad \text{για όλα τα } V_k$$

Για να έχουμε όσο το δυνατόν πιο ικανοποιητικές εκτιμήσεις και να αποφύγουμε την εισαγωγή λαθών θα πρέπει οι σταθμικοί συντελεστές να ικανοποιούν τις παρακάτω συνθήκες:

$$\sum_{i=1}^{n_V} \lambda_{ik} = 1 \quad \text{για } Y = V$$

και

$$\sum_{i=1}^{n_V} \lambda_{ik} = 0 \quad \text{για } Y \neq V$$

Υπάρχει μία εξίσωση για κάθε συνδυασμό θέσης δειγματοληψίας και μεταβλητής. Έτσι για να υπολογίσουμε την τιμή της μεταβλητής j στη θέση x_0 η εξίσωση για την g θέση δειγματοληψίας της k μεταβλητής είναι:

$$\sum_{j=1}^V \sum_{i=1}^{n_V} \lambda_{ij} \gamma_{ij}(x_{ij}, x_{gk}) + m_k = \gamma_{YV}(x_0, x_{gk}) \quad (19)$$

Για όλα τα g από 1 έως n_V και για όλα τα k από το 1 έως το V , όπου m_k είναι ο συντελεστής Lagrange.

Η μελέτη της ύπαρξης της χωρικής εξάρτησης γίνεται μέσω του συνβαριογράμματος (cross-variogram) το οποίο υπολογίζεται από τα δεδομένα σύμφωνα με τον τύπο:

$$\gamma_{YV}(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z_Y(x_i) - z_Y(x_i + h)][z_V(x_i) - z_V(x_i + h)] \quad (20)$$

όπου, $n(h)$ ο αριθμός των ζευγών δεδομένων στις θέσεις x_i και x_i+h σε δεδομένη απόσταση και διεύθυνση h .

Εκτίμηση σφάλματος – Αξιολόγηση πρόβλεψης

Ένα από τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής γεωστατιστικών μεθόδων για την πρόβλεψη ιδιοτήτων, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι ότι εμπεριέχει την αβεβαιότητα, με την έννοια ότι προσπαθεί να επιτύχει την ελαχιστοποίηση της. Παρόλα αυτά, είναι αναπόφευκτο το ότι διαφόρων ειδών σφάλματα υπεισέρχονται στη διαδικασία της πρόβλεψης. Το σφάλμα της πρόβλεψης υπολογίζεται από τις κανονικές εξισώσεις Kriging αλλά είναι ικανό από μόνο του να πραγματοποιήσει συνολική αξιολόγηση της γεωστατιστικής μεθόδου (Cressie, 1993).

Ο προσδιορισμός του σφάλματος γίνεται και μέσω της μεθόδου Jack-knifing ή Cross Validation (διασταύρωση επαλήθευσης) που είναι ευρέως διαδεδομένη στην αξιολόγηση της ακρίβειας των διαφόρων γεωστατιστικών μεθόδων (Voltz and Webster, 1990, Webster and Olive, 2001). Η μέθοδος αυτή εφαρμόζει την εξαίρεση της τιμής ενός σημείου και υπολογισμό αυτής από τις τιμές των υπολοίπων. Η ίδια διαδικασία λαμβάνει χώρα για το σύνολο των τιμών μας και κατόπιν ακολουθεί σύγκριση μεταξύ της πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής για κάθε σημείο. Η μέθοδος αυτή εμφανίζεται εξαιρετικά χρήσιμη για τη συγκριτική αξιολόγηση διαφορετικών μεθόδων. Μέθοδοι με μικρότερο σφάλμα στα γνωστά σημεία, μπορεί να θεωρηθεί ότι αποδίδουν καλύτερα παντού, έτσι με βάση την Cross Validation μπορεί να επιλεγθεί το μοντέλο βαριογράμματος με τη μεγαλύτερη ακρίβεια πρόβλεψης. Επιπλέον, όμως, μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την ακρίβεια των αρχικών παραδοχών και την ποιότητα των δεδομένων. Εφαρμογή της Cross Validation πραγματοποιείται με υπολογισμό διάφορων δεικτών από τις πραγματικές και εκτιμώμενες τιμές. Οι δείκτες αυτοί περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z^*(x_i)] \quad (21)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]^2} \quad (22)$$

$$ASE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma^2(x_i)} \quad (23)$$

$$MSPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{ME}{\sigma^2(x_i)} \quad (24)$$

$$RMSS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{ME}{\sigma^2(x_i)} \right)^2} \quad (25)$$

όπου, n είναι ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας, $z^*(x_i)$ είναι η εκτιμώμενη τιμή στο σημείο x_i και $z(x_i)$ είναι η μετρημένη τιμή στο σημείο x_i και $\sigma^2(x_i)$ είναι το τυπικό σφάλμα της πρόβλεψης στο σημείο x_i (Krauchenko and Bullock, 1999, Johnston et al., 2001, Webster and Oliver, 2001).

Εάν η μέθοδος παρεμβολής είναι αμερόληπτη τότε το μέσο σφάλμα Mean Error - ME (21) πρέπει να είναι μηδέν. Ο δείκτης ME αν και μετρά την ακρίβεια πρόβλεψης δεν αποτελεί γενικά ένα ισχυρό διαγνωστικό μέσο για την αξιολόγηση της πρόβλεψης γιατί είναι ευαίσθητος στα σφάλματα του βαριογράμματος. Αν διαιρέσουμε το ME με το $\sigma^2(x_i)$ τότε προκύπτει ο δείκτης Mean Standardized Predicted Error – MSPE (24). Μία μέθοδος χαρακτηρίζεται ακριβής αν ο δείκτης MSPE είναι κοντά στη μονάδα. Επίσης αξιόπιστη θεωρείται μια μέθοδος όταν ο δείκτης Root Mean Squared Error – RMSE (22) (παίρνει όσο το δυνατόν μικρότερες τιμές) είναι ίσος με το $\sigma^2(x_i)$, άρα και ο δείκτης Root Mean Square Standardized Prediction Error – RMSS (25) που προκύπτει από το λόγο τους πρέπει να είναι ίσο με 1. Εάν ο RMSS είναι μεγαλύτερος από 1, τότε έχουμε υποεκτιμήσει τις τιμές της μεταβλητής που μας ενδιαφέρει, και αντίστροφα. Επιπλέον ο δείκτης Average Standardized Error – ASE (23) που εκφράζεται από το λόγο της εκτιμώμενης προς την πραγματική διακύμανση πρέπει να είναι κοντά στη μονάδα, εάν είναι μικρότερος από τον RMSP τότε έχουμε επίσης υποεκτιμήσει τις τιμές των μεταβλητών που μας ενδιαφέρουν, και αντίστροφα (Wackernagel, 1995, Johnston et al., 2001, Webster and Oliver, 2001).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

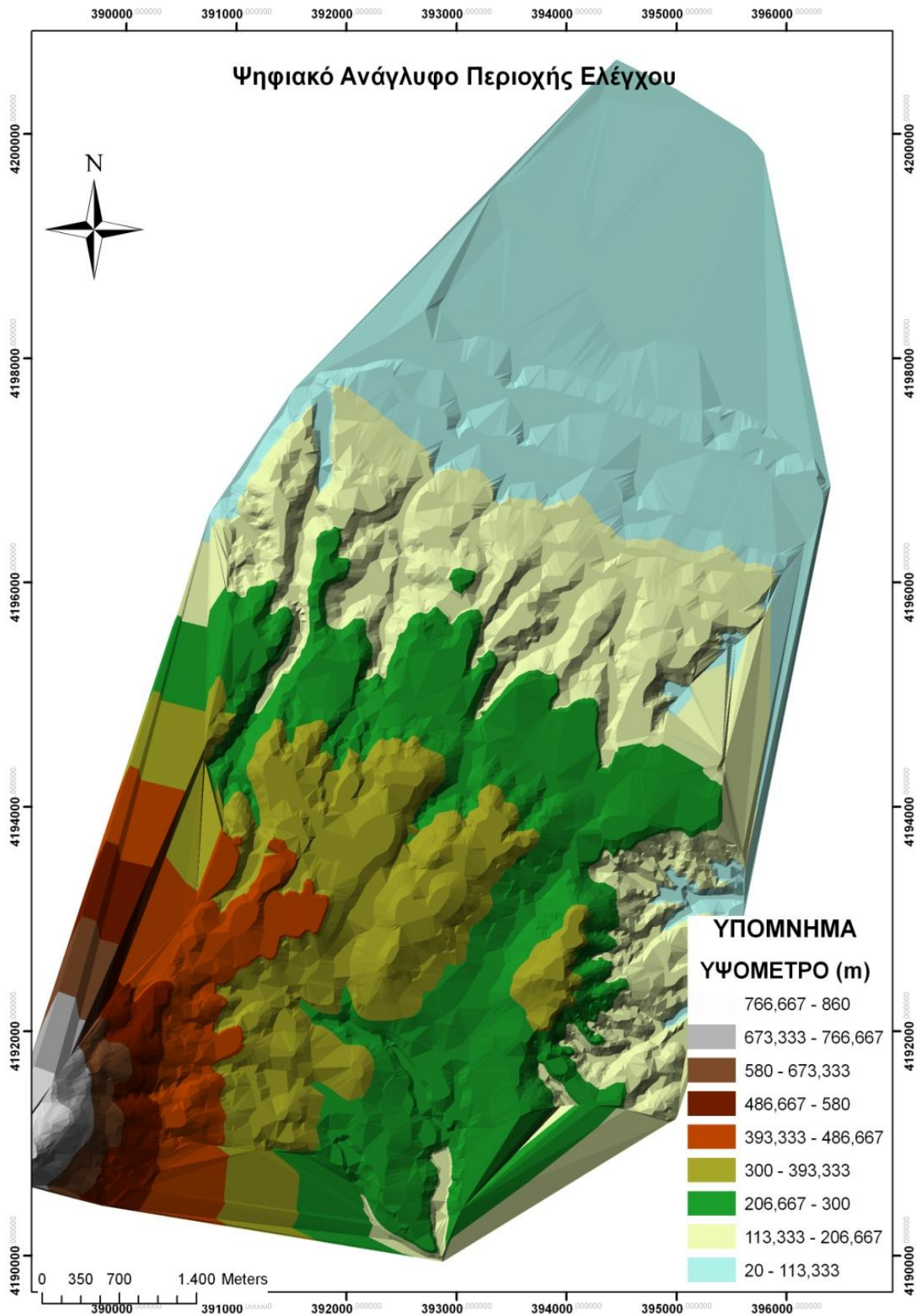
Στο πλαίσιο του σχεδιασμού της παρούσας μελέτης, θέλοντας να αξιολογήσουμε την εμφάνιση, τη χωρική και χρονική κατανομή του επιβλαβούς εντόμου *Planococcus ficus* και του παρασιτοειδούς του *Anagyrus pseudococci* στους αμπελώνες ελέγχου, επικεντρωθήκαμε σε πέντε βασικά ερωτήματα:

- Υπάρχει κάποια τάση της χωρο-χρονικής εμφάνισης των πληθυσμών των δύο εντόμων, του ψευδόκοκκου της αμπέλου και του παρασιτοειδούς του.
- Επηρεάζει το είδος της γειτονικής καλλιέργειας των αμπελώνων ελέγχου, τον πληθυσμό του επιβλαβούς εντόμου *P. ficus*;
- Επηρεάζει το είδος της ποικιλίας των αμπελώνων ελέγχου (Σουλτανίνα ή Βικτώρια), τον πληθυσμό του επιβλαβούς εντόμου *P. ficus*;
- Επηρεάζει το υψόμετρο των αμπελώνων ελέγχου, και συγκεκριμένα των παγίδων που έχουν τοποθετηθεί εντός αυτών, τον πληθυσμό του επιβλαβούς εντόμου *P. ficus*;
- Επηρεάζει η παρουσία του παρασιτοειδούς *A. pseudococci*, φυσικού εχθρού του εντόμου *P. ficus*, τον πληθυσμό του επιβλαβούς εντόμου;

ΨΜΕ (DEM)

Για την προσέγγιση των προηγούμενων ερωτημάτων πριν από οποιαδήποτε άλλη επεξεργασία, δημιουργήθηκε το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) (χρήση ισοΰψών ισοδιάστασης 20 μέτρων) της περιοχής ελέγχου (Εικόνα 4).

Μέσω του DEM, μελετώντας το σχολαστικότερα, μπορούμε να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα για το ιδιαίτερο του αναγλύφου της περιοχής και να αντιληφθούμε καλύτερα τη χωροταξική τοποθέτηση των παγίδων, μία διάταξη η οποία ακολουθώντας τη μορφολογία του εδάφους, ποικίλλει τόσο σε υψομετρικές διαφορές, όσο και σε διαφορές φυτοκάλυψης.



Εικόνα 4. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) Περιοχής μελέτης.

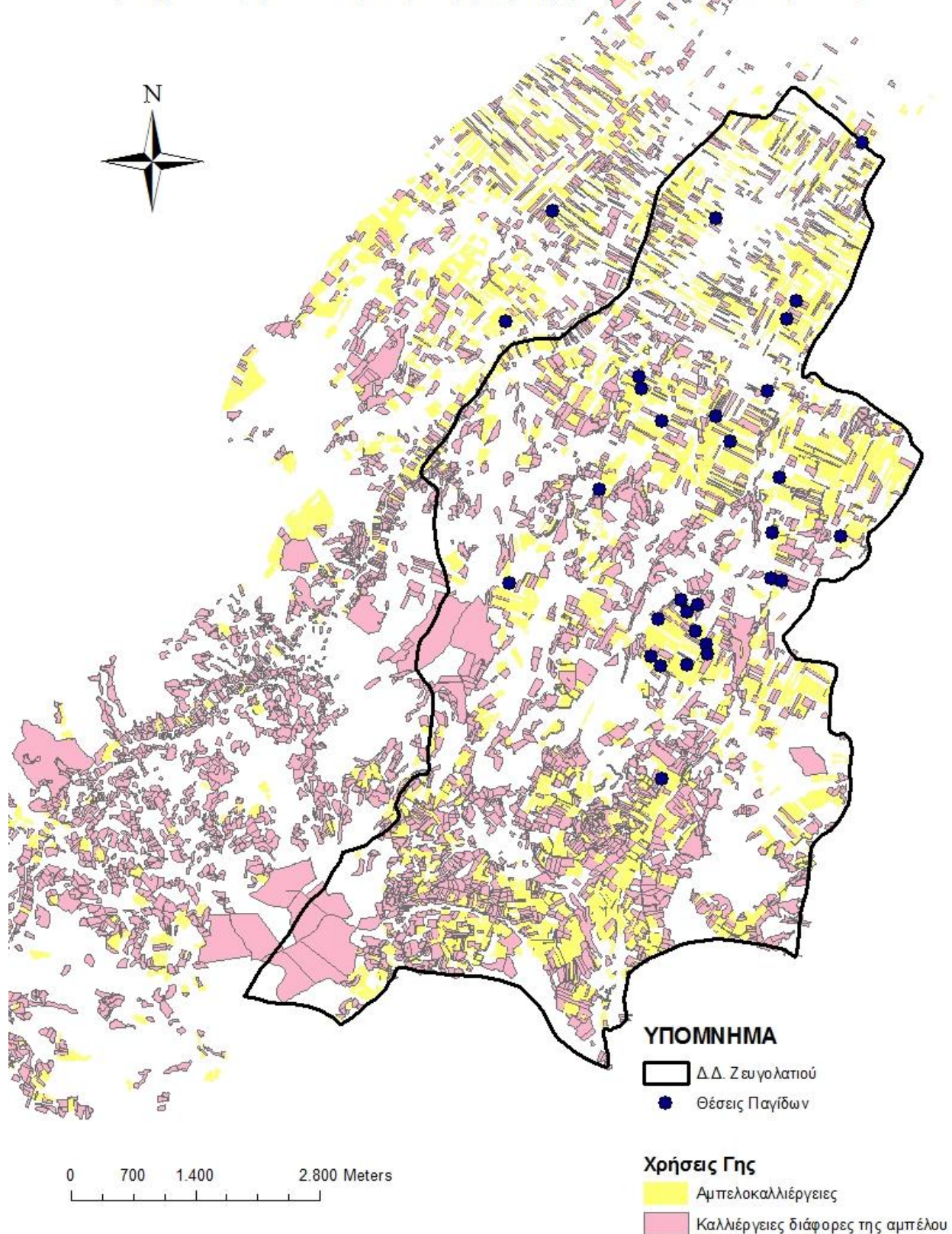
Επικρατούσα χρήση γης ανά παγίδα

Από το Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης & Ελέγχου (ΟΣΔΕ), το οποίο κάθε χρόνο, ανανεώνεται εκ νέου, για το ακριβές είδος του συνόλου των καλλιεργειών ανά την επικράτεια, εξάγαμε στοιχεία και καθορίσαμε πλήρως, τί είδους καλλιέργεια περιβάλλει τους αμπελώνες στους οποίους τοποθετήσαμε τις παγίδες (Εικόνα 5).

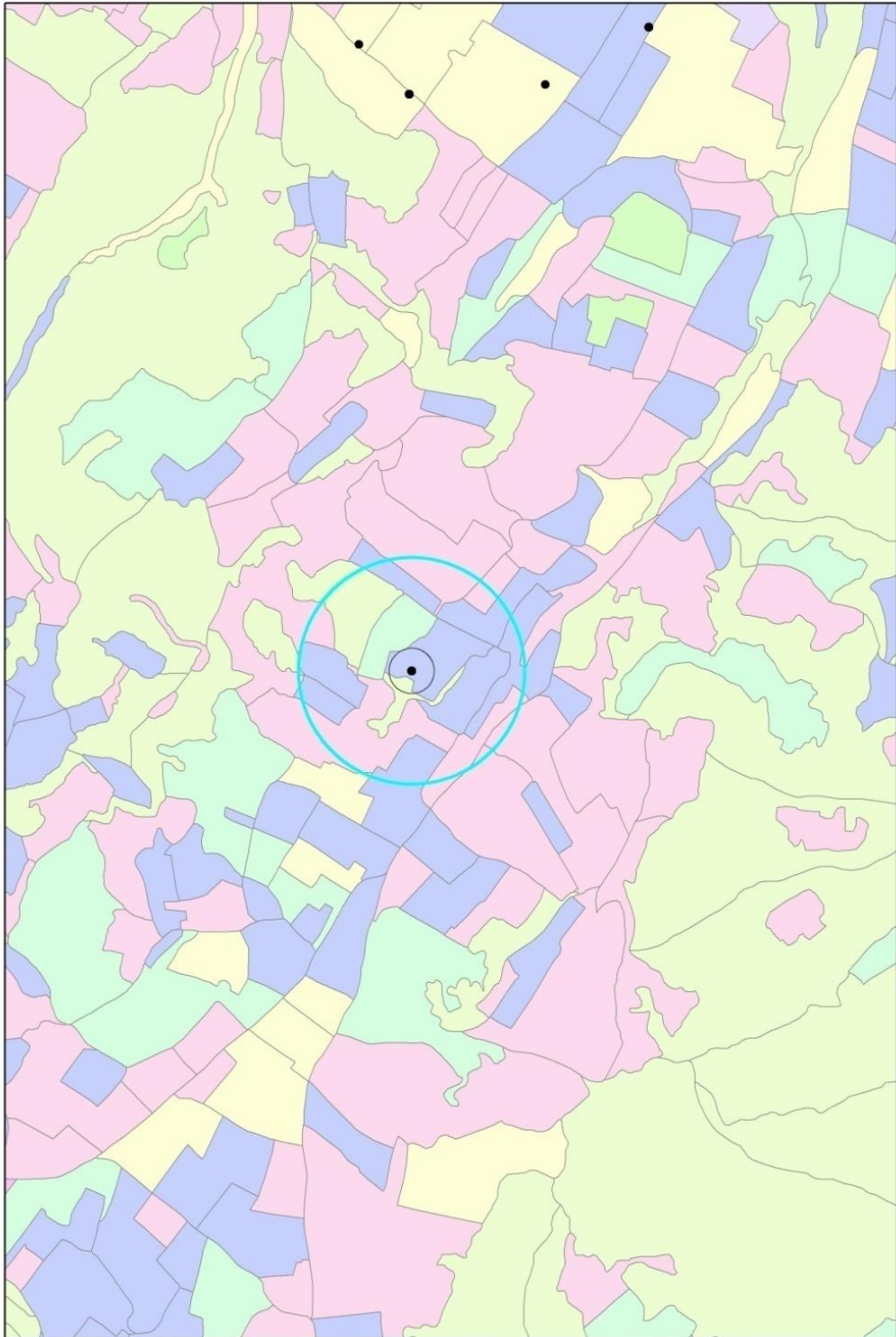
Με διαδικασίες ανάλυσης χωρικών δεδομένων σε περιβάλλον GIS, ανά παγίδα, αποτυπώθηκαν οι επικρατούσες χρήσεις γης και καταχωρήθηκε κωδικοποιημένη πλέον, ως μια καινούργια ιδιότητα ανά παγίδα, ο χαρακτηρισμός της «γειτονιάς».

Μέσω αυτής της διαδικασίας, σε κάθε μία από τις τριάντα θέσεις παγιδοθέτησης, αναγνωρίστηκε η επικρατούσα χρήση σε μια buffer ζώνη 200 μέτρων (Εικόνα 6) και της αποδώσαμε χαρακτηρισμό, είτε ως παγίδα που βρίσκεται ανάμεσα σε ελαιοκαλλιέργειες είτε ως παγίδα που βρίσκεται ανάμεσα σε μόνιμες καλλιέργειες εσπεριδοειδών (Πίνακας 4).

Χάρτης καλλιεργειών στην ευρύτερη περιοχή του Ζευγολατιού Κορινθίας



Εικόνα 5. Χρήσεις γης σύμφωνα με το ψηφιακό αρχείο ΟΣΔΕ – ΟΠΕΚΕΠΕ.



Εικόνα 6. Εφαρμογή buffer zone γύρω από κάθε παγίδα.

Πίνακας 2. Επικρατούσα χρήση (των γειτονικών καλλιεργειών) ανά παγίδα.

ΠΑΓΙΔΑ	ΕΙΔΟΣ ΓΕΙΤΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ
M1	ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ
M2	ΕΛΙΑ
M3	ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ
M4	ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ
M5	ΕΛΙΑ
M6	ΕΛΙΑ
M7	ΕΛΙΑ
M8	ΕΛΙΑ
M9	ΕΛΙΑ
M10	ΕΛΙΑ
M11	ΕΛΙΑ
M12	ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ
M13	ΕΛΙΑ
M14	ΕΛΙΑ
M15	ΕΛΙΑ
M16	ΕΛΙΑ
M17	ΕΛΙΑ
M18	ΕΛΙΑ
M19	ΕΛΙΑ
M20	ΕΛΙΑ
M21	ΕΛΙΑ
M22	ΕΛΙΑ
M23	ΕΛΙΑ
M24	ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ
M25	ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ
M26	ΕΛΙΑ
M27	ΕΛΙΑ
M28	ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ
M29	ΕΛΙΑ
M30	ΕΛΙΑ

Μονομεταβλητές αναλύσεις

Τα αποτελέσματα των μονομεταβλητών αναλύσεων για τις 21 μετρήσεις ανά παγίδα παρατίθενται στους Πίνακες 3 και 4.

Πίνακας 3. Πίνακας μονομεταβλητών αναλύσεων *P. ficus* ανά παγίδα για το σύνολο των χρονικών μετρήσεων.

ΠΑΓΙΔΑ	Εύρος	Σύνολο	Minimum	Maximum	Μέση τιμή		Std. Deviation
					Statistic	Std. Error	
M1	90	262	0,00	90	12,47	4,95	22,72
M2	3	19	0,00	3	0,90	0,22	1,04
M3	2	2	0,00	2	0,09	0,09	0,43
M4	3	9	0,00	3	0,42	0,17	0,81
M5	16	80	0,00	16	3,80	0,98	4,52
M6	6	49	0,00	6	2,33	0,41	1,87
M7	22	89	0,00	22	4,23	1,41	6,50
M8	66	232	0,00	66	11,04	3,15	14,47
M9	50	135	0,00	50	6,42	2,40	11,02
M10	12	27	0,00	12	1,28	0,61	2,81
M11	53	160	0,00	53	7,61	3,31	15,21
M12	24	86	0,00	24	4,09	1,47	6,78
M13	45	159	0,00	45	7,57	2,75	12,62
M14	115	318	0,00	115	15,14	6,34	29,09
M15	65	222	0,00	65	10,57	3,46	15,88
M16	12	56	0,00	12	2,66	0,86	3,96
M17	40	206	0,00	40	9,80	2,24	10,28
M18	27	108	0,00	27	5,14	1,65	7,57
M19	30	94	0,00	30	4,47	1,57	7,22
M20	64	137	0,00	64	6,52	3,12	14,31
M21	11	63	0,00	11	3	0,67	3,08
M22	80	359	0,00	80	17,09	5,46	25,05
M23	10	57	0,00	10	2,71	0,63	2,90
M24	34	220	0,00	34	10,47	2,35	10,81
M25	134	588	0,00	134	28	7,47	34,25
M26	8	35	0,00	8	1,66	0,47	2,17

M27	19	66	0,00	19	3,14	1,03	4,73
M28	15	44	0,00	15	2,09	0,80	3,67
M29	11	32	0,00	11	1,52	0,55	2,54
M30	23	99	0,00	23	4,71	1,3041	5,97

Πίνακας 4. Πίνακας μονομεταβλητών αναλύσεων A. pseudococci για το σύνολο των χρονικών μετρήσεων.

ΠΑΓΙΔΑ	Εύρος	Sum	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation
					Statistic	Std. Error	
M1	2,00	3	0,00	2,00	0,14	0,10	0,47
M2	24,00	85	0,00	24,00	4,04	1,65	7,57
M3	1,00	1	0,00	1,00	0,04	0,04	0,21
M4	28,00	79	0,00	28,00	3,76	1,42	6,54
M5	19,00	62	0,00	19,00	2,95	1,08	4,97
M6	30,00	113	0,00	30,00	5,38	1,91	8,76
M7	8,00	29	0,00	8,00	1,38	0,46	2,13
M8	3,00	11	0,00	3,00	0,52	0,21	0,98
M9	10,00	34	0,00	10,00	1,61	0,61	2,80
M10	7,00	30	0,00	7,00	1,42	0,50	2,33
M11	16,00	40	0,00	16,00	1,90	0,83	3,81
M12	12,00	35	0,00	12,00	1,66	0,64	2,93
M13	5,00	14	0,00	5,00	0,66	0,28	1,31
M14	22,00	84	0,00	22,00	4,00	1,34	6,15
M15	14,00	70	0,00	14,00	3,33	0,94	4,35
M16	26,00	102	0,00	26,00	4,85	1,58	7,26
M17	6,00	23	0,00	6,00	1,09	0,40	1,84
M18	30,00	75	0,00	30,00	3,57	1,48	6,82
M19	67,00	121	0,00	67,00	5,76	3,15	14,47
M20	7,00	24	0,00	7,00	1,14	0,40	1,87
M21	6,00	31	0,00	6,00	1,47	0,42	1,93
M22	28,00	73	0,00	28,00	3,47	1,36	6,24
M23	14,00	62	0,00	14,00	2,95	0,88	4,05
M24	12,00	44	0,00	12,00	2,09	0,71	3,28

M25	20,00	94	0,00	20,00	4,47	1,28	5,87
M26	4,00	6	0,00	4,00	0,28	0,19	0,90
M27	10,00	43	0,00	10,00	2,04	0,60	2,78
M28	39,00	193	0,00	39,00	9,19	2,87	13,15
M29	28,00	97	0,00	28,00	4,61	1,62	7,43
M30	2,00	32	0,00	2,00	0,14	0,10	0,47

3.1. ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΣΒΟΛΩΝ

Στους χάρτες που παρατίθενται στις σελίδες που ακολουθούν (Εικόνα 7 έως 27), απεικονίζονται σχηματικά οι πληθυσμοί του εντόμου *Planococcus ficus*, ανά παγίδα και χρονική μέτρηση.

Επεξεργαζόμενοι τα δεδομένα που αφορούν στον πληθυσμό του εντόμου *Planococcus ficus*, παρατηρούμε ότι κατά την περίοδο δειγματοληψίας, συνολικά 3997 αρσενικά έντομα παγιδεύτηκαν στις φερομονικές παγίδες που τοποθετήθηκαν στην περιοχή ελέγχου. Στο Διάγραμμα 1 παριστάνεται γραφικά ο πληθυσμός του εν λόγω εντόμου, ανά παγίδα και χρονική μέτρηση.



Εικόνα 7. Χωρική κατανομή του πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 05/05/2005.



Εικόνα 8. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 15/05/2005.



Εικόνα 9. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 21/05/2005.



Εικόνα 10. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 28/05/2005.



Εικόνα 11. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 04/06/2005.



Εικόνα 12. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 11/06/2005.



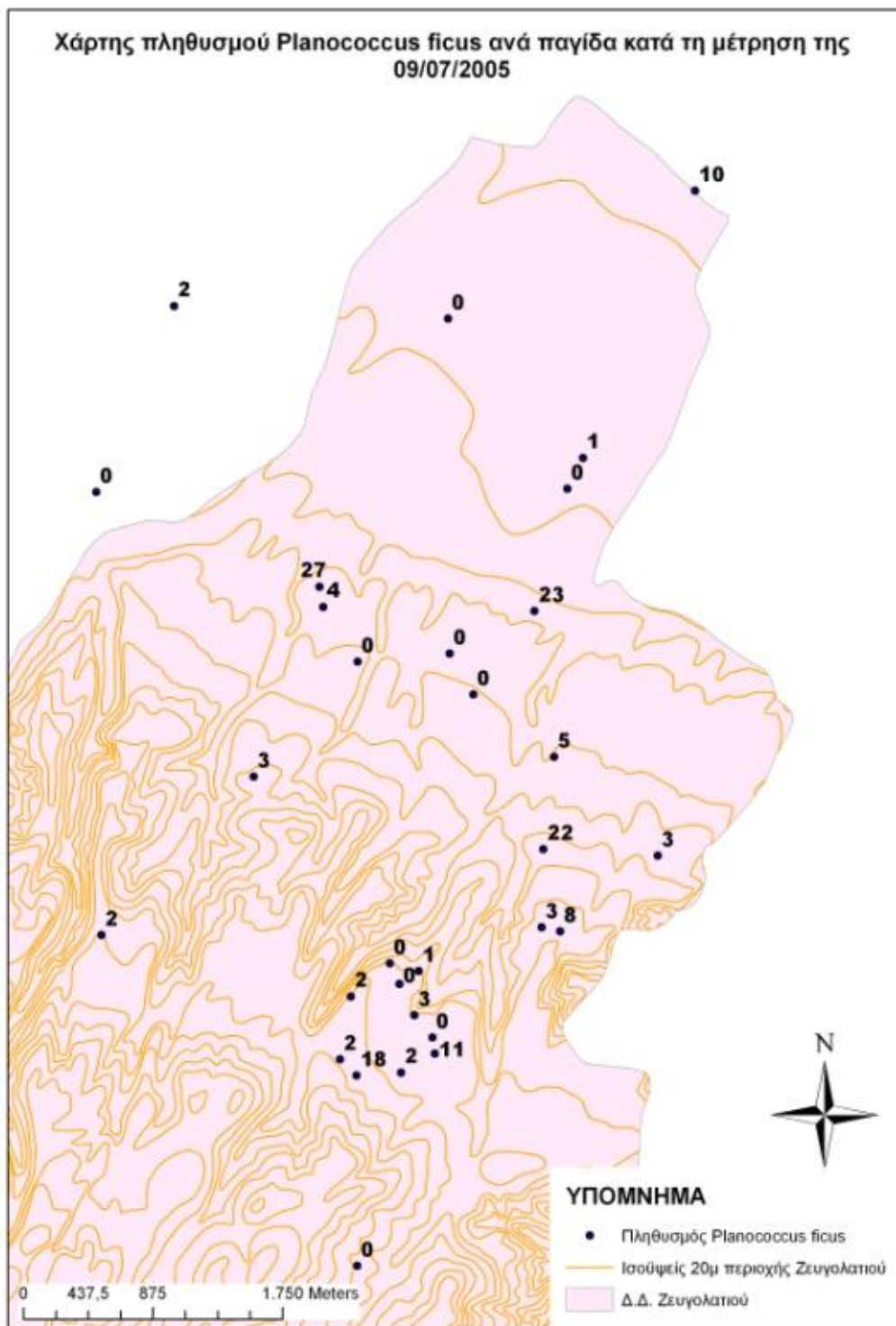
Εικόνα 13. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 19/06/2005.



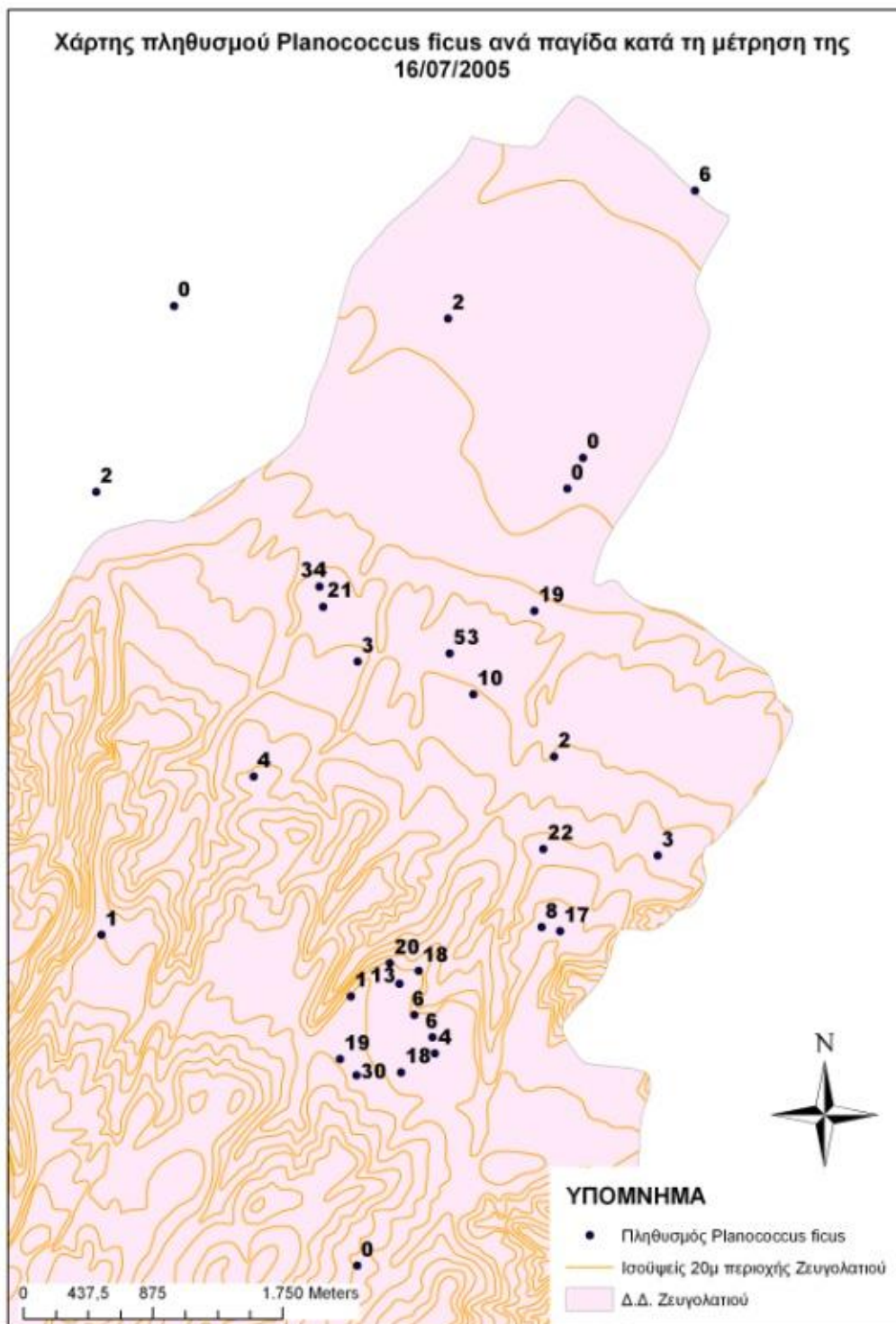
Εικόνα 14. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 27/06/2005.



Εικόνα 15. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 02/07/2005.



Εικόνα 16. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 09/07/2005.



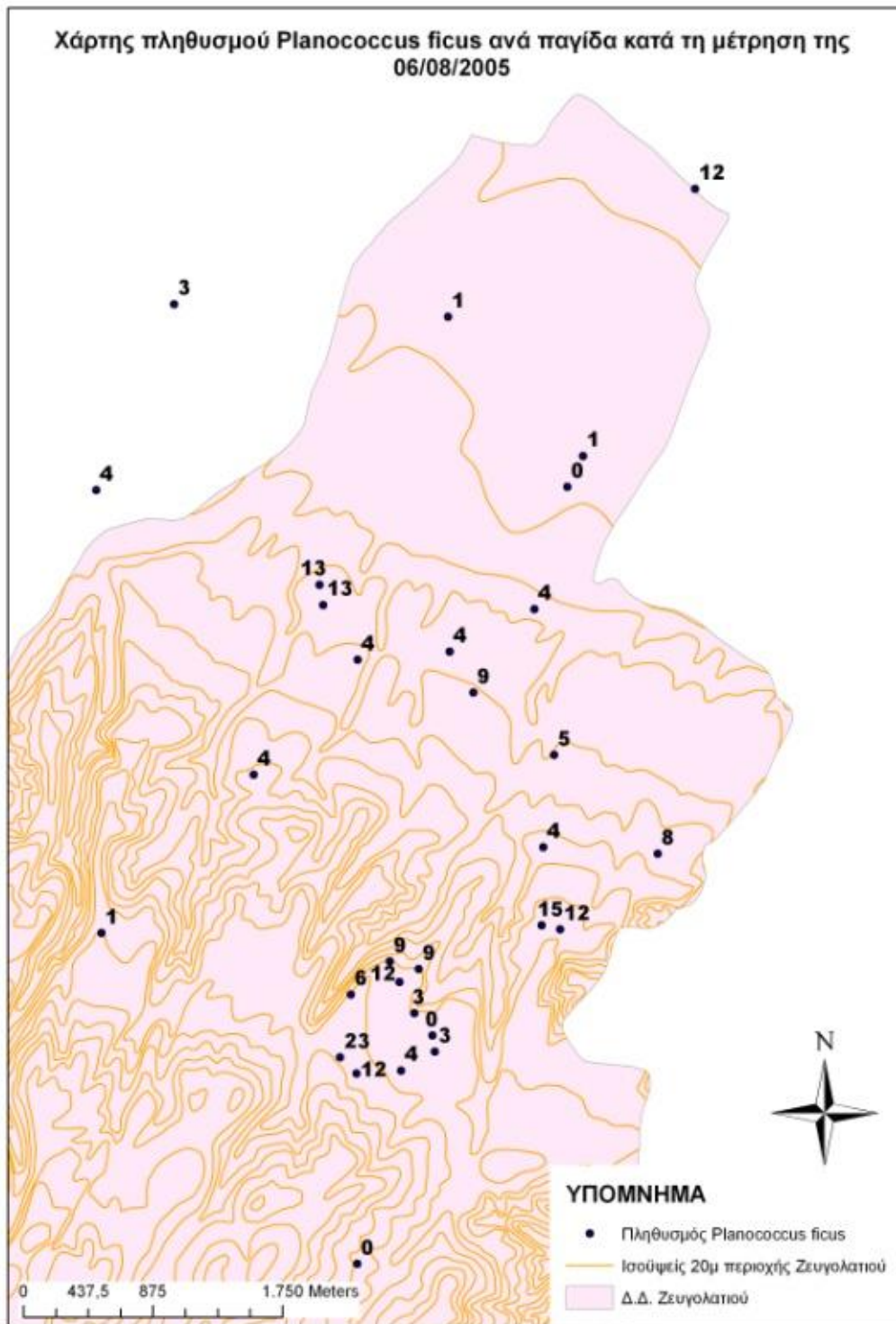
Εικόνα 17. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 16/07/2005.



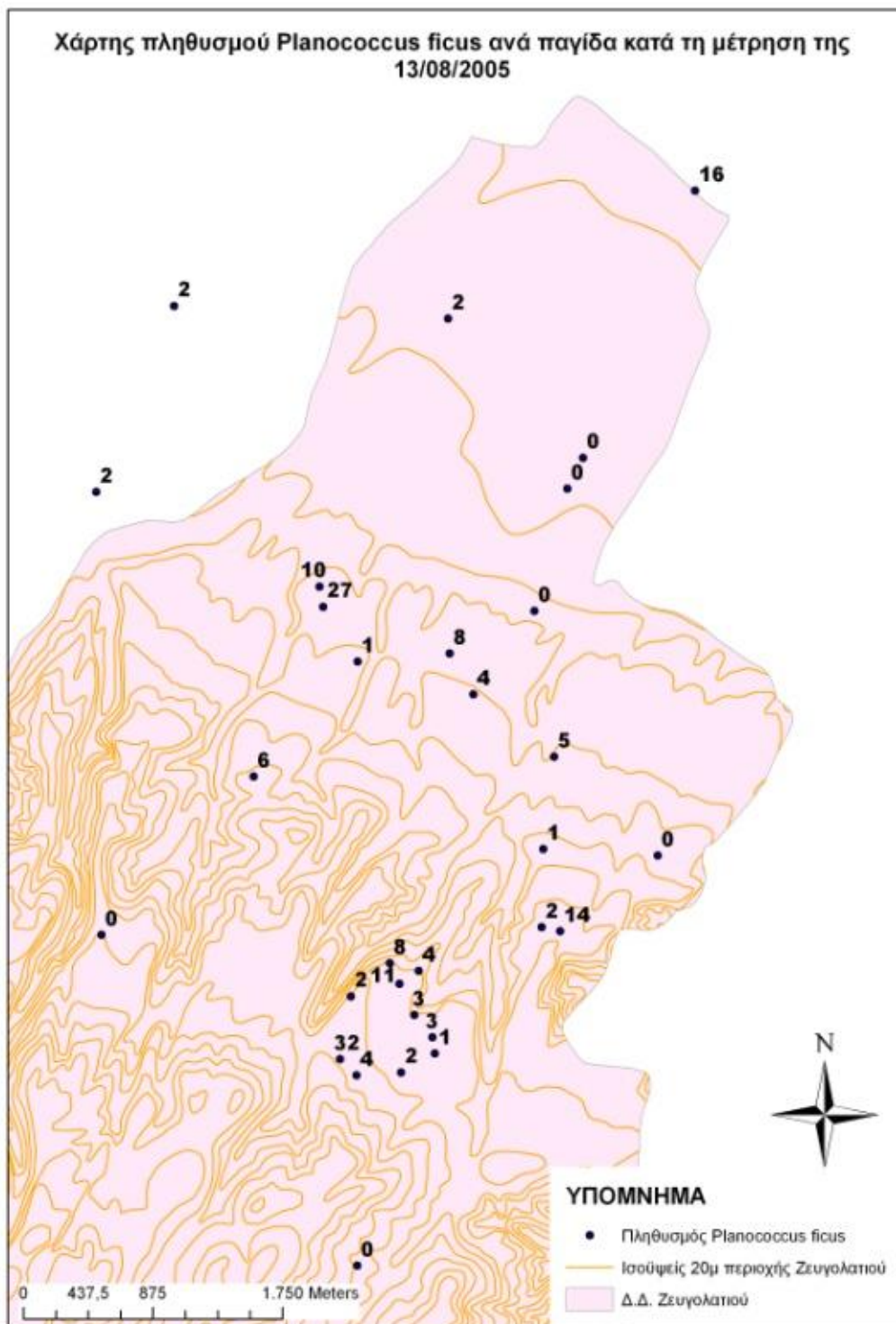
Εικόνα 18. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 23/07/2005.



Εικόνα 19. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 30/07/2005.



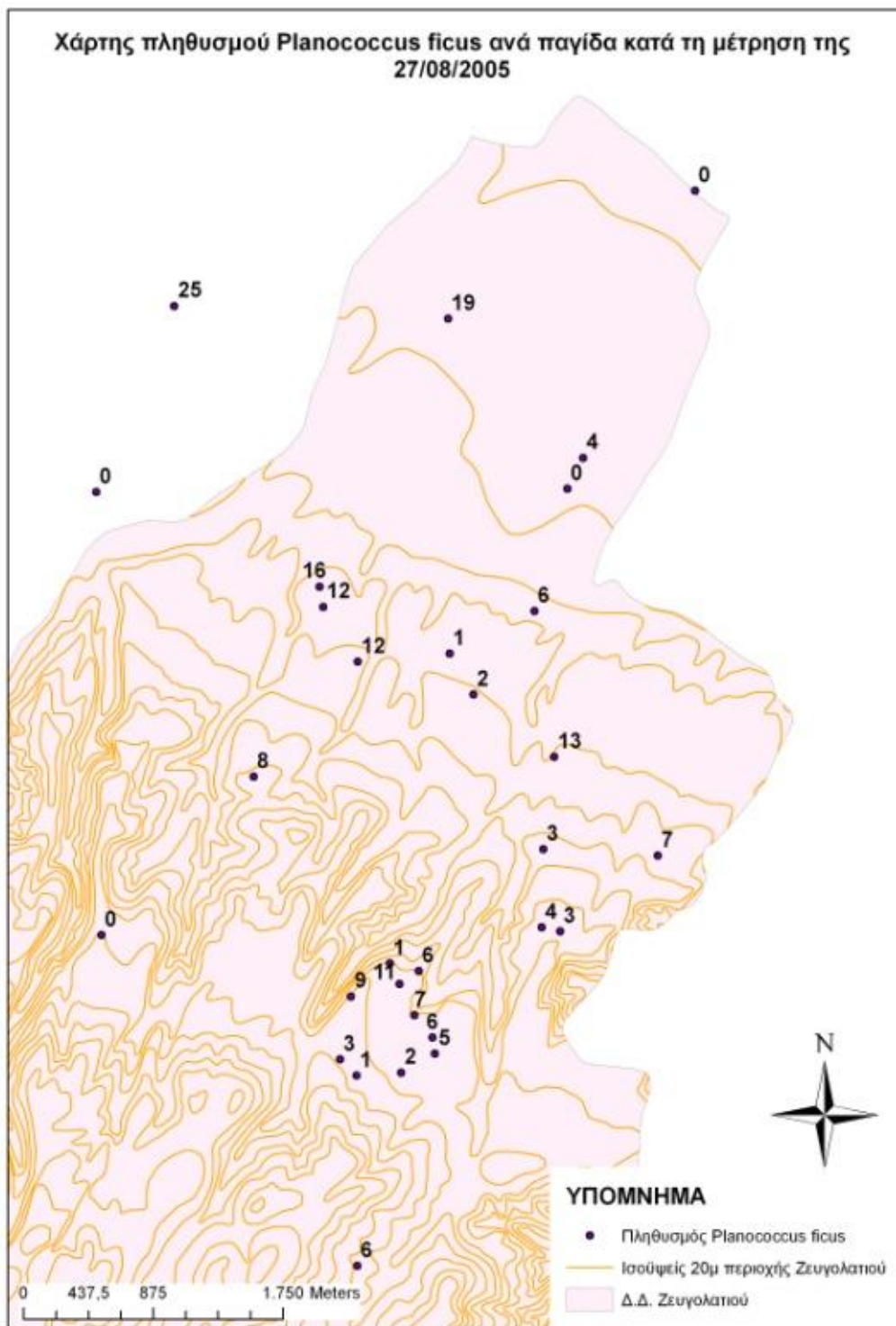
Εικόνα 20. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 06/08/2005.



Εικόνα 21. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 13/08/2005.



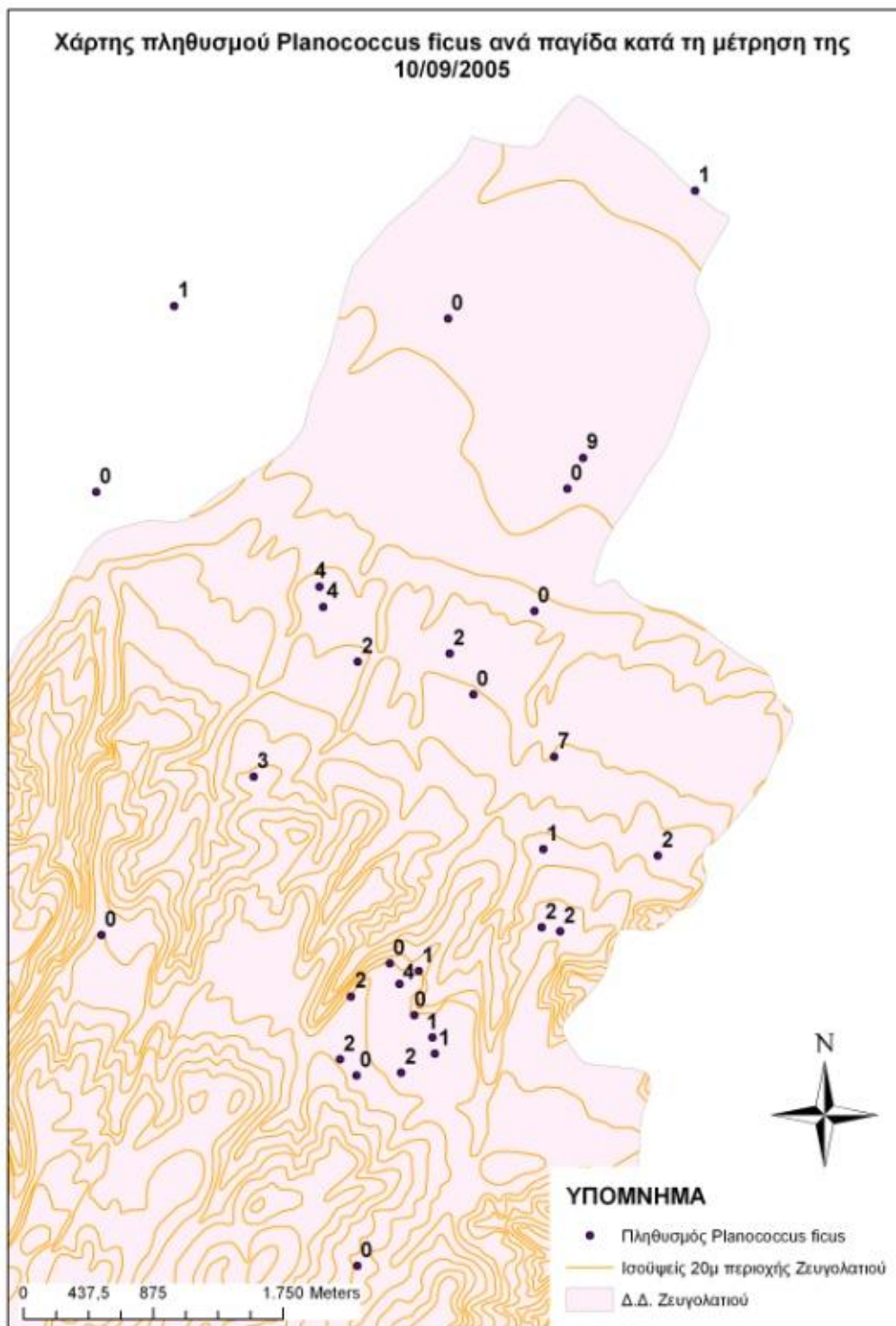
Εικόνα 22. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 20/08/2005.



Εικόνα 23. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 27/08/2005.



Εικόνα 24. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 03/09/2005.



Εικόνα 25. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 10/09/2005.



Εικόνα 26. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 17/09/2005.



Εικόνα 27. Χάρτης αποτύπωσης πληθυσμού *Planococcus ficus* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 24/09/2005.

Από το διάγραμμα 1, παρατηρούμε ότι τα πρώτα έντομα παγιδεύτηκαν στις αρχές Μαΐου. Ο πληθυσμός του εντόμου ήταν σχετικά μικρός εκείνη την περίοδο, ενώ αυξανόταν προοδευτικά με την πρόοδο του καλοκαιριού. Με μια προσεκτικότερη μελέτη του διαγράμματος, μπορεί να διακρίνει κανείς τέσσερις κορυφές (εξάρσεις του πληθυσμού), που παραπέμπουν στην περίοδο πτήσεων των ενηλίκων του εντόμου, κατά το συγκεκριμένο στάδιο του βιολογικού κύκλου των τεσσάρων γενεών που αυτό συμπληρώνει μέσα στο θέρος.

Η πρώτη ημερομηνία στην οποία εμφανίζεται μία αύξηση των πληθυσμών του εντόμου σε συγκεκριμένες παγίδες, αποτελεί η μέτρηση της 21/05 (παγίδες M9: 50, M14: 16, M8: 14, M25: 11, M7: 9, M12: 7, κλπ).

Στη συνέχεια, οι τιμές των εντόμων εμφανίζουν σχετική μείωση κι επανέρχονται, πραγματοποιώντας μια νέα κορύφωση, από τη μέτρηση της 11/06 μέχρι και την 2/07 (παγίδες M8: 66, M25: 34, M19: 30, M24: 20, M9: 14, M5: 13, M22: 12 κλπ)

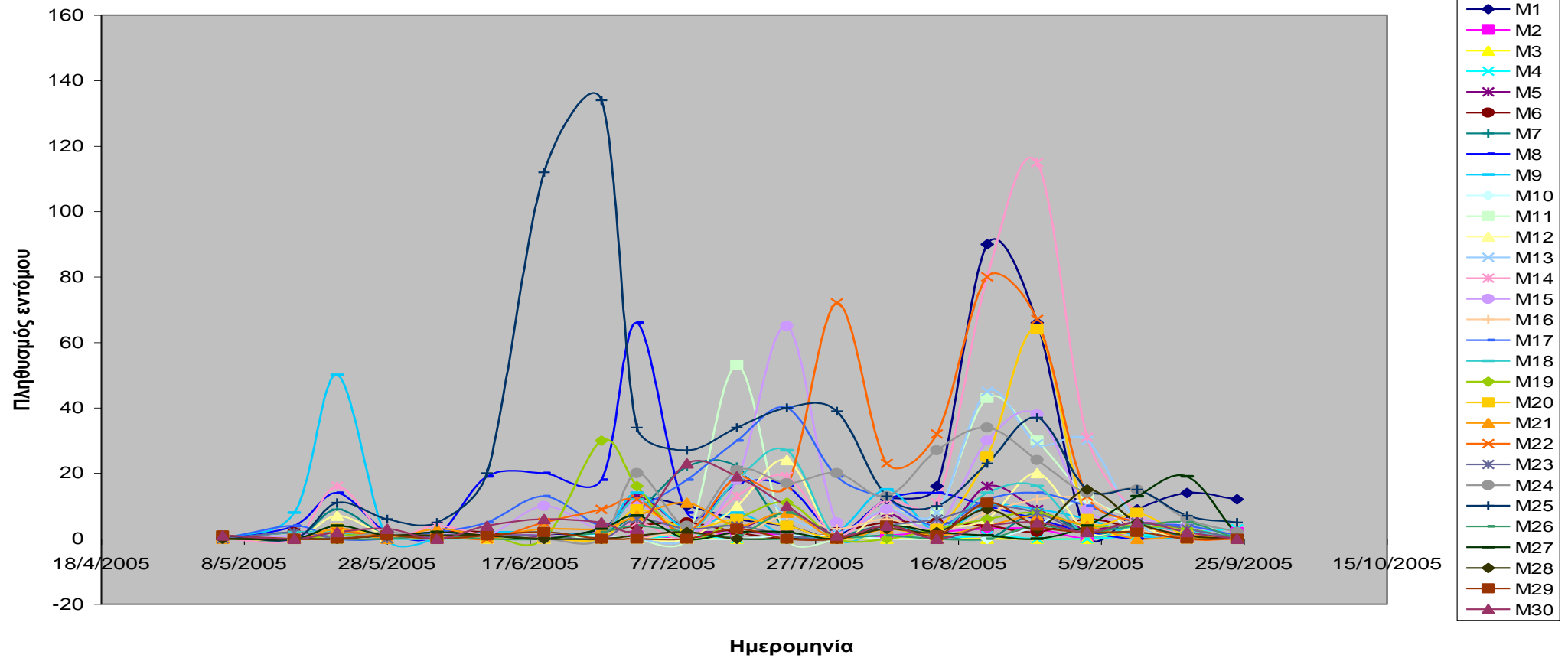
Στη μέτρηση της 16/07 εμφανίζεται ξανά μία ανοδική τάση των πληθυσμών των εντόμων σε ορισμένες παγίδες (M11: 53, M11: 24, M17: 30, M7: 22 κλπ), με τις τιμές αυτές να διατηρούνται περίπου στα ίδια επίπεδα και στην επόμενη μέτρηση στις 23/07.

Στη συνέχεια, από τη μέτρηση της 06/08 και έπειτα, οι πληθυσμοί αυξάνονται συνεχώς και παραμένουν σταθερά σε υψηλά επίπεδα, μέχρι και την μέτρηση της 27/08, δείχνοντας σαφώς πως αποτελεί την περίοδο με την εντονότερη παρουσία των εντόμων στην καλλιέργεια και ειδικότερα στις παγίδες, καθ' όλη τη διάρκεια της εξέτασης.

Από την επόμενη μέτρηση στις 03/09, οι πληθυσμοί φθίνουν και παραμένουν έτσι μέχρι την ολοκλήρωση της δειγματοληψίας μας.

Ακολούθως, απεικονίζονται (Εικόνες 28-48) σχηματικά οι πληθυσμοί του παρασιτοειδούς *Anagyrus pseudococci*, ανά παγίδα και χρονική μέτρηση.

Παγιδευθέντα έντομα *P. ficus* ανά παγίδα και χρονική μέτρηση



Διάγραμμα 1. Γραφική παράσταση του πληθυσμού του εντόμου *P. ficus*, ανά παγίδα και ημερομηνία δειγματοληψίας.



Εικόνα 28. Χάρτης πληθυσμού *Anagrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 05/05/2005.



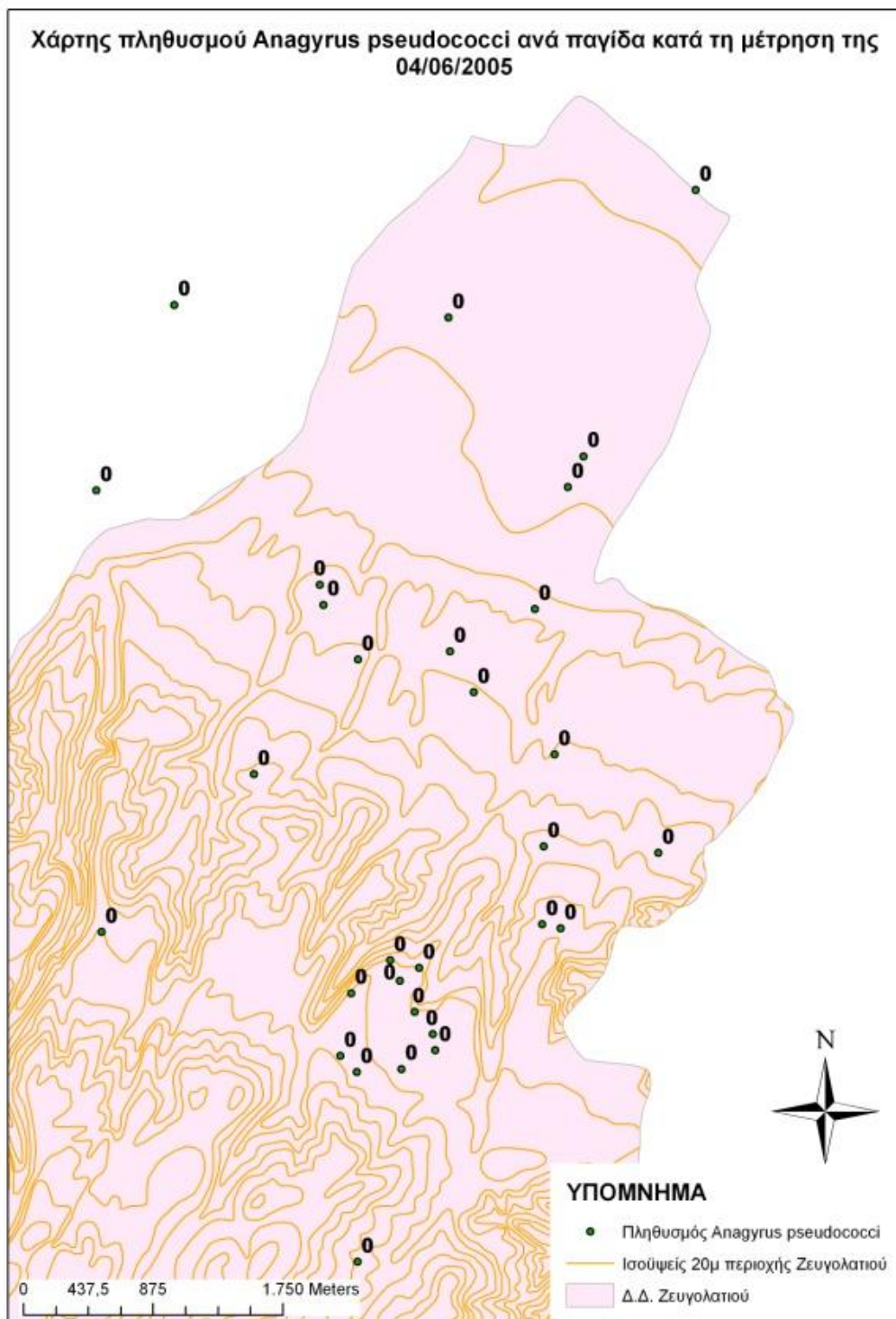
Εικόνα 29. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 15/05/2005.



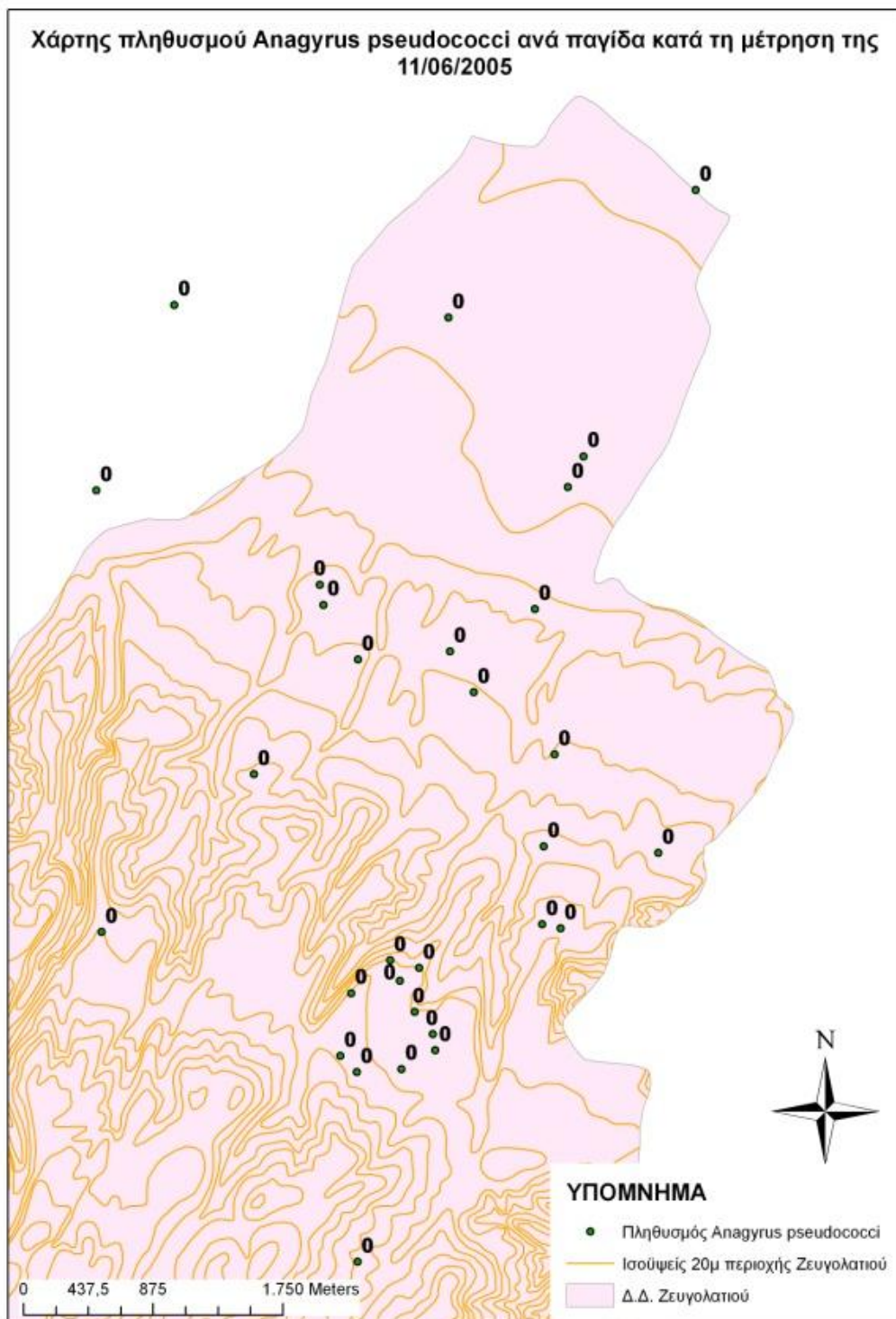
Εικόνα 30. Χάρτης πληθυσμού *Anagrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 21/05/2005.



Εικόνα 31. Χάρτης πληθυσμού *Anagrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 28/05/2005.



Εικόνα 32. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 04/06/2005.



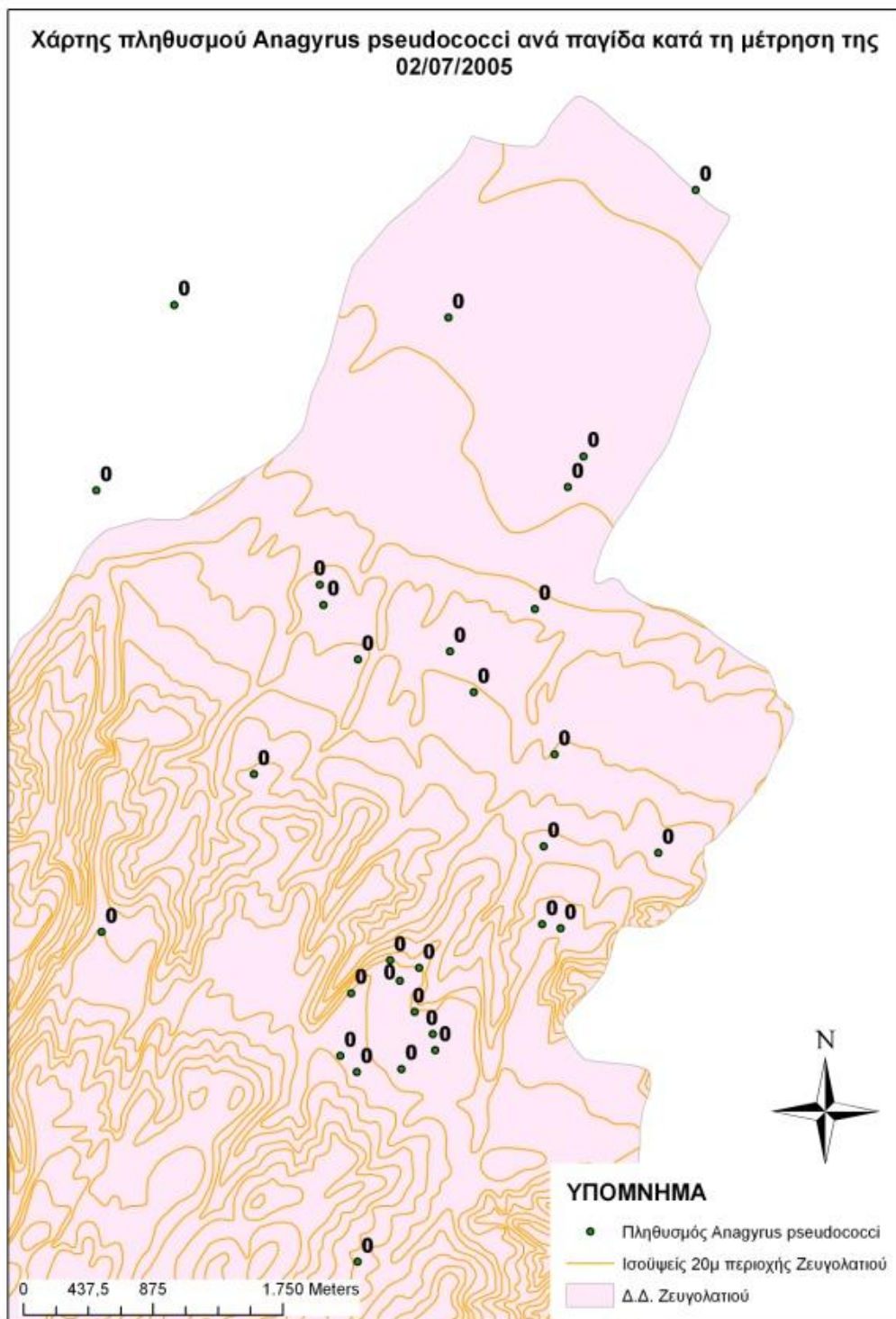
Εικόνα 33. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 11/06/2005.



Εικόνα 34. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 19/06/2005.



Εικόνα 35. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 27/06/2005.



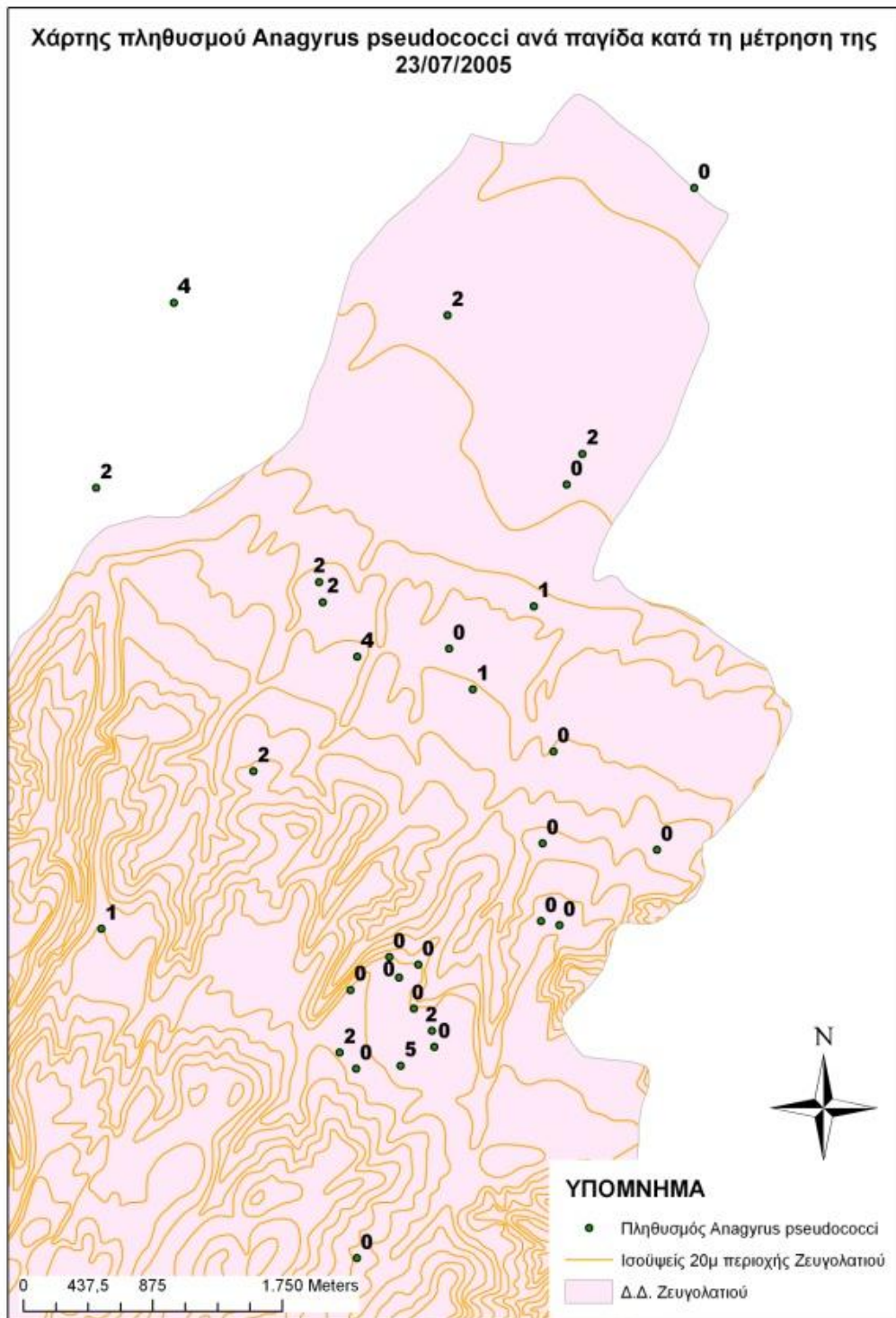
Εικόνα 36. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 02/07/2005.



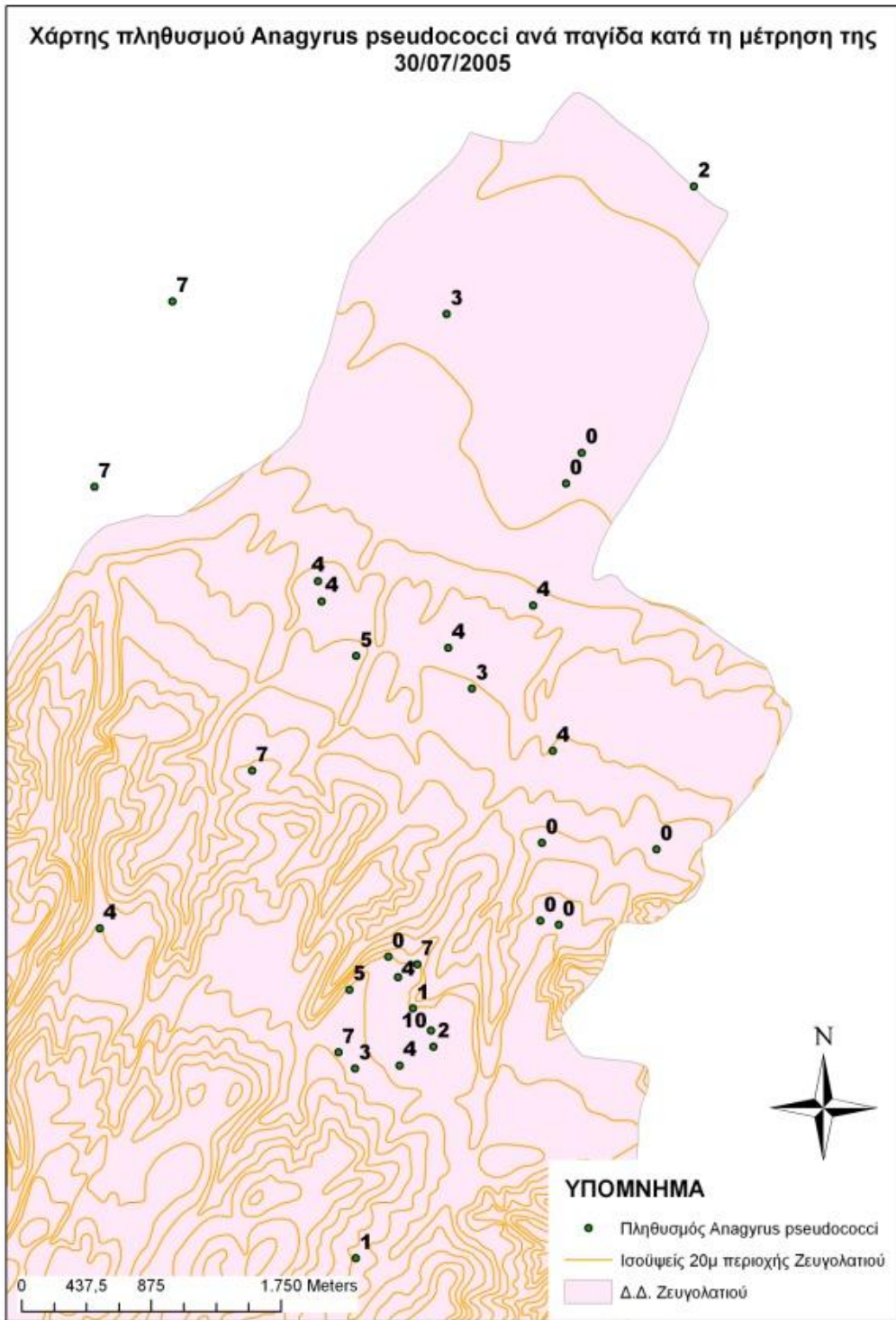
Εικόνα 37. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 09/07/2005.



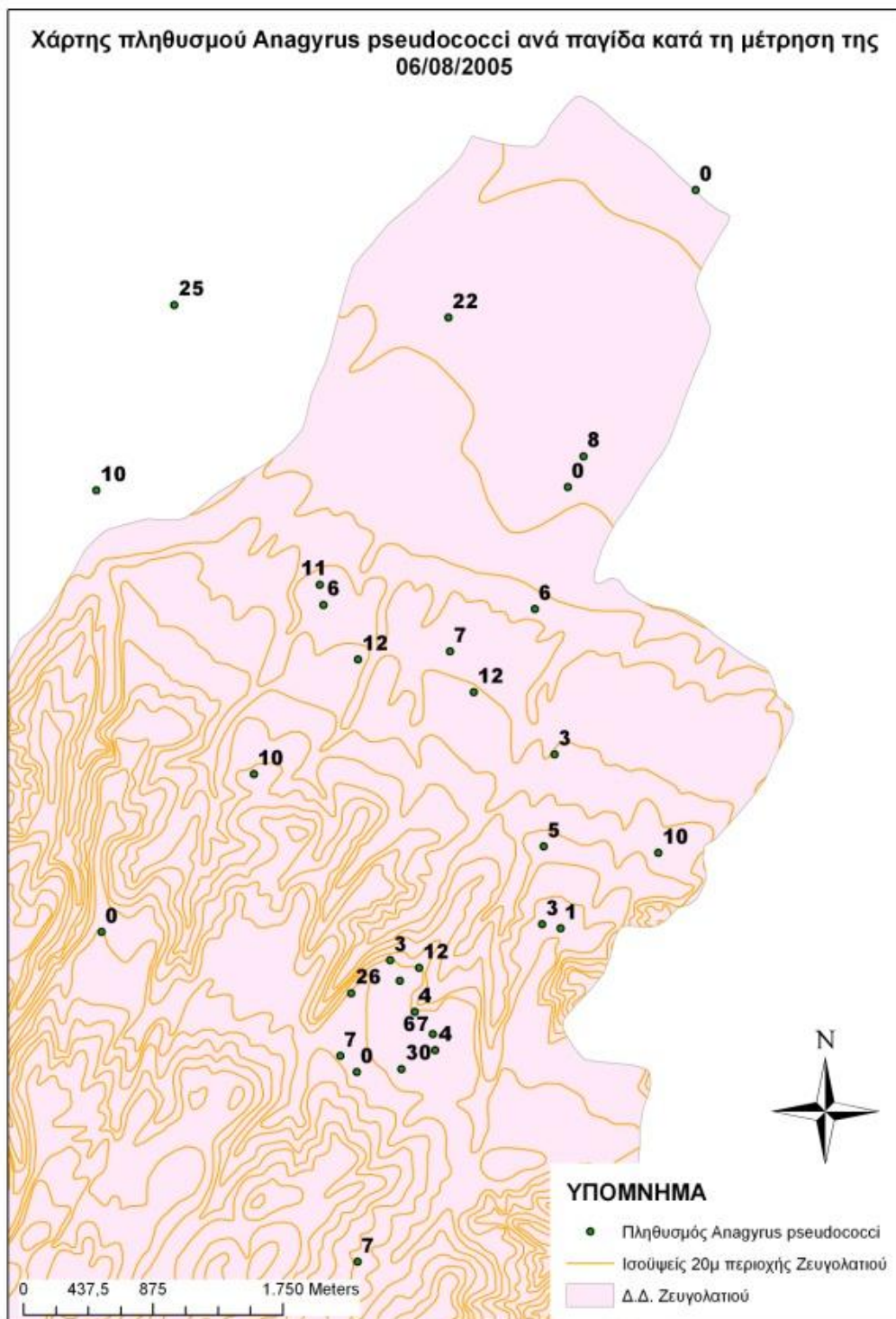
Εικόνα 38. Χάρτης πληθυσμού *Anagrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 16/07/2005.



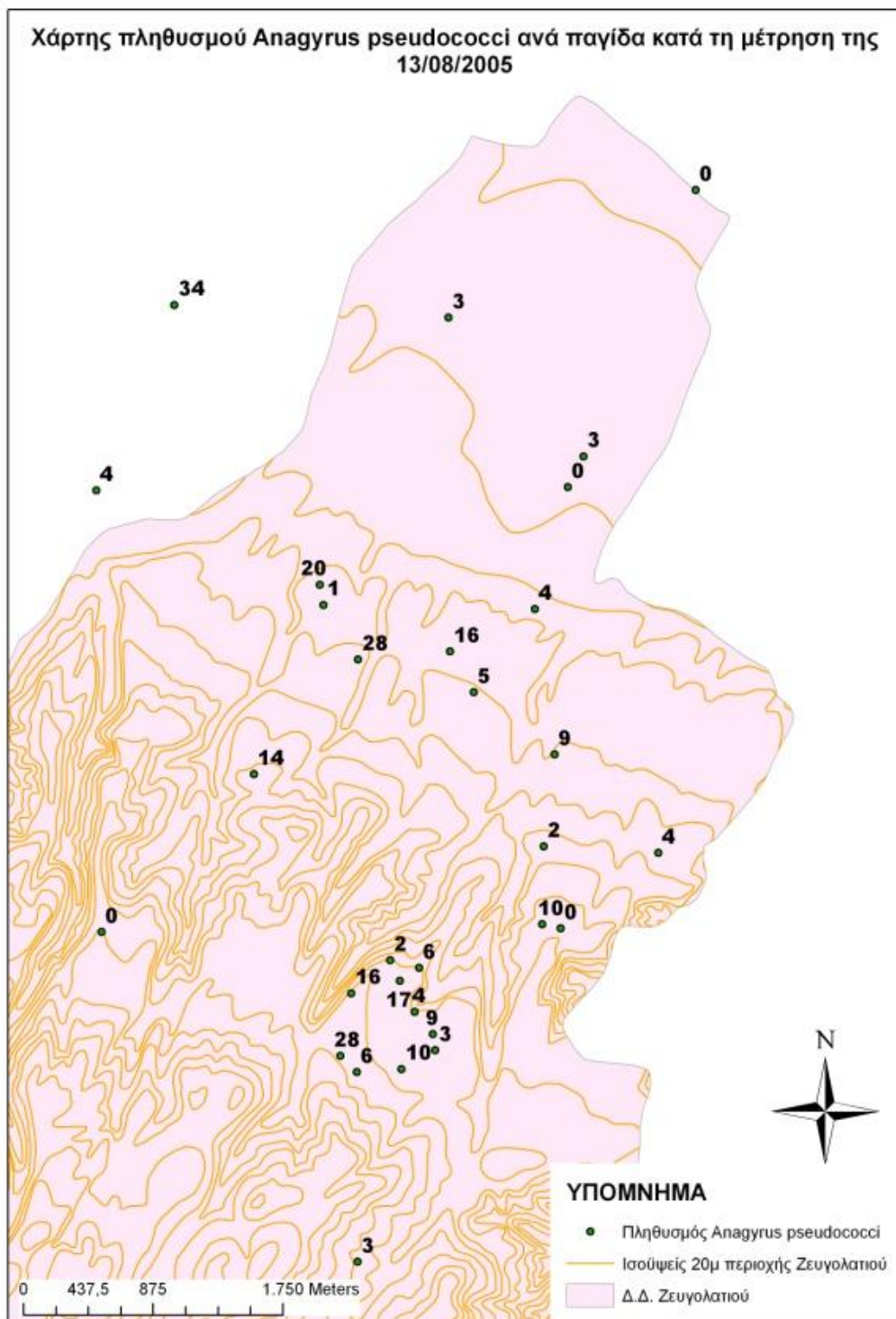
Εικόνα 39. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 23/07/2005.



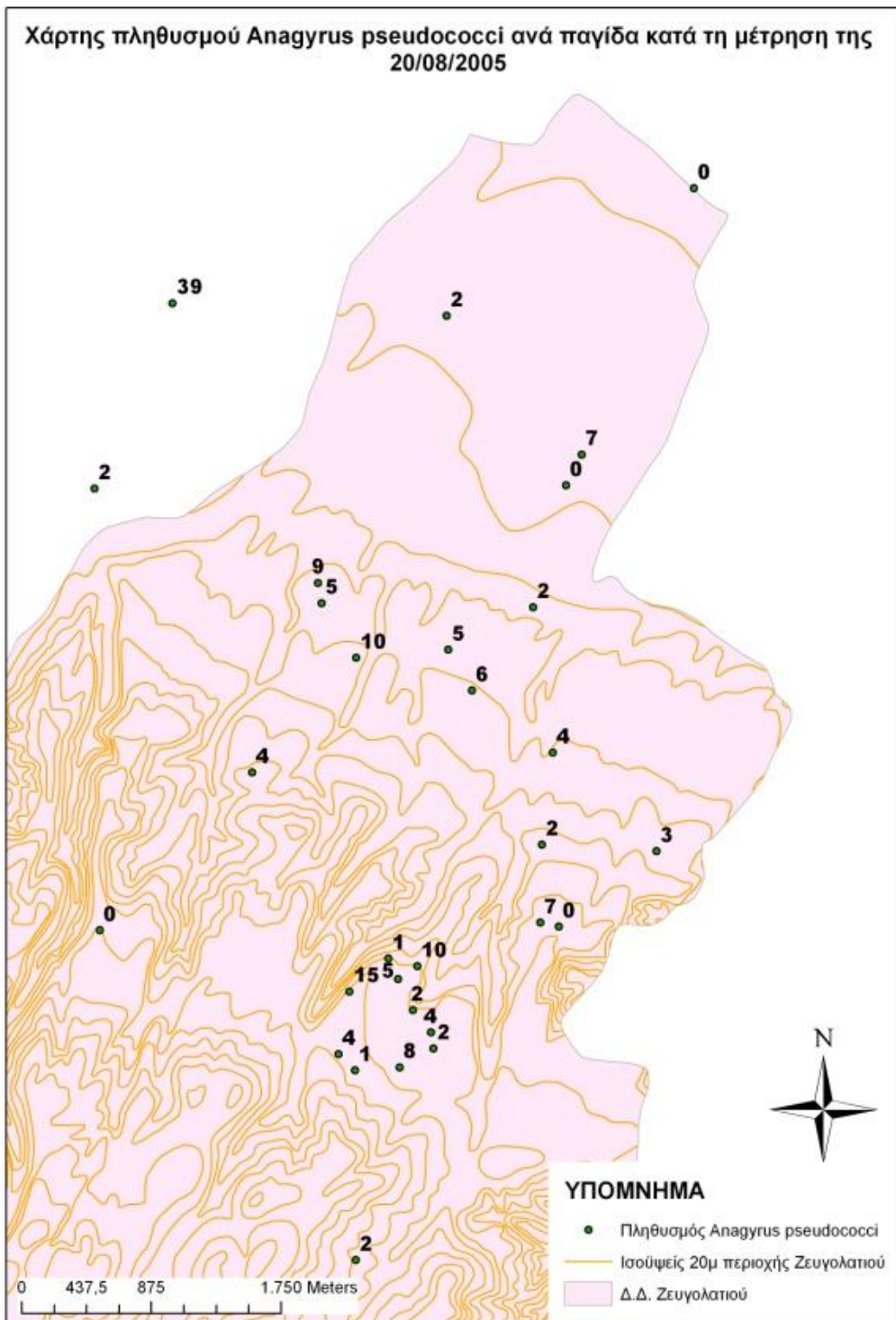
Εικόνα 40. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 30/07/2005.



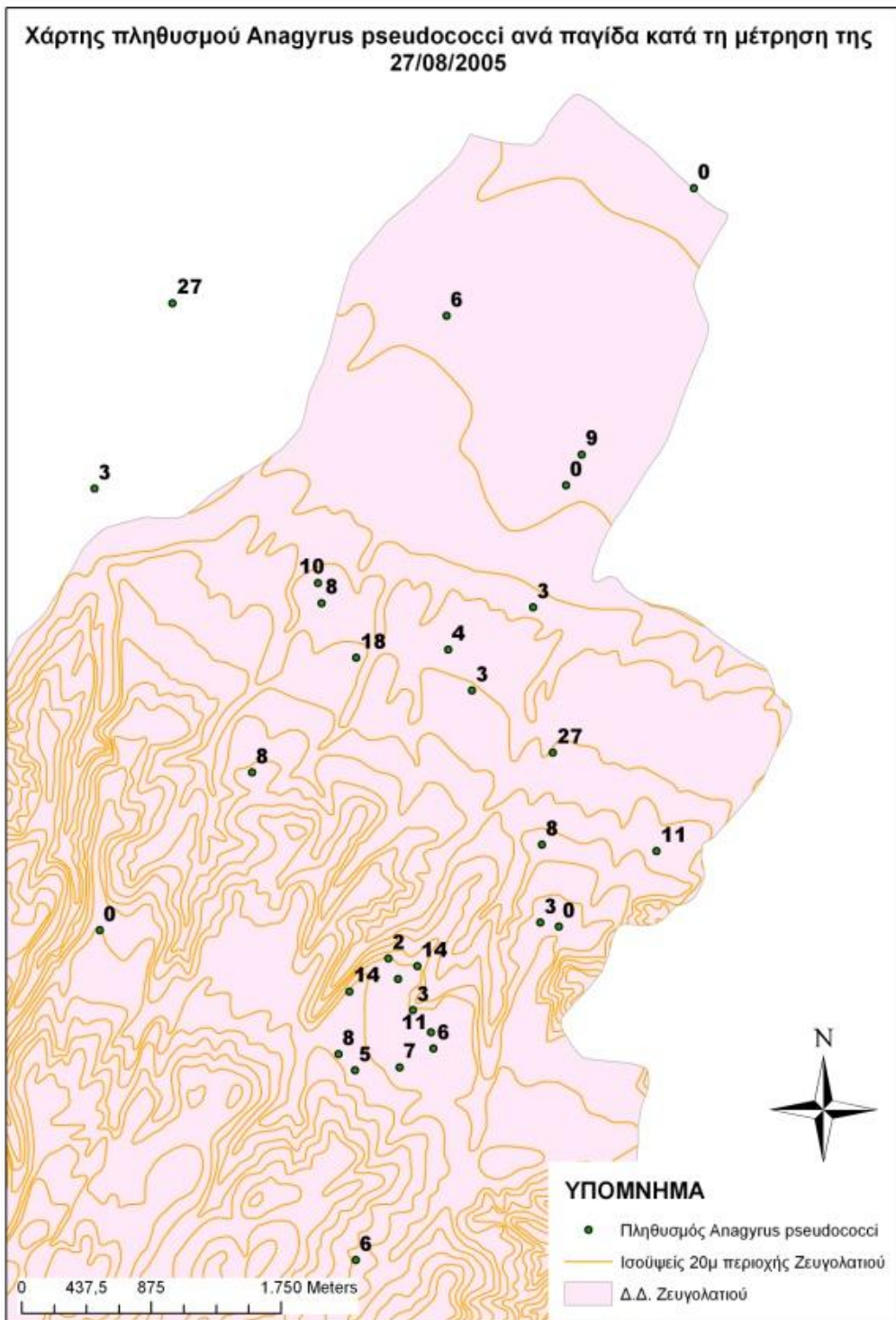
Εικόνα 41. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 06/08/2005.



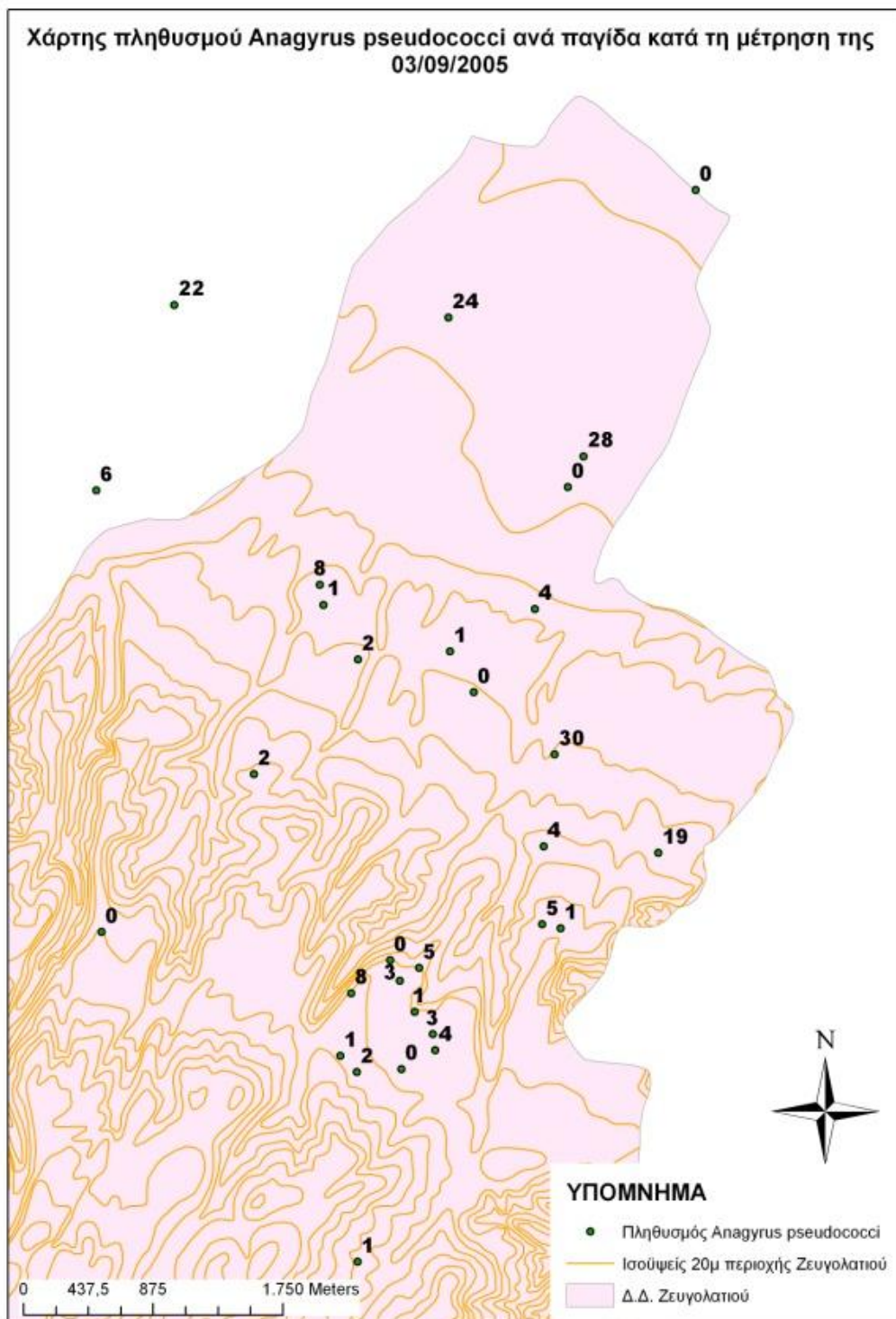
Εικόνα 42. Χάρτης πληθυσμού *Anagrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 13/08/2005.



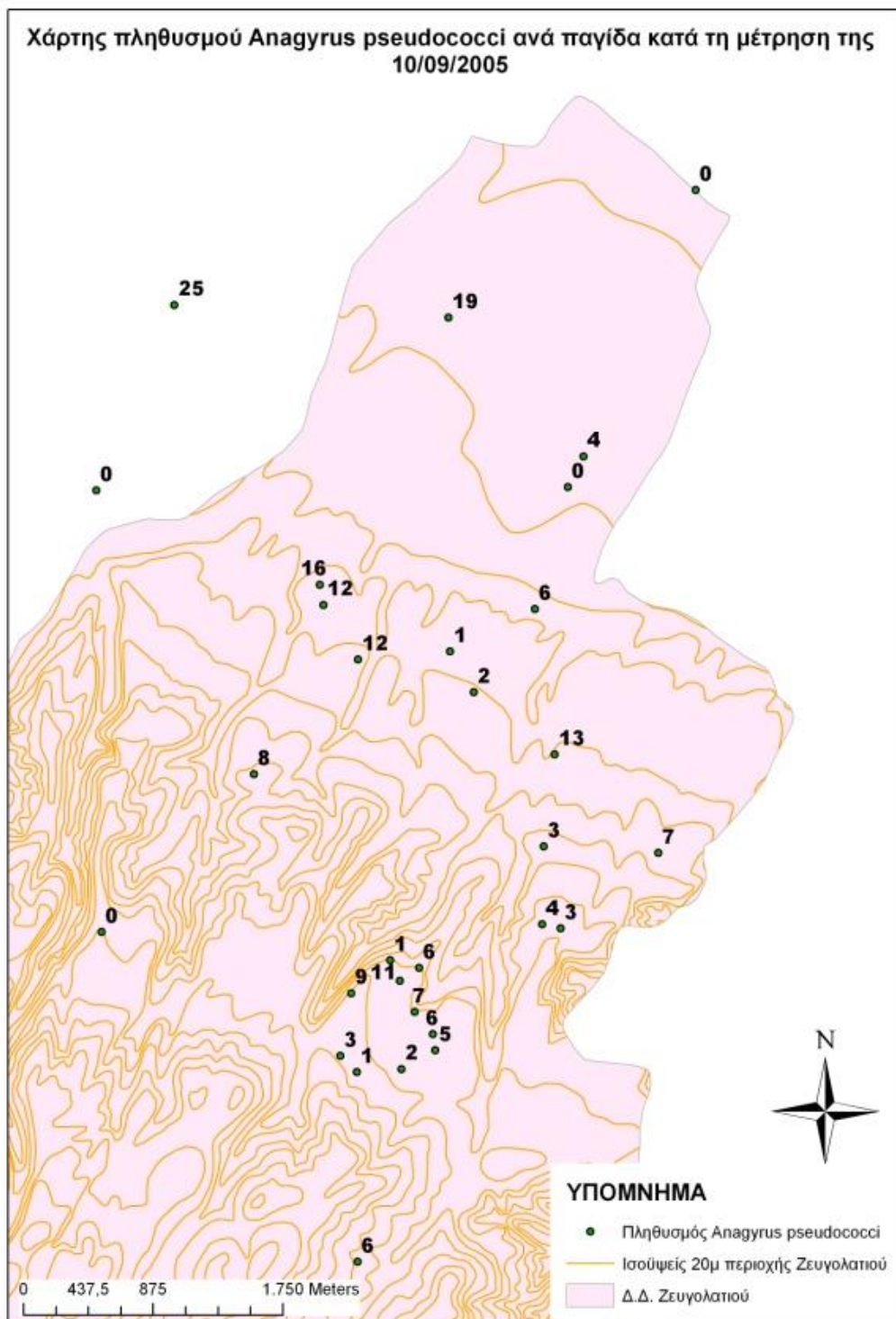
Εικόνα 43. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 20/08/2005.



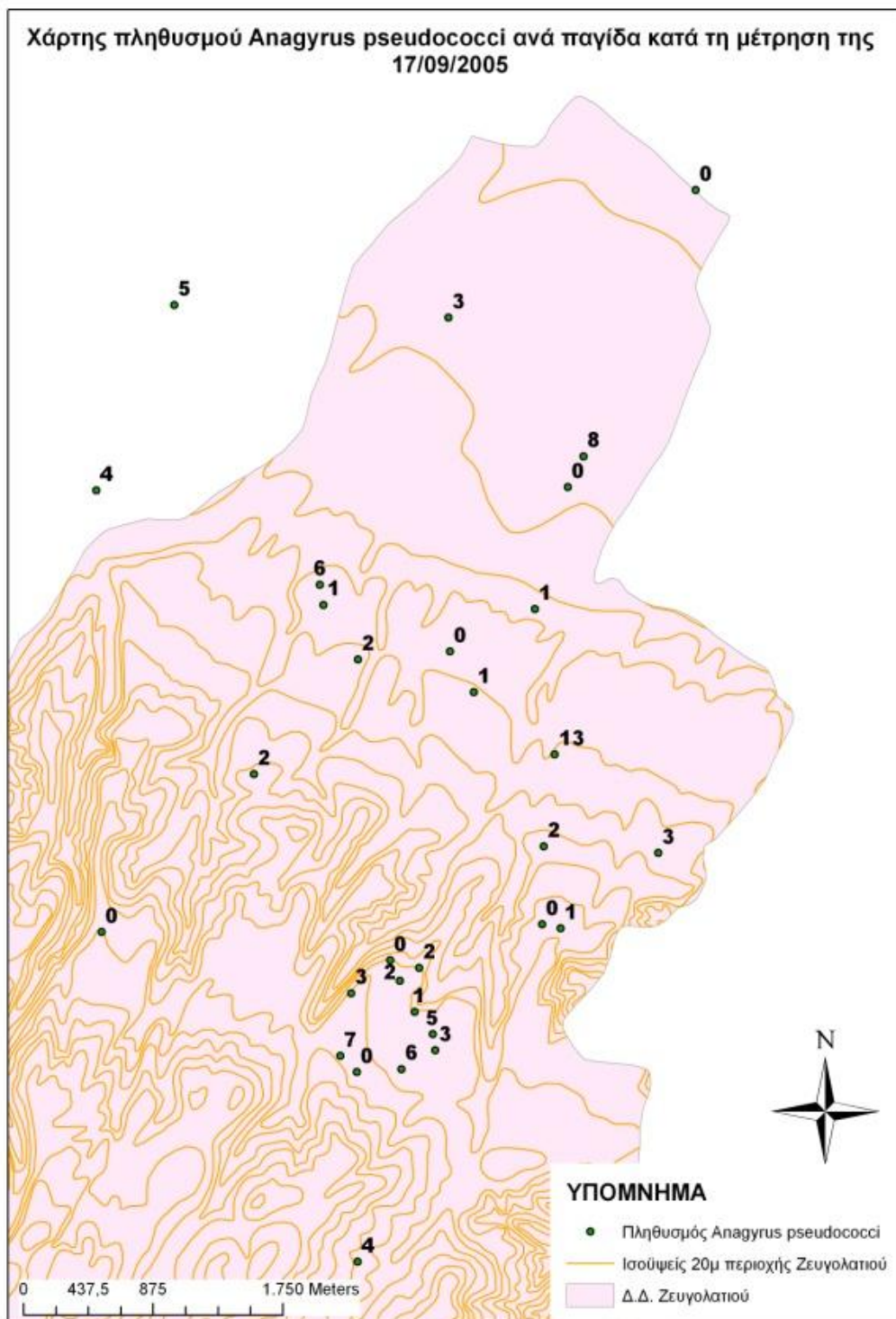
Εικόνα 44. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 27/08/2005.



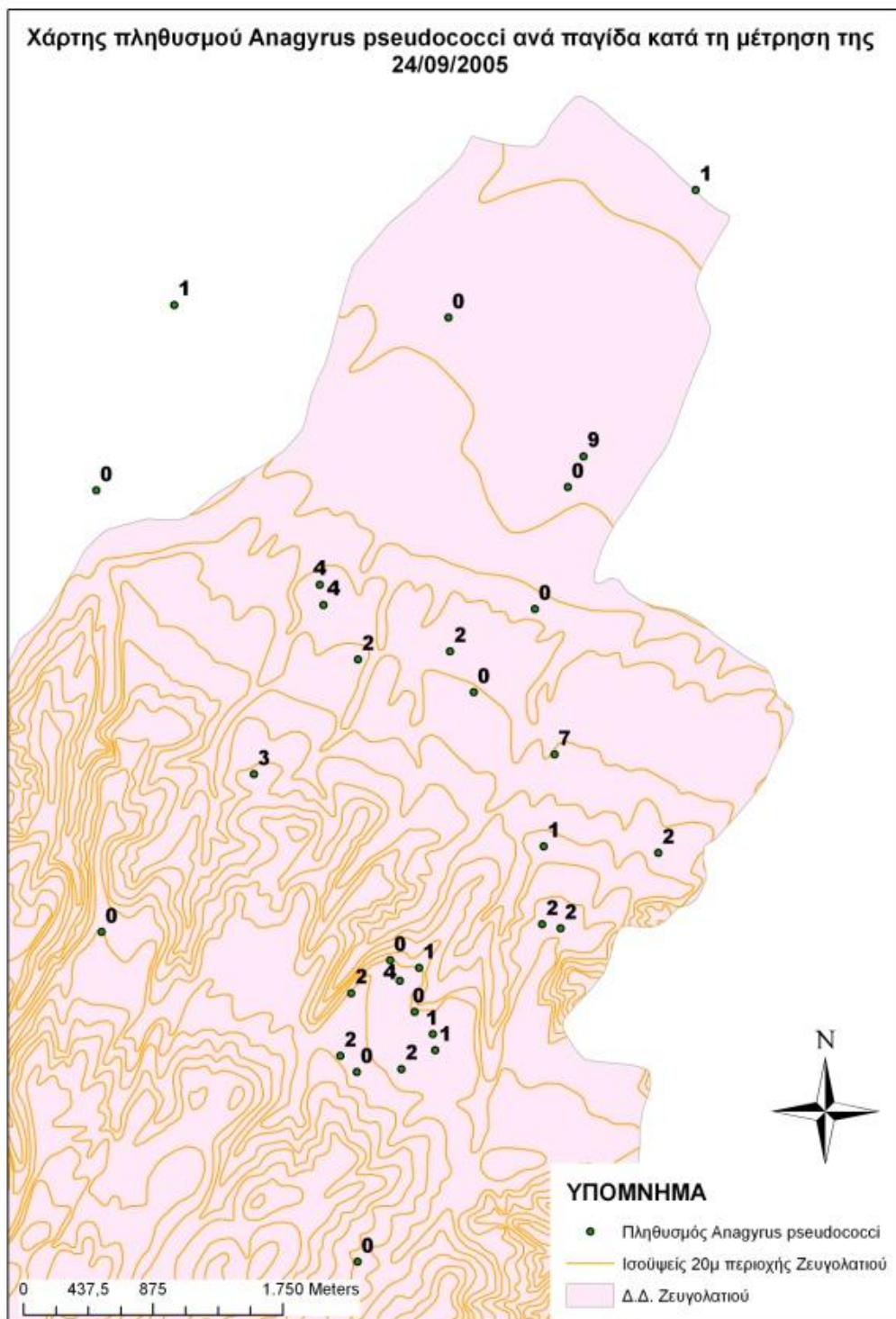
Εικόνα 45. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 03/09/2005.



Εικόνα 46. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 10/09/2005.



Εικόνα 47. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 17/09/2005.

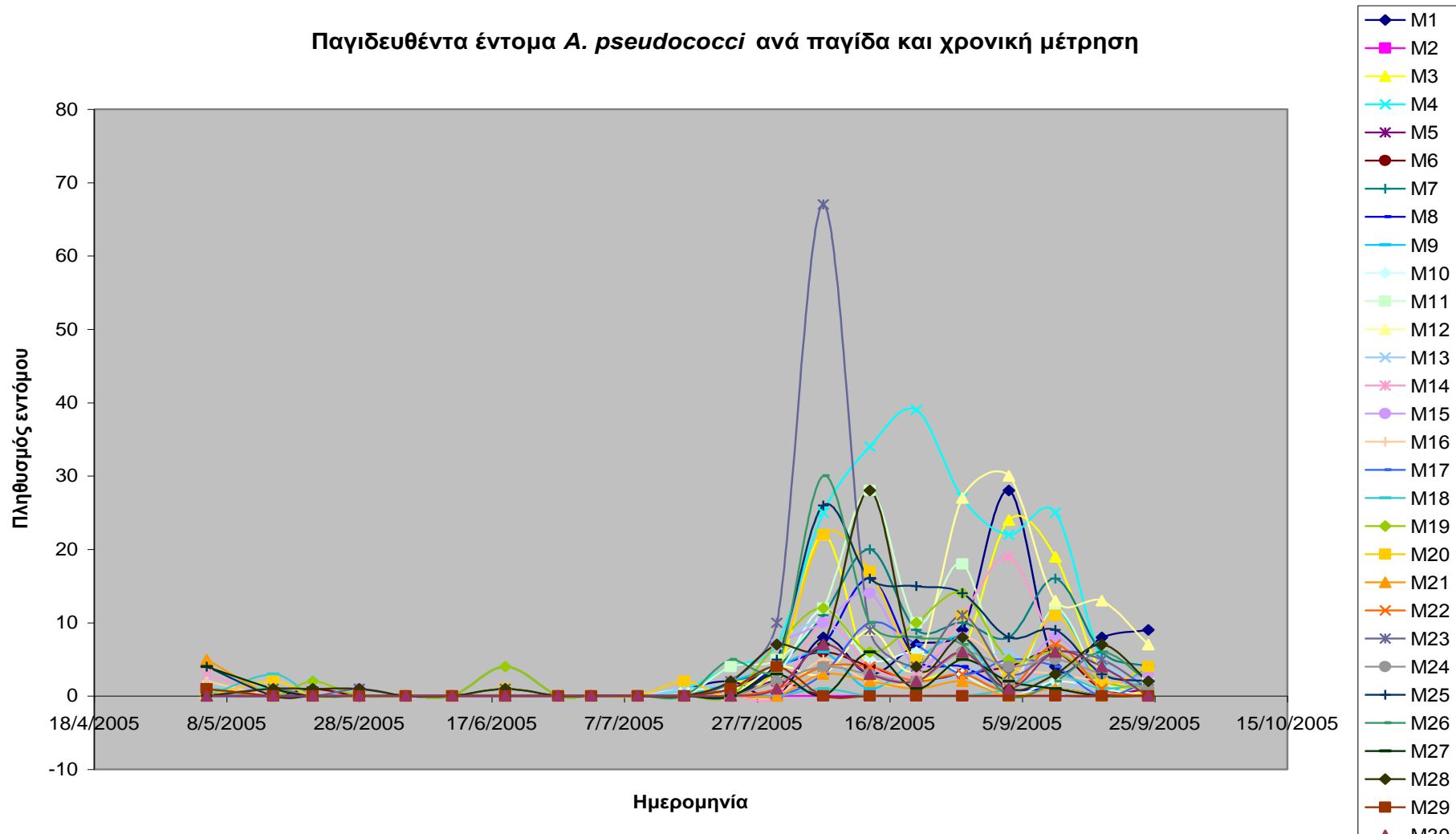


Εικόνα 48. Χάρτης πληθυσμού *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα, κατά τη μέτρηση της 24/09/2005.

Επεξεργαζόμενοι τα δεδομένα που αφορούν στον πληθυσμό του παρασιτοειδούς *Anagyrus pseudococci*, παρατηρούμε ότι κατά την περίοδο δειγματοληψίας, συνολικά 1710 έντομα παγιδεύτηκαν στις φερομονικές παγίδες που τοποθετήθηκαν στην περιοχή ελέγχου. Στο διάγραμμα που ακολουθεί (Διάγραμμα 2) παριστάνεται γραφικά ο πληθυσμός του εν λόγω εντόμου, ανά παγίδα και ημερομηνία δειγματοληψίας.

Παρατηρούμε ότι, μέχρι και τις αρχές του καλοκαιριού, ο πληθυσμός των παγιδευθέντων παρασιτοειδών ήταν πολύ μικρός. Αντίθετα, τείνοντας προς τον Αύγουστο αυξήθηκε σημαντικά, πιθανότατα λόγω της μείωσης της χρήσης εντομοκτόνων εκείνη την περίοδο, καθώς τότε έχει ξεκινήσει η συγκομιδή στις πρώιμες ποικιλίες.

Παγιδευθέντα έντομα *A. pseudococci* ανά παγίδα και χρονική μέτρηση



Διάγραμμα 2. Γραφική παράσταση του πληθυσμού του εντόμου *A. pseudococci*, ανά παγίδα και χρονική μέτρηση.

3.2. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΓΗΣ ΣΤΟΝ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ

Στον πρώτο πίνακα των αποτελεσμάτων αναφέρονται δειγματικά περιγραφικά μέτρα όπως, το μέγεθος των δύο δειγμάτων, οι δειγματικές μέσες τιμές, οι δειγματικές τυπικές αποκλίσεις και τα τυπικά σφάλματα των μέσων τιμών του (αθροιστικού, από τις 21 μετρήσεις) πληθυσμού του εντόμου, για ελιά και εσπεριδοειδή.

Στον δεύτερο πίνακα γίνεται ο έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης, αν δηλαδή οι δύο μέσες τιμές του πληθυσμού του *P. ficus* στο σύνολο των χρονικών μετρήσεων για παγίδες σε αμπελώνες που γειτνιάζουν με καλλιέργειες ελιάς και για παγίδες που γειτνιάζουν με καλλιέργειες εσπεριδοειδών, είναι ίσες ($H_0 : \mu_1 = \mu_2$).

Crop Cover	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Συνολικός Αριθμός <i>P.ficus</i> Ελιά	23	121,8261	92,22978	19,23124
Εσπεριδοειδή	7	173,0000	209,24547	79,08735

Πριν από την πραγματοποίηση του ελέγχου των μέσων τιμών όμως, διερευνάται με τη βοήθεια του Levene τεστ, η υπόθεση ότι οι πληθυσμιακές διακυμάνσεις του εντόμου για ελιά και εσπεριδοειδή είναι ίσες, δηλαδή,

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 .$$

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Συνολικός Αριθμός <i>P.ficus</i>	Equal variances assumed	6,975	,013	-,935	28	,358	-51,17391	54,71398
	Equal variances not assumed			-,629	6,724	,550	-51,17391	81,39195

Επομένως, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων ($t=-0,629$; $P=0,550$), δηλαδή μεταξύ των διαφορετικών καλλιεργειών ελιάς και εσπεριδοειδών, στην εμφάνιση του πληθυσμού του εντόμου.

3.3. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΑΜΠΕΛΟΥ ΣΤΟΝ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ

Group Statistics

Variety	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Συνολικός Αριθμός Σουλτανίνα <i>P.ficus</i>	25	131,4000	135,65121	27,13024
Βικτώρια	5	145,6000	73,18675	32,73011

Επομένως, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων ($t=0,225$; $P=0,823$), δηλαδή μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών, Σουλτανίνας και Βικτώρια, στην εμφάνιση του πληθυσμού του εντόμου.

3.4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟΝ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ

Μέσω των αποτελεσμάτων του επόμενου πίνακα, λαμβάνουμε πληροφορίες για τη συνάφεια μεταξύ υψομέτρου και πληθυσμού εντόμου.

			Πληθυσμός <i>P.ficus</i>	Υψόμετρο
Spearman's rho	Πληθυσμός <i>P.ficus</i>	Correlation Coefficient	1,000	,620**
		Sig. (2-tailed)		,001
		N	30	30
	Υψόμετρο	Correlation Coefficient	,620**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,001	
		N	30	30

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Η πρώτη σειρά σε κάθε φαντίο του πίνακα δείχνει το δείκτη Spearman r_s . Στη δεύτερη σειρά δίνεται το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας του δείκτη («Sig.») και στην τρίτη σειρά, το μέγεθος του δείγματος («N»).

Η συσχέτιση μεταξύ πληθυσμού του εντόμου και του υψομέτρου που έχει τοποθετηθεί η κάθε παγίδα είναι 0,620, δηλαδή υπάρχει μια ισχυρά θετική και στατιστικώς σημαντική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών, ήτοι όσο αυξάνονται οι τιμές του υψομέτρου, τόσο αυξάνεται ο πληθυσμός του εντόμου.

3.5. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΡΑΣΙΤΟΕΙΔΟΥΣ ΣΤΟΝ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ

Τέλος, εξετάσαμε την ενδεχόμενη συνάφεια μεταξύ του πληθυσμού του παρασιτοειδούς *A. pseudococci* και του εντόμου μας, *P. ficus*.

Χρησιμοποιήσαμε και πάλι τον μη παραμετρικό δείκτη του Spearman στο στατιστικό πρόγραμμα SPSS και λάβαμε τα επόμενα αποτελέσματα.

Correlations

			Πληθυσμός <i>P.ficus</i>	Πληθυσμός <i>A.pseudoc</i>
Spearman's rho	Πληθυσμός <i>P.ficus</i>	Correlation Coefficient	1,000	-,417*
		Sig. (2-tailed)	.	,043
		N	30	30
	Πληθυσμός <i>A.pseudoc</i>	Correlation Coefficient	-,417*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,043	.
		N	30	30

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων του πίνακα, προκύπτει ότι έχουμε μια στατιστικώς σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ του πληθυσμού του εντόμου και του πληθυσμού του παρασιτοειδούς του ($r_s = -0,417$), δηλαδή όσο

αυξάνεται ο αριθμός του *A. pseudococci*, τόσο μειώνεται ο αριθμός του *P. ficus*, και αντιστρόφως.

3.6. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ

Παράλληλα με την στατιστική ανάλυση των δεδομένων που εξάγαμε από το σύστημα παγιδοθέτησης, μεγάλο ενδιαφέρον στην έρευνά μας, παρουσίαζε η δυνατότητα πρόβλεψης της πληθυσμιακής εμφάνισης του εντόμου σε περιοχές και σημεία, πέρα από αυτές στις οποίες είχαμε μετρήσεις πληθυσμού. Οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: η inverse distance weighting (IDW), η kriging και η co-kriging.

Για τη σωστότερη και ορθολογικότερη ανάλυση των δεδομένων, κρίθηκε αναγκαίο να εργαστούμε με το συνολικό αριθμό των εντόμων που είχαν συλληφθεί ανά παγίδα, καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Μετά την άθροιση του πλήθους των τιμών του εντόμου στο σύνολο των παγίδων, εφαρμόσαμε μεθόδους χωρικής παρεμβολής και λάβαμε αποτελέσματα πρόβλεψης της εμφάνισης του εντόμου στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

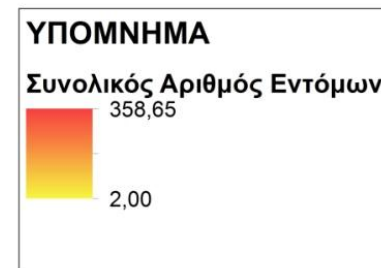
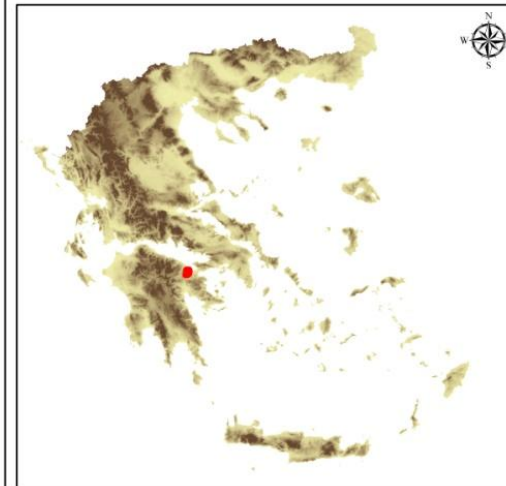
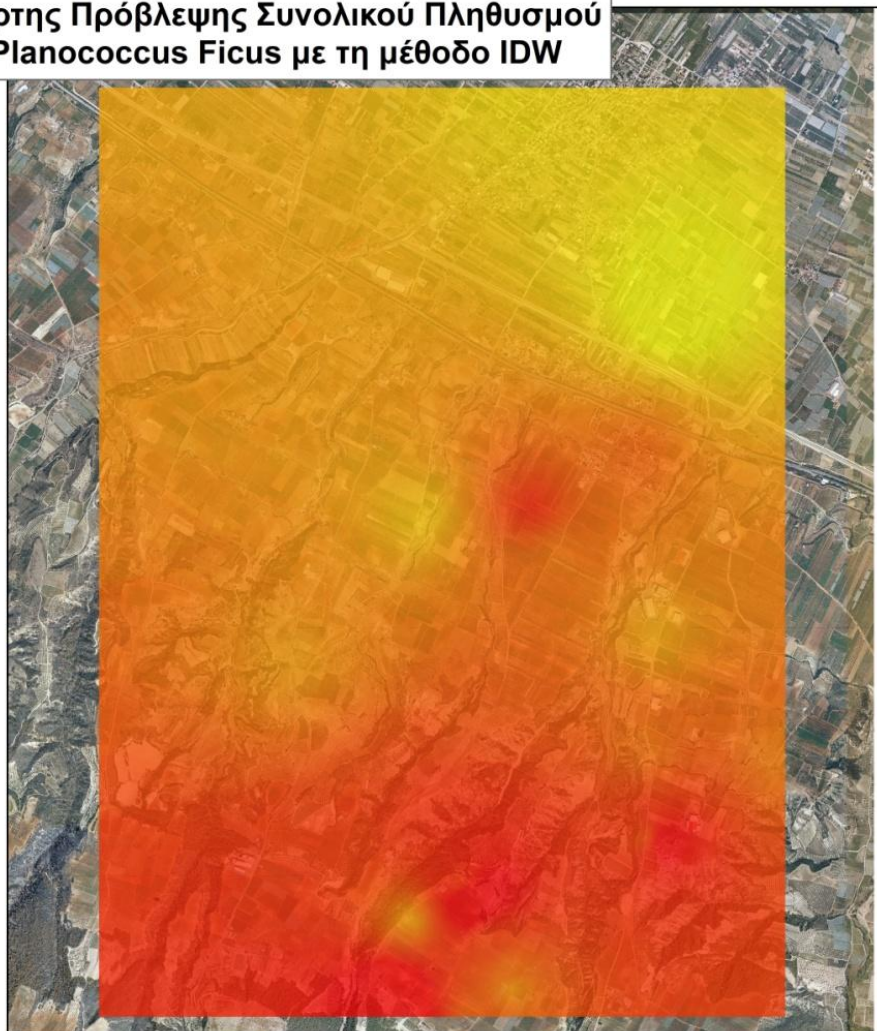
Η εφαρμογή των μεθόδων χωρικής παρεμβολής (IDW, Ordinary Kriging, Co-kriging) πραγματοποιήθηκε μέσα σε περιβάλλον ArcMap και συγκεκριμένα με το Geostatistical Wizard του εργαλείου Geostatistical Analyst. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων γίνεται με τη χρήση των σχετικών δεικτών. Προηγήθηκε μετασχηματισμός (τετραγωνική ρίζα) των τιμών του συνολικού πληθυσμού του εντόμου *P.Ficus* με σκοπό την κανονικοποίηση των τιμών, προϋπόθεση που πρέπει να ισχύει τουλάχιστον για τις γεωστατιστικές μεθόδους χωρικής παρεμβολής.

Και στις τρεις μεθόδους χωρικής παρεμβολής χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη της τιμής σε κάθε σημείο οι τιμές 2 μέχρι 5 γειτονικών σημείων. Στη μέθοδο Co-kriging, χρησιμοποιήθηκε επίσης η πληροφορία του υψομέτρου σε 118 ακόμη σημεία. Στη συνέχεια παρατίθενται οι δείκτες αξιολόγησης της πρόβλεψης που προέκυψαν από το cross validation (Πίνακας 9) καθώς και οι επιφάνειες πρόβλεψης της μεθόδου **IDW** (Εικόνα), **Kriging** (Εικόνα) και **Co-kriging** (Εικόνα) αντίστοιχα.

Πίνακας 9. Δείκτες cross-validation των μεθόδων IDW, Kriging και Co-kriging του πληθυσμού του P. Ficus.

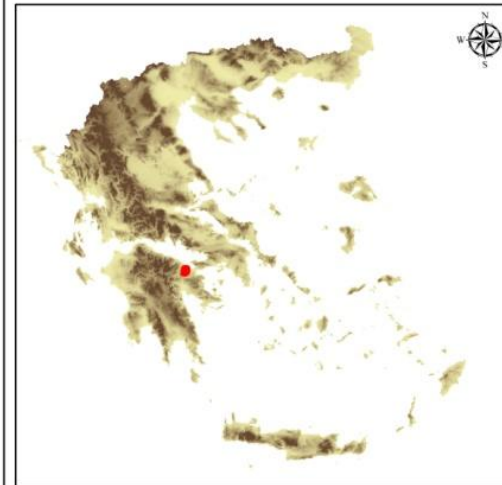
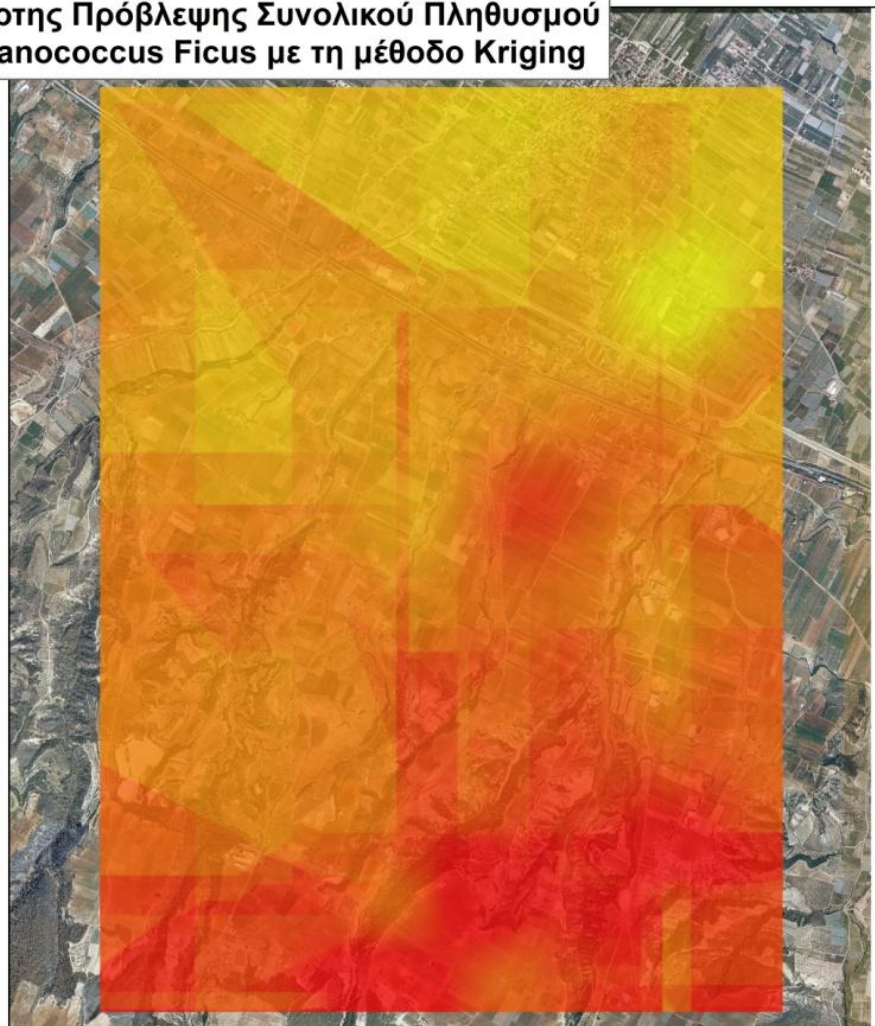
	ME	RMSE	ASE	MSPE	RMSS
IDW	0,5998492	3,03816	-	-	-
Kriging	0,2849405	3,005443	2,644432	0,07191872	1,342572
Co-kriging	0,1798069	2,799712	3,890827	0,02448953	0,7658998

**Χάρτης Πρόβλεψης Συνολικού Πληθυσμού
Planococcus Ficus με τη μέθοδο IDW**



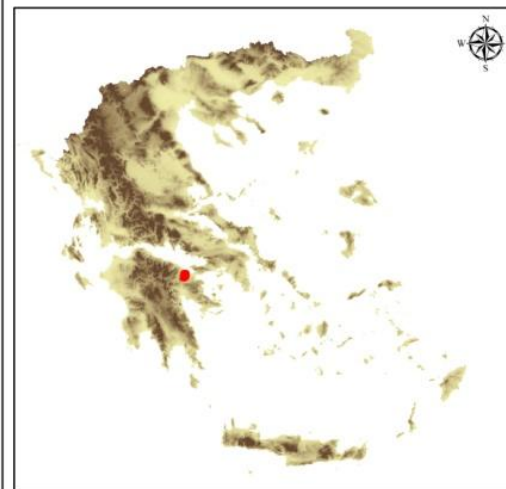
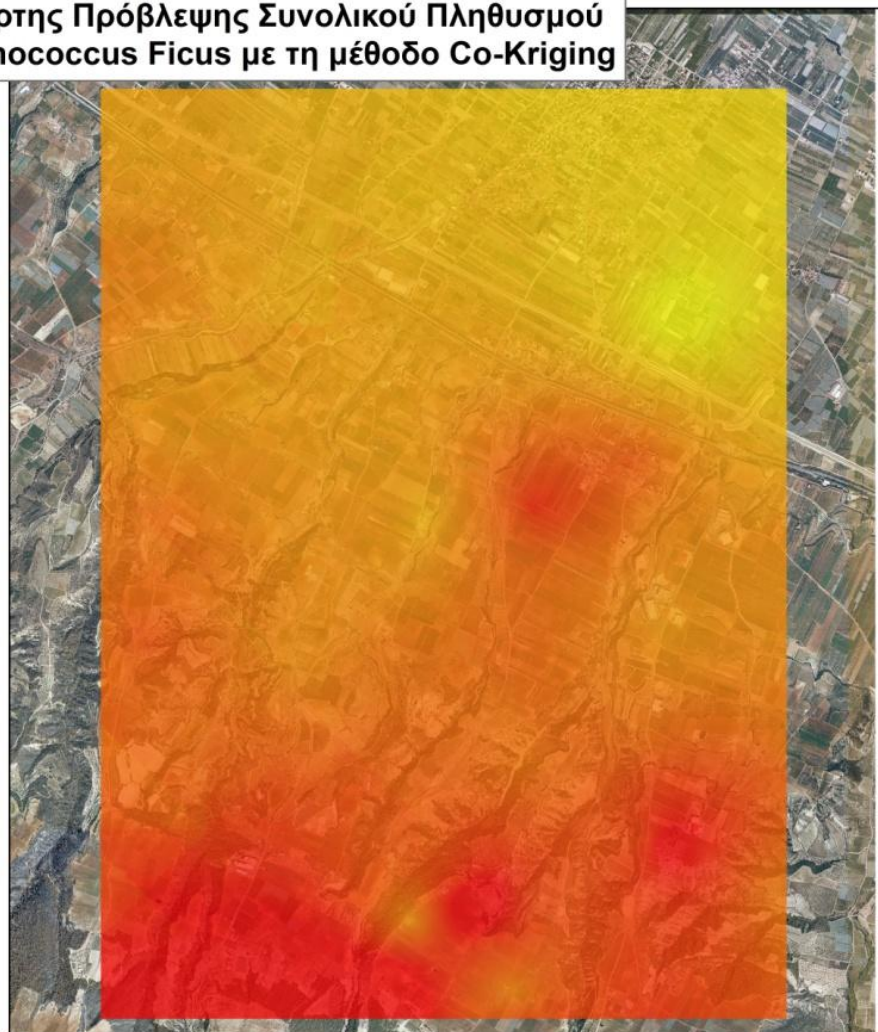
Εικόνα 49. Επιφάνεια πρόβλεψης (IDW μέθοδος) της εμφάνισης του συνολικού πληθυσμού Planococcus Ficus.

Χάρτης Πρόβλεψης Συνολικού Πληθυσμού
Planococcus Ficus με τη μέθοδο Kriging



Εικόνα 50. Επιφάνεια πρόβλεψης (Kriging μέθοδος) της εμφάνισης του συνολικού πληθυσμού Planococcus Ficus.

Χάρτης Πρόβλεψης Συνολικού Πληθυσμού
Planococcus Ficus με τη μέθοδο Co-Kriging



Εικόνα 51. Επιφάνεια πρόβλεψης Co-Kriging (μέθοδος) της εμφάνισης του συνολικού πληθυσμού Planococcus Ficus.

Παρατηρώντας τις επιφάνειες πρόβλεψης και των τριών μεθόδων χωρικής παρεμβολής, γίνεται άμεσα αντιληπτό πως οι πληθυσμοί του εντόμου εμφανίζουν μία σαφή διακύμανση, με αυξητική τάση από τα βορειότερα προς το Νότο. Στις βορειότερες περιοχές που είναι εγγύτερα προς τη θάλασσα, οι πληθυσμοί είναι μικρότεροι και τείνουν να αυξάνουν όσο κατευθυνόμαστε νοτιότερα και σε μεγαλύτερο υψόμετρο. Η ισχυρή θετική συσχέτιση του πληθυσμού του εντόμου με το υψόμετρο είναι η βασική αιτία που καθιστά την μέθοδο Co-kriging ως την καλύτερη.

Όπως παρατηρούμε, στον παραπάνω πίνακα των δεικτών cross-validation, οι γεωστατιστικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής (Kriging και Cokriging) δίνουν καλύτερες τιμές ME και RMSE σε σχέση με τη μη γεωστατιστική μέθοδο IDW. Η Co-kriging μέθοδος εκμεταλλεύεται τη συσχέτιση μεταξύ του πληθυσμού του εντόμου και του υψομέτρου είναι πιο ακριβείς στην πρόβλεψη. Οι μέθοδοι αυτοί παρουσιάζουν εξομάλυνση στις προβλεπόμενες τιμές, ελαχιστοποιώντας έτσι την επίδραση του εύρους των τιμών στην απόδοση πρόβλεψης των Kriging μεθόδων που επωφελούνται της χωρικής συσχέτισης.

Η Kriging είναι κατώτερη από άποψη επιδόσεων πρόβλεψης σε σύγκριση με τη Co-kriging, διότι όπως είναι γνωστό είναι πολύ ευαίσθητη στις διακυμάνσεις μικρής εμβέλειας (short-range variation) (Laslett and McBratney, 1990).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο ψευδόκοκκος της αμπέλου αποτελεί σοβαρό εχθρό της αμπέλου, τόσο παγκοσμίως, όσο και στη χώρα μας. Η αντιμετώπισή του οφείλει να λαμβάνει χώρα σε ένα πλαίσιο ολοκληρωμένης καταπολέμησης, καθώς όπως αναφέρθηκε, η συμβολή της ανθρώπινης δραστηριότητας, δια της αλόγιστης χρήσης χημικών εντομοκτόνων, έχει προκαλέσει τις εξάρσεις των πληθυσμών του εντόμου.

Η ανάγκη για καλύτερη και εις βάθος κατανόηση του τρόπου εξάπλωσης της προσβολής του *P.ficus*, οδήγησε στην εκπόνηση της παρούσας μελέτης.

Η περιοχή παγιδοθέτησης επιλέχθηκε με κύριο κριτήριο την προηγούμενη προσβολή από ψευδόκοκκο και την μεγάλη οικονομική σημασία που επιφέρει αυτή στις επιτραπέζιες ποικιλίες σταφυλιών που ευδοκιμούν στην περιοχή.

Το δημοτικό διαμέρισμα Ζευγολατιού Κορινθίας που επιλέχθηκε, εκτείνεται σε μία έκταση 37.500 στρεμμάτων και οι θέσεις των αμπελώνων, μέσα στους οποίους τοποθετήθηκαν παγίδες, καλύπτουν σχεδόν το σύνολο του υπάρχοντος αναγλύφου της περιοχής. Ανάγλυφο το οποίο παρουσιάζει εξάρσεις και περιλαμβάνει καλλιεργητικές περιοχές που ξεκινούν από περιοχές που εφάπτονται στη θάλασσα και φτάνουν μέχρι μικρά οροπέδια σε υψόμετρο άνω των πεντακοσίων μέτρων, κατάφυτα από αμπελώνες.

Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από την παρούσα μελέτη, δείχνουν ότι υπάρχουν παράγοντες, όπως το υψόμετρο, που επηρεάζουν τον πληθυσμό του ψευδόκοκκου της αμπέλου.

Στο ίδιο συμπέρασμα, ρύθμισης του πλήθους του εντόμου, καταλήγει και η παρουσία του παρασιτοειδούς *A.pseudococci*, καθώς όπου αυτό εμφανίζει μεγαλύτερους πληθυσμούς, τόσο μικρότερους πληθυσμούς ψευδόκοκκου παρατηρήσαμε, καταδεικνύοντας στην πράξη και μέσω της στατιστικής ανάλυσης, την θετική δράση του στον περιορισμό της προσβολής από το έντομο.

Στην αντίπερα όχθη, οι μελέτες και αναλύσεις μας επάνω στην επίδραση των γειτονικών καλλιεργειών με τους αμπελώνες ενδιαφέροντος, στα πλαίσια που αυτές δρουν ως δευτερεύοντες ξενιστές του ψευδόκοκκου και πολλαπλασιάζουν την ανάπτυξή του, έδειξαν ότι δεν υπάρχει καμία στατιστικώς σημαντική σχέση, δηλαδή ότι η προσβολή του εντόμου δρα ανεξάρτητα από αυτές.

Τέλος, στο ίδιο συμπέρασμα καταλήξαμε και με την ανάλυση των δεδομένων από τις δύο διαφορετικές ποικιλίες αμπέλου μέσα στις οποίες τοποθετήσαμε τις παγίδες, ανάλυση που μας έδειξε και πάλι πως η παρουσία ή όχι του εντόμου σε αυξημένους πληθυσμούς, παραμένει ανεπηρέαστη από το εάν βρισκόμασταν σε αμπελώνα ποικιλίας Σουλτανίνα ή Βικτώρια.

Σύμφωνα με έτερες μελέτες που υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία, καταδεικνύεται πως σημαντικό ρόλο στις πτήσεις των ενηλίκων του ψευδόκοκκου διαδραματίζει η διακύμανση της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το ανάγλυφο (υψόμετρο, κλίσεις, φυτική κάλυψη), παράγοντες οι οποίοι θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικών ερευνών.

Τέλος σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι η χρήση των γεωστατιστικών μεθόδων χωρικής παρεμβολής έδειξε ότι βελτιώνει την πρόβλεψη της χωρικής κατανομής των εντομολογικών συνολικών πληθυσμών ιδίως όταν λαμβάνονται υπόψη και άλλες ιδιότητες που επιδρούν όμως σημαντικά. Η ακρίβεια των προβλέψεων θα μπορούσε να ήταν καλύτερη αν υπήρχε μεγαλύτερος αριθμός σημείων δειγματοληψίας που να μας παρέχουν περισσότερες μετρήσεις και πληροφορίες για τον πληθυσμό των εντόμων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Andrew Paul Gutierrez, Kent M. Daane, Luigi Ponti, Vaughn M. Walton and C. Ken Ellis. «Prospective evaluation of the biological control of vine mealybug: refuge effects and climate.» Journal of Applied Ecology 2008: 524-536.

Daane, Walt Bentley and Kent. Vine mealybug, Plannococcus ficus, Movement and Management. ANR Publication 8152, n.d.

Dimitrios P. Triantakostas, Dionissios P. Kalivas, Vassiliki J. Kollias. «Autologistic regression and multicriteria evaluation models for the prediction of forest expansion.» Springer Science+Business Media B.V 2012.

Fabrice Vinatier, Philippe Tixier, Pierre-François Duyck and Françoise Lescourret. «Factors and mechanisms explaining spatial heterogeneity: a review of methods for insect populations.» Methods in Ecology and Evolution 2011: 11-22.

Haynes, Alan J. Sawyer and Dean L. «Simulating the Spatiotemporal Dynamics of the Cereal Leaf Beetle in a Regional Crop System.» Ecological Modelling 1985: 83-104.

Jose Carlos Franco, Pompeo Suma, Elsa Borges da Silva, Daniel Blumberg and Zvi Mendel. «Management Strategies of Mealybug Pests of Citrus in Mediterranean Countries.» Phytoparasitica 2004: 507-522.

Kent M. Daane, Walter J. Bentley, Vaughn M. Walton, Raksha Malakar-Kuenen, Jocelyn G. Millar, Chuck A. Ingels, Ed A. Weber, Carmen Gispert. «New controls investigated for vine mealybug.» Research article, University of California (n.d.).

Pringle, V. M. Walton & K. L. «Developmental biology of vine mealybug, *Planococcus ficus* (Signoret) (Homoptera : Pseudococcidae), and its parasitoid *Coccidoxenoides perminutus* (Timberlake) (Hymenoptera : Encyrtidae).» African Entomology 2005.

Pringle, V. M. Walton and K. L. «Vine mealybug, *Planococcus ficus* (Signoret) (Homoptera : Pseudococcidae), a Key Pest in South African vineyards . A ReviewR *.» American Journal of Enology and Viticulture 2004.

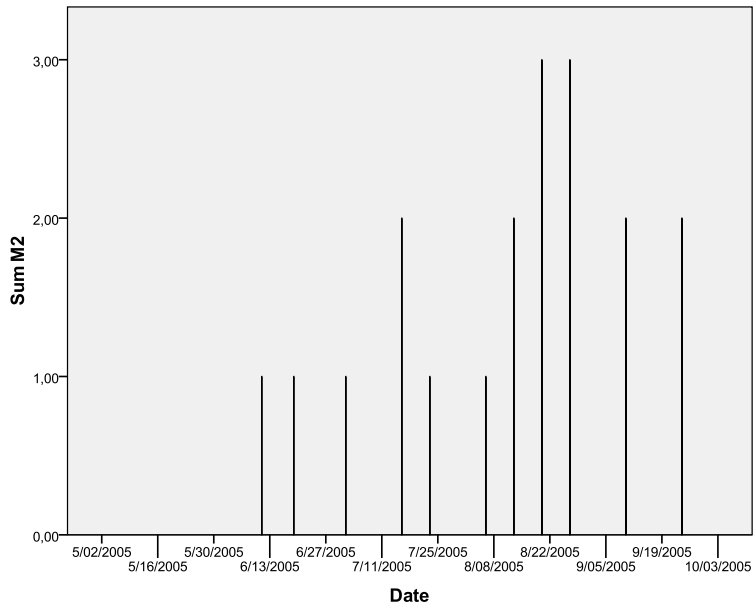
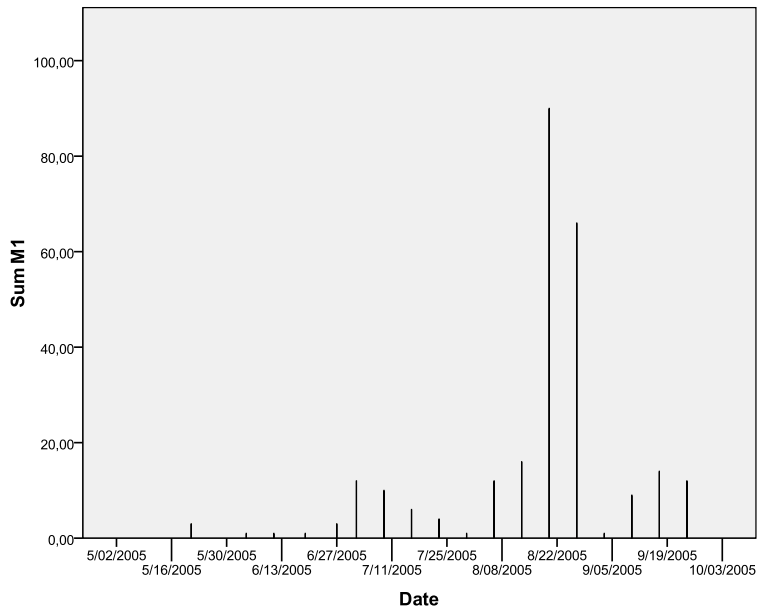
Solbreck, Christer. Long-Term Population Dynamics of a Seed-Feeding Insect in a Landscape Perspectiv. n.d.

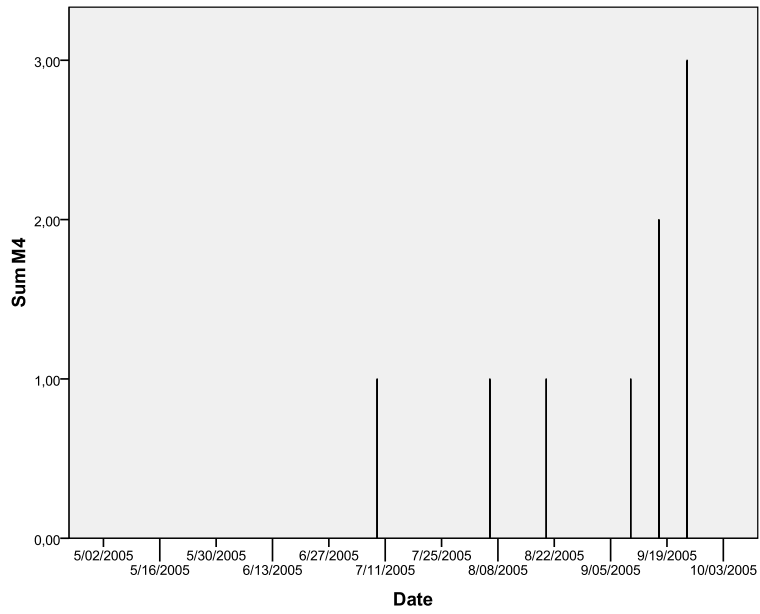
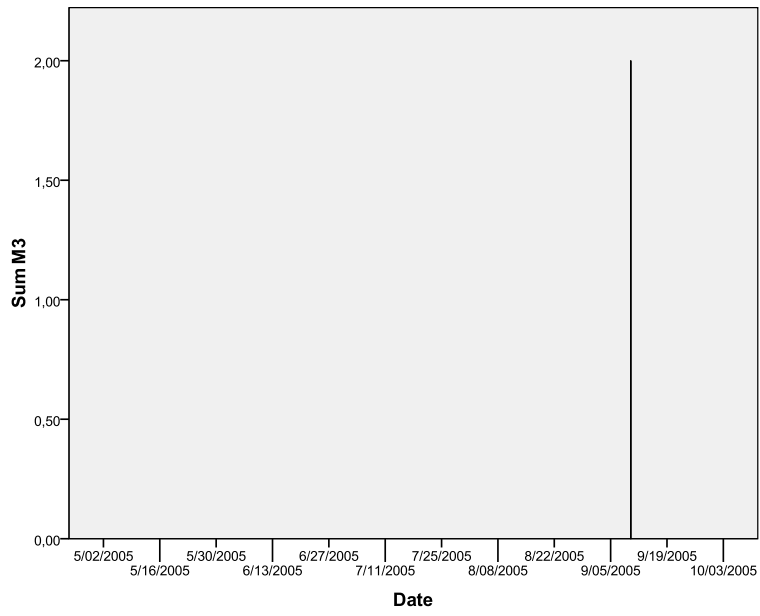
Vaughn M. Walton, Kent M. Daane, Walter J. Bentley, Jocelyn G. Millar, Thomas E. Larsen and Raksha Malakakar-Kuen. « Pheromone-Based Mating Disruption of *Planococcus ficus* (Homoptera: Pseudococcidae) in California Vineyards.» Horticultural Entomology 2006.

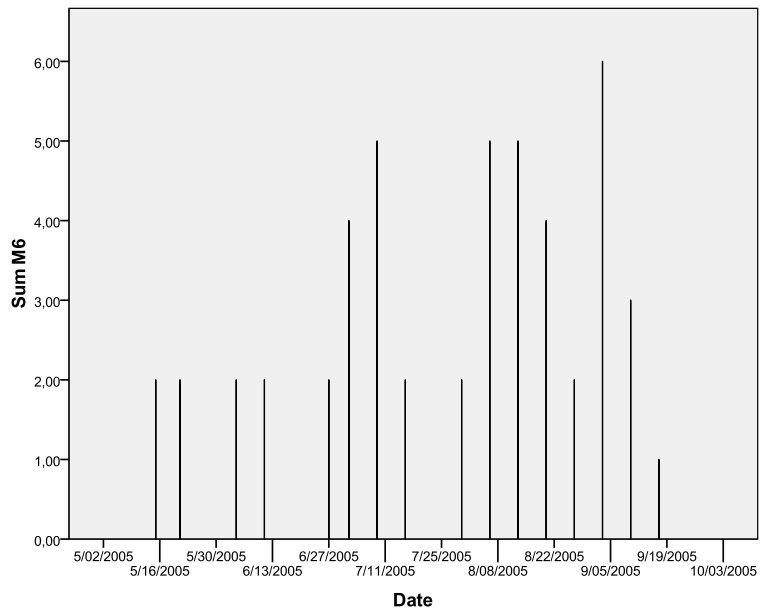
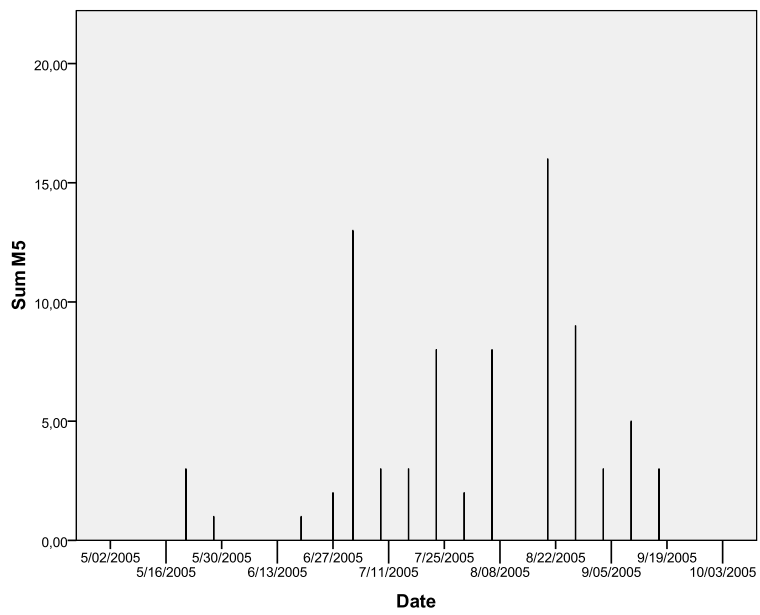
Γεώργιος Μιχαλόπουλος, Δημήτριος Κοντοδήμας, Παναγιώτης Μυλωνάς. «Ο ψευδόκοκκος του αμπελιού *Planococcus ficus* (Signoret) (Homoptera: Pseudococcidae).» ΓΕΩΡΓΙΑ – Κτηνοτροφία 2005.

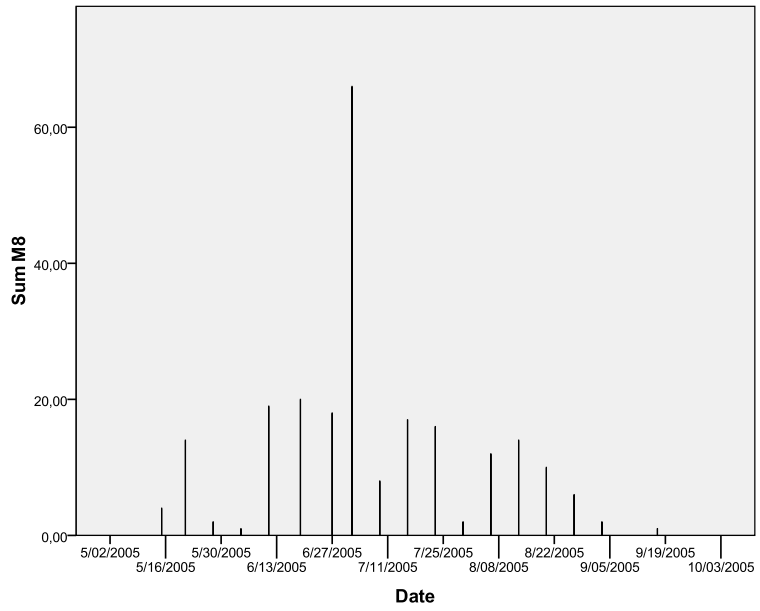
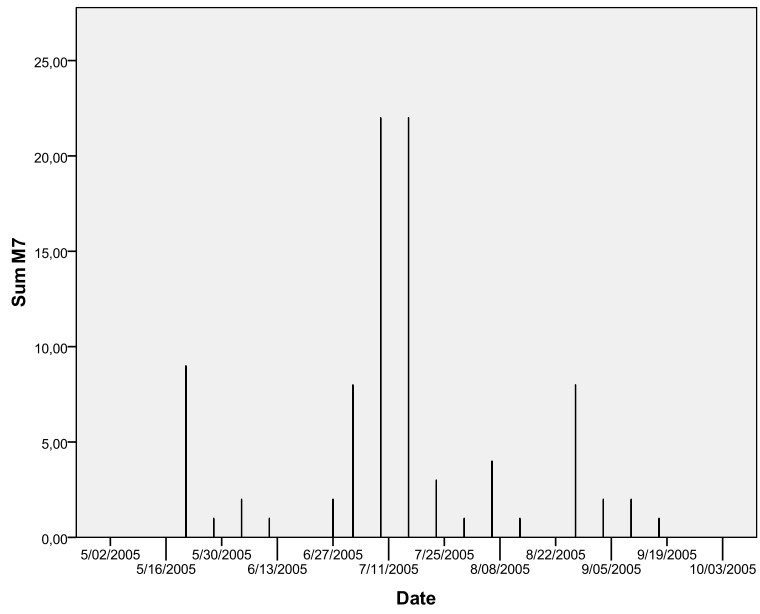
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

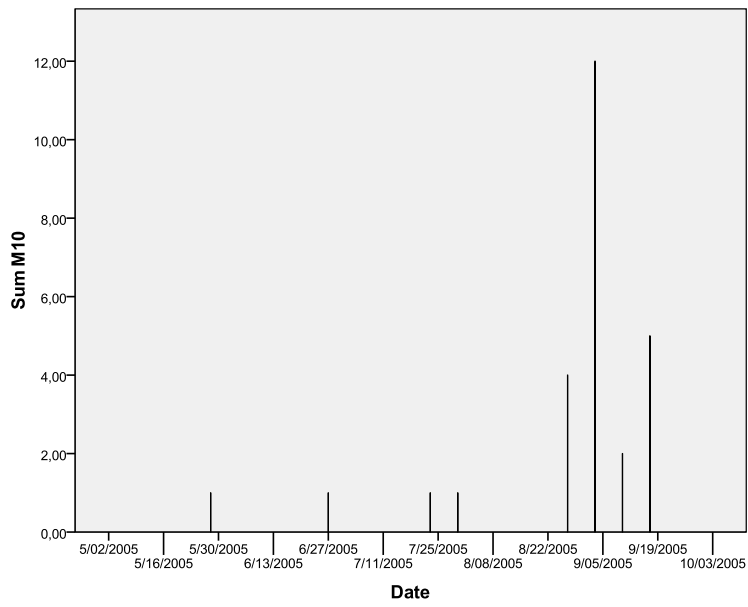
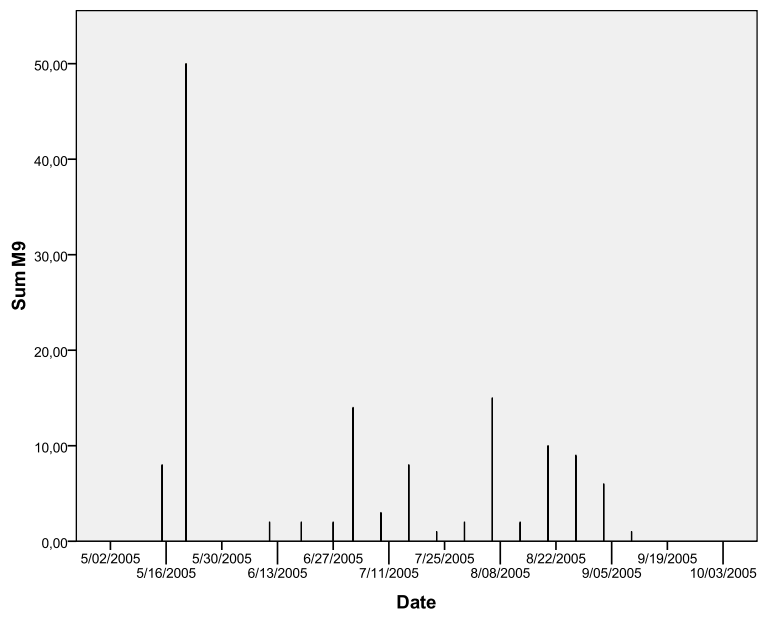
**Διαγράμματα πλήθους εντόμου *Planococcus ficus* ανά
παγίδα σε συνάρτηση με το χρόνο**

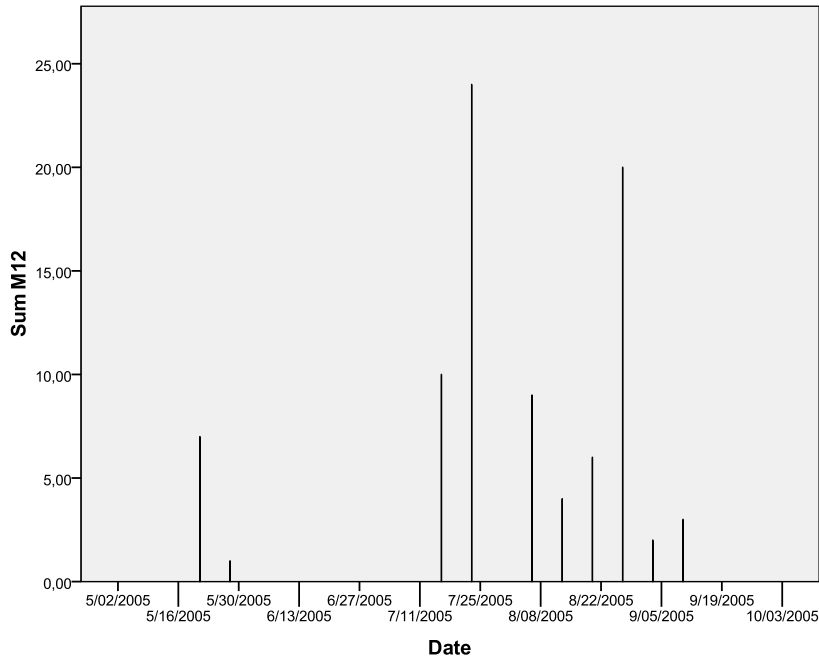
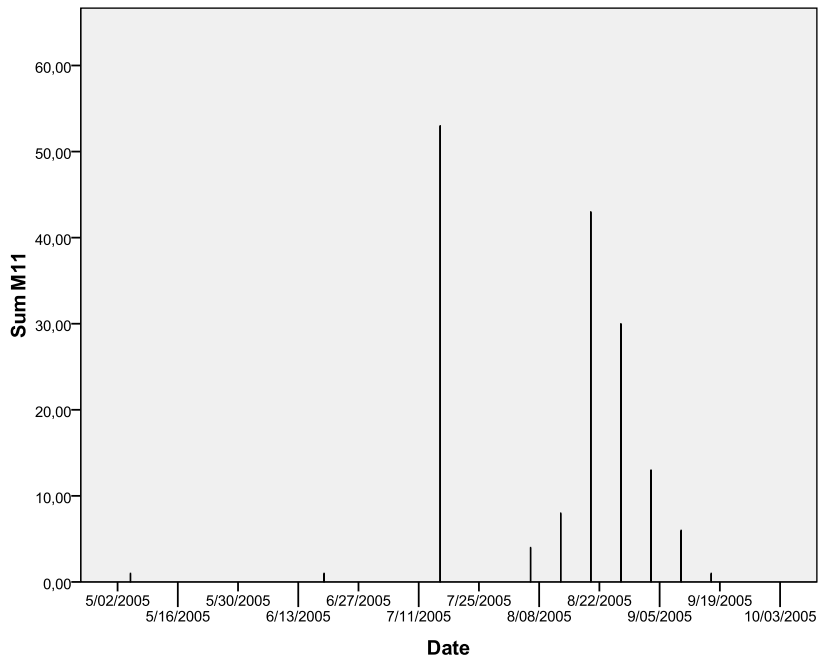


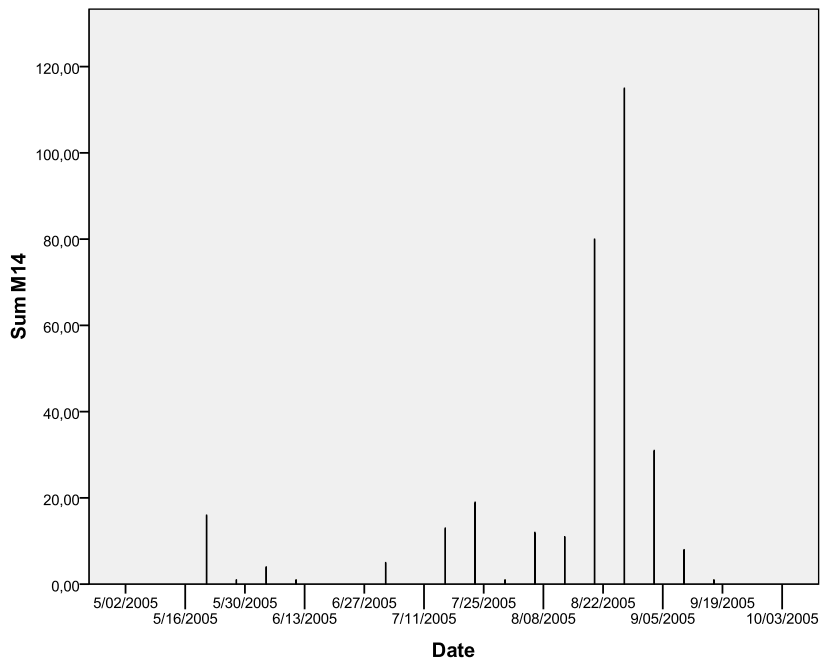
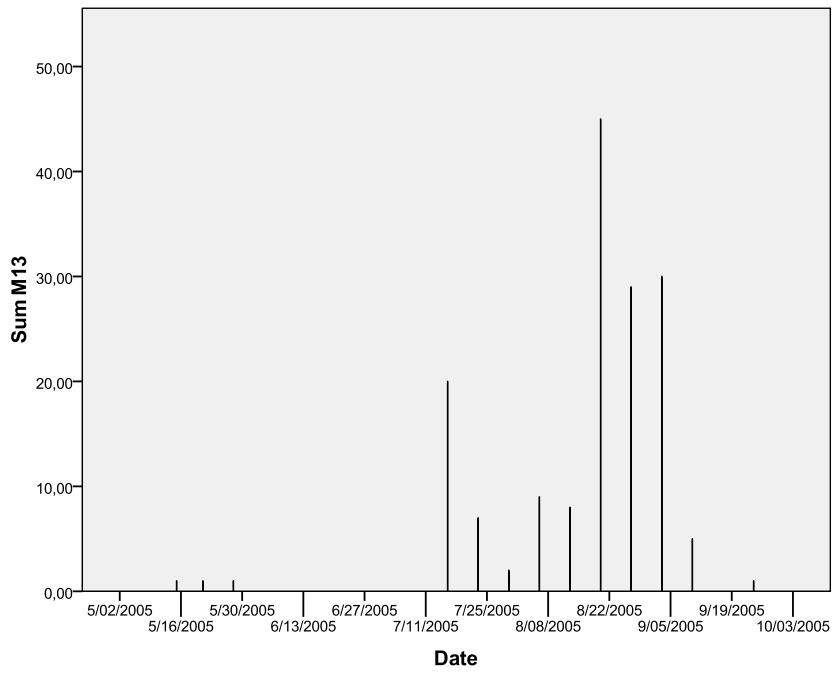


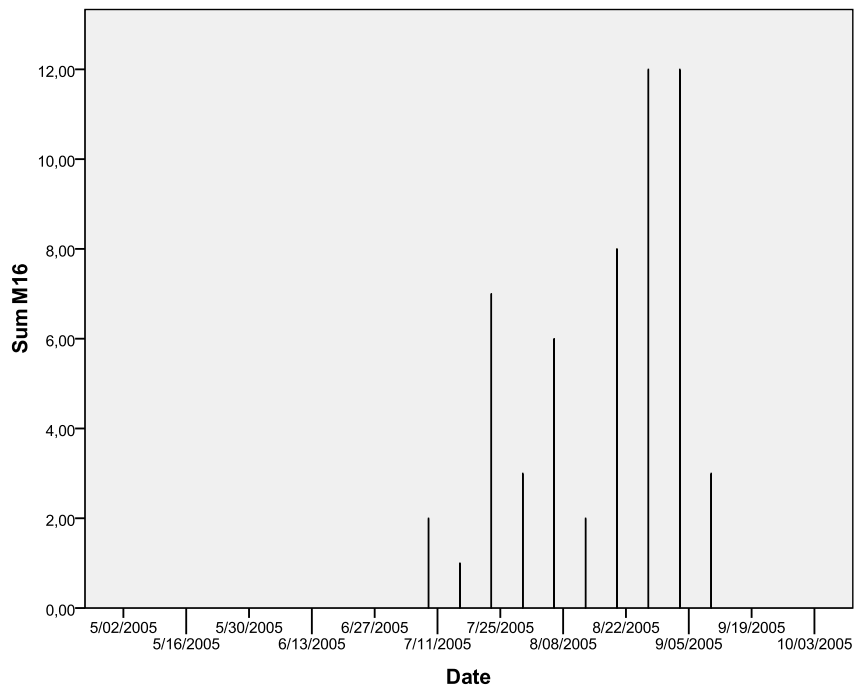
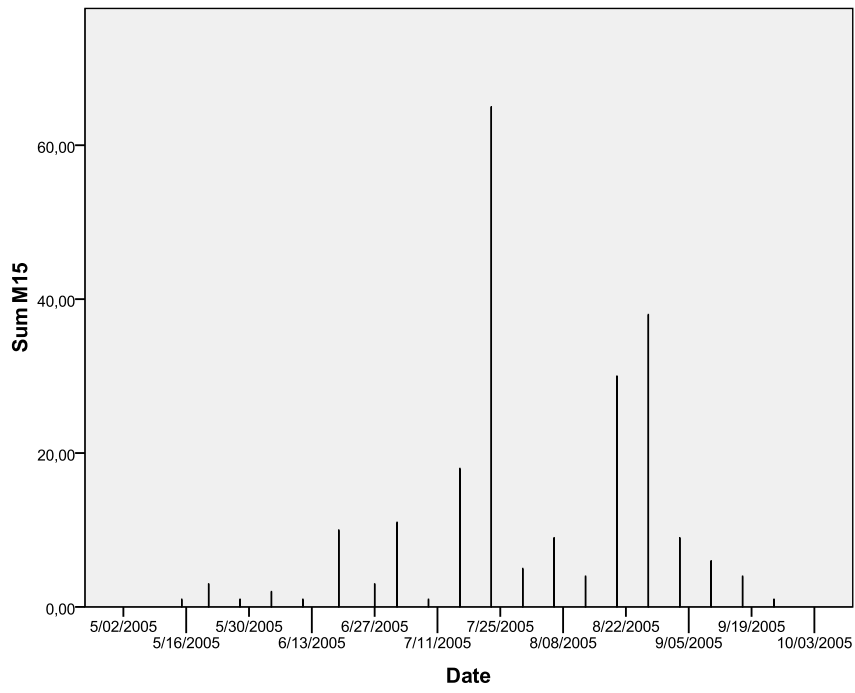


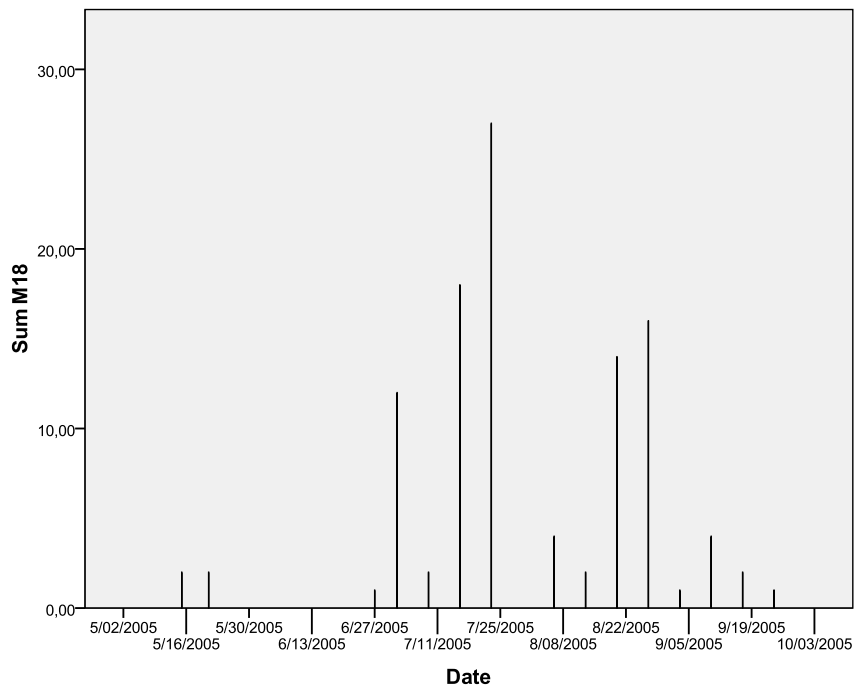
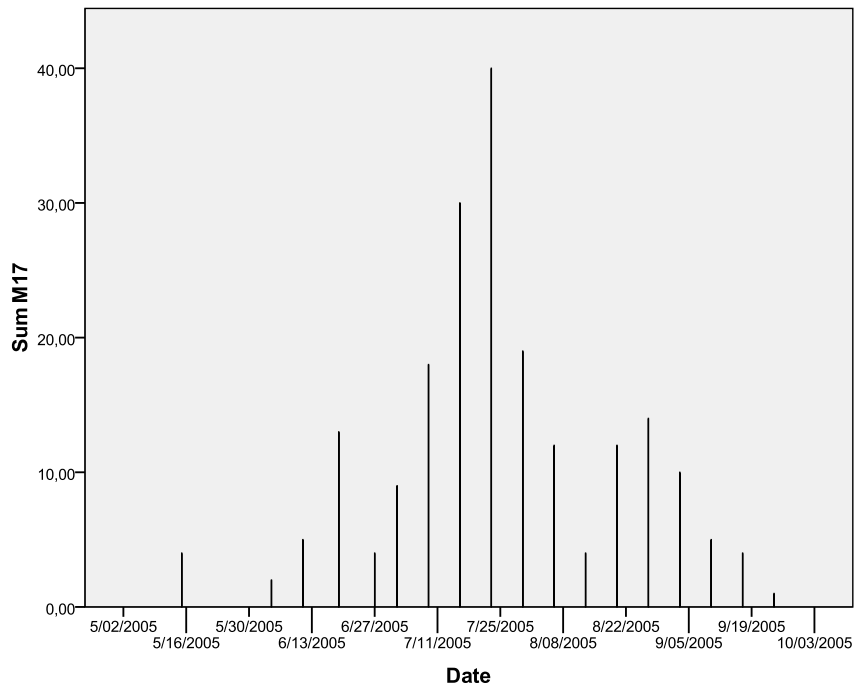


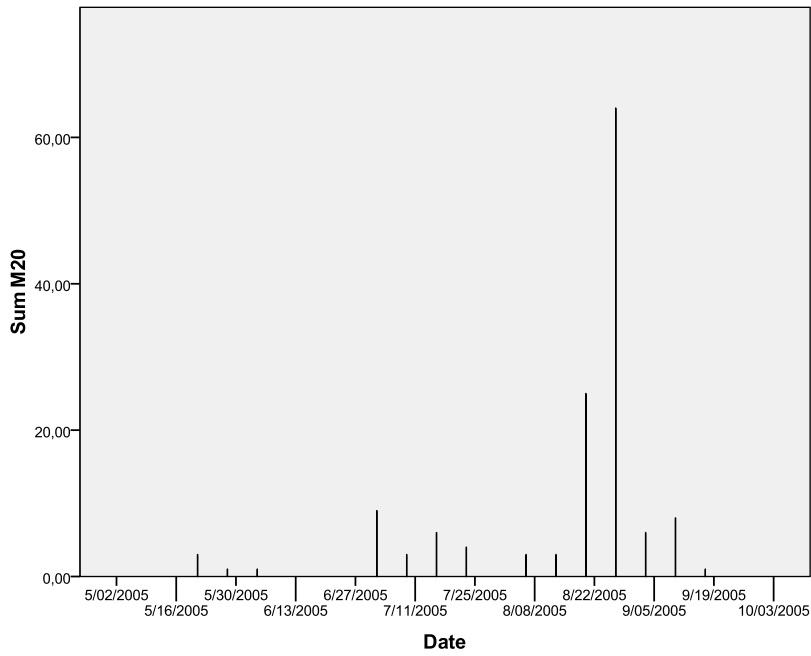
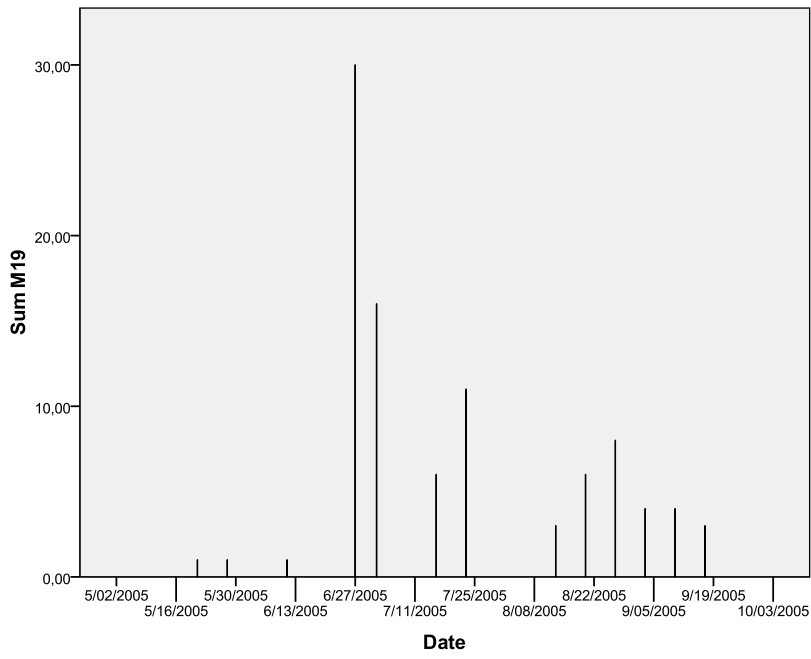


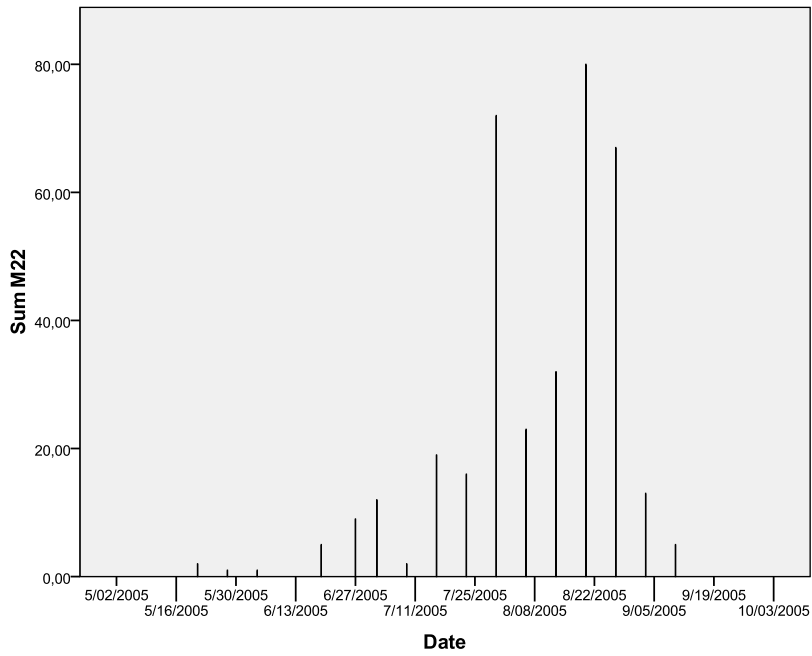
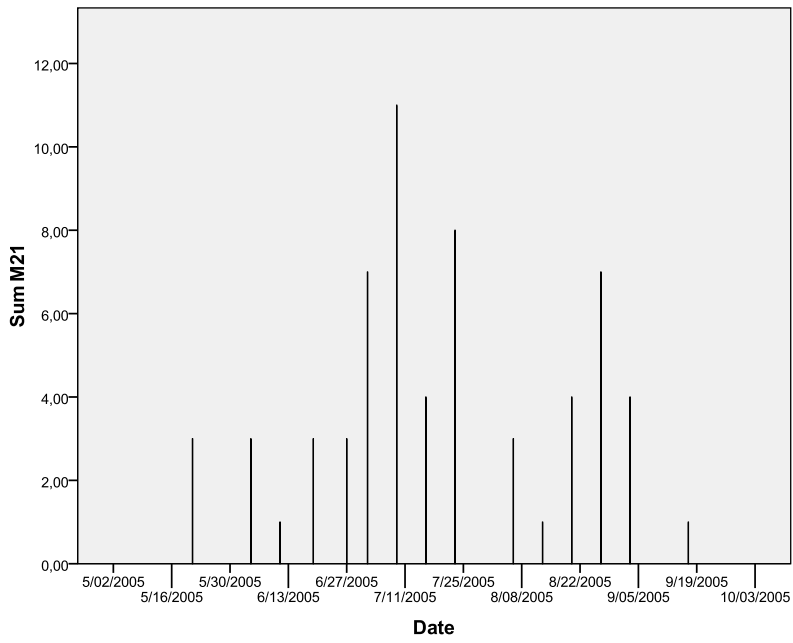


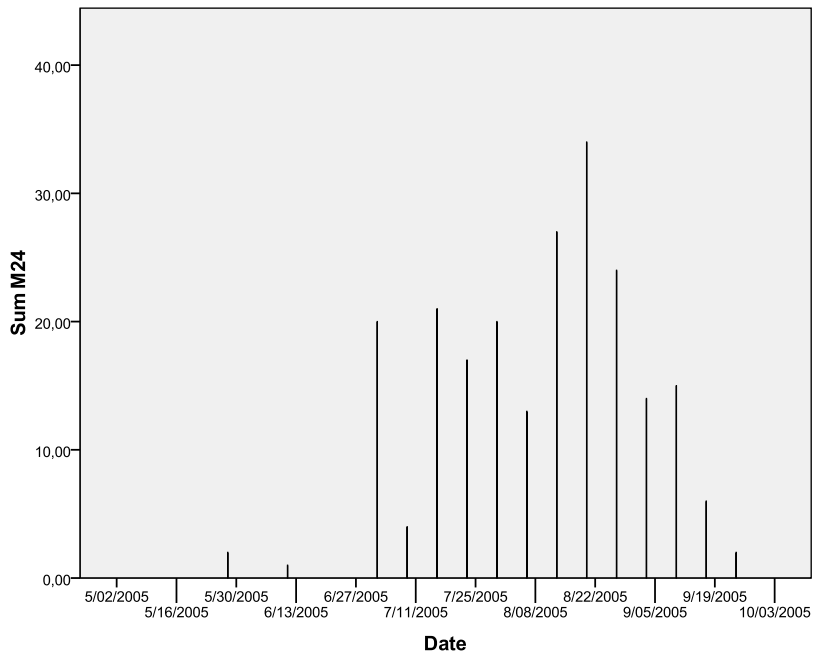
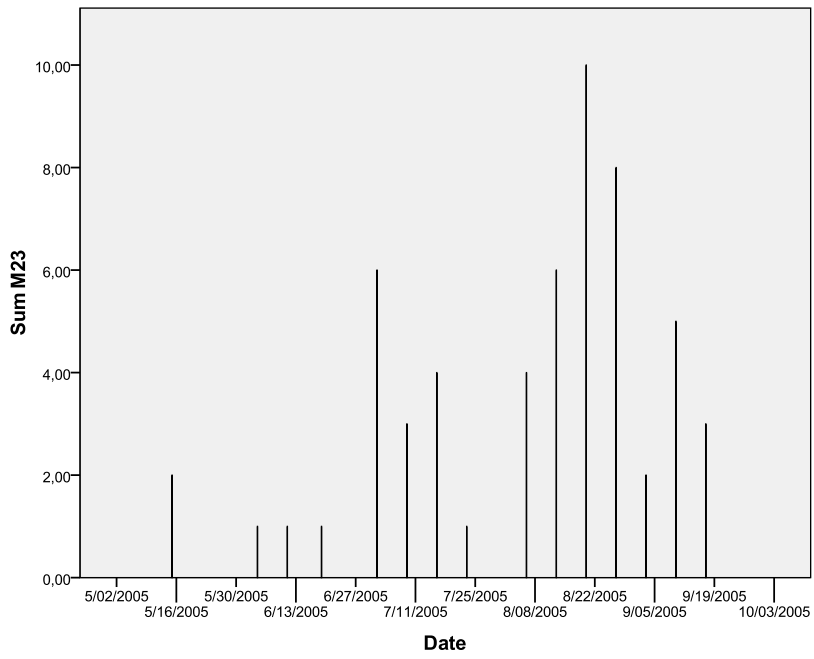


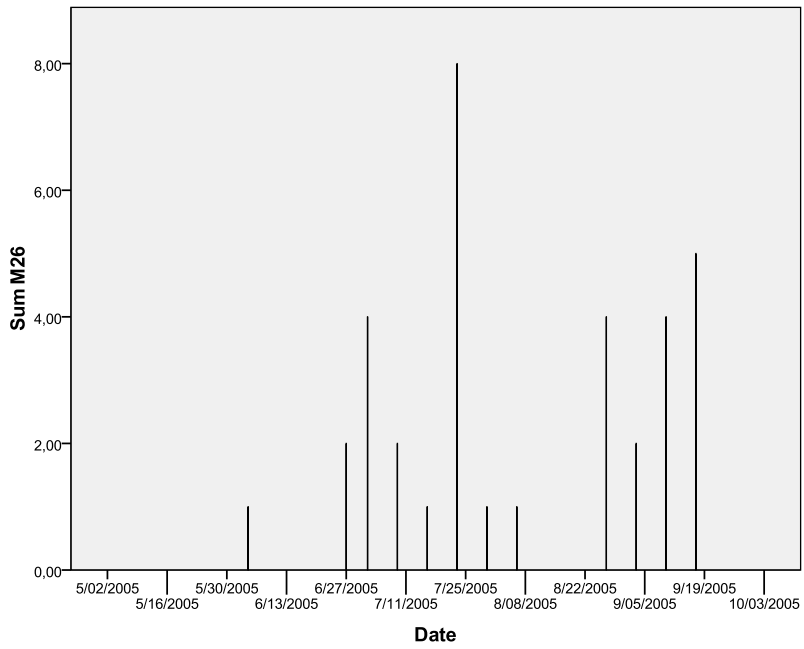
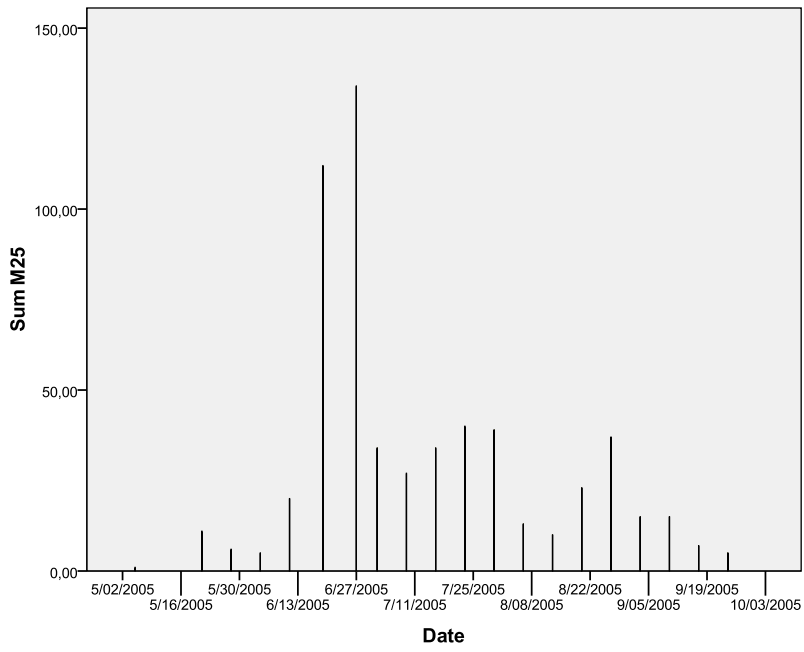


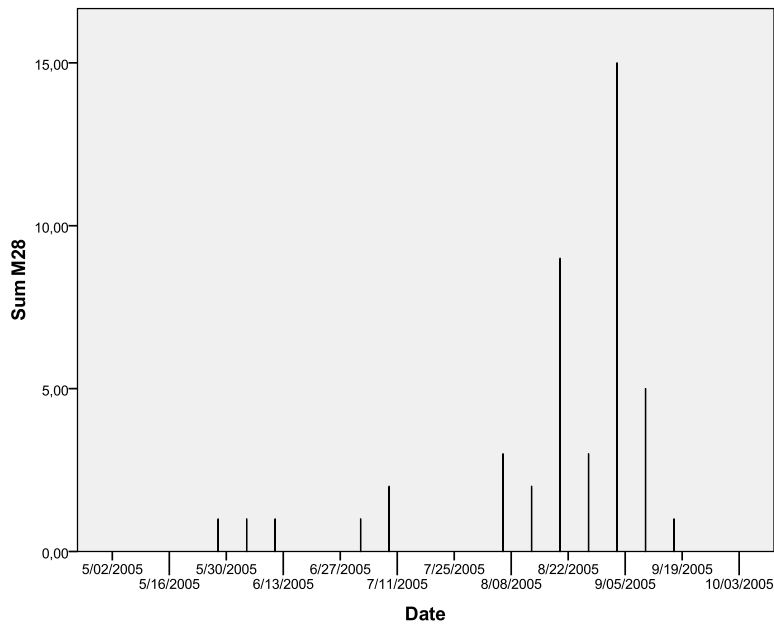
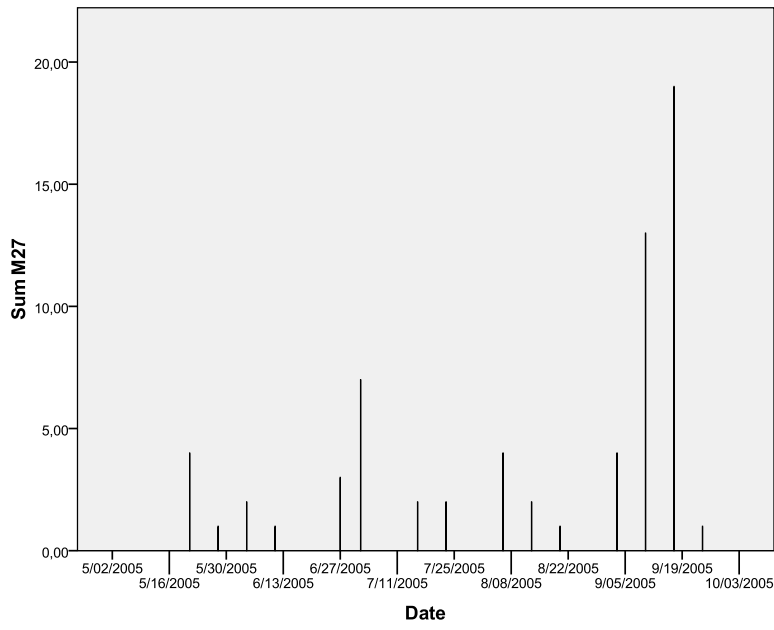


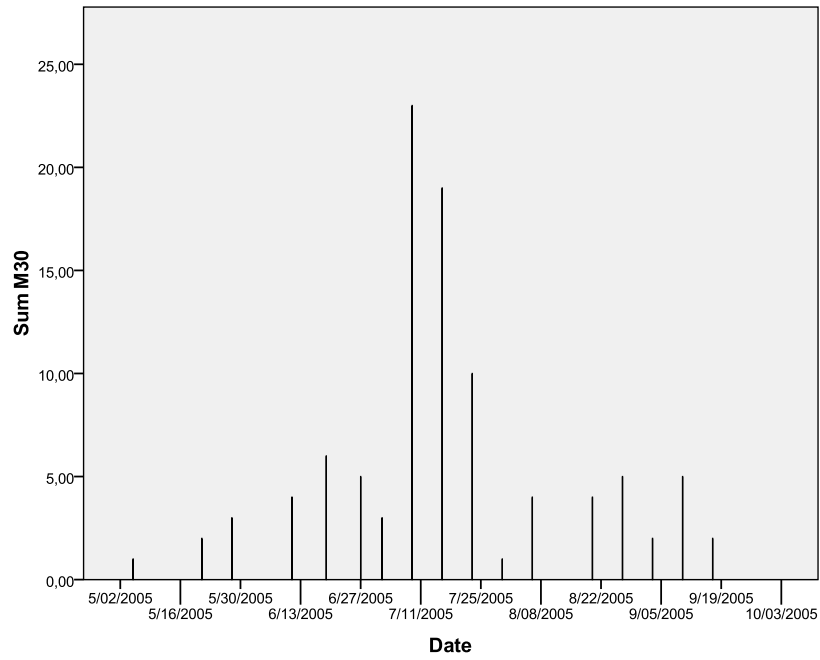
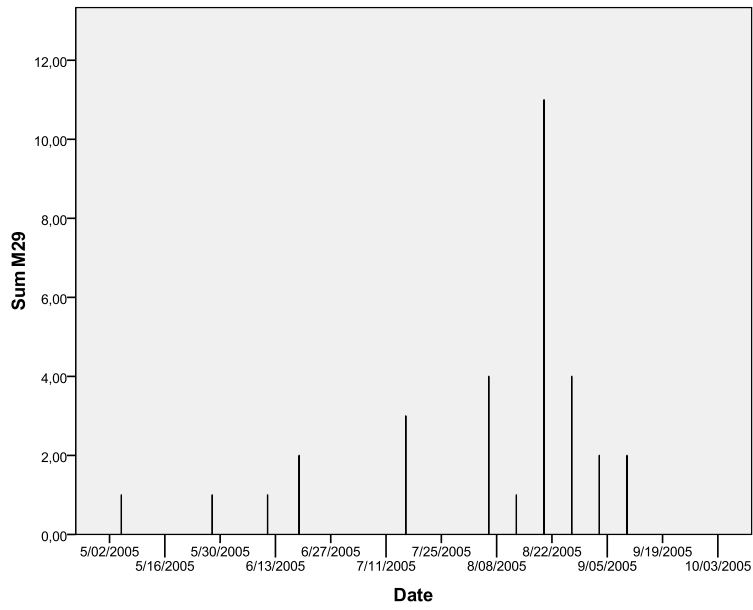












ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Διαγράμματα πλήθους εντόμου *Anagyrus pseudococci* ανά παγίδα σε συνάρτηση με το χρόνο

